เอกสารอ้างอิง

[1] ไกรวุฒิ หลักคำ. **การติดตามท่าทางของมือจากข้อมูลกลศาสตร์ 3 มิติ ที่ได้จากภาพถ่าย 2 มิติ** [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า] กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2549.

[2] กฤษณะ สีพนมวัน เบญจพร ลิ้มธรรมาภรณ์ และ สถาพร ลักษณะเจริญ. **การควบคุมแบบจำลองหุ่นยนต์สี่ขาโดยใช้ข่ายงานระบบประสาทแบบป้อนกลับ** [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 15 มกราคม 2553] จากhttp://biobot.kmutnb.ac.th/publications/DRC029.pdf

[3] จีรวัฒน์ ทะลาสี. **การสร้างพื้นผิวสามมิติโดยการขยายตัวของโครงสร้างตาข่ายแบบสามเหลี่ยมในสนามเวคเตอร์ของภาพ** [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์]. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2547.

[4] ฉัตรเกล้า เจริญผล. **การแก้ปัญหาการกำหนดจุดศูนย์กลางและความสูงสำหรับ Radial Basis Function Network สำหรับการพยากรณ์อนุกรมเวลา** [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์]. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2547.

[5] ธเนศ อุไรเรืองพันธ์ และ ดารณี หอมดี. **การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเซนเซอร์ที่มีความเหมาะสมสำหรับตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวของมือ.** เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิทยาการเทคโนโลยี และนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน, 28 - 29 ม.ค. 2551; ขอนแก่น.

[6] นวภัค เอื้ออนันต์. **Artificial Neural Networks** [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 15 มกราคม 2553] จาก http://gear.kku.ac.th/~nawapak/NeuralNet/

[7] ราชบัณฑิตยสถาน. **ศัพท์คอมพิวเตอร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: ราชบัณฑิตยสถาน; 2538.

[8] วรารัตน์ รุ่งวรวุฒิ. **แบบจำลองการแบ่งกลุ่มซึ่งจำกัดเฉพาะกลุ่มโดยเครือข่ายประสาทเทียมแบบแข่งขันแสดงออกในรูปของโครงสร้าง** [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์]. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2547.

[9] วราวุธ วุฒิวณิชย์. **Artificial Neural Networks** [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 15 มกราคม 2553] จาก http://irre.eng.kps.ku.ac.th/ann.pdf

[10] สยาม เจริญเสียง และวุฒิชัย วิศาลคุณา. การจดจำท่าทางมือสำหรับหุ่นยนต์ช่วยรักษาความปลอดภัย. ใน: **การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 16**; 14-16 ตุลาคม; ภูเก็ต. 2545. หน้า 318-323.

[11] ศูนย์เทคโนโลยีอิเลิกทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. **Thai spell** [online] [cited 2009 April 30] Available from http://www.skb.ac.th/computor/nectec/thai-spell.gif

[12] _____. **เรียนรู้ภาษามือไทย** [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 23 กรกฎาคม 2551] จาก http://www.tddf.or.th/tddf/signlang/finger2.php

[13] อังคญาณี กาลัญกุล. **ศึกษาเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการ Training Neural Networks** [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 15 มกราคม 2553] จาก http://www.doe.eng.cmu.ac.th/~kasin/Courses/252302/PDF/Example.pdf

[14] เอกรินทร์ แซ่เฮ้ง. **โครงข่ายประสาทเทียมกับการประยุกต์ใช้งาน (ตอนที่ 1 รู้จักกับโครงข่ายประสาทเทียม)** [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 15 มกราคม 2553] จาก http://ba.northbkk.ac.th/download/File_PDF/neural_network1.pdf

[15] **American Sign Language** [online] [cited 2009 April 30] Available from http://aslremote.com/

[16] Barbara L. Loeding, Sudeep Sarkar, Ayush Parashar, and Arthur I. Karshmer. Progress in Automated Computer Recognition of Sign Language. **Springer-Verlag Berlin Heidelberg** 2004; (3118): 1079-1087.

[17] Cemil Oz and Ming C. Leu. Linguistic Properties Based on American Sign Language Recognition with Artificial Neural Networks Using a Sensory Glove and Motion Tracker. **Springer-Verlag Berlin Heidelberg** 2005; (3512): 1197-1205.

[18] _____, Ming C. Leu. Recognition of Finger Spelling of American Sign Language with Artificial Neural Network Using Position/Orientation Sensors and Data Glove. **Springer-Verlag Berlin Heidelberg** 2005; (3497): 157-164.

