

ระบบสื่อสารด้วยเสียงผ่านแสงเลเซอร์ที่สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานได้พร้อมกันโดยใช้แผงโซลาร์เซลล์

Laser-Based Audio Communication System with Simultaneous Energy Harvesting Using Solar Panels

เอกทัศน์ พุกสุวรรณ¹ ระพีพันธ์ วราภีระ¹ ปุณยสิริ บุญแข็ง¹ และ กฤษดา ยิ่งขยัน^{1*}

¹สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี eakmutl@rmutl.ac.th rapin56_1@rmutl.ac.th
p_boonpeng@rmutl.ac.th krisda@rmutl.ac.th*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบสื่อสารด้วยเสียงแบบไร้สายและเจาะจงทิศทางที่สามารถสร้างได้ง่าย ลดความซับซ้อน ราคาประหยัด โดยใช้แสงเลเซอร์ที่มองเห็นได้เป็นพาหะในการส่งสัญญาณเสียงผ่านอากาศ (VLC) และใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็นตัวรับสัญญาณที่สามารถทำหน้าที่ได้สองอย่างพร้อมกันคือการรับสัญญาณสื่อสาร และการเก็บเกี่ยวพลังงานแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อนำไปใช้กับวงจรส่วนภาครับ งานวิจัยนี้ใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์ (Super Capacitor) มาเก็บพลังงานไฟฟ้าเนื่องจากมีความปลอดภัยสูง ราคาประหยัด ชาร์จประจุได้เร็ว มีช่วงอุณหภูมิใช้งานกว้าง อายุการใช้งานยาวนาน การดูแลรักษาต่ำ ในส่วนระบบสื่อสารเลเซอร์สัญญาณเสียงจะมอดูเลตแล้วส่งให้กับเลเซอร์ไดโอด จากนั้นแสงเลเซอร์ส่งผ่านอากาศไปยังด้านรับที่ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ที่ด้านเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์จะมีสัญญาณเสียงปนมากับไฟฟ้ากระแสตรง สัญญาณนี้จะผ่านกระบวนการดีมอดูเลตเพื่อแยกสัญญาณเสียงออกจากไฟฟ้ากระแสตรงหลังจากนั้นจะนำสัญญาณเสียงที่แยกได้ส่งไปยังภาคขยายสัญญาณเสียงและส่งออกไปยังลำโพงทำให้ได้ยินเสียงเหมือนกับที่ส่งมาจากต้นทาง งานวิจัยนี้ใช้เลเซอร์ไดโอดขนาด 5 mW พบว่าระยะ 25 เมตรเป็นระยะที่ภาครับยังสามารถดีมอดูเลตสัญญาณเสียงไม่ผิดเพี้ยน ระบบเก็บเกี่ยวกำลังงานมีระยะเวลา 19 นาทีที่สามารถจ่ายไฟให้ระบบภาครับเมื่อไม่มีแสงสว่างตกกระทบแผงโซลาร์เซลล์ และเมื่อมีแสงสว่างระบบก็จะทำงานพร้อมกับชาร์จประจุให้กับซูเปอร์คาปาซิเตอร์จนเต็มใช้เวลาเท่ากับ 3 นาที 30 วินาที และจากการใช้แสงเลเซอร์เป็นสื่อกลางแทนคลื่นวิทยุจึงลดการรบกวนจากคลื่นสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และสามารถนำไปใช้ในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดเรื่องคลื่นวิทยุได้ เช่น ในโรงพยาบาล

คำสำคัญ: มอดูเลต, แสงเลเซอร์, การเก็บเกี่ยวพลังงาน, ซูเปอร์คาปาซิเตอร์

Abstract

This research presents a wireless and directional audio communication system that is simple to construct, less complex, and cost-effective. The system utilizes visible laser light as a carrier for transmitting audio signals through air (VLC) and employs solar panels as receivers that can simultaneously

perform dual functions: receiving communication signals and harvesting light energy as electrical signals for the receiver circuit. This research uses super capacitors for electrical energy storage due to their high safety, cost-effectiveness, rapid charging capability, wide operating temperature range, long lifespan, and low maintenance requirements. In the laser audio communication system, audio signals are modulated and transmitted to a laser diode. The laser light then travels through air to the receiving end equipped with solar panels. At the output of the solar panels, audio signals are mixed with direct current. This signal undergoes demodulation to separate the audio signals from the direct current. Subsequently, the extracted audio signals are sent to an audio amplifier and then to a speaker, reproducing the sound identical to that transmitted from the source. This research employs a 5 mW laser diode and found that at a distance of 25 meters, the receiver can still demodulate audio signals without distortion. The energy harvesting system provides 19 minutes of power supply to the receiver system when no light illuminates the solar panels. When illuminated, the system operates while simultaneously charging the super capacitor to full capacity in 3 minutes and 30 seconds. By using laser light as a medium instead of radio waves, electromagnetic field interference is reduced, and the system can be deployed in areas with radio wave restrictions, such as hospitals.

