การประยุกต์ใช้การสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นสำหรับพิพิธภัณฑ์อัจฉริยะ

Application of Visible Light Communication for Smart Museum

เติมพงษ์ ศรีเทศ[1] คทา จารุวงษ์รังสี[2] เพชร นันทิวัฒนา[1] ณรงค์ อยู่ฉนอม[1] และ ปรีชา กอเจริญ[3]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ประยุกต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม petch.na@spu.ac.th

[2]ห้องปฏิบัติการวิจัยนาโนอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องกลจุลภาค ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค)

[3]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการนำเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นเพื่อประยุกต์ใช้ในการนำเสนอข้อมูลงานศิลปะในพื้นที่จัดแสดงของพิพิธภัณฑ์ ซึ่งเป็นการนำการสื่อสารมาใช้ในลักษณะเป็นฟังก์ชันเสริมของการส่องสว่างปกติที่ใช้ส่องสว่างงานศิลปะ ระบบจะประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ฝังตัวเข้ากับโคมไฟที่ใช้ส่องสว่างภาพเขียนหรืองานศิลปะ ซึ่งจะทำหน้าที่เข้ารหัสเฉพาะของโคมไฟที่มีค่าแตกต่างกัน โดยแสงสว่างที่ฉายมีค่าการส่องสว่างเหมือนกันในทุกๆโคมไม่สามารถแยกได้ว่าโคมไฟที่ส่องสว่างมามีข้อมูลส่งมาหรือไม่ หรือมีข้อมูลแตกต่างกันอย่างไร และส่วนวงจรรับจะมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถถอดรหัสข้อมูลการสื่อสารที่แฝงมากับแสงสว่าง เชื่อมต่อกับสมาร์ทโฟนเพื่อนำรหัสเฉพาะที่ได้ไปประมวลผล จากนั้นจึงแสดงข้อมูลงานศิลปะบนสมาร์ทโฟนในรูปแบบของข้อความ รูปภาพ เสียง หรือวิดีทัศน์ได้

คำสำคัญ: การสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็น พิพิธภัณฑ์อัจฉริยะ สมองกลฝังตัว

Abstract

This article shows implementation of visible light communications technology for applications in the Museum's exhibition space. Communication is used as an auxiliary function of illumination, usually using a projected luminous at the art work. System will contain an embedded electronic device into a lamp that uses to projected luminous at the art work. Each lamp has the unique code of art work that will be beam to the specific art work. All lamps have light up in the same luminous intensity but provide different information. At the receiver, electronic circuit is used to decode the information from communication's light. The decoded information will pass through the smartphone in order to display the information of the art work in the form of text, image, audio, or video.

Keywords: Visible Light Communication, Smart Museum, Embedded System

1. ข้อมูลทั่วไป

ในโลกปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง มีเทคโนโลยีอุบัติใหม่เกิดขึ้นมากมายภาคอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ของสินค้าและบริการให้มีนวัตกรรมใหม่ที่ทันสมัยและสามารถแข่งขันบนเวทีการค้าโลกได้ ในการพิจารณาจุดแข็งและจุดอ่อนของประเทศไทยเพื่อการป้องกันจุดอ่อนและภัยคุกคาม สามารถทำได้โดยการลดการนำเข้าเทคโนโลยีที่สามารถทำการผลิตได้เองในประเทศ และทำการเพิ่มประสิทธิภาพในด้านต่างๆด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ การผลักดันนวัตกรรมที่สอดคล้องและมีพื้นฐานจากหลอดแอลอีดี จะเป็นการสร้างมูลค่าของบริการจากการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่อันจะเป็นการสร้างความเข้มแข็งของอุตสาหกรรมได้ วัตถุประสงค์ของโครงการจึงดำเนินการเพื่อสร้างระบบสื่อสารจากไฟส่องวัตถุในพื้นที่จัดแสดงสำหรับพิพิธภัณฑ์อัจฉริยะที่มีคุณสมบัติดังนี้ อุปกรณ์ส่งสัญญาณด้วยแสงที่มองเห็นได้ ต้นทุนต่ำ เพื่อใช้สำหรับการให้ข้อมูลในพิพิธภัณฑ์ อุปกรณ์รับสัญญาณที่มีความสามารถในการถอดรหัสแสงตามมาตรฐาน CP1223 (IEC PT 62943 Visible Light Beacon System for Multimedia Applications) [1] และเล่นไฟล์เสียงพูดได้ มีขนาดเล็ก สามารถพกพาได้ง่าย มีการใช้พลังงานต่ำ สำหรับการรับข้อมูลจากแสงที่ส่องวัตถุในพิพิธภัณฑ์ ซึ่งจะเป็นระบบต้นแบบสำหรับการพัฒนาในอุตสาหกรรมส่องสว่างอัจฉริยะ (Smart Lighting) และสามารถขยายผลการวิจัยไปสู่ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวเนื่องกับการส่องสว่างข้อมูลได้เช่น ระบบการระบุตำแหน่งวัตถุภายในอาคาร เป็นต้น

