



การพัฒนาหุ่นยนต์ติดตามผู้สูงอายุผ่านไคเนคด้วยการควบคุมแบบฟัซซี

อภิศักดิ์ พรหมฝาย*

สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08-9839-2717 อีเมล: Apisakph@hotmail.com DOI: 10.14416/j.kmutnb.2017.03.015

รับเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2559 ตอรับเมื่อ 3 พฤษภาคม 2559 เผยแพร่ออนไลน์ 31 มีนาคม 2560

© 2017 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

ปัจจุบันจำนวนผู้สูงอายุในประเทศไทยที่อยู่คนเดียวตามลำพังในครัวเรือนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาหุ่นยนต์ติดตามผู้สูงอายุผ่านอุปกรณ์ไคเนคโดยใช้การควบคุมแบบฟัซซีมาตัดสลับใจการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ขั้นตอนแรกผู้วิจัยทำการทดสอบหาช่วงที่สามารถตรวจจับผู้สูงอายุได้ดีที่สุด เพื่อนำไปกำหนดเป็นขอบเขตการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยการควบคุมแบบฟัซซี โดยให้ผู้ทดลองยืนแสดงท่า Calibration Pose ในตำแหน่งที่กำหนดและใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ผลปรากฏว่าสามารถตรวจจับจำนวนโครงกระดูกได้ดีในช่วง -50 เซนติเมตร ถึง 50 เซนติเมตรในแนวแกน X และ 200 เซนติเมตร ถึง 250 เซนติเมตร ในแนวแกน Z จากนั้นผู้วิจัยได้ออกแบบระบบฟัซซีโดยให้หุ่นยนต์ติดตามตำแหน่งจุดกึ่งกลางระหว่างไหล่ โดยกำหนดตัวแปรอินพุต 2 ตัวแปรและตัวแปรเอาต์พุต 2 ตัวแปร ได้แก่ ค่าความผิดพลาดแนวแกน X ค่าความผิดพลาดแนวแกน Z ความเร็วมอเตอร์ล้อซ้าย ความเร็วมอเตอร์ล้อขวา ตามลำดับ และใช้วิธีการหาจุดศูนย์ถ่วงเป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความ สรุปได้ว่าหุ่นยนต์ติดตามผู้สูงอายุผ่านอุปกรณ์ไคเนคด้วยการควบคุมแบบฟัซซีสามารถติดตามผู้สูงอายุได้ดี โดยมีค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) ของการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และ Z มีค่าเท่ากับ 11.355 และ 8.548 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การตรวจจับโครงกระดูกมนุษย์, ขอบเขตการมองเห็น, ไคเนค



Development of Kinect Guided Senior Citizen Following Robot by Fuzzy Control

Apisak Phromfaiy*

Department of Computer Engineering, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08-9839-2717, E-mail: Apisakph@hotmail.com DOI: 10.14416/j.kmutnb.2017.03.015

Received 8 February 2016; Accepted 3 May 2016; Published online: 31 March 2017

© 2017 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Currently, the number of senior citizens who live alone in Thailand has increased continuously. Accordingly, this research aims to develop Kinect guided senior citizen following robot by fuzzy control for making decision on robot's movement. Firstly, the researcher conducted a test to find the best interval for detecting senior citizen in order to determine the range of robot's movement control through fuzzy control. A participant of this test was requested to stand in Calibration Pose at the defined position and the result was analyzed by using Analysis of Variance at 95% confidence interval. The results showed that the quantity of skeleton was properly detected at -50 centimeters to 50 centimeters on X axis and 200 centimeters to 250 centimeters on Z axis. Subsequently, the researcher designed the fuzzy system by setting the robot to detect the center between shoulders then 2 input variables and 2 output variables (including X error, Z error, motor speed of left wheel, and motor speed of right wheel, respectively) were determined. Moreover, Center of Gravity Method was also utilized for averaging results obtained from interpretation. In conclusion, this Kinect guided senior citizen following robot by fuzzy control was able to follow senior citizens greatly. The Root Mean Square Error (RMSE) on X axis is 11.355 and Z axis is 8.548 respectively

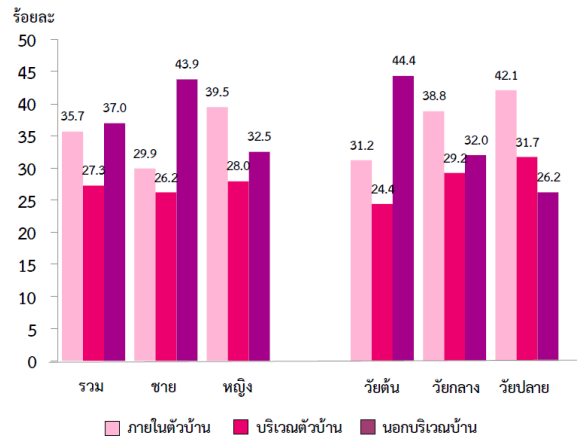
Keywords: Skeletal Tracking, Field of View, Kinect

