

## การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านโมดูลไร้สาย

### Electrical Control Via RF Wireless Module

นิพนธ์<sup>1</sup> ทางทอง<sup>1</sup>

#### 1. บทนำ

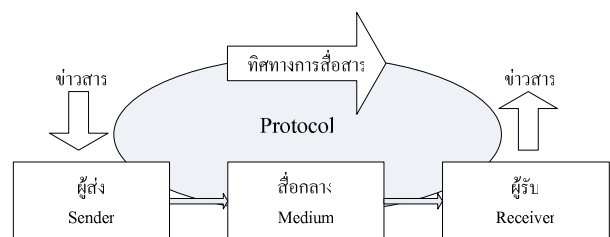
โดยทั่วไปแล้วมนุษย์มีความต้องการที่จะนำเทคโนโลยีมาใช้ในการอำนวยความสะดวกสบายในชีวิตประจำวัน เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่นำมาใช้งานต่างๆ ที่น่าสนใจ การสื่อสารไร้สายเป็นระบบเชื่อมโยงระหว่างเครื่องส่งสัญญาณและเครื่องรับสัญญาณ โดยอาศัยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency: RF) รับ-ส่งสัญญาณแทนสายเคเบิล คลื่นวิทยุที่ใช้อยู่ในย่านความถี่ ISM (Industrial Scientific and Medical) ซึ่งเป็นย่านความถี่สาธารณะสามารถใช้งานโดยไม่ต้องขออนุญาต โดยแต่ละประเทศมีช่องสัญญาณที่อนุญาตให้ใช้งานต่างกัน [1] รูปแบบของการสื่อสารไร้สายที่พบเห็นโดยทั่วไปเช่น เครือข่ายการสื่อสารไร้สาย (Wireless LAN) ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นต้น นอกจากนี้แล้วบริษัทต่างๆ ได้ผลิตโมดูลไร้สาย (RF Wireless Module) เพื่อนำมาใช้งานในการรับ-ส่งข้อมูล โดยอยู่ในรูปแบบของเครื่องส่งและเครื่องรับสัญญาณวิทยุ เช่น โมดูลรับ-ส่ง TLP434/RLP434 โมดูล ET-RF24G V2 โมดูลรับ-ส่งเอเฟเอสเค LWM433 เป็นต้น การนำเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายมาประยุกต์ใช้ในการสื่อสารข้อมูล เพื่อควบคุมโหลดหรืออุปกรณ์ให้ทำงานตามต้องการมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น การประยุกต์ใช้งานเพื่อควบคุมรถยนต์บังคับด้วยคลื่นวิทยุ [2] การประยุกต์ใช้งานในหุ่นยนต์ที่ใช้ในการแข่งขันฟุตบอลด้วยลูกปิงปอง [3] การนำไปประยุกต์ใช้งานร่วมกับหุ่นยนต์ดีกอล์ฟ [4]

นอกจากนี้ยังสามารถนำใช้ควบคุมเพื่อให้อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัยสามารถติดต่อสื่อสารเพื่อการควบคุมและรับ-ส่งข้อมูลต่างๆ ซึ่งเชื่อมโยงเป็นระบบเครือข่าย โดยจะมีการออกแบบวงจรการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ออกแบบโปรโตคอลและออกแบบเฟรมการรับ-ส่งข้อมูลให้เหมาะสมกับการใช้งาน ข้อมูลที่ใช้ในการรับ-ส่งจะต้องมีความ

ปลอดภัย ระบบที่ออกแบบต้องมีประสิทธิภาพดี มีความน่าเชื่อถือ ทำให้สามารถใช้งานได้ในขอบเขตที่เหมาะสมทั้งระยะทาง ความเร็วของข้อมูล วงจรที่ออกแบบสร้างได้ง่ายและราคาถูก และรองรับรูปแบบการทำงานที่มีอยู่ให้ใช้งานได้อย่างเป็นปกติ โดยได้ผนวกเทคโนโลยีการรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายเพื่อให้เกิดความสะดวกสบายในการใช้งานมากยิ่งขึ้น

