

การประชุมวิชาการระดับชาติด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 6 The 6th National Conference on Information Technology

โดย : คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

©สงวนสิทธิ์ โดย คณะกรรมการจัดการประชุมวิชาการระดับชาติด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ
ครั้งที่ 6 : NCIT2014

การนำงานวิจัยไปเผยแพร่หรืออนุญาตให้ผู้อื่นทำซ้ำ หรือดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน หรือกระทำ
การอื่นใดโดยมีค่าตอบแทนในเชิงธุรกิจ โดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากคณะกรรมการ
จัดการประชุมวิชาการระดับชาติด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 6 : NCIT2014 ถือเป็น การละเมิดลิขสิทธิ์

ISBN: 978-974-671-630-7

จัดพิมพ์ : ครั้งที่ 1 กุมภาพันธ์ 2557 จำนวน 50 เล่ม

พิมพ์ที่ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

โทรศัพท์ 7300-2954-0 ต่อ 277 โทรสาร 0-2954-7908

ระบบการพิมพ์ : ดิจิทัล

ปก : กระดาษอาร์ตการ์ด น้ำหนัก 260 แกรมต่อตารางเมตร

เนื้อใน : ปอนด์ 70 แกรมต่อตารางเมตร

ขนาดรูปเล่ม : A4

หุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำสำหรับถังพักน้ำประปาขนาดใหญ่

ขจรศักดิ์ จันทร์แจ่ม¹ และ ณรงค์เดช กীরติพรานนท์²

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพมหานคร

² ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพมหานคร

Emails: kajomsak.jan@gmail.com, narongdech.ken@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์สำหรับดูดตะกอนในถังพักน้ำประปาขนาดใหญ่ โดยการทำความสะดวกดังพักน้ำขนาดใหญ่โดยปกติจะต้องทำการสูบน้ำในถังออก แล้วส่งเจ้าหน้าที่ลงไปทำความสะอาด ซึ่งการทำความสะดวกลักษณะนี้จะมีความเสี่ยงต่อตัวถังพักน้ำใต้ดินและเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน

หุ่นยนต์ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาดถังพักน้ำประปาขนาดใหญ่ อีกทั้งยังสามารถลดความเสี่ยงของบุคลากรที่ลงไปทำความสะอาดและลดเวลาในการทำงานของบุคลากร โดยหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำสามารถขับเคลื่อนได้ 4 ทิศทาง สามารถส่งสัญญาณภาพขณะปฏิบัติงานใต้น้ำภายในถังพักน้ำประปาใต้ดิน เพื่อให้ผู้บังคับหุ่นยนต์ที่อยู่ด้านบนมองเห็นวิสัยทัศน์ภายในถังพักน้ำ ส่วนการกำจัดตะกอนนั้นจะใช้หลักการของการสูบน้ำด้านล่างที่มีตะกอนสะสมอยู่เป็นจำนวนมากขึ้นมาที่ถังด้านบนของถังพักน้ำ พร้อมทั้งออกแบบอุปกรณ์ช่วยเหลือในการนำหุ่นยนต์ขึ้นและลงจากถังพักน้ำใต้ดิน และจากผลการทดสอบหุ่นยนต์สามารถปฏิบัติงานภารกิจได้ตามที่ออกแบบ โดยใช้เวลาปฏิบัติงานลดลงจากเดิมประมาณ 2 เท่า และทำความสะอาดถังพักน้ำประปาอยู่ในระดับที่ 90 - 95 % ของความเร็วในการทำความสะดวก

คำสำคัญ-- การทำความสะอาดถังพักน้ำใต้ดิน; กำจัดตะกอนใต้น้ำ; หุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำ;

1. บทนำ

การทำความสะอาดถังพักน้ำประปาขนาดใหญ่ที่ถูกสร้างอยู่ใต้ดินแบบเดิมเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและต้องใช้เวลามากในการปฏิบัติงาน โดยปฏิบัติงานในแต่ละครั้งจะต้องทำการสูบน้ำออกจากถังพักน้ำ และทำการวางจุดค้ำยันรอบๆถังพักน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้ถังพักน้ำใต้ดินเกิดการทรุดตัว เนื่องจากมวลน้ำที่เคยอยู่ในถังพักน้ำได้หายไป ในการส่งบุคลากรลงไปทำความสะอาด ซึ่งต้องเป็นบุคลากรที่มีประสบการณ์ โดยต้องทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีความเสี่ยงสูง และเนื่องจากบุคลากรที่มีประสบการณ์ในการทำความสะอาดถังพักน้ำมีจำนวนน้อย จึงไม่สามารถรองรับการให้บริการได้ทั่วถึง [1]

งานวิจัยนี้ต้องการเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้บริโภคในส่วนของระบบพักน้ำประปา [2] โดยการออกแบบระบบที่สามารถทำให้การล้างถังพักน้ำทำได้สะดวกเร็วมากขึ้น และมีประสิทธิภาพในการทำงานมากที่สุด โดยการนำหุ่นยนต์มาใช้ในงานทำความสะอาดถังพักน้ำ เพื่อลดความเสี่ยงจากอันตรายในการที่พนักงานจะต้องลงไปล้างในถังพักน้ำขนาดใหญ่ ลดระยะเวลาการปฏิบัติงาน ลดจำนวนพนักงานปฏิบัติงาน รวมทั้งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการผู้ใช้น้ำ และไม่จำเป็นต้องสูบน้ำออกจากถังพักน้ำจนเกือบหมด ระบบที่จะพัฒนาขึ้นนี้จะทำการส่งหุ่นยนต์ลงไปถังพักน้ำและดูดตะกอนที่ตกค้างออกจากถังพักน้ำมาที่ด้านบน โดยใช้เครื่องมือบังคับทิศทางแบบใช้สายในการส่งการให้หุ่นยนต์ปฏิบัติงาน ซึ่งสามารถปฏิบัติงานในวันปกติได้โดยไม่รบกวนกับการใช้น้ำของผู้บริโภค อาจส่งผลต่อการให้บริการที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเป็นการจูงใจให้ผู้ใช้น้ำให้ความสำคัญในบริการทำความสะอาดถังพักน้ำยิ่งขึ้น

