

## การพัฒนาระบบวัดระดับน้ำในคลองระยะไกล

### Development Water Level Measurement System for Long Distance Canal

นายวิชญ์ ศรีวงษา<sup>1/</sup> และ ดร. วรารุท วุฒินิธิชัย<sup>2/</sup>

Vich SRIWONGSA<sup>1/</sup> and Varawoot VUDHIVANICH<sup>2/</sup>

#### บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบวัดระดับน้ำในคลองระยะไกลเพื่ออ่านค่าระดับน้ำส่งมาที่เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง เริ่มจากเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนกลางส่งสัญญาณเรียกดูข่ายผ่านระบบไมโครวิทยุรับ-ส่ง VHF ย่านความยาวคลื่น 2 เมตร โดยมีการควบคุมการกดคีย์ส่งโดยพอร์ทขนาน สัญญาณที่ส่งออกจะอยู่ในรูปสัญญาณเสียงเรียกที่ใช้ในระบบโทรศัพท์ เมื่อเครื่องรับ VHF ดูข่าย ที่อยู่ห่างไกลหลายสิบกิโลเมตรรับสัญญาณเรียกได้จะทำการถอดรหัส ถ้ามีรหัสเสียงโทรศัพท์ตรงกับที่กำหนดไว้เครื่องจะส่งสัญญาณกลับมาสู่คอมพิวเตอร์ส่วนกลาง โดยใช้ดูข่ายที่วัดระดับน้ำติดตั้งสเกลเอียงร่วมกับตัวต้านทานปรับค่าได้แบบลิเนียร์ที่พัฒนาขึ้นส่งค่าแรงดันไฟฟ้าตามระดับน้ำในคลองมาที่วงจรผลิตพัลส์ความถี่ 375 – 1,000 Hz ส่งผ่านวงจรภาคส่งของเครื่อง VHF ออกสู่สายอากาศที่มี VSWR ไม่เกิน 1.5:1 สะท้อนชั้นบรรยากาศมาสู่ภาครับ VHF ที่มีความถี่เดียวกัน จากภาคลำโพงมาเข้าวงจรนับความถี่แปลงเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า 0 – 5 V. เข้าสู่วงจร ADC และเชื่อมต่อกับ เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนกลางทางพอร์ทขนาน โดยมีโปรแกรม Datalogger หรือโปรแกรมอื่น ๆ ได้ตามต้องการ ระบบนี้ทำงานได้ดีใช้อุปกรณ์ไม่มากและราคาถูกสามารถขยายจำนวนดูข่ายได้มาก โดยใช้ความถี่วิทยุ VHF เพียงช่องเดียวเท่านั้น

#### ABSTRACT

The water level measurement system developed in this study consisted of two - meters VHF for sending signal from long distant water level points. In the first step, the central PC installed the call dial-up program and sent the key control by parallel port, broadcasted the dial-up tone to the long distant module receivers. The water level measurement system received and decoded the dial-up tone. If the dial-up tone was correct, the second module switched on. The water level fluctuation causing the floating equipment moved up and down. The linear variable resistor attached to the inclined scale was the basic components of the floating water level sensor developed in this study. The frequency circuit will change frequency by resistance sensor and send the data broadcasted by two - meters VHF with VSWR of less than 1.5:1 and the central PC received the signal, decoded and changed to the voltage of 0 - 5 volt. Finally, the voltage was converted to digital signal and sent via parallel port of PC. The water level from the water level measurement system at specified time interval could be recorded with datalogger developed in this study. The field test showed that the water level measurement system worked well and could be expanded by 1 correct channel VHF.

