

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ฉ
อักษรย่อ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ทฤษฎีและวรรณกรรมปริทัศน์	2
1.2.1 ทฤษฎีลูกโซ่มาร์คอฟ	2
1.2.2 วิธีการควบคุมความผิดพลาด	4
1.2.3 วรรณกรรมปริทัศน์	5
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	10
1.4 ขอบเขตการวิจัย	11
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	13
บทที่ 2 ข้อมูลและแหล่งข้อมูล	14
2.1 นิยามค่าสถิติความผิดพลาด	14
2.1.1 อัตราบิตผิดพลาด	14
2.1.2 ค่าการกระจายของช่วงข้อมูลระหว่างบิตผิดพลาด	14
2.1.3 ค่าการกระจายของช่วงปราศจากความผิดพลาด	15
2.1.4 ค่าสถิติความผิดพลาดแบบบล็อกข้อมูล	15
2.1.5 ค่าการกระจายของเบรสต์	16
2.1.6 ค่าการกระจายของช่วงห่างของเบรสต์	16
2.2 ข้อมูลและค่าสถิติความผิดพลาด	17
2.3 วิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบค่าสถิติความผิดพลาดของข้อมูล	21

	หน้า
บทที่ 3 การจำลองแบบช่องสื่อสาร	22
3.1 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสองสถานะ	22
3.2 การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดของแบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสองสถานะ	25
3.2.1 การค้นหาแบบไบนารีโดยอาศัยตัวแบ่งสถานะ	25
3.2.2 การค้นหาแบบไบนารีโดยอาศัยพารามิเตอร์ของสถานะที่มีขีด ผิดพลาดมาก	29
บทที่ 4 การวางสลับตำแหน่งข้อมูล	55
4.1 บทนำ	55
4.2 ความลึกของการวางสลับตำแหน่งข้อมูลกับการเป็นแบบสุ่มของรูปแบบ ความผิดพลาด	58
4.3 การหาค่าความลึกที่เหมาะสมของการสลับตำแหน่งข้อมูล	61
บทที่ 5 การวิเคราะห์สมรรถนะวิธีการควบคุมความผิดพลาด	70
5.1 บทนำ	70
5.2 สมรรถนะของรหัสแก้ไขความผิดพลาดแบบบล็อก	70
5.3 สมรรถนะของวิธีการร้องขอส่งซ้ำอัตโนมัติ	72
5.4 สมรรถนะของวิธีการส่งซ้ำ	74
5.4.1 สมรรถนะของวิธีการส่งซ้ำวิเคราะห์ร่วมกับพารามิเตอร์ของ แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสองสถานะ	76
5.4.2 สมรรถนะของวิธีการส่งซ้ำแบบปรับค่าได้	79
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ	82
6.1 สรุปผลการวิจัย	82
6.2 ข้อเสนอแนะ	
เอกสารอ้างอิง	84
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก พังแสดงขั้นตอนวิธีการหาค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองลูกโซ่ มาร์คอฟสองสถานะ	86
ภาคผนวก ข โปรแกรมภาษา C ที่ใช้ในการจำลองแบบและคำนวณค่า พารามิเตอร์ต่างๆ	97

	หน้า
ภาคผนวก ค สิ่งตีพิมพ์เผยแพร่ที่เกิดจากงานวิจัยนี้	146
ประวัติผู้เขียน	147

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสองสถานะ	5
1.2 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสองสถานะ	6
1.3 ช่องสื่อสารแบบสมมาตรสองสถานะ	8
1.4 ช่องสื่อสารแบบสมมาตรสองสถานะ	8
2.1 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟแบบแยกส่วน	17
2.2 ค่าการกระจายของช่วงข้อมูลระหว่างบิตผิดพลาดของข้อมูลทั้ง 4 ชุด	19
2.3 ค่าการกระจายของช่วงปราศจากความผิดพลาดของข้อมูลทั้ง 4 ชุด	19
2.4 ค่าการกระจายของเบิร์ตซ์ของข้อมูลทั้ง 4 ชุด	20
2.5 ค่าการกระจายของช่วงห่างของเบิร์ตซ์ของข้อมูลทั้ง 4 ชุด	20
3.1 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสองสถานะ	22
3.2 จุดแบ่งสถานะสามจุดในเซตของค่าความยาวช่วงข้อมูลระหว่างบิตผิดพลาด	26
3.3 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสองสถานะของข้อมูล “data 1” ที่มีพารามิเตอร์ ซึ่งได้จากวิธีการค้นหาแบบไบนารีโดยอาศัยจุดแบ่งสถานะ	27
3.4 ค่าการกระจายของช่วงปราศจากความผิดพลาดเปรียบเทียบเมื่อใช้ วิธีการค้นหาแบบไบนารีโดยอาศัยจุดแบ่งสถานะ	28
3.5 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสองสถานะของข้อมูล “data 1”	34
3.6 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสองสถานะของข้อมูล “data 2”	34
3.7 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสองสถานะของข้อมูล “data 3”	35
3.8 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสองสถานะของข้อมูล “data 4”	35
3.9 ค่าการกระจายของช่วงปราศจากความผิดพลาดของข้อมูล “data 1”	36
3.10 ค่าการกระจายของช่วงปราศจากความผิดพลาดของข้อมูล “data 2”	36
3.11 ค่าการกระจายของช่วงปราศจากความผิดพลาดของข้อมูล “data 3”	37
3.12 ค่าการกระจายของช่วงปราศจากความผิดพลาดของข้อมูล “data 4”	37
3.13 ค่าการกระจายของเบิร์ตซ์ โดยใช้ $\Delta_0 = 0.1$ ของ “data 1”	38
3.14 ค่าการกระจายของเบิร์ตซ์ โดยใช้ $\Delta_0 = 0.1$ ของ “data 2”	38

