ฐานกล้องอัจฉริยะสำหรับติดตามผู้ใช้งาน

ธัญชนก ผิวคำ[1*] รังสิมันตุ์ ใจตุ้ย ภาสุทธิ์ เจริญจิตรกรรม และ สุรชัย สุขสกุลชัย[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
[2]ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
** khaw_tanchanok@hotmail.co.th*

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้คือการสร้างฐานกล้องอัจฉริยะราคาประหยัด สำหรับการติดตามผู้สอนเพื่อใช้ในงานบันทึกการสอนหรือการสอนออนไลน์แบบถ่ายทอดสดได้ โดยตัวฐานกล้องจะสามารถตรวจจับตำแหน่งของผู้สอนที่อยู่หน้าชั้นเรียนได้ โดยใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (PIR) จำนวนสามตัวที่ติดตั้งห่างกัน 5 เซนติเมตรในแนวราบ เพื่อให้เกิดการแบ่งโซนได้ 5 โซน คือโซนซ้ายสุด ซ้าย กลาง ขวา และขวาสุด เมื่อฐานกล้องอัจฉริยะสามารถระบุตำแหน่งของผู้สอนได้แล้วจะทำการหมุนหน้ากล้องไปยังตำแหน่งที่ผู้สอนยืนอยู่ โดยระยะตรวจจับที่ดีที่สุดจะอยู่ในระยะสามเมตร นอกจากนั้นฐานกล้องอัจฉริยะยังสามารถควบคุมแบบไร้สายเพื่อให้กล้องหันไปในทิศทางที่ได้กำหนดเอาไว้ล่วงหน้าเช่น จอโปรเจคเตอร์ เป็นต้น จากผลการทดสอบพบว่าตัวฐานกล้องอัจฉริยะสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยสามารถติดตามผู้ใช้งานที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่เกิน 1 เมตร/วินาที และที่อยู่ห่างกันในระยะ 2-4 เมตร

คำสำคัญ: ฐานกล้องอัจฉริยะ ไมโครคอนโทรลเลอร์ โมชั่นเซนเซอร์

Smart camera-mounted base for tracking users

Tanchanok Phewkham[1*], Rangsiman Jaitui, Pasut Jaroenchittakam, and Surachai Suksakulchai[2]

[1]*Department of Computer Engineering, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi.*

[2] *Department of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi.*

** khaw_tanchanok@hotmail.co.th*

Abstract

The objective of this research is to build a low cost smart camera-mounted base for tracking users for uses in live recording or online teaching. The camera-mounted base can be used to detect the position of a user or instructor who is teaching in front of the class by using three motion sensors (PIR) that are installed 5 centimeters apart horizontally. With this configuration, It can create 5 sensing zones which are far left, left, middle, right and far right zones. When the smart camera-mounted base can specify the position of the user, it will rotate the camera to the position where the user is. The best detecting distance is within a three-meters range. In addition, the smart camera-mounted base can be controlled wirelessly so that the camera is pointing in a predetermined direction, such as a projector screen. From the test results, the smart camera-mounted can operate as designed and track a user's movement at speeds of not more than 1 m / s and at a distance between 2 and 4 meters away.

Keywords: Smart camera base, Microcontroller, Motion Sensor

1. บทนำ

ในการเรียนการสอนในชั้นเรียนส่วนใหญ่ ผู้สอนจะเป็นผู้บรรยายเนื้อหาต่าง ๆ อยู่หน้าชั้นเรียนเพื่อให้ความรู้กับผู้เรียน (พิชญา เพิ่มไทย และอนุรักษ์ อาทิตย์กวิน, 2557: 99) ผู้สอนอาจจะยืนหรือเดินบรรยายอยู่บริเวณหน้าชั้นเรียน โดยอาจจะใช้กระดานหรือสไลด์ (เช่น Power Point) ประกอบการบรรยาย ในบางกรณีผู้สอนหรือสถานศึกษาอาจต้องการบันทึกการเรียนการสอนไว้เป็นวีดิทัศน์ (จิตราภรณ์ ชั่งกริส, 2559: 10) เพื่อให้นักศึกษาสามารถกลับไปทบทวนได้เอง หรือทำเป็นสื่อการสอนออนไลน์ (Breslow et al., 2013: 13-15) นอกจากนั้นด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบันผู้สอนสามารถที่จะทำการบันทึกวีดิทัศน์การเรียนการสอนของตนเองได้ โดยใช้กล้องที่อยู่ในโทรศัพท์มือถือทั่วไป (อุมาพร แก้วทา, 2558: 14) จึงทำให้การบันทึกวีดิทัศน์สามารถทำได้โดยง่าย ซึ่งจะเห็นว่าในปัจจุบันนี้มีการทำวีดิทัศน์การสอนในวิชาต่าง ๆ มากมาย (ชนินทร์ ตั้งพานทอง, 2560: 3-4)

แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากผู้สอนไม่ได้ยืนสอนอยู่กับที่ แต่ต้องมีการเขียนกระดานและเดินไปมาอยู่หน้าชั้นเรียน (วิจารณ์ พานิช, 2556: 27) จึงทำให้การบันทึกวีดิทัศน์ในชั้นเรียนทำได้ด้วยความยากลำบาก ดังนั้นผู้สอนจะแก้ปัญหาการบันทึกวีดิทัศน์ได้ 4 วิธี คือ 1) ให้กล้องนั้นจับภาพอยู่ที่กระดานหรือสไลด์ตลอดเวลา มักจะใช้สำหรับการเรียนการสอนของครูและอาจารย์ที่บรรยายเนื้อหาให้กับผู้เรียน 2) ผู้สอนจะนั่งหรือยืนอยู่กับที่ เพื่อให้กล้องสามารถจับที่ตัวผู้สอนได้ตลอดเวลา แต่ก็จะทำให้ผู้เรียนไม่สามารถเห็นข้อมูลที่ผู้สอนบรรยายอยู่บนกระดานหรือสไลด์ได้ และมักจะใช้วิธีนี้ในการสนทนาหรือประชุม 3) ใช้ผู้ดูแลเพื่อควบคุมหน้ากล้องให้ตรงกับผู้สอนหรือจับภาพข้อมูลบนกระดานหรือสไลด์ตามสถานการณ์ที่จำเป็น แต่วิธีนี้จำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายในการจัดหาผู้ดูแลซึ่งต้องใช้งบประมาณอย่างมากในการจัดการ (สุทัศน์ ชำนาญดู, 2560: 4-6) และ 4) ใช้กล้อง 2 ตัว จับภาพผู้สอน และกระดานหรือสไลด์จากนั้นจึงนำมาตัดต่อเข้าด้วยกัน แต่วิธีนี้ผู้สอนส่วนใหญ่ไม่สามารถทำได้เพราะต้องใช้เวลาและอาศัยความสามารถ ผู้สอนบางคนจึงอาจต้องจ้างผู้เชี่ยวชาญมาทำการเรื่องนี้โดยเฉพาะ

จากวิธีการทั้ง 4 วิธีจะเห็นว่าวิธีการที่ 1 ถึง 3 นั้น สามารถนำมาใช้ในการสอนได้ทั้งในแบบออนไลน์และแบบถ่ายทอดสด ซึ่งจะเห็นว่าการถ่ายทอดสดโดยทั่วไปจะใช้วิธีที่ 1 และ 2 มากที่สุด (ปิญญ์สลิชา เจริญพูล, 2556: 6-7) เนื่องจากเป็นวิธีที่ประหยัดและทำได้ง่ายและไม่ต้องมีผู้ควบคุมเฉพาะ ส่วนวิธีที่ 3 เป็นวิธีที่เหมาะสมในการถ่ายทอดสดและการบันทึกวีดิทัศน์การสอนหน้าชั้นเรียนเพราะไม่ต้องใช้อุปกรณ์ราคาแพง (ถ้าไม่นับรวมการจ้างผู้ควบคุมกล้อง) เป็นวิธีที่สามารถมีปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียนได้ง่ายกว่า (ผู้เรียนจะมีความรู้สึกเหมือนกับได้เรียนในชั้นเรียนจริง ๆ) จึงทำให้วิธีนี้เหมาะสมกับการสอนแบบถ่ายทอดสดหรือใช้เพื่อบันทึกวีดิทัศน์การเรียนการสอน มากกว่าเมื่อเทียบกับอีก 3 วิธีที่กล่าวมาข้างต้น

ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะมีเทคโนโลยีที่สามารถใช้การสอนแบบถ่ายทอดสดได้ (Cuaca et al., 2017: 267-273) เช่น Zoom (สำนักการศึกษาและนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2563: 1-17) ที่สามารถเห็นทั้งผู้สอนและสไลด์ได้ในเวลาเดียวกัน แต่ไม่เหมาะกับการบันทึกวีดิทัศน์การบรรยายหน้าชั้นเรียนของผู้สอน เพราะจะต้องใช้กล้องจากคอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์มือถือซึ่งต้องนั่งอยู่กับที่ นอกจากนั้นจะต้องมีค่าใช้จ่ายในการใช้โปรแกรม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นถึงความสำคัญในการพัฒนาอุปกรณ์ที่จะทำหน้าที่แทนผู้ควบคุมกล้องเพื่อให้ผู้สอนสามารถบันทึกวีดิทัศน์การเรียนการสอนในชั้นเรียน หรือการสอนออนไลน์แบบถ่ายทอดสดทำได้ง่ายขึ้นและประหยัด จึงมีแนวคิดที่จะสร้างฐานกล้องอัจฉริยะสำหรับติดตามผู้ใช้งานราคาประหยัด (ขอเรียกสั้นๆว่า “ฐานกล้องอัจฉริยะ”) ที่สามารถติดตามการเคลื่อนที่ของผู้สอนเพื่อใช้ในการบันทึกวีดิทัศน์ หรือเพื่อใช้สำหรับการสอนในแบบถ่ายทอดสดได้

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างฐานกล้องอัจฉริยะสำหรับติดตามผู้ใช้งาน
2. เพื่อหาคุณสมบัติของฐานกล้องอัจฉริยะสำหรับติดตามผู้ใช้งาน

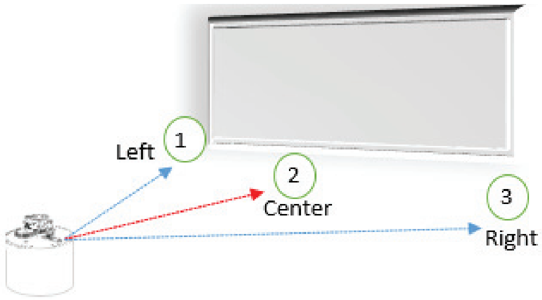
3. ขอบเขตของงานวิจัย

1. สามารถควบคุมโดยผู้สอน ให้ไปที่ตำแหน่งที่ต้องการได้
2. ใช้ได้กับกล้องมือถือขนาดความกว้างไม่เกิน 80 มิลลิเมตร
3. ระยะห่างในการติดตามเป้าหมายในโหมดอัตโนมัติ ไม่เกิน 4 เมตร
4. สามารถควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลในระยะ ไม่เกิน 30 เมตร
5. แกนหมุนควบคุมสามารถทำมุมของการหมุนได้ $\pm 90^{\circ}$ จากศูนย์กลาง
6. มีค่าความผิดพลาดในการติดตามผู้สอนไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์

