บรรณานุกรม

ชัยวัฒน์ เลิศวิริยะนันทกุล. (2549). **การประยุกต์อัลกอริทึมทางพันธุศาสตร์ในการแปลความคลื่นไหวสะเทือนด้านการหักเห.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ณวัฒน์ นันทะเสน. (2547). การแก้ปัญหาด้วยวิธีการจีเนติกอัลกอริทึม (Genetic algorithm) [ฉบับอิเล็กทรอนิกส์]. **วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,** (สิงหาคม), 58-63.

ดารณี หอมดี, กมล คงเกียรติขจร, ธเนศ อุไรเรืองพันธ์, & ปัญญา พรสวัสดิผล. (2549). โปรแกรมแปลและช่วยสอนภาษามือ. ใน **การประชุมวิชาการเทคโนโลยี และนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน.** (หน้า 612-616). ขอนแก่น: คลังนานาธรรมวิทยา.

ทีมงานสมาร์ทเลิร์นนิ่ง. (2552). **เซนเซอร์ ทรานดิวเซอร์และการใช้งาน.** กรุงเทพฯ: สมาร์ทเลิร์นนิ่ง.

ธเนศ อุไรเรืองพันธ์, & ดารณี หอมดี. (2549). การสำรวจการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้ภาษามือ. ใน **การประชุมวิชาการวิทยาการคอมพิวเตอร์และวิศวกรมคอมพิวเตอร์แห่งชาติครั้งที่ 10.** (หน้า 168-175). ขอนแก่น: คลังนานาธรรมวิทยา.

ปฏิวิชช์ สาระพิน. (2551). **การประยุกต์ใช้พันธุกรรมคอมพิวเตอร์ (Genetic algorithm) ในการปรับเทียบแบบจำลอง QUAL2Kw เพื่อประเมินภาระมลพิษในลำน้ำลำตะคอง จังหวัดนครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสารสนเทศสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

ประทีป โภคะกุล. (บรรณาธิการ). (2544). **คู่มือแนวทางการประเมินการสูญเสียสมรรถภาพทางกายและจิต ฉบับปรับปรุง (2).** กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนเงินทดแทน สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม.

พัฒนะ พงศ์จริยา. (2545). **การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการจำลองตลาดซื้อขายไฟฟ้า.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกร์มหาวิทยาลัย.

มูลนิธิพัฒนาคนพิการไทย. [ม.ป.ป.]. **บัญชีศัพท์ภาษามือเรียงตามตัวอักษร ก – ฮ.** ค้นเมื่อ 12 กรกฎาคม 2552. จาก http://www.tddf.or.th/tddf/signlang/signlist.php

วุฒิชัย วิศาลคุณา. (2546). **ระบบจดจำภาษามือไทยโดยใช้ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วรพงศ์ ตั้งศรีรัตน์. (2548). **เซนเซอร์และทรานสดิวเตอร์: ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้ในระบบการวัดและระบบควบคุม.** กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม. [ม.ป.ป.]. **สื่อการสอนภาษามือไทย.** ค้นเมื่อ 28 กันยายน 2552, จาก http://signlang.psru.ac.th

สุรเชษฐ์ เถื่อนแก้วสิงห์. (2552). **การใช้โครงข่ายประสาทเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการพยากรณ์ผลผลิตอ้อย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาทิตย์ ศรีแก้ว. [ม.ป.ป.]. **ฟัซซีลอจิก.** ค้นเมื่อ 12 กรกฎาคม 2552. จาก http://eesut.com/home/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=8:p&download=44:&Itemid=146

Anantaporn Srisawat. [n.d.]. **Genetic Algorithms.** Retrieved June 4, 2009, from http://www.kmitl.ac.th/~ksananta/Chapter8.pdf

Clifford, M., & Gomez, L. (2005). **Measuring tilt with low-g accelerometers.** Retrieved February 23, 2009. from http://www.freescale.com/files/sensors/doc/app_note/AN3107.pdf

Castillo, O., Kacprzyk, J., & Pedrycz, W. (2010). **Soft computing for intelligent control and mobile robotics.** Heidelberg: Springer Berlin.

Dipietro, L., Sabatini, A. M., & Dario, P. (2008). A survey of glove-based systems and their applications [Electronic version]. **IEEE transactions on systems, man, and cybernetics,** 38(4), 461-482.

Ferrazzin, D., Di Domizio G., Salsedo, F., Avizzano, C. A., Tecchia, F., & Bergammasco, M. (1999). Hall effect sensor-based linear transducer. In **Proceedings of the 1999 IEEE international workshop on robot and human interaction pisa.** (pp. 219-224). Italy: IEEE.

Genevieve, B. O. [n.d.]. **Maple example of activation functions.** Retrieved June 3, 2009, from http://www.willamette.edu/~gorr/classes/cs449/Maple/ActivationFuncs/active.html

Gilbert, J., & Dewey, R. (2002). **Application information: linear hall-effect sensors ICS.** Retrieved May 11, 2009, from http://www.allegromicro.com/en/Products/Design/an/an27702.pdf

Hagan, M. T., Demuth, H. B., & Beale, M. H. (1996). **Neural network design.** Boston: PWS.

Kuroda, T., Tabata, Y., Goto, A., Ikuta, H. & Murakami, M. (2004). Consumer price data-glove for sign language recognition. In **Proceeding of the 5th international conference on disability, virtual reality and associated technologies.** (pp. 253-258). United Kingdom: [n.p.].

Liu, H. H. S., & Pang, G. K. H. (2001). Accelerometer for mobile robot positioning [Electronic version]. **IEEE transactions on industry applications,** 37(3), 812-819.

Mehdi, S. A. & Khan, Y. N. (2002). Sign language recognition using sensor gloves. In **Proceeding of the 9th international conference on neural information processin.** (pp. 2204-2206). Singapore: [n.p.].

Nyce, D. S. (2004). **Linear position sensors theory and application.** New Jersey: John Wiley & Sons.

Qiao, D., Pang, G. K. H., Kit, M. M., & Lam, D. C. C. (2008). A new PCB-based low-cost accelerometer for human motion sensing. In **Proceeding of the IEEE international conference on automation and logistics.** (pp. 56-60). Qingdao: IEEE.

Seifert, K., & Camacho, O. (2007). **Implementing positioning algorithms using accelerometers.** Retrieved February 23, 2009. from http://www.freescale.com/files/sensors/doc/app_note/AN3397.pdf

Sparknotes. (2009). **Neuropsychology.** Retrieved May 11, 2009, from http://sparkcharts.sparknotes.com/psychology/psychology/section2.php

Stewart A. R. [n.d.]. **Development of a Neural Network Model for Dissolved Oxygen in the Tualatin River, Oregon.** Retrieved May 11, 2009. from http://smig.usgs.gov/SMIG/features_0902/tualatin_ann.html

Sturman, D. J., & Zeltzer, D. (1994). A survey of glove-based input [Electronic version]. **Computer graphics and application, IEEE,** 14(1), 30-39.

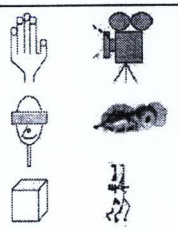
Tuck, K. (2007). **Tilt sensing using linear accelerometers.** Retrieved February 23, 2009. from http://www.freescale.com/files/sensors/doc/app_note/AN3461.pdf

Vamplew, P., & Adams, A. (1996). **Recognition of sign language gestures using neural networks.** Ph.D. Dissertation, Department of electrical engineering and computer science, University of Tasmania.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลเพิ่มเติมของถุงมืออิเล็กทรอนิกส์

ตารางที่ ก.1 คุณสมบัติและคุณลักษณะต่าง ๆ ของถุงมืออิเล็กทรอนิกส์

อุปกรณ์	เทคโนโลยี	เซนเซอร์	ความแม่นยำเซนเซอร์	อัตราเร็ว/วินาที	การเชื่อมต่อ	การประยุกต์ใช้งาน	ข้อดี/ข้อด้อย
CyberGlove (Stanford University, Virtual Technology)	Piezo-resistive	18, 22	8 bit	150 Hz ไม่มีการกรองสัญญาณ 112 Hz มีการกรองสัญญาณ	Serial		ประกอบด้วย เซนเซอร์ตรวจจับการโค้งงอจำนวนมาก, มีรุ่นทำงานแบบไร้สาย, บันทึกข้อมูลจากนิ้วหัวแม่มือได้ยาก, ต้องมีการปรับแต่งค่าสำหรับผู้ใช้งานใหม่, ราคาแพง
5DT, 16DT Glove (5DT)	Fiber optic (proprietary technology	5(5DT) 14(16DT)	8 bit	200 Hz (5DT) 100Hz (16DT)	Serial, USB, adapter available		ตอบสนองการทำงานทั้งซ้ายและขวา, ทำงานแบบไร้สาย, ราคาเหมาะสม, ประกอบด้วยเซนเซอร์ตรวจจับการโค้งงอ16 เซนเซอร์/1 ข้าง, ต้องมีการปรับแต่งค่าสำหรับผู้ใช้งานใหม่

ตารางที่ ก.1 คุณสมบัติและคุณลักษณะต่างๆ ของถุงมืออิเล็กทรอนิกส์ (ต่อ)

อุปกรณ์	เทคโนโลยี	เซนเซอร์	ความแม่นยำเซนเซอร์	อัตราเร็ว/วินาที	การเชื่อมต่อ	การประยุกต์ใช้งาน	ข้อดี/ข้อด้อย
Pinch Glove (University of Central Florida, Fakespace Labs Inc)	Electrical contacts	7	1 bit	N/A	Serial		รองรับท่าทางมากกว่า 1000 ท่า, ไม่ต้องปรับแต่งค่าก่อนใช้งาน, รองรับมือที่มีขนาดแตกต่างกัน, ไม่มีการบันทึกค่าขององศา
Didjiglove (Didjiglove Pty Ltd)	Capacitive sensor	10	10 bit	200 Hz	Serial		สามารถใช้งานร่วมกับโปรแกรม 3D Studio MAX และ MAYA ได้ทั้งสองมือ, ต้องมีการปรับแต่งค่า

ตารางที่ ก.1 คุณสมบัติและคุณลักษณะต่าง ๆ ของถุงมืออิเล็กทรอนิกส์ (ต่อ)

อุปกรณ์	เทคโนโลยี	เซนเซอร์	ความแม่นยำเซนเซอร์	อัตราเร็ว/วินาที	การเชื่อมต่อ	การประยุกต์ใช้งาน	ข้อดี/ข้อด้อย
StrinGlove	magnetic	24	12 bit	30Hz	Serial		สามารถความสะอาดได้ (เซนเซอร์ถอดออกได้) , ถูกออกแบบมาให้สะดวกต่อการสวมใส่โดยมี 3 ขนาดให้เลือก, ใช้ระบบ DSP-base ในการจดจำท่ามือ, เซนเซอร์เสียหายได้ง่าย, ผู้ใช้งานใหม่ต้องมีการปรับแต่งค่าก่อนใช้งาน

(Dipietro et al., 2008)

หมายเหตุ

ภาษามือ

Analysis of motor performance

ระบบเสมือนจริง

การควบคุมหุ่นยนต์

ความบันเทิง

แบบจำลอง 3 มิติ

ภาคผนวก ข
ตรรกศาสตร์คลุมเครือ

1. ตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy logic)

ทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความคลุมเครือ ซึ่งไม่สามารถแยกเป็นกลุ่มออกจากกันได้อย่างชัดเจนด้วยตรรกศาสตร์แบบธรรมดา (Classical logic) ในลักษณะถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ ศูนย์หรือหนึ่งเป็นต้น ตัวอย่างเช่นข้อมูลเด็กทารกอยู่ในช่วงอายุเท่าใด อาจอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 ปีหรือช่วงระหว่าง 0 ถึง 2 ปี ข้อมูลเหล่านี้ถูกเรียกว่า "ฟัซซีเซต" (Fuzzy set)

1.1 ความหมายของตรรกศาสตร์คลุมเครือ

ตรรกศาสตร์คลุมเครือถูกนำเสนอโดย Lotfi Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 เป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่า ทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งมีความแน่นอนเท่านั้น แต่มีหลายสิ่งหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน (Uncertain) อาจเป็นสิ่งที่คลุมเครือ (Fuzzy) ไม่ใช่ชัดเจน (Exact) ตัวอย่างของความไม่แน่นอนเช่นช่วงของอุณหภูมิแบ่งออกเป็น เย็น อุ่นและร้อน แต่สำหรับการตัดสินว่าอุณหภูมิร้อนหรืออุ่นอยู่ในช่วงใดนั้นไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจน โดยอุณหภูมิอุ่นอาจจะถูกตีความว่าอยู่ในช่วง 30 ถึง 40 อาศาหรือ 35 ถึง 45 องศาและอุณหภูมิร้อนอยู่ในช่วง 45 องศาหรือ 50 องศาขึ้นไป

ซึ่งตรรกศาสตร์คลุมเครือเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินข้อมูลที่ไม่แน่นอนแบบมีความยืดหยุ่น ใช้หลักเหตุผลที่เลียนแบบความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์และมีลักษณะที่ดีกว่าตรรกะแบบเท็จจริง (Boolean logic) คือ สามารถตัดสินข้อมูลในส่วนความจริง (Partial true) ได้โดยการกำหนดค่าระดับความเป็นสมาชิก (Degree of membership) ซึ่งให้ระดับความเป็นสมาชิกอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดยค่าศูนย์ยังคงแทนความไม่เป็นสมาชิกของกลุ่มค่าหนึ่งแทนความเป็นสมาชิกของกลุ่มและค่าที่อยู่ระหว่างศูนย์กับหนึ่งแสดงระดับความเป็นสมาชิกของกลุ่มจากน้อยไปมากตามลำดับ

1.2 ข้อดีของตรรกศาสตร์คลุมเครือ

มีลักษณะเด่นหลายอย่าง ทำให้มีการนำเอาตรรกศาสตร์มาประยุกต์ใช้มากมาย ข้อดีสามารถสรุปได้พอสังเขปดังนี้ (อาทิตย์ ศรีแก้ว, ม.ป.ป.)