#### 2. ระบบการสื่อสาร

ระบบการสื่อสาร มีองค์ประกอบดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย ข่าวดสาร ผู้ส่ง สื่อกลาง ผู้รับ และโปรโตคอล ซึ่งข่าวดสาร คือชุดของข้อมูลข่าวดสาร (Information) ที่ต้องการสื่อสาร ผู้ส่งได้แก่ อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ ส่งข่าวดสาร เช่น คอมพิวเตอร์ กล้องวิดีโอ ฯลฯ ผู้รับได้แก่ อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่ รับข่าวดสาร เช่น เครื่องรับโทรทัศน์ ฯลฯ สื่อกลางคือ ตัวกลางที่ข่าวดสารใช้ในการเดินทางระหว่าง อุปกรณ์รับ-ส่ง เช่น คลื่นวิทยุ โปรโตคอล คือชุดของกฎหรือข้อตกลง ที่ควบคุมการสื่อสารข้อมูล โดยที่ทั้งอุปกรณ์ รับ-ส่ง ข้อมูลจะต้องเข้าใจตรงกัน



รูปที่ 1 องค์ประกอบของระบบการสื่อสาร

##### 2.1 การส่งสัญญาณ

ในระบบการสื่อสารจะมีรูปแบบการรับ-ส่งสัญญาณ ข้อมูลข่าวดสารอยู่ 3 รูปแบบคือ

<sup>1</sup> อาจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและโทรคมนาคม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

1) การส่งแบบทิศทางเดียว (Simplex) หมายถึง การส่งสัญญาณจากด้านส่ง ไปยังด้านรับเพียงด้านเดียว โดยที่ไม่สามารถโต้ตอบระหว่างกันได้ เช่น การกระจายเสียงของสัญญาณวิทยุ หรือ โทรทัศน์ เป็นต้น

2) การส่งแบบสองทิศทางแต่ต่างเวลากัน (Half – duplex) หมายถึง ทั้งทางด้านส่งและด้านรับสามารถโต้ตอบระหว่างกันได้ โดยมีข้อกำหนดว่าต้องมีด้านหนึ่งเป็นด้านรับเสมอ (ผลัดกันส่ง) เช่น วิทยุสมัครเล่น

3) การส่งแบบสองทิศทางที่เวลาเดียวกัน (Full – duplex) หมายถึงการที่ด้านรับและด้านส่งสามารถส่งสัญญาณได้พร้อมกันในเวลาเดียวกัน โดยที่ไม่ต้องผลัดกันส่งเหมือนแบบ Half – duplex

## 2.2 การสื่อสารข้อมูล

การสื่อสารข้อมูล หมายถึงการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ (Device) 2 ตัว ผ่านทางตัวกลางส่งผ่าน การบ่งชี้ประสิทธิภาพในการสื่อสารข้อมูล ซึ่งประกอบขึ้นจากระบบสื่อสารดังกล่าว สามารถทำได้โดยพิจารณาลักษณะพื้นฐานของการสื่อสาร ดังต่อไปนี้

1) การนำส่ง (Delivery) ระบบต้องจัดส่งข้อมูลไปยังปลายทางได้อย่างถูกต้อง นั่นคือผู้รับ หรือ อุปกรณ์ตัวรับ ที่ระบุเท่านั้น จึงจะสามารถรับข้อมูลได้

2) ความเที่ยงตรง (Accuracy) ข้อมูลที่ส่งไปต้องเที่ยงตรง การเปลี่ยนแปลงใดก็ตามที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการส่ง จะต้องได้รับการแก้ไขปรับเปลี่ยนให้ถูกต้อง เมื่อถึงปลายทาง

3) ความตรงต่อเวลา (Timeliness) การจัดส่งข้อมูล จะต้องเสร็จสมบูรณ์ ภายในระยะเวลาที่กำหนด โดยเฉพาะ การสื่อสารแบบเวลาจริง (Real Time) ระบบต้องส่งข้อมูล ทันทีที่ข้อมูลได้ถูกสร้างขึ้น ในลำดับที่ถูกต้อง โดยไม่ให้เกิดการหน่วงล่าช้า (Delay) น้อยที่สุด [5]