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทำความสะอาดถังพักน้ำใต้ดิน

การทำความสะอาดถังพักน้ำใต้ดินโดยปกติจะใช้บุคลากรที่มีประสบการณ์ลงไปทำความสะอาด ซึ่งมีขั้นตอนเพื่อการทำงานและความปลอดภัยดังนี้ [3]

1. ตรวจสอบโครงสร้างอาคารว่ายังมีรอยร้าวที่อาจก่อให้เกิดอันตรายหรือไม่ในกรณีสูบน้ำออก
2. สูบน้ำออกจากถังพักน้ำใต้อาคารแล้วส่งคนลงไปวางจุดค้ำยันตามจุดต่างๆ
3. ส่งบุคลากรลงไปตรวจสอบสภาพของถังพักน้ำผู้กร่อนไปมากน้อยแค่ไหน
4. บุคลากรเริ่มทำความสะอาดภายในถังพักน้ำ
5. ปล่อน้ำเข้าไปบางส่วนเพื่อใช้ในการสูบน้ำออกพร้อมตะกอน
6. เมื่อล้างเสร็จแล้วใส่น้ำใหม่เข้าไป
7. ถอดจุดค้ำยันออกทีละจุด
8. ปล่อน้ำทิ้งน้ำปกติ

2.2 หุ่นยนต์ปฏิบัติการใต้น้ำ

ในปัจจุบันหุ่นยนต์ต่างๆ ได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตประจำวันมากมาย รวมถึงหุ่นยนต์ที่ใช้ในงานเฉพาะทาง เช่น หุ่นยนต์กู้ระเบิด หุ่นยนต์ประกอบเครื่องจักรกล หุ่นยนต์สำรวจ เป็นต้น ซึ่งหุ่นยนต์แต่ละแบบนั้นจะมีรูปแบบ และคุณสมบัติแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับว่างานที่ต้องการนั้นเป็นงานประเภทไหน สภาพแวดล้อมเป็นอย่างไร หรือต้องการให้มีการทำงานอย่างไร [4][5]

หุ่นยนต์ปฏิบัติการใต้น้ำ (Remotely operated underwater Vehicle) หรือ ROV [6] เป็นหุ่นยนต์ที่ใช้ในงานเฉพาะทางโดยเฉพาะด้านการทหาร ซึ่งมีเรือดำน้ำทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ เมื่อเข้าศตวรรษที่ 19 หุ่นยนต์ปฏิบัติการใต้น้ำจึงเกิดขึ้นในงานปฏิบัติการทางทหารของประเทศสหรัฐอเมริกาเพื่อใช้ในงานเก็บกู้ทุ่นระเบิดใต้น้ำ หลังจากนั้นหุ่นยนต์ปฏิบัติการใต้น้ำก็เริ่มมีการถูกนำมาใช้งานต่าง ๆ มากขึ้น โดยปฏิบัติการที่ถูกกล่าวถึงมากที่สุด คือ การส่งหุ่นยนต์ ROV ลงไปอุดรอยรั่วของแท่นขุดเจาะน้ำมันใต้ท้องทะเลที่อ่าวเม็กซิโก ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งทำได้เป็นผลสำเร็จ หลังจากนั้นก็เริ่มมีผู้รู้จักและสนใจหุ่นยนต์ปฏิบัติการใต้น้ำมากขึ้น

ข้อแตกต่างที่ทำให้การสร้างหุ่นยนต์ใต้น้ำต่างจากการสร้างหุ่นยนต์บนบก คือ ใต้น้ำ นั้นมีปัจจัยที่ต่างจากบนบกหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิ ทิศนะวิสัย แรงดัน สภาพพื้นน้ำ หรือ อุปสรรคอื่นๆ ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะต้องถูกนำมาเป็นปัจจัยในการสร้างหุ่นยนต์ รวมทั้งระบบการกันน้ำเข้าในจุดต่างๆ ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อีกด้วย

2.3 หุ่นยนต์ทำความสะอาดอ่างเก็บน้ำใต้ดิน

บริษัท Weda Pool cleaner ประเทศสวีเดน ได้พัฒนาหุ่นยนต์ทำความสะอาดอ่างเก็บน้ำใต้ดินรุ่น VR-600 สำหรับการทำความสะอาดอ่างเก็บน้ำในอาคาร [7]

