

การพัฒนาระบบคลองอัตโนมัติ

วิทย์ ศรีวงษา^{1*} และ วราวุธ วุฒินิชย์²

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบคลองอัตโนมัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการน้ำ การทำงานของระบบคลองประกอบด้วยประตูยนต์หรือประตูน้ำแบบอัตโนมัติเรียกว่า Robogate (Robot gate) ซึ่งติดตั้งเกียร์มอเตอร์สำหรับเปิด-ปิดบานประตู โดยใช้ระบบฝังตัวควบคุมแบบ Upstream control ที่ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์ โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ติดตั้งร่วมกับลูกกลอยบริเวณหน้าประตูระบายน้ำ (Robogate ver.1) และใช้แสงอินฟราเรดวัดระดับน้ำหน้าประตูระบายน้ำ (Robogate ver.3) คลองอัตโนมัติสามารถรักษาระดับน้ำในคลองจำลองให้คงที่ตลอดระยะเวลา Robogate ver.3 และ Telemetry ส่งข้อมูลระดับน้ำและการเปิดบาน มาที่เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่ห่างไกลแบบอัตโนมัติผ่านทางคลื่นวิทยุ CB ด้วยเทคนิคการรับ-ส่งข้อมูลแบบ Dual tone multi frequency data encoder จากนั้นอุปกรณ์ Canal automation interface จะทำหน้าที่ Data decoder เข้าสู่ PC ทางพอร์ตอนุกรม โปรแกรมที่ใช้เชื่อมต่อเขียนขึ้นเองโดยใช้ VB ใช้ฐานข้อมูล Excel ทำการพล็อตกราฟแสดงผลแบบ real time สามารถส่งคำสั่งผ่านคลื่นวิทยุไปที่ Robogate เพื่อปรับระบบได้ทันที การทดสอบระบบคลองอัตโนมัติในห้องปฏิบัติการเบื้องต้นสามารถทำงานได้ดีพอสมควร

¹นิสิตปริญญาเอก ²รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
*ผู้รับผิดชอบบทความ อีเมล: a1963wich@maildozy.com

DEVELOPMENT OF CANAL AUTOMATION SYSTEM

Vich Sriwongsa¹* and Varawoot Vudhivanich²

ABSTRACT

The canal automation was developed in this study to improve water measurement of an irrigation project. It consisted of robogate (robot gate) for water level control and water level sensors. The robogate was designed for upstream water level control using embeded system. The microcontroller received water level measurement data from linear variable resistor float sensor from robogate and infrarad sensor for robogate ver.3. The gear motor for adjusting regulator was installed at the robogate for maintaining water level. The central PC installed the dual tone multi frequency encoder / decoder program and canal automation interface, for sending the key control by serial port, broadcasted the key control to the long distant robogate receivers. The robogate received and decoded the key control. If the key control was correct, the robogate using CB radio broadcasted the data by dual tone multi frequency data encoder. The data from the canal automation system at specified time interval could be recorded with datalogger developed in this study, using MS Excel database, real time graph plotting. The initial test in laboratory showed that the canal automation system worked reasonably.

KEYWORDS: Canal automation

¹Doctoral Student, ²Associate Professor, Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at KamphaengSaen, Kasetsart University KamphaengSaen Campus, NakornPathom 73140

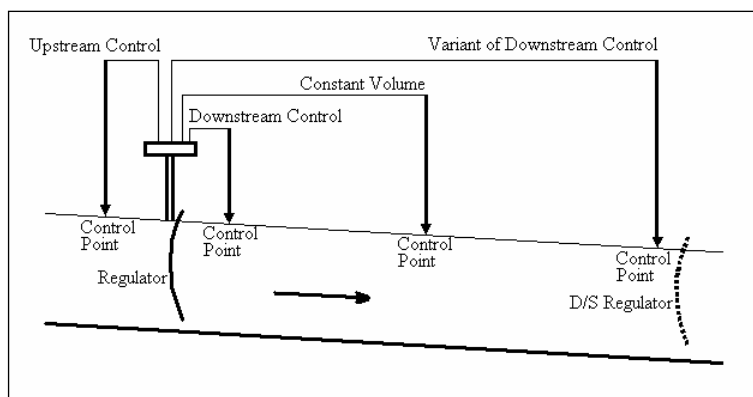
*Corresponding author. E-mail address: a1963wich@maildozy.com

