ระบบโทรมาตรต้นแบบสำหรับวัดปริมาณน้ำฝนโดยใช้เซนเซอร์ตัวเก็บประจุแบบแกนร่วม

Rainfall Telemetry System Prototype using a Coaxial Capacitance Sensor

นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์[1*] อดิศร นวลอ่อน[2] ชลธี โพธิ์ทอง[3]

Niwat Angkawisittpan[1*], Adisorn Nuan-on[2] and Chonlatee Photong[3]

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้เสนอระบบโทรมาตรสำหรับวัดปริมาณน้ำฝนที่ทำมาจากเซนเซอร์ตัวเก็บประจุแบบแกนร่วม ประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ ได้แก่ วงจรกรองสัญญาณความถี่สูงผ่านอันดับหนึ่ง เซนเซอร์ตัวเก็บประจุแบบแกนร่วม ระบบประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ โมดูลสำหรับส่งข้อความสั้น และโทรศัพท์มือถือ ค่าความจุไฟฟ้าของเซนเซอร์นี้แปรผันโดยตรงกับระดับน้ำฝน ค่าความจุไฟฟ้าถูกวัดและแปลงเป็นค่าแรงดันไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้านี้ถูกส่งไปยังระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเปลี่ยนเป็นปริมาณน้ำฝนในหน่วยมิลลิเมตร ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งข้อความที่บอกปริมาณน้ำฝนไปยังโมดูลสำหรับส่งข้อความสั้น โมดูลนี้จะทำการส่งข้อความสั้นที่บอกปริมาณน้ำฝนไปที่โทรศัพท์มือถือ จากผลการทดลองพบว่า เครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ เครื่องต้นแบบได้ถูกติดตั้งที่หมู่บ้านเขียบ ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

คำสำคัญ : เซนเซอร์ตัวเก็บประจุแบบแกนร่วม, การวัดปริมาณน้ำฝน, วงจรกรองสัญญาณความถี่สูงผ่านอันดับหนึ่ง

Abstract

This paper proposes a telemetry system using a coaxial capacitor sensor. The proposed system consists of a first-order high-pass filter circuit, a coaxial capacitance sensor, a microcontroller, a SMS module and a mobile phone. Capacitance of the coaxial capacitance sensor which is proportional to the levels of rainfall is converted into voltage. The corresponding voltage is sent to the microcontroller that gives data of rainfall levels in millimeters. The microcontroller sends this data to the SMS module which then sends information of rainfall levels to show on the display screen of the mobile phone. The experimental results showed that the proposed telemetry system prototype can provide the correct data with high accuracy. The proposed prototype was installed at Khiab village, Khamriang, Kantarawichai, Mahasarakham.

Keywords: Coaxial Capacitance Sensor, Rainfall Measurement, First-order high-pass filter circuit.

---

[1] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์* [2] *ผู้ช่วยวิจัย* [3] *อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150*

[1]Assistant Professor, [2]Research Assistant, [3]Lecturer, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantarawichai, Mahasarakham 44150, Thailand.

[*]Corresponding author: Niwat Angkawisittpan, Assistant Professor, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantarawichai, Mahasarakham 44150, Thailand.

Email: niwat.a@msu.ac.th

บทนำ

ในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยได้ประสบปัญหาอุทกภัยอย่างหนักในช่วงฤดูมรสุม ซึ่งเป็นปัญหาสาธารณภัยที่เกี่ยวข้องกับประชาชน และห่วงโซ่อุปทานโลก (global supply chain) อีกทั้งยังสร้างความเสียหายแก่ชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนอีกด้วย ในปลายเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2554 พายุโซนร้อน "ไหหม่า" (Haima) ได้ส่งผลให้เกิดอุทกภัยในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ได้แก่จังหวัดเชียงราย พะเยา น่าน และตาก ในปลายเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2554 พายุโซนร้อน "นกเตน" (Nok-ten) ได้เข้ามาพร้อมกับทำให้เกิดฝนตกอย่างหนักในหลายพื้นที่ มีผลทำให้เกิดปัญหาอุทกภัยขยายพื้นที่ไปในบริเวณภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และชุมชนที่อยู่ใกล้แม่น้ำโขง แม่น้ำชี แม่น้ำมูล และแม่น้ำเจ้าพระยา[1] รัฐบาลไทยได้สรุปความเสียหายจากอุทกภัยครั้งนี้ มีผลต่อบ้านของประชาชน 1.5 ล้านหลัง และมีผู้เสียชีวิตไม่น้อยกว่า 884 ศพ ธนาคารโลกได้สรุปตัวเลขความเสียหายทางเศรษฐกิจไว้ถึง 45,700 ล้านดอลลาร์สหรัฐ[2] รูปที่ 1 แสดงภาพความเสียหายในชุมชนหนึ่งเนื่องจากอุทกภัยในปี พ.ศ. 2554[3]

