

ภาคผนวก**ค****ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์**

การประชุมวิชาการนานาชาติว่าด้วยระบบสมองกลฝังตัวและเทคโนโลยีอัจฉริยะ 2552

สาขาการสื่อสารไร้สายและเครือข่ายเซ็นเซอร์

11-13 กุมภาพันธ์ 2552

การศึกษาการส่งข้อมูลภาพแบบหลายทอดในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

A Study of Multi-Hop Image Transmission in Wireless Sensor Network

อรรช สุขศีล สุภชัย วรพจน์พิศุทธิ์

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

99 หมู่ 18 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 66-2-564-3001 โทรสาร 66-2-564-3010 E-mail: phoenix.aon@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาความเสียหายของข้อมูลภาพเมื่อส่งผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอด เราได้จำลองการส่งข้อมูลแบบหลายทอดในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยใช้โปรแกรม TOSSIM ของระบบปฏิบัติการ TinyOS และศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพ เช่น ตำแหน่งและจำนวนของแพ็คเกจที่สูญหาย ขนาดของแพ็คเกจที่ใช้ส่ง และขนาดของภาพต้นฉบับ การศึกษาได้เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลภาพที่บีบอัดแบบ JPEG และไม่บีบอัดแบบ BMP ผลของการศึกษาพบว่าตำแหน่งและจำนวนของแพ็คเกจข้อมูลส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อคุณภาพของข้อมูลแบบ JPEG มากกว่า ส่วนขนาดของแพ็คเกจข้อมูลและภาพต้นฉบับไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพ

คำสำคัญ: เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย การส่งข้อมูลภาพ การส่งแบบหลายทอด ระบบปฏิบัติการ TinyOS

Abstract

This paper presents the study of image quality loss with respect to multi-hop transmission in wireless sensor networks. We have simulated a multi-hop network of TinyOS nodes using the TOSSIM environment. Then, we have studied factors, including positions of lost packet, number of packet drops, packet size, and size of original image, by comparing between compressed JPEG files and uncompressed BMP files. Our simulations results reveal that positions of lost packet and number of packet drops are factors unnegligibly influence image quality especially for JPEG images but, packet size and size of original image aren't.

KEYWORD: wireless sensor network, image transmission, multi-hop, TinyOS

1. บทนำ

เทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย [1] เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ได้รับ ความสนใจจากนักวิจัยทั่วโลก เนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการใช้

งานสูง สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบสภาพแวดล้อมทางกายภาพทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม การทหาร การแพทย์ และการเกษตรกรรม การประยุกต์เทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในพื้นที่การเกษตรทำให้สามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณแสง ปริมาณน้ำ ฯลฯ ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของการเกษตรสมัยใหม่ที่จะควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช

ภาพเป็นข้อมูลประเภทหนึ่งที่เหมาะสมกับการตีความของมนุษย์ โดยนิยมใช้ในการตรวจสอบสภาวะของพื้นที่การเกษตร ผู้เชี่ยวชาญการเกษตรสามารถวิเคราะห์ความผิดปกติและคาดการณ์ความต้องการของพืชได้โดยสังเกตจากสีและรายละเอียดของภาพของพืชและพื้นที่การเกษตร อย่างไรก็ตามข้อมูลภาพมีขนาดใหญ่กว่าข้อมูลจากเซ็นเซอร์อื่นๆ หลายเท่า จึงต้องมีกระบวนการบีบอัดภาพ ซึ่งทำให้เกิดความผูกพันของข้อมูลในไฟล์ หากเกิดการสูญหายบางส่วนกับไฟล์ภาพที่บีบอัดแล้วจะส่งผลกระทบต่อข้อมูลภาพทั้งหมด ทำให้ภาพที่ได้จึงบิดเบือนไปจากภาพต้นฉบับ หรือไม่สามารถแสดงภาพได้