1.2.1 เป็นระบบที่มีความเสถียรภาพสูง ไม่จำเป็นต้องใช้งานกับระบบที่มีอินพุตที่มีค่าแน่นอนหรือปราศจากสัญญาณรบกวน กล่าวคือระบบสามารถรองรับอินพุต ที่มีความคลุมเครือได้อย่างหลายหลาย

1.2.2 ประมวลผลด้วยการใช้กฎที่กำหนดหรือนิยามด้วยผู้ใช้หรือผู้สร้างระบบ ซึ่งก็คือผู้เชี่ยวชาญ ดังนั้นจึงเป็นการสะดวกในการปรับแต่งระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

1.2.3 ไม่มีข้อจำกัดของจำนวนอินพุตหรือเอาท์พุต ทำให้การออกแบบระบบสามารถทำได้หลากหลาย สามารถใช้ตัวตรวจจับที่ไม่มีความแม่นยำมากนักและมีราคาถูกได้

พร้อม ๆกันหลาย ๆตัว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบในขณะที่ความยุ่งยากและราคารวมของระบบไม่เพิ่มขึ้น

1.2.4 มีโครงสร้างที่สามารถแบ่งแยกเป็นหน่วยประมวลผลย่อยได้ ทำให้ได้ระบบที่มีการกระจายการทำงาน ง่ายต่อการดูแลและปรับปรุงแก้ไข

1.2.5 สามารถใช้กับงานที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) ได้ ทำให้ลดภาระการคำนวณหาแบบจำลองระบบทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน

1.3 ฟัซซีเซต (Fuzzy set)

ฟัซซีเซต คือ การกำหนดระดับความเป็นสมาชิกให้กับเซตของข้อมูล โดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 ตัวอย่างเช่นฟัซซีเซตประกอบด้วยทุก ๆคน ซึ่งแต่ละคนจะมีระดับของความเป็นสมาชิกของเซตคนสูง ที่แตกต่างกันไปตามลำดับความสูงของแต่ละบุคคลดังตารางที่ ข.1 จากตารางจะเห็นได้ความนาย ก. มีความสูง 185 เซนติเมตรจึงมีระดับความเป็นสมาชิกของคนสูงเท่ากัน 1 ในทางตรงข้ามนาย ช. มีความสูง 142 เซนติเมตรจะได้ระดับความเป็นสมาชิกเท่ากับ 0 สำหรับคนที่มีความสูงระหว่าง 142 ถึง 185 เซนติเมตรจะมีระดับความเป็นสมาชิกแตกต่างกันไปตามความสูงของแต่ละบุคคล ทำให้สามารถพิจารณาได้ว่าบุคคลเหล่านี้มีความสูงในระดับหนึ่ง ซึ่งต่างจากการพิจารณาด้วยตรรกะแบบเท็จจริงที่กลุ่มที่เป็นคนสูงจะต้องมีความสูงมากกว่า 170 เซนติเมตรเท่านั้นจึงจะถือว่าเป็นคนสูง

ตารางที่ ข.1 ระดับความเป็นสมาชิกของเซตคนสูง

ชื่อ	ความสูง (ซม.)	ระดับความเป็นสมาชิก	
		ชัดเจน (Crisp)	ฟัซซี (Fuzzy)
นาย ก.	185	1	1.00
นาย ข.	180	1	1.00
นาย ค.	170	1	0.95
นาย ง.	165	0	0.86
นาย จ.	160	0	0.50
นาย ฉ.	155	0	0.43
นาย ช.	150	0	0.28
นาย ช.	142	0	0.00

(อาทิตย์ ศรีแก้ว, ม.ป.ป.)

ฟัซซีเป็นเซตที่มีขอบเขตแบบคลุมเครือ กำหนดให้ U เป็นเซตเอกภพสัมพัทธ์และมีองค์ประกอบ คือ x เซตชัดเจน A (Crisp set) นิยามได้ด้วยฟังก์ชัน $v_A(x)$ เรียกว่า "ฟังก์ชันคุณลักษณะของเซต A" (Characteristic function) ดังนี้

$$v_A(x) : U \rightarrow \{0,1\} \qquad (ข.1)$$

โดยที่

$$v_A(x) = \begin{cases} 1 \text{ ถ้า } x \in A \\ 0 \text{ ถ้า } x \notin A \end{cases}$$

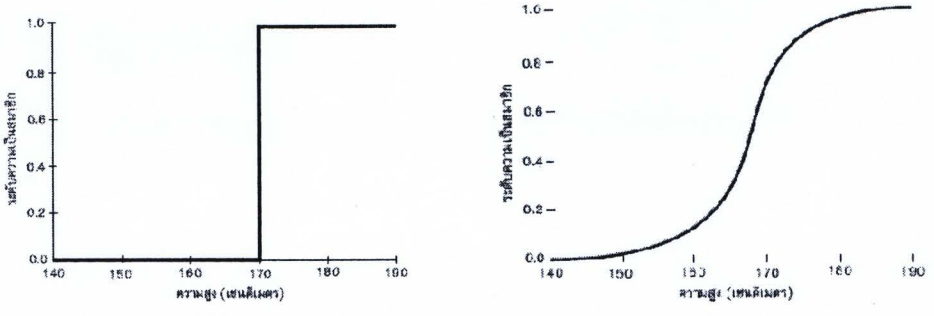
ฟังก์ชันข้างต้นเป็นการส่งค่าจากเอกภพสัมพัทธ์ไปยังค่า 0 และ 1 สำหรับ x ใด ๆ ในเอกภพสัมพัทธ์ U สำหรับฟัซซีเซตสามารถนิยามฟังก์ชัน $f_A(x)$ เรียกว่า "ฟังก์ชันสมาชิก" (Membership function) ของเซต A ได้ดังนี้

$$F_A(x) : U \rightarrow [0,1] \qquad (ข.2)$$

โดยที่

$$f_A(x) = \begin{cases} 1 \text{ ถ้า x อยู่ในเซต A ทั้งหมด} \\ 0 \text{ ถ้า x ไม่อยู่ในเซต A เลย} \\ (0,1) \text{ ถ้า x อยู่ในเซต A บางส่วน } (0 < f_A(x) < 1) \end{cases}$$

ค่า [0, 1] คือ ค่าระดับความเป็นสมาชิกของ x ในเซต A ฟังก์ชันสมาชิกเป็นตัวแทนของตัวแปรในระบบ ดังนั้นการกำหนดฟังก์ชันสมาชิกถือว่าเป็นสิ่งแรกสำหรับการออกแบบระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ การกำหนดฟังก์ชันสมาชิกจำเป็นต้องให้ผู้ที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญเกี่ยวกับข้อมูลเป็นผู้ระบุลำดับความเป็นสมาชิกของเซต ซึ่งเป็นการนำเอาความรู้ของผู้เชี่ยวชาญใส่ไว้ในระบบและทำให้ระบบสามารถตัดสินข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

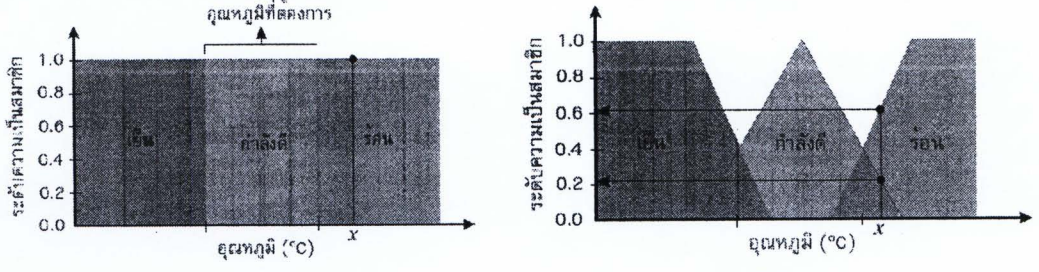


(ก) (ข)

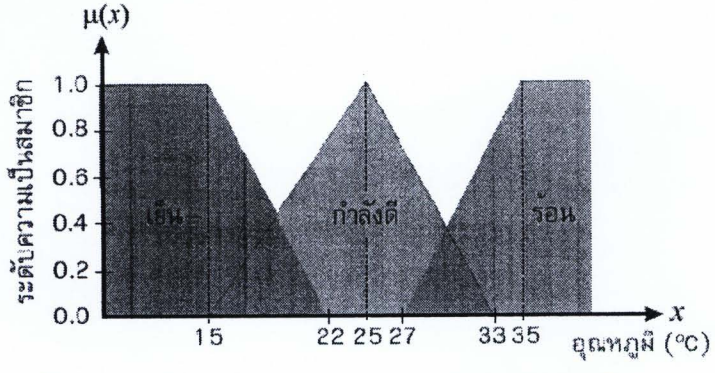
ภาพที่ ข.1 (ก) เซตคนสูงแบบชัดเจน (ข) เซตคนสูงแบบฟัซซี (อาทิตย์ ศรีแก้ว, ม.ป.ป.)

1.4 ฟังก์ชันสมาชิก (Membership function)

เมื่อพิจารณาฟังก์ชันสมาชิกเปรียบเทียบระหว่างเซตชัดเจนกับฟัซซีเซต เห็นได้ว่าเซตชัดเจนจะมีการแบ่งขอบเขตของเซตอย่างชัดเจน แต่สำหรับฟัซซีเซตขอบเขตของเซตจะมีการซ้อนทับกันระหว่างสองเซตหรือมากกว่าสองเซตดังภาพที่ ข.2 ฟังก์ชันสมาชิกมีความสำคัญต่อระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ ซึ่งจะทำให้ระบบสามารถจำลองความรู้ของผู้เชี่ยวชาญและสามารถพิจารณาความสัมพันธ์ของข้อมูลระหว่างเซตได้ โดยฟังก์ชันสมาชิกสามารถกำหนดได้หลายรูปแบบ เช่น สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมคางหมู เอ็กโปรเนนเชียล เป็นต้น ตัวอย่างเช่นฟังก์ชันสมาชิกของอุณหภูมิแบบสามเหลี่ยมดังภาพที่ ข.2 (ข) ความกว้างของกราฟ คือ ช่วงความเป็นสมาชิกของเซต ความชันของกราฟ คือ ความเป็นฟัซซีและความสูงของกราฟ คือ ระดับความเป็นสมาชิกมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1



ภาพที่ ข.2 ฟังก์ชันสมาชิก (ก) เซตชัดเจน (ข) เซตฟัซซี (อาทิตย์ ศรีแก้ว, ม.ป.ป.)



ภาพที่ ข.3 ฟังก์ชันสมาชิกของอุณหภูมิ (อาทิตย์ ศรีแก้ว, ม.ป.ป.)

ฟังก์ชันสมาชิกของอุณหภูมิแบบสามเหลี่ยมสามารถจำลองความสัมพันธ์ของขอบเขตความเป็นสมาชิกของเซต A ในรูปแบบฟังก์ชันเชิงเส้นได้ดังสมการที่ ข.3

$$A = \{u_A(x_1)/x_1,\ u_A(x_2)/x_2,\ \ldots,\ u_A(x_N)/x_N\} \qquad (ข.3)$$

จากสมการกว่าได้ว่า x_N จะมีระดับความเป็นสมาชิกเท่ากับ $u_A(x_N)$ จากภาพที่ ข.3 สามารถเขียนความสัมพันธ์ของฟังก์ชันสมาชิกของเย็น กำลังดี และร้อนได้ดังนี้

เซตเย็น = {1/15, 0.5/19, 0/22}

เซตกำลังดี = {0/15, 1/25, 0/33}

เซตร้อน = {0/27, 0.5/29, 1/35}

1.5 ตัวแปรภาษา (Linguistic Variable)

ตัวแปรภาษาเป็นตัวแปรที่แทนภาษาพูดของมนุษย์ที่ใช้ในการกำหนดกฎเกณฑ์ให้กับตรรกศาสตร์คลุมเครือ ถ้า x เป็นค่าอุณหภูมิของห้องที่ว่า "อุณหภูมิร้อน" จะได้ว่า x ประกอบด้วยตัวแปรฟัซซี คือ อุณหภูมิและค่าตัวแปร คือ ร้อน ซึ่งค่าของตัวแปรภาษาต้องสามารถใช้แทนเอกภพสัมพัทธ์ของค่าตัวแปรนั้นได้ เช่น ตัวแปรภาษา "อุณหภูมิ" ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 100 องศามีค่าฟัซซีเซตดังนี้ เย็นมาก เย็น กำลังดี ร้อนและร้อนมาก โดยครอบคลุมและสัมพันธ์กับค่าเชิงตัวเลขของตัวแปรภาษา เพื่อนำค่าเชิงตัวเลขไปประมวลผลต่อไป