2. การออกแบบและพัฒนา

การประยุกต์การสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นสำหรับพิพิธภัณฑ์อัจฉริยะ นำการสื่อสารมาใช้ในลักษณะเป็นฟังก์ชันเสริมของการส่องสว่างปกติที่ใช้ส่องสว่างงานศิลปะ โดยจะทำการสร้างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อฝังตัวเข้ากับโคมไฟที่ใช้ส่องสว่างภาพเขียนหรืองานศิลปะ ซึ่งโคมไฟแต่ละดวงจะมีการเข้ารหัสเฉพาะของโคมไฟที่มีค่าแตกต่างกัน แต่แสงสว่างที่ฉายมายังงานศิลปะนั้นจะมีค่าการส่องสว่างเหมือนกันในทุกๆโคม ซึ่งหากมองงานศิลปะแล้วจะไม่สามารถแยกได้ว่าโคมไฟที่ส่องสว่างมามีข้อมูลส่งมาหรือไม่ หรือมีข้อมูลแตกต่างกันอย่างไร ในส่วนวงจรรับจะมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถถอดรหัสข้อมูลการสื่อสารที่แฝงมากับแสงสว่าง และนำรหัสเฉพาะที่ได้ไปประมวลผลเพื่อแสดงข้อมูลงานศิลปะบนอุปกรณ์พกพา ในรูปแบบของข้อความ รูปภาพ เสียง หรือวิดีทัศน์ได้

2.1 การออกแบบและพัฒนาวงจรฝั่งส่ง

ในการพัฒนาด้านส่งสัญญาณแสงที่มองเห็นได้มีการดำเนินการสามส่วนคือ 1) แหล่งกำเนิดแสง 2) วงจรควบคุม และ 3) วงจรเข้ารหัสสัญญาณ โดยมีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

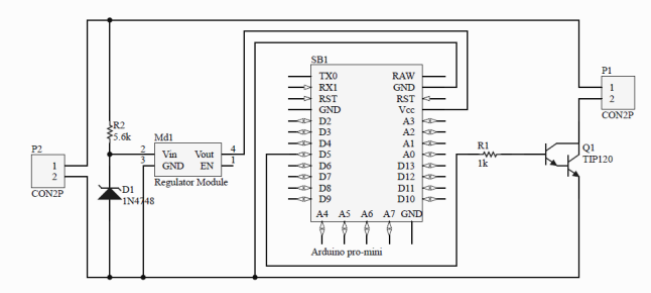
2.1.1 แหล่งกำเนิดแสง

การเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงถือเป็นส่วนสำคัญต่อการออกแบบการส่องสว่างภายในพิพิธภัณฑ์ประเด็นสำคัญที่ใช้ในการเลือกแหล่งกำเนิดแสงสำหรับการส่องในพิพิธภัณฑ์คือแหล่งกำเนิดแสงจะต้องให้ค่าแสง