1. บทนำ

การบริหารจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพต้องใช้พนักงานทำงานให้ด้านนี้โดยเฉพาะเป็นจำนวนมาก ซึ่งในปัจจุบันตามโครงการชลประทานยังมีพนักงานไม่เพียงพอ แนวทางแก้ปัญหาคือต้องพัฒนาระบบคลองอัตโนมัติ (Canal Automation System, CAS) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการบริหารจัดการน้ำอย่างเป็นระบบทำให้การส่งน้ำและการกระจายน้ำทำได้เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการน้ำมากขึ้น การพัฒนาระบบคลองอัตโนมัติได้เริ่มมานานกว่า 70 ปี ซึ่งในสมัยแรกใช้ระบบแมคคานิคควบคุมปริมาณการไหล(flow) หรือระดับน้ำ(water level)ทางด้านท้ายน้ำ การควบคุมจะมีลักษณะอิสระในแต่ละแห่งไม่เชื่อมโยงกัน(วรารุชและวิชัย 2548) ลักษณะการควบคุมแบบนี้ตอบสนองความต้องการน้ำของผู้ใช้น้ำทางด้านท้ายน้ำได้ดีแต่จะมีปัญหาหากนำมาพัฒนาต่อเพื่อใช้ในเมืองไทย เนื่องจากวิธีควบคุมการไหลทางด้านท้ายน้ำจะต้องมีคันคลองที่สูงและตัวคลองมีขนาดใหญ่ซึ่งในเมืองไทยการสร้างคลองส่งน้ำลักษณะนี้ไม่มี ถ้าจะสร้างขึ้นต้องใช้งบประมาณค่าก่อสร้างสูง

ประมาณปี1975เป็นต้นมาเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์พัฒนารวดเร็วมาก ระบบ SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition System) ได้รับการพัฒนาขึ้น ส่วนประกอบ (elements) ได้ออกแบบให้ผู้เลือกใช้งานสามารถนำไปประยุกต์เข้ากับงานต่างๆ ได้หลายรูปแบบ ระบบCASเป็นตัวอย่างหนึ่งที่ได้นำ SCADA elements มาใช้งานในด้านวิศวกรรมชลประทาน (Clemmons, A.J., Bautista, E. and R.J. Strand. 1997.; Plusquellec, H. 1988.) การศึกษาแนวทางเพื่อพัฒนาอุปกรณ์ระบบ CAS มีรายละเอียดดังนี้

1.1 Automation of Flow Control Systems หรืองานด้าน Automation (แสดงในภาพที่ 1) ของระบบควบคุมการไหล Ankum, P. (1994). ได้สรุปและแบ่งการทำงานพื้นฐานของระบบเริ่มจาก Continuous and Discontinuous เป็นส่วนประกอบของระบบการรับข้อมูล/ควบคุมแบบต่อเนื่องหรือแอนะล็อก และสัญญาณการรับข้อมูล/ควบคุมแบบดิจิทัล วิธีการควบคุมแบบ open control systems คือระบบการควบคุมแบบส่งคำสั่งออกไปที่อุปกรณ์โดยไม่มีสัญญาณป้อนกลับ และ closed control systems คือระบบการควบคุมแบบส่งคำสั่งออกไปหาอุปกรณ์แล้วรอรับสัญญาณป้อนกลับ hierarchy of control คือการแบ่งลำดับของการควบคุมสามารถแบ่งได้ ลำดับแรกคือ local control มีวิธีการควบคุมอาคารบังคับน้ำโดยตั้งค่าการควบคุมเรียกว่า “set point” ลักษณะการทำงานแบบ local control สามารถแบ่งการทำงานได้คือ 1.two-point level control 2. water level controllers และ 3.self-regulating Local control ที่ใช้การควบคุมแบบอัตโนมัติทั้งแบบ upstream control และ downstream control



