

ລະບົບວັດແທກ ແລະ ລາຍງານຄຸນນະພາບນໍ້າສາທາລະນະດ້ວຍເຕັກໂນໂລຊີ ໄອໂອທີ

ແສງລັດສະໝີ ຈັນທະມິນາວົງ¹, ພອນປະເສີດ ສີໃສແກ້ວ², ຄຳເພັດ ບຸນນະດີ², ສົມພອນ ກັນທະວົງ²,
ພອນປະດິດ ພູມມະວົງ², ຄຳເພົ້າ ສີສະອາດ³

ພາກວິຊາວິສະວະກຳຄອມພິວເຕີ ແລະ ເຕັກໂນໂລຊີຂໍ້ມູນຂ່າວສານ, ຄະນະວິສະວະກຳສາດ, ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດ, ສປປ ລາວ

¹ຕິດຕໍ່ຜົວພັນ: ແສງລັດສະໝີ

ຈັນທະມິນາວົງ, ພາກວິຊາວິສະວະກຳ
ຄອມພິວເຕີ ແລະ ເຕັກໂນໂລຊີຂໍ້ມູນ
ຂ່າວສານ, ຄະນະວິສະວະກຳສາດ,
ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດ, ເບີໂທ:
+856 20 9990 7099, ອີເມວ:
senglathamy@nuol.edu.la
²ພາກວິຊາວິສະວະກຳຄອມພິວເຕີ
ແລະ ເຕັກໂນໂລຊີຂໍ້ມູນຂ່າວສານ,
ຄະນະວິສະວະກຳສາດ,
ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດລາວ

³ພະແນກຄົ້ນຄວ້າວິທະຍາສາດ ແລະ
ບໍລິການວິຊາການ,
ຄະນະວິສະວະກຳສາດ,
ມະຫາວິທະຍາໄລແຫ່ງຊາດລາວ

ຂໍ້ມູນບົດຄວາມ:

ການສົ່ງບົດ: 23 ຕຸລາ 2022
ການປັບປຸງ: 05 ມິຖຸນາ 2023
ການຕອບຮັບ: 26 ມິຖຸນາ 2023

ບົດຄັດຫຍໍ້

ບົດຄົ້ນຄວ້າ-ວິໄຈສະບັບນີ້ ໄດ້ອອກແບບ ແລະ ພັດທະນາເຄື່ອງມື
ວັດແທກຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າແບບເວລາຈິງ (Real-time) ດ້ວຍເຕັກໂນ
ໂລຊີອິນເຕີເນັດແຫຼ່ງສັບພະສິ່ງ (Internet of Things: IoT). ພ້ອມທັງອອກ
ແບບ ແລະ ພັດທະນາລະບົບຖານຂໍ້ມູນສໍາລັບໂປຣແກຣມໃຊ້ງານເທິງເວັບໄຊ
(Web Application) ແລະ ມືຖື (Mobile Application) ທີ່ສາມາດເຂົ້າເຖິງ
ຂໍ້ມູນ-ຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າ ຈາກຈາກສະມາດໂຟນ (Smart-Phone),
ຄອມພິວເຕີ (Computer) ແລະ ແທັບເລັດ (Tablet) ໂດຍຜ່ານເຄືອຂ່າຍອິນ
ເຕີເນັດ ເພື່ອຊ່ວຍໃຫ້ປະຊາຊົນສາມາດເຂົ້າເຖິງຂໍ້ມູນຄຸນນະພາບຂອງນໍ້າໄດ້
ສະດວກ-ວ່ອງໄວ ແລະ ທັນສະໄໝ.

ລະບົບປະກອບດ້ວຍ 2 ພາກສ່ວນຫຼັກ ຄື: ພາກສ່ວນຮາດແວ
(Hardware) ທີ່ປະກອບດ້ວຍອຸປະກອນຕ່າງໆ ເຊັ່ນ: ຕົວປະມວນຜົນຫຼັກ
(Node MCU ESP32), ເຊັ່ນ ເຊີ ວັດຄ່າຄວາມເປັນກົດ-ດ່າງ (PH=
Potential of Hydrogen), ຄ່າໄຟຟ້າບັນຈຸ (EC= Electro Conductivity),
ຄ່າອອກຊີເຈັນໃນນໍ້າ (DO = Dissolved Oxygen) ແລະ ພາກສ່ວນຊອບ
ແວ (Software) ແມ່ນຊຸດຄໍາສັ່ງທີ່ໃຊ້ອ່ານຄ່າຈາກເຊັ່ນເຊີຕ່າງໆ ໄປບັນທຶກ
ໃນຖານຂໍ້ມູນເທິງຄອາວຸເຊີເວີ (Cloud Server) ແລະ ສະແດງຂໍ້ມູນຄຸນ
ນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າເທິງໂປຣແກຣມໃຊ້ງານ (Applications). ເຊິ່ງ
ພາກສ່ວນຮາດແວ ແມ່ນປະກອບດ້ວຍ ວົງຈອນຕົວປະມວນຜົນ ເຊື່ອມຕໍ່ກັບ
ຫົວວັດແທກຄ່າຕ່າງໆ ແລະ ໄຟລ້ຽງດ້ວຍລະບົບໂຊລາເຊວ (Solar Cell).
ສ່ວນພາກສ່ວນຊອບແວ ແມ່ນໄດ້ຖືກພັດທະນາຂຶ້ນໃນສອງຮູບແບບ ຄື: ເລັສ
ປອນຊິບເວັບແອັບປິເຄຊັນ (Responsive Web Application) ແລະ ເນທິບ
ແອັບປິເຄຊັນ (Native Applications) ເພື່ອອ່ານວຍຄວາມສະດວກໃຫ້ຜູ້ໃຊ້
ສາມາດເຂົ້າເຖິງໄດ້ຈາກຫຼາກຫຼາຍອຸປະກອນ. ທັງສອງພາກສ່ວນ ແມ່ນສື່ສານ
ຂໍ້ມູນເຊິ່ງກັນລະກັນຜ່ານເຄືອຂ່າຍອິນເຕີເນັດ (Internet) ດ້ວຍ MQTT
Protocol, ໂດຍທີ່ຂໍ້ມູນທັງໝົດຈະຖືກເກັບໄວ້ໃນຮູບແບບຖານຂໍ້ມູນເວລາຈິງ
(Real-time Database).

