



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อติดตาม
และระบุตำแหน่งโคเนื้อในภาคปศุสัตว์

The Application of Wireless Sensor Network to Monitor
and Identify the Position of Beef Cattle in the Livestock Production

ชาญวิทย์ สุวรรณพงศ์ และ วีรธรรม ไชยวงศ์

Chanwit Suwannapong and Weerathum Chaiyong

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยนครพนม 214 หมู่ 12 ตำบลหนองญาติ อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม 48000

Received: January 2015

Accepted: June 2015

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อติดตามและระบุตำแหน่งโคเนื้อในภาคปศุสัตว์ เพื่อป้องกันการสูญหาย โดยใช้การระบุตำแหน่งแบบจับคู่ค่าความเข้มของสัญญาณจากเซ็นเซอร์ไร้สายที่วัดได้จริง อีกทั้งช่วยในการจัดการฐานข้อมูลที่สำคัญ เช่น ชื่อโค ข้อมูลเครื่องหมายตัวสัตว์ พันธุ์ประวัติ ประวัติการผสมพันธุ์ รวมไปถึงข้อมูลสุขภาพ ในส่วนของการแสดงผลนั้นได้แสดงบนเว็บเบราว์เซอร์ โดยได้แสดงเป็น 2 ลักษณะคือ แบบตารางข้อมูลและแบบโครงสร้าง จากผลการวิจัยพบว่า ระบบการทำงานของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อมีระยะเวลาในการส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์ใน 0.55 วินาทีขึ้นไป

คำหลัก : เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ติดตามสัตว์เลี้ยง ปศุสัตว์ โคเนื้อ

Abstract

This research presents the application of wireless sensor network to follow and identify the position of cattle in the livestock sector in order to prevent cattle from losing by identifying the position using RSSI database mapping from the actual measured wireless sensor network. It also helps in an important database management such as names of cattle, identity tags of the cattle, pedigree, animal breeding profiles, including health information. The result has shown on a browser in 2 forms; data table and topology. The result of the research found that working system of wireless sensor network could work effectively when the period of time in sending data from sensor nodes was more than 0.55 seconds.

Keywords : Wireless sensor network, Monitoring of farm animals, Livestock, Beef cattle

1. บทนำ

การเลี้ยงโคเนื้อเป็นอาชีพทางการเกษตรที่สำคัญอาชีพหนึ่ง และเกี่ยวข้องกับเกษตรกรไทยหลาย ครอบครัว ในอดีตการเลี้ยงโคเนื้อของเกษตรกรไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แรงงานทำการเกษตรเป็นหลัก เมื่อใช้งานหมดอายุจึงปลดจำหน่ายเป็นโคเนื้อ ในปัจจุบันรูปแบบการเลี้ยงโคเนื้อได้เปลี่ยนมาเป็นการเลี้ยงเพื่อจำหน่ายเป็นโคเนื้อสำหรับผลิตเนื้อโค เพื่อตอบสนองความต้องการบริโภคเนื้อโค จากประชากรทั้งในและนอกประเทศมากขึ้น แต่จากสถิติของกรมปศุสัตว์ปี 2554 ประเทศไทยสามารถผลิตลูกโคได้จำนวน 0.87 ล้านตัว หรือ ร้อยละ 55 ของโควัยเจริญพันธุ์เท่านั้น [1] ทั้งนี้เป็นเพราะเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อในปัจจุบันยังประสบปัญหาหลายอย่าง เช่น โคเนื้อเกิดการสูญหาย ขาดการเรียนรู้ที่จะพัฒนาเทคโนโลยีทางการปศุสัตว์ ขาดความรู้ในการจัดการการเลี้ยงดูโคเนื้อ เป็นต้น อีกทั้งการปศุสัตว์ในปัจจุบันโดยทั่วไปยังเป็นระบบแบบพึ่งพาตนเอง ทั้งการบันทึกข้อมูล การให้อาหาร และการจัดการด้านอื่นๆ ส่งผลให้เกิดภาวะแก่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ ทำให้ไม่สามารถสร้างผลผลิตได้ตามความต้องการ ทั้งยังเป็นการเพิ่มต้นทุนในด้านการผลิตการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network) มาประยุกต์ใช้ในภาคปศุสัตว์ จะเป็นการเพิ่มปริมาณ ลดต้นทุน และเป็นการเพิ่มคุณภาพของผลผลิตทางการปศุสัตว์ โดยเฉพาะจะช่วยให้การจัดการการเลี้ยงดูโคเนื้อซึ่งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูง ถูกออกมาสำหรับงานที่ต้องการ การสื่อสารแบบไร้สายเพื่อลดความยุ่งยากซับซ้อนสำหรับการติดตั้ง โดยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย เป็นการสื่อสารระหว่างหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ในเครือข่าย ซึ่งเริ่มจากการกำหนดมาตรฐานการรับ-ส่งข้อมูลแบบ IEEE 802.15.4 ที่เน้นการสื่อสารแบบประหยัดพลังงาน ความเร็วการรับส่งข้อมูลต่ำ อีกทั้งอุปกรณ์ยังมีราคาถูก งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โปรโตคอล 6LoWPAN ที่ทำงานร่วมกับมาตรฐาน IEEE 802.15.4 ซึ่งเป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายระยะใกล้ความเร็วต่ำ ขนาดความถี่ 2.4

