

ต้นแบบห้องนอนอัจฉริยะสำหรับผู้สูงอายุ โดยการใช้กล้อง Kinect ตรวจสอบการ เคลื่อนไหว

Smart Bedroom Prototype for the Elderly using Kinect Camera Motion Captures

ยุทธนา บุราณมย์ บัณฑิต วรรณภา และ พรชัย มงคลนาม
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
E-mails: 54442051@st.sit.kmutt.ac.th, {bunthit | pornchai}@sit.kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

กล้อง Kinect สามารถตรวจจับโครงร่างและการเคลื่อนไหวของมนุษย์ได้ทั้งในที่สว่างและที่มืด โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ หลายด้าน เช่น ด้านความบันเทิง ด้านกราฟฟิก ด้านความมั่นคง ด้านสุขภาพ รวมถึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับประชากรกลุ่มผู้สูงอายุที่นับวันยิ่งเพิ่มจำนวนมากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อเทียบเป็นอัตราส่วนต่อกลุ่มประชากรอื่นๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอต้นแบบระบบอำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ ขณะอยู่ในห้องนอน โดยใช้กล้อง Kinect ช่วยในการตรวจจับการเคลื่อนไหว เช่น การช่วยเหลือผู้สูงอายุเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าจากระยะไกล โดยใช้ท่าทาง และปราศจากการสัมผัสอุปกรณ์ใดๆ เช่น อุปกรณ์ควบคุมระยะไกล (Remote Controllers) การตรวจจับและแจ้งเตือนความเสี่ยงที่ผู้สูงอายุจะตกจากเตียง การตรวจจับการขอความช่วยเหลือของผู้สูงอายุ ขณะอยู่ในห้องนอน รวมถึงการเฝ้าระวังสิ่งผิดปกติที่อาจจะเกิดขึ้น เช่น นอนนานเกินเวลาปกติ

คำสำคัญ

การตรวจจับการเคลื่อนไหว ระบบอำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตประจำวัน กล้อง Kinect ผู้สูงอายุ

Abstract

Kinect sensor is able to capture motions of human presenting as a time-dependent skeleton. It could be applied in many fields, such as entertainment, security, health care and computer graphics. Particularly, it could be applied to assist the elderly population group whose the number has been increasing significantly when compared to the other groups of population. This work proposes the system that facilitates the daily lives of the

elderly in bedroom, for instance, helping the elderly turn off or turn on electric devices without touching any equipment or remote controllers. The system could also detect and alert to prevent the elderly people from falling out of bed and also monitor the sign of abnormality or any assistance need of the elderly while being in the bedroom using Kinect camera.

Keywords

motion capture, facilitated system in daily lives, Kinect sensor, elderly people

1. บทนำ

ตามคำนิยามของสหประชาชาติ “ประเทศใดมีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไป ในสัดส่วนเกิน 10% หรือมีประชากรอายุ 65 ปีขึ้นไปเกิน 7% ของประชากรทั้งประเทศ ถือว่าประเทศนั้นได้ก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ (Ageing Society)” [1] โดยประเทศไทยได้ก้าวเข้าสู่สังคมของผู้สูงอายุตั้งแต่ปี 2548 [2] มีประชากรอายุ 60 ปีขึ้นไปคิดเป็น 10.5% ของประชากรทั้งหมด และคาดการณ์ว่าประชากรผู้สูงอายุของประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 - 2573 จะเพิ่มขึ้นคิดเป็น 15.7% เมื่อเทียบกับประชากรทั้งหมด ซึ่งสิ่งสำคัญคือ การเตรียมความพร้อม เพื่อเปลี่ยนผ่านไปสู่การเป็นสังคมของผู้สูงอายุ ทั้งในแง่ของสวัสดิการและการดำรงชีวิตของผู้สูงอายุ

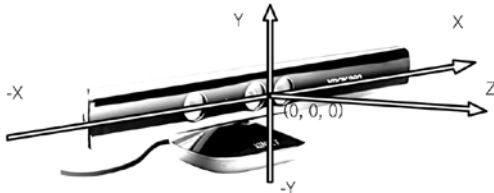
งานวิจัยนี้ได้นำเสนอระบบที่สามารถอำนวยความสะดวก และช่วยเหลือผู้สูงอายุในการดำเนินชีวิตประจำวันให้สะดวกสบายยิ่งขึ้น ขณะอยู่ในห้องนอน พร้อมกับมีระบบตรวจสอบสิ่งผิดปกติต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นกับผู้สูงอายุ ขณะอยู่ในห้องนอน เช่นการแจ้งเตือนก่อนการตกจากเตียง การตรวจสอบความผิดปกติของการตื่นนอนในแต่ละวัน การส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือของผู้สูงอายุ รวมถึงการอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้สูงอายุในการควบคุมการทำงาน การเปิด-ปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในห้องนอน โดยงานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอด เพื่อรองรับความต้องการของผู้สูงอายุในลักษณะอื่นๆ ต่อไปได้

2. ความสามารถในการตรวจจับการเคลื่อนไหว และระบุตำแหน่งต่างๆ ของร่างกายโดยใช้กล้อง Kinect

กล้อง Kinect [3] ผลิตขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์ด้านความบันเทิงใช้งานร่วมกับเครื่องเล่นเกม Xbox 360 มีความสามารถในการตรวจจับร่างกาย และเสียงของผู้ใช้ โดยระยะแรกอุปกรณ์ดังกล่าวถูกพัฒนาเพื่อใช้งานในด้านเกมเป็นหลัก ต่อมาได้ถูกพัฒนาให้ใช้งานร่วมกับอุปกรณ์บันเทิงอื่นๆ เช่น ควบคุมการเล่นภาพยนตร์ด้วยการเคลื่อนไหวร่างกายหรือเสียง ทั้งนี้กล้อง Kinect จะรับภาพจากผู้ใช้ในการอาศัยอุปกรณ์สำคัญสามตัว คือ Infra-red (IR) Projector, IR Camera และ RGB Camera [4] ทำให้สามารถจำแนกจุดบนร่างกายของมนุษย์ โดยอาศัยหลักความลึกของภาพ (Depth-based Imaging) [5] ส่งผลให้สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกาย โดยปราศจากการทำเครื่องหมายบนส่วนต่างๆ บนร่างกาย (Markerless Tracking)

