

ระบบคลองอัตโนมัติกำแพงแสน

Kamphaengsean Canal Automation System (KPS CAS)

วิชัย ศรีวงษา^{1*} และ วรารุณ วุฒิวณิชย์²Vich Sriwongsa^{1*} and Varawoot Vudhivanich²

ABSTRACT

The prototype for automatic water delivery and canal automation system program were respectively studied and developed for Kamphaengsean Canal Automation System (KPS CAS). Firstly, the robogate ver.5 was developed using a robot of embedded technology with dual core micro-controllers for operation and communication. The robogates were programmed for gate adjustment and for upstream water level control. The base station was designed for monitoring and remote controlling via CB 245MHz radio. The personal computer was used for automatic data logger and automatic internet data uploading. Secondly, solar cells were used as the power supply for some stations without power line. All devices of 7 station; robogate 901-903 stations, telemetering 904-905 stations, weather watch and the base station at Irrigation Engineering Faculty, were installed for irrigation canal testing at Kamphaengsean campus, Kasetsart university. It was found that the devices worked well in the field tests during June-September 2006. The canal automation program needed to be further developed for complete KPS CAS field work.

Key words: canal automation, water delivery, irrigation, telemetering

บทคัดย่อ

ออกแบบต้นแบบ (prototype) ระบบคลองอัตโนมัติ และตั้งชื่อว่า ระบบคลองอัตโนมัติกำแพงแสน เพื่อใช้เป็นต้นแบบทดสอบการทำงานของระบบคลอง และพัฒนาโปรแกรมควบคุม เพื่อนำไปสร้างและใช้งานในระดับโครงการชลประทาน ในการพัฒนาระบบคลองอัตโนมัติใช้เทคโนโลยีหุ่นยนต์ช่วยทำงานแบบอัตโนมัติ คือ robogate ver.5 ที่มีระบบฝังตัวประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัว เขียนโปรแกรมควบคุม DC รีเลย์มอเตอร์ เพื่อเปิด-ปิดบานประตูในระยะเวลา (ปตร.) ควบคุมการส่งน้ำแบบ upstream water level control สถานีแม่ข่ายสามารถช่วยติดตามวิเคราะห์การส่งน้ำและสั่งเปิด-ปิดบานประตูระยะไกล รับค่าตรวจวัดระดับน้ำและระยะยกบานประตูผ่านคลื่นวิทยุ CB245MHz automatic data logger และ automatic upload เพื่อนำเสนอข้อมูลผ่าน internet ทุกครั้งชั่วโมง ใช้พลังงานแสงแดดสำหรับสถานีที่ติดตั้งในบริเวณที่ไม่มีกระแสไฟฟ้า ติดตั้งเครื่องมือเพื่อทดลองใช้งานในคลองส่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม จำนวน 7 สถานี คือ สถานี robogate 901 - 903 สถานี telemetering 904 - 905 สถานีตรวจอากาศชลประทาน 906 และสถานีแม่ข่ายที่ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ทดสอบเก็บข้อมูลการตรวจวัดระดับน้ำ การควบคุมเปิด-ปิดประตูระยะไกลระหว่างเดือน มิถุนายน - กันยายน 2549 ได้ผลดีน่าพอใจ สำหรับโปรแกรม KPS CAS ยังเขียนไม่สมบูรณ์และจำเป็นต้องเขียนให้สมบูรณ์เพื่อให้เครื่องมือทำงานเป็นคลองอัตโนมัติที่ดีต่อไป

คำสำคัญ: คลองอัตโนมัติ ส่งน้ำ ชลประทาน โทรมาตร

^{1,2} สาขาวิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

* Corresponding author: Tel. 0-3428-1048, Fax.0-3428-1048 , E-mail address: fengvww@ku.ac.th, canal_auto@yahoo.com

คำนำ

ความต้องการเครื่องมือบริหารจัดการน้ำแบบ real time หรือความสามารถเฝ้ามองความเปลี่ยนแปลงต่างๆ ในคลองส่งน้ำได้ทันที เพื่อช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงานช่างเทคนิคที่ต้องทำงานควบคุมอาคารชลประทานอย่างต่อเนื่อง และความต้องการพัฒนาสร้างเครื่องมือขึ้นใช้งานเอง เพื่อลดค่าใช้จ่ายจากการจัดซื้อเครื่องมือต่างประเทศที่มีราคาแพง เป็นที่มาของงานวิจัยพัฒนาระบบคลองอัตโนมัติกำแพงแสน เพื่อใช้เป็นต้นแบบสร้างเครื่องมือสำหรับช่วยแก้ปัญหาที่กล่าว

