

หุ่นยนต์สำรวจท่อระบายน้ำเสีย

นารินทร์ โพธิ์ลังกา⁽¹⁾ ไพศาล แซ่เลียง⁽¹⁾ เอกวิทย์ บุญสุข⁽¹⁾ และ ถิวดา มณีวรรณ⁽²⁾

(1) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

(2) สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี Email : praew@fibo.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็น การสร้างหุ่นยนต์สำรวจท่อระบายน้ำเสีย ซึ่งได้รับความร่วมมือและข้อมูลด้านความต้องการของการใช้งานหุ่นยนต์สำรวจท่อระบายน้ำเสียในอุตสาหกรรมจาก บริษัท คอวลีเทค จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตและนำเข้าอุปกรณ์ และหุ่นยนต์ที่ใช้งานในด้านการตรวจสอบ หุ่นยนต์สำรวจท่อระบายน้ำเสียที่ได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นมานี้ มีความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ภายในท่อกลมที่มีขนาดตั้งแต่ 7 นิ้ว ถึง 12 นิ้ว และสามารถเคลื่อนที่ไปภายในท่อกลมที่อยู่ในแนวระดับไปจนถึงท่อกลมที่ทำมุมสูงสุดกับแนวระดับได้ 30 องศา โดยความเร็วสูงสุดของหุ่นยนต์เมื่อเคลื่อนที่ไปภายในท่อกลมที่อยู่ในแนวระดับนั้นจะมีความเร็วในการเคลื่อนที่ได้เท่ากับ 10.05 เมตรต่อวินาที บนตัวของหุ่นยนต์มีการติดตั้งกล้องซึ่งสามารถ Pan-Tilt และระบบไฟส่องสว่างซึ่งทำให้หุ่นยนต์สามารถที่จะเก็บภาพภายในท่อที่ทำการสำรวจได้ หุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมานี้ยังสามารถทำงานภายในท่อที่มีความขรุขระและสภาพเปียกชื้นหรือน้ำขังได้ การควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์และการควบคุมการ Pan-Tilt ของกล้องที่อยู่บนตัวหุ่นยนต์นั้นผู้ควบคุมสามารถควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์ซึ่งอยู่ภายนอกโดยใช้ข้อมูลจากสัญญาณภาพที่ได้รับมาจากหุ่นยนต์และส่งคำสั่งควบคุมผ่านทางสายสัญญาณไปสู่ตัวหุ่นยนต์

1. คำสำคัญ

หุ่นยนต์, สำรวจ, ตรวจสอบโดยไม่ทำลาย, ท่อกลม

2. บทนำ

การตรวจสอบระบบท่อเป็นเรื่องที่มีความยุ่งยากเสียค่าใช้จ่ายสูงในการตรวจสอบ และเสี่ยงอันตรายต่อผู้ทำการตรวจสอบ ในบางระบบของท่อที่มีขนาดเล็กหรือท่อที่ใช้งานในการระบายน้ำเสียที่มีขนาดเล็กก็จะไม่สามารถที่จะใช้คนเข้าไปทำการตรวจสอบได้

ในปัจจุบันนี้ได้มีการนำเทคโนโลยีทางด้านหุ่นยนต์ และระบบอัตโนมัติเข้ามาใช้ในงานด้านการตรวจสอบแทนคน การใช้หุ่นยนต์หรือ Remote visual inspection

robot ยังมีปัญหาเรื่องการทำงานภายในท่อที่ทำการตรวจสอบเนื่องจากสภาพภายในของท่ออาจจะมีอุปสรรคที่เป็นปัญหาต่อการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ เช่น ท่อระบายน้ำเสียที่อาจจะมีเศษปูนที่แตก และสภาพที่มีเปียกชื้นและมีน้ำอยู่ในท่อ รวมถึงการควบคุมหุ่นยนต์และกล้องที่ติดตั้งอยู่บนตัวหุ่นยนต์ยังไม่ง่ายต่อการควบคุมและสภาพภายในท่อที่ไม่มีแสงสว่าง ซึ่งทำให้หุ่นยนต์ยากต่อการทำงานตรวจสอบ

จากความต้องการดังกล่าวจึงได้มีการออกแบบและสร้างหุ่นยนต์สำหรับสำรวจท่อระบายน้ำเสีย ลักษณะเป็นท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 7-12 นิ้ว โดยที่หุ่นยนต์มีความสามารถเฉพาะคือการปรับเปลี่ยนลักษณะทางกลให้มีความสามารถในการเคลื่อนที่ภายในท่อที่มี