1. บทนำ

การดูแลผู้สูงอายุที่พักอาศัยอยู่ที่บ้านโดยลำพังหรือมีผู้ดูแลเป็นช่วงเวลานั้น บางครั้งผู้สูงอายุอาจจะเดินเข้าห้องน้ำหรือเดินอยู่ในบริเวณห้องพักผ่อนตามลำพัง ซึ่งบางครั้งอาจเกิดอุบัติเหตุได้ เช่น ลื่นล้ม เป็นลม หมดสติ ผู้สูงอายุจะไม่สามารถขอความช่วยเหลือจากผู้ดูแลได้โดยตรง และหากการช่วยเหลือล่าช้าอาจจะทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตได้

จำนวนผู้สูงอายุในประเทศไทยมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว [1] จากการสำรวจข้อมูลปี 2557 ของสำนักงานสถิติแห่งชาติพบว่า มีจำนวนผู้สูงอายุทั้งสิ้น 10,014,699 คน คิดเป็นร้อยละ 14.9 ของประชากรทั้งหมด หากวิเคราะห์ลักษณะการอยู่อาศัยของผู้สูงอายุจะพบว่า มีผู้สูงอายุที่อยู่คนเดียวตามลำพังในครัวเรือนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยปี 2537 มีผู้สูงอายุที่อยู่คนเดียวร้อยละ 3.6 และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 6.3 ร้อยละ 7.7 ร้อยละ 8.6 ร้อยละ 8.7 ในปี 2545, 2550, 2554 และ 2557 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาสถานที่ที่ผู้สูงอายุหกล้มในครั้งสุดท้ายคือ นอกบริเวณบ้านร้อยละ 37.0 รองลงมาคือภายในตัวบ้านร้อยละ 35.7 และบริเวณตัวบ้านร้อยละ 27.3 ผู้สูงอายุชายส่วนใหญ่หกล้มนอกบริเวณบ้านร้อยละ 43.9 ในขณะที่ผู้สูงอายุหญิงหกล้มภายในตัวบ้านร้อยละ 39.5 ผู้สูงอายุวัยต้นส่วนใหญ่หกล้มนอกบริเวณบ้านร้อยละ 44.4 รองลงมาคือภายในตัวบ้านร้อยละ 31.2 และบริเวณตัวบ้านร้อยละ 24.4 ในขณะที่ผู้สูงอายุวัยกลางและวัยปลายจะหกล้มภายในตัวบ้านร้อยละ 38.8 และร้อยละ 42.1 ตามลำดับ ดังรูปที่ 1 [1]

จากการศึกษาโคเนค [2],[3] มีคุณลักษณะในการจับภาพทั่วไปด้วย RGB Camera และยังมี 3D Depth Sensors ประกอบด้วย Depth Projector และ Depth Sensor ใช้ในการคำนวณหาระยะทางที่ห่างจากกล้องในช่วง 0.85 ถึง 4 เมตร และองศาการมองเห็นในแนวนอน 57 องศา แนวตั้ง 43 องศา สามารถรวบรวมข้อมูลความลึกภายใต้สภาพแสงใดๆ มีระบบการรับรู้การเคลื่อนไหวของมนุษย์ซึ่งเป็นข้อดีของโคเนค อย่างไรก็ตามโคเนคมีระยะการตรวจจับภาพความลึกที่จำกัดไม่เกิน 4 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่ไม่สามารถนำมา



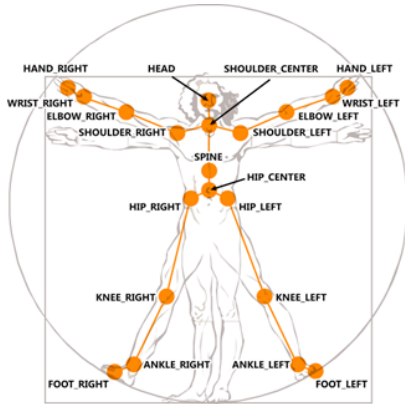
รูปที่ 1 ร้อยละของผู้สูงอายุจำแนกตามสถานที่ที่หกล้มครั้งสุดท้าย เพศ และกลุ่มช่วงวัย พ.ศ. 2557