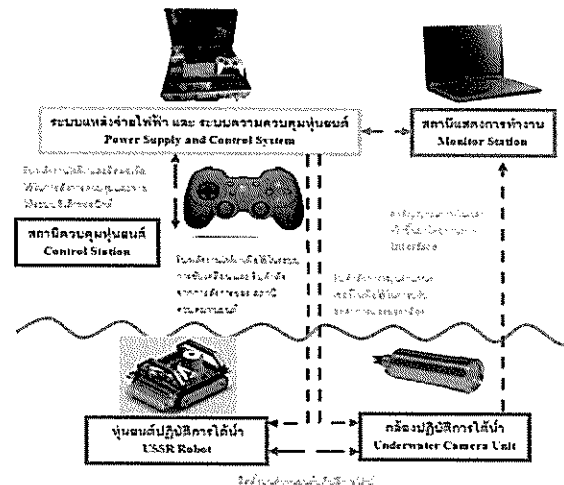
การทำงานหุ่นยนต์ทำความสะอาดอ่างเก็บน้ำ VR - 600 ควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าระยะไกลใต้น้ำและควบคุมกล้องใต้น้ำ ใช้ปั๊มน้ำที่มีกำลังสูบ 70 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีการทำความสะอาดพร้อมแปรงที่หมุนโดยไม่เพิ่มความขุ่นของตะกอนที่อยู่ใต้น้ำ ส่วนตะกอนจะถูกสูบผ่านท่อไปยังจุดที่ปล่อยน้ำทิ้ง โดยใช้ระบบสายพานลำเลียงในการขับเคลื่อนได้ 0.5 - 10 เมตรต่อหน้าที่ขึ้นอยู่กับความลึกของตะกอน ในการปฏิบัติงานใช้บุคลากรเพียงคนเดียวในการควบคุม VR - 600 เป็นการควบคุมระยะไกลโดยใช้ กล้องควบคุมหุ่นยนต์พร้อมกับควบคุมกล้องใต้น้ำ และมีค่าใช้จ่ายสูงในการพัฒนา

3. การออกแบบระบบการทำงานของหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำ

การทำงานของหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำมีส่วนประกอบต่างๆ ในการทำงาน และมีหน้าที่ที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งระบบการทำงานของหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำ ดังที่แสดงในรูปที่ 1. ซึ่งประกอบไปด้วย

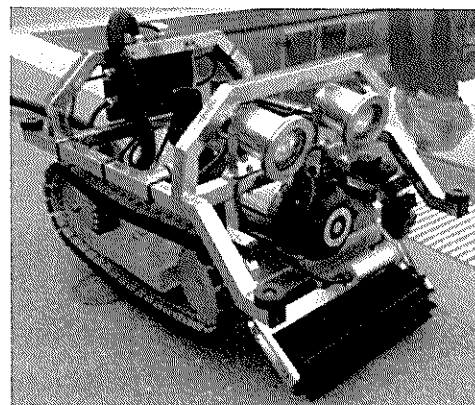
คอมพิวเตอร์ มีหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของหุ่นยนต์ พร้อมทั้งแสดงภาพในขณะปฏิบัติงาน โดยสามารถบันทึกไฟล์ภาพและไฟล์วิดีโอ รวมทั้งยังสามารถบันทึกรายละเอียดข้อมูลต่างๆ ในขณะปฏิบัติงานได้ ระบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าและระบบควบคุมการทำงานของ

หุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยจะรองรับคำสั่งมาจากการควบคุมผ่านคอมพิวเตอร์ เสมือนเป็นสื่อกลางการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำ หรือจะควบคุมการทำงานหุ่นยนต์ดูดตะกอนโดยตรงจากกล้องสวิตช์ควบคุมก็ได้ การส่งสัญญาณภาพจากกล้องที่ติดอยู่ที่หุ่นยนต์ไปยังคอมพิวเตอร์นั้น จะมีการรับ-ส่งสัญญาณภาพโดยตรงจากหุ่นยนต์ โดยการเชื่อมต่อผ่านอุปกรณ์แปลงสัญญาณภาพทางพอร์ตยูเอสบี (USB) ส่วนประกอบต่างๆ ที่ติดตั้งบนหุ่นยนต์ดูดตะกอนนั้นประกอบไปด้วย ระบบขับเคลื่อน ระบบสูบน้ำที่มีหน้าที่ดูดตะกอน ระบบแปร่งสำหรับทำความสะอาดพื้นผิวของถังพักน้ำและระบบกล้องและไฟที่ส่องสว่างภายในถังพักน้ำ [8]



รูปที่ 1. ภาพรวมระบบการทำงานของหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำ

3.1 การออกแบบโครงสร้างของหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำ



รูปที่ 2. โครงสร้างของหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำ

วัสดุที่ใช้ในการสร้างหุ่นยนต์ดูดตะกอนนั้นจะเลือกใช้วัสดุที่ไม่เป็นสนิม โดยจะคำนึงถึงคุณภาพของน้ำประปาในขณะปฏิบัติงาน [9] จึงเลือกใช้วัสดุ อลูมิเนียมและสแตนเลสเป็นโครงสร้างของหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำ ในการออกแบบขนาดโครงสร้างของหุ่นยนต์นั้นต้องคำนึงถึงขนาดของปากถังพักน้ำประปาใต้ดิน ซึ่งโดยส่วนใหญ่ปากของถังพักน้ำใต้ดินจะมีขนาด กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร ผู้จัดทำจึงออกแบบ

ขนาดของหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำให้มีความกว้าง 45 เซนติเมตร ความยาว 60 เซนติเมตรและความสูง 45 เซนติเมตร [10] ซึ่งในการลงไปปฏิบัติงานในถังพักน้ำจะทำการส่งหุ่นยนต์ดูดตะกอนลงไปใต้น้ำ จึงส่งผลให้สามารถลงไปปฏิบัติงานในถังพักน้ำได้ โดยจะเหลือช่องว่างระหว่างปากถังพักน้ำกับหุ่นยนต์ดูดตะกอนประมาณ 5 เซนติเมตร

