TNI Journal of Engineering and Technology
Vol.3 No.1 January-June 2015

การพัฒนาระบบเพื่อสร้างแผนผังการเดินภายในอาคารจากวิดีโอและข้อมูลการเคลื่อนที่

A System Development for Creating Indoor Floor Plan of Walking Route using Video and Movement Data

วัชรพล เอื้อพูนวิริยะ[1] สะพรั่งสิทธิ์ มฤทุสาธร[2]
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
1771/1 ถ.พัฒนาการ แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250
โทร 0-2763-2600 โทรสาร 0-2763-2700
[1]eu.vacharapol_st@tni.ac.th
[2]saprangsit@tni.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบเพื่อสร้างแผนผังการเดินที่อ้างอิงจากการเดินจริงของผู้ใช้ผ่านทางสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ Android ร่วมกับการใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยที่สมาร์ทโฟนจะใช้ในการเก็บข้อมูลวิดีโอการเดิน รวมถึงการเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวจากเซ็นเซอร์ที่ถูกติดตั้งในสมาร์ทโฟน เช่น accelerometer หรือ gyroscope แต่จะไม่รวมถึงการใช้งานข้อมูลจาก GPS เนื่องจากอาจเกิดการอับสัญญาณเพราะเป็นการใช้งานในอาคาร อีกทั้งยังมีความแม่นยำไม่เพียงพอเมื่อนำมาใช้งานในอาคารอีกด้วย เมื่อทำการเก็บข้อมูลที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว จะทำการส่งต่อข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์และใช้งานโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นอีกตัวหนึ่งเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลวิดีโอโดยประมวลผลจากเส้นขอบที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นและกำแพงในการบอกลักษณะพื้นทางเดินและสร้างเป็นแผนผังการเดินได้อย่างสมบูรณ์โดยที่ระยะทางในแผนที่มีอัตราส่วนของระยะทางเทียบเคียงกับการเดินจริงโดยอ้างอิงจากข้อมูลการเดินที่เก็บมาได้

คำสำคัญ: แผนผังในอาคาร, เซ็นเซอร์, สมาร์ทโฟน, การวิเคราะห์ภาพทางเดินในอาคาร, การคำนวณระยะทางการเดิน

Abstract

In this research, system development for creating indoor floor plans based on the actual walking route of a person using an Android application on a smartphone working with a PC-based application on a PC has been proposed. Via a smartphone, the Android application is used for capturing indoor video and also obtaining various movement data from many types of mobile sensors e.g. accelerometer, gyroscope, etc., however, except for GPS due to the possibility of signal blocking and insufficient accuracy for the indoor purpose. Then all the collected data are sent to the PC to analyze and process using the PC-Based application to detect the edge between the floor and the wall from video and merge into a consolidated floor plan. In addition, the collected movement data is calculated and estimate the actual walking distance used for adjusting scale to correspond with the actual floor plan, which the complete floor plan of actual walking route is finally generated.

Keywords: Indoor Floor Plan, Mobile Sensors, Image Based Indoor Detection, Walking Distance Computation

1. บทนำ

หนึ่งในกิจกรรมหลักของมนุษย์คือการเดินทางซึ่งมีทั้งการเดินทางกลางแจ้งและในร่มหรือในอาคาร โดยบางครั้งอาจเกิดการหลงทางได้เมื่อไปในสถานที่ที่ไม่คุ้นเคยหรือไม่รู้จัก ซึ่งสิ่งที่นำมาช่วยแก้ปัญหานี้คือ GPS ร่วมกับผู้ให้บริการแผนที่เช่น Google Maps เพื่อใช้ในการแสดงตำแหน่งปัจจุบันและนำมาเทียบกับแผนที่เพื่อทำให้เห็นภาพรวมของสถานที่ปัจจุบันรวมถึงใช้ในการค้นหาเส้นทางสำหรับการเดินทางไปยังจุดหมายได้อีกด้วย แต่เมื่อต้องอยู่ภายในอาคาร แผนผังทางเดินในอาคารจะเป็นสิ่งที่ช่วยในการบอกตำแหน่งและระบุเส้นทางที่จะไปยังจุดหมายได้ดีกว่าเพราะในบางอาคารนั้นไม่สามารถใช้งาน GPS ได้อีกทั้ง GPS เองยังมีความคลาดเคลื่อนสูงสุดอยู่ที่ 7.8 เมตร[1]

โดยปกติแผนผังทางเดินในอาคารมักจะอยู่ในรูปแบบของบอร์ดที่ติดตามกำแพงในอาคารหรือเผยแพร่ไว้ในเว็บไซต์สำหรับผู้ที่เข้ามาใช้งานอาคารใช้ในการอ้างอิง แต่อย่างไรก็ตามปัญหาที่ยังคงเกิดขึ้นคือแผนผังทางเดินที่ซับซ้อนและผู้ที่เข้ามาในอาคารต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจ ค้นหาจุดหมายปลายทางและเส้นทางที่จะเดินทางไปอีกทั้งยังมีความยุ่งยากในการใช้งานเนื่องจากแผนที่เป็นเพียงแค่ข้อมูลภาพเท่านั้น

ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลทางเดินในอาคารและนำไปสร้างเป็นแผนผังการเดินในอาคารได้ นอกจากช่วยลดเวลาและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำแผนผังการเดินในอาคารได้แล้ว ยังสามารถนำไปต่อยอดกับระบบนำทางในอาคารได้ [2],[3]

