ลาวัณย์ สัมพันธ์พร : เทคนิคเชิงแสงสำหรับถ่ายภาพเส้นเลือดและการวัดการไหลของเลือดในหลอดเลือดแบบไม่คุกคาม (NONINVASIVE OPTICAL TECHNIQUES FOR SUBCUTANEOUS VASCULAR IMAGING AND BLOOD FLOW MEASUREMENT) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญส่ง สุตะพันธ์, 240 หน้า

แสงอินฟราเรดช่วงใกล้ (Near infrared, NIR) เป็นแสงที่ได้รับความนิยมนำไปใช้ถ่ายภาพเส้นเลือดใต้ผิวหนัง เนื่องจากสามารถทะลุผ่านชั้นผิวหนังลงไปได้ลึก 1-5 mm นอกจากนี้ฮีโมโกลบินซึ่งเป็นส่วนประกอบของเม็ดเลือดมีค่าการดูดกลืนแสงในช่วง NIR แตกต่างจากเนื้อเยื่อโดยรอบมากกว่าแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็น ทำให้แสงอินฟราเรดช่วงใกล้สามารถถ่ายภาพเส้นเลือดใต้ผิวหนังได้ดีและได้ลึกกว่าแสงที่ตามองเห็น

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องมือวัดเชิงแสง 2 ชนิด ประกอบด้วยเทคนิคการถ่ายภาพเส้นเลือดใต้ผิวหนัง (NIR imaging) และเทคนิคการถ่ายภาพแบบเลเซอร์สเปกเคิลคอนทราสต์ (Laser speckle contrast imaging) เพื่อนำไปใช้กับการถ่ายภาพเส้นเลือดใต้ผิวหนัง รวมทั้งศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้กับการถ่ายภาพและวัดอัตราการไหลของเลือดในเส้นเลือดเทียมใต้ผิวหนัง

การพัฒนาเครื่องมือสำหรับถ่ายภาพเส้นเลือดใต้ผิวหนัง งานวิจัยนี้ได้ออกแบบเครื่องมือ 3 รูปแบบโดยใช้กล้องรับภาพแตกต่างกัน เพื่อประเมินคุณภาพการถ่ายภาพเส้นเลือดและต้นทุนเครื่องมือ 2 รูปแบบแรกใช้กล้องรับภาพแบบซีมอส (Complementary metal oxide semiconductor, CMOS) และกล้องเว็บแคม ตามลำดับ โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงที่สร้างจากไดโอดเปล่งแสงความยาวคลื่น 850 nm ส่วนเครื่องมือแบบที่ 3 ใช้กล้องรับภาพและแหล่งกำเนิดแสงที่มีอยู่แล้วของกล้อง IP camera ผลการทดสอบพบว่า เครื่องมือที่ใช้กล้องซีมอสเป็นกล้องรับภาพจะให้ค่า Contrast ในการถ่ายภาพเส้นเลือดใต้ผิวหนังสูงกว่าแบบอื่น ต้นทุนค่าวัสดุและอุปกรณ์ประมาณ 50,000 บาท เครื่องมือที่ใช้กล้องเว็บแคมและ IP camera ให้ค่า Contrast ของเส้นเลือดไม่แตกต่างกัน ต้นทุนวัสดุและอุปกรณ์ของเครื่องมือประมาณ 7,000 บาท และ 2,000 บาท ตามลำดับ เครื่องมือที่ใช้กล้อง IP camera พัฒนาให้มีขนาดเล็กและพกพาได้สามารถแสดงผลบนโทรศัพท์มือถือหรือแท็บเล็ตได้ผ่านระบบไร้สาย ส่วนเครื่องมือที่ใช้กล้องซีมอสและกล้องเว็บแคมเป็นแบบตั้งโต๊ะ เหมาะสำหรับใช้งานในห้องปฏิบัติการ

เพื่อให้ภาพเส้นเลือดใต้ผิวหนังที่ถ่ายด้วยเครื่องมือมีความชัดเจนมากขึ้น งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเทคนิคการประมวลผลภาพ 5 เทคนิค ประกอบไปด้วยเทคนิค Histogram stretching, Histogram equalization, Normalization, Laplacian of Gaussian และ Local histogram stretching โดยพัฒนาบนโปรแกรม LabVIEW เมื่อเปรียบเทียบค่า Contrast ของเส้นเลือดและเวลาที่ใช้ในการประมวลผล