จากความสามารถในการตรวจจับการเคลื่อนไหว และระบุตำแหน่งของร่างกาย โดยปราศจากการทำเครื่องหมายบนส่วนต่างๆ บนร่างกายของกล้อง Kinect อีกทั้งราคาไม่สูงมาก จึงมีการนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ รวมถึงงานวิจัยนี้การตรวจจับการเคลื่อนไหวของร่างกายมนุษย์ โดยใช้กล้อง Kinect ในงานวิจัยนี้ใช้ Application Program Interface (API) ของ OpenNI [6] ในการพัฒนา

และระบุข้อมูลตำแหน่งของข้อต่อมนุษย์ที่ถูกตรวจจับ โดยข้อมูลตำแหน่งของข้อต่อจะอยู่ในรูปแบบระบบพิกัดสามมิติ (X, Y และ Z) โดยจะเริ่มตรวจจับเริ่มต้นที่ตำแหน่ง (0, 0, 0) ดังภาพที่ 1

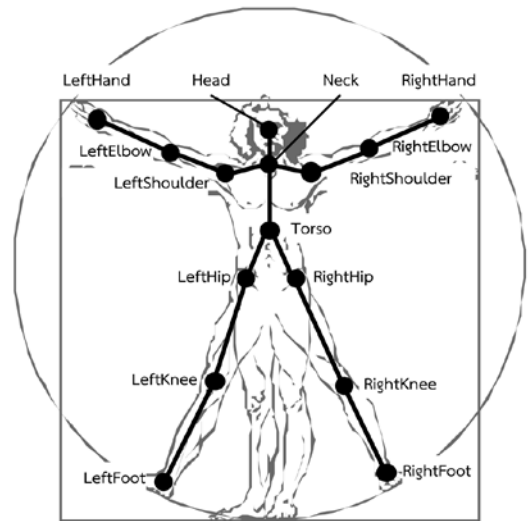


ภาพที่ 1 แกน X, Y และ Z ของกล้อง Kinect [6]

จากภาพที่ 1 แนวแกน X จะเป็นแกนที่แสดงค่าระยะทางที่ห่างออกไปจากจุดกำเนิดในแนวนอนสัมพันธ์กับกล้อง โดยค่า X จะเป็นบวกเมื่อตำแหน่งที่ถูกตรวจจับอยู่ทางด้านขวาของกล้อง และเป็นค่าลบ เมื่อตำแหน่งที่ถูกตรวจจับอยู่ด้านซ้ายของกล้องค่า Y เป็นค่าที่แสดงระยะทางที่ห่างออกไปจากจุดกำเนิดตามแนวตั้ง โดยค่าที่ได้จะเป็นบวกเมื่อตำแหน่งที่ถูกตรวจจับอยู่สูงกว่าตำแหน่งของกล้อง และเป็นลบ เมื่อตำแหน่งที่ถูกตรวจจับอยู่ต่ำกว่าตำแหน่งของกล้อง และค่า Z จะเป็นระยะทางที่ห่างออกไปจากกล้องในทิศทางของหน้ากล้อง โดยค่า Z เป็นบวกเสมอ

ตำแหน่งของข้อต่อ (Joints) ที่ได้รับจาก API สามารถระบุตำแหน่งที่สัมพันธ์กับร่างกายมนุษย์ได้สูงสุด 15 ตำแหน่ง ตามที่แสดงในภาพที่ 2 เมื่อกล้องตรวจจับโครงร่างมนุษย์ ตำแหน่งของข้อต่อที่ปรากฏจะสลับข้างซ้ายและขวาจากร่างกายมนุษย์จริงแต่ละตำแหน่งของข้อต่อมีค่า X, Y และ Z โดยมีความเชื่อมั่น (fConfidence) ที่แสดงถึงค่าความเชื่อมั่นในการตรวจจับตำแหน่งข้อต่อนั้นๆ โดยจะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 โดย 1 หมายถึง สามารถตรวจจับได้ในค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 100 และถ้าหากค่าน้อยกว่า 1 หมายถึง การตรวจจับเป็นการประมาณการค่าความเชื่อมั่น โดยค่าร้อยละจะลดลงตามลำดับ

ในการตรวจจับการเคลื่อนไหว หากถูกตรวจจับอยู่ในระยะที่ห่างจากตัวกล้องประมาณ 1.2 - 3.5 เมตร ค่าของตำแหน่งข้อต่อที่ถูกตรวจจับได้จะมีค่าใกล้เคียงกับการวัดจริง โดยค่า fConfidence ที่ได้จากกล้อง Kinect จะมีค่าเท่ากับ 1 แต่ถ้าหากมีข้อต่อส่วนใดส่วนหนึ่งที่กล้องไม่สามารถตรวจจับได้หรือถูกบดบัง เช่น ยืนมือโพล์หลัง ค่า fConfidence จะมีค่าน้อยกว่า 1



ภาพที่ 2 ตำแหน่งข้อต่อที่สัมพันธ์กับตำแหน่งบนร่างกายมนุษย์ [6] ตำแหน่งข้อต่อที่สัมพันธ์กับตำแหน่งบนร่างกายมนุษย์ [6]

3. งานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของ Lu Xia, Chia-Chih Chen และ J. K. Aggarwal [7] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการตรวจจับโครงร่างมนุษย์จากการใช้ข้อมูลเชิงความลึกของภาพ โดยใช้กล้อง Kinect ซึ่งสามารถตรวจจับภาพได้ทั้งแบบสองมิติ (2D) และสามมิติ (3D) ของผิววัตถุ และแยกโครงร่างมนุษย์ออกจากสภาพแวดล้อม รวมถึงการทดสอบการติดตาม (Tracking) โครงร่าง โดยใช้ขั้นตอนวิธีการตรวจจับภาพจากสี

สามสี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน (หรือ RGB) ซึ่งจากการวิจัยสามารถตรวจจับท่าทางของมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยของ Jagdish L. Raheja, Ankit Chaudhary และ Kunal Singal [8] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการตรวจจับจุดกึ่งกลางฝ่ามือและปลายนิ้วด้วยกล้อง Kinect ในขณะที่มีการเคลื่อนไหวของฝ่ามือซึ่งสามารถตรวจจับมือข้างเดียวหรือทั้งสองข้างได้ ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ โดยปราศจากเครื่องตรวจจับเครื่องหมายหรือสีใดๆ การตรวจจับนั้นได้ใช้ต้นแบบ OpenNI และ NITE [9] เพื่อตรวจจับข้อมูลความลึกของภาพซึ่งสามารถปรับการทำงาน โดยใช้ภาษา C++ ภาพจะถูกแบ่งออกเป็นส่วน โดยใช้ความลึกและสีของมือ จากนั้นจะแยกแยะระหว่างนิ้วมือกับฝ่ามือออกเป็นส่วน เช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Ting Wan, Yujun Wang และ Junke Li [10] ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับระบบจดจำการเคลื่อนไหวของมือโดยใช้กล้อง Kinect งานวิจัยนี้ได้ใช้หลักการตรวจจับการเคลื่อนไหวของมือโดยการคำนวณคู่อันดับคาร์ทิกเซียนแบบสามมิติตามเวลาจริง ดังนั้นสามารถตรวจจับได้ทุกขณะไม่ว่าจะเป็นการเริ่มเคลื่อนไหวมือหยุดเคลื่อนไหว เคลื่อนไหวซ้าย-ขวา หรือ หน้า-หลังก็สามารถตรวจจับได้อย่างถูกต้อง