4. วิธีการดำเนินงาน

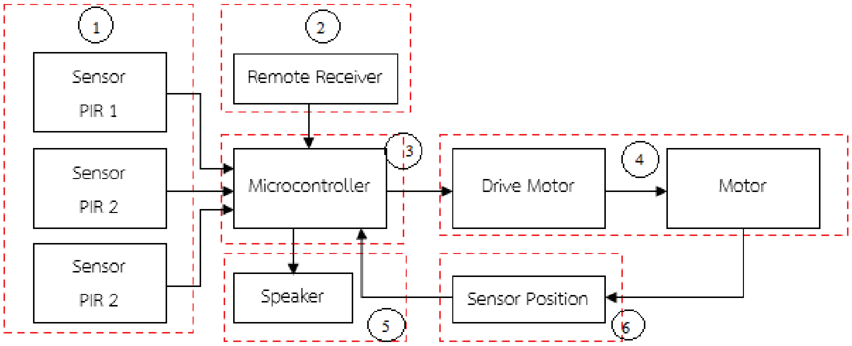
4.1 การสร้างฐานกล้องอัจฉริยะ

ฐานกล้องอัจฉริยะเป็นอุปกรณ์สำหรับติดกับกล้องของโทรศัพท์มือถือ (ขอเรียกสั้นๆว่า “กล้องมือถือ”) สำหรับนำไปติดตั้งเข้ากับขาตั้งกล้อง (Tripod) หรือวางไว้บนโต๊ะ เพื่อควบคุมทิศทางของกล้องมือถือให้หมุนตามผู้สอนได้ โดยไม่ต้องติดตั้งอุปกรณ์ใด ๆ ไว้ที่ตัวผู้สอน แนวคิดหลักการทำงานฐานกล้องอัจฉริยะ ดังแสดงในภาพที่ 1

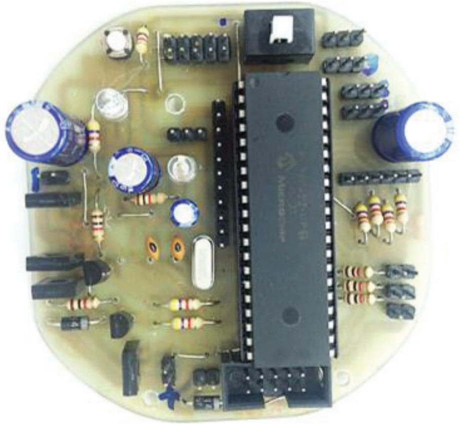


ภาพที่ 1 แนวคิดหลักการทำงานฐานกล้องอัจฉริยะ

หลักการทำงานของฐานกล้องอัจฉริยะจะอาศัยเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนที่ของผู้สอนจำนวน 3 ตัว แล้วทำการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ 18F452 เพื่อควบคุมมอเตอร์ให้มอเตอร์หมุนตามการเคลื่อนที่ของผู้สอนได้ รวมทั้งยังสามารถควบคุมให้ฐานกล้องอัจฉริยะหันหน้าไปยังจุดที่ต้องการ (เช่นจอโปรเจคเตอร์) ได้เป็นต้น โดยมีบล็อกไดอะแกรมแสดงหลักการทำงานของระบบ ดังแสดงในภาพที่ 2 และแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรควบคุมฐานกล้องอัจฉริยะที่ประกอบเสร็จแล้ว ดังแสดงในภาพที่ 3-4



ภาพที่ 2 บล็อกไดอะแกรมของฐานกล้องอัจฉริยะ

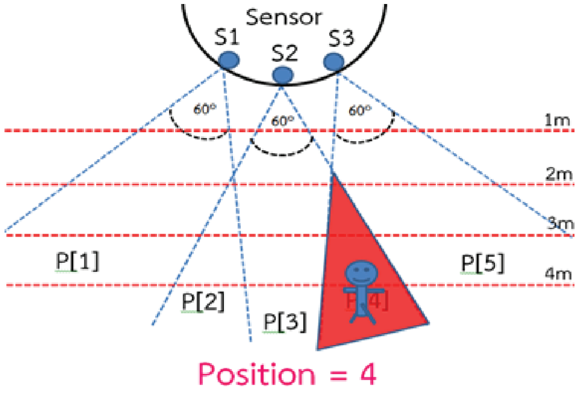


ภาพที่ 3 การติดตั้งอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์

ภาพที่ 4 ฐานกล้องอัจฉริยะ

4.2 การเขียนโปรแกรมควบคุม

ในการควบคุมฐานกล้องอัจฉริยะ มีการแบ่งโปรแกรมควบคุมออกเป็น 2 โปรแกรมหลัก ได้แก่ โปรแกรมควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติและโปรแกรมควบคุมการทำงานโดยผู้ใช้