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำแนวความคิดในการสร้างแผนผังการเดิน[4] มาเป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างแผนผังการเดินได้โดยใช้เพียงสมาร์ทโฟนและเครื่องคอมพิวเตอร์โดยหน้าที่หลักของสมาร์ทโฟนคือการเก็บข้อมูลวิดีโอตลอดช่วงการเดินและในเวลาเดียวกัน

จะมีการเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวจากเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งในสมาร์ทโฟน เช่น accelerometer หรือ gyroscope และส่งต่อให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลและสร้างแผนผังการเดิน

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับการสร้างแผนผังอาคารหรือแผนผังการเดินมีนักวิจัยที่คิดค้นวิธีการสร้างขึ้นโดยระบบที่พัฒนาขึ้นร่วมกับการใช้เซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น งานวิจัยจาก Hyojeong Shin, Yohan Chon และ Hojung Cha ที่สร้างระบบ SmartSLAM[5] โดยใช้หลักการของ Wi-fi fingerprint กับเซ็นเซอร์ accelerometer และเข็มทิศดิจิทัลช่วยในการสร้างแผนผัง โดยใช้ความแรงสัญญาณของ access point เป็นเครื่องมือหลักในการระบุตำแหน่งโดยวัดระยะห่างจาก access point ที่กำลังเชื่อมต่ออยู่ กับข้อมูลจากเข็มทิศเพื่อประกอบกันจนสามารถสร้างแผนผังการเดินได้ แต่สำหรับงานวิจัยนี้จำเป็นต้องทำงานร่วมกับ access point ของอาคารในการระบุตำแหน่งซึ่งในบางอาคารอาจไม่มีการติดตั้ง access point หรือสัญญาณอาจไม่ได้ครอบคลุมทั้งอาคาร

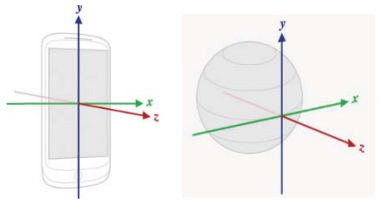
งานวิจัยของ Aditya Sankar และ Steven M.Seitz[6] พัฒนาโปรแกรมบนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ iOS เพื่อทำการถ่ายวิดีโอและเก็บข้อมูลประกอบอื่นๆ นำไปสร้างแผนผังภายในบ้านจากการถ่ายวิดีโอโดยการหมุนรอบตัวเองที่บริเวณกลางห้องและทำการเคลื่อนที่ไปเก็บข้อมูลทุกห้องภายในบ้าน หลังจากนั้นระบบจะให้ผู้ใช้ช่วยทำการยืนยันและช่วยเหลือด้านข้อมูลเพื่อให้ระบบสามารถสร้างแผนผังของบ้านได้ แต่จะได้แผนผังในรูปแบบของบ้านพักอาศัยหรือห้องในอาคาร แต่ไม่ได้มีการกล่าวถึงการสร้างทางเดินที่เชื่อมต่อกันระหว่างห้องภายในอาคาร

จากปัญหาที่ได้กล่าวไปแล้วนั้น จึงได้นำวิธีการสร้างแผนผังการเดิน[4] มาทำการพัฒนาเพื่อใช้งาน โดยงานวิจัยนี้มีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ การเก็บข้อมูลการเดินด้วยสมาร์ทโฟน การระบุพื้นทางเดินจากภาพ และ การคำนวณระยะทางการเดิน

2.1 การเก็บข้อมูลการเดินด้วยสมาร์ทโฟน

เนื่องจากปัจจุบันในสมาร์ทโฟนนั้นมีการรวมเซ็นเซอร์หลายชนิดเข้าไว้ด้วยกันเพื่อประโยชน์การใช้งานในด้านต่างๆ เช่น การถ่ายวิดีโอ การตรวจจับการเคลื่อนที่ หรือแม้แต่การหมุนซึ่งสิ่งเหล่านี้ สามารถนำมาใช้ในการสร้างแผนผังการเดินในอาคารได้ โดยที่การถ่ายวิดีโอขณะเดินนั้นจะทำให้เห็นลักษณะของพื้นทางเดินว่ามีรูปร่างแบบใด ส่วนการตรวจจับการเคลื่อนที่จะใช้ accelerometer ตรวจจับการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ และ gyroscope ที่สามารถตรวจจับการหมุนได้ดังที่แสดงในรูปที่ 1

ในการพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Android นั้น สามารถเรียกใช้งาน API ของ SensorEvent ที่ทำงานกับเซ็นเซอร์ accelerometer เพื่อตรวจจับข้อมูลการเคลื่อนที่และ gyroscope เพื่อตรวจจับข้อมูลการหมุนจากสมาร์ทโฟนได้โดยที่ค่าที่ได้นั้นจะมีหน่วยเป็น m/s^2 สำหรับ accelerometer และ rad/s สำหรับ gyroscope

