ระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกผ่านเครื่องแม่ข่ายโดยใช้เซนเซอร์ตรวจจับแบบไร้สาย
Intruder Detection System via a Server using Wireless Sensor Networks

กายรัฐ เจริญราษฎร์, ภิเศก ภัทรเวสารัช และ เจตน์ พวงศิลป์*

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
kairat.j@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันนี้ผู้คนในสังคมเมืองส่วนมากมักต้องออกไปทำงานนอกบ้านจึงไม่มีเวลาในการระมัดระวังความปลอดภัยของทรัพย์สินภายในบ้าน จึงเป็นเรื่องง่ายของกลุ่มมิจฉาชีพที่จะบุกรุกเข้ามาขโมยทรัพย์สินภายในบ้าน ผู้วิจัยจึงพัฒนาระบบกันขโมยไร้สายโดยใช้ซิกบีขึ้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น โดยระบบนี้เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นเพื่อช่วยแจ้งเจ้าของบ้านเมื่อมีโจรบุกรุกเข้ามาในบ้าน ซึ่งระบบนี้ใช้เทคโนโลยีซิกบีที่เป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย และสามารถติดตั้งตามบริเวณต่างๆของบ้านได้ง่าย ดังนั้นแม้เจ้าของบ้านจะไม่อยู่ก็สามารถรับรู้ถึงสิ่งผิดปกติจากการแจ้งเตือนที่เครื่องแม่ข่าย และส่งข้อความเตือนเข้าที่โทรศัพท์มือถือผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้สามารถป้องกันเหตุการณ์ต่างๆได้อย่างทันท่วงที

คำสำคัญ: กันขโมยไร้สาย ซิกบี อาดุยโน่

Abstract

Nowadays, most people have to leave their home for works. Thus, it is easy for intruders to come and steal the valuables. Then we have developed this Wireless Intruder Detection System which is based on Zigbee technology. The objective of this system is to inform the homeowners by sending a warning message to the mobile phone when the intruder break into the house. This system uses Zigbee technology, which is Wireless Sensor Network, that can be installed anywhere easily. So the house owners can perceive an abnormal situation wherever they are and can prevent any unexpected incidents effectively.

Keyword: Wireless Intruder Detection, Zigbee, Arduino

1. บทนำ

เนื่องจากระบบกันขโมยสำหรับที่พักอาศัยนั้นส่วนใหญ่จะถูกพัฒนาจากต่างประเทศทำให้มีราคาแพง และอาจไม่ได้ความสามารถตามที่ต้องการ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุก เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของการออกแบบและผลิตระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกไร้สายโดยคนไทยขึ้นมาใช้เอง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยด้านการสร้างเส้นทางสำรองสำหรับเส้นทางแบบหลายฮอป (AODV-2T) [2] ของนางสาว

หฤษวรรณ สมนึก และผศ.มยุรี เลิศเวชกุล ทำให้ทราบข้อดีของการใช้โปรโตคอล AODV [6] ที่มีอยู่ในอุปกรณ์ซิกบี (Zigbee) คือการรับส่งข้อมูลภายในเครือข่ายที่ใช้โปรโตคอลนี้จะไม่ได้ถูกตัดสินให้ส่งข้อมูลไปในเส้นทางเดียวเท่านั้น ทำให้มีความยืดหยุ่นในการจัดการเมื่อเกิดปัญหาขึ้นกับโหนดระหว่างทาง โดยโปรโตคอล AODV จะทำหน้าที่สลับไปใช้เส้นทางอื่นเมื่อเส้นทางหลักถูกตัดขาด และจากวิทยานิพนธ์เรื่องการส่งข้อมูลกลับสำหรับอุปกรณ์ปลายทางหลายอุปกรณ์ในเครือข่ายไร้สายโดยใช้ซิกบี [3] ของนายภากร จูเหล็ง ซึ่งเสนอวิธีการส่งข้อมูลกลับในเครือข่ายตรวจจับไร้สายโดยซิกบี พบว่าอุปกรณ์ปลายทางหลายอย่างในเครือข่ายตรวจจับไร้สายมีความสำคัญมากต่อระบบการแจ้งเตือนผู้บุกรุก โดยวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอวิธีการที่เหมาะสมในการนำอุปกรณ์ไปใช้งานเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพ นอกจากนั้นผู้วิจัยยังได้ศึกษาโครงงานของนายกลกรณ์ วงศ์ภาติกะเสรีและนางสาวอรุณี รติกานต์ เรื่อง Security Automation with Zigbee [4] ซึ่งมีเนื้อหาตรงกันกับงานของผู้วิจัยคือใช้อุปกรณ์ซิกบีในการสร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์รับส่งข้อมูลและควบคุมด้วยเครื่องบริการหนึ่งเครื่อง แต่ใช้โปรแกรม Ozeki Message ทำการแจ้งเตือนเป็นแบบข้อความโทรศัพท์มือถือ (Short Message Service) ไปที่โทรศัพท์มือถือ ซึ่งไม่เหมือนงานวิจัยนี้ที่ซึ่งแจ้งไปยังมือโทรศัพท์มือถือของผู้ใช้ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