ภาพที่ 1 Automation of Flow Control Systems (ที่มา: วรารุช และวิชัย. 2548)

ลำดับที่สองคือ remote control มีลักษณะควบคุมอาคารบังคับน้ำแบบอัตโนมัติ ควบคุมระดับน้ำทางด้านท้ายน้ำคือ Bival water level control และ EL-FLO water control และลำดับสุดท้ายคือ central control ที่ใช้ควบคุมอาคารบังคับน้ำหลายแห่งจากที่ทำการแห่งเดียว

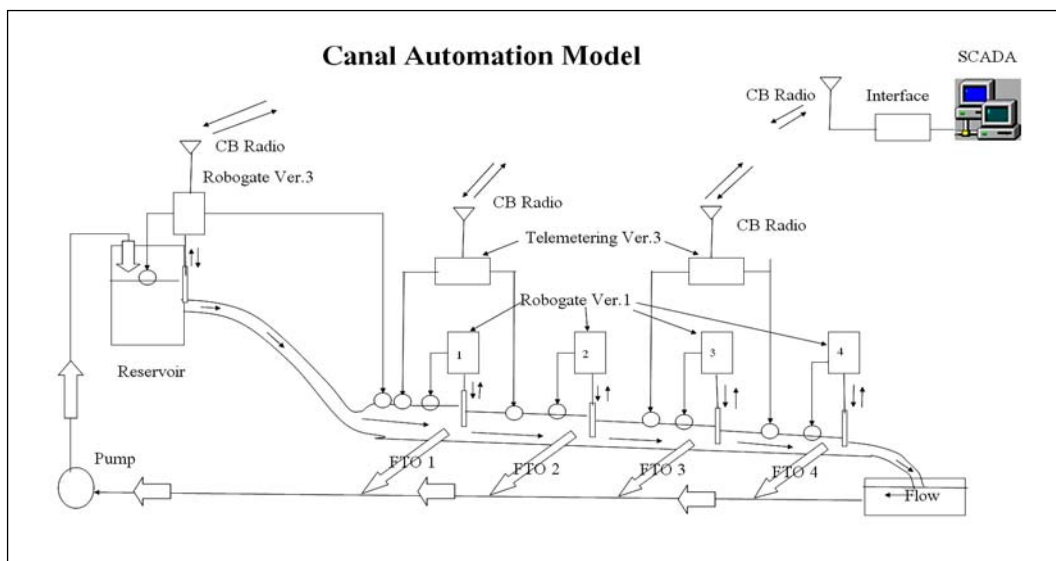
การควบคุมอุปกรณ์โดยปกติจะต้องมี mode of control สามารถแบ่งได้หลายแบบตามความเหมาะสมของการทำงานและตามลักษณะการควบคุมคือ manual control based on mutual cooperation คือควบคุมแบบร่วมกัน central control “manual control” คือควบคุมโดยพนักงานจากที่ทำการ central control “ manual control with off-line computer” คือการควบคุมจากที่ทำการร่วมกับคอมพิวเตอร์โดยใช้คนป้อนข้อมูลมีคอนโทลเลอร์ที่อาคารบังคับน้ำ central control “ manual control with on - line computer” คือการควบคุมโดยคนจากที่ทำการร่วมกับคอมพิวเตอร์ที่รับข้อมูลแบบอัตโนมัติ มีคอนโทลเลอร์ที่อาคารบังคับน้ำ central control “ manual control with in -line computer” คือการควบคุมแบบอัตโนมัติจากที่ทำการร่วมกับคอมพิวเตอร์รับข้อมูลแบบอัตโนมัติ มีคอนโทลเลอร์ที่อาคารบังคับน้ำ และ central control” direct digital control” การควบคุมแบบอัตโนมัติจากคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง ไม่มีคอนโทลเลอร์ที่อาคารบังคับน้ำ