การส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายมีข้อจำกัดอย่างมาก หากเปรียบเทียบกับข้อมูลทางด้านสภาพแวดล้อมทั่วไป เนื่องจากเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายถูกออกแบบมาเพื่อทยอยส่งข้อมูลขนาดเล็กด้วยเวลาเวลาที่ห่างกันโดยคำนึงถึงพลังงานเป็นสิ่งสำคัญ อาจมีการสูญหายของแพ็คเกจระหว่างการจัดส่ง ไม่สามารถยืนยันความสำเร็จในการส่งข้อมูล (Acknowledgement) เส้นทางของการส่งข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเนื่องจากบางโหนดเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode) ค่าคุณภาพสัญญาณเชื่อมต่อ (Link quality) ลดลง ตลอดจนไม่มีกระบวนการทวนสัญญาณ (Retransmission) ภายในเครือข่าย ดังนั้นความน่าจะเป็นที่ข้อมูลภาพซึ่งถูกแบ่งออกเป็นแพ็คเกจและทยอยส่งผ่านเครือข่ายจะสูญหายไประหว่างการสื่อสารแบบไร้สายก็จะสูงมาก โดยเฉพาะในกรณีของการสื่อสารแบบหลายทอด

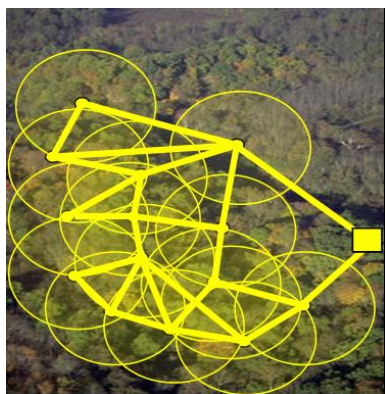
การศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการส่งภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย [3] พบว่างานวิจัยส่วนใหญ่เน้นศึกษาโพรโตคอลโดยไม่เน้นการสูญเสียข้อมูลที่เกิดจากการส่งแบบหลายทอด และศึกษาเฉพาะความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในลักษณะ BER (Bit error rate) ซึ่งใช้ CRC (Cyclic Redundancy Code) ตรวจสอบความถูกต้อง นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาอัลกอริทึมต่างๆ [4] เพื่อช่วยในการส่งข้อมูลภาพโดยเพิ่มอุปกรณ์ในการ

จัดเก็บและประมวลผลภาพ [5] และต้องสูญเสียพลังงานในการส่งข้อมูลมากขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการส่งแบบทอดเดียว (Single-hop)

บทความฉบับนี้นำเสนอการศึกษาความเสียหายที่เกิดจากการส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอด เราได้จำลองการส่งข้อมูลแบบหลายทอดในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายด้วยโปรแกรม TOSSIM ของระบบปฏิบัติการ TinyOS [2] เพื่อศึกษาอัตราการสูญหายของแพคเกจข้อมูลไปยังโหนดฐาน (Base Station) ขอบเขตของการศึกษาคือปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพ เช่น ตำแหน่งและจำนวนของแพคเกจที่สูญหาย ขนาดของแพคเกจที่ใช้ส่ง และขนาดของภาพต้นฉบับซึ่งเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลภาพที่บีบอัดแบบ JPEG และ BMP การศึกษาจะอาศัยการแบ่งข้อมูลภาพออกเป็นแพคเกจเล็กๆ และจำลองการสูญหายของข้อมูลระหว่างทางเพื่อศึกษาผลกระทบต่อคุณภาพของข้อมูลภาพ

2. การส่งข้อมูลแบบหลายทอด (Multi-hop Communication)

การสื่อสารแบบหลายทอดในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเป็นการสื่อสารแบบ Ad-hoc ไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ตัวกลาง เช่น Access point, Router แต่ละโหนดในเครือข่ายจะทำหน้าที่วัดค่าข้อมูลประมวลผลสัญญาณ รับส่ง และรวบรวมข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ในตัว โดยสามารถปรับปรุงเส้นทางได้เองเมื่อเส้นทางเดิมขาดหายไปเพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ตามปกติ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การสื่อสารแบบหลายทอด (Multi-hop)

การสื่อสารแบบหลายทอดประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ การค้นหาโหนดข้างเคียง (Neighborhood node) พร้อมกับประมาณค่าคุณภาพสัญญาณเชื่อมต่อ และการหาลำดับครั้ง (version) ของแพคเกจระบบปฏิบัติการ TinyOS รองรับการค้นหาเส้นทาง 3 แบบคือ Broadcast, Intra-Network Routing และ Tree-Based Routing โดย Broadcast เป็นการกระจายข้อมูลไปยังโหนดทุกตัว ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ Flooding protocol เป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไป เริ่มจากโหนดฐาน จะส่งข้อมูลไปยังโหนด