[19] **Data Gloves** [online] [cited 2008 June 15] Available from http://www.vrealities.com/glove.html

[20] David J. Sturman and David Zeltzer. A Survey of Glove-based Input. **Computer Graphics and Applications, IEEE** 1994; 14(1): 30-39.

[21] **Dolphin Step** [online] [cited 2009 April 30] Available from http://www.truckspecialties.com/dolphin_step.htm

[22] **Flex Glove** [online] [cited 2009 April 30] Available from http://www.tufts.edu/programs/mma/emid/projectreportsS04/hamalainen.html

[23] **Flexible Bend Sensors** [online] [cited 15 June 2008] Available from http://www.imagesco.com/sensors/flex-sensor.html

[24] **LVDT** [online] [cited 2009 April 30] Available from http://bits.me.berkeley.edu/beam/lvdt_2.html

[25] **LVDT** [online] [cited 2009 April 30] Available from http://www.directindustry.com/prod/rdp-electronics/lvdt-displacement-transducer-7179-39723.html

[26] **Motion Tracking** [online] [cited 2009 April 30] Available from http://mial.fas.sfu.ca/researchProject.php?s=333

[27] **Portable Sonar Fish Finder Fishing Tackle** [online] [cited 2009 April 30] Available from http://www.made-in-china.com/showroom/luckyproducts/product-detaildbWESesrXAYT/China-Portable-Sonar-Fish-Finder-Fishing-Tackle-FF718-.html

[28] Roland Gottig, Joanna Newton, and Stefan Kaufmann. A Comparison of 3D Visualization Technologies and their User Interfaces with Data Specific to Architecture. **Design and Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning** 2005; (Part 2): 99-111.

[29] Thomas S. Huang and Vladimir I. Pavlovic. Hand Gesture Modeling, Analysis, and Synthesis. **In Proc. of IEEE International Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition** 1995; (June): 73-79.

[30] _____.Ying Wu. Hand Modeling Analysis and Recognition for Vision-Based Human Computer Interaction. **IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE** 2001; (May): 51-60.

[31] _____, Rajeev Sharma and Vladimir I. Pavlovic. Visual Interpretation of Hand Gestures for Human-Computer Interaction: A Review. **IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE** 1997; 19(7): 677-695.

[32] WIKI. กระดูกนิ้วมือ [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 1 มีนาคม 2551] จาก http://th.pandapedia.com/wiki/กระดูกนิ้วมือ

ภาคผนวก

การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์

1. Kumkurn T., Eua-anant N. "Development and Testing of an Optical-Data Glove". In: **JCSSE2010**. Proceeding of the 7th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering; 2010 May 12-14; Bangkok. THAILAND; 2010. P. 40-45. [In Thai]

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

การพัฒนาและการทดสอบถุงมือข้อมูลเชิงแสง

Development and Testing of an Optical-Data Glove

ธนวิทย์ คำควร[1] และนวภัค เอื้ออนันต์[2]
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
123 ถนนมิตรภาพ ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002
โทร/โทรสาร 0-4336-2160
E-mail: phai_coe@hotmail.com[1], nawapak@kku.ac.th[2]

Thanawit KUMKURN[1] and Nawapak EUA-ANANT[2]
Department of Computer Engineering,
Faculty of Engineering, Khon Kaen University
123 Mitraphap Rd., A. Muang, Khon Kaen, Thailand, 40002
Tel/FAX: 0-4336-2160 E-mail: phai_coe@hotmail.com[1], nawapak@kku.ac.th[2]

บทคัดย่อ

ถุงมือข้อมูล (Data Glove) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ถ่ายทอดข้อมูลลักษณะท่าทางของนิ้วมือไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยถุงมือข้อมูลส่วนใหญ่จะใช้ตัวตรวจจับเชิงกล-ไฟฟ้าร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนในการวัดตำแหน่งของนิ้วมือ บทความนี้นำเสนอถุงมือข้อมูลชนิดใหม่ที่เรียกว่าถุงมือข้อมูลเชิงแสงโดยใช้ระบบเส้นเอ็นและภาพจากกล้องเว็บในการแสดงตำแหน่งท่าทางของนิ้วมือ อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยถุงมือพิเศษที่มีเส้นเอ็นไนลอนจำนวน 20 เส้น ติดตั้งอยู่ ณ ตำแหน่งข้อต่าง ๆ ของนิ้วมือ และร้อยผ่านท่อนำร่องมารวมกันที่แผงหลอดคาปิลลารีที่ติดตั้งบนหลังมือ กล้องเว็บและกระจกที่ติดตั้งเหนือแผงหลอดคาปิลลารีจะถ่ายทอดภาพตำแหน่งของจุดสีบนเส้นเอ็นที่แสดงถึงตำแหน่งของนิ้วมือไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล เครื่องคอมพิวเตอร์จะนำภาพที่ได้มาประมวลผลเพื่อคำนวณตำแหน่งของนิ้วมือต่อไป ผลการทดลองเบื้องต้นในการใช้ถุงมือที่ประดิษฐ์ขึ้นเพื่อวัดตำแหน่งของนิ้วมือพบว่า ถุงมือสามารถวัดมุมของข้อนิ้วมือได้ในทุกทิศทางในรูปตำแหน่งของจุดสีบนเส้นเอ็น สามารถวัดการงอและการกางของนิ้วในระนาบของฝ่ามือของนิ้วได้ โดยความละเอียดในการวัดมุมขึ้นกับตำแหน่งของตัวตรวจจับและมีค่าอยู่ระหว่าง 0.38 ถึง 10.82 องศาต่อพิกเซล และระหว่าง 0.56 ถึง 0.94 องศาต่อพิกเซลตามลำดับ