Key Words: water measurement

K.Sriwongsa: w1963wich@maildozy.com

<sup>1/</sup> นิสิตปริญญาโท โครงการปริญญาโทสาขาวิศวกรรมชลประทาน ภาคพิเศษ วิทยาลัยการชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department of Irrigation Engineering ; Faculty of Engineering ; Kasetsart University

<sup>2/</sup> รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

Department of Irrigation Engineering ; Faculty of Engineering ; Kasetsart University

## คำนำ

ระบบวัดระดับน้ำอัตโนมัติที่นำเข้ามาใช้ในประเทศไทยทั้งหมดจะมีส่วนที่เป็นสถานีส่งข้อมูลการวัดระดับน้ำซึ่งสถานีแต่ละแห่งจะอยู่ห่างไกลออกไปจากสถานีแม่ข่ายหรือสถานีศูนย์กลาง การติดต่อสื่อสารกันระหว่างสถานีอาจใช้คลื่นวิทยุหรือวางสายเคเบิลซึ่งแล้วแต่การใช้งาน แต่การเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างแม่ข่ายกับลูกข่ายจะใช้คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ซึ่งทำให้มีโครงสร้างที่ใหญ่และมีราคาแพงมาก อุปกรณ์หรือซอฟต์แวร์ที่ควบคุมต้องนำเข้าจากต่างประเทศทั้งหมด ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาใช้อุปกรณ์ที่มีขายในประเทศตลอดจนความรู้ต่างๆ ที่หาได้ไม่ยากมาใช้ในโครงการเช่น การนำระบบคลื่นวิทยุ VHF ย่านความยาวคลื่น 2 เมตร หรือย่านคลื่นวิทยุสมัครเล่นมาพัฒนาส่งสัญญาณการวัดระดับน้ำจากสถานีวัดน้ำที่อยู่ห่างไกลหลายสิบกิโลเมตรหรือหลายร้อยกิโลเมตรเข้าสู่ระบบภาครับสัญญาณศูนย์กลางซึ่งประกอบไปด้วยอุปกรณ์เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ที่จำเป็นต่างๆ เพื่อทำหน้าที่บันทึกข้อมูลแบบ datalogger หรือประมวลผล, วิเคราะห์ข้อมูลตามต้องการ วิธีการนี้จัดว่ามีเสถียรภาพสูงมีค่าใช้จ่ายน้อยเหมาะที่จะนำมาใช้งานจริงเป็นการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืนต่อไป

## วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาระบบวัดระดับน้ำในคลองโดยไม่ต้องเดินสายสัญญาณ สามารถติดตั้งเครื่องตามที่ต้องการ ในคลองได้ทุกแห่งภายในรัศมีการรับ - ส่งสัญญาณของคลื่นวิทยุ ข้อมูลการวัดระดับน้ำมีความถูกต้องแม่นยำ และเชื่อถือได้

## ตรวจสอบเอกสาร

พจนานุกรม (2544) ได้กล่าวสรุปเรื่องเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดตัวแปร ต้องทำหน้าที่เปลี่ยนรายละเอียดของตัวแปรให้อยู่ในรูปสัญญาณทางไฟฟ้าหรือสัญญาณนิวแมติก พบว่าธรรมชาติได้ให้ข้อดีกับวัตถุบางอย่าง คือเมื่อตัวแปรทางพลวัตมีการเปลี่ยนแปลง และเข้ามากระทบตัวมันจะทำให้คุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไป เช่น พบว่าค่าความต้านทานของแคดเมียมซัลไฟด์ จะแปรผกผันกับค่าความเข้มของแสง เป็นต้น อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวก็ไม่ใช่เชิงเส้น จึงต้องมีตัวปรับสภาพสัญญาณทางอะนาลอกให้ไปอยู่ในรูปที่จำเป็นเพื่อให้สามารถทำการต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อื่น ๆ การเปลี่ยนระดับสัญญาณอุปกรณ์ที่ใช้งานมากที่สุดได้แก่ตัวขยายสัญญาณ และข้อสำคัญในการเลือกตัวขยายคืออิมพีแดนซ์ทางด้านอินพุตที่ซึ่งตัวขยายรับมาจากเซ็นเซอร์ ต้องทำให้สัญญาณเป็นเชิงเส้น และเป็นแรงดันไฟฟ้ามีค่า 1 – 5 โวลต์ และถ้าเป็นกระแสจะมีค่า 4 – 20 มิลลิแอมป์

