

บทสรุปผู้บริหาร

โครงการนี้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาระบบต้นแบบ Multi-Spectral Laser Speckle Contrast Imaging (MS-LSCI) สำหรับการตรวจวัดการไหลเวียนเลือดและสัญญาณชีพแบบไม่สัมผัส โดยใช้เลเซอร์ไดโอด 4 ความยาวคลื่น ได้แก่ 520, 780(1), 780(2) และ 1064 นาโนเมตร ร่วมกับกล้อง NIR-Enhanced CMOS และเทคนิค Time-Multiplexing เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลหลายความยาวคลื่นได้ด้วยกล้องเพียง 1 ตัว ช่วยลดต้นทุนและความซับซ้อนของระบบ

ระบบประกอบด้วยวงจรขับเลเซอร์แบบกระแสคงที่ ระบบ Trigger Synchronization และซอฟต์แวร์ภาษา Python สำหรับควบคุมการเก็บข้อมูลและประมวลผลภาพด้วยวิธี Laser Speckle Contrast Analysis (LASCA) พร้อมทั้งสกัดสัญญาณ NIR-iPPG และ SPG เพื่อใช้วิเคราะห์สัญญาณชีพจร ระบบถูกออกแบบให้ทำงานที่อัตราการบันทึกภาพ 120 fps และสลับการทำงานของเลเซอร์ที่ 30 Hz ต่อความยาวคลื่น โดยบันทึกข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 30 วินาที

ระบบต้นแบบ MS-LSCI สามารถบันทึกภาพจากเลเซอร์ 4 ความยาวคลื่น ได้แก่ 520, 780(1), 780(2) และ 1064 nm ด้วยกล้อง CMOS ที่ 120 fps โดยทำงานประสานกันได้ต่อเนื่อง เมื่อนำไปทดสอบกับอาสาสมัคร 4 คน รวม 80 ชุดข้อมูล และเปรียบเทียบกับเครื่อง Pulse Oximeter พบว่าสัญญาณ SPG ที่ 780(2) และ 1064 nm วัดอัตราการเต้นของหัวใจได้ใกล้เคียงที่สุด โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 0.26 และ 0.36 BPM ตามลำดับ ส่วนสัญญาณ NIR-iPPG ให้ผลดีที่ 520 และ 780 nm แต่คลาดเคลื่อนมากขึ้นที่ 1064 nm การทดสอบเนื้อเยื่อจำลองพบว่าแสง 520 nm ตรวจวัดการไหลได้ที่มีความลึก 1 และ 2 มม. ส่วนแสงใกล้อินฟราเรดตรวจวัดได้ลึกถึง 5 มม. ผลโดยรวมแสดงว่าระบบมีศักยภาพในการวัดชีพจรและแยกข้อมูลตามความยาวคลื่นโดยไม่ต้องสัมผัสร่างกาย

คำสำคัญ: Multi-Spectral Laser Speckle Contrast Imaging (MS-LSCI), Laser Speckle Contrast Analysis (LASCA), Time-Multiplexing

ญาณัจฉรา ฉันทลักษณ์

เด่นนภา พิมพ์ทอง

ปาไลตา แก้วเสนา

อัครภา ภูมิพันธุ์ทรัพย์

อุบลวรรณ บรรจง

EXECUTIVE SUMMARY

This project presents the design and development of a prototype Multi-Spectral Laser Speckle Contrast Imaging (MS-LSCI) system for non-contact blood flow and vital sign monitoring. The system uses four laser wavelengths (520, 780(1), 780(2), and 1064 nm), an NIR-enhanced CMOS camera, and time-multiplexing to acquire multispectral images using a single camera, reducing system cost and complexity.

The system integrates a constant-current laser driver circuit, a trigger synchronization system, and Python-based software for image processing using Laser Speckle Contrast Analysis (LASCA) and for extracting near-infrared imaging photoplethysmography (NIR-iPPG) and speckle plethysmography (SPG) signals. The system operates at a frame rate of 120 frames per second (fps), with each of the four laser wavelengths activated at 30 Hz, and records data continuously for 30 seconds.

Testing on four volunteers across 80 datasets, with a pulse oximeter as the reference, showed that SPG signals at 780(2) and 1064 nm achieved mean heart rate errors of 0.26 and 0.36 BPM, respectively. NIR-iPPG performed well at 520 and 780 nm but showed greater errors at 1064 nm. Phantom experiments demonstrated flow detection at depths of 1–2 mm using 520 nm light and up to 5 mm using near-infrared light. These results highlight the system's potential for non-contact pulse monitoring and wavelength-dependent blood flow analysis.

Keywords: Multi-Spectral Laser Speckle Contrast Imaging (MS-LSCI), Laser Speckle Contrast Analysis (LASCA), Time-Multiplexing

Yanatchara Chanthalak

Dennapha Phimthong

Palita Kaewsena

Akkarapa Phutipansap

Ubonwan Banjong