O-EN10

เครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา

กาญบัญชา พานิชเจริญ[1] , ชาญยุทธ อุปายโกศล[1]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ 73170 E-mail: kanbuncha.pan@rmutr.ac.th; chanyut.a@rmutr.ac.th

บทคัดย่อ

การนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้ในด้านการจัดการพลังงานทางด้านการเกษตรกรรมเพื่อลดการใช้ทรัพยากรการใช้น้ำในการเกษตรกรรมนั้น นับว่ายิ่งจะมีคุณค่ามากขึ้น อีกทั้งต้นยางพารานั้นเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ของประเทศ ปัจจุบันสวนยางพาราในประเทศไทยมีประมาณ 11.5 ล้านไร่ คิดเป็นประมาณร้อยละ 93.01 ของสวนยางทั้งหมด เป็นสวนยางขนาดเล็ก ขนาดของสวนยางเฉลี่ย 13 ไร่ เป็นการปลูกลักษณะเชิงเดี่ยวของเกษตรกรรายย่อย เป็นสินค้าเกษตรที่มีลักษณะธรรมชาติที่เหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นฤดูกาลเก็บเกี่ยว ผลผลิตที่ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน รวมทั้งระยะเวลาในการเพาะปลูก การให้น้ำแก่ต้นยางพาราที่ต้องมีการควบคุมดูแลรักษาระดับความชื้นอยู่ตลอดเวลา โครงงานวิจัยนี้จึงเป็นการทดลองสร้างและพัฒนาเครื่องวัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor) ที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา โดยอาศัยการสร้างระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Sensor Network) มาประยุกต์ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างระบบวัดความชื้นในดินและระบบฐานข้อมูล ทำให้สามารถนำระบบวัดความชื้นในดินไปใช้ในที่ไกลๆ ได้ ทำให้ไม่เสียเวลาในการบันทึกค่าความชื้นในดินที่ได้จากการอ่านค่าในแต่ละวัน ซึ่งจะเสียทั้งต้นทุนและบุคลากรในการทำงาน โดยตัวระบบจะทำการวัดค่าที่ได้จากความชื้นในดินมาเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล ทำให้ผู้ใช้ได้รับความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ผลการวัดความชื้นในดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพารา ที่ระดับความลึก 10-50 เซนติเมตร ควรมีค่าเฉลี่ยมากว่า 12 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ

คำสำคัญ: เครื่องวัดความชื้นในดิน, เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย, การปลูกต้นยางพารา

1. รายละเอียดโดยรวม

การนำประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ทางด้านการเกษตรกรรม เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการผลิตมากยิ่งขึ้น การให้น้ำแก่พืชไร่พืชสวนจะต้องมีการควบคุมดูแลรักษาระดับความชื้นในดินให้สม่ำเสมออยู่ตลอดเวลา จำเป็นต้องรับทราบข้อมูลที่มีผลกับการเจริญเติบโตของ พืชไร่พืชสวน การเก็บค่าอุณหภูมิ การวัดความชื้น หรือการวัดแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ซึ่งมีขั้นตอนการวัดค่าต่างๆ ภายในชั้นดินที่มีความยุ่งยาก หากเก็บข้อมูลในบริเวณกว้างจะทำให้เสียเวลาในการรวบรวมข้อมูลในแต่ละจุด จึงมีแนวคิดที่สร้างเครื่องอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลต่างๆ ผ่านอุปกรณ์เซนเซอร์ไร้สายที่มีการรับส่งข้อมูลที่รวดเร็วและน่าเชื่อถือ การใช้งานเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network) เป็นแนวคิดใหม่ที่ช่วยอำนวยความสะดวกด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการใช้งานระบบเครือข่ายนี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ทั้งทางด้านเกษตรกรรม ด้านการเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติ ด้านการแพทย์ ฯลฯ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา ที่สามารถสื่อสารระหว่างเซนเซอร์ได้ทั้งบนดินสู่ใต้ดินและระหว่างใต้ดินกับใต้ดิน ทำการสร้างระบบวัดความชื้นผ่านการสื่อสารไร้สาย(Sensor Network) เป็นสื่อกลางที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างระบบเครื่องวัดความชื้นในดินและระบบฐานข้อมูล จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดเป็นระบบจัดการควบคุมขนาดใหญ่ เช่น ไร่สวนขนาดใหญ่ที่ยากต่อการควบคุมระบบการให้น้ำเป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากการให้น้ำแก่พืชไร่พืชสวนที่มีจำนวนมากหรือน้อยเกินไปและรองรับการใช้งานในภาคปฏิบัติจริง จึงมีแนวคิดในการศึกษาต้นแบบที่มีอยู่ พร้อมทั้งพัฒนาต่อยอดเพื่อสร้างจำนวนโนดเพิ่มขึ้น พร้อมทั้งศึกษาการสร้างระบบเครือข่ายจากโนดที่ได้พัฒนาต่อไป

