

ระบบคลองอัตโนมัติ

(Canal Automation System)

ดร.วราวุธ วุฒิวินิจฉัย^{1/} และวิษณุ ศรีวงษา^{2/}

คำนำ

นับวันน้ำจะเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญมากยิ่งขึ้น การจัดการน้ำในหลายๆพื้นที่ กลายเป็นเรื่องวิกฤติ และควบคุมได้ยาก เพื่อให้การจัดการน้ำชลประทานมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ได้มีการพัฒนาวิธีการควบคุมน้ำในคลองอย่างสำคัญในช่วง 2-3 ทศวรรษที่ผ่านมา จากวิธีการควบคุมปริมาณการไหล (Flow) หรือระดับน้ำ (Water Level) อย่างง่าย ๆ อย่างอิสระในแต่ละจุด เริ่มเปลี่ยนเป็นการควบคุมทั้งระบบโดยควบคุมหลาย ๆ จุดพร้อม ๆ กัน และอย่างสัมพันธ์กัน เมื่อประมาณ 70 ปีที่แล้ว ได้มีการพัฒนาระบบควบคุมท้ายน้ำ (Downstream Control) ตามหลักชลศาสตร์ ซึ่งสามารถตอบสนองต่อความต้องการท้ายน้ำได้อย่างอัตโนมัติถือเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาระบบควบคุมน้ำอย่างสำคัญ และเมื่อ 20-30 ปีที่ผ่านมา เทคโนโลยีด้าน อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ และการสื่อสารก้าวหน้ามาก จึงได้มีการพัฒนาระบบควบคุมน้ำในคลองอัตโนมัติหรือต่อไปจะเรียกสั้นๆว่า “ระบบคลองอัตโนมัติ (Canal Automation System, CAS)” ในลักษณะของการตรวจวัดและควบคุมระยะไกล (Remote Monitoring and Control) แบบเบ็ดเสร็จ ทำให้การส่งน้ำและการกระจายน้ำทำได้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการน้ำมากขึ้น ระบบ CAS ในลักษณะนี้ บางครั้งเรียกว่าระบบ SCADA(Supervisory Control and Data Acquisition System)

1/ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140

2/ นิสิตปริญญาเอก ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม 73140

หลักการควบคุมน้ำในคลองชลประทาน

วัตถุประสงค์ของการควบคุมน้ำในคลองชลประทานที่สำคัญคือเพื่อให้สามารถส่งน้ำในปริมาณที่เหมาะสม ให้กับคนหรือพื้นที่ที่เหมาะสม ในเวลาที่เหมาะสม สามารถส่งน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ(Efficiency) และมีความน่าเชื่อถือได้(Reliability)สูง ใช้งานง่าย(Simplicity) ราคาถูก(Low Cost Operation) และสามารถปรับตัวเองให้เข้ากับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ (Flexibility) (Plusquellec. 1988)

หลักการพื้นฐานในการควบคุมน้ำในคลองชลประทาน แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ได้แก่

- การควบคุมปริมาณการไหล (Flow Control)
- การควบคุมระดับน้ำ (Water Level Control)