งานวิจัยของ Bojan Mrazovac, Milan Z. Bjelica, Istvan Papp และ Nikola Teslic [11] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการควบคุมการทำงานเครื่องเล่นเสียง-วิดีโออัจฉริยะ โดยใช้การตรวจจับการเข้าใกล้อุปกรณ์ตลอดจนการตรวจจับเสียงภายในที่พักอาศัยผ่านกล้องภายในบ้าน โดยใช้เทคโนโลยีสามประเภทเข้ามาช่วย คือ ภาพ (จากกล้อง Kinect) เสียง (จากไมโครโฟน) และความร้อน (จากเครื่องตรวจจับแบบ Passive Infrared) ซึ่งสามารถใช้เทคโนโลยีสั่งการให้อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) โทรทัศน์ หรือเครื่องเล่นเสียงทำงาน โดยระบบสามารถตรวจจับระยะทางระหว่างผู้ใช้กับอุปกรณ์เพื่อให้อุปกรณ์ทำงาน หรือหยุดทำงานตามระยะทางที่ถูกตรวจจับได้ ซึ่งคำสั่งต่างๆ จะถูกกำหนดไว้

ในโครงสร้างของไฟล์ XML และหากผู้ใช้งานต้องการเพิ่มจำนวนอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมการทำงานสามารถเลือกคำสั่งที่มีอยู่หรือสร้างขึ้นมาใหม่ได้โดยง่าย ผ่านส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวจะสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ปราศจากเสียงรบกวน อีกทั้งการตรวจจับระยะทางเพื่อสั่งให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน อาจไม่สัมพันธ์กับความต้องการของผู้ใช้ หากผู้ใช้อยู่ในรัศมีที่ทำให้ระบบสั่งการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน แต่ผู้ใช้ไม่ต้องการเปิดอุปกรณ์นั้นๆ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยการตรวจจับทิศทางการชี้ไปยังตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

งานวิจัยของ Bingbing Ni, Nguyen Chi Dat และ Pierre Moulin [12] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการป้องกันการตกจากเตียงของผู้ป่วยในโรงพยาบาล โดยใช้การตรวจจับเหตุการณ์การลุกจากเตียง โดยใช้กล้อง Red Green Blue Depth (RGBD) จากกล้อง Kinect ตรวจจับ ซึ่งระบบจะรับภาพผ่านกล้อง Kinect เข้าในลักษณะภาพ RGB จากนั้นระบบจะทำการประมวลผลถึงความเสี่ยงที่เป็นไปได้ของการตกจากเตียง โดยขั้นตอนวิธี Multiple Kernel Learning (MKL) ซึ่งจะมีการเก็บข้อมูลประวัติภาพเมื่อมีการเคลื่อนไหว (Motion History Images) ค่าระดับของการไล่เฉดสี (Histogram of Oriented Gradients) และระดับค่าสีที่เปลี่ยนแปลงไป (Histogram of Optic Flows) มาเปรียบเทียบกับในลักษณะส่วนของภาพที่แบ่งไว้เป็นช่อง (Channel) เมื่อเทียบแล้วเกิดสิ่งผิดปกติก็จะแจ้งเตือนไปยังพยาบาลหรือเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามงานวิจัยดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในเรื่องของประสิทธิภาพในการประมวลผลภาพ เนื่องจากจะต้องมีการเปรียบเทียบภาพในแต่ละ Channels อยู่ตลอดเวลา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอการตรวจสอบสิ่งผิดปกติ โดยการกำหนดพื้นที่ตรวจสอบในระบบพิกัดสามมิติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประมวลผล โดยไม่ต้องนำภาพมาเปรียบเทียบกัน

3.2 ระบบพิกัดสามมิติ การแปลงทาง เรขาคณิต และการหาทิศทาง

กล้อง Kinect จะใช้ระบบพิกัดสามมิติใน
 การทำงาน ค่าของตัวเลขที่ใช้ในการอธิบายตำแหน่ง
 ของจุดบนระนาบ โดยใช้วิธีการกำหนดค่าอย่างเป็น
 ระบบด้วยการกำหนดค่าตัวเลขชุดอันดับสามตัว
 แทนตำแหน่งของแต่ละจุดบนระนาบ ชุดอันดับหนึ่ง
 ชุดจะสื่อถึงตำแหน่งเพียงหนึ่งตำแหน่งเท่านั้น เช่น
 จุด P เป็นจุดใดๆ ที่อยู่ระหว่างแกน X, Y และ Z โดย
 เมื่อระบุตำแหน่ง P จะได้ค่าตัวเลขออกมาหนึ่งชุด
 เป็นค่า (X, Y, Z) [13]

การแปลงทางเรขาคณิต (Geometric Trans-
 formation) ในงานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะการย้าย
 (Translation) และการหมุน (Rotation) ในระบบ
 พิกัดสามมิติ โดยนำมาประยุกต์ใช้กรณีที่ต้องการติดตั้ง
 กล้องไม่ได้อยู่ในตำแหน่งระนาบเดียวกันกับพื้น
 รวมถึงการเคลื่อนย้ายกล้องไปจากตำแหน่งเดิมที่ได้
 มีการตั้งค่าไว้ ดังนั้นจะต้องมีการย้ายและการหมุน
 เพื่อให้ได้ตำแหน่ง X, Y และ Z ที่ถูกต้อง และ
 รวดเร็วในการค้นหาทิศทาง