ข้างเคียงและกระจายข้อมูลไปในเครือข่าย ก่อให้เกิดการชนกันของข้อมูลและค่าคุณภาพสัญญาณเชื่อมต่อลดลงทำให้โหนดบางส่วนไม่ได้รับข้อมูล และต้องส่งข้อมูลซ้ำๆ จนกระทั่งทุกโหนดได้รับข้อมูล และ Epidemic algorithm จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าข้อมูลบางส่วนเพื่อให้ทราบการกระจายตัวของข้อมูล ช่วยลดการส่งข้อมูลซ้ำซ้อนกัน และเป็นการประหยัดพลังงาน และยืนยันได้ว่าโหนดทุกตัวได้รับข้อมูล สามารถแก้ปัญหาการเข้าสู่โหนดประหยัดพลังงานแบบชั่วคราวได้อีกด้วย ส่วน Intra-Network Routing เป็นโพรโตคอลแบบ Ad-hoc ทั่วไป เช่น DSDV และ AODV ซึ่งออกแบบสำหรับการส่งข้อมูลไปยังปลายทางที่เจาะจง เช่น การเชื่อมต่อเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ต และ Tree-Based Routing ประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน คือ หมายเลขต้นทางและปลายทาง (Parent node) กับจำนวนครั้งในการสื่อสาร (Hop-count) โดยเริ่มจากต้นทางการส่งสัญญาณออกไปทุกทิศทางและส่งต่อเป็นทอดๆ โดยเพิ่มจำนวนครั้งในการสื่อสาร พร้อมทั้งระบุหมายเลขของตัวรับเพิ่มเข้าไปจนถึงปลายทาง

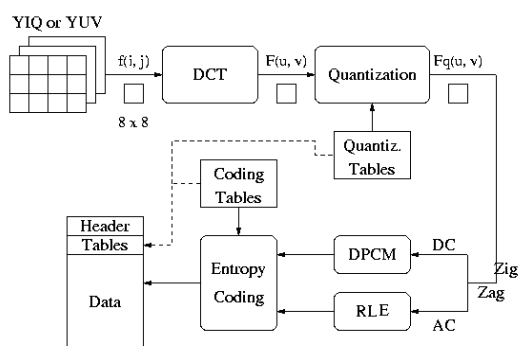
งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีการสื่อสารแบบหลายทอดโดยใช้โพรโตคอลแบบ Collection Tree [6] โดยมีวิธีการหาเส้นทางแบบ Tree-Based Routing ซึ่งจะค้นหาเส้นทางโดยการสร้างเครือข่ายเชื่อมต่อกันเพื่อรวบรวมข้อมูลเข้าสู่โหนดฐาน เมื่อต้องการเก็บข้อมูลก็จะส่งข้อมูลไปยังโหนดเซ็นเซอร์ที่อยู่ในเครือข่าย ระบบจะต้องทราบลำดับการส่งแพคเกจอย่างละเอียดเพื่อควบคุมการส่งข้อมูลให้ถึงปลายทาง ในกรณีที่มิโหนดฐานมากกว่า 1 ตัว จะเกิดสาขามากกว่า 1 สาขา การกำหนดโหนดต้นทางและโหนดปลายทางในโพรโตคอลจะเป็นตัวเลือกเส้นทางที่เชื่อมต่อระหว่างสาขา ในการเก็บข้อมูลโพรโตคอลจะเตรียมเส้นทางที่ดีที่สุดสำหรับส่งแพคเกจไปยังโหนดฐาน เพื่อส่งด้วยจำนวนครั้งที่น้อยสุดแต่ส่งข้อมูลสำเร็จมากที่สุด อย่างไรก็ตาม ไม่สามารถยืนยันได้ว่าข้อมูลจะถึงปลายทางจริง

3. การจัดเก็บข้อมูลภาพ

การจัดเก็บข้อมูลภาพแบ่งเป็น 2 รูปแบบคือ ไม่มีการบีบอัดข้อมูล เช่น BMP (Bitmap) [7] และแบบที่ใช้เทคนิคการบีบอัดข้อมูลภาพ เช่น JPEG (Joint Photographic Experts Group) [8] ซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในระบบอินเทอร์เน็ตและอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ เนื่องจากช่วยลดพื้นที่การจัดเก็บข้อมูล ร่นระยะเวลาในการส่งข้อมูล และยังสามารถแสดงรายละเอียดภาพได้อย่างเหมาะสม