ใช้ตรวจจับติดตามผู้สูงอายุที่อยู่คนเดียวตามลำพังในครัวเรือน

จากปัญหาที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงมีแนวคิด นำเอาข้อดีของโคเนคและหุ่นยนต์มาประยุกต์ร่วมกันเพื่อพัฒนาหุ่นยนต์ติดตามผู้สูงอายุที่อยู่คนเดียวตามลำพังในครัวเรือน โดยใช้การควบคุมแบบพีซีมาตัดสินใจเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ซึ่งโครงสร้างของหุ่นยนต์สร้างจากอะลูมิเนียม ใช้ล้อสำหรับการเคลื่อนที่ ส่วนระบบควบคุมใช้คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กอ่านค่าพิกัดโครงกระดูกของบุคคลจากอุปกรณ์โคเนค เพื่อนำมาประมวลผลหาค่าความเร็วมอเตอร์แบบ PWM ของล้อทั้ง 2 ข้าง จากนั้นส่งค่าความเร็วมอเตอร์ให้กับบอร์ดควบคุมต่อไป

1.1 โคเนค

โคเนคเป็นอุปกรณ์เสริมของเครื่องเล่นเกม Xbox ที่ถูกผลิตมาเพื่อเพิ่มความสมจริงและความสนุกสนานในการเล่น มีระบบการรับรู้การเคลื่อนไหวของผู้เล่น โดยข้อมูลการเคลื่อนไหวเหล่านี้จะถูกประมวลผลเหลือเพียงการเคลื่อนไหวของโครงกระดูก ซึ่งโคเนคจะวิเคราะห์ลักษณะการเคลื่อนไหวของข้อต่อแต่ละข้อรวมทั้งสิ้น 20 ข้อต่อ (คิดเป็นโครงกระดูกทั้งหมด 19 ท่อน) เพื่อนำไปวิเคราะห์อีกครั้งว่าขณะนี้ผู้เล่นกำลังแสดงท่าทางอะไรอยู่ซึ่งเรียกว่า Skeletal Tracking ดังรูปที่ 2 [2]



รูปที่ 2 Skeletal Tracking



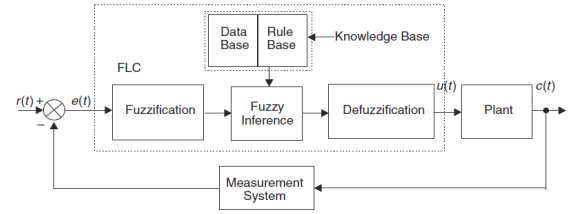
รูปที่ 3 แกน X, Y และ Z ของกล้องไคเนค

ข้อมูลตำแหน่งของข้อต่อ จะอยู่ในรูปแบบจุดพิกัดสามมิติ (X, Y และ Z) โดยตำแหน่งของจุดกำเนิด ($X = Y = Z = 0$) จะเป็นตำแหน่งของกล้องที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว และมีทิศทางของแกน X, Y และ Z ตามที่แสดงในรูปที่ 3 [4] ซึ่งแกน Z จะเป็นทิศทางที่กล้องตรวจจับค่า X จะเป็นค่าแสดงระยะทางที่ห่างออกไปจากจุดกำเนิดตามแนวอนสมัมพัทธ์กับกล้องที่ตรวจจับ [2]–[4]

1.2 ระบบฟัซซี

ฟัซซีลอจิกเป็นตรรกะที่อยู่บนพื้นฐานความเป็นจริงที่ว่า [5]–[7] ทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งที่มีความแน่นอนเท่านั้น แต่มีหลายสิ่งหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน การควบคุมแบบฟัซซีลอจิกมีขั้นตอนหลักๆ ทั้งหมด 3 ขั้นตอนคือ 1) ฟัซซีฟิเคชัน 2) การวินิจฉัย 3) ดีฟัซซีฟิเคชัน ดังรูปที่ 4 [5]

1) ฟัซซีฟิเคชัน คือขั้นตอนที่ทำหน้าที่แปลงข้อมูลทางกายภาพที่รับเข้ามาให้เป็นข้อมูลของระบบควบคุมแบบฟัซซีซึ่งจะอยู่ในรูปแบบของฟังก์ชันความเป็น



รูปที่ 4 ระบบควบคุมแบบฟัซซีลอจิก

สมาชิกมีค่าจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ใช้งานทั่วไปมีหลายชนิด เช่น ฟังก์ชันสามเหลี่ยม ฟังก์ชันสี่เหลี่ยมคางหมู ฟังก์ชันเกาส์เซียน ฟังก์ชันระฆังคว่ำ ฟังก์ชันตัวเอส ฟังก์ชันตัวแซด

2) การวินิจฉัย คือขั้นตอนการประมวลผลโดยมีการแปลความหมายและวิเคราะห์ข้อมูลอินพุตและเอาที่พุดตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในกฎพื้นฐานของฟัซซีโดยกฎการควบคุมจะอยู่ในลักษณะ “รูปแบบฐานกฎถ้า-ดังนั้น”