ทะนง (2538) และอุดมศักดิ์ (2545) ได้แนะนำการประยุกต์ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อทำเป็นเซ็นเซอร์คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไป ที่มีส่วนของการปรับขนาดหรือระดับของสัญญาณ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเครื่องมือเครื่องใช้แบบอะนาลอก ส่วนใหญ่มักจะใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้เป็นส่วนประกอบในการปรับค่า โดยอาศัยคุณสมบัติของการเปลี่ยนค่าความต้านทานอันเนื่องมาจากการหมุนเวียนหรือการเลื่อนแถบสไลด์ การใช้งานตัวต้านทานแบบปรับค่าได้โดยทั่วไปมักจะใช้การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเป็นเชิงเส้น คือค่าความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปจะแปรผันตามระยะการหมุนหรือการเลื่อนสไลด์ของตัวต้านทานนั้น แต่งานบางอย่างก็จำเป็นต้องอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานแบบไม่เชิงเส้นที่มีรูปแบบเฉพาะตัว ซึ่งตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ลักษณะนี้มักจะมีราคาแพง เนื่องจากผลิตขึ้นมาใช้งานเฉพาะด้านเท่านั้น

อรรถพล และคณะ (2545) ได้สรุปเรื่องการใช้งานพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป พอร์ตขนานจะมีข้อดีมากกว่าหลายประการคือ ในด้านความปลอดภัย, ในด้านการเข้ากันได้กับ

คอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่, ไม่ข้อจำกัดด้านพื้นที่, มีความสะดวกในการใช้งานคือ การเชื่อมต่อทางพอร์ตนาน สามารถทำได้ง่าย เพียงต่อสายสำหรับเชื่อมต่อเข้ากับคอนเน็กเตอร์ DB – 25, มีจำนวนช่องสัญญาณอินพุตเอาต์พุตเพียงพอที่จะนำไปใช้งานต่าง ๆ และยังสามารถขยายให้มีจำนวนพอร์ตเพิ่มขึ้นได้ โดยพอร์ตนานปกติมีจำนวนเอาต์พุต 12 ขา และขาอินพุต 5 ขา, มีความเร็วในการสื่อสารข้อมูลกับพอร์ตนานมากกว่าติดต่อทางพอร์ตอนุกรม 8 – 10 เท่า, อะไหล่และชิ้นส่วนประกอบคอนเน็กเตอร์และสายเชื่อมต่อต่าง ๆ หาได้ง่ายและราคาไม่แพง จากคุณสมบัติดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นทำให้พอร์ตนานเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ในการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อควบคุม หรือรับสัญญาณข้อมูล นอกจากนั้นหากนำคุณสมบัติของการเขียนโปรแกรมง่าย ๆ ผ่านระบบปฏิบัติการวินโดวส์ด้วยโปรแกรม Visual Basic จะสามารถสร้างระบบการเชื่อมต่อที่สมบูรณ์และใช้งานง่าย

ไกรวุฒิ (2543) ได้แนะนำการสร้างเครื่องนับความถี่ 0 – 1 เมกะเฮิรตซ์โดยแปลงความถี่การนับที่แม่นยำออกมาในรูปแรงดันไฟฟ้า อุปกรณ์ที่สำคัญคือใช้ไอซีเบอร์ LM2917N ที่ทำการแปลงความถี่พัลส์ออกมาเป็นแรงดันไฟตรงเพื่อส่งให้วงจร ADC ต่อไป