ຜ່ານການທົດລອງ ເຫັນໄດ້ວ່າ ລະບົບທີ່ໄດ້ພັດທະນາຂຶ້ນ ສາມາດວັດ
ແທກ ແລະ ສະແດງ ທີ່ຕັ້ງຂອງສະຖານນີວັດແທກ ພ້ອມລາຍລະອຽດຄ່າຊີ້ວັດ
ຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າ ເທິງແຜນທີ່ແບບເວລາຈິງ ເທິງໜ້າໂປຣແກຣມໃຊ້ງານ
ໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ. ນອກນັ້ນ, ລະບົບຍັງອ່ານວຍຄວາມສະດວກໃຫ້ແກ່ຜູ້
ໃຊ້ງານ ຫຼື ນັກຄົ້ນຄວ້າທີ່ໄປ ສາມາດດາວໂຫຼດ (Download) ເອົາຂໍ້ມູນຄ່າ
ການວັດແທກ PH, DO, EC ໄປໃຊ້ໃນການວິເຄາະໄດ້ອີກດ້ວຍ.

ຄໍາສັບສໍາຄັນ: ອິນເຕີເນັດແຫຼ່ງສັບພະສິ່ງ, ຖານຂໍ້ມູນເວລາຈິງ, ຄ່າຄວາມເປັນ
ກົດ-ດ່າງ, ຄ່າໄຟຟ້າບັນຈຸ, ຄ່າອອກຊີເຈັນໃນນໍ້າ, MQTT
Protocol.

IoT Based Smart Water-quality Monitoring System

Senglathamy Chanthamenavong¹, Phonepaserth Sisaykeo², Khampheth Bounnady²,
Somphone Kanthavong², Phonepadith Phoummavong², Khamphao Sisaat³

Department of Computer Engineering and Information Technology, Faculty of Engineering, National
University of Lao, Lao PDR

¹Correspondencer:

Senglathamy
Chanthamenavong,
Department of Computer
Engineering and Information
Technology, Faculty of
Engineering, National
University of Lao, Tel: +856
20 9990 7099, Email:
senglathamy@nuol.edu.la

²Department of Computer
Engineering and Information
Technology, Faculty of
Engineering, National
University of Lao

³ Research and Academic
Services Division

Article Info:

Submitted: Oct 23, 2022

Revised: Jun 05, 2023

Accepted: Jun 26, 2023

Abstract

This article is made to design and create a device to measure water quality in real time with Internet of Things (IoT) technology. While also developing Database System for Web Application and Mobile Application that allow for water quality information access through Smart Phones, Computers and Tablets to make people access water quality information more easily, quickly, real-time, and decrease time and expenses to access water quality information.

In our system, there are two main parts: Hardware, which manages hardware in our system such as Node MCU ESP32, PH (Potential of Hydrogen) sensor, EC (Electro Conductivity) sensor, DO (Dissolved Oxygen) sensor. Software, which manages information transferred from the hardware to save in the Database, and simultaneously shows the water quality information on Web Application and Mobile Application.

Our Web Application and Mobile Application unique function is that it can locate the place that we install our devices to measure water quality. It also tells the PH, EC and DO to compare water quality in that place. pH is a principal factor in water quality control to make it suitable for the growth of living things. Ec is used to tell the purity of the place. DO is used to tell the property of the water. Our users can also download the PH, DO and EC information to use in their research as well.

Keyword: IoT, Real-time Database, PH, EC, DO, and MQTT Protocol.

1. ພາກສະເໜີ

ນ້ຳ ແມ່ນຊັບພະຍາກອນທຳມະຊາດ ທີ່ມີຄວາມຈຳ
ເປັນ ແລະ ສຳຄັນຫຼາຍໃນການດຳລົງຊີວິດຂອງມະນຸດ, ນ້ຳ
ໄດ້ຖືກນຳໃຊ້ເຂົ້າໃນຂະບວນການຜະລິດກະສິກຳ, ອຸດສາ
ຫະກຳ, ອຸປະໂພກ, ບໍລິໂພກ, ແລະ ກິດຈະກຳຕ່າງໆຂອງມະ
ນຸດ ລ້ວນແລ້ວແຕ່ແມ່ນນ້ຳຈືດ. ສະນັ້ນ, ພວກເຮົາຈຶ່ງຕ້ອງ
ມີການອະນຸລັກ ແລະ ສົ່ງເສີມການຮັກສາຊັບພະຍາກອນ
ນ້ຳໄວ້. ແຕ່ໃນປັດຈຸບັນ, ບັນດາແຫຼ່ງນ້ຳທີ່ພວກເຮົາສາມາດ
ພົບເຫັນນັ້ນແມ່ນນ້ຳໄດ້ຖືກປົນເປື້ອນໄປດ້ວຍສານຜິດ ຫຼື
ສານເຄມີທີ່ເກີດຈາກໂຮງງານອຸດສາຫະກຳ, ການປ່ອຍນ້ຳ
ເສຍທີ່ເກີດຈາກການຖືເບົາຂອງບາງບັນດາຄົວເຮືອນ, ນ້ຳ
ເປື້ອນທີ່ເກີດຈາກກະສິກຳປູກຝັງລ້ຽງສັດຂອງ ຊາວກະສິ