1.6 ปฏิบัติการในฟัซซีเซต (Fuzzy set operations)

ตัวปฏิบัติการ (Operation) จะบอกถึงระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรในเซต ซึ่งประกอบด้วย 4 แบบดังนี้

1.6.1 ส่วนเติมเต็ม (Complement)

ส่วนเติมเต็มของเซต A คือ $\overline{A}$ ซึ่งมีค่าระดับความเป็นสมาชิกดังนี้

$$u_{\overline{A}}(x) = 1 - u_A(x) \qquad (ข.4)$$

1.6.2 เซตย่อย (Subset)

ค่าระดับความเป็นสมาชิกของเซตย่อยของ A จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าระดับความเป็นสมาชิกในเซต A ดังตัวอย่าง

ร้อน = {0/27, 0.5/31, 1/35}

ร้อนมาก = {0/27, 0.25/31, 1/35}

จะได้ว่า ร้อนมาก $\subset$ ร้อน

1.6.3 อินเตอร์เซกชัน (Intersection)

อินเตอร์เซกชันระหว่างเซต A และเซต B คือ $A \cap B$ ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$u_{A\cap B}(x) = u_A(x) \cap u_B(x) \quad (ข.5)$$

$$= \min[u_A(x), u_B(x)] \quad (ข.6)$$

กำลังดี = {0/15, 1/25, 0.72/27, 0.4/30, 0/33, 0/35}

ร้อน = {0/15, 0/25, 0/27, 0.4/30, 0.75/33, 0/35}

กำลังดี ∩ ร้อน = {0/15, 0/25, 0/27, 0.4/30, 0/33, 0/35}

1.6.4 ยูเนียน (Union)

ยูเนียนระหว่างเซต A และเซต B คือ AUB ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$u_{A\cup B}(x) = u_A(x) \cup u_B(x) \quad (ข.7)$$

$$= \max[u_A(x), u_B(x)] \quad (ข.8)$$

กำลังดี = {0/15, 1/25, 0.72/27, 0.4/30, 0/33, 0/35}

ร้อน = {0/15, 0/25, 0/27, 0.4/30, 0.75/33, 0/35}

กำลังดี ∪ ร้อน = {0/15, 1/25, 0.72/27, 0.4/30, 0.75/33, 0/35}

1.7 กฎของฟัซซี (Fuzzy rule)

กฎของฟัซซีเป็นวิธีการนำเอาความรู้ของมนุษย์มาใส่ในระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ กฎของฟัซซี คือ กลุ่มของประโยคเงื่อนไขถ้า-แล้ว (IF-THEN) ในรูปแบบดังต่อไปนี้ ถ้า x = A แล้ว y = B (IF x = A THEN y = B) โดยที่ x และ y เป็นตัวแปรภาษา ส่วน A และ B เป็นค่าเชิงภาษา โดยปกติแล้วกฎของฟัซซีจะครอบคลุมค่าของตัวแปรที่อยู่ในเงื่อนไข IF ยกตัวอย่างเช่นระบบควบคุมอุณหภูมิที่เป็นไปได้ คือ เย็น กำลังดีและร้อน ดังนั้นเงื่อนไขสามารถแสดงได้ดังนี้

Rule1:

IF temp is cold THEN output is heater

Rule2:

IF temp is hot THEN output is cooler

Rule3:

IF temp is good THEN output is no change

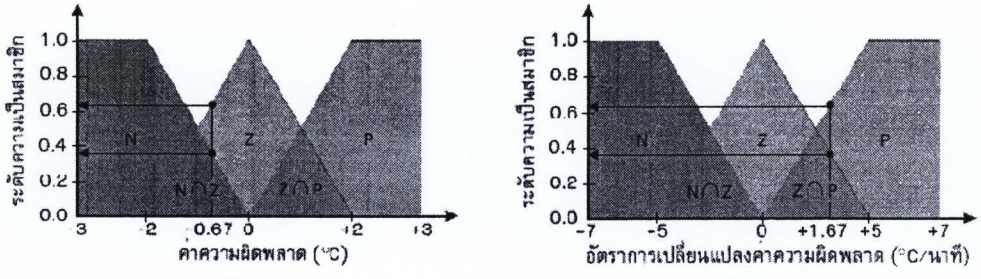
1.8.1 Mamdani-style inference

ในปี ค.ศ. 1975 ศาสตราจารย์ Ebrahim Mamdani แห่งมหาวิทยาลัยลอนดอนได้นำเสนอการควบคุมเครื่องจักรไอน้ำและหม้อต้มไอน้ำ (boiler) ด้วยวิธีการอนุมานฟัซซีแบบ Mamdani ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

(1) การทำฟัซซี (Fuzzification)

การทำฟัซซีเป็นการคำนวณหาค่าระดับความเป็นสมาชิกของเซตสำหรับตัวแปรเชิงภาษาของตัวแปรเชิงตัวเลขของอินพุตด้วยฟังก์ชันสมาชิกและกฎของฟัซซี การคำนวณหาค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุตดังภาพที่ ข.4(ก) สามารถพิจารณาได้ว่าที่อุณหภูมิ -0.67 องศามีค่าอยู่ในเซตลบ (N) และเซตศูนย์ (Z) ของฟังก์ชันสมาชิกค่าความผิดพลาด โดยมีระดับความเป็นสมาชิกของเซตลบเท่ากับ 0.36 และมีระดับความเป็นสมาชิกของเซตศูนย์เท่ากับ 0.62 เมื่อพิจารณาค่าระดับความเป็นสมาชิกทั้งสองค่าจะเห็นได้ว่าที่ -0.67 องศามีระดับความเป็นสมาชิกของเซตศูนย์มากกกว่าเซตลบ จากภาพที่ ข.4(ข) สามารถพิจารณาได้ว่าที่อุณหภูมิ 1.67 องศา/นาทีมีค่าอยู่ในเซตศูนย์และเซตบวก (P) ของฟังก์ชันค่าความผิดพลาด โดยมีระดับความเป็นสมาชิกของเซตทั้สองเท่ากับ 0.35 และ 0.64 ตามลำดับ โดยมีความเป็นเซตบวกมากกกว่าเซตศูนย์ จากการพิจารณาข้อมูลทั้งสองสามารถสรุปในรูปแบบฟังก์ชันสมาชิกได้ดังนี้

$$U_{(Error=N)}(-0.67) = 0.36$$
$$U_{(Error=Z)}(-0.67) = 0.62$$
$$U_{(Error=P)}(-0.67) = 0.00$$
$$U_{(ErrorRate=N)}(-0.67) = 0.00$$
$$U_{(ErrorRate=Z)}(-0.67) = 0.35$$
$$U_{(ErrorRate=P)}(-0.67) = 0.64$$



(ก) (ข)

ภาพที่ ข.4 การทำฟัซซี (ก) ค่าอินพุต -0.67 องศา (ข) ค่าอินพุต 1.67 องศา (อาทิตย์ ศรีแก้ว, ม.ป.ป.)

(2) การประเมินค่ากฎของฟัซซี (Fuzzy rule evaluation)

เมื่อได้ค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุตทั้งหมดแล้ว ขั้นตอนถัดมา คือ การประเมินค่าระดับความเป็นสมาชิกของอินพุตด้วยกฎของฟัซซี (IF-THEN) โดย IF คือ การประเมินค่ากฎตามเงื่อนไขและ THEN คือ จุดหมายของการประเมินตามเงื่อนไขจากอินพุต ซึ่งอาจจะต้องมีการใช้กฎพร้อมกันมากกว่าหนึ่งกฎเนื่องจากระบบมีค่าอินพุตมากกว่าหนึ่งค่า เงื่อนไขของแต่ละอินพุตจะถูกประเมินค่าด้วยตัวกระทำของฟัซซีเซต เช่น AND (สมการที่ ข.8) หรือ OR (สมการที่ ข.6) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์สุดท้ายเป็นค่าตัวเลขที่สามารถนำไปประเมินค่าในส่วน THEN ซึ่งจะถูกนำไปประเมินเพื่อหาค่าระดับความเป็นสมาชิกของเอาท์พุตต่อไป

1 IF (Error=N) AND (ErrorRate=N) THEN Output=C
IF (0.36 AND 0.00) = 0.00 THEN Output=C
2 IF (Error=Z) AND (ErrorRate=N) THEN Output=H
IF (0.62 AND 0.00) = 0.00 THEN Output=H
3 IF (Error=P) AND (ErrorRate=N) THEN Output=H
IF (0.00 AND 0.00) = 0.00 THEN Output=H
4 IF (Error=N) AND (ErrorRate=Z) THEN Output=C
IF (0.36 AND 0.35) = 0.35 THEN Output=C
5 IF (Error=Z) AND (ErrorRate=Z) THEN Output=NC
IF (0.62 AND 0.35) = 0.35 THEN Output=NC
6 IF (Error=P) AND (ErrorRate=Z) THEN Output=H
IF (0.00 AND 0.35) = 0.00 THEN Output=H
7 IF (Error=N) AND (ErrorRate=P) THEN Output=C
IF (0.36 AND 0.64) = 0.36 THEN Output=C
8 IF (Error=Z) AND (ErrorRate=P) THEN Output=C
IF (0.62 AND 0.64) = 0.62 THEN Output=C
9 IF (Error=P) AND (ErrorRate=P) THEN Output=H
IF (0.00 AND 0.64) = 0.00 THEN Output=H

จากตัวอย่างระบบควบคุมอุณหภูมิข้างต้นซึ่งมีกฎทั้งหมด 9 ข้อ โดยมีเงื่อนไขของอินพุตที่หนึ่ง Error = -0.67 องศา มีระดับความเป็นสมาชิกของเซตลบและเซตศูนย์ เงื่อนไขนี้มีค่ามากกว่าศูนย์และอยู่ในกฎข้อที่ 1 2 4 5 7 และ 8 ในขณะที่เงื่อนไขอินพุตที่สอง ErrorRate = 1.67 องศา/นาที มีระดับความเป็นสมาชิกของเซตศูนย์และบวก โดยอยู่ในเงื่อนไข

ที่ไม่เท่ากับศูนย์ตรงกับกฎข้อที่ 4 5 6 7 8 และ 9 เมื่อดำเนินการด้วยกับเงื่อนไขทั้งสองด้วยตัวปฏิบัติการ AND แล้วจะได้ว่าเงื่อนไขทั้งสองมีค่าไม่เป็นศูนย์และอยู่ในกฎข้อที่ 4 5 7 และ 8

(3) การรวมกฎ (Aggregation)

เมื่อดำเนินการประเมินกฎทั้งหมดแล้ว กฎที่ให้ผลลัพธ์เท่ากับศูนย์จะถูกรวมเข้าด้วยกันโดยการรวมผลลัพธ์ของฟังก์ชันสมาชิกที่ผ่านการประเมินค่าทั้งหมดด้วยกันเป็นเซตเดียวสำหรับแต่ละตัวแปรเอาท์พุตดังภาพที่ ข.6

(4) การทำดีฟัซซี (Defuzzification)

การทำดีฟัซซี คือ ขั้นตอนในการแปลงค่าเอาท์พุตที่ได้จากขั้นตอนการรวมกฎให้มาอยู่ในรูปของค่าชัดเจนที่สามารถนำไปใช้งานจริงได้ โดยวิธีการดีฟัซซีมีหลายแบบ แต่วิธีที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย คือ วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง (Centroid หรือ Center of gravity, COG) ค่า COG ของฟัซซีเซต A ในช่วง [a, b] สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