1.2 ประตูยนต์ หรือ robogate(robot gate) วิชญ์และวราวุธ (2547) ได้ร่วมกันพัฒนาประตูน้ำอัตโนมัติ (automatic gate) ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำในคลองให้อยู่ที่ Full Supply Level (FSL) ตลอดเวลา มีลักษณะการทำงานแบบหุ่นยนต์ (robot) ประตูยนต์(robogate) ออกแบบให้ทำงานแบบ self-regulating local control with upstream control ประตูยนต์แต่ละตัวจะทำงานเป็นเอกเทศต่อกัน

1.3 ระบบ SCADA ซึ่งพัฒนาโดย วิชญ์และวราวุธ (2546) จะทำงานแบบ Central Control “manual control with on-line computer” ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ร่วมกับลูกกลอย ตรวจวัดระดับน้ำในช่วงคลองต่างๆ ส่งข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง วิเคราะห์ว่าน้ำขาดหรือเกินเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการปรับบานประตู

2.อุปกรณ์และวิธีการ

แบบจำลองคลองอัตโนมัติ (canal automation model) ที่พัฒนาขึ้นแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 Canal Automation Model

2.1 แบบจำลองคลองส่งน้ำขนาดห้องคลอง 20 เซนติเมตร ความลาดเทด้านข้าง 1:0.6 สูง 30 เซนติเมตร ปากคลอง กว้าง 56 เซนติเมตรรวมความยาว 16 เมตร ถึงเก็บน้ำพร้อมเครื่องสูบน้ำไฟฟ้าอัตราการสูบน้ำ 17 ลิตร/นาที่แบบต่อเนื่อง ระบบ spillway ประกอบด้วยท่อ pvc. เส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว มีประตูลอยน้ำเข้าแปลงนาจำลองขนาดเล็กจำนวน 4 ตัว ขนาดบาน 10 x 10 เซนติเมตร

2.2 ประตูนุ่นที่ 1 (Robogate Ver.1) (วิชญ์และวรารุณ. 2547) แบบบานตรง (ภาพที่ 3) สามารถระบายน้ำ ได้อัตรา 12 ลิตร/นาที่จำนวน 4 ตัว การทำงานแบบ water level upstream control โดยมี sensor ที่ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ ร่วมกับลูกลอยวัดระดับน้ำหน้าประตู เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานแบบ polling ตรวจสอบความแตกต่างระหว่างระดับ น้ำที่กำหนดกับค่าระดับน้ำจริงที่ตรวจวัดได้ ถ้ามีผลต่างเกินจากค่าอ้างอิงโปรแกรมจะแปลงผลต่างนี้เป็นระยะการปรับเพิ่ม-ลด บานประตูแบบอัตโนมัติ แสดงผลการทำงานใช้ LCD LED และส่งเสียงออกถ้าโฟงขนาดเล็ก