3) ดีฟัซซีฟิเคชัน คือเทคนิคการเลือกค่าสูงสุดหรือสรุปหาเหตุผลจากหลายๆ เซตมาเพียงค่าเดียว การตีความหาเหตุที่นิยมใช้ในัจจุบัน เช่น วิธีการหาจุดศูนย์กลาง (Central of Gravity: COG) เป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความค่าที่ได้จะคำนวณจุดศูนย์กลางโดยรวมดังสมการที่ 1

$$COG = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i w_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_i} \quad (1)$$

โดยสมการได้กำหนดค่าของสมการดังนี้

COG คือค่าของจุดศูนย์กลาง (Central of Gravity)

α_i คือค่าฟัซซีของเอาต์พุตในเซตฟัซซีตำแหน่งที่ *i*

w_i คือพื้นที่ใต้โค้งของเซตฟัซซีตำแหน่งที่ *i*

1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่ามีการใช้งานไคเนคมาประยุกต์กับหลายงานวิจัย ได้แก่ Kareem *et al.* [8] ได้นำเสนอระบบติดตามวัตถุ สององศาอิสระที่ควบคุมด้วยฟัซซีลอจิกซึ่งรับอินพุตเป็นพิกัดพิกเซลและให้อเอาต์พุตเป็นความกว้างของพัลส์ของสัญญาณ (PWM) ที่เหมาะสมที่สุดไปยังวงจรขับมอเตอร์กระแสตรง วัตถุที่

ติดตามเป็นหลอดไฟและทำการทดลองในที่มืดทำให้เห็นภาพของแหล่งกำเนิดแสงในภาพได้อย่างชัดเจน ในขณะที่กล้องที่ใช้เป็นกล้องเว็บแคมที่มีความละเอียดภาพ 320×240 พิกเซล ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถติดตามวัตถุได้เป็นอย่างดี

นิรมล [9] นำเสนอเทคนิคใหม่ในการติดตามวัตถุเคลื่อนที่บนระนาบ โดยใช้ทั้งข้อมูลภาพจากกล้องและข้อมูลระยะทางจากเซนเซอร์อินฟราเรด เพื่อประมาณหาตำแหน่งของวัตถุในภาพและติดตามวัตถุ โดยไม่ต้องทำการสอบเทียบกล้องเพื่อหาตัวแปรของกล้องและการประมาณตำแหน่งของวัตถุด้วยทฤษฎีมุมออยเลอร์ซึ่งไม่ซับซ้อน และใช้เวลานานฟิลเตอร์กรองสัญญาณรบกวนทำให้ได้เส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุบนระนาบที่มีความแม่นยำ

Berger *et al.* [10] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้ไคเนคทั้งหมด 4 ตัวในหลายๆ มุมมองแล้วนำภาพความลึกของกล้องแต่ละตัวไปคำนวณหาตำแหน่งของข้อต่อของร่างกายผู้ถูกตรวจจับซึ่งสามารถช่วยเพิ่มโอกาสการตรวจจับร่างกายได้

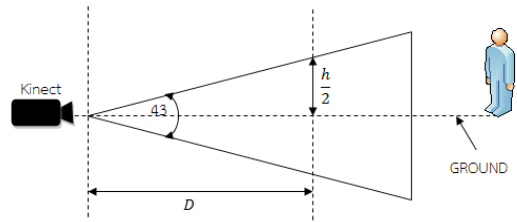
ปรกรณ์ [11] ได้ศึกษาระบบนำทางและหลบหลีกสิ่งกีดขวางสำหรับหุ่นยนต์เดินข่างคน โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์ไคเนคท่ามุม 15 องศากับหุ่นยนต์เพื่อตรวจสอบเท้าสองข้างของคนซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นที่ฐานของการพัฒนาหุ่นยนต์ที่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับคนในสถานการณ์ต่างๆ ได้

ปรกรณ์ และคณะ [12] ได้ศึกษาหุ่นยนต์สร้างแผนที่สามมิติ โดยได้นำอุปกรณ์ไคเนคเข้ามาใช้งานร่วมกับหุ่นยนต์เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์รับภาพ และความลึกเพื่อนำไปประมวลผล และสร้างแผนที่สามมิติในพื้นที่ที่มีความเสี่ยง โดยแบ่งการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์เป็น 2 โหมดคือโหมดควบคุมการเคลื่อนที่จากผู้ใช้งานและโหมดการเคลื่อนที่แบบอัตโนมัติ

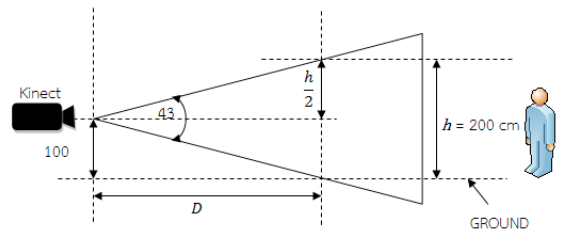
2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 การออกแบบระยะการติดตั้งอุปกรณ์ไคเนค