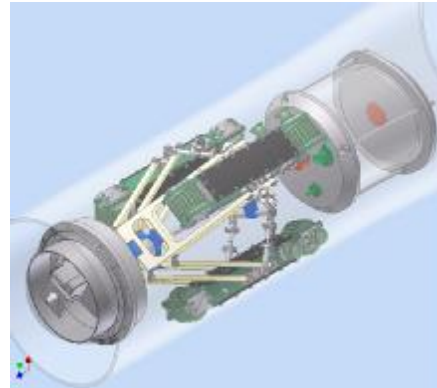
ขนาดต่างกันได้ หุ่นยนต์ที่ได้สร้างขึ้นนี้สามารถเคลื่อนที่ภายในท่อซึ่งมีความชื้นหรือมีน้ำอยู่เล็กน้อย



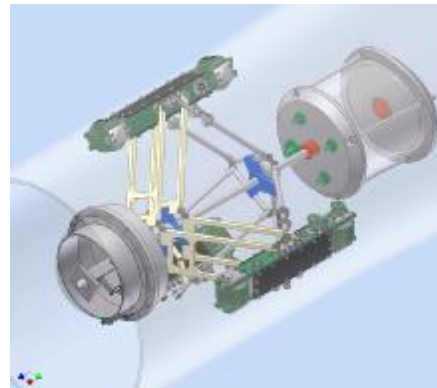
รูปที่ 1 หุ่นยนต์สำรวจท่อระบายน้ำเสีย

จากรูปที่ 1 เป็นหุ่นยนต์สำรวจท่อที่เป็นผลจากการออกแบบและสร้าง ซึ่งมีความสามารถในการเคลื่อนที่ไปภายในท่อกลมที่มีขนาด 7 นิ้วถึง 12 นิ้วที่เป็นท่อตรง หุ่นยนต์ตัวนี้สามารถทำงานภายในท่อที่มีความเปียกชื้นและมีผิวภายในท่อที่มีรอยต่อเชื่อมหรือความขรุขระได้ เนื่องจากการใช้ล้อที่มีลักษณะเป็น traction wheel ทั้งสามด้าน ระบบไฟฟ้าทั้งหมดของหุ่นยนต์มีการออกแบบพิเศษให้ถูกบรรจุอยู่ในชั้นส่วนปิดซึ่งสามารถกันน้ำและความชื้นได้

แนวคิดในการออกแบบกลไกที่ใช้ในการปรับขยายขนาดของหุ่นยนต์ให้เข้ากับขนาดของท่อกลมขนาดต่างๆ นั้นจะใช้หลักการของ Four bar linkage mechanisms แบบ Parallel linkage หรือแบบ Double crank ซึ่งให้ผลของการเคลื่อนที่ในการการหรือหุบเพียงแค่การควบคุมมุมของ Linkage คู่ขนานคู่หนึ่งซึ่งมีจุดหมุนยึดติดกับตัวโครงซึ่งเป็นเสมือนเป็น Fixed frame ที่อยู่กับที่ของชุด Parallel Four bar linkage นี้ ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 2 และรูปที่ 3



รูปที่ 2 ภาพวาดของตัวหุ่นยนต์ขณะที่ย่อตัวเพื่อให้สามารถเข้าท่อกลมขนาด 7 นิ้ว



รูปที่ 3 ภาพวาดของตัวหุ่นยนต์ขณะที่ขยายตัวเพื่อให้สามารถเข้าท่อกลมขนาด 12 นิ้ว

ระบบอิเล็กทรอนิกส์บนตัวหุ่นยนต์นั้นถูกออกแบบเพื่อควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ในระดับล่างเช่นการควบคุมการทำงานของมอเตอร์และการสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ที่ศูนย์ควบคุม นอกจากนั้นยังถูกจำกัดให้มีขนาดรูปร่างขนาดเล็กเพียงพอที่จะติดตั้งบนตัวหุ่นยนต์ได้ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดของหุ่นยนต์จะถูกติดตั้งอยู่ที่ส่วนท้ายของหุ่นยนต์ซึ่งเป็นโมดูลปิด ระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบขึ้นนั้นประกอบด้วย