ກອນ ແລະ ປະຊາຊົນ ທີ່ຖືມື້ເຫຍື້ອຊະຊາຍ ຫຼື ຖືມື້ສິ່ງ
ເສດເຫຼືອຕ່າງໆທີ່ເປັນອັນຕະລາຍຕໍ່ແຫຼ່ງນ້ຳ. ເຊິ່ງວ່າ ສັງຄົມ
ຂອງພວກເຮົາບໍ່ຄ່ອຍເລັ່ງເຫັນ ຫຼື ໃຫ້ຄວາມສຳຄັນເອົາໃຈ
ໃສ່ເທົ່າທີ່ຄວນ ອາດຈະສົ່ງຜົນເສຍ ແລະ ສົ່ງຜົນກະທົບ
ໄລຍະຍາວຕໍ່ລະບົບນິເວດໂດຍກົງ, ພ້ອມທັງອາດຈະສົ່ງຜົນ
ຮ້າຍແຮງ ເຮັດໃຫ້ເກີດໄພທຳມະຊາດສ້າງມົນລະພິດທີ່ເປັນ
ອັນຕະລາຍຕໍ່ມະນຸດ ແລະ ສັດ, ໂຫດຮ້າຍໄປກວ່ານັ້ນ ອາດ
ຈະເຮັດໃຫ້ພວກເຮົາບໍ່ມີແຫຼ່ງນ້ຳທີ່ສະອາດໄວ້ຊົມໃຊ້ໃນ
ອານາຄົດກໍເປັນໄດ້. ສ່ວນສາເຫດທີ່ພາໃຫ້ເກີດກໍລ້ວນ
ແລ້ວມີຫຼາຍປັດໃຈ ເຊັ່ນ: ໃນເລື່ອງຂອງລະບຽບກົດໝາຍ
ທີ່ຍັງບໍ່ທັນປະຕິບັດໄດ້ຢ່າງເຂັ້ມງວດເທົ່າທີ່ຄວນ, ພຶດຕິກຳ
ຂອງປະຊາຊົນເອງ ທີ່ຍັງຂາດຈິດສະນິກຮັກສາຄວາມສະ

ອາດສົ່ງແວດລ້ອມ, ການລົງກວດກາ-ເກັບກຳຂໍ້ມູນ ຂອງ ໜ່ວຍງານທີ່ກ່ຽວຂ້ອງ ຍັງມີຄວາມຫຍຸ້ງຍາກ ສັບສິນ ຫຼາຍ ຂັ້ນຕອນ ແລະ ມີຄ່າໃຊ້ຈ່າຍທີ່ສູງໃນແຕ່ລະຄັ້ງທີ່ລົງເກັບກຳ ຂໍ້ມູນ. ສະນັ້ນ, ພວກເຮົາຈຶ່ງໄດ້ມີຄວາມສົນໃຈ ທີ່ຈະພັດ ທະນາລະບົບທີ່ສາມາດ ເກັບກຳ ແລະ ລາຍງານຂໍ້ມູນຄຸນນະ ພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າ ທີ່ສາມາດໃຫ້ກັບປະຊາຊົນທົ່ວໄປເຂົ້າ ເຖິງໄດ້ງ່າຍ ໂດຍຫວັງວ່າຈະຊ່ວຍປະຊາຊົນຕະນັກເຖິງບັນ ຫາຕ່າງໆທີ່ອາດຈະເກີດຂຶ້ນກັບແຫຼ່ງນໍ້າ ແລະ ກໍ່ອາດເຮັດ ໃຫ້ເກີດຈິດສຳນຶກໃນການຮັກສາແຫຼ່ງນໍ້າທຳມະຊາດໃຫ້ມີ ຄວາມສະອາດ.

ປັດຈຸບັນ, ເຕັກໂນໂລຊີໄດ້ມີການເຕີບໃຫຍ່ຂະ ຫຍາຍຕົວຢ່າງວ່ອງໄວ, ເຊິ່ງເຕັກໂນໂລຊີທີ່ໄດ້ຮັບຄວາມນິ ຍົມໃນປັດຈຸບັນ ແມ່ນເຕັກໂນໂລຊີດ້ານ IoT (G-Able, 2022) ເນື່ອງຈາກ IoT ເປັນເຕັກໂນໂລຊີທີ່ໄດ້ຖືກພັດທະ ນາມາເພື່ອອຳນວຍຄວາມສະດວກໃຫ້ແກ່ມະນຸດພວກເຮົາ ບໍ່ວ່າຈະຢູ່ສະຖານທີ່ໃດກໍ່ຕາມ ຖ້າຫາກມີອຸປະກອນທີ່ສາ ມາດເຊື່ອມຕໍ່ກັບອິນເຕີເນັດ ກໍ່ສາມາດຄວບຄຸມການເຂົ້າ ເຖິງ ຂອງອຸປະກອນເພື່ອບໍລິຫານຈັດການຂະບວນການເຮັດ ວຽກ, ການກວດສອບຂໍ້ມູນຕ່າງໆທີ່ຢູ່ໃນລະບົບ IoT ໄດ້ ທັງໝົດ (Vaishnavi et al., 2017; Smith et al., 2020; Sathish, 2020). ດ້ວຍເຫດນັ້ນ, ພວກເຮົາຈຶ່ງໄດ້ສ້າງລະ ບົບກວດສອບຄຸນນະພາບຂອງ ແຫຼ່ງນໍ້າຂຶ້ນມາໂດຍນຳໃຊ້ ເຕັກໂນໂລຊີ IoT ເພື່ອໃຫ້ເກີດປະໂຫຍດຕໍ່ສັງຄົມ ແລະ ປະ ຊາຊົນ.