จากข้อมูลที่ได้ศึกษามาดังกล่าวไว้ข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาโปรแกรมแจ้งเตือนผู้บุกรุกโดยได้ทำเครื่องแม่ข่าย (Web Server) เพื่อให้มือถือสามารถเข้ามาดูการแจ้งเตือนในเครื่องแม่ข่ายได้ และได้พัฒนาโปรแกรมในตัวเครื่องบริการให้สามารถแสดงการแจ้งเตือนผู้บุกและสามารถดูสถานะของเซ็นเซอร์หรือควบคุมการเปิดปิดการแสดงผลของเซ็นเซอร์ได้ และสามารถส่งการแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคโนโลยี ซิกบีที่เป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network) [1] ในการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์และใช้เซ็นเซอร์ทั้ง 3 ชนิดในการตรวจจับผู้บุกรุกคือ 1) เซ็นเซอร์แสงอินฟราเรด (Passive Infrared Sensor) ใช้ตรวจจับการเคลื่อนไหวที่ผิดปกติ 2) เซ็นเซอร์เพียโซดิสก์ (Piezo Disk Vibration Sensor)ใช้ตรวจสอบการกระแทกเช่น การพยายามทุบทำลายกระจก 3) สวิตช์แม่เหล็ก (Magnetic Switch) ใช้ป้องกันการบุกรุกผ่านทางประตู

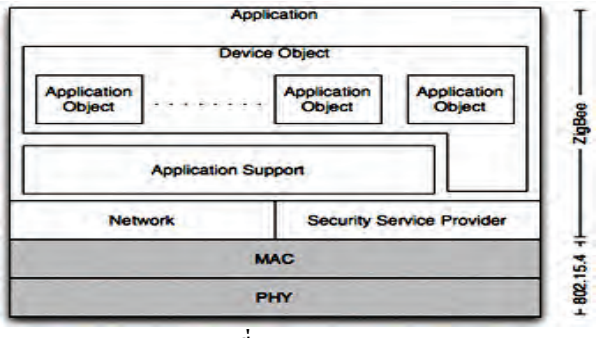
2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ซิกบี

ซิกบี ดังตัวอย่างในภาพที่ 1 มีมาตรฐานสากลซึ่งกำหนดโดยซิกบีอลิอานซ์ (Zigbee Alliance) เป็นการสื่อสารแบบไร้สายที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลต่ำ ใช้พลังงานต่ำ ราคาถูก จุดประสงค์การใช้งานเพื่อให้สามารถสร้างระบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

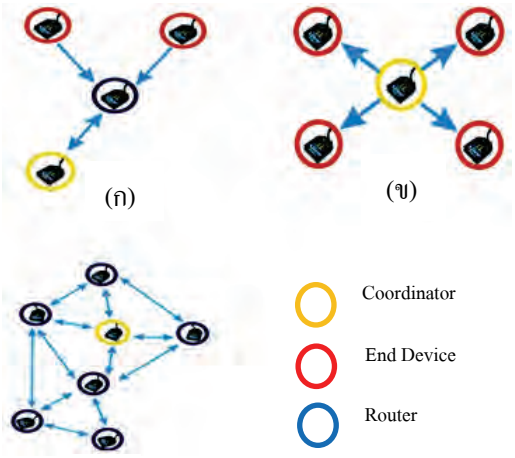
ภาพที่ 1 ซิกบี

ซิกบีนำชั้นกายภาพ (Physical Layer) และชั้นสื่อกลางการส่งข้อมูล (MAC Layer) ของ IEEE 802.15.4 ซึ่งเป็นมาตรฐานการกำหนดการสื่อสารไร้สายแบบเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายส่วนบุคคล (Wireless Personal Area Network) มาทำงานในชั้นที่ต่ำกว่าเช่น เรื่องของระดับกำลังสัญญาณ, คุณภาพสัญญาณ (Link Quality) ฯลฯ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Zigbee Stack

ในการสร้างโครงข่ายไร้สายของซิกบีนั้นโครงข่ายจะต้องประกอบด้วย โหนดจำนวนอย่างน้อยที่สุด 2 ชนิด คือ โคออดิเนเตอร์ และ โหนดลูกข่ายชนิดใดชนิดหนึ่ง จึงจะสามารถสื่อสารและทำงานในรูปแบบของเครือข่ายส่วนบุคคล (Personal Area Network) ได้โดยซิกบีแบ่งรูปแบบเครือข่ายได้เป็น 3 รูปแบบ ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 (ก) Star Broadcast (ข) Cluster Tree (ค) Mesh Network

2.2 เซ็นเซอร์แสงอินฟราเรด

โมดูลเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุที่ขวางกั้นด้วยแสงอินฟราเรด โดยใช้หลักการส่งคลื่นแสงไปกระทบกับวัตถุและตรวจจับการสะท้อนกลับของแสงมีระยะการตรวจจับสูงสุดที่ 7 เมตร ควบคุมการทำงานภายในด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

