



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

ปริญญา

วิศวกรรมไฟฟ้า

วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินประสิทธิภาพของระบบการส่งลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ของการถอดรหัส
วิธีแมปด้วยเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch สำหรับระบบการสื่อสาร
ของวิดีโอ

Performance Evaluation of Reconfigurable Random Interleavers with MAP Decoding on
Mismatched Source-controlled for Video Sequence Transmission Systems

نامผู้วิจัย นางสาวดวงใจ ปานนาค

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ศรีจิตรา เจริญลาภนพรัตน์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ณัฐกานา หอมทรัพย์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วัชรระ จงบุรี, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินประสิทธิภาพของระบบการส่งลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ของการถอดรหัสวีซีเอ็มป์ด้วย
เมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch สำหรับระบบ
การสื่อสารของวิดีโอ

Performance Evaluation of Reconfigurable Random Interleavers
with MAP Decoding on Mismatched Source-controlled for Video Sequence
Transmission Systems

โดย

นางสาวดวงใจ ปานนาค

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

พ.ศ. 2557

ดวงใจ ปานนาค 2557: การประเมินประสิทธิภาพของระบบการส่งลำดับข้อมูลที่กำหนดค่า
ได้ของการถอดรหัสวีธีแมปด้วยเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช
สำหรับระบบการสื่อสารของวิดีโอ ปรินญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
รองศาสตราจารย์ศรีจิตรา เจริญลาภนพรัตน์, Ph.D. 228 หน้า

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาประสิทธิภาพของระบบการส่งลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่
กำหนดค่าได้ ในรูปแบบของวิดีโอ ระบบจะประเมินประสิทธิภาพโดยนำวิดีโอมาหาค่าเมทริกซ์
ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน (STPM) เพื่อการถอดรหัสวีธีแมป โดยมุ่งเน้นเพื่อการบรรเทาความ
เสียหายของสัญลักษณ์เป็นกลุ่มที่เป็นผลกระทบของการเฟดดิ้ง ทำการศึกษาและวิจัยโดยมีขั้นตอน
คือนำวิดีโอที่เป็นวิดีโอคิบในรูปแบบของวิดีโอ YUV ต่อมานำมาแปลงเป็นภาพในรูปแบบเฟรม
หรือ PGM หลังจากนั้นได้ทำการประยุกต์ของการเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลภาพ MPEG-4
นอกจากนี้ได้นำการเข้ารหัสช่องสัญญาณแบบริงคอนโวลูชันนอลมาใช้ โดยวิธีที่สำคัญที่นำมาเป็น
งานวิจัยคือการถอดรหัสวีธีแมปโดยแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ แบบแมชค่านวนจากเมทริกซ์ความน่าจะเป็น
ของการส่งผ่าน (STPM) ของแต่ละภาพและแบบมิตแมชค่านวนจากเมทริกซ์ความน่าจะเป็น
ของการส่งผ่าน (STPM) เฉลี่ยตามภาพที่แตกออกมาจากวิดีโอและใช้เทคนิคการสลับลำดับข้อมูล
แบบสุ่มที่กำหนดค่าได้ผ่านช่องสัญญาณที่มีการเลื่อนหายแบบนาคามิ-เอ็มโดยมีค่า m ที่สนใจอยู่
ที่ $m = 1.5, 2.0$ และ 2.5 ภายในช่วงอัตราส่วนระหว่างกำลังส่งของสัญญาณและสัญญาณรบกวนต่อ
สัญลักษณ์เฉลี่ย, $\overline{\gamma}$, เท่ากับ 3.75 และ 5 dB สลับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาด N_R เท่ากับ 32, 64,
128 และ 143 ประสิทธิภาพที่แสดงโดยมีค่าเฉลี่ยของค่าสูงสุดของอัตราส่วนข้อมูลที่ส่งและสัญญาณ
รบกวน (PSNR) และค่าเฉลี่ยอัตราส่วนระหว่างจำนวนการผิดพลาดที่ได้รับและจำนวนสัญลักษณ์
ทั้งหมดที่ส่ง (WER) เป็นตัวชี้

Duangjai Parnnark 2014: Performance Evaluation of Reconfigurable Random Interleavers with MAP Decoding on Mismatched Source-controlled for Video Sequence Transmission Systems. Master of Engineering (Electrical Engineering),
Major Field: Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering.
Thesis Advisor: Associate Professor Srijidtra Charoenlarnnoppa, Ph.D. 228 pages.

This thesis presents the performance of reconfigurable random interleavers for video sequence transmission systems. The performance has been conducted by source transition probability matrix (STPM) with MAP decoding. A study will be converted video into frames encode image and decode image for beginning. This work emphasizes on alleviating symbol burst error, as a result of the impact from fading. This process uses YUV video (raw video) and converts to frames (PGM). Then, we apply MPEG-4 source coder to encode and decode images. Futuremore, we also use ring convolutional coders to be channel coder. We compute the matched STPM from each frame image. The average of those STPM is used as the mismatched STPM in MAP decoding. The simulation is done over Nakagami- m block fading channels with $m = 1.5, 2$ and 2.5 . By varying the interleaver's size, N_R of 32, 64, 128 and 143. We obtain the system performance at signal to noise ratio, $\overline{\gamma_b} = 3.75$ and 5 dB. The performance is indicated by PSNR and WER.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

— / — / —

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ศรีจิตรา เจริญลาภนพรัตน์ ประธาน
กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ช่วยวางแผนงานวิจัย ให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง
และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ณัฏฐกา หอมทรัพย์ ที่ช่วยแนะนำให้สามารถทำ
วิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชา
วิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่สั่งสอนวิชาความรู้

หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อบกพร่องประการใด ข้าพเจ้าขออภัยมา ณ. ที่นี้

ดวงใจ ปานนาค

พฤษภาคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(21)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำอักษรย่อ	(37)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	37
อุปกรณ์	37
วิธีการ	39
ผลและวิจารณ์	54
ผล	54
วิจารณ์	207
สรุปและข้อเสนอแนะ	208
สรุป	208
ข้อเสนอแนะ	210
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	211
ภาคผนวก	213
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	228

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่าง เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช AKIKO frame number 300	13
2	ตัวอย่างเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช	13
3	ตัวเข้ารหัสคอนโวลูชันนอลแบบฐานสองที่มีอัตรา เท่ากับ $1/2$ ที่ดีที่สุดและ $dfree$	20
4	ตารางแสดงจำนวนเฟรมที่ได้ของวิดีโอต่างๆที่ใช้ในการวิจัย	38
5	รายละเอียดจำนวน Packet, จำนวน Zerotree, จำนวน HFS และจำนวนSymbol ของแต่ละเฟรม	39
6	แสดงจำนวนแพ็กเกจของ HFS, สัญลักษณ์ (Symbols), ค่าเฉลี่ย PSNR ในกรณีที่ไม่มีสัญญาณรบกวน,อัตราส่วนของการบีบอัด (Compression Ratio, CR), ค่าความซ้ำซ้อน (Residual Redunancy, RR), Matched STPM และ Mismatched STPM ของวิดีโอ Foreman	43
7	แสดงจำนวนแพ็กเกจของ HFS, สัญลักษณ์ (Symbols), ค่าเฉลี่ย PSNR ในกรณีที่ไม่มีสัญญาณรบกวน,อัตราส่วนของการบีบอัด (Compression Ratio, CR), ค่าความซ้ำซ้อน (Residual Redunancy, RR),Matched STPM และ Mismatched STPM ของวิดีโอ AKIKO	44
8	แสดงจำนวนแพ็กเกจของ HFS, สัญลักษณ์ (Symbols), ค่าเฉลี่ย PSNR ในกรณีที่ไม่มีสัญญาณรบกวน,อัตราส่วนของการบีบอัด (Compression Ratio, CR), ค่าความซ้ำซ้อน (Residual Redunancy, RR),Matched STPM และ Mismatched STPM ของวิดีโอ Coastguard	45
9	แสดงจำนวนแพ็กเกจของ HFS, สัญลักษณ์ (Symbols), ค่าเฉลี่ย PSNR ในกรณีที่ไม่มีสัญญาณรบกวน,อัตราส่วนของการบีบอัด (Compression Ratio, CR), ค่าความซ้ำซ้อน (Residual Redunancy, RR),Matched STPM และ Mismatched STPM ของวิดีโอ NEWS	46
10	ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนแบบนาคามี-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ มีสแมช (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
11 ผลจากการทดสอบวิธีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	58
12 ผลจากการทดสอบวิธีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	59
13 ผลจากการทดสอบวิธีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้มร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	59
14 ผลจากการทดสอบวิธีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	61
15 ผลจากการทดสอบวิธีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	61
16 ผลจากการทดสอบวิธีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคา มิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	66
17 ผลจากการทดสอบวิธีโอ News frame number 52 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคา มิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	66

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	เนื้อหา	หน้า
18	ผลจากการทดสอบวิธีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ-เอ็่ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	67
19	ผลจากการทดสอบวิธีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ-เอ็่ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	68
20	ผลจากการทดสอบวิธีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ-เอ็่ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	69
21	ผลจากการทดสอบวิธีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ-เอ็่ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	70
22	ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ-เอ็่ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	73
23	ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ-เอ็่ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	74
24	ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ-เอ็่ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	เนื้อหา	หน้า
25	ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	75
26	ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	77
27	ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	77
28	ผลจากการทดสอบวิธีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	81
29	ผลจากการทดสอบวิธีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	81
30	ผลจากการทดสอบวิธีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	82

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
31 ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนแบบนาคาเก มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูลที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	82
32 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนแบบนาคาเก มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	86
33 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนแบบนาคาเก มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	86
34 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนแบบนาคาเก มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	88
35 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนแบบนาคาเก มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	88
36 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนแบบนาคาเก มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	89

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
37 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	90
38 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	91
39 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	91
40 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	92
41 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	93
42 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	94

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	เนื้อหา	หน้า
43	ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	95
44	ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	96
45	ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	96
46	ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5	97
47	ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	98
48	ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5	99
49	ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	99

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	เนื้อหา	หน้า
50	ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกาส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5	101
51	ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	101
52	ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	102
53	ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	103
54	ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	104
55	ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	104
56	ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	120

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
57	ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเก มิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	120
58	ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเก มิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	122
59	ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเก มิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	122
60	ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเก มิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	123
61	ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเก มิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	124
62	ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเก มิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	125

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	เนื้อหา	หน้า
63	ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนแบบนาคา กา มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	125
64	ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนแบบนาคา กา มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	126
65	ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนแบบนาคา กา มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	127
66	ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนแบบนาคา กา มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	129
67	ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนแบบนาคา กา มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	130
68	ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนแบบนาคา กา มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	131

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
69 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเก มิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	131
70 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเก มิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	132
71 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเก มิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	133
72 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเก มิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	134
73 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเก มิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	134
74 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเก มิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	136

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
75 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	136
76 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	137
77 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	138
78 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	139
79 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	139
80 ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	152

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
81	ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนแบบ นาคาгами-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของ การส่งผ่านแบบแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB 152
82	ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนแบบ นาคาгами-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของ การส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาด เท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB 154
83	ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนแบบ นาคาгами-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของ การส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาด เท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB 154
84	ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนแบบ นาคาгами-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของ การส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาด เท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB 155
85	ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนแบบ นาคาгами-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของ การส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มี ขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB 156
86	ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนแบบ นาคาгами-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของ การส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาด เท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB 157

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
87	ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของ การส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB 157
88	ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของ การส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาด เท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB 158
89	ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของ การส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB 159
90	ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของ การส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาด เท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB 160
91	ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของ การส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB 161
92	ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของ การส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาด เท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB 162

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	เนื้อหา	หน้า
93	ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	162
94	ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	163
95	ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	164
96	ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	174
97	ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	174
98	ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	176

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
99 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนหายแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	176
100 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนหายแบบนาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	177
101 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนหายแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	178
102 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนหายแบบนาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	179
103 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนหายแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	179
104 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลียนหายแบบนาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	180

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
105 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	181
106 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	182
107 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5	183
108 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	184
109 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	184
110 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลียนแบบ นาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	185

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
111 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลียนหายแบบนาคามี- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	186
112 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคามี- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	187
113 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคามี- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบมีสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	187
114 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคามี- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบมีสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	189
115 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคามี- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	189
116 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคามี- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบมีสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB	190

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
117 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number150ผ่านการเลียนหายแบบนาคามี- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	191
118 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคามี- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบมีสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	192
119 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคามี- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB	192

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 โครงสร้างระบบรับ-ส่งข้อมูลรูปภาพ MPEG-4	5
2 กระบวนการจำแนกสัญญาณรูปภาพในระดับแรก	7
3 แผนผังขั้นตอนการเข้ารหัสของ MPEG-4 EZW	8
4 ตำแหน่งของสัมประสิทธิ์ของการควอนไทซ์ X และค่าสัมประสิทธิ์ข้างเคียง	9
5 แผนผังขั้นตอนการถอดรหัสของ MPEG-4 EZW	10
6 แผนผังการเข้ารหัสคอนไวลูชันนอล	15
7 แผนผังเทลลีสของตัวอย่างการเข้ารหัสคอนไวลูชันนอล	17
8 Viterbi algorithm สำหรับรหัสคอนไวลูชัน	19
9 แผนผังการทำงานของ TCM	24
10 การแจกแจงหลายเส้นทาง	26
11 เมทริกซ์ P และ P^T สำหรับลำดับสุ่ม 1, 8, 5, 2, 9, 6, 3, 0, 7, 4	28
12 ตัวอย่างเวกเตอร์ d_{LVR} ที่ได้จากการสลับลำดับตามลำดับสุ่ม 1, 8, 5, 2, 9, 6, 3, 0, 7, 4	28
13 ตัวอย่างเวกเตอร์ d ที่ได้จากการสลับลำดับข้อมูลกลับ	29
14 เมทริกซ์ P และ P^T สำหรับ $N_R = 3$ และมีลำดับสุ่มเป็น 1, 2, 0	30
15 ตัวอย่างการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่มี $N_R = 3$	30
16 ตัวอย่างการสลับลำดับข้อมูลกลับ	31
17 โครงสร้างของรูปแบบพิกเซลสีของ YUV	32
18 การแปลงสัญญาณของกระบวนการทำงานและการรับส่งข้อมูลของ เครื่องฉายภาพแบบต่างๆ	35
19 แสดงตัวอย่างเฟรมของวิดีโอ Foreman	47
20 Foreman Frame number 100	47
21 Foreman frame number 200	48
22 Foreman frame number 300	48
23 แสดงตัวอย่างเฟรมของวิดีโอ AKIKO	48
24 NEWS Frame number 52	49
25 NEWS Frame number 90	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
26 NEWS Frame number 140	49
27 แสดงตัวอย่างเฟรมของวิดีโอ Coastguard	50
28 Coastguard Frame number 40	50
29 Coastguard Frame number 55	50
30 แสดงตัวอย่างเฟรมของวิดีโอ AKIKO	51
31 AKIKO Frame number 37	52
32 AKIKO Frame number 80	52
33 AKIKO Frame number 150	52
34 แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) วิดีโอ Foreman Frame 100, Foreman Frame 200 และ Foreman Frame 300 ไม่ทำการสลับลำดับข้อมูล ที่ block fading = 3 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB	62
35 ภาพ Foreman frame number 100 ที่ $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 2$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched)	63
36 ภาพ Foreman frame number 100 ที่ $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 2$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched)	63
37 ภาพ Foreman frame number 200 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched)	64
38 ภาพ Foreman frame number 200 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched)	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
39 ภาพ Foreman frame number 300 $\overline{\gamma}_b = 3.75\text{dB}$ $m = 2$ $N_s = 6$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched)	65
40 ภาพ Foreman frame number 300 $\overline{\gamma}_b = 3.75\text{dB}$ $m = 2$ $N_s = 6$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched)	65
41 แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) และค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) วิดีโอ NEWS Frame 52, NEWS Frame 90 และ NEWS Frame 140 ไม่ทำการสลับลำดับข้อมูล ที่ block fading = 5 $\overline{\gamma}_b = 5\text{ dB}$	71
42 ภาพ NEWS frame number 140 $\overline{\gamma}_b = 5\text{ dB}$ $m = 2.5$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched)	71
43 ภาพ NEWS frame number 140 $\overline{\gamma}_b = 5\text{ dB}$ $m = 2.5$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched)	72
44 ภาพ NEWS frame number 90 $\overline{\gamma}_b = 3.75\text{ dB}$ $m = 2.5$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched)	72
45 ภาพ NEWS frame number 90 $\overline{\gamma}_b = 3.75\text{ dB}$ $m = 2.5$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched)	73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	เนื้อหา	หน้า
46	แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ มิตแมช(STPM of Mismatched) และค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ แมช (STPM of Matched) วิดีโอ AKIKO Frame 37, AKIKO Frame 80 และ AKIKO Frame 150 ไม่ทำการสลับลำดับข้อมูลที่ block fading = 5 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB	78
47	ภาพ AKIKO frame number 37 $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 1.5$ $N_s = 6$ โดยไม่ผ่าน การสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความ น่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched)	79
48	ภาพ AKIKO frame number 37 $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 1.5$ $N_s = 6$ โดยไม่ผ่าน การสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความ น่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched)	79
49	ภาพ AKIKO frame number 80 $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 2$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่าน การสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความ น่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched)	80
50	ภาพ AKIKO frame number 80 $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 2$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่าน การสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความ น่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched)	80
51	แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบมิตแมช (STPM of Mismatched) และค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบแมช (STPM of Matched) วิดีโอ Coastguard Frame 40 และ Coastguard Frame 55 ไม่ทำการสลับลำดับข้อมูลที่ block fading = 3 $\overline{\gamma}_b = 5$ dB	84
52	ภาพ Coastguard frame number 40 $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 2$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่าน การสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความ น่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched)	85
53	ภาพ Coastguard frame number 40 $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 2$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่าน การสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความ น่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched)	85

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
54	แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) และค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) วิดีโอ Foreman Frame 100, Foreman Frame 200 และ Foreman Frame 300 ทำการสลับลำดับข้อมูล ขนาด 32 block fading = 3 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB 106
55	แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) และค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) วิดีโอ Foreman Frame 100, Foreman Frame 200 และ Foreman Frame 300 ทำการสลับลำดับข้อมูลขนาด 32, 64, 128 และ 143 ที่ block fading = 3 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB 107
56	ภาพ Foreman frame number 100 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 108
57	ภาพ Foreman frame number 100 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 108
58	ภาพ Foreman frame number 100 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 109
59	ภาพ Foreman frame number 100 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 109
60	ภาพ Foreman frame number 100 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 110

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
61	ภาพ Foreman frame number 100 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	110
62	ภาพ Foreman frame number 100 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	111
63	ภาพ Foreman frame number 100 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	111
64	ภาพ Foreman frame number 200 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	112
65	ภาพ Foreman frame number 200 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	112
66	ภาพ Foreman frame number 200 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	113
67	ภาพ Foreman frame number 200 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	113
68	ภาพ Foreman frame number 200 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	114

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
69	ภาพ Foreman frame number 200 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	114
70	ภาพ Foreman frame number 200 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	115
71	ภาพ Foreman frame number 200 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	115
72	ภาพ Foreman frame number 300 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	116
73	ภาพ Foreman frame number 300 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	116
74	ภาพ Foreman frame number 300 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	117
75	ภาพ Foreman frame number 300 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	117
76	ภาพ Foreman frame number 300 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	118

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
77	ภาพ Foreman frame number 300 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 118
78	ภาพ Foreman frame number 300 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 119
79	ภาพ Foreman frame number 300 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 119
80	แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) วิดีโอ NEWS Frame 52, 90 และ 140 ทำการสลับลำดับข้อมูลที่ N_R เท่ากับ 32block fading= 3 $\overline{\gamma}_b = 5$ dB 139
81	ภาพ NEWS frame number 52 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 140
82	ภาพ NEWS frame number 52 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 140
83	ภาพ NEWS frame number 52 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 141
84	ภาพ NEWS frame number 52 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 141

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
85	ภาพ NEWS frame number 52 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	142
86	ภาพ NEWS frame number 52 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	142
87	ภาพ NEWS frame number 52 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	143
88	ภาพ NEWS frame number 52 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	143
89	ภาพ NEWS frame number 90 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	144
90	ภาพ NEWS frame number 90 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	144
91	ภาพ NEWS frame number 90 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	145
92	ภาพ NEWS frame number 90 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	145

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
93	ภาพ NEWS frame number 90 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	146
94	ภาพ NEWS frame number 90 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	146
95	ภาพ NEWS frame number 90 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	147
96	ภาพ NEWS frame number 90 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	147
97	ภาพ NEWS frame number 140 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	148
98	ภาพ NEWS frame number 140 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	148
99	ภาพ NEWS frame number 140 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	149
100	ภาพ NEWS frame number 140 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	149

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
101 ภาพ NEWS frame number 140 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	150
102 ภาพ NEWS frame number 140 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	150
103 ภาพ NEWS frame number 140 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	151
104 ภาพ NEWS frame number 140 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	151
105 แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) วิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ทำการสลับลำดับข้อมูล N_r เท่ากับ 32,64,128 และ 143 block fading= 5 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB	165
106 ภาพ Coastguard frame number 40 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	166
107 ภาพ Coastguard frame number 40 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	166
108 ภาพ Coastguard frame number 40 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	167

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
109 ภาพ Coastguard frame number 40 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	167
110 ภาพ Coastguard frame number 40 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	168
111 ภาพ Coastguard frame number 40 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	168
112 ภาพ Coastguard frame number 40 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	169
113 ภาพ Coastguard frame number 40 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	169
114 ภาพ Coastguard frame number 55 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	170
115 ภาพ Coastguard frame number 55 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	170
116 ภาพ Coastguard frame number 55 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	171

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
117 ภาพ Coastguard frame number 55 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	171
118 ภาพ Coastguard frame number 55 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	172
119 ภาพ Coastguard frame number 55 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	172
120 ภาพ Coastguard frame number 55 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	173
121 ภาพ Coastguard frame number 55 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	173
122 แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) และค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) วิดีโอ AKIKO frame number 150 ทำการสลับลำดับข้อมูลที่ N_R เท่ากับ 32, 64, 128 และ 143 block fading= 5 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB	194
123 ภาพ AKIKO frame number 37 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	195
124 ภาพ AKIKO frame number 37 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	196

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
125 ภาพ AKIKO frame number 37 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	196
126 ภาพ AKIKO frame number 37 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	196
127 ภาพ AKIKO frame number 37 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	197
128 ภาพ AKIKO frame number 37 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	197
129 ภาพ AKIKO frame number 37 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	198
130 ภาพ AKIKO frame number 37 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	198
131 ภาพ AKIKO frame number 80 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	199
132 ภาพ AKIKO frame number 80 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	199

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
133 ภาพ AKIKO frame number 80 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	200
134 ภาพ AKIKO frame number 80 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	200
135 ภาพ AKIKO frame number 80 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	201
136 ภาพ AKIKO frame number 80 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	201
137 ภาพ AKIKO frame number 80 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	202
138 ภาพ AKIKO frame number 80 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	202
139 ภาพ AKIKO frame number 150 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	203
140 ภาพ AKIKO frame number 150 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	203

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
141 ภาพ AKIKO frame number 150 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	204
142 ภาพ AKIKO frame number 150 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	204
143 ภาพ AKIKO frame number 150 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32	205
144 ภาพ AKIKO frame number 150 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64	205
145 ภาพ AKIKO frame number 150 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128	206
146 ภาพ AKIKO frame number 150 ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143	206

คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ

DWT	=	Discrete Wavelet Transform
MAP	=	Maximum a Posteriori
EZW	=	Embedded Zerotree Wavelet
HFS	=	Higher Frequency Subband
LFS	=	Lowest Frequency Subband
DPCM	=	Differential Pulse Code Modulation
ZTR	=	Zerotree Root
VZTR	=	Valued Zerotree Root
IZ	=	Isolated Zero
CRC	=	Cyclic Redundancy Check
SOT	=	Starting Spatial Orientation Tree
CPM	=	Continuous Phase Modulation
CPFSK	=	Continuous Phase Frequency Shift Keying
TCM	=	Trellis-coded Modulation
PSNR	=	Peak Signal to Noise Ratio
WER	=	Word Error Rate
STPM	=	The source transition probability matrix

การประเมินประสิทธิภาพของระบบการส่งลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ของการถอดรหัส วิธีแมปด้วยเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch สำหรับระบบการสื่อสาร ของวิดีโอ

Performance Evaluation of Reconfigurable Random Interleavers with MAP Decoding on Mismatched Source-controlled for Video Sequence Transmission Systems

คำนำ

ปัจจุบันนี้เป็นยุคแห่งการติดต่อสื่อสารเทคโนโลยีต่างๆเช่นอุปกรณ์ติดต่อไร้สายซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อธุรกิจและชีวิตประจำวันของมนุษย์ โดยมีระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless LAN:WLAN) ระบบสื่อสารที่ออกแบบมาเพื่อให้การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ไม่ต้องใช้สายเคเบิลเชื่อมต่อ โดยการนำคลื่นวิทยุมาเป็นตัวกลางการเชื่อมต่อสร้างความสะดวกและการติดตั้งเครือข่ายจึงเหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องมีการเคลื่อนที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงสถานที่ทำงาน อยู่เสมอทำให้ระบบเครือข่ายไร้สายได้รับการยอมรับและใช้งานอย่างแพร่หลายยิ่งไปกว่านั้น ระบบเครือข่ายไร้สายยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย จึงทำให้การออกแบบเครือข่ายง่ายขึ้นและเป็นที่ยอมรับ

ประโยชน์ของระบบเครือข่ายไร้สายมีดังนี้

มีความคล่องตัวสูงไม่ว่าจะเคลื่อนที่ไปที่ไหนหรือเคลื่อนย้ายคอมพิวเตอร์ไปตำแหน่งใด ยังมีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายได้ตลอดเวลา แต่มีข้อจำกัดคือต้องอยู่ในระยะการส่งข้อมูลสามารถติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็วเพราะไม่ต้องเสียเวลาติดตั้งสายเคเบิลสามารถขยายระบบ เครือข่ายได้ง่ายเพราะมีแค่ Wireless Card มาต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ ก็สามารถเข้าสู่เครือข่ายได้ทันทีลดค่าใช้จ่ายโดยรวมที่ผู้ลงทุนต้องลงทุนซึ่งมีราคาสูงเพราะในระยะยาวแล้ว ระบบเครือข่ายไร้สายไม่จำเป็นต้องเสียค่าบำรุงรักษาสายเคเบิลและเมื่อมีการขยายเครือข่ายก็ลงทุนน้อยกว่าเดิมหลายเท่าเนื่องด้วยความสะดวกในการติดตั้งเครือข่ายไร้สายทำให้องค์กรสามารถปรับขนาดและความเหมาะสมได้ง่ายไม่ยุ่งยากเพราะสามารถโยกย้ายตำแหน่งการใช้งานโดยเฉพาะเครือข่ายที่มีการเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุดเช่นระหว่างตึก ระบบการสื่อสารข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ การจำลองเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลภาพ การ

จำลองเข้ารหัสและถอดรหัสช่องสัญญาณ การจำลองช่องสัญญาณไร้สายและได้ทำการออกแบบระบบสื่อสารข้อมูลภาพบนช่องสัญญาณไร้สายเป็นข้อมูลภาพแบบ MPEG-4 ต่อมาได้ออกแบบระบบส่งสัญญาณภาพ โดยนำตัวถอดรหัสวีธีแมปเข้ามาใช้กับระบบส่งข้อมูลของวิดีโอ โดยนำการสลับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้เข้ามาช่วยแก้ปัญหาความผิดพลาดแบบต่อเนื่องจากนั้นได้มีการศึกษาค้นคว้าโดยนำวิดีโอหลายๆวิดีโอมาใช้ในการวิจัยนี้และนำช่องสัญญาณแบบนาฬิกาไม-เอ็ม มาใช้ในการวิจัยเพื่อให้ช่องสัญญาณที่จำลองมีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมความเป็นจริงมากขึ้น



วัตถุประสงค์

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการประเมินประสิทธิภาพของระบบการส่งลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดค่าได้ ระบบจะประเมินประสิทธิภาพโดยนำวิธีโอมาหาค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นในการส่งผ่านซึ่งมีเอนโทรปีแบบมีเงื่อนไขเพื่อการถอดรหัสวิธีแมปซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถตรวจจับบิตผิดพลาดได้ดีที่สุด โดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพนั้นดูจากค่าเฉลี่ยของค่าสูงสุดของอัตราส่วนข้อมูลที่ส่งและสัญญาณรบกวนและค่าเฉลี่ยอัตราส่วนระหว่างจำนวนการผิดพลาดที่ได้รับและจำนวนสัญลักษณ์ทั้งหมดที่ส่ง ระบบที่ดีควรมีค่าเฉลี่ยอัตราส่วนระหว่างจำนวนการผิดพลาดที่ได้รับและจำนวนสัญลักษณ์ทั้งหมดที่ส่งที่เข้าใกล้ศูนย์และค่าเฉลี่ยของค่าสูงสุดของอัตราส่วนข้อมูลที่ส่งและสัญญาณรบกวนที่สูงหรือใกล้เคียงกับภาพวิดีโอต้นฉบับ ซึ่งวิธีในการเปรียบเทียบนั้นจะแบ่งออกเป็นวิธีหลักๆ 2 วิธีคือวิธีการตรวจจับวิธีแมปโดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมชซึ่งคำนวณจากค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านของวิดีโอ ซึ่งเมื่อทำการแตกออกเป็นเฟรมแล้วจะทราบว่าวิดีโอนั้นมีทั้งหมดกี่เฟรมต่อมานำเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านของแต่ละเฟรมมาบวกกันทั้งหมดและหารด้วยจำนวนเฟรมของวิดีโอและอีกวิธีคือวิธีการตรวจจับวิธีแมปโดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมชซึ่งคำนวณจากค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านของแต่ละเฟรมนั้น ซึ่งในงานวิจัยนี้มีการพัฒนาวิธีการของการทดสอบทั้ง 2 วิธีหลักๆนั้นคือการเพิ่มการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดค่าได้และหลังจากนั้นจะส่งข้อมูลออกไปยังช่องสัญญาณไร้สาย ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกเป็นช่องสัญญาณไร้สายแบบนาคาгами-เอ็มและนำมาเปรียบเทียบคุณภาพของแต่ละเฟรมวิดีโอเมื่อถอดรหัสเฟรมกลับมาว่าทั้งการตรวจจับวิธีแมปโดยค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมชและการตรวจจับวิธีแมปโดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมชเมื่อผ่านการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดค่าเสร็จแล้วจะมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

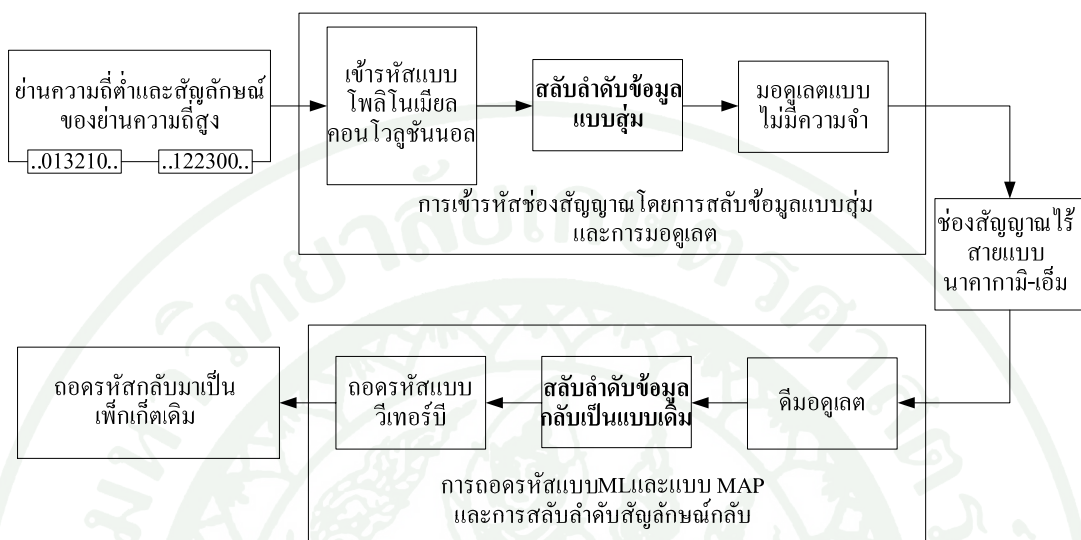
การตรวจเอกสาร

1. บทนำ

ระบบการสื่อสารข้อมูลภาพแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกคือการจำลองเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลภาพ ส่วนที่สองคือการจำลองเข้ารหัสและถอดรหัสช่องสัญญาณและส่วนที่สามคือการจำลองช่องสัญญาณไร้สาย โดยที่ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบระบบสื่อสารข้อมูลภาพบนช่องสัญญาณไร้สาย (Wireless transmission system) เป็นข้อมูลภาพแบบ MPEG-4 ต่อมาได้ออกแบบระบบส่งสัญญาณภาพ นำการสลับข้อมูลแบบสุ่มเข้ามาช่วยแก้ปัญหาความผิดพลาดแบบต่อเนื่อง จากนั้นได้มีการศึกษา ค้นคว้ารูปภาพหลายรูปแบบโดยงานวิจัยนี้ได้ทำวิดีโอที่เป็น Raw video ที่เป็นรูปแบบการบันทึกข้อมูลวิดีโอแบบ YUV มาใช้ในการทดสอบและนำช่องสัญญาณแบบนาคาโม-เอ็ม มาใช้เพื่อให้ช่องสัญญาณที่จำลองมีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมความเป็นจริงมากขึ้น

งานวิจัยนี้เป็นงานสืบเนื่องจากงานวิจัยระบบสื่อสารข้อมูลภาพ (VanDyck 2000; Mahapakulchai, 2007; Mahapakulchai and Van Dyck, 2001; Mahapakulchai and Van Dyck, 2004) ซึ่งเป็นระบบรับส่งข้อมูลภาพที่ใช้มาตรฐานแบบ The Moving Pictures Expert Group (MPEG) โดยส่งผ่านช่องสัญญาณแบบไร้สายที่มีการเลือนหายของสัญญาณแบบนาคาโม-เอ็ม โดยผู้วิจัยนำมาพัฒนาต่อจากระบบเดิมเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นซึ่งมีแนวคิดที่จะลดการถูกทำลายของข้อมูลภาพที่เกิดจากสัญญาณรบกวนแบบกลุ่มของช่องสัญญาณ โดยใช้หลักการ วัดประสิทธิภาพของระบบจากค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนกำลังส่งข้อมูลต่อกำลังของสัญญาณรบกวน (Peak Signal to Noise Ratio, PSNR) และค่าเฉลี่ยอัตราความผิดพลาดของข้อมูล (Word Error Rate, WER) การเข้ารหัสรูปภาพแบบ MPEG-4 ประกอบด้วยย่านความถี่ต่ำ (Lowest Frequency Subband, LFS) และย่านความถี่สูง (Higher Frequency Subband, HFS) ที่มีขนาดไม่เท่ากันถูกส่งไปยังระบบรับ-ส่งข้อมูลภาพ MPEG-4 แบบไร้สายภายในอาคารหลังจากได้รับลำดับของสัญลักษณ์ Zerotree การเข้ารหัสแหล่งข้อมูล MPEG-4 มีโมเดลข้อมูลแบบมาร์คอฟลำดับแรก (First order Markov chain) เพื่อนำมาสร้าง STPM สำหรับใช้ในการถอดรหัสวิธี MAP ระบบส่งรูปภาพแบบ MPEG-4 ภาควัดจะเข้ารหัสแบบโพลีโนเมียลคอนโวลูชันนอลและมอดูเลตแบบ CPFSK (Continuous Phase Frequency Shift Keying) สัญญาณที่เข้ารหัสแล้วถูกส่งไปยังตัวสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้และแมปไปยังช่องสัญญาณไร้สายแบบนาคาโม-เอ็ม ภาควัดจะมีการถอดรหัสวิธี MAP

ประกอบด้วยการคิโมดูเลตและสลับลำดับข้อมูลกลับมีการถอดรหัสแบบวิเทอร์บีเพื่อได้รูปที่สร้างกลับมาใหม่ รายละเอียดดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างระบบรับ-ส่งข้อมูลรูปภาพ MPEG-4

ระบบการส่งรูปภาพบนช่องสัญญาณไร้สายจากภาพที่ 1 แฟ้มเกิดของ MPEG-4 จะประกอบไปด้วยย่านความถี่ต่ำหรือ LFS จำนวน 1 แฟ้มเกิดและย่านความถี่สูงหรือ HFS อีกหลายแฟ้มเกิด การแยกออกมาเป็นหลายแฟ้มเกิดเพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้ของการส่งข้อมูล ซึ่งแฟ้มเกิดแบบ HFS จะมีขนาดไม่เท่ากัน โดยที่จะมีลำดับของสัญลักษณ์ Zerotree จากกระบวนการเข้ารหัสแหล่งข้อมูล MPEG-4 ซึ่งสามารถโมเดลเป็นแหล่งข้อมูลแบบ Markov ลำดับแรกได้และนำมาสร้างเป็นเมทริกซ์ของความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงของแหล่งข้อมูลหรือ STPM เพื่อที่จะนำมาใช้กับการถอดรหัสวิธี MAP

จากการออกแบบระบบของการส่งรูปภาพ MPEG-4 ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ระบบการเข้ารหัสช่องสัญญาณร่วมกับการมอดูเลตซึ่งจะเป็นการเข้ารหัสแบบโพลิโนเมียลคอนไวลูชันนอล โดยมีอัตราเท่ากับ $1/2$ บนริงของ Z_4 หรือ RCE และการมอดูเลตแบบ CPFSK ที่มีค่า h เท่ากับ $1/4$ ตามลำดับ CPFSK จะถูกแบ่งแยกออกไปเป็นการเข้ารหัสแบบต่อเนื่องหรือ CPE กับการมอดูเลตเตอร์แบบไม่มีความจำหรือ MM ดังนั้นการเข้ารหัสโดยรวมคือการรวมกันระหว่าง RCE และ CPE โดยที่สัญลักษณ์ที่ถูกเข้ารหัสแล้วจะถูกส่งไปยังตัวสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่สามารถกำหนดขนาดได้ที่มีขนาดแตกต่างกันไป สัญลักษณ์ที่ผ่านการสลับลำดับแล้วจะถูกแมปไปเป็นส่วนประกอบ In phase และ Quadrature phase ของความถี่ฐานของสัญญาณ CPFSK ด้วย MM จากนั้นส่วนประกอบ

ของสัญญาณทั้งสองส่วนจะถูกส่งไปยังช่องสัญญาณ แล้วเกิดความเสียหายที่ได้จากสัญญาณรบกวน และผิดเพี้ยนจากช่องสัญญาณไร้สายแบบนาฬิกาไม-เอ็ม บล็อกเฟดดิ้ง ส่วนของภาครับนั้นได้ใช้การถอดรหัสวิธี MAP ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการการคิมอดูเลต การสลับลำดับกลับของสัญลักษณ์ การคำนวณเส้นทางบนเทลลิสและการถอดรหัสวีเทอร์บีสตรีมของ 4-ary ที่ถูกถอดรหัสมาแล้ว ส่งต่อไปยังตัวถอดรหัสข้อมูลรูปภาพ MPEG-4 สุดท้ายนั้นจะได้รูปภาพที่ถูกสร้างกลับมา การปรับปรุงระบบการส่งภาพ โดยการนำเทคนิคการสลับลำดับข้อมูลมาใช้ได้เริ่มจากการวิจัยของ Mahapakulchai and Thongnumpen (2007) นำกระบวนการสลับลำดับข้อมูลแบบบล็อกมาใช้กับระบบ แต่เนื่องจากความยาวของแพ็กเก็ตไม่คงที่จึงทำให้วิธีการนี้มีความยุ่งยากในการคำนวณขนาดของเมทริกซ์ที่นำมาใช้ในการสลับลำดับข้อมูล หลังจากนั้นมีการปรับปรุงโดย Mahapakulchai and Sapisirisopon (2008a) ทำการออกแบบการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่ม ซึ่งได้ประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงแต่ลดปัญหาความยุ่งยากในการคำนวณขนาดของเมทริกซ์ที่นำมาใช้ในการสลับลำดับ ต่อมาในระยะเวลาอันใกล้ Mahapakulchai and Sapisirisopon (2008b) นำการถอดรหัสวิธี MAP มาทดสอบกับการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มทำให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเล็กน้อย ซึ่งจากผลการปรับปรุงและทดสอบของ Mahapakulchai and Sapisirisopon (2008a) และ Mahapakulchai and Sapisirisopon (2008b) ยังมีการสลับลำดับข้อมูลทีเดียวกัทั้งแพ็กเก็ต ซึ่งทำให้เกิดความซับซ้อนในการทำงานสูงเนื่องจากต้องมีการสร้างลำดับสุ่มขึ้นมา ตามขนาดของแพ็กเก็ต โดยที่ขนาดของแพ็กเก็ตมีขนาดที่แตกต่างกันไป จึงทำให้กระบวนการสลับลำดับข้อมูลมีความซับซ้อนสูง ซึ่งในระยะเวลาต่อมา Mahapakulchai and Nukoon (2010) ได้ทำการปรับปรุงปัญหาดังกล่าวข้างต้นโดยปรับปรุงด้วยการใช้วิธีการจะลดความซับซ้อนที่เกิดจากกระบวนการสลับลำดับข้อมูล จึงได้ปรับกระบวนการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มเดิมให้สามารถกำหนดช่วงของข้อมูลที่จะสลับลำดับข้อมูลได้แทนการสลับลำดับข้อมูลทั้งแพ็กเก็ต ทำให้สามารถลดความซับซ้อนของการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มลงได้มาก ซึ่งดูได้จากเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของการสลับลำดับข้อมูลที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดและยังคงได้คุณภาพใกล้เคียงกับการสลับลำดับข้อมูลทั้งแพ็กเก็ต

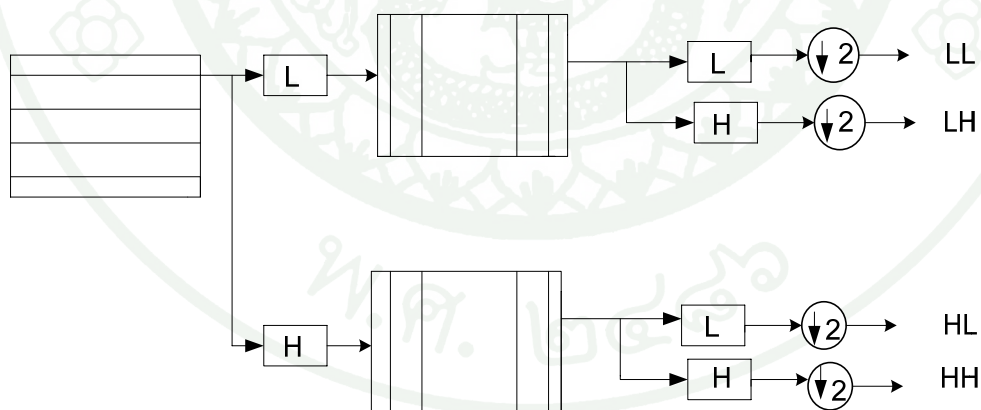
2.ระบบการส่งรูปภาพบนช่องสัญญาณไร้สาย

2.1 การบีบอัดและการเข้ารหัสรูปภาพ

การเข้ารหัสข้อมูลภาพแบบ MPEG-4 เป็นการบีบอัดข้อมูลที่มีอัตราการบีบอัดสูง งานวิจัยนี้ได้ใช้อัลกอริทึมคือ EZW (Embedded Zerotree Wavelet Transforms) การบีบอัดนี้จะทำการแยกข้อมูลภาพออกเป็น 2 ประเภทคือ ข้อมูล LFS (The lowest frequency subband) เป็นข้อมูลโครงสร้างหลักของ

รูปภาพประกอบด้วย 1 แפקเก็ตและข้อมูล HFS (The higher frequency subband) มีหลายแפקเก็ต ขึ้นอยู่กับขนาดของภาพแต่ละภาพ อัลกอริทึม EZW เป็นการบีบอัดที่แบ่งข้อมูลภาพออกเป็นหลายๆ ส่วน ซึ่งแทนด้วยสัมประสิทธิ์เวฟเลต โดยวิธีที่ใช้ในการแปลงสัมประสิทธิ์เวฟเลตของภาพดิจิทัล จะใช้การแปลงค่าเป็นสัมประสิทธิ์เวฟเลตที่เรียกว่า DWT (Discrete Wavelet Transform) ระบบจะเข้ารหัสความถี่ย่อยแบบลำดับขั้นก่อนต่อมาเมื่อเข้ารหัสแล้วจะทำการแยกสัญญาณออกมาโดยมีตัวกรองที่เรียกว่า filter bank มีเทคนิคการกรองซ้ำและการ Downsampling โดยในวิธีการของการ Downsampling จะใช้ค่าแทนที่เรียกว่า สเกล ในการแยกเวฟเลต โดยที่เวฟเลตที่มีสเกลใหญ่เรียกว่า ทยายและเวฟเลตที่มีสเกลเล็กเรียกว่าละเอียด

เนื่องจากรูปภาพเป็นสัญญาณแบบ 2 มิติ จึงสามารถแยกข้อมูลภาพออกเป็น 2 มิติได้คือแยก ระหว่างแถวและหลักของรูปภาพ ซึ่งจะใช้ตัวกรองความถี่ต่ำ (Low pass filter) และตัวกรองความถี่ สูง (High pass filter) ตามภาพที่ 2 จากภาพจะแสดงการสร้างย่านความถี่ย่อยรวม 4 ย่านความถี่คือ LL_1, LH_1, HL_1, HH_1 ความหมายของตัวอักษรตัวแรกและตัวอักษรตัวที่สองคือ ตัวกรองความถี่สูง และตัวกรองความถี่ต่ำ ตัวอักษรตัวแรกบอกประเภทของตัวกรองที่ใช้สำหรับแถวจะอ่านข้อมูลภาพ ตามแนวนอนและตัวอักษรตัวที่สองบอกประเภทของตัวกรองที่ใช้สำหรับหลักจะอ่านข้อมูลทาง แนวตั้งรายละเอียดดังภาพที่ 2

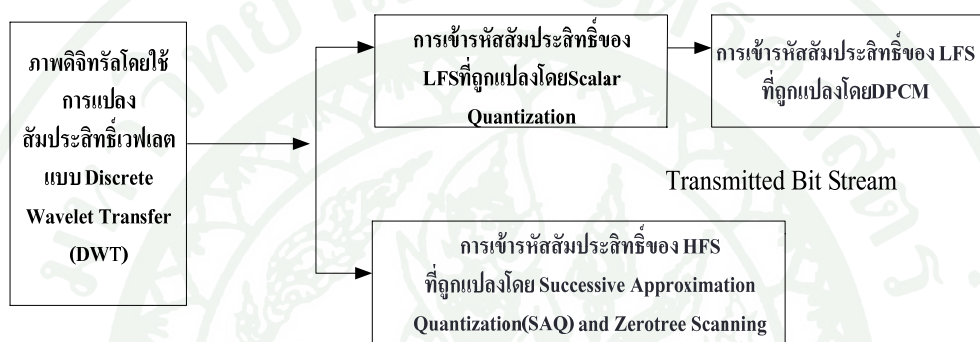


ภาพที่ 2 กระบวนการจำแนกสัญญาณรูปภาพในระดับแรก

การเข้ารหัสของ MPEG-4 โดยที่การบีบอัดแบบ EZW เริ่มจากการแปลงรูปด้วย DWT งานวิจัยนี้จะแยกรูปด้วย DWT แบบ 5 ระดับ ใช้ตัวกรองแบบ Daubechies (9,15) tap biorthogonal ในการแยกสัมประสิทธิ์ของ LFS และ HFS และจะถูกนำไปเข้ารหัสแยกกัน

2.1.1 การเข้ารหัสข้อมูลภาพ

การเข้ารหัสข้อมูลภาพจะทำการเข้ารหัสสัมประสิทธิ์ LFS ที่ถูกแปลงมาโดยใช้ Scalar Quantization และตามด้วย Differential Pulse Code Modulation (DPCM) และในส่วนของการเข้ารหัสของสัมประสิทธิ์ HFS ถูกเข้ารหัสโดยใช้กระบวนการ Successive Approximation Quantization ร่วมกับ Zerotree Scanning แสดงรายละเอียดดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนผังขั้นตอนการเข้ารหัสของ MPEG-4 EZW

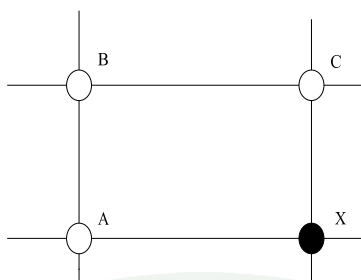
หลักการการเข้ารหัสของสัมประสิทธิ์ LFS จะถูกควอนไทซ์ด้วย Scalar Quantization และทำการ DPCM เพื่อทำนายค่าสัมประสิทธิ์การควอนไทซ์ X จากค่าของการควอนไทซ์ใกล้เคียง 3 ค่า ดังภาพที่ 4 คือ A, B, C ต่อจากนั้นค่าทำนายที่ได้ $\hat{X}$ จะถูกลบออกจากสัมประสิทธิ์ X ต่อมาจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ Residual ซึ่งจะถูกส่งออกไป ดังนี้

ถ้า $(|A-B|)$ น้อยกว่า $(|A-C|)$ เป็นจริง

ถ้าเช่นนั้น $\hat{X} = C$

ถ้าไม่เช่นนั้น $\hat{X} = A$

ค่าสัมประสิทธิ์ Residual = $X - \hat{X}$ รายละเอียดดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตำแหน่งของสัมประสิทธิ์ของการควอนไทซ์ X และค่าสัมประสิทธิ์ข้างเคียง