3.2 อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำ

มอเตอร์กำลังหลักเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ความเร็วมอเตอร์ 400 รอบต่อนาที แรงบิดสูงสุด 20 นิวตันเมตร โดยคำนวณหาแรงบิดมอเตอร์ให้เหมาะสมจากสมการที่ 1 โดยสามารถเคลื่อนที่ได้ 0.5 เมตรต่อวินาที

$$T_m = P_m / (2 \times \pi \times N) \quad (1)$$

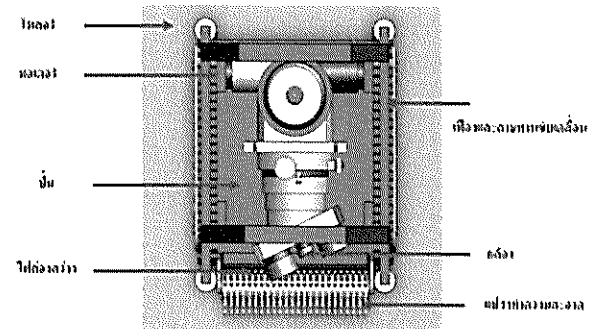
มอเตอร์มีการออกแบบระบบซีลกันน้ำเพิ่มเติม ซึ่งทำขึ้นจากวัสดุที่เป็นอลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการ CNC แล้วจึงมีซีลกันน้ำไม่ให้น้ำผ่านเข้าไปยังมอเตอร์ ซึ่งจะอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานอุปกรณ์กันน้ำเท่ากับ IP68 ตามมาตรฐานการกันน้ำของ IEC [11] ตามตารางที่ 1

ตาราง 1. การรับรองมาตรฐานการป้องกัน

IP60	ไม่ป้องกันอะไรเลย
IP61	สามารถป้องกันหยดน้ำได้ เช่น หยดน้ำที่เกิดจากความชื้น
IP62	สามารถป้องกันละอองน้ำที่เข้ามาในมุมไม่เกิน 15 องศาจากแนวตั้ง
IP63	สามารถป้องกันละอองน้ำที่เข้ามาในมุมไม่เกิน 60 องศาจากแนวตั้ง
IP64	สามารถป้องกันละอองน้ำได้จากทุกทิศทาง
IP65	สามารถป้องกันน้ำได้ในระดับหนึ่ง
IP66	สามารถเปียกน้ำได้แต่ไม่นาน เช่น โดรนฝน
IP67	สามารถจุ่มน้ำได้ที่มีความลึกตั้งแต่ 15 เซนติเมตร ถึง 1 เมตร
IP68	สามารถใช้งานใต้น้ำได้

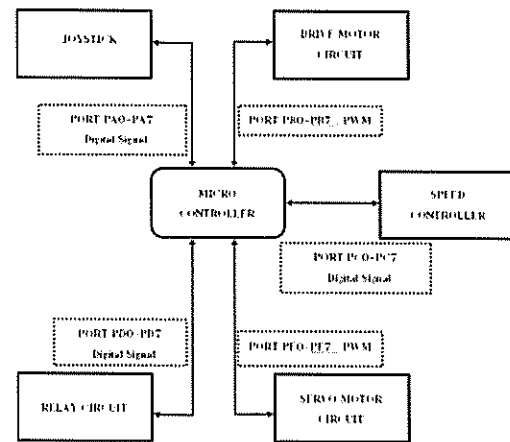
ซึ่งมอเตอร์จะถูกติดตั้งอยู่กับเฟรมหลังด้านขวาและด้านซ้ายจะทำหน้าที่ส่งกำลังให้กับการเคลื่อนที่ เติมน้ำ ถอยหลัง เลี้ยวซ้ายและเลี้ยวขวา ขับเคลื่อนด้วยเฟืองโซ่ปีกเบอร์ 40 ทำจากวัสดุที่เป็นสแตนเลส จำนวน 36 ฟัน พร้อมทั้งมีการออกแบบยางโดยใช้กระบวนการผลิตแบบขึ้นรูป โดยติดตั้งอยู่บนโซ่ปีกให้มีลักษณะเป็นลูกยางดินตะขาบ และชนิดของยางที่ใช้เป็นชนิดไนไตรล์ บิวตะไดอิน หรือ NBR ที่สามารถทนต่อทุกสภาพอากาศ มีความหนาแน่นสูง ซึ่งเหมาะสำหรับการนำมาใช้ในหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำ โดยเฟืองโซ่จะมีอัตราทดกำลังอยู่ที่ 1:1 จึงสามารถส่งกำลังที่ได้จากมอเตอร์เพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ไปในทิศทางต่าง ๆ และจะมีกล่องใต้น้ำที่สามารถใช้งานใต้น้ำได้ลึก 5 เมตร โดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ มีอินฟาเรดที่ช่วยให้สามารถมองเห็นใต้น้ำที่มีมืด และยังมิโคมไฟใต้น้ำส่องสว่างจำนวน 2 ดวง โดยหลอดฮาโลเจนกระแสสลับ 220 โวลต์ เพื่อเพิ่มแสงสว่างในที่มีตขนะปฏิบัติงาน เพื่อควบคุมทิศทาง การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ได้สะดวกมากขึ้น และมีการออกแบบโรเลอร์โดยใช้ดรัมลูกปืนอยู่ภายในเพื่อช่วยการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ให้ง่ายขึ้นเมื่อมีการควบคุมทิศทางกับผนัง ซึ่งจะทำหน้าที่คล้ายกับล้ออิสระส่งผลให้หุ่นยนต์

สามารถเคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น ในการดูดตะกอนจะมีปั๊มไอน้ำที่มีลักษณะเป็น แนวนอนมีกำลังกล 0.5 แรงม้า กำลังไฟฟ้า 400 วัตต์ ซึ่งสร้างแรงส่งน้ำได้สูงสุด 10 เมตร ปริมาตรการไหลของน้ำสูงสุด 300 ลิตรต่อนาที ซึ่งถูกติดตั้งไว้ที่เฟรมหลักบริเวณตรงกลางของหุ่นยนต์ดูดตะกอน มีการออกแบบแปร่งทำความสะอาดขนแปร่งที่จากในลอน โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ ความเร็วมอเตอร์ 10 รอบต่อนาที ทำหน้าที่ขัดสิ่งสกปรกที่อยู่ด้านหน้าของหุ่นยนต์ โดยไม่เพิ่มความขุ่นของตะกอนที่อยู่ใต้น้ำ ส่งผลให้การดูดตะกอนยังสามารถขุดพื้นของถังพักน้ำ เพื่อให้การดูดตะกอนออกไปยังด้านบนของถังพักน้ำง่ายขึ้นผ่านทางท่อที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว



รูปที่ 3. อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำ

3.3 การออกแบบระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์



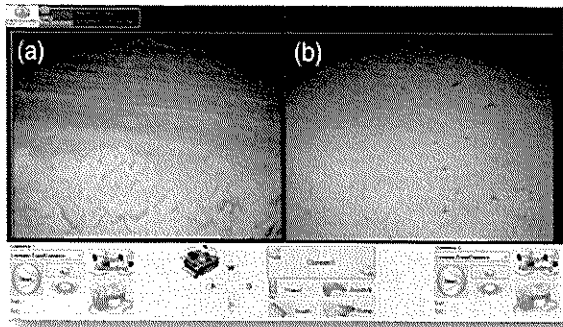
รูปที่ 4. ไลอะแกรมระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

การออกแบบระบบไฟฟ้าของหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำ จะมีอยู่ 2 ส่วน คืออุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ โดยจะมีอุปกรณ์แปลงไฟจากกระแสสลับ 220 โวลต์ เป็นไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ 120 แอมแปร์ ใช้เป็นไฟเลี้ยง อุปกรณ์ทั้งหมดในการทำงานของหุ่นยนต์ ในการควบคุมส่วนต่างๆ ของหุ่นยนต์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวกลางในการควบคุมโดยเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี รับ-ส่งคำสั่งที่มาจากคอมพิวเตอร์ผ่านทางสายสัญญาณในรูปแบบ RS232 หรือสามารถสั่งการได้โดยตรงจากกล่องควบคุม โดยการส่งผ่านสัญญาณ Digital Signal เป็นสัญญาณ

รูปแบบดิจิทัลโดยมีตัวบอกลักษณะเป็น 0 กับ 1 เท่านั้น และสัญญาณ PWM (Pulse width modulation) เป็นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมความเร็วโดยการกำหนดจากความกว้างของช่วงสัญญาณ ทั้งนี้สัญญาณ PWM จะเป็นการส่งสัญญาณสลับระหว่าง 0 กับ 1 ด้วยความถี่ประมาณ 50 Hz

3.4 ระบบควบคุมและสั่งการผ่านส่วนประสานกราฟิก

การออกแบบระบบควบคุมระหว่างหุ่นยนต์ดูดตะกอนกับผู้ใช้เพียงคนเดียว ผ่านส่วนประสานกราฟิกนั้น มีการออกแบบพัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษา C++ โดยมีการพัฒนาโปรแกรมให้มีการรับ-ส่งสัญญาณผ่านสายสัญญาณในรูปแบบ RS232 ระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถควบคุมหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้ทุกคำสั่งจากส่วนประสานกราฟิกนี้ โดยที่ทุกคำสั่งที่สั่งการผ่านส่วนประสานกราฟิกกับผู้ใช้นั้นจะถูกนำไปประมวลผลตามเงื่อนไข โดยมีรูปแบบที่ได้รับการออกแบบไว้ และนอกจากจะบังคับผ่านหน้าจอแล้ว ยังสามารถบังคับหุ่นยนต์ผ่านแป้นควบคุมได้อีกด้วย



รูปที่ 5. ระบบควบคุมและสั่งการผ่านส่วนประสานกราฟิก

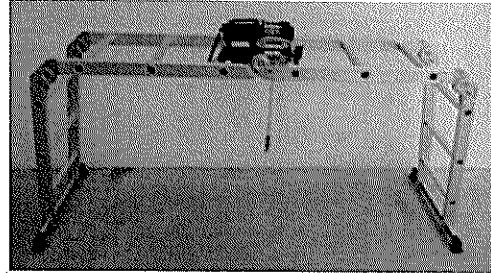
3.5 การออกแบบระบบฐานข้อมูล

ระบบการควบคุมหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้น้ำ มีการออกแบบให้สามารถจัดเก็บข้อมูลขณะปฏิบัติงานได้ โดยข้อมูลที่จัดเก็บจะประกอบไปด้วยข้อมูลของผู้ควบคุมหุ่นยนต์ บันทึกเวลาในการปฏิบัติงาน บันทึกภาพขณะปฏิบัติงาน โดยข้อมูลทั้งหมดจะถูกจัดเก็บข้อมูลไว้ในฐานข้อมูลของคอมพิวเตอร์ และมีการคำนวณค่าใช้จ่ายในการให้บริการแต่ละครั้ง ซึ่งข้อมูลที่เก็บนั้นจะมีประโยชน์ในการให้ข้อมูลของการปฏิบัติงานของแต่ละที่เพื่อนำมาวิเคราะห์ ปรับปรุงประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ และสามารถตรวจสอบการทำงานที่ผ่านมาของหุ่นยนต์ได้