2.3 เซ็นเซอร์เพียโซดิสก์

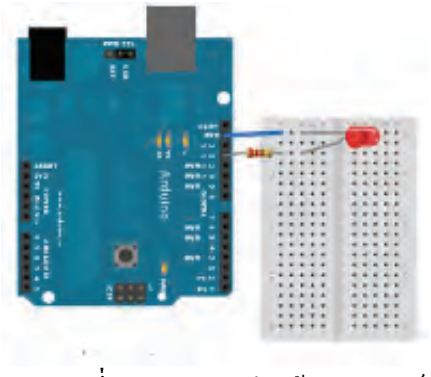
เซ็นเซอร์เพียโซดิสก์ใช้ผลของความดันต่อการเกิดประจุไฟฟ้าของผลึกควอซ (Quartz) ทำให้กำเนิดไฟฟ้าได้เมื่อมีแรงกดกระทำต่อผลึก ซึ่งเรียกว่าปรากฏการณ์ Piezoelectricity ที่เกิดจากเหตุความไม่สมมาตรจุดศูนย์กลางของผลึกเซล (NonCentrosymmetry) เมื่อมีแรงกดจะทำให้ ไดโพล (Dipole) เกิดขึ้น และทำให้เกิดกระแสขึ้นในทำนองกลับกันเมื่อมีแรงดึงจะทำให้ไดโพลเกิด เป็นผลทำให้เกิดกระแสขึ้น ไดโพลที่มีอยู่ในผลึกต่างๆนั้นไม่ได้เรียงไปในแนวทางเดียวกันดังนั้นจึงต้องพึ่งกระบวนการ Poling เพื่อให้ไดโพลต่างๆ เรียงไปในทิศทางเดียวกัน

2.4 สวิตซ์แม่เหล็ก

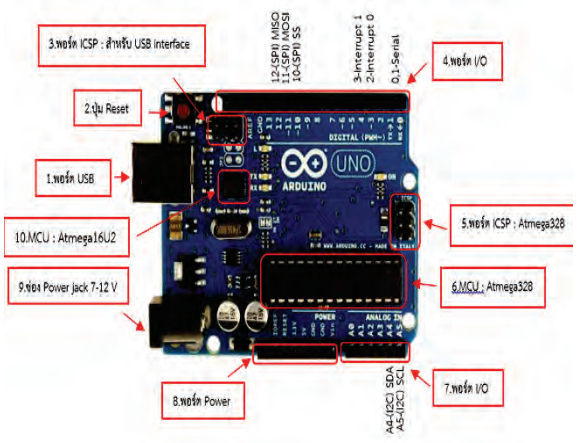
สวิตซ์แม่เหล็กทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กไฟฟ้าช่วยในการเปิด-ปิดหน้าสัมผัส ในการตัด-ต่อวงจรกำลัง

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโน่ (Arduino)

อาดุยโน่ [5] เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบเปิดเผยข้อมูลทั้งด้านอุปกรณ์ (Hardware) และชุดคำสั่ง(Software) ตัวบอร์ดอาดุยโน่ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย โดยการต่ออุปกรณ์ต่างๆสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขาอินพุดเอาต์พุต (I/O) ของบอร์ดได้เลย ดังภาพที่ 4 หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาต่อกับบอร์ดอาดุยโน่แล้วไปเขียนโปรแกรมพัฒนาต่อ



ภาพที่ 4 การต่ออาดุยโน่เข้ากับอุปกรณ์



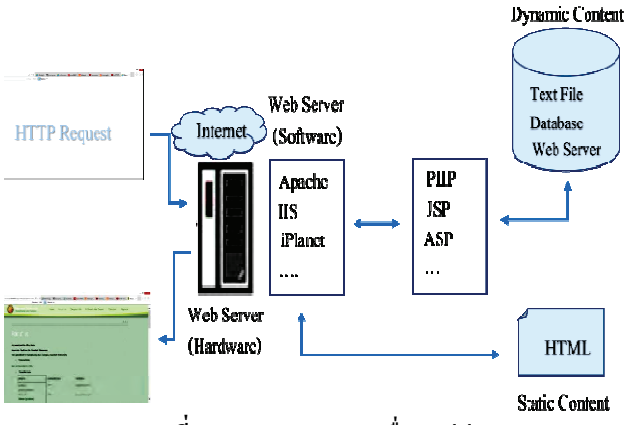
ภาพที่ 5 ลักษณะภายนอกของอาดุยโน่

ภาพที่ 5 แสดงลักษณะภายนอกของอาดุยโน่ ซึ่งประกอบไปด้วย 1) USB Port: ใช้สำหรับต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่ออับโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด 2) Reset Button: เป็นปุ่มรีเซ็ตใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มทำงานใหม่ 3) ICSP Port: ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com Port บน Atmega16U2 4) I/O Port: Digital I/O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำ

หน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin0,1 เป็นขา Tx,Rx Serial , Pin3,5,6,9,10 และ 11 เป็นขา PWM 5) ICSP Port: Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Bootloader 6) MCU: Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ดอาดุยโน่ 7) I/O Port: นอกจากจะเป็น Digital I/O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0-A5 8) Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ด เมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V, +5V, GND, Vin 9) Power Jack: รับไฟจาก Adapterโดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7-12 V และ 10) MCU ของ Atmega16U2 เป็น MCU ที่ทำหน้าที่เป็น USB to Serial โดย Atmega328 จะติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน Atmega16U2

2.6 เครื่องแม่ข่าย

ระบบข่ายคอมพิวเตอร์คือการนำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปมาต่อเข้าด้วยกันทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เหล่านั้นติดต่อกัน สามารถใช้โปรแกรมร่วมกันได้ หรือสามารถเรียกดูข้อมูลที่เก็บบนเครื่องหนึ่งได้ การที่เครื่องคอมพิวเตอร์บนเครือข่ายจะทำงานบางอย่างร่วมกันจะต้องมีเครื่องหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นเครื่องบริการหรือเครื่องแม่ข่าย (Server) ส่วนเครื่องที่เหลือก็จะมีสภาพเป็นผู้รับบริการ (Client) ดังตัวอย่างในภาพที่ 6 ถ้าเราต้องการติดต่อสื่อสารในเครือข่ายรูปแบบเว็บเพจ ก็จะต้องมีเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่งทำหน้าที่เป็นเครื่องแม่ข่าย