จากการศึกษาขอบเขตการมองเห็นของไคเนคพบว่าองศาการมองเห็นของไคเนคในแนวนอนคือ 57 องศา



รูปที่ 5 ขอบเขตการมองเห็นแนวตั้งของไคเนค



รูปที่ 6 ขอบเขตการมองเห็นแนวตั้งของไคเนคที่ระดับการติดตั้งสูงจากพื้น 100 เซนติเมตร

และแนวตั้งคือ 43 องศา หากทำการติดตั้งอุปกรณ์ไคเนคที่ระดับพื้นจะทำให้สูญเสียขอบเขตการมองเห็นในแนวตั้งเท่ากับ $h/2$ ดังรูปที่ 5

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะลดการสูญเสียขอบเขตการมองเห็นในแนวตั้งที่เกิดขึ้น ด้วยการยกระดับการติดตั้งไคเนคให้สูงขึ้น 100 เซนติเมตร เพื่อให้ขอบเขตการมองเห็นแนวตั้งมีค่าเป็น 200 เซนติเมตร จากพื้นดิน นอกจากนั้นที่ความสูงระดับ 100 เซนติเมตร จะสูงกว่าความสูงของเฟอร์นิเจอร์ เช่น โต๊ะ เก้าอี้ ซึ่งเป็นเฟอร์นิเจอร์ที่พบได้ทั่วไปในห้องพัก ดังรูปที่ 6

2.2 การออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์ติดตามผู้สูงอายุผ่านอุปกรณ์ไคเนค

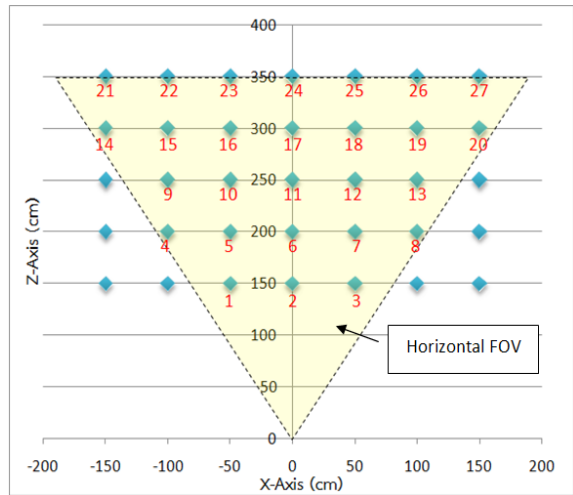
จากการศึกษาขอบเขตการมองเห็นของไคเนค ผู้วิจัยได้ออกแบบหุ่นยนต์ติดตามผู้สูงอายุผ่านอุปกรณ์ไคเนคให้มีความสูง 100 เซนติเมตร โครงสร้างของหุ่นยนต์สร้างจากอะลูมิเนียมซึ่งทำให้หุ่นยนต์มีน้ำหนักเบาและใช้ล้อสำหรับการเคลื่อนที่ นอกจากนั้นได้ทำการติดตั้งอัลตราโซนิกสำหรับตรวจสอบสิ่งกีดขวางในระยะใกล้เพื่อป้องกันการชนในระยะ 20 ถึง 50 เซนติเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่อยู่นอกเหนือจากขอบเขตการมองเห็นของไคเนค ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 หุ่นยนต์ติดตามผู้สูงอายุผ่านอุปกรณ์ไคเนค

2.3 ขั้นตอนการเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างผู้สูงอายุกับอุปกรณ์ไคเนค

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาช่วงที่สามารถตรวจจับผู้สูงอายุได้ดีที่สุด ไปกำหนดเป็นขอบเขตการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยการควบคุมแบบพีซี ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ตรวจสอบจำนวนจุดเชื่อมต่อและโครงกระดูกของบุคคลจำนวน 5 ท่าน แทนผู้สูงอายุโดยได้กำหนดความสูงของผู้ทดลองอยู่ระหว่าง 150 เซนติเมตร ถึง 190 เซนติเมตร น้ำหนักของผู้ทดลองอยู่ระหว่าง 40 กิโลกรัม ถึง 100 กิโลกรัม และให้ผู้ทดลองแสดงท่า Calibration Pose ที่ระยะ 150, 200, 250, 300 และ 350 เซนติเมตร ในแนวแกน Z ซึ่งแต่ละระยะจะมีตำแหน่งทดสอบทุกๆ 50 เซนติเมตร ในแนวแกน X โดยตำแหน่งที่ทดสอบจะเป็นตำแหน่งที่อยู่ในขอบเขตการมองเห็นแนวนอนของไคเนคซึ่งมีทั้งหมด 27 จุด โดยทำการทดสอบจุดละ 3 ครั้ง ดังรูปที่ 8