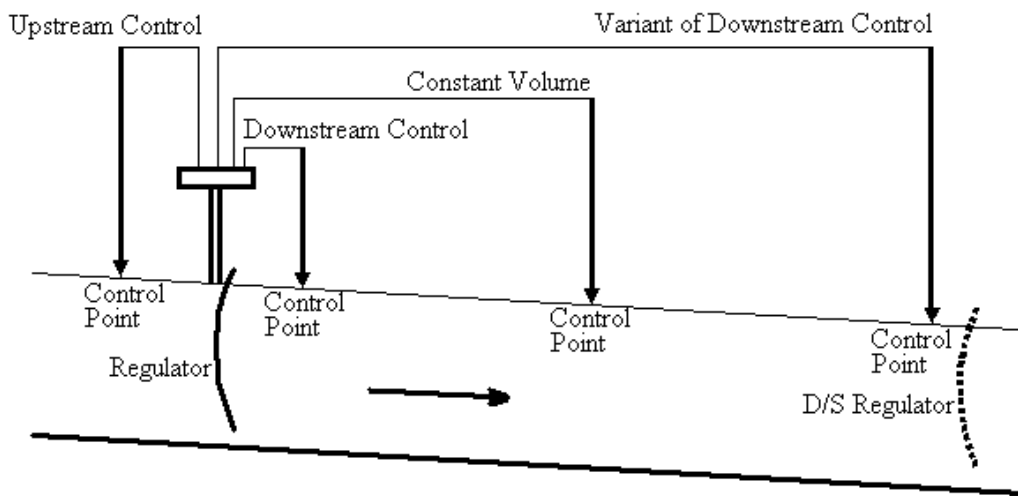
ปริมาณการไหลของน้ำผ่าน ประตู มีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับน้ำในคลอง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องควบคุมทั้งระดับน้ำและปริมาณการไหลควบคู่กันไป จึงจะสามารถส่งน้ำได้ตามต้องการ หลักพื้นฐานการควบคุมระดับน้ำในคลองจะเริ่มจากการควบคุมระดับน้ำในคลองสายใหญ่ให้ได้ก่อน แล้วจึงปรับ ประตู ปากคลองซอยให้น้ำไหลเข้าคลองตามที่ต้องการ ถ้าใช้คนควบคุมจะต้องใช้คนจำนวนมาก และจะทำได้เฉพาะระบบคลองที่อุปทานและอุปสงค์ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

ได้มีการพัฒนาวิธีการควบคุมระดับน้ำในคลองชลประทานเพื่อเพิ่มความคล่องตัว (Flexibility) ในการส่งน้ำ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทคือ

- การควบคุมระดับน้ำด้านเหนือน้ำ ประตู. (Upstream Control)
- การควบคุมระดับน้ำด้านท้ายน้ำ ประตู. (Downstream Control)
- การควบคุมปริมาตรน้ำในช่วงคลองคงที่ (Constant Volume)
- การควบคุมแบบยอมให้ระดับน้ำท้ายน้ำเปลี่ยนแปลงได้ (Variant of Downstream Control)

วิธีการควบคุมระดับน้ำทั้ง 4 ขึ้นอยู่กับจุดที่ต้องการควบคุมระดับน้ำ(Control Point) เป็นสำคัญ วิธีการควบคุมเหนือน้ำจะกำหนดจุดควบคุมที่ด้านเหนือน้ำใกล้ ประตู. โดยออกแบบคันคลองขนานกับคันคลองที่อัตราการไหลสูงสุด ซึ่งเป็นวิธีการออกแบบที่ปฏิบัติกันโดยทั่วไป วิธีการควบคุมท้ายน้ำจะกำหนด

จุดควบคุมระดับน้ำท้ายน้ำใกล้ ปตร. จึงต้องออกแบบคันคลองให้อยู่ในแนวราบที่อัตราการไหลเป็นศูนย์ ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างคลองมากขึ้น จึงยังไม่มีการนำมาใช้ในประเทศไทย วิธีการควบคุมปริมาตรลงที่ จะกำหนดจุดควบคุมระดับน้ำอยู่ด้านท้าย ปตร. บริเวณกึ่งกลางช่วงคลองซึ่งจะช่วยประหยัดค่าก่อสร้างลงเมื่อเทียบกับแบบควบคุมท้ายน้ำ และวิธีสุดท้ายคือวิธีการควบคุมแบบยอมให้ระดับท้ายน้ำเปลี่ยนแปลง จะกำหนดจุดควบคุมท้ายน้ำอยู่ปลายสุดของช่วงคลอง หรือใกล้ ปตร. ท้ายน้ำถัดไป วิธีนี้ทำให้ไม่ต้องเสียค่าก่อสร้างเพิ่มเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีควบคุมท้ายน้ำ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 วิธีการควบคุมระดับน้ำในคลองชลประทาน