GHz และสามารถรับส่งข้อมูลได้สูงสุด 250 กิโลบิตต่อวินาทีจากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการระบบติดตามและระบุตำแหน่งของโคเนื้อในภาคปศุสัตว์ เพื่อป้องกันการสูญหาย อีกทั้งยังสามารถใช้ในการจัดเก็บข้อมูลเฉพาะตัวของโค เพื่อช่วยในการวางแผนการเลี้ยง อำนวยความสะดวกให้กับเกษตรกร และช่วยในการปรับปรุงการปศุสัตว์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network)

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย [2] เป็นเครือข่ายของเซ็นเซอร์โนด ที่ประกอบด้วยเซ็นเซอร์โนดจำนวนมาก เซ็นเซอร์โนดที่อยู่ภายในเครือข่าย จะทำหน้าที่ตรวจจับเก็บข้อมูลของสิ่งแวดล้อมที่สนใจ และส่งข้อมูลที่ได้กลับไปโนดต้นทาง ที่ต้องการข้อมูลนั้น โดยอาศัยเซ็นเซอร์โนดที่ข้างเคียงกัน ส่งข้อมูลต่อกันไป

การที่เซ็นเซอร์โนดจำนวนมาก ทำงานเป็นกลุ่มรวมกันเป็นเครือข่าย เรียกว่า เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย จำเป็นต้องมีวิธีการสื่อสารกันระหว่างโนดซึ่งจะทำงานร่วมกัน ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครือข่าย ส่งไปยังสถานีฐาน (Base Station) ซึ่งส่วนที่ควบคุมการทำงานดังกล่าว เรียกว่า ส่วนโปรโตคอลในการรับ-ส่งข้อมูลในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย เราตั้งโปรโตคอลเป็นส่วนการทำงานในชั้นของเครือข่าย (Network Layer) ทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับ การค้นหาเส้นทางในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างสถานีฐาน กับโนดที่ทำการส่งข้อมูลโปรโตคอลสำหรับเครือข่ายเซ็นเซอร์แบบไร้สาย จะถูกแบ่งตามลักษณะชั้นการทำงาน การทำงานของโปรโตคอลในส่วนสองชั้นแรก จะเกี่ยวกับมาตรฐานของฮาร์ดแวร์ (PHY) และวิธีการเข้าใช้สื่อ (MAC) จะเกี่ยวข้องกับฮาร์ดแวร์เป็นส่วนใหญ่ โปรโตคอลในสองชั้นนี้ จะถูกกำหนดเป็นมาตรฐาน IEEE 802.15.4 แต่สำหรับชั้นของโปรโตคอลที่อยู่สูงขึ้นมา

ซึ่งตามมาตรฐานของชั้นเครือข่าย (OSI Model) จะทำหน้าที่เกี่ยวกับเครือข่าย (Network Layer) การค้นหาเส้นทางในการรับส่งข้อมูล (Routing) และการรับส่งข้อมูล (Transportation)

2.2 6LoWPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks)