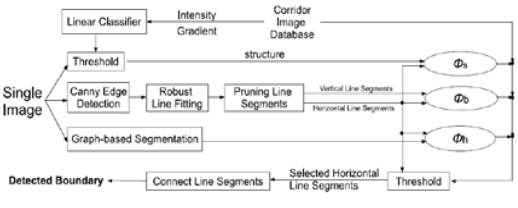


รูปที่ 1 ระบบแกนของ accelerometer และ gyroscope บน Android OS

ในระบบปฏิบัติการ Android รุ่น 4.4(KITKAT) นั้นได้มีการเพิ่มเติม API ที่ปรับปรุงการเรียกใช้งานเซ็นเซอร์บางชนิดให้สะดวกยิ่งขึ้น เช่น step detector และ step counter ซึ่งทำให้ตรวจจับการก้าวได้รวมถึงจำนวนก้าวที่เกิดขึ้นทั้งหมดได้โดยไม่ต้องนำค่าจาก accelerometer มาทำการหารูปแบบและนับจำนวนการก้าว ซึ่ง step counter จะมีหน่วยเป็นก้าวส่วน step detector จะเป็นเพียง API เพื่อแจ้งว่าเกิดการก้าวขึ้นแล้วจึงไม่มีหน่วยโดยที่ตัวเซ็นเซอร์เองจะมี delay เกิดขึ้นด้วยแต่จะไม่เกิน 2 วินาที[7]

2.2 การระบุพื้นทางเดินจากภาพ

มีงานวิจัยที่คิดค้นวิธีการจำแนกพื้นทางเดินออกจากภาพถ่ายโดยมีงานวิจัยจาก Yinxiao Li และ Stanley T. Birchfield[8] ได้เสนอวิธีการจำแนกพื้นทางเดินจากภาพหนึ่งภาพตามแผนผังการประมวลผลในรูปที่ 2 ซึ่งเริ่มจากการค้นหาเส้นโดยใช้ Canny Edge Detector หลังจากนั้นทำการคัดแยกเส้นที่ไม่ได้อยู่ในแนวตั้งและแนวนอนออกไป

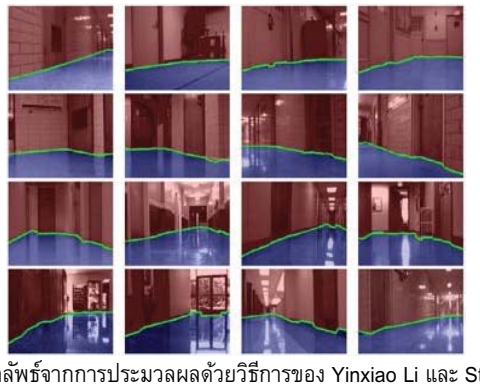


รูปที่ 2 แผนผังการประมวลผลเพื่อจำแนกพื้นจากภาพถ่าย

ต่อจากนั้นทำการตัดทอนเส้นเพิ่มเติมเพื่อให้คงเหลือแต่เส้นที่เป็นตัวแบ่งระหว่างพื้นกับกำแพงออกจากกันไว้เท่านั้น ต่อมาเส้นแนวนอนจะถูกนำมาคำนวณอีกครั้งด้วยสมการที่ 1

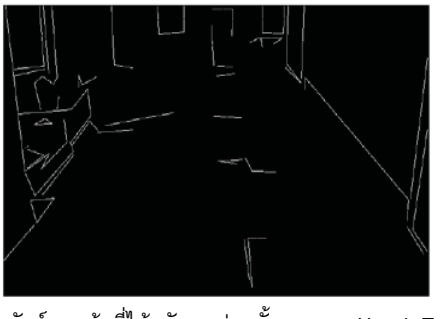
$$\Phi_{total}(l_h) = w_s \phi_s(l_h)+w_b \phi_b(l_h)+w_h \phi_h(l_h) \quad (1)$$

โดยสมการนี้จะแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ โครงสร้างของเส้นแนวนอนจากภาพไบนารี ส่วนที่ 2 คือ การหาเส้นที่อยู่ใกล้กับขอบภาพด้านล่างมากที่สุดและใกล้กับเส้นแนวตั้ง และส่วนสุดท้ายคือ การจำแนกด้วยสีที่อยู่ภายในภาพ และเมื่อเอามาคำนวณและนำไปเปรียบเทียบกับค่า threshold ก็จะได้ภาพที่มีการแบ่งพื้นกับกำแพงออกจากกันตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 ผลลัพธ์จากการประมวลผลด้วยวิธีการของ Yinxiao Li และ Stanley T. Birchfield

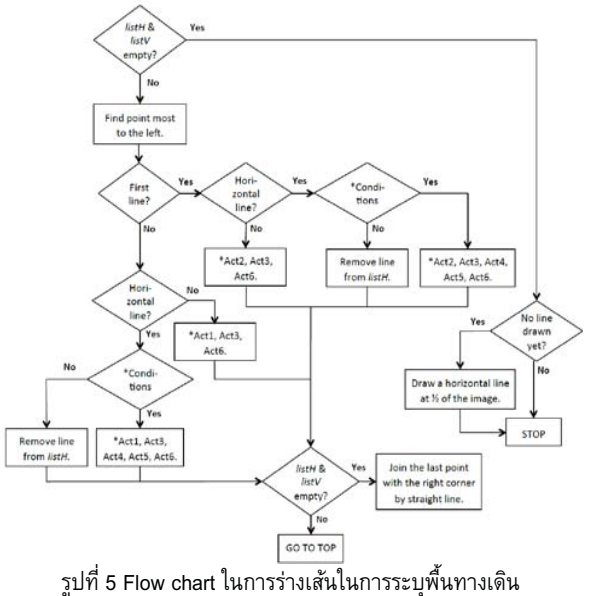
มีงานวิจัยอีกชิ้นหนึ่งที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยเป็นงานวิจัยของ Guillum Casas Barcelo [9] ซึ่งเป็นการระบุพื้นทางเดินจากภาพหนึ่งภาพเช่นกันและใช้วิธีการเบื้องต้นใกล้เคียงกัน แต่จะแตกต่างกันหลังจากที่ทำการค้นหาเส้นขอบได้เรียบร้อยแล้ว จะใช้วิธีการของ Hough Transform ในการค้นหาเส้นตรงแล้วจึงนำไปใช้ในขั้นตอนการค้นหาส่วนของพื้นทางเดินต่อไป โดยภาพมีผลลัพธ์ตามรูปที่ 4