สว่างที่ใกล้เคียงกับแสงสว่างจากธรรมชาติ หรือแสงจากดวงอาทิตย์ โดยค่าแสงสว่างที่ได้จากแหล่งกำเนิดจะมีการแสดงค่าความถูกต้องของสี (Color Rendering Index : CRI) เทียบกับแสงจากธรรมชาติ ซึ่งหากค่า CRI สูงในระดับ 100 จะใกล้เคียงกับแสงจากธรรมชาติมากที่สุด แหล่งกำเนิดแสงที่เลือกมาใช้ในการวิจัยนี้มีค่า CRI ในระดับ 90 นอกจากนี้ต้องพิจารณาในประเด็นที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือแสงสว่างเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic radiation) ชนิดหนึ่งซึ่งอาจมีค่ารังสีอัลตราไวโอเลต ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า แฝงรวมมากับคลื่นแสงที่ถูกสร้างมาจากแหล่งกำเนิดแสง และรังสีอัลตราไวโอเลตนี้เองสามารถทำอันตรายต่ออินทรียวัตถุในพิพิธภัณฑ์ได้ ซึ่งหลอดไฟแอลอีดีมีคุณสมบัติที่ดีเนื่องจากเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วงแคบ ทั้งยังมีอุณหภูมิไม่สูง ไม่ทำให้วัตถุที่ถูกฉายร้อน ดังนั้นการเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงจึงเลือกใช้ไฟรางสปอตไลท์ (Track Light) ชนิดแอลอีดี (LED) แทนที่การใช้หลอดชนิดเผาไส้ (Halogen Incandescent Lamp)

2.1.2 วงจรควบคุม

ในการส่งสัญญาณการสื่อสารจากแหล่งกำเนิดแสงไปยังอุปกรณ์การรับ จำเป็นจะต้องใช้การควบคุมการเปิดและปิดแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งเมื่อทำอย่างรวดเร็วจะมีลักษณะเป็นการกระพริบของแสงที่มีความเร็วสูงจนกระทั่งสายตามนุษย์ไม่สามารถรับรู้ได้ การเปิดและปิดแหล่งกำเนิดแสงดังกล่าวทำโดยใช้วงจรควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบให้มีความซับซ้อนต่ำซึ่งจะทำให้มีต้นทุนในการผลิตไม่สูงมาก นอกจากนี้ยังต้องออกแบบให้มีขนาดเล็กเพื่อจะสามารถนำวงจรควบคุมนี้ฝังรวมไว้กับอุปกรณ์โคมไฟชนิดต่างๆได้ด้วย โดยการทำการดัดแปลงวงจรเพื่อสวิตช์สัญญาณตามมาตรฐาน CP1223 ที่ควบคุมกระแสที่ไหลผ่านไปยังหลอดแอลอีดีด้วยทรานซิสเตอร์ TIP120 ด้วยวงจรที่มีขนาดเล็กที่ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือ ซีเนอร์ไดโอด ตัวต้านทาน และวงจรควบคุมแรงดันคงที่ วงจรควบคุมและวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าที่ได้ออกแบบและแผ่นวงจรพิมพ์ แสดงดังรูปที่ 1 แผ่นวงจรพิมพ์ที่นำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบรวมแล้วเป็นวงจรควบคุมการเปิดปิดแหล่งกำเนิดแสงแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 วงจรควบคุมการเปิดปิดแหล่งกำเนิดแสง

รูปที่ 2 แผ่นวงจรพิมพ์ที่นำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบรวมแล้ว