การพัฒนาเทคโนโลยีระบบควบคุมน้ำในคลองอัตโนมัติ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับ คือ

1.ระบบโทรมาตร (Telemetry) คือ ระบบตรวจวัดน้ำและเก็บบันทึกข้อมูลระยะไกล แบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบสื่อสาร เช่น วิทยุ โทรศัพท์ โทรศัพท์ไร้สาย หรือระบบ GPRS (General Packet Radio Service) เป็นต้น แต่ระบบไม่สามารถตัดสินใจและทำการควบคุมระยะไกลได้

2.ระบบ SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) คือระบบการตรวจวัดและควบคุมระยะไกล (วิชญ์ และวรารุณ, 2546) ระบบ SCADA มีระบบโทรมาตรเป็นพื้นฐาน ในการตรวจวัดและจัดเก็บข้อมูล เพื่อประกอบการตัดสินใจ ก่อนทำการสั่งการเพื่อควบคุมประตูระบายน้ำ (ปตร.) ระยะไกล ระบบ SCADA สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายระดับ เช่น ระบบ SCADA แบบใช้คนเป็นผู้ตัดสินใจและสั่งการ หรือระบบที่ก้าวหน้ากว่า คือ มีระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System, DSS) อย่างไรก็ตาม ระบบ SCADA ส่วนใหญ่ ยังต้องมีคนเป็นหลักในการตัดสินใจ ก่อนการสั่งการควบคุมระยะไกล

3.ระบบคลองอัตโนมัติ (Canal Automation System, CAS) คือ ระบบ SCADA ที่ก้าวหน้ามากขึ้น สามารถทำการตรวจวัดและควบคุมระยะไกลแบบอัตโนมัติ ระบบนี้สามารถตัดสินใจและสั่งการตามตรรกะ (Logic) ที่กำหนดไว้ ระบบคลองอัตโนมัติอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ระดับ คือ ระบบควบคุมอัตโนมัติเฉพาะจุด (Localized Control) โดยใช้ Microcontroller หรือ Embedded System มีโปรแกรมควบคุมการทำงานของ ปตร. แต่ละตัว ให้ทำงานอย่างเป็นอิสระ ปตร. ที่ทำงานในลักษณะนี้เรียกว่า โรบอเกต (Robogate) (วรารุณ และวิชญ์, 2547) ซึ่งเรียกระบบคลองอัตโนมัติแบบนี้ว่า CAS

(Robogate) ระบบคลองอัตโนมัติที่ก้าวหน้ากว่า คือแบบ Computerized Centralized Control (CCC) ซึ่งมีคอมพิวเตอร์ติดตั้งอยู่ที่ศูนย์ควบคุม (Operation Center) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากระบบโทรมาตรต่างๆ เก็บบันทึกข้อมูลลงใน Data Base (Zimbelman and Bedworth, 1983) มีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถพยากรณ์ (Forecast) และจำลอง (Simulate) สถานการณ์ล่วงหน้า ก่อนตัดสินใจและสั่งการควบคุมปตร. ระยะไกลแบบอัตโนมัติ ในช่วงเวลาปกติ แต่ในช่วงเวลาวิกฤติ จำเป็นต้องใช้คนตัดสินใจและสั่งการ ระบบคลองอัตโนมัติแบบนี้เรียกว่าระบบ CAS (CCC)

