สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

“ชงโค” หุ่นยนต์ตักบาตรตัวแรกของโลก

“Chongco”: The World First Giving-Alms-to-the-Monk Robot

นายปิติเขต สู้รักษา
นายณัฐพล ผลเจริญพงศ์

RoH
J 6158
2555

เลขหมู่ 140747
เลขทะเบียน
รับเดือน ปี 24 ก.พ. 2559

b 12748973
i

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ฯ ประจำปีงบประมาณ 2555
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ “ซงโค”หุ่นยนต์ตักบาตรตัวแรกของโลก
แหล่งเงิน เงินรายได้สถาบัน
ประจำปีงบประมาณ ๒,๕๕๕ จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน ๒๐๐,๐๐๐ บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย ๑ ปี ตั้งแต่ ๓๑ สิงหาคม ๒๕๕๔ ถึง ๓๐ กันยายน ๒๕๕๕
หัวหน้าโครงการ

1. นายปิติเขต สู้รักษา (หัวหน้าโครงการ) สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.
2. นายณัฐพล ผลเจริญพงศ์ (ผู้ร่วมโครงการ) สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

บทคัดย่อ

โครงการนี้สร้างสื่อสำหรับประชาสัมพันธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ ในด้านการส่งเสริมคุณธรรมและจริยธรรม ให้นักศึกษาในคณะ หรือประชาชนทั่วไป สนใจทำความดีกับพุทธศาสนาด้วยการตักบาตร และสื่อให้โลกเห็นว่าเทคโนโลยีที่ทันสมัยสามารถควบคู่ไปกับจิตใจที่ดีงามได้ โดยสื่อในรูปของหุ่นยนต์รูปร่างเหมือนมนุษย์ สูง ๒.๕ เมตร มีแขนกลสำหรับหยิบจับสิ่งของเพื่อวางในตำแหน่งที่กำหนด และหุ่นยนต์สามารถถ่ายทอดวิดีโอออกสู่เครือข่ายอินเตอร์เน็ต ตามเวลาจริง โดยวัดผลการสร้างหุ่นยนต์จากการทำแบบสอบถาม การสัมภาษณ์เชิงลึก และติดตามการนำเสนอของสื่อต่างๆ ผลที่ได้คือหุ่นยนต์สามารถช่วยประชาสัมพันธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ได้เป็นอย่างดี ประชาชนและสื่อต่างๆทั้งในประเทศและต่างประเทศให้ความสนใจในตัวหุ่นยนต์ดังปรากฏในเวบไซต์ทั่วโลก

คำสำคัญ : หุ่นยนต์ ตักบาตร พุทธศาสนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: "Chongco": The World First Giving-Alms-to-the-Monk Robot
Researcher: Pitikhate Sooraksa (Team Leader) and Nuttapon Poncharernpong
Faculty: Engineering **Department:** Computer Engineering

ABSTRACT

This project establishes an advertising media for Faculty of Engineering aiming to promote virtue and etiquette of students as long as others. In this project a 2.5 m tall robot having two arms were built to assist people for offering aim to the monks. The robot can also broadcast real-time events to the Internet. Social evaluation via in-depth interview, questionnaire, and multi-channel TV broadcasting show that the project has been successfully implemented and highly recognition as appeared on web sites around the world.

Keywords: robot, aim-offering-to-the-monk, Buddhism

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะกรรมการคัดเลือกการให้ทุนของคณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่านที่มีฉันทานุมัติให้ทุนอุดหนุนวิจัยนี้ ขอบคุณนักศึกษาจากภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ และสมาชิกชุมนุมโรบอทคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ได้ร่วมแรงร่วมใจกันสร้างงานชิ้นนี้ให้สมบูรณ์ขึ้นมา ขอบคุณเพื่อนอาจารย์ที่คอยให้กำลังใจตลอดการทำงาน ในเวลาที่เจอปัญหาและอุปสรรค์ ขอขอบคุณกลุ่มผู้นำบุญเขตประเวศที่ให้ทุนอุดหนุนวิจัยเพิ่มเติมจากทุนวิจัยหลักซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนรายได้ฯ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒,๕๕๕

นายปิติเขต สู้รักษา
นายณัฐพล ผลเจริญพงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... จ
สารบัญภาพ ..... ฉ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
1.3 ที่มาขอบเขตของงานวิจัย 2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
2.1 แบบจำลองทางจลน์ศาสตร์ 5
2.3 จลน์ศาสตร์ผันกลับ 7
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 10
3.1 หุ่นยนต์และความสามารถ 10
3.2 การเก็บข้อมูล 12
บทที่ 4 ผลการวิจัย 15
4.1 ผลสำรวจความคิดเห็น 15
4.2 ผลการสัมภาษณ์ 16
4.3 ผลการสังเกตพฤติกรรม 16
4.4 ผลการติดตามสื่อต่างๆที่นำเสนอหุ่นยนต์ 18
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย 25
5.1 สรุปผลการวิจัย 25
5.2 ข้อเสนอแนะ 25
บรรณานุกรม 26
ประวัตินักวิจัย 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 แบบสอบถามความพึงพอใจของหุ่นยนต์ชงโค 13
3.2 เกณฑ์ในการวัดพฤติกรรมของคนที่สนใจ 14
4.1 ผลการสำรวจความคิดเห็นที่มีต่อหุ่นยนต์ชงโค ของกลุ่มประชากรต่างจังหวัด 15
4.2 ผลการสำรวจความคิดเห็นที่มีต่อหุ่นยนต์ชงโค ของกลุ่มประชากรในเมือง 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1.1 แผนภูมิของการดำเนินกางานวิจัย 2
2.1 รูปแบบของแขนกลที่เลียนแบบมาจากอวัยวะของมนุษย์ 3
2.2 ตัวอย่างแขนกลที่ใช้กลไกของส่วนต่อโยง 5 ชิ้น 4
2.3 แขนกลที่ใช้กลไกของส่วนต่อต่อโยง 5 ชิ้น 5
2.4 สองคำตอบที่เป็นไปได้ของปัญหาจลศาสตร์ผันกลับ 7
3.1 หุ่นยนต์ผู้ช่วยตักบาตร “ชงโค” 10
3.2 หน้าที่ของหุ่นยนต์ 11
3.3 การควบคุมหุ่นยนต์ 11
3.4 เวปไซต์ที่เผยแผ่ภาพจากกล้องของหุ่นยนต์ 12
3.5 การสัมภาษณ์เชิงลึก 14
4.1 ผลการสังเกตพฤติกรรมของกลุ่มประชากรในเมือง 17
4.2 ผลการสังเกตพฤติกรรมของกลุ่มประชากรในต่างจังหวัด 17
4.3 การนำเสนอข่าวของหนังสือพิมพ์ไทยรัฐออนไลน์ 18
4.4 การนำเสนอข่าวของหนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจออนไลน์ 19
4.5 สื่อข่าวโทรทัศน์ช่อง 9 นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโค 20
4.6 สื่อข่าวโทรทัศน์ช่อง 3 นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโค 20
4.7 สื่อข่าวโทรทัศน์ช่อง 7 นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโค 21
4.8 สื่อข่าวโทรทัศน์ช่อง NBT นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโค 21
4.9 สื่อโทรทัศน์ช่อง spring news นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโค 22
4.10 สื่อโทรทัศน์ช่อง 3 นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโคในรูปแบบรายการโทรทัศน์ 22
4.11 สื่อโทรทัศน์ช่อง DMC นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโคในรูปแบบรายการโทรทัศน์ 23
4.12 สื่ออินเตอร์เน็ตต่างประเทศที่นำเสนอข่าวเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโค 23
4.13 สื่อหนังสือพิมพ์ต่างประเทศที่นำเสนอข่าวเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโค 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันเทคโนโลยีต่างๆ ได้เข้ามาเกี่ยวข้องและมีบทบาทต่อการดำรงชีวิตกับมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เพื่ออำนวยความสะดวก ในด้านต่างๆ ทำให้ชีวิตคนเรารวมถึงสังคมต้องสัมพันธ์กับเทคโนโลยี ทำให้สถานการณ์สังคมเมืองในปัจจุบันต้องมีสภาวะที่แปรเปลี่ยนไป สังคมโลกเปลี่ยนจากสังคมเกษตรอุตสาหกรรม มาเป็นสังคมแห่งข้อมูลสารสนเทศ ทำให้คนทั่วโลกติดต่อกันได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น เทคโนโลยีกลายเป็นปัจจัยที่สำคัญที่ไม่สามารถปฏิเสธได้

เทคโนโลยี กับ ศาสนา เป็นเรื่องที่หลายคนมองว่าสองสิ่งนี้มีความต่างและห่างไกลเกินจะมาสอดรับกันได้ กล่าวคือไม่สามารถรวมกันได้เพราะเทคโนโลยีเป็นเรื่องวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ มีตรรกะในตัวเอง ส่วนศาสนาเป็นเรื่องของความเชื่อ ความศรัทธา มีตั้งแต่พุทธกาล ซึ่งไม่สามารถพิสูจน์ได้ทางวิทยาศาสตร์และศาสนายังคงอยู่อย่างยั่งยืนนับจวบจนปัจจุบัน จากที่กล่าวมา คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการศึกษาเพื่อสำรวจปรากฏการณ์ทางสังคมเมื่อมีการนำเทคโนโลยีมาใช้ร่วมกับศาสนาโดยศึกษาผ่านสื่อประชาสัมพันธ์โดยการใช้อรรถประโยชน์ของหุ่นยนต์กับพุทธศาสนาเป็นครั้งแรกของโลก