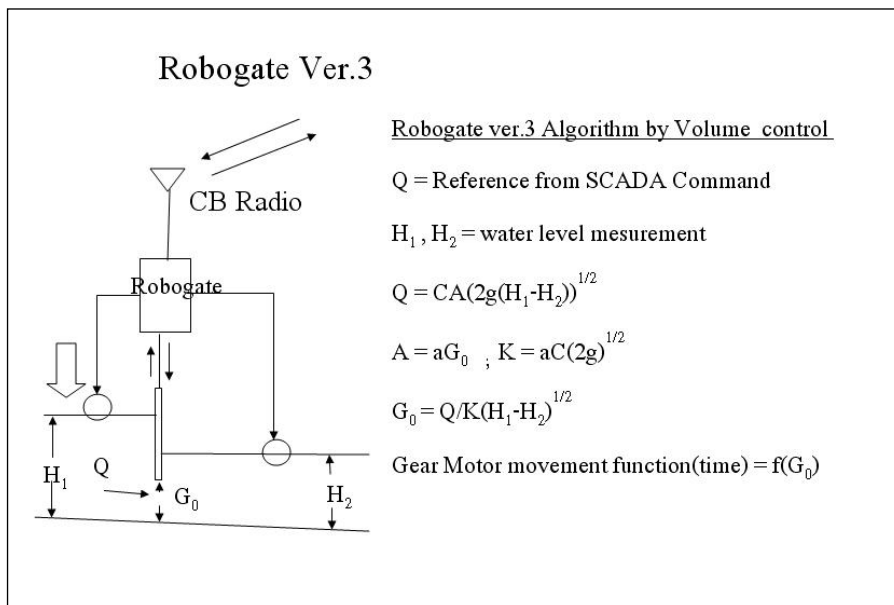


ภาพที่ 3 ประตูนุ่นที่ 1 ตัวที่ 2



ภาพที่ 4 Infrarad water level sensor

2.3 ประตูนุ่นที่ 3 (Robogate Ver.3) แบบบานตรงใช้เป็นประตูลอยน้ำปากคลองของแบบจำลอง (ประตูนุ่นนี้พัฒนาต่อจากรุ่นที่ 2 ซึ่งใช้ในแบบจำลองโครงการประตูลอยน้ำคลองลัดโพธิ์อันเนื่องมาจากพระราชดำริ กรมชลประทาน) สามารถระบายน้ำได้อัตรา 12 ลิตร/นาที่จำนวน 1 ตัวภายในประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญคือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 14-bitcore (mid-range) (ณัฐพล วงศ์สุนทรชัย และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2545) ใช้ภาษา basic (กฤษฎา ใจเย็น และคณะ. 2545.; วัชรินทร์ เคารพ. 2547.) ในการพัฒนาออกแบบให้สามารถดาวน์โหลด hex file ลงในบอร์ดการทำงานโดยไม่ต้องถอดชิพ โครงสร้างทางสถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่นนี้มีระบบต่างๆ ครบตามต้องการสำหรับใช้ในแบบจำลองหรือใช้งานจริง การตรวจวัดระดับน้ำใช้ Infrarad water level sensors ที่พัฒนาขึ้นเอง แปลงค่าระดับน้ำเป็นแรงดันไฟฟ้า 0.5-5 V. และแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นดิจิตอลผ่านวงจร ADC ขนาด 10บิต เพื่อให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์คำนวณและส่งข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง SCADA ผ่านทางคลื่นวิทยุ CB (Citizen Band) ความถี่ 245 MHz โดยเลือกวิทยุสื่อสาร CB กำลังส่ง 0.5 W. ข้อมูลระดับน้ำและระยะยกบานที่ส่งออกอากาศใช้วิธีการเข้ารหัสแบบ Dual Tone Multi Frequency Encoder เพื่อลดปัญหาการรบกวนต่างๆ เกียร์มอเตอร์สำหรับควบคุมบานประตู ใช้แบบเดียวกับประตูนุ่นที่ 1 การแสดงผลใช้ LCD 20 x4 และ LED การทำงานของประตูนุ่นที่ 3 มีลักษณะผสมผสานสามารถรับคำสั่งจาก SCADA และคงคำสั่งอ้างอิงเพื่อทำงานด้วยตัวเองจนกว่าจะมีคำสั่งใหม่แทนสำหรับ Algorithm ของประตูนุ่นที่ 3 แสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 Robogate Ver.3 Algorithm