[illegible]

รูป		หน้า
3.43	ค่าสถิติความผิดพลาดแบบบล็อกข้อมูล $P(m,n)$ โดยที่ $m = 5$ ของข้อมูล “data 3”	53
3.44	ค่าสถิติความผิดพลาดแบบบล็อกข้อมูล $P(m,n)$ โดยที่ $m = 5$ ของข้อมูล “data 4”	53
4.1	ตัววางสลับตำแหน่งข้อมูลขนาด $1 \times n$	56
4.2	ตัววางสลับตำแหน่งข้อมูลกลับขนาด $1 \times n$	57
4.3	การกระจายของช่วงปราศจากความผิดพลาดของข้อมูล “data 1” ที่ถูกวางสลับตำแหน่งด้วยค่า 1 ต่าง ๆ ของบล็อกข้อมูลความยาว 6 บิต	58
4.4	การกระจายของช่วงปราศจากความผิดพลาดของข้อมูล “data 1” ที่ถูกวางสลับตำแหน่งด้วยค่า 1 ต่าง ๆ ของบล็อกข้อมูลความยาว 12 บิต	59
4.5	การกระจายของช่วงปราศจากความผิดพลาดของข้อมูล “data 1” ที่ถูกวางสลับตำแหน่งด้วยค่า 1 ต่าง ๆ ของบล็อกข้อมูลความยาว 24 บิต	59
4.6	การกระจายของช่วงปราศจากความผิดพลาดของข้อมูล “data 1” ที่ถูกวางสลับตำแหน่งด้วยค่า 1 ต่าง ๆ ของบล็อกข้อมูลความยาว 48 บิต	60
4.7	การกระจายของช่วงปราศจากความผิดพลาดของข้อมูล “data 1” ที่ถูกวางสลับตำแหน่งด้วยค่า 1 ต่าง ๆ ของบล็อกข้อมูลความยาว 384 บิต	60
4.8	แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสองสถานะของข้อมูล “data 1”	61
4.9	แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสี่สถานะ	62
4.10	เมตริกซ์ส่งผ่านของแบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสี่สถานะ	63
4.11	ค่ายกกำลังต่าง ๆ ของเมตริกซ์ส่งผ่านของแบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟสี่สถานะ	64
4.12	ความสัมพันธ์ของค่าปัจจัยความเที่ยงกับจำนวนครั้งของการวนซ้ำของเมตริกซ์ส่งผ่าน	68
5.1	ลักษณะการส่งกลุ่มข้อมูลขนาด n บิต จำนวน m ครั้ง	75
5.2	ความสัมพันธ์ของจำนวนครั้งในการส่งข้อมูลและความน่าจะเป็นของการส่งข้อมูลล้มเหลวด้วยขนาดของกลุ่มข้อมูลต่าง ๆ กัน	77
5.3	ความสัมพันธ์ของจำนวนครั้งในการส่งข้อมูลและความน่าจะเป็นของการส่งข้อมูลล้มเหลวเมื่อใช้รหัสกึ่งสมบูรณ์ที่มี $t = 1,2,3$	78

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 ผลจากการค้นหาพารามิเตอร์ของแบบจำลองลูกโซมาร์คอฟสองสถานะ โดยใช้ขบวนข้อมูลทั้งคู่ชุด	33
5.1 สมรรถนะของวิธีการส่งซ้ำเมื่อใช้ร่วมกับรหัสแก้ไขความผิดพลาด	79
5.2 สมรรถนะของวิธีการส่งซ้ำแบบปรับค่าได้ กรณีไม่ได้ใช้รหัสแก้ไขความผิดพลาด	80
5.3 สมรรถนะของวิธีการส่งซ้ำแบบปรับค่าได้กรณีใช้รหัสแก้ไขความผิดพลาด	81

อักษรย่อ

อักษรย่อ	ความหมาย
ACK	สัญญาณตอบกลับแบบบวก
ARQ	การร้องขอส่งซ้ำอัตโนมัติ
BER	อัตราบิตผิดพลาด
BSC	ช่องสื่อสารแบบสมมาตรสองสถานะ
C	โปรแกรมภาษาซี
FEC	รหัสแก้ไขความผิดพลาดแบบไปหน้า
GBN	การร้องขอส่งซ้ำอัตโนมัติแบบกลับไปบล็อกที่ N
MATLAB	โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการคำนวณทางวิศวกรรมชื่อแมตแล็บ
NAK	สัญญาณตอบกลับแบบลบ
SR	การร้องขอส่งซ้ำอัตโนมัติแบบเลือกส่งซ้ำ
SSQ	ค่าผลรวมความต่างกำลังสอง