ระบบคลองอัตโนมัติกำแพงแสนที่พัฒนาขึ้นด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Ploss, 1987) สำหรับงานตรวจวัดระดับน้ำ ระยะเปิดประตูระบายน้ำและควบคุม Direct Current (DC) เกียร์มอเตอร์ ใช้เป็นต้นแบบทดสอบการทำงาน และพัฒนาเขียนโปรแกรม CAS ให้ดีเนื่องจากขนาดคลองและพื้นที่ส่งน้ำมีขนาดเล็กทำให้ตรวจสอบผลต่างๆ และปรับแก้ได้สะดวก ก่อนนำไปสร้างใช้งานในระดับโครงการชลประทานซึ่งมีขนาดใหญ่กว่า การเขียนโปรแกรมให้ทำงานดีต้องอาศัยข้อมูลจากการทดสอบใช้งาน (Burt, 1983) และการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นร่วมกับอุปกรณ์ของจริงอย่างใกล้ชิดตลอดเวลาอีกทั้งต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญหลายท่านร่วมกันทำงานพร้อมกันซึ่งเป็นการยากที่จะมีเวลาพร้อมกัน ดังนั้นเพื่อให้งานพัฒนา CAS (Robogate) ทำได้ต่อเนื่องและนำเทคโนโลยีส่งไปใช้กับ NAM-OON CAS หรือโครงการชลประทานแห่งอื่นที่อยู่ห่างไกล ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน ได้พัฒนา KPS CAS (Kamphaengsean canal automation system) ติดตั้งทดสอบการใช้งานที่คลองส่งน้ำภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม ใน (Figure 1) เป็นแนวคิดและหลักการทำงานเพื่อใช้พัฒนาระบบ KPS CAS ตลอดจนตำแหน่งการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบใช้งาน และเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ภายในประเทศเพื่อให้เป็นระบบคลองอัตโนมัติต้นทุนต่ำ ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ศูนย์กลาง (Cheverreau, 1987) โดยข้อมูลจากสนามส่งผ่านคลื่นวิทยุ CB (citizen band) 245MHz กำลังส่ง 0.5 W. รัศมีการใช้งานครอบคลุมคลองส่งน้ำทั้งหมด คัดแยกช่องความถี่ย่อยโดยใช้ CTCSS (continuous tone-coded squelch system) รับ-ส่งข้อมูลเข้ารหัส DTMF (dual tone multiple

frequency) encoder / decoder ที่พัฒนาขึ้น การนำเสนอข้อมูล automatic upload ที่หน้าเว็บเพจ พร้อมกับใช้ host ของ internet เป็น data logger

อุปกรณ์และวิธีการ

ส่วนประกอบสำคัญคือใช้เทคโนโลยีหุ่นยนต์ควบคุมระดับน้ำภายในคลองส่งน้ำ (robogate) สามารถติดตามวิเคราะห์และรับ-ส่งข้อมูลผ่านคลื่นวิทยุ CB 245 MHz ใช้พลังงานแสงแดดสำหรับเครื่องมือที่ติดตั้งบริเวณที่ไม่มีกระแสไฟฟ้า ประตูนยนต์รุ่นที่ 5 (robogate ver.5) ใช้ระบบฝังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัว การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งสองเป็นอิสระต่อกัน ใช้ภาษาระดับสูง (basic) เขียนควบคุมให้ทำงานตามต้องการโดยไม่โครคอนโทรลเลอร์ตัวแรก ทำหน้าที่รับและแปลงสัญญาณตรวจวัดแบบ ADC (analog-to-digital converter) ของระดับน้ำหน้า-ท้ายประตูระบายน้ำจาก sensor ชนิด potentiometer ที่ต่อกับเฟืองโซ่เบอร์ 25 และลูกกลอย การตรวจวัดระยะเปิดบานประตูระบายน้ำใช้ sensor แบบเดียวกันต่อกับแกนเครื่องกว้านบาน ใช้ IC เบอร์ DS1307 เป็นฐานเวลาจริงเพื่อกำหนดระยะเวลาทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ใช้ IC เบอร์ 24LC128 เป็น data logger สำหรับข้อมูลภายในเครื่องเฉพาะกรณีฉุกเฉินแม่ข่ายเกิดขัดข้องเพราะเวลาปกติเครื่องจะส่งข้อมูลให้แม่ข่ายทุก 1/2 ชม. มีสวิทช์เลือกโหมดการทำงานแบบ auto หรือ manual สวิทช์และรีเลย์เปิด-ปิดประตูระบายน้ำ ได้ 2 บาน ใช้ LCD 4x20 แสดงผลการตรวจวัดระดับน้ำมีหน่วยเป็น เมตร รทก. ระยะเปิดประตูมีหน่วยเป็น เมตร แสดงเวลาจริงของเครื่อง แสดงโหมดการทำงานของเครื่อง ขณะนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวแรกนี้มี Algorithm ที่สำคัญสำหรับควบคุมระดับน้ำหน้า ปตร. ให้อยู่ที่ FSL(Full Supply Level) การทำงานเริ่มต้นโดยเลือกโหมด auto ให้ R (Robogate) เป็นรอบ (Loop) การทำงานรอบใหญ่และมี r (robogate) เป็นรอบการทำงานย่อยซึ่งใช้เวลาประมาณ 0.5 วินาทีต่อ 1 รอบ ทดลองกำหนด r ไว้ที่ 250 รอบจากนั้นขึ้นรอบ R ใหม่ต่อไป Algorithm การทำงานแสดงใน (Figure 2)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่สอง ทำหน้าที่ รับ-ส่งข้อมูลการตรวจวัด ข้อมูลจะพักไว้ที่หน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อรอส่งข้อมูลแบบ DTMF encoder ให้แม่ข่ายผ่านโมด็มของวิทยุรับ-ส่ง และการรับข้อมูลคำสั่งจากแม่ข่ายใช้ IC เบอร์ 8870 ทำหน้าที่ DTMF decoder ส่งข้อมูลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่สองถอดรหัสจะได้เป็นเลขฐาน 16 ที่มีค่าระหว่าง 0 -