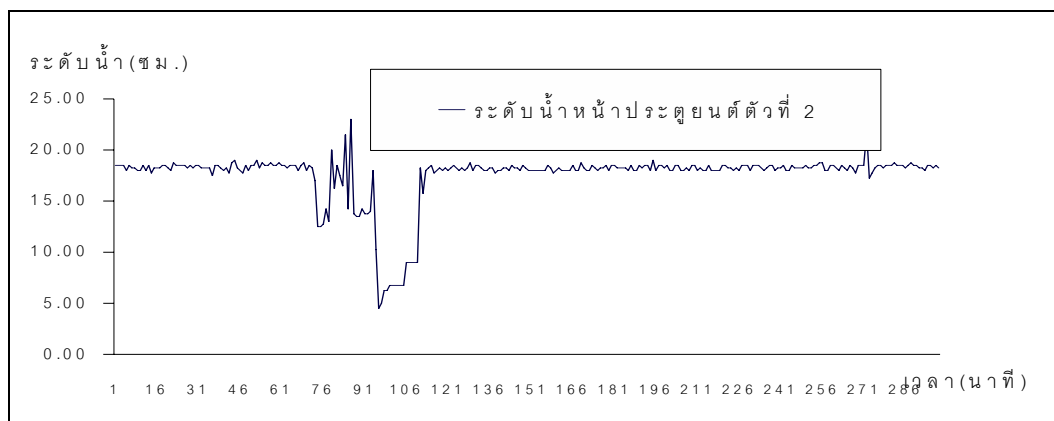
2.4 telemetering Ver.3 เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำในแบบจำลองโดยใช้ infrared water level sensors แสดงในภาพที่ 4 ลักษณะฮาร์ดแวร์ภายในจะเหมือนกับประตูชนิดรุ่นที่ 3 แต่ไม่มีระบบควบคุมเกียร์มอเตอร์และสามารถวัดระยะยกบานประตูระบายน้ำได้ 2 บานและตรวจวัดระดับน้ำในช่วงคลองได้ 2 แห่งพร้อมกัน การเรียกขานจากคอมพิวเตอร์ศูนย์กลางใช้คลื่นวิทยุ CB เข้ารหัสเช่นเดียวกับประตูชนิดรุ่นที่ 3

2.5 คอมพิวเตอร์แบบ PC และ canal automation interface ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์และเขียนโปรแกรมติดต่อฮาร์ดแวร์เอง เพื่อควบคุมการรับ-ส่งสัญญาณจากคอมพิวเตอร์แม่ข่ายส่วนกลางโดยใช้คลื่นวิทยุ CB ข้อมูลที่รับได้จากประตูชนิดรุ่น 3 และ telemetering Ver.3 เพื่อบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลแบบ Excel คำนวณวิเคราะห์การไหลของน้ำในแบบจำลองแบบ real time (วรานันท์ วงศ์วิศว์, 2541) และส่งคำสั่งควบคุมประตูชนิดรุ่นที่ 3 ที่ควบคุมอาคารบังคับน้ำปากคลองแบบอัตโนมัติ

