

ระบบติดตามสัตว์เลี้ยงโดยวิธีใช้จุดตรวจสอบบนเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

Animal Tracking Using Checkpoint Method in Wireless Sensor Network

ชาญวิช สุวรรณพงศ์ (Chanwit Suwannapong)* ดร. ชัชชัย คุณบัว (Dr. Chatchai Khunboa)**

บทคัดย่อ

การใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายทำให้สามารถเข้าใจได้ถึงพฤติกรรมของสัตว์เลี้ยง โดยการเลือกใช้เซ็นเซอร์โนดที่ใช้พลังงานต่ำและมีขนาดเล็กจะช่วยให้สามารถศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสัตว์ได้ เช่น การแพร่กระจายของโรคระหว่างสัตว์และสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ระบบยังสามารถติดตามสัตว์เลี้ยงเพื่อป้องกันการสูญหายได้อีกด้วย ในเบื้องต้นการศึกษานี้ได้ทำการทดสอบการทำงานของโนดที่พัฒนาขึ้นในเครือข่ายทั้งสิ้น 11 โนด พบว่าระบบสามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ออกแบบไว้

ABSTRACT

Animal behavior could be understandable by using wireless sensor network. Using a small node of wireless sensor with low power consumption is helpful to study factors such as spreading of disease among animals and environment of being. In addition, this system is also capable of tracking on movement of animals to prevent the loss. Our preliminary study shows that the design of the 11 developing nodes can work efficiently with our tracking methodology.

คำสำคัญ: เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ติดตามสัตว์เลี้ยง

Key Words: Wireless sensor network, Animal tracking

* นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมาช้านาน แม้ว่าในปัจจุบันเทคโนโลยีในด้านอื่นๆ จะเจริญก้าวหน้าไปมากแล้วก็ตาม แต่เราไม่สามารถละทิ้งการเกษตร ซึ่งถือว่าเป็นการผลิตอาหารที่สำคัญและเป็นรายได้หลักของประเทศ แต่กลุ่มเกษตรกรในปัจจุบันนี้ยังขาดการเรียนรู้ที่จะพัฒนาเทคโนโลยีทางการเกษตร เพราะปัจจุบันการปลูกพืชในประเทศไทยโดยทั่วไปยังเป็นระบบแบบพึ่งพาตนเองทั้งการบันทึกข้อมูล การให้อาหาร และการจัดการด้านอื่นๆ ส่งผลให้เกิดภาระแก่เกษตรกร ทำให้ไม่สามารถสร้างผลผลิตได้ตามความต้องการ ทั้งยังเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิต

การนำเอาเทคโนโลยีระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network) (ซัชชัย, 2554) มาประยุกต์ใช้ในภาคปศุสัตว์ จะเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการผลิต ลดต้นทุน อีกทั้งยังเป็นการยกระดับมาตรฐานการผลิตปศุสัตว์ ซึ่งเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ โดยระบบเซ็นเซอร์ไร้สาย มีจุดเด่นคือ เป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก อีกทั้งใช้พลังงานต่ำ ทำให้สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน โดยอาศัยเพียงพลังงานจากแบตเตอรี่ที่มีขนาดเล็ก และเป็นการสื่อสารระยะใกล้ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล (Wireless Personal Area Network) เครือข่ายนี้มีทั้งความเร็วในการรับส่งข้อมูลสูงและต่ำ งานวิจัยนี้ได้ใช้มาตรฐาน IEEE 802.15.4 ซึ่งเป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายระยะใกล้ที่มีความเร็วต่ำ ขนาดความถี่ 2.4 GHz ซึ่งสามารถรับส่งข้อมูลได้สูงสุด 250 กิโลบิตต่อวินาที (IEEE, 2006)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นนั้น เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการจัดการระบบติดตามและระบุตำแหน่งของสัตว์เลี้ยงในภาคปศุสัตว์ อีกทั้งยังช่วยในการดูแลแนวโน้มของการแพร่กระจายโรคของสัตว์เลี้ยงที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม เพื่อช่วยอำนวยความสะดวก

สะดวกให้กับเกษตรกร และช่วยในการปรับปรุงการปศุสัตว์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