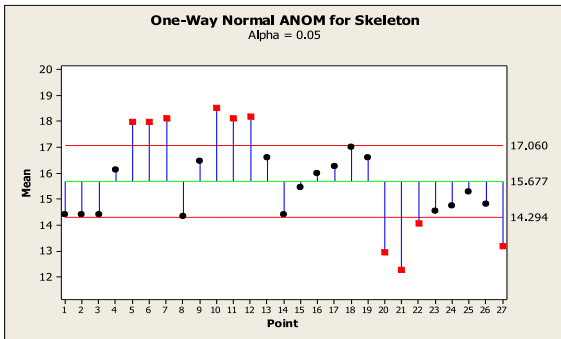


รูปที่ 8 จุดพิกัดตำแหน่งที่ใช้ทดสอบจำนวนจุดเชื่อมต่อและโครงกระดูก

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโครงกระดูก ช่วงความเชื่อมั่น 95%

Source	DF	SS	MS	F	P
Point	26	1222.76	47.03	15.49	0.000
Error	378	1147.87	3.04		
Total	404	2370.63			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนโครงกระดูกช่วงความเชื่อมั่น 95% พบว่าค่า P มีค่าเท่ากับ 0.000 ดังตารางที่ 1 จึงสรุปได้ว่า มีอย่างน้อยหนึ่งจุดพิกัดตำแหน่งที่มีค่าเฉลี่ยของจำนวนโครงกระดูกแตกต่างจากจุดพิกัดตำแหน่งอื่นๆ และเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของจำนวนโครงกระดูกที่ระดับนัยสำคัญ .05 พบว่าตำแหน่งที่ 5, 6, 7, 10, 11, 12 เป็นจุดพิกัดตำแหน่งที่มีค่าเฉลี่ยสูงแสดงดังรูปที่ 9 ซึ่งสรุปได้ว่าพื้นที่ในช่วงนี้สามารถตรวจจับผู้สูงอายุได้ดีที่สุด ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำจุดกึ่งกลางของพื้นที่ที่สามารถตรวจจับผู้สูงอายุได้ดีที่สุดคือ ระยะห่างจากผู้สูงอายุกับอุปกรณ์ไคเนคในแนวแกน Z เท่ากับ 225 เซนติเมตร และระยะห่างในแนวแกน X เท่ากับ 0 เซนติเมตร ไปกำหนดเป็นขอบเขตการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยการควบคุมแบบพีซี



รูปที่ 9 กราฟวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของจำนวนโครงกระดูกที่ระดับนัยสำคัญ .05

2.4 การออกแบบการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยวิธีการฟัซซี

ผู้วิจัยเลือกตำแหน่งจุดกึ่งกลางระหว่างไหล่ (Shoulder Center) เพื่อใช้ตรวจสอบระยะห่างระหว่างผู้สูงอายุกับหุ่นยนต์ โดยจะควบคุมหุ่นยนต์ให้มีระยะห่างจากผู้สูงอายุในแนวแกน Z เท่ากับ 225 เซนติเมตร และระยะห่างในแนวแกน X เท่ากับ 0 เซนติเมตร โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้การควบคุมแบบฟัซซีมาตัดสินใจการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.4.1 การกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function) ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรอินพุต 2 ตัวแปรประกอบด้วย 1) ค่าความผิดพลาดแนวแกน X 2) ค่าความผิดพลาดแนวแกน Z และตัวแปรเอาต์พุต 2 ตัวแปรประกอบด้วย 1) ความเร็วมอเตอร์ล้อซ้าย 2) ความเร็วมอเตอร์ล้อขวา โดยทำการควบคุมความเร็วแบบ PWM มีช่วงควบคุมระหว่าง -100% ถึง 100% (เครื่องหมายบวก ลบ หมายถึง ทิศทางการหมุนของล้อ) โดยกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรอินพุตและเอาต์พุตแสดงดังตารางที่ 2 ถึงตารางที่ 5

ตารางที่ 2 สมาชิกอินพุตค่าความผิดพลาดแนวแกน X

Membership Function	Shape	Points
NB	Trapezoid	-100; -100; -60; -20
NS	Triangle	-60; -30; 0
Z	Triangle	-5; 0; 5
PS	Triangle	0; 30; 60
PB	Trapezoid	20; 60; 100; 100

ตารางที่ 3 สมาชิกอินพุตค่าความผิดพลาดแนวแกน Z

Membership Function	Shape	Points
NB	Trapezoid	-50; -50; -30; -10
NS	Triangle	-30; -15; 0
Z	Triangle	-5; 0; 5
PS	Triangle	0; 15; 30
PB	Trapezoid	10; 30; 50; 50

ตารางที่ 4 สมาชิกเอาต์พุตความเร็วมอเตอร์ล้อซ้าย

Membership Function	Shape	Points
Fast LMB	Triangle	-100; -100; -50
Normal LMB	Triangle	-75; -55; -35
Slow LMB	Triangle	-50; -35; -20
Stop LM	Triangle	-20; 0; 20
Slow LMF	Triangle	20; 35; 50
Normal LMF	Triangle	35; 55; 75
Fast LMF	Triangle	50; 100; 100