Abstract

A data glove is a device that transfers finger position data to a computer. Most of data gloves available in markets use electro-mechanical sensors and complicated electronics circuits to measure finger positions. This paper presents a novel data glove called optical data glove that employs a string system and images obtained from a web camera to present hand gesture. The developed device consists of a special glove

with 20 nylon strings attached to each finger joints and inserted pass guiding rods through an array of capillary tubes installed on the back of the glove. The web camera with a mirror installed above the capillary array captures and transfers images of marked string positions to a personal computer. The computer can then processes the images to determine all finger positions. From initial results, it is found that the glove can measure angles of finger joints in all directions in the form of positions of points marked on the strings and can measure finger bending and finger abduction. The measurement resolutions, depending on positions of sensors, are between 0.38 to 10.82 degrees per pixel and 0.56 to 0.94 degrees per pixel.

Key Words: Data Glove, Optical-Data Glove

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล อุปกรณ์ประเภทหนึ่งที่จะขาดเสียไม่ได้คืออุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมประสานระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับมนุษย์ผู้ใช้งานที่ใช้ถ่ายทอดข้อมูลจากผู้ใช้ไปยังคอมพิวเตอร์ ในบรรดาเทคโนโลยีการเชื่อมประสานระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับมนุษย์ที่มีในปัจจุบัน อุปกรณ์ประเภทนำเข้าข้อมูลที่ใช้งานร่วมกับมือเช่น แป้นพิมพ์และเมาส์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถถ่ายทอดข้อมูลจากมนุษย์ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ได้สะดวกแม่นยำ และมีประสิทธิภาพมากที่สุด อย่างไรก็ตาม อุปกรณ์เหล่านี้ได้นำเอาความสามารถเพียงบางส่วนของมือมนุษย์ในด้านการกดปุ่ม การยกนิ้ว และการลากวัตถุมาใช้งาน แต่ความสามารถในการแสดงลักษณะท่าทางของมือ (Hand Gesture) นั้นได้มีผู้นำมาใช้ประโยชน์ในด้านการเชื่อมประสานระหว่างคอมพิวเตอร์กับมนุษย์น้อยมาก ตัวอย่างเช่น ในปัจจุบันได้มีผู้พัฒนาอุปกรณ์เชื่อมประสานรูปแบบใหม่ๆขึ้นหลายชนิด เช่น ถุงมือข้อมูล (Data Glove) ที่สามารถแปลงรูปแบบท่าทางของมือไปเป็นข้อมูลนำเข้าให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ [7] และชุดเครื่องแต่งกายพิเศษที่สามารถถ่ายทอดข้อมูลลักษณะท่าทางของร่างกายผู้สวมใส่ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ [13] ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มีใช้เป็นจำนวนไม่มากและถูกจำกัดให้ใช้ในงานไม่กี่ประเภท สาเหตุสำคัญสาเหตุหนึ่งเนื่องมาจากอุปกรณ์เชื่อมต่อที่ใช้ตรวจจับท่าทางของมือมีราคาแพงและใช้งานยาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอทางเลือกใหม่สำหรับการสร้างถุงมือข้อมูลชนิดใหม่ที่มีราคาถูก แต่ยังมีประสิทธิภาพการทำงานใกล้เคียงกับถุงมือข้อมูลทั่วไป ซึ่งเรียกว่า "ถุงมือข้อมูลเชิงแสง"