หัวข้อที่จะกล่าวต่อไปประกอบด้วย ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์และวิธีวิจัย ผลการวิจัยและอภิปรายผล สรุปผลการวิจัยจะกล่าวถึงในหัวข้อสุดท้าย

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network)

เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเป็นเครือข่ายของเซ็นเซอร์โนด ที่ประกอบด้วยเซ็นเซอร์โนดจำนวนมาก เซ็นเซอร์โนดที่อยู่ภายในเครือข่าย จะทำหน้าที่ตรวจจับเก็บข้อมูล และส่งข้อมูลที่ได้อีกกลับไปโนดต้นทาง ที่ต้องการข้อมูลนั้น โดยอาศัยเซ็นเซอร์โนดที่ข้างเคียงกันส่งข้อมูลต่อๆ กันไป (เฉลิมชัย, 2550)

การที่เซ็นเซอร์โนดจำนวนมาก ทำงานเป็นกลุ่มรวมกันเป็นเครือข่าย เรียกว่า เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย จำเป็นต้องมีวิธีในการสื่อสารกันระหว่างโนดซึ่งจะทำงานร่วมกัน ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเครือข่ายส่งไปยังสถานีฐาน (Base Station) ซึ่งส่วนที่ควบคุมการทำงานดังกล่าว เรียกว่า ส่วนโปรโตคอลในการรับ-ส่งข้อมูลในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย เราจึงโปรโตคอลเป็นส่วนการทำงานในชั้นของเครือข่าย (Network Layer) ทำหน้าที่จัดการเกี่ยวกับการค้นหาเส้นทางในการรับ-ส่งข้อมูล ระหว่างสถานีฐาน กับโนดที่ทำการตรวจจับข้อมูล (source)

2. Path Loss Model

เป็นสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์และคำนวณค่าความสูญเสียอันเนื่องจากระยะทาง ซึ่งเมื่อระยะทางมีค่ามากขึ้นจะทำให้กำลังเฉลี่ยของสัญญาณวิทยุมีค่าลดลง ซึ่งจะมีรูปแบบของสมการ (Rappaport, 2002) คือ

$$P_r = \frac{P_t}{d^\alpha}$$

โดยที่

P_r คือ ค่าความเข้มของสัญญาณที่ได้รับในหน่วยวัตต์

P_t คือ ค่าความเข้มของสัญญาณที่ได้รับใน 1 เมตรจากตัวส่งสัญญาณในหน่วยวัตต์

d คือ ระยะห่างระหว่างตัวส่งและตัวรับสัญญาณในหน่วยเมตร

α คือ ค่า Distance Power Gradient (Free Space จะมีค่าเท่ากับ 2)

3. งานวิจัย Wireless sensor devices for animal tracking and control

งานวิจัยนี้อธิบายเกี่ยวกับการพัฒนาเซ็นเซอร์โนดที่ใช้งานด้านการปศุสัตว์และสิ่งแวดล้อม โดยได้มีการพัฒนาเซ็นเซอร์โนด ในช่วงของคลื่นความถี่วิทยุ 916 MHz จากนั้นในการทดลองได้นำเซ็นเซอร์โนดที่พัฒนาขึ้น ทำเป็นปลอกคอจากนั้นนำไปติดตั้งที่วัวเพื่อรับข้อมูลจากตัวเซ็นเซอร์ จากนั้นทำการส่งข้อมูลไปยังสถานีฐาน เพื่อการทำการระบุตำแหน่งทิศทางการเดินทางของวัวและสามารถช่วยในการดูแลสุขภาพสัตว์เลี้ยงตัวนั้นกำลังทำกิจกรรมอะไรตัวอย่างเช่น ถ้า กัมหัวลง (กินอาหาร) ยกหัวขึ้น (กำลังเดิน) เป็นต้น (Pavan & Leslie, 2004)

4. งานวิจัย Energy- Efficient Computing for Wildlife Tracking: Design Tradeoffs and Early Experiences with ZebraNet