2. บทนำ (Introduction)

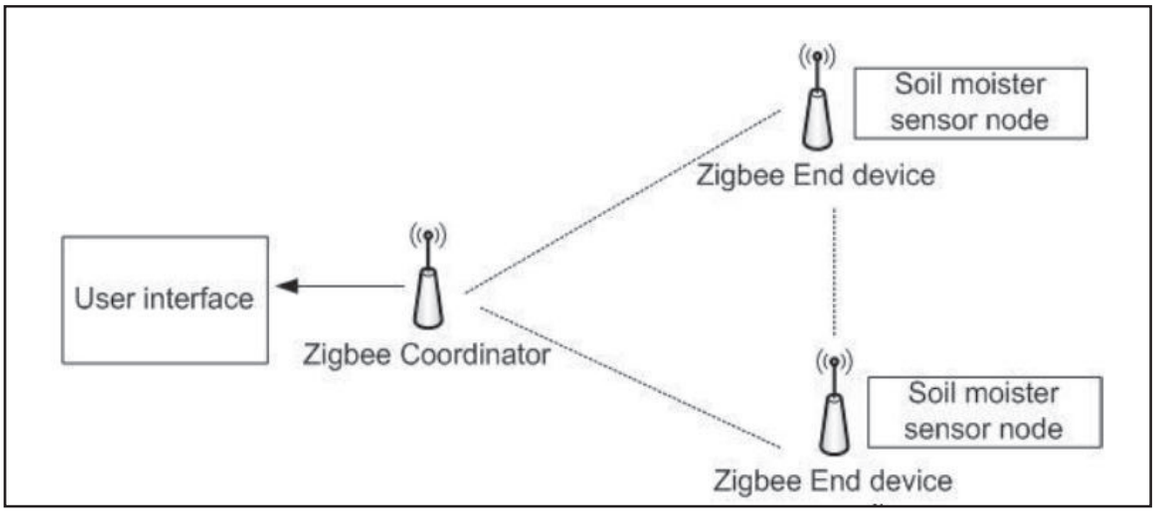
การนำประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ทางด้านการเกษตรกรรม เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายในการผลิตมากยิ่งขึ้น การให้น้ำแก่พืชไร่พืชสวนจะต้องมีการควบคุมดูแลรักษาระดับความชื้นในดินให้สม่ำเสมออยู่ตลอดเวลา จำเป็นต้องรับทราบข้อมูลที่มีผลกับการเจริญเติบโตของ พืชไร่พืชสวน การเก็บค่าอุณหภูมิ การวัดความชื้น หรือการวัดแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว ซึ่งมีขั้นตอนการวัดค่าต่างๆ ภายในชั้นดินที่มีความยุ่งยาก หากเก็บข้อมูลในบริเวณกว้างจะทำให้เสียเวลาในการรวบรวมข้อมูลในแต่ละจุด จึงมีแนวคิดที่สร้างเครื่องอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลต่างๆ ผ่านอุปกรณ์เซนเซอร์ไร้สายที่มีการรับส่งข้อมูลที่รวดเร็วและน่าเชื่อถือ การใช้งานเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network) เป็นแนวคิดใหม่ที่ช่วยอำนวยความสะดวกด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการใช้งานระบบเครือข่ายนี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ทั้งทางด้านเกษตรกรรม ด้านการเตือนภัยพิบัติทางธรรมชาติ ด้านการแพทย์ ฯลฯ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาต้นแบบเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา ที่สามารถสื่อสารระหว่างเซนเซอร์ได้ทั้งบนดินสู่ใต้ดินและระหว่างใต้ดินกับใต้ดิน ทำการสร้างระบบวัดความชื้นผ่านการสื่อสารไร้สาย(Sensor Network) เป็นสื่อกลางที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างระบบเครื่องวัดความชื้นในดินและระบบฐานข้อมูล จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอดเป็นระบบจัดการควบคุมขนาดใหญ่ เช่น ไร่สวนขนาดใหญ่ที่ยากต่อการควบคุมระบบการให้น้ำเป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายอันเนื่องมาจากการให้น้ำแก่พืชไร่พืชสวนที่มีจำนวนมากหรือน้อยเกินไปและรองรับการใช้งานในภาคปฏิบัติจริง จึงมีแนวคิดในการศึกษาต้นแบบที่มีอยู่ พร้อมทั้งพัฒนาต่อยอดเพื่อสร้างจำนวนโนดเพิ่มขึ้น พร้อมทั้งศึกษาการสร้างระบบเครือข่ายจากโนดที่ได้พัฒนาต่อไป

