

การพัฒนาอุปกรณ์เก็บข้อมูลระยะไกลพลังงานต่ำ Development of Remote Low Energy Data Logger

อาทิตย์ ยาวุฒิ^{1*} พิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์¹ สมศักดิ์ วรรณชัย¹ จักรินทร์ ถิ่นนคร¹ ยูพเยาว์ หัสจรรย์²
และมนสิกาณต์ ทศวิไล³

Artit Yawootti^{1*} Pisit Wimonthanasi¹ Somsak Wannachai¹ Jakkarin Thinnakorn¹ Yooppayow Husajun²
and Mosikarn Tussavin³

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ 50300

²กลุ่มมาตรฐานการสำรวจจำแนกดิน,

³กลุ่มวินิจฉัยคุณภาพและกำลัการผลิของดิน, กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ 10900

¹Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna : 128 Huay Kaew Road, Muang,
Chiang Mai, Thailand, 50300

²Group of Soil Interpretation and Productivity,

³Soul Resources Survey and Research Division, Land Development Department Thailand, 10900

*Corresponding author: Tel.: 097 923 3370. E-mail address: YArtit@rmutl.ac.th

Received: 15 July 2021, Revised: 18 June 2022, Accepted: 14 July 2022, Published online: 30 August 2022

Abstract

This research discusses the development of Data Logger for temperature and moisture in soil and airborne in the offline low energy type. It can send the data remote online but still use low energy consumption and installed in forested areas without basic electricity. All devices utilize high-performance electrical batteries that are charged with solar panels. The operating system uses the nodeMCU micro-controller as the operating and processing unit. The sensor devices consist of two conductive principle soil moisture sensors connected to a 16-bit analog transducer. There are also soil temperature sensors, air temperature and humidity sensor, OLED display, real time clock device and memory card module. A general offline system uses 1.15, 3.45 and 14.42 watt hours of power each day. if the measuring system sends data to the cloud in Google Sheets, the power consumption has been increased to 2.02, 6.05 and 70.19 watt-hours for measurement and data acquisition every 30, 10 minutes and all the time, respectively. System optimization to measure and record data into memory and send data to the cloud once daily it was found that reduced system power by 42.9 percent when compared with sending data all time. This developed system actually works and can be applied to measure and record data with other low-power consumption Internet of Things systems.

Keywords: Soil Moisture Content, Smart Farm, Google Sheet, Remote Data Logger

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาอุปกรณ์เก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น ในดินและอากาศ พลังงานต่ำแบบออฟไลน์ ให้สามารถส่งข้อมูลระยะไกลแบบออนไลน์ แต่ยังคงใช้พลังงานในการทำงานระดับต่ำ และมีการติดตั้งในพื้นที่ป่าที่ไม่มีไฟฟ้าพื้นฐาน อุปกรณ์ทั้งหมดทำงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ประสิทธิภาพสูงที่มีการประจุด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ระบบการทำงานใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์โหนดเอ็มซียูเป็นส่วนดำเนินการและประมวลผล อุปกรณ์เซ็นเซอร์ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ตรวจวัดความชื้นดินหลักการวัดค่าความนำไฟฟ้าจำนวน 2 ชุดต่อกับตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกขนาด 16 บิต เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิดิน และความชื้นในอากาศ จอแสดงผลโอแอลอีดี อุปกรณ์ฐานเวลา และโมดูลการ์ดบันทึกข้อมูล ระบบการทำงานเก็บข้อมูลแบบออฟไลน์ทั่วไป ในแต่ละวันจะใช้พลังงาน 1.15 3.45 และ 14.42 วัตต์ชั่วโมง หากระบบเพิ่มการส่งข้อมูลไปที่คลาวด์ในระบบปฏิบัติการ ซึ่งพบว่าใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเป็น 2.02 6.05 และ 70.19 วัตต์ชั่วโมง สำหรับการวัดและเก็บข้อมูลทุก ๆ 30 10 นาทีและตลอดเวลา ตามลำดับ การปรับปรุงให้ระบบทำงานตรวจวัดและเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำทำการส่งข้อมูลขึ้นในระบบคลาวด์เพียงครั้งเดียวในแต่ละวันพบว่าสามารถลดพลังงานของระบบลงได้ถึง 42.9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบส่งข้อมูลขึ้นระบบคลาวด์ทุก ๆ รอบการวัด-เก็บข้อมูล ระบบที่พัฒนาขึ้นทำงานได้จริงและสามารถประยุกต์ใช้ในวัดและเก็บข้อมูลร่วมกับระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งด้วยพลังงานต่ำแบบอื่นๆ

