

บทความวิจัย และบทความวิชาการ



การสื่อสารไร้สายระยะใกล้ด้วยแสงที่มองเห็น :
เทคโนโลยี การพัฒนา และการขับเคลื่อน
Short-range wireless communication
with visible light : Technology,
Development and Technology-Driven

ปรีชา กอเจริญ

เพชร นันทิวัฒนา

เติมพงษ์ ศรีเทศ

วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์

ปิยะ โควินท์ทวิวัฒน์

คทา จารุวงศ์รังสี

นริศ เสริมปรุงสุข

การสื่อสารไร้สายระยะใกล้ด้วยแสงที่มองเห็น : เทคโนโลยี การพัฒนา และการขับเคลื่อน Short-range wireless communication with visible light : Technology, Development and Technology-Driven

ปรีชา กอเจริญ ปิยะ ไควน์ททวีวัฒน์
เพชร นันทวัฒนา คทา จารวงค์รังสี
เติมพงษ์ ศรีเทศ นริศ เสริมปรุงสุข
วรรณรีย์ วงศ์ไตรรัตน์

บทคัดย่อ

การนำการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็น หรือวีแอลซี ไปประยุกต์ร่วมกับวิธีการสื่อสารที่ในภาคอุตสาหกรรมใช้กันอยู่อย่างกว้างขวางอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถสร้างทางเลือกของเทคโนโลยีการสื่อสารให้กับภาคอุตสาหกรรม นอกจากนี้การลดเวลาในการพัฒนานวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ที่ประยุกต์ใช้การสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นด้วยชุดพัฒนาที่ทางกลุ่มวิจัยได้พัฒนาขึ้นก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ส่งเสริมการใช้งานการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นให้แพร่หลายมากขึ้นจากแนวทางที่กล่าวมากลุ่มผู้วิจัยได้ทดลองประยุกต์การส่งสัญญาณด้วยโปรโตคอลมอดบัสผ่าน การสื่อสารแสงที่มองเห็น เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์และเครื่องจักร และลดปัญหาการส่งผ่านข้อมูลในสภาพแวดล้อมที่มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนสูงได้ โดยใช้ชุดพัฒนาที่ทางทีมวิจัยได้พัฒนาขึ้นเพื่อควบคุมพัลส์ไฟฟ้า โดยผลการทดลองสามารถทำได้ตรงตามที่ต้องการควบคุมผ่านหน้าจอควบคุมแบบเอชเอ็มไอทุกประการ

ABSTRACT

Bringing visible light communication in conjunction with the existing communication methods is one of the guideline methods that the research group present. This conjunction method can be an alternative communication technique to gain better performance for the industrial sector. In addition, to reduce development time for innovative applications with visible light communication that the research group has developed visible light

communication development kits is the other way to promote visible light communication to more widespread. From the above guideline, the researchers applied a MODBUS communication protocol via visible light for adding flexibility in communication between devices and machines. The visible light communication can reduce the transmission errors in environments with high electromagnetic interference by using the development kit as the protocol converter. The researchers can control electric fans via a command on the HMI controlled screen of the PLC devices.

ความเป็นมาหรือความสำคัญของปัญหา

การสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็น หรือวีแอลซี (Visible Light Communication, VLC) จะไม่สามารถทำให้แพร่หลายและมีผู้นำไปใช้ในวงกว้างได้หากทำโดยการพยายามพัฒนาเทคโนโลยีโดยลำพัง เนื่องจากไม่มีเทคนิคหรือวิธีการใดวิธีการหนึ่งที่เหนือกว่าทุกๆ เทคนิคในทุกด้าน การสื่อสารบางเทคนิคอาจมีจุดเด่นในบางเรื่อง แต่ก็อาจมีจุดด้อยในบางเรื่องเช่นเดียวกัน หนึ่งในวิธีการที่สามารถเป็นแรงผลักดันให้การสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นมีการใช้งานที่แพร่หลายได้คือการนำไปประยุกต์ร่วมกับวิธีการสื่อสารที่ในภาคอุตสาหกรรมใช้กันอย่างกว้างขวางอยู่แล้ว ซึ่งจะเป็นการนำไปใช้ในการเสริมจุดด้อยที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น ตัวอย่างหนึ่งที่น่าจะเป็นแนวทางที่เสริมในการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นในภาคอุตสาหกรรมคือการประยุกต์ร่วมกับการสื่อสารในภาคอุตสาหกรรมที่ใช้อุปกรณ์พีแอลซี (Programmable Logic Controller) มีการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์พีแอลซีด้วยโปรโตคอลมอดบัส (Modbus) (Modbus, 2004) หากเรานำการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นไปประยุกต์ใช้ในมิติที่เสริมจุดด้อยของการสื่อสารก็จะสามารถทำให้เกิดการเลือกใช้ในการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นในอุตสาหกรรมนั้นได้ อันจะเป็นการผลักดันให้เกิดการใช้งานเทคโนโลยีนี้มากยิ่งขึ้น นอกจากนั้น ยังมีประเด็นของการพัฒนานวัตกรรมหรือเทคโนโลยีใหม่ซึ่งจำเป็นต้องใช้นักพัฒนาที่มุ่งสู่ปัญหาทางเทคนิคของเทคโนโลยีใหม่ที่มีความซับซ้อนและใช้ทรัพยากรมาก การมีชุดพัฒนาการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นเพื่อเป็นแม่แบบของการนำไปต่อยอดการสร้างนวัตกรรมจะเป็นการช่วยลดเวลาการพัฒนาลงได้มาก

การสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นเป็นการสื่อสารทางเลือกใหม่ที่สามารถเสริมระบบการสื่อสารเดิมที่ใช้สายตัวนำหรือการส่งผ่านด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การสื่อสารด้วยสายตัวนำมีข้อดีหลายประการ ทั้งในด้านเสถียรภาพและความรวดเร็วของการสื่อสาร แต่มีข้อจำกัดด้านกายภาพที่ต้องมีสายตัวนำเชื่อมต่อสัญญาณจากอุปกรณ์ส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณ ส่วนการสื่อสารผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ย่านความถี่วิทยุหรือย่านไมโครเวฟมีความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายนั้นมีความสะดวกในการใช้งาน ไม่มีข้อจำกัดในการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์ตัวรับสัญญาณ ตัวอย่างระบบการสื่อสารผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ได้แก่ การสื่อสารผ่านดาวเทียม การสื่อสารผ่านระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ การแพร่ภาพสัญญาณโทรทัศน์ ระบบเครือข่ายไร้สายส่วนบุคคล เป็นต้น และเมื่อการสื่อสารไร้สายผ่านคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความสะดวกและมีข้อจำกัดต่ำ ความนิยมจึงเพิ่มสูงขึ้นมากอย่างรวดเร็ว ประกอบกับการเติบโตของเครือข่ายสังคมออนไลน์และการดูวิดีโอผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น ยูทูบ มีการพัฒนาขึ้นอย่างมาก ความต้องการการสื่อสารผ่านเครือข่ายโทรคมนาคมต่างๆ จึงมีสูงมากขึ้นตามไปด้วย การพัฒนาเทคโนโลยีของการสื่อสารไร้สายจึงต้องทำการพัฒนาให้มีความสามารถและประสิทธิภาพสูงขึ้นเพื่อจะสามารถรองรับความต้องการการสื่อสารของผู้ใช้บริการ เทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นมีมากมายแต่ทุกเทคโนโลยีก็ต้องการใช้คลื่นความถี่ซึ่งมีอยู่จำนวนจำกัดเท่าเดิม มีการยกเลิกการให้บริการระบบการสื่อสารเดิมที่มีประสิทธิภาพในการใช้คลื่นความถี่ต่ำเพื่อการจัดสรรคลื่นความถี่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การยุติแพร่สัญญาณโทรทัศน์แอนะล็อกและนำคลื่นความถี่กลับมาใช้ใหม่ในกิจการอื่น เป็นต้น เพื่อเพิ่มแถบความถี่สำหรับเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายใหม่ๆ อย่างไรก็ตาม คลื่นความถี่ที่ใช้ก็ยังมีปริมาณจำกัด เช่นเดิม การสื่อสารไร้สายด้วยแสงที่มองเห็นในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 380 nm-780 nm จึงเป็นทางเลือกเพิ่มเติมสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพในการรับส่งข้อมูลการสื่อสารในสภาวะที่ช่องทางคลื่นความถี่ย่านไมโครเวฟถูกใช้อย่างหนาแน่น การสื่อสารไร้สายด้วยแสงที่มองเห็นทำการส่งข้อมูลด้วยการกล้ำความเข้มของแหล่งกำเนิดแสง (Intensity Modulating) โดยอาจใช้แหล่งกำเนิดแสงจากอุปกรณ์แอลอีดี (Light-Emitting Diodes : LEDs) หรืออุปกรณ์เลเซอร์ไดโอด (Laser Diodes : Lds) ที่มีความเร็วมากกว่า การกล้ำความเข้มจะทำให้ความเร็วของการเปลี่ยนแปลงสูงมาก สูงกว่าความสามารถของการรับรู้ของตามนุษย์ (Persistence of the Human Eye) นอกจากนี้แสงที่มองเห็นสามารถใช้ในการให้ความสว่างแก่พื้นที่ได้ นั่นหมายถึงเทคนิคที่ทำการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นมีความสามารถทั้งด้านการส่องสว่างและความสามารถด้านการส่งผ่านข้อมูลไปด้วยกัน จึงทำให้การสื่อสารที่มองเห็นสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย เช่น การส่องสว่างข้อมูลบนพื้นผิวหรือเครื่องจักร การใช้การสื่อสารผ่านป้ายสัญลักษณ์ ป้ายบอกทาง หรือป้ายโฆษณา การส่งข้อมูลผ่านไฟส่องทาง ไฟส่องถนน ไฟสัญญาณไฟส่องสว่างในยานพาหนะ หรือสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น (PracTel, 2014) และ (Haruyama, 2010)