ເນື່ອງຈາກວ່າ, ເຮົາບໍ່ສາມາດສັງເກດ ຫຼື ເບິ່ງດ້ວຍຕາ ເປົ່າໄດ້ວ່າແຫຼ່ງນໍ້າ ແຫຼ່ງໃດທີ່ມີຄ່າການວັດແທກຄຸນນະພາບ ນໍ້າຜິດປົກກະຕິ, ແຫຼ່ງນໍ້າອາດຖືກປະສົມປົນເປື້ອນໄປດ້ວຍ ສານເຄມີທີ່ເຮັດໃຫ້ພວກເຮົາບໍ່ສາມາດຮັບຮູ້ ຫຼື ໄຈ້ແຍກໄດ້ ວ່າແຫຼ່ງນໍ້າດັ່ງກ່າວຕ້ອງການມີການລົງກວດກາສຳຫຼວດ ຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າ ເພື່ອໃຫ້ໄດ້ຜົນການວິເຄາະໃນການ ຊອກຫາແນວທາງ ເພື່ອໃຫ້ໄດ້ຮັບວິທີ-ຂັ້ນຕອນທີ່ຖືກຕ້ອງ ສຳລັບບຳລຸງຮັກສາແຫຼ່ງນໍ້າ (Somphone, 2018). ສະນັ້ນ, ຈຶ່ງເປັນຂໍ້ຫຍຸ້ງຍາກໃນການປະເມີນຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າ ແລະ ຊອກຫາວິທີທາງໃນການປະຕິບັດບຳລຸງຮັກສາຊັບພະ ຍາກອນນໍ້າໃຫ້ອຸດົມສືບບູນຄືເກົ່າ (Pollution Control Department [PCD], 2017; Premier System Engineering Company Limited, 2018; Phantamit Analytical Lab, 2020; NEONIC COMPANY LIMITED, 2021).

ເຖິງແມ່ນວ່າ ບັນຫາທີ່ກ່າວມາຂ້າງເທິງນີ້ພວກເຮົາ ຈຶ່ງໄດ້ສ້າງລະບົບກວດສອບຄຸນນະພາບຂອງນໍ້າຂຶ້ນມາເພື່ອ

ຊ່ວຍບອກໃຫ້ຮູ້ວ່າແຫຼ່ງນໍ້າ ໃນແຕ່ລະແຫຼ່ງນັ້ນມີຄ່າການ ວັດແທກຄຸນນະພາບນໍ້າອຸດົມສືບບູນ ຫຼື ຜິດປົກກະຕິໂດຍ ການນຳໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີ IoT. ນອກເນື່ອງຈາກນັ້ນ, ໃນລະ ບົບກວດສອບຄຸນນະພາບຂອງ ນໍ້າຈະມີອຸປະກອນທີ່ໃຊ້ໃນ ການກວດສອບຕິດຕັ້ງໄວ້ຕາມແຫຼ່ງນໍ້າ ທີ່ເຮົາຕ້ອງການ ກວດສອບ ເມື່ອໄດ້ມີການຕິດຕັ້ງສຳເລັດເປັນທີ່ຮຽບຮ້ອຍ ແລ້ວ ທຸກຄັ້ງອຸປະກອນຈະສົ່ງຄ່າຂໍ້ມູນທີ່ຕ້ອງການວັດແທກ ໄປທີ່ Web Application ເທິງໂທລະສັບມືຖືເຮັດໃຫ້ທຸກ ຄົນສາມາດຮັບຮູ້ໄດ້ວ່າແຫຼ່ງນໍ້າໃນແຕ່ລະແຫຼ່ງຕ່າງໆ ທີ່ມີ ການຕິດຕັ້ງອຸປະກອນໄດ້ມີການສົ່ງຄ່າຂໍ້ມູນ ການວັດແທກ ຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າຢູ່ຕະຫຼອດເວລາ ເຖິງວ່າຈະບໍ່ໄດ້ຢູ່ ໃກ້ແຫຼ່ງນໍ້າແຕ່ລະແຫຼ່ງກໍ່ຕາມ. ຈາກບັນຫາດັ່ງກ່າວ ຈຶ່ງເຮັດ ໃຫ້ການສຶກສາຄັ້ງນີ້ມີ ຄວາມສົນໃຈກ່ຽວກັບການສ້າງລະ ບົບໃຫ້ມີການສົມບູນແບບທີ່ສຸດ ເພື່ອໃຫ້ມີການບັນທຶກ ເກັບກຳຂໍ້ມູນຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າດັ່ງກ່າວ ຜົນຂອງ ການສຶກສາຄັ້ງນີ້ອາດເປັນຂໍ້ມູນໃນການວາງແຜນພັດທະນາ ຊີວິດການເປັນຢູ່ຂອງປະຊາຊົນທີ່ມີ ການນຳໃຊ້ແຫຼ່ງນໍ້າໃຫ້ ດີຂຶ້ນຕໍ່ໄປໃນອານາຄົດ ແລະ ລະບົບນິເວດທາງນໍ້າທີ່ຍືນຍົງ ຕະຫຼອດໄປ.