หลักการสำหรับการเข้ารหัสสัมประสิทธิ์ HFS นั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ Single quantization และ Multi-quantization ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้ Single quantization เป็นการควอนไทซ์ของทุกๆสัมประสิทธิ์เวฟเลตเพียงแค่ครั้งเดียวด้วย Multi-level quantization โดยลำดับของบิตที่ได้มาจะไม่มีคุณสมบัติ Embedded Code เพราะว่าจะไม่ได้ส่งบิตที่เป็นบิตนัยความสำคัญสูงสุดของทุกสัมประสิทธิ์เวฟเลตไปก่อน โครงสร้างทรีจะทำการเริ่มต้นด้วยแต่ละค่าสัมประสิทธิ์ Root ในย่านความถี่ย่อยทั้งหมด 3 ย่าน โดยที่จะมีความถี่ที่มีสเกลหยาบสุดหรือ Coarest Scale คือ HL_3, LH_3, HH_3 ทุกๆ SOT เหล่านี้จะถูกสแกนตามลำดับและสัมประสิทธิ์จะถูกแบ่งเป็น 4 กลุ่มคือ Zerotree root (ZTR), Isolated zero (IZ), Valued zerotree (VZTR) และ Value (VAL) ถ้าค่าสัมประสิทธิ์มีค่าน้อยกว่าค่าที่ขีดแบ่งไว้ สัมประสิทธิ์นั้นจะอยู่ในกลุ่มของ ZTR ถ้าสัมประสิทธิ์ต่อจากนั้นทั้งหมดมีค่าน้อยกว่าค่าที่ขีดแบ่งไว้ด้วยสัมประสิทธิ์นั้นจะอยู่ในกลุ่มของ IZ ถ้ามีสัมประสิทธิ์ต่อจากนั้น 1 สัมประสิทธิ์หรือมากกว่าค่าที่ขีดแบ่งไว้ นอกเหนือจากนี้สัมประสิทธิ์จะจัดให้อยู่ในกลุ่มของ VZTR หรือ VAL ซึ่งสัมประสิทธิ์ของ VZTR นั้นจะมีค่ามากกว่าค่าที่ขีดแบ่งไว้ แต่ค่าสัมประสิทธิ์ที่ต่อจากมันต้องมีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่งไว้ด้วยแต่ถ้าสัมประสิทธิ์ที่ต่อจากมันอย่างน้อย 1 สัมประสิทธิ์ มีค่ามากกว่าขีดแบ่งไว้ จะจัดอยู่ในกลุ่มของ VAL เมื่อสัมประสิทธิ์เป็นกลุ่ม VAL หรือ IZ จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ที่สอดคล้องกัน 4 ค่าจะสร้างทรีใหม่ 4 ทรีและกระบวนการจะซ้ำสำหรับแต่ละทรีใหม่จนกระทั่งทรีเดิมสมบูรณ์แล้วจะเริ่มทำกระบวนการกับ ทรีใหม่ถัดไป Multi-Quantization จะนำค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลตทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับลำดับของค่าขีดแบ่งถัดไป ในแต่ละครั้งแต่ละค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลตพร้อมด้วยสัมประสิทธิ์ต่อจากนั้นทั้งหมดจะถูกเปรียบเทียบกับค่าที่ขีดแบ่งไว้แล้วจะถูกแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มตามแบบ Single Quantization ก่อนการสแกนครั้งถัดไปจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าขีดแบ่งใหม่โดยปกติจะลดลงครึ่งหนึ่งของค่าเดิม

2.1.2 การถอดรหัสข้อมูลภาพ

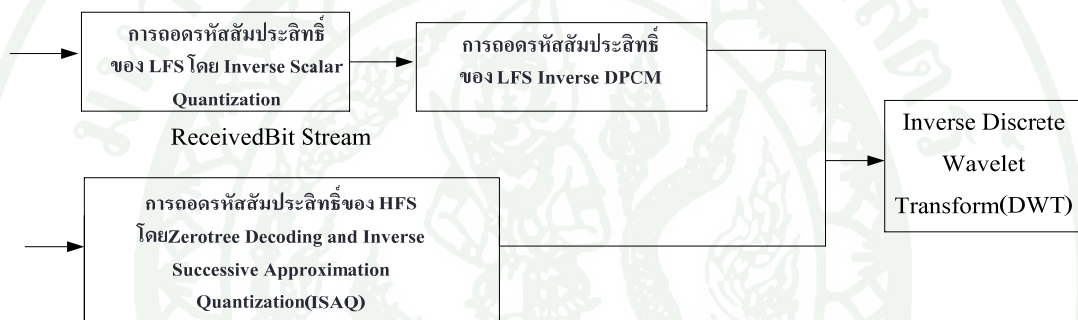
การถอดรหัสสัมประสิทธิ์ LFS ค่าสัมประสิทธิ์ที่รับได้จะถูกเลื่อนกลับด้วยจำนวนชั้นของการควอนไทซ์ จากนั้นจะทำการส่งผ่านด้วยกระบวนการ Inverse DPCM ตามภาพที่ 5 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ที่ต้องการจากค่าสัมประสิทธิ์ Residual ตามอัลกอริทึมต่อไปนี้

ถ้า $|A-B|$ น้อยกว่า $|A-C|$ เป็นจริง

ถ้าเช่นนั้น $\hat{X} = C$

ถ้าไม่เช่นนั้น $\hat{X} = A$

$X = \hat{X} +$ ค่าสัมประสิทธิ์ Residual



ภาพที่ 5 แผนผังขั้นตอนการถอดรหัสของ MPEG-4 EZW

กระบวนการควอนไทซ์กลับ (Inverse Quantization) ซึ่งจะทำกับค่าสัมประสิทธิ์ที่ต้องการที่ได้มา ผลที่ได้คือจะได้ค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลตกลับของ LFS กลับมารายละเอียดดังภาพที่ 5

การถอดรหัสของสัมประสิทธิ์ HFS สัญลักษณ์ Zerotree ถูกแยกออกมาจากลำดับบิตที่รับเข้ามา โดยเริ่มต้นที่ทุกสัมประสิทธิ์จะกำหนดค่าเริ่มแรกให้เป็นค่าศูนย์ สัมประสิทธิ์ที่เข้ามาเป็น VZTR หรือ VAL ผลลัพธ์ของค่าสัมประสิทธิ์นั้นจะทำการเพิ่มค่าของสัมประสิทธิ์ที่สอดคล้องกันตามค่าขีดแบ่งนั้น แต่ถ้าสัมประสิทธิ์ที่รับมาเป็น ZTR หรือ IZ ผลลัพธ์ของค่าสัมประสิทธิ์ที่สอดคล้องกันนั้นจะเป็นค่าเดิม (สำหรับ VZTR และ ZTR ค่าสัมประสิทธิ์ถัดไปจะไม่ถูกถอดรหัส) ต่อมาค่าขีดแบ่งจะถูกปรับปรุงตามรูปแบบที่ใช้ตอนเข้ารหัสสำหรับการถอดรหัสครั้งถัดไปขึ้นสุดท้ายจะใช้ Inverse DWT (IDWT) เพื่อใช้ในการแปลงค่าสัมประสิทธิ์เวฟเลต

2.2 การส่งข้อมูลภาพที่ผ่านช่องสัญญาณที่มีการรบกวน

การเข้ารหัสข้อมูลภาพคือการนำบิตข้อมูลที่ซ้ำซ้อนออกไปเพื่อให้ระบบมีการส่งข้อมูลได้สูงขึ้นและการเข้ารหัสช่องสัญญาณคือการเพิ่มบิตข้อมูลส่วนเกินหรือบิตข้อมูลที่ซ้ำเข้าไปเพื่อป้องกันการสูญเสียของกระแสบิตและนำกลับมาแก้ไขใหม่ ซึ่งมีการสนใจในเทคนิคที่ขึ้นอยู่กับความซ้ำซ้อนของข้อมูล(Residual Redundancy) ของตัวเข้ารหัส

2.2.1 ความซ้ำซ้อนของข้อมูล (Residual Redundancy) และเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน (STPM)

ความซ้ำซ้อนของข้อมูล (Residual Redundancy) จะอธิบายถึงวิธีการคิดคำนวณของค่าดังกล่าว ค่าดังกล่าวนี้จะใช้ประเมินถึงการเพิ่มประสิทธิภาพของการเข้ารหัส ซึ่งความซ้ำซ้อนข้อมูลภาพทั้งหมด (ρ_T) และทำการคำนวณค่าความซ้ำซ้อนของรูปภาพได้จากสมการ $R - H(I)$ จากสมการนี้จะได้ว่า R คือ Fixed Rate ซึ่งมีหน่วยเป็น บิต/สัญลักษณ์ และ $H(I)$ คืออัตราส่วนของเอนโทรปี (Entropy rate) น้อยที่สุดที่ส่งมามีหน่วยเป็น Bit/Sample

สมการคำนวณหาอัตราส่วนของเอนโทรปีได้จากสมการที่ (1)

$$H(I) = \lim_{n \rightarrow \infty} H(I_1, I_2, \dots, I_n) \quad (1)$$

จากสมการที่ $H(I_1, I_2, \dots, I_n)$ คือเอนโทรปีรวมของกระบวนการสุ่ม $\{I_i\}$ และตัวแปรสุ่ม $I_1, I_2, \dots, I_n$ แต่เมื่อมีการเป็นอิสระและมีการกระจายตัวไม่เหมือนกันนั้นจะได้สมการดังสมการที่ (2)

$$H(I_1, I_2, \dots, I_n) = \sum_{i=1}^n H(I_i) \quad (2)$$

ซึ่ง $H(I_i)$ คือเอนโทรปีของตัวแปรสุ่ม I_i แบบไม่ต่อเนื่องและจะเห็นได้ชัดว่าตัวแปรสุ่มเป็นอิสระต่อกันและกระจายตัวเหมือนกัน ทำให้ $H(I)$ มีค่าเท่ากับค่าของ $H(I_1)$

สำหรับลูกโซ่มาร์คอฟลำดับแรก (First Order Markov Chain) ที่มีการกระจายตัวแบบนิ่ง μ ซึ่งมีส่วนประกอบเป็นค่าความน่าจะเป็นแบบนิ่งในแต่ละสถานะและมีเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน P (มีสมาชิกภายในเมทริกซ์ คือ P_{ij} หรือ Transition Probability Matrix หรือ

STPM ซึ่งคือเมทริกซ์ของความน่าจะเป็นการส่งผ่านโดยมีเอนโทรปีแบบมีเงื่อนไข

$H(I_i/I_{n-1}, \dots, I_1)$ สมการที่ (3)

$$H(I) = \lim_{n \rightarrow \infty} H(I_n/I_{n-1}) = H(I_2/I_1) = \sum_{ij} \mu_i P_{ij} \log \frac{1}{P_{ij}} \quad (3)$$

โดยมีรูปแบบเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านดังต่อไปนี้

$$P = \begin{bmatrix} P(0|0) & P(0|1) & P(0|2) & P(0|3) \\ P(1|0) & P(1|1) & P(1|2) & P(1|3) \\ P(2|0) & P(2|1) & P(2|2) & P(2|3) \\ P(3|0) & P(3|1) & P(3|2) & P(3|3) \end{bmatrix}$$

กำหนดให้ความน่าจะเป็นของสถานะ 0, 1, 2 และ 3 คือ μ_0, μ_1, μ_2 และ μ_3 ซึ่งมีวิธีการคำนวณได้จากการแก้สมการไอเกน (Eigen Equation) $\mu P = \mu$ โดยมีไอเกนเวกเตอร์ (Eigenvector) $\mu = [\mu_0 \mu_1 \mu_2 \mu_3]$ โดยจะสอดคล้องกับค่าไอเกน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 และได้เขียนเป็นสมการจึงเขียนได้ว่า $\mu_0 + \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 = 1$ สามารถหาคำตอบได้แบบไม่ซ้ำกันจากการแก้สมการ

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิจัยซึ่งมีข้อมูลเกี่ยวเนื่องกับเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน 2 แบบซึ่งมีวิธีคิดดังต่อไปนี้

เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบเมฆ คำนวณจากค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านของรูปภาพนั้นยกตัวอย่างเช่น ภาพ AKIKO เฟรมลำดับที่ 100 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช AKIKO frame number 300

เมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการ ส่งผ่านแบบแมช AKIKO frame number 300	0.0604	0.1062	0.4836	0.3496
	0.0388	0.1498	0.4071	0.4042
	0.0523	0.1734	0.3743	0.3999
	0.0615	0.2089	0.372	0.3473

เมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช คำนวณจากค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านของวิดีโอ ซึ่งเมื่อทำการแตกออกเป็นเฟรมแล้วจะทราบว่าวิดีโอนั้นมีทั้งหมดกี่เฟรม นำเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านของแต่ละเฟรมมาบวกกันทั้งหมดและหารด้วยจำนวนเฟรมของวิดีโอ นั้น ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช AKIKO

เมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบมีสแมช AKIKO	0.0328	0.08197	0.5427	0.34127
	0.0297	0.15411	0.40611	0.40997
	0.05264	0.170911	0.380636	0.39776
	0.050399	0.21896	0.35611	0.37613

2.3 การเข้ารหัสและถอดรหัสช่องสัญญาณ

2.3.1 การเข้ารหัสช่องสัญญาณ (Channel coding)

การเข้ารหัสช่องสัญญาณนั้นมีประโยชน์เพื่อป้องกันผลกระทบที่เกิดจากความบกพร่องของช่องสัญญาณเช่น สัญญาณรบกวน การแทรกสอดและการจางหาย

รหัสช่องสัญญาณ (Channel code) จะนิยมนำมาใช้ในระบบสื่อสารดิจิทัลต่างๆเช่น ระบบสื่อสารไร้สาย ระบบสื่อสารดาวเทียมและระบบการบันทึกข้อมูลเพราะสามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะรวมของระบบได้มากกว่าระบบที่ไม่ได้ใช้การเข้ารหัสช่องสัญญาณ

การเข้ารหัสช่องสัญญาณแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

2.3.1.1. การเข้ารหัสแบบรูปคลื่น (Waveform coding) เป็นการออกแบบสัญญาณ โดยจะทำการเปลี่ยนเขตของรูปคลื่นสัญญาณที่ต้องการส่งไปยังแหล่งปลายทางให้เป็นเขตของรูปคลื่นสัญญาณใหม่ให้ง่ายต่อการตรวจหาที่วงจรภาครับและทนทานต่อสัญญาณรบกวน เช่น antipodal signaling, M-ary signaling, orthogonal signaling และ trellis-coded modulation

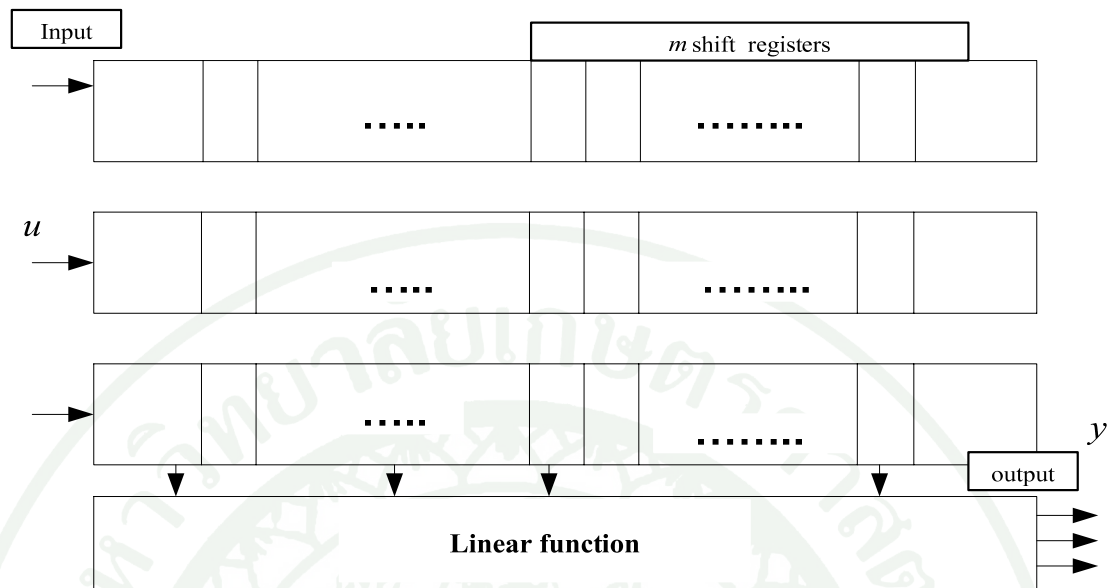
2.3.1.2 การเข้ารหัสแบบลำดับเชิงโครงสร้าง (Structured sequence) เป็นการเพิ่ม บิต (Redundant bits) เข้าไปในลำดับบิตเดิมที่ต้องการส่งไปยังแหล่งปลายทางให้เป็นลำดับบิตใหม่เพื่อช่วยให้วงจรถอดรหัสในการตรวจหาและแก้ไขข้อผิดพลาด โดยในงานวิจัยนี้จะเป็นการเข้ารหัสแบบลำดับเชิงโครงสร้าง

โดยในงานวิจัยนี้การเข้ารหัสช่องสัญญาณเป็นการเพิ่มบิตพิเศษผนวกเข้าไปกับข้อมูล เพื่อใช้ในการตรวจสอบหรือแก้ไขความผิดพลาดของคำรหัส

การเข้ารหัสช่องสัญญาณนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการเข้ารหัสช่องสัญญาณแบบรหัสคอนวูลูชันนอลสามารถเข้ารหัสทีละบิตต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ ในรูปของกระแสบิต (Bit stream) จึงทำให้ทำงานแบบเวลาจริงได้ การปรับปรุงให้รหัส block code มีความสามารถในการตรวจจับและแก้ไขข้อผิดพลาดได้มากขึ้นนั้น ทำได้โดยการเติมบิตพาริตีเช็คเข้าไป บิตที่เพิ่มจากข้อความเดิมนี้อาจถูกเรียกว่า Redundancy Bit การที่เพิ่มบิตเหล่านี้เข้าไปทำให้ต้องเสียกำลังเพิ่มขึ้นในการส่งตามจำนวนบิตที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นอีกลักษณะหนึ่งของการเข้ารหัส แทนที่จะพิจารณาเป็นบิตอาจจะเข้ารหัสอย่างต่อเนื่องโดยจะสร้างบิตที่จะใช้ในการส่งแต่ละบิต จากการใช้ลำดับของบิตข้อความเดิมมาผสมรวมกัน ด้วยวิธีการที่แน่นอนแบบหนึ่ง อาจเรียกว่าเป็นการเติม Redundancy Bit แบบต่อเนื่องได้

2.3.2 การเข้ารหัสช่องสัญญาณแบบการเข้ารหัสคอนวูลูชันนอล

หลักการเข้ารหัสคอนวูลูชันนอล (n, k, m) บน Finite Field F k คือจำนวนบิตอินพุต n คือจำนวนเอาต์พุต และ m คือจำนวนสถานะของ Shift Register โดยแสดงแผนผังของการเข้ารหัสแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แผนผังการเข้ารหัสคอนโวลูชันนอล

แทนรหัสคอนโวลูชันนอลด้วย Generator Matrix โดยมีอัตราของการเข้ารหัส $R = k/n$ และความยาวของรหัสคือ $(m + 1)k$ ลำดับของอินพุตและเอาต์พุตสามารถกำหนดให้เป็น Semi-Finite และสามารถแสดงไว้ในรูปแบบของ Unit Time Delay (D) ได้เป็นสมการที่ (4) และสมการที่ (5) ดังต่อไปนี้

$$u(D) = u_0 + u_1 D + u_2 D^2 + \dots \quad (4)$$

$$y(D) = y_0 + y_1 D + y_2 D^2 + \dots \quad (5)$$

อินพุตคือสมการดังต่อไปนี้ $u_i = (u_0, u_1, \dots, u_{n-1})$ และมีเอาต์พุตดังสมการ $y_i = (y_0, y_1, \dots, y_{n-1})$ ตามลำดับ Generator Matrix $G(D)$ ของรหัสคอนโวลูชันนอลถูกนิยามเป็น rank- k และเป็นเมทริกซ์พหุนามขนาด $k \times n$ หรือ ฟังก์ชัน Rational ในเทอมของ D ความสัมพันธ์ของอินพุตและเอาต์พุต คือ $y(D) = u(D)G(D)$ ลำดับของเอาต์พุตที่ได้เป็นกลุ่มของคำรหัส (Codeword) ถูกสร้างมาจาก $G(D)$ มีค่าสอดคล้องกับลำดับของอินพุต สมรรถนะของรหัสบล็อกเชิงเส้นคือน้ำหนักแฮมมิงของคำรหัสนิยามโดย $W_H(C)$ เท่ากับจำนวนบิตเท่ากับ 1 ในคำรหัส C เช่นถ้า $C = 100100$ จะได้ $W_H([100100]) = 2$ เป็นต้นและระยะแฮมมิง (Hamming distance) ระหว่าง C_1 และ C_2 นิยามโดย

$$d_H(C_1, C_2) = W_H(C_1 - C_2) = \sum_{i=1}^N C_{1,i} \neq C_{2,i} \quad (6)$$

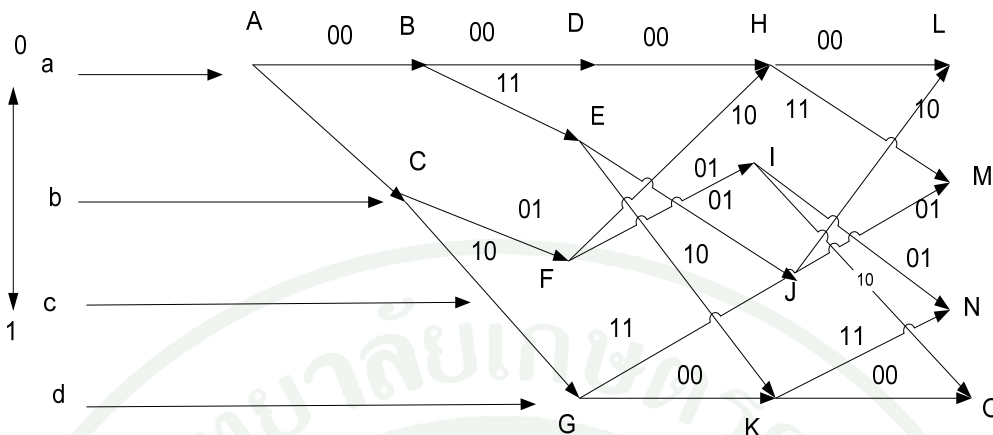
ตัวอย่างเช่นถ้า $C_1 = 110011$ และ $C_2 = 00111$ จะได้ระยะทางของแฮมมิง $d_H(C_1, C_2) = 3$ ถ้าให้รหัส C มีทั้งหมด 2^k คำรหัส ระยะทางแฮมมิงที่น้อยที่สุดระหว่างคำรหัสจะเรียกกันทั่วไปว่า ระยะทางน้อยสุด (Minimum distance) ของรหัสหรือ d_{min} ซึ่งนิยามดังสมการที่ 7

$$d_{min} = \min_{i \neq j} \{d_H(c_i, c_j)\} \quad (7)$$

รหัสบล็อกเชิงเส้นมีความสามารถในการแก้ไขข้อผิดพลาดเป็นจำนวน $t = \left\lfloor \frac{d_{min} - 1}{2} \right\rfloor$ บิต

และมีความสามารถในการตรวจหาข้อผิดพลาดได้จำนวน $s = d_{min} - 1$ บิต ซึ่งระยะทางที่น้อยที่สุดของรหัส d_{min} หาได้จากเมทริกซ์ตัวกำเนิด G และ เมทริกซ์พาริตีเช็ก H นั่นคือระยะทางน้อยที่สุดของรหัสที่มีค่าเท่ากับน้ำหนักแฮมมิงน้อยที่สุดของสมาชิกในแนวนอนของเมทริกซ์ G และจำนวนแนวดิ่งที่น้อยที่สุดของเมทริกซ์ H ที่บวกกันแบบมอดูโลสองแล้วได้ผลลัพธ์เท่ากับศูนย์

รหัสคอนวอลูชันนอลจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมความผิดพลาดขึ้นอยู่กับวิธีการถอดรหัสคือถ้าตัวถอดรหัสเป็นรหัสที่มีความยาวคงที่ในแต่ละครั้ง ทำให้คล้ายกับการเข้ารหัสแบบบล็อก ซึ่งในกรณีนี้ d_{min} จะถูกใช้เป็นพารามิเตอร์หลัก ถ้าตัวถอดรหัสใช้เทคนิคที่เรียกว่า Maximum Likelihood Sequence Estimator (MLSE) ระยะทางที่สั้นที่สุดระหว่างคำรหัสจะเรียกว่า d_{free} จะเป็นตัวแปรสำคัญ เนื่องจากจำนวนของคำรหัสทั้งหมดของรหัสคอนวอลูชันนอลขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในการสังเกตการณ์ จึงไม่แน่นอนที่จะคำนวณหาระยะห่างระหว่างคำรหัส เป็นข้อดีที่ระยะใกล้สุดไม่ได้ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่สังเกตการณ์ ถ้าช่วงเวลาของการสังเกตการณ์นานพอเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้นในงานวิจัยนี้จึงจะมาพิจารณาจากแผนผังเทลลิส ภาพที่ 8 ระยะทางที่สั้นที่สุดสำหรับรหัสตัวอย่างนี้จะเกิดขึ้นเมื่อช่วงเวลาที่สังเกตการณ์ $t \geq 3T$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5 ซึ่งเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดที่เริ่มจากรหัส 00 และย้อนกลับไปที่รหัส 00 ตามเดิม ระยะใกล้สุดทำให้รู้ว่าจำนวนบิตต่ำสุดที่จะเปลี่ยนรหัสหนึ่งเป็นรหัสอื่นแสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แผนผังเทลลิสของตัวอย่างการเข้ารหัสคอนโวลูชันนอล

2.3.3 การถอดรหัสช่องสัญญาณ

การถอดรหัสช่องสัญญาณโดยใช้อัลกอริทึมของตัวถอดรหัสคอนโวลูชันนอลถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ตัวถอดรหัสแบบพีชคณิตและตัวถอดรหัสแบบความน่าจะเป็น การถอดรหัสของรหัสคอนโวลูชันในงานวิจัยนี้จะไม่เหมือนกรณีรหัสที่เดิมพรีดีบีต การถอดรหัสและแก้ไขข้อผิดพลาดจะเป็นไปโดยอัตโนมัติ โดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า Viterbi algorithm วิธีการนี้จะเป็นการเปรียบเทียบลำดับบิตที่รับได้กับลำดับบิตของการเข้ารหัสที่เป็นไปได้ทั้งหมด เนื่องจากการแก้ปัญหาสำหรับปัญหาการประมาณค่า MAP ของลำดับสถานะของกระบวนการ Finite-state discrete-time Markov ซึ่งจะเรียกว่ากระบวนการ Markov ก็ต่อเมื่อความน่าจะเป็นที่จะเป็นสถานะ x_k ที่เวลา k ที่ทำให้ทุกสถานะจากเวลาที่ 0 ถึง $K-1$ ขึ้นอยู่กับสถานะของ x_{k-1} ที่เวลา $k-1$ เท่านั้น ตามสมการที่ (8)

$$P(x_k | x_0, x_1, \dots, x_{k-1}) = P(x_k | x_{k-1}) \quad (8)$$

การเข้ารหัสคอนโวลูชันนอลสามารถมองเป็นกระบวนการ Finite-state discrete-time Markov มีแผนผังของสถานะแสดงทุกเส้นทางที่เชื่อมโยงกับสถานะก่อนหน้า x_{k-1} ที่เวลา $k-1$ และทุกสถานะที่เป็นไปได้ที่เวลาปัจจุบัน x_k ที่เวลา k ความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนสถานะ โดย u_k เป็นบิตของข้อมูล ปัญหาการประมาณค่าของลำดับวิธี MAP คือเพื่อระบุลำดับของสถานะที่ $P(x|z)$ มีค่าสูงที่สุด เมื่อ z คือลำดับที่สังเกตการณ์ที่สัมพันธ์กับลำดับสถานะ x โดยที่ปัญหาการประมาณค่าดังกล่าวนี้เมื่อเทียบเท่ากับการหาค่าของลำดับสถานะสำหรับสมการของ

$P(x,z) = P(x|z)P(z) = P(z|x)P(x)$ มีค่าสูงสุด ความน่าจะเป็นร่วมกันของลำดับสถานะ x แสดงไว้ในสมการที่ (9)

$$\begin{aligned} P(x) &= P(x_0, x_1, \dots, x_{k-1}) \\ &= P(x_{k-1}|x_{k-2}, \dots, x_0)P(x_{k-2}|x_{k-3}, \dots, x_0) \dots P(x_1|x_0)P(x_0) \end{aligned} \quad (9)$$

เนื่องจากคุณสมบัติของกระบวนการ Markov ในสมการที่ (9) สามารถลดรูปได้เป็นสมการที่ (10)

$$P(x) = P(x_{k-1}|x_{k-2})P(x_{k-2}|x_{k-3}) \dots P(x_1|x_0)P(x_0) \quad (10)$$

โดยใช้กระบวนการ Markov และคุณสมบัติของการปราศจากสัญญาณรบกวนได้สมการที่ (11)

$$\arg\max_x P(z|x)P(x) = \arg\max_x \prod_{k=1}^{K-1} P(z_k|x_k, x_{k-1})P(x_k|x_{k-1}) \quad (11)$$

เนื่องจากฟังก์ชัน $\ln(\cdot)$ เป็นฟังก์ชันแบบโมโนโทนิก (Monotonic Function) โดยสามารถนำไปใช้กับสมการที่ (11) โดยผลลัพธ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทำให้สมการทางขวาเป็นไปตามสมการที่ (12)

$$\arg\max_x \sum_{k=1}^{K-1} \ln P(z_k|x_k, x_{k-1}) + \ln P(x_k|x_{k-1}) \quad (12)$$

นอกจากนี้ ถ้ากำหนดค่าสำหรับแต่ละเส้นทางเป็น

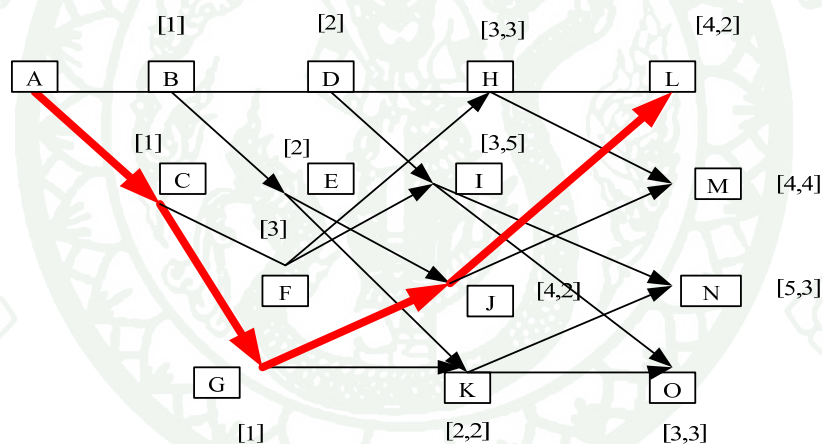
$$\lambda(x_k, x_{k-1}) \triangleq -\ln P(z_k|x_k, x_{k-1}) - \ln P(x_k|x_{k-1}) \quad (13)$$

ทำให้สมการที่ (12) เปลี่ยนเป็นรูปอย่างง่ายได้ตามสมการที่ (14)

$$\arg\max_x \sum_{k=1}^{K-1} \lambda(x_k, x_{k-1}) \quad (14)$$

จากสมการที่ (14) จะเห็นได้ว่าอัลกอริทึมวิเทอร์บีเกี่ยวข้องกับการหาระยะทางที่สั้นที่สุดในแผนผังเทลลิส โดยจะยกตัวอย่างของวิธีการทำโดยจะพิจารณาจาก Trellis สมมุติว่าลำดับบิตที่รับได้เป็น 10101010 ในการถอดรหัสจะเริ่มจากการวาด trellis ใหม่แสดงระยะห่างหรือความแตกต่างระหว่างคู่ของบิตที่รับได้กับคู่บิตขาออกของ trellis ในเส้นทางนั้น ซึ่งแสดงดังภาพที่ 8 เริ่มที่จุด A คู่บิตที่รับได้คู่แรกจากการสมมุติคือ '10' เมื่อเปรียบเทียบกับบิตขาออกของเส้นทาง AB คือ 00

ระยะห่างของบิตเท่ากับ 1 ให้เขียนไว้บนเส้นทางนั้น และจากจุด A ถ้าเปรียบเทียบกับเส้นทาง AC จะมีระยะห่างบิตเท่ากับ 1 เช่นกัน เมื่อมาถึงจุด B หรือ C ก็พิจารณาคู่บิตที่รับได้คู่ที่สองเทียบกับเส้นทางจาก B หรือ C ต่อไป พิจารณาต่อจาก B ไปทาง D หรือ E จะมีระยะห่างเท่ากับ '1' เหมือนกัน แต่จาก C ไป F มีระยะห่างของบิตเท่ากับ 2 ในขณะที่จาก C ไปทาง G มีระยะห่างเท่ากับศูนย์ คือลำดับบิตเหมือนกันเลย ทำเช่นนี้ต่อไปจนครบทุกเส้นทาง ค่าระยะห่างของบิตสะสมคือค่าระยะห่างรวมจากจุด A ไปยังจุดใดๆ แสดงในวงเล็บที่มีสองค่าหมายถึงการเดินทางมายังจุดนี้มีสองเส้นทาง และแต่ละเส้นทางมีระยะห่างของบิตสะสมแตกต่างกัน ให้เลือกเส้นทางที่มีระยะห่างของบิตสะสมน้อยที่สุด ในรูปเลือกเส้นทาง ACGJL โดยมีค่าระยะห่างสะสมเท่ากับ 2 จากเส้นทางที่ได้ย้อนกลับไปหาบิตข้อความขาเข้าที่ทำให้เกิดเส้นทางนี้ คือ 1100 และรหัสขาออกที่ควรจะเป็นคือ 11101110 เมื่อเปรียบกับสิ่งที่รับได้คือ 10101010 เห็นว่าผิดไปสองบิต แต่รหัสนี้ก็สามารถแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้



ภาพที่ 8 Viterbi algorithm สำหรับรหัสคอนโวลูชัน

สำหรับการออกแบบรหัสคอนโวลูชันนั้นเพื่อที่ระบุถึงรหัสคอนโวลูชันที่ดี อันดับแรกต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้นมาก่อน โดยเกณฑ์ที่ดีที่สุดคือการเลือกรหัสที่ทำให้มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดความผิดพลาดได้น้อยที่สุดบนกำลังงานของสัญญาณรบกวนเนื่องจากประสิทธิภาพของรหัสคอนโวลูชันที่ กำลังงานของสัญญาณรบกวนต่างๆ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับแค่อัลกอริทึมการถอดรหัสแต่ขึ้นอยู่กับ d_{free} ด้วย ดังนั้นรหัสที่ดีที่สุดจะมีค่า d_{free} สูงที่สุดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวเข้ารหัสคอนโวลูชันนอลแบบฐานสองที่มีอัตราเท่ากับ 1/2 ที่ดีที่สุดและ $dfree$

Number of delays	Best Encoder	$dfree$
2	$[D^2 + D + 1, D^2 + 1]$	5
3	$[D^3 + D^2 + D + 1, D^2 + D + 1]$	6
4	$[D^4 + D^2 + D + 1, D^4 + D^3 + 1]$	7
5	$[D^5 + D^3 + D^2 + D + 1, D^5 + D^4 + D^2 + 1]$	8
6	$[D^6 + D^3 + D^2 + D + 1, D^6 + D^5 + D^3 + D^2 + 1]$	10
7	$[D^7 + D^4 + D^3 + D^2 + D + 1, D^7 + D^6 + D^5 + D^2 + 1]$	10
8	$[D^8 + D^7 + D^5 + D^3 + D^2 + D + 1, D^8 + D^4 + D^3 + D^2 + 1]$	12

ตารางที่ 3 สรุปตัวเข้ารหัสคอนโวลูชันนอลแบบฐานสองที่มีอัตราเท่ากับ 1/2 จะสังเกตได้ว่าเมื่อความซับซ้อนของตัวเข้ารหัสเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพของรหัสคอนโวลูชันนอลที่แสดงไว้ด้วย $dfree$ จะเพิ่ม เนื่องจากรหัสคอนโวลูชันนอลได้ถูกนำมาใช้ในการเข้ารหัสช่องสัญญาณตามด้วยการมอดูเลตบางอย่าง การออกแบบของรหัสคอนโวลูชันนอลบางครั้งจะรวมเอารูปคลื่นสัญญาณที่ถูกสร้างจากมอดูเลเตอร์ ข้อดีคือได้รหัสประสิทธิภาพดีโดยไม่กระทบกับประสิทธิภาพของแบนด์วิดท์ นอกจากนี้รูปคลื่นสัญญาณจะแทนค่ารหัสโดยตรงและมีความแตกต่างกัน จึงทำให้มีความยืดหยุ่นต่อสัญญาณรบกวน โดยหลักการนี้รู้จักกันคือ Trellis-coded modulation (TCM)

2.4 การมอดูเลตและการดีมอดูเลตช่องสัญญาณ

การมอดูเลตสัญญาณคือการส่งสัญญาณเสียงหรือข้อมูลผ่านช่องทางการสื่อสารจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้าช่วยพาสัญญาณให้เคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยที่ขบวนการของขั้นตอนในการเพิ่มพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวนี้ถูกเรียกกันว่า การมอดูเลต (Modulation) พลังงานไฟฟ้าซึ่งมีความถี่สูงและคงที่รวมทั้งมีแอมพลิจูด (ขนาด) สูงด้วยนั้นจะเรียกว่าสัญญาณคลื่นพาห์ (Signal Carrier) อุปกรณ์สำหรับมอดูเลตสัญญาณ (Modulator) จะสร้างสัญญาณคลื่นพาห์และรวมเข้ากับสัญญาณข้อมูลเพื่อให้สัญญาณมีความแรงพอที่จะส่งผ่านสื่อกลางไปยังอีกจุดหนึ่งที่อยู่ไกลออกไปได้และเมื่อถึงปลายทางก็จะมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แยกสัญญาณพาห์

ออกให้เหลือเพียงสัญญาณข้อมูลซึ่งจะเรียกวิธีการแยกสัญญาณนี้ว่าการดีมอดูเลต (Demodulation) โดยจะมีหลักในการเลือกรูปแบบของการมอดูเลชันนั้นขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของกำลังส่ง ความกว้างแถบความถี่และความซับซ้อนในการสร้าง ดิจิตอลมอดูเลชันที่มีในปัจจุบันนี้มีหลายรูปแบบ โดยในที่นี้ขออธิบายเกี่ยวกับการมอดูเลตที่ใช้ในงานวิจัยดังต่อไปนี้

2.4.1 การมอดูเลตแถบผ่าน (Bandpass modulation) คือการเปลี่ยนแปลงแอมพลิจูด ความถี่ เฟสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันของคลื่นพาห์ไปตามสัญลักษณ์ข้อมูลส่ง

ประเภทของการมอดูเลตแถบผ่าน

Amplitude shift keying (ASK) มีสัญลักษณ์คือ มอดูเลต $A(t)$

Phase shift keying (PSK) มีสัญลักษณ์คือ มอดูเลต $\phi(t)$ ซึ่งการมอดูเลตประเภทนี้เป็นมาตรฐานในระบบสื่อสารดาวเทียม

Frequency shift keying (FSK) เป็นการมอดูเลตความถี่ซึ่งนิยมใช้กับระบบที่มีอัตราเร็วต่ำ

Quadrature amplitude modulation (QAM) เป็นการมอดูเลตแอมพลิจูดและมอดูเลตเฟสและการมอดูเลตประเภทอื่นๆ เช่น Continuous-phase FSK (CPFSK), Minimum shift keying (MSK)

โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเอาการมอดูเลตที่เป็นแบบ Continuous-phase FSK (CPFSK) หรือการมอดูเลตแบบการเปลี่ยนความถี่แบบขั้นตอนต่อเนื่องมาใช้ การมอดูเลตแบบ Continuous Phase Modulation หรือย่อว่า CPM จัดว่าเป็นการมอดูเลตดิจิทัลที่ไม่เป็นเชิงเส้น หน่วยความจำ เนื่องจากเฟสของสัญญาณ CPM จะถูกจำกัดให้มีความต่อเนื่องกัน CPM กลายเป็นที่นิยมสำหรับช่องสัญญาณที่มีอยู่จำกัด เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความต้องการสำหรับการใช้แบนด์วิดธ์อย่างคุ้มค่า โดยการใช้สัญญาณที่มีแอมพลิจูดคงที่ซึ่งคุณสมบัตินี้ทำให้สามารถต้านทานต่อสัญญาณรบกวนบนช่องสัญญาณที่ไม่เป็นเชิงเส้น ตัวอย่างของการใช้งาน CPM คือระบบสื่อสารผ่านดาวเทียมที่มีลักษณะ

ในการส่งสัญญาณขาลงจะใช้ตัวขยายสัญญาณแบบไม่เป็นเชิงเส้นกำลังสูง ดังนั้นจึงเกิดการลดทอนได้มาก

ใช้งานย่านความถี่ UHF (300 – 3000 MHz) และ VHF (30 – 300 MHz) ซึ่งโดยปกติจะถูกทำให้เสียหายด้วยการเฟดดิ้ง

ปัญหาดังกล่าวสามารถดีขึ้นด้วยการใช้การมอดูเลตที่สร้างสัญญาณ Envelope คงที่ ดังนั้น CPM จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม ระบบ CPM โดยทั่วไปจะส่งสัญญาณในรูปแบบของ

$$s_m(t, \alpha) = \sqrt{\frac{2E}{T}} \cos(2\pi f_n t + \varphi(t, \alpha) + \varphi_n) \quad (15)$$

เมื่อ α คือลำดับของสัญลักษณ์ข้อมูลแบบ M -ary ที่ไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยที่ $\alpha_i \in \{\pm 1, \pm 3, \dots, \pm(M-1)\}$ โดยที่ เฟสเป็นตัวแทนพาข้อมูลคือ $\varphi(t, \alpha)$ จากสมการที่ (16)

$$\varphi(t, \alpha) = 2\pi h \sum_{i=-\infty}^{\infty} \alpha_i f(t - iT) \quad -\infty < t < \infty \quad (16)$$

เมื่อ h คือ Modulation Index และ $f(t)$ คือ เฟสตอบสนองของย่านความถี่ฐาน ถ้าถูกกำหนดอยู่ในเทอมของความถี่ $g(t)$ จะได้เป็น $\int_{-\infty}^t g(\tau) d\tau, -\infty < \infty$ สำหรับวิธีนี้ Causal CPM ความถี่ $g(t)$ ต้องสอดคล้องกับ $g(t) = 0, t < 0, t > LT$ และ $g(t) \neq 0, 0 \leq t \leq LT$ ดังนั้นเฟสที่นำพาข้อมูลสามารถเขียนเป็นสมการที่ (17)

$$\varphi(t, \alpha) = \pi h \sum_{i=-\infty}^{n-L} \alpha_i + 2\pi h \sum_{i=n-L+1}^n \alpha_i f(t - iT), nT \leq t \leq (n+1)T \quad (17)$$

วิธีการแบบ CPM ถูกกำหนดโดย h, M และ $g(t)$ หรือ $f(t)$ เรามักใช้ $g(t)$ ในรูปแบบของคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยม (L-REC) ตามสมการที่ (18)

$$g(t) = \begin{cases} \frac{1}{2LT}, & 0 \leq t \leq LT \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (18)$$

หรือฟังก์ชัน Raised Cosine (L-RC) ตามสมการที่ (19)

$$g(t) = \begin{cases} \frac{1}{2LT} [1 - \cos(\frac{2\pi t}{LT})], & 0 \leq t \leq LT \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (19)$$

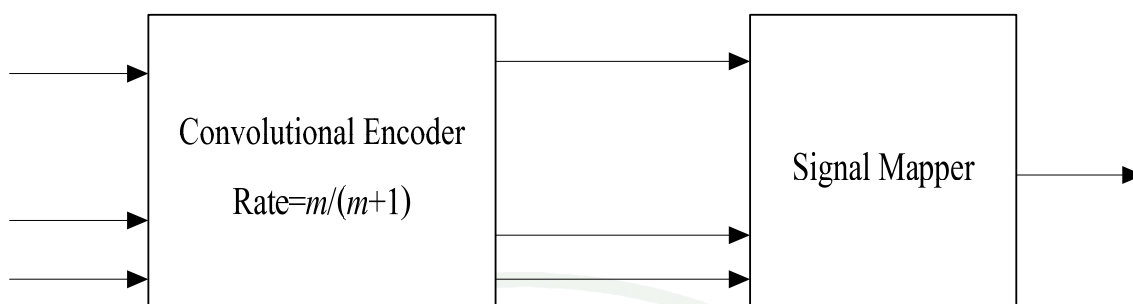
ถ้า $L = 1$ จะเรียกการมอดูเลตนั้นว่า Full Response CPM แต่ถ้า $L > 1$ จะเรียกว่า Partial Response CPM สำหรับการมอดูเลตที่เรียกว่า Continuous Phase Frequency Shift Keying หรือ CPFSK เป็นกรณีพิเศษของการมอดูเลตแบบ Full Response CPM พร้อมด้วยผลการตอบสนองความถี่ฐานแบบเชิงเส้นหรือ $g(t) = 1 - \text{REC}$ แบบตัวกลับที่ถูกใช้โดยสัญญาณ CPM โดยทั่วไปขึ้นอยู่กับ

กับการเลือกค่า $h, g(t)$ และจำนวนของสัญญาณ M โดยถ้าใช้ค่า h สูงจะสิ้นเปลืองแบนด์วิดท์สูงด้วย และการเลือกใช้ Raised Cosine Frequency จะใช้แบนด์วิดท์ต่ำกว่า Rectangular Frequency และสำหรับการมอดูเลตแบบ Partial Response จะใช้แบนด์วิดท์ต่ำกว่า Full Response

2.4.2 การมอดูเลตรหัสเทลลิสสำหรับ CPM

การมอดูเลตแบบ TCM หรือ Trellis-code modulation จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการส่งข้อมูลด้วยการมอดูเลตแบบ QAM ให้เร็วและถูกต้องยิ่งขึ้น ด้วยวิธีเพิ่มจำนวนบิตเข้าไปในข้อมูลอีก 1 บิต สำหรับการตรวจสอบแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูลและบิตข้อมูล ด้วยอัตราส่วน 1.3:1, 2:1, 3.5:1 และ 4:1 เพื่อให้สามารถส่งข้อมูลได้มากขึ้นในเวลาเท่าเดิม ทำให้วิธีการมอดูเลตแบบ TCM นิยมนำมาใช้กับโมเด็มความเร็วสูงตั้งแต่ 9,600 ถึง 57,600 bps เพราะที่ความเร็วสูงจะมีโอกาสส่งข้อมูลผิดพลาดสูงด้วยเช่นกัน ตัวอย่างเช่น ในการส่งข้อมูลด้วยอัตราข้อมูล 2,400 บิตต่อวินาที โดยส่งข้อมูลครั้งละ 5 บิต (ซึ่งเป็นข้อมูลจริง 4 บิตและอีก 1 บิตเป็นการตรวจสอบและแก้ไขความผิดพลาดของข้อมูล) TCM เป็นเทคนิคการรวมการเข้ารหัสและมอดูเลตเข้าไว้ด้วยกัน เนื่องจากคุณสมบัติที่ดีเหนือกว่าการมอดูเลตหลายระดับของรหัสที่ไม่ได้เข้ารหัสคอนโวลูชันนอล โดยไม่กระทบกับประสิทธิภาพการใช้แบนด์วิดท์ TCM เป็นที่นิยมใช้กับช่องสัญญาณที่มีแบนด์วิดท์จำกัด วิธีการนี้จะสร้างลำดับของสัญญาณที่ถูกเข้ารหัสแล้วโดยใช้การเข้ารหัสแบบ Finite-state และการเลือกสัญญาณที่มีการมอดูเลตร่วมกัน การออกแบบที่สำคัญของ TCM คือกระบวนการเข้ารหัสและการมอดูเลตถูกออกแบบร่วมกัน โดยการทำให้ Minimum Euclidean Distance มีค่ามากที่สุดที่เรียกว่า “free distance” ระหว่างลำดับของสัญญาณที่เข้ารหัสมาแล้ว เป็นผลทำให้ free distance ของสัญญาณที่ถูกเข้ารหัสแล้วใหญ่กว่า minimum distance ระหว่างสัญญาณที่ไม่ถูกเข้ารหัส ที่อัตราข่าวสารที่เท่ากันและแบนด์วิดท์โดยประมาณเท่ากัน แผนผังการทำงานของ TCM แสดงไว้ในภาพที่ 10

ลำดับของข่าวสารแสดงไว้ดังสมการ $\underline{I} = (I_0, I_1, \dots, I_n, \dots)$ เมื่อ $I_0 = (I_0^0, I_0^1, \dots, I_0^{m-1})$ การเข้ารหัสคอนโวลูชันนอลที่มีอัตราการเข้ารหัส $\frac{m}{m+1}$ สร้างลำดับของรหัส $\underline{J} = (J_1, \dots, J_n, \dots)$ เมื่อ $I_0 = (I_0^0, I_0^1, \dots, I_0^m)$ จากนั้นจะนำรหัสที่ได้จับคู่กับลำดับของสัญญาณ $\underline{sm} = (sm_0, sm_1, \dots, sm_n, \dots)$ ซึ่งแสดงไว้ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แผนผังการทำงานของ TCM