คำสำคัญ: ความชื้นดิน สมาร์ทฟาร์ม กูเกิลชิต อุปกรณ์เก็บบันทึกข้อมูลระยะไกล

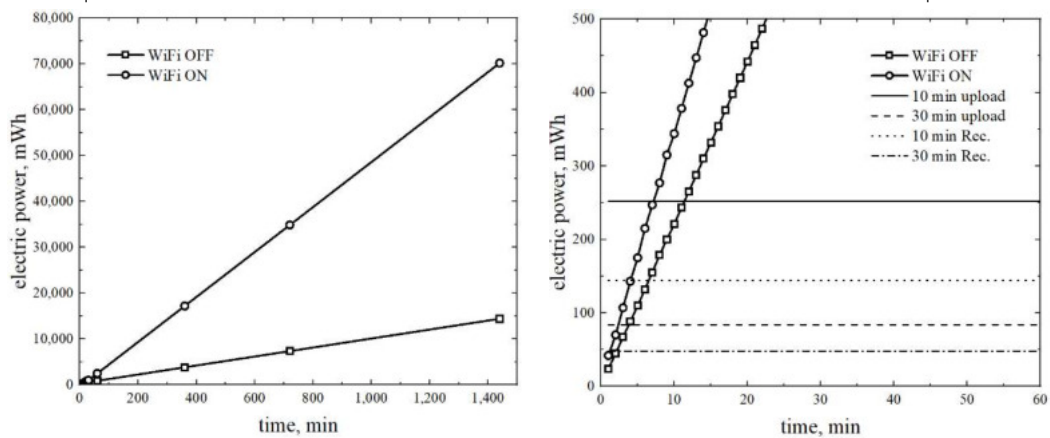
บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในพื้นที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยทรัพยากรธรรมชาติและมีสภาพภูมิประเทศเหมาะสมต่อการทำการเกษตร สำหรับพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 360 เมตร ได้มีการสำรวจและเก็บข้อมูลโดยกรมพัฒนาที่ดิน โดยเฉพาะกลุ่มมาตรฐานการสำรวจจำแนกดิน รวมถึงกลุ่มวินิจฉัยคุณภาพและกำลังการผลิตของดิน แต่สำหรับพื้นที่ป่าเขาที่ระดับความสูงมากกว่า 360 เมตร จากระดับน้ำทะเลนั้น ยังมีการสำรวจไม่ทั่วถึง [1] การพัฒนาอุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบทำงานลำพังสำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นดิน สามารถช่วยให้นักวิจัยสามารถทราบถึงข้อมูลดิน ที่นำไปสู่การวางแผนการใช้ประโยชน์พื้นที่ ทั้งในด้านการเพาะปลูกและการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ การพัฒนาอุปกรณ์ดังกล่าวและติดตั้งในพื้นที่ภาคเหนือ เขตจังหวัดลำปาง จำนวน 7 แห่ง ล้วนเป็นป่าที่ที่ไม่มีแหล่งพลังงานไฟฟ้าพื้นฐาน มีแสงแดดช่วงสั้นในเวลากลางวัน ดังนั้นอุปกรณ์วัดและเก็บข้อมูลจะต้องทำงานภายใต้เงื่อนไขการประหยัดพลังงาน อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับการวัดและเก็บบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำแบบออฟไลน์ เมื่อทำงานตลอดเวลา พบว่าในแต่ละวันจะใช้พลังงานไฟฟ้าสูงถึง 