Keywords: modulation, laser light, energy harvesting, super capacitor

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ความต้องการระบบสื่อสารไร้สายมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองการใช้งานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่หลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่ ระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรม หรือระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ระบบสื่อสารไร้สายส่วนใหญ่ในปัจจุบันใช้คลื่นวิทยุ (RF) เป็นสื่อกลางในการส่งข้อมูล

อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีนี้มีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การรบกวนทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ที่มีความไวสูง และข้อจำกัดในการใช้งานในพื้นที่ที่มีข้อห้ามหรือข้อควบคุมเกี่ยวกับการใช้คลื่นวิทยุ เช่น ห้องผ่าตัดในโรงพยาบาล ห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ หรือบริเวณที่มีอุปกรณ์ทางการแพทย์สำคัญ นอกจากนี้ ระบบไร้สายยังต้องการแหล่งจ่ายพลังงานที่มีความต่อเนื่อง ซึ่งเป็นอีกปัจจัยสำคัญด้านความยั่งยืนและต้นทุนในระยะยาว

เพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว มีการเสนอการใช้แสงเป็นพาหะสำหรับการสื่อสารไร้สาย ซึ่งหนึ่งในแนวทางที่ได้รับความนิยมคือเทคโนโลยี Visible Light Communication (VLC) โดยใช้แสงในช่วงความยาวคลื่นที่มองเห็นได้ใน การส่งข้อมูล ข้อดีของระบบ VLC คือไม่ก่อให้เกิด EMI มีความปลอดภัยต่อสุขภาพมนุษย์ และสามารถนำไปใช้งานในพื้นที่ที่จำกัดการใช้คลื่นวิทยุได้ [1] โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเลือกใช้ เลเซอร์ เป็นแหล่งกำเนิดแสงในระบบ VLC จะได้ลำแสงที่มีความเข้มสูงและทิศทางคงที่ ช่วยให้สามารถส่งข้อมูลได้ไกลและแม่นยำมากยิ่งขึ้น [6], [7]

อีกแนวโน้มสำคัญของเทคโนโลยีสื่อสารด้วยแสง คือการบูรณาการการส่งข้อมูลและการเก็บเกี่ยวพลังงานจากแสงในระบบเดียวกัน ซึ่งเรียกว่า Simultaneous Lightwave Information and Power Transfer (SLIPT) แนวคิดนี้ได้รับความนิยมในระบบ IoT และอุปกรณ์ไร้สายพลังงานต่ำ ซึ่งสามารถรับข้อมูลจากลำแสงขณะเดียวกันกับแปลงพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาใช้กับวงจรรับ [1], [2] โดยมีรายงานวาระระบบที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ร่วมกับการรับสัญญาณแสงเลเซอร์สามารถทำงานแบบสองหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ [3], [4] ทำให้ไม่ต้องพึ่งพาแบตเตอรี่หรือการชาร์จไฟภายนอกในบางกรณี

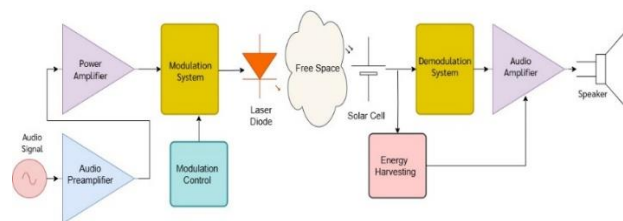
ในขณะเดียวกัน ความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีอวกาศและการสื่อสารความเร็วสูงยังได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของระบบ Laser-based Optical Wireless Communication ในบริบทระดับสูง เช่น การส่งข้อมูลระหว่างดาวเทียม การสื่อสารระหว่างสถานภาคพื้นดินกับยานอวกาศ และระบบดาวเทียมระดับต่ำ [5], [6] รวมถึงการใช้เทคนิค Intelligent Reflecting Surfaces (IRS) เพื่อควบคุมการสะท้อนของแสงเลเซอร์ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเชื่อมต่อไร้สายและลดจุดอับสัญญาณ [8]