งานวิจัยนี้ เป็นการประยุกต์ใช้การสื่อสารแบบไร้สาย แบบ Peer To Peer สำหรับเซ็นเซอร์โนดเคลื่อนที่ เพื่อสนับสนุนการติดตามสัตว์ป่าในการทดลองทางชีววิทยา ซึ่งมีการวางแผนที่จะใช้เซ็นเซอร์โนดจำนวน 30 ตัว ที่สถาบันวิจัย Mpala ในประเทศเคนยา โดยระบบนี้มีชื่อว่า The ZebraNet System ได้มีการใช้ปลอกคอ (โนด) สำหรับติดตามสัตว์แต่ละตัวในพื้นที่กว้าง งานวิจัยนี้ได้ออกแบบปลอกคอ โดยได้มีการนำระบบ GPS Flash memory ตัวรับและตัวส่งสัญญาณวิทยุ และหน่วยประมวลผลขนาดเล็กมาใช้ร่วมด้วย

เป้าหมายหลักของงานวิจัยนี้คือ เก็บข้อมูลจากปลอกคอแต่ละอันเพื่อส่งไปยังสถานีฐาน แต่เนื่องจากปลอกคอแต่ละอัน ไม่ได้อยู่ในระยะการส่งข้อมูลอันเดียวกัน จึงทำให้ไม่สามารถส่งข้อมูลได้โดยตรง จึงต้อง

ใช้ปลอกคอตัวอื่นๆ เพื่อเป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลไปยังสถานีฐาน ในงานวิจัยนี้ได้ปรับปรุง Flooding Protocol และ History-base Protocol เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล (Juang et al., 2002)

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. อุปกรณ์ในการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาเซ็นเซอร์โนดเพื่อใช้ในการรับและส่งข้อมูล โดยเลือกใช้ไอซี CC2530 (Texas, 2012) ของบริษัท Texas Instruments ที่ทำงานในย่านความถี่ 2.4 GHz ดังแสดงในภาพที่ 1 ในงานวิจัยนี้ยังเลือกใช้ 6LoWPAN (IPv6 over Low power WPAN) ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่สนับสนุน IPv6 ทำงานร่วมกับมาตรฐาน IEEE 802.15.4 เพื่อให้เซ็นเซอร์โนดสามารถสื่อสารกันด้วย IPv6 (Xin & Wei, 2008)



ภาพที่ 1 อุปกรณ์เซ็นเซอร์ไร้สาย

2. การติดตามสัตว์เลี้ยงโดยใช้จุดตรวจสอบ (Checkpoint)

ในงานวิจัยนี้ เราได้นำเสนอแนวคิดในการใช้จุดตรวจสอบ (Checkpoint) ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายเพื่อใช้ในการติดตามสัตว์เลี้ยง ในภาคปศุสัตว์ขนาดใหญ่ เพื่อช่วยในการติดตามและศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ สามารถรองรับแนวเดินของสัตว์เลี้ยงแบบสุ่ม (Random walk) รวมถึงการคาดการณ์การแพร่กระจายของโรค โดยที่วิธีการนี้มีจุดเด่นคือ สามารถย้อนกลับไปได้ว่า สัตว์แต่ละตัวมีการพบกัน ณ สถานที่ใด

หัวข้อนี้จะอธิบายถึงการติดตามตัวสิ่ง โดยวิธีการใช้จุดตรวจสอบ (Checkpoint) ซึ่งจะยกตัวอย่างแนวคิดได้ดังภาพที่ 2 อุปกรณ์เซ็นเซอร์ไร้สายในระบบมี 3 ประเภท คือ 1) Border router ทำหน้าที่รับข้อมูลจากจุดตรวจสอบ 2) Base Station ทำหน้าที่เป็นจุดตรวจสอบ และ 3) โหนดเซ็นเซอร์ที่ติดบนตัวสัตว์

ที่เวลา t_0 : Node_1 และ Node_2 ได้อยู่ต่างสถานที่ ซึ่งยังไม่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลใดๆ

ที่เวลา t_1 : Node_1 และ Node_2 ได้เคลื่อนที่เข้ามาพบกัน (Meeting) จึงทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลของโหนดแต่ละตัว โหนดแต่ละตัวจะทำการเก็บค่า Node_id ของตัวที่พบไว้และจะทำเก็บบันทึกเวลาที่พบกันโดยเก็บไว้เป็นเวลา t_1