$$COG = \frac{\int_a^b u_A(x)xdx}{\int_a^b u_A(x)dx} \qquad (ข.9)$$

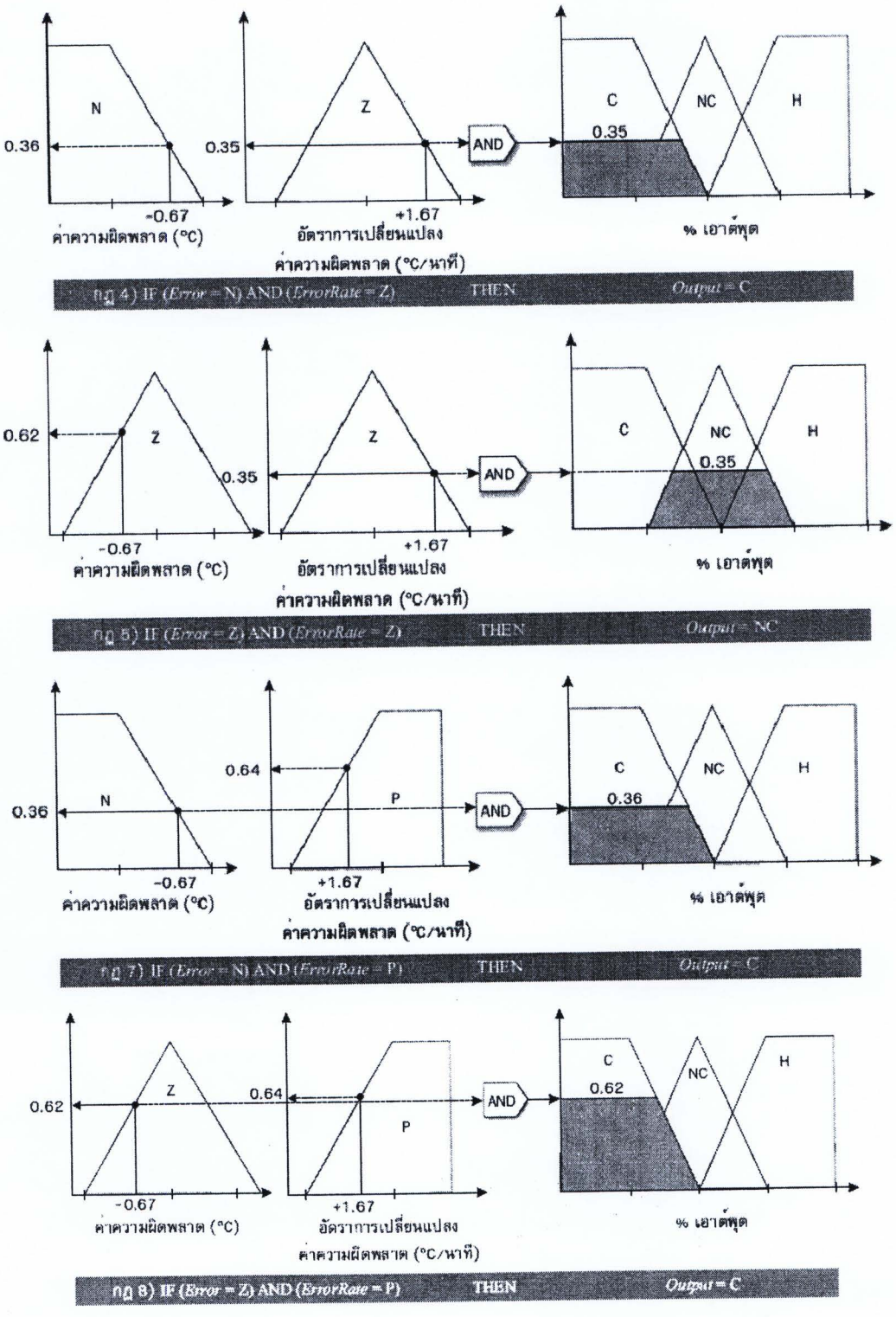
ในทางปฏิบัติการคำนวณ COG สามารถหาได้สมการข้างล่างนี้

$$COG = \frac{\sum_{x=a}^{b} u_A(x)x}{\sum_{x=a}^{b} u_A(x)} \qquad (ข.9)$$

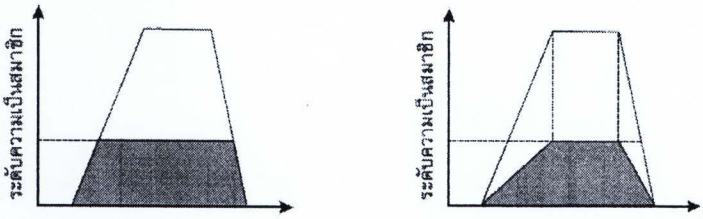
พิจารณาเอาท์พุตของระบบควบคุมอุณหภูมิดังภาพที่ ข.7 สามารถคำนวณค่า COG ได้ดังนี้

$$COG = \frac{(-100-83.33-66.67-50-33.33)\times 0.62+(-16.67+0+16.67+33.33)\times 0.35}{0.62+0.62+0.62+0.62+0.62+0.35+0.35+0.35+0.35} = -43.33$$

ค่าเอาท์พุตที่ได้จากการทำดีฟัซซีเท่ากับ -43.33 ให้ความหมายว่าระบบต้องเปิดเครื่องทำความเย็นที่ระดับร้อยละ 43.33

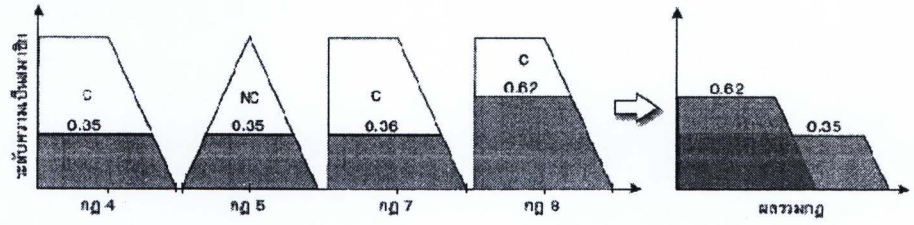


ภาพที่ ข.5 การอนุมานฟัซซีแบบ Mamdani (อาทิตย์ ศรีแก้ว, ม.ป.ป.)

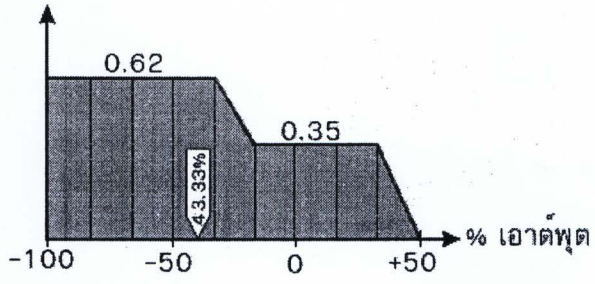


(ก) (ข)

ภาพที่ ข.6 การประเมินค่าฟังก์ชันสมาชิก (ก) วิธีตัดยอด (ข) วิธีปรับขนาด (อาทิตย์ ศรีแก้ว, ม.ป.ป.)



ภาพที่ ข.7 ผลการรวมกฎของ Error = -0.67 กับ ErrorRate = 1.67 (อาทิตย์ ศรีแก้ว, ม.ป.ป.)



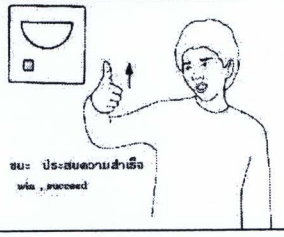
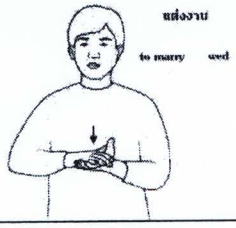
ภาพที่ ข.8 การทำดีฟัซซี (อาทิตย์ ศรีแก้ว, ม.ป.ป.)

ภาคผนวก ค
คำภาษามือไทย

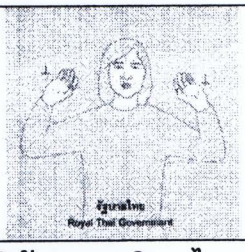
ตารางที่ ค.1 คำภาษามือไทยที่ใช้ในการทดลอง

ลำดับ	ความหมาย	ท่าทางของภาษามือ
1	กิน	
2	พ้นจากตำแหน่ง	
3	ถูกเรียก	
4	สัตว์	
5	อ่าน	
6	ออม	
7	ขอบคุณ	

ตารางที่ ค.1 คำภาษามือไทยที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

ลำดับ	ความหมาย	ท่าทางของภาษามือ
8	ชนะ ประสบความสำเร็จ	
9	แต่งงาน	
10	น้องชาย	
11	ป่วย เป็นไข้ ไม่สบาย	
12	อาสาสมัคร	
13	ชีวิต	
14	ตาบอด	

ตารางที่ ค.1 คำภาษามือไทยที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

ลำดับ	ความหมาย	ท่าทางของภาษามือ
15	รัฐบาลไทย	

(มูลนิธิพัฒนาคนพิการไทย, ม.ป.ป.)

ภาคผนวก ง
การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์

การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์

1. ธเนศ อุไรเรืองพันธ์, ดารณี หอมดี. (2549). **การสำรวจการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้ภาษามือ. ใน: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.** การประชมวิชาการวิทยาการคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ครั้งที่ 10, ขอนแก่น, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
2. Thanet Uriruangpun, Daranee Hormdee. (2008). **Low cost data glove for sign language recognition. In: India Habitat Centre.** Paper presented at The 1st International Congress on Pervasive Computing and Management, New Delhi, India.

การสำรวจการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้ภาษามือ
A Survey on Tool Development for Learning Sign Language

ธเนศ อุไรเรืองพันธ์ และ ดารณี หอมดี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
Email: thanet_uri@hotmail.com, darhor@kku.ac.th

บทคัดย่อ

การสื่อสารเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับมนุษย์ โดยเฉพาะโลกยุคโลกาภิวัตน์ที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารอยู่ตลอดเวลา โดยทั่วไปการสื่อสารที่คนเราใช้กันคือภาษาพูด แต่สำหรับคนพิการด้านการฟังและการพูดจะใช้ภาษามือซึ่งจะอาศัยท่าทาง ท่ามือของร่างกายในการสื่อสาร ทำให้คนทั่วไปเข้าใจได้ยาก ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาวิจัยซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ต่างๆ เพื่ออำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ภาษามือและลดช่องว่างในการสื่อสารระหว่างคนทั่วไปกับคนพิการด้านการฟังและการพูด บทความนี้นำเสนอเทคนิค จุดเด่นและจุดด้อยของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ภาษามือ ทั้งในและต่างประเทศ

คำสำคัญ: ภาษามือ, คนพิการ, การจดจำ, การสื่อสาร

Abstract

Communication is essential for man kind in globalization world where information exchanges at all the time. The common way of communication is spoken language. However, people with hearing and speaking difficulties use sign language whereas hand gesture tells the stories. This sign language is usually difficult to learn especially for normal people. For this reason, nowadays, there are a number of research and developments on software and tools to ease learning sign language. This will then decrease the communication gap between normal people and those with difficulties. This paper summarizes techniques, pros and cons of those research and developments via worldwide survey regarding learning sign language.

Keywords: Sign language, Disable people, Recognition, Communication

1. บทนำ

ปัจจุบันโลกมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วในทุกๆด้าน ทำให้ต้องมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้ข้อมูลข่าวสารที่ได้รับนั้นมีความถูกต้องและทันสมัย การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารจำต้องอาศัยการสื่อสารเป็นหลัก ซึ่งคนทั่วไปใช้ภาษาเขียนหรือภาษาพูดสำหรับติดต่อสื่อสาร แต่คนพิการด้านการฟังและการพูดจะอาศัยท่าทาง ท่ามือและสีหน้าประกอบกันเป็นภาษามือเพื่อใช้สำหรับสื่อสาร ดังนั้นคนทั่วไปที่ต้องการสื่อสารกับคนพิการด้านการฟังและการพูดจึงจำเป็นต้องเข้าใจความหมายของภาษามือหรือสื่อสารผ่านล่ามแปลภาษา โดยในแต่ละประเทศก็มีการกำหนดมาตรฐานการใช้งานภาษามือที่แตกต่างกัน ดังนั้นการที่คนทั่วไปจะศึกษาภาษามือจึงเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก จากความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีและการสนับสนุนจากรัฐบาลในแต่ละประเทศส่งผลให้มีงานวิจัยและพัฒนาซอฟต์แวร์หรืออุปกรณ์ เพื่อลดช่องว่างการสื่อสารระหว่างคนทั่วไปกับคนพิการด้านการฟังและการพูด บทความนี้จะนำเสนอเทคนิคการพัฒนาซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ เพื่อช่วยในการเรียนรู้หรือแปลภาษามือทั้งในและต่างประเทศ โดยหัวข้อที่ 2 เป็นการกล่าวถึงรายละเอียดของงานวิจัยที่

เกี่ยวข้อง ส่วนหัวข้อที่ 3 จะเป็นการเปรียบเทียบจุดเด่นและจุดด้อยพร้อมทั้งเสนอแนวทางในการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการเรียนรู้ภาษามือหรือแปลภาษามือ และท้ายสุดหัวข้อที่ 4 เป็นบทสรุป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

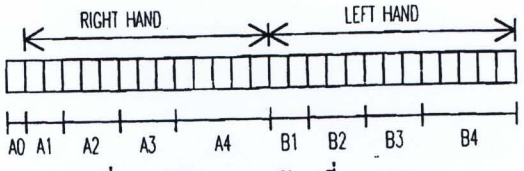
จากการสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องมือ อุปกรณ์หรือโปรแกรมที่ช่วยในการเรียนรู้และแปลภาษามือนั้น ได้นำเอาเทคโนโลยีทางด้านสารสนเทศ การสื่อสารและด้านอิเลคทรอนิกส์มารวมกันเพื่อเป็นสร้างนวัตกรรมในการช่วยเรียนรู้และแปลภาษามือ ดังนั้นบทความนี้จึงได้นำเสนอลักษณะของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องออกเป็น 3 ด้านได้แก่ ด้านซอฟต์แวร์ ด้านการประมวลผลภาพ และด้านฮาร์ดแวร์ โดยรายละเอียดแต่ละด้านดังนี้

2.1 ด้านซอฟต์แวร์

ในประเทศไทยได้มีการวิจัยและพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ เพื่ออำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ภาษามือ ซึ่งสื่อการสอนภาษามือไทยของสภาบันราชภัฏพิบูลสงคราม [12] ก็เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งในการพัฒนาซอฟต์แวร์ในรูปแบบของเว็บ เพื่อช่วยในการศึกษาภาษามือไทย โดยทำการเลือกคำที่ต้องการเรียนแล้วจะมีการแสดงภาพพร้อมเสียงผ่านทาง