2.4.3 รหัสโพลิโนเมียลริงคอนโวลูชันนอลเทลลิส

ก่อนทำกระบวนการเข้ารหัสและถอดรหัสสัญญาณเทลลิส TCM ต้องเปลี่ยนข้อมูล 1 บิตเป็นสัญลักษณ์ โดย 1 สัญลักษณ์เท่ากับ 2 บิต เพื่อผ่านการเข้ารหัสแบบริงได้ การเข้ารหัสแบบริงมีข้อดีที่นำมาใช้คือสามารถออกแบบร่วมกับการมอดูเลตแบบเฟสของสัญญาณมีความต่อเนื่อง เช่น การมอดูเลตแบบ CPM การเข้ารหัสช่องสัญญาณแบบเทลลิสซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การเข้ารหัสช่องสัญญาณแบบริงคอนโวลูชันนอลและการมอดูเลตแบบเฟสของสัญญาณมีความต่อเนื่องเนื่องจากการเป็นการมอดูเลตที่เหมาะสมกับช่องสัญญาณไร้สาย ซึ่งมีแถบความถี่แคบ การเลือกเข้ารหัสช่องสัญญาณแบบริงคอนโวลูชันนอลสามารถรวมกับการมอดูเลตได้ การถอดรหัสช่องสัญญาณแบบเทลลิสเลือกใช้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีเป็นเทคนิคที่สามารถตรวจจับผิดพลาดได้ดีที่สุด การคำนวณค่าขนาดในแต่ละเส้นทางบนเทลลิสจะใช้ทฤษฎีการตรวจจับสัญญาณแบบ MAP สำหรับการนำไปใช้ในช่องสัญญาณไร้สายนั้นต้องการกระบวนการมอดูเลตที่มีการใช้ช่วงความถี่อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะใช้การมอดูเลตแบบที่เฟสของสัญญาณมีความต่อเนื่องโดยมีดัชนีการมอดูเลตเท่ากับ $1/4$ ซึ่งสัญญาณที่ได้นั้นมีการใช้ช่วงความถี่เท่ากับกระบวนการ MSK โดยกระบวนการมอดูเลตแบบที่เฟสของสัญญาณมีความต่อเนื่องจะแยกออกเป็น CPE และ MM ซึ่งทั้งหมดจะรวมกันอยู่ภายในกระบวนการเข้ารหัสช่องสัญญาณแบบริงคอนโวลูชันนอลที่อัตราเท่ากับ $1/2$

2.5 ช่องสัญญาณ

2.5.1 การจางหายบนช่องสัญญาณ

ในการสื่อสารไร้สายสัญญาณที่มาจากเครื่องส่งที่มาถึงสายอากาศที่เครื่องรับได้นั้นจะมีหลายทิศทาง โดยที่การแพร่กระจายคลื่นของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะเกิดการสะท้อน เลี้ยวเบน หักเหหรือกระจายได้ ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมในขณะนั้นเช่นบริเวณในเมือง นอกเมือง ในกรณีที่เป็น

ช่องสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่จะเกิดการดอปเปลอร์ (Doppler Shift) เนื่องมาจากการเคลื่อนที่ การเลื่อนของความถี่ดอปเปลอร์เป็นสาเหตุให้เกิดความถี่พาหะเปลี่ยนแปลง (Carrier Frequency Shift) และแถบความกว้างของความถี่กระจายออก (Bandwidth Spread) เป็นสาเหตุให้ประสิทธิภาพ โมดูเลชัน (Modulation) ลดลงเมื่อเทียบกับช่องสัญญาณที่มีการรบกวนเกาส์เซียนขาว (Additive White Gaussian, AWGN) ดังภาพที่ 10 แสดงให้เห็นลักษณะการจางหายระหว่างสถานีส่งและโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งเกิดการสะท้อนของตึก ภูเขา หรือสิ่งก่อสร้าง ส่งผลได้วาระหว่างสถานีส่งกับโทรศัพท์เคลื่อนที่จะมีเส้นทางจำนวนมาก ซึ่งในแต่ละเส้นทางจะเกิดการสะท้อนและกระจายจากสิ่งรอบข้างทำให้เกิดการลดทอนและสูญเสียเรียกว่าการจางหายหลายเส้นทางซึ่งแสดงดังภาพที่ 11 เช่นเส้นทาง A จะเป็นสัญญาณหลัก เส้นทางอื่น (B, C และ D) จะเป็นสัญญาณที่ถูกสะท้อนจากสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดการเลี้ยวเบน หักเหตหรือแตกกระจายเป็นผลให้เกิดสัญญาณหลายเส้นทางและมีเวลาหน่วงที่ต่างกัน ดังนั้นสัญญาณที่รับได้จะมีองค์ประกอบของสัญญาณเป็นจำนวนมาก ในบางครั้งจะมีส่วนที่เสริมกันทำให้มีความแรงของสัญญาณสูง ในบางครั้งจะมีส่วนที่หักล้างกันทำให้สัญญาณมีความแรงต่ำ ผลที่ได้คือความแรงของสัญญาณ ซึ่งมีค่าสูงบ้างต่ำบ้างซึ่งเปลี่ยนแปลงตามเวลา

2.5.1.1 การจางหายบนช่องสัญญาณแบบนาคากามิ (Nakagami Model)

การจางหายบนช่องสัญญาณแบบนาคากามินั้นเป็นแบบจำลองที่ได้มาจากการทดสอบ และสามารถอธิบายปรากฏการณ์ของการเกิดการจางหายในบริเวณอื่นๆ ได้ดี เอาต์พุตของสัญญาณด้านรับจะเป็นผลบวกทางเวกเตอร์ของขนาดของสัญญาณ (Signal strength) แบบจำลองนาคากามิไม่ได้อธิบายรายละเอียดทางด้านเฟส อย่างไรก็ตามแบบจำลองนาคากามิยังสามารถอธิบายแบบจำลองอื่นๆ ได้ดีอีกด้วยซึ่งสามารถแสดงค่าความหนาแน่นความน่าจะเป็นได้ ดังสมการที่ (20)

$$p(\alpha) = 2 \left(\frac{m_1}{\Omega_1} \right)^{m_1} \frac{\alpha^{2m_1-1}}{\Gamma(m_1)} \exp \left[-\frac{m_1}{\Omega_1} \alpha^2 \right] \quad \text{เมื่อ } \alpha \geq 0 \quad (20)$$

เมื่อ m คือตัวแปรเสริมเฟดดิ้งมีค่าดังสมการที่ (21)

$$m_1 = \frac{\Omega_1^2}{E[(\beta^2 - \Omega_1)^2]} \geq 0.5 \quad (21)$$

โดยที่จุดเด่นของแบบจำลองนาคากามิคือ

- ก) แบบจำลองที่ได้มาจากการทดสอบและสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมทั้งในชนบทและ

เมืองใหญ่

ข) แบบจำลองที่สอดคล้องกับการแจกแจงของขนาด (Amplitude Distribution) ซึ่งแสดงด้วย

ตัวแปรสุ่มเฟดดิ้ง (m) ต่างๆดังนี้

$m = 0.5$ คือการแจกแจงแบบเกาส์เซียนข้างเดียว

$m = 1$ คือการแจกแจงแบบเรย์ลี

$m \rightarrow \infty$ คือกรณีอุดมคติที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ

โดยที่แบบจำลองนาคากามินั้นแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

แบบจำลองของนาคากามิ-ฮอยท์ (Nakagami-q(Hoyt) Model)

แบบจำลองของนาคากามิ-ไรซ์ (Nakagami-n (Rice) Model)

แบบจำลองของนาคากามิ-เอ็ม (Nakagami- m Model)

ในงานวิจัยนี้ได้สนใจเกี่ยวกับ แบบจำลองของนาคากามิ-เอ็ม (Nakagami- m Model) ซึ่งแบบจำลองนี้จะอ้างอิงจากการกระจายตัวของ Central Chi-Square โดยที่ค่า PDF แสดงดังสมการที่ (22)

$$p_{\alpha_1}(\alpha_1; \Omega_1, m_1) = 2 \left(\frac{m_1}{\Omega_1}\right)^{m_1} \frac{\alpha_1^{2m_1-1}}{\Gamma(m_1)} \exp\left[-\frac{m_1}{\Omega_1} \alpha_1^2\right] \quad \text{เมื่อ } \alpha_1 \geq 0 \quad (22)$$

เมื่อ m คือตัวแปรสุ่มการจางหาย ซึ่งมีค่าระหว่าง 1/2 ถึง ∞ โดยมีฟังก์ชันความน่าจะเป็นแบบต่อเนื่อง (PDF) ของ Nakagami- m สำหรับ $\Omega = 1$ และเปลี่ยนค่าตัวแปรสุ่มการจางหาย ซึ่งจะกระจายอยู่ในรูปของ Gamma Function ได้ดังนี้

$$p_{\alpha_1}(\alpha_1; \Omega_1, m_1) = \frac{m_1}{\Gamma(m_1)} \frac{\alpha_1^{m_1-1}}{\Gamma(m_1)} \exp\left[-\frac{m_1}{\Omega_1} \alpha_1\right] \quad \text{เมื่อ } \alpha_1 \geq 0 \quad (23)$$

และสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของ MGF ของแบบจำลองช่องสัญญาณได้ดังนี้

$$M_f(s; \Omega_1) = (1 - \frac{s\Omega_1}{m_1})^{-m_1} \quad (24)$$

Moment อันดับที่ k ของแบบจำลองนี้สามารถแสดงได้ดังนี้

$$E[Y^k] = \frac{\Gamma(m+k)^{-k}}{\Gamma(m)m^k} Y \quad (25)$$

ค่า AF เขียนได้ดังสมการที่ (26)

$$AF_m = \frac{1}{m}, m \geq \frac{1}{2} \quad (26)$$

ตัวแปรเสริมการจางหายของ Nakagami – m สามารถเขียนเป็นการกระจายตัวไว้หลายรูปแบบ ยิ่งไปกว่านั้นกรณีที่ตัวแปรเสริมเฟดดิ้ง $m < 1$ อาศัยสมการที่ (26) สามารถใช้การ Mapping แบบ one to one เพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเสริม m และ q โดยทำการประมาณให้ใกล้เคียงกับการกระจายตัวแบบ Nakagami- q (Hoyt) แสดงได้ดังสมการที่ (27)

$$m = \frac{(1+q^2)^2}{2(1+2q^4)}, m < 1 \quad (27)$$

ตัวแปรเสริมเฟดดิ้ง $m > 1$ สามารถใช้การ Mapping แบบ one to one เพื่อสร้างความสัมพันธ์เช่นเดียวกันระหว่างตัวแปรเสริม m และ n โดยประมาณให้ใกล้เคียงกับการกระจายตัวแบบ Nakagami- n (Rice) แสดงได้ดังสมการที่ (28) และ (29)

$$m = \frac{(1+n^2)^2}{1+2n^2}, n \geq 0 \quad (28)$$

$$n = \sqrt{\frac{\sqrt{m^2-m}}{m-\sqrt{m^2-m}}}, m \geq 1 \quad (29)$$

จากแบบจำลองของ Nakagami- m แสดงให้เห็นว่าสามารถทำการประมาณแบบจำลองอื่นได้หลายชนิดอาศัยการปรับตัวแปรเสริมการจางหาย m โดยมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน นิยมใช้ในการวิเคราะห์ระบบสื่อสารเป็นอย่างมาก ซึ่งมักจะพบได้เสมอในเอกสารอ้างอิงที่มีการใช้แบบจำลองวัดประสิทธิภาพทั่วไป

3. การปรับปรุงระบบการส่งรูปภาพบนช่องสัญญาณไร้สาย

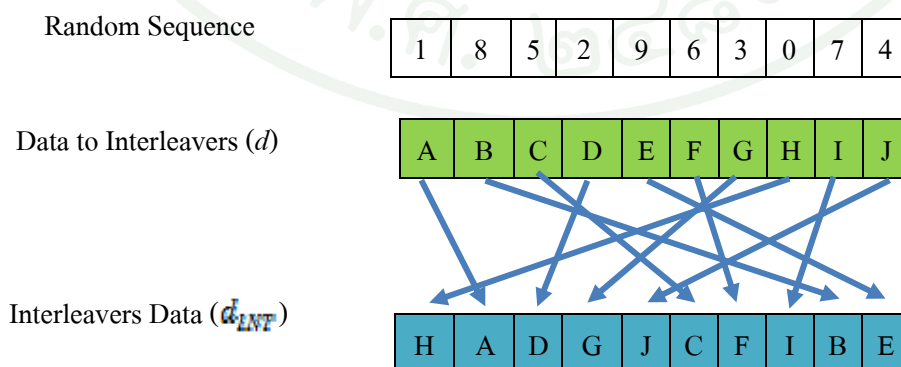
3.1 การสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่ม

กระบวนการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่ม ฝั่งส่งข้อมูลของการสลับลำดับ (d_{INT}) ถูกคำนวณจากสมการ $d_{INT} = dP$ d คือเวกเตอร์ข้อมูล P คือเมทริกซ์ของการสุ่ม การสร้างเมทริกซ์นี้สามารถทำได้โดยใช้อัลกอริทึม Linear Congruential และในฝั่งรับเวกเตอร์ข้อมูลสามารถสลับลำดับกลับมาจากสมการ $d_{INT}P^{-1}$ แต่เมทริกซ์ P เป็นเมทริกซ์แบบ Unitary โดยที่ $PP^T = P^TP = I$ และ $P^{-1} = P^T$ เมื่อ $(.)^T$ คือการทรานสโพสและ I คือเมทริกซ์เอกลักษณ์ ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาเวกเตอร์ข้อมูล d ได้จาก $d = d_{INT}P^T$ ตัวอย่าง เมื่อลำดับสุ่ม คือ 1, 8, 5, 2, 9, 6, 3, 0, 7, 4 จะได้เมทริกซ์ P และ P^T ตามภาพที่ 11 โดยเมทริกซ์ P เป็นตัวกำหนดตำแหน่งที่จะสลับลำดับข้อมูลและเมทริกซ์ P^T เป็นตัวกำหนดตำแหน่งที่จะสลับลำดับข้อมูลกลับแสดงดังภาพที่ 11

$$P = \begin{bmatrix} 0100000000 \\ 0000000010 \\ 0000100000 \\ 0010000000 \\ 0000000001 \\ 0000001000 \\ 0001000000 \\ 1000000000 \\ 0000000100 \\ 0000100000 \end{bmatrix} \quad P^T = \begin{bmatrix} 0000001000 \\ 1000000000 \\ 0001000000 \\ 0000001000 \\ 0000000001 \\ 0010000000 \\ 0000010000 \\ 0000000010 \\ 0100000000 \\ 0000100000 \end{bmatrix}$$

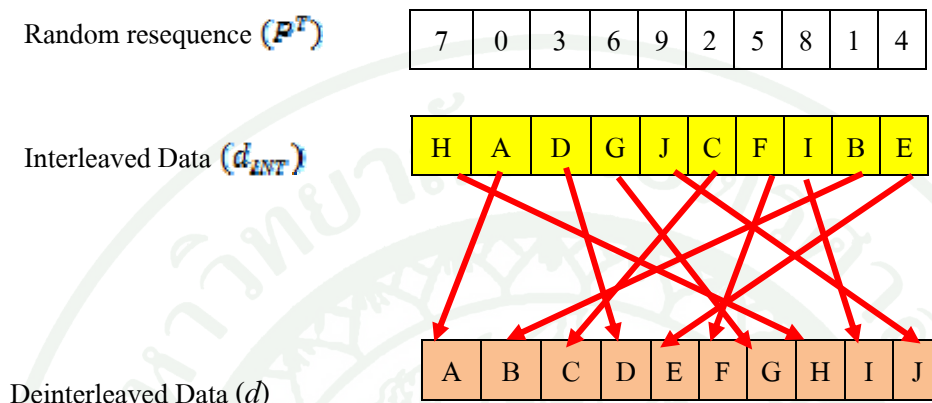
ภาพที่ 11 เมทริกซ์ P และ P^T สำหรับลำดับสุ่ม 1, 8, 5, 2, 9, 6, 3, 0, 7, 4

ฝั่งส่งเมื่อนำเวกเตอร์ของข้อมูล d ที่จะสลับลำดับแล้วคูณเข้ากับเมทริกซ์ P ทำให้ตำแหน่งของข้อมูลในเวกเตอร์สลับไปตามลำดับที่สุ่มมาได้ เป็นเวกเตอร์ที่ถูกสลับลำดับแบบสุ่ม d_{INT} ตามภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ตัวอย่างเวกเตอร์ d_{INT} ที่ได้จากการสลับลำดับตามลำดับสุ่ม 1, 8, 5, 2, 9, 6, 3, 0, 7, 4

ฝั่งรับจะสลับลำดับข้อมูลกลับ โดยใช้ข้อมูลที่ถูกสลับลำดับข้อมูลมา d_{INT} คูณกับเมทริกซ์ P_T ทำให้ตำแหน่งของข้อมูลในเวกเตอร์ d_{INT} จะสลับกลับไปเป็นเวกเตอร์ d ดังเดิมตามภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ตัวอย่างเวกเตอร์ d ที่ได้จากการสลับลำดับข้อมูลกลับ

ข้อมูลที่ถูกส่งผ่านช่องสัญญาณที่มีการเลือนหาย จะทำให้ข้อมูลเสียหายเป็นกลุ่มๆ เช่นเกิดความเสียหายต่อเนื่องกันสามสัญลักษณ์เริ่มจากสัญลักษณ์ที่สองถึงสี่ เมื่อนำเอาการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มมาใช้ก่อนส่งออกไป สัญลักษณ์ที่เสียหายคือ d, g, j เมื่อสลับลำดับข้อมูลกลับมา ผลจะทำให้ข้อมูลที่รับเกิดการเสียหายกระจายออกไปเป็นตำแหน่งที่สี่ เจ็ดและเก้าแทน ซึ่งในฝั่งรับจะเสมือนมีการเสียหายของข้อมูลแบบสุ่ม ซึ่งทำให้สามารถลดความเสียหายเป็นกลุ่ม (Burst error และ block error) ได้แต่เนื่องจากในความเป็นจริงขนาดของเวกเตอร์ที่ใช้ในการสลับลำดับข้อมูลเป็นไปตามขนาดของแพ็คเกจ ซึ่งมีขนาดที่เปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันตลอดเวลาและมีขนาดค่อนข้างใหญ่ จึงทำให้การสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มมีความซับซ้อนสูงและใช้ทรัพยากรในการประมวลผลสูง

3.2 การสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้

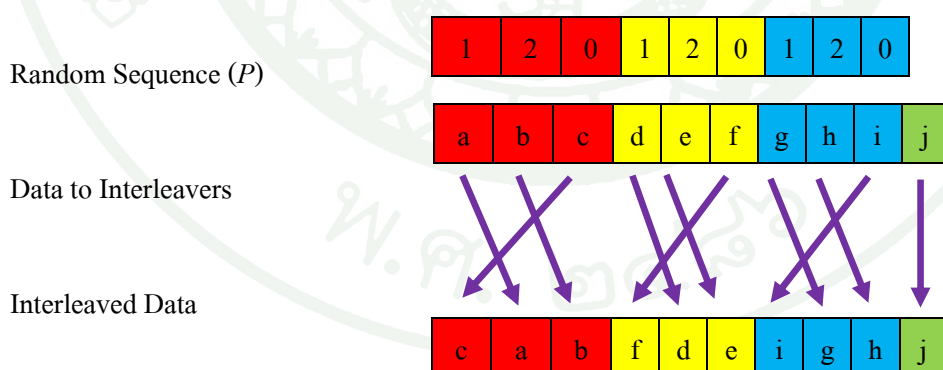
การใช้การสลับลำดับข้อมูลคือการลดความเสียหายของภาพที่รับได้จากความผิดพลาดเป็นกลุ่ม (Burst error และ block error) ซึ่งเกิดจากการย้ายลำดับที่เกิดจากความผิดพลาดเป็นกลุ่มให้เป็นเสมือนการเกิดความผิดพลาดแบบสุ่มทั่วไปที่ฝั่งรับ จึงทำให้ภาพที่รับได้เสียหายน้อยลงเมื่อเทียบกับการไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูล อย่างไรก็ตามการเพิ่มการสลับลำดับข้อมูลเข้าไปในระบบรับส่งข้อมูลภาพทำให้ระบบมีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก ในงานวิจัยนี้จะเน้นการแก้ปัญหาข้างต้นนี้ โดยการออกแบบการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้แทนที่จะทำการสลับลำดับ

ข้อมูลทั้งแพ็กเก็ต ทำการสลับลำดับข้อมูลตามขนาดที่ต้องการ ซึ่งยังคงมีประสิทธิภาพที่ดีอยู่ แต่ใช้เวลาในการประมวลผลที่เร็วกว่าในงานวิจัยนี้จะแทนขนาดที่จะทำการสลับลำดับด้วย N_R ดังภาพที่ 14

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad P^T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

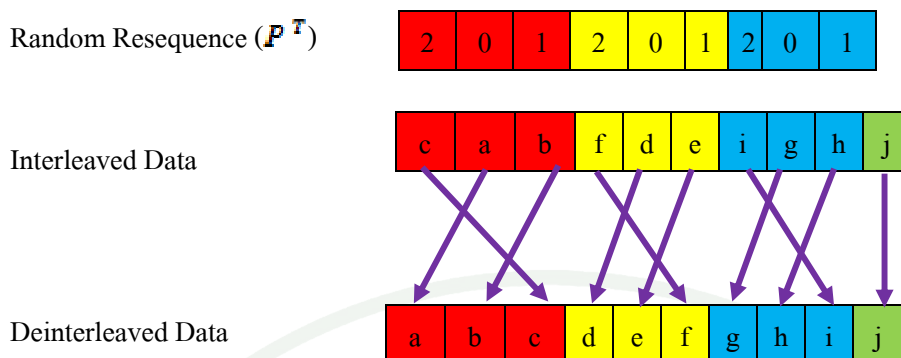
ภาพที่ 14 เมทริกซ์ P และ P^T สำหรับ $N_R = 3$ และมีลำดับสุ่มเป็น 1, 2, 0

จากตัวอย่าง กำหนดให้ N_R มีขนาดเป็น 3 ดังนั้นเราจึงต้องสร้างเมทริกซ์ P และเมทริกซ์ P^T ให้มีขนาด เป็น 3×3 ซึ่งต้องมีการสร้างลำดับสุ่มออกมาสามค่าโดยในงานวิจัยนี้ สมมติให้ลำดับสุ่มที่สุ่มออกมาได้เป็น 1, 2, 0 โดยจะได้เมทริกซ์ P และเมทริกซ์ P^T ตามภาพที่ 15 การสลับลำดับข้อมูลตามตัวอย่างภาพที่ 16 สมมติให้เวกเตอร์ข้อมูล d ที่มีจำนวน 10 สัญลักษณ์คือ {a, b, c, d, e, f, g, h, i, j} และแทนที่จะสลับลำดับของข้อมูลทั้งแพ็กเก็ต (ขนาดโดยเฉลี่ย 325 สัญลักษณ์) จะแบ่งเวกเตอร์ข้อมูลออกเป็นขนาดใหม่ให้มีค่าเท่ากับ N_R คือ 3 แล้วทำการสลับลำดับข้อมูลโดยการคูณแต่ละ 3 สัญลักษณ์กับเมทริกซ์ P ซึ่งจะเป็นการสลับลำดับข้อมูลทีละ 3 สัญลักษณ์ตามลำดับสุ่มที่ได้มา ยกเว้นเศษจากการแบ่งส่วนจะถูกส่งออกไปโดยตรงโดยไม่ถูกสลับลำดับดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ตัวอย่างการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่มี $N_R = 3$

จากตัวอย่างภาพที่ 16 แสดงการสลับลำดับข้อมูลกลับโดยใช้ข้อมูลที่ถูกสลับลำดับข้อมูลมาแล้วคูณกับเมทริกซ์ P^T ทำให้ตำแหน่งของข้อมูลที่ถูกสลับลำดับข้อมูลมาแล้วสลับกลับไปเป็นเวกเตอร์ d ตามเดิมและเศษจากการแบ่งส่วนจะไม่ถูกสลับกลับ



ภาพที่ 16 ตัวอย่างการสลับลำดับข้อมูลกลับ

เนื่องจากขนาดของ N_R มีความยาวน้อยกว่าความยาวของทั้งแพ็คเกจ จึงทำให้ความซับซ้อนลดลง แสดงไว้ตามตัวอย่างภาพที่ 15-17 โดยเทียบกับภาพที่ 12-14 ซึ่งจะเห็นว่าเมทริกซ์ P และเมทริกซ์ P^T ที่ขนาดแตกต่างกันอย่างมาก ทำให้กระบวนการอื่นทำงานได้รวดเร็วกว่าแต่จะเห็นว่าเศษจากการแบ่งด้วยขนาด N_R จะไม่นำมาสลับลำดับข้อมูล

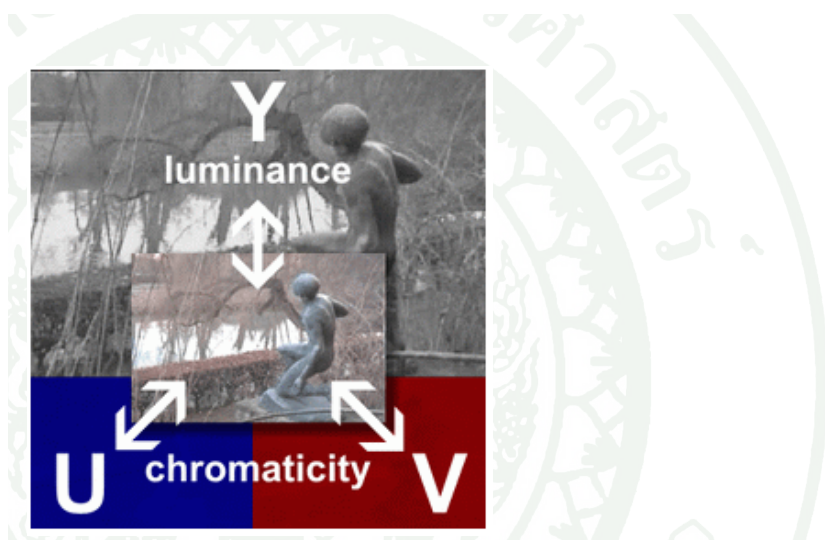
4. รูปแบบการบันทึกข้อมูล

YUV หรือ YUV 4:2:2 เป็นรูปแบบของสัญญาณวิดีโอพื้นฐานโดยที่ Y คือค่าความสว่าง U คือ ค่าสีแดงลบค่าความสว่าง V คือค่าสีน้ำเงินลบค่าความสว่าง การเก็บบันทึกและการแสดงผลวิดีโอลงบนจอภาพนั้นจะต้องแปลงข้อมูล YUV ให้เป็น RGB ก่อนเสมอรูปแบบ Pixel yuv

ระบบสีแบบ YUV ถูกเข้ารหัสสำหรับรูปภาพที่เป็นธรรมชาติซึ่งความสว่าง (สีเขียวและสีน้ำเงินเป็นส่วนประกอบของสัญญาณวิดีโอที่ควบคุมความเข้มอ่อน) และ Chrominance (แบบสีที่เป็นส่วนประกอบของสัญญาณวิดีโอ) ถูกแยกออกจากกันโดยตาของมนุษย์นั้นจะรับรู้ความรู้สึกของสีที่หลากหลายได้น้อยกว่าความเข้มสีที่หลากหลายดังนั้นสีแบบ YUV ให้มีการเข้ารหัสของข้อมูลความสว่าง (Y) ที่ Full bandwidth และข้อมูล chrominance (UV) ที่เป็น Half bandwidth รูปแบบสีแบบ YUV จะแบ่งออกเป็น เป็น 2 กลุ่ม คือ Packed และ Planar ในรูปแบบของ Packed นั้นในส่วนของ Y, U และ V จะมีส่วนประกอบที่ถูกเก็บไว้ในอาร์เรย์ตัวเดียว ส่วนประกอบที่สามของ Packed นั้นเรียกว่าเป็น macropixel หลักการทำงานคือสองพิกเซลนั้นจะถูกจัดเก็บไว้ในหนึ่งค่าจำนวนเต็มและรูปแบบ Planar จะเก็บส่วนประกอบเหล่านี้ไว้ในสามอรรถที่แยกออกจากกันและจะรวมกันเป็นรูปภาพ

4.1 รูปแบบพิกเซลสีแบบ YUV

YUV เป็นระบบการเข้ารหัสสัญญาณสีที่ใช้กับโทรทัศน์ระบบแอนะล็อกทั่วโลก (PAL, NTSC, SECAM) สัญญาณ YUV แตกต่างจากสัญญาณสี RGB ซึ่งได้จากการรับภาพจากกล้องหรือการรับภาพจากตามนุษย์ ใน YUV ตัวอักษร Y มาจาก Luminance (Brightness) ซึ่งก็คือความสว่าง แสงสว่าง สัญญาณ Y นี้สามารถแสดงส่วนที่สว่างและส่วนที่มีคของภาพเท่านั้นดังนั้นภาพที่ออกมาจึงมีลักษณะเป็นภาพขาวดำ (โทรทัศน์ขาวดำในสมัยก่อนถูกออกแบบเพื่อให้สามารถรับสัญญาณ Y) ส่วน U และ V มาจาก Chrominance (Color) ซึ่งจะเป็นส่วนของข้อมูลสีและสัญญาณความต่างสี โดย U คือสัญญาณ Blue Minus Luminance หรือ (B-Y) และ V คือสัญญาณ Red Minus Luminance หรือ (R-Y) แสดงดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 โครงสร้างของรูปแบบพิกเซลสีของ YUV

สัญญาณ YUV สร้างมาจากข้อมูลสี RGB (สีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน) ดั้งเดิมที่รับจากวัตถุ เมื่อนำค่าของสีทั้งสามสีมารวมกันจะทำให้เกิดสัญญาณ Y (Luminance) เป็นผลให้เกิดส่วนที่สว่างและส่วนที่มีคของภาพ สัญญาณ U เกิดจากการตัดข้อมูล Y ออกจากสัญญาณสีน้ำเงิน (B-Y) ส่วนสัญญาณ V เกิดจากการตัดข้อมูล Y ออกจากสัญญาณสีน้ำแดง (R-Y) สัญญาณ YUV ที่ได้ทำให้นำมาใช้กับระบบอนาล็อกได้ง่ายขึ้น ผู้คิดสัญญาณ YUV ขึ้นนั้นมีความต้องการที่จะหาวิธีที่จะทำให้สัญญาณภาพสีสามารถแพร่ภาพไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำได้ ในการคิดสัญญาณขึ้นมาใหม่ต้องคำนึงถึงข้อจำกัดในการกระจายสัญญาณเนื่องจากสัญญาณ RGB มีความต้องการช่วงกว้างของข้อมูล (Bandwidth) สูงจึงไม่เหมาะที่จะนำมาเป็นสัญญาณในการแพร่กระจายภาพ ดังนั้นสัญญาณ YUV ที่ได้มีการคิดค้นขึ้นมีความต้องการช่วงกว้างในการส่งข้อมูล (Bandwidth) น้อยกว่าสัญญาณ RGB มากและยังสามารถปรับให้เข้ากับโทรทัศน์ขาวดำได้เป็นอย่างดี

การแปลงสัญญาณสีจาก RGB เป็น YUV โดยใช้สมการที่ (30)-(32)ดังต่อไปนี้

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (30)$$

$$U = 0.492 (B-Y) \quad (31)$$

$$V = 0.877 (R-Y) \quad (32)$$

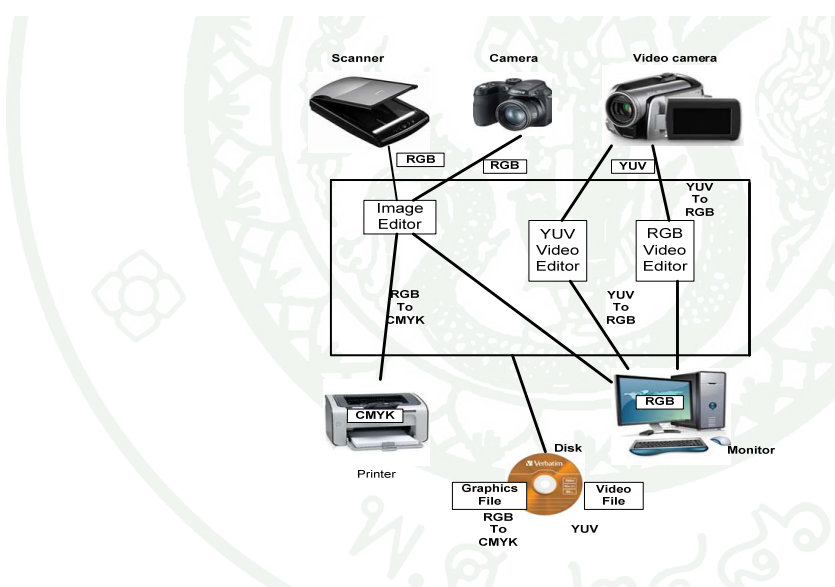
YUV มีความเหมาะสมกับโทรทัศน์ขาวดำที่ใช้ระบบอนาล็อก สัญญาณ Y ให้ข้อมูลได้ใกล้เคียงกับภาพที่ได้จากกล้องถ่ายภาพขาวดำ ดังนั้นสัญญาณชนิดนี้จึงเป็นสัญญาณที่เหมาะสมกับการนำไปใช้ฉายภาพโดยอุปกรณ์สำหรับฉายภาพชนิด Monochrome ที่เคยใช้กันในสมัยก่อน ซึ่งในกรณีนี้ไม่ต้องใช้สัญญาณ U และ V แต่ถ้าต้องการภาพสีก็จะต้องใช้สัญญาณทั้งสามสัญญาณรวมกันทั้ง Y และ UV เพื่อแปลงสัญญาณกลับไปเป็นสัญญาณ RGB ในการฉายภาพต่อไป นอกจากนี้ข้อมูลที่ไม่จำเป็นบางส่วนของสัญญาณ YUV ยังสามารถตัดทิ้งไปได้เพื่อเป็นการลดขนาดช่วงกว้างในการส่งข้อมูล (Bandwidth) เนื่องจากว่าสายตาของคนเรามีความไวต่อการรับรู้ความแตกต่างของสีได้ค่อนข้างน้อยในความสว่างที่เท่าๆกันแต่ที่เราสามารถแยกแยะความแตกต่างของสีได้นั้นเป็นมาจากความสว่างของสีที่เปลี่ยนไปมากกว่า สัญญาณภาพ NTSC ที่มีการลดปริมาณข้อมูลที่ต้องใช้จริงจากสัญญาณ Chrominance และเก็บข้อมูลของสัญญาณ Y เอาไว้แต่ก็ยังให้ภาพที่มีคุณภาพดีอยู่ อย่างไรก็ตามก็คิดการแปลงสัญญาณสีมีผลให้คุณภาพของสัญญาณภาพลดลง ในสมัยที่สัญญาณ NTSC ถูกคิดค้นขึ้นประมาณปี ค.ศ. 1950 ตอนนั้นยังไม่มีใครคิดถึงข้อเสียข้อนี้มากนักเนื่องจากคุณภาพในการฉายภาพถูกจำกัดโดยอุปกรณ์มอดูเลเตอร์ (ในสมัยนั้นอุปกรณ์มอดูเลเตอร์มีคุณภาพต่ำ) ปัจจุบันโทรทัศน์รุ่นใหม่มีความสามารถในการฉายภาพมากขึ้นตามเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง เป็นผลให้มีความพยายามในการรักษาข้อมูลให้ได้คุณภาพมากที่สุดในการบันทึกและฉายภาพ เช่นมีการปรับปรุงการฉายภาพให้ดีขึ้นโดยใช้สัญญาณ S-Video กับเครื่องเล่นวีดีโอซีดีหรือเครื่องเล่นดีวีดี สัญญาณ YUV ยังถูกใช้เป็นรูปแบบมาตรฐานในกระบวนการเข้ารหัสเพื่อแปลงสัญญาณภาพในระบบดิจิทัล ผลที่ได้คือทำให้ใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลน้อยลงและความสามารถส่งข้อมูลได้ดีขึ้น คุณภาพภาพละเอียดขึ้น ตัวอย่างเช่นการเข้ารหัสชนิด MPEG-2 โทรทัศน์ระบบดิจิทัลและอุปกรณ์ดีวีดีเก็บและใช้ข้อมูลในรูป MPEG-2 ซึ่งได้มาจากสัญญาณ YUV เติมรูปแบบ สัญญาณดิจิทัลวีดีโอคุณภาพสูง ITU-R BT.601 (ITU-R BT.601 คือการเข้ารหัสสัญญาณวีดีโอระบบอนาล็อกในระบบดิจิทัลซึ่งเป็นที่รู้จักกันในชื่อ YUV 4:2:2 ซึ่งเป็นอัตราส่วนของ Y:Cb:Cr หรือ Luminance Data:Blue Chroma Data:Red Chroma Data) ก็ใช้ YUV เช่นกันเพื่อให้สามารถเข้ากับระบบอนาล็อกมาตรฐานรุ่นเก่าๆได้ การเข้ารหัสชนิดนี้ยังสะดวกในการผสมสัญญาณเพื่อใช้เป็น Output ในรูปแบบต่างๆอีกด้วย

สัญญาณ YUV เป็นรูปแบบสัญญาณที่ใช้งานได้หลากหลายโดยสามารถรวมกันออกมาเป็นสัญญาณชนิดอื่นได้ ตัวอย่างเช่นใน S-Video สัญญาณ U และ V ถูกนำมาแปลง (Modulated) เพื่อสร้างเป็นสัญญาณเดี่ยวเรียกว่า C หรือ Chroma และสัญญาณนี้จะถูกนำไปรวมกับสัญญาณ Y ที่มีอยู่แล้วเพื่อสร้างเป็นสัญญาณ YC อีกที การนำสัญญาณ Y กับสัญญาณ C มาผสมกันทำให้ได้สัญญาณภาพ Composite ซึ่งเป็นสัญญาณที่สามารถใช้กับโทรทัศน์ได้เป็นอย่างดี การแปลงสัญญาณ (Modulated) ชนิดนี้ทำให้ได้สัญญาณที่ง่ายในการนำไปใช้งานถึงแม้ว่าการแปลงสัญญาณกลับ (Demodulated) ที่ปลายทางจะยุ่งยาก การเก็บข้อมูลภาพในรูปแบบสัญญาณ YUV ทำให้การเล่นแผ่นดีวีดีทำได้ได้ง่ายเนื่องจากสามารถผสมสัญญาณให้ออกมาเป็นที่ทั้งสัญญาณ Composite หรือสัญญาณ S-Video ก็ได้โดยยังคงเก็บรักษาข้อมูล RGB ดั้งเดิมเอาไว้อย่างสมบูรณ์ โดยทั่วไปสัญญาณโทรทัศน์จะรวมสัญญาณของ Luminance (Y) และสัญญาณสีดังนี้ (B-Y, R-Y) เอาไว้ในช่องสัญญาณเดียวกันซึ่งจะใช้สายเคเบิลเพียงเส้นเดียว สัญญาณชนิดนี้เรียกว่าสัญญาณ Composite ส่วนสัญญาณ S-video หรือบางทีเรียกว่า Y/C Video เป็นสัญญาณชนิดที่แยก Luminance (Y) ออกจากสัญญาณสี (B-Y, R-Y) โดยใช้สายเคเบิลเส้นเดียวแต่ได้มีการแบ่งสายสัญญาณที่อยู่ภายในออกเป็นสองช่องทางอีกที สัญญาณชนิดนี้ให้คุณภาพดีกว่าสัญญาณ Composite สัญญาณอีกชนิดหนึ่งคือสัญญาณ Component เป็นสัญญาณที่แยก Luminance ออกจากสัญญาณสีและยังแยก B-Y ออกจาก R-Y อีกด้วย สัญญาณชนิดนี้เมื่อเป็นสัญญาณแบบอนาลอกจะเรียกว่า YPbPr และเมื่อเป็นสัญญาณดิจิทัลจะเรียกว่า YCbCr ในจำนวนสัญญาณทั้งสามชนิดที่กล่าวมาสัญญาณ Component ให้คุณภาพและความคมชัดได้ดีที่สุด

4.1.1 YPbPr จะออกแบบมาสำหรับสัญญาณภาพวิดีโออนาลอก Component ตัวอักษร “ Y ”, “ Pb ” และ “ Pr ” คือชุดของฟอร์ตรับ-ส่งสัญญาณที่มักพบในอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับภาพวิดีโอหรือเครื่องรับโทรทัศน์ที่มีคุณภาพสูง สายสัญญาณสามเส้นที่ที่ใช้ในการเชื่อมต่อสัญญาณ YPbPr เป็นผลให้ได้สัญญาณที่มีคุณภาพสูงมากกว่าสัญญาณเดี่ยวอย่างสัญญาณ Composite เนื่องจาก YPbPr ได้มีการแยกสัญญาณความสว่างและสัญญาณสีออกจากกัน สัญญาณ YPbPr ได้จากการแปลงสัญญาณ RGB ที่ได้จากการจับภาพโดยกล้องถ่ายภาพไปเป็นสัญญาณความสว่าง Y และสัญญาณความต่างสีสองสัญญาณ (B-Y และ R-Y) เพื่อนำไปใช้กับเครื่องวิดีโอหรือเครื่องรับโทรทัศน์

4.1.2 YCbCr เป็นหนึ่งในระบบสัญญาณสีที่นำมาใช้ในระบบภาพดิจิทัลวิดีโอ Component (อีกระบบคือ RGB) ความแตกต่างระหว่าง YCbCr กับ RGB ก็คือ YCbCr แสดงภาพโดยใช้สัญญาณความสว่างและสัญญาณความต่างสี (Color Difference) อีกสองสัญญาณ ส่วน RGB

แสดงภาพด้วยสัญญาณสีแดง เขียวและน้ำเงิน คำว่า YCbCr ตัวอักษร Y มาจากความสว่าง (Luminance) Cb คือสีน้ำเงินที่ตัด Luminance ออกไป (B-Y) Cr คือสีแดงที่ตัด Luminance ออกไป (R-Y) สัญญาณ YCbCr เป็นสัญญาณชนิดดิจิทัล การบีบอัดไฟล์ชนิด MPEG ซึ่งถูกใช้ในระบบ ดิจิทัล วิดีโอ ดิจิตอลทีวีและวิดีโอซีดีใช้สัญญาณชนิด YCbCr กล้องถ่ายภาพดิจิทัล (MiniDV, DV, Digital Betacam) ส่งสัญญาณ YCbCr ผ่านทางพอร์ตดิจิทัลเช่นพอร์ต Firewire หรือพอร์ต SDI YPbPr เป็นสัญญาณระบบอนาล็อก YCbCr เป็นสัญญาณระบบดิจิทัล กล้องถ่ายวิดีโอหรืออุปกรณ์รับภาพอื่นๆ จะทำการแปลงข้อมูล RGB ที่จับได้โดยตัวเซนเซอร์ของกล้องไปเป็นสัญญาณอนาล็อก Composite (YUV) หรือสัญญาณอนาล็อก Component (YPbPr) หรือดิจิทัล Component (YCbCr) ในกระบวนการทำงานภายในหรือในการรับส่งข้อมูลและเมื่อถึงขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการฉายภาพสัญญาณแบบต่างๆเหล่านี้จะต้องถูกแปลงกลับไปเป็นสัญญาณ RGB อีกครั้งหนึ่งโดยเครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องโปรเจกเตอร์หรือเครื่องฉายภาพอื่นๆเพื่อฉายภาพแสดงดังภาพที่ 18



ภาพที่ 18 การแปลงสัญญาณของกระบวนการทำงานและการรับส่งข้อมูลของเครื่องฉายภาพแบบต่างๆ

การเปลี่ยนรูปแบบการเข้ารหัสสัญญาณสีจากชนิดหนึ่งไปเป็นอีกชนิดหนึ่งเรียกว่า Color Space Conversion อุปกรณ์แต่ละชนิดจะใช้ระบบสีในการทำงานที่แตกต่างกันดังนั้นจึงต้องมีการเปลี่ยนการเข้ารหัสสัญญาณสีจากชนิดหนึ่งไปเป็นอีกชนิดหนึ่งซึ่งเป็นเรื่องปกติเมื่อต้องทำงานกับอุปกรณ์เกี่ยวกับภาพ การแปลงสัญญาณสีจาก RGB ไปเป็น YUV และแปลงกลับไปเป็น RGB อีก

ครั้งหนึ่งเป็นกระบวนการปกติที่ใช้กันในระบบภาพวิดีโอ สำหรับเครื่องพริเตอร์จะต้องแปลงสัญญาณสี RGB ไปเป็นสัญญาณชนิดที่เครื่องพริเตอร์รับได้คือ CMYK

4.2 คุณภาพของวิดีโอ

การวัดคุณภาพของวิดีโอสามารถวัดได้จาก อัตราเฟรม และความละเอียดของภาพ

4.2.1 อัตราเฟรม (Frame Rate) คืออัตราความเร็วในการแสดงภาพจาก Timeline ออกทางหน้าจออัตราที่เฟรมถูกแสดงในวิดีโอมีหน่วยเป็นเฟรมต่อวินาที (FPS ย่อมาจาก Frame Per Second เป็นหน่วยปริมาณข้อมูลที่ใช้ในการเก็บบันทึกและแสดงวิดีโอ นอกจากนี้ยังสามารถแสดงเฟรมให้มีความต่อเนื่องในเวลาอันรวดเร็ว) โดยผู้จัดทำสามารถที่จะกำหนดอัตราเฟรมเองได้เช่น อัตราเฟรมของภาพยนตร์เท่ากับ 24 fps อัตราเฟรมโทรทัศน์ระบบ PAL เท่ากับ 25 fps และอัตราเฟรมโทรทัศน์ระบบ NTSC เท่ากับ 30 fps

4.2.2 ความละเอียด (Resolution) หมายถึงความคมชัดของภาพที่แสดงผลออกทางจอภาพ ความละเอียดของจอภาพขึ้นอยู่กับจำนวนจุดทั้งหมดที่เกิดบนจอจุดต่างๆนี้เรียกว่าพิกเซล(Pixel) นอกจากนี้ภาพที่มีขนาดเท่ากัน บางครั้งก็อาจจะมีขนาดที่ต่างกันได้เนื่องจากจำนวนพิกเซลต่างกันจะส่งผลให้ขนาดของพิกเซลต่างกันด้วย ยิ่งความละเอียดของจอภาพสูงจะยิ่งทำให้มองเห็นพื้นที่ใช้งานบนจอกว้างมากขึ้นแต่จะทำให้มีขนาดเล็กลง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
2. ระบบปฏิบัติการ Windows Vista
3. โปรแกรม Microsoft Office
4. โปรแกรม Microsoft Excel
5. โปรแกรม Java Netbeans IDE

วิธีการ

งานวิจัยนี้ได้นำเอาระบบรับส่งภาพต้นแบบมาจาก Mahapakulchai and Van Dyck (2004) แล้วศึกษาการสลับลำดับข้อมูลแบบสลับจาก Mahapakulchai and Sapisirisophon (2008a) จากนั้นได้ปรับปรุงกระบวนการสลับลำดับข้อมูลแบบสลับที่กระทำกับข้อมูลทั้งแพ็คเกจให้สามารถปรับเปลี่ยนขนาดการสลับลำดับข้อมูลตามช่วงที่กำหนดไว้ได้เพื่อลดความซับซ้อนของการสลับลำดับข้อมูล ในขณะที่คุณภาพของภาพที่รับได้ยังคงดีอยู่ โดยสามารถทำให้ขนาดที่จะสลับลำดับแปรเปลี่ยนไปตามลักษณะของการเลือนหายของสัญญาณ โดยที่คุณภาพของสัญญาณเป็นไปตามที่กำหนดไว้ โครงสร้างของระบบการรับส่งภาพแสดงไว้ตามภาพที่ 1 โดยการออกแบบระบบรับส่งภาพต้นแบบการออกแบบการปรับปรุงระบบเดิมโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลแบบสลับที่กำหนดขนาดได้และการจำลองช่องสัญญาณแบบ Nakagami- m บล็อกเฟดดิ้ง

1. การออกแบบระบบการรับส่งข้อมูลภาพของระบบต้นแบบ

การเข้ารหัสข้อมูลวิดีโอแบบ MPEG-4 ของวิดีโอ YUV ซึ่งเป็น Raw วิดีโอ คือ YUV Foreman, Coast guard, News และ Akiko นั้น เริ่มจากการนำวิดีโอข้างต้นดังกล่าวมาแตกออกเป็นเฟรม จากนั้นจะได้เฟรมทั้งหมดของวิดีโอตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางแสดงจำนวนเฟรมที่ได้ของวิดีโอต่างๆที่ใช้ในการวิจัย

Video name (YUV)	Frames	Bitrate (kbps)
Foreman	300	328.37
Coastguard	300	231.89
News	150	176.29
AKIKO	150	73.18

จากนั้นเมื่อได้ภาพทั้งหมดแล้วจึงสร้างกระแสบิตของรูปภาพที่ถูกเข้ารหัสแล้วซึ่งเป็นค่าของสัมประสิทธิ์ LFS และ HFS เพื่อเพิ่มความเชื่อถือได้กระแสบิตของ HFS ถูกแบ่งไปเป็นแพ็กเก็ตที่มีขนาดแตกต่างกัน จากนั้นกระแสบิตเหล่านี้ถูกแปลงไปเป็นสัญลักษณ์ (2 บิตต่อสัญลักษณ์) โดยที่กลุ่มบิต 00 แทนด้วยสัญลักษณ์ 0 กลุ่มบิต 01 แทนด้วยสัญลักษณ์ 1 กลุ่มบิต 10 แทนด้วยสัญลักษณ์ 2 และ กลุ่มบิต 11 แทนด้วยสัญลักษณ์ 3 จำนวนแพ็กเก็ตทั้งหมดดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 รายละเอียดจำนวน Packet, จำนวน Zerotree, จำนวน HFS และจำนวน Symbol ของแต่ละเฟรม