Figure 1 A Photograph of the water flood in a community in Thailand in 2011[3]

ประชาชนในเขตพื้นที่ชนบทที่ห่างไกลจากระบบเตือนอุทกภัยไม่สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลหรือระบบเตือนอุทกภัยได้ทันท่วงที จึงมีผลทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินเป็นอย่างมาก ดังนั้นระบบเตือนอุทกภัยในระดับชุมชนที่สามารถทำการเตือนภัยได้ท่วงทีจึงมีความสำคัญยิ่ง เพื่อป้องกันหรือลดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของชุมชนนั้น ๆ ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางอิเล็กทรอนิกส์ได้เข้ามาเกี่ยวข้องกับการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ต่าง ๆ เช่น ความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล[4] ความเข้มข้นของก๊าซพิษ[5] ความสูงของระดับน้ำในแม่น้ำ[6] เป็นต้น เทคนิคในการวัดระดับของของเหลวมีหลายวิธีที่แตกต่างกัน แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป

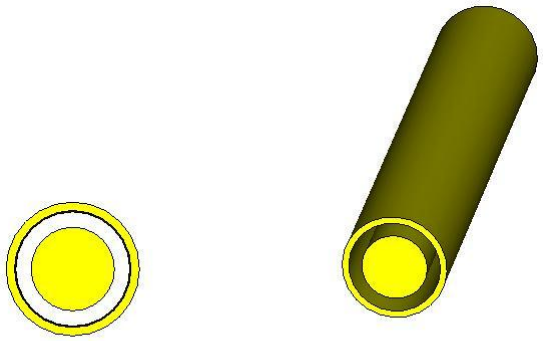
Donlagic และคณะ ใช้วงจรตัวกำธรทางเสียง (acoustical gas resonator) ส่งและรับสัญญาณเพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าระดับของเหลว[7] Wang และคณะ ใช้กล้องดิจิตอลถ่ายภาพลูกลอยทรงกลมในการวัดระดับของเหลวในถัง และใช้หลักการประมวลผลภาพมาช่วยในการวิเคราะห์ระดับของเหลวในถัง[8] และ Sohn และคณะ ใช้เส้นใยแก้วนำแสง และแขนกลขนาดเล็กสำหรับวัดระดับน้ำในถัง[9] เทคนิคที่ได้กล่าวมานี้มีระบบที่ซับซ้อน ซึ่งไม่เหมาะกับงานวิจัยเพื่อชุมชนที่ต้องการความเรียบง่ายและสามารถใช้งานได้จริง นั่นคือ สามารถบอกปริมาณน้ำฝนและเตือนการเกิดอุทกภัยในระดับชุมชนได้ทันท่วงที

เทคโนโลยีในการวัด เช่น การวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าไดอิเล็กตริกหรือค่าเก็บประจุไฟฟ้าเป็นเทคนิคที่ง่าย ซึ่งถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบสิ่งเจือปนในสัตว์ทะเล[10] และการหาค่าความเข้มข้นของน้ำตาล[4] เป็นต้น

บทความวิจัยนี้จึงนำเสนอการประยุกต์ใช้เซนเซอร์ตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบแกนร่วมในการวัดปริมาณน้ำฝน โดยอาศัยหลักการการเปลี่ยนแปลงค่าเก็บประจุไฟฟ้าของเซนเซอร์ ประกอบกับการใช้อุปกรณ์ประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูลรับส่งข้อความสั้น (SMS module) เพื่อทำการวัดปริมาณน้ำฝนและส่งข้อความสั้น ไปยังโทรศัพท์มือถือที่อยู่กับหัวหน้าชุมชน เพื่อให้หัวหน้าชุมชนทำการแจ้งเตือนการเกิดอุทกภัยแก่ชุมชนได้ทันท่วงที