14.4 วัตต์ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 1 (ก) (WiFi OFF) และตารางที่ 1 เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานจึงได้ออกแบบให้ระบบที่พัฒนาขึ้นในรุ่นแรก [2] ทำงานตามแผนภาพที่ 2 (ก) มีการบันทึกข้อมูลการวัดลงในหน่วยความจำแบบ SD Card ทุกๆ ระยะเวลา 30 นาที และมีการใช้โหมดหลับลึก (Deep Sleep) เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงเหลือประมาณ 9 มิลลิแอมป์ ในขณะที่ระบบทำการวัดตลอดเวลาจะใช้พลังงานไฟฟ้าในระดับ 200 มิลลิแอมป์ ระบบการทำงานแบบนี้มีจุดเด่นในเรื่องการประหยัดพลังงานและสามารถใช้งานวัดและบันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำได้ต่อเนื่องมาตั้งแต่เดือนมกราคม 2563 จนถึงปัจจุบัน (กันยายน 2564) แต่ยังคงให้เจ้าหน้าที่เข้าไปยังพื้นที่ติดตั้งเพื่อทำการโหลดข้อมูลจากหน่วยความจำออกมา ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบหลายด้าน เช่น การใช้เวลาในการเดินทางเข้าพื้นที่ (ที่นักวิจัยจากกรุงเทพฯ) การปิดห้ามเข้าพื้นที่จากวิกฤตการณ์โรคระบาดโควิด 19 รวมถึงเมื่ออุปกรณ์ทำงานผิดพลาดจะไม่สามารถทราบได้ทันที การปรับปรุงให้ระบบเดิมที่ทำงานแบบออฟไลน์ให้สามารถทำงานเป็นแบบออนไลน์ โดยส่งข้อมูลมายังคลาวด์ โดยที่ยังคงมีการสำรองข้อมูลที่หน่วยความจำเป็นทางออกของข้อจำกัดข้างต้น แต่ด้วยเงื่อนไขข้อจำกัดของพลังงานไฟฟ้า ซึ่งหากตั้งค่าให้ระบบมีการทำงานส่งข้อมูลระยะไกลผ่านเครือข่าย GSM ไปที่ระบบคลาวด์ตลอดเวลาในภาพที่ 2 (ข) พบว่าระบบจะใช้พลังงาน