ເພື່ອເປັນການເຮັດໃຫ້ການດຳເນີນ ດ້ານຄົ້ນຄວ້າວິ ໄຈ້ຄັ້ງນີ້ ເປັນໄປຕາມເປົ້າໝາຍ ແລະ ສະດວກຕໍ່ການຄົ້ນ ຄວ້າວິໄຈ ກຸ່ມຜູ້ວິໄຈໄດ້ມີຈຸດປະສົງຂອງການຄົ້ນຄວ້າວິໄຈ ຄື: 1) ເພື່ອສຶກສາອອກແບບ ແລະ ສ້າງເຄື່ອງມືວັດແທກ ຄຸນນະພາບ ຂອງແຫຼ່ງນໍ້າແບບເວລາຈິງ (Real-time), 2) ເພື່ອສຶກສາອອກແບບ ແລະ ພັດທະນາລະບົບໂປຣແກຣມ ຖານຂໍ້ມູນ ທີ່ສາມາດສະແດງຂໍ້ມູນຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າ ເທິງລະບົບສະມາດໂຟນ, ຄອມພິວເຕີ ແລະ ແທັບເລັດ, ຜ່ານເຄືອຂ່າຍອິນເຕີເນັດ ແລະ 3) ເພື່ອທົດສອບການນຳ ໃຊ້ ລະບົບວັດແທກ ແລະ ລາຍງານຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າ ສາທາລະນະດ້ວຍ ເຕັກໂນໂລຊີ IoT.

2. ອຸປະກອນ ແລະ ວິທີການ

2.1 ພາບລວມຂອງລະບົບວັດແທກ ແລະ ລາຍງານຄຸນ ນະພາບນໍ້າສາທາລະນະດ້ວຍເຕັກໂນໂລຊີ IoT

ລະບົບວັດແທກ ແລະ ລາຍງານຄຸນນະພາບແຫຼ່ງນໍ້າ ສາທາລະນະ ໄດ້ຖືກພັດທະນາສ້າງຂຶ້ນ ເພື່ອເປັນຕົວຕົ້ນ ແບບຂອງລະບົບທີ່ໃຫ້ສາມາດນຳໄປໃຊ້ໄດ້ຈິງ ແທດເໝາະ ກັບສະພາບເງື່ອນໄຂໃນປັດຈຸບັນ ທີ່ມີຄວາມຫຍຸ້ງຍາກໃນ ການລົງເກັບກຳຂໍ້ມູນຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າໃນຂອບເຂດ ຕົວເມືອງ. ລະບົບຈະເຮັດໜ້າທີ່ວັດແທກຄ່າຄຸນນະພາບນໍ້າ ໃນແຫຼ່ງນໍ້າ ແບບອັດຕະໂນມັດ ຕາມເງື່ອນໄຂການເຮັດ ວຽກຂອງໂປຣແກຣມທີ່ໄດ້ກຳນົດໄວ້ໃນອຸປະກອນ. ສຳລັບ

ຂໍ້ມູນທີ່ວັດແທກທີ່ໄດ້ຈາກແຫຼ່ງນໍ້າ ແມ່ນຈະຖືກສົ່ງໄປເກັບໄວ້ໃນ IoT Cloud ເຊິ່ງໄດ້ຖືກອອກແບບສໍາລັບເກັບກຳຂໍ້ມູນການວັດແທກຄ່າຂອງນໍ້າໂດຍສະເພາະ, ເພື່ອຄວາມສະດວກໃນການພັດທະນາ ແລະ ນຳຂໍ້ມູນໄປປະຍຸກໃຊ້ງານຕໍ່ໃນອານາຄົດ ຈຶ່ງໄດ້ສ້າງເປັນ API (Application Programming Interface) ສໍາລັບນັກພັດທະນາ. ນອກຈາກນັ້ນ, ໂຄງການນີ້ຍັງໄດ້ພັດທະນາ ໂປຼແກຼມໃຊ້ງານຜ່ານອິນເຕີເນັດ (Web Application) ທີ່ໄດ້ອອກແບບໃຫ້ສະແດງຂໍ້ມູນເປັນຮູບພາບ (Graphic) ເທິງແຜນທີ່ ເພື່ອໃຫ້ຜູ້ໃຊ້ງານສາມາດຕິດຕາມເບິ່ງຂໍ້ມູນການປ່ຽນແປງຕ່າງໆຂອງສະພາບປັດຈຸບັນໃນແຫຼ່ງນໍ້າ ໄດ້ຈາກໄລຍະໄກ ໂດຍອຸປະກອນເຄື່ອນທີ່ ເຊັ່ນ: ເຄື່ອງຄອມພິວເຕີ, ໂທລະສັບມືຖື ຫຼື ແທັບເລັດ ດັ່ງສະແດງໃນຮູບພາບທີ 1.

2.2 ສະຖາປັດຕິຍາກໍາຂອງລະບົບ (System Architecture)

ໃນຮູບພາບທີ 2 ໄດ້ສະແດງໃຫ້ເຫັນເຖິງສະຖາປັດຕິຍາກໍາຂອງລະບົບວັດແທກ ແລະ ລາຍງານຄຸນນະພາບນໍ້າສາທາລະນະ ທີ່ພັດທະນາຂຶ້ນເຊິ່ງໄດ້ແບ່ງອອກເປັນ 3 ສ່ວນ ຄື:

- 1) ເຄື່ອງວັດແທກຄຸນນະພາບຂອງນໍ້າ (Hardware Sensor and program).
- 2) ລະບົບຖານຂໍ້ມູນ ແລະ ປະມວນຜົນ (Database and Processing).
- 3) ໂປຣແກຣມສະແດງຜົນ (Application).