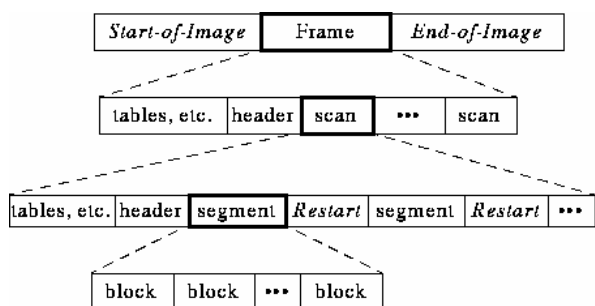
โดยทั่วไปแล้วภาพที่ถ่ายเข้ามาจะถูกจัดเก็บไว้ในรูปแบบของ BMP แล้วจึงนำไปบีบอัด โดยใช้เทคนิคต่างๆ ตามลักษณะการใช้งาน BMP เป็นวิธีการบริหารจัดการหน่วยความจำหรือรูปแบบการจัดเก็บข้อมูลภาพดิจิทัลประเภทหนึ่งที่ไม่มีการบีบอัดใดๆ ข้อมูลภาพที่ได้มี

ขนาดใหญ่ มีความละเอียดของข้อมูลสูง ส่วน JPEG เป็นวิธีการบีบอัดข้อมูลภาพที่ได้รับความนิยมวิธีหนึ่ง ซึ่งสามารถปรับอัตราการบีบอัดของภาพได้ตามขนาดและคุณภาพของภาพ ทั้งนี้การบีบอัดแบบ JPEG จะให้ภาพที่มีรายละเอียดที่สำคัญครบถ้วน สามารถลดขนาดภาพลงประมาณ 3:1 โดยไม่มีการสูญเสียข้อมูล ทำให้สามารถแก้ไข และแปลงภาพกลับได้ ขั้นตอนในการบีบอัดภาพแบบ JPEG ประกอบด้วย การแปลง DCT (Discrete Cosine Transformation), Quantization, Zigzag Scan, DPCM (Differential Pulse Code Modulation), RLE (Run Length Encoding) และ Entropy coding ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการบีบอัดภาพแบบ JPEG

เมื่อผ่านกระบวนการทั้งหมด จะได้ข้อมูลที่มีโครงสร้างดังนี้ Start-of-Image, Frame และ End-of-Image โดย Frame คือข้อมูลภาพทั้งหมดประกอบด้วย Quantization Tables, Frame header ประกอบด้วย ขนาดความกว้าง, ความยาวของภาพ, จำนวนและหมายเลข component, และ scan โดย scan คือข้อมูลพิกเซล เช่น R, G, B ประกอบด้วย Huffman Tables, Scan header ประกอบด้วย จำนวนและหมายเลข component ใน scan นั้นๆ, Restart และ segment ซึ่งบรรจุข้อมูลภาพที่เป็น Block ขนาด 8x8 พิกเซลตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างของข้อมูลชนิด JPEG

4. ผลกระทบของการสูญเสียข้อมูลต่อคุณภาพของภาพ

การทดสอบผลกระทบของการสูญเสียข้อมูลระหว่างการส่งต่อ

คุณภาพของภาพได้ทดสอบภายใต้เงื่อนไขดังต่อไปนี้

- สร้างโหนดจำนวน 100 โหนด
- กำหนดโครงสร้างแบบตาราง (Grid) ขนาด 10x10 โหนด
- ไม่มีการเคลื่อนที่ของโหนดในเครือข่าย

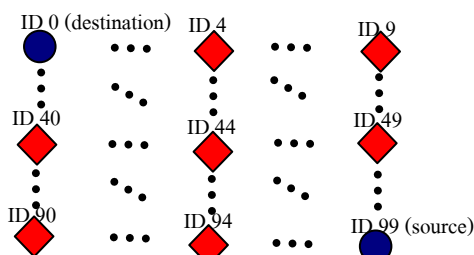
ภาพที่ใช้ในการทดสอบมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ภาพต้นฉบับที่ใช้ในการทดสอบ