ภาพที่ 6 การทำงานของเครื่องแม่ข่าย

เครื่องแม่ข่ายเว็บ (Web Server) เป็นที่รวบรวมข้อมูลทั้งหมดไว้ในรูปแบบของเว็บไซต์ให้ผู้ใช้ในเครือข่าย โดยการทำงานจะเปิดบริการตลอดเวลาเพื่อรอสัญญาณร้องขอของผู้รับบริการ เมื่อได้รับการร้องขอจึงส่งข้อมูลให้ผู้รับบริการทันที การเตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์ให้เป็นเครื่องแม่ข่ายนั้นต้องติดตั้งโปรแกรมให้เป็นเครื่องแม่ข่าย ซึ่งโปรแกรมเครื่องแม่ข่ายที่นิยมในปัจจุบันเช่น IIS, Apache เป็นต้น

3. วิธีการออกแบบและพัฒนาระบบ

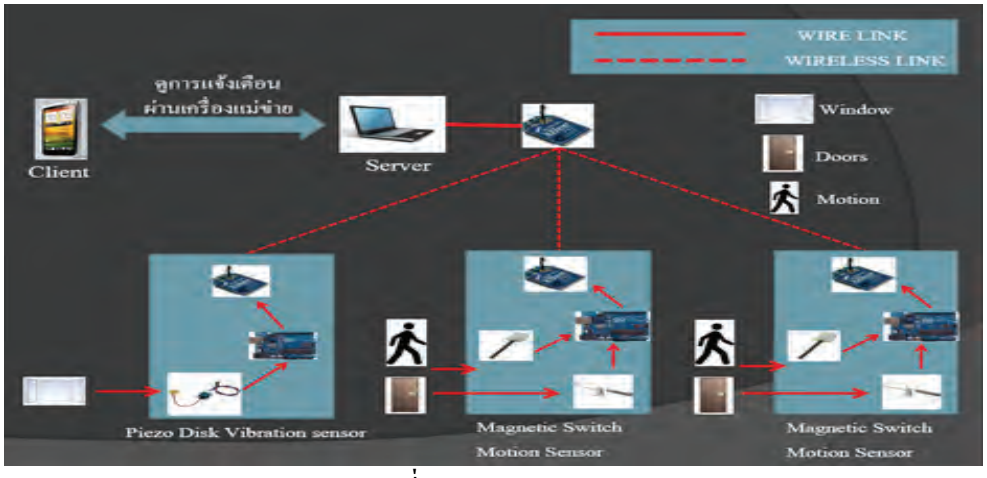
3.1 ภาพรวมของระบบ

ในการทำงานของระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุก เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจจับผู้บุกรุกได้จะส่งข้อมูลไปที่เครื่องบริการ เพื่อแจ้งเตือนว่าสามารถตรวจจับผู้บุกรุกได้และเครื่องบริการจะตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับมาว่าเป็นข้อมูลของเซ็นเซอร์ที่ตำแหน่งใดเพื่อแสดงผลให้ผู้ใช้ได้ทราบ จากนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์จะทำการบันทึกการตรวจจับผู้บุกรุกลงฐานข้อมูลเพื่อให้โทรศัพท์มือถือสามารถเข้ามาดูข้อมูลการแจ้งเตือนในเครื่องแม่ข่ายได้ ดังแสดงในภาพที่ 7