2.2.1 ເຄື່ອງວັດແທກຄຸນນະພາບຂອງນໍ້າ (Hardware Sensor and Program)

ກ) ຫົວວັດແທກຄ່າ (Sensor)

ແມ່ນມີໜ້າທີ່ອ່ານຄ່າຕ່າງໆ ທີ່ໄດ້ຈາກແຫຼ່ງນໍ້າ ເຊິ່ງຄ່າທີ່ໄດ້ວັດແທກແມ່ນຈະມີທັງໝົດ 3 ຄ່າດ້ວຍກັນເຊັ່ນ: ຄ່າຄວາມເປັນກົດເປັນຕ່າງໃນນໍ້າ (PH) (Premier System Engineering Company Limited, 2018) ໃຊ້ໃນການຄວບຄຸມຄຸນນະພາບຂອງນໍ້າ ເພື່ອໃຫ້ເໝາະສົມກັບການຈະເລີນເຕີບໂຕຂອງສິ່ງທີ່ມີຊີວິດ, ຄ່າອອກຊີເຈນໃນນໍ້າ (DO) (NEONIC COMPANY LIMITED, 2021) ໃຊ້ເພື່ອເປັນການຊີ້ບອກເຖິງຄວາມບໍລິສຸດຂອງນໍ້າ ເພາະເປັນປັດໃຈສໍາຄັນຂອງສິ່ງທີ່ມີຊີວິດທີ່ອາໄສຢູ່ໃນນໍ້າ ແລະ ຄ່າຊັກນໍ້າໄຟຟ້າ (EC) (NEONIC COMPANY LIMITED, 2021) ໃຊ້ສໍາລັບເປັນຕົວຊີ້ບອກເຖິງ ປະລິມານແຮ່ທາດທີ່ຢູ່ໃນນໍ້າ, ໂດຍຫົວວັດແທກຈະສົ່ງຂໍ້ມູນເປັນຄື້ນສັນຍານໃນຮູບແບບອານາລ໌ອກ (Analog) ເພື່ອສົ່ງໄປຫາໂມດູນ. ໂມດູນແມ່ນມີໜ້າທີ່ ສົ່ງໄຟລ້ຽງ DC +5v ໄປທີ່ຫົວວັດແທກສັນຍານ ແລະ ມີໜ້າທີ່ແບ່ງຄື້ນສັນຍານທີ່ໄດ້ຈາກຫົວວັດ ມາເປັນຄ່າຂໍ້ມູນ ທີ່ຈະຖືກນຳໄປ

ປະມວນຜົນທີ່ ໜ່ວຍປະມວນຜົນໜຶ່ງ (Microcontroller) (SUPPORT THAIEASYELEC, 2017 ; Dragon, 2021) ດັ່ງຮູບພາບທີ 3, ສະແດງໃຫ້ເຫັນເຖິງຕຳແໜ່ງຂອງຫົວວັດແທກ ແລະ ຕົວອຸປະກອນໃນຮູບແບບ 3 ມິຕິ (3D).

ຂ) ການອອກແບບວົງຈອນ

ລະບົບທີ່ພັດທະນາຂຶ້ນ ດັ່ງຮູບພາບທີ 4, ໄດ້ມີການນຳໃຊ້ຕົວປະມວນຜົນໜຶ່ງ NodeMCU ESP32 ເປັນໜ່ວຍປະມວນຜົນກາງ ເຊື່ອມຕໍ່ຮັບຂໍ້ມູນຈາກຫົວວັດຄ່າຕ່າງໆ, ປະມວນຜົນ ແລ້ວສົ່ງຂໍ້ມູນທີ່ໄດ້ໄປເກັບໄວ້ທີ່ IoT Cloud ໂດຍຜ່ານ MQTT protocol (MQTT, 2022). NodeMCU Esp32 (pDragon, 2021) ເປັນໂມດູນສໍາເລັດຮູບທີ່ມີໜ່ວຍປະມວນຜົນ ESP32, ມີຂາອານາລ໌ອກຂາເຂົ້າ (Analog Input) ເຖິງ 4 ຂາ (PIN) ສໍາລັບການຮັບຂໍ້ມູນ (Input Data), ມີວົງຈອນສື່ສານ Wi-Fi ລວມໃນໂຕ, ແລະ ໃຊ້ຜະລິດງານໜ້ອຍເໝາະສົມກັບການນຳມາເປັນໜ່ວຍປະມວນຜົນໜຶ່ງຂອງອຸປະກອນເກັບກຳຂໍ້ມູນນອກສະຖານທີ່. ໃນການອອກແບບວົງຈອນ ແມ່ນຈະປະກອບມີ ໂມດູນຫົວວັດແທກຄ່າ 3 ໂມດູນ ເຊື່ອມຕໍ່ກັບຂາອານາລ໌ອກຂອງ NodeMCU Esp32 ແລະ ວົງຈອນໜຶ່ງຈະເຊື່ອມຕໍ່ກັບວົງຈອນແຫຼ່ງໄຟລ້ຽງ DC +5v.

ຄ) ລະບົບໄຟລ້ຽງຂອງລະບົບ

ໃນການສ້າງແຜງວົງຈອນດັ່ງຮູບພາບທີ 5 ໄດ້ນຳໃຊ້ແຜ່ນໂຊລາເຊວຂະໜາດ 30W ເພື່ອເປັນແຫຼ່ງຈ່າຍຜະລິດງານໄຟຟ້າກະແສກົງ (DC)+12V ໃຫ້ກັບວົງຈອນທັງໝົດ. ຜະລິດງານໄຟຟ້າຈາກແຜງໂຊລາເຊວຈະຖືກສົ່ງຫາກ່ອງຄວບຄຸມການສາກໄຟ (Charger Controller 12V/20A) ເພື່ອສໍາຮອງຜະລິດງານໄຟຟ້າໄວ້ທີ່ແບັດເຕີລີ (Battery 12V/7Ah). ໂມດູນປັບແຮງດັນໄຟ (12V-to-5V Step Down Module) ຖືກນຳໃຊ້ເພື່ອປັບລົດແຮງດັນໄຟ ຈາກແຫຼ່ງຈ່າຍ DC 12V ເປັນ DC +5V ສໍາລັບນຳໄປລ້ຽງຕົວປະມວນຜົນໜຶ່ງ (Microcontroller), ໂມດູນຫົວວັດແທກຄ່າຕ່າງໆ (sensors) ແລະ ດອກໄຟທີ່ໃຊ້ສະແດງສະຖານະຂອງອຸປະກອນ ພາຍໃນແຜງວົງຈອນ.