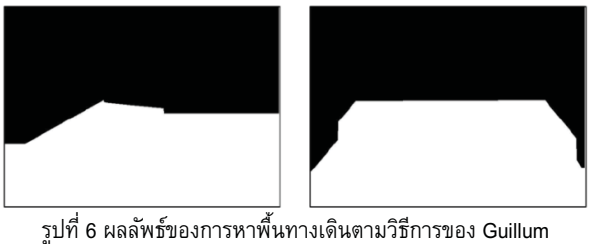
รูปที่ 4 ผลลัพธ์ของเส้นที่ได้หลังจากผ่านขั้นตอนของ Hough Transform

หลังจากที่คัดเลือกเส้นตรงจากเส้นขอบทั้งหมดได้แล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการนำเส้นตรงเหล่านี้มาแบ่งกลุ่มโดยจะแบ่งเป็นกลุ่มเส้นแนวตั้งซึ่งจะอยู่ในช่วง 10 องศาเมื่อเทียบเส้นแนวตั้ง และ กลุ่มเส้นแนวนอนซึ่งเส้นจะอยู่ในช่วง 65 องศาเมื่อเทียบกับเส้นแนวนอนและเส้นทั้งสองกลุ่มนั้นจะต้องมีส่วนหนึ่งอยู่ภายในภาพครึ่งล่าง เพราะในงานวิจัยนี้จะเน้นการประมวลภาพที่อยู่บริเวณด้านล่างของภาพซึ่งเป็นพื้นทางเดินเท่านั้น

เมื่อได้เส้นของทั้งสองกลุ่มมาแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายของการระบุพื้นทางเดินคือ ทำการเชื่อมต่อเส้นและจุดที่ได้รวบรวมมาตามผังการทำงานในรูปที่ 5 และได้ผลลัพธ์สุดท้ายในรูปที่ 6



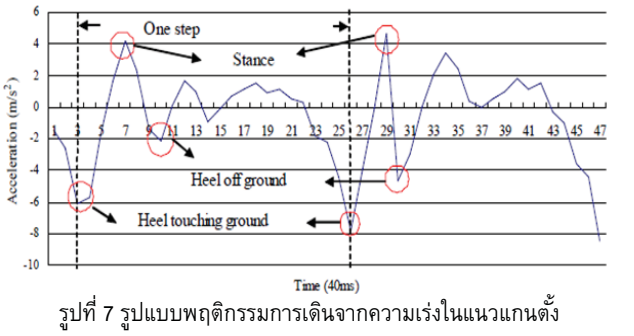
รูปที่ 5 Flow chart ในการร่างเส้นในการระบุพื้นทางเดิน



รูปที่ 6 ผลลัพธ์ของการหาพื้นทางเดินตามวิธีการของ Guillum

2.3 การคำนวณระยะทางการเดิน

จากงานวิจัยของ Wen-Yuah Shih และ Kun-Chan Lan[10] ที่นำ SHM(Simple Harmonic Motion) มาประยุกต์และใช้บนสมาร์ทโฟนเพื่อการตรวจจับการก้าว และคำนวณระยะทางการเดิน สำหรับงานวิจัยนี้จำเป็นต้องนำค่าแรงโน้มถ่วงโลกออกจากความเร่งในแนวแกนตั้งเสียก่อนจึงจะนำมาใช้ในการค้นหารูปแบบของการเดินตามรูปที่ 7 แล้วนำผลของการเดินแต่ละก้าวมาหาระยะทางโดยนำความเร่งคำนวณหาความเปลี่ยนแปลงเทียบกับเวลาด้วยการ Integral ได้ผลลัพธ์เป็นความเร็ว และนำค่าความเร็วที่ได้ทำการ Integral เทียบกับเวลาอีกครั้งเพื่อให้ได้ระยะทาง



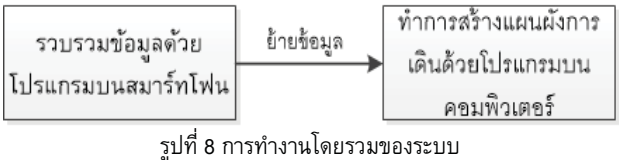
รูปที่ 7 รูปแบบพฤติกรรมการเดินจากความเร่งในแนวแกนตั้ง

สำหรับอีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการประมาณระยะการก้าวของแต่ละคน คือ การคำนวณระยะการก้าวจากความสูงของผู้เดิน[11] โดยอ้างอิงจากสมการที่ 2 โดยที่ค่าคงที่จะเท่ากับ 0.413 เมื่อเป็นเพศหญิง และมีค่าเท่ากับ 0.415 เมื่อเป็นเพศชาย

ระยะก้าว = ความสูง x ค่าคงที่ (2)

