

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ได้รับการสนใจจากนักวิจัยทั่วโลก เนื่องจากมีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการตรวจสอบสภาพแวดล้อมทางกายภาพทั้งในด้านสิ่งแวดล้อม การทหาร การแพทย์ และการเกษตรกรรม ตัวอย่างการใช้งาน ได้แก่ การฝังอุปกรณ์เซ็นเซอร์ไว้ในร่างกายของนกเหล่านั้น เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่มีผลต่อการย้ายถิ่นฐานของนกเหล่านั้น การศึกษาผลกระทบของแผ่นดินไหวต่อโครงสร้างอาคารโดยการฝังเซ็นเซอร์ไว้ในกำแพง เพื่อวัดข้อมูลที่เกิดจากจำลองการเกิดแผ่นดินไหวในลักษณะต่าง ๆ เป็นต้น

การเกษตรสมัยใหม่จะดำเนินการบนพื้นที่ขนาดใหญ่ และมีการนำเทคโนโลยีต่างๆ เข้ามาใช้ เพื่อให้เป็นระบบอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น เช่น ระบบการจ่ายน้ำ ระบบโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อม เป็นต้น การปลูกพืชในภาคเกษตรกรรมส่วนใหญ่ต้องดูแลเรื่องปริมาณน้ำ แสงสว่าง สารอาหาร และศัตรูพืช ซึ่งตรงกับความสามารถของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ใช้ตรวจสอบสภาพแวดล้อมได้อย่างใกล้ชิด เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงตลอดจนความต้องการของพืช นอกจากข้อมูลสภาพแวดล้อม ข้อมูลอีกประเภทหนึ่งที่มีความจำเป็นคือภาพแปลงเกษตรช่วยตรวจจับความผิดปกติของพืชได้อย่างชัดเจน สามารถส่งให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการเกษตรวิเคราะห์ โดยพิจารณาจากสีและรายละเอียดของภาพ

การส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายมีข้อจำกัดอย่างมาก เนื่องจากเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ถูกออกแบบมาเพื่อทยอยส่งข้อมูลขนาดเล็ก ด้วยคาบเวลาที่ห่างกันมาก อัตราการสูญหายของข้อมูลระหว่างการจัดส่ง มีค่าสูงกว่าเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมาก เนื่องจากเครือข่ายอินเทอร์เน็ตมีโพรโตคอลที่ช่วยในการตรวจสอบการรับส่งข้อมูล สัญญาณเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์มีเสถียรภาพสูง สามารถใช้กลไก Acknowledge ในการตรวจสอบความสำเร็จในการส่งข้อมูลได้ ทำให้สามารถรับประกันความครบถ้วนของข้อมูล ในขณะที่เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายไม่สามารถยืนยันความสำเร็จในการส่งข้อมูล เส้นทางการส่งข้อมูลและค่าคุณภาพสัญญาณเชื่อมต่อมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากบางโหนดเข้าสู่โหมดประหยัดพลังงาน หรือมีความคับคั่งของข้อมูลในบางโหนดสูง ตลอดจนไม่มีการทวนสัญญาณภายในเครือข่าย

ข้อมูลภาพโดยทั่วไปมีขนาดใหญ่กว่าข้อมูลสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ฯลฯ หลายเท่ามาก จึงต้องมีการบีบอัดข้อมูลภาพก่อนการจัดส่ง แล้วแบ่งข้อมูลที่ได้ออกเป็นแพ็คเกจย่อยๆ เพื่อทยอยส่งเข้าสู่เครือข่าย การสูญหายของข้อมูลภาพบางแพ็คเกจจะส่งผลกระทบต่อข้อมูลภาพทั้งหมดเมื่อนำมาถอดรหัสกลับมาเป็นภาพอีกครั้งหนึ่ง ทำให้ภาพที่ได้บิดเบือนไปจากภาพต้นฉบับ หรือบางครั้งไม่สามารถแสดงภาพได้ งานวิจัยที่ผ่านมาเป็นการพัฒนาอุปกรณ์และอัลกอริทึมต่างๆ สำหรับการส่งข้อมูลภาพในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ซึ่งต้องแลกกับการเพิ่มอุปกรณ์สำหรับการจัดเก็บและประมวลผลภาพ เพิ่มต้นทุนการผลิต และใช้พลังงานในการส่งข้อมูลมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอแนวทางหนึ่งในการส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอด เพื่อลดการประมวลผลข้อมูล พื้นที่จัดเก็บภาพ และพลังงานที่ใช้ในการสื่อสาร