ที่เวลา t_2 : Node_1 และ Node_2 ได้เคลื่อนที่ไปยังจุดตรวจสอบที่แตกต่างกัน โดย Node_1 ไปยังจุดตรวจสอบ Base Station D ส่วน Node_2 ได้ไปยังจุดตรวจสอบ Base Station B ในกรณีนี้เราจะอธิบายการทำงานที่ Node_1 ก่อน เมื่อ Node_1 ไปทำการตรวจสอบที่ Base Station D แล้ว Node_1 จะนำเวลา ณ ขณะนั้นคือ t_2 ทำการหาผลต่างกับเวลาที่บันทึกไว้คือ t_1 เพื่อนำเวลาที่ได้ไปส่งไปยังจุดตรวจสอบ ในการคำนวณระยะห่างจากจุดตรวจสอบเพื่อใช้ในการสืบค้นย้อนกลับว่า Node_1 เคยอยู่ในสถานที่ใดมาก่อน

จากนั้นส่งข้อมูลไปให้ จุดตรวจสอบ Base Station D เพื่อส่งข้อมูลไปที่ Border Router ในส่วนของการทำงานของ Node_2 จะทำการเก็บผลต่างของเวลาเช่นเดียวกับ Node_1 จากนั้นส่งข้อมูลไปให้ จุดตรวจสอบ Base Station B เพื่อส่งข้อมูลไปที่ Border Router เช่นเดียวกัน

ที่ Border Router จะได้ข้อมูลของ โหนดแต่ละตัวที่ทำการตรวจสอบในจุดตรวจสอบต่าง ๆ จากนั้นส่งข้อมูลที่ได้ เพื่อใช้ในการปรับปรุงฐานข้อมูล

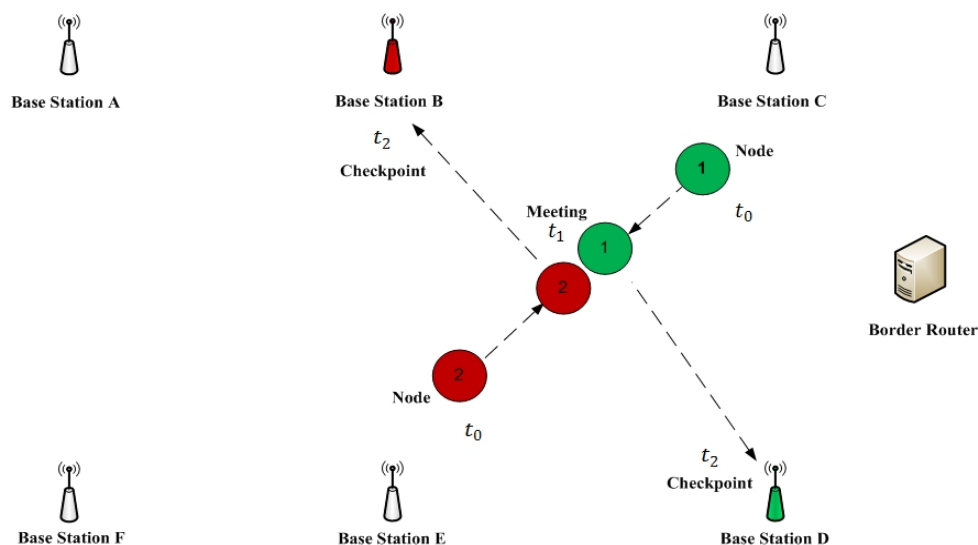
โดยในวิธีการติดตามตัวสิ่งโดยใช้จุดตรวจสอบนั้น จะมีการคำนวณระยะทางระหว่างโหนดที่ติดบนตัวสิ่งและจุดตรวจสอบ เป็น 2 กรณี คือ

- 1) กรณีที่ใช้ในการตรวจสอบย้อนกลับ ว่าตัวสิ่งเคยพบกันที่ใด จะใช้ผลต่างของเวลาโดยใช้สมการ การเคลื่อนที่แนวตรง โดยมีความเร็วคงที่ ซึ่งมีรูปแบบสมการ ดังนี้