Image size (24 bpp)	BMP (KB)	JPEG (KB)
QQVGA (160x120)	56.30	50.51
QVGA (320x240)	225.05	114.12
VGA (640x480)	900.05	236.29

4.1 การจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรม TOSSIM

โปรแกรม TOSSIM [9] เป็นการจำลองการส่งข้อมูลภายในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายของระบบปฏิบัติการ TinyOS โดยอ้างอิงพฤติกรรมของสัญญาณจากบอร์ด MicaZ ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR128 และการ์ดสื่อสาร CC2420 โดยออกแบบ Physical layer และ MAC layer ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 [10] ใช้สำหรับทดสอบ อัลกอริทึม โปรโตคอล และการทดสอบต่างๆ โดยสามารถควบคุมและสร้างสภาพแวดล้อมขึ้นได้เอง



รูปที่ 4 การวางโครงสร้างของเซ็นเซอร์โหนด

รูปที่ 4 แสดงถึงการจำลองเครือข่ายที่รับส่งข้อมูลภาพ โดยกำหนดโครงสร้างของเครือข่ายเป็นแบบตารางขนาด 10x10 โหนด กำหนดหมายเลขโหนดเป็น 0-99 โดยให้หมายเลข 0 เป็นตัวรับข้อมูล และหมายเลข 99 เป็นตัวส่งข้อมูลภาพ โดยหมายเลข 4, 9, 40, 44, 49, 90 และ 94 เป็นตัวส่งสัญญาณรบกวน ใช้โปรโตคอล collection tree และกำหนดข้อมูลที่จะส่งประกอบด้วยหมายเลขแพ็คเกจและหมายเลขเส้นทางตามด้วยข้อมูลภาพขนาด 100 ไบต์

ผลการจำลองการส่งข้อมูลปรากฏว่า โหนดแต่ละตัวสามารถส่งข้อมูลถึงโหนดฐานเฉลี่ยจำนวน 91 แพ็คเกจ แสดงว่าระหว่างการจัดส่งข้อมูลเกิดการสูญหายร้อยละ 9 ซึ่งการความสูญเสียระดับนี้ทำให้

ภาพผิดเพี้ยนไปจากเดิมมาก

4.2 การเปรียบเทียบการจัดเก็บข้อมูลภาพแบบต่างๆ

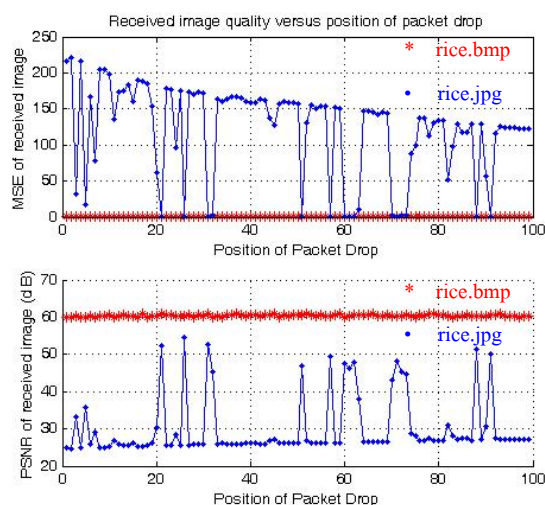
การหาค่าคุณภาพของภาพ หรือความบิดเบือนของภาพ สามารถวัดได้จาก Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) [11] เพื่อเปรียบเทียบขนาดของข้อมูลมากที่สุดกับค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้น โดยใช้ Mean-Squared-Error (MSE) ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างภาพต้นฉบับกับภาพปลายทาง ดังสมการ (1) และ (2)

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

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (2)$$

เมื่อภาพมีขนาด $m \times n$ โดย $I(i, j)$ เป็นค่าพิกเซลของภาพต้นฉบับ $K(i, j)$ เป็นพิกเซลของภาพปลายทางที่ต้องการหาคุณภาพของภาพ โดย PSNR ทำให้เห็นความแตกต่างของค่าความผิดพลาดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนั้นคุณภาพของภาพจึงขึ้นอยู่กับภาพต้นฉบับ และความผิดพลาดในการส่งข้อมูลภายในเครือข่ายจึงส่งผลกระทบต่อภาพปลายทาง

การทดสอบปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพแบ่งเป็น 4 กรณีคือ กรณีที่ 1 ตำแหน่งของแพ็คเกจที่สูญหาย โดยทดสอบละทิ้งแพ็คเกจที่ตำแหน่งต่างๆ จำนวน 1 แพ็คเกจซึ่งมีขนาด 100 ไบต์ จำนวน 100 ตำแหน่ง เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของแพ็คเกจข้อมูลกับชนิดของการจัดเก็บข้อมูล โดยละเว้นส่วนหัวของข้อมูลภาพแบบต่างๆ เนื่องจากข้อมูลเหล่านี้มีความสำคัญ หากเกิดการสูญหายจะไม่สามารถแสดงภาพได้ ผลการทดสอบแสดงดังรูปที่ 5 ตัวอย่างการสูญหายของแพ็คเกจข้อมูลตำแหน่งที่ 60 ดังรูปที่ 6 และค่าคุณภาพของภาพแสดงในตารางที่ 2



รูปที่ 5 ค่าคุณภาพของภาพกับตำแหน่งข้อมูลที่สูญหาย

จากรูปที่ 5 ค่า MSE ของภาพชนิด JPEG มีแนวโน้มลดลงตามตำแหน่งที่เพิ่มขึ้น แสดงว่าตำแหน่งตอนต้นมีความสัมพันธ์กับแพ็คเกจที่ตามมามากกว่าตำแหน่งตอนปลาย และค่า PSNR มีค่าสูงขึ้นในบางตำแหน่ง แสดงว่าตำแหน่งนั้นมีความสัมพันธ์กับแพ็คเกจที่ตามมา น้อย ภาพชนิด BMP ค่า MSE และ PSNR เปลี่ยนแปลงจากเดิม น้อยมาก

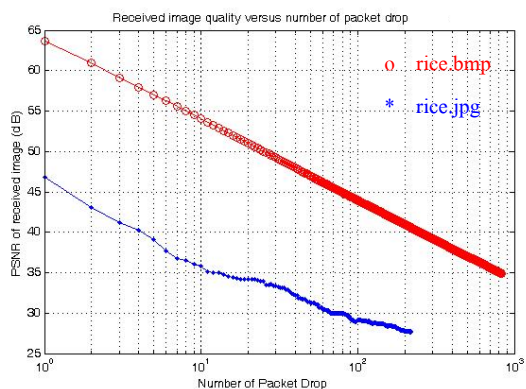


รูปที่ 6 การสูญหายของแพ็คเกจข้อมูลตำแหน่งที่ 60

ตารางที่ 2 คุณภาพของภาพที่แพ็คเกจตำแหน่งที่ 60 สูญหาย

Image	Packet size (bytes)	Position of Packet Drop	PSNR (dB)
rice.jpg	100	60	47.484

กรณีที่ 2 จำนวนแพ็คเกจที่สูญหายระหว่างจัดส่ง โดยการสุ่มละทิ้งแพ็คเกจจำนวน 9% ตามผลการจำลองการส่งข้อมูลด้วยโปรแกรม TOSSIM เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนของแพ็คเกจที่สูญหาย กับชนิดของการจัดเก็บข้อมูล โดย 1 แพ็คเกจมีขนาด 100 ไบต์ ผลการทดสอบดังรูปที่ 7 และค่าคุณภาพของภาพดังตารางที่ 3



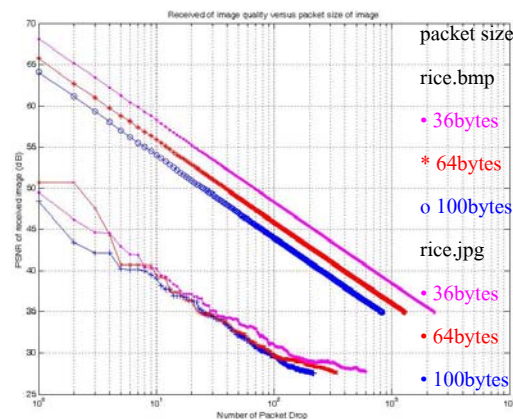
รูปที่ 7 คุณภาพของภาพกับจำนวนของแพ็คเกจข้อมูลที่สูญเสีย