Frame name		All package	Zerotree	HFS	Symbols
Foreman	Foreman frame Number 100	69	8331	68	22075
	Foreman frame Number 200	48	6203	47	15523
	Foreman frame Number 300	88	11359	87	28511
News	News frame Number 52	75	9475	76	25402
	News frame Number 90	78	9643	77	26180
	News frame Number 140	79	9683	78	26319
AKIKO	AKIKO frame Number 37	43	5651	42	14442
	AKIKO frame Number 80	43	5614	42	14427
	AKIKO frame Number 150	45	5755	44	14800
Coastguard	Coastguard frame Number 40	91	12011	90	29819
	Coastguard frame Number 55	94	12459	93	30927

การเข้ารหัสช่องสัญญาณแบบทอติสประกอบด้วย 2 ส่วน คือการเข้ารหัสช่องสัญญาณแบบริงคอนโวลูชันและการมอดูเลตแบบเฟสของสัญญาณต่อเนื่องกัน (CPM) การเข้ารหัสของ CPE ที่มีอัตราเท่ากับ 1/2 จะเข้ารหัสดังสมการที่ (33)

$$G_{CPE} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 & 1 \\ 3D & D & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (33)$$

งานวิจัยนี้ได้นำการเข้ารหัสโพลีโนเมียลริงคอนโวลูชัน 32 ชั้น โดยการทำกระบวนการ RCE ที่อัตราเท่ากับ 1/2 คู่กับการทำกระบวนการ CPE ที่อัตราเท่ากับ 2/4 จะได้ Generator Matrix ของการเข้ารหัสแบบริงคอนโวลูชัน ตามสมการที่ (34)

$$G_{all}(D) = \begin{bmatrix} 1+D+2D^3 \\ 2+D \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 & 1 \\ 3D & D & 1 & 0 \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} 1+3D+3D^2+2D^3 \\ 2D+D^2 \\ 1+2D^3 \\ 1+D+2D^3 \end{bmatrix} \quad (34)$$

ภาครับมีการคำนวณหาเส้นทางบนทอติสโดยใช้ทฤษฎีการตรวจจับสัญญาณวิธี MAP ใช้กับสัญลักษณ์ซีโรทรีเท่านั้น จึงมีการเพิ่มตัวบ่งชี้หรือ Flag เข้าไป เพื่อใช้เป็นบิตตรวจจับเงื่อนไขในการหาเส้นทางบนทอติสและใช้การถอดรหัสวีเทอร์บี แล้วจึงใช้การถอดรหัสกระแสบิตด้วย การถอดรหัสแบบ MPEG-4 ได้ออกมาเป็นรูปภาพของ Foreman, Akiko, News และ Coastguard ที่ฝั่งรับ

1.การปรับปรุงระบบการรับส่งข้อมูลภาพ

การปรับปรุงระบบการรับส่งข้อมูลภาพเริ่มจากการใช้กระบวนการสลับลำดับข้อมูลแบบบล็อก Mahapakulchai and Thongnumpen (2007) พบว่ากระบวนการมีความยุ่งยากเนื่องจาก ต้องหาเมทริกซ์การสลับลำดับข้อมูลตามความยาวของแต่ละแพ็กเก็ต ซึ่งแพ็กเก็ตมีความยาวไม่คงที่และการออกแบบเมทริกซ์การสลับลำดับข้อมูลอาจมีตำแหน่งว่างอยู่ ดังนั้นต้องมีบิตพิเศษเข้าไปเติมในพื้นที่ว่างนั้น ส่วนในการสลับลำดับข้อมูลกลับ ต้องมีการแยกบิตพิเศษออกจากข้อมูล ถ้าออกแบบผิดพลาดอาจทำให้บิตพิเศษที่เพิ่มเข้าไปในนั้นปะปนเข้าไปอยู่กับบิตข้อมูลได้ ทำให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูลที่รับได้เพิ่มขึ้น การปรับปรุงต่อมาคือ Mahapakulchai and Sapasirisopon (2008a) ได้ทำการออกแบบการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่ม ได้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกันแต่ลดปัญหาความยุ่งยากในการ

คำนวณขนาดของเมทริกซ์ที่นำมาใช้ในการสลับลำดับ โดยเริ่มต้นได้ใช้อัลกอริทึม Linear Congruence ในการสร้างตัวเลขแบบสุ่มเพื่อนำไปสร้างเป็นเมทริกซ์ P วิธีการนี้ใช้หน่วยความจำสูง และใช้เวลาในการคำนวณ จึงได้ปรับปรุงโดยการใช้ฟังก์ชันสร้างตัวเลขสุ่มของภาษาจาวาแทน โดยกำหนดค่าเริ่มต้นและจำนวนตัวเลขที่ต้องการสุ่มขึ้นมาเพื่อให้ได้จำนวนตัวเลขตามขนาดของแฟกเกิด แล้วนำมากำหนดลำดับการสลับตำแหน่งแบบสุ่มให้กับแต่ละแฟกเกิดเนื่องจากกระบวนการสลับลำดับของ Mahapakulchai and Sapasirisopon (2008a) ได้สร้างตัวเลขแบบสุ่มขึ้นมาตามขนาดของแฟกเกิดที่จะทำการสลับลำดับ ขนาดของแฟกเกิดมีขนาดที่แตกต่างกันไป จึงทำให้กระบวนการสร้างตัวเลขแบบสุ่มมีความยุ่งยากในการกำเนิดตัวเลขสุ่มที่มีขนาดแตกต่างกันไป ส่วนกระบวนการสลับลำดับข้อมูลยังมีการสลับลำดับข้อมูลทีละตัวทั้งแฟกเกิด ซึ่งมีความซับซ้อนในการทำงานสูง เนื่องจากต้องมีการสร้างลำดับสุ่มขึ้นมาตามขนาดของแฟกเกิด ในขณะที่ขนาดของแฟกเกิดมีขนาดที่แตกต่างกันไป ซึ่งทำให้กระบวนการสลับลำดับข้อมูลมีความซับซ้อนสูง จึงทำให้ใช้ทรัพยากรของระบบสูงตามไปด้วย ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการสลับลำดับข้อมูลของแต่ละแฟกเกิดใช้เวลามากเกินไป จากปัญหาต่าง ๆ ดังข้างต้นจะเห็นว่าปัญหาหลักๆ ของกระบวนการสลับลำดับข้อมูลมาจาก ความซับซ้อนของกระบวนการนั่นเอง จึงมีการพัฒนาการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้มาใช้แทนเพื่อลดความซับซ้อนของกระบวนการสลับลำดับข้อมูลทำให้ระบบมีความยุ่งยากซับซ้อนน้อยลง

2. การออกแบบการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้

2.1 การสลับลำดับข้อมูล

การออกแบบการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้แทนที่จะทำการสลับลำดับข้อมูลทั้งแฟกเกิด แทนขนาดที่จะทำการสลับลำดับด้วย N_R มีขั้นตอนในการสลับลำดับข้อมูลดังนี้

1. กำหนดลำดับแบบสุ่มจำนวน N_R ตัว
2. แบ่งเวกเตอร์ข้อมูล d ให้มีขนาดเท่ากับ N_R ออกเป็นหลายๆชุด
3. นำตัวเลขสุ่มที่กำเนิดขึ้นมาเป็นตัวกำหนดลำดับของข้อมูลที่จะสลับ

2.2 การสลับลำดับข้อมูลกลับ

การสลับลำดับข้อมูลกลับที่ฝั่งรับจะกระทำกับข้อมูลที่สลับลำดับข้อมูลมาแล้วด้วยขนาดของ N_R ที่เท่ากับภาคส่ง ใช้ชุดของลำดับสุ่มชุดเดียวกันจากภาคส่งเพื่อนำไปใช้ในการกำหนดลำดับในการสลับข้อมูลกลับตามสมการ $d = d_{INT} P^{-1}$ โดยมีขั้นตอนในการสลับลำดับข้อมูลดังนี้

รับค่าชุดลำดับสุ่ม ค่า N_R และเวกเตอร์ d_{LNT} จากภาคส่ง
 แบ่งเวกเตอร์ข้อมูล d_{LNT} ให้มีขนาดเท่ากับ N_R ออกเป็นหลายๆชุด
 นำตัวเลขสุ่มที่รับมาจากฝั่งส่ง มาตัวกำหนดการสลับลำดับข้อมูลกลับ

3. การทดสอบระบบการรับส่งข้อมูลภาพ

การทดสอบของการทำงานการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ โดยใช้ N_R ต่างกัน
 หลายๆค่า ซึ่งในงานวิจัยนี้มีค่า $N_R = 32, 64, 128$ และ 143 โดยได้ทำในหลายๆวิดีโอในที่นี้คือทำ
 ทั้งหมด 4 วิดีโอ คือ Foreman, Akiko, Coastguard และ News เพื่อเปรียบเทียบว่าเป็นไปตามทฤษฎี
 ในทุกๆวิดีโอหรือไม่ โดยในการทดสอบนั้นจะมีเฟรมภาพในการทดสอบที่แตกต่างกันดังที่กล่าวไว้
 ในช่วงต้น คือวิดีโอ Foreman และ วิดีโอ Coastguard มีทั้งหมด 300 เฟรม ส่วน วิดีโอ Akiko และ
 วิดีโอ News มีทั้งหมด 150 เฟรม ในการประมวลผลหาค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นแบบส่งผ่านหรือ
 STPM แบบแมชและแบบมิสแมช โดยวิดีโอดังกล่าวนี้จะเป็นรูปแบบเกรย์สเกลขนาด 512×512
 จุด โดยเมื่อนำวิดีโอแตกออกมาเป็นเฟรมแล้วจะถูกบีบอัดด้วยอัลกอริทึม EZW โดยแยกข้อมูลเป็น
 5 ระดับซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็น 16 ย่านความถี่ย่อย ย่านความถี่ย่อยต่ำสุดคือ LFS จำนวน 1 ย่านความถี่
 และที่เหลืออีก 15 ย่านความถี่ย่อยเป็นย่านความถี่สูงกว่าคือ ค่าสัมประสิทธิ์ของ HFS ทั้งหมดจะถูกคว
 วอนไคซ์ไปเป็นกระแสบิตแล้วแบ่งเป็นแพ็กเก็ตที่มีขนาดต่างๆกันดังนั้นจึงต้องแปลงของมูลจากบิต
 เป็นสัญลักษณ์ โดยกำหนดให้ 2 บิตนั้นเท่ากับ 1 สัญลักษณ์เพื่อให้สามารถเข้ารหัสแบบวิ่งได้ ซึ่ง
 ในระบบจะให้การเข้ารหัสช่องสัญญาณแบบวิ่งคอนโวลูชันนอลแบบ 32 ขั้นที่มีอัตราการเข้ารหัส
 (Code rate) เท่ากับ $1/2$ และมีการสลับลำดับข้อมูลของแต่ละแพ็กเก็ต สำหรับการสลับลำดับข้อมูล
 จะใช้ในการสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ (Reconfigurable Random Interleaver) แทนค่าขนาดที่
 ใช้ในการสลับลำดับข้อมูลด้วยพารามิเตอร์ของ N_R ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เปลี่ยนแปลงค่านี้ที่ 32, 64,
 128 และ 143 จากนั้นข้อมูลที่ถูกสลับแล้วจะถูกมอดูเลตแล้วส่งผ่านช่องสัญญาณไร้สายแบบนาคาเก
 มิ-เอ็มบล๊อคเฟดลิง มีพารามิเตอร์ N_R เป็นตัวกำหนดช่วงของข้อมูลที่ถูกรบกวนหรือจำนวนบล็อกล
 ะดับและมีค่าเกมมาบิบาร์เป็นตัวกำหนดอัตราส่วนระหว่างสัญญาณกับสัญญาณรบกวนเฉลี่ย
 ทางด้านภาครับจะประกอบไปด้วยการดีมอดูเลตสัญญาณแล้วทำการสลับลำดับข้อมูลกลับ ทำการ
 คำนวณเส้นทางบนเทลลิสและใช้การถอดรหัสแบบวิเทอร์บีแบบ Maximum a Posterior (MAP)
 ประสิทธิภาพของระบบ โดยที่ก่อนหน้านี้จะได้ค่า STPM ที่คำนวณได้จากตอนเข้ารหัสโดยแบ่งค่า
 STPM ออกเป็น 2 ประเภทคือ Matched STPM และ Mismatched STPM โดยที่ผลการทดสอบจะถูก
 วิเคราะห์จากค่า PSNR และ WER จากการจำลองระบบทั้งหมด 200 ครั้งต่อเฟรม ซึ่งรายละเอียดของ
 รูปภาพจะแสดงดังตารางที่ 6-9

ตารางที่ 6 แสดงจำนวนแฟ้มเก็บของ HFS, สัญลักษณ์ (Symbols), ค่าเฉลี่ย PSNR ในกรณีที่ไม่มี
สัญญาณรบกวน, อัตราส่วนของการบีบอัด (Compression Ratio, CR), ค่าความซ้ำซ้อน
(Residual Redundancy, RR), Matched STPM และ Mismatched STPM ของวิดีโอ
Foreman

Video (Frame)	Frame Number	Number of HFS	Symbols	Noiseless PSNR	Compression ratio	Residual Redundancy
Foreman (300)	100	68	22075	36.3666	47.54261	0.30921
	200	47	15523	37.2651	40.87458	0.278407
	300	88	28511	37.4284	36.80376	0.253443
Matched STPM Foreman frame number 100			0.0117	0.0825	0.6076	0.2979
			0.0283	0.1533	0.4046	0.4136
			0.0506	0.1758	0.3753	0.3980
			0.0398	0.2225	0.3531	0.3844
Matched STPM Foreman frame number 200			0.0303	0.0729	0.5683	0.3282
			0.0262	0.1448	0.4504	0.3282
			0.0635	0.1544	0.4162	0.3786
			0.0565	0.2024	0.3854	0.3555
Matched STPM Foreman frame number 300			0.0604	0.1062	0.4836	0.3496
			0.0388	0.1498	0.4071	0.4042
			0.0523	0.1734	0.3743	0.3999
			0.0615	0.2089	0.372	0.3473
Mismatched STPM Foreman			0.0328	0.08197	0.5427	0.34127
			0.0297	0.15411	0.40611	0.40997
			0.05264	0.170911	0.380636	0.39776
			0.05039	0.21896	0.35611	0.37613

ตารางที่ 7 จำนวนแพ็คเกจของ HFS, สัญลักษณ์ (Symbols), ค่าเฉลี่ย PSNR ในกรณีที่ไม่มี
สัญญาณรบกวน, อัตราส่วนของการบีบอัด (Compression Ratio, CR), ค่าความซ้ำซ้อน
(Residual Redundancy, RR), Matched STPM และ Mismatched STPM ของวิดีโอ
AKIKO

Video (Frame)	Frame Number	Number of HFS Packets	Symbols	Noiseless PSNR	Compression ratio	Residual Redundancy
AKIKO (150)	37	43	14442	37.448	73.465	0.31371
	80	43	14427	37.542	73.54815	0.313248
	150	45	14800	37.437	71.6779	0.313112
Matched STPM AKIKO frame number 37			0.05244	0.080419	0.58412	0.27972
			0.01925	0.13582	0.44812	0.3967
			0.60639	0.1599	0.4143	0.3616
			0.0484	0.1988	0.438	0.3146
Matched STPM AKIKO frame number 80			0.041881	0.08362	0.595818	0.2787
			0.011904	0.15043	0.46212	0.37554
			0.06683	0.1481	0.4146	0.3702
			0.05173	0.20291	0.4078	0.3375
Matched STPM AKIKO frame number 150			0.3412	0.0648	0.5938	0.3071
			0.0241	0.1488	0.4412	0.3941
			0.0631	0.1551	0.4083	0.3733
			0.0511	0.2046	0.4181	0.326
Mismatched STPM AKIKO			0.01631	0.0413	0.2979	0.1432
			0.012709	0.06864	0.2252	0.3866
			0.07586	0.15153	0.419	0.3627
			0.0495	0.0241	0.4282	0.3194

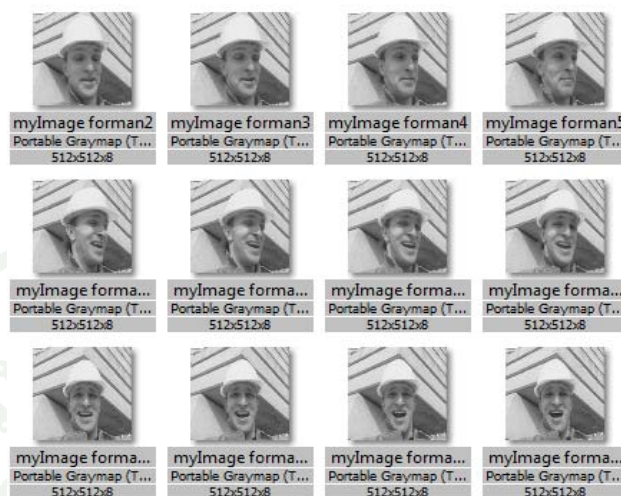
ตารางที่ 8 แสดงจำนวนแพ็คเกจของ HFS, สัญลักษณ์ (Symbols), ค่าเฉลี่ย PSNR ในกรณีที่ไม่มีสัญญาณรบกวน, อัตราส่วนของการบีบอัด (Compression Ratio, CR), ค่าความซ้ำซ้อน (Residual Redundancy, RR), Matched STPM และ Mismatched STPM ของวิดีโอ Coastguard

Video (Frame)	Frame Number	Number of HFS Packets	Symbols	Noiseless PSNR	Compression ratio	Residual Redundancy
Coastguard (300)	40	91	29819	34.33036	35.38064	0.23838
	55	94	30927	34.59	34.1077	0.258214
Matched STPM Coastguard frame number 40			0.072463	0.10507	0.47946	0.34299
			0.041351	0.163893	0.397377	0.39737
			0.078104	0.13909	0.3753	0.3980
			0.07087	0.201852	0.327014	0.40025
Matched STPM Coastguard frame number 55			0.06544	0.1247	0.4868	0.318945
			0.037338	0.163714	0.38535	0.413595
			0.08025	0.137394	0.410504	0.371848
			0.06595	0.29707	0.3341708	0.39279
Mismatched STPM Coastguard			0.0638625	0.1057949	0.48024	0.350203
			0.04248	0.156749	0.385038	0.415723
			0.082665	0.138091	0.0410103	0.738233
			0.075594	0.196867	0.341626	0.3859122

ตารางที่ 9 แสดงจำนวนแพ็คเกจของ HFS, สัญลักษณ์ (Symbols), ค่าเฉลี่ย PSNR ในกรณีที่ไม่มีสัญญาณรบกวน, อัตราส่วนของการบีบอัด (Compression Ratio, CR), ค่าความซ้ำซ้อน (Residual Redundancy, RR), Matched STPM และ Mismatched STPM ของวิดีโอ NEWS

Video (Frame)	Frame Number	Number of HFS Packets	Symbols	Noiseless PSNR	Compression ratio	Residual Redundancy
NEWS (300)	52	75	25402	36.142	41.573	0.304152
	90	78	26180	36.026	40.8275	0.3071044
	140	79	26319	36.133	40.11922	0.30758
Matched STPM NEWS frame number 52		0.013297		0.10638	0.5797	0.30053
		0.02443		0.169905	0.38756	0.418101
		0.048225		0.17989	0.40774	0.36412
		0.0413086		0.21929	0.351815	0.3875
Matched STPM NEWS frame number 90		0.033		0.104682	0.5454	0.316804
		0.02155		0.18103	0.3728	0.424
		0.046103		0.16986	0.41136	0.3726
		0.03783		0.2283	0.3317	0.40211
Matched STPM NEWS frame number 140		0.0143		0.09195	0.58045	0.313218
		0.021265		0.17278	0.39234	0.413609
		0.0418806		0.177249	0.39908	0.38178
		0.03435		0.23128	0.34212	0.38715
Mismatched STPM NEWS		0.0216		0.1116	0.4705	0.3963
		0.0258		0.1782	0.3144	0.4816
		0.0467		0.3188	0.3278	0.3067
		0.0409		0.2271	0.274	0.458

จากภาพที่ 19 – ภาพที่ 33 แสดงวิดีโอและภาพที่ถูกเลือกมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้



ภาพที่ 19 แสดงตัวอย่างเฟรมของวิดีโอ Foreman



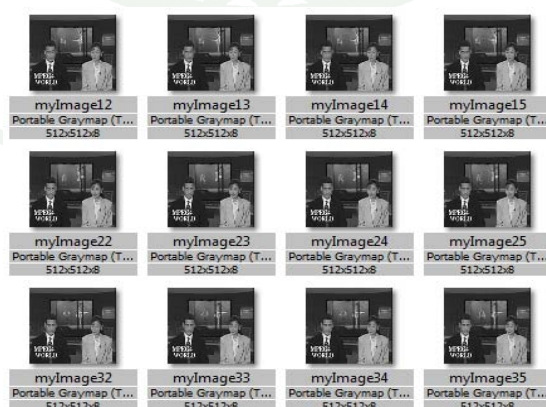
ภาพที่ 20 Foreman Frame number 100



ภาพที่ 21 Foreman frame number 200



ภาพที่ 22 Foreman frame number 300



ภาพที่ 23 แสดงตัวอย่างเฟรมของวิดีโอ AKIKO



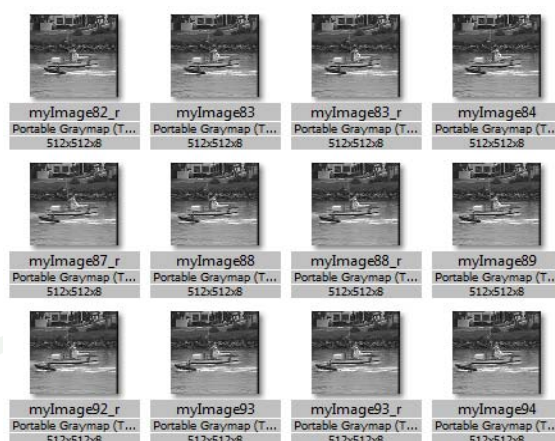
ภาพที่ 24 NEWS Frame number 52



ภาพที่ 25 NEWS Frame number 90



ภาพที่ 26 NEWS Frame number 140



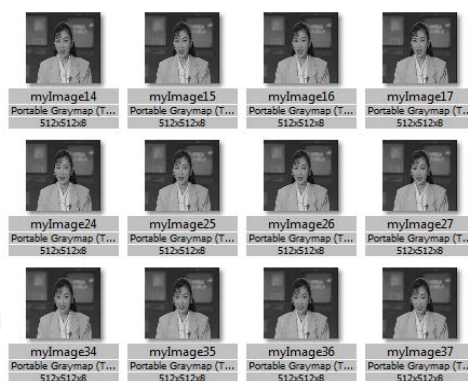
ภาพที่ 27 แสดงตัวอย่างเฟรมของวิดีโอ Coastguard



ภาพที่ 28 Coastguard Frame number 40



ภาพที่ 29 Coastguard Frame number 55



ภาพที่ 30 แสดงตัวอย่างเฟรมของวิดีโอ AKIKO



ภาพที่ 31 AKIKO Frame number 37



ภาพที่ 32 AKIKO Frame number 80



ภาพที่ 33 AKIKO Frame number 150

ในส่วนของการทดสอบของวิดีโอดังกล่าวนี้จะเลือกภาพของในแต่ละวิดีโอและอัตราส่วนระหว่างสัญญาณกับสัญญาณรบกวนเฉลี่ย (7.) ที่สนใจคือ 3.75 และ 5.00 dB เนื่องจากช่วงดังกล่าวยังถือว่าเป็นช่องสัญญาณที่ค่อนข้างไม่ดี ทำให้ได้ค่าเฉลี่ย PSNR ออกมาน้อย ดังนั้นจึงเป็นจุดสนใจในการทดสอบ โดยในส่วนแรกจะกำหนดให้ค่า m ซึ่งเป็นตัวกำหนดค่าการเลื่อนหายของสัญญาณมีค่าเป็น 1.5, 2 และ 2.5 ตามลำดับและค่าของการรบกวนข้อมูล (N_x) คือ 6 และ 10 คือ บล็อกเฟดดิ้ง 3 และ 5 ซึ่งกำหนดมาเพื่อทดสอบกับช่องสัญญาณที่มีผลกระทบกับบล็อกเฟดดิ้งที่ต่างกันและนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบความแตกต่าง จากนั้นในส่วนต่อมาได้ทำการเปรียบเทียบค่า PSNR และ WER โดยเปรียบเทียบจากค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) โดยค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านที่ได้สร้างมาจากลำดับของสัญลักษณ์ของ Zerotree ซึ่งประกอบไปด้วย 4 state คือ 0, 1, 2 และ 3 โดยที่ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงแต่ละสถานะจะถูกนำไปเป็น element ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของวิดีโอค่าดังกล่าวได้แสดงไว้ที่ตารางที่ 6 ถึงตารางที่ 9 และที่ภาครับนั้นจะถูกนำมาถอดรหัสแบบวิเทอร์บีเพื่อที่จะใช้ในการถอดรหัสวิธีแมป ซึ่งถือว่าการถอดรหัสแบบวิเทอร์บีนั้นเป็นการถอดรหัสที่ดีที่สุด

การประเมินประสิทธิภาพและวิเคราะห์ระบบส่งข้อมูลภาพ

การคำนวณค่า Peak Signal to Noise Ratio (PSNR)

PSNR เป็นค่าที่บอกถึงความแตกต่างของเฟรมที่ทดสอบกับเฟรมต้นฉบับหรือค่าสูงสุดของอัตราส่วนระหว่างสัญญาณที่ส่งและสัญญาณรบกวนจะเป็นค่าบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของ

ระบบการส่งข้อมูลภาพ เฟรมที่ดีต้องมี PSNR ที่ใกล้เคียงกับภาพที่เป็นต้นแบบมากที่สุด โดยที่ PSNR คำนวณได้จากสมการที่ (35)

$$PSNR = 10 \log \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) \quad (35)$$

ค่า MAX_I คือค่าสูงสุดของจุดภาพ ซึ่งในกรณีที่มีขนาด 8 บิต ค่าสูงสุดจะมีค่าเท่ากับ 255 โดยที่ค่า 255 นั้นมาจาก $2^B - 1$ ซึ่ง B คือจำนวนของ Bits/Sample ซึ่งเท่ากับ 8 และ $[I(i,j) - K(i,j)]$ คือค่าความผิดพลาดของผลต่างระหว่างภาพต้นฉบับและภาพที่ได้รับ

ค่าของ MSE นั้นย่อมาจาก Mean Square Error เป็นค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของแต่ละจุดภาพของเฟรมวิดีโอต้นฉบับกับเฟรมที่จะทดสอบ ซึ่งจะคำนวณค่าของ MSE โดยใช้สูตรดังสมการที่ (36)

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i,j) - K(i,j)]^2 \quad (36)$$

การคำนวณค่า Word Error Rate (WER)

WER คืออัตราส่วนของจำนวนความผิดพลาดของสัญญาณที่รับได้และจำนวนสัญญาณที่ส่งทั้งหมด ระบบที่ดีควรมีค่าของ WER ที่ต่ำหรือเข้าใกล้ศูนย์ โดยที่สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (37)

$$WER = \frac{\text{Number of error symbol}}{\text{Number of all symbol}} \quad (37)$$

ผลและวิจารณ์

ผล

1 รายละเอียดของวิดีโอที่ใช้ในการทดสอบ โดยในงานวิจัยนี้ได้นำวิดีโอ Foreman วิดีโอ AKIKO, วิดีโอ Coastguard และ วิดีโอ NEWS มาใช้ในการทดสอบซึ่งแต่ละวิดีโอจะต้องการค่าของจำนวนเฟรม, จำนวนแพ็คเก็ต, จำนวน Zerotree, จำนวน HFS และจำนวนสัญลักษณ์ของแต่ละเฟรมจำนวนแพ็คเก็ตของ HFS, ค่าเฉลี่ย PSNR ในขณะที่ไม่มีสัญญาณรบกวน, อัตราส่วนของการบีบอัด (Compression Ratio, CR) ค่าความซ้ำซ้อน (Residual Redundancy, RR) ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched)

2. ทดสอบโดยประเมินประสิทธิภาพและวิเคราะห์ข้อมูลของเฟรมวิดีโอโดยใช้การถอดรหัสวิธี MAP แบบ matched ทดสอบการเลื่อนหายทางขนาดที่ถูกถอดทอนด้วยตัวแปรสุ่มที่มีฟังก์ชันความหนาแน่นเป็นแบบนาคากามิ-เอมแบบไม่ได้สลับลำดับข้อมูลโดยทดสอบกับวิดีโอ Foreman เป็นอันดับแรก

2.1 ทดสอบโดยกำหนดขนาดของช่องสัญญาณไร้สายคือ m -parameter = 1.5, m -parameter = 2, m -parameter = 2.5

2.2 ทดสอบโดยกำหนดช่วงอัตราส่วนระหว่างกำลังส่งของสัญญาณสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณเฉลี่ยหรือ γ_b ขนาดเท่ากับ 3.75 dB และ 5 dB

2.3 ทดสอบโดยกำหนดช่องสัญญาณบล็อกเฟดดิ้งหรือ N_r เท่ากับ 6 และ 10

2.4 ทดสอบวิดีโอ AKIKO, วิดีโอ NEWS และ วิดีโอ Coastguard เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบโดยทำวิธีตามขั้นตอนข้อที่ 2.1 ถึง 2.3 ใหม่ในทุกๆ วิดีโอที่กล่าวมาทั้งหมด

3 การทดสอบโดยประเมินประสิทธิภาพและวิเคราะห์ข้อมูลของเฟรมวิดีโอโดยใช้การถอดรหัสวิธี MAP แบบ mismatch ทดสอบการเลื่อนหายทางขนาดที่ถูกถอดทอนด้วยตัวแปรสุ่มที่มีฟังก์ชันความหนาแน่นเป็นแบบนาคากามิ-เอมแบบไม่ได้สลับลำดับข้อมูลเพื่อดูประสิทธิภาพว่าถ้า

เปลี่ยนเป็นค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมชแล้วค่าประสิทธิภาพที่ได้จะใกล้เคียงกับคุณภาพของวิดีโอต้นฉบับโดยทดสอบกับวิดีโอ Foreman เป็นอันดับแรก

3.1 ทดสอบโดยกำหนดขนาดของช่องสัญญาณไร้สายคือ m -parameter = 1.5, m -parameter = 2, m -parameter = 2.5

3.2 ทดสอบโดยกำหนดช่วงอัตราส่วนระหว่างกำลังส่งของสัญญาณสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณเฉลี่ยหรือ $\overline{\gamma}_b$ ขนาดเท่ากับ 3.75 dB และ 5 dB

3.3 ทดสอบโดยกำหนดช่องสัญญาณบล็อกเฟดดิ้งหรือ N_R เท่ากับ 6 และ 10

3.4 ทดสอบวิดีโอ AKIKO, วิดีโอ NEWS และ วิดีโอ Coastguard เพื่อใช้ในการ

การมาทดสอบการเปรียบเทียบโดยทำวิธีตามขั้นตอนข้อที่ 3.1 และ 3.3 ใหม่ในทุกๆวิดีโอที่กล่าวมาทั้งหมด

4. การทดสอบโดยประเมินประสิทธิภาพและวิเคราะห์ข้อมูลของเฟรมวิดีโอโดยใช้การถอดรหัสวิธี MAP แบบแมชทดสอบการเลื่อนหายทางขนาดที่ถูกลดทอนด้วยตัวแปรสุ่มที่มีฟังก์ชันความหนาแน่นเป็นแบบนาคากามิ-เอ็มแบบสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดค่าได้ทั้งเพ็คเก็ตโดยทดสอบกับวิดีโอ Foreman เป็นอันดับแรก

4.1 ทดสอบโดยกำหนดขนาดของช่องสัญญาณไร้สายคือ m -parameter = 1.5, m -parameter = 2, m -parameter = 2.5

4.2 ทดสอบโดยกำหนดช่วงอัตราส่วนระหว่างกำลังส่งของสัญญาณสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณเฉลี่ยหรือ $\overline{\gamma}_b$ ขนาดเท่ากับ 3.75 dB และ 5 dB

4.3 ทดสอบโดยกำหนดช่องสัญญาณบล็อกเฟดดิ้งหรือ N_R เท่ากับ 6 และ 10

4.4 ทดสอบโดยกำหนดขนาดการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดค่าได้หรือ N_R เท่ากับ 32, 64, 128 และ 143

4.5 ทดสอบวิดีโอ AKIKO, วิดีโอ NEWS และ วิดีโอ Coastguard เพื่อใช้ในการมาใช้ในการเปรียบเทียบโดยทำตามวิธีตามขั้นตอนข้อที่ 4.1 ถึง 4.4 ใหม่ในทุกๆวิดีโอที่กล่าวมาทั้งหมด

5 การทดสอบโดยประเมินประสิทธิภาพและวิเคราะห์ข้อมูลของเฟรมวิดีโอ โดยการใช้การถอดรหัสวิธี MAP แบบมีสแมชทดสอบการเลื่อนหายทางขนาดที่ถูกกลทอนด้วยตัวแปรสุ่มที่มีฟังก์ชันความหนาแน่นเป็นแบบนาคากามิ-เอ็มแบบสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดค่าได้ทั้งแพ็คเก็ต โดยทดสอบกับวิดีโอ Foreman เป็นอันดับแรก

5.1 ทดสอบโดยกำหนดขนาดของช่องสัญญาณไร้สายคือ m -parameter = 1.5, m -parameter = 2, m -parameter = 2.5

5.2 ทดสอบโดยกำหนดช่วงอัตราส่วนระหว่างกำลังส่งของสัญญาณสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณเฉลี่ยหรือ γ , ขนาดเท่ากับ 3.75 dB และ 5 dB

5.3 ทดสอบโดยกำหนดช่องสัญญาณบล็อกเฟดดิ้งหรือ N_r เท่ากับ 6 และ 10

5.4 ทดสอบโดยกำหนดขนาดการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดค่าได้หรือ N_r เท่ากับ 32, 64, 128 และ 143

5.5 ทดสอบวิดีโอ AKIKO, วิดีโอ NEWS และ วิดีโอ Coastguard เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบโดยทำตามวิธีตามขั้นตอนข้อที่ 5.1 ถึง 5.4 ใหม่ในทุกๆวิดีโอที่กล่าวมาทั้งหมด

1. การทดสอบภาพโดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการถอดรหัสวิธี MAP
(STPM OF MATCHED และ STPM OF MISMATCHED)

การทดสอบส่งวิดีโอ Foreman โดยเลือกภาพที่ได้จากการแตกวิดีโอเป็นเฟรมทั้งหมด 3 เฟรม คือ Foreman frame number 100, Foreman frame number 200 และ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูลและนำค่าเฉลี่ย PSNR และ WER มาเป็นข้อมูลอ้างอิงและเปรียบเทียบกับ การทดสอบในส่วนต่อไป

ตารางที่ 10 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 3$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	13.411 (0.012)	11.361 (0.018)	16.243 (0.005)	13.197 (0.011)
2	17.161 (0.004)	14.824 (0.009)	21.283 (0.002)	18.123 (0.004)
2.5	20.364 (0.002)	16.829 (0.004)	25.132 (9.237E-4)	20.945 (0.002)

ตารางที่ 11 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนแบบนาคาเกมิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	13.408 (0.012)	11.357 (0.018)	16.242 (0.005)	13.196 (0.011)
2	17.164 (0.004)	14.814 (0.009)	21.279 (0.002)	18.125 (0.004)
2.5	20.3652 (0.002)	16.834 (0.004)	25.131 (9.286E-4)	20.946 (0.002)

ผลลัพธ์ตารางที่ 10 และตารางที่ 11 เป็นการทดสอบของวิดีโอ Foreman Frame number 100 เพื่อหาค่าเฉลี่ย PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) เปรียบเทียบกันโดยจะใช้ค่าของ $N_s = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_s = 10$ ก็มีความหมายดังที่อธิบายเช่นเดียวกันโดยที่ในการทดสอบนี้จะไม่ทำการสลับลำดับข้อมูล จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) มีค่า PSNR ที่ใกล้เคียงกัน แต่ทั้ง 2 วิธีนั้นยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่เพราะว่ามีความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกันซึ่งเกิดมาจากบล็อกเฟดดิ้ง สาเหตุดังกล่าวนี้ทำให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพในการถอดรหัสที่ลดลงตามไปด้วย

ตารางที่ 12 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนแบบแบบนาคากามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	14.348	11.659	17.776	13.337
	(0.011)	(0.018)	(0.005)	(0.011)
2	19.271	15.627	24.136	19.060
	(0.004)	(0.009)	(0.002)	(0.004)
2.5	22.226	18.861	28.081	23.346
	(0.002)	(0.005)	(8.986E-4)	(0.002)

ตารางที่ 13 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนแบบแบบนาคากามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	14.355	11.661	17.791	13.341
	(0.011)	(0.018)	(0.005)	(0.011)
2	19.262	15.643	24.111	19.073
	(0.004)	(0.009)	(0.002)	(0.004)
2.5	22.228	18.865	28.101	23.375
	(0.002)	(0.005)	(8.98E-4)	(0.002)

ผลลัพธ์ตารางที่ 12 และตารางที่ 13 เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้นำวิดีโอมาใช้ในการทดสอบ ซึ่งวิดีโอแต่ละวิดีโอนั้นจะมีจำนวนเฟรมที่ไม่เท่ากัน ในส่วนของวิดีโอ Foreman นั้นมีจำนวนทั้งหมด 300 เฟรม ในผลการทดสอบนี้จะกล่าวถึงการทดสอบของ Foreman frame number 100, Foreman frame number 200 และ Foreman frame number 300 ซึ่งนำมาใช้ในการเปรียบเทียบซึ่งกันและกันโดยความแตกต่างของแต่ละเฟรมนั้นได้แสดงให้เห็นดังตารางที่ 4-9 ซึ่งในตารางที่ 12 และตารางที่ 13 นั้นเป็นการทดสอบของ Foreman frame number 200 ทดสอบเพื่อหาค่าเฉลี่ย PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (ตารางที่ 11) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (ตารางที่ 12) เปรียบเทียบกันโดยจะใช้ค่าของ $N_c = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_c = 10$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 10 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียว โดยที่ในการทดสอบนี้จะไม่ทำการสลับลำดับข้อมูล จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) มีค่า PSNR และค่า WER ที่ใกล้เคียงกันแต่การทดสอบของทั้ง 2 วิธีนี้ยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่เนื่องจากมีความผิดพลาดที่ต่อเนื่องที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้ง จึงทำให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพในการถอดรหัสที่ลดลง ผลการทดสอบประการที่สองคือเมื่อนำภาพของ Foreman frame number 100 และ Foreman frame number 200 มาเปรียบเทียบค่า PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพซึ่งในที่นี้คือค่า PSNR และค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ค่าไหนก็ตาม

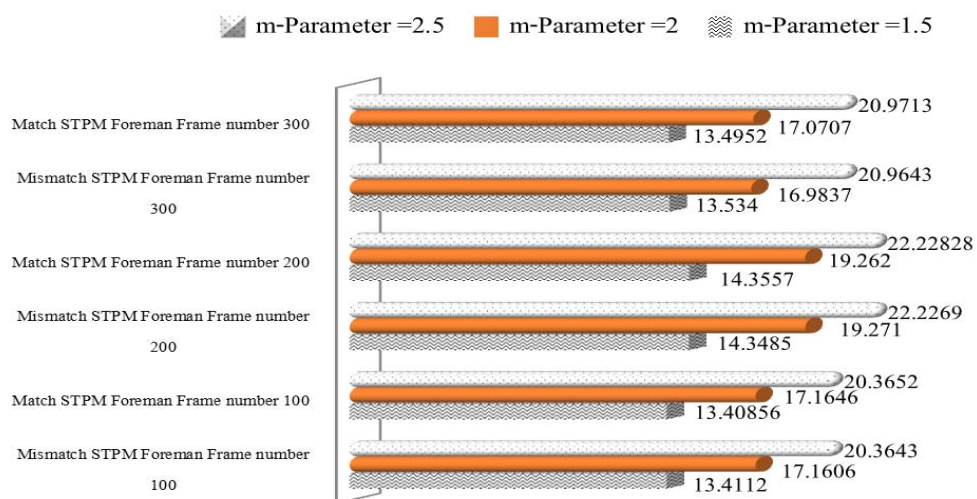
ตารางที่ 14 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนแบบบนคา
กามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการ
ส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล
ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	13.534	11.626	16.059	13.489
	(0.021)	(0.019)	(0.011)	(0.021)
2	16.983	14.749	20.672	18.084
	(0.007)	(0.009)	(0.003)	(0.004)
2.5	20.964	17.196	25.214	21.462
	(0.004)	(0.004)	(0.001)	(0.002)

ตารางที่ 15 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนแบบบนคา
กามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการ
ส่งผ่านวิธีแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$
และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	13.495	11.627	16.191	13.488
	(0.011)	(0.019)	(0.005)	(0.001)
2	17.071	14.746	21.247	18.076
	(0.004)	(0.009)	(0.002)	(0.004)
2.5	20.971	17.195	25.266	21.484
	(0.002)	(0.004)	(9.105E-4)	(0.002)

ผลลัพธ์ตารางที่ 14 และตารางที่ 15 เพื่อความแน่ใจว่าค่า PSNR และค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันของทุกๆเฟรมของวิดีโอ จึงนำเอา Foreman frame number 300 มาใช้ในการเปรียบเทียบซึ่งกันและกันอีก โดยในตารางที่ 14 และ ตารางที่ 15 สรุปได้เช่นเดียวกันว่าเมื่อใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ match (STPM of Matched) มีค่า PSNR และค่า WER ที่ใกล้เคียงกันแต่ทั้ง 2 วิธีนี้ก็ยังมีค่าประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่เนื่องจากมีความผิดพลาดที่ต่อเนื่องที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้ง จึงทำให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพในการถอดรหัสที่ลดลงเช่นเดิม โดยแสดงภาพรวมให้เห็นความแตกต่างดังกราฟที่ 1



ภาพที่ 34 แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) และค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ match (STPM of Matched) วิดีโอ Foreman Frame 100, Foreman Frame 200 และ Foreman Frame 300 ไม่ทำการสลับลำดับข้อมูล ที่ block fading = 3 $\overline{\gamma} = 3.75$ dB



ภาพที่ 35 ภาพ Foreman frame number 100 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 2$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ได้ค่า PSNR = 18.125 dB WER = 0.0045



ภาพที่ 36 ภาพ Foreman frame number 100 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 2$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ได้ค่า PSNR = 18.12326 dB WER = 0.0045



ภาพที่ 37 ภาพ Foreman frame number 200 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 3.75\text{dB}$ $m = 2$ $N_s = 6$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลรวมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ได้ค่า PSNR = 19.271 dB
WER = 0.0046



ภาพที่ 38 ภาพ Foreman frame number 200 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 3.75\text{dB}$ $m = 2$ $N_s = 6$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูล รวมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ได้ค่า PSNR = 19.262 dB
WER = 0.00467



ภาพที่ 39 ภาพ Foreman frame number 300 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 3.75\text{dB}$ $m = 2$ $N_s = 6$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ได้ค่า PSNR = 17.0707 dB WER = 0.004755



ภาพที่ 40 ภาพ Foreman frame number 300 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 3.75\text{dB}$ $m = 2$ $N_s = 6$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ได้ค่า PSNR = 16.9837 dB WER = 0.00792

ตารางที่ 16 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีมีสแมช (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	12.851	10.966	15.336	12.882
	(0.011)	(0.019)	(0.005)	(0.011)
2	16.641	13.738	20.003	16.789
	(0.004)	(0.009)	(0.002)	(0.004)
2.5	19.701	16.421	23.997	20.441
	(0.002)	(0.004)	(9.031E-4)	(0.002)

ตารางที่ 17 ผลจากการทดสอบวิดีโอ News frame number 52 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	12.861	10.961	15.139	12.904
	(0.011)	(0.018)	(0.005)	(0.011)
2	16.691	13.772	20.018	16.814
	(0.004)	(0.009)	(0.002)	(0.004)
2.5	19.708	16.446	24.001	20.459
	(0.002)	(0.004)	(8.965E-4)	(0.002)

ผลลัพธ์ตารางที่ 16 และตารางที่ 17 เป็นการทดสอบของวิดีโอ NEWS Frame number 52 เพื่อหาค่าเฉลี่ย PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) เปรียบเทียบกัน โดยจะใช้ค่าของ $N_s = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_s = 10$ ก็มีความหมายดังที่อธิบายเช่นเดียวกัน โดยที่ในการทดสอบนี้จะไม่ทำการสลับลำดับข้อมูล จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) มีค่า PSNR ที่ใกล้เคียงกัน แต่ทั้ง 2 วิธีนั้นยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่เพราะว่ามีความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งเกิดมาจากบล็อกเฟดดิ้ง สาเหตุดังกล่าวนี้ทำให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพในการถอดรหัสที่ลดลงตามไปด้วย

ตารางที่ 18 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนแบบแบบนาคา มิเอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธี mismatched (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	13.388 (0.011)	11.307 (0.019)	15.373 (0.005)	12.94 (0.011)
2	16.598 (0.004)	13.977 (0.009)	21.376 (0.002)	17.205 (0.004)
2.5	19.355 (0.002)	16.737 (0.004)	23.985 (9.304E-4)	20.591 (0.002)

ตารางที่ 19 ผลจากการทดสอบวิธีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนแบบ
 นาคากา มิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็น
 ของการส่งผ่านวิธี แมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล
 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	13.399 (0.011)	11.313 (0.018)	15.394 (0.005)	12.967 (0.011)
2	16.622 (0.004)	14.011 (0.008)	20.427 (0.002)	17.227 (0.004)
2.5	19.369 (0.002)	16.761 (0.004)	23.914 (9.245E-4)	20.675 (0.002)

ผลลัพธ์ตารางที่ 18 และตารางที่ 19 เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้นำวิธีโอมาใช้ในการทดสอบซึ่งวิธีโอแต่ละวิธีโอนั้นจะมีจำนวนเฟรมที่ไม่เท่ากัน ในส่วนของวิธีโอ NEWS นั้นมีจำนวนทั้งหมด 300 เฟรม ในผลการทดสอบนี้จะกล่าวถึงการทดสอบของ NEWS frame number 52, NEWS frame number 90 และ NEWS frame number 140 ซึ่งนำมาใช้ในการเปรียบเทียบซึ่งกันและกันโดยความแตกต่างของแต่ละเฟรมนั้นได้แสดงให้เห็นดังตารางที่ 4-9 ซึ่งในตารางที่ 18 และตารางที่ 19 นั้นเป็นการทดสอบของ NEWS frame number 90 ทดสอบเพื่อหาค่าเฉลี่ย PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (ตารางที่ 17) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (ตารางที่ 18) เปรียบเทียบกันโดยจะใช้ค่าของ $N_s = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_s = 10$ ก็มีความหมายดังที่อธิบายเช่นเดียวกันโดยที่ในการทดสอบนี้จะไม่ทำการสลับลำดับข้อมูล จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) มีค่า PSNR และค่า WER ที่ใกล้เคียงกันแต่การทดสอบของทั้ง 2 วิธีนี้ยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่เนื่องจากมีความผิดพลาดที่ต่อเนื่องที่มีผลมาจากบล็อกเฟลตติง จึงทำให้

การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพในการถอดรหัสที่ลดลง ผลการทดสอบประการที่สองคือ เมื่อนำภาพของ NEWS frame number 52 และ 90 มาเปรียบเทียบค่า PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพซึ่งในที่นี้คือค่า PSNR และ ค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ค่าไหนก็ตาม

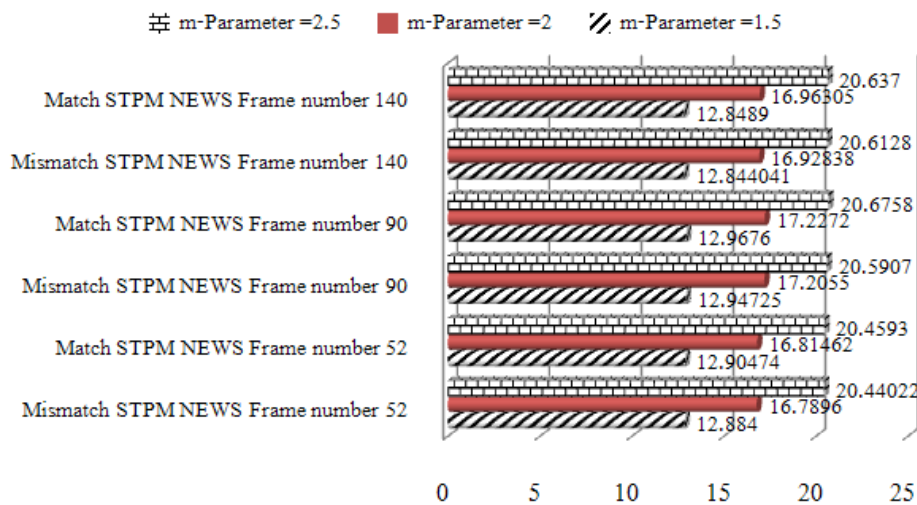
ตารางที่ 20 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนแบบบนคา
กามิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการ
ส่งผ่านวิธีมีสแมช (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่
 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-5}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	12.625 (0.011)	11.036 (0.019)	15.551 (0.005)	12.844 (0.011)
2	16.315 (0.004)	13.942 (0.009)	20.176 (0.002)	16.928 (0.004)
2.5	19.421 (0.002)	16.685 (0.004)	23.894 (9.046E-4)	20.612 (0.002)