วิธีการควบคุมระดับน้ำ นอกจากจะแบ่งตามจุดที่ต้องการควบคุม (Control Points) แล้ว ยังอาจแบ่งตามลักษณะของการควบคุมออกได้เป็น 3 วิธีคือ

- การควบคุมเฉพาะจุด (Local Control)
- การควบคุมเฉพาะจุดระยะไกล (Remote Localized Control)
- การควบคุมจากศูนย์กลางระยะไกล (Remote Centralized Control)

วิธีการควบคุมเฉพาะจุด เป้าหมายของการควบคุมจะอยู่ใกล้ ปตร. วิธีการควบคุมเฉพาะจุดระยะไกลเป้าหมายของการควบคุมจะอยู่ห่างไกลจาก ปตร. แต่ทั้งสองวิธีจะควบคุมระดับน้ำเฉพาะจุดโดยอาจควบคุมโดยคนหรือใช้อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติก็ได้

และวิธีสุดท้ายคือวิธีการควบคุมจากศูนย์กลางระยะไกลซึ่งจะต้องมีการส่งข้อมูลความต้องการน้ำระดับน้ำ ขนาดการเปิดบานของ ปตร. ต่าง ๆ และปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำเข้าสู่ศูนย์กลางควบคุม ซึ่งศูนย์กลางประมวลผลข้อมูล แล้วส่งคำสั่งการควบคุม ปตร. ต่าง ๆ ทั้งคลองพร้อมกัน การควบคุมในลักษณะนี้จะ

ประสบความสำเร็จ ก็ต่อเมื่อเป็นระบบคลองอัตโนมัติ(CAS) หรือระบบ SCADA ซึ่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

วิธีควบคุมเฉพาะจุดที่เป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่ วิธีควบคุมระดับน้ำเหนือน้ำ และวิธีการควบคุมระดับน้ำท้ายน้ำ ซึ่งวิธีแรกมีข้อเสียที่ตอบสนองต่อความต้องการได้ช้า และมีการสูญเสียจากการปฏิบัติงาน (Operation Losses) เนื่องจากต้องมีการวางแผนการส่งน้ำล่วงหน้า ดังนั้นถ้ามีฝนตกหรือเกษตรกรไม่ต้องการใช้น้ำจะมีน้ำเหลือทิ้ง ขณะที่วิธีหลังมีข้อดีคือตอบสนองต่อความต้องการได้รวดเร็ว และแม่นยำ ลดการสูญเสียจากการปฏิบัติงานและลดความต้องการเจ้าหน้าที่สนาม แต่ต้องใช้ ปตร. ที่ทำงานอัตโนมัติตามการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ มีการออกแบบคลองเป็นพิเศษคือคันในแต่ละช่วงคลองอยู่ในแนวระดับเพื่อให้สามารถเก็บกักน้ำส่วนเกินไว้ในคลองได้ แต่มีข้อเสียที่สำคัญคือถ้าไม่พอ น้ำจะถูกระบายจากเหนือน้ำสู่ท้ายน้ำ และเพื่อแก้ปัญหาข้อเสียของวิธีควบคุมเหนือน้ำและวิธีการควบคุมท้ายน้ำ ได้มีการพัฒนา ปตร. แบบพิเศษ ซึ่งจะเปลี่ยนการควบคุมจากควบคุมท้ายน้ำเป็นควบคุมเหนือน้ำถ้าระดับน้ำ ด้านเหนือน้ำต่ำกว่าระดับที่กำหนด ปตร. แบบนี้เรียกว่า Composite Gate นอกจากนี้ ได้มีการพัฒนาวิธีการควบคุมทั้งเหนือน้ำและท้ายน้ำร่วมกัน โดยใช้วิธีการควบคุมเหนือน้ำในช่วงต้นคลอง และวิธีควบคุมท้ายน้ำในช่วงท้ายคลองโดยมีอ่างเก็บน้ำอยู่ตรงจุดเชื่อมต่อระหว่างวิธีการควบคุมน้ำทั้ง 2 วิธี เพื่อเก็บกักน้ำส่วนเกินแล้วค่อยระบายออกตามความต้องการทางด้านท้ายน้ำ เช่น โครงการ Doukkala และ Beni-Amir ในประเทศมอริสโค (Plusquellec, 1988)