6LoWPAN [3] (IPv6 over Low power WPAN) ถูกพัฒนาขึ้นโดย 6LoWPAN working group จุดประสงค์เพื่อให้ IPv6 ทำงานร่วมกับมาตรฐาน IEEE 802.15.4 เพื่อติดต่อระหว่างหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ซึ่งอยู่ในสภาพแวดล้อมจริงกับโปรแกรมต่างๆ ที่ทำงานผ่าน IPv6 โดย 6LoWPAN เป็นการสร้างชุดโปรโตคอลขึ้นให้เทียบเท่าการใช้งาน IPv6 พร้อมกับ ICMP TCP และ UDP ทั้งชุดผ่านการบีบอัดข้อมูลเพื่อให้สามารถทำงานได้บนช่องทางการสื่อสารที่ขนาดเฟรม 127 ไบต์ ของการเชื่อมต่อแบบ IEEE 802.15.4 โดยเปิดให้มีการย่อข้อมูลให้มีขนาดเล็กลงเพื่อประหยัดหน่วยความจำและพลังงานที่ต้องใช้ในการส่งข้อมูล และใช้ชั้น Datalink ของ IEEE 802.15.4 เป็นส่วนหนึ่งของการอ้างที่อยู่ในชั้นเครือข่ายเพื่อประหยัดพื้นที่ในเฟรม

2.3 การวัดค่าความเข้มของสัญญาณ (Received Signal Strength Indication หรือ RSSI)

เป็นวิธีการวัดความเข้มของสัญญาณวิทยุระหว่างเซ็นเซอร์ไร้สายตัวหนึ่งไปยังเซ็นเซอร์ไร้สายอีกตัวหนึ่งโดยมีความสัมพันธ์กับสมการดังนี้

$$RSSI = -(10n \log_{10} d + A) \quad (1)$$

เมื่อ n คือค่าคงที่ของการกระจายสัญญาณ, d คือระยะห่างจากตัวส่ง และ A คือความเข้มของสัญญาณที่ได้รับใน 1 เมตร โดยค่า RSSI นั้นมีหน่วยเป็นเดซิเบลเมตร (dBm) [4] โดยค่าความเข้มของสัญญาณนั้นมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับระยะทาง ตัวอย่างเช่น หากระยะทางมากขึ้น จะทำให้ค่าความเข้มของสัญญาณมีค่าลดลง

2.4 การจับคู่ค่าความเข้มของสัญญาณในฐานข้อมูลอ้างอิง (RSSI Database Mapping)

เป็นการเก็บข้อมูลความเข้มของสัญญาณ [5] อ้างอิงตามจุดต่างๆ ที่ผู้ทำวิจัยได้กำหนดขึ้นในการทดลอง หรือก็คือ พิกัด X และ Y เพื่อใช้ในการจับคู่กับค่าความเข้มของสัญญาณที่วัดได้จริง โดยฐานข้อมูลนี้จะประกอบไปด้วยค่าความเข้มของสัญญาณของแต่ละเซ็นเซอร์อ้างอิงที่ถูกเฉลี่ย ค่าพิกัดบนแผนที่ และชั้นที่ทำการวัด แสดงได้ดังรูปที่ 1

Index	RSSI_REF1	RSSI_REF2	RSSI_REF3	RSSI_REF4	RSSI_REF5	X	Y
1	-53	-69	-80	-80	-63	32	4
2	-52	-66	-82	-76	-63	33	4
3	-52	-63	-83	-73	-64	34	4
4	-52	-61	-83	-70	-64	35	4
5	-52	-59	-84	-69	-65	36	4
6	-53	-57	-83	-67	-65	37	4
7	-54	-56	-83	-66	-66	38	4
8	-56	-55	-82	-65	-66	39	4
9	-57	-54	-82	-65	-67	40	4
10	-59	-54	-81	-65	-67	41	4

รูปที่ 1 ตัวอย่างฐานข้อมูลในระบบ [5]

2.5 วิจัยเรื่อง Design and Development of an Electronic Cowbell Based on ZigBee Technology