3. วิธีการศึกษา (Methodology) การออกแบบโครงสร้างของระบบเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราเป็นเครือข่ายแบบเมสส์ (Mesh Topology) โดยแบ่งออกเป็น 3 โนด แบ่งตามหน้าที่การทำงานคือโนดที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างฐานข้อมูล (Server) ของอุปกรณ์เชื่อมต่อ (User Interface) ส่วนที่เหลืออีก 2 โนด จะเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา (Soil Moisture Sensor) โดยมีการออกแบบโครงสร้างของระบบ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1

จากการออกแบบเครือข่ายที่ใช้พัฒนาระบบ สามารถอธิบายการทำงานทั้งหมดได้ดังนี้

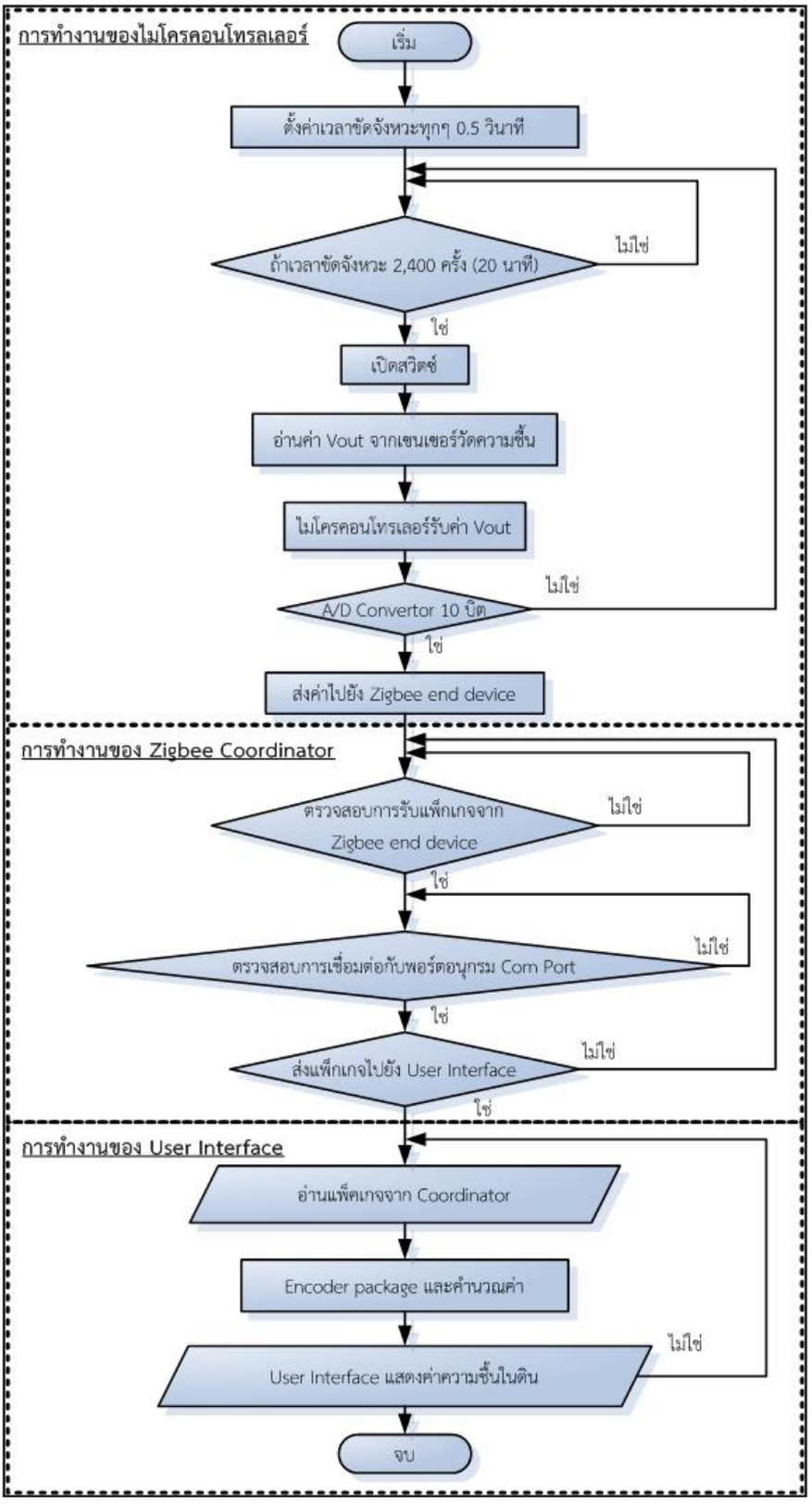
- เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้จัดเก็บฐานข้อมูล (Server) จะมี Zigbee Coordinator ใช้เป็นสื่อกลางระหว่าง Zigbee End Device กับ User Interface
- อุปกรณ์เครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา จะมีการเชื่อมต่อกับ Zigbee End Device โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานในการอ่านค่าในแต่ละครั้ง
- อุปกรณ์ Zigbee ที่ในมาใช้พัฒนาระบบจะต้องเป็นแบบ Xbee Series 2 เป็นอย่างน้อย เพื่อรองรับระบบเครือข่ายไร้สายแบบเมสส์ (Mesh Topology)