การออกแบบระบบโทรมาตรสำหรับวัดปริมาณน้ำฝน

การวัดปริมาณน้ำฝนโดยใช้หลักการการเปลี่ยนแปลงค่าไดอิเล็กตริกของเซนเซอร์ตัวเก็บประจุแบบแกนร่วม ออกแบบได้ดังรูปที่ 2 แกนร่วมมีลักษณะเป็นแกนที่ทำด้วยท่อทองแดงกลวง มีรัศมีท่อด้านในเป็น R_1 มีรัศมีของท่อด้านนอกเป็น R_2 และมีความยาวของแกนร่วมเป็น L



(A) (B)

Figure 2 (A) Front view of the proposed sensor (B) Isometric view of the proposed sensor

เมื่อนำเซนเซอร์ที่ออกแบบไปวัดระดับน้ำโดยจุ่มเซนเซอร์ลงในน้ำลึก H ค่าเก็บประจุไฟฟ้าหาได้จาก 2 ส่วนคือ ส่วนที่ไดอิเล็กตริกของแกนร่วมเป็นน้ำ C_1 และส่วนที่ไดอิเล็กตริกของแกนร่วมเป็นอากาศ C_2 ค่าเก็บประจุไฟฟ้าทั้ง 2 ส่วนต่อขนานกันอยู่ดังวงจรสมมูลรูปที่ 3 ทำให้ค่าเก็บประจุไฟฟ้ารวม C_T[4] หาค่าได้ดังนี้

$$C_T = C_1 + C_2 \quad (1)$$

$$C_T = \frac{2\pi\varepsilon_r\varepsilon_0 H}{\ln\frac{R_2}{R_1}} + \frac{2\pi\varepsilon_0(L-H)}{\ln\frac{R_2}{R_1}} \quad (2)$$

$$C_T = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln\frac{R_2}{R_1}}(\varepsilon_r H + L - H) \quad (3)$$

$$C_T = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln\frac{R_2}{R_1}}((\varepsilon_r - 1)H + L) \quad (4)$$

$$C_T = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln\frac{R_2}{R_1}}(\varepsilon_R H + L) \quad (5)$$

เมื่อ ε_0 คือค่าสภาพยอมของอากาศว่าง

($8.854x10^{-12}$ ฟารัดต่อเมตร)

ε_r คือค่าไดอิเล็กตริกของน้ำ (78.3)

ε_R คือค่าไดอิเล็กตริกของน้ำลบด้วยหนึ่ง $(\varepsilon_r - 1)$

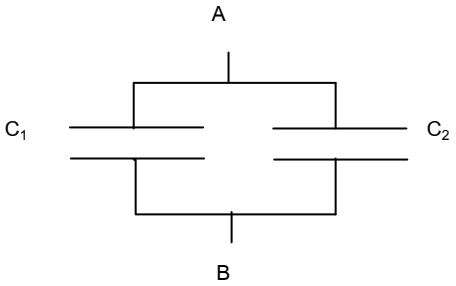


Figure 3 The equivalent circuit of the proposed sensor

จากสมการที่ 5 ค่าเก็บประจุไฟฟ้ารวมหาได้จาก 2 ส่วนดังที่กล่าวมาแล้ว ค่าเก็บประจุไฟฟ้ารวมของเซนเซอร์ตัวเก็บประจุแบบแกนร่วมนี้มีการแปรผันตรงกับความลึกของน้ำ (H) และแปรผกผันกับอัตราส่วนในรูปแบบลอการิทึมของรัศมีท่อด้านนอกต่อรัศมีท่อด้านใน เมื่อออกแบบให้รัศมีท่อด้านใน (R_1) เป็น 5 มิลลิเมตร รัศมีท่อด้านนอก (R_2) เป็น 12.5 มิลลิเมตร และแกนร่วมมีความยาว (L) เป็น 1,000 มิลลิเมตร ทำให้ค่าเก็บประจุไฟฟ้าของเซนเซอร์ตัวเก็บประจุแบบแกนร่วมขึ้นอยู่กับระดับน้ำที่เพิ่มขึ้น

วงจรกรองความถี่สูงผ่านอันดับหนึ่ง (first-order high-pass filter) เป็นวงจรที่ใช้ในระบบโทรมาตรวัดน้ำฝน เนื่องจากเป็นวงจรที่สามารถเปลี่ยนค่าเก็บประจุไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเพื่อนำไปประมวลผลต่อไปในไมโครคอนโทรเลอร์

