การพัฒนาขั้นตอนวิธีตรวจหาการหกล้มด้วยไคเนกต์

Development of Fall Detection Algorithm Using Kinect

ประชารัฐ สงัดศัพท์[1*], ชวาล คูร์พิพัฒน์[2]

Pracharat Sa-ngadsup, Chawan Koopipat

[1]นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีทางภาพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางภาพถ่าย
และเทคโนโลยีทางการพิมพ์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[2]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Abstract

Ratio of elderly population in Thailand according to National Statistical Office will increase from 11.9% in 2010 to 25.1% in 2030, thus research in elderly health has gained attention recently. Among all elderly health problems, falling is a major cause of injuries and deaths. Automatic fall detection monitoring system was built to lessen the consequence of "Long lies", a situation when elderly cannot get up from fall and have to wait a long time before help arrives. The research objective is to develop fall detection algorithm using Kinect, a low cost motion capture, which can capture position of body parts in 3D Cartesian coordinate. Then the body movement data will be analyzed to produce algorithm which can detect falling event.

Keywords: *fall detection, infrared depth camera, Microsoft Kinect sensor.*

บทคัดย่อ

สัดส่วนประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทยจะเพิ่มจาก 11.9% ในปี พ.ศ. 2553 ไปเป็น 25.1% ในปี พ.ศ.2573 จากการประเมินของสำนักงานสถิติและสังคมแห่งชาติ งานวิจัยที่เกี่ยวกับสุขภาพของประชากรผู้สูงอายุจึงเป็นที่น่าสนใจมากขึ้น และในบรรดาปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพในหมู่ผู้สูงอายุแล้วการหกล้มถือได้ว่าเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งของการบาดเจ็บและเสียชีวิต ระบบตรวจจับการหกล้มอัตโนมัติจึงถูกสร้างขึ้นเพื่อบรรเทาปัญหาผู้สูงอายุหกล้มแล้วลุกไม่ขึ้นขณะอยู่คนเดียว เป้าหมายของงานวิจัยชิ้นนี้เพื่อพัฒนาวิธีการตรวจจับการหกล้มโดยใช้กล้องไคเนกต์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวราคาถูกที่สามารถบันทึกข้อมูลตำแหน่งของส่วนต่างๆในร่างกายคนในพิกัดสามมิติได้ จากนั้นจึงวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนไหวของร่างกายเพื่อสร้างอัลกอริธึมที่สามารถตรวจจับการหกล้มได้

คำสำคัญ: *การตรวจจับการหกล้ม, กล้องความลึกระบบอินฟราเรด, ไคเนกต์*

บทนำ

สัดส่วนประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทยจะเพิ่มจาก 11.9% ในปี พ.ศ. 2553 ไปเป็น 25.1% ในปี พ.ศ. 2573 จากการประเมินของสำนักงานสถิติและสังคมแห่งชาติ(สมศักดิ์ ชุณหรัศมิ์, 2010) ในบรรดาปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพในหมู่ผู้สูงอายุแล้วการหกล้มถือได้ว่าเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งของการบาดเจ็บและเสียชีวิต (Vaidehi et al., 2011) จากการศึกษาพบว่าในแต่ละปีผู้ที่มีอายุมากกว่า 65 ปีหนึ่งในสามคนจะหกล้ม(Hausdorff et al., 2001) ซึ่งในประเทศสหรัฐอเมริกาประเทศเดียวมีจำนวนผู้สูงอายุที่เสียชีวิตเนื่องจากการบาดเจ็บเนื่องจากการหกล้มระหว่างปี ค.ศ. 1999 ถึง ค.ศ. 2010 เป็นจำนวนถึง 186,029 คน(Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Injury Prevention and Control, 2013) ทำให้การหกล้มเป็นสาเหตุอันดับหนึ่งของการเสียชีวิตในผู้สูงอายุจากอาการบาดเจ็บโดยไม่ได้ตั้งใจในประเทศสหรัฐอเมริกา ในส่วนของประเทศไทยจากการสำรวจพบว่าผู้สูงอายุ 18.5% หกล้มภายในหกเดือนก่อนทำแบบสอบถาม จำนวนครั้งที่หกล้มโดยเฉลี่ยคือสองครั้ง และจำนวนผู้สูงอายุที่ได้รับบาดเจ็บรุนแรงจากการหกล้มอยู่ที่ 5.1% (วิชัย เอกพลากร และคณะ, 2009) การตรวจจับการหกล้ม และแจ้งไปยังผู้เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นหน่วยฉุกเฉินหรือครอบครัวจึงเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่งโดยเฉพาะกับผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ตัวคนเดียว ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนอัตโนมัติจึงเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่จะทวีความสำคัญมากขึ้นเรื่อยๆในอนาคต