แนวคิดเกี่ยวกับการนำระบบคลองอัตโนมัติมาใช้ในประเทศไทย

ระบบคลองอัตโนมัติ เกิดจากแนวคิดที่จะควบคุมน้ำในคลองให้สามารถส่งน้ำได้ตามความต้องการ ทันต่อการเปลี่ยนแปลงต่างที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วในขณะที่ส่งน้ำ โดยใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนเจ้าหน้าที่สนาม ระบบคลองอัตโนมัติ อาจพัฒนาจากแนวคิดของการควบคุมเฉพาะจุด หรือ การควบคุมจากศูนย์กลางระยะไกล (Remote Centralized Control) โดยใช้ระบบ SCADA ก็ได้ ประเทศไทยได้มีการนำเอาเทคโนโลยีระบบ SCADA มาใช้ในบางโครงการ ซึ่งเทคโนโลยีส่วนใหญ่สั่งเข้าจากต่างประเทศ ทำให้มีราคาแพง และเป็นการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ จึงควรที่คนไทย จะได้เริ่มพัฒนาเทคโนโลยีระบบคลองอัตโนมัติขึ้น ให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และลักษณะนิสัยคนไทย โดยในขั้นต้น วิษญ์และวารวูช (2546) ได้เริ่มพัฒนาระบบตรวจวัดน้ำและควบคุมระยะไกล และได้ทดสอบการใช้งานที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน จ.นครปฐม ซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจและสามารถนำไปพัฒนาต่อได้

ปีที่แล้ว ผู้เขียนได้เสนอแนะแนวทางการพัฒนาระบบคลองอัตโนมัติแบบควบคุมเฉพาะจุดไว้ในหนังสือวันชชาติ ในบทความเรื่องประยุยนต์ต้นแบบ(Robogate) (วารุช และวิษญู. 2547) ซึ่งผู้เขียนได้พัฒนาขึ้นโดยใช้วัสดุ อุปกรณ์ ที่หาได้ในประเทศ มีราคาถูก ประยุยนต์ต้นแบบถูกออกแบบให้ทำงานโมดควบคุมเหนือน้ำ และทำงานร่วมกับระบบ SCADA ซึ่งทำงานในโมดควบคุมท้ายน้ำแบบเฉพาะจุด เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรด้านการส่งน้ำและเพิ่มประสิทธิภาพ ประสิทธิผลในการควบคุมการส่งน้ำในโครงการชลประทานโดยในเบื้องต้นได้พัฒนาและทดสอบในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสามารถควบคุมระดับน้ำในคลองได้อย่างเป็นที่น่าพอใจ จึงเหมาะที่จะนำเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้ในโครงการชลประทานต่อไป

ในบทความนี้ จะขยายความจากการควบคุมเฉพาะจุดเป็นการควบคุมจากศูนย์กลาง ระยะไกล หรือ ระบบ SCADA ซึ่งเริ่มเป็นที่นิยมใช้ในประเทศไทย มีการนำทั้งระบบ หรือบางส่วนของระบบมาใช้ เช่น บริษัท East Water ใช้ระบบ SCADA ช่วยในการบริหารน้ำในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก โครงการป่าสักชลสิทธิ์ติดตั้งระบบโทรมาตร (Telemetry) ในการตรวจวัดน้ำในบริเวณอ่างเก็บน้ำ (กรมชลประทาน. 2542)