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาและทดสอบคุณลักษณะของถุงมือข้อมูลชนิดใหม่ที่ใช้ตัวตรวจจับเชิงแสงแทนการใช้ตัวตรวจจับเชิงกล-ไฟฟ้าที่นิยมใช้ในถุงมือข้อมูลทั่วไปในการตรวจจับตำแหน่งของนิ้วมือ โดยบนถุงมือนี้จะมีการติดตั้งเส้นเอ็นยึดตามข้อนิ้วต่างๆ และร้อยผ่านท่อแก้วที่ทำหน้าที่นำเส้นเอ็นมารวมกันที่แผงหลอดคาปิลลารีที่ติดตั้งบนหลังมือ เส้นเอ็นแต่ละเส้นจะมีการแต้มสีที่แตกต่างกันเพื่อบอกถึงตำแหน่งของเส้นเอ็น การเคลื่อนไหวต่างๆ ของนิ้วมือจะส่งผลให้จุดสีที่อยู่บนเส้นเอ็นเคลื่อนไหวตามไปด้วย ภาพตำแหน่งของจุดสีบนเส้นเอ็นซึ่งแสดงถึงลักษณะท่าทางของมือในขณะนั้นจะถูกถ่ายทอดไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้กล้องเว็บขนาดเล็กที่ติดตั้งบนถุงมือ เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถนำภาพที่ได้ไปแปลและตีความหมายรูปแบบท่าทางของมือออกมาได้ ในการทดสอบอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นนี้ พบว่าถุงมือข้อมูลเชิงแสงสามารถใช้ถ่ายทอดข้อมูลลักษณะท่าทางของมือในรูปแบบรูปภาพถ่ายชุดเส้นเอ็นไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ได้อย่างดี และที่สำคัญถุงมือ

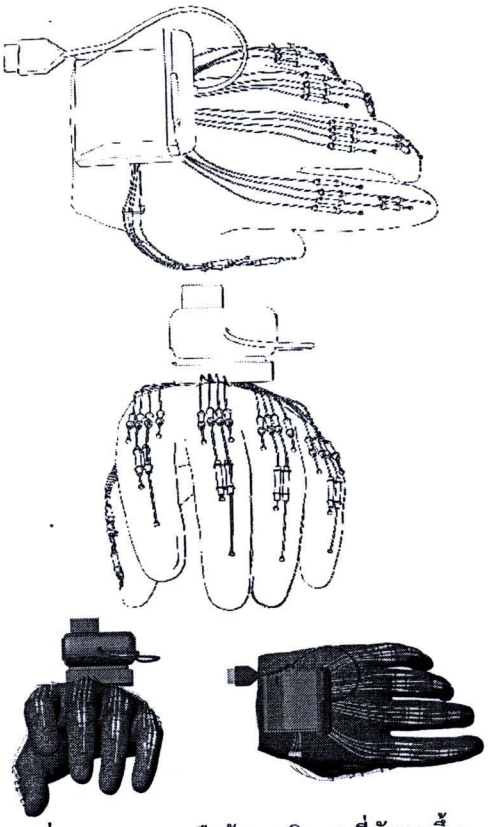
ข้อมูลเชิงแสงที่นำเสนอนี้ใช้อุปกรณ์ที่มีราคาถูกและสามารถหาได้ตามท้องตลาดทั่วไป ทำให้ถุงมือข้อมูลมีราคาถูกลงมากและอาจเป็นที่ใช้งานอย่างแพร่หลายในอนาคตได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

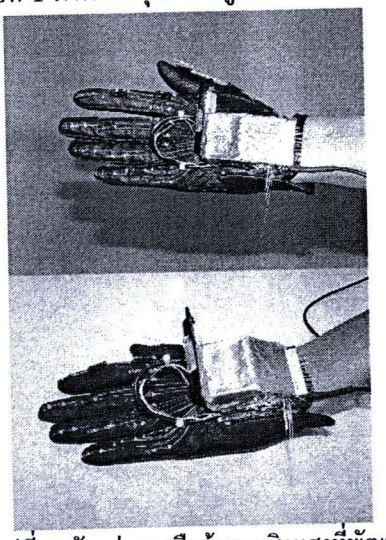
เพื่อพัฒนาและทดสอบคุณลักษณะของถุงมือข้อมูลชนิดใหม่ที่เรียกว่าถุงมือข้อมูลเชิงแสงที่ประกอบด้วยระบบเส้นเอ็นที่ยึดติดกับข้อนิ้วข้อต่าง ๆ และมีกล้องเว็บขนาดเล็ก สำหรับใช้ในการถ่ายทอดท่าทางมือไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย

ถุงมือข้อมูลโดยทั่วไปที่มีวางจำหน่ายจะใช้ตัวตรวจจับชนิด Membrane potentiometer ที่ตรวจจับการงอของนิ้วมือ ซึ่งมีราคาแพงและต้องการวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน โดยหลักการตรวจจับการงอของนิ้วโดยใช้ Membrane potentiometer ทำได้โดยการติดตั้ง Membrane potentiometer ไว้บริเวณข้อนิ้วมือ เมื่อมีการงอของนิ้วมือเกิดขึ้นจะทำให้ Membrane potentiometer งอไปด้วย ค่าความต้านทานของ Membrane potentiometer ที่เปลี่ยนแปลงไปแสดงถึงตำแหน่งการงอของนิ้วมือ แต่ในงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้เลือกทางเลือกใหม่ในการตรวจจับตำแหน่งการงอของนิ้วมือโดยใช้ระบบเส้นเอ็นและกล้องเว็บ โดยมีหลักการใช้เส้นเอ็นทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับตำแหน่งของนิ้วมือ กล่าวคือ ปลายเส้นเอ็นแต่ละเส้นจะยึดกับกึ่งกลางของข้อนิ้วแต่ละข้อ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งของเส้นเอ็นจะร้อยผ่านท่อนำร่องมารวมกัน ณ แผงหลอดคาปิลลารีที่ติดตั้งบนหลังมือ บนเส้นเอ็นแต่ละเส้นจะมีการทำสัญลักษณ์จุดสีแดง, เขียวและน้ำเงิน เพื่อแสดงถึงตำแหน่งของเส้นเอ็น ถุงมือข้อมูลเชิงแสงนี้ใช้เส้นเอ็น 4 เส้นในการตรวจจับการงอของนิ้ว 1 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 1 เมื่อนิ้วมือมีการงอ เส้นเอ็นจะเคลื่อนที่ไปตามนิ้วมือ ทำให้ปลายของเส้นเอ็นเลื่อนไปมา ตำแหน่งของเส้นเอ็นที่มองเห็นจากหลอดแก้วจึงสามารถแสดงถึงลักษณะการงอของนิ้วมือได้ ส่วนกล้องเว็บและกระจกที่ติดตั้งอยู่เหนือแผงหลอดแก้วทำหน้าที่ถ่ายทอดภาพตำแหน่งของเส้นเอ็นในแผงหลอดแก้วไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์

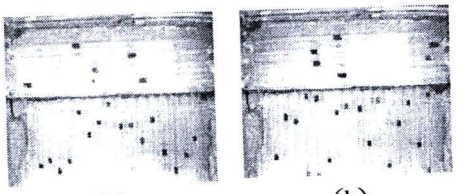


รูปที่ 1 ภาพวาดถุงมือข้อมูลเชิงแสงที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 2 ตัวอย่างถุงมือข้อมูลเชิงแสงที่พัฒนาขึ้น

รูปที่ 2 เป็นรูปตัวอย่างถุงมือ Optical Data Glove ที่พัฒนาเสร็จแล้ว ซึ่งเห็นว่าที่บริเวณกล่องที่ใช้วางกล้องเว็บนั้นได้ทำให้มีลักษณะทึบเพื่อป้องกันการรบกวนจากแสงภายนอกซึ่งอาจทำให้ภาพที่ได้เพี้ยน ภายในกล่องที่ใช้วางกล้องเว็บมีแหล่งกำเนิดแสงที่ประกอบด้วยหลอด LED สีขาวติดตั้งอยู่เพื่อทำให้ภาพที่มีความสว่างสม่ำเสมอ



(a) (b)

รูปที่ 3 จุดสีบนเส้นเอ็นภายในแผงหลอดคาปิลลารีเมื่อมืออยู่ในท่ากำ (a) และแบ (b)

รูปที่ 3 เป็นตัวอย่างภาพตำแหน่งของจุดสีบนเส้นเอ็นภายในแผงหลอดคาปิลลารีเมื่อมืออยู่ในท่ากำและแบ โดยแผงหลอดคาปิลลารีที่วางในแนวตั้งใช้สำหรับนำเส้นเอ็นที่มาจากนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อย ส่วนแผงหลอดคาปิลลารีที่วางในแนวนอนใช้สำหรับนำเส้นเอ็นที่มาจากนิ้วหัวแม่มือ