เป็นการวัดค่าความเข้มของสัญญาณโดยอาศัยงานวิจัยของ Gay-Fernandez [6] ได้พัฒนาเซ็นเซอร์เน็ตเพื่อใช้เป็นกระดิ่งไฟฟ้าผูกที่โคและพัฒนาระบบติดตามเพื่อช่วยในการติดตามและระบุตำแหน่งของโคที่กระจายตัวในฟาร์มปศุสัตว์ขนาดใหญ่ โดยกระดิ่งไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นนั้นประกอบไปด้วยอุปกรณ์ส่งสัญญาณในคลื่นความถี่ 2.4 GHz เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิที่โคและเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ในด้านการพัฒนาระบบติดตามและระบุตำแหน่งนั้น ได้นำเสนอแนวคิดในการระบุตำแหน่งของโคในฟาร์มปศุสัตว์ โดยใช้วิธีสามเหลี่ยมระยะ (Triangulation) และใช้ค่าความเข้มของสัญญาณ (Receive Signal Strength Indication หรือ RSSI) เพื่อหาระยะห่างระหว่างเซ็นเซอร์เน็ตที่ติดที่โคกับเซ็นเซอร์เน็ตอ้างอิง

2.6 วิจัยเรื่อง Sensor and Actuator Networks: Protecting Environmentally Sensitive Areas [7]

งานวิจัยของ Swain [7] ได้นำเสนอการทำงานของแอปพลิเคชันเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในการควบคุมและติดตามสัตว์เลี้ยงในพื้นที่ปศุสัตว์ขนาดใหญ่ โดยการใช้วิธีการสร้างรั้วเสมือนจริง เพื่อปกป้องพื้นที่ ที่เปราะบางจากสิ่งแวดล้อม โดยมีแนวคิดจากการทำงานของรั้วไฟฟ้า เพื่อควบคุมสัตว์เลี้ยงให้เสมือนอยู่ภายในรั้วธรรมชาติ ซึ่งจะในการพัฒนาแนวคิดนี้ผู้พัฒนาโดยรวมเอาแนวคิดทางด้านการตอบสนองต่อไฟฟ้าและการระบุตำแหน่งของสัตว์เลี้ยงโดยใช้ GPS ไว้ด้วยกัน

3. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

3.1 อุปกรณ์ในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ผู้ทำวิจัยได้เลือกใช้ไอซี CC2530 ที่ทำงานในย่านความถี่ 2.4 GHz เพื่อใช้ในการพัฒนาเซ็นเซอร์โนด (Sensor Node) เพื่อใช้กับโคเนื้อและโนดอ้างอิง (Reference Node) แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เซ็นเซอร์โนด

อีกทั้งพัฒนาปลอกคอของโคเนื้อไร้สาย เพื่อใช้ในการติดตามและระบุตำแหน่ง โดยปลอกคอของโคเนื้อประกอบไปด้วย ไมครูล CC2530 อุปกรณ์แบตเตอรี่ ซึ่ง

ทั้งหมดถูกห่อหุ้มด้วยอุปกรณ์กันน้ำ จากนั้นนำไปติดตั้งกับโคเนื้อ ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 3



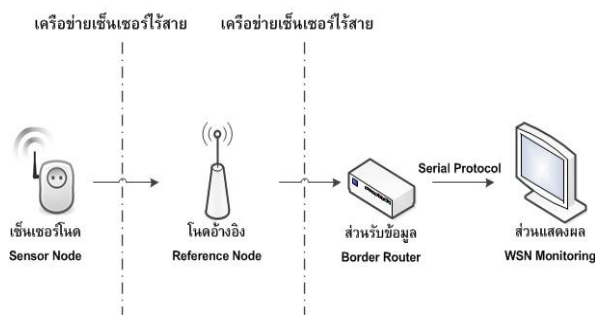
รูปที่ 3 ปลอกคอที่ติดตั้งกับโคเนื้อ

3.2 ภาพรวมของระบบ

ระบบของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ

- 1) เซ็นเซอร์โนดที่ติดกับโคเนื้อ (Sensor Node) ทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยังโนดอ้างอิง
- 2) เซ็นเซอร์โนดที่ทำหน้าเป็นโนดอ้างอิง (Reference Node) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์โนดที่ติดกับโคเนื้อ จากนั้นส่งข้อมูลที่ได้ไปยัง ส่วนรับข้อมูล
- 3) เซ็นเซอร์โนดที่ทำหน้าที่รับข้อมูล (Border Router) โดยเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำหน้าที่รับข้อมูลจากโนดอ้างอิง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้รับ ไปปรับปรุงฐานข้อมูล