วิธีการควบคุมจากศูนย์กลางหรือระบบ SCADA โดยวิธีนี้ ปตร. ปากคลอง ปตร. กลาง คลอง สถานีสูบน้ำและอาคารต่าง ๆ จะถูกควบคุมจากศูนย์กลางพร้อมกัน วิธีการควบุน้ำวิธีนี้มีองค์ประกอบที่สำคัญ 5 อย่างคือ (1) การตรวจวัดและรวบรวมข้อมูล (Data Acquisition) (2) การสื่อสารข้อมูล (Data Communication) (3) การประมวลผลข้อมูล (Data Processing) (4) การถ่ายทอดคำสั่ง (Orders Transmission) และ (5) การควบคุมอาคาร (Gate Operation) วิธีนี้จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีเครื่องมือตรวจวัดและรวบรวมข้อมูลระยะไกล ซึ่งสามารถส่งข้อมูลทั้งหมดเข้าไปที่ศูนย์กลางได้อย่างรวดเร็ว มีคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมเพื่อทำการประมวลผลข้อมูลแล้วคำนวณขนาดการเปิดบานของ ปตร. ต่าง ๆ มีเครื่องช่วยในการควบคุม ปตร. ต่าง ๆ จากศูนย์กลาง วิธีการควบคุมจากศูนย์กลางสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือแบบ เปิด (Open Loop) ซึ่งเจ้าหน้าที่สามารถเข้าไปแทรกแซงการทำงาน ของระบบในการขั้นตอนต่าง ๆ ได้ หรือแบบปิด (Closed Loop) ซึ่งทั้งระบบจะทำงานแบบอัตโนมัติ ประเทศที่พัฒนาแล้วทั้งหลายมีการนำวิธีการควบุน้ำแบบนี้มาใช้กับโครงการชลประทานที่สำคัญ เช่น โครงการ Salt River Project (<http://www.uswcl.ars.ag.gov>) และ โครงการ Contral Arizona Project (Clemmens *et al.*, 1997) ในสหรัฐอเมริกา โครงการ Canal de Provence ในประเทศฝรั่งเศสและโครงการ Canal de Rode ประเทศมอโรคโค (วารุช, 2536) ในปัจจุบันประเทศเพื่อนบ้าน เช่น มาเลเซีย ก็ได้มีการนำวิธีการควบคุมจากศูนย์กลางมาใช้ในบางโครงการชลประทาน ตัวอย่างการใช้ระบบคลองอัตโนมัติแบบวิธีการควบคุมจากศูนย์กลางหรือระบบ SCADA แสดงอยู่ในรูปที่ 2

เพื่อให้ระบบ SCADA สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีเครื่องมือตรวจวัดน้ำที่ทันสมัย มีความเชื่อถือได้และมีความแม่นยำสูง อุปกรณ์ตรวจวัดระดับมีทั้งแบบใช้ระบบถูก

ลอย แบบวัดระดับน้ำด้วยคลื่นเสียงอุลตราโซนิก แบบวัดแรงดันและแบบใช้แสงอินฟราเรด ดังแสดงในรูปที่ 3 มีระบบการสื่อสารข้อมูลระหว่างสนามกับศูนย์ รูปแบบโครงข่ายการสื่อสารข้อมูล ลักษณะของสถานีลูกข่าย และระบบวิทยุสื่อสารแบบ Package radio System แสดงอยู่ในรูปที่ 4 มีอุปกรณ์ควบคุมปตร. ดังแสดงในรูปที่ 5 ที่กล่าวมาแล้วคือส่วนที่เรียกว่า ฮาร์ดแวร์ ระบบคลองอัตโนมัติต้องมีซอฟต์แวร์เพื่อกำกับการทำงานของฮาร์ดแวร์