## 2.3 โพรโทคอล

การสื่อสารข้อมูลนั้นจะมุ่งเน้นที่ตัวข้อมูลเป็นหลัก เพื่อการรับ-ส่งข้อมูลให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ วิธีการต่างๆ ของการ

สื่อสารข้อมูลก็จะพิจารณาให้การส่งข้อมูลไปยังด้านรับได้อย่างถูกต้อง ซึ่งก็ต้องอาศัยขบวนการจัดการในการรับ-ส่งที่สำคัญคือโพรโทคอล ที่ช่วยทำให้การสื่อสารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อให้การสื่อสารเป็นระบบจึงมีการเสนอเป็นรูปแบบมาตรฐานของโพรโทคอล สำหรับการส่งข้อมูลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ผู้ส่งและผู้รับจะต้องมีการตกลงกันระหว่างผู้ส่งกับผู้รับในเรื่องวิธีการรับ-ส่งข้อมูล ขั้นตอนและขบวนการต่างๆ ในระบบการสื่อสารข้อมูล เพื่อการรับ-ส่งข้อมูลได้อย่างถูกต้องมีประสิทธิภาพ ในการรับ-ส่งสัญญาณระยะไกลนั้นสิ่งที่จำเป็นคือ การกำหนดรูปแบบวิธีของการรับ-ส่งข้อมูลหรือโพรโทคอล การออกแบบโพรโทคอลที่ดี ต้องพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1) ความรวดเร็วโพรโทคอลที่ดีในหนึ่งรอบการทำงานจะต้องมีกระบวนการที่สั้น และสามารถทำงานได้ตามความต้องการของระบบ

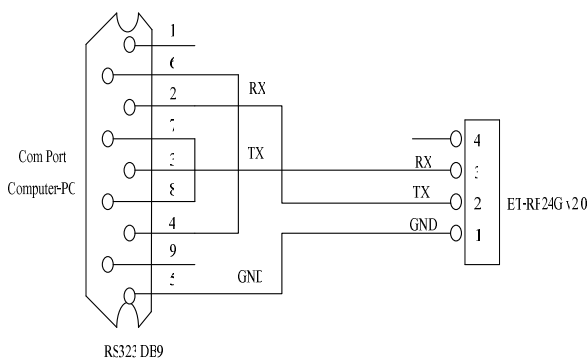
2) ความสามารถในการรองรับงาน โพรโทคอลต้องสามารถทำงานได้ตามความต้องการของผู้ออกแบบ ซึ่งออกแบบมาให้อุปกรณ์การทำงานในระบบ

3) ความถูกต้องของข้อมูล ข้อมูลจากผู้รับควรจะไปถึงผู้ส่งอย่างถูกต้อง หรือแม้จะมีข้อผิดพลาด ก็ควรเป็นข้อผิดพลาดที่สามารถตรวจสอบได้

## 3. การนำโมดูลการสื่อสารไร้สายมาใช้ควบคุมอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้า

การนำเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายมาประยุกต์ใช้ในการสื่อสารข้อมูล เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าสามารถทำได้หลายรูปแบบ ในบทความนี้จะนำเสนอการนำโมดูลสื่อสารไร้สายแบบ ET-RF24G V2.0 มาใช้งาน โมดูลสื่อสารไร้สายแบบ ET-RF24G V2.0 จะเป็นชุด Signal Converter สำหรับใช้แปลงสัญญาณระหว่าง RS232 และ RF-Wireless โดยในโหมดการทำงานของการส่งข้อมูล ชุด ET-RF24G V2.0 จะทำหน้าที่ที่รองรับข้อมูลจากพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 จากขา RX แล้วทำการมอดูเลตแบบเกาเซียนเอฟเอสเค(GFSK) ส่งออกไปในอากาศ และในทางกลับกันในโหมดการทำงานแบบรับ ชุด ET-RF24G V2.0 จะทำหน้าที่คอยตรวจจับข้อมูลที่อยู่ในรูปของ