2.1.3 วงจรเข้ารหัสสัญญาณ

วงจรเข้ารหัสสัญญาณมีส่วนประกอบสองส่วนคือ ส่วนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ และส่วนโปรแกรมควบคุม ที่ทำการเข้ารหัสตามมาตรฐาน CP1223 ที่มีรูปแบบการส่งผ่านข้อมูลทิศทางเดียว ในส่วนฮาร์แวร์ ได้เลือกไมโครคอนโทรลเลอร์คือ Arduino Pro mini เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของวงจรควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ในส่วนของโปรแกรมควบคุม ได้ทำการเขียนโปรแกรมต้นแบบเพื่อให้สามารถเรียกใช้ หรือทำการแก้ไขได้โดยง่าย มีโครงสร้างของโปรแกรมชัดเจน การควบคุมการทำงานของวงจรเข้ารหัสสัญญาณสามารถทำได้จากการป้อนโปรแกรมควบคุมผ่านอินเตอร์เฟสบอร์ดที่ต่อผ่านบอร์ดยูเอสบีของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยการโปรแกรมสามารถทำได้โดยการโปรแกรมผ่าน Arduino bootloader ซึ่งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นสามารถดาวน์โหลดได้ที่ http://bit.ly/VLC-kit-lib-manual

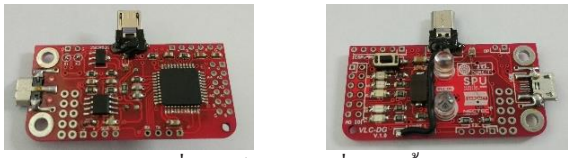
การเข้ารหัสสัญญาณการสื่อสารทางแสงแบบไร้สายเป็นไปตามโปรโตคอลของมาตรฐาน CP1223 ที่ว่าด้วยมาตรฐานการส่งรหัสระบุตัวตนหรือข้อมูลสำหรับอุปกรณ์ด้านมัลติมีเดียด้วยแสงที่มองเห็น ซึ่งมาตรฐานระบบนี้มีรูปแบบการสื่อสารทิศทางเดียวผ่านตัวกลางแสงที่มองเห็น การกำหนดโปรโตคอลตามมาตรฐาน CP1223 มีการกำหนดสองชั้นคือชั้นฟิสิกคอล (Physical layer) และชั้นเฟรม (Frame Layer) ที่ความเร็วในการสื่อสาร 4.8 kbps และใช้เทคนิคการมอดูเลตแบบอินเวิร์ต 4 ตำแหน่งพัลส์ (Inverted 4 Pulse Position Modulation, I-4PPM) รูปแบบเฟรมข้อมูลมีครงสร้างประกอบด้วย 1) ส่วนเริ่มต้นเฟรมที่มีข้อมูลสองส่วนคือส่วนเริ่ม (preamble, PRE) จำนวน 6 บิต และประเภทของเฟรม (frame type, FTYPE) จำนวน 8 บิต เพื่อระบุชนิดของข้อมูลในเพย์โหลด 2) ส่วนเพย์โหลด จำนวน 128 บิตสามารถบรรจุรหัสระบุตัวตนหรือข้อมูลตามชนิดที่ระบุไว้ในประเภทของเฟรม และ 3) ส่วนจบเฟรม จำนวน 16 บิต ที่มีการส่งรหัสตรวจสอบบิตผิดพลาด โดยใช้อนุกรม CRC-16 ซึ่งสร้างจากโพลิโนเมียลกำเนิด (Generator polynomial) {x16 + x15 + x2 + 1} [2]