3. การออกแบบและวิธีการทำงานของระบบ

สำหรับการทำงานโดยรวมนั้นจะเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างสมาร์ทโฟนที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ต่อจากนั้นผู้ใช้จะทำการโอนข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อทำการสร้างแผนผังการเดิน ดังนั้นการออกแบบระบบตามรูปที่ 8 แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการเดินและการเคลื่อนไหวกับส่วนที่ใช้ในการวิเคราะห์และสร้างแผนผังการเดินในอาคาร



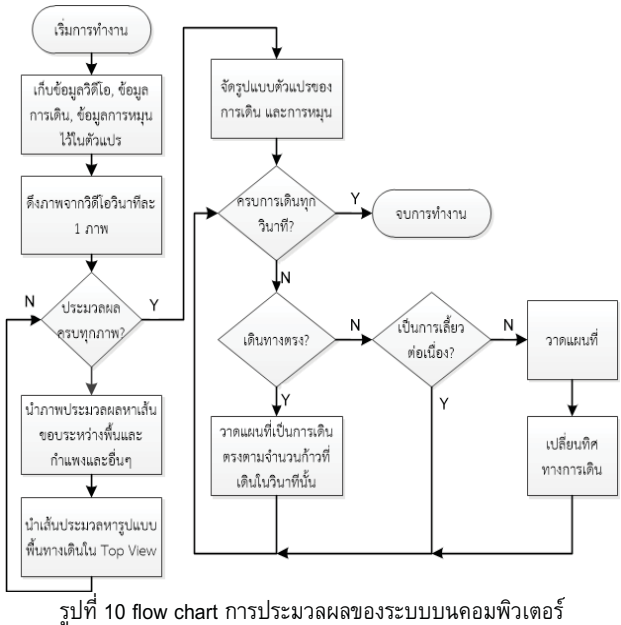
รูปที่ 8 การทำงานโดยรวมของระบบ

สำหรับการเก็บข้อมูลการเดินในงานวิจัยนี้จะทำการพัฒนาโปรแกรมและนำไปใช้งานบนสมาร์ทโฟนระบบปฏิบัติการ Android ซึ่งสมาร์ทโฟนที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะเป็น Sony รุ่น Xperia Z2 โดยใช้ Android OS เวอร์ชั่น 4.4.4 KITKAT ที่มีเซ็นเซอร์รองรับการตรวจจับการก้าวและ นับจำนวนก้าวทั้งหมดเพื่อนำมาใช้งานได้(Step Detector และ Step Counter) โดยพื้นฐานการทำงานของโปรแกรมบนสมาร์ทโฟนนั้น เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน จะทำการถ่ายวิดีโอการเดินและเก็บข้อมูลจำนวนก้าวรวมถึงข้อมูลการเลี้ยวที่เกิดขึ้นของผู้ใช้ไปพร้อม ๆ กันกระทั่งผู้ใช้งานสั่งหยุดการทำงาน โดยมีหน้าจอการทำงานตามรูปที่ 9

การทำงานทั้งหมดบน Android จะเรียกใช้ API ต่าง ๆ เพื่อใช้งานเซ็นเซอร์ โดยการถ่ายวิดีโอจะเรียกผ่าน class Camera ส่วนด้านการเคลื่อนที่จะใช้ class SensorManager โดยที่จะเรียกใช้เซ็นเซอร์ 2 ตัว คือ gyroscope เพื่อใช้ในการตรวจจับการเลี้ยว และ step detector เพื่อใช้ในการตรวจจับการก้าวที่เกิดขึ้น แล้วจึงนำข้อมูลแยกบันทึกลงเป็นไฟล์ข้อมูลภายในหน่วยความจำของสมาร์ทโฟนและรอเพื่อทำการคัดลอกข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการสร้างแผนผังการเดิน

รูปที่ 9 รูปโปรแกรมที่พัฒนาเพื่อใช้งานบนสมาร์ทโฟน Android ในการเก็บข้อมูลการเดิน

ส่วนต่อมาคือการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์และสร้างแผนผังการเดิน ในส่วนนี้จะใช้ MATLAB เป็นเครื่องมือในการพัฒนาทั้งหมดซึ่งมี flow chart การทำงานแสดงในรูปที่ 10 โครงสร้างภายในของระบบจะประมวลผลตามขั้นตอนเริ่มจาก การนำข้อมูลที่ได้มาจากสมาร์ทโฟนเข้ามายังที่กำหนดไว้



รูปที่ 10 flow chart การประมวลผลของระบบบนคอมพิวเตอร์

ต่อมาทำการดึงภาพในแต่ละวินาทีของการเดินจากวิดีโอออกมาเพื่อนำเอาไปใช้ในการวิเคราะห์หารูปแบบของทางเดินว่าเป็นทางเดินลักษณะใดโดยขั้นตอนนี้จะนำวิธีการของ Barcelo, G.C มาประยุกต์ใช้โดยนำแต่ละภาพมาทำการหาเส้นขอบโดยใช้ Canny Edge Detection หลังจากนั้นทำการหาเส้นตรงที่ยาวพอโดยใช้วิธีการของ Hough Transform ตามรูปที่ 11

ก) ภาพก่อนการประมวลผล

ข) ภาพหลังการประมวลผล

รูปที่ 11 ก) ภาพที่ได้จากวิดีโอก่อนการประมวลผล ข) ภาพหลังการประมวลผลและได้เส้นตรงบริเวณรอยต่อของกำแพงและพื้นทางเดินที่ประมวลผลได้จากการประยุกต์วิธีการของ Barcelo, G.C