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

4.1 การพัฒนาถุงมือข้อมูลเชิงแสง

ในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้พัฒนาถุงมือข้อมูลเชิงแสงและโปรแกรมประยุกต์ใช้งานถุงมือข้อมูลเชิงแสงเบื้องต้น โดยตัวอย่างถุงมือข้อมูลเชิงแสงที่พัฒนาแล้วเสร็จได้แสดงไว้ในรูปที่ 2 ซึ่งมีส่วนประกอบและหลักการทำงานดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้เส้นเอ็นหมายเลข 1.1 – 1.4, 2.1 – 2.4, 3.1 – 3.4, 4.1 – 4.4 และ 5.1– 5.4 เป็นเส้นเอ็นที่ยึดกับนิ้วโป้ง นิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อยตามลำดับ โดยเส้นเอ็นหมายเลข X.1 และ X.4 จะยึดติดกับส่วนข้อโคนนิ้ว เส้นเอ็นหมายเลข X.2 จะยึดติดกับส่วนข้อกลางของนิ้ว และเส้นเอ็นหมายเลข X.3 จะยึดติดกับส่วนปลายของนิ้ว ดังนั้นเมื่อส่วนข้อโคนนิ้วมีการขยับ เส้นเอ็นทุกเส้นในนิ้วนั้นจะมีการเคลื่อนไหว แต่ถ้าข้อนิ้วส่วนกลางขยับเพียงส่วนเดียว เส้นเอ็นเส้นที่ X.2 และ X.3 เท่านั้นที่จะเคลื่อนไหว และถ้าข้อปลายนิ้วมีการขยับเพียงส่วนเดียว เส้นเอ็นที่ X.3 เท่านั้นที่จะเคลื่อนไหว ดังนั้นในการนำระยะทางที่เส้นเอ็น X.2 และ X.3 เคลื่อนที่ได้ไปใช้งาน จะต้องมีการชดเชยระยะทางที่เกิดจากการงอของนิ้วข้อก่อนหน้าด้วย ในส่วนของการวัดการกางของนิ้วมือในระนาบของฝ่ามือนั้น คณะผู้พัฒนาได้ใช้ตำแหน่งเส้นเอ็นสองเส้นคือ เส้นเอ็นที่ X.1 และ X.4 เปรียบเทียบกัน โดยหากมีการขยับนิ้วในระนาบของฝ่ามือ เส้นเอ็นที่ X.1 และ X.4 จะเคลื่อนที่ไปในระยะทางที่แตกต่างกัน ดังนั้นความแตกต่างของระยะทางที่เส้นเอ็นที่ X.1 และ X.4 เคลื่อนที่ไปได้สามารถบ่งบอกถึงองศาการกางของนิ้วในระนาบของฝ่ามือได้ ส่วนกล้องเว็บที่ใช้มีความละเอียดของภาพเป็น 320x240 พิกเซล ในส่วนของซอฟต์แวร์นั้น โปรแกรมที่ประยุกต์ใช้งานถุงมือข้อมูลเชิงแสงทำหน้าที่รับภาพจากกล้องเว็บประมวลผลเพื่อคำนวณตำแหน่งของจุดสีที่อยู่บนเส้นเอ็นแต่ละเส้นโดยใช้วิธีการประมวลผลภาพเชิงดิจิตอล วิธีการที่ใช้ประกอบด้วยการแยกจุดที่มีสีที่ต้องการที่อยู่ในแถวหรือสดมภ์ที่ตรงกับตำแหน่งของเส้นเอ็นในภาพ จากนั้นทำการคำนวณพิกัดของจุดสีเพื่อทำการหาตำแหน่งของเส้นเอ็นในขณะนั้น

4.2 การทดสอบคุณลักษณะของถุงมือข้อมูลเชิงแสง

การทดสอบคุณลักษณะเบื้องต้นของถุงมือข้อมูลเชิงแสงเป็นการทดสอบความสามารถในการวัดตำแหน่งของนิ้วมือโดยใช้ถุงมือที่สร้างขึ้น การวัดทำได้โดยการเปรียบเทียบระยะทางการเคลื่อนที่ของเส้นเอ็นเทียบกับองศาของการเคลื่อนไหวของนิ้วในลักษณะต่าง ๆ อันได้แก่ การงอ และการกางของนิ้วในระนาบของฝ่ามือ ผลลัพธ์ที่ได้แสดงถึงค่าความละเอียดของอุปกรณ์โดยมีหน่วยในการวัดเป็นจำนวนองศาเฉลี่ยต่อพิกเซล

5. ผลการวิจัย

การทดสอบการใช้งานถุงมือข้อมูลเชิงแสงที่พัฒนาขึ้น มี 2 ส่วน คือการทดสอบความละเอียดใน