อนึ่ง ในประเทศไทยประชากรส่วนใหญ่นั้นนับถือศาสนาพุทธ จากสำมะโนประชากรและเคหะ พ.ศ. 2543 โดยสำนักงานสถิติแห่งชาติ ประชากรในประเทศไทยนับถือศาสนา 99.37% โดยแบ่งออกเป็นศาสนาพุทธ 93.83% ศาสนาอิสลาม 4.56% ศาสนาคริสต์ 0.80% ศาสนาฮินดู 0.086% ลัทธิขงจื๊อ 0.011% และอื่นๆ 0.079% และมีประชากรที่ไม่นับถือศาสนาและไม่ทราบศาสนา 0.27% และ 0.36% ตามลำดับ

ศาสนาพุทธมีการสอนให้พุทธศาสนิกชน รู้จักการให้ การลดความโลภที่อยู่ในจิตใจ ในรูปของการทำบุญทำทาน รู้จักการเสียสละซึ่งคำสั่งสอนของพระสัมมาสัมพุทธเจ้าเหล่าพุทธศาสนิกชนได้โน้มนำมาปฏิบัติและแสดงออกอยู่ในกิจกรรมหนึ่งนั้นคือ การทำบุญโดยการตักบาตร ซึ่งวัฒนธรรมอันดีงามที่สืบต่อกันมาจากบรรพบุรุษของไทยคือ ในทุกๆเช้าชาวพุทธจะออกมารอพระสงฆ์เพื่อนำอาหารคาวหวานและของใช้ที่ตนเองเตรียมมา ถวายให้กับพระสงฆ์ ดังนั้นคณะผู้วิจัย มีความสนใจต่อการศึกษาผลกระทบต่อสังคมเมื่อสร้างหุ่นยนต์มาเป็นผู้ช่วยตักบาตร ในการศึกษาครั้งนี้จะสร้างหุ่นยนต์ขึ้นมาเพื่อทำกิจกรรมตักบาตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อประชาสัมพันธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์

1.2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบทางสังคมเมื่อใช้หุ่นยนต์ตักบาตร

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

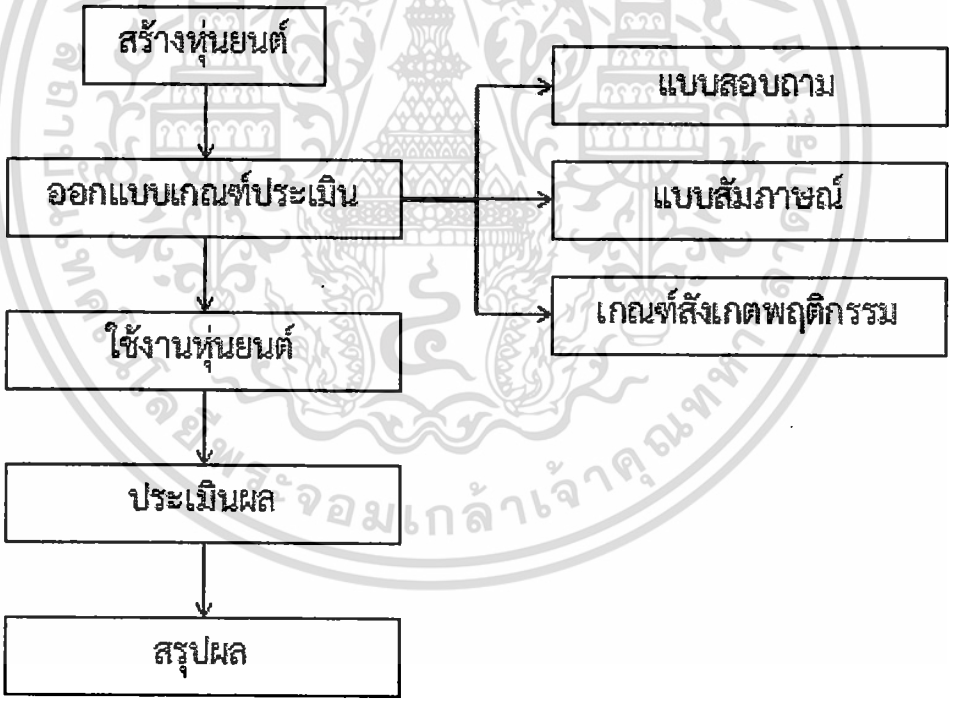
1.3.1 สร้างหุ่นยนต์ตักบาตรที่ทำหน้าที่ตักบาตรร่วมกับคน

1.3.2 ใช้งานหุ่นยนต์ตักบาตรในงานตักบาตรที่จัดขึ้นโดยสถาบัน

1.3.3 ประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นทางสังคม

1.4 วิธีดำเนินการวิจัย

ในภาพที่ 1.1 แสดงขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย โดยเริ่มจากการการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์ตักบาตรสำหรับใช้งานจริง หลังจากนั้นเป็นการออกแบบเกณฑ์ประเมินผลสำหรับวัดผลที่เกิดขึ้น โดยแยกเครื่องมือสำหรับวัดผลเป็น 3 รูปแบบคือ แบบสอบถามความคิดเห็น แบบสัมภาษณ์ และเกณฑ์ในการสังเกตพฤติกรรม เพื่อใช้เครื่องมือดังกล่าวในการวัดผลที่เกิดขึ้นกับสังคม และสรุปผลที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 1.1 แผนภูมิของการดำเนินกางานวิจัย

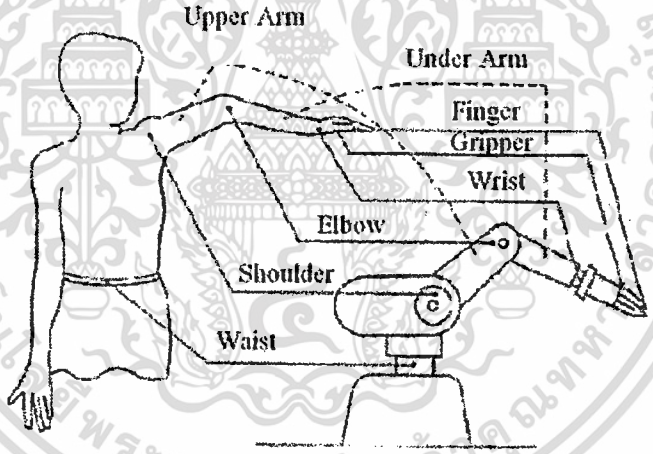
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ส่วนประกอบของหุ่นยนต์ตักบาตรที่ถือว่ามีความสำคัญที่สุดคือส่วนแขนกล เพราะเป็นหน้าที่หลักในการหยิบจับสิ่งของเพื่อช่วยคนในการตักบาตร ดังนั้นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในหัวข้อนี้จะมุ่งเน้นไปที่การออกแบบแขนกลเป็นหลัก

ในอุตสาหกรรมการผลิต แขนกลได้เข้ามามีบทบาทมากขึ้น ตามการแข่งขันของธุรกิจและความต้องการทางการตลาดที่เพิ่มมากขึ้น ภาคอุตสาหกรรมต้องการประสิทธิภาพในการผลิตที่รวดเร็ว แม่นยำ ในทางกลับกัน ก็ต้องการลดต้นทุนการผลิตให้มากที่สุดด้วย ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาความสามารถ รูปแบบหรือประสิทธิภาพ การทำงานของหุ่นยนต์ ได้มีมาอย่างต่อเนื่อง จนทำให้มีหุ่นยนต์มีรูปแบบที่เปลี่ยนไปตลอดช่วงเวลาของการพัฒนา หุ่นยนต์มีประสิทธิภาพมากขึ้น มีน้ำหนักหรือขนาดลดลง และมีความแม่นยำมากขึ้น หากกล่าวถึงแขนกลหุ่นยนต์ในยุคแรกๆแล้ว รูปแบบพื้นฐานของแขนกลหุ่นยนต์ คล้ายกับแขนของมนุษย์ คือการออกแบบได้อ้างอิงมาจากอวัยวะส่วนต่างๆของมนุษย์ เช่น ไหล ข้อศอก ข้อมือ หรือนิ้วมือดังแสดงในภาพที่ 1.1



ภาพที่ 2.1 รูปแบบของแขนกลที่เลียนแบบมาจากอวัยวะของมนุษย์

แขนกลหุ่นยนต์ที่ออกแบบตามอวัยวะของมนุษย์ ถูกใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตประเภทต่างๆอย่างแพร่หลาย เพราะมีความยืดหยุ่นสูงคือสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานได้หลากหลายรูปแบบ แขนกลหุ่นยนต์ประเภทนี้ มีน้ำหนักมากเพราะในแต่ละข้อต่อของแขนกลต้องมีการติดตั้งตัวขับเร้าเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนข้อต่อถัดไป ทำให้ต้องใช้พลังงานในการขับเคลื่อนมาก