หลังจากที่คัดแยกเส้นตรงมาได้แล้วทำการแบ่งเส้นออกเป็น 3 กลุ่ม คือ เส้นตรงในแนวแกนตั้งซึ่งจะใช้แทนขอบหรือมุมของกำแพงเพื่อทำการหาทางแยก เส้นตรงในแนวแกนนอนเพื่อระบุถึงทางเดินที่น่าจะมีกำแพงอยู่ด้านหน้า และเส้นตรงในแนวเอียงที่มีองศาอยู่ในช่วง 15 ถึง 50 องศาจากแนวแกนตั้งเพื่อเป็นตัวแทนของทางเดินปกติที่จะทอดยาวออกไปในมุมมองแบบ perspective หลังจากทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของเส้นทั้งหมดเพื่อนำไปเปลี่ยนรูปจากมุมมองแบบ perspective ให้กลายเป็นมุมมองด้านบนหรือ top view เพื่อนำไปใช้ในการประกอบสร้างแผนผังการเดิน การเดินที่ไม่สามารถถูกตรวจจับการเลี้ยวโดย gyroscope จะถือว่าเป็นการเดินเป็นเส้นตรงจนกว่าผู้ใช้ได้ทำการเลี้ยวหรือระบบสามารถตรวจจับเจอทางแยกได้ โดยที่เงื่อนไขของทางแยกในระบบนี้คือระบบสามารถตรวจจับเส้นในแนวแกนตั้งที่ด้านเดียวกัน(ซ้ายหรือขวาหรือทั้งสองด้าน) และอยู่ในช่วง 3 วินาทีติดต่อกัน

เมื่อได้รูปของทางเดินในมุม top view ในทุกรูปที่มาจากวิดีโอแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายคือการนำมาประกอบกันเพื่อสร้างเป็นแผนผังการเดิน โดยในขั้นตอนนี้จะนำข้อมูลการเคลื่อนที่จาก gyroscope และ step detector มาร่วมในการประมวลผลด้วย โดยจะอ้างอิงจากทิศทางการเดินและจำนวนก้าว

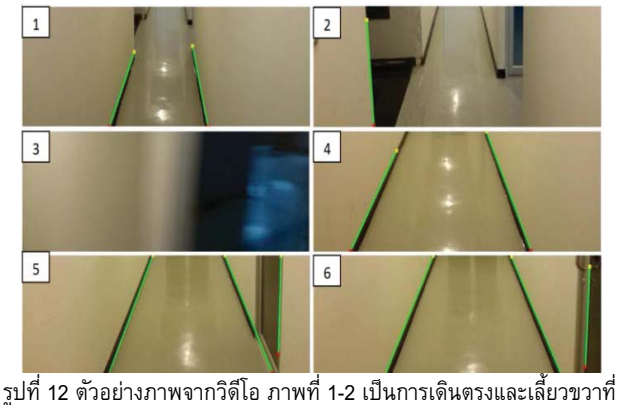
4. ผลการทดลอง

หลังจากพัฒนาโปรแกรมบนสมาร์ทโฟนและคอมพิวเตอร์เรียบร้อยแล้ว ก่อนการทดลองมีการใช้งานระบบเพื่อทดสอบความแม่นยำของเซ็นเซอร์ step detector เพื่อเป็นการยืนยันว่าเซ็นเซอร์นั้นสามารถใช้งานได้ถูกต้อง โดยทำการทดสอบด้วยการเดินเป็นเส้นตรงในจำนวนก้าวที่ต่างกัน ซึ่งได้ผลตามตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าเซ็นเซอร์สามารถทำงานได้ผลเป็นที่น่าพอใจเพราะมีความผิดพลาด 3 ครั้งครั้งละ 1 ก้าวเท่านั้นจากการเดินทั้งหมด 9 ครั้ง

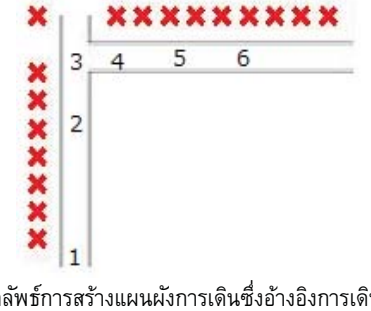
ตารางที่ 1 ผลการคำนวณจำนวนก้าวเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนการก้าวจริง

การเดินที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9
จำนวนก้าวจริง	268	70	54	63	79	61	96	62	97
จำนวนก้าวจากระบบ	268	70	54	62	78	62	96	62	97
แตกต่าง	0	0	0	1	1	1	0	0	0