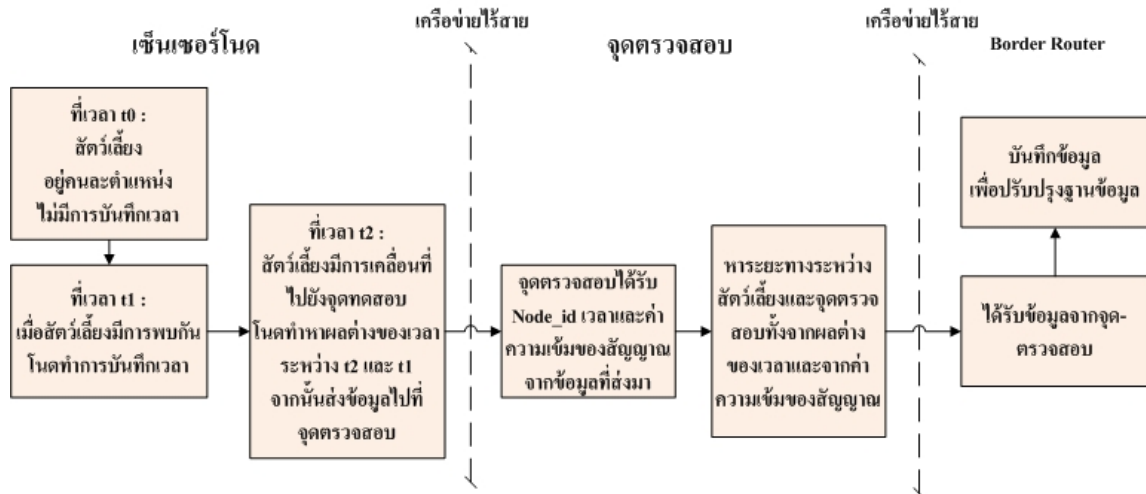
$$s = v \cdot (t_2 - t_1)$$

โดยที่

s คือ ระยะทางในการเคลื่อนที่ระหว่างจุดที่โหนดแต่ละตัวพบกันกับจุดตรวจสอบ



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการติดตามตัวสิ่ง โดยใช้จุดตรวจสอบ



ภาพที่ 3 บล็อกไดอะแกรมของระบบติดตามตัวเคลื่อนโดยวิธีใช้จุดตรวจสอบ

v คือความเร็วของตัวเคลื่อน
 (เมตรต่อวินาที)

t คือเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (วินาที)

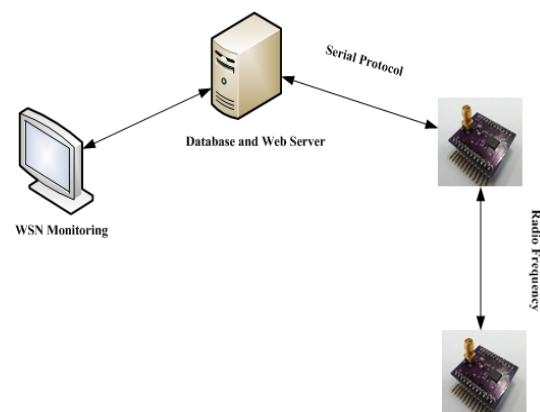
- 2) กรณีที่ใช้ในการหาระยะห่างขณะที่ตัวเคลื่อนเข้าไปยังจุดตรวจสอบ เพื่อใช้ในการแสดงผล จะใช้ค่าความเข้มของสัญญาณ (RSSI) ของโน้ตเซ็นเซอร์แต่ละตัว เพื่อคำนวณหาระยะห่างจากสมการ Path Loss Model ซึ่งจะเป็นการคำนวณหาระยะห่างแบบคร่าวๆ เพื่อนำไปใช้ในการแสดงผลแบบโครงสร้าง

บล็อกไดอะแกรมของการทำงานของระบบติดตามตัวเคลื่อนโดยวิธีใช้จุดตรวจสอบ แสดงดังภาพที่ 3

3. ภาพรวมของระบบ

ระบบติดตามและระบุตำแหน่งของตัวเคลื่อนในภาคปฐสัต์จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนคือ ชุดอุปกรณ์เซ็นเซอร์ไร้สาย ฐานข้อมูลและเว็บเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4

อุปกรณ์เซ็นเซอร์ไร้สายในระบบมี 3 ประเภท คือ โน้ตทำหน้าที่รับข้อมูล คือ Border router, โน้ต Base Station ทำหน้าที่เป็นจุดตรวจสอบ และ โน้ตเซ็นเซอร์ที่ติดบนตัว