วงจรกรองความถี่สูงผ่านอันดับหนึ่ง ที่ใช้ในระบบนี้ ประกอบด้วย แหล่งจ่ายสัญญาณแรงดันไฟฟ้ามีขนาดแรงดันไฟฟ้าค่ายอดเป็น 5 V มีความถี่ทางไฟฟ้า (f) เป็น 16 kHz ตัวเก็บประจุไฟฟ้าซึ่งก็คือเซนเซอร์ตัวเก็บประจุแบบแกนร่วม (C_T) และตัวต้านทานไฟฟ้า(R) ดังรูปที่ 4

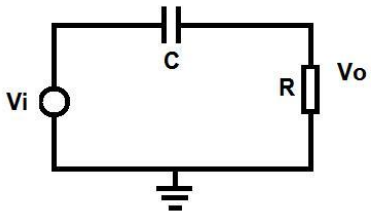


Figure 4 The first-order high-pass filter circuit for the rainfall telemetry system

จากรูปที่ 4 สามารถคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (V_o) ได้จาก

$$V_0 = \frac{R}{R - jX_C} V_i \qquad (6)$$

$$V_0 = \frac{R}{R - \frac{j}{2\pi f C_T}} V_i \qquad (7)$$

เมื่อ V_i คือแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายสัญญาณ

จากสมการที่ 7 เมื่อให้แหล่งจ่ายสัญญาณแรงดันไฟฟ้ามีขนาดแรงดันไฟฟ้าค่ายอด (V_i) เป็น 5 V และความต้านทาน (R) คงที่ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (V_o) จะขึ้นอยู่กับความถี่ (f) จากแหล่งจ่ายสัญญาณแรงดันไฟฟ้า และค่าเก็บประจุไฟฟ้าของเซนเซอร์ตัวเก็บประจุแบบแกนร่วม (C_T) ดังนั้นถ้าเราเลือกความถี่ที่เหมาะสมแล้ว (16 kHz) แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน (V_o) จะขึ้นอยู่กับค่าเก็บประจุไฟฟ้าของเซนเซอร์ตัวเก็บประจุแบบแกนร่วม (C_T) เท่านั้น

ระบบโทรมาตรสำหรับวัดปริมาณน้ำฝนที่นำเสนอนี้ ประกอบไปด้วย เซนเซอร์ตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบแกนร่วม วงจรกรองความถี่สูงผ่านอันดับหนึ่ง ตัวประมวลผลไมโครคอนโทรเลอร์ และโมดูลรับส่งข้อความสั้น ดังรูปที่ 5

Figure 5 The diagram of the rainfall telemetry system

ผลการทดลอง

เมื่อทำการทดลองสร้างเซนเซอร์ตัวเก็บประจุแบบแกนร่วมด้วยขนาดของโครงสร้างตามที่ได้กล่าวมาแล้ว จากนั้นทำการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเก็บประจุของเซนเซอร์กับระดับของน้ำ เมื่อให้แหล่งจ่ายสัญญาณแรงดันไฟฟ้ามีขนาดแรงดันไฟฟ้าค่ายอด (V_i) เป็น 5 V มีความความถี่ 16 kHz และความต้านทาน (R) มีค่า 2,000 โอห์ม ค่าเก็บประจุของเซนเซอร์มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 0.1 nF ไปจนถึง 3 nF เมื่อระดับสูงขึ้นจาก 0 เซนติเมตรจนถึง 60 เซนติเมตร ดังรูปที่ 6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าเก็บประจุแปรผันโดยตรงกับระดับน้ำ เช่นเดียวกับสมการที่ 5

เมื่อทำการวัดค่าแรงดันรากกำลังสองเฉลี่ย (root mean square voltage, V_{RMS}) ที่ตัวต้านทาน R ของวงจรกรองสัญญาณความถี่สูงผ่านเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดันรากกำลังสองเฉลี่ยกับระดับน้ำ จะพบว่า ค่าแรงดันรากกำลังสองเฉลี่ยแปรผันโดยตรงกับระดับน้ำ ดังรูปที่ 7