2.1.1 ระบบพูดภาษามืออัตโนมัติ

คณะวิจัยจาก สจช.ได้เสนอระบบพูดภาษามืออัตโนมัติ [6] โดยมีหลักการทำงาน คือ จะทำการรับคำภาษาไทยไปหารหัสที่ตรงกันในพจนานุกรมที่บรรจุคำทั้งหมด 316 คำ เมื่อได้รหัสซึ่งบอกตำแหน่งและรูปแบบของแขน มือ และนิ้วมือ ระบบจะนำรหัสนั้นไปหาภาพในฐานข้อมูลรูปภาพ แล้วนำภาพที่ได้มาประกอบกันเป็นรูปภาษามือ การเก็บภาพในฐานข้อมูลจะไม่ทำการเก็บภาพที่มีความหมายตรงกับคำภาษาไทยโดยตรง แต่จะทำการเก็บภาพลักษณะท่าทางของแขน มือและนิ้วมือแทน และทำการออกแบบรหัสเพื่อบ่งบอกถึงลักษณะการเคลื่อนไหวแขน มือและนิ้วมือดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปแบบของรหัส (ที่มา: [6])

โดยบิตแรก (A0) แสดงจำนวนแขนที่ใช้ (A1, B1) จำนวน 2 บิตใช้บอกถึงรูปแบบของแขนซ้ายและขวาแบ่งออกเป็น 3 แบบ ส่วนรูปแบบของมือแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มแสดงด้วยรหัส 3 บิต (A2, B2) โดยในแต่ละกลุ่มจะมีรหัสในการบอกทิศทางของมือทั้งหมด 8 ทิศทาง ซึ่งใช้รหัส 3 บิต (A3, B3) และรหัสสำหรับบอกการกางหรืองอนิ้วแต่ละนิ้วอีก 5 บิต (A4, B4) ตัวอย่างผลลัพธ์ภาพภาษามือเป็นดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 ภาษามือคำว่า "หัว" (ที่มา: [6])

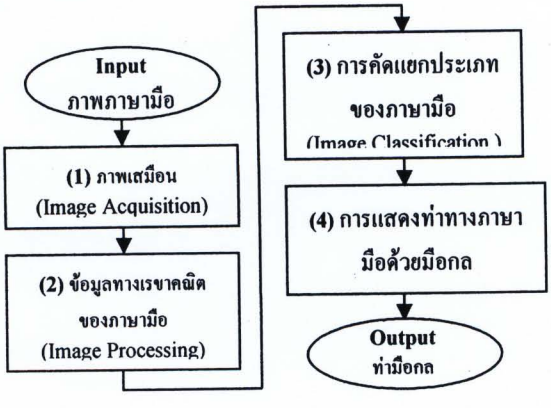
2.1.2 โปรแกรมพจนานุกรมภาษามือไทยบนระบบเวิลด์ไวด์เว็บ

โปรแกรมพจนานุกรมภาษามือไทยเวิลด์ไวด์เว็บ [7] ได้ใช้เว็บเป็นหน้าหลักสำหรับรับคำภาษาไทยจากผู้ใช้งาน ส่งไปค้นหาภาษามือที่ตรงกันในฐานข้อมูลซึ่งแบ่งออกเป็น ฐานข้อมูลภาษามือ ฐานข้อมูลเสียงและฐานข้อมูลภาพเคลื่อนไหว ถ้าระบบพบว่ามีภาษามือที่มีความหมายตรงหรือใกล้เคียงกับคำที่ได้รับมา ก็จะทำการส่งข้อมูลภาพเคลื่อนไหวและเสียงมาแสดงยังเครื่องผู้ใช้งาน ถ้าไม่พบว่ามีภาษามือที่ตรงกับคำก็จะแสดงผลว่าคำว่า "ไม่พบข้อมูลที่ค้นหา"

ระบบพัฒนาขึ้นจากภาษา PHP โดยใช้รวมกับฐานข้อมูล MySQL โดยฐานข้อมูลภาษามือจะแบ่งออกเป็นหมวดหมู่ตัวอย่างเช่น พยัญชนะ คำศัพท์เกี่ยวกับสี คำศัพท์เกี่ยวกับผักและผลไม้ อาชีพต่างๆ ฯลฯ ส่วนภาพภาษามือที่เก็บในฐานข้อมูลได้จากกระบวนการถ่ายทำวิดีโอ โดยถ่ายวิดีโอจากผู้แสดงภาษามือเก็บไว้จากนั้นนำไปเข้าโปรแกรม Studio DC01 เพื่อทำการตัดต่อเป็นคำ ๆ แยกออกจากกันแล้วดัดแปลงให้เป็นภาพ Gift Animation จากที่ได้กล่าวมาโปรแกรมนี้ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถใช้พจนานุกรมที่ใดก็ได้เพราะโปรแกรมจะติดต่อกับฐานข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย

2.1.3 หุ่นยนต์ตีไข้เสมือน

หุ่นยนต์ตีไข้เสมือน [8] แบ่งการทำงานออกเป็นสองกรณี คือ กรณีที่ 1 การแสดงภาษามือแบบเคลื่อนไหวจังหวะเดียวด้วยมือขวาข้างเดียวและกรณีที่ 2 การแสดงภาษามือแบบเคลื่อนไหวหลายจังหวะ โดยทั้งสองกรณีจะมีการแสดงท่าทางภาษามือผ่านทางหุ่นยนต์เสมือน โดยกรณีที่ 1 ประกอบด้วยขั้นตอนดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพการทำงานของหุ่นยนต์ตีไข้เสมือน (ดัดแปลงจาก: [8])

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการจัดหาข้อมูลภาพด้วยการออกแบบหุ่นยนต์ประกอบด้วยนิ้วมือ มือ แขนทั้งสองข้าง ศีรษะและลำตัวเป็น 3 มิติในโปรแกรม Solid Works แล้วเชื่อมโยงกับโปรแกรม Sim Mechanics เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์แล้วนำไปทำการปรับแต่งในโปรแกรม V-Realm-Builder

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการหาลักษณะจำเพาะ P ของภาษามือแต่ละท่าด้วยการประมวลผลภาพ ทำให้ได้ลักษณะเด่นทางเรขาคณิตของภาพภาษามือ

ขั้นตอนที่ 3 เป็นกระบวนการคัดแยกประเภทของภาพอาศัยโครงข่ายใยประสาทเทียมที่แบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ subclass ตรวจสอบจำนวนนิ้วที่แสดงและ class เพื่อแปลความหมายของภาษามือ

ขั้นตอนที่ 4 เป็นการแสดงท่าทางภาษามือโดยแบ่งออกเป็นหมวดคำ

ส่วนกรณีที่ 2 การแสดงภาษามือแบบเคลื่อนไหวหลายจังหวะจะมีขั้นตอนการทำงานเพียงขั้นตอนที่ 1 และ 4 เท่านั้น ทำให้ในกรณีนี้ไม่สามารถที่จะทำการจดจำ จำแนกและเรียนรู้ภาษามือได้

สำหรับกรณีที่ 1 พบว่าสามารถเรียนรู้ จดจำ คัดแยกท่าทางภาษามือสำหรับแสดง พยัญชนะ สระ และตัวเลขภาษาไทย ได้ทั้งหมดจำนวน 28 คำ กรณีที่ 2 สามารถแสดงหมวดคำกริยา 18 คำ คำสรรพนาม 15 คำ วันและเดือน 19 คำ และหมวดเล่านิทานเรื่องกระต่ายกับเต่า 1 เรื่อง เล่าเป็นท่าภาษามือได้ประมาณ 25 ท่าทาง

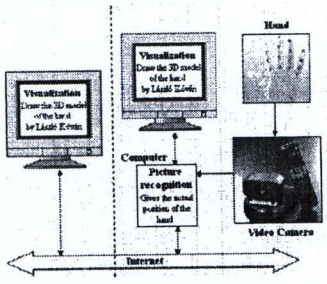
2.2 ด้านการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพเป็นเทคนิคในการประมวลผลที่มีข้อมูลเป็นภาพ โดยคอมพิวเตอร์จะอ่านภาพที่ถูกส่งเข้าไปแล้วแปลงเป็นตัวเลขซึ่งสามารถนำไปแก้ไข เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลของภาพตามต้องการ

2.2.1 Sign Language in the Intelligent Sensory environment

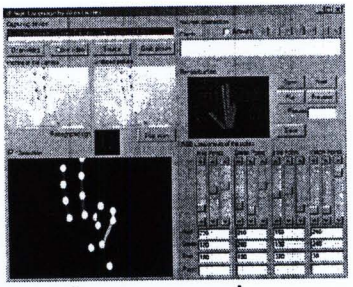
งานวิจัยได้นำเสนอระบบจดจำอักษรภาษามือโดยใช้เทคนิค Intelligent Sensory [1] ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้

กล้องมากกว่า 1 ตัวในการจับภาพวัตถุและสิ่งแวดล้อมแล้วส่งภาพผ่านระบบเครือข่ายไปยังเครื่องแม่ข่ายเพื่อทำการประมวลผลภาพ จากนั้นจึงนำไปแสดงผลหรือควบคุมทิศทางการเดินของหุ่นยนต์ รูปที่ 4 แสดงถึงโครงสร้างการทำงานของระบบจดจำอักษรภาษามือ หลักการคือใช้กล้องวิดีโอ CCD หนึ่งตัวเพื่อจับภาพถุงมือที่ติดจุดสีไว้บนแต่ละนิ้ว นิ้วละ 4 จุดทั้งหน้าและหลังพร้อมทั้งจุดสีแดงหนึ่งจุดที่มุมล่างผ่ามือ ยกเว้นนิ้วหัวแม่มือเท่านั้นที่ไม่ติดจุดสี ระบบการจดจำรูปแบบภาษามือนี้มี 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนเพื่อการค้นหาจุดสีบนถุงมือด้วยกันกอลิทึม edge detection ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นและขั้นตอนการคำนวณตำแหน่งของจุดเพื่อสร้างภาพภาพ 3 มิติ ถ้าบางจุดที่ค้นหาไม่พบระบบจะทำการเปรียบเทียบตำแหน่งของจุดจากรูปแบบของอักษรภาษามือที่เก็บไว้แล้วทำการสร้างขึ้นมาใหม่ แล้วแสดงผลเป็นภาพเสมือน 3 มิติ



รูปที่ 4 ระบบการจดจำและสร้างสัญลักษณ์ (ที่มา: [1])

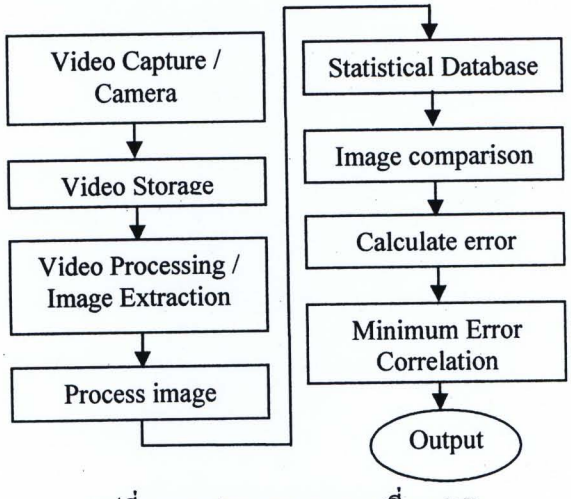
ระบบสามารถจดจำตัวอักษรภาษาอังกฤษได้ทั้งหมด 7 ตัว คือ A B E I U V และ W ดังรูปที่ 5



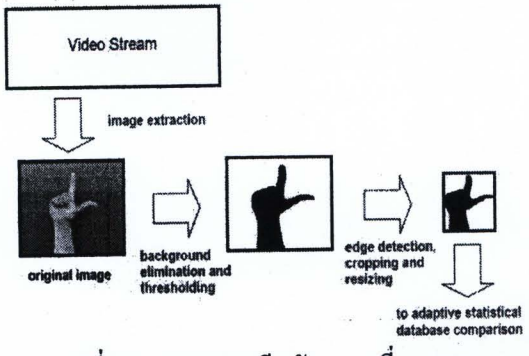
รูปที่ 5 ตัวอักษร U (ที่มา: [1])

2.2.2 An Image Processing Technique for the Translation of ASL Finger-Spelling to Digital Audio or Text

Glenn และคณะ [2] นำเสนองานวิจัยที่มีกระบวนการดังรูปที่ 6 โดยใช้อุปกรณ์ stereo imaging รวมกับระบบเก็บข้อมูลเพื่อจับภาพท่าทางภาษามือ จากนั้นนำภาพเข้าสู่กระบวนการประมวลผลภาพขั้นแรกใช้เทคนิค Background elimination และ Threshold เพื่อทำการตัดพื้นหลังออกจากภาพ นำเข้ากระบวนการ edge detection, cropping และ resizing เพื่อให้ขนาดของภาพเล็กลงดังรูปที่ 7 แล้วบันทึกลงฐานข้อมูล จากนั้นนำภาพที่ถูกบีบอัดไปคำนวณค่าความผิดพลาดที่น้อยที่สุด (Minimum Error Correlation) เพื่อใช้ตรวจสอบหาภาษามือที่ตรงกันในครั้งต่อไปเวลาใช้งานระบบเพื่อแปลภาษามือ



รูปที่ 6 แผนภาพแสดงระบบ (ที่มา: [2])



รูปที่ 7 กระบวนการบีบอัดภาพ (ที่มา: [2])