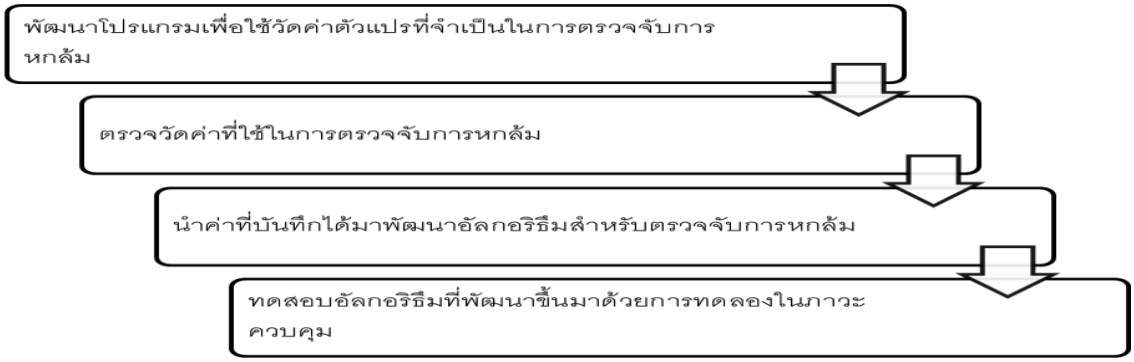
ระบบตรวจจับการหกล้มมีได้หลายรูปแบบเช่นแบบสวมใส่ แบบตรวจจับสัญญาณเสียง หรือแบบตรวจจับสัญญาณภาพ(Young-Sook Lee and Wan-Young Chung, 2012) โดยแต่ละรูปแบบก็มีจุดด้อยที่แตกต่างกันออกไป เช่นแบบสวมใส่นั้นต้องใส่ติดตัวตลอดเวลาในตำแหน่งที่เหมาะสมทำให้ไม่สะดวกกับการใช้งาน แบบตรวจจับสัญญาณเสียงมีความแม่นยำที่ต่ำกว่าแบบอื่นๆ ส่วนแบบตรวจจับสัญญาณภาพนั้นมีปัญหาด้านขอบเขตการรับภาพที่จำกัด6 และราคาที่แพงกว่าหากต้องการความแม่นยำสูง งานวิจัยนี้ต้องการที่จะนำกล้องชนิดใหม่มาพัฒนาระบบการตรวจจับการหกล้มที่มีประสิทธิภาพและราคาไม่แพง ซึ่งกล้องที่ว่าคือ กล้องตรวจจับตำแหน่งในสามมิติประเภท อาร์จีบี-ดี (RGB-D)(Zhengyou Zhang, 2012) จากบริษัทไมโครซอฟต์ ที่มีชื่อทางการค้าว่าไคเนกต์ (Kinect) โดยไคเนกต์ สามารถตรวจจับตำแหน่งของวัตถุในสามมิติได้แบบเรียลไทม์ และจากการคำนวณค่าที่ได้จากการตรวจวัดของไคเนกต์ ผู้วิจัยเชื่อว่าจะสามารถพัฒนาระบบที่สามารถตรวจจับการหกล้มที่มีประสิทธิภาพและราคาไม่แพงได้

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาอัลกอริธึมอัลกอริธึมที่สามารถตรวจจับการหกล้มได้โดยอัตโนมัติ โดยอาศัยข้อมูลจากกล้องไคเนกต์ที่สามารถตรวจจับตำแหน่งในสามมิติ