จากพื้นฐานดังกล่าว งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสื่อสารด้วยแสงแบบไร้สาย โดยใช้แสงเลเซอร์ที่มองเห็นได้เป็นพาหะข้อมูล ร่วมกับการใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็นตัวรับสัญญาณที่สามารถทำหน้าที่ทั้ง รับข้อมูลเสียง และ เก็บพลังงานแสง ได้ในเวลาเดียวกัน ระบบจะสามารถมอดูเลตสัญญาณเสียงผ่านแสงเลเซอร์ ส่งผ่านอากาศ และดีมอดูเลตด้วยวงจรรับที่ใช้พลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งเก็บไว้ในซูเปอร์คาปาซิเตอร์ ระบบต้นแบบจะถูกทดสอบในด้านระยะทางการส่งข้อมูลและคุณภาพเสียง เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ไม่สามารถใช้คลื่นวิทยุได้อย่างปลอดภัยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสื่อสารด้วยแสงแบบไร้สายที่ใช้แสงเลเซอร์ที่มองเห็นได้เป็นพาหะ โดยมีนวัตกรรมสำคัญคือการใช้แผงโซลาร์เซลล์เป็น

ตัวรับสัญญาณที่สามารถทำหน้าที่สองอย่างพร้อมกันได้แก่ การรับสัญญาณสื่อสารและการเก็บเกี่ยวพลังงานแสง ระบบที่พัฒนาขึ้นจะสามารถมอดูเลตสัญญาณเสียงกับแสงเลเซอร์ ส่งผ่านอากาศ และดีมอดูเลตที่ด้านรับเพื่อให้ได้สัญญาณเสียงที่มีคุณภาพ พร้อมทั้งเก็บพลังงานที่ได้รับไว้ในซูเปอร์คาปาซิเตอร์สำหรับนำไปช่วยจ่ายไฟให้กับวงจรภาครับต่อไป การวิจัยนี้จะทดสอบประสิทธิภาพของระบบในด้านระยะทางการส่งสัญญาณและคุณภาพของเสียงที่ได้รับ เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงในพื้นที่ที่มีข้อจำกัดด้านการใช้คลื่นวิทยุ

2. การออกแบบและการสร้างระบบสื่อสารด้วยเสียงผ่านแสงเลเซอร์

2.1 หลักการทำงานของระบบ



รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบสื่อสารด้วยเสียงผ่านแสงเลเซอร์ที่สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานแสงสว่างรอบระบบรับและจากแสงเลเซอร์นำไปเลี้ยงส่วนวงจรภาครับ

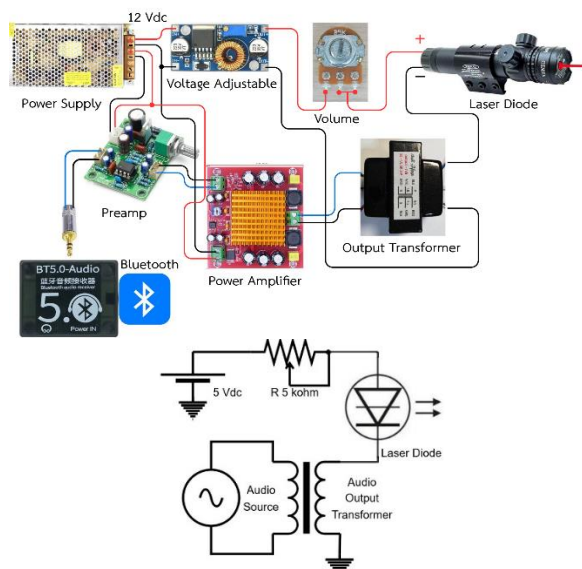
พิจารณาตามรูปที่ 1 งานวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบระบบสื่อสารไร้สายจำนวนสองส่วนคือส่วนส่งสัญญาณและส่วนรับสัญญาณ โดยภาคส่งใช้แสงเลเซอร์เป็นพาหะนำคลื่นเสียงผ่านอากาศไปยังด้านรับที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ทำหน้าที่รับสัญญาณเลเซอร์ที่มีเสียงผสมมาด้วยขณะเดียวกันก็รับสัญญาณแสงรอบ ๆ เพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าเลี้ยงวงจรภาครับสัญญาณ ซึ่งงานวิจัยจะเน้นใช้อุปกรณ์ราคาประหยัด สามารถทำง่าย ระบบไม่ซับซ้อน และสร้างใช้งานได้อย่างรวดเร็ว