การย้าย (Translation) หมายถึง การเคลื่อน
 ตำแหน่งของวัตถุในทุกๆ จุด เป็นระยะทางที่เท่ากัน
 และเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกัน โดยการย้ายใน
 ระบบพิกัดสามมิติสามารถนำเสนอในรูปแบบ
 เมตริกซ์ได้ดังสมการที่ 1 - 7

$$\dot{P} = P + d \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{P}_x \\ \dot{P}_y \\ \dot{P}_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} d_x \\ d_y \\ d_z \end{bmatrix} \quad (2)$$

โดยหากจัดให้อยู่ในรูปแบบเมตริกซ์แบบ
 Homogeneous Coordinate จะได้

$$\dot{P} = d \cdot P \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{P}_x \\ \dot{P}_y \\ \dot{P}_z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & d_x \\ 0 & 1 & 0 & d_y \\ 0 & 0 & 1 & d_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

เมตริกซ์ทั้งสองรูปแบบสามารถเขียนเป็นสมการได้
 ดังนี้

$$\dot{P}_x = P_x + d_x \quad (5)$$

$$\dot{P}_y = P_y + d_y \quad (6)$$

$$\dot{P}_z = P_z + d_z \quad (7)$$

เมื่อ P คือ จุดใด ๆ ในระบบพิกัดสามมิติ

d คือ ระยะการเคลื่อนในแต่ละแกน

$\dot{P}$ คือ จุดใหม่ที่เกิดจากการเคลื่อนตำแหน่ง

การหมุน (Rotation) หมายถึง การเคลื่อน
 ตำแหน่งทุกๆ จุดของวัตถุรอบจุดตรึง โดยการหมุน
 ในระบบพิกัดสามมิติจะพิจารณาถึงแกนที่จะใช้
 การหมุน ได้แก่ การหมุนในแกน X แกน Y หรือแกน Z
 โดยเขียนเป็นเมตริกซ์การหมุนได้ดังสมการที่ 8 - 10

$$R_x(a_x) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(a_x) & -\sin(a_x) \\ 0 & \sin(a_x) & \cos(a_x) \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$R_y(a_y) = \begin{bmatrix} \cos(a_y) & 0 & \sin(a_y) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(a_y) & 0 & \cos(a_y) \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$R_z(a_z) = \begin{bmatrix} \cos(a_z) & -\sin(a_z) & 0 \\ \sin(a_z) & \cos(a_z) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

เมื่อ $R_X(a_X)$ คือ เมตริกซ์การหมุนรอบ
แกน X ด้วยมุม a_X

$R_Y(a_Y)$ คือ เมตริกซ์การหมุนรอบ
แกน Y ด้วยมุม a_Y

$R_Z(a_Z)$ คือ เมตริกซ์การหมุนรอบ
แกน Z ด้วยมุม a_Z

การหาทิศทางในระบบพิกัดสามมิตินั้นมีหลายวิธี แต่ในงานวิจัยนี้จะใช้การหาทิศทาง โดยใช้หลักการทางเวกเตอร์ (Vector) โดยองค์ประกอบของเวกเตอร์ในระบบ 3 มิติกำหนดให้เวกเตอร์ $\vec{A}$ อยู่บนระนาบ XYZ โดยเวกเตอร์ $\vec{A}$ ทำมุมกับแกน X แกน Y และแกน Z เป็นมุม $\theta_x = (\theta_x)$, $\theta_y = (\theta_y)$ และ $\theta_z = (\theta_z)$ ตามลำดับดังภาพที่ 3

ขนาดของ $\vec{A}_x$ เขียนแทนด้วย $A_x = A \cdot \cos(\theta_x)$

$$\text{โดยที่ } \cos(\theta_x) = \frac{A_x}{A}$$

ขนาดของ $\vec{A}_y$ เขียนแทนด้วย $A_y = A \cdot \cos(\theta_y)$

$$\text{โดยที่ } \cos(\theta_y) = \frac{A_y}{A}$$

ขนาดของ $\vec{A}_z$ เขียนแทนด้วย $A_z = A \cdot \cos(\theta_z)$

$$\text{โดยที่ } \cos(\theta_z) = \frac{A_z}{A}$$

ขนาดของเวกเตอร์ $\vec{A}$ เท่ากับ $A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$

ดังนั้นทิศทางของเวกเตอร์ $\vec{A}$ คือ มุมที่ $\vec{A}$ ทำกับแกน X แกน Y และแกน Z หาได้โดย

$$\theta_x = \cos^{-1}\left(\frac{A_x}{A}\right), \theta_y = \cos^{-1}\left(\frac{A_y}{A}\right),$$

$$\theta_z = \cos^{-1}\left(\frac{A_z}{A}\right)$$

4. วิธีการที่นำเสนอ

4.1 การระบุตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยการตรวจจับการเคลื่อนไหวทิศทางการไปยังตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้า

ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

กำหนดตำแหน่งใดๆ บนพื้นที่การตรวจจับเป็นตำแหน่งสมมติเริ่มต้นที่จะวางเป็นจุดกำเนิด (Global Coordinate System: GCS)

ตรวจจับและเก็บค่า (X, Y, Z) ของค่าข้อต่อสองที่ คือ ข้อศอกและ ฝ่ามือ

ทำการคำนวณมุมและทิศทางของการชี้ของเวกเตอร์ข้อศอก-ฝ่ามือ

ขนาดของ $\vec{A}_x$ เขียนแทนด้วย $A_x = A \cdot \cos(\theta_x)$

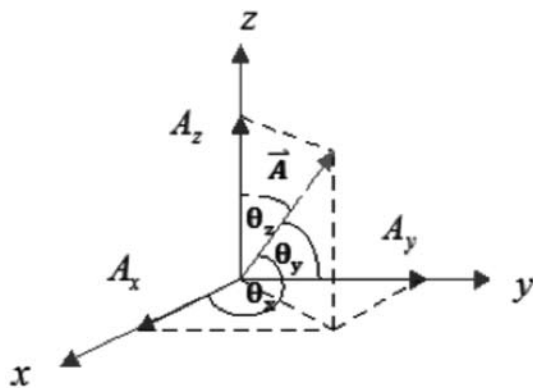
$$\text{โดยที่ } \cos(\theta_x) = \frac{A_x}{A}$$

ขนาดของ $\vec{A}_y$ เขียนแทนด้วย $A_y = A \cdot \cos(\theta_y)$

$$\text{โดยที่ } \cos(\theta_y) = \frac{A_y}{A}$$

ขนาดของ $\vec{A}_z$ เขียนแทนด้วย $A_z = A \cdot \cos(\theta_z)$

$$\text{โดยที่ } \cos(\theta_z) = \frac{A_z}{A}$$



ภาพที่ 3 การทำมุมของเวกเตอร์ $\vec{A}$ ทำมุมกับแกน X แกน Y และแกน Z

ขนาดของเวกเตอร์ $\vec{A}$ เท่ากับ $A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$