รูปที่ 1: การออกแบบเครือข่ายที่ใช้พัฒนาระบบเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา

หลักการทำงานของระบบเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราโดยใช้ Zigbee ในการสื่อสาร สามารถอธิบายได้จากโฟลว์ชาร์ต (Flowchart) รูปที่ 2 โดยมีหลักการทำงานดังต่อไปนี้

- ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำเวลาขัดจังหวะ (Timer Interrupt) ทุกๆ 0.5 วินาที เมื่อเวลาขัดจังหวะ (Timer Interrupt) เกิดครบ 2,400 ครั้ง (20 นาที) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งการให้สวิตช์เปิดการทำงานเพื่ออ่านค่าของแรงดันที่ได้จากเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์จะเข้าสู่กระบวนการ ADC Conversion ความละเอียด 10 บิต ก่อนที่จะส่งให้ Zigbee End Device
- โนด Zigbee Coordinator จะทำการตรวจสอบข้อมูลว่าได้รับข้อมูลหรือไม่ เมื่อได้รับข้อมูลแล้ว ขั้นต่อมาจะตรวจสอบว่า Coordinator ได้ต่อกับคอมพิวเตอร์ไว้หรือไม่ โดยทำการตรวจสอบกับพอร์ทอนุกรม (Com Port) เมื่อพบว่า Coordinator ต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์ จะทำการส่งข้อมูลที่เป็น Packet ไปยัง User Interface ต่อไป
- เมื่อ User Interface ได้รับข้อมูลจาก Coordinator จะทำการส่งค่า Package ที่แปลงได้เป็นตัวเลข 10 bits และนำค่าที่ได้ไปคำนวณในสมการที่ได้จากการทดลองและแสดงค่าความชื้นในดินบน User Interface