ตารางที่ 21 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนแบบแบบนาคา กามิ- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 0$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	12.625 (0.011)	11.044 (0.018)	15.577 (0.054)	12.848 (0.011)
2	16.329 (0.004)	13.951 (0.009)	20.226 (0.002)	16.963 (0.004)
2.5	19.457 (0.002)	16.731 (0.004)	23.959 (8.849E-4)	20.637 (0.002)

ผลลัพธ์ตารางที่ 20 และตารางที่ 21 เพื่อความแน่ใจว่าค่า PSNR และค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันของทุกๆเฟรมของวิดีโอ จึงนำเอา NEWS frame number 140 มาใช้ในการเปรียบเทียบซึ่งกันและกันอีก โดยในตารางที่ 20 และ ตารางที่ 21 สรุปได้เช่นเดียวกันว่าเมื่อใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) มีค่า PSNR และค่า WER ที่ใกล้เคียงกันแต่ทั้ง 2 วิธีก็ยังมีค่าประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่เนื่องจากมีความผิดพลาดที่ต่อเนื่องที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้ง จึงทำให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพในการถอดรหัสที่ลดลงเช่นเดิม โดยแสดงภาพรวมให้เห็นความแตกต่างดังกราฟที่ 2



ภาพที่ 41 แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) วิดีโอ NEWS Frame 52, NEWS Frame 90 และ NEWS Frame 140 ไม่ทำการสลับลำดับข้อมูล ที่ block fading = 5 $\overline{\gamma}_b = 5$ dB



ภาพที่ 42 ภาพ NEWS frame number 140 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 2.5$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลรวมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ได้ค่า PSNR = 18.125 dB WER = 0.0045



ภาพที่ 43 ภาพ NEWS frame number 140 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 2.5$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับ การตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ได้ค่า PSNR = 18.12326 dB WER = 0.0045



ภาพที่ 44 ภาพ NEWS frame number 90 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2.5$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ได้ค่า PSNR = 16.7603 dB WER = 0.00489



ภาพที่ 45 ภาพ NEWS frame number 90 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 3.75\text{dB}$ $m = 2.5$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ได้ค่า PSNR = 16.7376 dB
WER = 0.00499

ตารางที่ 22 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนแบบแบบนาคาเกา มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($\text{WER} \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75\text{ dB}$		$\overline{\gamma}_b = 5\text{ dB}$	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	13.655	11.776	17.072	13.811
	(0.011)	(0.018)	(0.005)	(0.011)
2	18.269	15.195	23.124	18.403
	(0.004)	(0.008)	(0.002)	(0.004)
2.5	21.462	17.994	26.919	22.666
	(0.002)	(0.004)	(9.011E-4)	(0.002)

ตารางที่ 23 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลื่อนหายแบบนาคาเกา มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	13.658	11.767	16.945	13.804
	(0.011)	(0.019)	(0.005)	(0.011)
2	18.231	15.171	23.011	18.326
	(0.004)	(0.009)	(0.002)	(0.004)
2.5	21.363	17.973	26.782	22.517
	(0.002)	(0.005)	(9.55E-4)	(0.002)

ผลลัพธ์ตารางที่ 22 และตารางที่ 23 เป็นการทดสอบของวิดีโอ AKIKO Frame number 37 เพื่อหาค่าเฉลี่ย PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) เปรียบเทียบกัน โดยจะใช้ค่าของ $N_s = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_s = 10$ ก็มีความหมายดังที่อธิบายเช่นเดียวกัน โดยที่ในการทดสอบนี้จะไม่ทำการสลับลำดับข้อมูล จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) มีค่า PSNR ที่ใกล้เคียงกัน แต่ทั้ง 2 วิธีนั้นยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่เพราะว่ามีความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งเกิดมาจากบล็อกเฟดดิ้ง สาเหตุดังกล่าวนี้ทำให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพในการถอดรหัสที่ลดลงตามไปด้วย

ตารางที่ 24

ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลื่อนหาย
แบบนาคาเกา มิ- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็น
ของการส่งผ่านวิธีมีสแมช (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับ
ข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	13.916 (0.011)	11.792 (0.018)	16.974 (0.005)	13.948 (0.011)
2	18.503 (0.005)	15.384 (0.008)	22.973 (0.002)	18.606 (0.004)
2.5	22.764 (0.002)	18.102 (0.004)	27.213 (9.263E-4)	24.951 (0.001)

ตารางที่ 25

ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลื่อนหาย
แบบนาคาเกา มิ- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็น
ของการส่งผ่านวิธีแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่
 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	13.674 (0.0114)	11.768 (0.019)	16.907 (0.005)	13.917 (0.011)
2	18.121 (0.004)	15.331 (0.009)	22.885 (0.002)	18.567 (0.004)
2.5	21.855 (0.002)	17.942 (0.005)	27.066 (9.749E-4)	22.765 (0.002)

ผลลัพธ์ตารางที่ 24 และตารางที่ 25 เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้นำวิดีโอมาใช้ในการทดสอบ ซึ่งวิดีโอแต่ละวิดีโอนั้นจะมีจำนวนเฟรมที่ไม่เท่ากัน ในส่วนของวิดีโอ AKIKO นั้นมีจำนวนทั้งหมด 150 เฟรม ในผลการทดสอบนี้จะกล่าวถึงการทดสอบของ AKIKO frame number 40, AKIKO frame number 80 และ AKIKO frame number 150 ซึ่งนำมาใช้ในการเปรียบเทียบซึ่งกันและกันโดยความแตกต่างของแต่ละเฟรมนั้นได้แสดงให้เห็นดังตารางที่ 4-9 ซึ่งในตารางที่ 24 และตารางที่ 25 นั้นเป็นการทดสอบของ AKIKO frame number 80 ทดสอบเพื่อหาค่าเฉลี่ย PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (ตารางที่ 24) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบmatch (ตารางที่ 25) เปรียบเทียบกันโดยจะใช้ค่าของ $N_c = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_c = 10$ ก็มีความหมายดังที่อธิบายเช่นเดียวกันโดยที่ในการทดสอบนี้จะไม่ทำการสลับลำดับข้อมูล จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ match (STPM of Matched) มีค่า PSNR และค่า WER ที่ใกล้เคียงกันแต่การทดสอบของทั้ง 2 วิธีนี้ยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่เนื่องจากมีความผิดพลาดที่ต่อเนื่องที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้ง จึงทำให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพในการถอดรหัสที่ลดลง ผลการทดสอบประการที่สองคือเมื่อนำภาพของ AKIKO frame number 40 และ AKIKO frame number 80 มาเปรียบเทียบค่า PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ match (STPM of Matched) มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพซึ่งในที่นี้คือค่า PSNR และ ค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ค่าไหนก็ตาม

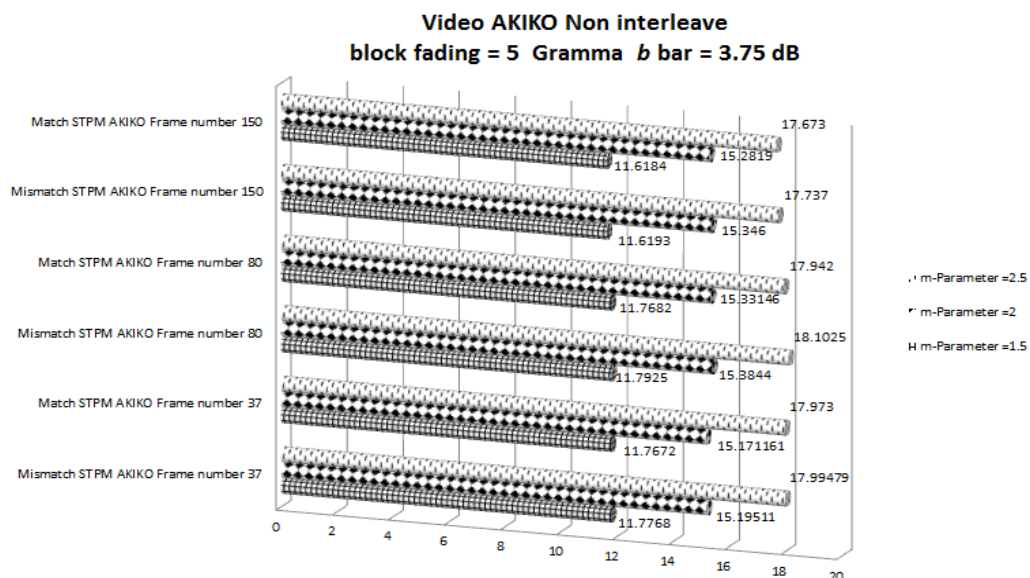
ตารางที่ 26 ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีมีสแมช (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	13.508	11.619	16.794	13.764
	(0.011)	(0.021)	(0.005)	(0.011)
2	18.436	15.346	23.327	18.351
	(0.005)	(0.008)	(0.002)	(0.004)
2.5	21.958	17.737	26.731	22.672
	(0.002)	(0.004)	(9.574E-4)	(0.002)

ตารางที่ 27 ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	13.551	11.618	16.856	13.799
	(0.012)	(0.021)	(0.005)	(0.012)
2	18.484	15.281	23.462	18.267
	(0.004)	(0.008)	(0.002)	(0.004)
2.5	22.0472	17.673	26.937	22.474
	(0.002)	(0.005)	(8.98E-4)	(0.002)

ผลลัพธ์ตารางที่ 26 และตารางที่ 27 เพื่อความแน่ใจว่าค่า PSNR และค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันของทุกๆเฟรมของวิดีโอ จึงนำเอา AKIKO frame number 150 มาใช้ในการเปรียบเทียบซึ่งกันและกันอีก โดยในตารางที่ 26 และ ตารางที่ 27 สรุปได้เช่นเดียวกันว่าเมื่อใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ match (STPM of Matched) มีค่า PSNR และค่า WER ที่ใกล้เคียงกันแต่ทั้ง 2 วิธีก็ยังมีค่าประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่เนื่องจากมีความผิดพลาดที่ต่อเนื่องที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้ง จึงทำให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพในการถอดรหัสที่ลดลงเช่นเดิม โดยแสดงภาพรวมให้เห็นความแตกต่างดังกราฟที่ 3 ซึ่งจะแสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ match (STPM of Matched) วิดีโอ AKIKO Frame 37, AKIKO Frame 80 และ AKIKO Frame 150 ไม่ทำการสลับลำดับข้อมูลที่ block fading = 5 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB



ภาพที่ 46 แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) และค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ match (STPM of Matched) วิดีโอ AKIKO Frame 37, AKIKO Frame 80 และ AKIKO Frame 150 ไม่ทำการสลับลำดับข้อมูลที่ block fading = 5 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB



ภาพที่ 47 ภาพ AKIKO frame number 37 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 1.5$ $N_s = 6$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีแมช (STPM of Matched) ได้ค่า PSNR = 18.3265 dB WER = 0.00477



ภาพที่ 48 ภาพ AKIKO frame number 37 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 1.5$ $N_s = 6$ ไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่า เมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ได้ค่า PSNR = 18.4038 dB WER = 0.00446



ภาพที่ 49 ภาพ AKIKO frame number 80 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 2$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ได้ค่า PSNR = 18.5679 dB WER = 0.0047



ภาพที่ 50 ภาพ AKIKO frame number 80 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 2$ $N_s = 10$ ไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลร่วมกับการตรวจจับ วิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช(STPM of Mismatched) ได้ค่า PSNR = 18.6069 dB WER= 0.00449

ตารางที่ 28 ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาทา มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูลที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	12.693	11.152	15.573	12.822
	(0.014)	(0.023)	(0.007)	(0.013)
2	16.919	14.099	20.294	17.052
	(0.006)	(0.011)	(0.003)	(0.006)
2.5	18.865	16.641	23.588	20.298
	(0.003)	(0.006)	(0.162E-4)	(0.003)

ตารางที่ 29 ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนหายแบบ นาคาทา มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูลที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	12.664	11.117	15.536	12.753
	(0.012)	(0.028)	(0.006)	(0.012)
2	16.914	14.052	20.224	17.028
	(0.005)	(0.013)	(0.002)	(0.005)
2.5	18.763	16.567	23.593	20.265
	(0.002)	(0.005)	(0.001)	(0.004)

ผลลัพธ์ตารางที่ 28 และตารางที่ 29 เป็นการทดสอบของวิดีโอ COASTGUARD number 40 เพื่อหาค่าเฉลี่ย PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) เปรียบเทียบกัน โดยจะใช้ค่าของ $N_s = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_s = 10$ ก็มีความหมายดังที่อธิบายเช่นเดียวกัน โดยที่ในการทดสอบนี้จะไม่ทำการสลับลำดับข้อมูลจากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) มีค่า PSNR ที่ใกล้เคียงกัน แต่ทั้ง 2 วิธีนั้นยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่เพราะว่ามีความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งเกิดมาจากบล็อกเฟดดิ้ง สาเหตุดังกล่าวนี้ทำให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพในการถอดรหัสที่ลดลงตามไปด้วย

ตารางที่ 30 ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลื่อนหายแบบนาคาเก มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

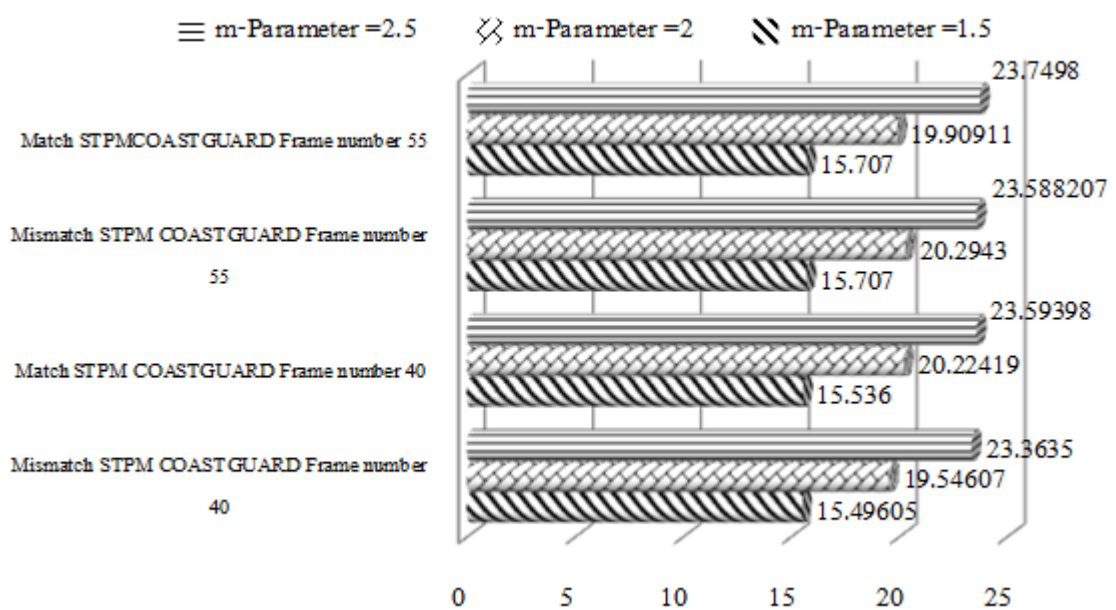
m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	12.859 (0.013)	10.973 (0.022)	15.496 (0.006)	12.779 (0.012)
2	16.089 (0.005)	13.801 (0.011)	19.546 (0.002)	17.143 (0.005)
2.5	19.172 (0.002)	16.337 (0.006)	23.363 (0.001)	19.942 (0.002)

ตารางที่ 31 ผลจากการทดสอบวิธีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาเกา มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	12.935 (0.001)	10.996 (0.019)	15.707 (0.005)	12.861 (0.011)
2	16.304 (0.004)	13.907 (0.009)	19.909 (0.002)	17.333 (0.004)
2.5	19.467 (0.002)	16.499 (0.004)	23.749 (9.494E-4)	20.244 (0.002)

ผลลัพธ์ตารางที่ 30 และตารางที่ 31 เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้นำวิธีโอมาใช้ในการทดสอบซึ่งวิธีโอแต่ละวิธีโอนั้นจะมีจำนวนเฟรมที่ไม่เท่ากัน ในส่วนของวิธีโอ COASTGUARD นั้นมีจำนวนทั้งหมด 300 เฟรม ในผลการทดสอบนี้จะกล่าวถึงการทดสอบของ COASTGUARD frame number 40 และ 55 ซึ่งนำมาใช้ในการเปรียบเทียบซึ่งกันและกันโดยความแตกต่างของแต่ละเฟรมนั้นได้แสดงให้เห็นดังตารางที่ 4-9 ซึ่งในตารางที่ 30 และตารางที่ 31 นั้นเป็นการทดสอบของ COASTGUARD frame number 55 ทดสอบเพื่อหาค่าเฉลี่ย PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (ตารางที่ 30) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (ตารางที่ 31) เปรียบเทียบกันโดยจะใช้ค่าของ $N_s = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_s = 10$ ก็มีความหมายดังที่อธิบายเช่นเดียวกันโดยที่ในการทดสอบนี้จะไม่ทำการสลับลำดับข้อมูล จากผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) มีค่า PSNR และค่า WER ที่ใกล้เคียงกันแต่การทดสอบของทั้ง 2 วิธีนี้ยังมีประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่เนื่องจากมีความผิดพลาดที่ต่อเนื่องที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้ง จึงทำให้การ

ถอดรหัสแบบ วิเทอร์บีมีประสิทธิภาพในการถอดรหัสที่ลดลง ผลการทดสอบประการที่สองคือเมื่อนำภาพของ COASTGUARD frame number 40 และ COASTGUARD frame number 55 มาเปรียบเทียบค่า PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ match (STPM of Matched) มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพซึ่งในที่นี้คือค่า PSNR และค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ค่าไหนก็ตามซึ่งแสดงให้เห็นดังภาพที่ 51



ภาพที่ 51 แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) และค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ match (STPM of Matched) วิดีโอ Coastguard Frame 40 และ Coastguard Frame 55 ไม่ทำการสลับลำดับข้อมูลที่ block fading = 3 $\overline{\gamma}_b = 5$ dB



ภาพที่ 52 ภาพ Coastguard frame number 40 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 2$ $N_s = 10$ โดยไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลรวมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ได้ค่า PSNR = 17.0286 dB WER = 0.00507



ภาพที่ 53 ภาพ Coastguard frame number 40 ที่สร้างกลับมาโดยไม่ใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP $\overline{\gamma}_b = 5$ dB $m = 2$ $N_s = 10$ ไม่ผ่านการสลับลำดับข้อมูลรวมกับการตรวจจับแบบ MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ได้ค่า PSNR = 17.05255 dB WER = 0.006083

ตารางที่ 32 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	20.894 (0.003)	17.575 (0.006)	26.832 (0.001)	22.834 (0.002)
2	25.999 (0.001)	22.681 (0.002)	30.202 (5.225E-4)	28.072 (8.851E-4)
2.5	28.931 (6.838E-4)	25.978 (0.001)	32.121 (2.713E-4)	30.812 (4.928E-4)

ตารางที่ 33 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 Db

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	20.891 (0.003)	17.554 (0.006)	26.835 (0.001)	22.847 (0.002)
2	26.006 (0.001)	22.666 (0.002)	30.052 (3.975E-4)	28.682 (8.844E-4)
2.5	28.931 (6.849E-4)	25.948 (0.001)	32.119 (2.724E-4)	30.813 (4.926E-4)

ผลลัพธ์ของตารางที่ 32 และตารางที่ 33 เป็นการทดสอบเป็นการทดสอบของวิธีโอ Foreman Frame number 100 ซึ่งได้พัฒนาการทดสอบเป็นการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยจะใช้ค่าของ $N_L = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_R = 10$ ก็มีความหมายดังที่อธิบายเช่นเดียวกัน โดยทำการสลับลำดับทั้งแพ็กเก็ต LFS และ HFS ผลลัพธ์ที่ได้นั้นประการแรกจะเห็นว่าค่า PSNR และ WER นั้นดีขึ้นกว่าการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูลและการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล เนื่องจากทั้งข้อมูลของ LFS และ HFS นั้นได้ทำการสลับลำดับข้อมูลทั้งหมด ทำให้ลดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกับแพ็กเก็ตของ LFS และ HFS ที่เกิดจากเหตุการณ์ของ บล็อกเฟดดิ้งได้มากขึ้นจากการแก้ไขโดยการสลับลำดับข้อมูลทั้งแพ็กเก็ต LFS และ HFS นั้นทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพได้ดีขึ้นและผลลัพธ์ประการที่สองนั้นเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบเกี่ยวกับการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผลลัพธ์ที่ได้คือค่า PSNR และค่า WER ของการทดสอบนี้มีค่าใกล้เคียงกันถึงแม้ว่าค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน (STPM) มีค่าไม่เท่ากันก็ตาม

ตารางที่ 34 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) (WER $\times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB		$\overline{\gamma_b} = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.501	20.315	26.931	24.804
	(0.002)	(0.003)	(9.531E-4)	(0.001)
2	26.836	24.643	30.559	28.492
	(9.721E-4)	(0.001)	(4.358E-4)	(9.304E-4)
2.5	29.041	27.613	32.321	30.945
	(6.505E-4)	(0.001)	(2.362E-4)	(3.827E-4)

ตารางที่ 35 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) (WER $\times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB		$\overline{\gamma_b} = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.496	20.316	26.931	24.784
	(0.002)	(0.003)	(9.574E-4)	(0.001)
2	26.832	24.645	30.564	28.494
	(9.751E-4)	(0.001)	(4.362E-4)	(9.313E-4)
2.5	29.021	27.642	32.322	30.959
	(6.561E-4)	(0.001)	(2.361E-4)	(3.807E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 แสดงค่า PSNR และ ค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 34 และตารางที่ 35 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 32 และตารางที่ 33 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 32 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่มากขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ทีแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 36 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลื่อนหายแบบนาคาอามิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	23.633	22.223	27.098	25.607
	(0.002)	(0.039)	(0.119)	(0.002)
2	26.9484	25.136	30.822	29.311
	(0.001)	(0.001)	(4.233E-4)	(6.896E-4)
2.5	29.415	27.964	32.401	31.322
	(5.545E-4)	(8.129E-4)	(2.168E-4)	(3.77E-4)

ตารางที่ 37 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาอามิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	23.638 (0.002)	22.213 (0.003)	27.095 (0.001)	25.606 (0.002)
2	26.931 (0.001)	25.136 (0.001)	31.052 (3.975E-4)	29.068 (8.884E-4)
2.5	29.419 (5.535E-4)	27.959 (8.115E-4)	32.407 (2.154E-4)	31.325 (3.778E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 36 และตารางที่ 37 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 34 และตารางที่ 35 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 64 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการก็คือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ที่แพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 38 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนแบบแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) (WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	23.698 (0.002)	22.367 (0.003)	27.133 (9.107E-4)	25.924 (0.001)
2	27.968 (9.582E-4)	26.272 (0.001)	31.065 (3.966E-4)	29.346 (6.147E-4)
2.5	29.462 (5.714E-4)	28.306 (8.536E-4)	32.481 (2.1638E-4)	31.593 (3.159E-4)

ตารางที่ 39 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการเลียนแบบแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) (WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	23.691 (0.002)	22.368 (0.003)	27.125 (9.116E-4)	25.922 (0.001)
2	27.964 (9.594E-4)	26.272 (0.001)	31.059 (3.975E-4)	29.311 (6.891E-4)
2.5	29.474 (5.703E-4)	28.299 (8.542E-4)	32.479 (2.181E-4)	31.595 (3.161E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 100 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 38 และตารางที่ 39 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 36 และตารางที่ 37 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 128 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้น สามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้ การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย เมื่อนำภาพของ Foreman frame number 100 มาเปรียบเทียบค่า PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพซึ่งในที่นี้คือค่า PSNR และ ค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ค่าไหนก็ตามและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ที่ถูกแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 40 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลื่อนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.905	19.444	28.358	24.793
	(0.002)	(0.005)	(0.001)	(0.002)
2	29.067	24.171	32.738	30.329
	(0.001)	(0.002)	(5.272E-4)	(8.825E-4)
2.5	31.871	28.915	34.685	33.499
	(6.461E-4)	(0.001)	(2.679E-4)	(4.593E-4)

ตารางที่ 41 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาอามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.918	19.459	28.358	24.794
	(0.003)	(0.005)	(0.001)	(0.002)
2	29.052	24.708	32.738	30.332
	(0.001)	(0.002)	(5.272E-4)	(8.883E-4)
2.5	31.867	28.922	34.685	33.499
	(6.474E-4)	(0.001)	(2.679E-4)	(4.593E-4)

ผลลัพธ์ของตารางที่ 40 และตารางที่ 41 เป็นการทดสอบเป็นการทดสอบของวิดีโอ Foreman Frame number 200 ซึ่งได้พัฒนาการทดสอบเป็นการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยจะใช้ค่าของ $N_s = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_s = 10$ มีสัญลักษณ์ติดกัน 10 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียว โดยทำการสลับลำดับทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS ผลลัพธ์ที่ได้นั้นประการแรกจะเห็นว่าค่า PSNR และ WER นั้นดีขึ้นกว่าการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูลและการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล เนื่องจากทั้งข้อมูลของ LFS และ HFS นั้นได้ทำการสลับลำดับข้อมูลทั้งหมด ทำให้ลดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกับแพ็คเกจของ LFS และ HFS ที่เกิดจากเหตุการณ์ของบล็อกเฟดดิ้งได้มากขึ้น จากการแก้ไขโดยการสลับลำดับข้อมูลทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS นั้นทำให้การถอดรหัสวีเทอรับมีประสิทธิภาพได้ดีขึ้นและผลลัพธ์ประการที่สองนั้นเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบเกี่ยวกับการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการตรวจจับวิธี MAP

โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ผลลัพธ์ที่ได้คือค่า PSNR และค่า WER ของการทดสอบนี้มีค่าใกล้เคียงกันถึงแม้ว่าค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน (STPM) มีค่าไม่เท่ากันก็ตาม

ตารางที่ 42 ผลจากการทดสอบวิธีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลื่อนหายแบบนาคาгами-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	25.339 (0.002)	22.296 (0.003)	29.696 (0.001)	27.944 (0.001)
2	29.677 (9.241E-4)	27.55 (0.001)	32.882 (4.071E-4)	31.168 (6.503E-4)
2.5	32.035 (6.367E-4)	30.162 (7.933E-4)	34.854 (2.109E-4)	33.627 (3.546E-4)

ตารางที่ 43 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_L = 6$	$N_L = 10$	$N_L = 6$	$N_L = 10$
1.5	25.353 (0.002)	22.294 (0.003)	29.694 (0.001)	27.932 (0.001)
2	29.619 (0.001)	27.541 (0.001)	32.882 (4.071E-4)	31.175 (6.493E-4)
2.5	32.028 (6.873E-4)	30.002 (7.917E-4)	34.882 (2.109E-4)	33.627 (3.546E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 แสดงค่า PSNR และ ค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 42 และตารางที่ 43 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 40 และตารางที่ 41 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 32 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่แพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 44 ผลจากการทดสอบวิธีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	26.308	24.757	30.354	28.514
	(0.001)	(0.003)	(8.252E-4)	(0.001)
2	29.626	27.918	33.238	31.393
	(0.001)	(0.001)	(4.148E-4)	(8.783E-4)
2.5	32.164	30.605	35.104	33.667
	(5.201E-4)	(7.891E-4)	(1.984E-4)	(3.952E-4)

ตารางที่ 45 ผลจากการทดสอบวิธีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	26.326	24.755	30.254	28.514
	(0.002)	(0.003)	(8.223E-4)	(0.001)
2	29.677	27.541	33.231	31.379
	(9.192E-4)	(0.001)	(4.158E-4)	(8.778E-4)
2.5	32.173	30.599	35.107	33.665
	(5.185E-4)	(7.894E-4)	(1.999E-4)	(3.968E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 44 และตารางที่ 45 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 42 และตารางที่ 43 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 64 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการก็คือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ทีแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 46 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลื่อนหายแบบนาคาгами-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	26.396 (0.002)	24.791 (0.003)	30.565 (8.445E-4)	28.573 (0.001)
2	30.127 (9.263E-4)	28.121 (0.001)	33.366 (3.775E-4)	32.335 (5.875E-4)
2.5	32.939 (4.854E-4)	30.683 (0.001)	35.318 (1.826E-4)	33.832 (2.954E-4)

ตารางที่ 47 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	26.378	24.793	30.564	28.576
	(0.002)	(0.002)	(8.458E-4)	(0.001)
2	30.129	27.996	33.366	32.334
	(9.271E-4)	(0.001)	(3.775E-4)	(5.875E-4)
2.5	32.933	30.694	35.318	33.822
	(4.858E-4)	(0.001)	(1.826E-4)	(2.956E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 200 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 46 และตารางที่ 47 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 44 และตารางที่ 45 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 128 เพราะการสลับลำดับข้อมูลเพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย เมื่อนำภาพของ Foreman frame number 200 มาเปรียบเทียบค่า PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพซึ่งในที่นี้คือค่า PSNR และ ค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ค่าไหนก็ตามและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ทีแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 48 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนแบบนาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB		$\overline{\gamma_b} = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	21.151	17.465	25.706	22.187
	(0.003)	(0.006)	(0.001)	(0.002)
2	26.613	22.452	29.992	27.338
	(0.001)	(0.002)	(5.108E-4)	(9.285E-4)
2.5	28.602	26.017	31.556	30.508
	(6.539E-4)	(0.001)	(2.735E-4)	(4.55E-4)

ตารางที่ 49 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนแบบนาคากามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB		$\overline{\gamma_b} = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	21.135	17.452	25.722	22.182
	(0.003)	(0.006)	(0.001)	(0.002)
2	26.638	22.473	29.936	27.336
	(0.001)	(0.002)	(5.168E-4)	(9.261E-4)
2.5	28.636	26.035	31.564	30.514
	(6.562E-4)	(0.001)	(2.721E-4)	(4.494E-4)

ผลลัพธ์ของตารางที่ 48 และตารางที่ 49 เป็นการทดสอบเป็นการทดสอบของวิดีโอ Foreman Frame number 300 ซึ่งได้พัฒนาการทดสอบเป็นการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) โดยจะใช้ค่าของ $N_L = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_L = 10$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 10 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวก็มีความหมายดังที่อธิบายเช่นเดียวกัน โดยทำการสลับลำดับทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS ผลลัพธ์ที่ได้นั้นประการแรกจะเห็นว่าค่า PSNR และ WER นั้นดีขึ้นกว่าการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูลและการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล เนื่องจากทั้งข้อมูลของ LFS และ HFS นั้นได้ทำการสลับลำดับข้อมูลทั้งหมด ทำให้ลดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกับแพ็คเกจของ LFS และ HFS ที่เกิดจากเหตุการณ์ของบล็อกเฟดดิ้งได้มากขึ้น จากการแก้ไขโดยการสลับลำดับข้อมูลทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS นั้นทำให้การถอดรหัสวีเทอริมีประสิทธิภาพได้ดีขึ้นและผลลัพธ์ประการที่สองนั้นเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบเกี่ยวกับการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) และ การตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ผลลัพธ์ที่ได้คือค่า PSNR และค่า WER ของการทดสอบนี้มีค่าใกล้เคียงกันถึงแม้ว่าค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน (STPM) มีค่าไม่เท่ากันก็ตาม

ตารางที่ 50 ผลจากการทดสอบวิธีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.278	19.784	26.516	24.812
	(0.002)	(0.003)	(9.536E-4)	(0.001)
2	26.991	24.501	30.153	28.583
	(0.001)	(0.002)	(4.521E-4)	(9.008E-4)
2.5	28.706	27.542	31.728	30.509
	(5.524E-4)	(0.001)	(2.356E-4)	(4.136E-4)

ตารางที่ 51 ผลจากการทดสอบวิธีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.279	19.7833	26.534	24.812
	(0.002)	(0.003)	(9.461E-4)	(0.001)
2	26.992	24.982	30.172	27.336
	(0.001)	(0.002)	(4.468E-4)	(9.261E-4)
2.5	28.715	27.551	31.732	30.523
	(5.499E-4)	(8.181E-4)	(2.355E-4)	(4.111E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 แสดงค่า PSNR และ ค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 50 และตารางที่ 51 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 48 และตารางที่ 49 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 32 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเบอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ทีแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเบอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 52 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลื่อนหายแบบนาคาгами-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_b = 6$	$N_b = 10$	$N_b = 6$	$N_b = 10$
1.5	24.112 (0.002)	22.247 (0.004)	26.968 (0.001)	25.412 (0.002)
2	27.025 (9.736E-4)	25.489 (0.001)	30.173 (4.186E-4)	28.849 (6.439E-4)
2.5	28.933 (6.849E-4)	28.029 (0.001)	31.733 (2.172E-4)	30.915 (3.603E-4)

ตารางที่ 53 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลื่อนหายแบบนาคาгами-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	24.151 (0.002)	22.259 (0.004)	26.987 (0.001)	25.423 (0.002)
2	27.045 (9.629E-4)	25.496 (0.0019)	30.193 (4.147E-4)	28.584 (8.989E-4)
2.5	28.953 (6.832E-4)	28.036 (0.0013)	31.741 (2.164E-4)	30.922 (3.596E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 52 และตารางที่ 53 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 50 และตารางที่ 51 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 64 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ที่แพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

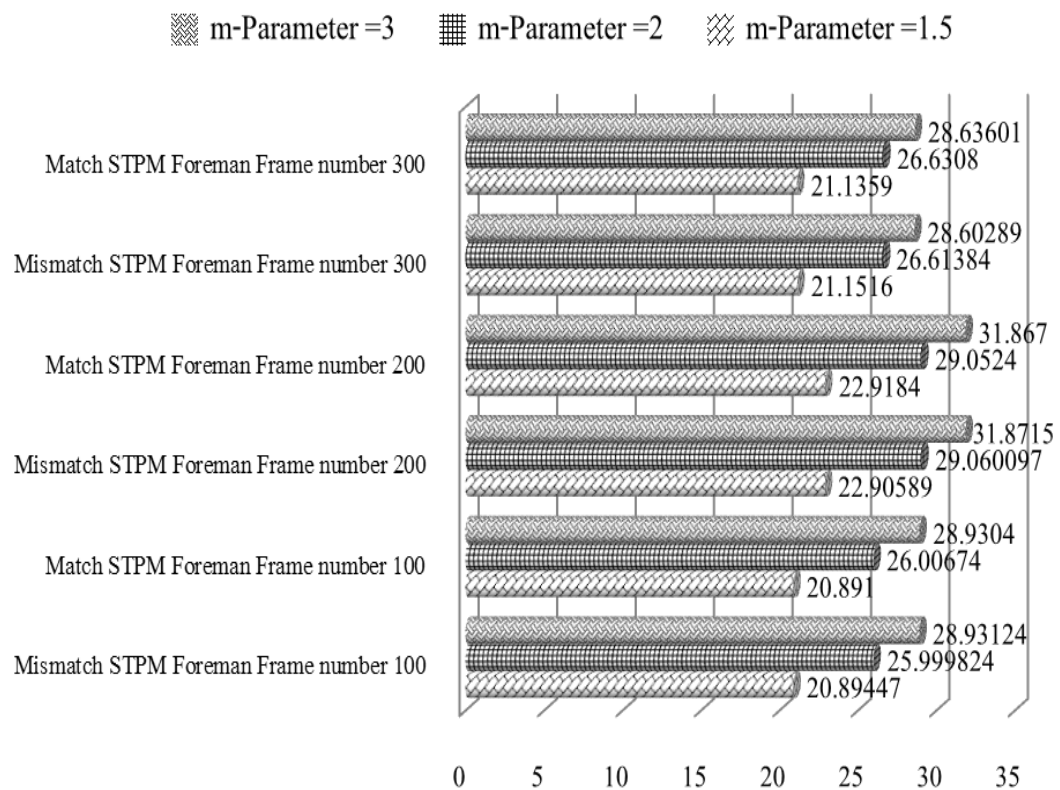
ตารางที่ 54 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	24.262 (0.002)	22.286 (0.003)	27.565 (4.516E-4)	26.787 (0.001)
2	27.674 (9.378E-4)	26.095 (0.001)	30.582 (3.854E-4)	29.105 (6.986E-4)
2.5	29.554 (5.424E-4)	28.0309 (8.366E-4)	31.742 (2.353E-4)	31.084 (3.172E-4)

ตารางที่ 55 ผลจากการทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

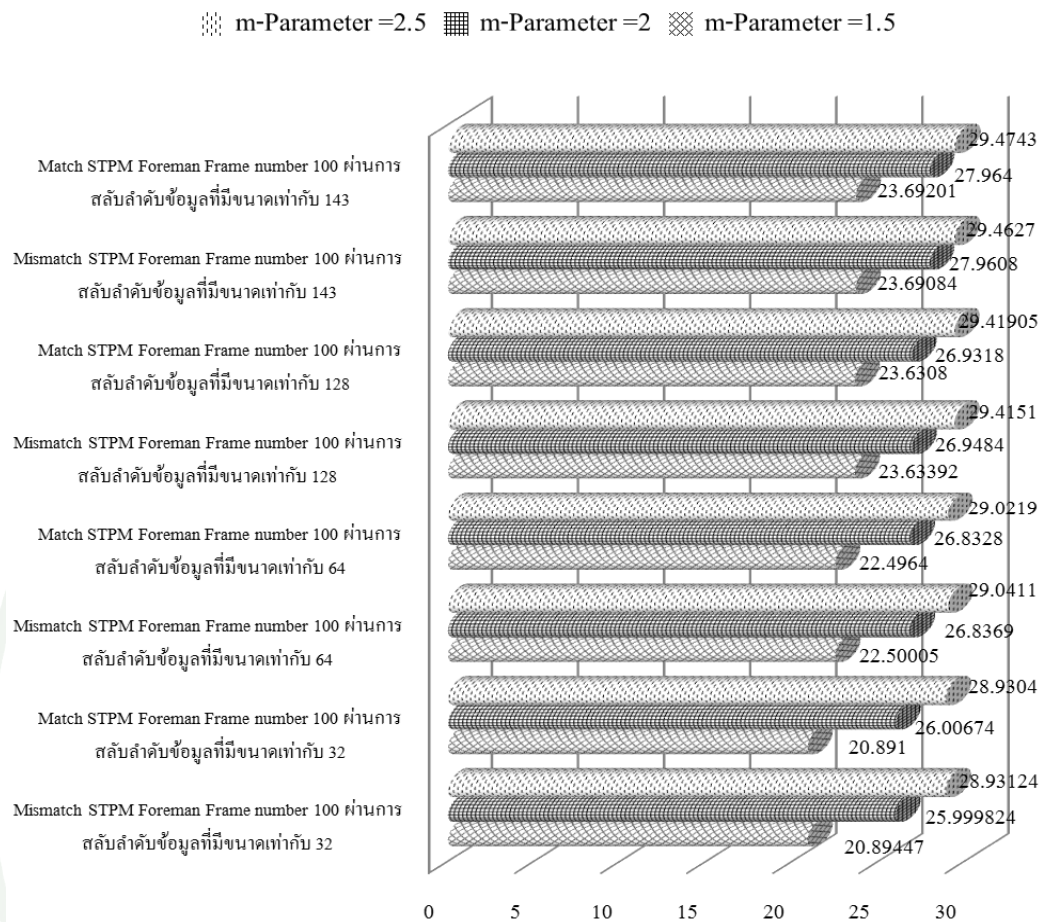
<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	24.271 (0.002)	22.291 (0.003)	27.573 (9.524E-4)	25.789 (0.001)
2	27.685 (9.331E-4)	26.103 (0.001)	30.588 (3.805E-4)	28.841 (6.436E-4)
2.5	29.562 (5.418E-4)	28.042 (8.342E-4)	31.752 (2.342E-4)	31.081 (3.177E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ Foreman frame number 300 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 54 และตารางที่ 55 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 52 และตารางที่ 53 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 128 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย เมื่อนำภาพของ Foreman frame number 300 มาเปรียบเทียบค่า PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพซึ่งในที่นี้คือค่า PSNR และ ค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ค่าไหนก็ตามและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ที่เกิด LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึง ส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งแสดงดังกราฟที่ 5 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) และค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) วิดีโอ Foreman Frame number 100, Foreman Frame number 200 และ Foreman Frame number 300 ทำการสลับลำดับข้อมูล ขนาด 32 block fading = 3 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB และ กราฟที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) และค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) วิดีโอ Foreman Frame 100, Foreman Frame 200 และ Foreman Frame 300 ทำการสลับลำดับข้อมูลขนาด 32, 64, 128 และ 143 ที่ block fading = 3 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB



ภาพที่ 54

แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ
 มิสแมช (STPM of Mismatched) และค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน
 แบบแมช (STPM of Matched) วิดีโอ Foreman Frame 100, Foreman Frame 200
 และ Foreman Frame 300 ทำการสลับลำดับข้อมูล ขนาด 32 block fading = 3
 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB



ภาพที่ 55

แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ
 มิสแมช (STPM of Mismatched) และค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน
 แบบแมช (STPM of Matched) วิดีโอ Foreman Frame 100, Foreman Frame 200
 และ Foreman Frame 300 ทำการสลับลำดับข้อมูลขนาด 32, 64, 128 และ 143
 ที่ block fading = 3 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB



ภาพที่ 56 ภาพ Foreman frame number 100 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 25.999 dB WER = 0.001214



ภาพที่ 57 ภาพ Foreman frame number 100 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 26.83698 dB WER = 9.721E-4



ภาพที่ 58 ภาพ Foreman frame number 100 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 26.9484 dB WER = 0.0012133



ภาพที่ 59 ภาพ Foreman frame number 100 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 27.9608 dB WER = 9.582E-4



ภาพที่ 60 ภาพ Foreman frame number 100 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 26.0006 dB WER = 0.003044



ภาพที่ 61 ภาพ Foreman frame number 100 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 26.8328 dB WER = 9.7508-4



ภาพที่ 62

ภาพ Foreman frame number 100 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 26.931 dB WER = 0.001219



ภาพที่ 63

ภาพ Foreman frame number 100 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 27.9641dB WER = 9.592E-4



ภาพที่ 64

ภาพ Foreman frame number 200 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 29.06009 dB WER = 0.00121078



ภาพที่ 65

ภาพ Foreman frame number 200 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 29.67703 dB WER = 9.2411E-4



ภาพที่ 66 ภาพ Foreman frame number 200 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 29.626711 dB WER = 0.0011505



ภาพที่ 67 ภาพ Foreman frame number 200 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 30.12779 dB WER = 9.26367E-4



ภาพที่ 68 ภาพ Foreman frame number 200 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_{\text{eff}} = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 29.0524 dB WER = 0.001205



ภาพที่ 69 ภาพ Foreman frame number 200 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช(STPM of Matched)ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_{\text{eff}} = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 29.6197 dB WER = 0.001502



ภาพที่ 70 ภาพ Foreman frame number 200 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 29.67713 dB WER = 9.192E-4



ภาพที่ 71 ภาพ Foreman frame number 200 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 30.12933dB WER = 9.27011E-4



ภาพที่ 72

ภาพ Foreman frame number 300 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 26.6138 dB
WER = 0.0012414



ภาพที่ 73

ภาพ Foreman frame number 300 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 26.99132 dB
WER = 0.0011553



ภาพที่ 74

ภาพ Foreman frame number 300 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 27.02518 dB
WER = 9.7365E-4



ภาพที่ 75

ภาพ Foreman frame number 300 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 27.6746 dB WER = 9.3788E-4



ภาพที่ 76 ภาพ Foreman frame number 300 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่ได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 26.6308 dB WER = 0.001231



ภาพที่ 77 ภาพ Foreman frame number 300 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 26.9923 dB WER = 0.001149



ภาพที่ 78

ภาพ Foreman frame number 300 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 27.0458 dB WER = 9.6296E-4



ภาพที่ 79

ภาพ Foreman frame number 300 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 27.68504 dB WER = 9.3314 E-4

ตารางที่ 56 ผลจากการทดสอบวิธีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	19.958 (0.003)	17.113 (0.006)	25.067 (0.001)	21.948 (0.002)
2	25.274 (0.001)	21.308 (0.002)	29.017 (4.942E-4)	26.856 (8.727E-4)
2.5	27.815 (6.131E-4)	24.716 (0.001)	31.202 (2.582E-4)	29.597 (3.954E-4)

ตารางที่ 57 ผลจากการทดสอบวิธีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	19.968 (0.002)	17.143 (0.006)	25.082 (0.001)	21.974 (0.002)
2	25.324 (0.001)	21.351 (0.002)	28.997 (4.966E-4)	26.912 (8.568E-4)
2.5	27.817 (6.078E-4)	24.754 (0.001)	31.205 (2.584E-4)	29.581 (3.929E-4)

ผลลัพธ์ของตารางที่ 56 และตารางที่ 57 เป็นการทดสอบเป็นการทดสอบของวิดีโอ NEWS frame number 52 ซึ่งได้พัฒนาการทดสอบเป็นการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยจะใช้ค่าของ $N_L = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_L = 10$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 10 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวโดยทำการสลับลำดับทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS ผลลัพธ์ที่ได้นั้นประการแรกจะเห็นว่าค่า PSNR และ WER นั้นดีขึ้นกว่าการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูลและการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล เนื่องจากทั้งข้อมูลของ LFS และ HFS นั้นได้ทำการสลับลำดับข้อมูลทั้งหมด ทำให้ลดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกับแพ็คเกจของ LFS และ HFS ที่เกิดจากเหตุการณ์ของบล็อกเฟดลิงได้มากขึ้น จากการแก้ไขโดยการสลับลำดับข้อมูลทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS นั้นทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพได้ดีขึ้นและผลลัพธ์ประการที่สองนั้นเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบเกี่ยวกับการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผลลัพธ์ที่ได้คือค่า PSNR และค่า WER ของการทดสอบนี้มีค่าใกล้เคียงกันถึงแม้ว่าค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน (STPM) มีค่าไม่เท่ากันก็ตาม

ตารางที่ 58 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	21.008 (0.002)	18.615 (0.003)	25.776 (0.001)	24.216 (0.001)
2	26.102 (9.233E-4)	23.917 (0.001)	29.196 (4.041E-4)	27.542 (9.052E-4)
2.5	28.122 (6.361E-4)	26.422 (0.001)	31.323 (2.236E-4)	29.952 (4.544E-4)

ตารางที่ 59 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	21.036 (0.002)	18.625 (0.003)	25.792 (0.001)	24.235 (0.001)
2	26.098 (9.223E-4)	23.948 (0.001)	29.179 (4.052E-4)	27.547 (9.058E-4)
2.5	28.126 (6.346E-4)	26.426 (0.001)	31.326 (2.234E-4)	29.948 (4.533E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 แสดงค่า PSNR และ ค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 58 และตารางที่ 59 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 56 และตารางที่ 57 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 32 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ทีแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 60 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเปลี่ยนหาแบบนาคาเกมิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 5$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.598	20.616	25.919	24.222
	(0.002)	(0.003)	(8.957E-4)	(0.001)
2	26.129	24.392	29.539	28.117
	(9.282E-4)	(0.001)	(4.107E-4)	(6.306E-4)
2.5	28.288	26.623	31.566	30.389
	(5.076E-4)	(8.461E-4)	(2.11E-4)	(3.478E-4)

ตารางที่ 61 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.612 (0.002)	20.627 (0.003)	25.931 (8.922E-4)	24.249 (0.001)
2	26.102 (9.211E-4)	24.413 (0.001)	29.533 (4.113E-4)	28.142 (6.249E-4)
2.5	28.292 (5.058E-4)	26.637 (8.383E-4)	31.562 (2.11E-4)	30.395 (3.464E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 60 และตารางที่ 61 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 58 และตารางที่ 59 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 64 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการก็คือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ที่แพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 62 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) (WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.847 (0.002)	21.295 (0.003)	26.734 (9.424E-4)	24.673 (0.001)
2	26.135 (0.001)	25.033 (0.001)	29.787 (3.637E-4)	28.333 (6.674E-4)
2.5	28.333 (5.294E-4)	27.249 (8.245E-4)	31.832 (2.007E-4)	30.993 (9.95E-4)

ตารางที่ 63 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) (WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.851 (0.002)	21.292 (0.003)	26.751 (9.371E-4)	24.694 (0.001)
2	26.129 (0.001)	25.052 (0.001)	29.802 (3.607E-4)	28.337 (6.658E-4)
2.5	28.351 (5.267E-4)	27.258 (8.237E-4)	31.818 (2.015E-4)	30.975 (2.958E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 52 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 62 และตารางที่ 63 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 60 และตารางที่ 61 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 128 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดลิงได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีดิโอมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย เมื่อนำภาพของ NEWS frame number 52 มาเปรียบเทียบกับค่า PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพซึ่งในที่นี้คือค่า PSNR และ ค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ค่าไหนก็ตามและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ที่เกิด LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีดิโอมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 64 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเปลี่ยนแบบนาคาอามิ-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน แบบมismatched (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_s = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma}_s = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_s = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	20.294 (0.003)	16.985 (0.006)	25.048 (0.001)	21.649 (0.002)
2	25.517 (0.001)	21.556 (0.002)	26.644 (3.739E-4)	26.409 (9.145E-4)
2.5	27.687 (6.466E-4)	24.845 (0.001)	31.373 (2.617E-4)	29.783 (4.014E-4)