2.2.3 Real-Time American Sign Language Recognition Using Desk and Wearable Computer Base Video

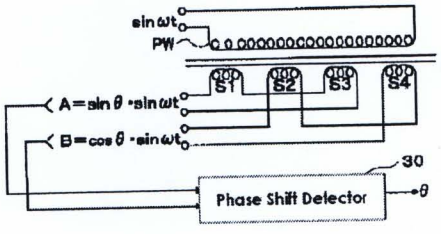
งานวิจัยนี้ [5] แบ่งการทดลองออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรกทำการติดตั้งกล้องบนโต๊ะ ส่วนที่สองติดตั้งกล้องที่ปีกหมวก เพื่อจับภาพผู้ใช้งานที่ทำท่าทางภาษามือแล้วส่งภาพไปยังส่วนจำแนก จดจำ และวิเคราะห์ใช้เทคนิคฮิตเดนมาร์คอฟโมเดลแบบ 4 สถานะกับ one skip transition การจดจำอาศัยอัลกอริทึม Viterbi แล้วนำมาคำนวณซ้ำด้วยอัลกอริทึม Baum-Welch และใช้งานรวมกับพจนานุกรมสำหรับเก็บคำศัพท์ – ASL (American Sign Language) Test Lexicon – เพื่อใช้การทดสอบ และการแบ่งคำโดยมีคำอยู่ 4 ประเภท คือ คำสรรพนาม 6 คำ คำกิริยา 9 คำ คำนาม 20 คำ และคำเชื่อม 5 คำ และใช้คำเหล่านี้ผสมกันเป็นประโยค เริ่มต้นการใช้งานระบบจะทำค้นหาตำแหน่งที่เริ่มต้นของมือก่อนการทำงานจริง โดยการใช้เทคนิค A priori model of skin color แยกแยะสีของมือออกจากวัตถุอื่นๆในภาพ

2.3 ด้านฮาร์ดแวร์

การพัฒนาในเชิงฮาร์ดแวร์จะใช้ถุงมือติดตั้งเซนเซอร์ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือ แล้วส่งข้อมูลที่ได้ไปยังโปรแกรมเพื่อแปลท่าทางภาษามือให้เป็นคำหรือเสียงที่คนทั่วไปสามารถเข้าใจได้

2.3.1 Consumer Price Data-glove for Sign Language Recognition

การพัฒนาถุงมือ "StrinGlove" ที่มีการติดตั้ง Induct coder 24 ตัวและ Contact Sensor 9 ตัว เป็นผลงานวิจัยของ Kuroda และคณะ [4] ใช้ถุงมือตรวจจับท่าทางการเคลื่อนไหวของมือและข้อมือเพื่อลดต้นทุนที่จะต้องซื้อถุงมือจากต่างประเทศที่มีราคาสูง Induct coder ทำหน้าที่ตรวจจับการงอของนิ้วไปทางฝ่ามือและยืดไปทางหลังฝ่ามือพร้อมกับบอกการงอของข้อมือ โดยอาศัยการทำงานของแม่เหล็กไฟฟ้า สัญญาณที่ได้จะเป็น linear และอยู่ในรูปของ $\sin(\theta)\cdot\sin(\omega t)$ และ $\cos(\theta)\cdot\sin(\omega t)$ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 วงจรของ Induct coder (ที่มา: [4])

Kuroda และคณะกล่าวว่าได้ทำการศึกษารูปแบบภาษามือทั่วโลกและสรุปได้ว่าต้องมีการติดตั้ง Contact Sensor ทั้ง 9 ตัวดังรูปที่ 9 นอกจากนี้การติด Contact Sensor ยังสามารถที่จะใช้ในการตรวจสอบการไขว้กันของนิ้วมือที่แสดงถึงอักษร "ra" ในภาษาญี่ปุ่นดังรูปที่ 10 ส่วนการวิเคราะห์ท่าทางภาษามือนั้น ได้มีการกำหนดรูปแบบการเข้ารหัสเอาไว้เพื่อเป็นการลดการทำงานของ CPU ลงดังตารางที่ 1

รูปที่ 9 ตำแหน่งการติดตั้ง contact sensors (ที่มา: [4])

รูปที่ 10 ตัวอักษรญี่ปุ่นคำว่า "ra": Yohei (ที่มา: [4])

ตารางที่ 1 ตัวอย่างรหัส (ที่มา: [4])

Code	Finger state
H	Full stretches of all fingers
B	Full bending of all fingers
B	Bending of all fingers
F	Bending of first and second joints
A	Abduction between fingers
G	Abduction of first joint in thumb, and bending of second, third joints in thumb
I	Adduction of first joint in thumb, and stretch of second, third joints in thumb
T	Touch between fingertips

2.3.2 Sign Language Recognition Using Sensor Gloves

งานวิจัยของ Mehdi และ Khan [3] ได้ใช้ถุงมือ 7-sensor glove ที่พัฒนาโดยบริษัท 5DT สำหรับจับการเคลื่อนไหวของมือ โดยเซนเซอร์ 5 ตัวแรกตรวจจับการงอของนิ้วมือทั้งห้า อีกหนึ่งตัวใช้ตรวจจับการเอียงของมือและตัวสุดท้ายตรวจจับการหมุนของมือ เมื่อทำท่าทางภาษามือถุงมือจะส่งค่าที่ได้ไปยังเครือข่ายใยประสาทเทียม เพื่อทำการจำแนก จดจำ และวิเคราะห์ว่าเป็นอักษรใดในภาษาอังกฤษ ซึ่งระบบเครือข่ายใยประสาทเทียมมีอยู่สามระดับ คือ input layer Hidden layer และ Output layer โดยมีค่าจำนวน node เท่ากับ 7 56 และ 26 ผลที่ได้ระบบสามารถทำการจำแนกตัวอักษรภาษามืออเมริกันได้ 24 อักษรยกเว้นตัว J และ Z เนื่องจากระบบไม่สามารถจำแนก จดจำ และวิเคราะห์ภาษามือที่มีการเคลื่อนไหวได้

2.3.3 ระบบจดจำภาษามือไทยโดยใช้ฮิตเดนมาร์คอฟโมเดล

ระบบการจดจำภาษามือไทย [9] ให้ผู้ใช้สวมถุงมือ Data Glove ป้อนข้อมูลเป็นท่าทางภาษามือ โดยข้อมูลที่ได้รับเป็นการงอของนิ้วแต่ละนิ้ว และตำแหน่งของมือในแนว (x, y, z) และการหนุมนของข้อมือเทียบกับตำแหน่งอ้างอิงกับผู้ใช้งาน จากนั้นนำข้อมูลไปผ่านขั้นตอนประมวลผลเบื้องต้น เพื่อทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุด คือ รูปแบบของมือ ตำแหน่งของมือ การหมุนของมือ และการเคลื่อนที่ของมือ เพื่อทำการหาจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของภาษามือนั้น ซึ่งจะสามารถทำให้แบ่งแยกภาษามือที่เป็นท่านิ่งและท่าเคลื่อนไหวได้ สำหรับการจำแนก จดจำและเรียนรู้ภาษามือใช้ระบบฮิตเดนมาร์คอฟโมเดล หลังจากทำการสอนให้ระบบจดจำภาษามือแล้ว เมื่อผู้ใช้ทำท่าทางภาษามือลักษณะเดียวกัน ระบบจะสามารถแปลและสร้างประโยคที่ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์พร้อมกับเสียงออกทางลำโพง

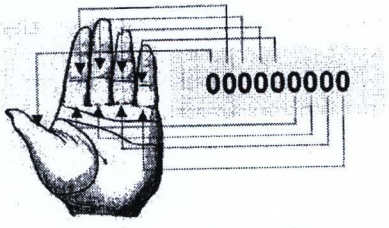
2.3.4 โปรแกรมแปลและช่วยสอนภาษามือ

การพัฒนาโปรแกรมการแปลและช่วยสอนภาษามือ [10][11] ได้พัฒนาถุงมือที่ติดเซนเซอร์ปรับค่าได้และเซนเซอร์แสงที่ดัดแปลงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 10 เพื่อใช้ในการตรวจสอบการงอของนิ้วตามข้อทั้งหมด 9 จุด โปรแกรมพัฒนาจากภาษา VB.Net ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ จำแนก จดจำภาษามือและแสดงผลการแปลภาษามือเป็นตัวอักษรภาษาไทยหรืออังกฤษ

ก.เซนเซอร์ปรับค่าได้ ข.เซนเซอร์แสงพร้อมตัวรับแสง

รูปที่ 10 เซนเซอร์ (ที่มา: [10])

การวิเคราะห์หาคำศัพท์และภาพที่ตรงกับท่าทางภาษามือจะใช้วิธีกำหนดช่วงของการงอของนิ้วมือ ดังรูปที่ 11 โดยมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อนิ้วเหยียดตรง มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อมีการกำมือ และถ้างอนิ้วมีค่าเท่ากับ 2 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้เซนเซอร์ทั้ง 9 ตัวมาต่อกันเป็นรูปแบบข้อมูลใหม่เพื่อทำการตรวจหาค่าที่ตรงกันในฐานข้อมูล โดยฐานข้อมูลจะจัดเก็บรูปแบบข้อมูลอักษรภาษาไทย/ภาษาอังกฤษ และตำแหน่งที่จัดเก็บภาพ



รูปที่ 11 การกำหนดรูปแบบข้อมูล (ที่มา: [10])

ระบบนี้สามารถที่จะทำการแปลภาษามือที่เป็นตัวอักษรภาษาไทย 10 ตัวและภาษาอังกฤษ 15 ตัว

นอกจากนี้โปรแกรมนี้ยังประกอบด้วย เกมเพื่อความบันเทิงและการฝึกทักษะเพื่อช่วยสอนภาษามือ

3. วิเคราะห์และแนวทางการพัฒนา

จากที่ได้กล่าวมาในข้างต้น งานวิจัยด้านซอฟต์แวร์อาศัยการรับข้อมูลเข้าเป็นแบบคำหรือเสียง โดยการใช้งานจะอยู่บนคอมพิวเตอร์เครื่องเดี่ยวหรือใช้งานผ่านทางเครือข่าย ส่วนการแสดงผลจะแสดงผ่านทางจอภาพเป็นภาพสองมิติหรือภาพสามมิติ ซึ่งผู้ใช้สามารถใช้งานได้อย่างสะดวก สำหรับงานวิจัยด้านการประมวลผลภาพและด้านฮาร์ดแวร์จะมีการรับข้อมูลเข้าเป็นท่าทางการเคลื่อนไหวจริงจากผู้ใช้งาน ซึ่งจะแสดงผลออกมาเป็นคำ ประโยคหรือเสียง ทำให้สามารถแปลภาษามือจากผู้ใช้งานโดยตรง อย่างไรก็ตามแต่ละงานวิจัยยังมีข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไป

3.1 ด้านซอฟต์แวร์

เนื่องจากประเทศไทยมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีรวมถึงผู้ที่มีความเชี่ยวชาญด้านคอมพิวเตอร์ที่มากขึ้น ทำให้การพัฒนาซอฟต์แวร์มีความแพร่หลายและทำได้ง่าย จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาในข้างต้น ทุกงานวิจัยสามารถที่จะช่วยในการเรียนรู้ภาษามือได้มาก โดยงานวิจัยระบบพูดภาษามืออัตโนมัติจะทำการแปลคำภาษาไทยให้เป็นภาพภาษามือ ซึ่งภาพที่เป็นภาพที่วาดขึ้นและมีข้อจำกัดของจำนวนท่าทางภาษามือที่เก็บไว้ ทำให้ภาพอาจจะสื่อความหมายผิดได้ ถัดมางานวิจัยโปรแกรมพจนานุกรมภาษามือไทยบนระบบเวิลด์ไวด์เว็บสามารถรับคำภาษาไทยผ่านทางระบบเครือข่ายไปค้นหาภาพและเสียงภาษามือในฐานข้อมูลจากที่ใดก็ได้ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือขนาดของไฟล์ภาพถ้าไฟล์มีขนาดใหญ่ การส่งข้อมูลผ่านระบบเครือข่ายอาจจะล่าช้าหรือเกิดการสูญหายระหว่างการส่งผ่านระบบ สุดท้ายงานวิจัยหุ่นยนต์ตีไบ้เสมือนนำเสนอการใช้งานหุ่นยนต์เสมือนเพื่อแปลภาษามือแทนคนจริง ซึ่งขั้นตอนของการเพิ่มการเรียนรู้ภาษามือให้แก่หุ่นยนต์นั้นมีความยุ่งยาก เนื่องจากต้องมีความชำนาญใช้งานโปรแกรม Solid Works โปรแกรม Sim Mechanics และโปรแกรม V-Realm-Builder ในระดับหนึ่ง

3.2 ด้านการประมวลผลภาพ

งานวิจัยหัวข้อที่ 2.2.1 ได้อาศัยเทคนิค Intelligent Sensory ในการจดจำท่าทางและแสดงเป็นภาพ 3 มิติ เนื่องจากระบบจำเป็นต้องส่งภาพผ่านระบบเครือข่าย ฉะนั้นอาจทำความล้าช้าและสิ้นเปลืองแบนวิดของระบบเครือข่าย ถ้าภาพเกิดการสูญหายระหว่างการส่งอาจทำให้ระบบจดจำและแยกแยะอักษรผิดพลาดได้ ในหัวข้อต่อมา (หัวข้อที่ 2.2.2) ใช้การจับภาพด้วยระบบ stereo imaging แล้วนำภาพที่ได้ไปทำการบีบอัดเพื่อใช้ในการแปลภาษามือ อย่างไรก็ตามกระบวนการประมวลผลภาพของงานวิจัยยังสามารถทำการแยกแยะมือออกจากภาพพื้นหลังที่มีวัตถุได้ และงานวิจัยหัวข้อที่ 2.2.3 สามารถที่จะแปลภาษามือแบบต่อเนื่องได้ แต่ยังมีปัญหาในส่วนของการจับภาพขณะเคลื่อนไหวศีรษะและเรื่องของแสงที่มีผลต่อการพิจารณาแยกตำแหน่งมือออกจากภาพก่อนใช้งาน