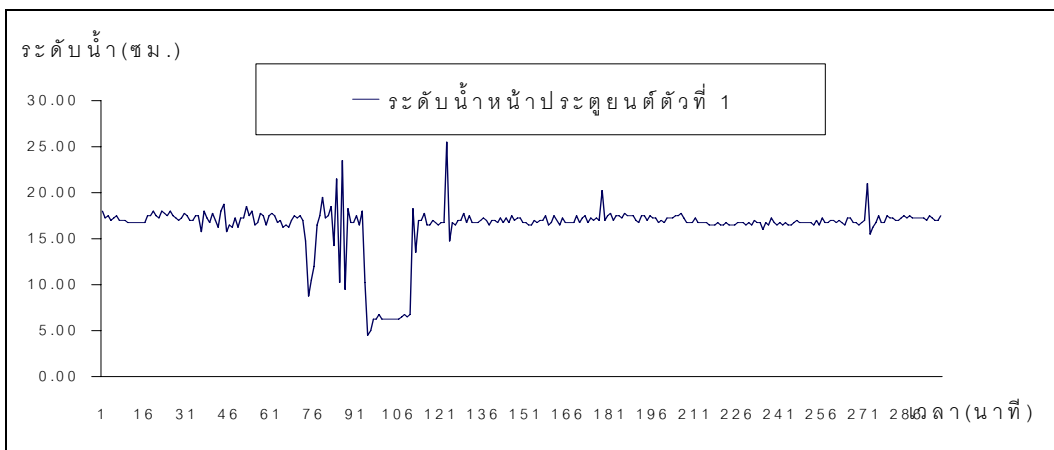
3.ผลและวิจารณ์

การทดสอบแบบจำลองคลองส่งน้ำในห้องปฏิบัติการ ผลการทดสอบกรณีประตูชนิดรุ่นที่ 1 ทำงานพร้อมกันทั้ง 4 ตัวเวลาเดียวกันให้ผลการทำงานไม่ดีตามที่ออกแบบไว้ จึงเปลี่ยนวิธีการทดสอบโดยแยกการทำงานของประตูชนิดเป็นคู่ รายละเอียดการทดสอบดังนี้

3.1 ประตูชนิดรุ่นที่ 1 ตัวที่ 2 ทำงานพร้อมกับตัวที่ 4 (หยุดการทำงานตัวที่ 1 และ 3) สามารถควบคุมระดับน้ำจริงได้ใกล้เคียงกับระดับน้ำอ้างอิง ระดับน้ำมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 2 % โดยคิดจากระดับน้ำอ้างอิง (แสดงในภาพที่ 6) ระดับน้ำในคลองมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 0.5 ซม. สัดส่วนการกระจายน้ำเข้าสู่แปลงผ่านทางประตูระบายน้ำขนาดเล็กข้างแบบจำลองค่อนข้างคงที่ ทดสอบการปรับเปิด-ปิดบานประตูจ่ายน้ำข้างคลองดังกล่าวขึ้น-ลงตามต้องการประตูชนิดยังคงสามารถรักษาระดับน้ำหน้าประตูได้อย่างรวดเร็ว



ภาพที่ 6 กราฟระดับน้ำหน้าประตูยนต์รุ่นที่ 1 ตัวที่ 2



ภาพที่ 7 กราฟระดับน้ำหน้าประตูยนต์รุ่นที่ 1 ตัวที่ 1

3.2 ประตูยนต์รุ่นที่ 1 ตัวที่ 1 ทำงานพร้อมกับตัวที่ 3 (หยุดการทำงานตัวที่ 2 และ 4) การควบคุมระดับน้ำจริงกับระดับน้ำอ้างอิงไม่ดีนัก ระดับน้ำจริงมีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่า 20 % ซึ่งคิดจากระดับน้ำอ้างอิง โดยระดับน้ำในคลองจำลองมีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่า 1 ซม. (แสดงในภาพที่ 7) การทดสอบปรับเปิด-ปิดบานประตูจ่ายน้ำข้างคลอง พบว่าการทำงานของประตูยนต์คู่นี้ไม่ดีเท่าที่ควร สาเหตุจากประตูระบายน้ำปากคลองที่ขีกระด้างสูงกว่าคลองมากทำให้กระแสน้ำมีความเร็วและมีลูกคลื่นขนาดใหญ่ การขึ้น-ลงของลูกคลื่นวัดระดับน้ำร่วมกับลอจิกโปรแกรมการปรับบานของประตูยนต์ที่ออกแบบไว้ยังไม่สัมพันธ์กันเท่าที่ควร ซึ่งในขณะนี้อยู่ระหว่างพัฒนาเพื่อปรับปรุงด้านฮาร์ดแวร์และลอจิกการทำงานใหม่

3.3 ประตูยนต์รุ่นที่ 3 สามารถรับคำสั่งควบคุมการจ่ายน้ำจากถังเก็บน้ำผ่านทางคลื่นวิทยุ CB ได้รวดเร็วตอบสนองการเพิ่ม-ลดปริมาณการจ่ายน้ำทำน้ำได้ดี

3.4 telemetering Ver.3 มีความคลาดเคลื่อนในการตรวจวัดระดับน้ำจากการใช้ infrared water level sensors อยู่ระหว่าง 0.25-0.5 ซม. ซึ่งพิจารณาแล้วต้องปรับปรุงให้มีความละเอียดมากกว่านี้