การนำเทคโนโลยีใหม่ด้านการสื่อสารเสริมเข้ากับเทคโนโลยีเดิมที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายอยู่แล้วเป็นหนทางหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อสารให้มากยิ่งขึ้น รวมถึงสามารถลดข้อจำกัดที่เทคโนโลยีเดิมของการสื่อสารมีอยู่ลงไปได้ เช่น เดิมในโรงจักรหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่มีเครื่องจักรที่กำเนิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า การส่งสัญญาณด้วยโปรโตคอลมอดบัสที่นิยมใช้สำหรับการควบคุมและตรวจวัด

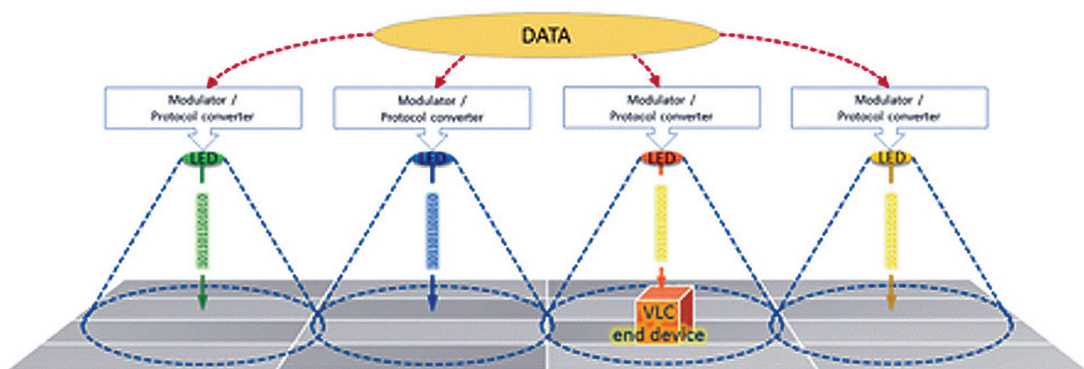
สัญญาณจากเซนเซอร์ จำเป็นจะต้องทำการป้องกันสายตัวนำด้วยการชีลด์ สายตัวนำดังกล่าวจะมีราคาสูงมากขึ้น การติดตั้งจะดำเนินการและมีขั้นตอนมากขึ้นด้วย สำหรับในเครื่องจักรบางประเภทที่มีส่วนเคลื่อนไหว การส่งสัญญาณผ่านจากอุปกรณ์ที่อยู่กับที่ไปยังส่วนที่มีการเคลื่อนไหว การออกแบบเพื่อเชื่อมสัญญาณด้วยสายตัวนำสามารถทำได้ยาก ดังนั้น การส่งผ่านสัญญาณมอดบัสด้วยตัวกลางอื่น เช่น การสื่อสารแสงที่มองเห็นจึงเป็นทางเลือกที่มีศักยภาพในการนำไปใช้ และอีกอุปสรรคหนึ่งในการสร้างนวัตกรรมหรือการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์การสื่อสารนั้นคือความซับซ้อนของโปรโตคอลที่มีการกำหนดรูปแบบของสัญญาณ รูปแบบของข้อมูล ขนาดของเฟรมข้อมูล ฯลฯ ที่มีลักษณะทางเทคนิคเฉพาะ มีความยุ่งยาก และต้องอาศัยความรู้และข้อมูลทางเทคนิคมาก จึงเป็นหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้การพัฒนาเป็นไปได้ช้า

บทความนี้จะกล่าวถึงการประยุกต์โปรโตคอลการควบคุมอุปกรณ์ส่องสว่างเดิมที่มีอยู่ร่วมกับมาตรฐานการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นเพื่อเป็นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพและการประยุกต์ใช้งานของระบบการสื่อสารเดิมที่มีอยู่ให้มากขึ้นและหลากหลายยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นหนึ่งในตัวอย่างของแนวทางในการผลักดันให้เกิดนวัตกรรมการประยุกต์ใช้งานการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ให้มีการใช้งานอย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ยังทำการสร้างชุดพัฒนาการสื่อสารทางแสงแบบไร้สายที่เป็นบอร์ดพัฒนาสำเร็จรูป เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งที่จะทำให้นักพัฒนาสามารถลดเวลาในการสร้างนวัตกรรมที่ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ให้สามารถทำได้เร็วยิ่งขึ้น ชุดพัฒนาที่สร้างขึ้นทำหน้าที่เป็นส่วนควบคุมกระบวนการการสื่อสาร มีส่วนประกอบสองส่วนคือ ส่วนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และส่วนโปรแกรมควบคุมตามมาตรฐานการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็น CP1223 ของประเทศญี่ปุ่นที่มีรูปแบบการส่งผ่านข้อมูลทิศทางเดียวและความซับซ้อนต่ำ ซึ่งจะทำให้การเริ่มต้นการพัฒนานวัตกรรมการสื่อสารทางแสงได้ง่ายและรวดเร็ว และในส่วนฮาร์ดแวร์ได้เลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นที่นิยมในกลุ่มนักพัฒนาคือ Arduino ในรุ่นที่มีขนาดเล็ก ราคาไม่แพง เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ควบคุมการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

การสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็น

หลักการพื้นฐานของระบบการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นคือการควบคุมให้แหล่งกำเนิดแสงทำการเปิด และปิดตามจังหวะของข้อมูลดิจิทัลที่ป้อนเข้ามาสู่ระบบ ซึ่งการเปิดและปิดของแสงจะต้องทำด้วยความเร็วที่สูงพอที่จะไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของสายตาของมนุษย์ เนื่องจากการสื่อสารที่มองเห็นนั้นใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ส่งข้อมูลแหล่งเดียวกันกับที่ใช้ในการส่องสว่างโดยทั่วไป หรืออาจ

พิจารณาได้ว่าแสงที่ให้ความสว่างในพื้นที่หรือบริเวณต่างๆ สามารถแทรกข้อมูลเสริมโดยแฝงร่วมกัน กับการความสว่าง และที่อุปกรณ์ตัวรับ อาจเลือกใช้อุปกรณ์โฟโตไดโอดทำการเปลี่ยนสัญญาณแสงกลับ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งจะสามารถกู้คืนสัญญาณข่าวสารกลับมาได้ ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างระบบ การสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นที่ใช้ภายในอาคาร ข้อมูลจะถูกป้อนเข้าสู่แหล่งกำเนิดแสงที่โดยทั่วไปแล้วจะใช้ หลอดแอลอีดี (Light Emitting Diode : LED) ซึ่งแอลอีดีจะกะพริบตามจังหวะของข้อมูล เมื่ออุปกรณ์ ตัวรับแสงได้รับสัญญาณแสงจะทำการเปลี่ยนสัญญาณกลับมาเป็นข้อมูลอีกครั้ง



ภาพที่ 1 ตัวอย่างระบบการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นที่ใช้ภายในอาคาร