ງ) ໂປຣແກຣມການເຮັດວຽກຂອງອຸປະກອນ

ອຸປະກອນຕ່າງໆຈະເຮັດວຽກຕາມຄໍາສັ່ງທີ່ໄດ້ກຳນົດໄວ້ໃນຕົວປະມວນຜົນໜຶ່ງ (NodeMCU ESP32), ດັ່ງທີ່ສະແດງໃນຮູບພາບທີ 6. ເມື່ອມີການເປີດໃຊ້ງານອຸປະກອນ ໂປຣແກຣມຈະທຳການເຊື່ອມຕໍ່ກັບອິນເຕີເນັດ ໂດຍຜ່ານສັນຍານ Wi-Fi, ຫຼັງຈາກ NodeMCU ESP32 ສາມາດເຊື່ອມຕໍ່ກັບອິນເຕີເນັດໄດ້ເປັນທີ່ຮຽບຮ້ອຍແລ້ວ ໂປຼແກຼມ

ຈະເຊື່ອມຕໍ່ກັບ IoT Cloud ເພື່ອກຽມພ້ອມສໍາລັບສື່ສານ ຂໍ້ມູນແບບເວລາຈິງກັບຖານຂໍ້ມູນ ແລະ ໂປຣແກຣມໃຊ້ງານ. ຈາກນັ້ນ, ລະບົບຈະອ່ານຄ່າຂໍ້ມູນຂອງແຕ່ລະຫົວວັດ ແທກຕາມລໍາດັບ ໂດຍເລີ່ມຈາກຄ່າ PH, EC ແລະ DO ແລ້ວສົ່ງຂໍ້ມູນດັ່ງກ່າວ ຂຶ້ນໄປເກັບໄວ້ທີ່ IoT Cloud ດ້ວຍ ໃຊ້ MQTT protocol.

2.2.2 ລະບົບຖານຂໍ້ມູນ ແລະ ປະມວນຜົນ (Database and Processing)

ກ) ການອອກແບບການໄຫຼຂອງຂໍ້ມູນ

ການອອກແບບການໄຫຼຂອງຂໍ້ມູນແມ່ນໄດ້ອີງໃສ່ ແຜນພາບການເຮັດວຽກຂອງລະບົບວັດແທກ ແລະ ລາຍ ງານຄຸນນະພາບແຫຼ່ງນໍ້າສາທາລະນະດັ່ງຮູບພາບທີ 7 ສະ ແດງໃຫ້ເຫັນເຖິງວິທີການໄຫຼຂອງຂໍ້ມູນ. ໂດຍເລີ່ມຈາກ ການວັດແທກຂອງຫົວວັດແທກທັງໝົດ ໄດ້ສົ່ງຂໍ້ມູນໄປປະ ມວນຜົນທີ່ ໜ່ວຍປະມວນຜົນຫຼັກ (NodeMCU ESP32), ຂໍ້ມູນທີ່ໄດ້ຈາກການປະມວນຜົນຈະຖືກສົ່ງໂດຍ MQTT Protocol ທີ່ເປັນໂຕກາງໃນການນໍາສົ່ງຂໍ້ມູນລະ ຫວ່າງອຸປະກອນ ຫາ IoT Cloud. ໃນພາກສ່ວນຂອງ IoT Cloud ແມ່ນຈະມີ NodeRED (OpenJS Foundation, 2021) ທີ່ ເຮັດໜ້າທີ່ ສົ່ງ (Publish) ແລະ ຮັບ (Subscribe) ຂໍ້ມູນຈາກ MQTT ເພື່ອທໍາການຄັດກອງຂໍ້ ມູນພ້ອມຈັດລະບຽບຂໍ້ມູນເພື່ອສະໜອງ ຂໍ້ມູນໃນຮູບແບບ JSON ສໍາລັບຖານຂໍ້ມູນທີ່ເປັນ MongoDB. ຫຼັງຈາກຈັດ ເກັບຂໍ້ມູນສໍາເລັດແລ້ວ ກໍຈະໃຊ້ Node JS (OpenJS Foundation, 2022) ເພື່ອນໍາມາສ້າງເປັນ API ໃຫ້ກັບ ເລັສປອນຊິບເວບແອັບປິເຄຊັນ (Responsive Web Application) ແລະ ເນທິບແອັບປິເຄຊັນ (Native Applications).

(ຂ) ສະຖາປັດຕະຍະກໍາຊັອບແວ (Software-architecture)

ລະບົບຖານຂໍ້ມູນ ແລະ ການປະມວນຜົນ ແມ່ນມີ ການນໍາໃຊ້ IoT Cloud ທີ່ເປັນສູນກາງຂອງລະບົບ ດັ່ງຮູບ ພາບທີ 8, ສະແດງແຜນຜັງໂຄງສ້າງສະຖາປັດຕະຍະກໍາ ຂອງຊັອບແວ. ບົດຄົ້ນຄວ້ານີ້ ໄດ້ພັດທະນາ IoT Cloud ເຊີເວີໃຊ້ເອງ ໃນຮູບແບບເຕັກໂນໂລຊີຄອມພິວຕິງ (Cloud Computing) ໂດຍໃຊ້ ອຸບັນຕູລິນຸກ ເປັນລະບົບ ປະຕິບັດການ (Ubuntu Linux Operating System), ໃຊ້ Node-RED ເປັນເຄື່ອງມືປະມວນຜົນຫຼັກ (Back-end Process) ໃນການຈັດການຮັບ-ສົ່ງຂໍ້ມູນຈາກອຸປະ ກອນ IoT ຕ່າງໆ ໂດຍຜ່ານໂປຣໂຕຄອນ MQTT, ຈັດການ ອ່ານ-ຂຽນຂໍ້ມູນໃນຖານຂໍ້ມູນມົງໂກດິບີ (MongoDB),

ແລະ ສ້າງ API ສໍາລັບບໍລິການຂໍ້ມູນໃຫ້ກັບ ໂປຼແກຼມໃຊ້ ງານ (Web Application).