ไฟฟ้าสูงถึง 70 วัตต์ชั่วโมง ตามข้อมูลการทดสอบในภาพที่ 1 (ก) (WiFi ON) และตารางที่ 1 การปรับลดจากที่ระบบทำงานออนไลน์ตลอดเวลาลงเป็นทำงานทุกๆ รอบ 10 หรือ 30 นาที ยังคงใช้พลังงานไฟฟ้าสูงในระดับ 252 และ 84 มิลลิวัตต์ชั่วโมง ในแต่ละชั่วโมง แต่หากทำการปรับให้ระบบทำงานเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำและมีการส่งข้อมูลขึ้นระบบคลาวด์เพียงครั้งเดียวในแต่ละชั่วโมง (หรือในแต่ละวัน) จะสามารถลดพลังงานไฟฟ้า ลงได้อีก 42.86 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 1 (ข) การปรับรูปแบบให้ระบบทำงาน ตามภาพที่ 2 (ค) จะทำให้สามารถได้ข้อมูลการวัดออนไลน์รายวัน พร้อมทราบว่าอุปกรณ์ทำงานปกติหรือมีความผิดพลาดได้รวดเร็วและยังคงประหยัดพลังงานไฟฟ้า

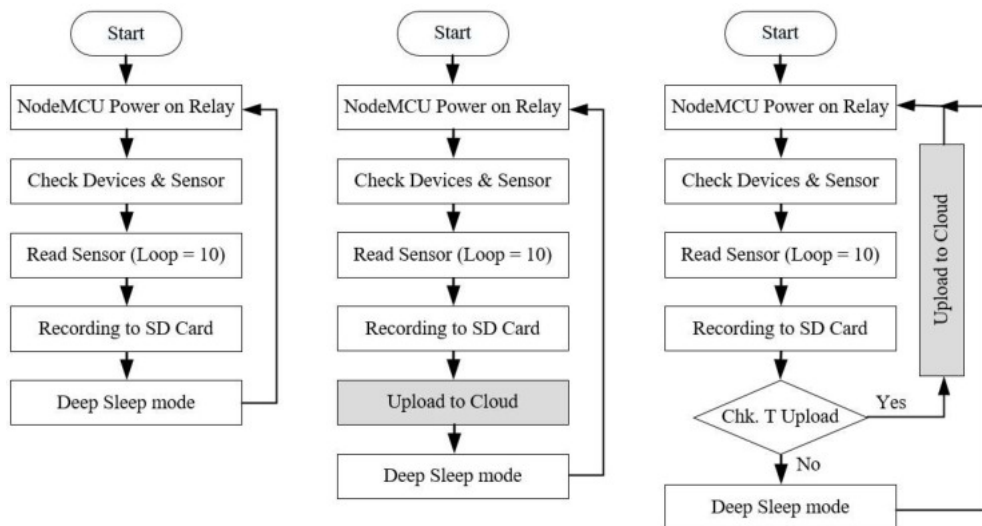
วิธีการวิจัย

การพัฒนาให้อุปกรณ์เก็บวัดและข้อมูลฯ ทำงานจากเดิมที่เป็นระบบออฟไลน์ ให้สามารถทำงานแบบออนไลน์จะต้องใช้รีเลย์ไฟฟ้าทำหน้าที่ในการปิดและเปิดการทำงานของอุปกรณ์ WiFi ตามรูปแบบเดิมที่มีการใช้รีเลย์ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์และเซ็นเซอร์ [2] ที่เดิมมีการใช้ขา 10 หรือ SD3 ของ NodeMCU ในการสั่งงานรีเลย์อุปกรณ์เดิม ใน



(ก) การเปรียบเทียบที่เวลา 1,440 นาที (24 ชั่วโมง) (ข) การเปรียบเทียบที่ระยะเวลา 60 นาที (1 ชั่วโมง)

ภาพที่ 1 การใช้พลังงานไฟฟ้าขณะทำงานเปรียบเทียบการปิดและเปิดอุปกรณ์ WiFi



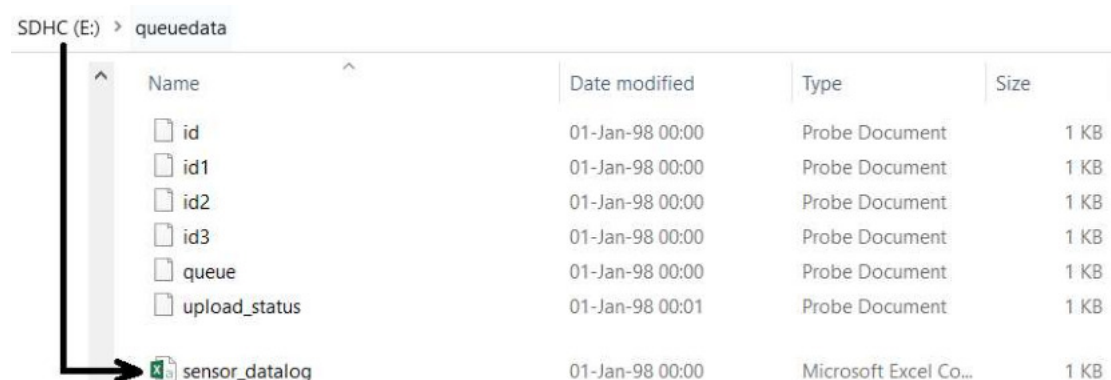
(ก) การทำงานแบบออฟไลน์ (ข) การทำงานแบบออนไลน์ตลอดเวลา (ค) การทำงานแบบออนไลน์เฉพาะเวลาที่กำหนด