โพรโตคอลควบคุมอุปกรณ์ส่องสว่าง

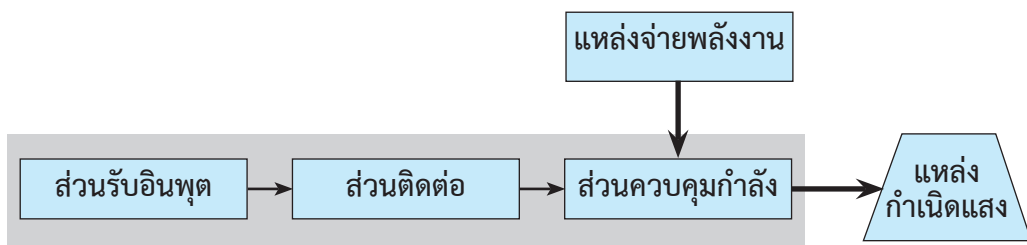
โพรโตคอลการควบคุมอุปกรณ์ส่องสว่าง หมายถึง ระบบหรือคำสั่งที่สามารถทำการควบคุม ความเข้มของการส่องสว่างที่ตอบสนองจากตัวกระตุ้นที่อาจเป็นสวิตช์กดที่มีสองสถานะ สวิตช์เลื่อน ปรับเปลี่ยนหลายสถานะ การกระตุ้นในบริเวณที่ต้องการควบคุมจากการเปลี่ยนแปลงของความสว่าง การรับรู้จากเซนเซอร์วัดการเคลื่อนไหว การหน่วงเวลา หรือการควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น (Modbus, 2004) โดยการควบคุมดังกล่าวจำเป็นต้องให้อุปกรณ์ในระบบที่ต้องการควบคุมอยู่ภายใต้ โพรโตคอลเดียวกันจึงจะสามารถทำการควบคุมได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ สถาปัตยกรรม อย่างง่ายของโพรโตคอลควบคุมอุปกรณ์ส่องสว่างประกอบด้วย

- 1) ส่วนรับอินพุตจากผู้ใช้งาน (User Input) มีได้หลายวิธีเช่น สวิตช์ สวิตช์ปรับค่าความต้านทาน เซนเซอร์ชนิดต่างๆ หน้าจอสัมผัส หรือส่วนควบคุมและแสดงผลด้วยกราฟิก เป็นต้น
- 2) ส่วนติดต่อ (Interface) เป็นส่วนที่รับค่าจากส่วนรับอินพุตโดยจะเป็นกลไก อุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ที่มีระบบการสื่อสารที่สามารถ

นำสัญญาณจากอินพุตไปควบคุมอุปกรณ์ส่องสว่างได้ โดยส่วนติดต่อนี้สามารถทำการติดต่ออุปกรณ์เพียงตัวเดียว หรือสามารถติดต่อเพื่อควบคุมอุปกรณ์จำนวนหลายตัวได้

3) ส่วนควบคุมกำลัง (Power Controller) เพื่อควบคุมกระแส แรงดัน และรูปแบบสัญญาณในการป้อนไปยังแหล่งกำเนิดแสง รูปแบบของสัญญาณที่ถูกควบคุมอาจเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ หรือแรงดันรูปคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีความกว้างของพัลส์ปรับเปลี่ยนได้ สถาปัตยกรรมอย่างง่ายของโปรโตคอลควบคุมอุปกรณ์ส่องสว่างแสดงดังภาพที่ 2 โดยโปรโตคอลควบคุมอุปกรณ์ส่องสว่างที่ได้รับความนิยมมีหลายโปรโตคอล ซึ่งในบทความนี้จะกล่าวถึงโปรโตคอลที่ได้รับความนิยมในภาคอุตสาหกรรมคือโปรโตคอลมอดบัส

บริษัทโมดิคอน (Modicon) พัฒนาโปรโตคอลมอดบัสให้เป็นโปรโตคอลการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ที่มีความฉลาด มีความสามารถตอบโต้และเรียกดูข้อมูลจากอุปกรณ์ลูกข่ายได้ในปี ค.ศ. 1979 ซึ่งต่อมาดูแลโดย บริษัท ไชนเดอร์อิเล็กทริก (Schneider Electric) มอดบัสเป็นโปรโตคอลที่ใช้มาตรฐานเปิดและได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมเป็นอย่างสูง มีผู้ผลิตจำนวนมากให้การรองรับโปรโตคอลมอดบัส และใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ของตน เมื่อมอดบัสเป็นที่นิยม อุปกรณ์จำนวนมากจึงสามารถติดต่อสื่อสารระหว่างกันได้แม้จะต่างผู้ผลิตกัน อุปกรณ์ที่นิยมใช้โปรโตคอลมอดบัส เช่น อุปกรณ์ที่ใช้การตรวจวัดและแสดงผล อุปกรณ์เซนเซอร์ และตัวกระตุ้น รวมถึงการแสดงผลการควบคุมและการตรวจวัดบนเครื่องคอมพิวเตอร์ รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรม โรงจักรต่างๆ อาคารสำนักงานอัจฉริยะ ระบบขนส่งมวลชน เป็นต้น (Modicon, 1996)



ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมอย่างง่ายของโปรโตคอลควบคุมอุปกรณ์ส่องสว่าง

สำหรับการใช้งานควบคุมอุปกรณ์ส่องสว่างมอดบัสมีโปรโตคอลการควบคุมอุปกรณ์ด้วยการส่งคำสั่งจากอุปกรณ์ควบคุมไปยังอุปกรณ์ส่องสว่าง เมื่ออุปกรณ์ลูกข่ายได้รับสัญญาณก็จะส่งคำตอบรับกลับมายังอุปกรณ์ควบคุม หรือใช้หลักการสื่อสารแบบมาสเตอร์-สเลฟ (Master-Slaves Protocol) ซึ่งจะไม่มีการส่งสัญญาณจากอุปกรณ์ลูกข่ายไปยังอุปกรณ์ควบคุมหากไม่ได้รับคำสั่ง การส่งข้อมูลใดๆ จะเป็นการส่งคำสั่งขอจากอุปกรณ์ควบคุมไปยังอุปกรณ์ตัวอื่นๆ เท่านั้น รวมถึงอุปกรณ์ลูกข่าย

จะไม่มีการติดต่อสื่อสารระหว่างกัน อุปกรณ์ควบคุมหรืออุปกรณ์มาสเตอร์จะมีเพียงตัวเดียวเท่านั้น ในเครือข่ายและไม่จำเป็นต้องมีการระบุแอดเดรส ส่วนอุปกรณ์ลูกข่ายหรืออุปกรณ์สเลฟจะมีได้มากที่สุด 247 ตัว กำหนดแอดเดรสระหว่าง '1-247' มีการกำหนดแอดเดรส '248-255' สงวนไว้สำหรับแอดเดรส '0' สำหรับการกระจายข้อมูลจากอุปกรณ์ควบคุมไปสู่อุปกรณ์ลูกข่ายทุกตัว อุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์ลูกข่ายทุกตัวทำการเชื่อมต่อผ่านบัสการสื่อสารอนุกรม (Serial Bus) การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ในเครือข่ายสามารถทำได้สองโทโพโลยีคือ

1) โทโพโลยียูนิแคสต์ (Unicast) อุปกรณ์ควบคุมจะทำการส่งเฟรมพิดียู (Protocol Data Unit, PDU) ไปที่อุปกรณ์ลูกข่ายที่ถูกระบุแอดเดรสไว้ โดยหากส่งข้อมูลด้วยการสื่อสารอนุกรม เฟรมพิดียูจะถูกเพิ่มด้วยแอดเดรสของอุปกรณ์ลูกข่ายในช่วงต้นเฟรม และเพิ่มรหัสตรวจจับบิตผิดพลาดที่ท้ายเฟรม ดังแสดงในภาพที่ 3

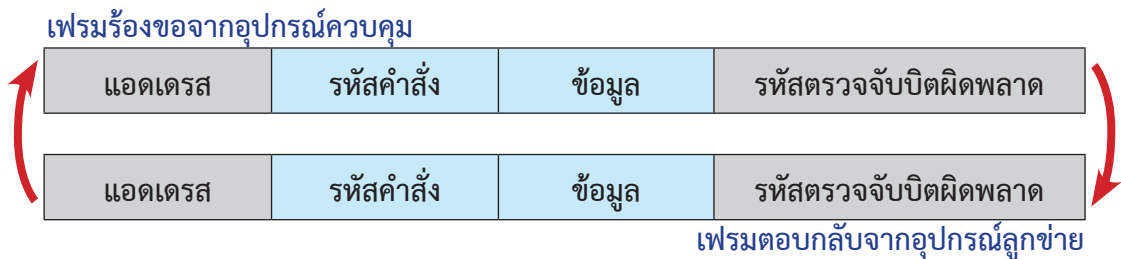
2) โทโพโลยีกระจายหรือบรอดแคสต์ (Broadcast) อุปกรณ์ควบคุมจะส่งข้อมูลคำสั่งไปยังอุปกรณ์ลูกข่ายทุกตัวพร้อมกัน ซึ่งอุปกรณ์ลูกข่ายจะไม่มีการตอบกลับคำสั่ง นอกจากนี้ความยาวของเฟรมสื่อสารโดยรวมของโปรโตคอลมอดบัสจะต้องไม่มากกว่า 256 ไบต์ (Automation, 2002)