ตารางที่ 65 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	20.336	17.022	25.059	21.669
	(0.003)	(0.006)	(0.001)	(0.002)
2	25.595	21.583	28.916	26.438
	(0.001)	(0.002)	(4.801E-4)	(8.985E-4)
2.5	27.764	24.844	31.373	29.806
	(6.403E-4)	(0.001)	(2.614E-4)	(4.039E-4)

ผลลัพธ์ของตารางที่ 64 และตารางที่ 65 เป็นการทดสอบเป็นการทดสอบของวิดีโอ NEWS frame number 90 ซึ่งได้พัฒนาการทดสอบเป็นการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยจะใช้ค่าของ $N_s = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_s = 10$ ก็มีความหมายดังที่อธิบายเช่นเดียวกัน โดยทำการสลับลำดับทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS ผลลัพธ์ที่ได้นั้นประการแรกจะเห็นว่าค่า PSNR และ WER นั้นดีขึ้นกว่าการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูลและการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล เนื่องจากทั้งข้อมูลของ LFS และ HFS นั้นได้ทำการสลับลำดับข้อมูลทั้งหมด ทำให้ลดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกับแพ็คเกจของ LFS และ HFS ที่เกิดจากเหตุการณ์ของบล็อกลดลงได้มากขึ้นจากการแก้ไขโดยการสลับลำดับข้อมูลทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS นั้นทำให้การถอดรหัสวีเตอร์บีมี

ประสิทธิภาพได้ดีขึ้นและผลลัพธ์ประการที่สองนั้นเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบเกี่ยวกับการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ผลลัพธ์ที่ได้คือค่า PSNR และค่า WER ของการทดสอบนี้มีค่าใกล้เคียงกันถึงแม้ว่าค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน (STPM) มีค่าไม่เท่ากันก็ตาม

ตารางที่ 66 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนแบบนาคาคามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_R = 0$	$N_R = 10$	$N_R = 0$	$N_R = 10$
1.5	21.324 (0.002)	19.028 (0.003)	25.821 (8.759E-4)	23.777 (0.001)
2	25.908 (0.001)	23.952 (0.001)	28.912 (4.809E-4)	27.524 (8.806E-4)
2.5	27.943 (6.676E-4)	26.311 (8.823E-4)	31.569 (2.341E-4)	29.845 (4.619E-4)

ตารางที่ 67 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนแบบนาฬิกา มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	21.343 (0.002)	19.055 (0.003)	25.853 (8.756E-4)	23.819 (0.001)
2	25.899 (0.001)	23.988 (0.001)	29.307 (4.027E-4)	27.528 (8.775E-4)
2.5	27.949 (6.665E-4)	26.318 (8.764E-4)	31.593 (2.299E-4)	29.841 (4.625E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 แสดงค่า PSNR และ ค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 66 และตารางที่ 67 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 64 และตารางที่ 65 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 32 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการก็คือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ที่แพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 68 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนแบบนาฬิกา มิ- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.424	20.652	25.908	24.155
	(0.002)	(0.003)	(0.001)	(0.001)
2	25.921	24.369	29.307	28.091
	(4.354E-4)	(0.001)	(4.022E-4)	(6.909E-4)
2.5	28.097	26.609	31.716	30.386
	(5.632E-4)	(0.001)	(2.307E-4)	(3.739E-4)

ตารางที่ 69 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนแบบนาฬิกา มิ- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.432	20.665	25.969	24.149
	(0.002)	(0.003)	(0.001)	(0.001)
2	25.937	24.363	29.493	28.086
	(9.312E-4)	(0.001)	(4.054E-4)	(6.9041E-4)
2.5	28.114	26.616	31.713	30.406
	(5.618E-4)	(0.001)	(2.305E-4)	(3.729E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 68 และตารางที่ 69 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 66 และตารางที่ 67 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 64 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเบอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่แพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเบอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 70 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนแบบนาคา มิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.743 (0.002)	20.865 (0.003)	26.475 (9.274E-4)	24.228 (0.001)
2	26.105 (9.227E-4)	24.791 (0.001)	29.484 (4.058E-4)	28.161 (6.281E-4)
2.5	28.474 (5.498E-4)	27.152 (8.592E-4)	31.918 (2.198E-4)	30.621 (5.076E-4)

ตารางที่ 71 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการเลียนแบบแบบนาคา มิ-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.773 (0.002)	20.878 (0.003)	26.475 (9.274E-4)	24.241 (0.001)
2	26.103 (9.167E-4)	24.792 (0.001)	29.649 (3.731E-4)	28.166 (6.228E-4)
2.5	28.471 (5.498E-4)	27.143 (8.601E-4)	31.926 (2.196E-4)	30.617 (3.423E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 90 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 70 และตารางที่ 71 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 68 และตารางที่ 69 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 128 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย เมื่อนำภาพของ NEWS frame number 90 มาเปรียบเทียบกับค่า PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพซึ่งในที่นี้คือค่า PSNR และ ค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ค่าไหนก็ตามและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ที่แพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 72 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($\text{WER} \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	20.315 (0.003)	16.731 (0.006)	25.002 (0.001)	21.157 (0.062)
2	25.016 (0.001)	21.696 (0.002)	28.882 (4.342E-4)	26.374 (8.664E-4)
2.5	27.771 (6.179E-4)	24.661 (0.001)	31.163 (2.439E-4)	29.751 (4.458E-4)

ตารางที่ 73 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($\text{WER} \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	20.333 (0.003)	16.728 (0.006)	25.003 (0.001)	21.223 (0.002)
2	25.071 (0.001)	21.725 (0.002)	28.877 (4.337E-4)	26.394 (8.592E-4)
2.5	27.799 (6.064E-4)	24.704 (0.001)	31.153 (2.446E-4)	29.773 (4.454E-4)

ผลลัพธ์ของตารางที่ 72 และตารางที่ 73 เป็นการทดสอบเป็นการทดสอบของวิดีโอ NEWS frame number 140 ซึ่งได้พัฒนาการทดสอบเป็นการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยจะใช้ค่าของ $N_L = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_L = 10$ สัญลักษณ์ติดกัน 10 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวโดยทำการสลับลำดับทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS ผลลัพธ์ที่ได้นั้นประการแรกจะเห็นว่าค่า PSNR และ WER นั้นดีขึ้นกว่าการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูลและการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล เนื่องจากทั้งข้อมูลของ LFS และ HFS นั้นได้ทำการสลับลำดับข้อมูลทั้งหมด ทำให้ลดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกับแพ็คเกจของ LFS และ HFS ที่เกิดจากเหตุการณ์ของบล็อกเฟดดิ้งได้มากขึ้น จากการแก้ไขโดยการสลับลำดับข้อมูลทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS นั้นทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพได้ดีขึ้นและผลลัพธ์ประการที่สองนั้นเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบเกี่ยวกับการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผลลัพธ์ที่ได้คือค่า PSNR และค่า WER ของการทดสอบนี้มีค่าใกล้เคียงกันถึงแม้ว่าค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน (STPM) มีค่าไม่เท่ากันก็ตาม

ตารางที่ 74 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	21.234	19.002	25.987	23.887
	(0.002)	(0.003)	(8.996E-4)	(0.001)
2	25.527	23.786	29.087	27.724
	(9.546E-4)	(0.001)	(5.009E-4)	(8.096E-4)
2.5	27.962	26.531	31.241	29.845
	(5.442E-4)	(0.001)	(2.097E-4)	(4.133E-4)

ตารางที่ 75 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	21.242	19.024	25.999	23.891
	(0.002)	(0.003)	(0.001)	(0.001)
2	25.557	23.818	29.093	27.718
	(9.476E-4)	(0.001)	(4.988E-4)	(8.074E-4)
2.5	27.962	26.538	31.241	29.829
	(5.435E-4)	(0.001)	(2.097E-4)	(4.097E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 แสดงค่า PSNR และ ค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 74 และตารางที่ 75 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 72 และตารางที่ 73 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 32 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ทีแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 76 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลื่อนหายแบบนาคาгами-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.553 (0.002)	20.709 (0.003)	26.002 (8.334E-4)	24.283 (0.001)
2	25.907 (9.381E-4)	24.494 (0.001)	29.172 (4.352E-4)	27.951 (6.482E-4)
2.5	28.058 (6.366E-4)	26.625 (8.352E-4)	31.666 (1.983E-4)	29.856 (8.652E-4)

ตารางที่ 77 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.607	20.739	26.026	24.387
	(0.002)	(0.003)	(8.873E-4)	(0.001)
2	25.922	24.497	29.195	27.955
	(9.344E-4)	(0.0017)	(4.342E-4)	(6.483E-4)
2.5	28.045	26.635	31.672	29.854
	(6.383E-4)	(8.322E-4)	(1.975E-4)	(3.761E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 76 และตารางที่ 77 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 74 และตารางที่ 75 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 64 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการก็คือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่แพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

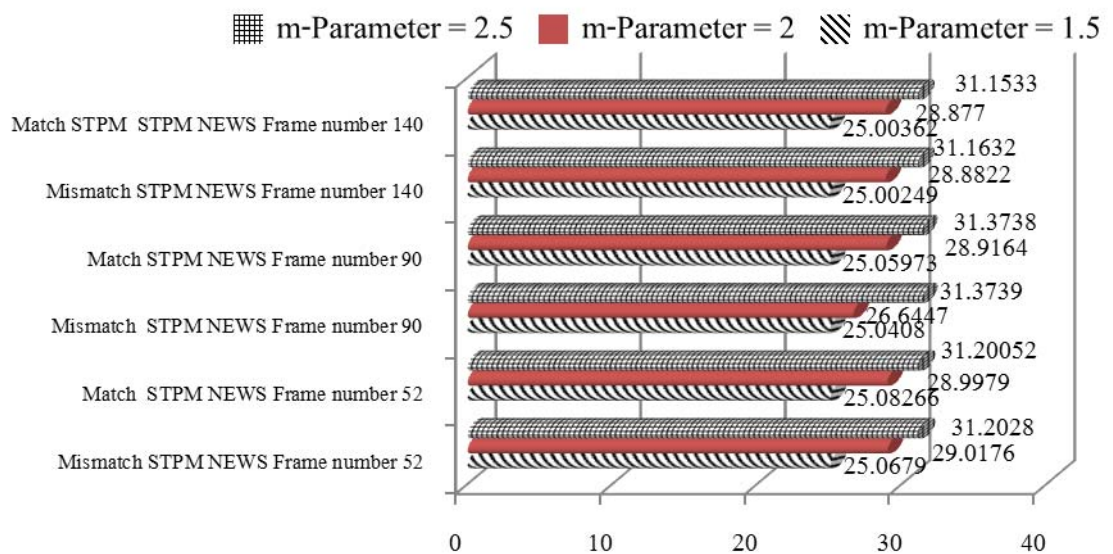
ตารางที่ 78 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาโม-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.788	20.833	26.254	24.381
	(0.002)	(0.003)	(9.099E-4)	(0.001)
2	26.007	24.994	29.582	28.157
	(0.001)	(0.002)	(3.921E-4)	(5.997E-4)
2.5	28.058	27.057	31.866	30.487
	(6.366E-4)	(8.169E-4)	(1.842E-4)	(3.324E-4)

ตารางที่ 79 ผลจากการทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาโม-เอ้ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.805	20.847	26.255	24.393
	(0.002)	(0.003)	(9.111E-4)	(0.001)
2	26.029	25.0135	29.624	28.159
	(0.001)	(0.001)	(3.866E-4)	(5.972E-4)
2.5	28.374	27.065	31.879	30.498
	(5.192E-4)	(8.108E-4)	(1.848E-4)	(3.309E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ NEWS frame number 140 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 78 และตารางที่ 79 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 76 และตารางที่ 77 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 128 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีทีเอบีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย เมื่อนำภาพของ NEWS frame number 140 มาเปรียบเทียบค่า PSNR และ WER ของการถอดรหัสวีทีเอบี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพซึ่งในที่นี้คือค่า PSNR และ ค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ค่าไหนก็ตามและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ทีแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีทีเอบีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจนดังภาพที่ 80



ภาพที่ 80

แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) วิดีโอ NEWS Frame 52, 90 และ 140 ทำการสลับลำดับข้อมูลที N_r เท่ากับ 32block fading= 3 $\overline{\gamma}_b$ =5 dB



ภาพที่ 81

ภาพ NEWS frame number 52 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 25.2745 dB
WER = 0.001201



ภาพที่ 82

ภาพ NEWS frame number 52 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 26.10209 dB
WER = 9.2335E-4



ภาพที่ 83 ภาพ NEWS frame number 52 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_x = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 26.2348 dB WER = 9.2827E-4



ภาพที่ 84 ภาพ NEWS frame number 52 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_x = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 26.13005 dB WER = 0.001151



ภาพที่ 85 ภาพ NEWS frame number 52 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 25.32403 dB WER = 0.001186



ภาพที่ 86 ภาพ NEWS frame number 52 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 26.09807 dB WER = 9.236E-4



ภาพที่ 87 ภาพ NEWS frame number 52 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_{\text{tr}}=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 26.10223 dB WER = 9.2118E-4



ภาพที่ 88 ภาพ NEWS frame number 52 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m=2$ $N_{\text{tr}}=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 26.1299 dB WER = 0.001148



ภาพที่ 89

ภาพ NEWS frame number 90 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีมีสแมช(STPM of Mismatched)ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 25.51079 dB
WER = 0.0011678



ภาพที่ 90

ภาพ NEWS frame number 90 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีมีสแมช(STPM of Mismatched)ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 25.90089 dB
WER = 0.00111249



ภาพที่ 91

ภาพ NEWS frame number 90 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีมีสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_e = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 25.921408 dB WER = 9.354E-4



ภาพที่ 92

ภาพ NEWS frame number 90 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีมีสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_e = 6$ (95) ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 26.10509 dB WER = 9.22075E-4



ภาพที่ 93 ภาพ NEWS frame number 90 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_r = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 25.59571 dB WER = 0.00114705



ภาพที่ 94 ภาพ NEWS frame number 90 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_r = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 25.8999 dB WER = 0.001109



ภาพที่ 95 ภาพ NEWS frame number 90 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่า ได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 25.93074 dB WER = 9.31245E-4



ภาพที่ 96 ภาพ NEWS frame number 90 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 26.10339 dB WER = 9.1673E-4



ภาพที่ 97 ภาพ NEWS frame number 140 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีมีสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 25.01661dB WER = 0.0012



ภาพที่ 98 ภาพ NEWS frame number 140 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีมีสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 25.5274 dB WER = 9.5496E-4



ภาพที่ 99

ภาพ NEWS frame number 140 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีมีสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_x = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 25.90718 dB WER = 9.381E-4



ภาพที่ 100

ภาพ NEWS frame number 140 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีมีสแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_x = 6$



ภาพที่ 101 ภาพ NEWS frame number 140 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 25.070178 dB WER = 0.0011867



ภาพที่ 102 ภาพ NEWS frame number 140 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 25.5572 dB WER = 9.476E-4



ภาพที่ 103 ภาพ NEWS frame number 140 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 25.9228 dB WER = 9.3445E-4



ภาพที่ 104 ภาพ NEWS frame number 140 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 26.0297 dB WER = 0.0011134

ตารางที่ 80 ผลจากการทดสอบวิธีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการ
 เลื่อนหาแบบนาคามี-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความ
 น่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับ
 ข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	19.667	16.426	24.503	21.275
	(0.005)	(0.009)	(0.002)	(0.004)
2	24.764	21.092	29.108	26.234
	(0.001)	(0.003)	(4.882E-4)	(0.001)
2.5	27.009	24.451	31.184	29.211
	(6.878E-4)	(0.001)	(2.253E-4)	(4.732E-4)

ตารางที่ 81 ผลจากการทดสอบวิธีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลื่อนหา
 แบบนาคามี-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่า
 เป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มี
 ขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	19.579	16.336	24.669	21.202
	(0.004)	(0.007)	(0.001)	(0.003)
2	24.519	21.115	28.949	25.948
	(0.001)	(0.003)	(5.029E-4)	(0.001)
2.5	26.781	24.197	31.161	28.975
	(7.503E-4)	(0.001)	(2.302E-4)	(5.032E-4)

ผลลัพธ์ของตารางที่ 80 และตารางที่ 81 เป็นการทดสอบเป็นการทดสอบของวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ซึ่งได้พัฒนาการทดสอบเป็นการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) โดยจะใช้ค่าของ $N_E = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_E = 10$ ก็จะมีสัญลักษณ์ติดกัน 10 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียว โดยทำการสลับลำดับทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS ผลลัพธ์ที่ได้ นั้นประการแรกจะเห็นว่าค่า PSNR และ WER นั้นดีขึ้นกว่าการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล เนื่องจากทั้งข้อมูลของ LFS และ HFS นั้นได้ทำการสลับลำดับข้อมูลทั้งหมด ทำให้ลดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกับแพ็คเกจของ LFS และ HFS ที่เกิดจากเหตุการณ์ของบล็อกเฟดดิ้งได้มากขึ้น จากการแก้ไขโดยการสลับลำดับข้อมูลทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS นั้นทำให้การถอดรหัสวีเทอรับีมีประสิทธิภาพได้ดีขึ้นและผลลัพธ์ประการที่สองนั้นเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบเกี่ยวกับการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ผลลัพธ์ที่ได้คือค่า PSNR และค่า WER ของการทดสอบนี้มีค่าใกล้เคียงกันถึงแม้ว่าค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน (STPM) มีค่าไม่เท่ากันก็ตาม

ตารางที่ 82 ผลจากการทดสอบวิธีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	21.157	19.034	25.246	23.603
	(0.003)	(0.005)	(0.001)	(0.002)
2	26.081	23.451	29.459	28.013
	(0.001)	(0.002)	(3.814E-4)	(6.582E-4)
2.5	28.568	26.645	31.181	30.304
	(5.341E-4)	(9.259E-4)	(2.044E-4)	(3.293E-4)

ตารางที่ 83 ผลจากการทดสอบวิธีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	21.085	18.974	25.553	23.716
	(0.002)	(0.004)	(0.001)	(0.001)
2	25.839	23.473	29.395	27.843
	(0.001)	(0.001)	(3.933E-4)	(6.745E-4)
2.5	28.381	26.455	31.108	30.215
	(5.746E-4)	(9.837E-4)	(2.091E-4)	(3.382E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 แสดงค่า PSNR และ ค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 82 และตารางที่ 83 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 80 และตารางที่ 81 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 32 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ทีแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 84 ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) (WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.667 (0.003)	21.272 (0.005)	25.779 (0.002)	24.598 (0.002)
2	26.275 (0.001)	24.686 (0.002)	29.197 (4.619E-4)	27.998 (8.184E-4)
2.5	28.164 (6.158E-4)	27.265 (0.001)	30.791 (2.506E-4)	29.774 (4.322E-4)

ตารางที่ 85 ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลื่อน
 หายแบบนาฬิกา-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความ
 น่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูล
 ที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.705 (0.002)	21.256 (0.004)	26.142 (0.001)	24.804 (0.003)
2	26.093 (0.001)	24.622 (0.003)	29.164 (4.687E-4)	27.984 (8.283E-4)
2.5	28.095 (6.196E-4)	27.237 (8.223E-4)	30.743 (2.532E-4)	29.765 (4.295E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการสลับลำดับข้อมูล
 ที่มีขนาดเท่ากับ 128 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 84 และตารางที่ 85 ซึ่งค่า
 ประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 82 และตารางที่ 83 ซึ่งผ่านการสลับ
 ลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 64 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่
 ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึง
 ทำให้การถอดรหัสวีเทอร์มีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่า
 ประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ทีแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึง
 ทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวี
 เทอร์มีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 86 ผลจากการทดสอบวิธีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-5}$)			
	$\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB		$\overline{\gamma_b} = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.178	20.919	25.969	24.445
	(0.003)	(0.004)	(0.001)	(0.002)
2	26.412	24.486	29.433	28.132
	(9.618E-4)	(0.001)	(3.246E-4)	(6.176E-4)
2.5	28.078	27.346	30.965	29.996
	(5.123E-4)	(8.063E-4)	(2.115E-4)	(3.293E-4)

ตารางที่ 87 ผลจากการทดสอบวิธีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-5}$)			
	$\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB		$\overline{\gamma_b} = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.206	20.971	26.388	24.731
	(0.002)	(0.003)	(9.939E-4)	(0.001)
2	26.368	24.891	29.315	28.057
	(9.949E-4)	(0.001)	(3.962E-4)	(6.218E-4)
2.5	28.061	27.283	30.946	30.011
	(5.118E-4)	(8.213E-4)	(2.124E-4)	(3.309E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 86 และตารางที่ 87 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 84 และตารางที่ 85 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 128 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย เมื่อนำภาพของ COASTGUARD frame number 40 มาเปรียบเทียบกับค่า PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพซึ่งในที่นี้คือค่า PSNR และ ค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ค่าไหนก็ตามและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ที่ถูกแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 88 ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลื่อนหายแบบนาคาгами-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	20.218 (0.005)	16.876 (0.009)	24.444 (0.002)	21.785 (0.004)
2	24.355 (0.002)	21.311 (0.003)	27.995 (0.001)	25.794 (0.001)
2.5	26.613 (0.001)	24.598 (0.002)	29.494 (7.981E-4)	28.363 (0.001)

ตารางที่ 89 ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	20.637 (0.003)	17.106 (0.006)	24.889 (0.001)	22.166 (0.003)
2	21.664 (0.003)	19.394 (0.004)	28.231 (9.937E-4)	26.135 (0.0144)
2.5	24.942 (0.001)	22.329 (4.213E-4)	29.593 (7.782E-4)	28.603 (9.561E-4)

ผลลัพธ์ของตารางที่ 88 และตารางที่ 89 เป็นการทดสอบเป็นการทดสอบของวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ซึ่งได้พัฒนาการทดสอบเป็นการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยจะใช้ค่าของ $N_s = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_s = 10$ ก็มีความหมายดังที่อธิบายเช่นเดียวกัน โดยทำการสลับลำดับทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS ผลลัพธ์ที่ได้นั้นประการแรกจะเห็นว่าค่า PSNR และ WER นั้นดีขึ้นกว่าการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูลและการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล เนื่องจากทั้งข้อมูลของ LFS และ HFS นั้นได้ทำการสลับลำดับข้อมูลทั้งหมด ทำให้ลดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกับแพ็คเกจของ LFS และ HFS ที่เกิดจากเหตุการณ์ของบล็อกเฟดดิ้งได้มากขึ้น จากการแก้ไขโดยการสลับลำดับข้อมูลทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS นั้นทำให้การถอดรหัสวีเทอรี่มีประสิทธิภาพได้ดีขึ้นและผลลัพธ์ประการที่สองนั้นเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบเกี่ยวกับ

การสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผลลัพธ์ที่ได้คือค่า PSNR และค่า WER ของการทดสอบนี้มีค่าใกล้เคียงกันถึงแม้ว่าค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน (STPM) มีค่าไม่เท่ากันก็ตาม

ตารางที่ 90 ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลื่อนหายแบบนาคาгами-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB		$\overline{\gamma_b} = 5$ dB	
	$N_R = 6$	$N_R = 10$	$N_R = 6$	$N_R = 10$
1.5	20.783 (0.003)	19.103 (0.005)	25.261 (0.001)	23.256 (0.002)
2	24.938 (0.001)	23.465 (0.002)	28.264 (9.73E-4)	27.232 (0.001)
2.5	26.227 (0.001)	25.785 (0.001)	29.557 (7.799E-4)	28.438 (0.001)

ตารางที่ 91 ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 5$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	21.211	19.422	25.693	23.646
	(0.002)	(0.004)	(0.001)	(0.002)
2	24.923	23.778	28.376	27.437
	(0.001)	(0.002)	(9.427E-4)	(0.001)
2.5	26.061	25.354	29.585	28.845
	(0.001)	(0.001)	(7.732E-4)	(8.775E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 แสดงค่า PSNR และ ค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 90 และตารางที่ 91 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 88 และตารางที่ 89 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 32 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ทีแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 92 ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.261	21.239	25.628	24.694
	(0.003)	(0.005)	(0.001)	(0.002)
2	25.871	24.364	28.159	27.214
	(0.001)	(0.002)	(0.001)	(0.001)
2.5	27.449	26.076	29.264	28.608
	(0.001)	(0.001)	(8.295E-4)	(0.001)

ตารางที่ 93 ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.617	21.486	25.836	24.906
	(0.003)	(0.004)	(0.001)	(0.002)
2	25.548	24.548	28.241	27.278
	(0.002)	(0.002)	(8.745E-4)	(0.001)
2.5	27.542	26.195	29.281	28.654
	(0.001)	(0.001)	(8.263E-4)	(8.175E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 92 และตารางที่ 93 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 90 และตารางที่ 91 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 64 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ทีแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

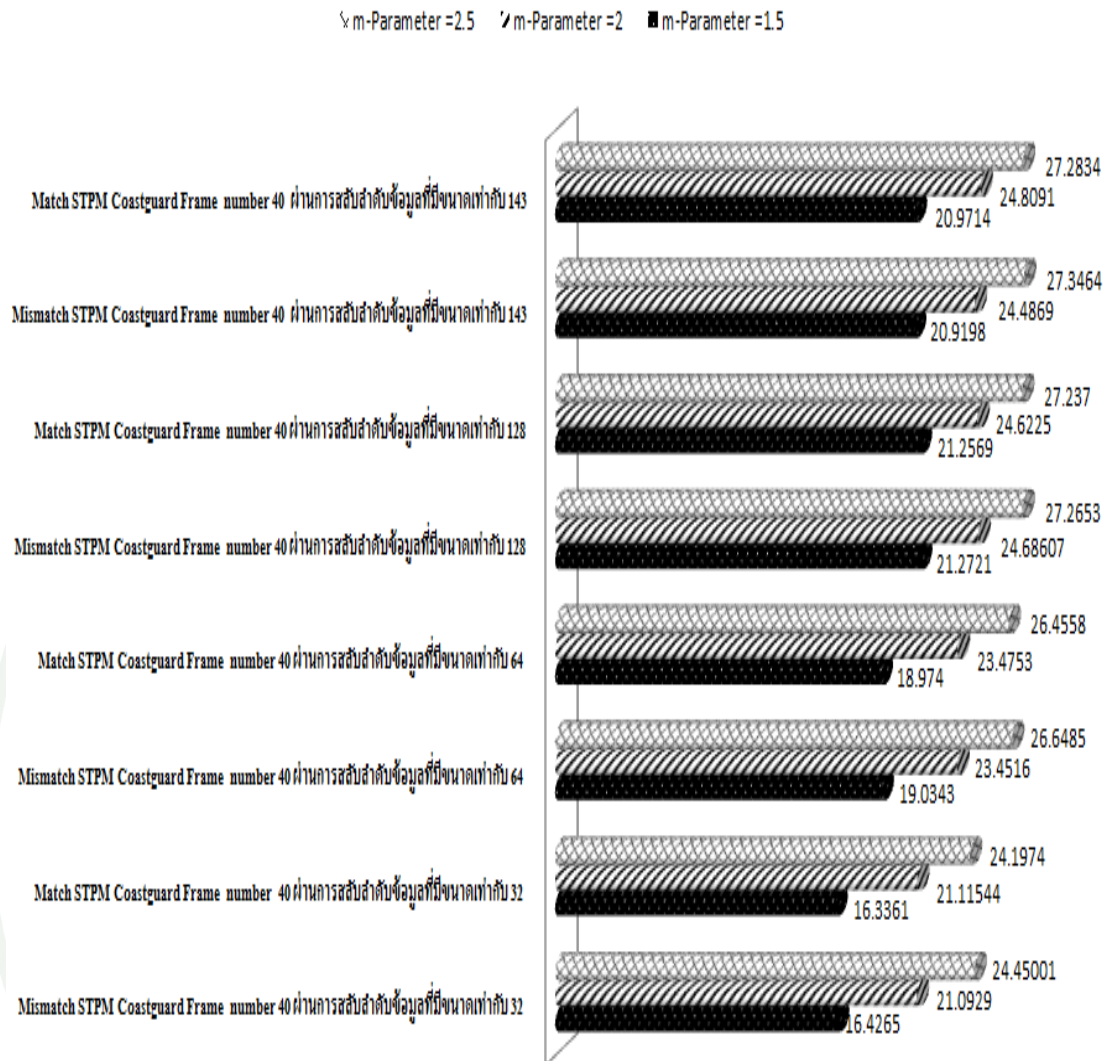
ตารางที่ 94 ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 5$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.687 (0.003)	20.569 (0.004)	25.718 (0.001)	24.586 (0.002)
2	25.867 (0.001)	24.539 (0.002)	28.1759 (0.001)	27.378 (0.001)
2.5	27.524 (0.001)	26.352 (0.001)	29.3019 (7.892E-4)	28.663 (9.245E-4)

ตารางที่ 95 ผลจากการทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.261 (0.003)	21.239 (0.005)	25.628 (0.001)	24.694 (0.002)
2	25.871 (0.001)	24.364 (0.002)	28.159 (0.001)	27.214 (0.001)
2.5	27.449 (0.001)	26.076 (0.001)	29.264 (8.201E-4)	28.686 (9.195E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ COASTGUARD frame number 55 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 94 และตารางที่ 95 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 92 และตารางที่ 93 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 128 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย เมื่อนำภาพของ COASTGUARD frame number 55 มาเปรียบเทียบกับค่า PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพซึ่งในที่นี้คือค่า PSNR และ ค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ค่าไหนก็ตาม และผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ที่แพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจนดังกราฟที่ 8



ภาพที่ 105

แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) และค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) วิดีโอ COASTGUARD frame number 40 ทำการสลับลำดับข้อมูลที N_R เท่ากับ 32,64,128 และ 143block fading= 5 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB



ภาพที่ 106 ภาพ Coastguard frame number 40 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 24.7645 dB WER = 0.0014939



ภาพที่ 107 ภาพ Coastguard frame number 40 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 26.081642 dB WER = 0.001047



ภาพที่ 108

ภาพ Coastguard frame number 40 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 26.2451 dB WER = 0.001142



ภาพที่ 109

ภาพ Coastguard frame number 40 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB $m=2$ $N_s=6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 26.4127 dB WER = 9.182E-4



ภาพที่ 110 ภาพ Coastguard frame number 40 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 24.51079 dB
WER = 0.0015914



ภาพที่ 111 ภาพ Coastguard frame number 40 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 25.8309 dB
WER = 0.0011231



ภาพที่ 112

ภาพ Coastguard frame number 40 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 26.0935 dB WER = 0.0012005



ภาพที่ 113

ภาพ Coastguard frame number 40 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 26.3684 dB WER = 3.9623E-4



ภาพที่ 114

ภาพ Coastguard frame number 55 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตสเมซ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 24.3553 dB WER = 0.002266



ภาพที่ 115

ภาพ Coastguard frame number 55 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตสเมซ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 24.9386 dB WER = 0.001749



ภาพที่ 116 ภาพ Coastguard frame number 55 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมชใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 25.8672 dB WER = 0.0018278



ภาพที่ 117 ภาพ Coastguard frame number 55 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมชใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 26.8711 dB WER = 0.0016686



ภาพที่ 118

ภาพ Coastguard frame number 55 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 24.6649 dB WER = 0.00306657



ภาพที่ 119

ภาพ Coastguard frame number 55 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 24.7785 dB WER = 0.002184



ภาพที่ 120

ภาพ Coastguard frame number 55 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_r = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 25.5484 dB WER = 0.002433



ภาพที่ 121

ภาพ Coastguard frame number 55 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_r = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 26.52311 dB WER = 0.0016348

ตารางที่ 96 ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนหาย
แบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็น
ของการส่งผ่านวิธีมีสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มี
ขนาดเท่า 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.983	18.614	29.211	24.247
	(0.002)	(0.005)	(0.001)	(0.002)
2	25.867	24.705	33.027	30.323
	(0.001)	(0.002)	(4.161E-4)	(3.312E-4)
2.5	31.464	28.819	34.636	33.485
	(6.276E-4)	(0.001)	(2.215E-4)	(3.673E-4)

ตารางที่ 97 ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนหาย
แบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็น
ของการส่งผ่านวิธีแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มี
ขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.855	18.575	29.075	24.098
	(0.003)	(0.006)	(0.001)	(0.002)
2	28.318	24.612	32.891	30.247
	(0.001)	(0.002)	(4.334E-4)	(8.824E-4)
2.5	31.398	28.709	34.619	33.404
	(6.401E-4)	(0.001)	(2.236E-4)	(3.821E-4)

ผลลัพธ์ของตารางที่ 96 และตารางที่ 97 เป็นการทดสอบเป็นการทดสอบของวิดีโอ AKIKO frame number 37 ซึ่งได้พัฒนาการทดสอบเป็นการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยจะใช้ค่าของ $N_s = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_s = 10$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 10 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวโดยทำการสลับลำดับทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS ผลลัพธ์ที่ได้นั้นประการแรกจะเห็นว่าค่า PSNR และ WER นั้นดีขึ้นกว่าการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล เนื่องจากทั้งข้อมูลของ LFS และ HFS นั้นได้ทำการสลับลำดับข้อมูลทั้งหมด ทำให้ลดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกับแพ็คเกจของ LFS และ HFS ที่เกิดจากเหตุการณ์ของบล็อกเฟดดิ้งได้มากขึ้น จากการแก้ไขโดยการสลับลำดับข้อมูลทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS นั้นทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพได้ดีขึ้นและผลลัพธ์ประการที่สองนั้นเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบเกี่ยวกับการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผลลัพธ์ที่ได้คือค่า PSNR และค่า WER ของการทดสอบนี้มีค่าใกล้เคียงกันถึงแม้ว่าค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน (STPM) มีค่าไม่เท่ากันก็ตาม

ตารางที่ 98 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีมีสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($\text{WER} \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	24.462 (0.002)	21.929 (0.003)	29.319 (8.447E-4)	28.403 (0.001)
2	29.578 (8.959E-4)	27.462 (0.001)	33.413 (3.515E-4)	32.159 (5.601E-4)
2.5	32.191 (4.805E-4)	29.463 (7.717E-4)	35.816 (1.982E-4)	34.069 (2.863E-4)

ตารางที่ 99 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($\text{WER} \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	24.411 (0.001)	21.854 (0.003)	29.201 (8.665E-4)	28.269 (0.001)
2	29.516 (9.451E-4)	27.376 (0.001)	33.352 (3.583E-4)	32.125 (5.664E-4)
2.5	32.117 (4.936E-4)	29.419 (7.816E-4)	35.816 (1.931E-4)	34.049 (2.884E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 แสดงค่า PSNR และ ค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 98 และตารางที่ 99 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 96 และตารางที่ 97 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 32 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ทีแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 100 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาอามิ- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีมีสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	26.185 (0.002)	25.347 (0.005)	29.784 (0.001)	28.636 (0.001)
2	29.398 (0.001)	28.362 (0.001)	33.125 (4.853E-4)	31.483 (8.153E-4)
2.5	32.819 (4.805E-4)	30.737 (7.717E-4)	34.472 (2.499E-4)	33.716 (4.178E-4)

ตารางที่ 101 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลื่อนหายแบบนาคาгами-เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	26.143 (0.002)	25.301 (0.003)	29.758 (0.001)	28.587 (0.001)
2	29.368 (0.001)	28.324 (0.001)	33.118 (4.888E-4)	31.478 (8.184E-4)
2.5	31.794 (5.864E-4)	30.731 (9.932E-4)	34.461 (2.516E-4)	33.713 (4.185E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 100 และตารางที่ 101 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 98 และตารางที่ 99 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 64 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่แพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 102 ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($\text{WER} \times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	26.666 (0.001)	24.388 (0.002)	30.541 (7.831E-4)	28.596 (0.001)
2	30.447 (8.219E-4)	28.754 (0.001)	33.383 (3.604E-4)	31.948 (5.477E-4)
2.5	32.482 (4.778E-4)	30.904 (7.028E-4)	34.987 (1.997E-4)	34.021 (3.115E-4)

ตารางที่ 103 ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($\text{WER} \times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	26.604 (0.001)	24.291 (0.002)	30.495 (8.014E-4)	28.572 (0.001)
2	30.418 (8.354E-4)	28.707 (0.001)	33.338 (3.624E-4)	31.908 (5.508E-4)
2.5	32.435 (4.826E-4)	30.886 (7.108E-4)	36.984 (2.008E-4)	34.024 (3.112E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 37 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 102 และตารางที่ 103 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 100 และตารางที่ 101 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 128 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย เมื่อนำภาพของ AKIKO frame number 37 มาเปรียบเทียบกับค่า PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพซึ่งในที่นี้คือค่า PSNR และ ค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ค่าไหนก็ตามและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ที่ถูกแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 104 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลื่อนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-5}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.625 (0.0034)	18.681 (0.006)	28.887 (0.001)	23.878 (0.002)
2	28.887 (0.001)	24.344 (0.002)	32.901 (4.855E-4)	30.646 (8.522E-4)
2.5	31.526 (6.331E-4)	28.334 (0.001)	34.797 (3.164E-4)	33.359 (4.072E-4)

ตารางที่ 105 ผลจากการทดสอบวิธี AKIKO frame number 80 ผ่านการเลื่อนหายแบบ นาคากามิ- เอ็ม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_x = 6$	$N_x = 10$	$N_x = 6$	$N_x = 10$
1.5	22.843 (0.003)	18.807 (0.005)	28.744 (0.001)	24.096 (0.002)
2	29.123 (0.001)	24.472 (0.002)	32.892 (4.865E-4)	30.882 (8.106E-4)
2.5	31.628 (6.127E-4)	28.524 (0.001)	34.453 (2.689E-4)	33.488 (3.857E-4)

ผลลัพธ์ของตารางที่ 104 และตารางที่ 105 เป็นการทดสอบเป็นการทดสอบของวิธีโอ AKIKO frame number 80 ซึ่งได้พัฒนาการทดสอบเป็นการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_x = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยจะใช้ค่าของ $N_x = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_x = 10$ ก็มีความหมายดังที่อธิบายเช่นเดียวกัน โดยทำการสลับลำดับทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS ผลลัพธ์ที่ได้นั้นประการแรกจะเห็นว่าค่า PSNR และ WER นั้นดีขึ้นกว่าการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูลและการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล เนื่องจากทั้งข้อมูลของ LFS และ HFS นั้นได้ทำการสลับลำดับข้อมูลทั้งหมด ทำให้ลดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกับแพ็คเกจของ LFS และ HFS ที่เกิดจากเหตุการณ์ของบล็อกเฟดดิ้งได้มากขึ้นจากการแก้ไขโดยการสลับลำดับข้อมูลทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS นั้นทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพได้ดีขึ้นและผลลัพธ์ประการที่สองนั้นเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบเกี่ยวกับการสลับ

ลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ผลลัพธ์ที่ได้คือค่า PSNR และค่า WER ของการทดสอบนี้มีค่าใกล้เคียงกันถึงแม้ว่าค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน (STPM) มีค่าไม่เท่ากันก็ตาม

ตารางที่ 106 ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลียนแบบแบบนาคาอามิ-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB		$\overline{\gamma_b} = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	24.217 (0.002)	21.712 (0.004)	29.456 (0.001)	28.191 (0.001)
2	29.487 (0.001)	27.042 (0.001)	33.048 (3.687E-4)	31.928 (6.227E-4)
2.5	31.968 (6.279E-4)	29.376 (8.946E-4)	34.453 (2.689E-4)	33.558 (4.242E-4)

ตารางที่ 107 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB		$\overline{\gamma_b} = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	24.543 (0.002)	22.312 (0.001)	29.282 (8.806E-4)	28.312 (0.001)
2	29.487 (0.001)	27.255 (0.001)	33.051 (3.684E-4)	31.683 (8.529E-4)
2.5	31.628 (6.127E-4)	29.4987 (8.464E-4)	34.614 (2.297E-4)	33.563 (4.235E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 แสดงค่า PSNR และ ค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 106 และตารางที่ 107 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 104 และตารางที่ 105 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 32 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ทีแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 108 ผลจากการทดสอบวิธีโอAKIKOframe number 80 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 5$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	26.237 (0.002)	24.987 (0.002)	29.881 (9.948E-4)	28.248 (0.001)
2	29.882 (9.994E-4)	28.532 (0.001)	33.206 (3.905E-4)	31.687 (8.504E-4)
2.5	32.116 (5.049E-4)	30.766 (0.001)	34.576 (2.325E-4)	33.768 (3.289E-4)

ตารางที่ 109 ผลจากการทดสอบวิธีโอAKIKOframe number 80 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	26.242 (0.002)	23.896 (0.003)	29.804 (0.001)	28.409 (0.001)
2	29.491 (0.001)	28.592 (0.001)	33.278 (3.788E-4)	31.997 (6.078E-4)
2.5	32.149 (5.271E-4)	30.774 (0.001)	34.714 (2.207E-4)	33.791 (3.209E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 108 และตารางที่ 109 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 106 และตารางที่ 107 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 64 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่แพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 110 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลียนแบบแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านวิธีมีสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-4}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	26.399 (0.001)	24.897 (0.003)	30.021 (8.989E-4)	28.303 (0.001)
2	30.023 (8.969E-4)	28.803 (0.001)	33.215 (4.352E-4)	31.576 (6.082E-4)
2.5	32.142 (5.267E-4)	30.942 (7.586E-4)	34.783 (2.075E-4)	33.797 (3.168E-4)

ตารางที่ 111 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 143 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB		$\overline{\gamma_b} = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	26.378 (0.001)	24.907 (0.003)	30.661 (8.944E-4)	28.689 (0.001)
2	30.234 (8.933E-4)	28.433 (0.001)	33.234 (4.344E-4)	31.412 (6.033E-4)
2.5	32.434 (5.234E-4)	30.431 (7.588E-4)	34.767 (2.447E-4)	33.787 (3.887E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 80 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 110 และตารางที่ 111 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 108 และตารางที่ 109 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 128 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย เมื่อนำภาพของ AKIKO frame number 80 มาเปรียบเทียบกับค่า PSNR และ WER ของการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพซึ่งในที่นี้คือค่า PSNR และ ค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ค่าไหนก็ตามและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ที่แพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 112 ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-5}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.901	18.519	29.099	24.032
	(0.003)	(0.006)	(0.001)	(0.002)
2	29.367	24.256	33.366	30.452
	(0.001)	(0.002)	(4.506E-4)	(8.318E-4)
2.5	31.586	29.277	34.548	33.089
	(5.993E-4)	(0.001)	(2.645E-4)	(3.929E-4)

ตารางที่ 113 ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาด เท่ากับ 32 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-5}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	22.923	18.531	29.126	24.046
	(0.002)	(0.006)	(0.001)	(0.002)
2	29.289	24.225	33.026	30.459
	(0.001)	(0.002)	(4.506E-4)	(8.297E-4)
2.5	31.598	29.297	34.548	33.098
	(5.979E-4)	(0.001)	(2.645E-4)	(3.881E-4)

ผลลัพธ์ของตารางที่ 112 และตารางที่ 113 เป็นการทดสอบเป็นการทดสอบของวิดีโอ AKIKO frame number 150 ซึ่งได้พัฒนาการทดสอบเป็นการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) โดยจะใช้ค่าของ $N_s = 6$ ซึ่งมีสัญลักษณ์ติดกัน 6 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวและ $N_s = 10$ ก็จะมีสัญลักษณ์ติดกัน 10 สัญลักษณ์กระทบกับค่าจาก α ค่าเดียวโดยทำการสลับลำดับทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS ผลลัพธ์ที่ได้นั้นประการแรกจะเห็นว่าค่า PSNR และ WER นั้นดีขึ้นกว่าการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) โดยไม่มีการสลับลำดับข้อมูล เนื่องจากทั้งข้อมูลของ LFS และ HFS นั้นได้ทำการสลับลำดับข้อมูลทั้งหมด ทำให้ลดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกับแพ็คเกจของ LFS และ HFS ที่เกิดจากเหตุการณ์ของบล็อกเฟดดิ้งได้มากขึ้น จากการแก้ไขโดยการสลับลำดับข้อมูลทั้งแพ็คเกจ LFS และ HFS นั้นทำให้การถอดรหัสวีเทอรับมีประสิทธิภาพได้ดีขึ้นและผลลัพธ์ประการที่สองนั้นเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบเกี่ยวกับการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่ใช้ขนาด $N_R = 32$ ของการการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) และการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ผลลัพธ์ที่ได้คือค่า PSNR และค่า WER ของการทดสอบนี้มีค่าใกล้เคียงกันถึงแม้ว่าค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน (STPM) มีค่าไม่เท่ากันก็ตาม

ตารางที่ 114 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนแบบ
แบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็น
ของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับ
ข้อมูลที่มีขนาดเท่า 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	23.989	22.063	29.435	27.946
	(0.002)	(0.003)	(7.989E-4)	(0.001)
2	29.625	27.106	33.245	31.985
	(8.429E-4)	(0.001)	(3.699E-4)	(5.682E-4)
2.5	31.904	29.704	34.569	33.464
	(6.777E-4)	(8.391E-4)	(2.043E-4)	(4.277E-4)

ตารางที่ 115 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนแบบ
แบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็น
ของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มี
ขนาดเท่ากับ 64 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	23.972	22.083	29.419	27.954
	(0.002)	(0.003)	(8.091E-4)	(0.001)
2	29.656	27.083	33.261	31.389
	(0.001)	(0.001)	(3.679E-4)	(6.058E-4)
2.5	31.904	29.699	34.569	33.464
	(6.784E-4)	(8.456E-4)	(2.043E-4)	(4.277E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number150 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 64 แสดงค่า PSNR และ ค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 114 และตารางที่ 115 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 112 และตารางที่ 113 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 32 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ทีแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

ตารางที่ 116 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 128 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	26.361 (0.002)	24.026 (0.002)	30.207 (0.001)	28.552 (0.001)
2	29.671 (0.001)	28.473 (0.001)	33.313 (4.148E-4)	31.657 (8.412E-4)
2.5	32.208 (4.763E-4)	30.879 (0.001)	34.895 (1.885E-4)	33.663 (2.962E-4)

ตารางที่ 117 ผลจากการทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 ที่ $\overline{\gamma_b} = 3.75$ และ 5 dB

m-Parameter	PSNR (dB) ($WER \times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma_b} = 3.75$ dB		$\overline{\gamma_b} = 5$ dB	
	$N_z = 6$	$N_z = 10$	$N_z = 6$	$N_z = 10$
1.5	26.327 (0.002)	23.987 (0.002)	30.187 (0.001)	28.554 (0.001)
2	29.661 (8.522E-4)	28.471 (0.001)	33.305 (4.11E-4)	31.653 (8.429E-4)
2.5	32.214 (4.789E-4)	30.878 (0.001)	34.901 (1.888E-4)	34.569 (2.0437E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 128 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 116 และตารางที่ 117 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 114 และตารางที่ 115 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 64 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีเทอร์มีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วยและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ที่แพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีเบอร์มีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน

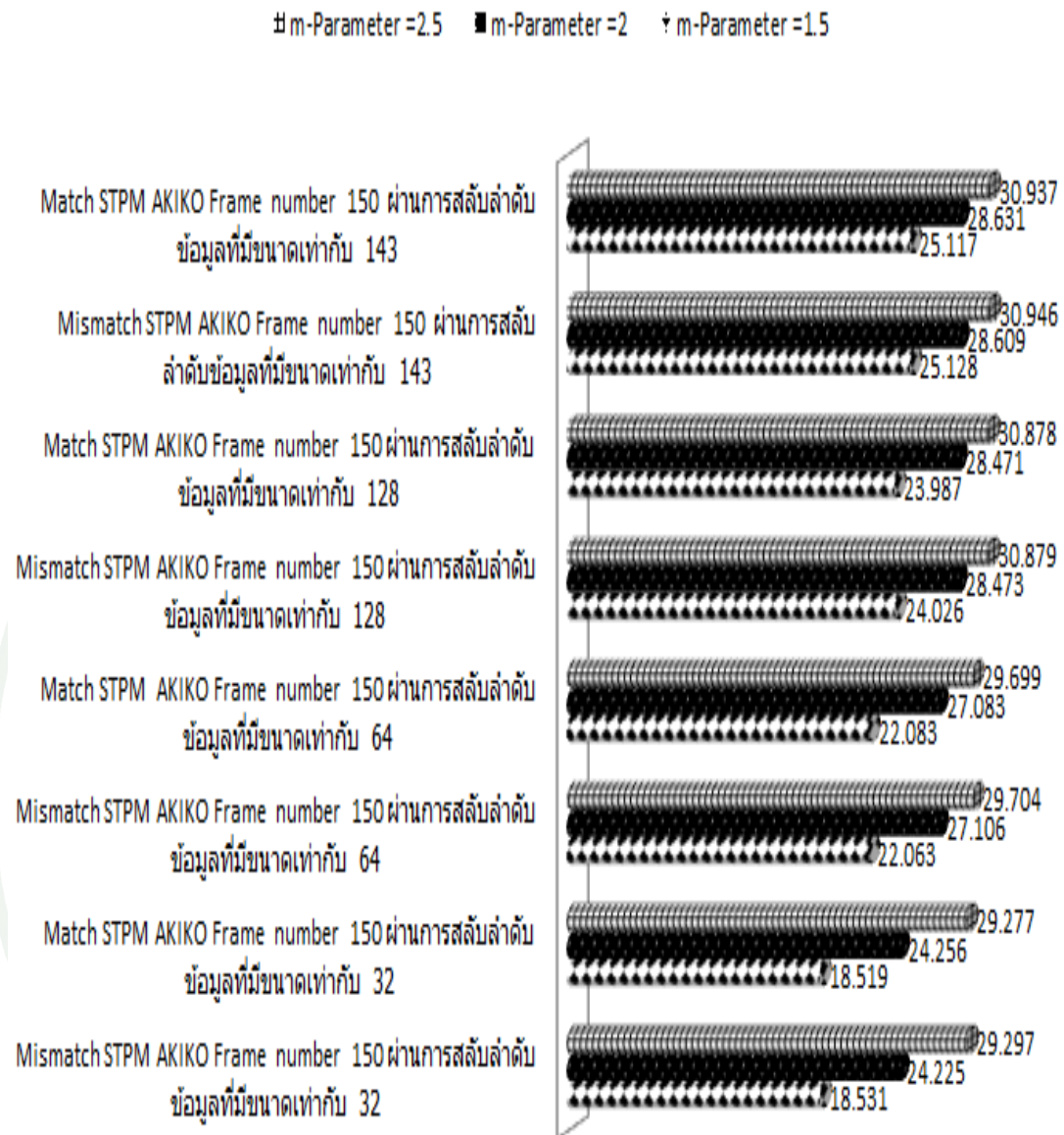
ตารางที่ 118 ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมีสแมช (STPM of Mismatched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่า 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	26.382	25.128	30.661	28.758
	(0.001)	(0.003)	(8.047E-4)	(0.001)
2	30.479	28.609	33.439	31.384
	(8.265E-4)	(0.001)	(3.435E-4)	(6.068E-4)
2.5	32.391	30.946	35.114	33.674
	(5.037E-4)	(7.408E-4)	(1.818E-4)	(3.068E-4)