มีนักวิจัยหลายท่านได้พัฒนาแขนกลรูปแบบต่างๆ ที่ใช้กลไกของส่วนต่อโยง (Linkage mechanism) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของแขนกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hongnian Yu ได้แสดงวิธีการหา แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และวิธีควบคุมการเคลื่อนที่ สำหรับแขนกลที่ใช้ที่ใช้กลไกของส่วนต่อโยงห้าชิ้น (Five-bar-linkage mechanism) โดยการการควบคุมใช้วิธี computed torque และ sliding mode control

Hongen Liao, Kazuhisa Yoshimura, Tomoki Utsugida, Kiyoshi Matsumiya, Ken Masamune และ Takeyoshi Dohi ได้ร่วมกันวิจัยและออกแบบ แขนกลที่ใช้สำหรับการผ่าตัด โดยใช้กลไกของส่วนต่อโยงห้าชิ้น จำนวน 2 ชุด และมีการทำส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้ (User interface) โดยการออกแบบมุ่งเน้นไปที่ความปลอดภัย และความสะอาด เพื่อทำให้สามารถประยุกต์ใช้กับผู้ป่วยได้

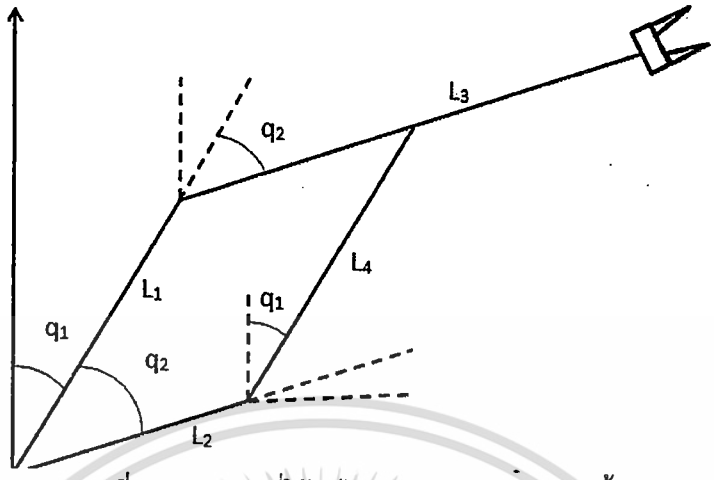
F. X. Wu, W. J. Zhang, Q. Li, P. R. Ouyang, และ Z. X. Zhou แสดงวิธีการควบคุมการควบคุมแขนกล ด้วยปัญหาการติดตามแนววิถี (Trajectory Tracking) บนระนาบ และมีจำนวนองศาอิสระ (Degree of Freedom) เท่ากับ 2

แขนกลแบบผสมอย่างที่กล่าวมามีข้อดีคือ มีน้ำหนักน้อยกว่าแขนกลในข้อ 1.2 เพราะตัวขับเร้า (Actuator) ที่เป็นมอเตอร์ ทั้งหมดของระบบอยู่รวมกันที่จุดฐานของแขนกล แล้วใช้การส่งแรงผ่านทางข้อต่อ (Joint) และส่วนต่อโยง (Linkage) ในการควบคุมตำแหน่งของการเคลื่อนที่ ทำให้ไม่สิ้นเปลืองพลังงานที่ต้องป้อนให้กับมอเตอร์ของแขนกลมากเกินความจำเป็น อีกทั้งยังทำให้ปลายสุดของแขนกลเคลื่อนที่ได้รวดเร็วกว่าแบบเดิม ตัวอย่างของแขนกลแบบผสมแสดงในภาพที่ 1.2

ภาพที่ 2.2 ตัวอย่างแขนกลที่ใช้กลไกของส่วนต่อโยง 5 ชิ้น

การคำนวณหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแขนกลที่ใช้ในงานวิจัย ซึ่งใช้กลไกของส่วนต่อต่อโยง 5 ชิ้น ตามภาพที่ 2.3 โดยรูปแบบของกลไกนี้ มีตัวขับเร้าที่เป็นมอเตอร์กระแสตรงอยู่ที่ฐาน ส่งแรงไปยังส่วนต่อโยงต่างๆ เพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3 แขนกลที่ใช้กลไกของส่วนต่อต่อโยง 5 ชิ้น

จากรูปแขนกลที่ใช้กลไกของส่วนต่อโยง 5 ชิ้น กำหนดให้

q_i คือ มุมของมอเตอร์ที่กระทำกับส่วนต่อโยง โดยที่ $i = 1,2$

L_i คือ ความยาวของแต่ละส่วนต่อโยง โดยที่ $i = 1,2,3,4$

L_{ci} คือ ระยะจากจุดปลายจนถึงจุดศูนย์กลางมวลของส่วนต่อโยงแต่ละชิ้น โดยที่ $i = 1,2,3,4$

วงปิดที่เกิดขึ้นในกลไกเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน โดยที่ $L_1 = L_4$ ด้วยคุณสมบัติต่างๆของสี่เหลี่ยมด้านขนาน ทำให้สามารถอ้างอิงมุมของข้อต่อต่างได้ตามรูปที่ 2.1

2.1 แบบจำลองทางจลน์ศาสตร์ (Kinematics Models)

เป็นหาตำแหน่งที่เป็นพิกัดตามแนวแกนในระนาบ 2 มิติ เมื่อรู้มุมของตัวขับเร้าที่เป็นมอเตอร์ โดยสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของ

$$\begin{bmatrix} x_E \\ y_E \end{bmatrix} = \varphi(q_1, q_2) \tag{2.1}$$

โดยที่ $\varphi : R^2 \rightarrow R^2$

x_E คือ ระยะที่ปลายสุดของแขนกล ตามแนวแกน x

y_E คือ ระยะที่ปลายสุดของแขนกล ตามแนวแกน y

สมการแสดงตำแหนงที่ปลายสุดของแขนกลคือ

$$x_E = L_1 S_1 + L_3 S_{1+2} \tag{2.2}$$

$$y_E = L_1 C_1 + L_3 C_{1+2} \tag{2.3}$$

โดยที่ $S_i = \sin(q_i)$

$C_i = \cos(q_i)$

$i = 1,2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการ (2.1) และ สมการ (2.2) นำมาหาอนุพันธ์เทียบกับเวลา เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ปลายสุดของแขนกล กับ ความเร็วเชิงมุมที่ตัวขับเร้าทั้ง 2 ตัวกระทำกับกลไกของแขนกล

$$\dot{x}_E = (L_1C_1 + L_3C_{1+2})\dot{q}_1 + L_3C_{1+2}\dot{q}_2 \tag{2.4}$$

$$\dot{y}_E = (-L_1S_1 - L_3S_{1+2})\dot{q}_1 - L_3S_{1+2}\dot{q}_2 \tag{2.5}$$

เขียนสมการ (2.4) และ สมการ (2.5) ให้อยู่ในรูปเมทริก (Matrix) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของความเร็วที่จุดปลายสุดของแขนกล

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_E \\ \dot{y}_E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1C_1 + L_3C_{1+2} & L_3C_{1+2} \\ -L_1S_1 - L_3S_{1+2} & -L_3S_{1+2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{bmatrix} \tag{2.6}$$

หรือ เขียนสมการ (2.6) เป็น

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_E \\ \dot{y}_E \end{bmatrix} = J(q) \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{bmatrix} \tag{2.7}$$

โดยที่ $J(q) = \begin{bmatrix} L_1C_1 + L_3C_{1+2} & L_3C_{1+2} \\ -L_1S_1 - L_3S_{1+2} & -L_3S_{1+2} \end{bmatrix}$

$J(q)$นั้นเรียกว่า จาโคเบียนเมทริก (Jacobean Matrix) หรือ จาโคเบียน (Jacobean) ของแขนกล จากสมการ (2.7) เมื่อหาอนุพันธ์เทียบกับเวลาอีกครั้ง ทำให้ได้ความสัมพันธ์ในรูปของความเร่งที่ตำแหน่งปลายสุดของแขนกล

$$\begin{bmatrix} \ddot{x}_E \\ \ddot{y}_E \end{bmatrix} = \left[\frac{d}{dt}J(q)\right] \begin{bmatrix} \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \end{bmatrix} + J(q) \begin{bmatrix} \ddot{q}_1 \\ \ddot{q}_2 \end{bmatrix} \tag{2.8}$$

โดยที่ $\frac{d}{dt}J(q) = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial \varphi(q)}{\partial q_i}\dot{q}_i$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 จลน์ศาสตร์ผันกลับ (Inverse Kinematic)