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอนตามลำดับดังนี้



โดยแต่ละขั้นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

พัฒนาชุดคำสั่งเพื่อใช้บันทึกข้อมูลพิกัดของข้อต่อ

ในขั้นตอนนี้คือการเขียนโปรแกรมที่จะทำการบันทึกตำแหน่งของข้อต่อของคน โดยเขียนด้วยภาษา C# โดยใช้ไลบรารี Kinect SDK ของบริษัทไมโครซอฟท์ในการนำเข้าข้อมูลตำแหน่งข้อต่อ จากนั้นจะทำการบันทึกข้อมูลไว้เป็นไฟล์ประเภท CSV โดยโปรแกรมจะรับข้อมูลตำแหน่งข้อต่อจากไคเนกต์จากนั้นจะจัดรูปแบบให้เหมาะสมแล้วบันทึกลงเป็นไฟล์ โดยข้อมูลที่บันทึกไว้มีดังต่อไปนี้ตามลำดับ โดยฟิลด์แรกคือเวลานับตั้งแต่ไคเนกต์เริ่มทำงานหน่วยเป็นไมโครเซกันด์(msec) ทำหน้าที่เป็นดัชนีของข้อมูล ฟิลด์ที่สอง สาม และสี่ คือตำแหน่งของข้อต่อในแกน X Y และ Z มีหน่วยเป็นเมตร

ตรวจวัดค่าที่ใช้ในการตรวจจับการหกล้ม

ในขั้นตอนนี้จะให้อาสาสมัครทำท่าหกล้มบนฟูก และทำท่าทางปกติในชีวิตประจำวันเช่น นั่ง ยืน เดิน แล้วบันทึกข้อมูลเอาไว้เพื่อเก็บข้อมูลเอาไว้ใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป โดยจะเก็บข้อมูลท่าทางดังที่แสดงเอาไว้ในตารางที่ 1ในขั้นตอนนี้จะอาศัยอาสาสมัครจำนวน 3 คน โดยแต่ละคนจะแสดงท่าทางต่างๆท่าละสามครั้ง

โดยในแต่ละท่าการล้มจะให้ผู้เข้าร่วมแสดงการล้มสามทิศทางคือ หันด้านข้างเข้าหากล้องหันหน้าเข้าหากล้องและเฉียง 45 องศา ส่วนในท่าการใช้ชีวิตประจำวันจะเก็บภาพการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่องในท่าทางต่างๆเป็นระยะเวลาประมาณ 1 นาที ระยะห่างระหว่างกล้องกับผู้เข้าร่วมการทดลองอยู่ระหว่างสองถึงสี่เมตร สภาพแสดงเป็นแบบในตัวอาคารข้อมูลทั้งหมดจะเก็บเอาไว้เป็นไฟล์ชนิด .xed ซึ่งสามารถนำมาเล่นซ้ำได้

ตารางที่: 1 ท่าทางที่ใช้ในการทดลอง

ท่าการล้มหรือท่าที่คล้ายการล้ม	ท่าทางในการใช้ชีวิตประจำวัน
ล้มข้างหน้า	ยืนแล้วลงไปนั่ง
ล้มข้างหน้าแต่กลับตัว 90 องศา	นั่งแล้วลุกขึ้นยืน
ล้มข้างหลัง	กระโดด
ล้มข้างหลังแต่เอาก้นลง	เดิน
ก้มเก็บของ	

นำค่าที่วัดได้มาพัฒนาอัลกอริธึมเพื่อใช้สำหรับตรวจจับการหกล้ม

จากการวัดค่าพบว่าความเร็วในแนวแกน Y (ที่ตั้งฉากกับพื้น)ของศีรษะตอนหกล้มนั้น 98.18% มีความเร็วมากกว่า 2.10 เมตรต่อวินาที ในขณะที่ 81.25% ของท่าทางในการใช้ชีวิตประจำวันนั้นมีความเร็วสูงสุดไม่เกิน 1.80 เมตรต่อวินาที ดังนั้น เราสามารถกำหนดเงื่อนไขได้ว่าให้โปรแกรมเตือนการหกล้มเมื่อความเร็วของศีรษะในแนวแกน Y มีค่ามากกว่า 2.10 เมตรต่อวินาที