3.6 การออกแบบอุปกรณ์ช่วยเหลือหุ่นยนต์ดูดตะกอนในการปฏิบัติงานในถังพักน้ำใต้ดิน

การออกแบบอุปกรณ์ช่วยเหลือหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้น้ำ โดยใช้บันไดอเนกประสงค์สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 150 กิโลกรัม ซึ่งมีลักษณะคล้ายการค้ำยันแล้วติดตั้งรอกแบบก้านไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ มีกำลังสูงสามารถยกน้ำหนักได้ถึง 1000 กิโลกรัม โดยติดตั้งอยู่ทางด้านบนของบันไดและมีเชือก สลิงที่เชื่อมต่อกับตัวหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้

น้ำเพื่อที่จะนำพาหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้น้ำลงไปปฏิบัติงานบริเวณด้านล่างของถังพักน้ำประปา



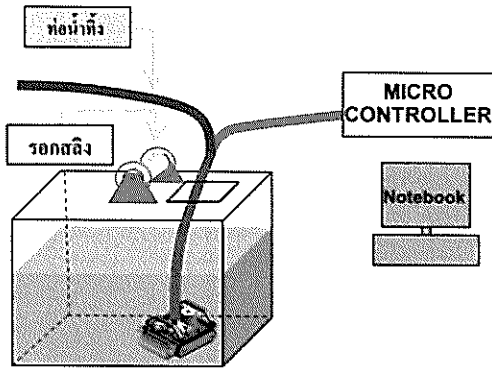
รูปที่ 6. อุปกรณ์ช่วยเหลือหุ่นยนต์ดูดตะกอนในการปฏิบัติงานในถังพักน้ำใต้ดิน

4. การทดสอบประสิทธิภาพ

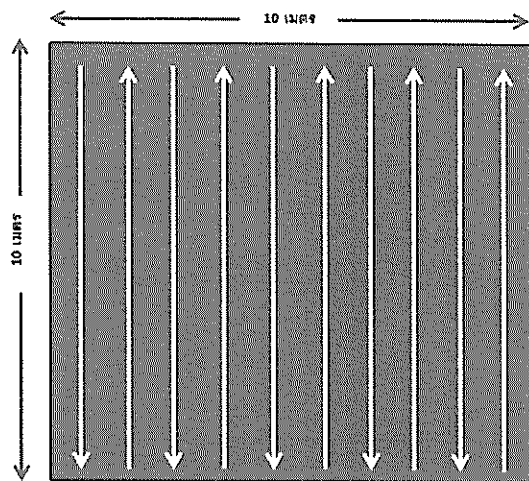
การทดสอบประสิทธิภาพของหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้น้ำเป็นการทดสอบความสามารถของหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้น้ำในการทำความสะอาด และสำรวจภาพเหตุการณ์ได้น้ำ พร้อมทั้งสามารถเคลื่อนที่ได้ขณะปฏิบัติงานในถังพักน้ำประปาใต้ดินที่มีความลึกไม่เกิน 5 เมตร โดยจะทดสอบระบบช่วยเหลือการขึ้น-ลงของหุ่นยนต์ และทดสอบการทำงานของหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้น้ำทุกระบบ ทำการควบคุมหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้น้ำพร้อมกับทำความสะอาดโดยการดูดตะกอนขึ้นไปยังด้านบนของถังพักน้ำ โดยลักษณะการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ดูดตะกอนจะเคลื่อนที่ไป-กลับรอบ ๆ ถังพักน้ำพร้อมทั้งแสดงภาพในขณะปฏิบัติงาน โดยจะส่งสัญญาณภาพไปยังหน้าจอของระบบควบคุมที่อยู่บริเวณด้านบนของถังพักน้ำ และทำการบันทึกเวลาในการทำความสะอาด พร้อมทำการบันทึกผลและรายละเอียดในการทดสอบ โดยวิธีการทดสอบประสิทธิภาพมีขั้นตอนดังนี้

เตรียมหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้น้ำแล้วเปิดโปรแกรมการทำงานระบบการควบคุมต่างๆ เชื่อมต่อสายควบคุมต่างๆ และทำการทดสอบระบบการทำงานทั้งหมดของหุ่นยนต์ ให้พร้อมก่อนการปฏิบัติงานจริง จากนั้นทำการตรวจสอบจุดที่คาดว่าจะมีปัญหาเกี่ยวกับหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้น้ำ พร้อมทั้งเตรียมความพร้อมของหุ่นยนต์และชุดควบคุม จากนั้นนำเชือกสลิงมาติดไว้บริเวณด้านหลังของหุ่นยนต์ดูดตะกอนเพื่อให้หุ่นยนต์ดูดตะกอนได้ไต่ตัวลงไปใต้ผิวน้ำอย่างมีประสิทธิภาพและนิ่มนวล รวมทั้งป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดจากการกระทบกระเทือน จากนั้นนำหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้น้ำไต่ตัวลงมาที่สามารถควบคุมการไต่เชือกสลิงขณะลงมาได้ เพราะผู้จัดทำใช้ระบบรอกแบบคว้านไฟฟ้า ซึ่งเป็นระบบที่สามารถปรับช้า-เร็วได้ตามต้องการเพื่อลดแรงกระแทกจากผิวน้ำ และลดความเสียหายของชิ้นส่วนหุ่นยนต์ดูดตะกอนในขณะที่ลงสู่ด้านล่างของถังพักน้ำแล้ว จากนั้นทำการเปิดระบบดูดตะกอน พร้อมแปร่งทำความสะอาด และทำการควบคุมไปยังจุดต่างๆ จนทั่วถังพักน้ำ พร้อมทั้งสังเกตการณ์ขณะปฏิบัติงานของหุ่นยนต์จากหน้าจอประสานกราฟิกผ่านกล้องได้น้ำที่ติดตั้งบริเวณด้านหน้าของหุ่นยนต์ และบันทึกผลการทดสอบ เพื่อหาประสิทธิภาพในการทำงานของหุ่นยนต์ดูดตะกอน โดยการควบคุมหุ่นยนต์ไปยังจุดต่างๆ จะเริ่มจากมุมของถังพักน้ำประปาและเคลื่อนที่แบบไป-กลับ ระยะทาง 10 เมตร สลับไป-มา ดังรูปที่ 8 โดยใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ 0.5 - 1 เมตรต่อวินาทีและบันทึกผลเปอร์เซ็นต์ของประสิทธิภาพในการ

ทำความสะอาดตะกอนมีที่เปอร์เซ็นต์ เมื่อควบคุมหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้น้ำปฏิบัติงานทำความสะอาดไปยังจุดต่างๆของถังพักน้ำจนครบแล้วให้นำหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้น้ำขึ้นมายังด้านบนโดยใช้อุปกรณ์ช่วยเหลือดึงขึ้นมาบริเวณด้านบนของถังพักน้ำ และทำการตรวจสอบความเสียหายของหุ่นยนต์ ทำความสะอาดสิ่งสกปรกที่อาจจะติดมากับหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้น้ำด้วยน้ำสะอาด



รูปที่ 7. การทดสอบประสิทธิภาพ



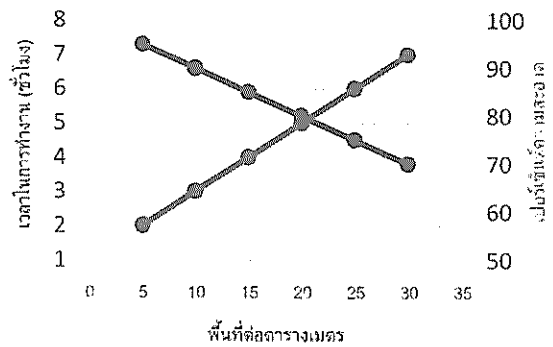
รูปที่ 8. รูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ดูดตะกอนขณะปฏิบัติงาน

5. วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

โครงการหุ่นยนต์ดูดตะกอนได้น้ำสามารถปฏิบัติงานได้น้ำได้อยู่ในเกณฑ์ดี โดยที่สามารถปฏิบัติงานได้น้ำได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่เกิดข้อผิดพลาดทางไฟฟ้า หรือในด้านต่างๆ เพียงแต่หลังจากการใช้งานแล้วมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการบำรุงรักษาในจุดต่างๆ เช่นระบบหล่อลื่นลูกปืน เพื่อยืดอายุการใช้งานให้ดียิ่งขึ้นเป็นต้น โดยหุ่นยนต์สามารถปฏิบัติงานร่วมกับส่วนการทำงานต่างๆ เช่น ระบบถ่ายทอดสัญญาณภาพ ระบบสร้างแรงดูดตะกอน ชุดควบคุมและสั่งการ และส่วนผลานกราฟิกได้เป็นอย่างดี จากโครงการวิจัยที่ได้ทำการสร้างขึ้นมานั้นสามารถนำมาเปรียบเทียบกับหุ่นยนต์ที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งมีลักษณะการทำงานคล้ายคลึงกันโดยสามารถเปรียบเทียบได้เป็นประเด็นหลักๆ 3 ประเด็นคือ

ด้านวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้และการออกแบบหุ่นยนต์ที่ใช้ในงานดูดสิ่งต่างๆได้น้ำนั้น ที่ใช้โดยส่วนใหญ่จะถูกออกแบบมาจากวัสดุจำพวกอลูมิเนียม สแตนเลส และพลาสติกเพราะเนื่องจากสามารถทนต่อการเกิดสนิมได้เป็นอย่างดีโดยเห็นการออกแบบไปที่ระบบการทำงานอย่างง่าย ไม่ซับซ้อน เนื่องจากกลุ่มผู้ใช้หุ่นยนต์ประเภทนี้ส่วนใหญ่จะเป็นผู้พักอาศัยตามบ้านเรือนที่บริเวณบ้านมีสระว่ายน้ำ โดยการออกแบบรูปทรงนั้นจะออกแบบให้ใช้งานกับพื้นที่ที่เป็นพื้นเรียบเท่านั้น และใช้ล้ออย่างดินตะขาบในการเคลื่อนที่เพียงแต่ถ้าไม่คำนึงถึงเรื่องการสิ้นเปลืองเพราะหุ่นยนต์ประเภทนี้ไม่ต้องคำนึงถึงระยะการเดินทาง เนื่องจากการทำงานเป็นการเคลื่อนที่แบบอิสระต้องใช้คนบังคับ