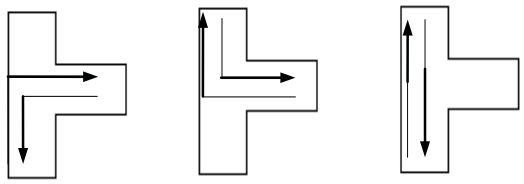
สำหรับการทดลอง เริ่มจากการคัดเลือกสถานที่ที่จะใช้เพื่อเก็บข้อมูลการเดิน โดยการใช้งานระบบนั้นผู้ทำการทดลองจะถือสมาร์ทโฟนไว้ที่ระดับสายตาและพยายามประคองสมาร์ทโฟนให้ขนานกับพื้นทางเดินตลอดการเดินเก็บข้อมูล หลังจากนั้นทำการกดปุ่มเริ่มต้นการเก็บข้อมูลพร้อมกับเริ่มเดินไปตามทางเดินโดยเดินอยู่บริเวณกลางทางเดิน ทำการเลี้ยวเมื่อต้องการจะเลี้ยวที่ทางแยกโดยที่จะทำการเลี้ยวในลักษณะการหมุนตัวอยู่กับที่ที่ไม่ใช่การเดินขณะทำการเลี้ยว กดหยุดการเก็บข้อมูลเมื่อถึงปลายทางเป็นอันเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูลการเดิน 1 ครั้ง โดยข้อมูลทั้งหมดนั้นจะถูกจัดเก็บไว้ในสมาร์ทโฟน ซึ่งผู้ใช้งานจะต้องทำการคัดลอกข้อมูลจากในสมาร์ทโฟนไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการสร้างแผนผังจากโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป โดยภาพการประมวลผลจะแสดงในรูปที่ 12 และได้ผลของแผนผังการเดินตามรูปที่ 13 ซึ่งเครื่องหมายกากบาทที่แสดงในแผนผังการเดินจะเป็นการแทนต่อหนึ่งก้าวที่เกิดขึ้นและสามารถนำมาคำนวณกับระยะก้าวเพื่อหาระยะทางการเดินจริงได้ แต่ถ้าจะนำแผนผังมาใช้งานก็ทำการลบกากบาทออกไป



รูปที่ 12 ตัวอย่างภาพจากวิดีโอ ภาพที่ 1-2 เป็นการเดินตรงและเลี้ยวขวาที่ภาพที่ 3 และเดินตรงต่อไปตามภาพที่ 4-6



รูปที่ 13 ผลลัพธ์การสร้างแผนผังการเดินซึ่งอ้างอิงการเดินในรูปที่ 12



รูปที่ 14 ภาพการเดินของ Route 1 ถึง 3 ตามลำดับ

จากการเดินทดสอบในสถานที่ 3 แห่งที่เป็นลักษณะสามแยกและสี่แยกทั้งหมด 57 ครั้ง เป็นการเดินในสถานที่ที่ละ 3 เส้นทางที่แตกต่างกันในบริเวณเดียวกันตามรูปที่ 14 แต่ละเส้นทางเป็นการเดินไปและกลับ โดยถือว่าเป็นการเดินคนละครั้งซึ่งมีทั้งการเดินแบบตรงและแบบมีการเลี้ยว สำหรับระยะทางการเดิน นั้นจะคำนวณจากจำนวนก้าวเดินที่เกิดขึ้นคูณกับระยะก้าวของผู้เดิน ซึ่งอ้างอิงจากสมการที่ 2 สำหรับผู้เดินครั้งนี้มีความสูง 180 ซม. ดังนั้นระยะก้าวของการเดินอยู่ที่ 75 ซม. แล้วนำมาเปรียบเทียบกับระยะการเดินจริงแล้วได้เป็นผลตามตารางที่ 2 ซึ่ง Total Distance จะเป็นระยะทางจริงของทางเดินซึ่งจะเท่ากันทั้งการเดินขาไปและขากลับ ส่วน System Count คือจำนวนก้าวเฉลี่ยที่ระบบตรวจจับได้จากการเดินหลายครั้งในเส้นทางเดียวกัน(มีทั้งขาไปและขากลับ) และ Calculated Distance คือการนำเอา System Count มาคูณกับระยะก้าวของผู้ทำการทดลอง

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณระยะการเดินเมื่อเปรียบเทียบกับระยะการเดินจริง

1st Place : Sino Tower 10th floor

	Total Distance(cm)	System Count	Calculated Distance(cm)	Distance Error(%)
Route 1	1320	17.3	1297.5	1.70
Route 2	1170	15.4	1155	1.28
Route 3	1050	15.4	1155	10.00

2nd Place : LPN Thapha 9th floor

	Total Distance(cm)	System Count	Calculated Distance(cm)	Distance Error(%)
Route 1	960	12.7	952.5	0.78
Route 2	1050	15.3	1147.5	9.29
Route 3	930	15.3	1147.5	23.39

3rd Place : TNI's A Building 6th floor

	Total Distance(cm)	System Count	Calculated Distance(cm)	Distance Error(%)
Route 1	1170	18.1	1357.5	16.03
Route 2	900	14.6	1095	21.67
Route 3	930	14.6	1095	17.74

5.สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลองและงานต่อเนื่อง

ในงานวิจัยนี้ทำการพัฒนาระบบที่สามารถสร้างแผนผังการเดินภายในอาคารได้จากเซ็นเซอร์ในสมาร์ทโฟนโดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้เซ็นเซอร์เพิ่มเติมอื่นๆ จากในอาคาร