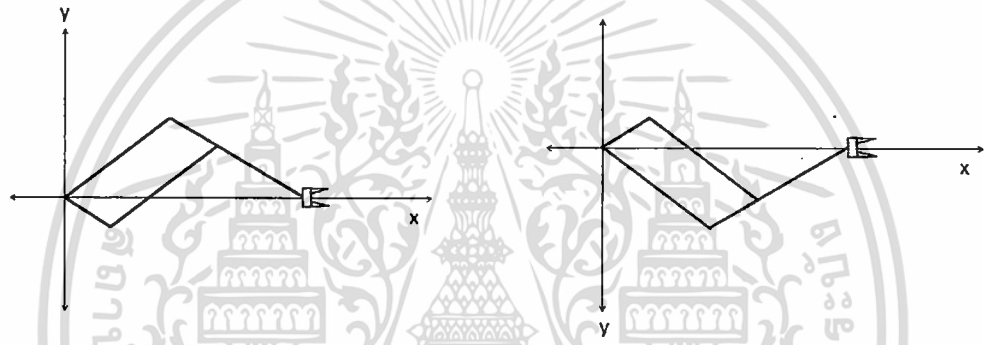
ในหัวข้อที่แล้วเป็นการกล่าวถึงการหาตำแหน่งที่ส่วนปลายสุดของแขนกล เมื่อตัวขับเร้าเคลื่อนที่ด้วยมุมต่าง แต่ในหัวข้อนี้เป็นการหามุมที่ตัวขับเร้าจะต้องเคลื่อนที่ไป เมื่อมีพิกัดของปลายสุดของแขนกล จึงเรียกว่าจลน์ศาสตร์ผันกลับ ในการคำนวณหาสมการเกี่ยวกับจลน์ศาสตร์ผันกลับนั้น สมการจะอยู่ในรูปของ

$$\begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \end{bmatrix} = \varphi^{-1}(x_E, y_E) \tag{2.9}$$

โดยที่ $\varphi^{-1} : \Theta \to R^2$

และ $\Theta \subseteq R^2$

แต่ทุกปัญหาในการหาค่ามุมที่มอเตอร์ต้องกระทำ เพื่อให้ปลายสุดของแขนกลเคลื่อนที่ไปยังที่กำหนด มีคำตอบที่ได้ 2 คำตอบดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 สองคำตอบที่เป็นไปได้ของปัญหาจลน์ศาสตร์ผันกลับ

สามารถเริ่มต้นหาสมการจลน์ศาสตร์ผันกลับได้จากการยกกำลังสองทั้งสองข้างของสมการ (2.2) และสมการ (2.3) ตามลำดับ

$$x_E^2 = L_1^2 S_1^2 + L_3^2 S_{1+2}^2 + 2L_1 L_3 S_1 S_{1+2} \tag{2.10}$$

$$y_E^2 = L_1^2 C_1^2 + L_3^2 C_{1+2}^2 + 2L_1 L_3 C_1 C_{1+2} \tag{2.11}$$

บวกสมการ (2.10) กับ สมการ (2.11) เข้าด้วยกัน จึงได้ว่า

$$x_E^2 + y_E^2 = L_1^2 + L_3^2 + 2L_1 L_3 C_2$$

$$C_2 = \frac{x_E^2 + y_E^2 - L_1^2 - L_3^2}{2L_1 L_3} \tag{2.12}$$

จากเอกลักษณ์ตรีโกณมิติ

$$S_2^2 + C_2^2 = 1$$

$$S_2 = \pm\sqrt{1 - C_2^2} \tag{2.13}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น เมื่อแทนค่าสมการ (2.12) ลงใน สมการ (2.13) จึงได้ว่า

$$S_2 = \pm\sqrt{1-\left(\frac{x_E^2+y_E^2-L_1^2-L_3^2}{2L_1L_3}\right)^2} \tag{2.14}$$

สุดท้ายได้ 2 คำตอบที่เป็นไปได้ของ q_2 ดังนี้

$$q_2 = ATAN2\left(\pm\sqrt{1-\left(\frac{x_E^2+y_E^2-L_1^2-L_3^2}{2L_1L_3}\right)^2}, \frac{x_E^2+y_E^2-L_1^2-L_3^2}{2L_1L_3}\right) \tag{2.15}$$

จากเอกลักษณ์ตรีโกณมิติ $C_{1+2} = C_1C_2 - S_1S_2$ และ $S_{1+2} = S_1C_2 + S_2C_1$ ทำให้เขียนสมการ (2.2) และสมการ (2.3) ตามลำดับ ได้เป็น

$$x_E = L_1S_1 + L_3S_1C_2 + L_3S_2C_1 \tag{2.16}$$

$$y_E = L_1C_1 + L_3C_1C_2 - L_3S_1S_2 \tag{2.17}$$

คูณสมการ (2.16) ด้วย C_1 และคูณสมการ (2.17) ด้วย S_1

$$x_EC_1 = L_1S_1C_1 + L_3S_1C_1C_2 + L_3S_2C_1^2 \tag{2.18}$$

$$y_ES_1 = L_1S_1C_1 + L_3S_1C_1C_2 - L_3S_1^2S_2 \tag{2.19}$$

ลบ สมการ (2.18) ด้วยสมการ (2.19)

$$x_EC_1 - y_ES_1 = L_3S_2 \tag{2.20}$$

คูณสมการ (2.16) ด้วย S_1 และคูณสมการ (2.17) ด้วย C_1

$$x_ES_1 = L_1S_1^2 + L_3S_1^2C_2 + L_3S_1S_2C_1 \tag{2.21}$$

$$y_EC_1 = L_1C_1^2 + L_3C_1^2C_2 - L_3S_1S_2C_1 \tag{2.22}$$

บวก สมการ (2.21) ด้วยสมการ (2.22)

$$x_ES_1 + y_EC_1 = L_1 + L_3C_2 \tag{2.23}$$

คูณสมการ (2.20) ด้วย y_E และคูณสมการ (2.23) ด้วย x_E

$$x_Ey_EC_1 - y_E^2S_1 = y_EL_3S_2 \tag{2.24}$$

$$x_E^2S_1 + x_Ey_EC_1 = x_E(L_1 + L_3C_2) \tag{2.25}$$

ลบ สมการ (2.25) ด้วยสมการ (2.24)

$$x_E^2S_1 + y_E^2S_1 = x_E(L_1 + L_3C_2) - y_EL_3S_2$$

$$S_1 = \frac{x_E(L_1 + L_3C_2) - y_EL_3S_2}{x_E^2 + y_E^2} \tag{2.26}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทำนองเดียวกันกับสมการ (2.14)

$$C_1 = \pm\sqrt{1-\left(\frac{x_E(L_1+L_3C_2)-y_EL_3S_2}{x_E^2+y_E^2}\right)^2} \tag{2.27}$$

สุดท้ายได้ 2 คำตอบที่เป็นไปได้ของ q_1 ดังนี้

$$q_1 = ATAN2\left(\frac{x_E(L_1+L_3C_2)-y_EL_3S_2}{x_E^2+y_E^2},\pm\sqrt{1-\left(\frac{x_E(L_1+L_3C_2)-y_EL_3S_2}{x_E^2+y_E^2}\right)^2}\right) \tag{2.28}$$

เขียนสมการสำหรับหามุมของมอเตอร์ เมื่อรู้ตำแหน่งที่ปลายสุดของแขนกลที่ต้องการ ได้เป็น

$$\begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \end{bmatrix} = \varphi^{-1}(x_d, y_d) \tag{2.29}$$

โดยที่

x_d คือ ระยะปลายสุดของแขนกลที่ต้องการ ตามแนวแกน x

y_d คือ ระยะปลายสุดของแขนกลที่ต้องการ ตามแนวแกน y

$$q_1 = ATAN2\left(\frac{x(L_1+L_3C_2)-yL_3S_2}{x^2+y^2},\pm\sqrt{1-\left(\frac{x(L_1+L_3C_2)-yL_3S_2}{x^2+y^2}\right)^2}\right)$$

$$q_2 = ATAN2\left(\pm\sqrt{1-\left(\frac{x^2+y^2-L_1^2-L_3^2}{2L_1L_3}\right)^2},\frac{x^2+y^2-L_1^2-L_3^2}{2L_1L_3}\right)$$

สมการจลน์ศาสตร์ผันกลับมีประโยชน์สำหรับการประยุกต์ใช้ตัวควบคุมต่างๆเพื่อควบคุมให้แขนกลเคลื่อนที่ได้ตามต้องการ ดังจะใช้งานต่อไปในการเขียนโปรแกรมเพื่อการควบคุมตำแหน่งและการเรียงตัวของแขนกลได้ถูกต้องและแม่นยำ

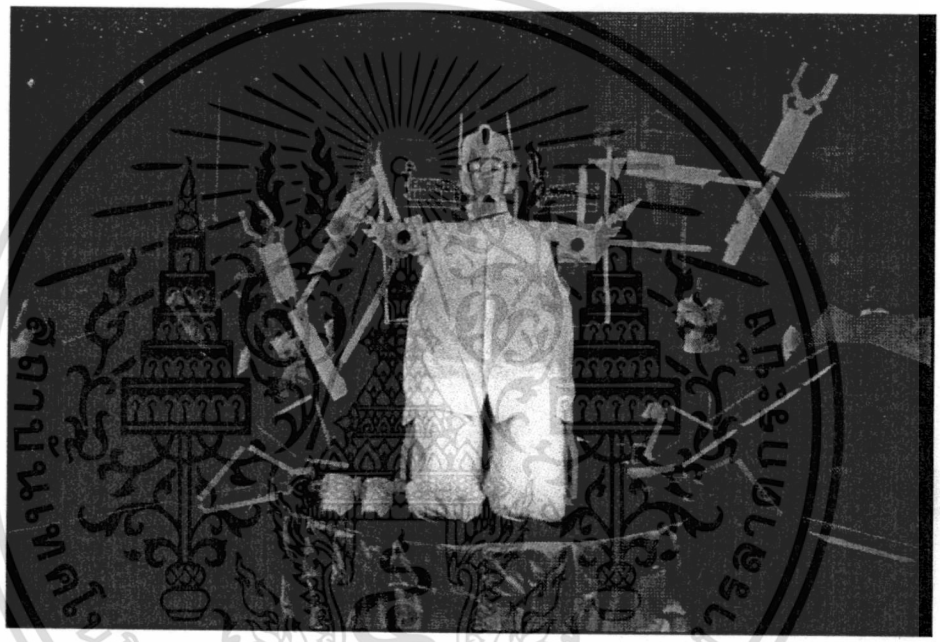
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 หุ่นยนต์และความสามารถ

ในบทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงวิธีการคำนวณในการหาความสัมพันธ์ต่างๆในการเคลื่อนที่ของแขนกล เมื่อใช้สมการต่างในบทที่ของอ้างอิงทำให้สามารถสร้างหุ่นยนต์ที่มีแขนกลที่ใช้กลไกของส่วนต่อโยง 5 ชิ้น จำนวน 2 ชุด มาเป็นแขนของหุ่นยนต์ตักบาตรดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 หุ่นยนต์ผู้ช่วยตักบาตร “ชงโค”

หุ่นยนต์ที่สร้างมีชื่อว่า “ชงโค” เป็นหุ่นยนต์ที่มีลักษณะรูปลักษณ์ภายนอก อยู่ในรูปร่างของบาตรพระตามหลักในศาสนาพุทธ มีขนาดทางกายภาพ ดังนี้ มีขนาดความกว้าง 2 เมตร ความยาว 2 เมตร และความสูง 2.5 เมตร ภายในบาตรมีหุ่นยนต์รูปร่างเหมือนคนอยู่ โดยหุ่นยนต์ที่อยู่ภายในได้สะท้อนภาพของวัฒนธรรมท้องถิ่นออกมาดังนี้

- หุ่นยนต์ใส่เสื้อและกางเกงสีขาว เหมือนกับพุทธศาสนิกชนที่มาร่วมงาน
- ท่านั่งของหุ่นยนต์เป็นท่าคุกเข่าซึ่งเป็นท่านั่งตามวัฒนธรรมท้องถิ่น
- หุ่นยนต์ถอดรองเท้าเหมือนกับที่พุทธศาสนิกชนที่มาร่วมงาน

หน้าที่หลัก ของหุ่นยนต์ตัวนี้เป็นหุ่นยนต์ที่ช่วยพุทธศาสนิกชนในการตักบาตร พระสงฆ์ในพุทธศาสนาตามภาพที่ 3.2 และเป็นหุ่นยนต์ที่ทำหน้าที่เป็นสื่อประชาสัมพันธ์ให้กับพระพุทธศาสนา และมีหน้าที่แฝง คือสร้างขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อศึกษาผลกระทบ ของการใช้หุ่นยนต์ ร่วมกับ ศาสนาและวัฒนธรรมท้องถิ่นทั้งในด้านของความคิดเห็นของคนในสังคม และความคิดเห็นของอาสาสมัครที่มาร่วมมือสร้างหุ่นยนต์

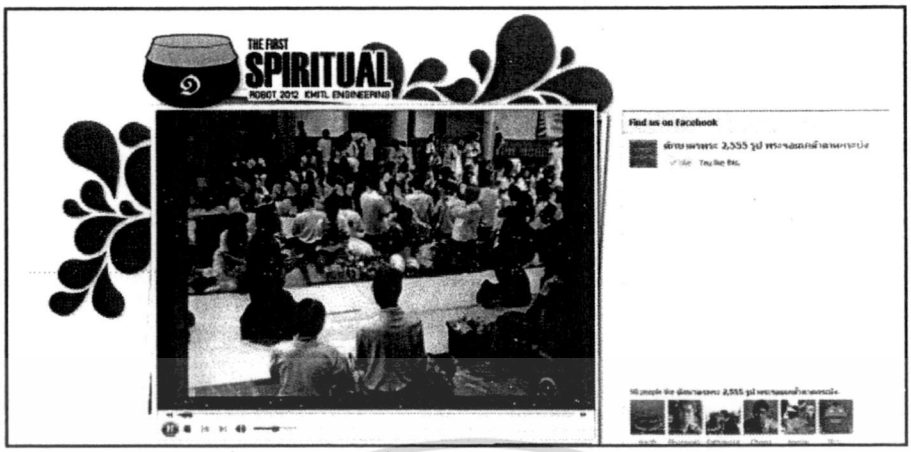
ภาพที่ 3.2 หน้าที่ของหุ่นยนต์

สามารถหยิบจับสิ่งของส่งให้กับคนได้ เนื่องจากหุ่นยนต์ ปฏิบัติหน้าที่ในสภาพแวดล้อมกลางแจ้งและมีสัญญาณรบกวนมากมายจากผู้คนที่อยู่โดยรอบเพื่อความปลอดภัยและความถูกต้องในการทำงานจึงบังคับหุ่นยนต์ผ่านคนที่อยู่ด้านหลังหุ่นยนต์โดยใช้การควบคุมแบบแบบอนาล็อคตามภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3 การควบคุมหุ่นยนต์

หุ่นยนต์มีกล้องสำหรับเก็บของมูลพฤติกรรมของคนที่อยู่ด้านหน้าของหุ่นยนต์ได้สามารถเผยแผ่ภาพที่หุ่นยนต์เห็นออกทางสื่อ อินเตอร์เน็ต ได้แบบตามเวลาจริง (Real-time) ผ่านทางเวปไซต์ ตามภาพที่ 3.4 เพื่อให้ผู้ใช้งานได้รับชมภาพที่หุ่นยนต์เห็น และเป็นเครื่องมือในการสังเกตพฤติกรรม ซึ่งกล่าวในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 เวปไซต์ที่เผยแผ่ภาพจากกล้องของหุ่นยนต์

3.2 การเก็บข้อมูล

การออกแบบแยกเป็น 3 ส่วนได้แก่ ส่วนของการทำแบบสำรวจความพึงพอใจ ส่วนของการสัมภาษณ์ และส่วนของศึกษาพฤติกรรมคนที่สนใจหุ่นยนต์

3.2.1 แบบสำรวจความพึงพอใจ

ในการศึกษาได้มีการออกแบบเครื่องมือที่ใช้วัดความความพึงพอใจของคนที่มีต่อหุ่นยนต์ ออกมาในรูปแบบของแบบสำรวจความพึงพอใจ จำนวน 9 ข้อโดยมีเนื้อหาตามตารางที่ 3.1 โดยความหมายของแต่ละคะแนนเป็นดังนี้

5 คะแนนหมายถึงระดับ ดีมาก
4 คะแนนหมายถึงระดับ ดี
3 คะแนนหมายถึงระดับ ปานกลาง
2 คะแนนหมายถึงระดับ น้อย
1 คะแนนหมายถึงระดับ น้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แบบสอบถามความพึงพอใจของหุ่นยนต์ชงโค

ลำดับ	รายการ	เกณฑ์การประเมิน				
		5	4	3	2	1
1	หุ่นยนต์มีความโดดเด่นด้านการเผยแผ่กิจกรรมตักบาตร					
2	หุ่นยนต์เป็นสื่อในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเผยแผ่รวมกับศาสนา					
3	หุ่นยนต์เป็นสื่อที่ทำให้เกิดแรงบันดาลในการทำบุญ					
4	หุ่นยนต์ช่วยส่งเสริมให้พุทธศาสนิกชนร่วมทำบุญ					
5	หุ่นยนต์มีประโยชน์ต่อการประชาสัมพันธ์ให้พุทธศาสนิกชนได้ร่วมทำบุญ					
6	หุ่นยนต์มีรูปลักษณ์ภายนอกเหมาะสมกับพุทธศาสนา					
7	หุ่นยนต์มีขนาดทางกายภาพเหมาะสม					
8	หุ่นยนต์มีประโยชน์และควรพัฒนาต่อไป					
9	หุ่นยนต์เป็นสื่อกลางในการนำเทคโนโลยีมาร่วมกับการเผยแผ่ได้ลงตัว					
	สรุปในภาพรวม					

จากตารางที่ 4.1 ได้นำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ช่วงวัยคือ กลุ่มวัยเด็ก (อายุระหว่าง 6 – 15 ปี) กลุ่มวัยรุ่น (อายุระหว่าง 16 - 25 ปี) กลุ่มวัยทำงาน (25 - 45) และกลุ่มสูงอายุ (อายุระหว่าง 46 - 60 ปีขึ้นไป) โดยแยกกลุ่มประชากรออกเป็น 2 คือ กลุ่มประชากรที่อยู่ต่างจังหวัด (จังหวัดสิงห์บุรี) และกลุ่มประชากรที่อยู่ในเมือง (กรุงเทพมหานคร) จำนวน 160 คน

3.2.2 แบบสัมภาษณ์

ใช้สัมภาษณ์เชิงลึกกับอาสาสมัครจำนวน 21 คนและคนทั่วไปที่อยู่โดยรอบ 29 คน เรื่อง มีความคิดเห็น อย่างไรที่หุ่นยนต์มาตักบาตรร่วมกับคน ตัวอย่างการสัมภาษณ์แสดงตามภาพที่ 3.5 โดยกลุ่มประชากรที่ทำการสัมภาษณ์มาจากทั้งกลุ่มประชากรต่างจังหวัดและกลุ่มประชากรในเมือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.5 การสัมภาษณ์เชิงลึก