-วงจรควบคุมกระแสและแรงดันไฟฟ้า

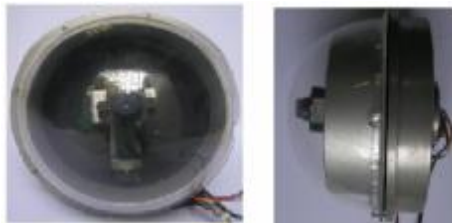
-วงจร Micro controller

-วงจร Motor Driver

-วงจรสวิทช์

วงจรแต่ละชุดจะมีแผงวงจร อิสระออกจากกันเพื่อความสะดวกในการตรวจสอบในกรณีที่เกิดความเสียหายกับวงจรใดวงจรหนึ่ง ไฟฟ้าที่ใช้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดจะรับมาจากแหล่งจ่ายแรงดันเพียงแหล่งเดียวที่ส่งผ่านมาจากสายเคเบิล

ระบบกล้องที่ติดตั้งอยู่บนตัวหุ่นยนต์สามารถส่งภาพกลับมาแสดงผลยังคอมพิวเตอร์ที่ศูนย์บังคับส่วนกลางได้ตลอดการทำงาน หุ่นยนต์สามารถทำงานในที่มืดได้เนื่องจากมีระบบไฟส่องสว่างติดตั้งอยู่บนตัวหุ่นยนต์ การติดตั้งกล้อง VDO พร้อมกับระบบไฟส่องสว่างนั้นอยู่ที่ส่วนหน้าของหุ่นยนต์ ซึ่งกล้องที่ติดตั้งภายในตัวหุ่นยนต์นั้นได้ออกแบบให้มีความสามารถในการ Pan-Tilt เพื่อที่จะเก็บภาพได้หลายมุมมอง ดังแสดงในรูปที่ 4

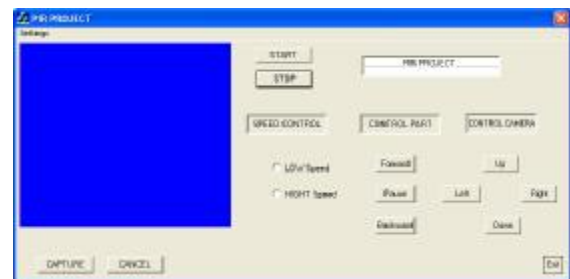


รูปที่ 4 ชุดกล้องซึ่งสามารถ Pan-Tilt ได้

ในส่วนของการออกแบบทางด้านซอฟต์แวร์ นั้นเป็นการนำภาพจากกล้องมาแสดงผลบนคอมพิวเตอร์เพื่อให้ผู้สำรวจมองเห็นสิ่งต่างๆ ภายในท่อและสามารถบันทึกภาพจากกล้องได้ รวมไปถึงการควบคุมจากผู้ควบคุม (operator) ผ่านทางคอมพิวเตอร์ ซอฟต์แวร์ที่ได้สร้างขึ้นนั้นมีลักษณะเป็นหน้าต่างเพื่อใช้ในการแสดงภาพจากกล้อง VDO, การควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์และการควบคุมการ Pan-tilt ของกล้อง VDO บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยเป็นการสร้างขึ้นจากโปรแกรม Visual C++ ดังแสดงในรูปที่ 5

ปุ่มที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จะประกอบด้วยกัน 3 ปุ่มเพื่อควบคุมให้หุ่นยนต์สามารถ

เดินหน้าถอยหลัง และหยุดเมื่อต้องการสำรวจบริเวณนั้นๆ ได้ ส่วนปุ่มที่ใช้ในการควบคุมการ Pan-tilt ของกล้อง VDO จะประกอบด้วยกัน 4 ปุ่ม คือ สามารถมองมุมเงย มุมก้ม และหมุนซ้าย-ขวาได้ การควบคุมทั้งหมดจะเกิดขึ้นได้เมื่อเริ่มกดปุ่ม start และการควบคุมจะจบลงเมื่อกดปุ่ม stop คำสั่งทั้งหมดจะแสดงในหน้าต่างการทำงานด้วยเพื่อให้ผู้ควบคุมสามารถรู้การทำงานของหุ่นยนต์ขณะนั้น นอกจากนั้นหากผู้ควบคุมต้องการจะบันทึกภาพก็สามารถทำได้โดยการกดปุ่ม Capture เพื่อบันทึกภาพที่ได้ทำการสำรวจขณะนั้นลงบนคอมพิวเตอร์