F จากนั้นนำมา จัดใหม่เป็นกลุ่มคำสั่งควบคุม หรือ อักษรพิเศษ การคัดแยกช่องความถี่ของ KPS CAS CB radio ใช้ CTCSS ช่องที่ 1 (67Hz) การติดตั้งอุปกรณ์จริงใน (Figure 3) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. สถานี 901 robogate ปากคลองส่งน้ำสายใหญ่ กม. 0 + 000 ควบคุมปริมาณน้ำไหลผ่านประตูแบบ downstream volume control อุปกรณ์วัดระดับน้ำชนิดลูกกลอยวัดระดับน้ำในบ่อ 1 และทางท้ายน้ำที่ กม.0 + 020 ส่งข้อมูลให้ robogate ควบคุมการเปิด - ปิด ประตูระบายน้ำโดย DC เกียร์มอเตอร์สื่อสารกับสถานีแม่ข่ายเพื่อรับ-ส่งข้อมูลระดับน้ำหรือควบคุมการเปิดประตูระบายน้ำระยะไกลผ่านคลื่นวิทยุ CB

2. สถานี robogate 902/1 คลองส่งน้ำสายใหญ่ กม. 1 + 500 ควบคุมระดับน้ำหน้าประตู FSL (full supply level) แบบ upstream water level control และ robogate 902/2 ปากคลองซอย กม. 0 + 000 ควบคุมปริมาณน้ำไหลผ่านประตูแบบ upstream water level control อุปกรณ์วัดระดับน้ำชนิดลูกกลอย วัดระดับน้ำด้านเหนือน้ำ-ท้ายน้ำ ส่งข้อมูลให้ robogate ควบคุมการเปิด - ปิด ประตูระบายน้ำพร้อมกันจำนวน 2 แห่ง บริเวณที่ตั้งแห่งนี้ใช้พลังงานแสงแดดแปลงเป็นพลังงานไฟฟ้า สื่อสารกับสถานีแม่ข่ายเพื่อรับ-ส่งข้อมูลระดับน้ำ ระยะเปิดประตูหรือควบคุมการเปิดประตูระบายน้ำระยะไกลผ่านคลื่นวิทยุ CB

3. สถานี 903 robogate กลางคลองซอย กม. 1 + 200 หน้าศูนย์วิจัยการใช้น้ำของอัยยควบคุมระดับน้ำหน้าประตู FSL แบบ upstream water level control อุปกรณ์วัดระดับน้ำชนิดลูกกลอย วัดระดับน้ำด้านเหนือน้ำ-ท้ายน้ำ สื่อสารกับสถานีแม่ข่ายเพื่อส่งข้อมูลระดับน้ำ ระยะเปิดประตูหรือควบคุมการเปิดประตูระบายน้ำระยะไกลผ่านคลื่นวิทยุ CB

4. สถานี 904-905 วัดระดับน้ำแบบอัตโนมัติ (telemetry) จำนวน 2 แห่งติดตั้งที่ กม. 2+700 คลองส่งน้ำสายใหญ่ข้างคอกวัวสัตว์บาล และ กม. 2 +800 คลองซอยที่หน้าสถานีวิจัยคณะประมง ใช้ อุปกรณ์วัดระดับน้ำชนิดลูกกลอย สื่อสารกับสถานีแม่ข่ายเพื่อส่งข้อมูลระดับน้ำระยะไกลผ่านคลื่นวิทยุ CB