การทำงานของระบบคือ เซ็นเซอร์โนดที่ติดกับโคเนื้อจะทำการส่งข้อมูลที่ประกอบด้วย หมายเลขของโคเนื้อ และค่าความเข้มของสัญญาณไปยังโนดอ้างอิง ที่ทำหน้าที่เป็นจุดอ้างอิงในแต่ละจุด จากนั้นโนดอ้างอิงจะทำการส่งข้อมูลที่ได้รับ ไปยังส่วนของเซ็นเซอร์โนดที่ทำหน้าที่รับข้อมูล ซึ่งผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลที่ได้ ไปใช้ในการจับคู่กับค่าความเข้มของสัญญาณ จากจุดอ้างอิงจุดต่างๆ ในฐานข้อมูล เพื่อหาพิกัด X และ Y โครงสร้างของระบบแสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 โครงสร้างของระบบ

ในการแสดงผลการติดตามและระบุตำแหน่งนั้น จะแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งสามารถแสดงผลได้ 2 รูปแบบคือแบบตารางและแบบโครงสร้าง (Topology) โดยในการแสดงผลแบบตารางนั้น จะแสดงข้อมูล หมายเลข และตำแหน่งของโคเน็ค โดยระบุเป็นพิกัด X และ Y อีกทั้งยังแสดงข้อมูลโคเน็คที่สำคัญ เช่น ชื่อโค ข้อมูลเครื่องหมาย ตัวสัตว์ พันธุ์ประวัติ ประวัติการผสมพันธุ์ รวมไปถึงข้อมูลสุขภาพ ส่วนการแสดงผลแบบโครงสร้างนั้นจะแสดงจุดสัญลักษณ์ในแผนที่ซึ่งการแสดงผลแบบตารางและแบบโครงสร้างนั้น แสดงดังรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

ตำแหน่งของโคเน็ค (พิกัด)			
หมายเลขโค	X	Y	วันเวลา
1	10	16	-2014-07-25 13:31:09
2	20	20	-2014-07-25 13:31:27
3	30	32	-2014-07-25 13:31:36
4	10	44	-2014-07-25 13:31:49

ข้อมูลเฉพาะโคเน็ค							
หมายเลขโค	ข้อมูลเครื่องหมาย	ชื่อ	เพศ	วันเกิด	น้ำหนักแรกเกิด(กิโลกรัม)	พันธุ์	ประวัติการผสมพันธุ์
1	Ear Tag #1	Winchell	M	22/7/255	77.3	Brahmin	-
2	Ear Tag #2	Daxton	M	22/7/255	78.4	Brahmin	-
3	Ear Tag #3	Cara	F	22/7/255	72.1	Brahmini	-
4	Ear Tag #4	Rain	F	22/7/255	74.5	Brahmini	-