ดังนั้นทิศทางของเวกเตอร์ $\vec{A}$ คือ มุมที่ $\vec{A}$ ทำกับแกน X, Y และ Z หาได้โดย

$$\theta_x = \cos^{-1}\left(\frac{A_x}{A}\right), \theta_y = \cos^{-1}\left(\frac{A_y}{A}\right),$$

$$\theta_z = \cos^{-1}\left(\frac{A_z}{A}\right)$$

เมื่อได้ค่า θ_x , θ_y , θ_z แล้ว ให้บันทึกเป็นจุดของอุปกรณ์ไฟฟ้าพร้อมกับตั้งค่าความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งอุปกรณ์ไว้ โดยเทียบวัดจากขนาดของอุปกรณ์ไฟฟ้า

ในกรณีที่มีการเคลื่อนย้ายกล้อง ตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ได้มีการตั้งค่าไปแล้วนั้น จะต้องมีการคำนวณการย้ายด้วย โดยคำนวณจากจุดกำเนิดของกล้อง ณ ตำแหน่งที่ติดตั้งจะได้ค่า t_x , t_y และ t_z ซึ่ง

เป็นระยะการเคลื่อนจากจุดกำเนิดของ GCS ในแต่ละแกน โดยนำค่า a_x , a_y , a_z , t_x , t_y และ t_z ที่วัดได้มาแทนค่าในสมการที่ 11 เพื่อสร้างเมตริกซ์การแปลงตำแหน่งที่เปลี่ยนไป

เมตริกซ์การแปลง [Transform] =

$$\begin{bmatrix} c(a_z) c(a_y) & -s(a_z) c(a_y) + c(a_z) s(a_y) s(a_x) & s(a_z) s(a_x) + c(a_z) s(a_y) c(a_x) & t_x \\ s(a_z) c(a_y) & c(a_z) c(a_x) + s(a_z) s(a_y) s(a_x) & -c(a_z) s(a_x) + s(a_z) s(a_y) c(a_x) & t_y \\ -s(a_y) & c(a_y) s(a_x) & c(a_y) c(a_x) & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$= \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

เมื่อ a_x , a_y และ a_z คือ ขนาดมุมที่ใช้ในการหมุนในแต่ละแกนของ GCS

t_x , t_y และ t_z คือ ระยะการเคลื่อนจากจุดกำเนิดของ GCS ในแต่ละแกน

$s(a_x)$ แทน $\sin(a_x)$

$c(a_x)$ แทน $\cos(a_x)$

ค่าใหม่ที่คำนวณได้ คือ r_{11} ถึง r_{33}

นำค่าตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ได้ใหม่มาคูณกับเมตริกซ์การแปลง [Transform] ตามที่แสดงในสมการที่ 13 จะทำให้ได้ตำแหน่งของอุปกรณ์ที่มีค่าอ้างอิงจากจุดกำเนิด GCS โดยมีค่า X, Y และ Z ตามที่แสดงในสมการที่ 15, 16 และ 17 ตามลำดับ

$$\dot{P} = [\text{transform}] \cdot P \quad (13)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{P}_x \\ \dot{P}_y \\ \dot{P}_z \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$\dot{P}_x = r_{11} P_x + r_{12} P_y + r_{13} P_z + t_x \quad (15)$$

$$\dot{P}_y = r_{21} P_x + r_{22} P_y + r_{23} P_z + t_y \quad (16)$$

$$\dot{P}_z = r_{31} P_x + r_{32} P_y + r_{33} P_z + t_z \quad (17)$$

เมื่อ P คือ จุดพิกัดของข้อต่อใดๆ

$\dot{P}$ คือ จุดพิกัดของข้อต่อนั้นหลังปรับระบบพิกัด

ทำการคำนวณมุมของ $\dot{P}_x$, $\dot{P}_y$, $\dot{P}_z$

ขนาดของ $\dot{P}_x$ เขียนแทนด้วย $\dot{P}_x = A \cdot \cos(\theta_x)$

โดยที่ $\cos(\theta_x) = \frac{\dot{P}_x}{\dot{P}}$

ขนาดของ $\dot{P}_y$ เขียนแทนด้วย $\dot{P}_y = A \cdot \cos(\theta_y)$

โดยที่ $\cos(\theta_y) = \frac{\dot{P}_y}{\dot{P}}$

ขนาดของ $\vec{P}_z$ เขียนแทนด้วย $\vec{P}_z = A \cdot \cos(\theta_z)$

$$\text{โดยที่ } \cos(\theta_z) = \frac{\vec{P}_z}{\vec{P}}$$

ขนาดของเวกเตอร์ $\vec{P}$ เท่ากับ $\vec{P} = \sqrt{\vec{P}_x^2 + \vec{P}_y^2 + \vec{P}_z^2}$

ดังนั้นทิศทางของเวกเตอร์ $\vec{P}$ คือ มุมที่ $\vec{P}$ ทำมุมกับแกน X, Y และ Z หาได้โดย

$$\begin{aligned} \theta_x &= \cos^{-1}\left(\frac{\vec{P}_x}{\vec{P}}\right), \theta_y = \cos^{-1}\left(\frac{\vec{P}_y}{\vec{P}}\right), \\ \theta_z &= \cos^{-1}\left(\frac{\vec{P}_z}{\vec{P}}\right) \end{aligned} \quad (18)$$

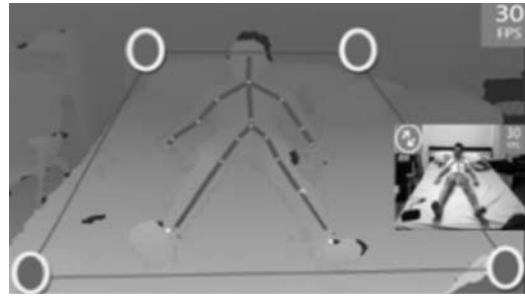
จากนั้นนำไปเทียบกับตำแหน่งของอุปกรณ์ไฟฟ้า หากตรงกันก็ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเปิดหรือปิด โดยในงานวิจัยนี้ จะใช้ชุดควบคุมแบบไมโครอิเล็กทรอนิกส์ของ Arduino Board [14] ในการส่งคำสั่งให้วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัล (คำสั่งเปิด-ปิด) เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อให้อุปกรณ์ไฟฟ้าขนาด 220 Volts ทำงานโดยชุดคำสั่งภาษา C ที่โหลดไปยัง Arduino Board