5. สถานี 906 ตรวจวัดอากาศชลประทาน จำนวน 1 แห่งตั้งอยู่ที่คลองส่งน้ำสายใหญ่ กม. 1+800 ประกอบด้วยเครื่องวัดน้ำฝนชนิดถ้วยกระดก sensor วัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศแบบอัตโนมัติ สถานีนี้ใช้พลังงานจากแสงแดด สื่อสาร

กับสถานีแม่ข่ายเพื่อส่งข้อมูลการตรวจวัดดังกล่าวผ่านคลื่นวิทยุ CB

6. สถานีแม่ข่าย (base station) ตั้งอยู่ที่ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ประกอบด้วยอุปกรณ์เชื่อมต่อ PC ผ่าน serial port เขียนโปรแกรม KPS CAS เรียกเก็บข้อมูลจาก robogate สถานีวัดระดับน้ำ (telemetry) และ สถานีตรวจวัดอากาศชลประทานแบบอัตโนมัติ ผ่านคลื่นวิทยุ CB ข้อมูลเก็บแบบ data logger ลงในฮาร์ดดิสก์ของ PC และ automatic upload ขึ้น internet ที่ <http://pirun.ku.ac.th/~g4785009> ทุก 1/2 ชั่วโมง

ผลและวิจารณ์

ผลการทดสอบใช้งานและได้นำข้อมูลการตรวจวัดระดับน้ำหน้า-ท้ายของสถานี 901-905 และปริมาณฝนตกที่สถานี 906 ที่บันทึกใน data logger ระหว่างมิถุนายน - กันยายน 2549 มาพล็อตกราฟใน (Figure 4) ในที่นี้ทดสอบการทำงานเฉพาะตรวจวัดและส่งข้อมูลระยะไกล อุปกรณ์ที่ติดตั้งไว้ทั้งหมดทำงานและส่งข้อมูลได้ดีตลอดช่วงทดสอบ ในปัจจุบันยังคงทดสอบใช้งานแบบ manual เก็บข้อมูลการส่งน้ำเพื่อใช้ประกอบการเขียนโปรแกรมควบคุมระดับน้ำในคลอง ซึ่งในขณะนี้ KPS CAS อยู่ระหว่างเขียนโปรแกรมที่สามารถจำลองสถานการณ์ประมวลผลและสั่งการอย่างถูกต้อง เพิ่มระบบความปลอดภัยในการควบคุมระดับน้ำในคลอง เพื่อยกระดับให้เป็นระบบคลองอัตโนมัติแบบ CAS (CCC) ซึ่งเป็นระบบที่ค่อนข้างสมบูรณ์แบบ การตรวจวัดและควบคุมการส่งน้ำจะเป็นไปอย่างอัตโนมัติ โดยมีเจ้าหน้าที่ชำนาญการประจำศูนย์ควบคุมเพื่อคอยตรวจสอบว่าเครื่องมือ

อุปกรณ์ต่างๆ ทำงานได้ตามปกติให้ผลการส่งน้ำตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้น้ำได้ดีตลอดช่วงการเพาะปลูกพืช

สรุป

ระบบคลองอัตโนมัติกำแพงแสนเป็นแบบ CAS (Robogate) คือ การแปลง ปตร. ธรรมชาติให้เป็นประตุนต์ ทำการควบคุมระดับน้ำด้านเหนือน้ำ (ระดับน้ำหน้า ปตร.กลางคลอง) หรือปริมาณน้ำที่ไหลผ่านประตู ตามที่กำหนดไว้ เนื่องจากประตุนต์ทำการควบคุมระดับน้ำเฉพาะจุด ผลการควบคุมดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อระดับน้ำด้านเหนือและท้ายประตู และมีผลต่อการทำงานของประตุนต์ตัวอื่นที่อยู่ด้านเหนือและท้ายน้ำ เช่น ประตุนต์แบบควบคุมเหนือน้ำจะพยายามควบคุมระดับน้ำหน้าประตู โดยไม่คำนึงถึงปริมาณน้ำที่ส่งให้ท้ายน้ำ ถ้าน้ำที่ส่งเข้าคลองมีน้อยกว่าความต้องการ ประตูท้ายน้ำอาจไม่ได้รับน้ำ ต้องเพิ่มระบบช่วยปรับแก้กรณีที่ Supply ไม่เท่ากับ Demand และการพัฒนาระบบควบคุมน้ำในคลองอัตโนมัติขึ้นใช้งานเอง จำเป็นต้องพิจารณาองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพิ่มให้กับเครื่องมืออีก คือ ประสิทธิภาพ - ประสิทธิภาพในการส่งน้ำ ค่าลงทุน ความรู้ความชำนาญของเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง ความรู้ความเข้าใจของเกษตรกร ลักษณะอาคารควบคุมน้ำของโครงการ ระบบส่งกระแสไฟฟ้า ระบบสื่อสาร ปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ส่งน้ำ ปริมาณน้ำที่ใช้เพาะปลูกของเกษตรกร การดูแลรักษาเครื่องมือตลอดระยะเวลาการใช้งานจะเป็นส่วนที่เติมให้การพัฒนาระบบคลองอัตโนมัติสมบูรณ์และใช้เป็นเครื่องมือช่วยงานส่งน้ำได้อย่างแท้จริง