ภาคส่งสัญญาณ สัญญาณเสียงอาจมาจากไมโครโฟน หรือบลูทูธ นำเข้าสู่ภาคอডিโอพรีแอมพลิฟายเออร์ (Audio Preamplifier) เพื่อปรับความแรงสัญญาณเสียงให้มีขนาดเหมาะสมก่อนเข้าไปขยายให้แรงขึ้น เพียงพอต่อการทำขบวนการมอดูเลต (Modulation) ภาคควบคุมการมอดูเลต (Modulation Control) จะทำหน้าที่ปรับความแรงของการมอดูเลตให้เหมาะสมก่อนส่งผ่านไปที่หลอดเลเซอร์ไดโอด

ช่องทางการส่ง (Transmission Channel) เป็นอากาศว่าง (Free Space) ที่ลำแสงเลเซอร์เดินทางผ่าน ซึ่งอาจได้รับผลกระทบจากสภาพอากาศ ฝุ่นละออง หรือการสั่นไหวของอากาศ ส่งผลต่อคุณภาพการรับสัญญาณ ภาครับสัญญาณ แผงโซลาร์เซลล์ของงานวิจัยนี้ทำหน้าที่สองอย่างคือเป็นตัวรับแสงเลเซอร์และเปลี่ยนพลังงานแสงรอบ ๆ ระบบรับเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งต่อไปภาคเก็บเกี่ยวพลังงาน (Energy Harvesting) งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์เพื่อเก็บกักพลังงานจ่ายให้กับวงจรส่วนภาครับ ในขณะเดียวกันสัญญาณเสียงจะถูกแยกออกจากไฟฟ้ากระแส

ตรงที่ภาคดีมอดูเลต (Demodulation) และถูกส่งให้ภาคขยายสัญญาณเสียงต่อไป

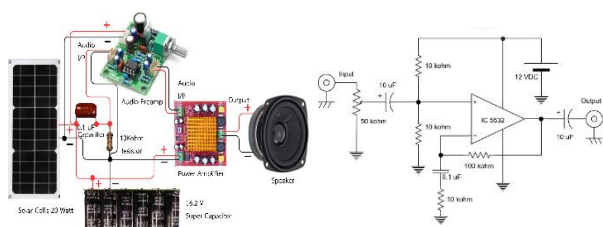
2.2 การออกแบบระบบภาคส่ง



รูปที่ 2 โดอะแกรมการต่อระบบภาคส่งและวงจรการมอดูเลตทางแอมพลิจูด

ภาคส่งสัญญาณของงานวิจัยได้ประยุกต์ใช้วงจรปริแอมป์ย่านความถี่เสียงทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากเครื่องรับสัญญาณบลูทูธให้มีขนาดที่เหมาะสมเพื่อส่งให้วงจรขยายกำลังสัญญาณเสียงที่มีความแรงเพียงพอในขบวนการมอดูเลต โดยสัญญาณเสียงจะส่งไปที่ออดิโอเอาต์พุตทรานส์ฟอร์มเมอร์ (Audio Output Transformer) ด้านขดปฐมภูมิ (Primary Coil) และถูกเหนี่ยวนำข้ามไปรวมกับไฟกระแสตรงที่ไหลผ่านขดทุติยภูมิ (Secondary Coil) ดังนั้นจึงทำให้ความสว่างของลำแสงเลเซอร์เปลี่ยนแปลงตามสัญญาณเสียง เกิดการมอดูเลตทางแอมพลิจูด (Amplitude Modulation) ของแสงเลเซอร์ ซึ่งในส่วนไฟกระแสตรงงานวิจัยใช้บัคคอนเวอร์เตอร์ (Buck Converter) ร่วมกับความต้านทานปรับค่าได้เพื่อควบคุมแรงดันที่ตกคร่อมเลเซอร์อย่างเหมาะสม

2.3 การออกแบบระบบภาครับ



รูปที่ 3 โดอะแกรมการต่อระบบภาครับและวงจรภาคปริแอมป์

การทำงานของวงจรภาครับเริ่มขึ้นเมื่อแสงเลเซอร์ที่ผ่านขบวนการมอดูเลตทางแอมพลิจูดตกกระทบบที่แผงโซลาร์เซลล์ซึ่งทำหน้าที่เป็นโฟโตดีเทกเตอร์ (Photodetector) จะมีกระแสไฟฟ้าสลับ (AC) สัญญาณเสียงเท่านั้น