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1.2.1 ออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมในการบีบอัดข้อมูลภาพสำหรับการส่งผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอด
- 1.2.2 ออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมในการปรับปรุงข้อมูลภาพที่ได้จากเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอด

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.3.1 การส่งข้อมูลภาพจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อย สีใกล้เคียงกันเป็นส่วนใหญ่ เช่น แปลงการเกษตร
- 1.3.2 ภายในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเป็นแบบหลายทอดโดยใช้โพรโตคอล Collection Tree ในระบบปฏิบัติการ TinyOS
- 1.3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ภายในเครือข่ายสร้างขึ้นจากไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ประโยชน์เชิงวิชาการ เป็นพื้นฐานแนวคิดของการทำวิจัยด้านประมวลผลภาพในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอด

1.4.2 ประโยชน์ด้านการเกษตร เป็นพื้นฐานในการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับเฝ้าระวังโรคพืชและแมลงศัตรูพืช

1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

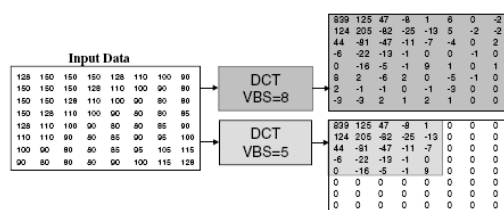
อัลกอริทึมที่ใช้สำหรับส่งรูปภาพในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในปัจจุบัน จะเป็นการส่งภาพแบบเพียงทอดเดียว พิจารณาความผิดพลาดของการรับส่งข้อมูลในลักษณะบิต (Bits Error Rate) หรือการต่อเพิ่มอุปกรณ์เสริมสำหรับประมวลผลภาพ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ การบีบอัดภาพสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย การส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย และฮาร์ดแวร์สำหรับส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

1.5.1 การบีบอัดภาพสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

การบีบอัดภาพในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายส่วนใหญ่ คือ DCT (Discrete Cosine Transform) และ DWT (Discrete Wavelet Transform) งานวิจัยเกี่ยวกับการบีบอัดภาพในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายที่ผ่านมาส่วนใหญ่จึงใช้การบีบอัดภาพแบบ JPEG

— ในปี ค.ศ. 2002 Debashis Panigrahi และคณะ เสนองานวิจัยเรื่อง A Hardware / Software Reconfigurable Architecture for Adaptive Wireless Sensor Image Communication [1] เป็นการปรับปรุงฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ให้เหมาะสมกับการส่งภาพมากที่สุด โดยใช้การบีบอัดแบบ JPEG ร่วมกับ VBS (Virtual Block Size) ดังรูปที่ 1.1 โดยคำนึงถึงค่าพลังงานที่ใช้ เวลาในการทำงาน และคุณภาพภาพ การเปรียบเทียบการบีบอัดที่ใช้วิธีการแปลงข้อมูล การแบ่งระดับสัญญาณและการเข้ารหัสสัญญาณด้วยซอฟต์แวร์ทั้งหมด กับการใช้การเข้ารหัสสัญญาณที่เป็นซอฟต์แวร์ร่วมกับการการแปลงข้อมูลและการแบ่งระดับสัญญาณที่เป็นฮาร์ดแวร์ พบว่าการใช้ฮาร์ดแวร์ช่วยประหยัดทั้งเวลาและพลังงาน นอกจากนี้ได้ศึกษาตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อการใช้การบีบอัดภาพแบบ JPEG คือ VBS และระดับการแบ่งสัญญาณ พบว่าขนาดของ VBS แปรผันตรงกับค่าพลังงานที่ใช้แต่แปรผกผันกับคุณภาพของภาพ ในขณะที่ระดับการแบ่งสัญญาณแปรผกผันกับพลังงานที่ใช้ และคุณภาพภาพ โดยมีการเปรียบเทียบการบีบอัดภาพแบบ JPEG, Energy/ latency/ image quality trade-offs in enabling mobile multimedia communication (Algor1 [13]) และ Adaptive image compression for enabling mobile

multimedia communication (Algor2 [12]) พบว่าการบีบอัดภาพแบบ Algor1 [13] ใช้เวลา และพลังงานน้อยที่สุด