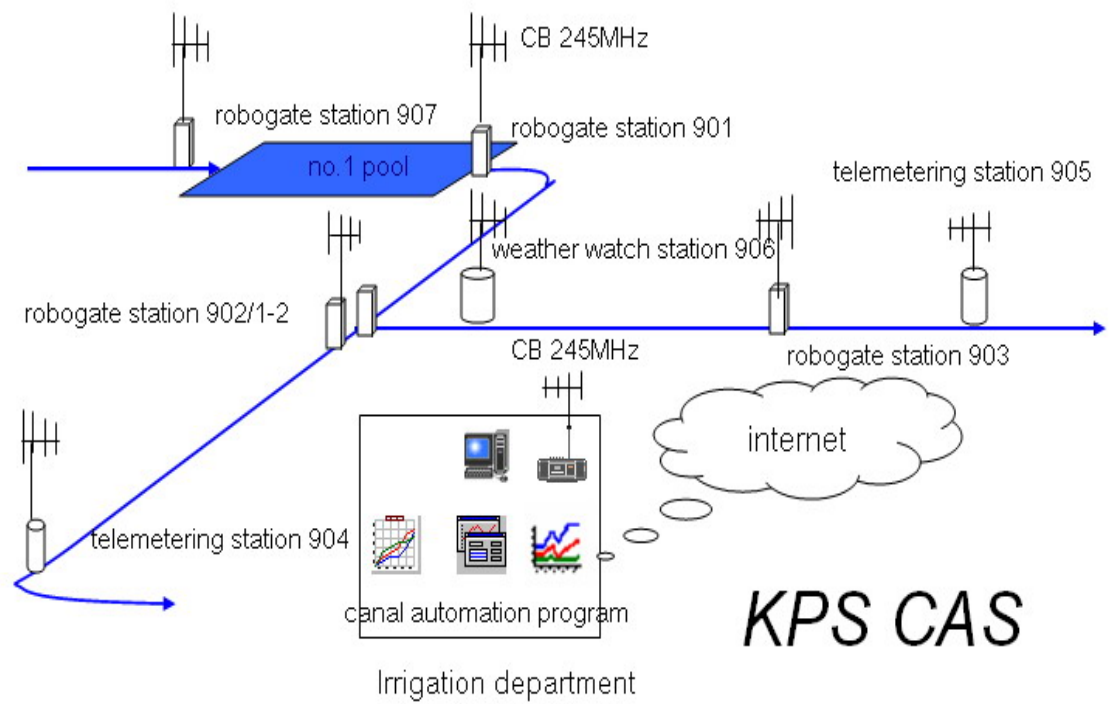


Figure 1 KPS CAS (Kamphaengsean canal automation system) conceptual

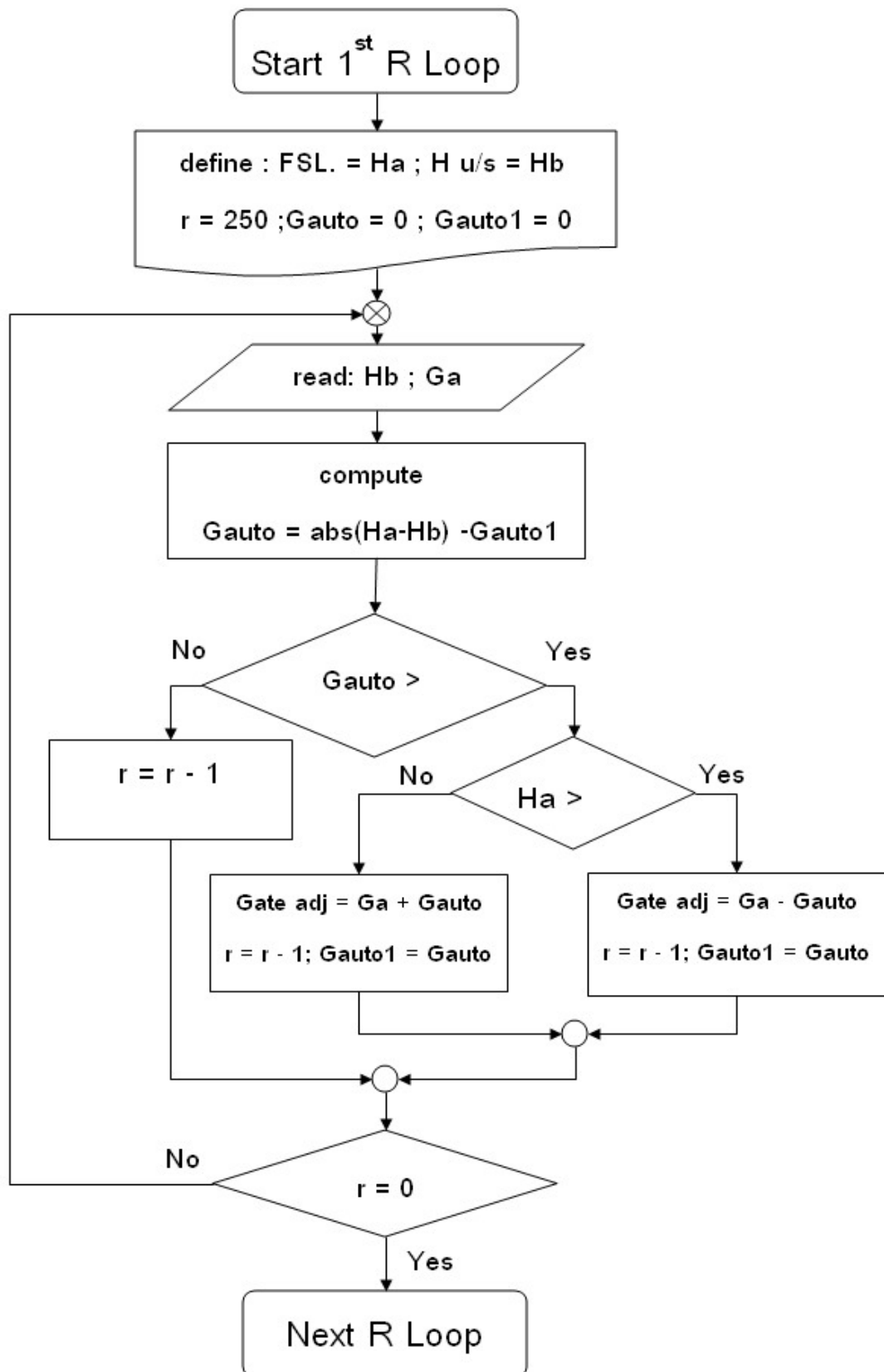


Figure 2 Robogate v.5 Algorithm



Figure 3 The installation of KPS CAS (Kamphaengsean canal automation system) devices