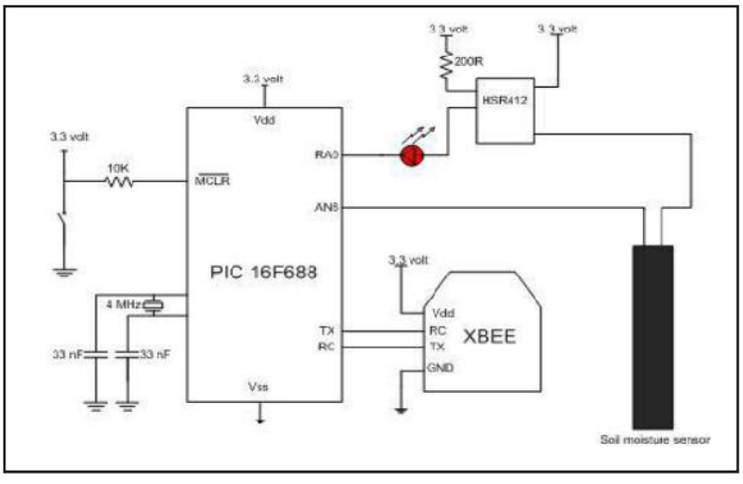


รูปที่ 2: โฟลว์ชาร์ต (Flowchart) การทำงานของระบบเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา

ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการขัดจังหวะการทำงานของหน่วยประมวลผลข้อมูล(Timer Interrupt) ทุกๆ 0.5 วินาที เมื่อการขัดจังหวะการทำงาน (Timer Interrupt) เกิดครบ 2,400 ครั้ง (20 นาที) ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสั่งให้สวิตช์เปิดการทำงานเพื่ออ่านค่าของแรงดันที่ได้จากเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา โดยแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์จะเข้าสู่กระบวนการแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล (ADC Conversion) ความละเอียด 10 บิต ก่อนที่จะส่งสัญญาณให้ Zigbee End Device

โนด Zigbee Coordinator จะทำการตรวจสอบข้อมูลว่าได้รับข้อมูลแล้วหรือไม่ เมื่อได้รับข้อมูลมาแล้วขั้นตอนต่อมาจะตรวจสอบว่า Coordinator ต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เก็บฐานข้อมูลหรือไม่ โดยมีขั้นตอนการตรวจสอบ Com Port ดังแสดงในโฟลว์ชาร์ต (Flowchart) รูปที่ 2 เมื่อพบว่า Coordinator ต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เก็บฐานข้อมูลอยู่จะทำการส่งข้อมูลที่เป็น packet ไปยัง User Interface ต่อไป

การออกแบบวงจรโนดเซนเซอร์ มีส่วนประกอบหลักของวงจร ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F688, Zigbee และเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3: การออกแบบวงจรโนดเซนเซอร์ไร้สาย เพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา

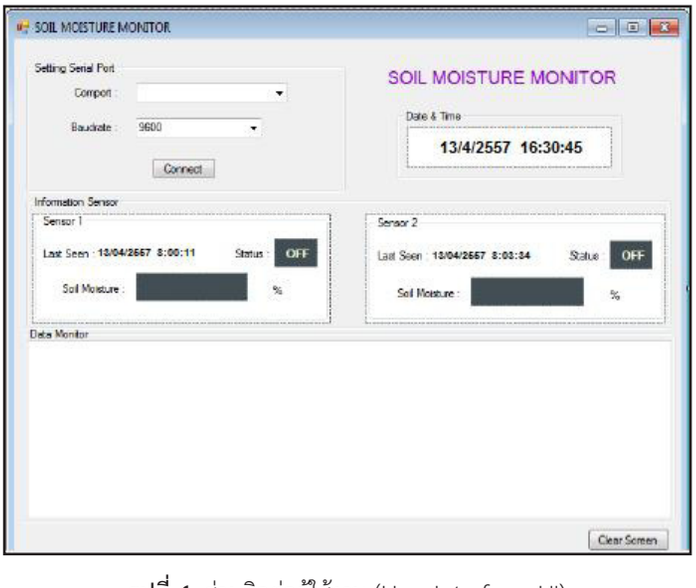
การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface: UI) ใช้โปรแกรม Visual Studio 2010 ด้วยภาษา C# เพื่อควบคุมการทำงานของโนดเซนเซอร์ระบบวัดความชื้น และการแสดงผลค่าวัดความชื้นที่ได้จากการทำงานแต่ละครั้งที่ออกจากระบบ การแสดงส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่แสดงไว้ในรูปที่ 4 สามารถแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1: Setting Serial Port เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อโนดเซนเซอร์และคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ผู้ใช้งานจะต้องเลือก Comport ให้ตรงกับพอร์ตที่โนดของ Zigbee ต่ออยู่