ตารางที่ 3 คุณภาพของภาพกับการสูญหายแพ็คเกจที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ

packet drop (%)	No. of packet drop		PSNR (dB)	
	BMP	JPEG	BMP	JPEG
1	93	25	44.275	33.915
5	460	121	37.366	28.838
9	830	218	34.902	27.727

ภาพทั้งชนิด BMP และ JPEG เมื่อจำนวนแพ็คเกจที่ และจำนวนแพ็คเกจที่สูญหายเพิ่มขึ้น ทำให้คุณภาพของภาพลดลง โดยชนิด JPEG ตำแหน่งของแพ็คเกจที่สูญหายเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพ

กรณีที่ 3 ขนาดของแพ็คเกจข้อมูลที่ใช้จัดส่ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูลสูงสุดที่ส่งได้ ซึ่งในที่นี้ข้อมูลสูงสุดอยู่ที่ 100 ไบท์ โดยทดสอบส่งแพ็คเกจข้อมูลขนาด 36, 64 และ 100 ไบท์ ทั้งภาพชนิด BMP และ JPEG เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแพ็คเกจที่ใช้ส่งกับชนิดของการจัดเก็บข้อมูล โดยพิจารณาที่อัตราการสูญหายของข้อมูลเท่ากับ 9% ผลการทดสอบแสดงไว้ในรูปที่ 8 และค่าคุณภาพของภาพดังตารางที่ 4



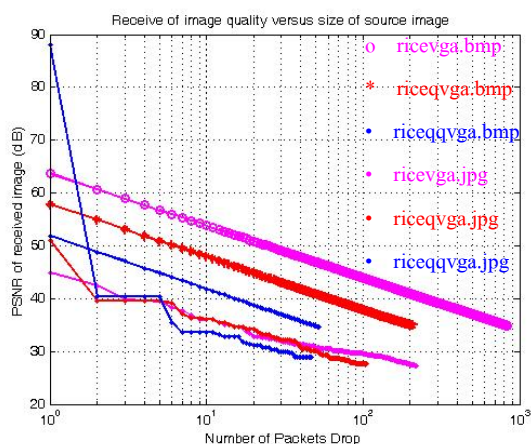
รูปที่ 8 คุณภาพของภาพกับขนาดของแพ็คเกจข้อมูลที่จัดส่ง

ตารางที่ 4 ตารางคุณภาพของภาพกับขนาดของแพ็คเกจที่สูญหาย

Packet size (bytes)	Total Packets		NO. Packets drop 9%		PSNR (dB)	
	BMP	JPEG	BMP	JPEG	BMP	JPEG
36	25602	6722	2305	605	34.954	27.767
64	14402	3782	1297	341	34.925	27.609
100	9217	2420	830	218	34.934	27.560

จากตารางที่ 4 ภาพทั้งชนิด BMP และ JPEG เมื่อพิจารณาการสูญหายของแพ็คเกจ 9% พบว่าคุณภาพของภาพมีความแตกต่างกัน น้อยมาก จะเห็นได้ว่าขนาดของแพ็คเกจที่ใช้ส่ง ไม่มีผลต่อคุณภาพของภาพ โดยชนิด JPEG ตำแหน่งของแพ็คเกจที่สูญหายเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพ

กรณีที่ 4 ขนาดของภาพต้นฉบับที่ใช้ส่งแบ่งเป็น 3 ระดับคือ VGA, QVGA และ QQVGA ตามลำดับ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของภาพที่ใช้ส่ง กับชนิดของการจัดเก็บข้อมูลภาพ โดย 1 แพ็คเกจมีขนาด 100 ไบท์ ผลการทดสอบดังรูปที่ 9 และค่าคุณภาพของภาพดังตารางที่ 5



รูปที่ 9 คุณภาพของภาพกับขนาดของภาพต้นฉบับ

ตารางที่ 5 คุณภาพของภาพกับขนาดของภาพต้นฉบับ

Image Size	Total Packets		NO. Packets drop 9%		PSNR (dB)	
	BMP	JPEG	BMP	JPEG	BMP	JPEG
VGA	9217	2420	830	218	34.901	27.354
QVGA	2305	1169	208	106	34.955	27.584
QQVGA	577	518	52	47	34.632	28.973