ตารางที่ 119 ผลจากการทดสอบวิธีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการเลียนหายแบบนาคาгами-เอม ร่วมกับการตรวจจับวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ และ 5 dB

<i>m</i> -Parameter	PSNR (dB)			
	(WER $\times 10^{-3}$)			
	$\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB		$\overline{\gamma}_b = 5$ dB	
	$N_s = 6$	$N_s = 10$	$N_s = 6$	$N_s = 10$
1.5	26.361	25.117	30.648	28.731
	(0.001)	(0.003)	(8.11E-4)	(0.001)
2	30.456	28.631	33.417	31.977
	(8.318E-4)	(0.001)	(3.472E-4)	(5.712E-4)
2.5	32.385	30.937	35.114	34.623
	(5.077E-4)	(7.979E-4)	(1.818E-4)	(2.979E-4)

ผลลัพธ์การทดสอบวิดีโอ AKIKO frame number 150 ผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดเท่ากับ 143 แสดงค่า PSNR และค่า WER ให้เห็นดังตารางที่ 118 และตารางที่ 119 ซึ่งค่าประสิทธิภาพดังกล่าวนี้ดีกว่าค่าประสิทธิภาพของตารางที่ 116 และตารางที่ 117 ซึ่งผ่านการสลับลำดับข้อมูลที่มีขนาดแค่ 128 เพราะการสลับลำดับข้อมูลที่เพิ่มขึ้นสามารถลดการเกิดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องให้กับแพ็กเก็ต LFS และแพ็กเก็ต HFS ที่มีผลมาจากบล็อกเฟดดิ้งได้เพิ่มขึ้นและในที่สุดจึงทำให้การถอดรหัสวีทีเออร์บีมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย เมื่อนำภาพของ AKIKO frame number 150 มาเปรียบเทียบกับค่า PSNR และ WER ของการถอดรหัสวีที MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatched (STPM of Mismatched) และใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) มีแนวโน้มของค่าประสิทธิภาพซึ่งในที่นี้คือค่า PSNR และ ค่า WER เป็นไปในแนวทางเดียวกันไม่ว่าจะทดสอบด้วยค่าพารามิเตอร์ค่าไหนก็ตามและผลลัพธ์อีกประการคือสาเหตุที่ค่าประสิทธิภาพนั้นดีขึ้นเนื่องจากโครงสร้างหลักของภาพที่อยู่ทีแพ็กเก็ต LFS นั้นได้ถูกสลับไปด้วย จึงทำให้สามารถลดผลกระทบจากความผิดพลาดอย่างต่อเนื่องได้มาก จึงส่งผลให้การถอดรหัสแบบวีทีเออร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอย่างชัดเจน ดังภาพที่ 122 ซึ่งได้แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatched (STPM of Mismatched) และค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ matched (STPM of Matched) วิดีโอ AKIKO frame number 150 ทำการสลับลำดับข้อมูลที่ N_R เท่ากับ 32, 64, 128 และ 143 block fading = $5 \overline{\gamma}_b = 3.75$ dB



ภาพที่ 122

แสดงการเปรียบเทียบค่า PSNR ของเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ
 มิสแมช (STPM of Mismatched) และค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของ
 การส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) วิดีโอ AKIKO frame number 150 ทำ
 การสลับลำดับข้อมูลที N_R เท่ากับ 32, 64, 128 และ 143 block fading = 5
 $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB



ภาพที่ 123 ภาพ AKIKO frame number 37 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 28.47736 dB WER = 0.001195



ภาพที่ 124 ภาพ AKIKO frame number 37 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 29.3985 dB WER = 0.001086



ภาพที่ 125 ภาพ AKIKO frame number 37 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 29.5782 dB WER = 8.9599E-4



ภาพที่ 126 ภาพ AKIKO frame number 37 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 30.447 dB WER = 8.21908E-4



ภาพที่ 127

ภาพ AKIKO frame number 37 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_t = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 28.31807 dB WER = 0.001281



ภาพที่ 128

ภาพ AKIKO frame number 37 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_t = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 29.3688 dB WER = 0.001105



ภาพที่ 129 ภาพ AKIKO frame number 37 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR 29.5162 dB
WER = 9.4515E-4



ภาพที่ 130 ภาพ AKIKO frame number 37 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบ mismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 30.4186 dB
WER = 4.826E-4



ภาพที่ 131 ภาพ AKIKO frame number 80 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 28.8872 dB WER = 0.0012608



ภาพที่ 132 ภาพ AKIKO frame number 80 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 29.4879 dB WER = 0.0011204



ภาพที่ 133 ภาพ AKIKO frame number 80 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_r = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR 29.8821 dB WER = 9.431E-4



ภาพที่ 134 ภาพ AKIKO frame number 80 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_r = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 30.02381 dB WER = 8.969E-4



ภาพที่ 135 ภาพ AKIKO frame number 80 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_r = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 29.1232 dB WER = 0.001146



ภาพที่ 136 ภาพ AKIKO frame number 80 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_r = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 29.4873 dB WER = 0.001854



ภาพที่ 137 ภาพ AKIKO frame number 80 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_r = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 29.4919 dB WER = 0.0011183



ภาพที่ 138 ภาพ AKIKO frame number 80 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_r = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 30.0249 dB WER = 8.9831E-4



ภาพที่ 139 ภาพ AKIKO frame number 150 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_{\text{r}} = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 29.38099 dB WER = 0.00111



ภาพที่ 140 ภาพ AKIKO frame number 150 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_{\text{r}} = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 29.62598 dB WER = 8.429E-4



ภาพที่ 141 ภาพ AKIKO frame number 150 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 29.6705 dB WER = 0.001021



ภาพที่ 142 ภาพ AKIKO frame number 150 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมismatch (STPM of Mismatched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 30.4799 dB WER = 8.26013E-4



ภาพที่ 143 ภาพ AKIKO frame number 150 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_r = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 32 ได้ค่า PSNR = 29.3672 dB WER = 0.0011293



ภาพที่ 144 ภาพ AKIKO frame number 150 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_r = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 64 ได้ค่า PSNR = 29.65682 dB WER = 0.001025



ภาพที่ 145 ภาพ AKIKO frame number 150 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 128 ได้ค่า PSNR = 29.661504 dB WER = 8.5202E-4



ภาพที่ 146 ภาพ AKIKO frame number 150 ที่สร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) ที่ $\overline{\gamma}_b = 3.75$ dB $m = 2$ $N_s = 6$ ใช้การสลับลำดับข้อมูลที่กำหนดค่าได้ขนาด 143 ได้ค่า PSNR = 30.45623 dB WER = 8.31081E-4

วิจารณ์

1. จากการทดสอบการสร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสแบบ MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) และสร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) เมื่อได้เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพแล้ว ในที่นี้คือค่า PSNR และ ค่า WER นั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากและดูว่าประสิทธิภาพที่พัฒนานี้ไม่ได้แตกต่างกันสักเท่าไร ในอนาคตจึงควรหาวิธีที่จะทำให้ประสิทธิภาพที่ได้กลับมาใกล้เคียงกับภาพที่ได้จากวิธีโอจริงมากกว่านี้

2. จากการทดสอบการสร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสแบบ MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช (STPM of Matched) และสร้างกลับมาโดยใช้การสลับลำดับข้อมูลกับการถอดรหัสวิธี MAP โดยใช้ค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิสแมช (STPM of Mismatched) นั้นจะมีประสิทธิภาพที่ดีและแย่สลับกันเล็กน้อย ในกรณีที่สลับลำดับข้อมูลทุกแพ็กเก็ต อาจเนื่องมาจากหลังจากการสลับลำดับข้อมูลกลับ ทำให้ความน่าจะเป็นถูกเปลี่ยนไปจากเดิม จึงทำให้ค่าความน่าจะเป็นที่นำมาใช้กับการถอดรหัสวิธี MAP ไม่ได้ช่วยให้การถอดรหัสแม่นยำขึ้น แต่กลับทำให้เพี้ยนไปบางช่วงของการสลับข้อมูลกลับ

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. จากการทดสอบโดยประเมินประสิทธิภาพและวิเคราะห์ข้อมูลของเฟรมวิดีโอโดยใช้การถอดรหัสวิธี MAP แบบเมฆทดสอบการเลื่อนหายทางขนาดที่ถูกลดทอนด้วยตัวแปรสุ่มที่มีฟังก์ชันความหนาแน่นเป็นแบบนาคากามิ-เอ็มแบบไม่ได้สลับลำดับข้อมูลโดยทดสอบกับวิดีโอ Foreman เป็นอันดับแรกนั้น โดยที่วิธีการถอดรหัสวิธี MAP แบบเมฆคือการนำเมทริกซ์ความน่าจะเป็นแบบส่งผ่านของเฟรมรูปภาพนั้นมาคิดประกอบกับไม่ได้ทำการสลับลำดับข้อมูล จากผลการทดสอบจะเห็นว่ายังมีประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่เพราะว่ามีความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกันซึ่งเกิดมาจากบล็อกเฟดดิ้งสาเหตุดังกล่าวนี้ทำให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพในการถอดรหัสที่ลดลงตามไปด้วย ซึ่งในการทดสอบในข้อนี้ได้ทำการทดสอบในอีกหลายๆวิดีโอคือวิดีโอ AKIKO, วิดีโอ NEWS และวิดีโอ Coastguard เพื่อเปรียบเทียบว่าเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดสอบนั้นค่าประสิทธิภาพเป็นไปในแนวทางเดียวกัน

2. เมื่อประสิทธิภาพของการถอดรหัสวิธี MAP แบบเมฆนั้นยังมียังมีประสิทธิภาพที่ยังไม่ดีเท่าที่ควรเมื่อเทียบกับคุณภาพของวิดีโอต้นฉบับ จึงได้พัฒนาการทดสอบโดยประเมินประสิทธิภาพและวิเคราะห์ข้อมูลของเฟรมวิดีโอโดยใช้การถอดรหัสวิธี MAP แบบมิตเมฆทดสอบการเลื่อนหายทางขนาดที่ถูกลดทอนด้วยตัวแปรสุ่มที่มีฟังก์ชันความหนาแน่นเป็นแบบนาคากามิ-เอ็มแบบไม่ได้สลับลำดับข้อมูลซึ่งการถอดรหัสวิธี MAP แบบมิตเมฆก็คือการนำเมทริกซ์ความน่าจะเป็นแบบส่งผ่านของทั้งวิดีโอที่ทดสอบมาเฉลี่ย จากผลการทดสอบจะเห็นว่ายังมีค่าประสิทธิภาพที่ต่ำอยู่เพราะว่ามีความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกันซึ่งเกิดมาจากบล็อกเฟดดิ้งสาเหตุดังกล่าวนี้ทำให้การถอดรหัสแบบวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพในการถอดรหัสที่ลดลงตามไปด้วย ซึ่งในการทดสอบในข้อนี้ได้ทำการทดสอบในอีกหลายๆวิดีโอคือวิดีโอ Foreman, วิดีโอ AKIKO, วิดีโอ NEWS และวิดีโอ Coastguard เพื่อเปรียบเทียบว่าเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดสอบนั้นค่าประสิทธิภาพเป็นไปในแนวทางเดียวกัน แต่จากผลการทดสอบดังกล่าวกับพบว่าค่าประสิทธิภาพของเมทริกซ์ความน่าจะเป็นแบบส่งผ่านแบบเมฆและค่าประสิทธิภาพของเมทริกซ์ความน่าจะเป็นแบบส่งผ่านแบบมิตเมฆมีค่าประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันในทุกๆกรณี

3. จากการทดสอบข้างต้นดังกล่าวข้างต้นยังเกิดปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพที่ยังไม่ดีเท่าที่ควรเมื่อเทียบกับวิดีโอต้นฉบับ ดังนั้นจึงได้พัฒนาโดยใช้การถอดรหัสวิธี MAP แบบเมฆทดสอบ

สอบการเลื่อนหายทางขนาดที่ถูกลดทอนด้วยตัวแปรสุ่มที่มีฟังก์ชันความหนาแน่นเป็นแบบนาคาคามิ-เอ็มแบบสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดค่าได้ทั้งแปดเกิดซึ่งทำให้ลดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกับข้อมูลที่เกิดจากเหตุการณ์บล็อกเฟดดิ้งได้มากขึ้นและทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเมื่อเทียบกับประสิทธิภาพของวิดีโอต้นแบบ ในข้อนี้ได้ทำการทดสอบในอีกหลายๆวิดีโอคือ วิดีโอ Foreman, วิดีโอ AKIKO, วิดีโอ NEWS และวิดีโอ Coastguard เพื่อเปรียบเทียบว่าเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดสอบนั้นค่าประสิทธิภาพเป็นไปในแนวทางเดียวกัน

4. จากการทดสอบโดยประเมินประสิทธิภาพโดยใช้การถอดรหัสวิธี MAP แบบมิกซ์แมทซ์ทดสอบการเลื่อนหายทางขนาดที่ถูกลดทอนด้วยตัวแปรสุ่มที่มีฟังก์ชันความหนาแน่นเป็นแบบนาคาคามิ-เอ็มแบบสลับลำดับข้อมูลพบว่าค่าประสิทธิภาพที่ได้ดีขึ้นเมื่อเทียบกับค่าประสิทธิภาพของวิดีโอต้นฉบับเนื่องจากการลดความผิดพลาดที่ต่อเนื่องกับข้อมูลที่เกิดจากเหตุการณ์บล็อกเฟดดิ้งได้มากขึ้นและทำให้การถอดรหัสวีเทอร์บีมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นและอีกประการคือค่าประสิทธิภาพในวิธีนี้มีค่าใกล้เคียงกับค่าประสิทธิภาพของการถอดรหัสวิธี MAP แบบแมช ในข้อนี้ได้ทำการทดสอบในอีกหลายๆวิดีโอคือวิดีโอ Foreman, วิดีโอ AKIKO, วิดีโอ NEWS และวิดีโอ Coastguard เพื่อเปรียบเทียบว่าเมื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดสอบนั้นค่าประสิทธิภาพเป็นไปในแนวทางเดียวกัน

ข้อเสนอแนะ

1.ในการทำงานวิจัยครั้งนี้เป็นการแตกจำนวนภาพหรือจำนวนเฟรมโดยใช้โปรแกรม MATHLAB ในอนาคตควรจะพัฒนาโดยทำการเขียนด้วยโปรแกรม JAVA แทนโปรแกรม MATHLAB

2.ในการทำงานวิจัยนี้ได้นำแต่ละเฟรมของวิดีโอผ่านขั้นตอนในการทดสอบแบบวิธี Manual คือเมื่อนำเฟรมแต่ละเฟรมมาใส่ในโปรแกรม Netbean แล้วทำการใส่ค่าพารามิเตอร์ที่ได้มาจากการ Simulate แต่ละค่าเอง ซึ่งในอนาคตควรเขียนด้วยโปรแกรม JAVA โดยนำวิดีโอที่ใช้ในการทดสอบมาใส่และให้โปรแกรมสามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่อยู่ในวิดีโอเองและสุดท้ายจะได้ค่าประสิทธิภาพของวิดีโอที่ออกมาโดยไม่ต้องใส่ข้อมูลพารามิเตอร์แบบ Manual เหมือนในการทำการทดสอบในครั้งนี้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- Mahapakulchai, S. 2002 Performance evaluation of MAP decoding for MPEG-4 image transmission systems using ring convolutional trellis codes **Proceeding of the ISCIT2002**,12(1):49-52.
- Mahapakulchai, S and R, Van Dyck. 2004 Design of ring convolutional trellis codes for MAP decoding of MPEG-4 images, **IEEE Transaction Communication** 2004,5:109-113.
- Mahapakulchai, S. W, Tumchat.P, and Intasuk. 2011 Performance Evaluation of MPEG-4 Image Transmission Systems over Short-Term Block-Fading Channels **Proceeding of the ECTI-2011**,7(8): 276-279.
- Mahapakulchai, S. and D, Parnnark. 2013 Study on Mismatched Source Transition Probability Matrix using in MAP Source-Controlled Channel Decoding for MPEG-4 Video Sequence Wireless Transmission Systems **Proceeding of the ISCIT2002**,5(2):56-60.
- Mahapakulchai, S. and I, Sapasirisopon. 2008 MAP Decoding with Random Interleavers for MPEG-4 Image over Wireless Transmission System. **Proceeding of the ECTI2008**, 6(1): 409-412.
- Mahapakulchai, S. and S, Hasajitto. 2009 Adaptive MAP source-controlled channel decoding for MPEG-4 imagery wireless transmission systems, **Proceeding of the ISCIT2009**,8(1): 1274-1279.
- Norman, C. and C, Christine. 2005 Efficient Nakagami- m Fading Channel Simulation **IEEE Transaction on Vehicular Technology**,54(3):2-4.

Shapiro,M. 1993 Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients.

IEEE Transition on Vehicular Technology,41(3):3445

Anil K. Jain. *Fundamentals of digital image processing* 1998. **Prentice hall**; 1998. pp. 59

T.M Cover and J.A.Thomas, *Elements of Information Theory*. **Wiley**, 1991

Sklar, B. 2001. Digital communications : **Fundamentals and applications**. 2 ed. Prentice-Hall International, Upper Saddle River, NJ.

Couch, L.W. 2007. **Digital and Analog Communication System**. 7 ed. Prentice Hall, Upper Saddle, NJ.

Forney, G.D. 1971. Burst-Correcting Codes for the Classic Burst-Correcting Codes for the Classic Bursty Channel. **IEEE Trans. Comm.** 19(5): 772-781

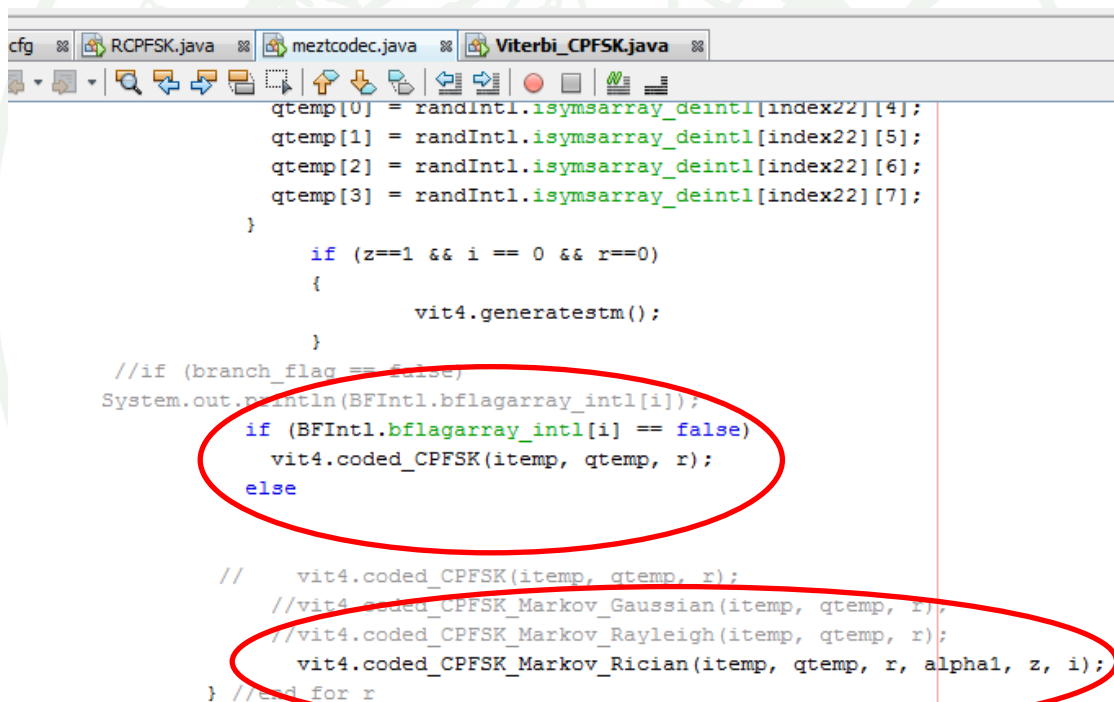
Van Dyck,R.E. 2000. MPEG-4 image transmission using MAP source-controlled channel Decoding. **IEEE Journal on Selected Areas in Communications** 6(18): 1087-1098

Viterbi, A.J. 1967. Error Bounds for Convolutional Codes and Asymptotically Optimum Decoding Algorithm. **IEEE Trans. Inform. Theory** 2 4(13): 260-269.

ภาคผนวก

- 1 การป้อนค่าที่เกี่ยวข้องเนื่องในการทดลองเกี่ยวกับการทดสอบค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมชและต้องการทดสอบค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช

1.1 กำหนดการทดสอบเมื่อต้องการทดสอบค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมชและต้องการทดสอบค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบแมช โดยเข้าไปที่ meztcodec.java และเปิดคำสั่งดังวงกลมที่แสดง



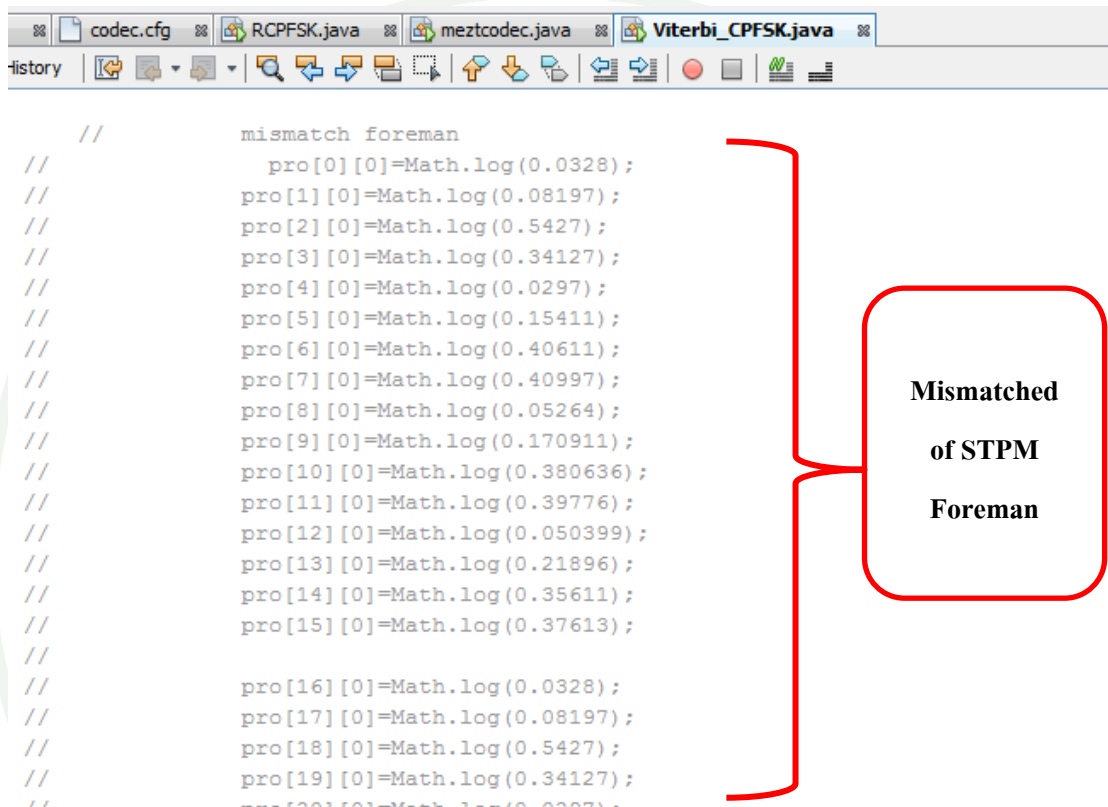
```

cfg  RCPFSK.java  meztcodec.java  Viterbi_CPFSK.java
qtemp[0] = randInt1.isymsarray_deintl[index22][4];
qtemp[1] = randInt1.isymsarray_deintl[index22][5];
qtemp[2] = randInt1.isymsarray_deintl[index22][6];
qtemp[3] = randInt1.isymsarray_deintl[index22][7];
}
    if (z==1 && i == 0 && r==0)
    {
        vit4.generatestm();
    }
//if (branch_flag == false)
System.out.println(BFIntl.bflagarray_intl[i]);
    if (BFIntl.bflagarray_intl[i] == false)
        vit4.coded_CPFSK(itemp, qtemp, r);
    else

//    vit4.coded_CPFSK(itemp, qtemp, r);
//vit4.coded_CPFSK_Markov_Gaussian(itemp, qtemp, r);
//vit4.coded_CPFSK_Markov_Rayleigh(itemp, qtemp, r);
    vit4.coded_CPFSK_Markov_Rician(itemp, qtemp, r, alpha1, z, i);
} //end for r

```

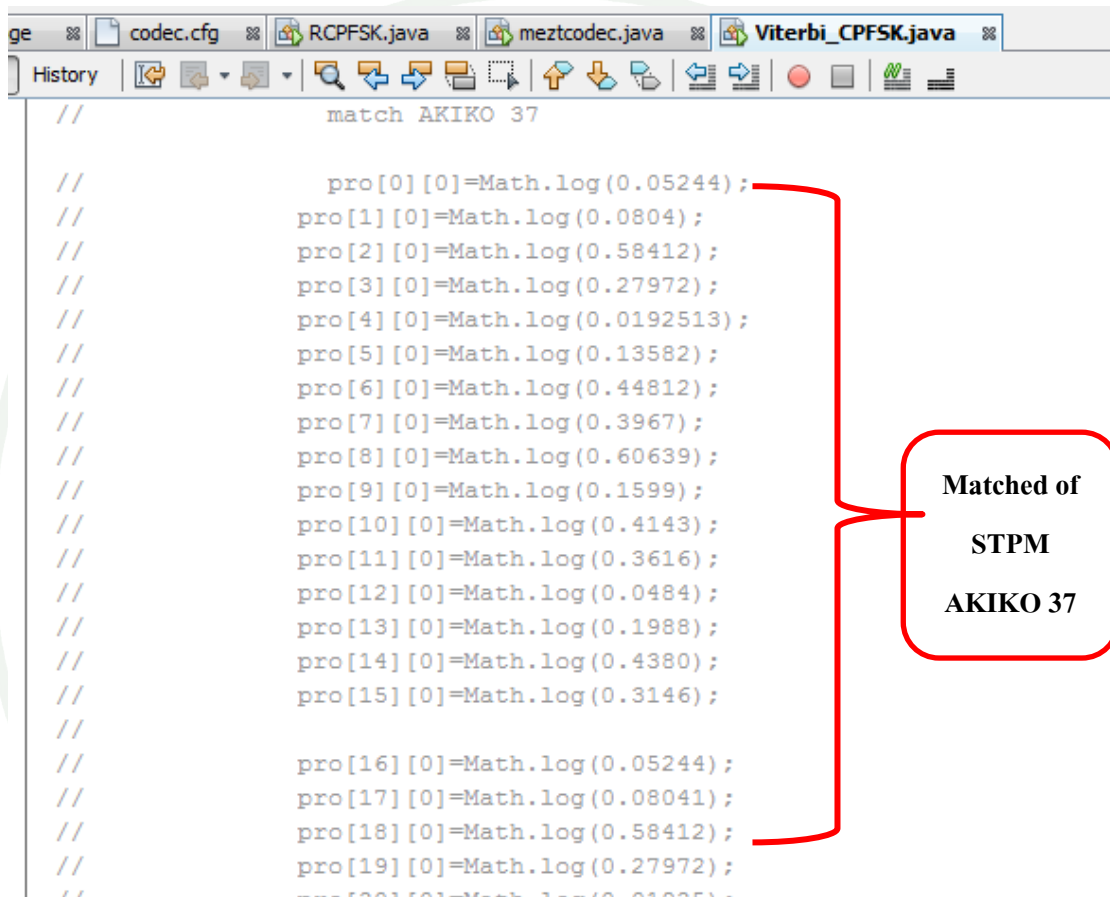
1.2 กำหนดค่าการทดสอบค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมช โดยเข้าไปที่ Viterbi_CPFSK.java และเปิดคำสั่งดังวงกลมที่แสดง ยกตัวอย่างเช่นเมื่อต้องการทดสอบค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมชของ Foreman โดยเปิดคำสั่งตั้งแต่ pro[0][0] ถึง pro[31][0]



```
// mismatch foreman
//      pro[0][0]=Math.log(0.0328);
//      pro[1][0]=Math.log(0.08197);
//      pro[2][0]=Math.log(0.5427);
//      pro[3][0]=Math.log(0.34127);
//      pro[4][0]=Math.log(0.0297);
//      pro[5][0]=Math.log(0.15411);
//      pro[6][0]=Math.log(0.40611);
//      pro[7][0]=Math.log(0.40997);
//      pro[8][0]=Math.log(0.05264);
//      pro[9][0]=Math.log(0.170911);
//      pro[10][0]=Math.log(0.380636);
//      pro[11][0]=Math.log(0.39776);
//      pro[12][0]=Math.log(0.050399);
//      pro[13][0]=Math.log(0.21896);
//      pro[14][0]=Math.log(0.35611);
//      pro[15][0]=Math.log(0.37613);
//
//      pro[16][0]=Math.log(0.0328);
//      pro[17][0]=Math.log(0.08197);
//      pro[18][0]=Math.log(0.5427);
//      pro[19][0]=Math.log(0.34127);
//      pro[20][0]=Math.log(0.0297);
```

**Mismatched
of STPM
Foreman**

1.3 กำหนดค่าการทดสอบค่าเมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบเมฆ โดยเข้าไปที่ Viterbi_CPFSK.java และเปิดคำสั่งดังวงกลมที่แสดง ยกตัวอย่างเช่นเมื่อต้องการทดสอบค่า เมตริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านแบบมิตแมชของ Foreman โดยเปิดคำสั่งตั้งแต่ pro[0][0] ถึง pro[31][0]

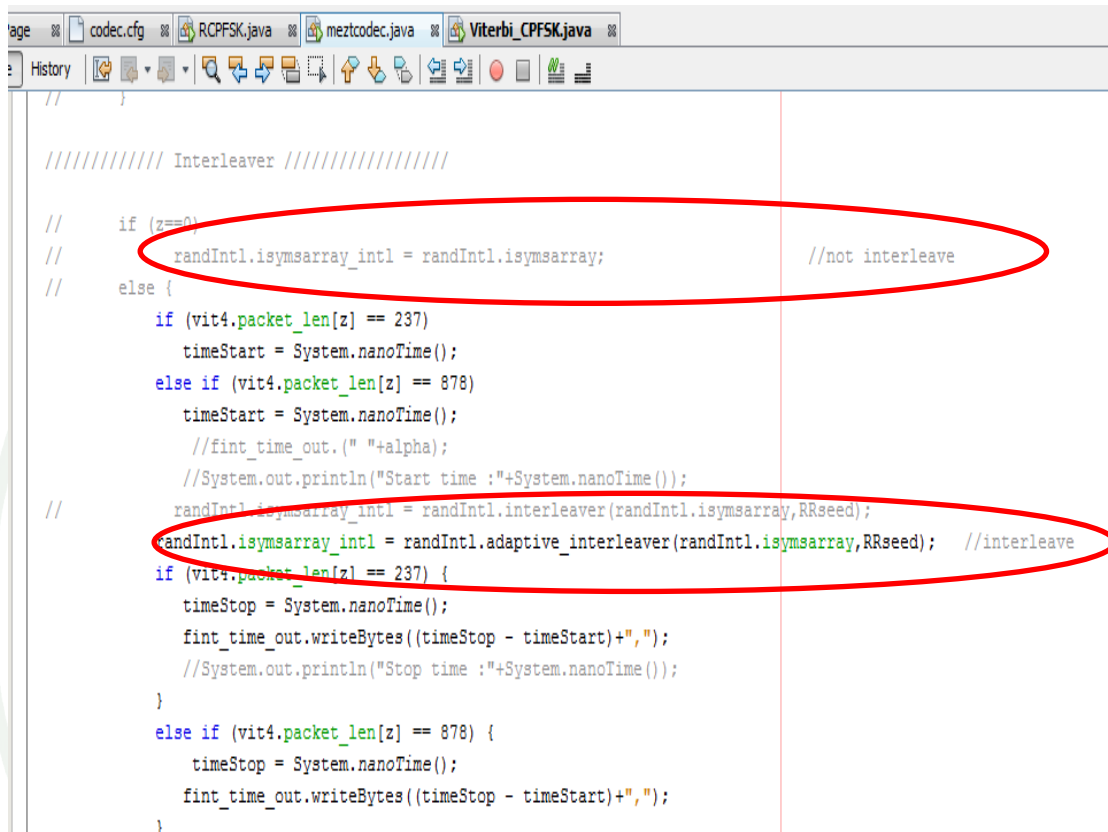


```
// match AKIKO 37

//
//      pro[0][0]=Math.log(0.05244);
//      pro[1][0]=Math.log(0.0804);
//      pro[2][0]=Math.log(0.58412);
//      pro[3][0]=Math.log(0.27972);
//      pro[4][0]=Math.log(0.0192513);
//      pro[5][0]=Math.log(0.13582);
//      pro[6][0]=Math.log(0.44812);
//      pro[7][0]=Math.log(0.3967);
//      pro[8][0]=Math.log(0.60639);
//      pro[9][0]=Math.log(0.1599);
//      pro[10][0]=Math.log(0.4143);
//      pro[11][0]=Math.log(0.3616);
//      pro[12][0]=Math.log(0.0484);
//      pro[13][0]=Math.log(0.1988);
//      pro[14][0]=Math.log(0.4380);
//      pro[15][0]=Math.log(0.3146);
//
//      pro[16][0]=Math.log(0.05244);
//      pro[17][0]=Math.log(0.08041);
//      pro[18][0]=Math.log(0.58412);
//      pro[19][0]=Math.log(0.27972);
//      pro[20][0]=Math.log(0.0192513);
//      pro[21][0]=Math.log(0.13582);
//      pro[22][0]=Math.log(0.44812);
//      pro[23][0]=Math.log(0.3967);
//      pro[24][0]=Math.log(0.60639);
//      pro[25][0]=Math.log(0.1599);
//      pro[26][0]=Math.log(0.4143);
//      pro[27][0]=Math.log(0.3616);
//      pro[28][0]=Math.log(0.0484);
//      pro[29][0]=Math.log(0.1988);
//      pro[30][0]=Math.log(0.4380);
//      pro[31][0]=Math.log(0.3146);
//
```

**Matched of
STPM
AKIKO 37**

1.4 การทดสอบการสลับลำดับแบบสลับ (Interleave) โดยไปที่ meztcodec.java ปิดคำสั่งที่
ทำ randIntl.isymsarray_intl = randIntl.isymsarray; และ เปิดคำสั่ง randIntl.isymsarray_intl =
randIntl.adaptive_interleaver(randIntl.isymsarray,RRseed);



```
//
//
////////// Interleaver //////////
//
// if (z==0)
//     randIntl.isymsarray_intl = randIntl.isymsarray;           //not interleave
//
// else {
//     if (vit4.packet_len[z] == 237)
//         timeStart = System.nanoTime();
//     else if (vit4.packet_len[z] == 878)
//         timeStart = System.nanoTime();
//         //fint_time_out.(" "+alpha);
//         //System.out.println("Start time :"+System.nanoTime());
//
//     randIntl.isymsarray_intl = randIntl.interleaver(randIntl.isymsarray,RRseed);
//     randIntl.isymsarray_intl = randIntl.adaptive_interleaver(randIntl.isymsarray,RRseed); //interleave
//     if (vit4.packet_len[z] == 237) {
//         timeStop = System.nanoTime();
//         fint_time_out.writeBytes((timeStop - timeStart)+",");
//         //System.out.println("Stop time :"+System.nanoTime());
//     }
//     else if (vit4.packet_len[z] == 878) {
//         timeStop = System.nanoTime();
//         fint_time_out.writeBytes((timeStop - timeStart)+",");
//     }
// }
```

1.5 การทดสอบการสลับลำดับกลับแบบสลับ (Deinterleave) โดยไปที่ meztcodec.java ปิดคำสั่งที่ `randIntl.isymsarray_deintl = randIntl.isymsarray_intl2;` และเปิดคำสั่ง `randIntl.isymsarray_deintl = randIntl.adaptive_deinterleaver(randIntl.isymsarray_intl2);`

```

////////// Deinterleaver //////////

// if (z==0)
//     randIntl.isymsarray_deintl = randIntl.isymsarray_intl2; //not deinterleave
// else
//     if (vit4.packet_len[z] == 237)
//         timeStart = System.nanoTime();
//     else if (vit4.packet_len[z] == 878)
//         timeStart = System.nanoTime();
//     randIntl.isymsarray_deintl = randIntl.deinterleaver(randIntl.isymsarray_intl2);
//     randIntl.isymsarray_deintl = randIntl.adaptive_deinterleaver(randIntl.isymsarray_intl2); //deinterleave
//     if (vit4.packet_len[z] == 237) {
//         timeStop = System.nanoTime();
//         fint_time_out.writeBytes((timeStop - timeStart)+"\n");
//         //System.out.println("Stop time :"+System.nanoTime());
//     }
//     else if (vit4.packet_len[z] == 878) {
//         timeStop = System.nanoTime();
//         fint_time_out.writeBytes((timeStop - timeStart)+"\n");
//     }

```

1.6 การกำหนดค่า Block-fading โดยไปที่ meztcodec.java และกำหนดค่าเป็น 32, 64, 128 และ 143 ที่คำสั่ง `ARanIntMAP randIntl = new ARanIntMAP(packetsize[z]*2,143);`

```

if (remain == 0)
    packetsize[z] = vit4.packet_len[z]/2;
else
    packetsize[z] = (vit4.packet_len[z]+1)/2;

System.out.println(packetsize[z]);

NewrandomMAP randIntl = new NewrandomMAP(packetsize[z]*2); //crea
NewrandomMAP BFinIntl = new NewrandomMAP(packetsize[z]*2);
//++Interleaver Declaration
ARanIntMAP randIntl = new ARanIntMAP(packetsize[z]*2, 143);
ARanIntMAP BFinIntl = new ARanIntMAP(packetsize[z]*2, packetsize[z]*2);

```

ผลงานตีพิมพ์

การประเมินประสิทธิภาพของระบบการส่งลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดค่าได้ด้วยการถอดรหัสแบบแมป สำหรับระบบสื่อสารข้อมูลวีดีโอ

Performance Evaluation of Reconfigurable Random Interleavers with MAP Decoding for Video Sequence Transmission Systems

ดวงใจ ปานนาค และ ศรัจจิรา เจริญลาคนพรัตน์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์: 0-2797-0999

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของบทความนี้คือการประเมินประสิทธิภาพของระบบการส่งลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดค่าได้ ระบบจะประเมินประสิทธิภาพโดยนำวิธีโอโมมาหาค่าเมทริกซ์ความน่าจะเป็นในการส่งผ่าน(STPM) เพื่อการถอดรหัสแบบ Maximum a Posteriori (MAP) ซึ่งได้ทำการศึกษาและสรุปผลการทดลอง มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ นำวิธีโอ "foreman" แยกเป็นรูปทั้งหมด 300 รูป ทำการถอดรหัสแบบ MAP โดยแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธี Match คำนวณจาก STPM ของแต่ละรูป และวิธี Mismatch คำนวณจาก STPM เฉลี่ยทั้งหมด 300 รูป ทดสอบการเลือกหนทางขนาดที่ถูกลดทอนด้วยตัวแปรสุ่มที่มีฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบ นากากามิ-เอม โดยมีค่า m ที่สนใจอยู่ที่ $m = 1.5, 2.0$ และ 2.5 ภายในช่วงอัตราส่วนระหว่างกำลังส่งของสัญญาณและสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณเฉลี่ย, $\overline{\gamma}_s$ เท่ากับ 3.75 และ 5 dB สลับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาด N_s เท่ากับ $32, 64, 128, 143$ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าอัตราส่วนกำลังส่งสูงสุดของข้อมูลต่อกำลังของสัญญาณรบกวน(PSNR) ของระบบการส่งลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดค่าได้โดยใช้การถอดรหัสแบบ MAP วิธี Mismatch เมื่อปรับปรุงมีผลต่างประมาณ 6.926 dB และการถอดรหัสแบบ MAP วิธี Match เมื่อปรับปรุงมีผลต่างประมาณ 7.758 dB โดยผลทั้ง 2 ค่าเทียบกับการถอดรหัสแบบ MAP วิธี Mismatch และวิธี Match ที่ไม่ได้สลับลำดับข้อมูล

คำสำคัญ: ระบบการส่งข้อมูลวีดีโอและภาพ, การสลับลำดับข้อมูล และ ช่องสัญญาณไร้สายแบบ นากากามิ-เอม

Abstract

The goal of this paper is to evaluate the performance of our designed reconfigurable random interleavers. The system performance for video input with the matched and mismatched STPM in MAP decoding is previously studied and summarized. Here, we extract the video input "foreman" into 300 frame images. We compute the matched STPM from each frame image. The average of those STPM is used as

the mismatched STPM in MAP decoding. The simulation is done over Nakagami- m block fading channels with $m = 1.5, 2$ and 2.5 . By varying the interleaver's size, N_s of 32, 64, 128 and 143, we obtain the system performance at signal to noise ratio, $\overline{\gamma}_s = 3.75$ and 5 dB. By using MAP decoding with mismatched STPM, we obtain the significant improvement of PSNR about 6.926 dB by applying the interleaver compare with non-interleaver. Moreover, for MAP decoding with matched STPM, we gain PSNR about 7.758 dB for using the interleaver compared with non-interleaver.

Keywords: Video and image transmission system, Interleaver, Nakagami- m fading channels.