4.2 การตรวจจับ วิเคราะห์ และแจ้งเตือน แนวโน้มการตกจากเตียง

ระบบจะบันทึกข้อมูลเตียง โดยใช้วิธีสร้างเส้นสมมติแทนขอบเตียงสี่ด้าน โดยเก็บค่าแกน X, Y และ Z ของมุมเตียงตามระบบพิกัดของกล้องโดยการตรวจจับการเคลื่อนไหวของฝ่ามือขวา เพื่อเลื่อนตำแหน่งจุดวงกลมไปยังตำแหน่งมุมเตียงที่ต้องการทั้งสี่มุม แล้วสร้างเส้นสมมติขึ้นมา เพื่อใช้ในการตรวจจับ และวิเคราะห์แนวโน้มการตกจากเตียง ดังภาพที่ 4 ทั้งนี้ระบบจะพิจารณาค่าความเสี่ยงการตกจากเตียง โดยการติดตามว่ามีส่วนของร่างกายล้ำจากขอบเตียงมากเพียงใด ทั้งนี้จะใช้จุดพิกัดข้อต่อทั้ง 15 จุดแทนส่วนของร่างกายทั้งหมด ดังนั้นการล้ำขอบเตียงของแต่ละจุดจะมีค่าความเสี่ยงเท่ากับร้อยละ 6.67

ระบบจะเฝ้าระวัง และหากพบว่ามีจำนวนจุดที่ล้ำเส้นสมมติออกไปเกินระดับความเสี่ยงที่กำหนด

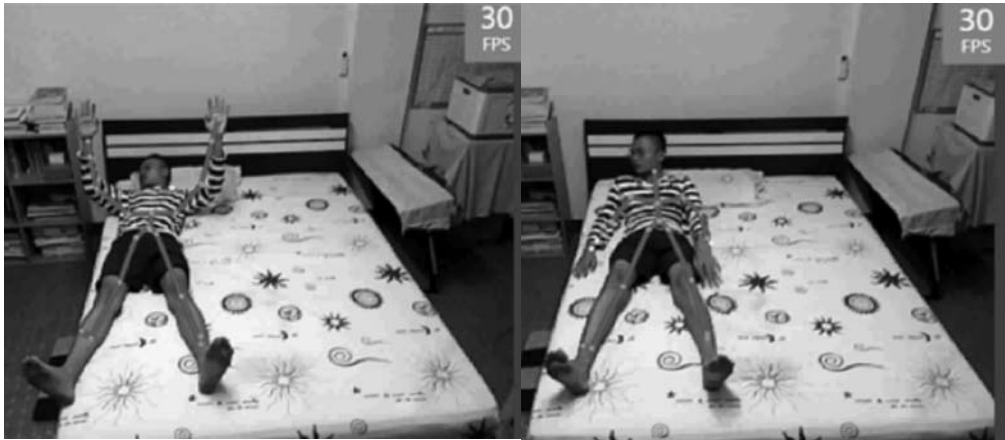
เช่น ร้อยละ 30 ระบบจะแจ้งเตือนและเปลี่ยนสีโครงร่างเป็นสีแดง และหากระดับความเสี่ยงสูงมาก เช่น มีการล้ำขอบเตียงเกินร้อยละ 50 โครงร่างจะเปลี่ยนเป็นสีแดง



ภาพที่ 4 การตั้งค่าเส้นสมมติขอบเตียงการวิเคราะห์ และการตรวจจับการตกจากเตียง

4.3 การตรวจจับ วิเคราะห์ และแจ้งเตือน จากการส่งสัญญาณมือเพื่อขอความช่วยเหลือ และตรวจจับความผิดปกติของการตื่นนอน

จากสมการที่ 18 การหาทิศทางในระบบพิกัดสามมิตินั้น รูปแบบ (Pattern) การโบกมือจะถูกเก็บเป็นข้อมูลค่า θ_x , θ_y , θ_z โดยคำนวณจากค่า X, Y และ Z ของฝ่ามือและข้อศอกเท่านั้น โดยสามารถตรวจจับได้ ทั้งการส่งสัญญาณมือเดียว หรือสองมือ โดยตรวจจับรูปแบบการเคลื่อนไหวของฝ่ามือและข้อศอกดังภาพที่ 5 หากค่า X, Y และ Z ตรงตามรูปแบบ θ_x , θ_y , θ_z ระบบแจ้งเตือนจะทำงาน และใช้หลักการเดียวกันในการตรวจจับความผิดปกติของการตื่นนอน โดยให้จุดแรกเป็นข้อเท้ามีค่าพิกัดเป็นค่า X_1 , Y_1 และ Z_1 และทำซ้ำไปยังจุดเชื่อมต่อนั้นๆ ทั้ง 15 จุด จากส่วนล่างของโครงร่างขึ้นส่วนบน เพื่อตรวจจับรูปแบบ (Pattern) การนอน แล้วบันทึกค่ารูปแบบนั้นลงระบบ จากนั้นตั้งค่าเวลาการตื่นนอนปกติ ระบบจะเริ่มตรวจจับและคำนวณ θ_x , θ_y , θ_z เมื่อสามารถตรวจจับโครงร่าง หากถึงเวลาที่กำหนดแล้ว θ_x , θ_y , θ_z ของแต่ละจุดที่คำนวณได้ยังเป็นรูปแบบการนอนอยู่ ระบบการเตือนถึงจะทำการเตือน



ภาพที่ 5 การตรวจจับ วิเคราะห์ และแจ้งเตือนจากการส่งสัญญาณมือเพื่อขอความช่วยเหลือและตรวจจับความผิดปกติของการตื่นนอน