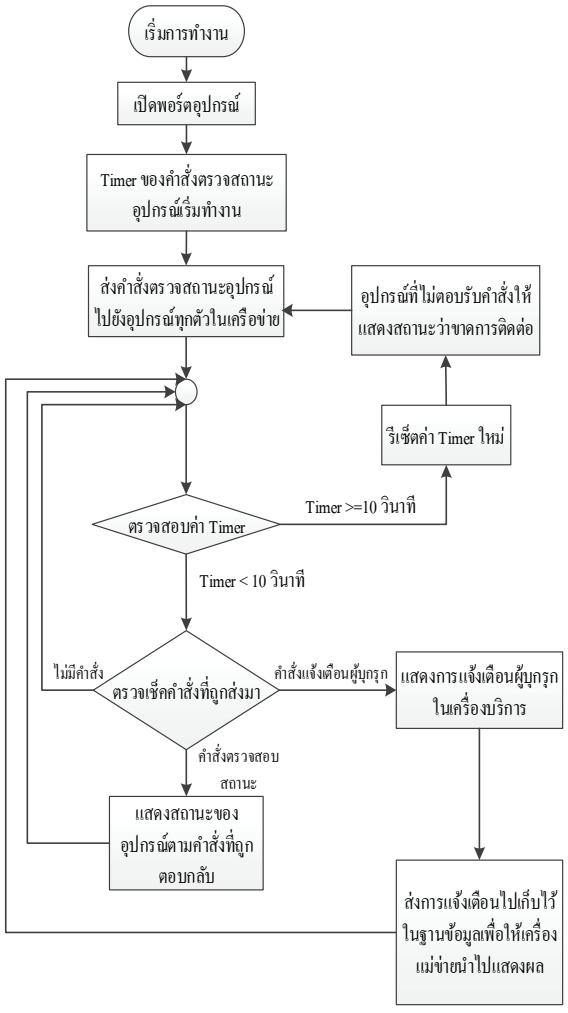
3.2 การทำงานของระบบ

โปรแกรมทำหน้าที่ตรวจเช็คสถานะอุปกรณ์ทุก 10 วินาที โดยส่งคำสั่งเช็คสถานะไปที่อุปกรณ์ทั้งหมดในเครือข่าย และหลังจากการส่งชุดคำสั่งไปแล้วรอการตอบรับกลับจากอุปกรณ์ โดยอุปกรณ์ที่ได้รับคำสั่งจะส่งหมายเลขชุดอุปกรณ์ และสถานะในขณะนั้นกลับมาที่เครื่องบริการ ถ้าอุปกรณ์ใดไม่ตอบกลับมาแสดงว่าอุปกรณ์นั้นขาดการติดต่อไป และโปรแกรมยังมีหน้าที่รอรับคำสั่งการแจ้งเตือนจากเซ็นเซอร์เมื่อมีการตรวจจับผู้บุกรุกจะแสดงการแจ้งเตือนและจะบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลเพื่อนำไปแสดงค่าในเครื่องแม่ข่าย ดังภาพที่ 8

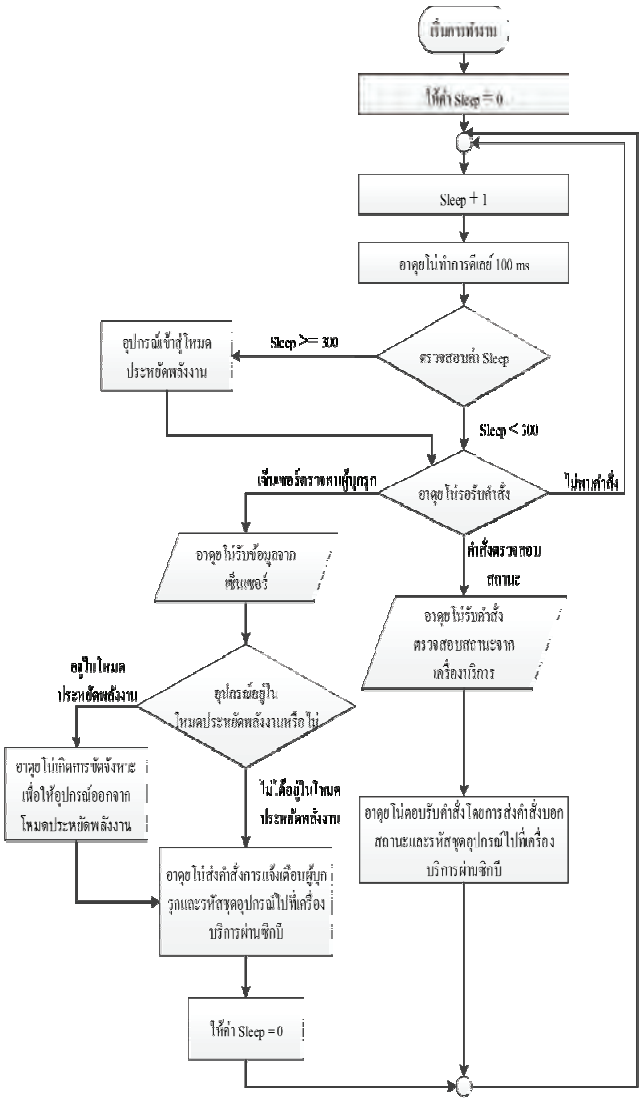
การทำงานของอุปกรณ์ : เมื่อเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับผู้บุกรุกได้จะส่งข้อมูลเข้าสู่อาดุยโน่ และอาดุยโน่จะส่งคำสั่งการแจ้งเตือนและหมายเลขรหัสของชุดอุปกรณ์ไปที่เครื่องบริการ ถ้าเซ็นเซอร์ไม่มีการตรวจจับภายใน 30 วินาทีอุปกรณ์จะเข้าสู่สถานะโหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode) และการทำงานอีกอย่างหนึ่งของอุปกรณ์คือรอรับคำสั่งเช็คสถานะของอุปกรณ์จากเครื่องบริการ ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 7 ภาพรวมของระบบ

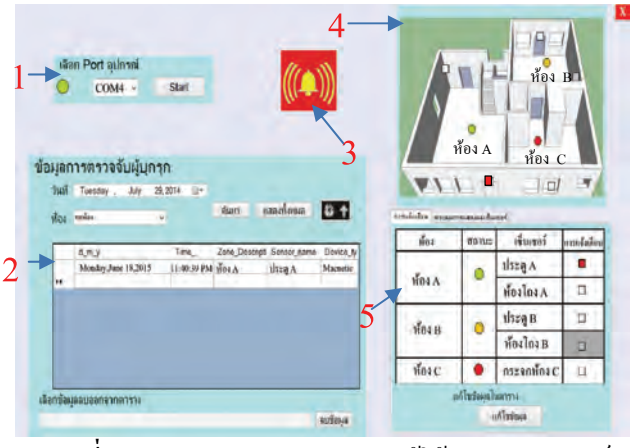


ภาพที่ 8 ผังการทำงานของโปรแกรม



ภาพที่ 9 ผังการทำงานของอุปกรณ์

3.3 ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้



ภาพที่ 10 ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ของคอมพิวเตอร์

ในส่วนต่อประสานกราฟิกของเครื่องบริการจะเป็นตัวที่ใช้ในการแสดงผลการแจ้งเตือนเมื่อมีผู้บุกรุก และบอกสถานะการทำงานของเซ็นเซอร์ สามารถสั่งเปิด/ปิดการแสดงผลเซ็นเซอร์ และสามารถทำการเก็บข้อมูลการแจ้งเตือนหรือดูข้อมูลการแจ้งเตือนย้อนหลัง โดยหน้าของโปรแกรมจะเป็น ดังภาพที่ 10 และการทำงานของโปรแกรมจะประกอบไปด้วย