ภาพที่ 3 เฟรมมอดบัส

ในโปรโตคอลการสื่อสารมอดบัส อุปกรณ์ควบคุมบนจะเป็นผู้เริ่มต้นการสื่อสารด้วยการส่งเฟรมร้องขอไปยังอุปกรณ์ลูกข่าย ในเฟรมจะทำการระบุแอดเดรสของอุปกรณ์ลูกข่ายที่จะสื่อสารด้วยรหัสคำสั่ง ข้อมูลที่จำเป็นในการทำตามคำสั่งการร้องขอ และรหัสตรวจจับบิตผิดพลาด เมื่ออุปกรณ์ลูกข่ายได้รับเฟรมร้องขอที่มีคำสั่ง ก็จะตรวจสอบความถูกต้องของเฟรม โดยหากข้อมูลที่ได้รับจากอุปกรณ์ควบคุมมีความผิดพลาดและตรวจจับได้จากรหัสตรวจจับบิตผิดพลาด รหัสคำสั่งที่ถูกส่งกลับด้วยค่าที่แสดงว่าเฟรมที่อุปกรณ์ลูกข่ายได้รับมีความผิดพลาด แต่หากตรวจสอบแล้วไม่ผิดพลาดก็จะดำเนินการตามคำสั่งร้องขอนั้น เช่น การอ่านค่ารีจิสเตอร์ภายในอุปกรณ์ลูกข่ายเป็นต้น และเมื่อดำเนินการให้ได้ค่าตามคำสั่งแล้วอุปกรณ์ลูกข่ายจะทำการจัดเฟรมตอบกลับไปยังอุปกรณ์ควบคุม ซึ่งจะประกอบด้วยแอดเดรส รหัสคำสั่ง ข้อมูล และรหัสตรวจจับบิตผิดพลาด เช่นเดียวกันกับเฟรมข้อมูลที่ได้รับมา โดยที่เฟรมมอดบัสที่ถูกส่งกลับเป็นการนำแอดเดรสของอุปกรณ์ลูกข่ายประกอบลงในเฟรมเพื่อให้อุปกรณ์

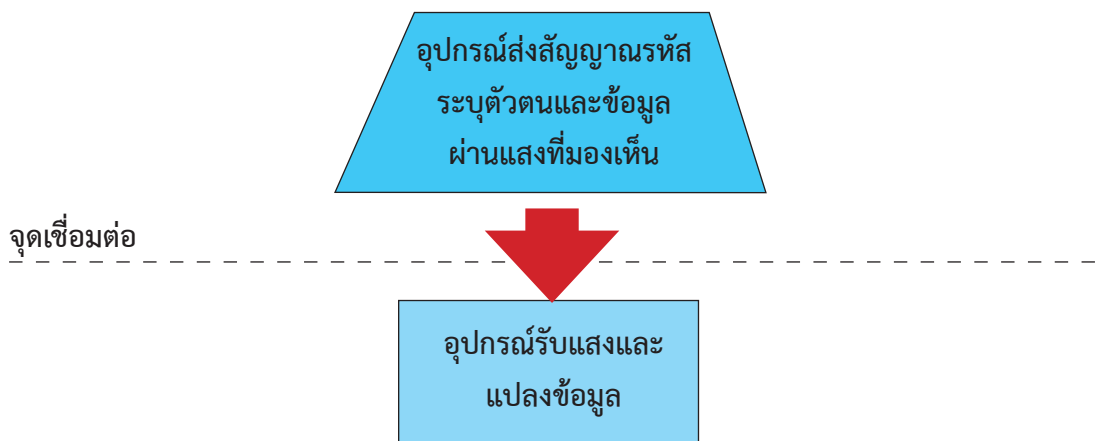
ควบคุมทราบว่าเฟรมที่ได้รับนั้นมาจากอุปกรณ์ตัวใด ส่วนรหัสที่ถูกส่งกลับคือรหัสคำสั่งที่ปฏิบัติเสร็จสิ้นตามด้วยข้อมูลที่ถูกร้องขอ และรหัสตรวจจับบิตผิดพลาด กระบวนการสื่อสารตามโปรโตคอลในลักษณะมาสเตอร์-สเลฟ มีการวนรอบซึ่งสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 เฟรมการร้องขอ และการตอบกลับบนมอดบัส

มาตรฐานการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็น CP1223

ประเทศญี่ปุ่นมีมาตรฐานการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นจำนวน 3 มาตรฐานคือ CP1221 CP1222 และ CP1223 โดยที่จะกล่าวถึงในบทความนี้คือมาตรฐาน CP1223 ที่ว่าด้วยมาตรฐานการส่งรหัสระบุตัวตนหรือข้อมูลสำหรับอุปกรณ์ด้านมัลติมีเดียด้วยแสงที่มองเห็น ซึ่งมาตรฐานระบบนี้มีรูปแบบการสื่อสารทิศทางเดียวผ่านตัวกลางแสงที่มองเห็น (JEITA, 2013) โมเดลของมาตรฐานแสดงในภาพที่ 5 โครงสร้างของโมเดลประกอบด้วยอุปกรณ์ส่งแสงและอุปกรณ์รับแสง อุปกรณ์ส่งแสงทำหน้าที่แผ่รหัสระบุตัวตนหรือข้อมูลไปพร้อมกันกับกระจายแสง ส่วนอุปกรณ์รับแสงมีหน้าที่รับแสงและแปลงข้อมูลแสงกลับเป็นรหัสระบุตัวตนหรือข้อมูล



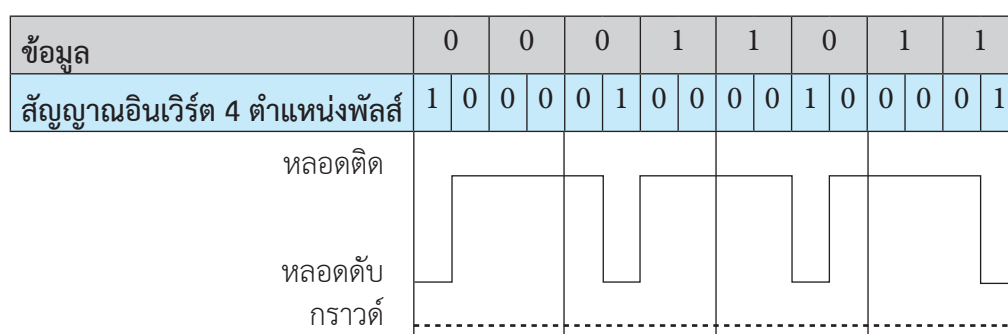
ภาพที่ 5 โมเดลมาตรฐานการสื่อสารแสง CP1223

การกำหนดมาตรฐานของ CP1223 มีการกำหนดมาตรฐานในชั้นฟิสิกคอลและชั้นแมกเช่นเดียวกัน โดยในชั้นฟิสิกคอลมีการกำหนดความยาวคลื่นแสงที่ใช้ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 380 nm-780 nm ที่ความเร็วในการสื่อสาร 4.8 kbps ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ และใช้เทคนิคการมอดูเลตแบบอินเวอร์ต 4 ตำแหน่งพัลส์ (Inverted 4 Pulse Position Modulation, I-4PPM) ดังแสดงในภาพที่ 6 สำหรับในชั้นแมก รูปแบบเฟรมข้อมูลแสดงดังภาพที่ 7 มีโครงสร้างประกอบด้วย

1) ส่วนเริ่มต้นเฟรมที่มีข้อมูลสองส่วนคือส่วนเริ่ม (preamble, PRE) จำนวน 6 บิตในรูปแบบการเข้ารหัสที่แตกต่างจากการมอดูเลตแบบอินเวอร์ต 4 ตำแหน่งพัลส์ที่มีอยู่ เพื่อให้สามารถจำแนกการเริ่มต้นเฟรมได้ โดยหากส่วนเริ่มที่มีจำนวน 6 บิตถูกแบ่งออกเป็น 12 ช่อง การเข้ารหัสส่วนเริ่มจะให้ค่า '1' จำนวน 3 ช่อง และตามด้วย '0' จำนวน 9 ช่อง เมื่อรวมกันแล้วจะได้ส่วนเริ่มจำนวน 6 บิต ดังแสดงในรูปที่ 8 อีกส่วนของส่วนเริ่มต้นเฟรมคือประเภทของเฟรม (Frame Type, FTYPE) จำนวน 8 บิต เพื่อระบุชนิดของข้อมูลในเพย์โหลด

2) ส่วนเพย์โหลด จำนวน 128 บิตสามารถบรรจุรหัสระบุตัวตนหรือข้อมูลตามชนิดที่ระบุไว้ในประเภทของเฟรม

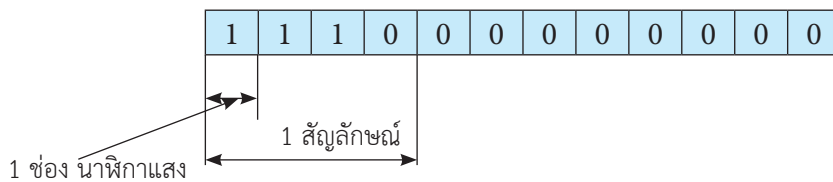
3) ส่วนจบเฟรม จำนวน 16 บิต ที่มีการส่งรหัสตรวจสอบบิตผิดพลาด โดยใช้ฮาร์ดแวร์ CRC-16 ซึ่งสร้างจากโพลิโนเมียลกำเนิด (Generator polynomial) $\{x^{16} + x^{15} + x^2 + 1\}$ สำหรับบริจิสเตอร์ ในการคำนวณค่ารหัสตรวจสอบบิตผิดพลาดนี้ เริ่มต้นกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 และจะทำการคำนวณเฉพาะประเภทของเฟรม และเพย์โหลด เท่านั้น



ภาพที่ 6 เทคนิคการมอดูเลตแบบอินเวอร์ต 4 ตำแหน่งพัลส์

ส่วนเริ่มต้นเฟรม (SOF)		เพย์โหลด (Payload)	ส่วนจบเฟรม (EOF)
PRE (6 bits)	FTYPE (8 bits)	ID/DATA (128 bits)	CRC-16 (16 bits)

ภาพที่ 7 เฟรมข้อมูลตามมาตรฐาน CP1223



ภาพที่ 8 ส่วนเริ่มจำนวน 6 สัญลักษณ์

โปรโตคอลมอดบัสมาตรฐานการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็น

โปรโตคอลมอดบัสสามารถส่งข้อมูลการสื่อสารอนุกรมได้สองรูปแบบคือ

- 1) ทำการส่งข้อมูลโดยจัดให้อยู่ในโหมดแอสกี (ASCII) ซึ่งทำการส่งข้อมูล 8 บิตด้วยรหัสแอสกีจำนวนสองตัว
- 2) จัดข้อมูลให้อยู่ในโหมดอาร์ทียู (Remote Terminal Unit : RTU) ซึ่งทำการส่งข้อมูล 8 บิตด้วยการส่งรหัสฐานสิบหกจำนวนสองตัว ความแตกต่างคือการส่งข้อมูลในโหมดอาร์ทียูจะได้จำนวนรหัสในการส่งมากกว่าเมื่อใช้แบนด์วิธเท่ากันกับโหมดแอสกี หรือโหมดอาร์ทียูจะมีความเร็วในการสื่อสารมากกว่าโหมดแอสกีประมาณสองเท่าเฟรมข้อมูล

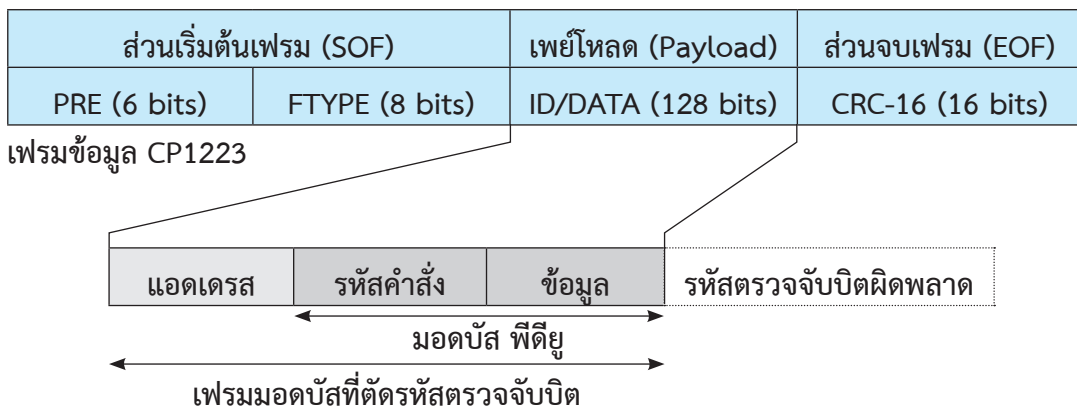
มอดบัสในโหมดอาร์ทียูแสดงดังภาพที่ 9 การเริ่มต้นเฟรมจะบ่งชี้ด้วยบิตเริ่ม ทำได้ด้วยการหยุดส่งสัญญาณใดๆ ในบัสเป็นระยะเวลามากกว่าหรือเท่ากับ 3.5 เท่าของระยะเวลาในการส่งรหัสฐานสิบหกหนึ่งตัว ตามด้วยแอดเดรส รหัสคำสั่ง ข้อมูล และรหัสตรวจจับผิดพลาดปิดท้ายเฟรมด้วยบิตจบเพื่อให้ทราบว่าเฟรมมอดบัสนี้ครบถ้วนแล้ว ด้วยการหยุดส่งสัญญาณใดๆ ในบัสเป็นระยะเวลา มากกว่าหรือเท่ากับ 3.5 เท่าของระยะเวลาในการส่งรหัสฐานสิบหกหนึ่งตัวเช่นเดิม ซึ่งบิตจบของเฟรมนี้สามารถใช้เป็นบิตเริ่มของเฟรมถัดไปได้ด้วย

≥ 3.5 ตัวอักษร	8 บิต	8 บิต	$n \times 8$ บิต	16 บิต	≥ 3.5 ตัวอักษร
บิตเริ่ม	แอดเดรส	รหัสคำสั่ง	ข้อมูล	รหัสตรวจจับบิต	บิตจบ

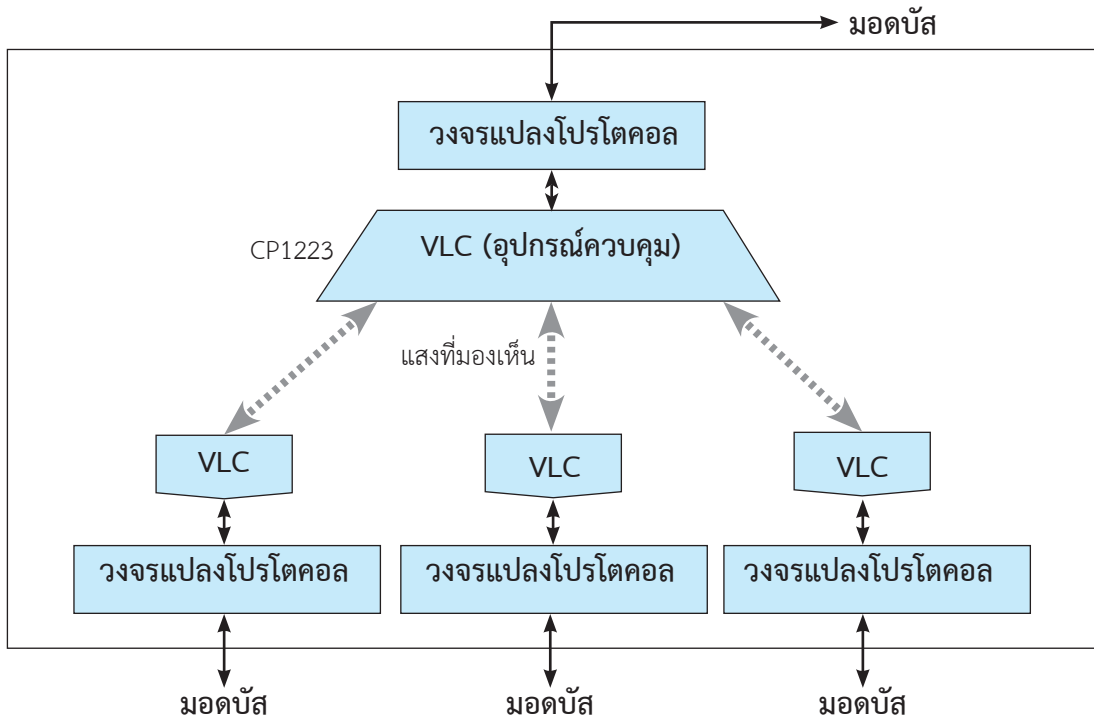
ภาพที่ 9 เฟรมมอดบัสในโหมดอาร์ทียู

เมื่อพิจารณาโปรโตคอลมอดบัสในโหมดกระจายซึ่งเป็นการสื่อสารทางเดียวจากอุปกรณ์ควบคุม และสามารถส่งผ่านข้อมูลได้ในจำนวน 256 ไบต์รวมข้อมูลส่วนหัวและส่วนท้ายเฟรม โดยมีการระบุแอดเดรสของอุปกรณ์ลูกข่ายที่จะติดต่อสื่อสารด้วย ซึ่งสอดคล้องกับโปรโตคอลการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็น CP1223 ดังนั้น การนำเฟรมข้อมูลมอดบัสส่งผ่านบนเฟรมข้อมูลมาตรฐาน CP1223 จึงสามารถทำได้ โดยต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของการส่งผ่านข้อมูลระหว่างโปรโตคอลด้วย หากส่วนหัวและส่วนท้ายเฟรมใดมีความซ้ำซ้อนและไม่จำเป็น สามารถตัดส่วนนั้นออกก่อนโดยผ่านหน่วยประมวลผลโปรโตคอลที่ทำหน้าที่เสมือนเกตเวย์ ในกรณีของมาตรฐาน CP1223 มีรหัสตรวจจับบิตผิดพลาดอยู่แล้ว ดังนั้น ข้อมูลรหัสตรวจจับบิตผิดพลาดของเฟรมมอดบัสจึงถูกตัดออกก่อนจะส่งผ่านไปเป็นข้อมูลในส่วนเพย์โหลดของเฟรมข้อมูลตามมาตรฐาน CP1223 ดังแสดงในภาพที่ 10 โดยในส่วนของเฟรมควบคุมตามมาตรฐาน CP1223 สามารถสร้างได้ด้วยอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความเร็วประมวลผลไม่มากนัก และมีราคาไม่แพงแต่หากเป็นการแปลงข้อมูลที่มีความเร็วสูงมากขึ้นอุปกรณ์เอฟพีจีเอ (FPGA) ก็สามารถนำมาใช้ในการดำเนินการดังกล่าวได้