ส่วนที่ 2: Date & Time แสดงวัน และเวลา ณ ขณะนั้น

ส่วนที่ 3: Information Sensor แสดงค่าความชื้นในดิน (%) ที่ได้จากการอ่านจากเซนเซอร์แต่ละครั้ง โดยแบ่งเป็นเซนเซอร์โนดที่ 1 และเซนเซอร์โนดที่ 2

ส่วนที่ 4: Data Monitor แสดง packet ที่รับส่งข้อมูลผ่านกันระหว่างเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราและ Zigbee Coordinator ในแต่ละครั้งที่อ่านค่ามาจากเซนเซอร์



รูปที่ 4: ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface: UI)

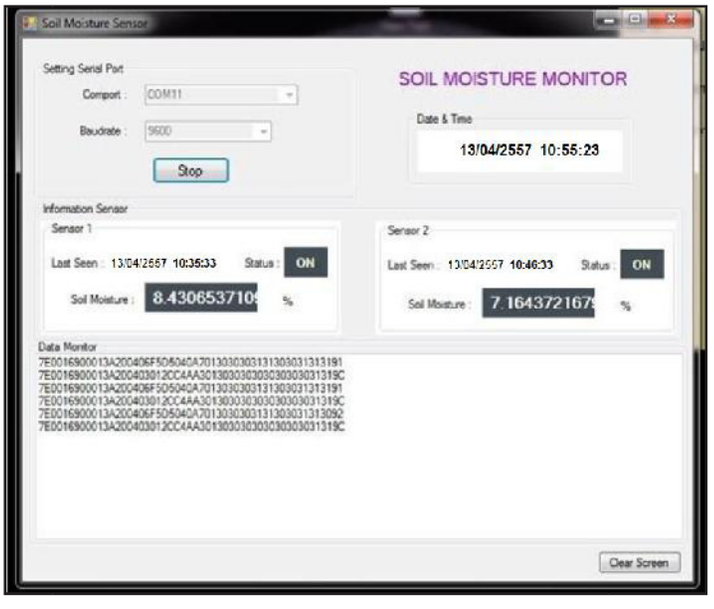
การเทียบเคียงค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดินกับวิธีการวัดค่าความชื้นในดินแบบมาตรฐาน (Calibration) อาศัยจากหลักการทางไฟฟ้าทำให้ต้องมีการเทียบเคียงค่าแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์วัดค่าความชื้นในดินที่สร้างขึ้น เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าความชื้น โดยการ Calibrate เทียบกับวิธีวัดค่าความชื้นในดินแบบมาตรฐาน มีขั้นตอนทดลองดังนี้

- นำเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราที่สร้างขึ้นใส่ลงไปในดิน กดดินรอบๆ เซนเซอร์ให้แน่น เพื่อให้ดินสัมผัสกับเซนเซอร์วัดความชื้นได้ทั่วถึงแล้วทำการวัดค่าแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์วัดความชื้น
- ทำการเก็บตัวอย่างดินบรรจุลงในกระป๋องนำไปชั่งเพื่อหาน้ำหนักดินก่อนการอบ
- นำตัวอย่างดินเข้าเตาอบ อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง เพื่อทำการไล่น้ำที่อยู่ในดินออก เมื่ออบเสร็จแล้วจึงนำตัวอย่างดินไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เพื่อหาน้ำหนักดินหลังการอบ

นำน้ำหนักของตัวอย่างดินที่ชั่งได้ทั้งก่อนการอบและหลังการอบมาคำนวณหาค่าความชื้นในดิน ตามสูตรโดยปริมาณความชื้นในดินที่คำนวณได้จะมีค่าเป็นร้อยละความชื้น

$$\text{ความชื้นในดิน(\%)} = \{(\text{น้ำหนักของดินก่อนอบ} - \text{น้ำหนักของดินหลังอบ})/\text{น้ำหนักของดินหลังอบ}\}*100$$