รูปที่ 1.1 ตัวอย่าง VBS ขนาด 8x8 และ 5x5 พิกเซล

1.5.2 การส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

การส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายใช้วิธีแยกประเภทของข้อมูล และกำหนดเงื่อนไขในการส่งข้อมูลแต่ละชนิด เพื่อลดการใช้พลังงาน และการส่งข้อมูลซ้ำซ้อน เช่น ICT (Image Component Transmissions), AER (Address-Event Representation) เป็นต้น ภาพที่ใช้โดยทั่วไปจะใช้ภาพสีเทา กรณีที่เป็นภาพสีจะต่ออุปกรณ์ประเภท DSP เพิ่มเติม การทดสอบเป็นการส่งข้อมูลในเครือข่ายขนาดเล็ก และศึกษาเฉพาะความผิดพลาดแบบ BER (Bit error rate)

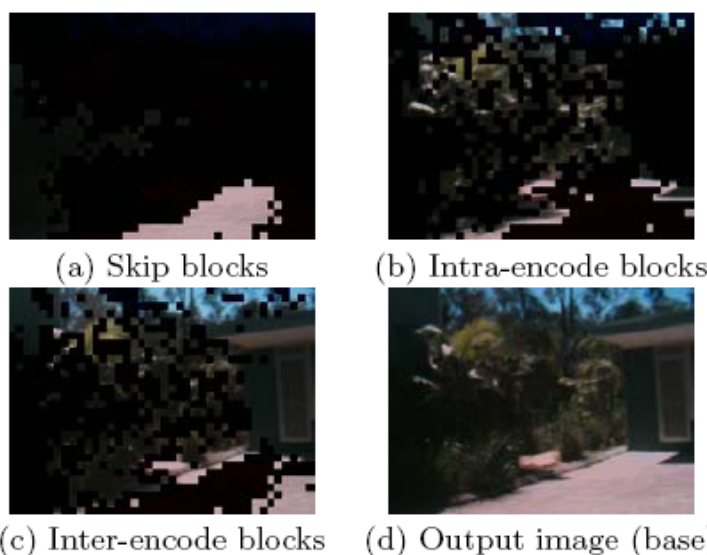
— ในปี ค.ศ. 2007 Johannes Karlsson และคณะ เสนองานวิจัยเรื่อง Demonstration of Image Compression in a Low-Bandwidth Wireless Camera Network [2] ได้พัฒนาวิธีการส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยอาศัยกระบวนการจัดการภาพ สถิติการใช้ฮาร์ดแวร์ Fleck™-3 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Atmega128 การ์ดสื่อสาร NRF905 ถ่ายภาพบีบอัดข้อมูลและส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายกล้องไร้สายในสภาวะแบนด์วิดท์ต่ำ ทางด้านฮาร์ดแวร์ได้เพิ่มบอร์ด DSP เพื่อช่วยในการบีบอัดภาพ และใช้อุปกรณ์ FPGA ในการประมวลผลภาพ เพื่อเพิ่มหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภาพ โดยออกแบบอัลกอริทึมสำหรับส่งภาพให้ช่วยลดจำนวนครั้งในการส่งข้อมูล ขั้นแรกทยอยส่งข้อมูลภาพทั้งหมดไปยังโหนดฐานเพื่อใช้เป็นภาพอ้างอิง ดังรูปที่ 1.2 หลังจากนั้น เลือกส่งข้อมูลภาพเฉพาะบริเวณที่เปลี่ยนแปลง โดยแบ่งข้อมูลภาพออกเป็น 3 ประเภท โดยใช้บล็อกขนาด 8x8 พิกเซล เพื่อแยกวิธีการเข้ารหัสภาพ ประเภทที่ 1 Skip Block เป็นภาพพื้นหลัง พิจารณาจากค่า MSE กับบล็อกข้างเคียง หากมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ไม่ต้องส่งข้อมูล ประเภทที่ 2 Intra Block encode เป็นการเข้ารหัสบล็อกโดยปราศจากการอ้างอิงกับบล็อกข้างเคียง ประเภทที่ 3 Inter Block encode เป็นการเลือกเข้ารหัสเฉพาะบล็อกที่แตกต่างจากบล็อกข้างเคียง โดยสองประเภทหลังจะเข้ารหัสคล้ายกับการบีบอัดแบบ JPEG ตัวอย่างการส่งข้อมูลภาพประเภทต่างๆ ดังรูปที่ 1.3 ในการทดลองสามารถบีบอัดภาพได้ 97 เปอร์เซ็นต์ เมื่อ