ภาพที่ 2 แผนภาพการทำงานของระบบวัดและเก็บข้อมูล 3 รูปแบบ

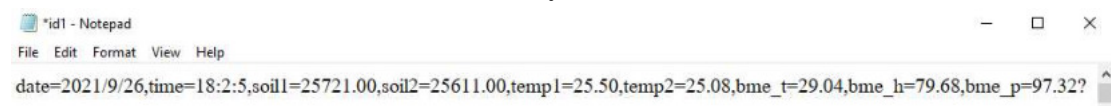
งานวิจัยนี้ได้ใช้ขา 9 หรือ SD2 ในการส่งงานรีเลย์ WiFi สำหรับการเชื่อมต่อทางฮาร์ดแวร์ของกับอุปกรณ์ต่างๆ กับ NodeMCU ทำได้โดยใช้เซ็นเซอร์วัดความชื้นดินหลักการวัดความต้านทานไฟฟ้า จำนวน 2 ชุด เชื่อมต่อกับขา A0 และ A1 ของตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 16 Bit ADS1115 ประสิทธิภาพสูง [3] เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิดิน DS18B20 แบบสายโพรบที่สามารถฝังในดินได้ จำนวน 2 ชุด ต่อกับขา D3 และ D4 เซ็นเซอร์ BME280 ที่สามารถวัดอุณหภูมิ ความชื้นและความดันบรรยากาศได้ จอแสดงผล OLED และฐานข้อมูลเวลา Real Time Clock DS3231 มีการเชื่อมต่อแบบ i2c และโมดูลการ์ดบันทึกข้อมูลแบบ micro SD มีการเชื่อมต่อขา MISO MOSI SCK และ CS กับขา D6 D7 D5 และ D8 ของ NodeMCU ตามลำดับ เมื่อใช้ USB Tester ตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่าอุปกรณ์ทั้งระบบเมื่อทำการวัดและบันทึกข้อมูลจะใช้กระแสไฟฟ้าที่ระดับ 170 มิลลิแอมป์ และเมื่อเข้าสู่โหมดหลับลึกจะใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 9 มิลลิแอมป์ เท่านั้น สำหรับการทำงานแบบออนไลน์นั้น มีการใช้ Pocket WiFi แบบ USB ที่สามารถทำงานร่วมกับ SIM การ์ดอินเทอร์เน็ตแบบรายปีเครือข่ายของ AIS ซึ่งตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้า พบว่าอุปกรณ์ Pocket WiFi ใช้พลังงานไฟฟ้าขณะทำการเชื่อมต่อระหว่าง 300 – 700 มิลลิแอมป์ และที่ระดับ 600 – 700 มิลลิแอมป์ในขณะที่ทำการอัปโหลดข้อมูล

ตารางที่ 1 พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอุปกรณ์ของเปรียบเทียบระหว่างปิดและเปิดระบบ WiFi

	Time, min												
Electric Power, mWh	1	2	3	4	5	10	15	20	30	60	360	720	1,440
WiFi OFF	24	45	67	88	110	221	332	442	664	898	3,838	7,366	14,422
WiFi ON	42	70	107	143	175	344	516	686	1,024	2,496	17,211	34,869	70,185



(ก) ไฟล์ข้อมูลใน SD Card



(ข) ตัวอย่างสายข้อความ String ในไฟล์ id1.dat ต่างๆ

ภาพที่ 3 ตัวอย่างไฟล์บันทึกข้อมูลในระบบที่พัฒนาขึ้น

ส่วนของซอฟต์แวร์ ใช้โปรแกรม Visual Studio Code ในการพัฒนาโค้ดโปรแกรม ซึ่งมีการเรียนรู้ Libraries ต่างๆ เช่น RTLib.h SD.h Adafruit_ADS1015.h DallasTemperature.h Adafruit_BME280.h ESP8266WiFi.h เป็นต้น สำหรับอุปกรณ์ Real Time Clock ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล เซ็นเซอร์ DS18B20 เซ็นเซอร์ BME และฟังก์ชันของ NodeMCU เรียงตามลำดับ ลำดับขั้นของการทำงานตามโค้ดโปรแกรมเป็นไปตามภาพที่ 2 (ค) ในส่วนของ void setup