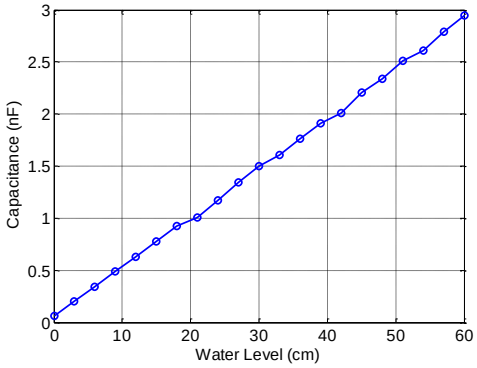


Figure 6 The relationship between water level and sensor capacitance

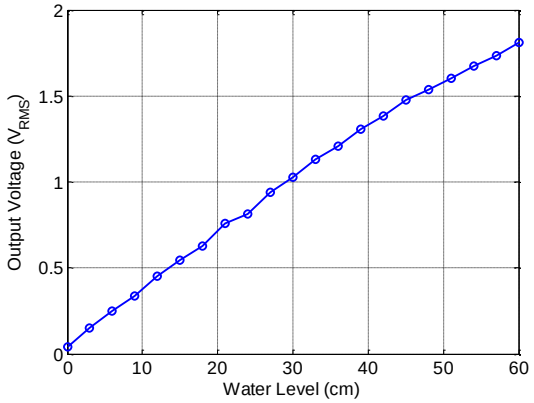


Figure 7 The relationship between water level and output voltage (V_{RMS})

เมื่อทราบความสัมพันธ์ดังรูปที่ 6 และ 7 แล้ว การออกแบบระบบโทรมาตรสำหรับวัดปริมาณน้ำฝนโดยอาศัยเซนเซอร์ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ทางอิเล็กทรอนิกส์จึงอาศัยคุณสมบัติดังกล่าวมาช่วยในการออกแบบต้นแบบของระบบ ทำให้ได้ต้นแบบเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบใหม่ดังรูปที่ 8

Figure 8 The prototype of the proposed rainfall telemetry system

นอกเหนือจากระบบการวัดปริมาณน้ำฝนในระบบโทรมาตรสำหรับวัดปริมาณน้ำฝนที่นำเสนอนี้แล้ว ระบบยังประกอบด้วยส่วนเสริมที่ช่วยให้ระบบของเครื่องวัดมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย ได้แก่ โซลินอยด์วาล์ว (solenoid valve) สำหรับปล่อยน้ำฝนออกอัตโนมัติ และแผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์และระบบการเก็บพลังงานเพื่อให้ระบบสามารถทำงานด้วยพลังงานทางเลือก เช่น พลังงานจากแสงอาทิตย์ได้

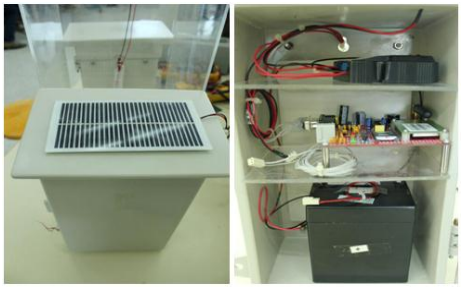


Figure 9 Solar cell and control unit

ผลการทดสอบระบบโทรมาตรสำหรับวัดปริมาณน้ำฝนแสดงว่าระบบสามารถทำงานได้ดี สามารถแจ้งปริมาณน้ำฝนแก่โทรศัพท์มือถือด้วยการส่งข้อความสั้นตามที่คาดการณ์ไว้ได้ ดังแสดงในรูปที่ 10 และเครื่องต้นแบบถูกติดตั้งใช้งานที่บ้านเขียบ ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ใกล้กับทางหลวงสายชนบท มค.4009 ดังแสดงในวงกลมด้านซ้ายในรูปที่ 11 [11]

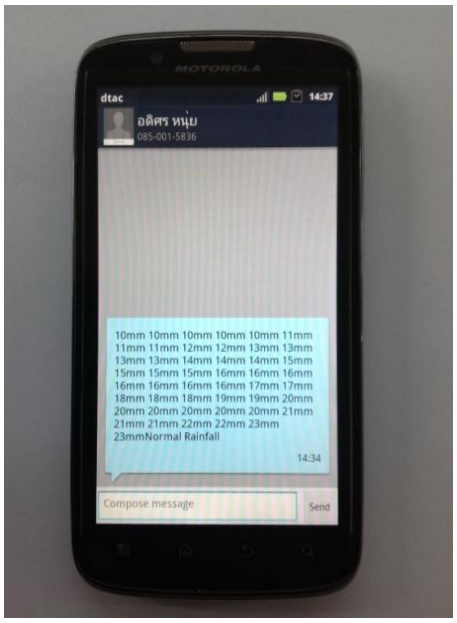


Figure 10 A rainfall level displayed on a mobile phone screen

Figure 11 An Ariel photograph which shows the location of the prototype.[11]