อีกส่วนสำคัญของการพัฒนาวงจรเข้ารหัสคือการกำหนดรหัสระบุตัวตน (Identification Code) สำหรับป้อนเข้าสู่วงจรเข้ารหัสในส่วนของเพย์โหลด (Payload) ที่มีความยาว 128 บิต ซึ่งการสร้างรหัสระบุตัวตนนี้ทำโดยการโปรแกรมรหัสแบบสุ่ม โดยกำหนดรูปแบบให้มีเลขฐานสองเป็นค่า ‘0’ จำนวน 80 บิต และตามด้วยรหัสแบบสุ่มที่สร้างขึ้นมาจำนวน 48 บิต ข้อมูลรหัสระบุตัวตนที่สร้างขึ้นมาจากเลขฐานสองถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบตัวเลขฐาน 16 เพื่อให้สามารถอ่านและตรวจทานได้ง่ายเมื่อนำไปใช้ โดยจะถูกพิมพ์ลงบนสติ๊กเกอร์เพื่อแปะบนโคมไฟ และเอกสารบัตรบันทึกค่าระบุรหัส VLC Id. เพื่อการนำข้อมูลเข้าฐานข้อมูลพิพิธภัณฑ์ และเพื่อการติดตั้งโคมไฟส่องสว่าง ดังแสดงในรูปที่ 3 บนสติ๊กเกอร์ที่พิมพ์ออกมานั้นนอกจากจะมีรหัสระบุตัวตนในรูปแบบเลขฐาน 16 แล้ว ยังพิมพ์ในรูปแบบบาร์โค้ดเพื่อให้ง่ายในการนำไปใช้งานตอนติดตั้งและโปรแกรมด้วย ในส่วนค่าตัวเลข ‘0’ จำนวน 80 บิต จะใช้สัญลักษณ์ ‘:’ หนึ่งตัวแทนเลข ‘0’ ฐาน 16 จำนวน 4 ตัวในสติ๊กเกอร์

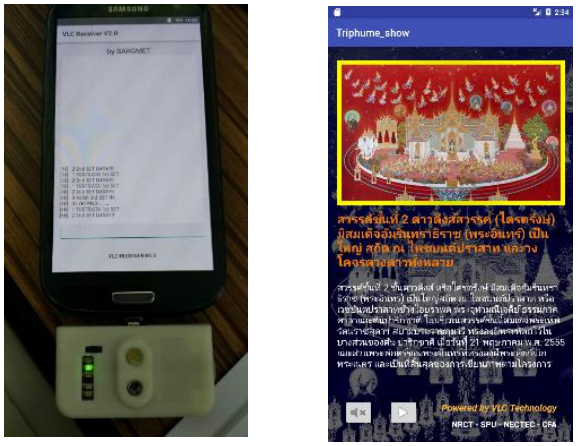
รูปที่ 3 ตัวอย่างเอกสารบัตรบันทึกค่าระบุรหัส VLC Id.

2.2 การออกแบบและพัฒนาวงจรฝั่งรับ

วงจรฝั่งรับของการสื่อสารทางแสงแบบไร้สายมีลักษณะคล้ายกันกับวงจรฝั่งส่ง มีส่วนประกอบสองส่วนเช่นกันคือ ส่วนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และส่วนโปรแกรมควบคุม โดยในการออกแบบมีการคำนึงถึงความง่ายในการใช้งานและสามารถทำการถอดรหัสมาตรฐาน CP1223 ได้ ในส่วนฮาร์แวร์ ได้เลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega32U4 เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ควบคุมการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในส่วนของโปรแกรมควบคุม ได้ทำการเขียนโปรแกรมให้สอดคล้องกับ Arduino ที่มีความง่ายในการใช้งานและเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับโปรแกรมฝั่งส่งสัญญาณ บอร์ดวงจรรับที่สร้างขึ้นและลงอุปกรณ์พร้อมใช้งาน แสดงดังรูปที่ 4 โดยการออกแบบสามารถเชื่อมต่อบอร์ดวงจรรับที่พัฒนาขึ้นนี้เข้ากับอุปกรณ์สมาร์ทโฟนเพื่อแสดงผลและควบคุมการทำงานของบอร์ดนี้ผ่านทางโปรแกรมแอนดรอยด์ที่พัฒนาขึ้นให้ติดตั้งบนสมาร์ทโฟน ในรูปที่ 5 แสดงถึงบอร์ดวงจรรับที่ประกอบลงในเคสพลาสติกสำหรับเตรียมพร้อมใช้