ภาพที่ 5 ผังงานการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ

ในโหมดการทำงานแบบอัตโนมัติ การตรวจจับผู้สอนหรือผู้ใช้งานจะใช้เซ็นเซอร์ PIR (Passive Infrared Sensor, เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว) จำนวน 3 ตัวที่วางห่างกัน 5 เซนติเมตร บนฐานทรงกระบอก ดังแสดงในภาพที่ 5 (ตำแหน่ง S1 S2 และ S3 เมื่อมองจากด้านบน) โดยเซ็นเซอร์ PIR จะมีมุมตรวจจับประมาณ 60 องศา บางตำแหน่งจึงมีพื้นที่ตรวจจับซ้อนทับกันทำให้สามารถแบ่งตำแหน่งการตรวจจับออกได้เป็น 5 โซนคือโซน P1-P5 ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการหมุนกล้องไปยังตำแหน่งที่ประมวลผลได้ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตำแหน่งของโซนที่สมนัยกับการตรวจจับของเซ็นเซอร์ PIR

ตัวเซ็นเซอร์ที่ตรวจจับผู้ใช้ได้	S1	S1 +S2	S2	S2 +S3	S3
ตำแหน่ง	P1	P2	P3	P4	P5

จากตารางที่ 1 ถ้าตัวเซ็นเซอร์ S1 สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้เพียงตัวเดียว นั่นหมายความว่าผู้ใช้งานอยู่ในตำแหน่งโซน P1 ระบบก็จะสั่งให้ฐานกล้องหมุนไปตำแหน่งที่ P1 และถ้าตัวเซ็นเซอร์ S1 และ S2 สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวได้พร้อมกัน ก็หมายความว่าผู้ใช้งานอยู่ในตำแหน่ง P2 เป็นต้น (ดูภาพที่ 5 ประกอบ) ในส่วนอื่น ๆ ก็จะมีหลักการทำงานเช่นเดียวกัน

4.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพฐานกล้องอัจฉริยะ

การทดสอบฐานกล้องอัจฉริยะ จะทำการทดสอบโดยการติดตั้งฐานกล้องไว้บนขาตั้งกล้อง (Tripod) และใช้โทรศัพท์มือถือที่มีกล้องยึดเข้ากับฐานกล้องอัจฉริยะและวางไว้หน้าห้องตรงกลาง ห่างจากกระดานไวท์บอร์ด 5 เมตร (ดูภาพที่ 5) โดยกล้องจะถูกตั้งให้หันไปทางหน้ากระดาน (ตำแหน่ง 0 องศา) และผู้ใช้งานจะยืนอยู่หน้ากล้องเป็นสภาวะเริ่มต้น การทดสอบจะมีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 การทดสอบการติดตั้งฐานกล้องอัจฉริยะทั้งในระยะความสูงจากพื้นและระยะห่างกับเป้าหมาย

การทดสอบจะแบ่งออกเป็น 5 ชุด โดยผู้ใช้งานจะยืนที่ตำแหน่งที่ห่างจากฐานกล้องอัจฉริยะที่ระยะ 1 ถึง 5 เมตร (ดูภาพที่ 5 ประกอบ) โดยแต่ละชุดของการทดสอบผู้ใช้งานจะเริ่มเดินจากตำแหน่ง P1 ไปจนถึง P5 ด้วยความเร็วประมาณ 1 เมตรต่อ 1 วินาที

4.3.2 การทดสอบความเร็วในการติดตามเป้าหมาย

การทดสอบจะทดสอบที่ระยะห่างที่ไกลที่สุดที่ได้จากการทดลองหัวข้อ 4.3.1 และเดินด้วยความเร็วต่าง ๆ กันจากตำแหน่ง P1 ไปจนถึง P5 รวมระยะทางประมาณ 5 เมตร โดยความเร็วในการเดินจะใช้วิธีจับเวลาเพื่อนำมาคำนวณหาความเร็วในการเดิน