เริ่มจากการกำหนดขา SD2 และ SD3 ให้สามารถควบคุมการทำงานของรีเลย์ อุปกรณ์เซ็นเซอร์และ Pocket WiFi ได้ตามลำดับ มีการตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อต่างๆ ได้แก่อจอแสดงผล OLED อุปกรณ์ฐานข้อมูลเวลา การ์ดบันทึกข้อมูลเซ็นเซอร์ BME และตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล รวมถึงการสร้างไฟล์เก็บบันทึกข้อมูลตามภาพที่ 3 (ก) ซึ่งทั้งหมดจะแสดงผลการตรวจวัดที่จอแสดงผล OLED จากนั้นในส่วนของ void loop จะเริ่มจากการทำการตรวจวัดค่าเซ็นเซอร์ความชื้นดิน เซ็นเซอร์อุณหภูมิดิน เซ็นเซอร์ตรวจวัดอากาศ BME โดยทั้งหมดอ่านค่า 10 รอบก่อนทำเป็นค่าเฉลี่ยและบันทึกข้อมูลลงใน SD Card พร้อมแสดงผลการบันทึกสำเร็จที่จอแสดงผล OLED

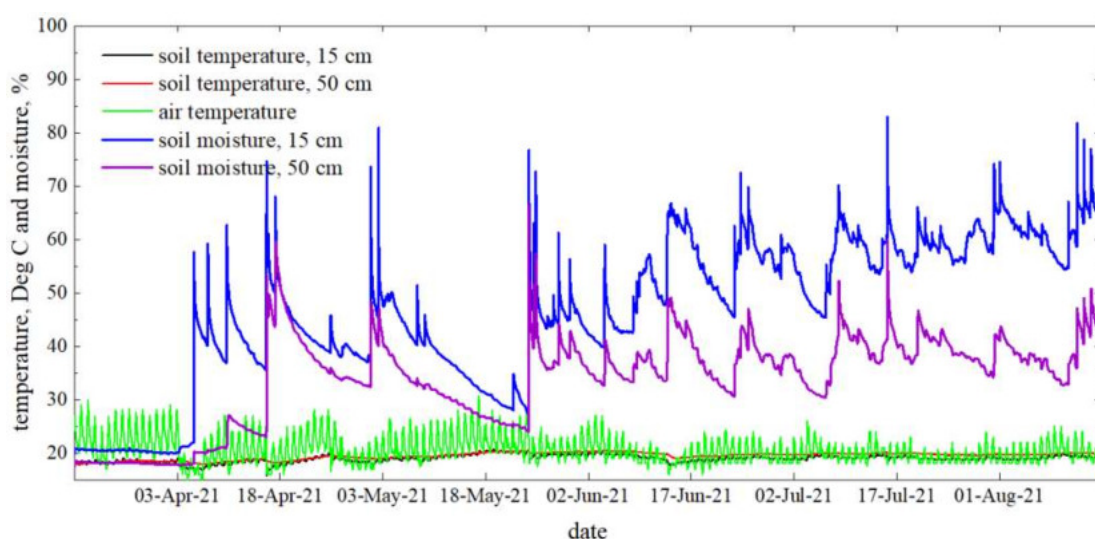
ข้อมูลไฟล์ใน SD Card แสดงในภาพที่ 3 (ก) ประกอบด้วย sensor_datalog.csv ทำหน้าที่เก็บบันทึกข้อมูลการวัดเรียงรูปแบบของการบันทึกเริ่มจาก วันเดือนปี เวลา และค่าเซ็นเซอร์ทั้งหมดที่อ่านได้เรียงกัน ไฟล์ในโฟลเดอร์ queuedata ประกอบด้วยไฟล์ id ต่างๆ ไฟล์ queue.dat และไฟล์ upload_status.dat โดยไฟล์ id.dat จะเป็นตัวบอกจำนวนครั้งของข้อมูลทำการบันทึกลง SD Card เรียบร้อยแล้ว ไฟล์ id ที่มีการเรียงตัวเลขจะถูกบรรจุสายข้อความ String ข้อมูลที่มีการเรียงรูปแบบเหมือนไฟล์ sensor_datalog.csv ตามภาพที่ 3 (ข) นอกจากนี้ยังมีไฟล์ queue.dat และ upload_status.dat ทำหน้าที่ตรวจสอบสถานะการอัปโหลดข้อมูลว่าได้มีการอัปโหลดข้อมูลไปแล้วหรือไม่ หลังจากทำการบันทึกข้อมูลการวัดลงใน SD Card แล้ว (ใช้เวลาประมาณ 50 วินาที) จะมีการตรวจสอบฐานเวลาว่าเป็นชั่วโมงที่จะต้องทำการอัปโหลดหรือไม่ ถ้าหากยังไม่ถึงเวลาที่จะต้องทำการอัปโหลด ระบบจะเข้าสู่โหมดการหลับลึก (Deep Sleep) เป็นเวลา 29 นาที และทำการตื่นขึ้นมาเริ่มกระบวนการวัดและเก็บบันทึกข้อมูลลงใน SD Card อีกครั้ง เป็นแบบนี้วนไปตลอด หากฐานเวลาตรงกับที่ตั้งค่าไว้ จะมีการตรวจสอบไฟล์สถานะ โดยหากไฟล์ upload_status.dat มีสถานะเป็น “1” จะทำการสั่งเปิดใช้งาน Pocket WiFi โดยใช้เวลาในการเชื่อมประมาณ 30 วินาที (แต่มีการหน่วงเวลาการเชื่อมต่อไว้ที่ 40 วินาที) จากนั้นทำการเชื่อมต่อกับระบบกูเกิ้ลชีต (Google Sheet) โดยหากทำการเชื่อมต่อสำเร็จ จะเริ่มทำการอัปโหลดข้อมูลไฟล์ id ต่างๆ พร้อมแสดงสถานะการอัปโหลดว่าไฟล์ id ตัวใด ทำการอัปโหลดข้อมูลสำเร็จหรือไม่ (โดยมีการแสดงสถานะการอัปโหลดสำเร็จหรือว่าล้มเหลวที่จอแสดงผล OLED) หากไม่สำเร็จ จะมีการอัปโหลดในการเชื่อมต่อรอบต่อไป (วันถัดไป) เมื่อกระบวนการอัปโหลดเสร็จสิ้นแล้ว จะมีการสร้างสถานะ “1” ในไฟล์ upload_status.dat (จะมีค่าเป็น “0” เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงถัดไป)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ข้อมูลที่ส่งขึ้นในระบบกูเกิ้ลชีตประกอบด้วยฐานข้อมูลวันที่ เวลา และค่าจากเซ็นเซอร์วัดความชื้นผิวดิน ความชื้นใต้ดิน อุณหภูมิผิวดิน อุณหภูมิใต้ดิน อุณหภูมิ ความชื้นและความดันบรรยากาศ มีการส่งข้อมูลที่เวลา 9:00 น. ของแต่ละวัน ค่าที่อ่านได้จากเซ็นเซอร์วัดความชื้นดินถูกแปลงเป็นความชื้นตามหลักวิชาการ ด้วยสมการ Polynomial อันดับ 4 [4] โดยข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาแสดงให้เห็นตามภาพที่ 4 ซึ่งพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำ SD Card พร้อมส่งค่าขึ้นระบบกูเกิ้ลชีตได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นประโยชน์มากสำหรับงานวิจัยพัฒนาและการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่นสามารถวิเคราะห์ได้ว่าอุณหภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละวันที่ช่วงกว้างกว่าอุณหภูมิผิวดิน (15 cm) ในขณะที่อุณหภูมิใต้ดิน (50 cm) มีค่าราบเรียบกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าอุณหภูมิผิวดิน (15 cm) มีความสอดคล้องกับอุณหภูมิความอากาศ ซึ่งมีความต่างของเวลาน้อยกว่า เมื่อเทียบกับอุณหภูมิใต้ดิน (50 cm) เช่นในช่วงวันที่ 4 16 และ 30 เมษายน 2564 ที่อุณหภูมิอากาศมีแนวโน้มลดลงและอุณหภูมิดินทั้งสองระดับลดลงตาม ส่วนของความชื้นผิวดิน (15 cm) ซึ่งปกติจะมีค่าน้อยกว่าความชื้นใต้ดิน (50 cm) ในช่วงก่อนวันที่ 3 เมษายน 2564 แต่กลับมามีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยความชื้นผิวดินมีค่ามากกว่านั้น สามารถวิเคราะห์ได้ว่าเกิดจากผลของฝนหรือความชื้นที่ซึมผ่านจากผิวดินลงมาหรือความชื้นที่มาจากการแพร่กระจายจากน้ำใต้ดินหรือแหล่งน้ำใต้ดิน