3.5 ผลการทดสอบการใช้คลื่นวิทยุ CB กำลังส่ง 0.5 W.เสาอากาศแบบในตัว (เสาใส่ได้) สามารถรับ-ส่งข้อมูลระหว่างแม่ข่าย SCADA กับลูกข่ายได้ในรัศมี 1,500 เมตร การตัดปัญหาคลื่นรบกวนโดยเขียนโปรแกรม interface ใช้เทคนิค Monte carlo ซึ่งได้ผลดีมาก (ถ้าช่องความถี่ไม่มีการใช้งานจากผู้อื่น)

3.6 การเขียนโปรแกรม canal automation interface เอง และใช้ฐานข้อมูลแบบ Excel มีข้อเสียเรื่อง rows ซึ่งแต่ละ sheets จะมีจำนวน 65,535 rows เท่านั้นแต่มีข้อดีในเรื่องการคำนวณอัตโนมัติแบบ real time สามารถใช้เทคนิคเขียนโปรแกรม interface และส่งคำสั่งไปที่ประตูน้มน้ำที่ 3 แบบอัตโนมัติได้

4. สรุป

การทำงานของแบบจำลองคลองอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นโดยภาพรวมสามารถทำงานได้ดีพอสมควรแต่การทำงานของประตูน้มน้ำที่ 1 ยังต้องปรับปรุงซึ่งในขณะนี้อยู่ระหว่างพัฒนาสร้างประตูน้มน้ำที่ 4 เข้ามาทำงานแทน เพื่อให้การทดสอบมีความสมบูรณ์และนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้งานจริงต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กฤษฎา ไชยเย็น และคณะ. 2545. เรียนรู้และใช้งาน PICBASIC PRO คอมไพเลอร์. บริษัทอินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด. กรุงเทพฯ ฯ.

ณัฐพล วงศ์สุนทรชัย และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. 2545. ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F87X. บริษัทอินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด. กรุงเทพฯ ฯ.

วรานันท์ วงศ์วิศว์. 2541. Microsoft Visual Basic for Applications. บริษัท เอส.พี.ซี. พรินต์ติ้ง จำกัด. กรุงเทพฯ ฯ.

วัชรินทร์ เคารพ. 2547. เรียนรู้และเข้าใจไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC ด้วยภาษาเบสิก PicBasic Pro. บริษัท อีทีที จำกัด. กรุงเทพฯ ฯ.

วิษณุ ศรีวงษา และ วราวุธ วุฒินิชย์. 2546. การพัฒนาระบบวัดระดับน้ำและควบคุมการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำระยะไกล, น. 549-559. การประชุมวิชาการประจำปี 2546 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.

วราวุธ วุฒินิชย์ และวิษณุ ศรีวงษา. 2547. ต้นแบบประตูน้มน้ำ. หนังสือ วันชชาติ 4 มกราคม 2547. สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์. กรุงเทพฯ ฯ.

วราวุธ วุฒินิชย์ และวิษณุ ศรีวงษา. 2548. คลองอัตโนมัติ. หนังสือ วันชชาติ 4 มกราคม 2548. สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์. กรุงเทพฯ ฯ.

Ankum, P. (1994). Automation of Flow Control in Irrigation Systems. Delft University of Technology. Delft. Netherlands.

Clemmons, A.J., Bautista, E. and R.J. Strand. 1997. Implementation of Canal Automation in Central Arizona. SSVII IAHR Congress. San Francisco, CA., USA., 5 p.

Plusquellec, H. (1988). Improving the Operation of Canal Irrigation Systems. The Economic Development Institute of the World Bank. Washington, D.C., USA. 155 p.

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6 "วิศวกรรมเกษตรนำไทยสู่ครัวโลก"

30-31 มีนาคม 2548 ณ โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ กรุงเทพฯ