ตัวอย่างรูปแบบโมเดลการสื่อสารมอดบัสผ่านการสื่อสารแสงที่มองเห็นแสดงในภาพที่ 11 ใช้การสื่อสารด้วยการกระจายข้อมูล อุปกรณ์ควบคุมรับสัญญาณการสื่อสารในรูปแบบโปรโตคอลมอดบัส และทำการแปลงให้อยู่ในรูปแบบเฟรมข้อมูล CP1223 ก่อนที่จะส่งไปสู่วงจรควบคุมและขับกระแสเพื่อป้อนพลังงานและข้อมูลสู่แหล่งกำเนิดแสง ซึ่งจะสามารถส่งสัญญาณจากโคมไฟที่ติดตั้งบนเพดานพร้อมให้แสงสว่างและส่งข้อมูลมายังอุปกรณ์ลูกข่ายจำนวนมากได้โดยไม่ต้องต่อสายตัวนำ เมื่ออุปกรณ์ลูกข่ายรับสัญญาณจากแสงที่มองเห็นด้วยโปรโตคอล CP1223 จะทำการส่งต่อไปยังวงจรแปลงโปรโตคอลเพื่อจัดรูปแบบเฟรมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของเฟรมมอดบัส เพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ลูกข่ายต่อไป



ภาพที่ 10 มอดบัสเฟรมบนมาตรฐาน CP1223



ภาพที่ 11 แนวทางการสื่อสารมอดบัสบนแสงที่มองเห็นโทโพโลยีสตาร์

บอร์ดพัฒนาการสื่อสารทางแสงตามมาตรฐาน CP1223

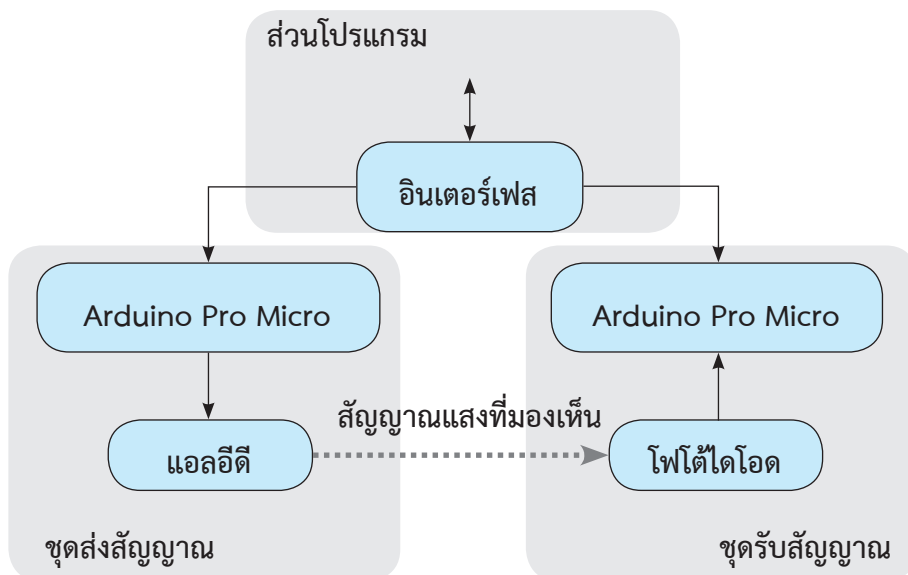
อุปกรณ์การสื่อสารทางแสงแบบไร้สายถูกพัฒนาขึ้นตามมาตรฐาน CP1223 โดยทำการควบคุมสัญญาณเพื่อให้หลอดแอลอีดี (Light Emitted Diode : LED) เปล่งแสงที่มองเห็นได้ไปพร้อมกับการส่งข้อมูล และทำการรับแสงเพื่อแปลงกลับเป็นข้อมูลด้วยอุปกรณ์โฟโตไดโอด (Photo Diode) โดยอุปกรณ์ส่วนฮาร์ดแวร์มีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 1

รายการ	คุณสมบัติ / ลักษณะ
ไมโครคอนโทรลเลอร์	Arduino Pro micro (mini Leonardo)
ความถี่สัญญาณนาฬิกา	16 MHz
แรงดันไฟฟ้า	5 V (หากป้อนเข้าขา RAW สามารถรับแรงดันไฟฟ้าได้ 6 – 16 V)
กระแสเอาต์พุต	50 mA
จำนวนพอร์ต	PWM เอาต์พุต 2 พอร์ต แอนะล็อกอินพุต 4 พอร์ต และดิจิทัล 3 พอร์ต อนุกรม I2C 1 พอร์ต และอนุกรม SPI 1 พอร์ต
อุปกรณ์กำเนิดแสง	LED High Brightness 1W $I_f = 350 \text{ mA}$, $V_f = 3.4 \text{ V}$, Luminous Intensity = 100 lm
จำนวนพอร์ต	Silicon PIN Photodiode SFH213 $V_R = 5 \text{ V}$, Responsivity = 0.65 A/W, Wavelength range 400 – 1100 nm, $t_r = t_f = 5 \text{ ns}$, sensitivity area = 1 mm ²

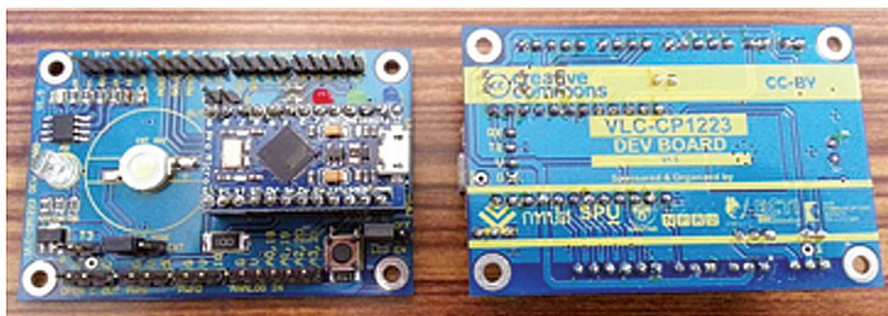
ตารางที่ 1 คุณสมบัติของบอร์ดพัฒนา

ชุดพัฒนาระบบการสื่อสารทางแสงแบบไร้สายประกอบด้วยอุปกรณ์ชุดส่งสัญญาณ และอุปกรณ์ชุดรับสัญญาณ โดยอุปกรณ์ทั้งสองชุดนี้มีโครงสร้างฮาร์ดแวร์ที่เหมือนกันในส่วนอุปกรณ์ประมวลผล และควบคุมการทำงาน ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Pro micro (mini Leonardo) ในส่วนที่แตกต่างกันจะเป็นส่วนชิ้นฟิสกคอลลซึ่งชุดส่งสัญญาณจะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์กำเนิดแสงแอลอีดีที่ให้แสงสีขาวในการส่องสว่างและส่งข้อมูล ส่วนชุดรับจะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์รับแสงโฟโตไดโอดที่มีวงจรรขยายภายใน การควบคุมการทำงานของชุดพัฒนาระบบการสื่อสารทางแสงแบบไร้สายสามารถทำได้จากการป้อนโปรแกรมควบคุมผ่านอินเตอร์เฟซบอร์ดที่ต่อผ่านบอร์ดยูเอสบีซีของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยการโปรแกรมสามารถทำได้โดยการโปรแกรมผ่าน Arduino bootloader ภาพรวมของชุดพัฒนาแสดง

ดังภาพที่ 12 ซึ่งมาตรฐานระบบนี้มีรูปแบบการสื่อสารทิศทางเดียวผ่านตัวกลางแสงที่มองเห็น การกำหนดโปรโตคอลตามมาตรฐาน CP1223 มีการกำหนดสองชั้นคือชั้นฟิสิกคอลล (Physical Layer) และชั้นเฟรม (Frame Layer) ที่ความเร็วในการสื่อสาร 4.8 kbps และใช้เทคนิคการมอดูเลตแบบอินเวอร์ต 4 ตำแหน่งพัลส์ (Inverted 4 Pulse Position Modulation, I-4PPM) ภาพบอร์ดพัฒนา วงจรส่วนต่อขยาย วงจรด้านฝั่งส่งและวงจรด้านฝั่งรับ แสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 12 ภาพรวมของชุดพัฒนาระบบการสื่อสารทางแสงแบบไร้สาย