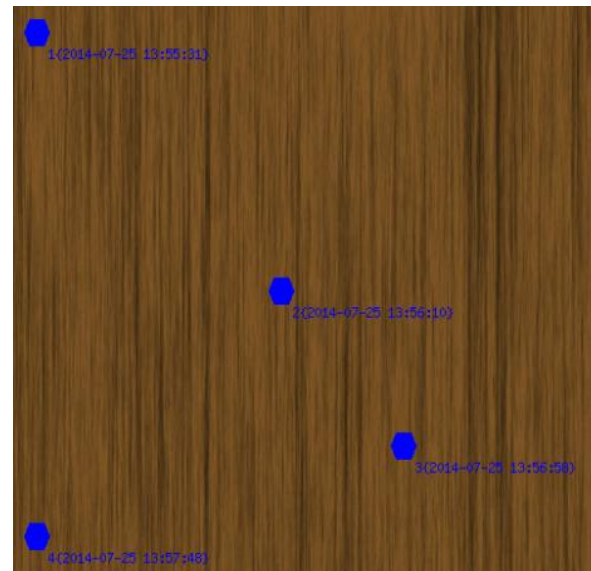
รูปที่ 5 การแสดงผลแบบตาราง

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

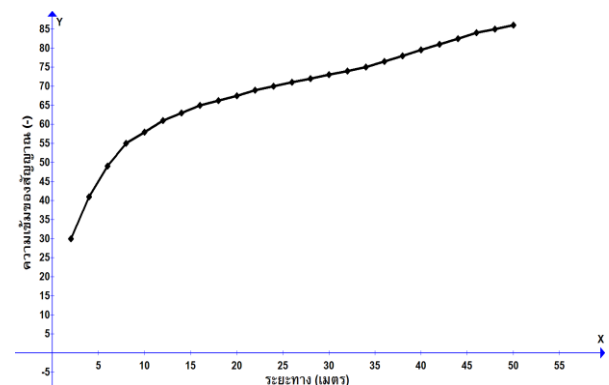
4.1 ผลการทดลองการวัดค่าความเข้มของสัญญาณ (RSSI) จากเซ็นเซอร์โน้ดอ้างอิง

ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อระบุตำแหน่งของโคเน็ค จำเป็นต้องใช้ค่าความเข้มของสัญญาณเพื่อคำนวณหาระยะห่างของเซ็นเซอร์โน้ดอ้างอิงที่อยู่ห่างจากตัวส่งสัญญาณ เพื่อนำมาคำนวณหาตำแหน่งของโคเน็ค

โดยค่าที่ได้จากโน้ดอ้างอิง คือ ค่าความเข้มของสัญญาณระหว่างโน้ดที่ติดกับโคเน็คกับโน้ดอ้างอิง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างโน้ด ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 การแสดงผลแบบโครงสร้าง

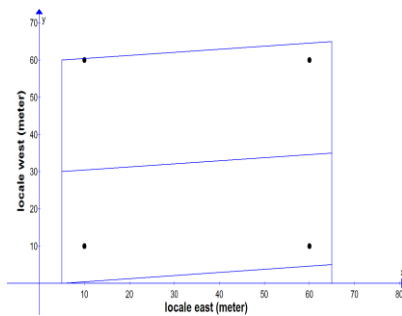


รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของสัญญาณและระยะห่างของเซ็นเซอร์โน้ด

4.2 ผลการทดลองการทำงานของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

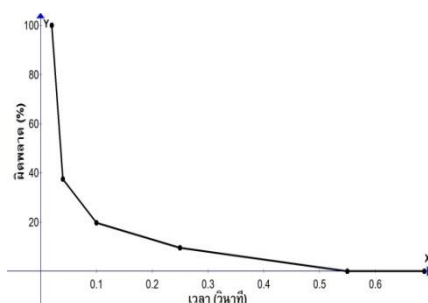
การทดสอบการทำงานของเครือข่ายไร้สาย ทำโดยสร้างเครือข่ายไร้สาย ที่มีเซ็นเซอร์โน้ดที่ติดกับโคเน็ค 4 โน้ด โน้ดที่ทำหน้าที่เป็นจุดอ้างอิง 4 โน้ด และเซ็นเซอร์โน้ดที่ทำหน้าที่รับสัญญาณ 1 โน้ด ติดตั้งโน้ดทั้งหมดในบริเวณทุ่งหญ้าโล่ง ดังแสดงในรูปที่ 8 ทดลองโดย

ทำการส่งข้อมูลขนาด 10 ไบต์ (Byte) จากเซ็นเซอร์โนดด้วยระยะเวลาของการส่งข้อมูลไม่เท่ากัน โดยในการปรับระยะเวลาการส่งข้อมูลนั้น จะใช้การปรับพารามิเตอร์ของระบบปฏิบัติการเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อควบคุมระยะเวลาในการส่งข้อมูล