รูปที่ 4 บอร์ดวงจรรับที่พัฒนาขึ้น



(ก) (ข)

รูปที่ 5 (ก) หน้าจอโปรแกรมแอนดรอยด์ที่พัฒนาขึ้นอย่างง่ายในการรับข้อมูลจากบอร์ดวงจรรับเข้าสู่สมาร์ทโฟน และ (ข) หน้าจอตัวอย่างโปรแกรมการแสดงผลบนสมาร์ทโฟนแอนดรอยด์ที่ออกแบบขึ้น

3. การทดสอบการใช้งานเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ

3.1 การทดสอบการรับส่งข้อมูล

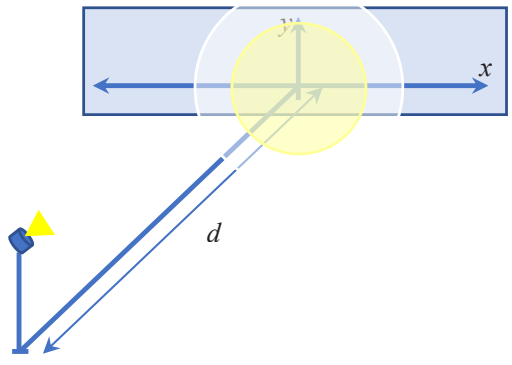
ทำการทดสอบการเข้ารหัสสัญญาณและควบคุมการเปิดปิดแหล่งกำเนิดแสงเพื่อกำเนิดสัญญาณตามมาตรฐาน CP1223 และทำการวัดสัญญาณหลังการเข้ารหัส ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยการทดสอบในเบื้องต้นโคมไฟรางจาก Maxblue ขนาด 20 W มีระยะการสื่อสารได้มากกว่า 40 เมตร ในการสื่อสารภายในอาคาร

รูปที่ 6 สัญญาณรหัส VLC Id. หลังการเข้ารหัส

3.2 การทดสอบระยะห่างและมุมที่เหมาะสมในการรับสัญญาณ

จากการทดสอบระยะการรับส่งข้อมูลของโคมไฟรางจาก Maxblue ขนาด 20 W มุมการกระจายแสง 38 องศา มีระยะการสื่อสารได้มากกว่า 40 เมตร ในการสื่อสารภายในอาคาร ระยะห่างดังกล่าวมากเพียงพอที่จะนำมาใช้ในระบบพิพิธภัณฑ์อัจฉริยะของโครงการที่มีระยะห่างจากโคมไฟส่องสว่างชิ้นงานศิลปะในระยะ 2 – 8 เมตรเท่านั้น โดยในการประเมินเบื้องต้นจากภาพจิตรกรรมโดยทั่วไปของหอศิลป วิทยาลัยช่างศิลป และพิพิธภัณฑ์ที่ได้เข้าสำรวจ งานจิตรกรรมส่วนใหญ่มีขนาดความกว้างน้อยกว่าสองเมตร การทดสอบหาระยะห่างและมุมที่เหมาะสมในการรับแสงจึงพิจารณาทำการทดสอบในเงื่อนไขดังกล่าวนี้