สัญญาณความถี่ที่ทำการมอดูเลตแล้วจากด้านเครื่องส่ง เพื่อทำการดีมอดูเลตสัญญาณที่รับเพื่อแปลงกลับเป็นข้อมูลแบบ RS232 ส่งออกไปทางขา TX ได้ด้วย ซึ่งจะเห็นได้ว่าชุดแปลงสัญญาณ ET-RF24G V2.0 นั้น สามารถนำไปต่อใช้งานร่วมกับพอร์ตสื่อสารอนุกรมแบบ RS232 ดังรูปที่ 2 เพื่อใช้งานในลักษณะของการสื่อสารอนุกรมแบบไร้สายได้โดยตรง จึงไม่จำเป็นต้องใช้สายสัญญาณที่เป็นตัวนำสัญญาณทางไฟฟ้าในการสื่อสารข้อมูล ทำให้สามารถเปลี่ยนแปลง หรือเคลื่อนย้ายจุดรับ-ส่งข้อมูลได้ตลอดเวลา



รูปที่ 2 การต่อสาย RS232 เพื่อใช้งานกับ ET-RF24G V2.0

โหมดการทำงานของชุด ET-RF24G V2.0 แบ่งออกเป็น 2 โหมดคือ Setup Mode และ Run Mode โดยที่ Setup Mode จะเป็นโหมดที่ใช้กำหนดค่า Configuration ต่างๆ เพื่อควบคุมการทำงาน ก่อนใช้งานจะต้องทำการ Configuration ค่าต่างๆ ให้เรียบร้อย สำหรับ Run Mode จะเป็นโหมดที่ใช้งานตามปกติ โดยเครื่องจะทำการอ่านค่า Configuration ที่เก็บไว้ออกมาเพื่อใช้เป็นเงื่อนไขในการทำงานตามค่าที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะมีการทำงาน 3 แบบตามการ Configuration ดังนี้

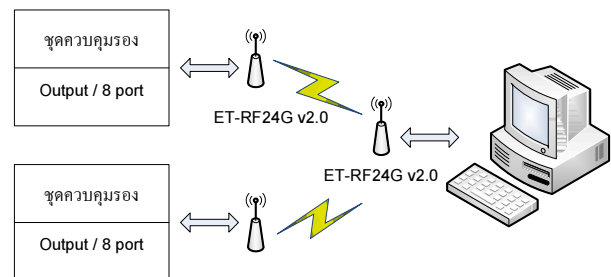
1) RF Receive Only เป็นการกำหนดให้ ET-RF24G V2.0 ทำหน้าที่เป็นฝ่ายรอรับข้อมูลจากสัญญาณคลื่นวิทยุ และเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบ RS232 และส่งออกไปทางด้านขา TX ของ RS232 ตลอดเวลา

2) RF Transmit Only เป็นการกำหนดให้ชุด ET-RF24G V2.0 ทำหน้าที่เป็นฝ่ายรอรับข้อมูลทางด้าน RS232 จากขา RX เพื่อเปลี่ยนเป็นข้อมูลแบบ GFSK และส่งสัญญาณออกไปเป็นคลื่นวิทยุตลอดเวลา

3) RF Auto Direction เป็นการทำงานแบบการสื่อสารสองทิศทางแต่ต่างเวลากัน ซึ่งสามารถสลับการทำงานระหว่างการรับ-ส่งข้อมูลได้เองโดยอัตโนมัติ

ชุด ET-RF24G V2.0 สามารถกำหนดกำลังส่งของวงจร RF Power ที่ใช้ในการส่งข้อมูลได้ โดยสามารถกำหนดได้ 4 ระดับ คือ -20 dBm, -10 dBm, -5 dBm และ 0 dBm โดยมีความถี่ในการใช้งานอยู่ในช่วง 2.4 GHz - 2.524 GHz ซึ่งสามารถเลือกช่องความถี่ที่ใช้งานได้สูงสุด 125 ช่อง ในการรับ-ส่งข้อมูล จะต้องกำหนดช่องความถี่ที่ใช้งานให้ตรงกัน และใช้อัตราความเร็วของข้อมูลเท่ากันด้วย [6]