ทดสอบอัลกอริธึมที่พัฒนาขึ้นมาด้วยการทดลองในสภาวะควบคุม

อัลกอริธึมที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาจะนำมาทดลองกับข้อมูลที่เก็บเอาไว้อีกส่วนหนึ่งนอกเหนือจากที่ใช้ในการพัฒนาตัวอัลกอริธึม โดยมีภาพการหกล้ม 36 ภาพ และภาพที่ไม่ใช่การหกล้ม 36 ภาพรวมทั้งสิ้น 72 ภาพ โดยจะใช้อัลกอริธึมที่ได้มาตรวจการหกล้มนำไปวัดค่าดังต่อไปนี้

$$\text{ความไวในการตรวจจับ} = \frac{TP}{TP+FN} \quad \text{...(1)}$$

$$\text{ความจำเพาะเจาะจง} = \frac{TN}{TN+FP} \quad \text{...(2)}$$

$$\text{ความแม่นยำ} = \frac{TP+TN}{TN+TP+FN+FP} \quad \text{...(3)}$$

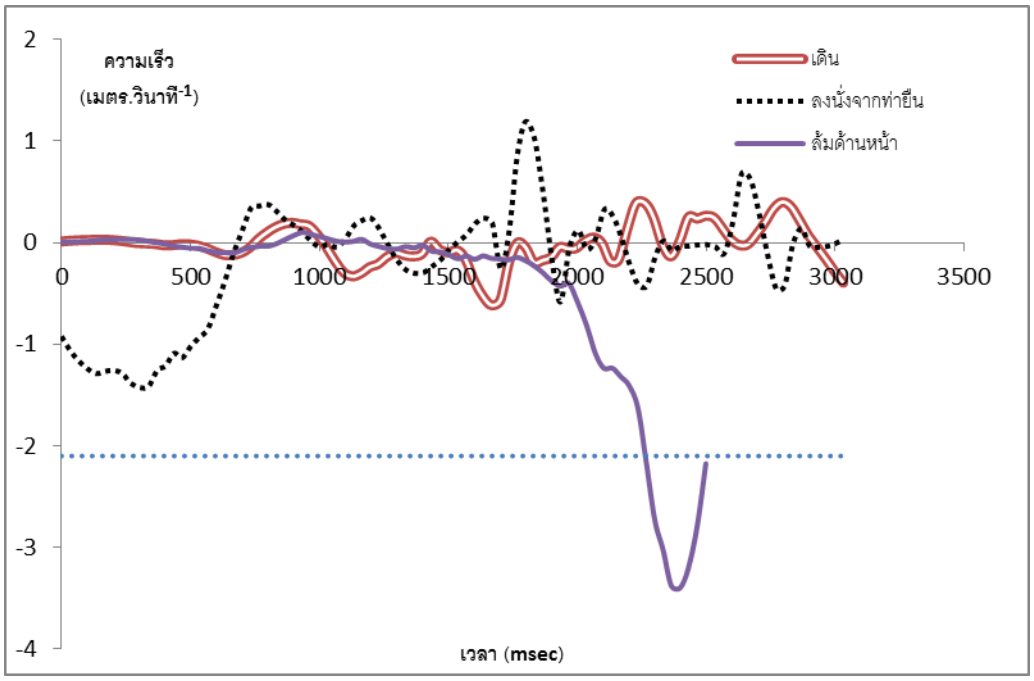
TP คือ จำนวนครั้งที่โปรแกรมเตือนว่าเกิดการหกล้มขึ้นเมื่อมีการหกล้มเกิดขึ้น