การวัดการงอของนิ้ว (Bending) และการทดสอบความละเอียดในการวัดการกางของนิ้วในระนาบของฝ่ามือ (Abduction) โดยใช้ผู้ทดลองเพศชายทำการทดลองวัด 5 ครั้งแล้วนำค่าเฉลี่ยมาใช้ในการคำนวณหาความละเอียด

ตารางที่ 5.1 ผลการวัดมุมของการงอของข้อนิ้วแต่ละข้อโดยใช้ถุงมือข้อมูลเชิงแสงที่พัฒนาขึ้นเทียบกับองศาของข้อนิ้ว

ตำแหน่งข้อนิ้ว		หมายเลขเส้นเอ็นที่เคลื่อนที่มากที่สุด	มุมการงอ (องศา)	ระยะพิกเซลเฉลี่ยที่เส้นเอ็นเคลื่อนที่ (พิกเซล)		ความละเอียด (องศา/พิกเซล)
				MEAN	SD	
นิ้วหัวแม่มือ	ข้อโคน	1.1	80.00	39.60	0.45	2.02
	ข้อกลาง	1.2	80.00	43.80	1.52	1.83
	ข้อปลาย	1.4	90.00	42.60	1.95	2.11
นิ้วชี้	ข้อโคน	2.1	87.75	123.00	0.00	0.71
	ข้อกลาง	2.3	110.75	43.00	0.71	2.58
	ข้อปลาย	2.4	83.00	46.00	0.71	1.80
นิ้วกลาง	ข้อโคน	3.2	79.25	138.80	0.45	0.57
	ข้อกลาง	3.3	110.00	76.00	0.00	1.45
	ข้อปลาย	3.4	81.00	63.00	0.00	1.29
นิ้วนาง	ข้อโคน	4.2	85.50	177.00	0.00	0.48
	ข้อกลาง	4.3	113.25	74.00	0.00	1.53
	ข้อปลาย	4.4	77.25	53.40	3.71	1.45
นิ้วก้อย	ข้อโคน	5.2	78.50	208.00	0.00	0.38
	ข้อกลาง	5.3	102.25	71.00	0.00	1.44
	ข้อปลาย	5.4	75.75	7.00	0.71	10.82

5.1 การทดสอบความสามารถในการวัดการงอของนิ้วโดยใช้ถุงมือข้อมูลเชิงแสง

การทดลองในส่วนนี้เป็นการทดสอบความละเอียดของอุปกรณ์ในการวัดการงอของนิ้ว โดยให้ผู้ทดสอบสวมถุงมือที่พัฒนาขึ้นและใช้ตำแหน่งของเส้นเอ็นเมื่อแบมือเต็มที่เป็นตำแหน่งอ้างอิง จากนั้นจึงกำมือจนสุดและทำการวัดองศาของข้อนิ้วแต่ละข้อด้วยที่วัดองศาพร้อมกับการบันทึกค่าระยะทางของเส้นเอ็นแต่ละเส้นที่เคลื่อนไปจากตำแหน่งเริ่มต้น ดังตารางที่ 5.1 ที่แสดงถึงความละเอียดในการวัดมุมของข้อนิ้วแต่ละข้อโดยใช้ถุงมือข้อมูลเชิงแสงที่พัฒนาขึ้น

5.2 การทดสอบความสามารถในการวัดการกางของนิ้วในระนาบของฝ่ามือโดยใช้ถุงมือข้อมูลเชิงแสง

ในการทดลองนี้ได้ทำการทดสอบการกางของนิ้วในระนาบของฝ่ามือของนิ้วมือแต่ละนิ้วโดยใช้ถุงมือข้อมูลเชิงแสง ข้อมูลที่ได้อ่านจากค่าของตัวตรวจจับข้อโคนของทุกนิ้ว เทียบกับองศาของการกางของนิ้วในระนาบของฝ่ามือไปด้านซ้ายและขวาของนิ้วมือในระนาบของฝ่ามือ โดยได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5.2 ซึ่งแสดงค่าความละเอียดในการกางของนิ้วมือในระนาบของฝ่ามือโดยใช้ถุงมือข้อมูลเชิงแสง

ตารางที่ 5.2 ค่าความละเอียดในการวัดการกางของนิ้วมือในระนาบของฝ่ามือโดยใช้ถุงมือข้อมูลเชิงแสง

นิ้วที่ทำการทดลอง	มุมในการกวาดนิ้วจากซ้ายสุดไปขวาสุด (องศา)	ระยะทางสัมพัทธ์เฉลี่ยระหว่างเส้นเอ็นที่ X.1 กับ X.4 เมื่อกวาดนิ้วจากซ้ายสุดไปขวาสุด (พิกเซล)		ความละเอียด (องศา/พิกเซล)
		MEAN	SD	
นิ้วหัวแม่มือ	90	154.00	13.42	0.58
นิ้วชี้	45	48.20	11.03	0.93
นิ้วกลาง	45	49.00	1.87	0.92
นิ้วนาง	36	64.00	4.36	0.56
นิ้วก้อย	41	43.80	1.79	0.94