ที่ผ่านตัวเก็บประจุได้ ไฟฟ้ากระแสตรงจากแผงโซลาร์เซลล์จะไม่สามารถผ่านเข้าสู่วงจรขยายเสียง ทำให้วงจรขยายเสียงได้รับเฉพาะสัญญาณเสียงที่เป็นไฟฟ้ากระแสสลับเท่านั้น ขณะเดียวกันงานวิจัยได้ต่อความต้านทานไปยังขั้วลบของระบบทำให้เกิดเป็นวงจรกรองความถี่สูงผ่านชนิดอาซี (RC Filter) เพื่อไม่ให้เสียงรบกวนความถี่ต่ำ (Low-frequency Noise) ผ่านไปที่ภาคขยายเสียงก่อให้เกิดความรำคาญ การคำนวณค่าความถี่สูงผ่านพิจารณาจากสมการที่ 1

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1)$$

โดยที่

f_c คือค่าความถี่คัทออฟของวงจรกรองแบบ RC

R คือค่าความต้านทานในวงจรกรองแบบ RC

C คือค่าตัวเก็บประจุที่ใช้ในวงจรกรองแบบ RC

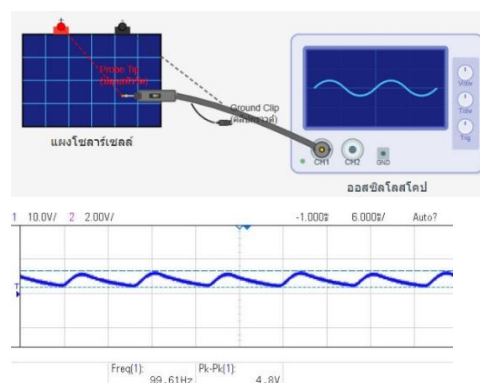
เมื่อแทนค่า R เท่ากับ 10 k Ω และแทนค่า C เท่ากับ 0.1 μF ลงในสมการที่ 1 จะได้ค่า $f_c = 159.15$ Hz ซึ่งค่าความถี่คัทออฟนี้สามารถหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวน(เสียงฮัม)ที่เกิดจากระบบแสงสว่างในอาคารหรือกลางแจ้งได้ นอกจากนี้งานวิจัยใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์ (Super Capacitor) มาเก็บประจุไฟกระแสตรงที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ใช้เป็นระบบสำรองไฟให้กับวงจรภาครับ

3. ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้แบ่งการนำเสนอการทดลองสองอย่างคือระบบสื่อสารด้วยเสียงผ่านแสงเลเซอร์ และส่วนการเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์อย่างง่ายโดยการชาร์จประจุให้กับซูเปอร์คาปาซิเตอร์ (Super Capacitor) ขนาด 16.2 Vdc

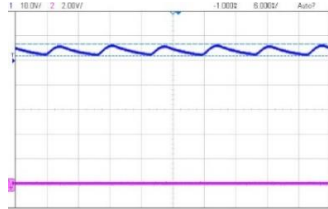
3.1 ผลการทดลองส่วนระบบสื่อสารด้วยเสียงผ่านแสงเลเซอร์

งานวิจัยมีการนำแผงโซลาร์เซลล์มารับแสงในอาคารที่มีระบบแสงสว่างพบว่าแรงดันไฟกระแสตรงมีการกระเพื่อม (Ripple)



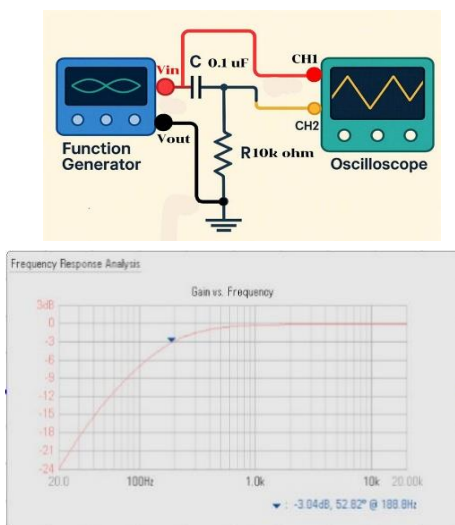
รูปที่ 4 การใช้สโคปตรวจสอบการกระเพื่อมของแรงดันเมื่อแผงโซลาร์เซลล์รับแสงสว่างภายในอาคาร

เมื่อนำแผงโซลาร์เซลล์มาต่อกับวงจรกรองความถี่ RC พบว่าสัญญาณ Ripple ที่ขึ้นมากับไฟกระแสตรงหายไปดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 เปรียบเทียบผลวัดไฟกระแสตรงจากแผงโซลาร์เซลล์ก่อนและหลังใส่วงจรกรอง