ตารางที่ 5 สมาชิกเอาต์พุตความเร็วมอเตอร์ล้อขวา

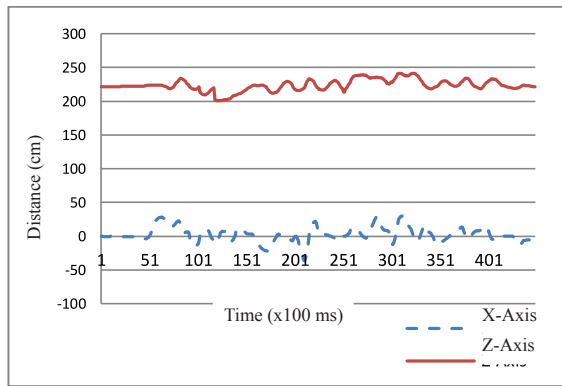
Membership Function	Shape	Points
Fast RMB	Triangle	-100; -100; -50
Normal RMB	Triangle	-75; -55; -35
Slow RMB	Triangle	-50; -35; -20
Stop RM	Triangle	-20; 0; 20
Slow RMF	Triangle	20; 35; 50
Normal RMF	Triangle	35; 55; 75
Fast RMF	Triangle	50; 100; 100

2.4.2 การวินิจฉัย (Fuzzy Inference) ผู้วิจัยได้กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตค่าความผิดพลาดแนวแกน X และ Z กับเอาต์พุตความเร็วมอเตอร์ล้อซ้ายและขวา ซึ่งมีทั้งหมด 25 กฎ ดังตารางที่ 6

2.4.3 การหาค่าฟัซซีให้เป็นค่าปกติ (Defuzzification) ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีการหาจุดศูนย์กลาง (Central of Gravity: COG) เป็นวิธีการเฉลี่ยผลที่ได้จากการตีความ

ตารางที่ 6 กฎพีชชีระหว่างอินพุตและเอาต์พุต

Error Z \ Error X	NB	NS	Z	PS	PB
NB	Normal LMB/ Fast RMB	Slow LMB/ Normal RMB	Fast LMB/ Fast RMB	Normal LMB/ Slow RMB	Fast LMB/ Normal RMB
NS	Slow LMB/ Fast LMB	Slow LMB/ Slow RMB	Slow LMB/ Slow RMB	Slow LMB/ Slow RMB	Fast LMB/ Slow RMB
Z	Normal LMF/ Normal RMB	Slow LMF/ Stop RM	Stop LM/ Stop RM	Stop LM/ Slow RMF	Normal LMB/ Normal RMF
PS	Fast LMF/ Slow RMF	Slow LMF/ Slow RMF	Slow LMF/ Slow RMF	Slow LMF/ Slow RMF	Slow LMF/ Fast RMF
PB	Fast LMF/ Normal RMF	Normal LMF/ Slow RMF	Fast LMF/ Fast RMF	Slow LMF/ Normal RMF	Normal LMF/ Fast RMF



รูปที่ 10 การติดตามพิกัดจุดกึ่งกลางระหว่างไหล่ในแนวแกน X และแกน Z

3. ผลการทดลอง

การหาประสิทธิภาพการเคลื่อนที่ตามผู้สูงอายุของหุ่นยนต์ ผู้วิจัยได้กำหนดให้ผู้สูงอายุเดินในแนวเส้นซึ่งมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 150 เซนติเมตร จำนวน 5 รอบ โดยไม่มีสิ่งกีดขวางและไม่มีบุคคลอื่นเดินผ่านพร้อมกับบันทึกค่าพิกัดตำแหน่งจุดกึ่งกลางระหว่างไหล่ ที่อ่านได้จากไคเนดในแนวแกน X และแกน Z ทุกๆ 100 มิลลิวินาที แสดงดังรูปที่ 10 จากนั้นผู้วิจัยได้วิเคราะห์ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ของการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และ Z มีค่าเท่ากับ 11.355 และ 8.548 ตามลำดับ และเมื่อใช้ทฤษฎีช่วงความเชื่อมั่นมาวิเคราะห์ข้อมูลพิกัดตำแหน่งจุดกึ่งกลางระหว่างไหล่ โดยกำหนดช่วง

ความเชื่อมั่นที่ 95% และวิเคราะห์แบบ Two-sided Confidence Interval พบว่าตำแหน่งจุดกึ่งกลางระหว่างไหล่ ในแนวแกน X อยู่ระหว่าง -22.937 ถึง 25.451 เซนติเมตร แนวแกน Z อยู่ระหว่าง 212.291 ถึง 236.061 เซนติเมตร ซึ่งเป็นช่วงพื้นที่ที่สามารถตรวจจับผู้ป่วยและผู้สูงอายุได้ดีที่สุด ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพิกัดตำแหน่งจุดกึ่งกลางระหว่างไหล่ ช่วงความเชื่อมั่นที่ 95%