เปรียบเทียบคุณภาพภาพด้วย PSNR มีค่าสูงถึง 36.1 dB การทดลองใช้โพรโตคอล Collection tree ของ TinyOS มีโหนดฐานเป็นตัวควบคุม ทำหน้าที่จัดตารางงานให้กับโหนดในเครือข่าย เมื่อมีโหนดใหม่เพิ่มเข้ามาจะส่ง control message ไปยังโหนดฐานเพื่อบอกตำแหน่งและหมายเลขของตนเอง หลังจากนั้นโหนดฐานจะสร้างตารางงานใหม่ และกระจายไปยังโหนดทุกตัว โครงสร้างของข้อมูลที่ใช้ส่งประกอบด้วยจำนวนบล็อกที่ส่งมา หมายเลขบล็อกและจำนวนบล็อกทั้งหมด สำหรับการสูญหายของแพคเกจจะส่งผลกระทบต่อข้อมูลในบล็อกถัดไป ไม่มีการส่ง Ack กลับไปยังต้นทาง จึงใช้วิธีจับเวลาข้อมูลตอบกลับ ช่วยลดการสูญหายของข้อมูลประเภท Intra Block ได้ดี



(a) Reference Image (b) Input (new) Image

รูปที่ 1.2 ภาพอ้างอิงและภาพที่ได้จากโหนดกล้องเมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง

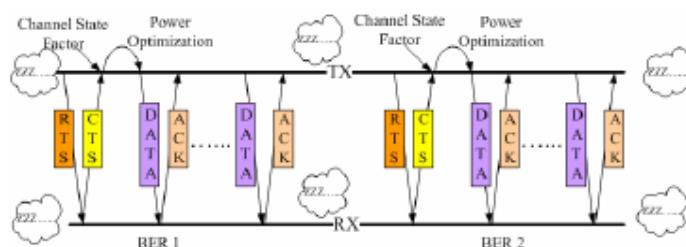


(a) Skip blocks (b) Intra-encode blocks (c) Inter-encode blocks (d) Output image (base)

รูปที่ 1.3 ภาพที่ส่งแต่ละประเภทและภาพที่ได้จากการรวมทุกภาพเข้าด้วยกัน

— ในปี ค.ศ. 2007 Wei Wang และคณะ เสนองานวิจัยเรื่อง Image Component Transmissions in Wireless Sensor Network [3] ใช้วิธีการบีบอัดภาพแบบ JPEG2000 และส่ง

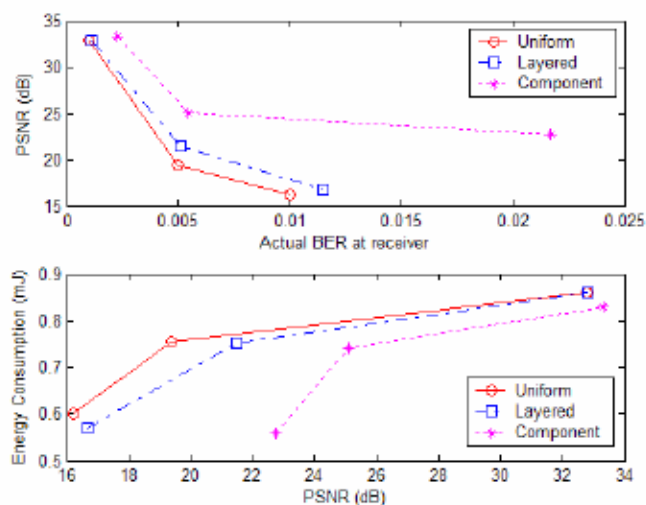
ภาพโดยใช้ T-MAC ใน TinyOS ใช้การส่งภาพแบบ ICT ดังรูปที่ 1.4 โดยแยกระดับความสำคัญของข้อมูลระหว่างข้อมูลโครงสร้างกับค่าของข้อมูลภาพ ซึ่งทำให้ส่งภาพโดยใช้พลังงานต่ำและคุณภาพของภาพยังคงดีอยู่ มีการใช้กระบวนการ RTS, CTS และ ACK ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ทดสอบเปรียบเทียบระหว่างความผิดพลาดจาก BER แบบ Uniform, Layered และ Component ในเครือข่ายแบบหลายทอด ทดสอบที่สัญญาณรบกวน 3 ระดับคือ ต่ำ ปานกลาง และสูง ผลการทดสอบดังตารางที่ 1.1 จากรูปที่ 1.5 จะเห็นว่า ความผิดพลาดจาก BER แบบ Component ให้ค่าคุณภาพของภาพดีที่สุดและใช้พลังงานต่ำสุด