ภาพที่ 4 แสดงภาพรวมของระบบ

ฐานข้อมูล MySQL จะประกอบไปด้วย 2 ตารางซึ่งจะมีข้อมูลดังนี้

Sensor node จะใช้ในการเก็บค่ารายละเอียดต่างๆของโน้ตแต่ละตัวในเครือข่าย โดยมีฟิลด์ดังนี้

Node ID : หมายเลขระบุตัวตนของแต่ละโน้ต, Base ID: หมายเลขระบุตัวตนของโน้ตที่ทำหน้าที่เป็น Base Station, X: พิกัดแกน x, Y: พิกัดแกน y, Time: เวลาที่ทำการเก็บข้อมูล, Distance : ระยะทางระหว่างโน้ตเซ็นเซอร์และจุดตรวจสอบ โดยค่าพิกัดแกน x และแกน y ที่ใช้ในการแสดงผลแบบโครงสร้างนั้น สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

- 1) ได้มาจากการกำหนดพิกัด x และ y ของจุดตรวจสอบ โดยผู้ทำวิจัยได้กำหนดค่าเอง (เนื่องจากทราบจุดที่ทำการติดตั้งจุดตรวจสอบ)
- 2) ได้มาจากระยะห่างระหว่างจุดตรวจสอบกับโน้ตเซ็นเซอร์ที่ติดบนตัวสัตว์เลี้ยง (ซึ่งจะเป็นระยะที่ได้จากการคำนวณคร่าวๆ เพื่อใช้ในการแสดงผลแบบโครงสร้าง)

Neighbor จะใช้ในการเก็บค่ารายละเอียดต่างๆ ของโน้ตข้างเคียง โดยมีฟิลด์ดังนี้

Node ID : หมายเลขระบุตัวตนของแต่ละโน้ต, Neighbor ID: หมายเลขระบุตัวตนของโน้ตข้างเคียง, Time: เวลาที่ทำการเก็บข้อมูล

ในส่วนของการตรวจสอบค่าที่ได้จากเซ็นเซอร์ จะแสดงผลผ่านเว็บเบราว์เซอร์ ซึ่งสามารถแสดงผลได้ 2 รูปแบบคือ แบบตารางและแบบโครงสร้าง (Topology) โดยในการแสดงผลแบบตารางนั้น จะแสดงข้อมูลของสัตว์เลี้ยงที่เข้ามายังจุดตรวจสอบ ส่วนการแสดงผลแบบโครงสร้างนั้นจะแสดงจุดสัญลักษณ์ในแผนที่ ซึ่งการแสดงผลแบบตารางและแบบโครงสร้างนั้น แสดงในภาพที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

Cows Position in Livestock System

This is the current date and time (updates every 5 seconds):

Cow Position.

node_id	base_id	dt time	Distance(Meter)
1	1	2012-12-05 15:35:08	1.70
2	1	2012-12-05 15:36:52	2.32
3	2	2012-12-05 15:36:11	5.60
4	4	2012-12-05 15:37:37	4.21

Neighbor Nodes.

node_id	neighbor_id	dt time
1	2	2012-12-05 16:07:12
2	1	2012-12-05 16:07:34

Base Position.

base_id	x	y	dt time
1	0050	0050	2012-12-05 15:51:48
2	0050	0250	2012-12-05 15:56:52
3	0050	0450	2012-12-05 15:57:09
4	0250	0450	2012-12-05 15:57:36
5	0450	0450	2012-12-05 15:58:36
6	0450	0250	2012-12-05 15:59:28
7	0450	0050	2012-12-05 15:59:52

ภาพที่ 5 การแสดงผลแบบตาราง



ภาพที่ 6 การแสดงผลแบบโครงสร้าง

4. การทดลอง

ในการทดสอบ ที่นี้ใช้อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายจำนวน 11 ตัว โดยแบ่งออกเป็นโน้ตตรวจสอบ (Base Station) 7 ตัว และโน้ตเซ็นเซอร์ 4 ตัว โดยติดตั้งให้จุดตรวจสอบ แต่ละตัวห่างกัน 30 เมตร