6. การอภิปรายผล

ผลจากการพัฒนาถุงมือข้อมูลเชิงแสงและทดสอบคุณลักษณะพบว่าถุงมือข้อมูลเชิงแสงเป็นอุปกรณ์ที่สามารถนำไปใช้งานในการวัดลักษณะท่าทางของมือ ทั้งในลักษณะการงอนิ้วและการกางนิ้วได้ทุกนิ้ว ความสามารถในการวัดมุมการงอและการกางของนิ้วในระนาบของฝ่ามือของนิ้วมือโดยใช้ถุงมือที่ประดิษฐ์ขึ้นมีความละเอียดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.38 ถึง 10.82 องศาต่อพิกเซล และระหว่าง 0.56 ถึง 0.94 องศาต่อพิกเซลตามลำดับ ทั้งนี้ความละเอียดในการวัดมุมขึ้นอยู่กับนิ้วและข้อนิ้วที่วัด โดยข้อที่วัดได้ละเอียดที่สุดคือข้อโคนนิ้วของทุกนิ้ว เนื่องจากมีรัศมีของข้อนิ้วมากที่สุด

7. ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองจะเห็นว่ายังมีเส้นเอ็นบางเส้นที่มีการเคลื่อนไหวน้อยมากในขณะที่มีการเคลื่อนไหวของนิ้ว ซึ่งทำให้มีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนได้สูง ซึ่งความผิดพลาดดังกล่าวเกิดจากถุงมือที่หลวมเกินไป ทำให้เส้นเอ็นไม่เคลื่อนที่ตามนิ้วมือ ดังนั้นหากต้องการให้อุปกรณ์มีความแม่นยำมากขึ้น ต้องทำการเลือกถุงมือที่มีขนาดพอดีกับนิ้วมือ

9. บรรณานุกรม

[1] ไกรวุฒิ หลักคำ. "การติดตามท่าทางของมือจากข้อมูลกลศาสตร์ 3 มิติ ที่ได้จากภาพถ่าย 2 มิติ" บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพมหานคร. (2549).

[2] ธเนศ อุไรเรืองพันธ์ และ ผศ. ดารณี หอมดี. การสำรวจการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้ภาษามือ. การประชุมวิชาการวิทยาการคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์แห่งชาติครั้งที่ 10. ขอนแก่น. (2549).

[3] CyberGlove. (2008). [Online]. Available : http://www.cyberglovesystems.com. [2008, June 15].

[4] Data Gloves. (2008). [Online]. Available : http://www.vrealities.com/glove.html. [2008, June 15].

[5] DG5-VHand Glove. (2008). [Online]. Available: *www.dg-tech.it/vhan/dg5%20 vhand% 202.0%20datasheet.pdf*. [2008, June 15].

[6] Flex Glove. (2009). [Online]. Available : http://www.tufts.edu/programs/mma/emid/projectreportsS04/hamalainen.html. [2009, April 30].

[7] Flexible Bend Sensors. (2008). [Online]. Available : http://www.imagesco.com/ sensors/flex-sensor.html. [2008, June 15].

[8] Membrane Potentiometer. (2009). [Online]. Available :*www.sparkfun.com/ datasheets/Sensors/Flex/SoftPot-Datasheet.pdf*. [2009, April 30].

[9] Motion Tracking. (2009). [Online]. Available : http://mial.fas.sfu.ca/research Project.php? s=333. [2009, April 30].

[10] P5 Gloves. (2008). [Online]. Available : http://www.vrealities.com/p5.html. [2008, June 15].

[11] Pinch Gloves. (2008). [Online]. Available : http://www.vrealities.com/pinch.html. [2008, June 15].

[12] V. I. Pavlovic, R. Sharma, and T. S. Huang. (1997). Visual Interpretation of Hand Gestures for Human-Computer Interaction: A Review. IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL. 19, NO. 7, JULY. pp. 677-695.

[13] X-IST Data Glove. (2008). [Online]. Available : http://www.x-ist.de. [2008, June 15].

ประวัติผู้เขียน

นายธนวิทย์ คำควร เกิดเมื่อวันที่ 29 พฤศจิกายน 2525 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2549 และศึกษาต่อในระดับปริญญาโทสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปี 2550