สำหรับการนำโมดูลสื่อสารไร้สายแบบ ET-RF24G V2.0 มาใช้ควบคุมสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า จะมีโครงสร้างของระบบดังรูปที่ 3 ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ชุดควบคุมหลักและชุดควบคุมรอง ชุดควบคุมหลักจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ 1 เครื่องเพื่อทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการรับ-ส่งข้อมูลให้กับชุดควบคุมรองที่ต่อพ่วงอยู่กับอุปกรณ์ไฟฟ้า ชุดควบคุมรองแต่ละชุดสามารถต่อพ่วงอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 3 โครงสร้างของระบบ

ได้ 8 อุปกรณ์ โดยที่อุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละอุปกรณ์จะทำงานอิสระแยกออกจากกัน และชุดควบคุมรองสามารถสร้างเพิ่มได้สูงสุด 255 ชุด การทำงานของระบบชุดควบคุมหลักจะทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวที่ต่อพ่วงอยู่กับชุดควบคุมรอง และส่งข้อมูลไปสั่งการให้อุปกรณ์ไฟฟ้านั้นทำงานหรือไม่ทำงานได้ เมื่อชุดควบคุมรองได้รับข้อมูลที่ส่งมาจากชุดควบคุมหลักแล้ว ก็ทำการแปลข้อมูลที่รับได้นั้นเพื่อสั่งการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวทำงานตามข้อมูลหรือคำสั่งจากชุดควบคุมหลัก ในการรับ-ส่งข้อมูลเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าระหว่างชุดควบคุมหลัก

และชุดควบคุมรองจะใช้โมดูลสื่อสารไร้สาย ET-RF24G V2.0 เป็นตัวกลางเชื่อมต่อในการรับ-ส่งข้อมูล และมีโปรโตคอลที่ออกแบบไว้ควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลให้ทำงานได้อย่างถูกต้อง

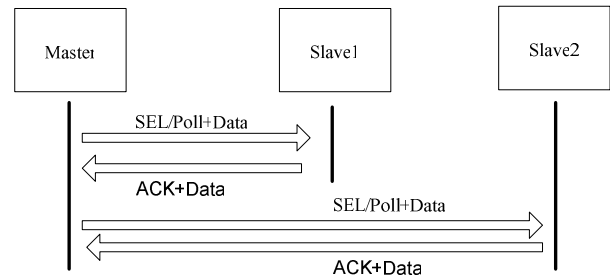
### 3.1 การติดต่อรับ - ส่งข้อมูลระหว่างชุดควบคุมหลักและชุดควบคุมรอง

การติดต่อสื่อสารเพื่อรับ-ส่งข้อมูลของชุดควบคุมหลักและชุดควบคุมรอง จะใช้หลักการตรวจสอบแอดเดรสซึ่งกันและกัน และใช้คำสั่งต่างๆ เพื่อตรวจสอบและควบคุม การทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ชุดควบคุมหลักต้องการทราบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อพ่วงอยู่กับชุดควบคุมรองตัวใดตัวหนึ่ง ชุดควบคุมหลักจะทำการส่งสัญญาณร้องขอข้อมูลไปยังชุดควบคุมรองที่ต้องการติดต่อด้วย จากนั้นชุดควบคุมรองจะส่งข้อมูลรายงานสถานะกลับมาที่ชุดควบคุมหลัก ทำให้ชุดควบคุมหลักทราบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นว่าทำงานหรือไม่ทำงาน อีกกรณีหนึ่ง ถ้าต้องการจะสั่งงานให้อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวใดตัวหนึ่งในชุดควบคุมรองทำงาน ชุดควบคุมหลักก็จะส่งข้อมูลที่เป็นคำสั่งออกไป การส่งข้อมูลคำสั่งนี้จะเป็นลักษณะการกระจายสัญญาณแบบบรอดแคส (Broadcast) คือส่งสัญญาณออกไปรอบทิศทาง ชุดควบคุมรองทุกตัวจะได้รับข้อมูลนั้น แล้วทำการตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับว่าเป็นข้อมูลตรงกับแอดเดรสของตัวเองหรือไม่ ถ้าใช่ก็สั่งให้อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ตรงกับคำสั่งที่ได้รับนั้นทำงาน แต่ถ้าตรวจสอบแล้วข้อมูลไม่ตรงกับแอดเดรสของตัวเองชุดควบคุมรองก็จะไม่ปฏิบัติตามคำสั่งนั้น ในการควบคุมการทำงานของโหลดหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าของ ชุดควบคุมรองจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด AT89S8252 เป็นตัวควบคุมทำให้ทำงานของโหลดหรืออุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ

### 3.2 การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

เพื่อให้สามารถรับ-ส่งข้อมูลระหว่างชุดควบคุมหลักและชุดควบคุมรอง จำเป็นจะต้องมีโปรโตคอลที่ควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล การรับ-ส่งสัญญาณในเครือข่ายจะใช้หลักการวนรอบและเลือกตรวจสอบ (Poll/Select) ซึ่งการทำงานแสดงได้ดังในรูปที่ 4 สัญญาณ SEL/Poll และ Data จะถูกส่งไปพร้อมกัน ถ้า

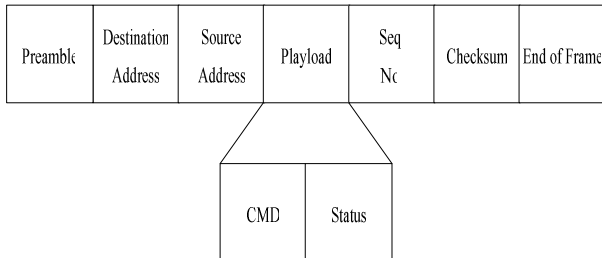
ต้องการตรวจสอบการทำงานของระบบหรือเครือข่าย ชุดควบคุมหลักจะทำการส่งสัญญาณ Poll ไปยัง ชุดควบคุมรอง โดยที่ชุดควบคุมรองก็จะทำการส่ง Data และสัญญาณ Acknowledgment (ACK) ตอบกลับพร้อมกัน ถ้าต้องการส่งสัญญาณควบคุมไปยังชุดควบคุมรอง ชุดควบคุม



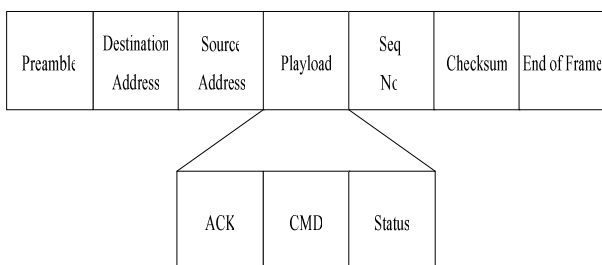
รูปที่ 4 หลักการ Poll/Select

รองจะทำการตอบกลับโดยส่งสัญญาณ ACK กลับมายังชุดควบคุมหลักเพื่อบอกให้ชุดควบคุมหลักทราบว่าได้รับคำสั่งแล้ว นอกจากนี้แล้วต้องมีการควบคุมอัตราการไหลของข้อมูล (Flow Control) ซึ่งจะใช้วิธีแบบ Stop-and-Wait และมีการควบคุมความผิดพลาดของข้อมูล(Error Control) เป็นลักษณะของ Stop-and-Wait ARQ (Automatic Repeat Request) โปรโตคอลที่ใช้ในการรับ-ส่งเป็นแบบซิงโครนัสในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ชุดควบคุมรอง ชุดควบคุมหลักจะทำการส่งคำสั่งไปยังชุดควบคุมรองเพื่อทำการสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ทำงานตามคำสั่ง โดยมีเฟรมส่งข้อมูลและเฟรมตอบรับดังรูปที่ 5 และ 6 ในเฟรมข้อมูลจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ Preamble คือส่วนเตรียมการส่งข้อมูล Source Address คือส่วนที่ทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งของผู้ส่งข้อมูล Destination Address คือ ส่วนที่ทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งผู้รับข้อมูล Pay Load คือส่วนที่ประกอบด้วย CMD และเป็นส่วนข้อมูลสำหรับนำไปใช้งานต่างๆ CMD หมายถึงคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของ STATUS คือ สถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุม Seq. No. คือลำดับของเฟรม