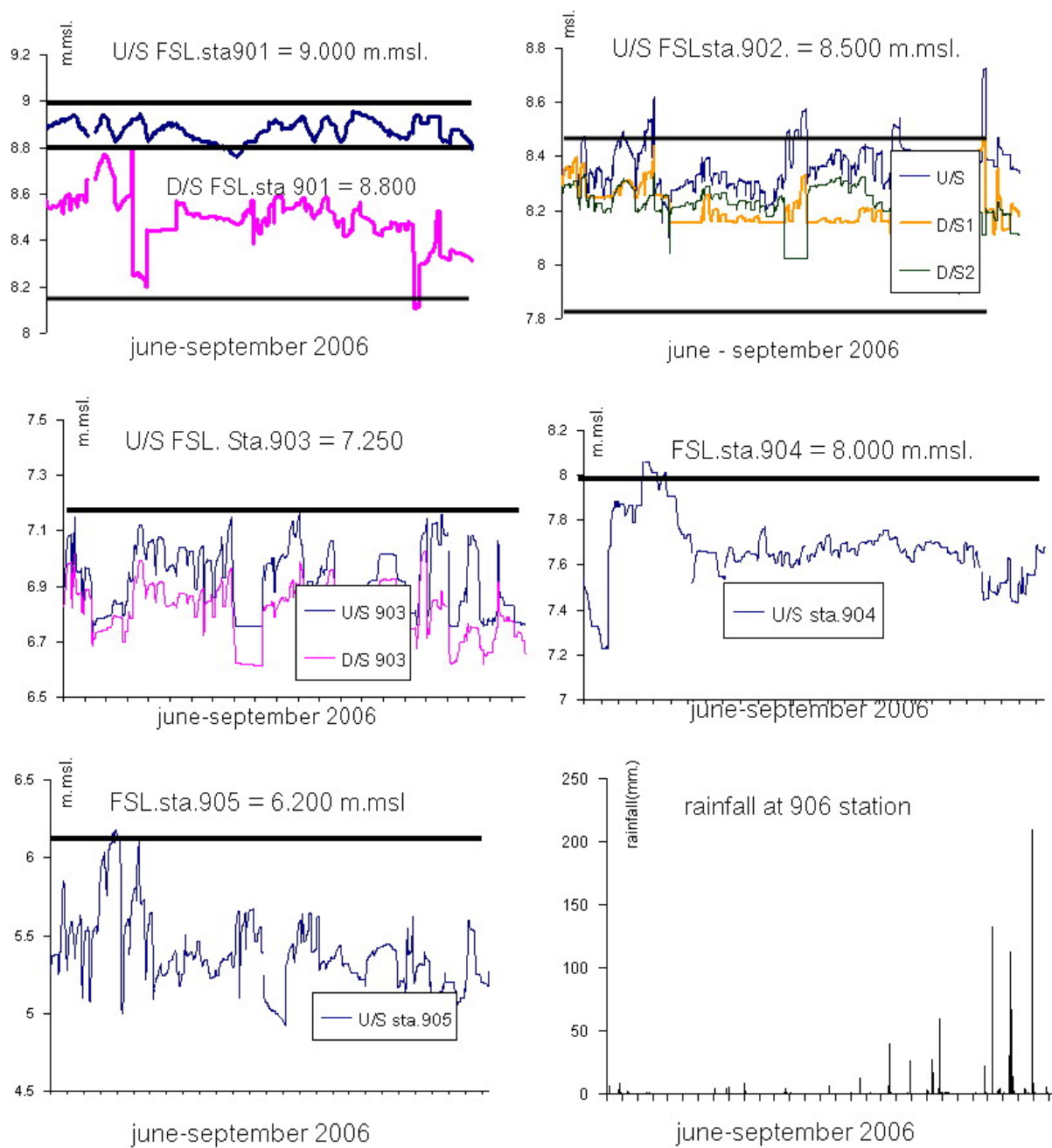


Figure 4 The devices have worked well for measuring field tested during June-September 2006

คำนิยม

1. ได้รับทุนสนับสนุนจากคณะวิศวกรรมศาสตร์
กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา
จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

- วิชญ์ ศรีวงษา และ วราวุธ วุฒิวิณชัย. 2546. การพัฒนาระบบวัดระดับน้ำและควบคุมการเปิด - ปิดประตูระบายน้ำระยะไกล. การประชุมวิชาการประจำปี 2546 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วราวุธ วุฒิวิณชัย และวิชญ์ ศรีวงษา. 2547. ประตูนยนต์. วันชูชาติ 4 มกราคม 2547. สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทาน ในพระบรมราชูปถัมภ์. นนทบุรี.
- Burt, C.M. 1983. Regulation of sloping canals by automatic downstream control. PhD. dissertation, Utah State University, Logan, Utah. USA.
- Cheverreau, G., and S. Schwartz-Benezeth. 1987. BIVAL system for downstream control. *In* Planing, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Water Delivery System. D. Zimbelman, ed., ASCE, New York. USA.
- Ploss, L. 1987. Canal automation using the electronic filter level offset (EL- FLO) method. *In* Planing, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Water Delivery System. E. Zimbelman, ed., ASCE, New York. USA.
- Zimbelman, D.D., and D.D. Bedworth. 1983. Computer control for irrigation-canal system. J. Irrigation Drain Eng., ASCE. USA.

Received 20 December 2007

Accepted 20 October 2007