4. ผลการศึกษา (Results) จากทดลองการทำงานของระบบวัดความชื้นในดิน ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของระบบมี 2 โนด มีลักษณะที่แตกต่างกันคือ กำหนดให้ในภาชนะของโนดที่ 1 มีความชื้นมากกว่าในภาชนะที่ 2 (หยดน้ำใส่ให้พอประมาณ) โนดเซนเซอร์วัดความชื้นถูกตั้งค่าให้อ่านอัตโนมัติทุกๆ 10 นาที จะได้ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดินออกมาในช่อง Information Sensor (%) เมื่อเปิดสวิตช์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรอการสั่งงานจาก Server เมื่อได้รับคำสั่งให้ทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการเปิดสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ (Optocouplers HSR412) ซึ่งทำหน้าที่กำหนดการไหลของกระแสไฟฟ้าให้กับเซนเซอร์ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลไปยังเซนเซอร์แล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะรับค่า Vout เข้าสู่กระบวนการ ADC Conversion เพื่อทำการแปลงค่าจาก Analog เป็น Digital แล้วจึงส่งค่า Vout ที่แปลงแล้วไปยัง Zigbee เพื่อส่งข้อมูลไปยัง Server ในรูปของ packet แบบ Application Programming Interface: API ดังแสดงในรูปที่ 5



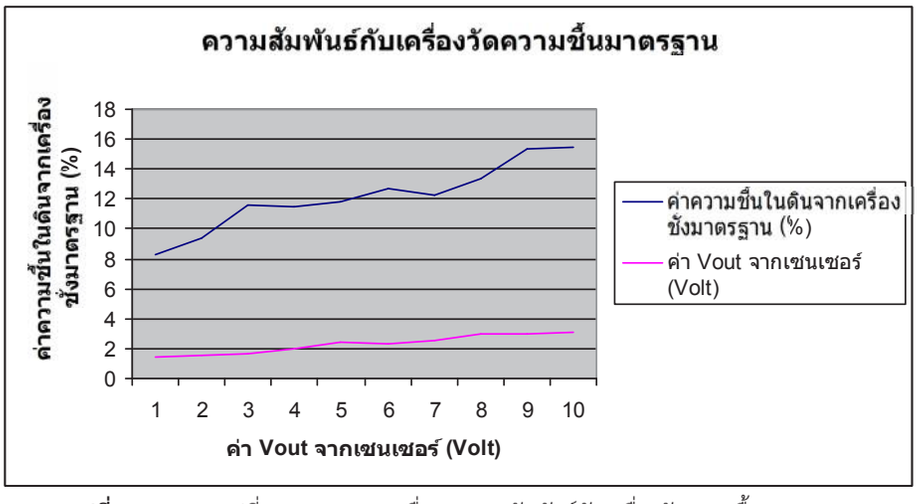
รูปที่ 5: ค่าความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพารา ที่ได้จากการอ่านค่าที่ระดับความลึก 10 และ 50 เซนติเมตร

5. อภิปรายผล (Discussion)

ผลการทดลองจะพบว่า เมื่อค่าความชื้นในดินจากเครื่องชั่งมาตรฐาน(%) มีค่ามากขึ้น จะทำให้ค่า Vout ที่ได้จากเซนเซอร์มีค่ามากขึ้นตามไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 1

ตัวอย่างดิน	น้ำหนักของดินก่อนอบ(กรัม)	น้ำของดินหลังอบ(กรัม)	ค่าความชื้นดินจากเครื่องชั่งมาตรฐาน(%)	ค่า Vout จากเซ็นเซอร์(Volt)
1	84.8	78.3	8.301	1.45
2	114.9	105	9.429	1.58
3	102.7	92	11.630	1.68
4	81.3	72.9	11.523	2.00
5	63.5	56.8	11.796	2.40
6	77	68.3	12.738	2.37
7	67.8	60.4	12.252	2.57
8	88.3	77.9	13.350	2.94
9	81.9	71	15.352	3.00
10	57.5	49.8	15.462	3.10
ค่าโดยเฉลี่ย	81.97	73.24	12.183	2.31

ตารางที่ 1: แสดงค่าความชื้นมาตรฐานและค่าแรงดันที่ได้จากเซนเซอร์



รูปที่ 6: แสดงกราฟที่จากการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์กับเครื่องวัดความชื้นมาตรฐาน

จากกราฟความชื้นมาตรฐานในดิน มีลักษณะที่ไม่เป็นเส้นตรง ทำให้ความถูกต้องในการวัดค่าไม่เที่ยงตรงหรือถูกต้องมากนัก เมื่อนำค่าแรงดันที่วัดได้จากเซนเซอร์วัดความชื้นมา Calibrate กับความชื้นในดินที่คำนวณได้ นำข้อมูลจากกราฟมาเขียนเป็นสมการเส้นตรง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณหาค่าความชื้นในดินของโปรแกรมที่เขียนไว้ โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$y = 3.97\,x + 3.16$$