สรุปผลการวิจัย

บทความนี้นำเสนอวิธีการพัฒนาอุปกรณ์วัดและเก็บข้อมูล ความชื้นและอุณหภูมิ ทั้งในดินและอากาศ แบบเดิมทำงานระบบออฟไลน์ เป็นแบบออนไลน์ โดยอยู่ในกรอบการใช้พลังงานไฟฟ้าระดับต่ำ เพื่อใช้สำหรับติดตั้งในพื้นที่ห่างไกลไม่มีไฟฟ้าพื้นฐาน ระบบแบบออนไลน์ใช้ซิมอินเตอร์เน็ตร่วมกับ Pocket WiFi ทำงานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ NodeMCU บันทึกข้อมูลลงในหน่วยความจำ SD Card และส่งข้อมูลการวัดเข้าไปที่ระบบกูเกิลชีต อุปกรณ์ทั้งหมดทำงานด้วยแบตเตอรี่ที่มีการประจุไฟฟ้าด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ การทำงานที่เป็นแบบหลักและตื่นมาทำงานสลับจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์เซ็นเซอร์และ Pocket WiFi ตามระยะเวลาที่กำหนด สามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าการทำงานแบบออนไลน์ตลอดเวลา โดยระบบแบบออนไลน์ที่มีการอัปเดตข้อมูลรายวัน สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากกว่าแบบออนไลน์ที่มีการอัปเดตรายชั่วโมงได้มากถึง 42.9 % ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้ต่อเนื่อง สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ระยะไกลแบบต่าง ๆ ได้



ภาพที่ 4 ลักษณะข้อมูลระหว่างวันที่ 19 มีนาคม ถึง 16 สิงหาคม 2564

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ กลุ่มมาตรฐานการสำรวจจำแนกดิน, กลุ่มวินิจฉัยคุณภาพและกำลังการผลิตของดิน, กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน และ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

เอกสารอ้างอิง

- [1] กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน. (2563). โครงการการสำรวจและจัดทำฐานข้อมูลทรัพยากรดินเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูง.
- [2] อาทิตย์ ยาวุฒิ พิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์ สมศักดิ์ วรรณชัย จักรรินทร์ ถิ่นนคร สาคร ปันตา ยุพเยาว์ หัสจรรย์ และมนสิگانต์ ทศวิล. (2563). การพัฒนาอุปกรณ์เก็บข้อมูลแบบทำงานลำพังสำหรับเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นดิน. ใน การประชุมวิชาการวิจัยและนวัตกรรมสร้างสรรค์ ครั้งที่ 6, วันที่ 2 – 3 กันยายน พ.ศ. 2563 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

- [3] อาทิตย์ ยาอุทมิ พิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์ สาคร ปันตา และสมศักดิ์ วรรณชัย. (2560). การทดสอบในห้องปฏิบัติการและภาคสนามสำหรับอุปกรณ์แปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัลต้นทุนต่ำ. ใน การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 9, วันที่ 7 – 9 สิงหาคม พ.ศ. 2560 ณ ศูนย์แสดงสินค้าและการประชุม อิมแพ็ค เมืองทองธานี.
- [4] อาทิตย์ ยาอุทมิ ศิวพร ศิลเตโช กานต์ ไตรโสภณ พิสิษฐ์ วิมลธนสิทธิ์ สมศักดิ์ วรรณชัย และจักรรินทร์ ถิ่นนคร. (2564). การสอบเทียบเซ็นเซอร์วัดความชื้นดิน, ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 13 (EENET 2021), วันที่ 12 – 14 พฤษภาคม พ.ศ. 2564 ณ โรงแรมเวียงอินทร์ จังหวัดเชียงราย.