วิเชียร (2539) ได้นำเสนอเรื่องวงจรสร้างเสียงเรียกโทรศัพท์โดยใช้ไอซีเบอร์ TCM 5087 สามารถนำมาใช้งานร่วมกับวิทยุรับ – ส่ง VHF ย่านความยาวคลื่น 2 เมตร เพื่อทำระบบรีพีตเตอร์ นอกจากนั้นแล้วยังได้นำเสนอวงจรถอดรหัส DTMF โดยใช้ไอซีเบอร์ 8870 ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณเรียกโทรศัพท์เป็นไบนารีไค้ด ส่งต่อให้ไอซีถอดรหัสเบอร์ 4515 แสดงผลเอาต์พุต เพื่อบังคับให้รีเลย์ทำงานตามต้องการต่อไป

นิรนาม (2538) ได้อธิบายเรื่องของการเพิ่มกำลังส่งออกอากาศของวิทยุสมัครเล่นเพื่อนำมาพัฒนาสายอากาศคือ ถ้าออกแบบสายอากาศที่มีแกนขยายสูงจะทำให้การแพร่กระจายคลื่นในอากาศได้มาก ทำให้รัศมีการส่งสัญญาณไกลมากขึ้น

อานวยศักดิ์ (2538) ได้สรุปเรื่องการหารัศมีความโค้งของโลกที่มีต่อการแพร่กระจายคลื่นวิทยุในประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลที่วัดได้จากสถานีวิทยุ โดยการใช้ข้อมูลอุณหภูมิ ความดัน และความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศในประเทศไทยที่กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคมได้เก็บรวบรวมไว้ระหว่างปี พ.ศ. 2497 – 2503 เป็นข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจอากาศที่เชียงใหม่ กรุงเทพฯ และสงขลา ซึ่งเป็นสถานีตรวจอากาศที่ใช้สถานีวิทยุวัดข้อมูล วิธีการวัดทำโดยส่งเครื่องวัดวิทยุคลื่นดีดไปกับลูกบอลลูน ซึ่งลอยตัวสูงด้วยอัตรา 300 เมตรต่อวินาที แล้วส่งข้อมูลต่าง ๆ สำหรับแต่ละระดับความสูงกลับลงมายังสถานีตรวจอากาศนั้น ๆ โดยใช้ความถี่ 403 MHz จากข้อมูลที่ได้ นำมาคำนวณหาค่าดัชนีหักเหคลื่นวิทยุของอากาศ ที่ระดับความสูงต่าง ๆ เหนือพื้นผิวของโลกขึ้นไป จากนั้นจึงนำมาเขียนกราฟกับระดับความสูงเพื่อหาความชัน ซึ่งทำให้สามารถคำนวณหาค่า  $k$  ของแต่ละสถานีตรวจอากาศในเดือนต่าง ๆ ได้ค่าเฉลี่ย  $k = 1.59$

บัณฑิต (2538) ได้สรุปเรื่องการหาค่าหักเหของคลื่นวิทยุ และค่าสัมประสิทธิ์รัศมีความโค้งของโลกสำหรับการแผ่กระจายคลื่นวิทยุ โดยใช้ข้อมูลในช่วงปี 2509 – 2517 ได้ค่า  $k$  เฉลี่ยตลอดปีที่กรุงเทพฯ เชียงใหม่ สงขลา และอุบลราชธานี เป็น 1.65, 1.65, 1.71 และ 1.55 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเฉลี่ยค่า  $k$  จากทั้งสี่สถานีตรวจอากาศแล้ว สำหรับประเทศไทย  $k = 1.64$  นั้นแสดงว่า ประเทศไทยดีกว่าประเทศที่อยู่ในเขตอบอุ่นตรงที่ค่า  $k$  เฉลี่ยของบริเวณประเทศไทยสูงกว่า ทำให้คลื่นวิทยุย่าน VHF หรือสูงกว่าสามารถเดินทางได้ไกลกว่า ถ้ายึดถือค่า  $k = 1.64$  เป็นค่าเฉลี่ยสำหรับประเทศไทยตามผลการวิจัยนี้