3.3 ฮาร์ดแวร์

งานวิจัยทางด้านฮาร์ดแวร์โดยส่วนใหญ่จะอาศัยถุงมือที่ติดตั้งเซนเซอร์ เพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือแล้วส่งข้อมูลไปทำการวิเคราะห์แปลเป็นคำหรือประโยค ในงานวิจัย "Consumer price data-glove for sign language recognition" ได้พัฒนาถุงมือเพื่อใช้แปลภาษามือทดแทนใช้ถุงมือจากต่างประเทศที่มีราคาสูง เนื่องจากต้องพัฒนาถุงมือขึ้นมาใช้ระยะเวลานาน ทำให้การพัฒนาในส่วนของการจำแนกจดจำและวิเคราะห์งานวิจัยทำได้แค่การแสดงภาษามือ

ที่เป็นคำเท่านั้น งานวิจัย "Sign Language Recognition Using Sensor Gloves" ใช้เทคนิคเครือข่ายประสาทเทียมมาช่วยในการแปลภาษามือแต่เนื่องจากใช้ถุงมือเพียงข้างเดียวทำให้ไม่สามารถเรียนรู้ จำจดภาษามือที่เป็นแบบต่อเนื่องได้ ส่วนงานวิจัยในหัวข้อที่ 2.3.3 ได้ใช้ถุงมือ Data Glove พร้อมติดตั้งเซนเซอร์บอกพิกัด (x, y, z) คู่กับเทคนิคฮิตเดนมาร์คอฟ และสามารถแปลภาษามือแบบเป็นคำและประโยค แต่การแปลเป็นประโยคยังไม่ดีเท่าที่ควรและราคาของถุงมือที่สูงมากทำให้ไม่สามารถนำมาใช้งานได้จริง โปรแกรมแปลและช่วยสอนภาษามือได้พัฒนาถุงมือที่สามารถหาอุปกรณ์ได้ทั่วไปในเมืองไทย ซึ่งสามารถแปลภาษามือที่เป็นคำๆ และสามารถใช้ในการเรียนรู้ภาษามือได้อีกด้วย จากจำนวนเซนเซอร์ที่ใช้มีจำนวนน้อยและประสิทธิภาพไม่ดีพอจึงไม่สามารถแปลภาษามือแบบต่อเนื่องได้

3.4 แนวทางการพัฒนา

จากผลของการสำรวจนี้ สามารถสรุปแนวทางการพัฒนาซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ในการเรียนรู้ภาษามือเป็นประเด็นต่างๆได้ดังนี้

- งานวิจัยส่วนใหญ่ที่ได้สำรวจมาถึงแม้จะสามารถช่วยในการเรียนรู้และแปลภาษามือได้ในระดับหนึ่ง โดยเป็นการแปลทีละตัวอักษร ทีละคำศัพท์ หรือแม้แต่ทีละประโยค แต่ความเป็นจริงแล้วภาษามือที่ใช้โดยทั่วไปในการสื่อสารจะเป็นการใช้งานอย่างต่อเนื่อง ฉะนั้นการพัฒนาซอฟต์แวร์หรืออุปกรณ์แบบเวลาจริง (real-time) ที่สามารถจำแนก จดจำและวิเคราะห์ภาษามือเป็นประโยคต่อเนื่องจึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจ
- พิจารณาเลือกใช้ภาษาที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้น เช่น ภาษา XML ในการพัฒนาซอฟต์แวร์ในการเรียนรู้ภาษามือ ก็เป็นวิธีที่สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพของงานวิจัยได้
- พิจารณาการกำหนดรูปแบบ/รหัสในการเก็บท่าทางภาษามือแทนการเก็บเป็นแบบภาพ เพื่อให้ขนาดของข้อมูลเล็กลง
- พิจารณาการพัฒนาอุปกรณ์รับข้อมูลท่าทางภาษามือจากอุปกรณ์ที่หาได้ภายในประเทศ จะทำให้ต้นทุนในการพัฒนามีราคาถูกและสามารถนำไปใช้ได้จริง
- พิจารณาเทคนิคการจำแนก จดจำและวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความถูกต้องและยืดหยุ่น โดยอาจใช้ Fuzzy Logic โครงข่ายใยประสาทเทียม (Neural Network) หรือฮิตเดนมาร์คอฟโมเดล

ทั้งนี้แนวทางในการพัฒนาที่ได้กล่าวมาอาจถูกนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันได้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการพัฒนาซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ในการเรียนรู้ภาษามือให้ดียิ่งขึ้น

4. บทสรุป

ภาษามือมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับคนพิการด้านการฟังและด้านการพูด แต่ก็ยังเป็นภาษาที่คนปกติทำความเข้าใจได้ยาก งานวิจัยที่ได้สำรวจมานี้ได้นำเสนอเทคนิคต่างๆ เพื่อช่วยในการเรียนรู้ภาษามือ โดยงานวิจัยทางด้านซอฟต์แวร์ช่วยในการแปลคำจากภาษาพูดไปเป็นภาษามือหรือช่วยในการเรียนรู้ภาษามือผ่านทางโปรแกรมที่อยู่บนคอมพิวเตอร์เครื่องเดียว หรือผ่านระบบเครือข่าย ส่วนงานวิจัยด้านการประมวลผลภาพและด้านฮาร์ดแวร์จะเป็นการแปลภาษามือจากผู้ใช้จริงให้เป็นภาษาพูดหรือเสียง ซึ่งต่างก็มีการรับเข้าข้อมูลที่แตกต่างกัน โดยด้านการประมวลผลภาพรับข้อมูลจากกล้องวิดีโอเป็นเฟรมของภาพ ส่วนด้านฮาร์ดแวร์จะเป็นข้อมูลที่ได้จากถุงมือติดตั้งเซนเซอร์เพื่อนำไปใช้ในการจำแนก จดจำและวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับแปลภาษามือต่อไป เพื่อเป็นการลดช่องว่างการสื่อสารระหว่างคนปกติกับคนพิการด้านการฟังและการพูด รวมถึงการเพิ่มศักยภาพแก่คนพิการด้านการฟังและการพูดให้สามารถทำงานและใช้ชีวิตรวมกับคนปกติได้ การ

พัฒนาซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ที่ช่วยในการเรียนรู้ภาษามือที่มีประสิทธิภาพ สามารถใช้งานได้ง่าย มีความยืดหยุ่นในการจำแนก จดจำ วิเคราะห์และแปลภาษามือที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น และมีต้นทุนต่ำสามารถใช้งานได้จริงซึ่งสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งสุดท้ายบทความนี้ได้เสนอแนวทางเพิ่มเติมสำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ในการเรียนรู้ภาษามือด้วย

5. เอกสารอ้างอิง

[1] Ákos Lisztes, et. al., "Sign Language in the Intelligent Sensory Environment", Acta Polytechnica Hungarica, 2005.

[2] Glenn, et. al., "An Image Processing Technique for the Translation of ASL Finger-Spelling to Digital Audio or Text", NTID International Instructional Technology and Education of the Deaf Symposium, June 2005.

[3] Syed Ati Mehdi, and Yasir Niaz Khan, "Sign Language Recognition Using Sensor Gloves", ICONIP, pp 2204-2206, 2002.

[4] T Kuroda, et. al., "Consumer price data-glove for sign language recognition", ICDVRAT, pp 253-258, 2004.

[5] Thad Starner, Joshua Weaver, and Alex Pentland, "Real-Time American Sign Language Recognition Using Desk and Wearable Computer Based Video", IEEE PAMI, 1998.

[6] โกสินทร์ จำนงไทย และประมุข สิทธิเดชากุล, "ระบบพูดภาษามืออัตโนมัติ", วารสาร สจธ., มิถุนายน 2536

[7] เจษฎาภรณ์ มูลตรีภักดี, "โปรแกรมพจนานุกรมภาษามือไทยบนระบบ เวริลด์ ไวด์ เว็บ", คณะวิทยาศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2544

[8] ณัฐพงษ์ แซ่จิว, สุภัทรา ปลื้มกมล และธวัชชัย ธานี, "หุ่นยนต์ตีไข่เสมือน", วิศวกรรมสาร มข., กันยายน-ตุลาคม 2548

[9] วุฒิชัย วิศาลคุณา, "ระบบจดจำภาษามือไทยโดยใช้ฮิดเดนมาร์คอฟโมเดล", คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2546

[10] กมล คงเกียรติขจร, ธเนศ อุไรเรืองพันธ์ และปัญญา พรสวัสดิผล, เครื่องแปลและช่วยสอนภาษามือ, รายงานโครงการนักศึกษา, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2547

[11] ดารณี หอมดี, กมล คงเกียรติขจร, ธเนศ อุไรเรืองพันธ์ และปัญญา พรสวัสดิผล, "โปรแกรมแปลและช่วยสอนภาษามือ", การประชุมวิชาการเทคโนโลยีและนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาอย่างยั่งยืน (TISD2006), มกราคม 2549

[12] สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม, "สื่อการสอนภาษามือไทย", http://signlang.psru.ac.th/

Low Cost Data Glove for Sign Language Recognition

Thanet Uriruangpun[1,2] and Daranee Hormdee[1,2,*]
[1]Embedded System Research Group, KhonKaen University, Thailand
[2]Department of Computer Engineering, Khon Kaen University, Thailand
E-mail: *darhor@kku.ac.th

Abstract

Sign language is used worldwide among the listening and speaking handicapped. However, the cost of aiding equipment i.e. data glove is very high. Therefore, this paper has proposed the experiment, the efficient analysis of sensors that are suitable for tracking the hands' gesture. The use of distance measurement sensors is applied to track the angle of fingers' bending which is the important part of hand gestures tracking. Two types of distance measurement sensors have been experimented here, Hall Effect and Linear Variable Differential Transformer (LVDT). Combined with recognition system implemented via an effective method i.e. Artificial Neural Networks (ANNs) or Hidden Markov Models (HMMs), this data glove could, as well, lower the cost of aiding equipment for the listening and speaking handicapped.

Keywords: *Sensor, Data Glove, Sign Language Recognition, Hand Gesture*

1. Introduction

Sign language is the use of facial expressions, body languages or hand gestures for communication among listening and speaking handicapped. Though it has been used worldwide and with different gestures standards, sign language is still pose problems between ordinary people and listening and speaking handicapped. Thus, there has been a research area conducted with the application of technology called 'Sign Language Recognition' in order to help reducing the gap between two groups of people.

The recognition systems are divided into two parts; (1) hand gesture tracking and (2) hand gesture recognition. The hand gesture recognition system compares data received from hand gestures; transfer the gestures to normal sentences. The common but effective methods are Artificial Neural Networks (ANNs) [1] and Hidden Markov Models (HMMs) [2].

Auslan (Australian Sign Language) Dictionary [3] has listed the most common method of describing gestures is in terms of four primary components - handshape, orientation, place of location and motion. Whilst handshape refers to the flexion of the fingers and wrist, orientation to the angle of the hand, and place of location to the location of the gesture relative to the body and motion to the changes over time in any combination of the other three features.

Vamplew and Adams [4] have developed sign language recognition in Australia with the use of 'CyberGlove' [5] and 'Polhemus tracker' with Artificial Neural Networks. In addition, these Artificial Neural Networks have been divided into four subsystems according to four gesture components of Auslan Dictionary. The system has been tested and received the accuracy value of 94% by the system developer and 85% by other users.

Khan and Mehdi [6] have proposed Sign Language Recognition system by using Artificial Neural Networks. The system can distinguish 24 American alphabets except J and Z with an accuracy of 88%. Khan and Mehdi used 7-sensor glove from 5DT Company [7] to track handshape. The first five sensors tracked the bending and stretching of all five fingers, the other two tracked the leaning and twisting of hands. Wisankuna [8] has used CyberGlove, which costs around 9,836 – 14,396 EUR, together with Polhemus tracker and Hidden Markov Model to memorize 283 words and 100 sentences. He got the accuracy value of 84.44% from word memorizing and 80.8% for sentence memorizing.

All studies above used high cost data gloves such as 5DT Data Glove [7] from 5DT Company, which costs about US$3,495-6,995. The glove has Fiber Optic sensors to capture hand gestures. Five-sensor glove can track fingers' bending and stretching. Fourteen-sensor glove can track fingers' bending and stretching

better than the 5-sensor one and can also track the stretching space between fingers.

As a result, Kuroda et al. [9] has proposed prototype consumer data glove called 'StrinGlove' containing 24 Inductcoder sensors and 9 contact sensors, to recognize Japanese sign language with an accuracy of 85% when tested with their sign language recognition systems. This paper also proposed an implement of low cost data glove that is efficient in recognizing handshapes. The detail and experimental result of the proposed data glove are on the following sections.

2. Proposed Data Glove

For this work, data glove is the key instrument in capturing handshapes. It is the equipment to track the bending and stretching of fingers. Therefore, suitable sensors are needed.