จากตารางที่ 5 ภาพทั้งชนิด BMP และ JPEG เมื่อพิจารณาการสูญเสียของแพ็คเกจ 9% พบว่าคุณภาพของภาพมีความแตกต่างกัน น้อยมาก จะเห็นได้ว่าขนาดของภาพต้นฉบับไม่มีผลต่อคุณภาพของภาพ โดยชนิด JPEG ค่าแห่งของแพ็คเกจที่สูญหายเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพ

บทสรุป

การศึกษาคุณภาพของข้อมูลภาพแบบ BMP และ JPEG ที่รับส่งในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอด พบว่าการพิจารณา รูปแบบของข้อมูลที่สูญหายในรูปแบบแพ็คเกจไม่ใช่ BER แสดงให้เห็นว่าคุณภาพของภาพจะลดลงอย่างมาก กรณีข้อมูลภาพแบบ BMP ที่ไม่มีการบีบอัด ความเสียหายจะเกิดขึ้นเฉพาะบริเวณและกระจายทั่วทั้งภาพ แต่ขนาดของข้อมูลจะมีขนาดใหญ่ ทำให้สูญเสียพลังงานมาก และเพิ่มความคับคั่งในเครือข่าย ในกรณีข้อมูลภาพแบบบีบอัด JPEG การสูญเสียของแพ็คเกจในระหว่างการรับส่งจะส่งผลกระทบต่อข้อมูลภาพที่ตามมาแบบต่อเนื่องกัน เนื่องจากองค์ประกอบของข้อมูลภาพแบบ JPEG มีความสัมพันธ์กันสูง ดังนั้นการจัดเก็บข้อมูลภาพสำหรับส่งในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอด ข้อมูลควรมีความสัมพันธ์กันน้อย มีขนาดเล็ก และสามารถทดแทนแพ็คเกจที่สูญหายในเครือข่ายบางส่วน ได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Yick, J., B. Mukherjee, et al. (2008). "Wireless sensor network survey." *Computer Networks* 52(12): 2292-2330.
- [2] Philip, L., M. Sam, et al. (2004). The emergence of networking abstractions and techniques in TinyOS. *Proceedings of the 1st conference on Symposium on Networked Systems Design and Implementation - Volume 1*. San Francisco, California, USENIX Association.
- [3] Wei, W., P. Dongming, et al. (2007). *Image Component Transmissions in Wireless Sensor Network*. Sarnoff Symposium, 2007 IEEE.
- [4] Thiago, T., C. Eugenio, et al. (2006). Address-event imagers for sensor networks: evaluation and modeling. *Proceedings of the 5th international conference on Information processing in sensor networks*. Nashville, Tennessee, USA, ACM.
- [5] Johannes Karlsson, Tim Wark, Philip Valencia, Michael Ung, Peter Corke "Demonstration of Image Compression in a Low-Bandwidth Wireless Camera Network" *Information Processing in Sensor Networks*, 2007. IPSN 2007. 6th International Symposium.
- [6] Barron, J. W., A. I. Moustapha, et al. (2008). *Real-Time Implementation of Fault Detection in Wireless Sensor Networks Using Neural Networks*. Information Technology: New Generations, 2008. ITNG 2008. Fifth International Conference on.
- [7] Lu, T.-C. and C.-C. Chang (2007). "Color image retrieval technique based on color features and image bitmap." *Information Processing & Management* 43(2): 461-472.
- [8] W.B. Pennebaker, J.L. Mitchell, "The JPEG Still Image Data Compression Standard", Van Nostrand Reinhold, 1993.
- [9] Philip, L., L. Nelson, et al. (2003). TOSSIM: accurate and scalable simulation of entire TinyOS applications. *Proceedings of the 1st international conference on Embedded networked sensor systems*. Los Angeles, California, USA, ACM.
- [10] Changsu, S., J. Jung-Eun, et al. (2007). *New RF Models of the TinyOS Simulator for IEEE 802.15.4 Standard*. Wireless Communications and Networking Conference, 2007.WCNC 2007. IEEE.
- [11] Nishikawa, K., K. Munadi, et al. (2008). "No-Reference PSNR Estimation for Quality Monitoring of Motion JPEG2000 Video Over Lossy Packet Networks." *Multimedia, IEEE Transactions on* 10(4):