จะได้ระยะขอบคลื่นวิทยุสำหรับประเทศไทยคือ  $d = (21 h_1)^{1/2} + (21 h_2)^{1/2}$  โดย  $d$  มีหน่วยเป็นกิโลเมตร และ  $h_1, h_2$  มีหน่วยเป็นเมตร ดังนั้น ถ้าสถานีที่ใช้สายอากาศสูง 30 เมตร ต้องการติดต่อไกล 60 กิโลเมตร สายอากาศอีกด้านหนึ่งควรสูงอย่างน้อย 58 เมตร เป็นต้น สูตรการหาระยะการติดต่อสื่อสารสำหรับประเทศไทยนี้ ใช้หลักการเส้นขอบคลื่นวิทยุ โดยถือว่าไม่มีสิ่งกีดขวางอยู่ในเส้นทางผ่าน ถ้ามีสิ่งกีดขวาง ระยะการติดต่ออาจใกล้หรือไกลกว่านี้ในทางปฏิบัติ มักจะพบว่าสามารถติดต่อได้ไกลเกินระยะเส้นขอบคลื่นวิทยุที่คำนวณได้โดยวิธีการเพิ่มความไวของเครื่องรับ, การเพิ่มกำลังส่งของเครื่องส่ง, เพิ่มอัตราขยายของสายอากาศรับ - สายอากาศส่ง และลดการสูญเสียของสายนำสัญญาณ เป็นต้น ค่า  $k$  นี้มีประโยชน์มากในการคำนวณหาความสูงขั้นต่ำของสายอากาศเพื่อให้สามารถติดต่อสื่อสารได้ตามต้องการ โดยไม่ขาดการติดต่อ และเป็นค่าที่สำคัญที่สุดค่าหนึ่งในการแพร่กระจายคลื่นวิทยุ

สุชาติ (2537) ได้สรุปเรื่อง VSWR (Voltage Standing Wave Ratio) คืออัตราส่วนระหว่างแรงไฟหรือกระแสไฟสูงสุดเทียบกับแรงไฟหรือกระแสไฟต่ำสุดที่เกิดภายในสายส่งกำลังซึ่งเกิดจากคลื่นวิทยุสะท้อนกลับในทางปฏิบัติค่า VSWR ไม่ควรเกิน 1.5:1 ถ้าเกินกว่านี้อาจทำให้เกิดผลเสียหายต่าง ๆ มากมาย และที่สำคัญคือเครื่องส่งจะชำรุดเสียหายได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. อุปกรณ์สถานีแม่ข่ายวัดระดับน้ำ

- 1.1 PC ความเร็ว CPU 1.10 GHz RAM 128 MB HDD.10 GB. มีระบบระบายความร้อนดีทำงานได้ตลอดไม่ติดขัด
- 1.2 วิทยุรับ – ส่ง ย่านความยาวคลื่น 2 เมตร ยี่ห้อ ICOM รุ่น IC 2000 ในที่นี้เลือกความถี่ 139.380 MHz พร้อมสายนำสัญญาณ RG 8 เสายอากาศสูง 9 เมตร แผงสายอากาศกำลังขยาย 9 dB
- 1.3 วงจรเชื่อมต่อพอร์ทขนานและ ADC ขนาด 8 บิตพร้อมทั้งวงจรควบคุมการกดยิงส่งออกอากาศ
- 1.4 วงจรนับความถี่ 0 – 1 MHz
- 1.5 โปรแกรมเชื่อมต่อพอร์ทขนานที่เขียนขึ้นเอง