รูปที่ 1.4 การใช้ ICT โดยตรวจสอบความผิดพลาดจาก BER

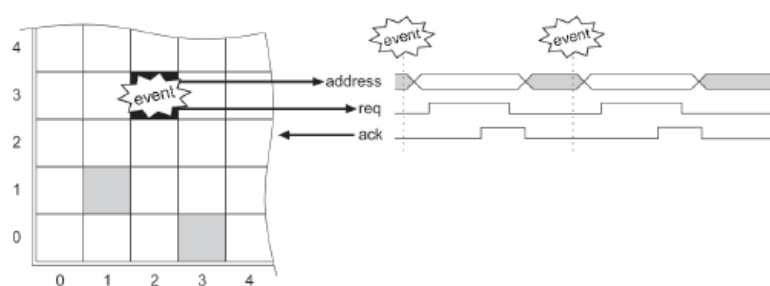
ตารางที่ 1.1 ภาพจากการส่งสัญญาณรบกวนระดับต่างๆ ต่อความผิดพลาดจาก BER แบบต่างๆ

ระดับสัญญาณรบกวน	Uniform	Layered	Component
ต่ำ			
ปานกลาง			
สูง			

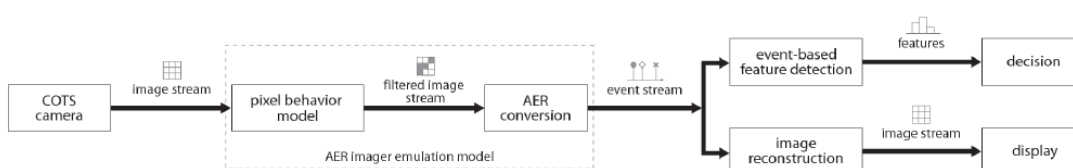


รูปที่ 1.5 (ภาพบน) ค่าคุณภาพภาพกับความผิดพลาดแบบ BER ต่อการส่งภาพแบบต่างๆ
(ภาพล่าง) พลังงานที่ใช้กับค่าคุณภาพภาพต่อการส่งภาพแบบต่างๆ

— ในปี ค.ศ. 2006 Thiago Teixeira และคณะ เสนองงานวิจัยเรื่อง Address-Event Imagers for Sensor Networks: Evaluation and Modeling [4] เนื่องจากการส่งข้อมูลภาพมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น พลังงานที่ใช้ การประมวลผล การเก็บข้อมูล ขนาดของแบนวิธ และความปลอดภัย ทั้งนี้จึงใช้วิธีการส่งข้อมูลแบบ AER จะส่งตำแหน่งของข้อมูลที่ต้องการส่ง หรือ req (require bit) ออกไป และรอการตอบกลับ หรือ Ack เพื่อตรวจสอบการได้รับข้อมูล ดังรูปที่ 1.6 โดยมีกระบวนการส่งข้อมูล ดังรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.6 โมเดลการทำงานของ ARE