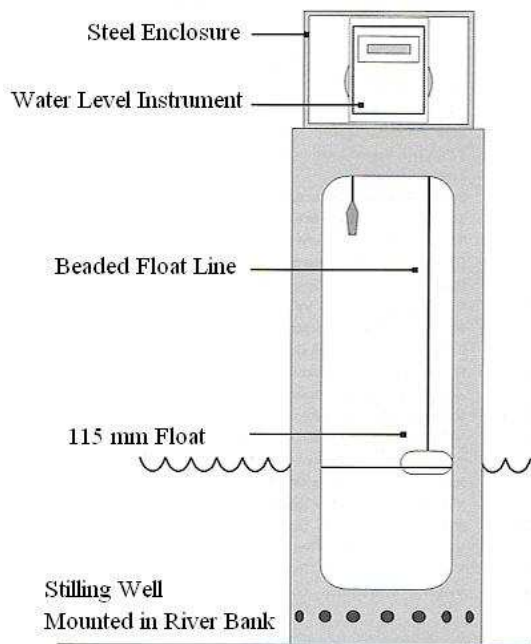
ประตูระบายน้ำคลองส่งน้ำสายใหญ่ซึ่งถูกควบคุมจากศูนย์กลาง



ศูนย์กลางการควบคุมระบบคลอง

รูปที่ 2 ระบบคลองอัตโนมัติแบบควบคุมจากศูนย์กลาง โครงการ Sardar Sarovar ประเทศอินเดีย (<http://www.sardarsarovadam.org/default.htm>)

Water Level Monitoring



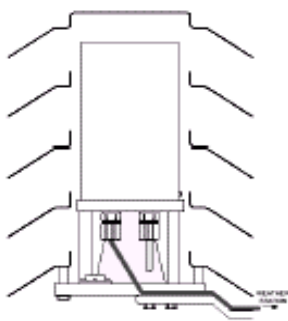
หลักการตรวจวัดระดับน้ำโดยใช้ลูกลอย



อุปกรณ์วัดระดับน้ำ ใช้หลักการลูกลอย “ชลกร 2” ซึ่งพัฒนาโดย วิษญ์



การติดตั้ง ชลกร 2 ในแม่น้ำ



ภายในอุปกรณ์วัดระดับน้ำ แบบอุลตราโซนิก



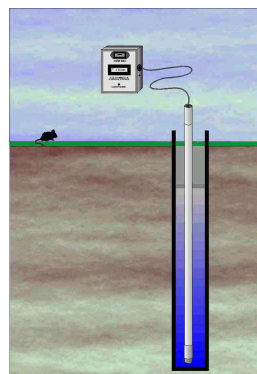
อุปกรณ์จวัดระดับน้ำ อุลตราโซนิก



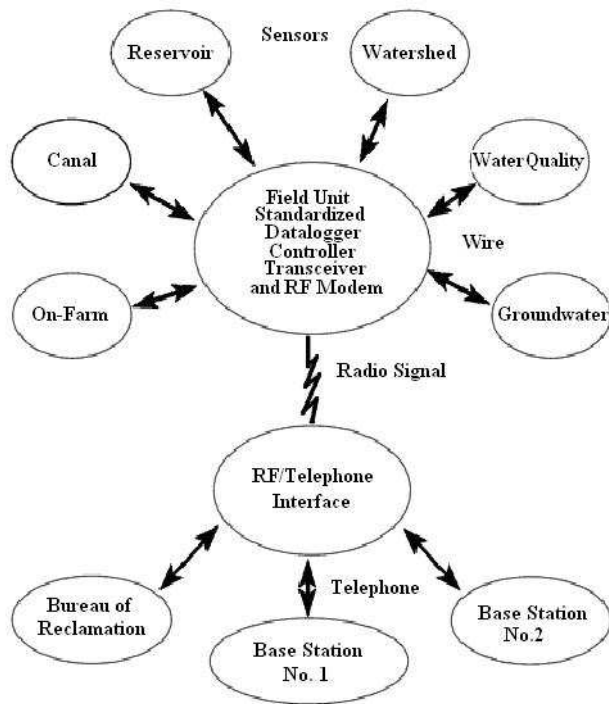
การติดตั้งใช้งานวัดระดับน้ำโดยใช้คลื่นเสียงอุลตราโซนิก