### 2. อุปกรณ์สถานีลูกข่ายวัดระดับน้ำในคลอง

- 2.1 อุปกรณ์วัดระดับน้ำแบบลูกลอยติดตัวด้านทานแบบสไลด์เชื่อมกับสเกลเสียงที่ติดตั้งขึ้น พร้อมสายซิลด์ส่งสัญญาณ
- 2.2 วงจรผลิตพัลส์ความถี่ 370 – 1,000 Hz
- 2.3 วงจรถอดรหัสเสียงเรียกโทรศัพท์ พร้อมวงจรควบคุมเวลาการส่งสัญญาณออกอากาศ
- 2.4 วิทยุรับ – ส่งย่านความยาวคลื่น 2 เมตร ยี่ห้อ YAESU รุ่น FT411, สายนำสัญญาณ RG 8 เสายอากาศสูง 9 เมตร แผงสายอากาศกำลังขยาย 9 dB

### 3. วิธีการ

- 3.1 ที่สถานีแม่ข่ายทำการทดลองที่โครงการส่งน้ำฯ บางเลน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม โดยเชื่อมต่อสายสัญญาณจากลำโพงเครื่อง PC ต่อพ่วงผ่านวงจรควบคุมโดยพอร์ทขนาน สัญญาณที่ได้นี้จะต่อไปที่ไมค์ของเครื่องส่ง VHF การกำหนดสัญญาณเรียกลูกข่ายด้วยการบันทึกเสียงเรียกไว้เป็น wave file จากนั้นทำการเขียนโปรแกรมแบบ Polling โดยใช้ Visual Basic 6 เขียนโปรแกรมทำงานตามเวลาเรียกลูกข่าย โดยรีเลย์กดยิง

ออกอากาศส่งสัญญาณเสียง เพื่อเรียกลูกข่ายผ่านวิทยุรับ – ส่งย่านความยาวคลื่น 2 เมตร ความถี่ 139.380 MHz ออกสู่สายอากาศที่มีค่า VSWR 1.5:1 ซึ่งการประกอบติดตั้งสายอากาศแสดงในภาพที่ 1 รีเลย์กดคีย์จะทำงานเป็นเวลา 2 วินาที จากนั้นระบบจะหยุดรอรับการส่งสัญญาณตอบกลับจากลูกข่ายที่อยู่ห่างไกล การติดตั้งอุปกรณ์รวมของสถานีแม่ข่ายแสดงในภาพที่ 2

3.2 สถานีวัดน้ำลูกข่ายที่อยู่ห่างไกล 40 กิโลเมตรจากสถานีแม่ข่ายซึ่งทดลองติดตั้งที่ประตูระบายน้ำบางเลน อ.บางเลน จ.นครปฐม เมื่อระบบสายอากาศที่มีค่า VSWR 1.5:1 รับสัญญาณเรียกจากสถานีแม่ข่าย เครื่องรับย่านความยาวคลื่น 2 เมตร ความถี่ 139.380 MHz จะเริ่มถอดรหัสโดยวงจรถอดรหัสและผลิตพัลส์ความถี่ดังแสดงในภาพที่ 3 หากสัญญาณเรียกถูกต้องรีเลย์ของระบบผลิตความถี่เริ่มทำงาน โดยรับสัญญาณข้อมูลการขึ้น – ลงของน้ำโดยลูกข่ายส่งข้อมูลผ่านตู้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ชนิดลิเนียร์ซึ่งติดตั้งร่วมกับสเกลเอียงที่ติดตั้งขึ้นเพื่อเพิ่มระยะการวัดระดับน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 4 (วิชัย และวรารุณ. 2546.) ความถี่พัลส์ที่ผลิตขึ้นจะมีค่าระหว่าง 370 – 1,000 Hz ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องส่งจะทำงานได้เฉพาะความถี่ย่านคลื่นเสียงเท่านั้น วงจรควบคุมเวลาการทำงานของระบบส่งสัญญาณออกอากาศใช้เวลาจำนวน 25 วินาที (เป็นเวลาที่ใช้ประหยัดพลังงานเครื่องส่งไม่ร้อนและมีเสถียรภาพดี) จากนั้นเครื่องส่งจะหยุดการส่งสัญญาณและเฝ้ารอเรียกจากสถานีแม่ข่ายโดยการส่งสัญญาณจะทำเมื่อมีการเรียกจากสถานีแม่ข่ายเท่านั้น อุปกรณ์รวมของสถานีลูกข่ายวัดระดับน้ำแสดงดังภาพที่ 5 อุปกรณ์รวมวงจรภายในสถานีลูกข่ายแสดงในภาพที่ 6 และภาพที่ 7 แสดงการติดตั้งระบบสายอากาศที่สถานีลูกข่าย