สมการค่าความชื้นในดินที่จะนำไปใช้ในส่วนของการ Calibrate เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐานในส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface: UI) จะพบว่าเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราที่ทำขึ้นมานั้นยังมีประสิทธิภาพที่ไม่ดีเท่าที่ควร อันเป็นผลจากการวัดค่าความต้านทานที่ยังได้ค่าที่ไม่นิ่งพอ อาจจะทำให้เกิดปัญหาในการคำนวณได้ในอนาคต

5. สรุป (Conclusion) ระบบเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราที่ได้ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการแบบต่าง ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องวัดความชื้นในดินไร้สายเพื่อทดลองกับดินที่ใช้ในการปลูกต้นยางพาราที่ได้สร้างขึ้น โดยได้ทำการ Calibrate ค่าที่เกี่ยวข้องกับเซนเซอร์ต่างๆ เทียบกับวิธีการวัดความชื้นแบบมาตรฐานโดยได้แสดงในรูปที่ 6 จะเห็นว่ากราฟมีลักษณะไม่คงที่ เมื่อทำการหาค่าเฉลี่ยของกราฟซึ่งอาจจะทำให้การวัดความชื้นในบางช่วงได้ค่าความชื้นในดินที่คาดเคลื่อน โดยผลการทดลองเมื่อได้รับค่าแรงดันที่ส่งมาจากโนดของเซนเซอร์วัดความชื้นแล้วทำการประมวลผลหาค่าความชื้นในดินจากโปรแกรมที่ได้เขียนขึ้น ทำให้ได้ค่าความชื้นปรากฏขึ้นที่การแสดงผลของโปรแกรม ซึ่งถ้านำไปใช้งานจริงควรมีการแก้ไขเกี่ยวกับสมการเพื่อให้โปรแกรมสามารถคำนวณหาค่าความชื้นในดินที่มีความเที่ยงตรงมากยิ่งขึ้น ผลการวัดความชื้นในดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพารา ที่ระดับความลึก 10-50 เซนติเมตร ควรมีค่าเฉลี่ยมากว่า 12 เปอร์เซ็นต์โดยประมาณ

7. คำขอบคุณ (Acknowledgement)

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณองค์การบริหารส่วนตำบลบ้านค่าย จังหวัดระยอง ที่อนุเคราะห์ความช่วยเหลือในการหาสถานที่ใช้ในการทดสอบ ขอขอบคุณคณาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีรัตนโกสินทร์ทุกท่านที่เอื้อเฟื้อข้อมูลในการวิจัยและอุปกรณ์เครื่องมือวัดที่ใช้ในการทดลอง ขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีรัตนโกสินทร์ที่อนุเคราะห์ หาสถานที่เผยแพร่งานวิจัย และขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง (References)

การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.reocities.com/p_pirat/mcs51.htm (30 มิถุนายน 2557).

จักรกฤษณ์ มุขพรม, พิสิษฐ์ สุวัณณุสส์. 2555. ระบบเครื่องวัดความชื้นในดินโดยใช้ Zigbee ในการสื่อสาร. ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ธนพงศ์ หยุ่มไธสง, ธีรานุวัฒน์ อื้อประเสริฐ. 2553. เครื่องโหวตอิเล็กทรอนิกส์ไร้สาย. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

เดชฤทธิ์ มณีธรรม,สำเริง เต็มราม, คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller PIC), พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์เพชรเกษมพริ้นติ้ง กรุ๊ป จำกัด, กรุงเทพฯ.

How to make a cheap soil moisture sensor. (online) Available: http://www.cheapvegetablegardener.com/2009/11/how-to-make-cheap-soil-moisture-sensor-2.html (2014 June 30).

PIC16F688 datasheet, Microchip Technology Inc. (online) Available: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41203D.pdf (2014 June 30).

Xbee Basic configuration in Network Application (online) Available: http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/embedded-electronics-application/xbee-basic-configuration-in-network-application.html (2014 June 30).

Zigbee คืออะไร. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.thaieasyelec.com/electronics-in-chapter/what-is-zigbee.html (30 มิถุนายน 2557).