ข้อมูลใช้งาน Checksum คือส่วนที่ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล และ End of Frame คือส่วนปิดท้ายเฟรมข้อมูล



รูปที่ 5 เฟรมส่งข้อมูลสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 6 เฟรมข้อมูลตอบรับ

จากการทดสอบจะพบว่าข้อมูลที่ส่งมาจากชุดควบคุมหลักสามารถสั่งงานให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับชุดควบคุมรองทำงานตามคำสั่งอย่างถูกต้องในระยะทางสูงสุด 60 เมตร เมื่อใช้ความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูล 9600 บิตต่อวินาที

#### 4. สรุป

การนำโมดูลสื่อสารไร้สายมาประยุกต์ใช้งานเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า จะต้องเลือกโมดูลสื่อสารไร้สายให้เหมาะสม ออกแบบระบบการควบคุมการรับ-ส่งข้อมูลโดยแบ่งออกเป็นการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนควบคุมหลักและส่วนควบคุมรอง ส่วนการออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์เป็นการเขียนโปรแกรมควบคุมการรับ-ส่งข้อมูล นอกจากนี้ยังต้องออกแบบโปรโตคอลให้เหมาะสมกับการรับ-ส่งข้อมูลผ่านระบบไร้สาย การรับ-ส่งข้อมูลระหว่างชุดควบคุมหลักและควบคุมรองเป็นการส่งแบบสองทิศทางแต่ต่างเวลา ชุดควบคุมหลักสามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของ

อุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวที่ต่ออยู่กับชุดควบคุมรองและสามารถสั่งการให้อุปกรณ์ไฟฟ้านั้นทำงานในสถานะเปิดหรือปิดวงจรได้

ถ้าต้องการให้สามารถควบคุมการสั่งงานระหว่างชุดควบคุมหลักและชุดควบคุมรองมีระยะทางเพิ่มขึ้น ทำได้โดยใช้ความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลที่บิตเรต (Bit Rate) ต่ำๆ เช่นที่บิตเรต 250 บิตต่อวินาที นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาการสื่อสารข้อมูลระหว่างชุดควบคุมหลักและชุดควบคุมรองให้อยู่ในรูปแบบ Ad hoc Network ซึ่งจะสามารถเพิ่มระยะทางในการรับ-ส่งข้อมูลได้แบบไม่จำกัดระยะทาง

#### เอกสารอ้างอิง

- 1 สุวศรี เตชะภาส, “ระบบเครือข่ายไร้สาย”, บทความวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ, [http://www.dss.go.th/dssweb/st-rticles/files/sti\\_1\\_2548\\_wireless\\_LAN.pdf](http://www.dss.go.th/dssweb/st-rticles/files/sti_1_2548_wireless_LAN.pdf).
- 2 W. K. Chiu, P.L. Chui, H. Y. Lin, G. Liu, D. Q. Siu and R. W. Virtue, “Laser Aiming Computerized Targeting and tracking Engine”, 6 July 25, 2002.
- 3 P. J. Vial, G. Serafani and I. Raad, “Soccer Robot Toy Within an Educational Enviroment”, The First IEEE International Workshop on Digital Game an Intelligent Toy Enhanced Learning, 2007.
- 4 M. H. Goudarzi, “ Wireless in High-Tech Agriculture”, Eastern Mediterranean University, Jun. 2007, pp.18-19.
- 5 จักรกริช พฤษการ, “การสื่อสารข้อมูลและเครือข่ายคอมพิวเตอร์”, บริษัทสำนักพิมพ์ท็อปจำกัด, 2549.
- 6 คู่มือการใช้งาน RS232 to RF-Wireless (RF2.4GHz) CONVERTER รุ่น ET-RF24G V2.0, บริษัท อีทีที จำกัด, [http://www.etteam.com/product/intf/man-ET-F24G\\_V2.pdf](http://www.etteam.com/product/intf/man-ET-F24G_V2.pdf).