รูปที่ 5 หน้าต่างในการควบคุมหุ่นยนต์และการแสดงผลภาพจากกล้อง VDO

3. การทดลอง

การทดลองนี้ออกแบบเพื่อทดสอบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆ กัน ซึ่งจะมีการเก็บผลในส่วนของการเร็วปกติ (Low Mode) และความเร็วสูง (High Mode) ในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ รวมไปถึงลักษณะของภาพที่เก็บได้จากกล้องซึ่งติดตั้งอยู่บนตัวหุ่นยนต์เมื่อใช้ในท่อชนิดต่างๆ กัน เมื่อมีวัสดุสิ่งแปลกปลอมอยู่ภายในท่อ

อุปกรณ์การทดลอง

1. ท่อกลมขนาด 8 นิ้ว, 9 นิ้ว, 10 นิ้ว และ 12 นิ้ว ซึ่งประกอบด้วยท่อ PVC ท่อเหล็ก และท่อปล่องไฟ
2. หุ่นยนต์สำรวจท่อระบายน้ำเสีย
3. คอมพิวเตอร์

วิธีการทดลอง

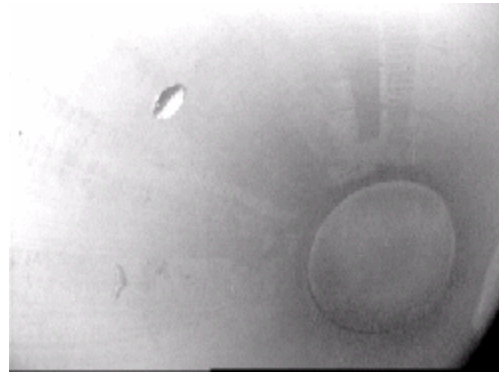
1. จัดวางท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว ให้อยู่ในแนวระดับ
2. นำหุ่นยนต์สำรวจท่อระบายน้ำเสียใส่เข้าไปภายในท่อ
3. ทำการควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว Low Mode (ความเร็วปกติ) ไปภายในท่อกลม พร้อมกับวัดระยะทางและจับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่
4. ทำการทดลองซ้ำตามขั้นตอนการทดลองข้อที่ 1 ถึง 3 แต่ทำการควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว High Mode (ความเร็วสูงสุด) ไปภายในท่อกลม พร้อมกับวัดระยะทางและจับเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่
5. ทำการทดลองซ้ำตามขั้นตอนการทดลองข้อที่ 1 ถึง 4 โดยเปลี่ยนขนาดของท่อกลมเป็นท่อกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 9 , 10 และ 12 นิ้ว แทนตามลำดับ
6. บันทึกภาพภายในท่อที่เก็บได้จากกล้อง VDO บนตัวของหุ่นยนต์ขณะทำการทดลอง
7. บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

หมวดของการเคลื่อนที่	ขนาดของท่อกลม (นิ้ว)	ความเร็วในการเคลื่อนที่ (cm/s)			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ความเร็วเฉลี่ย
Low mode	8	2.0	1.8	2.2	2.0
	9	2.0	1.5	2.0	1.8
	10	2.0	2.0	1.8	1.9
	12	1.8	2.0	2.0	1.9
High mode	8	9.5	12.0	10.0	10.5
	9	10.0	10.0	10.0	10.0
	10	9.0	10.0	10.0	9.7
	12	10.0	10.0	10.0	10.0

ตารางที่ 1 ผลการทดลองความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

ภาพผลการทดลองที่เก็บได้จากกล้อง VDO บนตัวของหุ่นยนต์



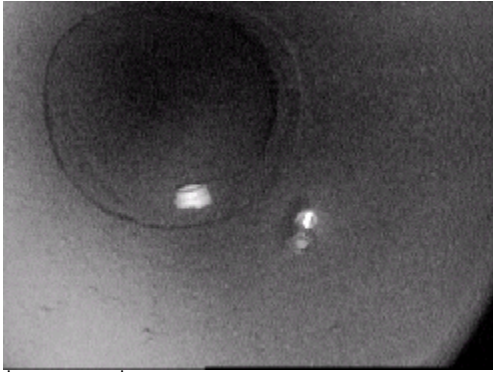
รูปที่ 6 ภาพที่เก็บได้จากท่อกลม PVC ขนาด 8 นิ้ว