3.3 ที่สถานีแม่ข่ายเมื่อรับสัญญาณการวัดระดับน้ำจากลูกข่ายในรูปพัลส์ความถี่ 370 – 1,000 Hz จากสายสัญญาณของลำโพงเครื่องวิทยุรับ – ส่ง ต่อเข้ากับวงจรนับความถี่ 0 - 1 MHz ตามภาพที่ 8 ที่มีไอซีเบอร์ LM2917N ทำการแปลงความถี่พัลส์ออกมาเป็นแรงดันไฟตรง 0 – 5 V. เพื่อส่งให้วงจร ADC แปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลเชื่อมต่อกับ PC ทางพอร์ทขนาน

3.4 ที่สถานีแม่ข่าย เครื่อง PC จะติดตั้งโปรแกรมที่เขียนเองโดยใช้ Visual Basic 6 เพื่อเรียกขานสถานีลูกข่าย พร้อมกับ datalogger ในรูป Text file ที่สามารถบันทึกข้อมูลระดับน้ำที่ส่งมาได้ตามเวลา ในที่นี้กำหนดไว้ทุก 1 ชั่วโมง การขยายจำนวนลูกข่ายสามารถทำได้ทันทีโดยสร้างสถานีลูกข่ายขึ้นพร้อมกำหนดสัญญาณเสียงเรียกประจำตัวและเพิ่ม wave file เพื่อเรียกขานที่แม่ข่ายเท่านั้น

### สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

1. การทดลองรับ – ส่งข้อมูลระดับน้ำและการบันทึกข้อมูล datalogger ในรูปแบบ Text file สามารถแปลงเป็น Excel file และทำการวิเคราะห์โดยวิธี Regression ได้ค่า  $R^2 = 0.9755$  การเปรียบเทียบค่าระดับน้ำที่วัดได้จากสถานีลูกข่ายกับระดับน้ำจริงขณะทำการวัดแสดงดังภาพที่ 9 ปัญหาของความคลาดเคลื่อนในการวัดระดับน้ำเกิดจากตัวต้านทานปรับค่าได้ที่นำมาเป็น Sensor มีคุณภาพไม่ดีนักเนื่องจากมีราคาถูก ถ้านำโครงการนี้ใช้งานจริงต้องใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ชนิด โปเทนชิโอมิเตอร์ ซึ่งจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยมาก

2. กำลังส่งออกอากาศของวิทยุรับ – ส่งของสถานีแม่ข่ายและลูกข่ายที่ทำการทดลองใช้ 5 วัตต์ในวันแรกๆ เกิดการจางหายของคลื่นในเวลากลางวันประมาณ 2 - 3 ครั้ง (ในบางวัน) จึงลองใช้สูตรของบัณฑิต (2520) คำนวณระยะติดต่อคือ ถ้าส่งคลื่นแบบตรงจะหวังผลเพียงระยะทาง 20.4 กิโลเมตร เท่านั้น นั่นแสดงว่าระยะทาง

40 กิโลเมตรของการติดต่อระหว่างสถานีทั้งสองใช้ชั้นบรรยากาศสะท้อนคลื่น แต่ในเวลากลางวันเกิดการรบกวนจากสภาพชั้นบรรยากาศที่แปรเปลี่ยนเนื่องจากพายุสุริยะ หรือเกิดหลุมดำบนดวงอาทิตย์รบกวนการสื่อสารทุกชนิดบนโลกที่ใช้คลื่นวิทยุ จึงได้หาวิธีแก้ไขโดยเพิ่มกำลังส่งของสถานีทั้งสองเป็น 60 วัตต์ ได้ผลการทดลองคือการรับ – ส่งสัญญาณไม่มีปัญหา การติดต่อดีมากทั้งกลางวันและกลางคืน