2.1. Handshape Tracking Sensors

Sensors for tracking handshapes have to track the bending and stretching of each finger. Despite of a huge selection of sensors, chosen sensor not only has to suitable for the job, but also it has to be low price to fulfill our objective.

Three low cost sensors have been considered: Potentiometer, Hall Effect and Linear Variable Differential Transformer (LVTD).

2.1.1. Potentiometer [10] is a sensor that is widely used in electronic works. It is available with low price. But it has low durability and stability, which is not suitable for the work that contains a lot of movement.

2.1.2. Hall Effect [10] is used in measuring the strength of magnetic field. It is also contributed to certain voltage which can change the strength of magnetic field. The increase or decrease of voltage is depending on the distance between magnetic field and inductor within Hall Effect. Measuring the strength of magnetic field with Hall Effect can be done by three methods; Unipolar Head-on Mode (Figure 1), Bipolar Slide-by (Figure 2) and Push-push Approach (Figure 3).

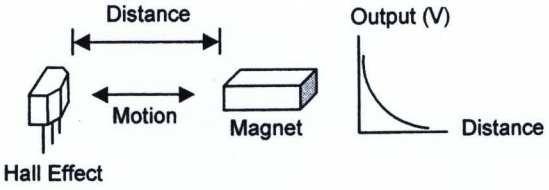


Figure 1. Unipolar head-on Mode (from [10])

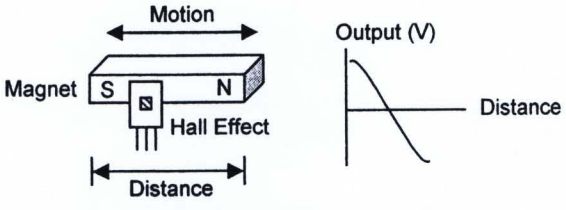


Figure 2. Bipolar slide-by (from [10])

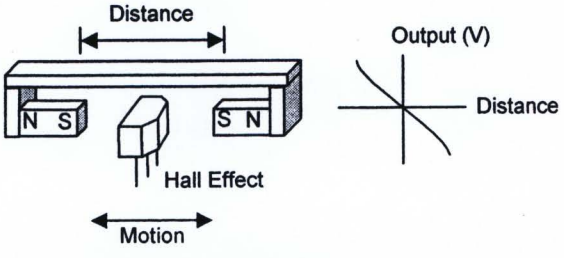


Figure 3. Push-Push Approach (from [10])

According to Figure 1 to 3, Unipolar Head-on Mode gives non-linear voltage with the usable distance of 20 mm. Whilst Bipolar Slide-by and Push-push Approaches yield a lot more linear voltage with further usable distance, where Push-push Approach has more stability according to [10].

2.1.3. Linear Variable Differential Transformer (LVDT) [10] consists of 1 primary coil and 2 secondary coils. Its core is cylinder moveable core as seen in Figure 4. The input signal has the frequency of 1-10 kHz that inductive coupling the magnetic field from primary coil to secondary coil. This creates the differences in voltage of the two primary coils that are in different phase.

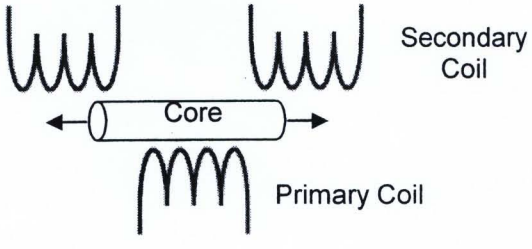


Figure 4. LVDT (from [10])

When LVDT is attached to signal conditioner of voltage of the two secondary coils, we will get linear voltage that relates to the movement of the core. The positive or negative value of linear voltage will indicate the directions that moveable core moves. If linear voltage almost reaches 0, it means the moveable core is in the middle of the three coils. The distance measurement between ± 0.1 mm to ±300 mm will give the accuracy of ± 0.5% from the full scale. The measurement unit with the distance is called mV/mm.

With the above information, these three different types of sensor will then come down to only two; Hall Effect and LVDT. Experiments have been conducted to compare the efficiency between these two sensor options.

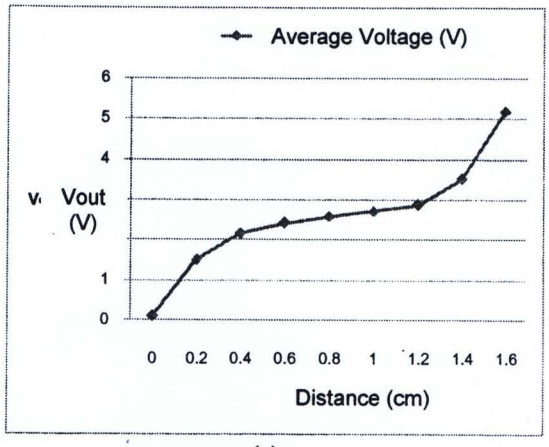
LVDT has been implemented using straws with the diameter of 4 mm. Each straw was used as the core to wrap the three coils. Each coil had to be wrapped 100 times in order to have the size of 0.15 mm. Ferrite core was also used for magnetic field's inductive between primary coil and secondary coils with AC supply at 5 V_{rms} at the frequency of 10 kHz.

On the other hand, with the most stability, Push-push Approach, as seen in Figure 3, has been used for Hall Effect. The south pole of magnets was put to face Hall Effect both at the front and back. The distance between the magnets was 1.7 cm with DC supply at 5 V. Increased voltage has been read when Hall Effect was closed to the front of the magnet. Whilst decreased voltage has been read when the Hall Effect was closed to the back of the magnet.

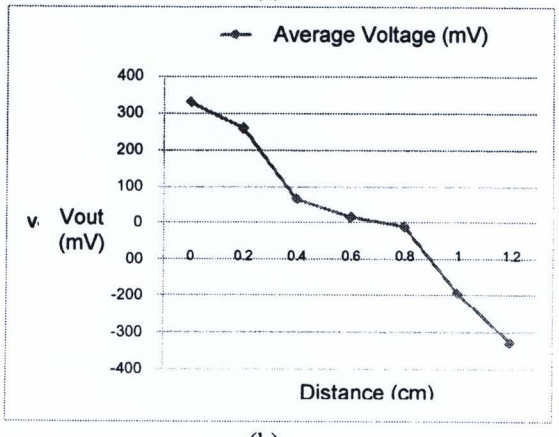
2.2 Experimental Part

Two experiments have been conducted here; distance measurement vs. average voltage and fingers' bending angle vs. average voltage. The results are depicted in Figure 5 and 6.

Whilst, Figure 5 shows the relationship between distance and average voltage obtained from Hall Effect (a) and LVDT (b) experiments.



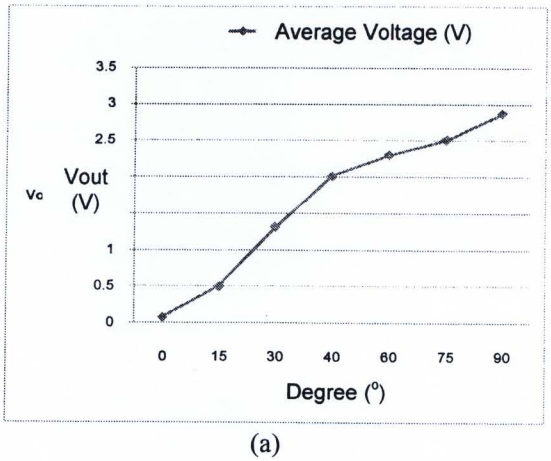
(a)



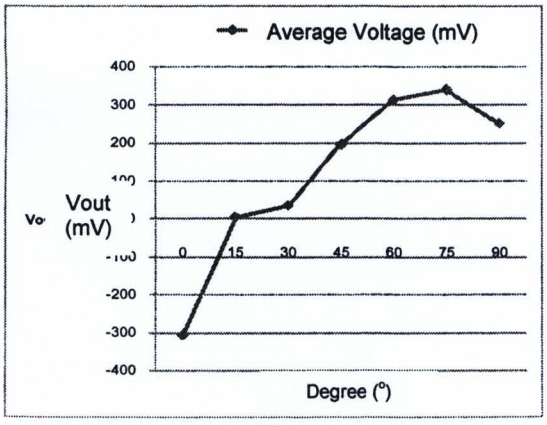
(b)

Figure 5. Relationship between Distance and Voltage of (a) Hall Effect and (b) LVDT

And Figure 6 illustrates the relationship between degree of fingers' bending and average voltage obtained from Hall Effect (a) and LVDT (b) experiments.



(a)



(b)

Figure 6. Relationship between Degree of Fingers' Bending and Voltage of (a) Hall Effect and (b) LVDT

From these experimental results, it showed that Hall Effect provides more linear voltage, more stability and less standard deviation. Therefore, Hall Effect has been chosen to implement the data glove for capturing handshapes.

2.3 Position of Sensors

After the suitable sensor has been selected, where about on the glove these sensors should be placed is the next question that needs to be determined in order to yield the highest accuracy.

According to [8], the movement of finger joint can be determined via the angle that each joint can fully bend and stretch. Whilst 0° represents the center position with positive degrees for hand abduction and negative degrees for hand adduction. This can be seen in Figure 7.

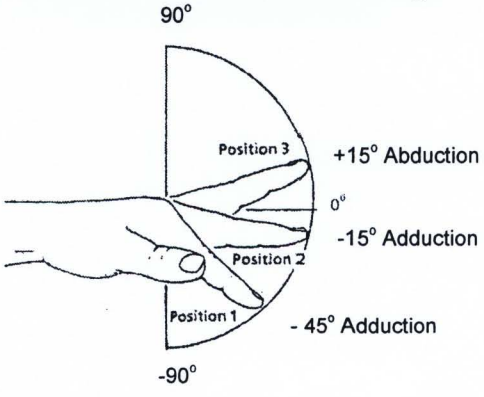


Figure 7. Abduction and Adduction [8]

Considered each finger carefully, it can be clearly seen that there are three joints for each finger. However, beside the thumb, only gesture from 2 joints in each finger; at the knuckle and the center one, are needed for sign language recognition. Furthermore, two additional tracking areas, on the wrist, are needed to be measured. Totally, 13 positions are essential for classifying hand gesture, hence 13 sensors on each glove are required for sign language recognition. The position of each sensor is depicted in Figure 8.

Figure 8. Positions of Sensors

Finally, as a result of all experiments here, Figure 9 illustrates the proposed data glove with 13 Push-push Approach Hall Effect sensors.

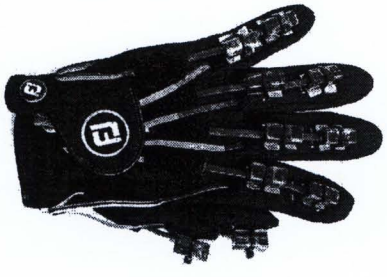


Figure 9. Proposed Data Gloves

3. Conclusions and Future Work

After having shop around to find suitable sensor and yet meets the primary goal of this work (low cost) for sign language recognition, firstly 3 choices have been come up: Potentiometer, Hall Effect and Linear Variable Differential Transformer (LVTD). Then Potentiometer has been eliminated because this work requires a lot of movements.

The last two types of sensors have then been experimented thoroughly. The experimental results showed that Hall Effect is the right choice for tracking hand shape.

A Data Glove with 13 Hall Effect sensors has been implemented as a result of this work. The

next step will then be interfacing this data glove with the right hand gesture recognition system and implementation sign language recognition system respectively. Having said all that, choosing the right hand gesture recognition system, has also been a big issue and needed to be thoroughly researched in the near future for this proposed data glove.

4. References

[1] P. Liu & H. Li. (2004, January). *Fuzzy Neural Network Theory and Application.* World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

[2] L.R.Rabiner & B.H. Juang. *An Introduction to Hidden Markov Models.* IEEE ASSP Magazine. p.4-16.

[3] Johnston, T. *(1989). Auslan Dictionary - A Dictionary of the Sign Language of the Australian Deaf Community.* Australia. Deafness Resources, Petersham.

[4] S. A. Mehdi, & Y. N. Khan. (2002). *Sign Language Recognition Using Sensor Gloves.* ICONIP. p.2204-2206.

[5] Immersion Corporation. (2007, June). *CyberGlove® Data Glove User Manual.* Version 1.1. Retrieved October 17, 2007. Web site: http://www.immersion.com.

[6] P. Vamplew & A. Adams. (1996). *Recognition of Sign Language Gestures using Neural Networks.* School of Computing, University of Tasmania.

[7] 5DT Inc. *Fifth Dimension Technologies.* Retrieved March 9, 2006. Web site: http://www.5dt.com.

[8] W. Wisankuna. (2003). *Thai Sign Language Recognition system using Hidden Markov Model.* Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonbur.

[9] T Kuroda, et. al. (2004). *Consumer price data-glove for sign language recognition.* ICDVRAT. P.253-258.

[10] D. S. Nyce. (2004). *Linear Position Sensors Theory and Application.* USA. Wiley-interscience.

[11] D. Ferrazzin, et. al. (1999, September). *Hall Effect Sensor-Based Linear Transducer.* Proceedings of the IEEE International Workshop on Robot and Human Interaction, Pisa. Italy.

ประวัติผู้เขียน

นายธเนศ อุไรเรืองพันธ์ เกิดเมื่อวันที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2525 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิศวรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปีพ.ศ. 2548 และในปีพ.ศ. 2549 ได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยดำเนินงานวิจัยภายใต้การดูแลของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดารณี หอมดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์