ในการรับส่งสัญญาณ นอกจากมุมการกระจายแสงของแหล่งกำเนิดแสงที่มีผลต่อการรับแล้ว มุมการรับแสงของอุปกรณ์โฟโต้ไดโอดก็เป็นปัจจัยหลักด้วย ในโครงการนี้เลือกใช้โฟโต้ไดโอดของ OSRAM รุ่น SFH213 ที่มีมุมการรับแสง 10 องศา ซึ่งมุมการวางอุปกรณ์ตัวรับต่ออุปกรณ์ตัวส่งจะมีผลต่อการรับสัญญาณ และเป็นข้อดีของการนำมาใช้กับระบบพิพิธภัณฑ์อัจฉริยะด้วย เนื่องจากระบบการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นของพิพิธภัณฑ์อัจฉริยะเป็นการให้ข้อมูลรหัสระบุตัวตนเฉพาะของแต่ละงานศิลปะที่ถูกส่งออกมาพร้อมกับการส่องสว่างที่ฉายเน้นไปยังงานนั้นๆ ดังนั้นมุมในการรับแสงที่แคบจะทำให้การรบกวนกันของข้อมูลแสงจากแหล่งกำเนิดอื่นๆข้างเคียงมีผลกระทบน้อยลงด้วยเช่นกัน ในการทดสอบทำการปิดแหล่งกำเนิดแสงอื่นๆมีเพียงแสงจากภายนอกเล็กน้อยซึ่งมีค่าแสงพื้นหลัง (ambient light) อยู่ที่ 3 lux การทดสอบเริ่มต้นด้วยการติดตั้งโคมไฟรางในระยะห่าง (d) ต่างๆของการทดสอบโดยให้ฉายแสงไปยังตำแหน่ง x = 0 และ y = 0 ดังรูปที่ 7 ซึ่งจากลักษณะของการกระจายแสงของโคมไฟรางที่ให้แสงสมมาตร ความเข้มแสงที่ตำแหน่งทั้งสามคือ (x = 1.0, y = 0) เมตร, (x = -1.0, y = 0) เมตร และ (x = 0, y = 1.0) เมตร จึงมีค่าที่ใกล้เคียงกัน ผลการทดสอบการกระจายความเข้มแสงของโคมไฟราง Maxblue ขนาด 20 W แสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 7 รูปแบบทดสอบการกระจายแสงของโคมไฟรางMaxblue

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการกระจายแสงของโคมไฟราง Maxblue

ระยะห่าง, d (เมตร)	ระยะห่างในแนวแกน x (เมตร)		
	0	0.5	1.0
2.5	662 lux	430 lux	121 lux
3.0	460 lux	354 lux	142 lux
3.5	347 lux	291 lux	147 lux
4.0	279 lux	241 lux	146 lux
5.0	177 lux	163 lux	119 lux

อีกส่วนหนึ่งของการทดสอบร่วมกับการทดสอบการกระจายแสงของโคมไฟคือการทดสอบการรับสัญญาณ ซึ่งการทดสอบทุกตำแหน่งในตารางที่ 1 วงจรรับสามารถรับสัญญาณที่สื่อสารออกมาทางแสงได้ถูกต้องทุกตำแหน่ง โดยการวางอุปกรณ์ตัวรับนั้น ทำการวางในลักษณะมุมการรับขนานกับมุมการส่ง และทำการทดสอบตำแหน่งที่สามารถรับสัญญาณได้ห่างจากแกน x มากที่สุดที่ระยะห่างของแหล่งกำเนิด d เท่ากับ 5 เมตรเมื่อทำการวางมุมการรับและมุมการส่งขนานกันคือ ระยะ (x = 1.75, y = 0) เมตร ที่ความเข้มแสง 50 lux และหากทำการหันมุมการรับของวงจรรับไปยังแหล่งกำเนิดแสง ตำแหน่งที่สามารถรับสัญญาณได้ห่างจากแกน x มากที่สุดที่ระยะห่างของแหล่งกำเนิด d เท่ากับ 5 เมตร คือ ระยะ (x = 3.2, y = 0) เมตร ที่ความเข้มแสง 10 lux ซึ่งจากค่าการทดสอบดังกล่าวสามารถคำนวนณมุมการส่งสัญญาณคือ หากมุมการรับและมุมการส่งขนานจะมีมุมการส่งสัญญาณ 19.29 องศา แต่หากหันมุมการรับของวงจรรับไปยังแหล่งกำเนิดแสงจะมีมุมการส่งสัญญาณ 32.62 องศา