3.2.3 ศึกษาพฤติกรรมของคนที่สนใจ

ศึกษาพฤติกรรมของคนเมื่อพบเจอกับหุ่นยนต์ โดยคนที่ผ่านมาทราบกันเป็นอย่างดีว่าหุ่นยนต์คือหุ่นยนต์อะไรและทำหน้าที่อะไร ผ่านทางการประชาสัมพันธ์ล่วงหน้า ในกาศึกษานี้ ใช้กล้องวีดีโอที่ซ่อนอยู่ในตัวหุ่นยนต์จับ ภาพของคนที่เดินผ่านหุ่นยนต์ตัวนี้ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อดูผลตอบรับเชิงพฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมาย โดยช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลเป็นช่วงเวลาที่ไม่ใช่ชั่วโมงเร่งด่วน เพื่อตัดปัจจัยเรื่องความเร่งรีบ ซึ่งอาจมีผลต่อพฤติกรรมที่แสดงออกมาเกณฑ์ที่ตั้งขึ้นมาสำหรับใช้วัดพฤติกรรมของคนที่เดินผ่านหุ่นยนต์เป็นไปตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์ในการวัดพฤติกรรมของคนที่สนใจ

ระดับความสนใจ	พฤติกรรม	จำนวนคน
1	มีความสนใจหุ่นยนต์	
2	พิจารณารูปลักษณ์ทางกายภาพของหุ่นยนต์	
3	มีพฤติกรรมตอบสนองต่อหุ่นยนต์	
4	สอบถามและศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับหุ่นยนต์	

โดยทดลองสังเกตพฤติกรรมจากกลุ่มประชาการ 2 กลุ่มคือ กลุ่มประชากรที่อยู่ต่างจังหวัด (จังหวัดสิงห์บุรี) และกลุ่มประชากรที่อยู่ในเมือง (กรุงเทพมหานคร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลของการวิจัยซึ่งในที่นี้เน้นการตรวจสอบผลกระทบเชิงสังคม เนื่องจากวัตถุประสงค์ของโครงการเป็นการสร้างหุ่นยนต์เพื่อประชาสัมพันธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยในการการสร้างหุ่นยนต์ชงโคแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

1) ผลการสำรวจความคิดเห็น
2) ผลการสัมภาษณ์
3) ผลการศึกษาพฤติกรรม
4) ผลการติดตามสื่อต่างๆที่นำเสนอหุ่นยนต์ชงโค

4.1 ผลการสำรวจความคิดเห็น

จากการแจกแบบสอบถามความความคิดเห็นที่มีต่อหุ่นยนต์ชงโค ผลที่ได้ออกมาดังตารางที่ 4.1 – 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการสำรวจความคิดเห็นที่มีต่อหุ่นยนต์ชงโค ของกลุ่มประชากรต่างจังหวัด

ลำดับ	รายการ	ผลการประเมิน		
		$\bar{x}$	sd	ระดับ
1	หุ่นยนต์มีความโดดเด่นด้านการเผยแผ่กิจกรรมตักบาตร	4.2	1.8	ดี
2	หุ่นยนต์เป็นสื่อในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเผยแผ่รวมกับศาสนา	4.4	1.7	ดี
3	หุ่นยนต์เป็นสื่อที่ทำให้เกิดแรงบันดาลในการทำบุญ	4.3	1.4	ดี
4	หุ่นยนต์ช่วยส่งเสริมให้พุทธศาสนิกชนร่วมทำบุญ	4.3	1.7	ดี
5	หุ่นยนต์มีประโยชน์ต่อการประชาสัมพันธ์ให้พุทธศาสนิกชนได้ร่วมทำบุญ	4.3	1.3	ดี
6	หุ่นยนต์มีรูปลักษณ์ภายนอกเหมาะสมกับพุทธศาสนา	4.3	1.8	ดี
7	หุ่นยนต์มีขนาดทางกายภาพเหมาะสม	4.3	2.0	ดี
8	หุ่นยนต์มีประโยชน์และควรพัฒนาต่อไป	4.4	1.9	ดี
9	หุ่นยนต์เป็นสื่อกลางในการนำเทคโนโลยีมาร่วมกับการเผยแผ่ได้ลงตัว	4.3	1.5	ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการสำรวจความคิดเห็นที่มีต่อหุ่นยนต์ชงโค ของกลุ่มประชากรในเมือง

ลำดับ	รายการ	ผลการประเมิน		
		$\bar{x}$	sd	ระดับ
1	หุ่นยนต์มีความโดดเด่นด้านการเผยแผ่กิจกรรมตักบาตร	4.4	1.2	ดี
2	หุ่นยนต์เป็นสื่อในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการเผยแผ่รวมกับศาสนา	4.3	1.4	ดี
3	หุ่นยนต์เป็นสื่อที่ทำให้เกิดแรงบันดาลในการทำบุญ	4.3	1.1	ดี
4	หุ่นยนต์ช่วยส่งเสริมให้พุทธศาสนิกชนร่วมทำบุญ	4.4	1.8	ดี
5	หุ่นยนต์มีประโยชน์ต่อการประชาสัมพันธ์ให้พุทธศาสนิกชนได้ร่วมทำบุญ	4.3	1.6	ดี
6	หุ่นยนต์มีรูปลักษณ์ภายนอกเหมาะสมกับพุทธศาสนา	4.3	1.4	ดี
7	หุ่นยนต์มีขนาดทางกายภาพเหมาะสม	4.3	1.9	ดี
8	หุ่นยนต์มีประโยชน์และควรพัฒนาต่อไป	4.2	1.9	ดี
9	หุ่นยนต์เป็นสื่อกลางในการนำเทคโนโลยีมาร่วมกับการเผยแผ่ได้ลงตัว	4.3	1.3	ดี

4.2 ผลการสัมภาษณ์

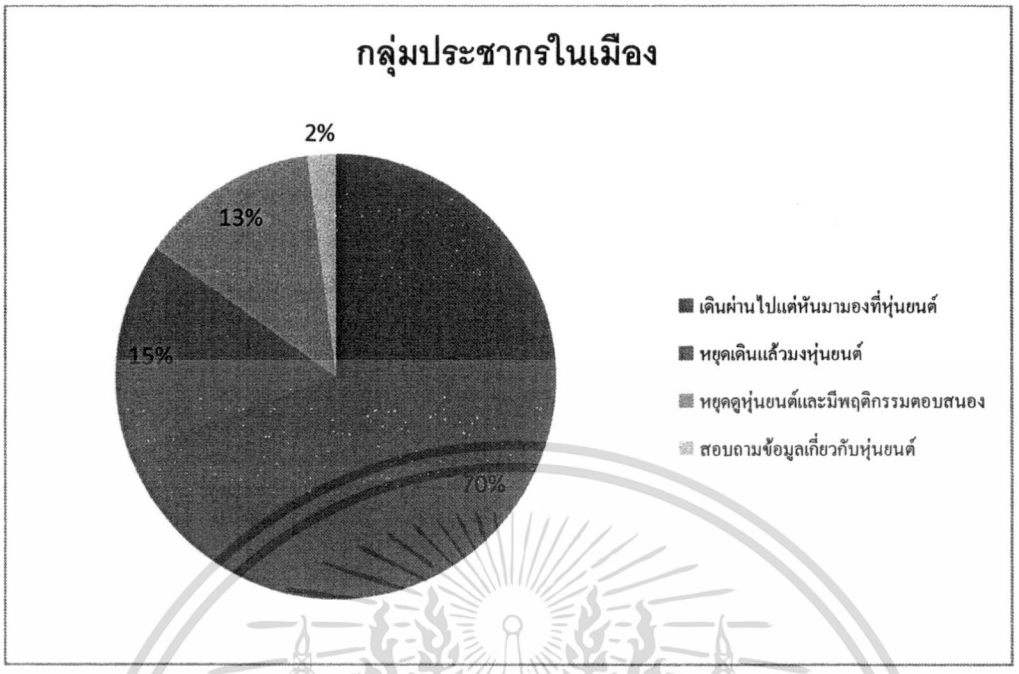
ถามความคิดเห็นของคนทั่วไป 19 คนและอาสาสมัคร 21 คน ตั้งแต่ช่วงอายุ 6 – 60 ปี โดยตั้งคำถามว่า มีความคิดเห็นอย่างไรกับหุ่นยนต์ โดยผลที่น่าสนใจคือ มีความคิดเห็นตรงกันว่า สนใจในหุ่นยนต์และความสารถของหุ่นยนต์ คิดเป็นร้อยละ 40 เป็นเรื่องใหม่ที่นำเทคโนโลยีมารวมกับศาสนา คิดเป็นร้อยละ35 มองว่าเป็นสิ่งที่ดีและน่าสนใจ คิดเป็นร้อยละ 20 มีส่วนช่วยส่งเสริมศาสนา ช่วยประชาสัมพันธ์กิจกรรม ช่วยพัฒนาจิตใจของคน และอยากให้พัฒนาหุ่นยนต์ คิดเป็นร้อยละ 15 นอกนั้นเป็นการแสดงความคิดเห็นโดยทั่วไป