ภาพพบว่าเทคนิค Laplacian of Gaussian และ Local histogram stretching ให้ค่า Contrast สูงแต่ใช้เวลาประมวลผลภาพ 4-7 s เทคนิค Normalization ให้ค่า Contrast สูงและประมวลผลไม่นาน แต่มีขอบภาพมืดและมีความยุ่งยากในการตั้งค่า ส่วนเทคนิค Histogram stretching ให้ค่า Contrast ต่ำ งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เทคนิค Histogram equalization เพราะให้ค่า Contrast สูงและใช้เวลาประมวลผลสั้น

การพัฒนาเครื่องมือแบบเลเซอร์สเปกเคิลคอนทราสต์สำหรับวัดอัตราการไหลของเลือดแบบไม่สัมผัส งานวิจัยนี้ได้สร้างต้นแบบโดยใช้แหล่งกำเนิดแสงแบบเลเซอร์ไดโอดความยาวคลื่น 785 nm และใช้กล้องรับภาพแบบซีมอส และได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลภาพแบบเรียลไทม์สำเร็จ รวมทั้งได้ศึกษาผลกระทบต่อค่า Speckle contrast เนื่องจากการตั้งค่ารูรับแสงและเวลาในการรับแสงของกล้องรับภาพ ผลการทดสอบกับ Phantom พบว่าเครื่องมือสามารถวัดอัตราการไหลของวัตถุตัวอย่างได้ โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างค่า Speckle contrast กับอัตราการไหลสอดคล้องกับทฤษฎีที่มีการศึกษาก่อนหน้านี้

เครื่องมือที่พัฒนานี้น่าจะมีประโยชน์ในการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของเส้นเลือดสำหรับการแทงเข็ม การใช้ในการเรียนการสอนของนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพ และอาจจะสามารถนำไปใช้ในการศึกษาหรือการวิเคราะห์การอุดตันของเส้นเลือดเทียมได้แต่ต้องมีการออกแบบเครื่องมือเพิ่มเติมเพื่อลดผลกระทบที่อาจจะเกิดต่อผู้ป่วย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา ลาวัณย์ สัมฟันธ์มร

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

LAWAN SAMPANPORN : NONINVASIVE OPTICAL TECHNIQUES FOR SUBCUTANEOUS VASCULAR IMAGING AND BLOOD FLOW MEASUREMENT. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. BOONSONG SUTAPUN, Ph.D., 240 PP.

NONIVASIVE OPTICAL TECHNIQUES/SUBCUTANEOUS VASCULAR IMAGING/BLOOD FLOW MEASUREMENT/NIR IMAGING/LSCI

At the wavelength of a near infrared region, light has a high penetration depth into human skin deeper than that of visible light. Large optical absorption difference between red blood cells and surrounding tissues is found at the NIR region. Therefore, near infrared light has been widely used for subcutaneous vein imaging and other noncontact skin diagnostic techniques. In this work, two noncontact optical techniques including NIR vein imaging and laser speckle contrast imaging have been developed.

For the development of NIR vein imagers, three devices using different cameras have been constructed and compared for their technical performances. The first vein imager utilized a high-quality CMOS camera while the second vein imager employs a low-cost web camera. Both devices used 850-nm LED as a light source and were designed as a benchtop instrument. The third device was designed to be a portable and wireless vein imager by utilizing an imaging device, a LED and a wireless communication board available from an IP camera. It was found that the CMOS vein imager provided the highest vein contrast while the web-camera and the IP camera imagers showed a comparable contrast. However, the vein imager based on IP camera has a smaller size and allows a convenient wireless connectivity to a smart phone or a tablet.

This work has also explored several image enhancement techniques including histogram stretching, histogram equalization, normalization, Laplacian of Gaussian and local histogram stretching, in order to improve the vein contrast of the vein imagers. The image processing was written on LabVIEW software. The last two techniques offer the highest image contrast but are relatively slow while the normalization technique gives a moderate contrast and a moderate computing speed with a two-step and sample-specific setup. The histogram stretching technique is fast but with has the lowest contrast. For this work, the histogram equalization technique is selected for image enhancement since it has a fast speed and a good image contrast.

The second optical technique, laser speckle contrast imaging, was built using a 785-nm laser diode and a CMOS camera. Laser speckle contrast imaging can be used to measure the particle flow speed in full frame without a physical contact. A tissue phantom containing a 4-8 mm-diameter plastic graft was fabricated and was used to test the device flow measurement. It was experimentally found that the speckle contrast depends inversely on the flow speed. The speckle contrast also depends on the aperture size and the camera shutter speed. The measured data were in a good agreement with the theory developed earlier by other works.

The vein imaging devices developed in this work could be used for needle puncture and vascular access locations as well as an educational tool in medical or nursing classes. Both NIR imaging and laser speckle contrast imaging could be applied for investigation of synthetic graft failure with further improved design to minimize the physical effects to the patients.

School of Electronics Engineering

Academic Year 2017

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____