4. การเตรียมการใช้งานในสถานที่จริง

ในส่วนการใช้งานในสถานที่จริง ได้รับการสนับสนุนสถานที่สำหรับการติดตั้งเพื่อทดสอบระบบที่วิทยาลัยช่างศิลป สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ กระทรวงวัฒนธรรม ตั้งอยู่ที่เขตลาดกระบัง ทำการปรับปรุงบริเวณห้องแสดงนิทรรศการให้เป็นส่วนแสดงภาพจำลองจิตรกรรมไตรภูมิกถา สมัยรัชกาลที่ 9 [3] ที่ทางวิทยาลัยช่างศิลปเป็นหน่วยงานหลักของประเทศไทยในการเก็บรักษางานศิลปะชิ้นนี้ ข้อมูลภาพจะถูกถ่ายทอดผ่านอุปกรณ์แสดงผลอิเล็กทรอนิกส์ที่แสดงผลโดยอัตโนมัติเมื่อได้รับแสงสว่างจากโคมไฟส่องภาพแต่ละภาพ ข้อมูลดังกล่าวจะถูกแสดงผลที่แตกต่างกัน เมื่ออยู่ในบริเวณที่แสดงภาพแต่ละภาพ การทดสอบที่หอศิลป แสดงในรูปที่ 8 นอกจากนี้ในภาพรวมและรายละเอียดของโครงการจะนำเสนอผ่านแผ่นป้ายแนะนำโครงการขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่ด้านหน้า พื้นที่หอศิลป วิทยาลัยช่างศิลปดังแสดงในรูปที่ 9 จากการติดตั้งภาพจำลองไตรภูมิกถา จำนวน 11 ภาพ ภายในห้องแสดงนิทรรศการ

รูปที่ 8 การทดสอบที่หอศิลป

รูปที่ 9 รายละเอียดของโครงการ

5. สรุป

การนำเทคโนโลยีการสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นเพื่อประยุกต์ใช้ในการนำเสนอข้อมูลงานศิลปะในพื้นที่จัดแสดงของพิพิธภัณฑ์สามารถทำให้มีความกลมกลืนกับการส่องสว่างงานศิลปะเดิมได้ แสงสว่างที่ฉายมีค่าการส่องสว่างเหมือนกันในทุกๆ โคมไม่สามารถแยกได้ว่าโคมไฟที่ส่องสว่างมามีข้อมูลส่งมาหรือไม่ หรือมีข้อมูลแตกต่างกันอย่างไร ในส่วนวงจรรับสามารถถอดรหัสข้อมูลการสื่อสารที่แฝงมากับแสงสว่างเชื่อมต่อกับสมาร์ทโฟนเพื่อแสดงข้อมูลงานศิลปะบนสมาร์ทโฟนในรูปแบบของข้อความ รูปภาพ เสียง หรือวิดีทัศน์ได้ ระบบนี้ถูกติดตั้งจริงที่ห้องจัดแสดงหอศิลป วิทยาลัยช่างศิลป สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ กระทรวงวัฒนธรรม

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้ได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปี พ.ศ. 2559 จากโครงการระบบสื่อสารจากไฟส่องวัตถุในพื้นที่จัดแสดงสำหรับพิพิธภัณฑ์อัจฉริยะ

เอกสารอ้างอิง

[1] JEITA, JEITA visible light communication standards, URL: http://www.jeita.or.jp/cgi-bin/standard_e/list.cgi?ateid=1&subcateid=50. [Accessed 26/6/2015]

[2] Petch Nantivatana, Kata Jaruwongrungsee, Termpong Srited, Piya Kovintavewat, and Preecha Kocharoen, “Visible Light Communication Development Kits Complianted to CP1223 Standard,” The 31st International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2016), 10 – 13 July 2016, Okinawa Pref. Municipal Center, Okinawa, Japan, pp.69 – 72.

[3] สนั่น รัตนะ, “จิตรกรรมไตรภูมิ สมัยรัชกาลที่ 9,” วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี ฉบับที่ 8(2), หน้า 35-50, 2559.