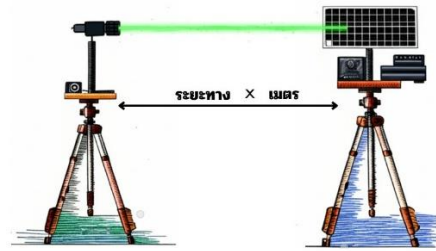
พิจารณารูปที่ 5 เมื่อต่อวงจรกรอง RC ที่ขั้วเอาต์พุตของแผงโซลาร์เซลล์พบว่าสัญญาณ Ripple หายไป ดังนั้นจะมีสัญญาณไฟ AC ที่เกิดเสียงที่มอดูเลตตามกับเลเซอร์เท่านั้นที่ผ่านไปสู่วงจรขยายได้ โดยเสียงที่มอดูเลตกับเลเซอร์มีความถี่สูงกว่า 159.15 Hz ตามการคำนวณ แต่ผลวัดจริงพิจารณาได้จากรูปที่ 6



รูปที่ 6 การวัดค่าตอบสนองเชิงความถี่ของวงจรกรองความถี่สูง RC

พิจารณารูปที่ 6 ผลวัดจริงพบว่าค่าความถี่คutoff ของวงจรกรอง มีค่าเท่ากับ 188.8 Hz ผิดพลาดจากผลคำนวณ 29.65 Hz อาจเนื่องมาจากคุณภาพของอุปกรณ์ C และ R ที่ใช้แต่อย่างไรก็ตามผลดังกล่าวนี้ยังคงสามารถหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวน(เสียงฮัม)ที่เกิดจากระบบแสงสว่างในอาคารและนอกอาคารได้

งานวิจัยนำโดะแกรมรูปที่ 2 และ 3 มาทำการทดสอบการสื่อสารด้วยเสียงผ่านแสงเลเซอร์ดังรูปที่ 7

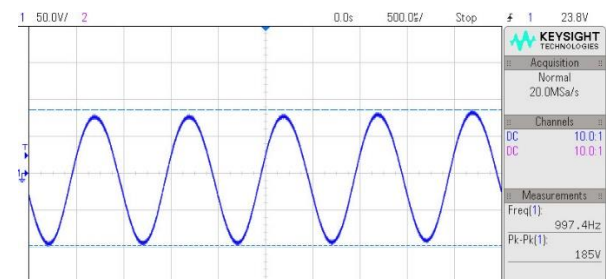


รูปที่ 7 การทดลองการส่งและรับสัญญาณเสียงที่มอดูเลตกับแสงเลเซอร์

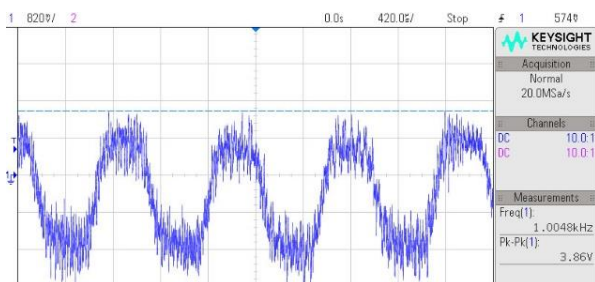
การทดลองจะมอดูเลตสัญญาณรูปไซน์ความถี่ 1 KHz เข้ากับแสงเลเซอร์ จากรูปตัวแปร X คือระยะทางระหว่างชุดส่งและชุดรับสัญญาณ โดยเลเซอร์ไดโอดที่ใช้ทดลองมีขนาด 5 mW และปรับให้ด้านรับมีกำลังขยายสูงสุดโดยที่สัญญาณไม่ผิดเพี้ยน ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองส่งและรับเสียง 1 KHz ผ่านแสงเลเซอร์

ระยะที่ทดลอง	สัญญาณเสียงที่เอาต์พุตภาครับ (ขยายแล้วไม่ผิดเพี้ยน)(no load)	ลักษณะเสียงที่ได้ยินและค่าความดังของเสียง (dB)
1 เมตร	185 Vp-p	ชัดเจน (60.0 dB)
3 เมตร	165 Vp-p	ชัดเจน (59.0 dB)
5 เมตร	127 Vp-p	ชัดเจน (56.7 dB)
25 เมตร	115 Vp-p	ชัดเจน (55.9 dB)
35 เมตร	3.86 Vp-p	ความชัดเจนน้อย (26.4 dB)