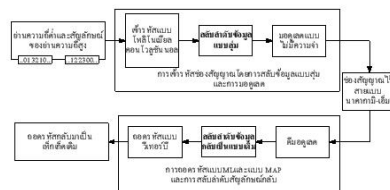
1. บทนำ

ระบบการสื่อสารข้อมูลภาพแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ 1.การจำลองเข้ารหัสและถอดรหัสข้อมูลภาพ 2.การจำลองเข้ารหัสและถอดรหัสช่องสัญญาณ 3.การจำลองช่องสัญญาณไร้สาย [1] และ [2] ได้ทำการออกแบบระบบสื่อสารข้อมูลภาพบนช่องสัญญาณไร้สาย เป็นข้อมูลภาพแบบ MPEG-4 ต่อมาได้ออกแบบระบบส่งสัญญาณภาพโดยนำตัวถอดรหัสแบบ MAP เข้ามาใช้กับระบบส่งข้อมูลภาพโดยนำการสลับข้อมูลแบบสุ่มเข้ามาช่วยแก้ปัญหาความคิดพลาดแบบต่อเนื่องจากนั้น [3] ได้มีการศึกษา ค้นคว้า รูปภาพหลายรูปแบบและนำเอาช่องสัญญาณแบบนากากามิ-เอม มาใช้เพื่อให้ช่องสัญญาณที่จำลองมีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมความเป็นจริงมากขึ้น โดยบทความนี้ได้พัฒนาต่อเนื่องมาจากบทความ [4] ซึ่งเป็นการถอดรหัสแบบ MAP ที่ไม่สลับลำดับข้อมูล

2. ระบบสื่อสารข้อมูลภาพบนช่องสัญญาณไร้สาย

การเข้ารหัสรูปภาพแบบ MPEG-4 [5] และ [6] ประกอบด้วยย่านความถี่ต่ำ (Lowest Frequency Subband-LFS) และ ย่านความถี่สูง (Higher Frequency Subband-HFS) ที่มีขนาดไม่เท่ากันถูกส่งไปยังระบบรับ-ส่งข้อมูลภาพ MPEG-4 แบบ ไร้สายภายในอาคารหลังจากได้รับลำดับของสัญลักษณ์ Zero tree [7] การเข้ารหัสแหล่งข้อมูล MPEG-4 มีโมดูล

ข้อมูลแบบมาร์คอฟลำดับแรก (First order Markov chain) เพื่อนำมาสร้าง STPM สำหรับใช้ในการถอดรหัสแบบ MAP การออกแบบระบบส่งรูปภาพแบบ MPEG-4 ส่วนของภาคส่งนั้นจะเข้ารหัสแบบโพลิโนเมียลคอนไวจันนอลและมอดูเลตแบบ CPFSK (Continuous Phase Frequency Shift Keying) สัญญาณที่เข้ารหัสแล้วจะถูกส่งไปยังตัวส่งลำดับข้อมูลแบบทุ่มที่กำหนดขนาดได้ และแมปไปยังช่องสัญญาณไร้สายแบบนาคากามิ-เอม ส่วนของภาครับจะมีการถอดรหัสแบบ MAP ประกอบด้วยการดีมอดูเลตและสลับลำดับข้อมูลกลับมีการถอดรหัสแบบวิเทอร์บีเพื่อได้รูปที่สร้างกลับมาใหม่ รายละเอียดดังรูปที่ 1



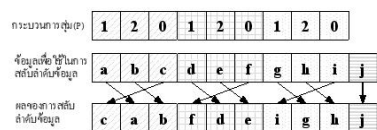
รูปที่ 1 โครงสร้างระบบรับ-ส่งข้อมูลรูปภาพ MPEG-4

3. การปรับปรุงระบบส่งข้อมูลภาพของสัญญาณไร้สายโดยวิธีการสลับลำดับข้อมูลแบบทุ่มที่กำหนดขนาดได้

การสลับลำดับข้อมูลแบบทุ่มนั้นฝั่งส่งข้อมูลของการสลับลำดับ (d_{sc}) คำนวณจากสมการ $d_{sc} = dP$ d คือเวกเตอร์ข้อมูล P คือเมทริกซ์ทุ่ม การสร้างเมทริกซ์ทำได้โดยใช้อัลกอริทึม Linear Congruential และฝั่งรับเวกเตอร์ข้อมูลสามารถสลับลำดับกลับมาโดยใช้สมการ $d = d_{sc}P^{-1}$ เนื่องจาก เมทริกซ์ P เป็น เมทริกซ์แบบ Unitary คือ $PP^T = P^TP = I$ และ $P^{-1} = P^T$ หาเวกเตอร์ข้อมูล d ได้จาก $d = d_{sc}P^T$ เมทริกซ์ P เป็นตัวกำเนิดตำแหน่งสลับลำดับข้อมูลและ P^T นั้นกำหนดขนาดตำแหน่งที่จะสลับลำดับข้อมูลกลับ [7]

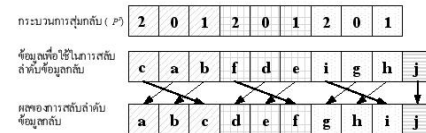
$$P = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad P^T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

มีการทุ่มที่กำหนดขนาด (N_s) เท่ากับ 3 ลำดับทุ่ม 1,2,0 มีข้อมูล d ทั้งหมด 10 สัญลักษณ์ {a,b,c,d,e,f,g,h,i,j} โดยเมื่อเหลือเศษจะไม่ถูกสลับลำดับข้อมูลรายละเอียดดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การสลับลำดับข้อมูลแบบทุ่มที่กำหนดขนาดได้ที่มี $N_s = 3$

เมื่อสลับข้อมูลกลับมาแล้วคูณกับเมทริกซ์ P^T ทำให้ตำแหน่งข้อมูลถูกสลับลำดับข้อมูลกลับไปเป็นเวกเตอร์ d ตามเดิมรายละเอียดดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตัวอย่างการสลับกลับข้อมูลกลับ

4. การถอดรหัสแบบ MAP บนช่องสัญญาณที่มีการเคลื่อนหยา

การเคลื่อนหยาเกิดจากการเคลื่อน การกระเจิง ทำให้สัญญาณที่ส่งจากต้นทางไม่สามารถส่งไปยังฝั่งรับในทิศทางตรงหรือ Line of sight (LOS) จึงเกิดการคิดเฟี้ยน การเคลื่อนหยาทางขนาดจะถูกสะท้อนด้วยค่าคงที่เรียกว่าพารามิเตอร์ (N_s) [7] มีหน่วยเป็นบิตข้อมูลและหาอัตราส่วนระหว่างกำลังส่งของสัญญาณและสัญญาณรบกวนคือ สัญลัษณ์ (γ_s) (Signal to Noise Ratio; SNR) และ ค่า SNR เฉลี่ย ($\bar{\gamma}_s$) ดังสมการที่ (1) และสมการที่ (2)

$$\gamma_s = \alpha^2 \frac{S}{N_s} \quad (1)$$

$$(\bar{\gamma}_s) = E[\alpha^2] \frac{S}{N_s} \quad (2)$$

ในการสร้างตัวถอดรหัสแบบ MAP [8] สำหรับระบบ CPFSK จะส่งข้อมูล ($x_{k,i}$) ในระหว่างช่วงเวลา $kT \leq t \leq (k+1)T$ โดยที่ $i = 1, 2, \dots, N$ สำหรับช่องสัญญาณที่มีการเคลื่อนหยา β คือค่าคงที่แต่ละช่วงสัญญาณ ดังสมการที่ (3)

$$Z_{k,i} = (1 + \beta) \alpha_{k,i} + n_{k,i} \quad (3)$$

ช่องสัญญาณไร้สายแบบ นาคากามิ-เอม (Nakagami-m)

ช่องสัญญาณไร้สายแบบ นาคากามิ-เอมเป็นการจำลองลักษณะของช่องสัญญาณที่มาจากเส้นตรงแบบ Line of Sight (LOS) และการแทรกสอดหลายเส้นแบบ Non line of Sight (N-LOS) สามารถปรับค่าความรุนแรงได้มากกว่าช่องสัญญาณอื่น จำลองช่องสัญญาณจากการกระจายแบบโคสเคอร์ สร้างตัวแปรทุ่มแบบเกาส์เซียนที่มีค่าเฉลี่ยศูนย์และค่าความแปรปรวนกับ σ^2 [8] ดังสมการที่ (4)

$$R = \sqrt{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_N^2} \quad (4)$$

$X_i, i = 1, 2, \dots, N$ คือตัวแปรทุ่มแบบเกาส์เซียน α^2 คือความแปรปรวนและ α คือการเคลื่อนหยาแบบนาคากามิ ดังสมการที่ (5)

$$\alpha = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{f_i(t)}{\sqrt{2\sigma^2}} \right)^2} \quad (5)$$

โดยที่ $E[\alpha^2] = 2m\sigma^2$ ตัวแปรที่มีผลต่อสมการคือ Degree of freedom (m) มีผลต่อ γ_s เมื่อ $m = 1/2$ สัญญาณมีการเคลื่อนหยาจะจางตัวแบบ

เลขชี้กำลังเพียงอย่างเดียว $m = 1$ เป็นข้อสังเกตที่แน่ชัดที่สุด การเลือกหาการกระจายตัวแบบเวย์ล์ m มากกว่า 1 มีการเลือกหาการกระจายตัวแบบไวโรเชียนจน $m \rightarrow \infty$ จะมีสัญญาณในทางเส้นตรง LOS

5. เมทริกซ์ของความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน หรือ

Source Transition Probability Matrix (STPM)

STPM คือเมทริกซ์ของความน่าจะเป็นของการส่งผ่าน โดยในทีเอนโทรปีแบบมีเงื่อนไข $H(I_n | I_{n-1}, \dots, I_1)$ สมการที่ (6) สำหรับลูกโซ่มาร์คอฟลำดับแรกมีการกระจายตัวแบบนี้ (μ) และเมทริกซ์ความน่าจะเป็นแบบส่งผ่าน P ที่มีสมาชิกภายในเมทริกซ์คือ P_{ij} [9]

$$H(I) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{H(I_n | I_{n-1})}{n} = H(I_n | I_1) = \sum_{ij} \mu_i P_{ij} \log \frac{1}{P_{ij}} \quad (6)$$

โดยมีรูปแบบเมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการส่งผ่านดังต่อไปนี้

$$P = \begin{bmatrix} P(0|0) & P(0|1) & P(0|2) & P(0|3) \\ P(1|0) & P(1|1) & P(1|2) & P(1|3) \\ P(2|0) & P(2|1) & P(2|2) & P(2|3) \\ P(3|0) & P(3|1) & P(3|2) & P(3|3) \end{bmatrix}$$

6. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบ

Peak Signal to noise Ratio (PSNR) ดังสมการที่ (7) คือ ค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนกำลังส่งข้อมูลต่อกำลังของสัญญาณรบกวน [10] Mean Square Error (MSE) ดังสมการที่ (8) และค่า $\max_i$ คือค่าสูงสุดที่เป็นได้ของจุดภาพมีค่าเท่ากับ $2^8 - 1$ โดยที่ B คือจำนวนบิตรูปภาพและ $[I(i,j) - K(i,j)]$ คือผลต่างระหว่างจุดภาพของต้นแบบและภาพที่ได้รับในแต่ละคอลัมน์ m และแถว n Word Error Rate (WER) ค่าเฉลี่ยอัตราการผิดพลาดของข้อมูลดังสมการที่ (9) คืออัตราส่วนระหว่างจำนวนความผิดพลาดของสัญลักษณ์ที่ได้รับและจำนวนสัญลักษณ์ทั้งหมด

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{\max_i^2}{MSE} \quad (7)$$

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{n=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i,j) - K(i,j)]^2 \quad (8)$$

$$WER = \frac{\text{Number of error symbol}}{\text{Number of all symbol}} \quad (9)$$

7. หลักการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบของการสลับลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดขนาดค่าได้เข้าไปในระบบส่งข้อมูลภาพซึ่งแตกมาจากวิดีโอ foreman ขนาด 512×512 พิกเซล 262,159 บิต จำนวน 300 ภาพ กำหนด γ_s คือ 3.75 และ 5.00 dB N_k คือ 32, 64, 128 และ 143 สลับลำดับข้อมูลทั้งสี่ค่า บนช่องสัญญาณนาฬิกาไม-เอ็ม เปรียบเทียบ PSNR

และ WER ของการถอดรหัสแบบ MAP วิธี Match และวิธี Mismatch ซึ่งถูกบีบอัดด้วยอัลกอริทึม Embedded Zerotree Wavelet (EZW) โดยมีกระบวนการเข้ารหัสของ MPEG-4 EZW เริ่มการแปลงรูปด้วย Discrete Wavelet Transform (DWT) เป็น 5 ระดับ ผ่านตัวกรอง Daubechies (9,15) tap biorthogonal ซึ่งใช้ค่า STPM ของวิธี Match จากค่า STPM ของแต่ละรูปที่ต้องการและค่า STPM ของวิธี Mismatch นั้นหาจากค่าเฉลี่ยของ STPM ของรูปภาพทั้ง 300 ภาพ ดังเมทริกซ์ข้างล่าง

$$P_j = \begin{bmatrix} 0.0328 & 0.08122 & 0.5427 & 0.3413 \\ 0.0298 & 0.1541 & 0.4061 & 0.4100 \\ 0.0526 & 0.1710 & 0.3806 & 0.3978 \\ 0.0509 & 0.2189 & 0.3561 & 0.3761 \end{bmatrix}$$

จากรูปดั้งเดิม (Original) ที่ "foreman 100" มีจำนวน 69 แพ็คเก็ต 22075 สัญลักษณ์ "foreman 300" มีจำนวน 88 แพ็คเก็ต 28511 สัญลักษณ์ "foreman 100" จะมี PSNR และ WER คือ 36.37 dB และ 4.345E-4 และ "foreman 300" จะมี PSNR และ WER คือ 34.80 dB และ 2.3315E-4

8. ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 "foreman 100" ทดสอบ โดยการสลับข้อมูลแบบสุ่มกำหนดค่าได้ $N_k = 32$ กับช่องสัญญาณบล็อกเฟดดิ้ง $N_k = 6$

ข้อมูลแบบสุ่มโดยกำหนดค่า $N_k = 6$				
m	$N_k = 32$			
	STPM ของรูป foreman 100 (PSNR, WER)		STPM เฉลี่ย 300 รูป ของรูป foreman 100 (PSNR, WER)	
	$\gamma_s = 3.75$ dB	$\gamma_s = 5.00$ dB	$\gamma_s = 3.75$ dB	$\gamma_s = 5.00$ dB
1.5	19.4582 (0.0412)	20.1248 (0.00451)	19.7554 (0.00426)	20.954 (0.00129)
2	25.8954 (0.0248)	30.4586 (4.68E-4)	25.8776 (0.0125)	30.9875 (4.543E-4)
2.5	28.8465 (7.101E-4)	32.4308 (2.19E-4)	28.7843 (7.239E-4)	32.9384 (2.10E-4)

ตารางที่ 2 "foreman 100" ทดสอบ โดยการสลับข้อมูลแบบสุ่มกำหนดค่าได้ $N_k = 128$ กับช่องสัญญาณบล็อกเฟดดิ้ง $N_k = 6$

ข้อมูลแบบสุ่มโดยกำหนดค่า $N_k = 6$				
m	$N_k = 128$			
	STPM ของรูป foreman 100 (PSNR, WER)		STPM เฉลี่ย 300 รูป ของรูป foreman 100 (PSNR, WER)	
	$\gamma_s = 3.75$ dB	$\gamma_s = 5.00$ dB	$\gamma_s = 3.75$ dB	$\gamma_s = 5.00$ dB
1.5	23.4751 (0.00254)	24.468 (0.0423)	23.9468 (0.00245)	24.6714 (0.0412)
2	27.92113 (0.00984)	30.4682 (5.12E-4)	27.8764 (0.01225)	30.4428 (5.124E-4)
2.5	28.90822 (6.872E-4)	32.0869 (2.70E-4)	28.9224 (6.391E-4)	32.902 (2.192E-4)

ตารางที่ 3 "foreman 300" ทดสอบ โดยการสลับข้อมูลแบบสุ่มกำหนดค่า
ได้ $N_R=32$ กับช่องสัญญาณบล็อกเฟดดิ้ง $N_S=6$

ข้อมูลแบบสุ่มโดยกำหนดค่า $N_R=6$				
m	$N_R=32$			
	STPM ของรูป foreman 300 (PSNR, WER)		STPM เกลี่ย 300 รูป ของ รูป foreman 300 (PSNR, WER)	
	$\overline{\gamma}_s = 3.75$ dB	$\overline{\gamma}_s = 5.00$ dB	$\overline{\gamma}_s = 3.75$ dB	$\overline{\gamma}_s = 5.00$ dB
1.5	21.1354 (0.0033)	25.7202 (0.0118)	21.1516 (0.0031)	25.7842 (0.0118)
2	26.630 (0.0012)	30.1723 (4.461E-4)	26.613 (0.00123)	30.153 (4.514E-4)
2.5	28.636 (6.493E-4)	31.732 (2.517E-4)	28.602 (6.5273E-4)	31.6028 (6.5287E-4)

ตารางที่ 4 "foreman 300" ทดสอบโดยการสลับข้อมูลแบบสุ่มกำหนดค่า
ได้ $N_R=128$ กับช่องสัญญาณบล็อกเฟดดิ้ง $N_S=6$

ข้อมูลแบบสุ่มโดยกำหนดค่า $N_R=6$				
m	$N_R=128$			
	STPM ของรูป foreman 300 (PSNR, WER)		STPM เกลี่ย 300 รูป ของ รูป foreman 300 (PSNR, WER)	
	$\overline{\gamma}_s = 3.75$ dB	$\overline{\gamma}_s = 5.00$ dB	$\overline{\gamma}_s = 3.75$ dB	$\overline{\gamma}_s = 5.00$ dB
1.5	24.15199 (0.0026)	26.987 (0.0123)	24.1120 (0.0026)	26.9887 (0.0124)
2	26.992 (0.0011)	30.1935 (4.147E-4)	26.991 (0.0015)	29.923 (5.11E-4)
2.5	28.9536 (6.8284E-4)	31.732 (2.517E-4)	28.9338 (6.846E-4)	31.9338 (6.846E-4)

9.สรุปผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการทดลองการถอดรหัสแบบ MAP วิธีการสลับข้อมูลแบบสุ่ม Mismatched ดังรูปที่ 5 และรูปที่ 7 แสดงให้เห็นว่าค่า PSNR เกลี่ยดีขึ้นประมาณ 6.926 dB เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการไม่สลับลำดับข้อมูลแบบ Mismatch และวิธีการสลับข้อมูลแบบ Match แสดงให้เห็นว่าค่า PSNR เกลี่ยดีขึ้นประมาณ 7.758 dB เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการไม่สลับลำดับข้อมูลแบบ Match ซึ่งค่า PSNR ของ Mismatch และ Match จะมีค่าใกล้เคียงกันถึงแม้ว่า STPM ที่ใช้ในการคำนวณแตกต่างกันก็ตาม



รูปที่ 4 "foreman 100" ดั้งเดิม



รูปที่ 5 "foreman 100"

Mismatched STPM, $\overline{\gamma}_s = 5$ dB, $m = 2.5$



รูปที่ 6 "foreman 300" ดั้งเดิม



รูปที่ 7 "foreman 300",

Mismatched STPM, $\overline{\gamma}_s = 5$ dB, $m = 2.5$

เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Mahapakulchai, "Performance evaluation of MAP decoding for MPEG-4 image transmission systems using ring convolutional trellis codes," Proceeding of the ISCT2002, vol. 1, pp. 49-52, Oct 2002.
- [2] S. Mahapakulchai and R. E. Van Dyck, "Design of ring convolutional trellis codes for MAP decoding of MPEG-4 images," *IEEE Trans. Comm.*, July 2004.
- [3] S. Mahapakulchai, W. Tunchat and P. Intasuk "Performance Evaluation of MPEG-4 Image Transmission Systems over Short-Term Block-Fading Channels " Proceeding of the ECTI-CON2011, pp 276-279, May 2011.
- [4] S. Mahapakulchai and D. Pannark, " Study on Mismatched Source Transition Probability Matrix using in MAP Source-Controlled Channel Decoding for MPEG-4 Video Sequence Wireless Transmission Systems" *To be present at ISCT2013, Sept. 2013*
- [5] S. Mahapakulchai and I. Sapasirisopon. 2008. "MAP Decoding with Random Interleavers for MPEG-4 Image door Wireless Transmission System", Proceeding of the ECTI2008, vol. 1, pp. 409-412, May 2008.
- [6] Norman C. Beaulieu, Fellow, IEEE, and Christine Cheng "Efficient Nakagami- m Fading Channel Simulation" *IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY*, vol. 54, no. 2, Mar. 2005
- [7] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients," *IEEE Trans.* vol. 41, pp. 3445-3462, Dec. 1993.
- [8] S. Mahapakulchai and S. Hasajitto, "Adaptive MAP source-controlled channel decoding for MPEG-4 imagery wireless transmission systems," Proceeding of the ISCT2009, vol. 1, pp. 1274-1279, Sept 2009.
- [9] T.M Cover and J.A.Thomas, *Elements of Information Theory*. Wiley, 1991
- [10] Anil K. Jain. *Fundamentals of digital image processing* 1998. Prentice hall, 1998. pp. 59

Study on Mismatched Source Transition Probability Matrix using in MAP Source-Controlled Channel Decoding for MPEG-4 Video Sequence Wireless Transmission Systems

Srijidra Mahapakulchai
Department of Electrical Engineering
Kasetsart University, Bangkok, Thailand
Email:fengsjm@ku.ac.th

Duangjai Parnnark
Department of Electrical Engineering
Kasetsart University, Bangkok, Thailand
Email:duangjaiepea@hotmail.com

Abstract—In this work, the MAP source-controlled channel decoder with matched and mismatched source transition probability matrix (STPM) is intensively examined for a MPEG-4 video sequence. We attempt to answer whether or not one can use the MAP decoding with a mismatched STPM instead of the MAP decoding with the matched STPM. The matched STPM requires the transmission for every frame images. Here, the commonly “foreman” video input is extracted into 300 frame images. Each image is inserted into the MPEG-4 image transmission system over the Nakagami- m block-fading channels with $m = 1.5$ 2.0 and 2.5. The system performance in term of the peak signal to noise ratio (PSNR) and word error rate (WER) are summarized at $\gamma_b = 3.75$ and 5 dB. The results from both MAP decoding with matched STPM and mismatched STPM show the similarity of the system performance. Moreover, the slight improvement is obtained when MAP decoder is compared with ML decoder.

I. INTRODUCTION

Recently, the multimedia technologies have been highly involved in communication engineering applications. In general, a video allows one to enhance ability to communicate more effectively. However, the transmission of this real-time source over a wireless channel usually requires a source and channel coding scheme with high performance. Here, our designed system performance in [1] [2] and [3] is extendedly evaluated on the standard video sequence. The block diagram of the transmitting system is shown in Fig 1. It is consisting of the EZW encoder, ring convolutional channel encoder and CPFSK modulator. The Nakagami- m block-fading channels are applied in order to model the wireless channels. The EZW encoding process begins with a transformation of an image by a discrete wavelet transform(DWT). In this case, we decompose an input image with a 5-level DWT using Daubechies (9,15) tap biorthogonal filters. Here, the wavelet coefficients of the lowest (coarsest) frequency subband (LFS) are coded separately from those of the higher (finer) frequency subbands (HFSs). This allows unequal error protection. Moreover, the number of spatial and signal-to-noise ratio (SNR) scalability levels is more flexible. The transformed coefficients in the LFS are encoded by a scalar quantizer followed by differential

pulse code modulation (DPCM). The encoding of the wavelet coefficients in the HFSs is done by successive approximation quantization process combined with the zerotree scanning. To increase the reliability of transmission, the binary sequence of the HFSs is divided into the variable length of packets. Also, for the zerotree sequence, we apply the first Markov model in order to compute the STPM. This matrix will be necessary for MAP decoder at the receiver.

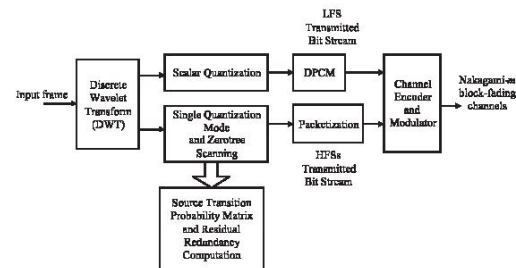


Fig. 1. The block diagram of the EZW encoder, channel encoder and modulator.

II. MPEG-4 IMAGE AND PACKET STRUCTURE

MPEG-4 embedded zerotree wavelet (EZW) is a version of the EZW algorithm [4] proposed by the MPEG-4 committee in [5] and [6]. In the MPEG-4 standard, the coding of the HFSs can be categorized into two major modes, single quantization, and multi-quantization. In the single quantization mode, all wavelet coefficients are quantized only once with a multi-level quantizer. The bit allocation of the HFSs depends on the wavelet decomposition level. Note that the sequence of bits produced from this mode does not have the embedded code property, since the most significant bits of all wavelet coefficients are not transmitted first. Unlike the single quantization mode, the multi-quantization mode is the version of the

original EZW algorithm. In this mode, all wavelet coefficients are compared to a sequence of descending threshold values. When source coding with a high compression ratio such as EZW coding is employed, this coding becomes very sensitive to a noisy channel. In fact, a single bit error can lead to the destruction of the entire decoding process. This problem leads to a significant amount of research with the goal to increase the error resilience of source coding [7],[8] and [9]. The packet structures taken from [7] are reviewed. The basic structure of each packet illustrated in Figure 2 consists of compressed image bits; zerotree symbols and non-zero values, the cyclic redundancy check (CRC) and sufficient header information for independent packet decoding.

Resynch Marker	Starting SOT	Number of SOTs	Compressed Image Data Zerotree Symbols & Nonzero Values	CRC
----------------	--------------	----------------	---	-----

Fig. 2. The basic packet structure for the HFSs.

The header contains twenty bits of resynchronization marker, ten bits of the location of the first spatial orientation tree (SOT) in an image, and eight bits for the number of the SOTs in a packet. Note that this configuration [7] is used for single quantization mode. For the multi-quantization mode, ten bits are required for the number of the SOTs. The CRC is four bits long.

III. RESIDUAL REDUNDANCY COMPUTATION

In this section, the measurement of residual redundancy is discussed. This value can be used to approximately indicate the performance improvements. Sayood and Borkenhagen [10] studied redundancy in the DPCM system. The error correcting capability index I was used as the indicator of performance improvement. Alajaji, Phamdo, Farvardin, and Fuja [11] pointed that the total residual redundancy ρ_T can be written as the combination between the redundancy in the form of a nonuniform distribution ρ_D and in the form of memory ρ_M . The total redundancy ρ_T is defined as the difference between a fixed rate R bits/sample and the minimum rate (entropy rate of a stochastic process $H(\underline{I})$) of the output indexed sequence $\underline{I}$. Note that $H(\underline{I})$, representing the minimum number of bit/sample, is defined [12] by

$$H(\underline{I}) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} H(I_1, I_2, \dots, I_n), \quad (1)$$

where $H(I_1, I_2, \dots, I_n)$ is the joint entropy of the stochastic process $\{I_i\}$. If the random variables $I_1, I_2, \dots, I_n$ of the process are independent but not identically distributed, we obtain

$$H(I_1, I_2, \dots, I_n) = \sum_{i=1}^n H(I_i), \quad (2)$$

where $H(I_i)$ is the entropy of a discrete random variable I_i . It is obvious that if these random variables are independent and identically distributed (i.i.d.), then the entropy rate $H(\underline{I})$ is $H(I_1)$. By using chain rule, if $H(\underline{I})$ is a stationary stochastic

process (containing memory), we can express the joint entropy $H(I_1, I_2, \dots, I_n)$ as [12]

$$H(I_1, I_2, \dots, I_n) = \sum_{i=1}^n H(I_i | I_{i-1}, \dots, I_1), \quad (3)$$

where $H(I_i | I_{i-1}, \dots, I_1)$ is the conditional entropy. Thus, in this case, the entropy rate $H(\underline{I})$ is $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} H(I_1, I_2, \dots, I_n)$. The proof is given by theorem 4.2.3 in [12]. For a stationary (first order) Markov chain with stationary distribution μ whose components are the stationary probabilities of each state, and a transition probability matrix P whose elements are denoted by p_{ij} , we obtain

$$\begin{aligned} H(\underline{I}) &= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} H(I_n | I_{n-1}) = H(I_2 | I_1) \\ &= \sum_{ij} \mu_i p_{ij} \log \frac{1}{p_{ij}}. \end{aligned} \quad (4)$$

Example Consider the source transition probability matrix (STPM) of the "Barbara" image as

$$P_B = \begin{bmatrix} 0.44224 & 0.44538 & 0.07701 & 0.03537 \\ 0.39988 & 0.46141 & 0.07971 & 0.05900 \\ 0.17615 & 0.16187 & 0.38038 & 0.28160 \\ 0.09302 & 0.20664 & 0.40465 & 0.29568 \end{bmatrix}. \quad (5)$$

The probabilities of being in the particular states 0, 1, 2 and 3 are denoted by μ_0 , μ_1 , μ_2 , and μ_3 , respectively. These stationary probabilities can be computed by solving the equation $\mu P_B = \mu$, where $\mu = [\mu_0 \ \mu_1 \ \mu_2 \ \mu_3]$. Since we also know that $\mu_0 + \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 = 1$, we can find the unique solution. In this paper, we employ Gauss Elimination method [13] as following,

$$\begin{bmatrix} -0.5578 & 0.3999 & 0.1762 & 0.093 \\ 0.4454 & -0.5386 & 0.1619 & 0.2066 \\ 0.077 & 0.0797 & -0.6196 & 0.4047 \\ 0.0354 & 0.059 & 0.2816 & -0.7043 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu_0 \\ \mu_1 \\ \mu_2 \\ \mu_3 \end{bmatrix}.$$

At the last step of this method, we obtain

$$\begin{bmatrix} 1 & -0.7169 & -0.3158 & -0.1668 \\ 0 & 1 & -1.3796 & -1.2811 \\ 0 & 0 & 1 & -1.4429 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mu_0 \\ \mu_1 \\ \mu_2 \\ \mu_3 \end{bmatrix}.$$

In this case, we obtain the stationary probabilities $\mu_0 = 0.34184$, $\mu_1 = 0.37681$, $\mu_2 = 0.16618$ and $\mu_3 = 0.11517$. The entropy rate is 1.63415 bits/symbol. By assuming that these two Markov sources produce the output indexed sequences at the same fixed rate $R = 2$, we compute the residual redundancy as $R - H(\underline{I}) = 0.36585$ bits/symbol. For the "Lena" image, the STPM can be expressed as

$$P_L = \begin{bmatrix} 0.03886 & 0.10015 & 0.51719 & 0.34380 \\ 0.04140 & 0.17736 & 0.42271 & 0.35853 \\ 0.04874 & 0.16675 & 0.40859 & 0.37592 \\ 0.05160 & 0.23270 & 0.41421 & 0.30149 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

In this case, the entropy rate becomes 1.7108 bits/symbol. The corresponding residual redundancy is 0.2892 bits/symbol.

IV. RING CONVOLUTIONAL TRELLIS CODES

For wireless channel application, we are interested in the modulation with the efficient bandwidth usage. The 4-ary continuous phase shift keying (4-ary CPFSK) with the modulation index h of 1/4 is the modulation of our choice. The signals of CPFSK occupy the bandwidth about the same as those of the minimum shift keying. The decomposition of CPFSK system into CPE and MM allows us to algebraically combine CPE with the external RCE as the overall system channel encoder [14]. For instance, a rate 1/2 RCE is used in conjunction with a rate 1/2 CPE, and to be able to algebraically combine them into a single encoder, we need to first convert the CPE into an equivalent encoder of rate 2/4 [15], as shown in Eq.(7).

$$G_{CPE} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 & 1 \\ 3D & D & 1 & 0 \end{bmatrix}. \quad (7)$$

We multiply the 32-state external RCE of rate 1/2 with the CPE of rate 2/4. We calculate the overall encoder as in Eq.(8).

$$G_{all}(D) = \begin{bmatrix} 1 + D + 2D^3 \\ 2 + D \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 & 1 \\ 3D & D & 1 & 0 \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} 1 + 3D + 3D^2 + 2D^3 \\ 2D + D^2 \\ 1 + 2D^3 \\ 1 + D + 2D^3 \end{bmatrix}^T. \quad (8)$$

Notice that the multiplication of the rate 1/2 RCE with an equivalent CPE encoder of the 2/4 results in the overall encoder of rate 1/4. It is worth mentioning that the MM maps the 4 output symbols of the rate 2/4 of CPE into only two CPFSK signals. In another word, a CPFSK signal is obtained from 2 output symbols; one for the beginning of the phase and another one for the phase transition. When the feedback-free form of convolutional encoder is applied, one must concern whether or not the code is catastrophic. It means that the codeword of finite errors can lead to the decoded information bit of an infinite error. In order to avoid using a catastrophic encoder, we perform the noncatastrophic encoder check. Detail about the theorems and algorithms can be found in [16].

V. MAP DECODING DERIVATION FOR FADING CHANNELS

To construct the MAP decoder for the CPFSK system, we observe the data samples $z_{k,i}$. During time interval $kT \leq t \leq (k+1)T$, the observed samples can be written as $z_{k,i} = (1 + \beta)s_{m,k,i} + n_{k,i}$ where $i = 1, 2, \dots, N$. For a slowly fading channel, β is a constant during each signal interval. Al Semari *et al.* [17] assume that the fading values can be determined, i.e. they estimate channel state information (CSI). Therefore, this information can be incorporated into the decoding metric. We first follow this assumption. However, we shall show later that by using only the mean value of β , no estimation is necessary, and some improvement is still obtained. Assuming CSI, the conditional probability becomes

$$P(z_k | s_{m,k}) = \frac{1}{(\sqrt{\pi N_0})^N} e^{-\left[\sum_{i=1}^N \frac{(z_{k,i} - \alpha s_{m,k,i})^2}{N_0}\right]}, \quad (9)$$

where $\alpha = (1 + \beta)$. The designed MAP decoding is based on a kind of probabilistic decoder known as Viterbi decoder [18]. This decoder is said to be "optimal" because it is the solution to the problem of maximum *a posteriori* probability (MAP) estimation of the state sequence of a finite-state discrete-time Markov process. This estimation problem is equivalent to finding the state sequence for $P(\mathbf{z}|\mathbf{x})P(\mathbf{x})$ is maximum, where $\mathbf{z}$ and $\mathbf{x}$ are the observed and state sequences respectively. By considering the first order Markov process and memoryless noise properties, we aim to search for the state sequence $\mathbf{x}$ which satisfies $\arg \max_{\mathbf{x}} P(\mathbf{z}|\mathbf{x})P(\mathbf{x})$. And it is equal to

$$\arg \max_{\mathbf{x}} \prod_{k=0}^{K-1} P(z_k | x_k, x_{k-1}) P(x_k | x_{k-1}). \quad (10)$$

Since the natural log function, $\ln(\cdot)$ is a monotonic function, we can apply this function to Eq.(10) without changing its solution. Also, we define the negative value of the component inside the summation as the branch metric, $\lambda(x_k, x_{k-1}) = -\ln P(z_k | x_k, x_{k-1}) - \ln P(x_k | x_{k-1})$. we obtain the branch metric $\lambda(s_{m,k})$ as $\lambda(s_{m,k}) = -\sum_{i=1}^N z_{k,i} s_{m,k,i} - \frac{N_0}{2\alpha} \ln P(x_{2,k+1} | x_{2,k})$. Since $P(x_{2,k+1} | x_{2,k}) = P(u_k | u_{k-1}) = P(u_{k+1} | u_k)$, where u is the input sequence. The new branch metric becomes $-\sum_{i=1}^N z_{k,i} s_{m,k,i} - \frac{N_0}{2\alpha} \ln P(u_k | u_{k-1})$. When an external encoder (CE) is included in the system, we have to consider the conditional probability $P(z_k | S_{0,k+1}, S_{0,k})$. The difference here is that the effect of the fading amplitude is included in the computation of the conditional probability $P(z_k | S_{0,k+1}, S_{0,k})$ via the relationship in Eq. (9). Therefore the branch metric becomes

$$\lambda(s_{m,k}) = -\alpha_1 \sum_{i=1}^N z_{k,i} s_{m,k,i} - \alpha_2 \sum_{i=N+1}^{2N} z_{k,i} s_{m,k,i} \\ - \frac{N_0}{2} \ln P(S_{0,k+1} | S_{0,k}), \quad (11)$$

where α_1 and α_2 are the constant fading amplitude during the first and second signal interval, respectively.

VI. SIMULATION RESULTS

The standard "foreman" video is extracted to 300 frame images. These raw-pgm grayscale images have a size of 512×512 pixels. Each image is compressed by applying the EZW algorithm. In this work, five decomposition levels are implemented, resulting in 16 subbands; one subband is for the LFS and the rest is for the HFSs. The wavelet coefficients of all HFSs are quantized into the bit stream and then divided into variable length of packets. Here, we examine three frame images which are "foreman100", "foreman200" and "foreman300" images. The first image contains 69 the number of HFS packets. For noiseless condition, the PSNR and CR are about 36 dB and 47:1, respectively. The residual redundancy of this image is about 0.313 bit/symbol. This corresponds to 8332 zero-tree symbols. For the "foreman200" image, the number of HFS packets is only 48 packets. The PSNR and CR are about 37 dB and 68:1, respectively. Note

TABLE I

THE AVERAGE PSNR OF THE RECONSTRUCTED "FOREMAN100" IMAGE USING ML AND MAP DECODING WITH MISMATCHED AND MATCHED STPM. THE NAKAGAMI- m BLOCK-FADING CHANNEL WITH $N_s = 10$ AND $m = 1.5, 2.0$ AND 2.5 . THE γ_b IS SET TO 3.75 dB. THE RESIDUAL REDUNDANCY OF THIS FRAME IS ABOUT 0.3126 BITS/SYMBOL.

m	PSNR(dB) with ML Decoding (WER)	PSNR(dB) with mismatched-STPM MAP Decoder (WER)	PSNR (dB) with matched-STPM MAP Decoder (WER)
1.5	11.327 (0.0216)	11.316 (0.01876)	11.357 (0.1876)
2.0	14.751 (0.0104)	14.825 (0.00904)	14.815 (0.00904)
2.5	16.683 (0.0057)	16.829 (0.00494)	16.834 (0.00493)

TABLE II

THE AVERAGE PSNR OF THE RECONSTRUCTED "FOREMAN100" IMAGE USING ML AND MAP DECODING WITH MISMATCHED AND MATCHED STPM. THE NAKAGAMI- m BLOCK-FADING CHANNEL WITH $N_s = 10$ AND $m = 1.5, 2.0$ AND 2.5 . THE γ_b IS SET TO 5.00 dB. THE RESIDUAL REDUNDANCY OF THIS FRAME IS ABOUT 0.3126 BITS/SYMBOL.

m	PSNR(dB) with ML Decoding (WER)	PSNR(dB) with mismatched-STPM MAP Decoder (WER)	PSNR (dB) with matched-STPM MAP Decoder (WER)
1.5	13.131 (0.0123)	13.198 (0.0102)	13.196 (0.0108)
2.0	17.969 (0.0052)	18.123 (0.00453)	18.125 (0.0045)
2.5	20.725 (0.00248)	20.945 (0.002196)	20.947 (0.002191)

that when the CR increases, the number of packets decreases. With 6204 zerotree symbols, the residual redundancy of this case is about 0.3 bit/symbol. The last image, "foreman300", has largest number of HFS packets. It is 88 packets. The PSNR and CR are about 35 dB and 37:1. The number of zerotree symbols is 11,360 symbols. Its residual redundancy is 0.2745 bit/symbol.

For "foreman100" image, Table I and Table II summarize the average PSNR and WER (200 images) with $\gamma_b = 3.75$ and 5 dB, respectively. The simulation is done by applying the Nakagami- m distribution with $m = 1.5, 2.0$ and 2.5 , and the block-fading parameter of $N_s = 10$. Note that when m increases, the Nakagami- m approaches Gaussian density. For m of our interest, the channel is similar to Rician channels. Moreover, the block-fading parameter N_s represents the number of signal intervals, in which the fading random variable remains the same. Since two signal intervals convey one symbol, thus there is no block-fading effect for $N_s = 2$. The first column represents the results of average PSNR and WER when the MAP decoder is used with the STPM of its own image. It is called as the matched-STPM MAP decoder. The second column collects the results when the MAP decoder is used with the average STPM of 300 video frame images as shown in Eq. (12). It is named the mismatched-STPM MAP decoder. The third column is the results for employing the ML decoder only. Note that the MAP decoding process is applied only for zerotree symbols. The ML decoding process is for

TABLE III

THE AVERAGE PSNR OF THE RECONSTRUCTED "FOREMAN200" IMAGE USING ML AND MAP DECODING WITH MISMATCHED AND MATCHED STPM. THE NAKAGAMI- m BLOCK-FADING CHANNEL WITH $N_s = 10$ AND $m = 1.5, 2.0$ AND 2.5 . THE γ_b IS SET TO 3.75 dB. THE RESIDUAL REDUNDANCY OF THIS FRAME IS ABOUT 0.300 BITS/SYMBOL.

m	PSNR(dB) with ML Decoding (WER)	PSNR(dB) with mismatched-STPM MAP Decoder (WER)	PSNR (dB) with matched-STPM MAP Decoder (WER)
1.5	11.661 (0.0214)	11.659 (0.0187)	11.662 (0.186)
2.0	15.535 (0.010)	15.627 (0.0091)	15.644 (0.0091)
2.5	18.749 (0.005)	18.862 (0.0050)	18.865 (0.0050)

TABLE IV

THE AVERAGE PSNR OF THE RECONSTRUCTED "FOREMAN200" IMAGE USING ML AND MAP DECODING WITH MISMATCHED AND MATCHED STPM. THE NAKAGAMI- m BLOCK-FADING CHANNEL WITH $N_s = 10$ AND $m = 1.5, 2.0$ AND 2.5 . THE γ_b IS SET TO 5.00 dB. THE RESIDUAL REDUNDANCY OF THIS FRAME IS ABOUT 0.300 BITS/SYMBOL.

m	PSNR(dB) with ML Decoding (WER)	PSNR(dB) with mismatched-STPM MAP Decoder (WER)	PSNR (dB) with matched-STPM MAP Decoder (WER)
1.5	13.316 (0.0123)	13.337 (0.01089)	13.340 (0.0186)
2.0	18.959 (0.0052)	19.060 (0.00453)	19.073 (0.00453)
2.5	23.135 (0.00225)	23.346 (0.002232)	23.376 (0.002226)

the rest.

$$\begin{bmatrix} 0.0328 & 0.08122 & 0.5427 & 0.3413 \\ 0.0298 & 0.1541 & 0.4061 & 0.4100 \\ 0.0526 & 0.1710 & 0.3806 & 0.3978 \\ 0.0509 & 0.2189 & 0.3561 & 0.3761 \end{bmatrix} \cdot \quad (12)$$

The average PSNRs are ranging from about 11 to 16 dB when m changes from 1.5 to 2.5 as shown in Table I. We observe that for the case of using the matched-STPM MAP decoder and the mismatched-STPM one, the average PSNRs and WERs are about the same. For $m = 2.5$, we obtain the slightly improvement of about 0.12 dB when we compare the case of using ML decoder and MAP decoder. For $\gamma_b = 5.00$ dB and $N_s = 10$, we obtain the overall average PSNRs ranging from about 13 dB to 21 dB as shown in Table II. In this case, we gain the PSNR improvement of about 0.2 dB when the mismatched-STPM MAP decoder is employed.

Now let us turn to the next image. The "foreman200" frame image shows the construction site scene while the "foreman100" frame image shows the engineer's face. In Table III, the average PSNRs are ranging from 11 to 18 dB. In all cases, we obtain slightly improvement of about 0.1 dB when we apply MAP decoding instead of ML decoding only. In Table IV, we obtain the overall system performance between about 13 and 23 dB. We obtain the slightly improvement of about 0.2 dB when we use either the matched-STPM MAP decoder or the mismatched-STPM MAP decoder.

For the last frame image, the "foreman300" frame image

TABLE V

THE AVERAGE PSNR OF THE RECONSTRUCTED "FOREMAN300" IMAGE USING ML AND MAP DECODING WITH MISMATCHED AND MATCHED STPM. THE NAKAGAMI- m BLOCK-FADING CHANNEL WITH $N_s = 10$ AND $m = 1.5, 2.0$ AND 2.5 . THE γ_b IS SET TO 3.75 dB. THE RESIDUAL REDUNDANCY OF THIS FRAME IS ABOUT 0.2745 BITS/SYMBOL.

m	PSNR(dB) with ML Decoding (WER)	PSNR(dB) with mismatched-STPM MAP Decoder (WER)	PSNR (dB) with matched-STPM MAP Decoder (WER)
1.5	11.597 (0.02155)	11.626 (0.019233)	11.627 (0.01919)
2.0	14.666 (0.010343)	14.7499 (0.009135)	14.7464 (0.009112)
2.5	17.0922 (0.0055)	17.1964 (0.004998)	17.195 (0.004992)

TABLE VI

THE AVERAGE PSNR OF THE RECONSTRUCTED "FOREMAN300" IMAGE USING ML AND MAP DECODING WITH MISMATCHED AND MATCHED STPM. THE NAKAGAMI- m BLOCK-FADING CHANNEL WITH $N_s = 10$ AND $m = 1.5, 2.0$ AND 2.5 . THE γ_b IS SET TO 5.00 dB. THE RESIDUAL REDUNDANCY OF THIS FRAME IS ABOUT 0.2745 BITS/SYMBOL.

m	PSNR(dB) with ML Decoding (WER)	PSNR(dB) with mismatched-STPM MAP Decoder (WER)	PSNR (dB) with matched-STPM MAP Decoder (WER)
1.5	13.438 (0.01238)	13.4895 (0.0110637)	13.480 (0.01101)
2.0	17.949 (0.0055)	18.0846 (0.004536)	18.0768 (0.00452)
2.5	21.305 (0.00243)	21.461 (0.00216)	21.484 (0.002159)

shows the building scene which is different from "foreman100" and "foreman200". In Table V, the average PSNRs are ranging from 11 to 17 dB. In all cases, we obtain slightly improvement of about 0.1 dB when we apply MAP decoding. In Table VI, we obtain the overall system performance between about 13 and 21 dB. We obtain the slightly improvement of about 0.2 dB when either the matched-STPM MAP decoder or the mismatched-STPM MAP decoder.

Now let us observe the results of no block-fading effect. It means that we set up N_s to be 2. At $\gamma_b = 3.75$ dB, we summarize the results for "foreman100", "foreman200" and "foreman300" in Table VII, Table VIII and Table IX, respectively. Notice that average PSNRs of all cases are much better than the average PSNRs in Table I, Table III and Table V. For "foreman100" image, the average PSNRs are ranging from 20 to 30 dB. The average PSNRs are between 23 to 31 dB for "foreman200" image. For "foreman300" image, the average PSNRs are ranging from 21 to 28 dB. Again, in almost every cases, the results of the first and second column are close. And the slightly improvement is obtained when MAP decoder is used instead of ML decoder. In some cases, the results of ML decoder is slightly better in term of PSNR. However, the average WERs of using MAP decoder is still lower.

The original "foreman100" frame image is illustrated in Fig. 3. This image shows the man's face with building scene behind. After MPEG-4 process, we obtain the compressed

TABLE VII

THE AVERAGE PSNR OF THE RECONSTRUCTED "FOREMAN100" IMAGE USING ML AND MAP DECODING WITH MISMATCHED AND MATCHED STPM. THE NAKAGAMI- m CHANNEL WITH NO BLOCK-FADING EFFECT AND $m = 1.5, 2.0$ AND 2.5 . THE γ_b IS SET TO 3.75 dB. THE RESIDUAL REDUNDANCY OF THIS FRAME IS ABOUT 0.3126 BITS/SYMBOL.

m	PSNR(dB) with ML Decoding (WER)	PSNR(dB) with mismatched-STPM MAP Decoder (WER)	PSNR (dB) with matched-STPM MAP Decoder (WER)
1.5	20.906 (0.00232)	21.056 (0.00213)	21.0562 (0.00213)
2.0	26.198 (8.525E-4)	26.415 (7.873E-4)	26.414 (7.898E-4)
2.5	29.935 (4.432E-4)	30.041 (4.174E-4)	30.027 (4.181E-4)

TABLE VIII

THE AVERAGE PSNR OF THE RECONSTRUCTED "FOREMAN200" IMAGE USING ML AND MAP DECODING WITH MISMATCHED AND MATCHED STPM. THE NAKAGAMI- m CHANNEL WITH NO BLOCK-FADING EFFECT AND $m = 1.5, 2.0$ AND 2.5 . THE γ_b IS SET TO 3.75 dB. THE RESIDUAL REDUNDANCY OF THIS FRAME IS ABOUT 0.300 BITS/SYMBOL.

m	PSNR(dB) with ML Decoding (WER)	PSNR(dB) with mismatched-STPM MAP Decoder (WER)	PSNR (dB) with matched-STPM MAP Decoder (WER)
1.5	23.394 (0.00236)	23.456 (0.002216)	23.467 (0.00222)
2.0	28.679 (8.993E-4)	28.902 (8.168E-4)	28.899 (8.175E-4)
2.5	31.240 (5.102E-4)	31.425 (4.631E-4)	31.428 (4.625E-4)

image as shown in Fig. 4. Again this image has the PSNR of 36 dB and CR of 47:1. The last figure illustrates the reconstructed "foreman100" frame image when the Nakagami- m block-fading channel with $m = 2$ is applied. In this case, we set up $\gamma_b = 3.75$ dB and $N_s = 2$.

VII. CONCLUSION AND FUTURE WORKS

We examine the system performance when MAP decoding with matched and mismatched STPM is applied. Also ML decoding is done for comparison purpose. The disadvantage of using matched-STPM MAP decoding is the reduction of bit rate since the STPM of each frame image must be transmitted to the receiver. We try to alleviate this problem by using the mismatched-STPM MAP decoding. We can then only send the average STPM to the receiver only one time. The results show the similarity of system performance of two cases. To enhance the system performance, we can apply interleavers to overcome the block-fading effect. This is left as our future works.

VIII. ACKNOWLEDGEMENT

This research work is financially supported by the Kasetsart University Research and Development Institute (KURDI) under the research project grant of fiscal year 2012-2013. We are also thank to Mr. Nirawit Sutavimol for helping with the simulation.

TABLE IX
THE AVERAGE PSNR OF THE RECONSTRUCTED "FOREMAN300" IMAGE USING ML AND MAP DECODING WITH MISMATCHED AND MATCHED STPM. THE NAKAGAMI- m CHANNEL WITH NO BLOCK-FADING EFFECT AND $m = 1.5, 2.0$ AND 2.5 . THE γ_b IS SET TO 3.75 dB. THE RESIDUAL REDUNDANCY OF THIS FRAME IS ABOUT 0.2745 BITS/SYMBOL.

m	PSNR(dB) with ML Decoding (WER)	PSNR(dB) with mismatched-STPM MAP Decoder (WER)	PSNR (dB) with matched-STPM MAP Decoder (WER)
1.5	21.244 (0.0022)	21.349 (0.0022)	21.361 (0.002179)
2.0	25.466 (9.047E-4)	25.261 (8.597E-4)	25.612 (8.53E-4)
2.5	28.866 (4.649E-4)	28.921 (4.525E-4)	28.928 (4.5018E-4)



Fig. 3. The original "foreman100" frame image.



Fig. 4. The Reconstructed "foreman100" frame image when noiseless channel is applied. Note that the PSNR is about 36 dB and the CR is 47:1.



Fig. 5. The Reconstructed "foreman100" frame image using MAP decoding with mismatched STPM. The $\gamma_b = 3.75$ dB and $N_s = 2$. PSNR = 26 dB. WER = 0.0008.

REFERENCES

- [1] S. Mahapakulchai, "Performance evaluation of MAP decoding for MPEG-4 image transmission systems using ring convolutional trellis codes," *Proceedings of the second international symposium on communications and information technology (ISCIIT2002)*, vol. 1, pp. 49-52, Oct 2002.
- [2] S. Mahapakulchai and R. E. Van Dyck, "Design of ring convolutional trellis codes for MAP decoding of MPEG-4 images," *IEEE Trans. Comm.*, July 2004.
- [3] S. Mahapakulchai and S. Sasajitto, "Adaptive MAP source-controlled channel decoding for MPEG-4 imagery wireless transmission systems," *Proceedings of the international symposium on communications and information technology (ISCIIT2009)*, vol. 1, pp. 1274-1279, Sept 2009.
- [4] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zero-trees of wavelet coefficients," *IEEE Trans. Signal Proc.*, vol. 41, pp. 3445-3462, Dec. 1993.
- [5] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "Information technology, coding of audio-visual objects: Visual, ISO/IEC 14496-2, Committee Draft," N2202, Mar. 1998.
- [6] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, "MPEG-4 video verification model version 11.0," N2172, Mar. 1998.
- [7] R. E. Van Dyck, "MPEG-4 image transmission using MAP source-controlled channel decoding," *IEEE JSAC*, vol. 18, pp. 1087-1098, June, 2000.
- [8] P. G. Sherwood and K. Zeger, "Progressive Image Coding for Noisy Channels," *IEEE Signal Processing Letter*, vol. 4, no. 7, pp. 189-191, Jul. 1997.
- [9] H. Man, F. Kossentini, and M. J. T. Smith, "Robust EZW image coding for noisy channels," *IEEE Signal Proc. Letters*, vol. 4, no. 8, pp. 227-229, Aug. 1997.
- [10] K. Sayood and J. C. Borkenhagen, "Use of residual redundancy in the design of joint source/channel coders," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 39, no. 6, pp. 838-846, Jun. 1991.
- [11] F. I. Alajaji, N. Phamdo, N. Farvardin and T. E. Fuja, "Detection of binary Markov sources over channels with additive Markov noise," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 42, no. 1, Jan. 1996.
- [12] T. M. Cover and J. A. Thomas, *Elements of Information Theory*. Wiley, 1991.
- [13] Ben Noble and James W. Daniel, *Applied Linear Algebra*, Prentice Hall, 1987.
- [14] B. E. Rimoldi, "A decomposition approach to CPM," *IEEE Trans. Info. Theory*, vol. 34, no. 2, pp. 260-270, Mar. 1988.
- [15] R. H. Yang, and D. P. Taylor, "Trellis-coded continuous-phase frequency-shift keying with ring convolutional codes," *IEEE Trans. Information Theory*, vol. 40, pp. 1057-1067, Jul. 1994.
- [16] G. David Forney, Jr., "Convolutional codes I: Algebraic structure," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. IT-16, no. 6, pp. 720-738, Nov. 1970.
- [17] S. A. Al-Semari, F. Alajaji, and T. Fuja, "Sequence MAP decoding of trellis codes for Gaussian and Rayleigh Channels," *IEEE Trans. on Vehicular Tech.*, vol. 48, pp. 1130-1140, July 1999.
- [18] G. D. Forney, Jr., "The Viterbi algorithm," *Proc. of the IEEE*, vol. 61, pp. 268-278, Mar. 1973.

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	ดวงใจ ปานนาค
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 26 กรกฎาคม 2526
สถานที่เกิด	กรุงเทพ
ประวัติการศึกษา	วศ.บ.(วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
ตำแหน่งปัจจุบัน	วิศวกร ระดับ 4
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กองอุปกรณ์ควบคุม ฝ่ายควบคุมระบบไฟฟ้า การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำนักงานใหญ่
ผลงานดีเด่น	(1)“ Study on Mismatched Source Transition Probability Matrix using in MAP Source- Controlled Channel Decoding for MPEG-4 Video Sequence Wireless Transmission System ” ในงานประชุมวิชาการ 2013 13 th International Symposium on Communication and Information Technologies (ISCIT 2013), pp.122-127, Oct,2013. (2)“ การประเมินประสิทธิภาพของระบบการส่ง ลำดับข้อมูลแบบสุ่มที่กำหนดค่าได้ด้วยการ ถอดรหัสวิธีแมปสำหรับระบบสื่อสารข้อมูลวิดีโอ Performance Evaluation of Reconfigurable Random Interleavers with MAP Decoding for Video Sequence Transmission Systems EECON 36 ,pp. 487-490, Dec,2013
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนคุณพ่อ คุณแม่