ด้านการออกแบบชิ้นส่วนของหุ่นยนต์ดูดตะกอนนั้นได้ถูกออกแบบมาให้สามารถรองรับการทำงานในรูปแบบต่างๆในขนาดได้ และยังมีส่วนช่วยในการทำงานต่างๆ เพื่อให้การทำงานสะดวกและง่ายยิ่งขึ้นรวมทั้งมีความแม่นยำ และมีความเสถียรที่สูงขึ้นด้วย โดยที่อุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่างๆ ที่ใช้งานร่วมกันกับตัวหุ่นยนต์ดูดตะกอน สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 9. แผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของหุ่นยนต์

ด้านการทำความสะอาด จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าถึงแม้จะใช้เวลาเร็วในการทำงานของหุ่นยนต์มากที่สุดก็ไม่ได้หมายถึงว่าการทำความสะอาดนั้นจะทำความสะอาดได้ดีที่สุด เพราะยังใช้ความเร็วของหุ่นยนต์ในการเคลื่อนที่สูงเท่าไร หมายความว่าอัตราการดูดของระบบดูดทำความสะอาดไม่ได้ดูดเร็วเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่อาจจะทำให้เกิดความฟุ้งของตะกอนเพิ่มมากขึ้น ส่วนระบบดูดทำความสะอาดก็ยังทำงานตามความเร็วรอบเท่าเดิมซึ่งเป็นการทำให้การทำความสะอาดพื้นที่ได้ไม่หมด ดังนั้นขึ้นอยู่กับประสบการณ์ และความสามารถของผู้ปฏิบัติงานที่ควรเลือกระดับความเร็วให้เหมาะสมกับงาน เช่น หากทำงานในพื้นที่ที่มีตะกอนสะสมอยู่มากควรเลือกการทำงานที่ช้าลง เพื่อการทำความสะอาดที่มากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 9 แผนภูมิจะแสดงให้เห็นว่าความสะอาด(กราฟเส้นสีแดง) จะขึ้นอยู่กับขนาดของถังพักน้ำประปา เนื่องจากขนาดของถังพักที่ใหญ่ขึ้น อาจจะทำให้การทำความสะอาดได้อย่างทั่วถึงน้อยลง แต่ถ้าถังพักน้ำประปาตามมาตรฐานทั่วไปจะอยู่ที่ 5 - 10 ตารางเมตร ตามที่ทดลองจะเห็นได้ว่าความสะอาดจะอยู่ในระดับ 90% - 95% ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง(กราฟเส้นน้ำเงิน)

โดยภาพรวมแล้วสามารถลดความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากบุคลากรได้เป็นอย่างดี เนื่องจากบุคลากรไม่ต้องปฏิบัติงานในพื้นที่เสี่ยง อีกทั้งยังสามารถลดเวลาปฏิบัติงานของบุคลากรจากเดิมใช้เวลา 4-6

ชั่วโมง แต่เมื่อนำหุ่นยนต์ดูดตะกอนเข้ามาใช้สามารถปฏิบัติงานได้ภายในเวลา 1-2 ชั่วโมง ซึ่งลดเวลาปฏิบัติงานได้ประมาณ 2 เท่า สำหรับดึงพื้กน้ำประปามาตรฐาน 5 -10 ตารางเมตร ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ดูดตะกอนอยู่ที่ 0.5 - 1 เมตรต่อวินาที ความสะอาดอยู่ที่ระดับ 90 - 95% เมื่อเปรียบเทียบกับหุ่นยนต์จากต่างประเทศแล้ว หุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำที่ผู้จัดทำได้สร้างขึ้นนี้ สามารถใช้ต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่าการนำเข้าหุ่นยนต์จากต่างประเทศมาใช้หลายเท่า เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานจากต่างประเทศก็จะเห็นว่าประสิทธิภาพการทำงานไม่แตกต่างกัน จึงทำให้โครงการวิจัยหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำนี้ ได้นำไปใช้ปฏิบัติงานจริงตามอาคารบ้านเรือนของผู้บริโภคน้ำประปา

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยหุ่นยนต์ดูดตะกอนใต้น้ำได้รับทุนสนับสนุนจากการประปานครหลวง

เอกสารอ้างอิง

- [1] การประปานครหลวง, www.mwa.co.th/
- [2] พังทมนพุดเรื่องน้ำประปาดื่มได้, การประปานครหลวง, http://www.mwa.co.th/2010/ewf/mwa_internet/ewt_news.php?nid=4321&filename=index
- [3] การทำความสะอาดถังพักน้ำใต้ดิน, <http://reg6.pwa.co.th/activity/20110323-2/>
- [4] วิชาการของหุ่นยนต์, มุลนิธิวิกิมีเดีย, 12 มกราคม 2547, <http://th.wikipedia.org>
- [5] ข้อมูลบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ. เส้นทางสู่นักประดิษฐ์หุ่นยนต์. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2547.
- [6] ROV, SubDimension-Engineering, <http://www.subdimension-engineering.com/ROV's.html>
- [7] WEDA VR600, Weda, <http://www.weda.se/water-and-services/vr600/>
- [8] เริ่มต้นการสร้างหุ่นยนต์, นิตยสาร Hobby Electronics, มิถุนายน 2545, <http://www.basilclite.com/robot/project/lightbeam/lightbeam.htm>
- [9] ทวีศักดิ์ อ่วมน้อย. วัสดุ และเทคโนโลยีการผลิต. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2542.
- [10] ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว. เครื่องกล ชุดที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์เอ็มแอนด์อี, 2542.
- [11] Ingress Protection (IP) ratings, European Committee for Electro Technical Standardization (CENELEC) (NEMA IEC 60529 Degrees of Protection Provided by Enclosures - IP Code),2002