1) การเลือกพอร์ตสำหรับติดต่อกับ ซิกบีที่เครื่องบริการ

2) ส่วนของตารางการบันทึกข้อมูลการตรวจจับผู้บุก

3) ปุ่มแจ้งเตือนเมื่อมีผู้บุกรุกและเคลียร์ค่าการแจ้งเตือน

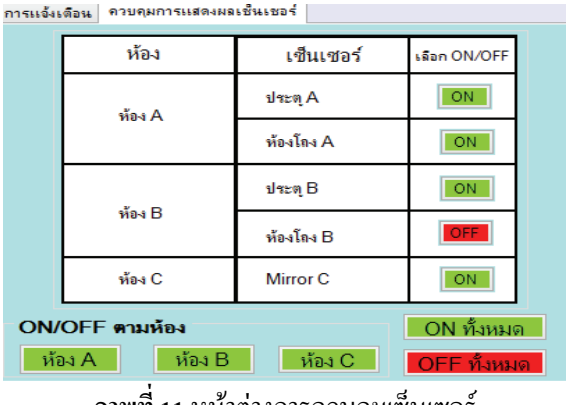
4) ส่วนของภาพที่แสดงตำแหน่งเซ็นเซอร์และแสดงสถานะของเซ็นเซอร์

5) ตารางแสดงการแจ้งเตือน และตารางควบคุมเซ็นเซอร์ โดยหน้าต่างตารางการแจ้งเตือนจะประกอบด้วย 1)ชื่อห้อง 2) สถานะสี สีเขียวคือเซ็นเซอร์พร้อมใช้งาน สีเหลืองคือเซ็นเซอร์อยู่ในโหมดประหยัดพลังงาน สีแดงคือรอการติดต่อหรือเซ็นเซอร์ขาดการติดต่อ 3)ตำแหน่งที่ติดตั้งเซ็นเซอร์ 4)การแจ้งเตือนเมื่อพบผู้บุกรุก ส่วนหน้าต่างการควบคุมเซ็นเซอร์เป็นการควบคุมปิด/เปิดเซ็นเซอร์ที่ต้องการ ดังแสดงในภาพที่ 11

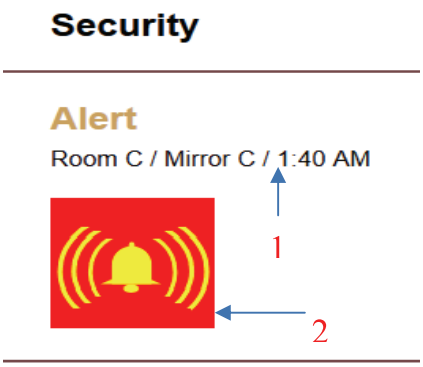
จากภาพที่ 12 เป็นส่วนกราฟิกแสดงผลของผู้ใช้งานผ่านโทรศัพท์มือถือ ซึ่ง ประกอบไปด้วย