3. การส่งสัญญาณของสถานีวัดระดับน้ำลูกข่ายที่ไม่ต้องใช้ PC โดยใช้ PC เฉพาะแม่ข่ายเท่านั้น เป็นการลดชิ้นส่วนอุปกรณ์ ประหยัดพลังงานมีความทนทานไม่ต้องดูแลรักษามากและมีราคาถูก สามารถขยายสถานีลูกข่ายได้มากตามต้องการ

4. สถานีลูกข่ายสามารถประยุกต์เป็นสถานีตรวจวัดอย่างอื่นนอกจากการวัดระดับน้ำ เช่นทำเป็นโครงข่ายสถานีวัดน้ำฝน เป็นต้น

### เอกสารอ้างอิง

ไกรวุฒิ โรจน์ประเสริฐสุด. 2543. เครื่องนับความถี่ 0 – 1 เมกะเฮิรตซ์ ขนาดมือถือ, น. 86 – 92. โครงการ HOBBYELECTRONIC 8. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2538. IC – 2N ก็ยังออกอากาศ 100 W ได้, น. 85. ใน ทนง โชติสรยุทธ์, บรรณาธิการ. **รวบรวมความรู้ที่หาอ่านได้ยากสำหรับนักวิทยุสมัครเล่น**. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

บัณฑิต พุกขามะธานนท์. 2538. การหาค่าหักเหของคลื่นวิทยุ และค่าสัมประสิทธิ์รีเฟรคทีฟความโค้งของโลก สำหรับการแผ่กระจายคลื่นวิทยุ, น.226 – 227. ใน ทนง โชติสรยุทธ์, บรรณาธิการ. **รวบรวมความรู้ที่หาอ่านได้ยากสำหรับนักวิทยุสมัครเล่น**. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

พจนานฎ สุวรรณมณี. 2544. **เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์เบื้องต้น**. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ

ทนง โชติสรยุทธ์. 2523. เทคนิคการตกแต่งฟีด, น. 99 – 101. **เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 39**. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

วิเชียร ชมเชย. 2539. **ความถี่ 6**. บริษัทความถี่ คอมมิวนิเคชั่น จำกัด, กรุงเทพฯ.

วิษณุ ศรีวงษา และ วราวุธ วุฒิมิวนิชย์. 2546. การพัฒนาระบบวัดระดับน้ำและควบคุมการเปิด-ปิดประตูระบายน้ำระยะไกล, น. 549 – 559. **การประชุมวิชาการประจำปี 2546 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุชาติ เผือกสกนธ์. 2537. เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ VSWR, น. 35 – 41. ใน ทนง โชติสรยุทธ์, บรรณาธิการ. **รวมบทความและโครงการวิทยุสมัครเล่น 1**. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

อุดมศักดิ์ ใช้ศรีทอง. 2545. การประยุกต์ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้, น. 228 – 232. **เซมิคอนดักเตอร์ อิเลคทรอนิกส์ฉบับที่ 241**. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

อานวยศักดิ์ ทูลศิริ. 2538. การหาหาค่าความโค้งของโลกที่มีต่อการแพร่กระจายคลื่นวิทยุในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากกราฟิโอสอนด์, น. 227. ใน ทนง โชติสรยุทธ์, บรรณาธิการ. **รวบรวมความรู้ที่หาอ่านได้ยากสำหรับนักวิทยุสมัครเล่น**. บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

อรรถพล บุญยะโสภะ และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรวิตรไล. 2545. **เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ทขนาน**. บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, กรุงเทพฯ.