5. ระบบทางกายภาพและการเชื่อมต่อ

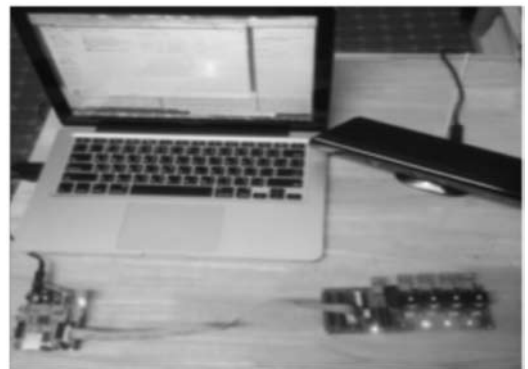
ในการเชื่อมต่อนั้นจะใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) เพื่อต่อเข้ากับกล้อง Kinect อุปกรณ์ Arduino Board และบอร์ดควบคุมการเปิด-ปิดสัญญาณไฟฟ้า (Switching Adapter) ดังภาพที่ 6 โดย Switching Adapter สามารถเชื่อมต่อกับ Arduino Board รุ่น (Base AVR Easy328) ได้สูงสุด 12 ช่องสัญญาณต่อ Arduino Board หนึ่งชิ้น โดยส่งงานชุดคำสั่งที่ได้ติดตั้งไว้บน PC ผ่าน USB ทั้งนี้ หากต้องการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านมาตรฐาน TCP/IP ก็สามารถติดตั้งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณเพิ่มเติมโดยควบคุมการทำงานได้ทั้งแบบไร้สาย (Wi-Fi) และแบบสายสัญญาณ (Wired)

6. การทดสอบและผลการทดสอบ

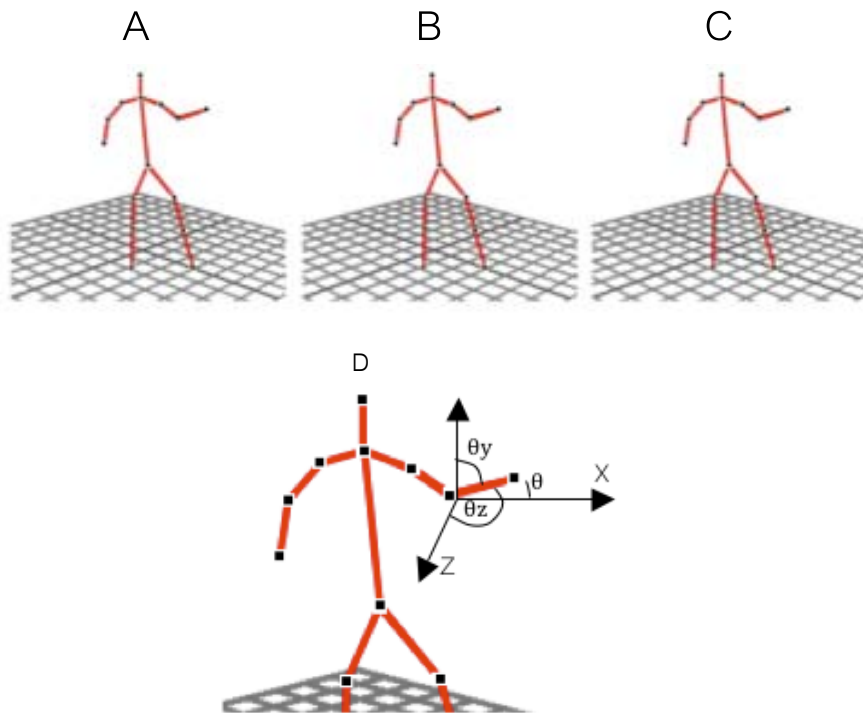
ในงานวิจัยนี้ทดสอบประสิทธิภาพวิธีการและระบบที่เสนอโดยการพัฒนาโปรแกรมภาษา C# และ OpenNI เพื่อสร้างสถานการณ์การตรวจจับการเคลื่อนไหว

ตัวอย่างการตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อระบุตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้างดแสดงในภาพที่ 7

ถูกออกแบบเพื่อตรวจสอบค่า X, Y และ Z ของข้อศอก และมือ เป็นเวลา 3 วินาที จะได้ภาพ A, B และ C จากนั้นคำนวณหาค่า θ_x , θ_y , θ_z ดังภาพ D ของแต่ละวินาที ดังสมการที่ 18 จะได้ตำแหน่ง ของอุปกรณ์ หากค่า θ_x , θ_y , θ_z ของทั้ง 3 วินาทีตรงกัน อุปกรณ์ไฟฟ้า ณ ตำแหน่งนั้นจะทำงาน



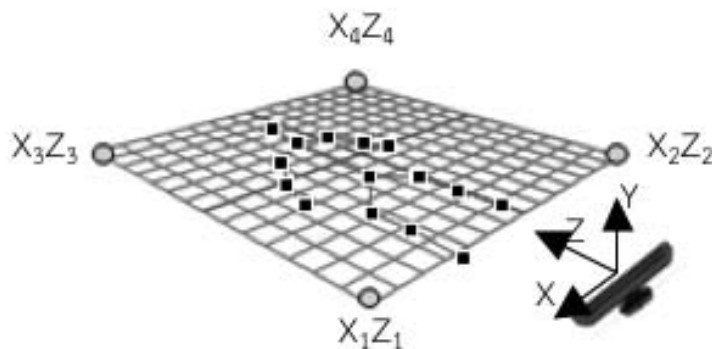
ภาพที่ 6 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆ



ภาพที่ 7 การทดสอบการตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อระบุตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้า

ตัวอย่างการตรวจจับการเคลื่อนไหว เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการตกจากเตียง โดยค่าขอบเตียง จะถูกเก็บค่าเป็นพิกัด (X, Z) สี่จุดดังภาพที่ 8 กำหนดเป็น X_1Z_1 , X_2Z_2 , X_3Z_3 และ X_4Z_4 โดยจะคำนวณเปรียบเทียบค่ากับข้อต่อทั้ง 15 จุดบนร่างกาย ($X_{b1} Z_{b1}$ ถึง $X_{b15} Z_{b15}$) เพื่อคำนวณเป็น

เปอร์เซ็นต์ความเสี่ยง โดยหาค่า XZ ใดๆ เข้าเงื่อนไข การล้าเส้นขอบเตียงค่าความเสี่ยง (Risk) จะเท่ากับ 1 และเท่ากับ 0 ในกรณีที่ไมเข้าเงื่อนไข โดยระบบ จะยังไม่มีมติเห็นว่าการเคลื่อนที่ค่าเปอร์เซ็นต์ความเสี่ยง จะมากกว่าหรือเท่ากับ 30% ตัวอย่างการคำนวณ ดังแสดงในตารางที่ 1



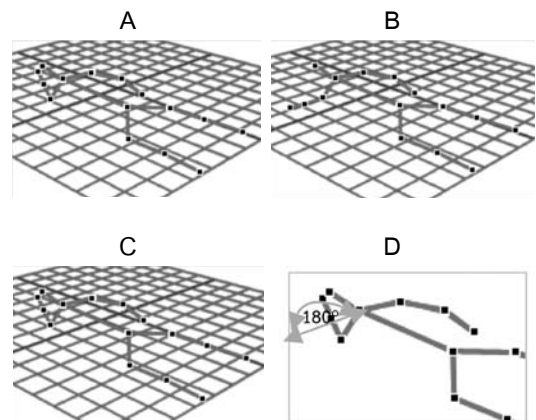
ภาพที่ 8 การทดสอบการตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการตกจากเตียง

ตารางที่ 1 การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความเสี่ยงการตกจากเตียง

Joint	X_1Z_1	X_2Z_2	X_3Z_3	X_4Z_4	Risk
1. Left Hand ($X_{b1} Z_{b1}$)	$X_{b1} \geq X_1 \quad Z_{b1} \geq Z_1$	$X_{b1} \leq X_2 \quad Z_{b1} \geq Z_2$	$X_{b1} \geq X_3 \quad Z_{b1} \leq Z_3$	$X_{b1} \leq X_4 \quad Z_{b1} \leq Z_4$	0
...	...	...	...	...	0
15. Right Foot ($X_{b15} Z_{b15}$)	$X_{b15} \geq X_1 \quad Z_{b15} \geq Z_1$	$X_{b15} \leq X_2 \quad Z_{b15} \geq Z_2$	$X_{b15} \geq X_3 \quad Z_{b15} \leq Z_3$	$X_{b15} \leq X_4 \quad Z_{b15} \leq Z_4$	1
Summed Risk					1
Risk Percentage ((Summed Risk)*100/15)					6.67

ตัวอย่างการตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อขอความช่วยเหลือ ดังแสดงในภาพที่ 9 โดยจะตรวจสอบค่า X, Y และ Z ส่วนของข้อศอกและมือจะได้ภาพ A, B และ C จากนั้นคำนวณค่า θ_x , θ_y , θ_z ดังสมการที่ 18 โดยคำนวณเพื่อตรวจจับการส่งสัญญาณมือไปทางซ้ายและขวา ซึ่งค่ามุมจะอยู่ในช่วง 180 องศา ดังภาพ D ขณะเคลื่อนไหวมือไปมา โดยตรวจจับค่ามุมและบันทึกค่าไว้ หากค่าที่บันทึกได้ค่าซ้ำกันจำนวนมากกว่าหรือเท่ากับสามครั้งให้ถือว่าเป็นสัญญาณขอความช่วยเหลือ

การพัฒนาส่วนเสริมของ API เพื่อการวัดและวิเคราะห์โครงร่างมนุษย์ที่ถูกบังคับด้วยวัสดุบางประเภทให้สามารถตรวจจับและคำนวณความลึกของภาพได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น



ภาพที่ 9 การทดสอบการตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อขอความช่วยเหลือ

7. สรุปและแนวทางการพัฒนาต่อไป

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการในการตรวจจับการเคลื่อนไหวโดยใช้กล้อง Kinect เพื่อนำมาประยุกต์ใช้อำนวยความสะดวกให้แก่ผู้สูงอายุที่นับวันจะเพิ่มจำนวนมากขึ้น โดยงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการในการระบุตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้า การตรวจจับและแจ้งเตือนก่อนตกจากเตียง รวมถึงการตรวจจับความผิดปกติ และการขอความช่วยเหลือของผู้สูงอายุโดยใช้กล้อง Kinect ในการตรวจจับขณะผู้สูงอายุอยู่ในห้องนอน

เนื่องจากข้อจำกัดบางประการของ API ที่ใช้ในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของโครงร่างภายใต้การบังคับ เช่น การห่มผ้ายังไม่สามารถตรวจจับได้อย่างถูกต้องและแม่นยำในการวัดและวิเคราะห์ตำแหน่งข้อต่อ ดังนั้น แนวทางการพัฒนาต่อไปคือ

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ผู้แต่งชื่อแรกได้รับการสนับสนุนทุนการศึกษาจากคณะเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสนับสนุนทุนเพชรพระจอมเกล้า “ทุนส่งเสริมด้านวิชาการดีเด่น” จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] United Nation, Economic Activity and Living Expense of the Aged [Online], Available: http://unstats.un.org/unsd/gender/Ghana_Jan2009/ppt28.ppt, June 5, 2013.
- [2] สำนักงานสถิติแห่งชาติ, เตรียมตัวให้พร้อมไว้...ในวัยผู้สูงอายุ [Online], Available: http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/citizen/news/poll_elderly-1.jsp, June 5, 2013.
- [3] Microsoft Corporation, Kinect for Xbox 360 - Xbox.com [Online], Available: <http://www.xbox.com/en-GB/Kinect>, June 5, 2013.
- [4] Smisek J., Jancosek M. and Pajdla T. CMP, Dept. of Cybernetics, FEE, Czech Technical University in Prague, "3D with Kinect", 2011.
- [5] Greuter. S, School of Media and Communication, Prof David J Roberts2, Centre for Virtual Environments and Future Media, "Controlling Viewpoint from Markerless Head Tracking in an Immersive Ball Game Using a Commodity Depth Based Camera", 2011.
- [6] OpenNI, Introducing OpenNI [Online], Available: <http://www.openni.org>, June 5, 2013.
- [7] Xia L., Chen C., and Aggarwal J.K., The University of Texas at Austin, Department of Electrical and Computer Engineering, "Human Detection Using Depth Information by Kinect", 2012.
- [8] Jagdish L., Chaudhary R.A, Singal K., Punjab Engineering College, Chandigarh, PilaniRajasthan, INDIA "Tracking of Fingertips and Centres of Palm using KINECT", 2012.
- [9] NITE, The PrimeSense NITE [Online], Available: <http://www.openni.org/files/nite>, June 5, 2013.
- [10] Wan T., Wang Y. and LI J., Department of Computer and information Science, Southwest University, Chongqing, China, "Hand Gesture Recognition System Using Depth Data", 2012.
- [11] Mrazovac B., Milan Z., Bjelica Papp I., and Teslic N., Institute of Information Technologies University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, "Smart Audio/Video Playback Control Based on Presence Detection and User Localization in Home Environment", 2011.
- [12] Bingbing N., Chi Dat N. and Moulin P., "RGBD-CAMERA BASED GET-UP EVENT DETECTION FOR HOSPITAL FALL PREVENTION", 2012.
- [13] E.A. Maxwell, Coordinate geometry with vectors and tensors, E.A Published, 1958.
- [14] Arduino, Arduino Board [Online], Available: <http://www.arduino.cc>, June 5, 2013.