ตำแหน่งที่ 1 ส่วนแสดงผลการแจ้งเตือน

ตำแหน่งที่ 2 ปุ่มเพื่อเคลียร์ค่าการแสดงผล



ภาพที่ 11 หน้าต่างการควบคุมเซ็นเซอร์

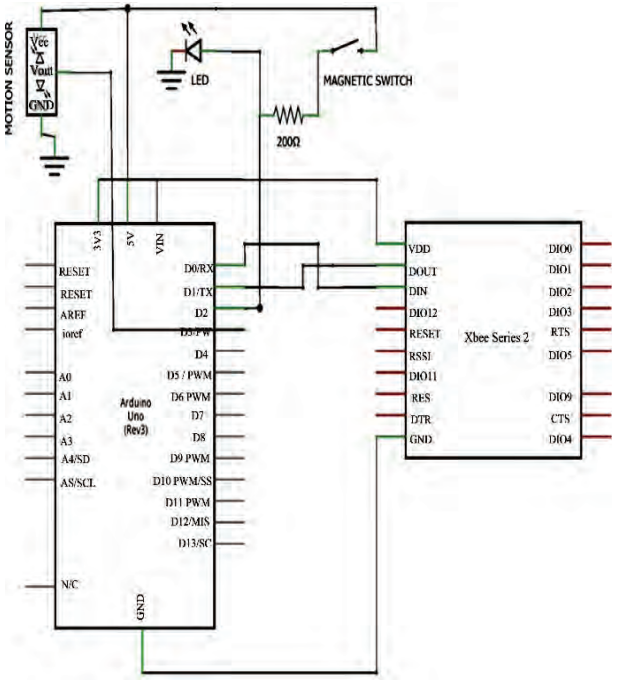


ภาพที่ 12 ส่วนแสดงผลของโทรศัพท์มือถือ

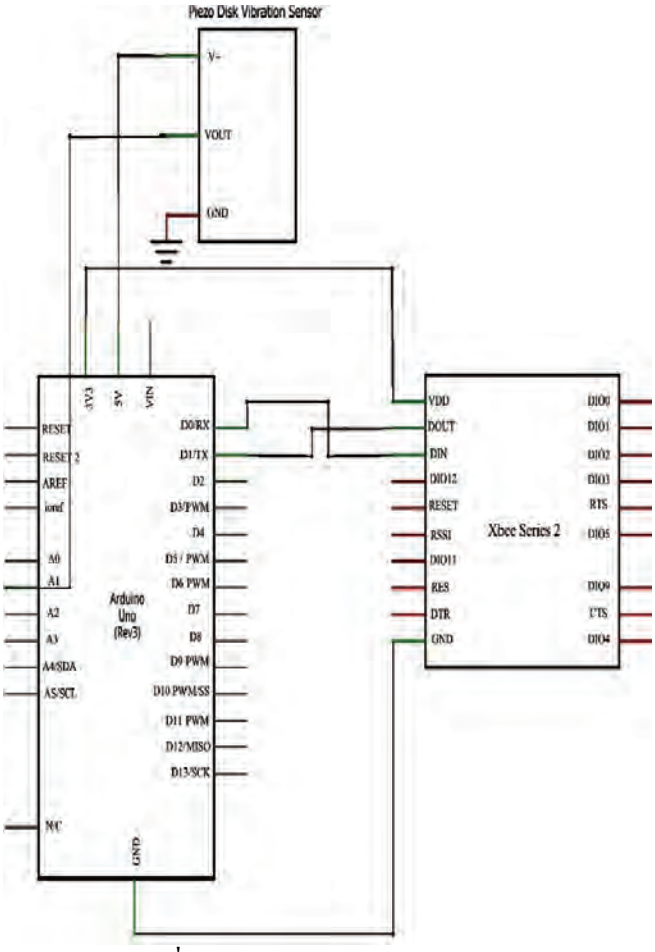
3.4 การออกแบบวงจร

ภาพที่ 13 เป็นวงจรตรวจจับผู้บุกรุกชุดเซ็นเซอร์แสงอินฟราเรดและสวิตซ์แม่เหล็ก โดยใช้อาดุยโน่ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลและใช้ซิกบีในการรับส่งข้อมูล โดยช่องขาออกของเซ็นเซอร์แสงอินฟราเรดจะต่อเข้ากับขาอินพุดเอาต์พุตของอาดุยโน่พอร์ตที่ 3 และช่องขาออกของสวิตซ์แม่เหล็กจะต่อเข้ากับขาอินพุดเอาต์พุตของอาดุยโน่พอร์ตที่ 2 และพอร์ตอนุกรมของอาดุยโน่จะต่อเข้ากับพอร์ตอนุกรมของซิกบีเพื่อเอาไว้ส่งข้อมูลหากัน

ส่วนภาพที่ 14 เป็นวงจรชุดเซ็นเซอร์เพียโซดิสก์การต่อขาอุปกรณ์ของอาดุยโน่เข้ากับซิกบี ซึ่งจะเหมือนกับชุดเซ็นเซอร์แสงอินฟาเรดและสวิตซ์แม่เหล็ก แต่การต่อช่องทางอินพุดเอาต์พุตของเซ็นเซอร์จะต่างกันคือ ช่องขาออกของเซ็นเซอร์เพียโซดิสก์จะต่อเข้ากับ ช่องรับสัญญาณอนาล็อกขาที่ 1 ของ อาดุยโน่เพราะเซ็นเซอร์เพียโซดิกส์เป็นเซ็นเซอร์ชนิดอนาลอก



ภาพที่ 13 วงจรชุดเซ็นเซอร์แสงอินฟราเรดและสวิตซ์แม่เหล็ก



ภาพที่ 14 วงจรชุดเซ็นเซอร์เพียโซดิสก์

4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการทดสอบระยะการตรวจจับของเซ็นเซอร์แสงอินฟราเรด

ผู้วิจัยทดสอบการตรวจจับของเซ็นเซอร์แสงอินฟราเรดทั้งหมด 5 รอบ รอบละ 30 ครั้ง โดยการเดินผ่าน จากตารางที่ 1 ระยะที่ได้ผลที่แน่นอนและถูกต้องจะอยู่ที่ระยะไม่เกิน 3 เมตร

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบเซ็นเซอร์แสงอินฟราเรด

ระยะการตรวจจับ (เมตร)	ความถูกต้อง (%)
1	100
2	100
3	100
4	71
5	45
6	15
7	3
8	0

4.2 การทดสอบระยะการสื่อสารระหว่างซิกบี

จากการทดสอบการติดต่อของซิกบีที่ติดตั้งอยู่กับคอมพิวเตอร์ และซิกบีที่อยู่กับอุปกรณ์ในระยะตั้งแต่ 10-55 เมตร โดยการทดสอบจะทดสอบในพื้นที่โล่งแจ้งทดสอบ 3 รอบ โดยในแต่ละรอบจะส่งข้อมูล 10 ครั้ง จะได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2 ซึ่งพบว่าในการส่งข้อมูลระหว่างซิกบีนั้นสามารถส่งได้ทุกครั้งเมื่ออยู่ในระยะ 40 เมตร แต่เมื่อระยะเกิน 40 เมตรขึ้นไปการส่งข้อมูลจะเริ่มส่งไม่ได้ในทุกครั้งจนระยะ 45 เมตรขึ้นไปจะไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้เลย