Variable	N	Mean	StDev	Lower	Upper
Data X	3094	1.257	12.08	-22.93	25.451
Data Z	3094	224.17	5.93	212.29	236.06

4. อภิปรายผลและสรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาหุ่นยนต์ติดตามผู้สูงอายุผ่านอุปกรณ์ไคเนด โดยใช้การควบคุมแบบพีชชีเพื่อเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาการดูแลผู้สูงอายุที่พักอาศัยอยู่ที่บ้านโดยลำพัง โดยทำการวิเคราะห์หาช่วงที่สามารถตรวจจับผู้สูงอายุได้ดีที่สุด เพื่อนำไปกำหนดเป็นขอบเขตการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ด้วยการควบคุมแบบพีชชี ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบให้หุ่นยนต์ติดตามตำแหน่งจุดกึ่งกลางระหว่างไหล่ โดยกำหนดตัวแปรอินพุต 2 ตัวแปรและตัวแปรเอาต์พุต 2 ตัวแปร ได้แก่ ค่าความผิดพลาดแนวแกน X ค่าความผิดพลาดแนวแกน Z ความเร็วมอเตอร์ล้อซ้าย ความเร็วมอเตอร์ล้อขวา



ตามลำดับ จากการทดสอบการควบคุมการติดตามสรุปได้ว่า หุ่นยนต์ติดตามผู้สูงอายุผ่านอุปกรณ์ไคเนคด้วยการควบคุมแบบฟัซซีสามารถติดตามผู้สูงอายุได้ดี โดยมีค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ของการเคลื่อนที่ในแนวแกน X และ Z มีค่าเท่ากับ 11.355 และ 8.548 ตามลำดับ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับผู้ป่วยที่อยู่ในห้องพักพิเศษในโรงพยาบาลได้อย่างไรก็ตามควรเพิ่มกระบวนการตรวจสอบท่าทางของผู้ใช้งาน เช่น การหกล้ม การขอความช่วยเหลือ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงสุด

5. กิติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณหลักสูตรวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ที่สนับสนุนงานวิจัยอย่างจริงจัง และต่อเนื่องมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

- [1] National Statistical Office Ministry of Information and Communication Technology, *The 2014 Survey of the Older Persons in Thailand*, Text and Journal Publication Co.,Ltd, 2014, pp. 42–43.
- [2] Microsoft. (2015). *Programming with the Kinect for Windows SDK* [Online]. Available: http://research.microsoft.com/en-us/events/fs2011/jancke_kinect_programming.pdf
- [3] *Xbox 360 Kinect Sensor*, 1st ed., Microsoft Co., Taipei, 2011, pp. 1–2.
- [4] S. Kaenchan, P. Mongkolnam, B. Watanapa, and S. Sathienpong, “Automatic multiple kinect cameras setting for simple walking posture analysis,” in *International Computer Science and Engineering Conference*, September 2013, pp. 245–249.
- [5] S. Aggaitchaya, K. Thongnoo, and T. Chalermyanont, “Water level estimation using heuristic algorithm: A case study in Hat Yai District, Songkhla Province,” in *National Research Conference 2014*, April 2014, pp. 201–209.
- [6] R. S. Burns, *Advanced Control Engineering*. Oxford: Butterworth–Heinemann, pp. 331–344, 2001.
- [7] T. Chawanrat and P. Prasong, “Application of fuzzy logic in knowledge quality assessment for knowledge management systems in the context of institutions of higher education,” *Journal of Information Science and Technology*, vol. 1, pp. 43–53, January–June 2010.
- [8] S. Kareem, M. Rizah, and A. Rini, “Fuzzy control algorithm for educational light tracking system,” in *The 2nd International Congress on Engineering Education*, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 22–27, December 2010.
- [9] N. Ruangpayoongsak, “Object trajectory tracking on a plane using camera and infrared sensor,” *The Journal of King Mongkut’s University of Technology North Bangkok*, vol. 24, no. 2, May–August 2014.
- [10] K. Berger, K. Ruhl, C. Brümmer, Y. Schröder, A. Scholz, and M. Magnor, “Markerless motion capture using multiple color–depth sensors,” *International Workshop on Vision, Modeling and Visualization*, 16th, Berlin, Germany, 4–6 October 2011.
- [11] P. Udsatid, “Navigation and obstacle avoidance system for person side-by-side mobile robot,” M.S. thesis, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, 2012 (in Thai).
- [12] P. Thongplub, A. Chyklai, and A. Kosem, “Robot 3D mapping,” M.S. thesis, Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyabuti, 2013 (in Thai).