รูปที่ 8 การติดตั้งโนดต่างๆ

จากการทดลองพบว่า โดยปกติเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสามารถทำงานได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ แต่ในกรณีที่มีระยะเวลาการส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์โนดที่ติดกับโคเน็โไปยังสถานีฐานเร็วเกินไป จะส่งผลให้เครือข่ายนี้มีประสิทธิภาพลดลง เนื่องจากเกิดการชนกันของข้อมูล (Collision) ในเครือข่าย จึงทำให้ข้อมูลเกิดการสูญหาย โดยระยะเวลาที่ส่งข้อมูลน้อยกว่า 0.03 วินาที เครือข่ายจะเกิดความผิดพลาด 100% แต่ถ้าระยะเวลาในการส่งข้อมูลมากขึ้นจะเกิดความผิดพลาดน้อยลง ซึ่งระยะเวลา 0.04 วินาที ความผิดพลาด 37.5% แต่ถ้าระยะเวลา 0.55 วินาทีขึ้นไป เครือข่ายจะไม่มีผิดพลาดเกิดขึ้น ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ค่าความผิดพลาดของเครือข่ายเมื่อมีโคเน็โเข้ามายังจุดตรวจสอบจำนวนมาก และมีระยะเวลาในการส่งข้อมูลเร็วเกินไป

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อติดตามและระบุตำแหน่งของโคเน็โในภาคปศุสัตว์ ได้พัฒนาขึ้นสำหรับการติดตามตำแหน่งของโคเน็โภายในฟาร์ม เพื่อป้องกันการสูญหาย อีกทั้งช่วยจัดการฐานข้อมูลที่สำคัญ เช่น ชื่อโค ข้อมูลเครื่องหมายตัวสัตว์ พันธุ์ประวัติ ประวัติการผสมพันธุ์ รวมไปถึงข้อมูลสุขภาพ ทำให้การบันทึกไม่ยุ่งยาก ข้อมูลมีความสมบูรณ์ตลอดจนสามารถตรวจสอบประวัติประจำตัวของโคเน็โแต่ละตัวได้ทันที

ผลทดลองพบว่า เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายสามารถทำงานได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ แต่ในกรณีที่มีระยะเวลาการส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์โนดที่ติดกับโคไปยังโนดอ้างอิงน้อยกว่า 0.55 วินาที จะส่งผลให้เครือข่ายนี้มีประสิทธิภาพลดลง เนื่องจากมีระยะเวลาการส่งข้อมูลจากเซ็นเซอร์โนดที่เร็วเกินไป จึงทำให้เกิดการชนกันของข้อมูล

งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการสัตว์เลี้ยงชนิดอื่นๆ ในภาคปศุสัตว์ เพื่อช่วยในการติดตามสัตว์เลี้ยงในการสูญหาย และหากเพิ่มเซ็นเซอร์ชนิดอื่นเข้าไปจะสามารถใช้งานได้กว้างขวางเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งสามารถนำไปประยุกต์ในการแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์มือถือเพื่อความสะดวกในการใช้งานในอนาคตอีกด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมปศุสัตว์ (2555). ยุทธศาสตร์โคเนื้อ พ.ศ. 2555-2559 [ระบอบออนไลน์], แหล่งที่มา <http://www.dld.go.th/>, เข้าดูเมื่อวันที่ 21/07/2557.
- [2] ชัชชัย คุณมว. (2554). เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและการประยุกต์ใช้, วารสารศูนย์บริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 19, หน้า 26 – 30.

- [3] Xin, M. and Wei, L. (2008). The Analysis of 6LowPAN Technology. Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application (PACIIA 2008), Wuhan, China.
- [4] Bahl, P. and Padmanabhan, V. (2000). An in building RF based user location and tracking system, paper presented in IEEE Infocom, Tel Aviv, Israel.
- [5] ภาควิชา วิศวกรรมศาสตร์ และ วิทยาลัย วิศวกรรม (2557). ระบบระบุตำแหน่งวัตถุภายในอาคารโดยใช้มาตรฐาน IEEE 802.15.4, การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์, อมาวี ดอนเมือง แอร์พอร์ต กรุงเทพมหานคร
- [6] Gay-Fernandez J. A., Cuinas, I., and Sanchez, M. G. (2011). Design and Development of an Electronic Cowbell Based on ZigBee Technology. Proceedings of Progress in Electromagnetics Research Symposium, March 2011, Marakesh, Morocco.
- [7] Swain, D., Crossman, C., Valencia, P., Bishop-Hurley, G., & Handcock, R. (2009). Sensor and Actuator Networks: Protecting Environmentally Sensitive Areas. Proceeding of IEEE International Conference on Local Computer Networks 2009, Zurich, Switzerland.