บทสรุป

จากการศึกษาเครื่องต้นแบบระบบโทรมาตรสำหรับวัดปริมาณน้ำฝนโดยใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบ

แกนร่วมแสดงให้เห็นผลหลายประการดังนี้

จากการวิเคราะห์สมการพบว่า ค่าไดอิเล็กตริกหรือค่าเก็บประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้าแบบแกนร่วมแปรผันโดยตรงกับตามระดับน้ำ ค่าเก็บประจุไฟฟ้าแปรผันตรงกับความยาวของตัวเก็บประจุแบบแกนร่วม แปรผกผันกับอัตราส่วนในรูปลอการิทึมของรัศมีแกนนอกต่อแกนรัศมีแกนในของตัวเก็บประจุแบบแกนร่วม

จากการทดลองด้วยการสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับวัดปริมาณน้ำฝนจากการนำสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจากวงจรกรองความถี่สูงผ่านอันดับหนึ่งมาใช้ประมวลผลด้วยไมโครคอนโทลเลอร์ โดยนำสัญญาณดังกล่าวป้อนเข้าขารับสัญญาณอนาลอกของตัวประมวลผลไมโครคอนโทรเลอร์ เพื่อคำนวณและส่งค่าปริมาณน้ำฝนไปยังโมดูลรับส่งข้อความสั้น โดยจะส่งค่าระดับปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากตัวเก็บประจุแบบแกนร่วมในทุก 24 ชั่วโมงไปยังโทรศัพท์มือถือของผู้นำชุมชน ระบบโทรมาตรสำหรับวัดปริมาณน้ำฝนโดยใช้ตัวเก็บประจุแบบแกนร่วมสามารถวัดปริมาณน้ำฝนและส่งค่าที่วัดได้เป็นข้อความไปยังโทรศัพท์มือถือเพื่อแจ้งปริมาณน้ำฝนและแจ้งเตือนอันตรายจากอุทกภัยที่อาจเกิดขึ้นจากฝนตกหนักได้ โดยทำการแจ้งเตือนเป็นข้อความสั้นบอกปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละวัน เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำฝนและคาดการณ์สภาพอากาศต่อไปได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทอาจารย์และนักวิจัยใหม่ งบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยอิเล็กทรอนิกส์เพื่อการเกษตรกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

1. http://disaster.go.th/
2. Impact Forecasting LLC. 2011 Thailand flood event recap report. 2012.
3. ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา. พายุโซนร้อนไหหม่า. 2554.
4. Angkawisittpan N, Manasri T. Determination of sugar content in using interdigital capacitor sensor. Measurement Science Review. 2012; 12(1): 8-13.
5. Hajovsky R., Pies M. Complex measuring system for longtime monitoring and visualization of temperature and toxic gases concentration. Elektronika Ir Elektrotechnika. 2012; 6(122): 129-132.
6. มงคล ปุษยตานนท์ บงกช สุขอนันต์ และกฤษณ์ ศรีวรมาศ. ระบบวัดและเก็บข้อมูลระดับน้ำสำหรับระบบเฝ้าระวังอุทกภัย. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. 2554; 4(1): หน้า 25-33.
7. Donlagic D., Zavrsnik M., Sirotic I. The use of one-dimensional acoustical gas resonator for fluid level measurements. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 2000; 49(5):1095-1100.
8. Wang TH., Lu MC., Hsu CC., Chen CC., Tan JD. Liquid-level measurement using a single digital camera. Measurement. 2009; 42:604-610.
9. Sohn KR., Shim JH. Liquid-level monitoring sensor systems using fiber Bragg grating embedded in cantilever. Sensor and Actuators A: Physical. 2009; 52(1): 248-251.
10. Syaifudin ARM., Jayasundera KP., Mukhopadhyay SC. A low cost novel sensing system for detection of dangerous marine biotoxins in seafood. Sensors and Actuators B: Chemical. 2009; 137(1): 67-75.
11. http://maps.google.com/