(ก) ด้านหน้า

(ข) ด้านหลัง

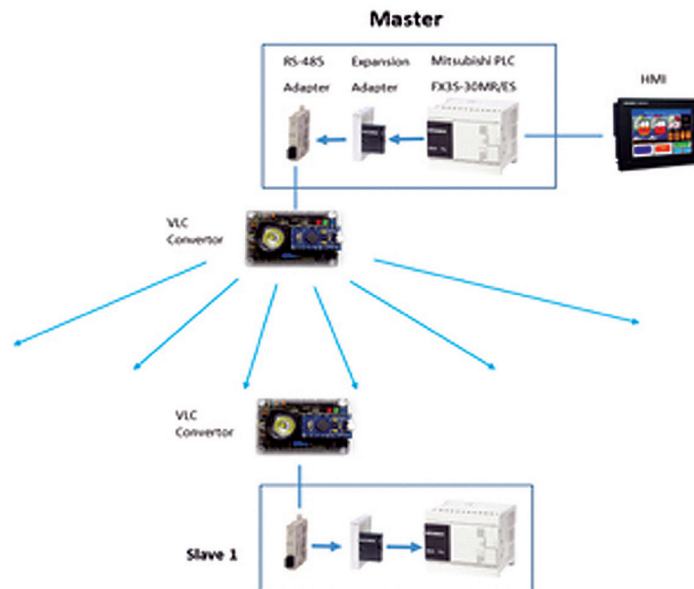
ภาพที่ 13 บอร์ดพัฒนาการสื่อสารทางแสงแบบไร้สายตามมาตรฐาน CP 1223

ผลการศึกษา

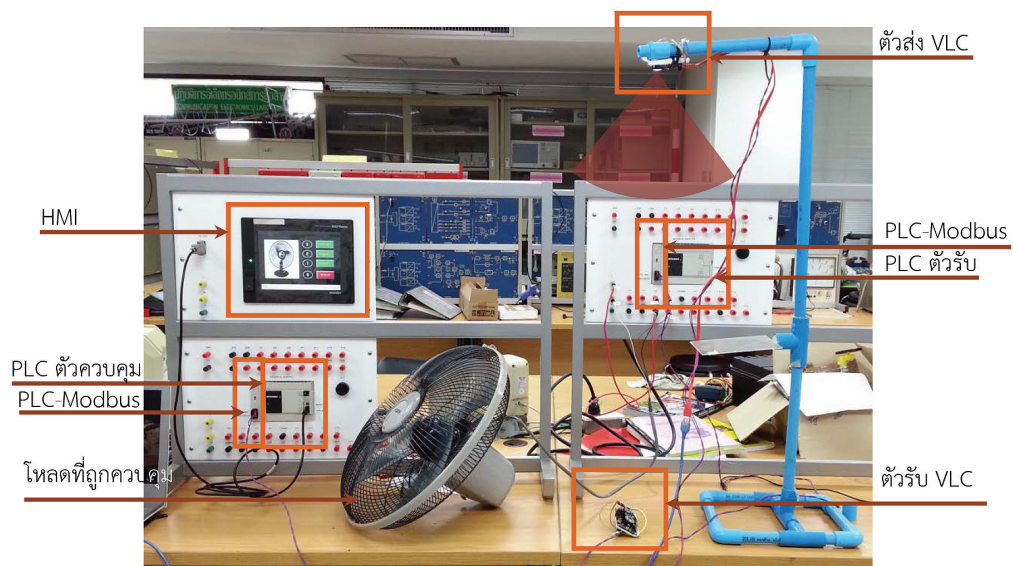
ทำการศึกษาการสื่อสารด้วยโปรโตคอลมอดบัสผ่านการสื่อสารทางแสงที่มองเห็นได้ตามมาตรฐาน CP1223 ของประเทศญี่ปุ่น อุปกรณ์พีแอลซีที่ทำการสื่อสารด้วยโปรโตคอลมอดบัสคือ พีแอลซียี่ห้อ Mitsubishi รุ่น FX3S-30MR/ES เป็นพีแอลซีขนาดเล็ก แต่ประสิทธิภาพสูง มีใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรม สามารถใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์รับค่าการสั่งงานแบบเอชเอ็มไอ (Human Machine Interface : HMI) โดยมีการต่อพ่วงกับอุปกรณ์ต่อเสริมฟังก์ชันยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น MFX3S-30MR/ES เป็นอุปกรณ์ต่อเสริมฟังก์ชันสำหรับพีแอลซี ที่เป็นตัวแปลงพิเศษสำหรับการสื่อสารแบบ RS-485 ที่ใช้โปรโตคอลมอดบัส การใช้งานอุปกรณ์พีแอลซีจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมลำดับการทำงานของส่วนต่างๆ เพื่อใช้ในการควบคุม ซึ่งเขียนโปรแกรมควบคุมโดยใช้ซอฟต์แวร์ GX-Work2 การเขียนโปรแกรมควบคุมสามารถเขียนได้หลากหลายลักษณะ เช่น Sequential Function Chart (SFC) language, Ladder Logic, Function Block Diagram (FBD) และ Structured Text เป็นต้น โดยสัญญาณที่ได้จากอุปกรณ์ต่อเสริมที่ใช้โปรโตคอลมอดบัสถูกส่งผ่านมายังชุดพัฒนา VLC-CP1223 Development board v1.0 ที่ทางทีมวิจัยได้พัฒนาขึ้น เพื่อเป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณของโปรโตคอลมอดบัส RS-485 เป็นสัญญาณแสงตามมาตรฐาน CP1223 และทำการส่งสัญญาณแสงเพื่อควบคุมอุปกรณ์ต่อไป ฝั่งรับสัญญาณจะรับด้วยชุดพัฒนา VLC-CP1223 Development board v1.0 เพื่อเป็นอุปกรณ์แปลงสัญญาณแสงที่รับได้เป็นโปรโตคอลมอดบัส RS-485 และส่งต่อไปยังอุปกรณ์ต่อเสริมฟังก์ชัน เพื่อการนำสัญญาณไปแปลงกลับเป็นการควบคุมอุปกรณ์พีแอลซีต่อไป ซึ่งในการทดลองนี้คือการควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์พัดลมไฟฟ้า ซึ่งสามารถทำได้ตรงตามที่สั่งการควบคุมผ่านหน้าจอควบคุมแบบเอชเอ็มไอทุกประการ

ในการทดสอบพีแอลซีที่ติดต่อสื่อสารด้วยโปรโตคอลมอดบัสผ่านแสงที่มองเห็นได้ เบื้องต้นนั้นได้ทำการเขียนโปรแกรมจัดการข้อมูลการติดต่อสื่อสาร ดังนี้

- 1) กำหนดชุดรหัสคำสั่งโปรโตคอลมอดบัสที่ต้องการทดสอบสองคำสั่งคือ 05-สั่งบิตทำงาน (Write Single Coil) และ 15-สั่งบิตทำงานแบบชุด (Write Multiple Coils)
- 2) เขียนโปรแกรมให้พีแอลซีรับ-ส่งข้อมูลมอดบัสตามรหัสคำสั่งที่ได้กำหนดไว้
- 3) ทำการส่งผ่านการควบคุมอุปกรณ์พีแอลซีเข้าสู่ชุดพัฒนา VLC-CP1223 Development board v1.0 ผ่านพอร์ต RS-485 ไดอะแกรมการทดลองเพื่อศึกษาการทำงานการส่งสัญญาณโปรโตคอลมอดบัสผ่านการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นในภาพที่ 14 และรูปขณะทำการทดลองการส่งสัญญาณโปรโตคอลมอดบัสผ่านการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นในภาพที่ 15

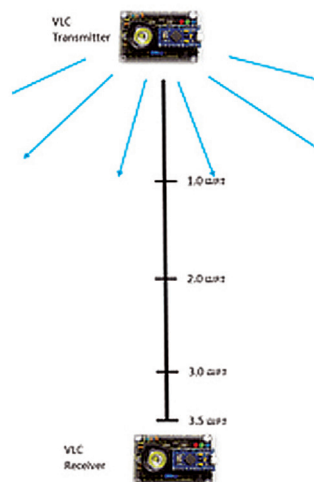


ภาพที่ 14 ไดอะแกรมการส่งสัญญาณโปรโตคอลมอดบัสผ่านการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็น

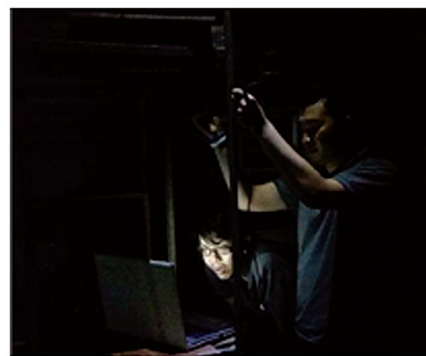


ภาพที่ 15 การทดลองการส่งสัญญาณโปรโตคอลมอดบัสผ่านการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็น