4.3.3 การทดสอบระยะการควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล

การทดสอบระยะการควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลจะทำโดยให้ผู้ใช้งานเดินรอบตัวฐานกล้องอัจฉริยะและกดรีโมทเพื่อควบคุมการสั่งงานใน 4 โซนคือ A, B , C และ D ที่ในระยะ 1-4 เมตรดังแสดงในภาพที่ 7

ภาพที่ 6 ฐานกล้องอัจฉริยะที่ติดตั้งเรียบร้อยแล้วเพื่อการทดสอบ

ภาพที่ 7 ผังการทดสอบการควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล

5. ผลการทดสอบ

5.1 ผลการทดสอบการติดตั้งฐานกล้องอัจฉริยะทั้งในระยะความสูงจากพื้นและระยะห่างกับเป้าหมาย

ผลการทดสอบการติดตั้งฐานกล้องอัจฉริยะทั้งในระยะความสูงจากพื้นและระยะห่างกับเป้าหมายได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการตรวจจับเป้าหมายที่ระยะห่างและความสูงของการติดตั้งฐานกล้องอัจฉริยะ

ระยะห่าง (เมตร)	ความสูงของการติดตั้ง (เซนติเมตร)		
	100	120	150
1	X	X	X
2	/	/	/
3	X	/	/
4	X	X	/
5	X	X	X

หมายเหตุ : เครื่องหมาย / หมายถึงหันกล้องได้ถูกต้อง X หมายถึงหันกล้องได้ไม่ถูกต้อง

จากตารางที่ 2 พบว่า เซนเซอร์จะสามารถตรวจจับผู้ใช้งานหรือทำงานได้ดีเมื่อฐานกล้องอัจฉริยะกับเป้าหมายอยู่ในระยะห่าง 2-4 เมตร และระยะความสูงที่ 150 เซนติเมตร

5.2 ผลการทดสอบความเร็วในการติดตามเป้าหมาย

ผลการทดสอบความเร็วในการติดตามเป้าหมายของฐานกล้องอัจฉริยะได้แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความเร็วในการติดตามเป้าหมาย

ครั้งที่	ระยะเดิน (เมตร)	เวลาที่ใช้ในการเดิน (วินาที)	ความเร็ว (เมตร/วินาที)	เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุเจอในระยะต่าง ๆ		
				เซนเซอร์ S1	เซนเซอร์ S2	เซนเซอร์ S3
1	5	7	0.7	/	/	/
2	5	6	0.8	/	/	/
3	5	5	1	/	/	/
4	5	4	1.25	/	/	X
5	5	3	1.6	X	/	X

หมายเหตุ : เครื่องหมาย / หมายถึงเซนเซอร์ตรวจจับได้ และ X หมายถึงเซนเซอร์ตรวจจับไม่พบ

จากตารางที่ 3 พบว่า ความเร็วสูงสุดของเป้าหมายหรือผู้ใช้งานที่ฐานกล้องอัจฉริยะสามารถตรวจจับได้ทันคือ 1 เมตร/วินาที โดยกล้องสามารถหันหน้ากล้องเพื่อบันทึกวีดิทัศน์ได้โดยมีภาพของผู้ใช้งานอยู่ในเฟรม

5.3 ผลการทดสอบระยะการควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล

ผลการทดสอบระยะการควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรลได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบระยะการควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล

ระยะห่าง (เมตร)	รีโมทคอนโทรลควบคุมการหมุนฐานกล้องอัจฉริยะในระยะต่าง ๆ			
	โซน A	โซน B	โซน C	โซน D
1	/	/	/	/
2	/	/	/	/
3	/	/	/	/
4	X	/	/	X

หมายเหตุ : เครื่องหมาย / หมายถึงสั่งงานได้ และ X หมายถึงสั่งงานไม่ได้

จากตารางที่ 4 พบว่า รีโมทคอนโทรลสามารถควบคุมให้ฐานกล้องอัจฉริยะหันไปยังตำแหน่งที่ตั้งไว้ล่วงหน้าได้ดีในระยะ 1-3 เมตร

6. สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบเพื่อหาคุณสมบัติของฐานกล้องอัจฉริยะ พบว่า ฐานกล้องอัจฉริยะสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ ฐานกล้องอัจฉริยะสามารถทำงานได้สองโหมดการทำงาน คือ การทำงานแบบอัตโนมัติ และการทำงานแบบควบคุมโดยผู้ใช้งาน โดยมีคุณสมบัติดังนี้

1. ควรติดตั้งให้ฐานกล้องอัจฉริยะกับผู้ใช้งานอยู่ห่างกันในช่วง 2-4 เมตร
2. ควรติดตั้งฐานกล้องอัจฉริยะให้อยู่ในระดับความสูง 150 เซนติเมตร
3. ความเร็วสูงสุดของการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งานคือ 1 เมตร/วินาที
4. การสั่งงานฐานกล้องอัจฉริยะด้วยรีโมทคอนโทรลสามารถทำงานได้ในระยะไม่เกิน 3 เมตร

7. ข้อเสนอแนะ

1. เพิ่มความละเอียดในการปรับมุมของฐานกล้องอัจฉริยะ
2. ลดขนาดของฐานกล้องอัจฉริยะให้เล็กลงเพื่อสะดวกในการพกพา

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีคณะผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้ คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

9. เอกสารอ้างอิง

จิตราภรณ์ ชั่งกริส. (2559). **การพัฒนาสื่อวีดิทัศน์เพื่อการเรียนรู้ตามแนวคิด Flipped Classroom เรื่องการตรวจร่างกาย รายวิชาการประเมินภาวะสุขภาพ.** ปริญญานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ชนินทร์ ตั้งพานทอง. (2560). **ปัจจัยที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออนไลน์เพื่อเสริมการเรียนการสอน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปิญญ์สลิชา เจริญพูล. (2561). **รูปแบบและวิธีการถ่ายทดสดผ่านเฟสบุ๊ค ของร้านขายสินค้าแฟชั่นออนไลน์.** วิทยานิพนธ์ปริญญานิเทศศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิเทศศาสตร์ คณะนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

พิชญา เพิ่มไทย และอนุรักษ์ อาทิตย์กวิน. (2557). การสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยใช้วีดีทัศน์ประกอบการสอน รายวิชาการจัดการผลิตภัณฑ์ชุมชนสำหรับตลาดต่างประเทศ. **วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง,** 2 (2), 97-104.

วิจารณ์ พานิช. (2556). **ครูเพื่อศิษย์ สร้างห้องเรียนกลับทาง.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). นนทบุรี: บริษัท เอส.อาร์.พริ้นติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด.

สุทัศน์ ชำนาญดู. (2560). ขั้นตอนการทำ VTR เพื่อใช้ในการโปรโมทรายการต่าง ๆ ของบริษัท ไฮสตาร์ ชาแนล จำกัด. ค้นเมื่อ 27 พฤษภาคม 2563 จาก https://e-research.siam.edu/wp-content/uploads/2019/06/Commu-Arts-Advertising-2017-coop-The-process-of-VTR-to-promote-the-programs-produced-by-High-Star-Channel-Company-Ltd-compressed.pdf

สำนักการศึกษาและนวัตกรรมการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2563). **การใช้งานโปรแกรมสำหรับการจัดการเรียนการสอนออนไลน์.** ค้นเมื่อ 28 พฤษภาคม 2563 จาก http://hsmi.psu.ac.th/wp-content/uploads/2020/03/Zoom_Manual_psu.pdf

อุมาพร แก้วทา. (2558). **การพัฒนาบทเรียนผ่านสมาร์ทโฟนตามแนวคิดองค์กรแห่งการเรียนรู้ เรื่องการพัฒนาเว็บไซต์สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6.** วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

Breslow, L., Pritchard, D., DeBoer, J., Stump, G., Ho, A., & Seaton, D. (2013). **Studying Learning in the Worldwide Classroom Research into edX's First MOOC.** Retrieved May 27, 2020, from https://doi.org/10.1007/BF01173772.

Cuaca, D., Dhaniar A. & Udiana, P. (2017) **Basic Japanese Grammar and Conversation e-learning through Skype and Zoom Online Application.** Retrieved May 28, 2020, from www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050917321038.