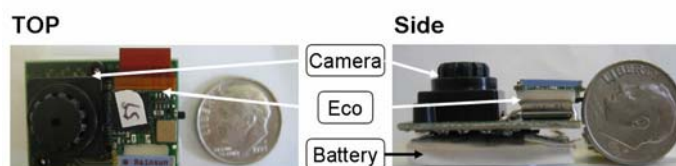


รูปที่ 1.7 Block Diagram ของ AER

1.5.3 ฮาร์ดแวร์สำหรับส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

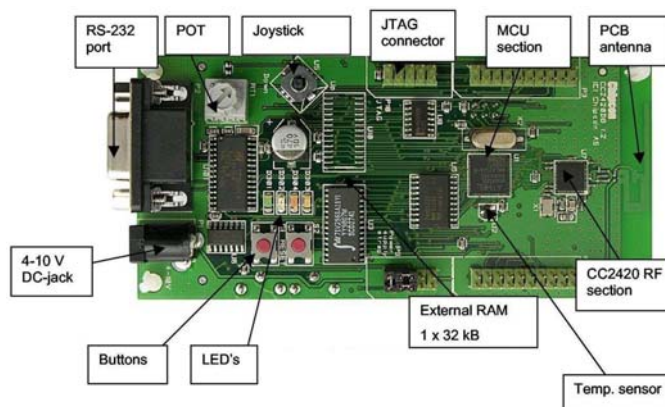
การออกแบบฮาร์ดแวร์สำหรับโหนดกล้องส่วนใหญ่จะเน้นให้มีขนาดเล็ก กะทัดรัด และปรับปรุงการรับส่งข้อมูลระหว่างกล้องกับการสื่อสาร นอกจากนี้ ยังคำนึงถึงซอฟต์แวร์สำหรับโปรแกรมการทำงานของกล้อง โดยสร้าง API สำหรับส่งงานกล้องโดยเฉพาะ

— ในปี ค.ศ. 2006 Chulsunng Park และคณะ เสนองานวิจัยเรื่อง eCAM : Ultra Compact, High Data-Rate Wireless Sensor Node with a Miniature Camera [5] การส่งข้อมูลภาพในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายส่วนใหญ่จะเกิดปัญหาคอขวดระหว่างกล้องกับการสื่อสาร ตัวอย่างบอร์ด eCAM ดังรูปที่ 1.8 ใช้กล้องที่มีประสิทธิภาพในการบีบอัดข้อมูลภาพ การสื่อสารสามารถปรับความถี่ในการส่งข้อมูลให้อยู่ในโหมดความเร็วสูงและโหมดความเร็วต่ำ เนื่องจากใช้ simple-MAC โดยออกแบบให้กล้องส่งข้อมูลภาพถึงโหนดฐานโดยตรงแบบทอดเดียว



รูปที่ 1.8 ภาพด้านบนและด้านข้างของบอร์ด eCAM

— ในปี ค.ศ. 2006 Stephan Hengstler และ Hamid Aghajan เสนองานวิจัยเรื่อง WiSNAP: A Wireless Sensor Network Application Platform [6] เป็นการออกแบบทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สำหรับการส่งข้อมูลภาพในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ตัวอย่างบอร์ด WiSNAP ดังรูปที่ 1.9 เป็นโหนดเซ็นเซอร์ภาพที่มี API ที่เกี่ยวกับการจัดการข้อมูลภาพเตรียมไว้แล้วในโปรแกรม Matlab ใช้การบีบอัดภาพแบบ JPEG ตัวอย่างการใช้งานเช่น การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของตัวเลขจากการหมุน การหาตำแหน่งของโหนดโดยดูจากภาพที่อยู่บริเวณข้างเคียง เพื่อหาตำแหน่งทิศทาง และระยะห่างจากโหนดฐาน



รูปที่ 1.9 ส่วนประกอบต่างๆ ของบอร์ด WiSNAP

1.6 ระเบียบขั้นตอนการทำงานวิจัย

- 1.6.1 ศึกษาขั้นตอนและวิธีการส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอด
- 1.6.2 วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากการส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอด
- 1.6.3 ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของภาพ เมื่อส่งผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอด
- 1.6.4 ออกแบบขั้นตอนและวิธีการส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอด
- 1.6.5 จำลองการส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอดบนคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม TOSSIM และโปรโตคอล Collection Tree และใช้โปรแกรม MATLAB ในการจำลองการสูญหายของข้อมูลและการวิเคราะห์คุณภาพของภาพ
- 1.6.6 ออกแบบ และพัฒนาขั้นตอนและวิธีการส่งข้อมูลภาพผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอดให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ
 - ออกแบบอัลกอริทึมในการบีบอัดข้อมูลภาพให้เหมาะสม กับการส่งผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอด
 - ออกแบบอัลกอริทึมในการจัดส่งข้อมูลภาพ ผ่านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายแบบหลายทอด
- 1.6.7 ทดสอบและปรับปรุงอัลกอริทึม
- 1.6.8 วิเคราะห์, สรุปผล และจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