TN คือ จำนวนครั้งที่โปรแกรมไม่เตือนว่าเกิดการหกล้มขึ้นเมื่อไม่มีการหกล้มเกิดขึ้น

FP คือ จำนวนครั้งที่โปรแกรมเตือนว่าเกิดการหกล้มขึ้นเมื่อไม่มีการหกล้มเกิดขึ้น

FN คือ จำนวนครั้งที่โปรแกรมไม่เตือนว่าเกิดการหกล้มขึ้นเมื่อมีการหกล้มเกิดขึ้น

แผนภูมิที่: 1 ตัวอย่างการเปรียบเทียบความเร็วระหว่างหกล้มกับระหว่างทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน



ผลการทดลอง

ผลการทดลองพบว่าอัลกอริธึมที่เราใช้นั้นได้ผลลัพธ์ดังที่แสดงให้เห็นในตารางที่สอง ทำให้เราทราบว่าประสิทธิภาพของอัลกอริธึมของเรานั้นมีความแม่นยำเท่ากับ 0.855 มีความไวต่อการตรวจจับ เท่ากับ 0.731 และมีความจำเพาะในการตรวจจับการหกล้มเท่ากับ 0.944

ตารางที่: 2 ผลการทดสอบอัลกอริธึม

	เกิดการหกล้ม	ไม่เกิดการหกล้ม
มีสัญญาณเตือน	34	7
ไม่มีสัญญาณเตือน	2	29

อภิปรายผล

อัลกอริธึมที่ได้รับมีความแม่นยำถึง 94.4% แต่ทว่ายังมีปัญหาการเตือนโดยที่ไม่เกิดการหกล้มขึ้นถึง 9.72% การพัฒนาอัลกอริธึมในขั้นต่อไปนั้น อยู่ที่การเพิ่มความแม่นยำและลดความผิดพลาดลงโดยใช้ตัวแปรอื่นๆ นอกเหนือจากความเร็วในแกน Y เขามาใช้เป็นเงื่อนไขในการตรวจจับการหกล้ม เช่นความเร่งหรือท่าทางของร่างกาย และปัญหาที่พบในการทดลองอีกประการหนึ่งคือระยะทำการที่จำกัดของไคเนกต์ และการที่ไม่สามารถใช้งานกลางแจ้งได้ทำให้ไคเนกต์เหมาะกับการใช้ในห้องที่ไม่ใหญ่มากนัก หรือมิฉะนั้นจะต้องพัฒนาระบบที่ใช้งานไคเนกต์ร่วมกันหลายตัวได้เช่นในงานของ Wang เป็นต้น(Wang et al. 2012)

เอกสารอ้างอิง

วิชัย เอกพลากร และคณะ, 2009. รายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 4, National health examination survey office. Available at: http://www.hiso.or.th/hiso5/report/report1.php.

สมศักดิ์ ชุณหรัศมิ์, 2010. สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ.2553, มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย (มส.ผส.).

Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Injury Prevention and Control, 2013. Web–based Injury Statistics Query and Reporting System (WISQARS). Available at: http://webappa.cdc.gov/ [Accessed March 4, 2013].

Hausdorff, J.M., Rios, D.A. & Edelberg, H.K., 2001. Gait variability and fall risk in community-living older adults: a 1-year prospective study. Archives of physical medicine and rehabilitation, 82(8), pp.1050–1056.

Vaidehi, V. et al., 2011. Video based automatic fall detection in indoor environment. In Recent Trends in Information Technology (ICRTIT), 2011 International Conference on. pp. 1016–1020. Available at: http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5972252 [Accessed July 26, 2012].

Wang, J. et al., 2012. 3D Scene Reconstruction by Multiple Structured-Light Based Commodity Depth Cameras. Available at: http://research.microsoft.com/pubs/158080/paper-phil-Cha-ZZ-final.pdf [Accessed August 20, 2012].

Young-Sook Lee & Wan-Young Chung, 2012. Automated abnormal behavior detection for ubiquitous healthcare application in daytime and nighttime. In IEEE, pp. 204–207. Available at: http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6211545 [Accessed July 26, 2012].

Zhang, Zhengyou, 2012. Microsoft Kinect Sensor and Its Effect. MultiMedia, IEEE, 19(2), pp.4–10.