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบระยะการติดต่อของซิกบี

ระยะห่าง (เมตร)	ความสามารถในการสื่อสาร (%)
10-15	100
15-20	100
20-25	100
25-30	100
30-35	100
35-40	100
40-45	60
45-50	0
50-55	0

4.3 ทดสอบการสั่นสะเทือนของเซ็นเซอร์เพียโซดิสก์

ทดสอบโดยให้เซ็นเซอร์ติดอยู่ที่แผ่นอะคริลิก โดยใช้แผ่นอะคริลิกขนาด 12 x 12 นิ้ว จำนวน 1 แผ่น โดยการทดสอบจะใช้ลักษณะการกระทบกับอะคริลิกที่ต่างกัน 3 แบบ ซึ่งจะทำให้ได้ค่าตัวเลขเอาต์พุต (Output) ที่แสดงผลในโปรแกรมที่ต่างกัน จากนั้นนำค่าทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย โดยการทดสอบจะกระทำ 50 ครั้งต่อ 1 ลักษณะการกระทำซึ่งจะได้ค่าเฉลี่ยข้อมูลของอุปกรณ์และค่าเฉลี่ยแรงดันออกมาดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบเซ็นเซอร์เพียโซดิสก์

ทดสอบ	ค่าเฉลี่ย Output	ค่าเฉลี่ยแรงดัน (V)
เคาะด้วยมือ	60.1	0.08
เคาะด้วยของแข็ง	93.24	0.13
ทุบด้วยของแข็ง	118.84	0.17

5. สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบการตรวจจับผู้บุกรุก โดยใช้ซิกบีเป็นอุปกรณ์รับส่งข้อมูลในเครือข่าย และใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจจับผู้บุกรุกทั้ง 3 แบบคือเซ็นเซอร์แสงอินฟราเรดตรวจจับการเคลื่อนไหว เซ็นเซอร์เพียโซดิสก์ตรวจจับการสั่นสะเทือน และเซ็นเซอร์สวิตซ์แม่เหล็กตรวจจับหน้าสัมผัสเมื่อสวิตซ์สองชิ้นไม่สัมผัสกัน จากการทดสอบระบบ อุปกรณ์ซิกบีสามารถรับส่งข้อมูลได้ดีภายในระยะไม่เกิน 40 เมตรแต่หากระยะเกิน 40 เมตร การรับส่งข้อมูลจะไม่มีเสถียรภาพ ขึ้นอยู่กับสัญญาณรบกวนจากภายนอก และระดับในการวางอุปกรณ์ซิกบี ส่วนการทดสอบการตรวจจับผู้บุกรุกจากเซ็นเซอร์ต่างๆ นั้นสวิตซ์แม่เหล็กที่ติดตามประตูสามารถทำงานได้ดีและถูกต้องทุกครั้ง (จากการทดลอง 50 ครั้ง) ส่วนเซ็นเซอร์แสงอินฟราเรดที่ติดตั้งในห้องสามารถตรวจจับได้ดีในระยะที่ไม่เกิน 3 เมตร แต่หากระยะการตรวจจับเกิน 3 เมตร อาจจะไม่สามารถตรวจจับได้ ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างวัตถุและเซ็นเซอร์ และเซ็นเซอร์เพียโซดิสก์สามารถตรวจจับระดับความแรงในการสั่นสะเทือนที่ต่างกันได้ โดยระดับความแรงในการสั่นสะเทือนที่ต่างกันจะให้ค่าเอาต์พุตและแรงดันไฟฟ้าที่ต่างกัน ทำให้สามารถกำหนดเงื่อนไขการแจ้งเตือนให้กับอุปกรณ์ได้ว่าต้องการให้แจ้งเตือนเมื่อแรงสั่นสะเทือนนั้นมีค่าเท่าใด

สรุปได้ว่าระบบแจ้งเตือนผู้บุกรุกสามารถใช้งานได้จริงแต่การติดตั้งตัวเซ็นเซอร์นั้นควรติดตั้งให้เหมาะสมกับสถานที่และการใช้งานเพื่อให้เซ็นเซอร์สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

6. เอกสารอ้างอิง

[1] เอกราช มาเลิศพรสกุล, จิรัชญา ศรีเกตุ, ศรุติ คงเกิด, "เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย-Wireless Sensor Networks (WSN)", [ออนไลน์] http://rssi-dist.blogspot.com/ 2007/08/wireless-sensor-networks-wsn.html, 2010.

[2] Somnuk, H. Lerwatechakul, M, “Multi-hop AODV-2T,” International Symposium on Intelligent Ubiquitous Computing and Education, Chengdu, China, pp. 214-217, 2009.

[3] ภากร จูเหล็ง และ สมศักดิ์ มิตะถา, การส่งข้อมูลกลับสำหรับอุปกรณ์ปลายทางหลายอุปกรณ์ในเครือข่ายไร้สายโดยใช้ซิกบี, โครงงานวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2553.

[4] กลกรณ์ วงศ์ภาติกะเสรีและนางสาวอรุณี รติกานต์ "ระบบกันขโมยไร้สายโดยใช้ซิกบี" โครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2551.

[5] Arduino Team, "ARDUNO" [ออนไลน์] http://www .arduino.cc/

[6] C.E. Perkins and E. M. Royer, “Ad Hoc On-Demand Destination Vector Routing”, IEEE Workshop on. Mobile Computing Computing system and Application,pp 90-100,February 1999