ด้านความแม่นยำของระยะทางการเดิน จากตารางที่ 2 เมื่อนำระยะทางการเดินที่คำนวณเปรียบเทียบกับระยะทางจริงที่แสดงในช่อง Distance Error(%) พบว่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยระยะทางการเดินรวมอยู่ที่ 11.32% หรือ 112.5 ซม. ซึ่งเมื่อเทียบเป็นจำนวนก้าวของผู้เดินจะอยู่ที่ 1.5 ก้าว โดยถ้านำไปเปรียบเทียบกับการใช้งานจริงของแผนผังทางเดินในอาคาร ความ คลาดเคลื่อนส่วนนี้ยังไม่กระทบกับการนำแผนผังทางเดินไปใช้งานจริง สำหรับการเดินในสถานที่ที่ 3 ที่ค่า Distance Error มีค่าสูงกว่าการเดินในครั้งอื่นมากอาจมีปัจจัยจากการเดินที่ผิดไปจากปกติมากเนื่องจากการควบคุมระยะก้าวการเดินในคงที่ในทุกก้าวสำหรับมนุษย์นั้นเป็นไปได้ยาก อีกทั้งยังมีปัจจัยเพิ่มเติมในการเดินเช่น ความเหนื่อยล้าก่อนการเดิน การแต่งกาย หรือ รองเท้าที่สวมใส่

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้เกิดจาก 3 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ ระยะการก้าวของผู้เดินที่ไม่สามารถก้าวให้เท่ากันในทุกก้าวตามที่กล่าวข้างต้น ปัจจัยที่สองคือ การตรวจจับจำนวนก้าวของสมาร์ทโฟนยังมีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยแต่ไม่เกิน 2 ก้าวและปัจจัยสุดท้ายคือ การเดินในก้าวสุดท้ายที่มักจะเดินไม่พอดีกับระยะก้าวที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานซึ่งพบว่ามักจะเดินขาดหรือเกินเล็กน้อยเสมอ

สำหรับความถูกต้องในการตรวจสอบรูปแบบทางเดิน ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องเมื่อเกิดการเลี้ยวขึ้นไม่ว่าจะเป็นการเลี้ยวไปทางซ้าย หรือทางขวาโดยจำนวนวินาทีที่ทำให้การเลี้ยวถูกตรวจจับได้อย่างสมบูรณ์จะอยู่ที่ประมาณ 2 วินาที แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในกรณีที่เดินเจอทางแยกหรือประตูและไม่ทำการเลี้ยวไปทางนั้น ในบางครั้งเส้นแนวตั้งที่ควรจะตรวจจับได้กลับตรวจจับไม่พบทำให้ระบบตีความออกมาเป็นทางเดินตรงปกติแทน

งานต่อเนื่องจากงานวิจัยนี้จะมี 3 ประเด็นคือ การเพิ่มความแม่นยำของระยะทางการเดินเพื่อนำไปใช้งานกับระบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำมากขึ้น เช่น ระบบแนะนำเส้นทางหรือระบบนำทางในอาคาร ประเด็นต่อมาคือการวิเคราะห์รูปแบบของพื้นทางเดินได้หลากหลายมากขึ้นเพื่อทำให้การใช้งานสามารถใช้ในพื้นที่ได้หลากหลายมากขึ้น ประเด็นสุดท้ายคือการนำภาพที่ทำการวิเคราะห์ไปใช้งานต่อเช่น การนำภาพไปวิเคราะห์หาจุดเด่นหรือป้ายต่างๆ ที่อยู่ระหว่างทางเดินโดยใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงที่มีประโยชน์มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] “GPS.gov: GPS Accuracy.” [Online]. Available: http://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/. [Accessed: 28-Dec-2014].

[2] E. Wise, B. Li, T. Gallagher, A. Dempster, C. Rizos, E. Ramsey-Stewart, and D. Woo, “Indoor navigation for the blind and vision impaired: Where are we and where are we going?,” in *2012 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)*, 2012, pp. 1–7.

[3] N. Fallah, I. Apostolopoulos, K. Bekris, and E. Folmer, “The User As a Sensor: Navigating Users with Visual Impairments in Indoor Spaces Using Tactile Landmarks,” in *Proceedings of the SIGCHI*

Conference on Human Factors in Computing Systems, New York, NY, USA, 2012, pp. 425–432.

[4] V. Euapoonviriya and S. Mruetusatorn, "A New Method of Generating the Indoor Floor Plan of Walking Route using Sequential Images and Movement Data Analysis and Processing," presented at the ICBIR 2014 International Conference on Business and Industrial Research, 2014, pp. 215–217.

[5] H. Shin, Y. Chon, and H. Cha, "Unsupervised Construction of an Indoor Floor Plan Using a Smartphone," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev.*, vol. 42, no. 6, pp. 889–898, Nov. 2012.

[6] A. Sankar and S. Seitz, "Capturing Indoor Scenes with Smartphones," in *Proceedings of the 25th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, New York, NY, USA, 2012, pp. 403–412.

[7] "Motion Sensors | Android Developers." [Online]. Available: http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_motion.html#sensors-motion-stepcounter. [Accessed: 28-Dec-2014].

[8] Y. Li and S. T. Birchfield, "Image-based segmentation of indoor corridor floors for a mobile robot," in *2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2010, pp. 837–843.

[9] G. C. Barcelo, G. Panahandeh, and M. Jansson, "Image-based floor segmentation in visual inertial navigation," in *Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2013 IEEE International*, 2013, pp. 1402–1407.

[10] W.-Y. Shih, L.-Y. Chen, and K.-C. Lan, "Estimating Walking Distance with a Smart Phone," in *2012 Fifth International Symposium on Parallel Architectures, Algorithms and Programming (PAAP)*, 2012, pp. 166–171.

[11] J. Goodwin, *Touch & Movement: Palpation and Kinesiology for Massage Therapists*. Cengage Learning, 2012.