4.3 ผลการสังเกตพฤติกรรม

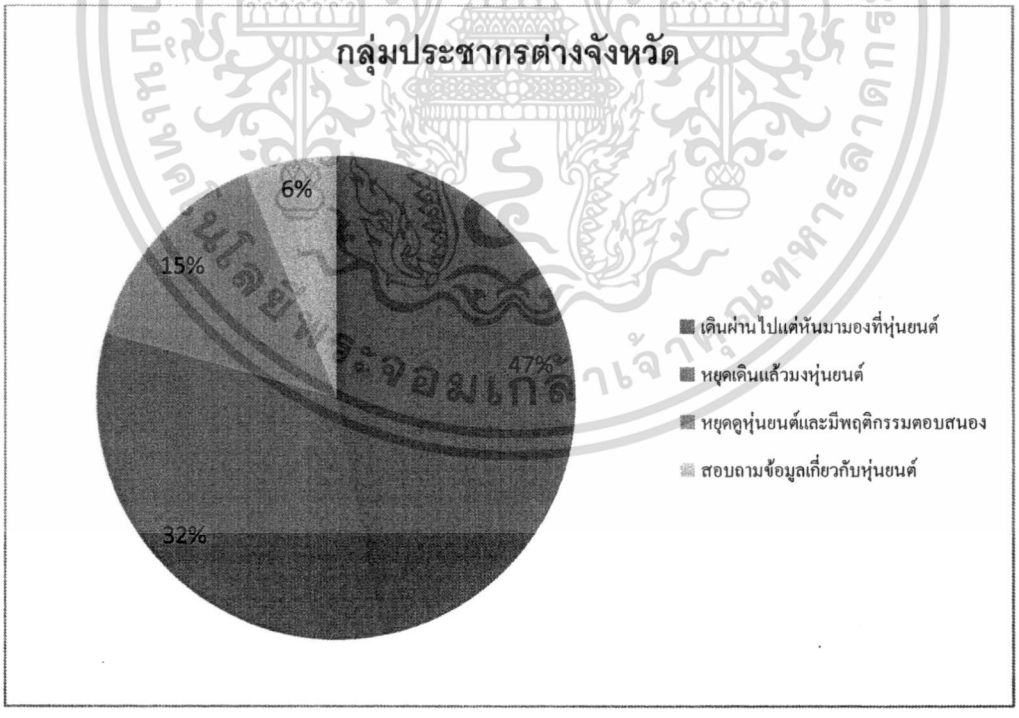
ผลการสังเกตพฤติกรรมของคนที่มีต่อหุ่นยนต์ชงโค โดยอ้างอิงระดับความสนใจตามตารางที่ 3.2 แสดงในภาพที่ 4.1 และภาพที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 4.1 ผลการสังเกตพฤติกรรมของกลุ่มประชากรในเมือง



ภาพที่ 4.2 ผลการสังเกตพฤติกรรมของกลุ่มประชากรในต่างจังหวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

140747

4.4 ผลการติดตามสื่อต่างๆที่นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์

เมื่อหุ่นยนต์ชงโคได้ปฏิบัติหน้าที่ โดยการออกมาช่วยคนทั่วไปตักบาตร ด้วยการช่วยหยิบจับสิ่งของส่งต่อให้ผู้ใช้ และมีหน้าที่แฝงคือเพื่อช่วยประชาสัมพันธ์ เชิญชวนให้คนทั่วไปออกมาตักบาตรร่วมกับหุ่นยนต์ ทำให้มีสื่อแขนงต่างๆให้ความสนใจในตัวหุ่นยนต์ชงโคเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการติดตามสื่อที่นำเสนอข่าวเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโคจึงถือเป็นอีกหนึ่งวิธี สำหรับการประเมินผลการทำงานของหุ่นยนต์ชงโค หมายความว่ายิ่งมีสื่อต่างๆที่นำเสนอข่าวเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโคมากเพียงใด แสดงว่าหุ่นยนต์ชงโคปฏิบัติหน้าที่ในเชิงประชาสัมพันธ์ได้ดีเท่านั้น โดยตัวอย่างรายละเอียดสื่อต่างๆ ที่นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ตักบาตรมีดังนี้

4.4.1 สื่อหนังสือพิมพ์ออนไลน์

หนังสือพิมพ์ไทยรัฐออนไลน์ (ที่มา http://www.thairath.co.th/content/tech/269463) ได้นำเสนอข่าวเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโคตามภาพที่ 4.3 หรือหนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจได้นำเสนอข่าวของหุ่นยนต์ชงโคไว้ว่า “วิศวะลาดกระบัง สจล.สร้างหุ่นยนต์ตักบาตร ฉลองพุทธชยันตี 2600 ปี” ตามรูปที่ 4.4

ภาพที่ 4.3 การนำเสนอข่าวของหนังสือพิมพ์ไทยรัฐออนไลน์

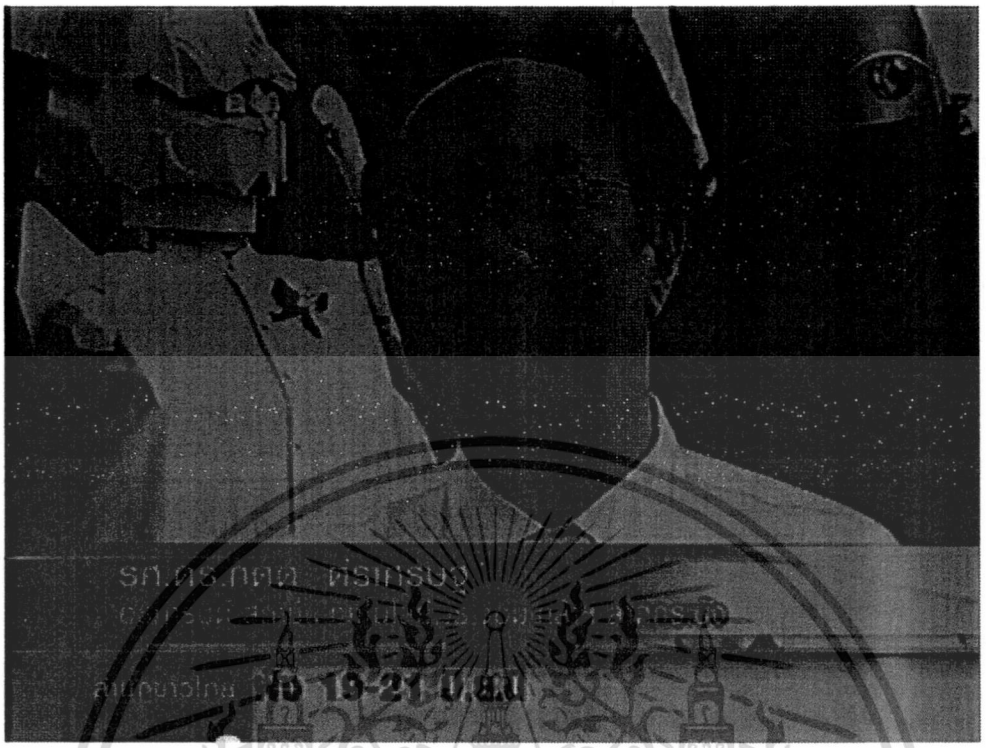
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.4 การนำเสนอข่าวของหนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจออนไลน์

4.4.2 สื่อโทรทัศน์

หัวข้อนี้เป็นการยกตัวอย่างสื่อโทรทัศน์ที่นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโค โดยนำเสนอผ่านรูปแบบของข่าวและ รายการโทรทัศน์ ตามภาพที่ 4.5 ถึงภาพที่ 4.11

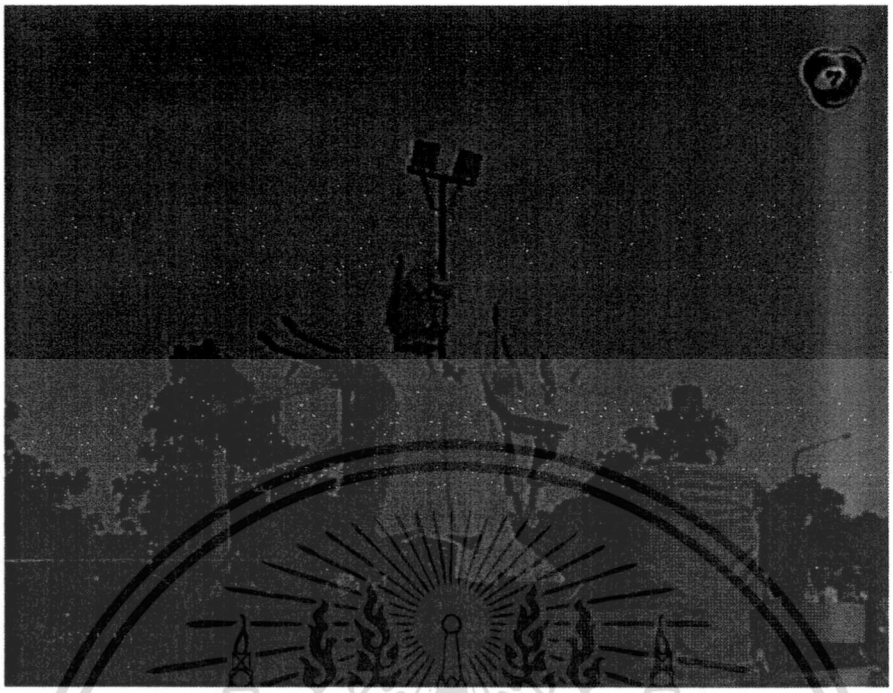
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 สื่อข่าวโทรทัศน์ช่อง 9 นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโค

ภาพที่ 4.6 สื่อข่าวโทรทัศน์ช่อง 3 นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 สื่อข่าวโทรทัศน์ช่อง 7 นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโค

ภาพที่ 4.8 สื่อข่าวโทรทัศน์ช่อง 3 นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.9 สื่อโทรทัศน์ช่อง spring news นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโค

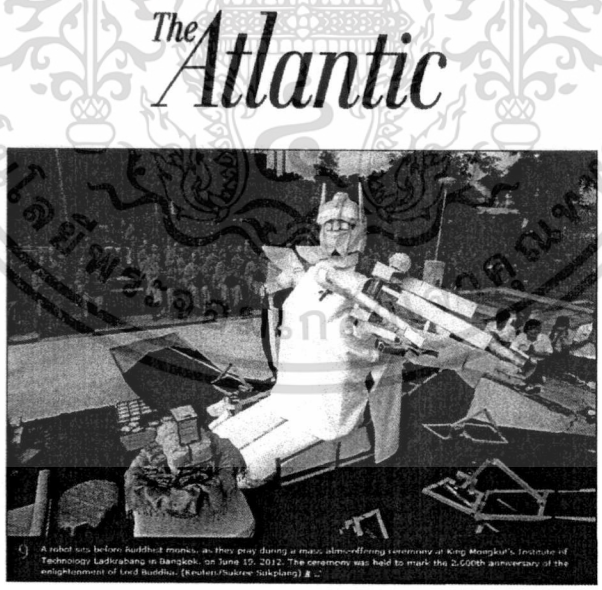
ภาพที่ 4.10 สื่อโทรทัศน์ช่อง 3 นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโคในรูปแบบรายการโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.11 สื่อโทรทัศน์ช่อง DMC นำเสนอเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโคในรูปแบบรายการโทรทัศน์

4.4.3 สื่อต่างประเทศ

การยืนยันในหัวข้อที่ว่าหุ่นยนต์มีส่วนช่วยประชาสัมพันธ์ ให้คนทั่วไปได้รับรู้ถึงกิจกรรมตักบาตรที่จัดขึ้นภายในสถาบันได้จริงนั้น ควรมีการติดตามสื่อต่างประเทศที่นำเสนอข่าวของหุ่นยนต์ชงโคด้วย สื่อต่างประเทศที่นำเสนอข่าวแสดงในภาพที่ 4.12 และภาพที่ 4.13 โดยสื่อต่างประเทศได้เสนอข่าวมีเนื้อหาดังนี้

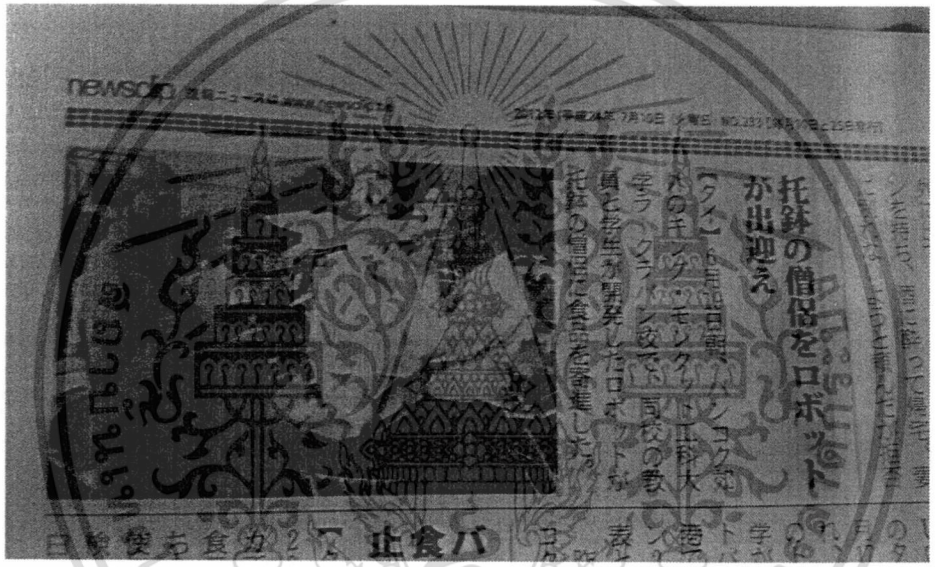


ภาพที่ 4.12 สื่ออินเตอร์เน็ตต่างประเทศที่นำเสนอข่าวเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

"Advancements in robotics are continually taking place in the fields of space exploration, health care, public safety, entertainment, defense, and more. These machines -- some fully autonomous, some requiring human input -- extend our grasp, enhance our capabilities, and travel as our surrogates to places too dangerous for us to go. NASA currently has dozens of robotic missions underway, with satellites now in orbit around our moon and four planets -- and two more on the way to Ceres and Pluto. Gathered here are recent images of robotic technology at the beginning of the 21st century."

หรือสื่อหนังสือพิมพ์ต่างประเทศก็ได้มีการนำเสนอข่าวเกี่ยวกับหุ่นยนต์เช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.13



ภาพที่ 4.13 สื่อหนังสือพิมพ์ต่างประเทศที่นำเสนอข่าวเกี่ยวกับหุ่นยนต์ชงโค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลงานวิจัย

จากผลของการวัดผลแบบต่างๆที่เกี่ยวของกับผลกระทบทางสังคม ความคิดเห็น และพฤติกรรมของผู้ที่พบเห็น ทำให้พบว่ากระประยุกต์ใช้เทคโนโลยีให้เข้ากับวัฒนธรรมสามารถทำได้เป็นอย่างดี หากแต่การประยุกต์นั้นต้องคำนึงถึงความเข้ากันได้ควบคู่กันไปด้วย จากผลในหัวข้อของการสังเกตพฤติกรรมของผู้พบเห็นแสดงให้เห็นว่าในประเทศไทยนั้นสื่อประชาสัมพันธ์ที่อยู่ในรูปของหุ่นยนต์มีความสามารถในการดึงดูดคนให้หันมาสนใจสิ่งที่ต้องการประชาสัมพันธ์ได้ดี ผู้พบเห็นส่วนใหญ่มีความเห็นตรงกันในเรื่อง หุ่นยนต์สามารถช่วยประชาสัมพันธ์อะไรต่างๆได้ดี ไม่เพียงแต่เมื่อประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์ในงานวิจัยนี้เท่านั้น ผลกระทบจากโครงการนี้ส่งผลให้ชื่อเสียงของสถาบันฯ และคณะวิศวกรรมศาสตร์กระจายไปทั่วโลกดังปรากฏเป็นข่าว Reuter และได้รับการแปลข่าวเป็นภาษาอื่น ๆ ในหลายประเทศทั่วโลก

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการสร้างหุ่นยนต์ขนาดใหญ่นั้นจำเป็นต้องใช้แรงงานคนเป็นจำนวนมาก ซึ่งแรงงานคนที่กล่าวมานั้นควรมีทักษะความสามารถในการทำหุ่นยนต์มากพอสมควร ดังนั้นสิ่งที่ถือวาเป็นอุปสรรคอย่างหนึ่งในการสร้างหุ่นยนต์คือแรงงานคนที่มีน้อย ไม่เพียงพอต่องานที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- Hongnian Yu, Modeling and Control of Hybrid Machine Systems : a Five-bar Mechanism Case, International Journal of Automation and Computing 3 (2006) p.235-243

- Hongen Liao, Kazuhisa Yoshimura, Tomoki Utsugida, Kiyoshi Matsumiya, Ken Masamune, Takeyoshi Dohi, Surgical manipulator with linkage mechanism for anterior cruciate ligament reconstruction. IROS (2007) p.1266-1271

- F. X. Wu, W. J. Zhang, Q. Li, P. R. Ouyang, Z. X. Zhou, Control of Hybrid Machines With 2-DOF for Trajectory Tracking Problems, IEEE TRANSACTIONS ON CONTROL SYSTEMS TECHNOLOGY (2005) VOL. 13, NO. 2, p.338-342

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัตินักวิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล ปิติเขต สู้รักษา

เพศ ☑ ชาย ☐ หญิง วันเดือนปีเกิด 22/06/2509 อายุ 46ปี

สถานภาพ ☐ โสด ☑ สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
กศ.บ.(เกียรตินิยม)วท.ม.	ฟิสิกส์	มศว. ปทุมวัน/ประสานมิตร	2530/2534
M.Sc.	Electrical Engineering	George Washington Univ	2536
Ph.D.	Electrical Engineering	University of Houston	2539

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) IT Automation and Robotics

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้
2543	รางวัลวิจัยดีเด่น	สกว.
2543	Asian Innovation Award	Far East Economics Asia
2550	รางวัลวิจัยดีเด่น	สกว.
2553	รางวัลต้นแบบยอดเยี่ยมโทรคมนาคมแห่งชาติ	TRIDI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้