รูปที่ 7 ภาพที่เก็บได้จากท่อกลมเหล็ก ขนาด 9 นิ้ว



รูปที่ 8 ภาพที่เก็บได้จากท่อกลมปล่องไฟ ขนาด 10 นิ้ว



รูปที่ 9 ภาพที่เก็บได้จากท่อกลมเหล็ก ขนาด 12 นิ้ว

อภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ถ้าพิจารณาที่แต่ละโหมดของการเคลื่อนที่ จะพบว่าความเร็วเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ไปภายในท่อที่มีขนาดต่าง ๆ กันมีค่าต่างกันเล็กน้อย ทั้งนี้ก็เป็นผลมาจากสภาพพื้นผิวภายในท่อ การปรับตั้งหุ่นยนต์ก่อนการเข้าทำงานเช่นการปรับตั้งแรงกดของชุดกดผนังท่อของหุ่นยนต์และผลของการบิดตัวเนื่องจากความเร็วที่ไม่เท่ากันของมอเตอร์ขับเคลื่อนแต่ละตัวของหุ่นยนต์

จากภาพที่เก็บได้จากกล้อง VDO บนตัวของหุ่นยนต์ จะพบว่าภาพที่เก็บได้นั้นมีรายละเอียดมากพอที่จะสังเกตเห็นถึงสิ่งผิดปกติภายในท่อแต่ความสว่างของแต่ละภาพนั้นไม่ค่อยเท่ากันนัก ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะสภาพพื้นผิวภายในท่อบางประเภทนั้นสามารถสะท้อนแสงจากระบบส่องสว่างของหุ่นยนต์ได้มากจึงทำให้ภาพบางภาพที่ได้มีความสว่างเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติ

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้จะพบว่า หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ในท่อกลมซึ่งมีขนาดต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ 7-12 นิ้วได้ดีโดยไม่ติดขัด แม้ว่าจะเคลื่อนที่ผ่านรอยเชื่อมหรือพื้นผิวภายในท่อที่มีความขรุขระ หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้ในท่อที่วางอยู่ในแนวระดับจนถึงท่อที่มีมุมเอียงประมาณ

30 องศา สำหรับการเคลื่อนที่ในแนวระดับนั้น ในโหมดของการเคลื่อนที่ Low Mode (ความเร็วปกติ) หุ่นยนต์มีความเร็วเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ไปภายในท่อกลมขนาดต่าง ๆ กันเท่ากับ 1.9 เซนติเมตรต่อวินาที และในโหมดของการเคลื่อนที่ High Mode (ความเร็วสูงสุด) หุ่นยนต์มีความเร็วเฉลี่ยในการเคลื่อนที่ไปภายในท่อกลมขนาดต่าง ๆ กันเท่ากับ 10.05 เซนติเมตรต่อวินาที ภาพที่เก็บได้จากกล้อง VDO บนตัวหุ่นยนต์นั้นมีความละเอียดมากพอที่จะทำให้สังเกตเห็นสิ่งผิดปกติ แม้ว่าจะเป็นภาพขาวดำก็ตาม

4.กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินงานโครงการนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความร่วมมือด้านข้อมูลความต้องการของการใช้งานหุ่นยนต์สำรวจท่อระบายน้ำเสียในอุตสาหกรรมจาก บริษัท ควอลิเทค จำกัด รวมถึงทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการงานอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2546

เอกสารอ้างอิง

- ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตธิกุล : “คู่มืออิเล็กทรอนิกส์”, Se-education public Company Limited. กรุงเทพฯ, (1994)
- นิรุจ อำนวยศิลป์ : “คู่มือการเขียนโปรแกรม Microsoft visual C++”, บริษัท ชัคเชส มีเดีย จำกัด กรุงเทพฯ, (2544)
- วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตธิกุล, “Easy learning microcontroller with basic stamp2sx”, Innovative Experiment Company Limited. กรุงเทพฯ, (2543)
- Bernhard Klaasen, Hermann Streich, Frank Kirchner, Erich Rome : “ Modeling, Simulation, and Control of a Segmented inspection robot “,

Fraunhofer Institute Autonome intelligente
Systeme (AiS) D- 53754 St. Augustin Germany,
(1999)

Everest VIT, Inc. (<http://www.everestvit.com>)

H.B. Kuntze, H. Haffner : “ Experiences with the
development of a robot for smart multisensoric
pipe inspection “, International Conference on
Robotics & Automation Leuven, Belgium,
pp.1773/1778(1998)