ที่ระยะ 1 เมตร สัญญาณเสียงชัดเจน



ที่ระยะ 35 เมตร เสียงเบา ความชัดเจนน้อย

รูปที่ 8 สัญญาณที่มอดูเลตแล้วนำไปขยายเพื่อฟังเสียง ระยะ 1 เมตร กับ 35 เมตร

จากการทดลองพบว่าสภาพแสงโดยรอบและการสั่นไหวของอากาศส่งผลต่อคุณภาพสัญญาณสามารถแก้ไขได้โดยเพิ่มกำลังของแสงเลเซอร์

3.2 ผลการทดลองส่วนการเก็บเกี่ยวพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์อย่างง่าย

งานวิจัยทดลองใช้ซูเปอร์คาปาซิเตอร์ขนาด 16.2 โวลต์ 20 ฟารัด มาต่อขนานกับวงจรภาครับเพื่อเก็บเกี่ยวพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 20 วัตต์ ดังรูปที่ 9 เพื่อทดสอบเวลาที่ใช้ประจุจนเต็ม



รูปที่ 9 การต่อแผงโซลาร์เซลล์กับซูเปอร์คาปาซิเตอร์

จากการทดลองใช้เวลา 3 นาที 30 วินาที ค่าแรงดันตกคร่อมชุดซูเปอร์คาปาซิเตอร์เท่ากับ 16.2 โวลต์ เพื่อคำนวณเวลาที่ซูเปอร์คาปาซิเตอร์ใช้จ่ายไฟให้กับวงจรภาครับ โดยมีข้อมูลดังนี้กระแสภาครับเท่ากับ 120 มิลลิแอมป์ ใช้แรงดันเริ่มต้น 16.2 โวลต์ ค่าแรงดันต่ำสุดที่ภาครับยังทำงานได้เท่ากับ 9 โวลต์ ส่วนซูเปอร์คาปาซิเตอร์แต่ละตัวมีขนาด 120 ฟารัด 2.7 โวลต์ จำนวน 6 ตัวต่ออนุกรมกันดังนั้นความจุรวมจึงเท่ากับ 20 ฟารัด คำนวณค่าเวลาจ่ายไฟให้วงจรโดยใช้สมการที่ 2

$$V(t) = V_0 - (I \times t) / C \quad (2)$$

แทนค่าสมการ $9 = 16.2 - (0.12 \times t) / 20$

ดังนั้น $t = 1,200$ วินาที (20 นาที)

ค่ากำลังไฟเฉลี่ยที่ภาครับใช้ทำงาน (P) โดยใช้แรงดันเฉลี่ย 12.6 V คำนวณจาก $P = V \times I$ เมื่อแทนค่าแรงดัน

และกระแส $P = 12.6 \text{ V} \times 0.12 \text{ A} = 1.512$ วัตต์

จากนั้นต่อใช้งานดังรูปที่ 3 ใช้วัสดุสีดำปิดพื้นที่แผงโซลาร์เซลล์ไว้โดยให้มีเฉพาะช่องที่แสงเลเซอร์ผ่านได้พบว่าซูเปอร์คาปาซิเตอร์ใช้เวลา 19 นาทีจ่ายกำลังงานไฟฟ้าให้กับชุดรับสัญญาณโดยที่เสียงไม่ผิดเพี้ยน วงจรมีประสิทธิภาพเป็นปกติ แต่ถ้าเลยเวลาดังกล่าวแล้ววงจรชุดรับไม่สามารถทำงานได้ เปรียบเทียบเวลาที่คำนวณกับเวลาจริง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบการจ่ายไฟให้ภาครับระหว่างเวลาคำนวณกับเวลาจริง

เวลาที่คำนวณ	เวลาจริง
20 นาที	19 นาที

สาเหตุที่เวลาจริงไม่ตรงกับเวลาคำนวณผู้วิจัยสันนิษฐานเป็นผลเนื่องมาจากค่าการสูญเสียภายในอุปกรณ์ในรูปของความร้อน อย่างไรก็ตาม

ตามงานวิจัยพบว่าซูเปอร์คาปาซิเตอร์มีข้อดีคือชาร์จประจุได้เร็ว ปลอดภัย อายุการใช้งานยาวนาน ราคาไม่แพง นำมาใช้งานได้ง่าย



รูปที่ 10 ชุดอุปกรณ์ทดลองการส่งและรับสัญญาณเสียงที่มอดูเลตกับแสงเลเซอร์ประกอบลงแท่นเพื่อความเรียบร้อย

4. สรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอระบบสื่อสารด้วยเสียงผ่านแสงเลเซอร์ที่สามารถเก็บเกี่ยวพลังงานได้ในเวลาเดียวกัน โดยใช้แสงเลเซอร์ที่ถูกมอดูเลตด้วยสัญญาณเสียงแบบ AM ซึ่งเป็นระบบการมอดูเลตที่ไม่ซับซ้อน ประหยัดงบประมาณ เมื่อแสงเลเซอร์ถูกส่งไปยังภาครับที่ใช้แผงโซลาร์เซลล์ทำหน้าที่ส่องอย่าง คือมีมอดูเลตสัญญาณเสียงเพื่อส่งออกมาโฟง และแปลงพลังงานแสงเป็นไฟฟ้าเพื่อเก็บไว้ในซูเปอร์คาปาซิเตอร์สำหรับจ่ายไฟให้ระบบ ผลการทดลองใช้ไดโอดเลเซอร์ขนาด 5 mW พบว่าระบบสามารถส่งสัญญาณเสียงได้คมชัดที่ระยะ 25 เมตร และยังคงใช้งานได้ถึง 35 เมตร ผู้วิจัยเสนอแนะการเพิ่มระยะทางสามารถทำได้โดยเลือกใช้ไดโอดเลเซอร์ที่มีกำลังส่งมากขึ้น ในส่วนเก็บเกี่ยวพลังงานใช้เวลาเพียง 3 นาที 30 วินาทีในการชาร์จซูเปอร์คาปาซิเตอร์จนเต็ม ซึ่งสามารถจ่ายไฟเลี้ยงวงจรภาครับได้นาน 19 นาทีเมื่อไม่มีแสงสว่าง งานวิจัยนี้จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับการสื่อสารไร้สายในพื้นที่ที่อ่อนไหวต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น โรงพยาบาล เนื่องจากไม่ก่อให้เกิดการรบกวนทางคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ข้อเด่นอีกด้านของงานวิจัยนี้คือสร้างง่าย ใช้ต้นทุนต่ำ การบำรุงรักษาน้อย จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับการสื่อสารไร้สายโดยใช้แสงเลเซอร์ในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่สำหรับดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] P. D. Diamantoulakis, and G. K. Karagiannidis, "Simultaneous Lightwave Information and Power Transfer (SLIPT) for Indoor IoT Applications," *GLOBECOM 2017 - 2017 IEEE Global Communications Conference*, Singapore, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/GLOCOM.2017.8254781.
- [2] M. Syed, A. Hassnain, Q. Haoze, and H. Amjad. "A comprehensive review of optical wireless power transfer

technology,” *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*. doi: 10.1631/FITEE.2100443.

- [3] J.-W. Shin, T.-U. Yun, and S.-M. Kim, “Simultaneous Transmission of Optical Wireless Power Transfer and Optical Wireless Communication using a Laser Diode,” *The Journal of the Korea institute of electronic communication sciences*, vol. 16, no. 4, pp. 605–610, Aug. 2021.
- [4] W. Z. Ncube, A. A. Qidan, T. El-Gorashi and J. M. H. Elmirghani, “On the energy efficiency of Laser-based Optical Wireless Networks,” *arXiv*, Mar. 2022.
- [5] O. S. Khwairakpam, “Review of laser-based communication systems in space missions,” *presented at [unpublished]*, Dec. 2022.
- [6] J. Keller, “The promise of laser communications to revolutionize optical links,” *Military Aerospace*, Sept. 19, 2023.
- [7] C. Cheng et al., “100 Gbps Indoor Access and 4.8 Gbps Outdoor Point-to-Point LiFi Transmission Systems using Laser-based Light Sources,” *arXiv*, Feb. 2024.
- [8] A. Hamad, W. Ncube, A. Qidan, T. E. H. El-Gorashi, and J. M. H. Elmirghani, “Intelligent Reflecting Surfaces assisted Laser-based Optical Wireless Communication Networks,” *arXiv*, Apr. 2024.



กฤษฎา ยิ่งชยัน สำเร็จปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต(วศ.ด.วิศวกรรมไฟฟ้า) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปัจจุบันเป็นผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเชียงใหม่ มีความสนใจทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ระบบสมองกลฝังตัวและ IoT



เอกทัศน์ พุกชวรรณ สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ มีความสนใจทางด้านวิศวกรรมวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร วิศวกรรมไมโครเวฟ การออกแบบวงจรความถี่สูง



ระพีพันธ์ วรภักษะ สำเร็จปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมโทรคมนาคม) ปัจจุบันเป็นผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา มีความสนใจทางด้านวิศวกรรมสายอากาศ



บุญยสิริ บุญเบ้ง สำเร็จปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา มีความสนใจทางด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์