อุปกรณ์วัดแรงดันน้ำ



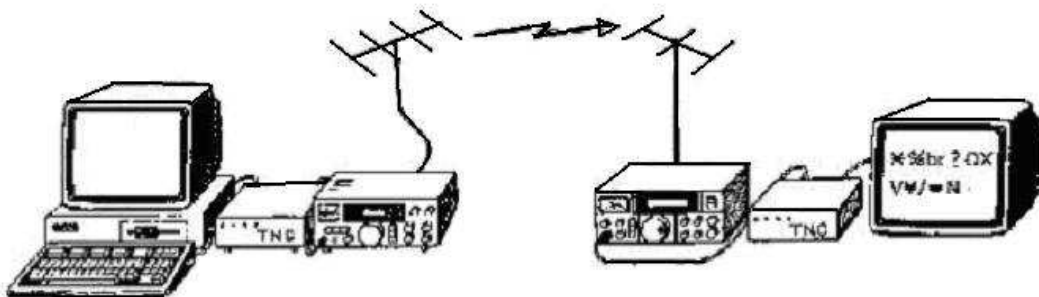
การใช้หลักการแรงดันของน้ำแปลงเป็นค่าระดับน้ำ รูปที่ 3 อุปกรณ์วัดระดับน้ำแบบต่างๆ



รูปแบบการตรวจวัดและโครงข่ายการสื่อสาร



สถานีลูกข่าย (Remote Terminal Unit, RTU)



Packet Radio System

รูปที่ 4 ระบบโครงข่ายสื่อสารและอุปกรณ์



การติดตั้งอุปกรณ์วัดระยะการเปิดบานประตู
ระบายน้ำพร้อมกัลลิมิตสวิทช์



อุปกรณ์วัดระยะการเปิดบานประตูระบายน้ำพร้อม
กัลลิมิตสวิทช์ป้องกันการเปิด-ปิดประตูผิดพลาด



การติดตั้งเกียร์มอเตอร์ DC 12 V. เพื่อควบคุมการ
เปิด - ปิดประตูระบายน้ำ



การติดตั้งเกียร์มอเตอร์ DC 12 V. ร่วมกับโซ่ วัดระยะ
การเปิดบานประตูระบายน้ำพร้อมกัลลิมิตสวิทช์

รูปที่ 5 อุปกรณ์ตรวจวัดและควบคุมประตู.

ซอฟต์แวร์ระบบ SCADA ที่เป็นที่รู้จักกันดีได้แก่ Lab View , Lab Windows/CVI,
ComponentWorks, Visual Designer และ GNESIS32

สรุป

สำหรับประเทศไทย ซึ่งมีพื้นที่ชลประทานกว่า 25 ล้านไร่ มีปัญหาขาดแคลนบุคลากรสนาม จึงควรมีการนำระบบคลองอัตโนมัติมาใช้ โดยเริ่มการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านนี้อย่างจริงจัง แล้วนำเทคโนโลยีที่พัฒนาได้ไปทดสอบในสนามในลักษณะของโครงการนำร่อง เพื่อให้แน่ใจว่าเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมและอุปนิสัยของคนไทย

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2542. คู่มือระบบโทรมาตร โครงการพัฒนาลุ่มน้ำป่าสัก. กรมชลประทานกรุงเทพฯ.
- วรารุช วุฒิวณิชย์. (2536). การเกษตรชลประทานในแอฟริกาเหนือและเอเชียอาคเนย์ตอนที่ 2 : มอโรคโค. วิศวกรรมสาร มก. 20(7) : 51-64.
- วิชญ์ ศรีวงษา และ วรารุช วุฒิวณิชย์. 2546. การพัฒนาระบบวัดระดับน้ำและควบคุมการปิด – เปิด ประตูระบายน้ำระยะไกล. วิศวกรรมเกษตรและเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน, นครปฐม.
- วรารุช วุฒิวณิชย์ และวิชญ์ ศรีวงษา. 2547. ต้นแบบประตูยนต์. หนังสือ วันชูชาติ 4 มกราคม 2547. สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์. 66-73.
- Ankum, P. (1994). Automation of Flow Control in Irrigation Systems. Delft University of Technology. Delft. Neherland.
- 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.