ในส่วนของบอร์ดพัฒนา VLC-CP1223 Development board v1.0 ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพที่มีระยะทางการส่งข้อมูลเป็นตัวแปร โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ตัวส่งข้อมูลที่มีระยะสูงกว่า 3.5 เมตร และทำการติดตั้งอุปกรณ์ตัวรับพร้อมกับลักซ์มิเตอร์ ที่ระยะในแนวตรงที่มีระยะห่าง 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300 และ 350 ซม. ตามลำดับในภาพที่ 16 ทำการทดสอบในลักษณะให้แสงจากภายนอกมีผลกระทบน้อยที่สุดโดยทำการทดลองในเวลากลางวันและปิดโคมไฟในบริเวณที่ทดสอบ มีแสงสว่างในพื้นที่การทดสอบน้อยกว่า 10 ลักซ์ ดังแสดงในภาพที่ 17 ในการทดสอบทำการส่งข้อมูลจำนวน 40 ชุดที่มีข้อมูลเดียวกันและนับจำนวนข้อมูลที่ได้รับที่มีความถูกต้องหลังจากทำการติโมดูเลตและถอดรหัสข้อมูลแล้ว ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 2 โดยมีอัตราการรับข้อมูลที่ถูกต้องเฉลี่ย 43.1 %



ภาพที่ 16 การติดตั้งอุปกรณ์ที่ทดสอบแนวตรง



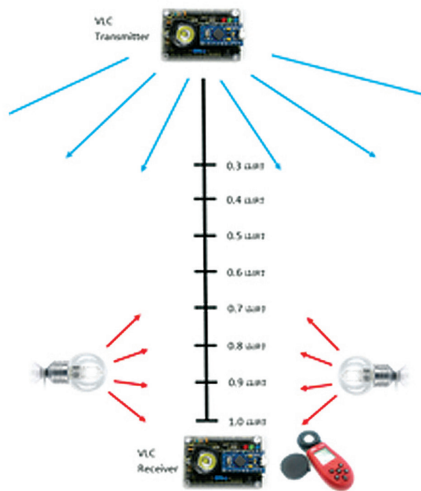
ภาพที่ 17 บรรยากาศการทดสอบ

ระยะความสูง (ซม.)	25	50	75	100	150	200	250	300	350
จำนวนครั้งที่รับได้	17	18	17	17	19	19	18	16	14

ตารางที่ 2 ผลการทดลองส่งสัญญาณข้อมูลในระยะแนวตรง

นอกจากนี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของบอร์ดพัฒนา VLC-CP1223 Development board v1.0 ในกรณีที่มีการรบกวนจากแสงภายนอกที่มีระยะทางการส่งข้อมูลเป็นตัวแปร โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ตัวส่งข้อมูลที่มีระยะสูงกว่า 3.5 เมตร และทำการติดตั้งอุปกรณ์ตัวรับพร้อมกับลักซ์มิเตอร์ ที่ระยะในแนวตรงที่มีระยะห่าง 30 40 50 60 70 80 90 และ 100 ซม. ตามลำดับดังแสดงในภาพที่ 18

ทำการทดสอบในลักษณะให้มีแสงจากภายนอกที่มีค่าความเข้มแสงที่บริเวณตัวรับอยู่ที่ 100 200 300 400 600 800 1,000 1,500 และ 2,000 ลักซ์ ดังแสดงในภาพที่ 19 ในการทดสอบทำการส่งข้อมูลจากนั้นอ่านค่าการรับข้อมูล และความเข้มแสงรวมที่บริเวณตัวรับ และบันทึกผลลงตารางที่ 3 โดยมีประสิทธิภาพในการรับสัญญาณในสภาวะที่มีแสงรบกวนจากภายนอกได้ดี



ภาพที่ 18 การทดสอบที่มีแสงรบกวนจากภายนอก

ภาพที่ 19 บรรยากาศการทดสอบที่มีแสงรบกวน

ระยะ ความ สูง (ซม.)	แสงรบกวนภายนอก/แสงรวมที่เกิดขึ้น (ลักซ์)																	
	100		200		300		400		600		800		1000		1500		2000	
	รับ ค่า	แสง รวม	รับ ค่า	แสง รวม	รับ ค่า	แสง รวม	รับ ค่า	แสง รวม	รับ ค่า	แสง รวม	รับ ค่า	แสง รวม	รับ ค่า	แสง รวม	รับ ค่า	แสง รวม	รับ ค่า	แสง รวม
30	ได้	1400	ได้	1400	ได้	1450	ได้	1520	ได้	1620	ได้	1750	ได้	1780	ได้	2020	ได้	2390
40	ได้	1000	ได้	1000	ได้	1100	ได้	1230	ได้	1420	ได้	1650	ได้	1650	ได้	1980	ได้	2370
50	ได้	700	ได้	700	ได้	830	ได้	960	ได้	1220	ได้	1370	ได้	1480	ได้	1920	ได้	2310
60	ได้	600	ได้	600	ได้	720	ได้	820	ได้	1040	ได้	1260	ได้	1410	ได้	1850	ไม่ได้	2250
70	ได้	400	ได้	500	ได้	600	ได้	700	ได้	890	ได้	1160	ได้	1360	ได้	1770	ไม่ได้	2190
80	ได้	300	ได้	430	ได้	530	ได้	620	ได้	810	ได้	1080	ได้	1220	ได้	1720	ไม่ได้	2160
90	ได้	180	ได้	370	ได้	480	ได้	570	ได้	780	ได้	980	ได้	1190	ไม่ได้	1610	ไม่ได้	2110
100	ได้	160	ได้	300	ได้	420	ได้	530	ได้	760	ได้	960	ได้	1140	ไม่ได้	1570	ไม่ได้	2050

ตารางที่ 3 ผลการทดลองแสงรบกวนภายนอกระยะความสูงในแนวตรง

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การนำเทคโนโลยีใหม่ด้านการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นเสริมเข้ากับเทคโนโลยีเดิมที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายอยู่แล้วในอุตสาหกรรมจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการสื่อสารและลดข้อจำกัดที่เทคโนโลยีเดิมของการสื่อสารมีอยู่ลงไปได้ ตัวอย่างการประยุกต์การส่งสัญญาณด้วยโปรโตคอลมอดบัสผ่านการสื่อสารแสงที่มองเห็นตามมาตรฐาน CP1223 เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์หรือเครื่องจักร และลดปัญหาการส่งผ่านข้อมูลในสภาพแวดล้อมที่มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารบกวนสูงได้ ในการทดลองได้ทำการส่งสัญญาณจากอุปกรณ์พีแอลซีที่ใช้มอดบัสผ่านมายังชุดพัฒนา VLC-CP 1223 Development board v1.0 ที่ทางทีมวิจัยได้พัฒนาขึ้น เพื่อเป็นการลดทรัพยากรและเวลาในการสร้างนวัตกรรมหรือสิ่งประดิษฐ์ด้านการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นสำหรับผู้สนใจ ชุดพัฒนานี้ทำหน้าที่แปลงโปรโตคอลมอดบัสเป็นโปรโตคอลตามมาตรฐาน CP1223 ที่เป็นสัญญาณแสงที่มองเห็น และทำการส่งสัญญาณแสงไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณเพื่อควบคุมอุปกรณ์ ฝั่งรับสัญญาณจะรับสัญญาณแสงและแปลงสัญญาณแสงที่รับได้เป็นโปรโตคอลมอดบัสและส่งต่อไปยังอุปกรณ์พีแอลซีเพื่อทำการควบคุมอุปกรณ์พีแอลซี ซึ่งในการทดลองใช้ควบคุมพัดลมไฟฟ้า โดยผลการทดลองสามารถทำได้ตรงตามที่สั่งการควบคุมผ่านหน้าจอควบคุมแบบเอชเอ็มไอทุกประการ

บรรณานุกรม

- Automation, S. (2002). *MODBUS over serial line–Specification and Implementation guide*. V. Modbus Organization, Inc.
- Haruyama, S. (2010). Visible light communication. In *17th International Display Workshops, IDW'10*.
- JEITA. (2013). JEITA visible light communication standards. Retrieved from <http://www.jeita.or.jp/japanese/standard/book/CP-1223>.
- Modbus, I. D. A. (2004). *Modbus application protocol specification v1. 1a*. North Grafton, Massachusetts.
- Modicon, I. (1996). *Modicon modbus protocol reference guide*. North Andover, Massachusetts, 28-29.
- PracTel Inc. (2014). Progress in Optical Wireless Communications – VLC and FSO Technologies, Applications and Markets. Retrieved from <http://www.researchandmarkets.com/reports/2813840/progress-in-optical-wireless-communications-vlc>