จากนั้นทดสอบให้โน้ตเซ็นเซอร์เข้ามายังจุดตรวจสอบ ที่จุดตรวจสอบทุกจุดเป็นจำนวน 100 ครั้ง ระยะทางระหว่างโน้ตเซ็นเซอร์และจุดตรวจสอบ ห่างกัน 3 เมตร 5 เมตร และ 10 เมตร โดยเข้ามายังจุดตรวจสอบทุก 30 วินาที เพื่อให้ Base Station ระบุเอกลักษณ์ และทำการส่งข้อมูลที่ตรวจจับได้ไปยัง Border Router เพื่อวิเคราะห์หาระยะทางระหว่างเซ็นเซอร์โน้ตกับจุดตรวจสอบ และทำการปรับปรุงฐานข้อมูล

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามและระบุตำแหน่งของสัตว์เลี้ยงที่เข้ามายังจุดตรวจสอบ อีกทั้งคำนวณระยะทางระหว่างโน้ตเซ็นเซอร์กับจุดตรวจสอบ โดยผลจากการทดลอง โน้ตเซ็นเซอร์เข้า มาตรวจสอบ ที่จุดตรวจสอบทุกจุด เป็นจำนวน 100 ครั้ง พบว่าระบบนี้สามารถระบุเอกลักษณ์ของแต่ละโน้ตได้ถูกต้อง 100 ครั้ง และจากการนำค่าความเข้มของสัญญาณ ที่ได้จากระยะทางระหว่างโน้ตเซ็นเซอร์และจุดตรวจสอบ มาคำนวณหาระยะทางโดยใช้สมการ Path loss model จะได้ค่าที่คำนวณได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงระยะทางระหว่างโนด เทียบกับระยะทางที่คำนวณได้

ระยะทางระหว่างโนด (เมตร)	ระยะทางที่คำนวณ ได้ (เมตร)
3	2.51
5	6.30
10	14.32

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวคิดในการติดตามสัตว์เลี้ยง โดยทำการออกแบบ ระบบติดตาม และระบุตำแหน่งของสัตว์เลี้ยง โดยใช้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย และได้้นำเอาสมการ Path loss model เข้ามาช่วยในการหาระยะทางระหว่างโนดเซ็นเซอร์ที่ติดกับสัตว์เลี้ยง ขณะเข้ามาทำการตรวจสอบที่จุดตรวจสอบ (โนด Base Station)

ผลจากการวิจัยทำให้ทราบถึงแนวคิดของการติดตามและระบุตำแหน่งของสัตว์เลี้ยงโดยวิธีการ ใช้จุดตรวจสอบ อีกทั้งทราบถึงค่าความคลาดเคลื่อนของการหาระยะทางระหว่างโนด ของ สมการ Path loss model

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) สำหรับชุดเครื่องมือที่ใช้ในการทำอุปกรณ์เซ็นเซอร์โนดต้นแบบที่พัฒนาขึ้น

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนการค้นคว้าและวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

เฉลิมชัย ขอฟุ้ง. 2550. ระบบหาตำแหน่งของคอมพิวเตอร์ไร้สายภายในอาคาร โดยใช้เครือข่ายคอมพิวเตอร์ไร้สาย. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชัยชัย คุณบัว. 2554. เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและการประยุกต์ใช้. วารสารศูนย์บริการวิชาการ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ปีที่ 19 ฉบับที่ 3-4.

IEEE Standard for Information technology– Local and metropolitan area networks– Specific requirements– Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs). IEEE Std 802.15.4-2006 (Revision of IEEE Std 802.15.4-2003), pp .1 –320, 2006.

Juang, P., Oki, H., Wang, Y., Martonosi, M., Peh, L., and Rubenstein, D. 2002. Energy-Efficient Computing for Wildlife Tracking: Design Tradeoffs and Early Experiences with ZebraNet.

Pavan, S., Peter, C., and Leslie, O. 2004. Wireless sensor devices for animal tracking and control. IEEE International Conference on Local Computer Networks.

Rappaport. 2002. T.S. Wireless Communications: Principles and Practice. 2 ed; Prentice Hall PTR:Saddle River, NJ, USA.

Texas Instruments. 2012. CC2530 Datasheet, “A True System-on-Chip Solution for 2.4-GHz IEEE 802.15.4 and ZigBee Applications”. Retrieved December 6, 2012, from [http:// www.ti.com/lit/ds/symlink/cc2530.pdf](http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc2530.pdf)

Xin, M., and Wei, L. 2008. The Analysis of 6LowPAN Technology. Pacific-Asia Workshop on Computational Intelligence and Industrial Application, 2008. PACIIA '08, , pp .963 –966.