2.2.3 ໂປຣແກຣມໃຊ້ງານແບບເວັບ (Web Application)

ໂປຣແກຣມໃຊ້ງານແບບເວັບ ແມ່ນໄດ້ຖືກພັດທະ ນາຂຶ້ນມາໃຫ້ແທດເໝາະກັບຍຸກສະໄໝ ໂດຍເຕັກນິກແບບ ເຮັສປອນຊິບ (responsive) ແລະ ໜ້າຕາຂອງເວບແອັບ ປິເຄຊັນ (Web Application UI) ໄດ້ອອກແບບມາໃຫ້ ສາມາດສະແດງຄ່າຂໍ້ມູນຕ່າງໆ ເຊັ່ນ: ຄ່າຄວາມເປັນກົດ ເປັນຕ່າງໃນນໍ້າ (PH), ຄ່າອອກຊີເຈນໃນນໍ້າ (DO), ແລະ ຄ່າສັກນໍ້າໄຟຟ້າ (EC) ມາສະແດງເທິງເວບໄຊ ເຊິ່ງຈະສາ ມາດໃຊ້ໄດ້ທັງອຸປະກອນ ຄອມພິວເຕີ (Computer), ໂທລະສັບ (Mobile), ແທບເລັດ (Tablet), ແລະ ອື່ນໆ. ໂປຼແກຼມໃຊ້ງານ ໄດ້ແບ່ງອອກເປັນ 2 ສ່ວນຫຼັກ ຄື: ສ່ວນ ຂອງຜູ້ໃຊ້ງານທົ່ວໄປ ແລະ ສ່ວນສໍາລັບຜູ້ດູແລລະບົບ (Admin).

ສໍາລັບຜູ້ໃຊ້ງານທົ່ວໄປ: ໜ້າຫຼັກຈະສະແດງສະຖານະ ຂອງອຸປະກອນໂດຍຜ່ານແຜນທີ່ ພ້ອມຊັບອກຈຸດທີ່ຕັ້ງຂອງ ຊຸດອຸປະກອນວັດແທກຂໍ້ມູນ, ຂໍ້ມູນຕ່າງໆຈະຖືກສະແດງ ໃນຮູບແບບຮູບພາບເສັ້ນສະແດງ (Graphic) ທີ່ເໝາະສົມ ເພື່ອໃຫ້ຜູ້ໃຊ້ເຂົ້າໃຈງ່າຍ, ສະແດງລາຍລະອຽດຂອງຄ່າທີ່ໄດ້ ຈາກຫົວວັດແທກ ສົມທຽບກັບຕາຕະລາງທີ່ເປັນມາດຕະ ຖານຂອງນໍ້າໜ້າດິນ ທີ່ກົມຄຸ້ມຄອງມົນລະພິດ ກະຊວງ ຊັບພະຍາກອນທໍາມະຊາດເປັນຜູ້ກໍານົດໃຫ້, ດັ່ງຕາຕະລາງ ທີ 1, ມີຂໍ້ມູນໃຫ້ຄວາມຮູ້-ຄວາມເຂົ້າໃຈ ກ່ຽວກັບຄ່າຂອງ ຄຸນະພາບແຫຼ່ງນໍ້າທີ່ປົກກະຕິ, ຕ້ອງລະວັງ, ແລະ ເປັນອັນ ຕະລາຍແມ່ນເທົ່າໃດ.

ສໍາລັບຜູ້ດູແລລະບົບ: ສ່ວນນີ້ຜູ້ດູແລລະບົບຕ້ອງມີ ການຢືນຢັນຕົວຕົນ (Login) ກ່ອນຈຶ່ງສາມາດເຂົ້າໄປຈັດ ການຕັ້ງຄ່າຕ່າງໆຂອງລະບົບໄດ້.

3. ການດໍາເນີນງານ ແລະ ຜົນໄດ້ຮັບ

3.1 ການອອກແບບ ແລະ ສ້າງເຄື່ອງມືວັດແທກຄຸນ ນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າແບບເວລາຈິງ (Real-time)

ຜົນການສຶກສາພົບວ່າ ການສ້າງນະວັດຕະກໍາທີ່ເປັນ ອຸປະກອນຕົ້ນແບບຂອງເຄື່ອງກວດວັດ ແລະ ລາຍງານຄຸນະ ພາບນໍ້າສາທາລະນະ ຕະຫຼອດໄລຍະເວລາ 6 ເດືອນ ຕັ້ງແຕ່ ເລີ່ມລົງຜົນທີ່ສຶກສາຄົ້ນຄວ້າວິເຄາະຂະບວນການເກັບກໍາຂໍ້ ມູນຄຸນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າ, ຊອກຫາວິທີການໃນການແກ້ ໄຂຂັ້ນຫາເພື່ອມາສ້າງອຸປະກອນສໍາລັບເກັບກໍາຂໍ້ມູນກວດ ວັດແທກຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າ, ມີການຕິດຕັ້ງອຸປະກອນ ໃນຜືນທີ່ແຫຼ່ງນໍ້າສໍາລັບທົດລອງທີ່ພາກວິຊາ ວິສະວະກໍາ

ຄອມພິວເຕີ ແລະ ເຕັກໂນໂລຊີຂໍ້ມູນຂ່າວສານ ເພື່ອການທົດສອບປະສິດທິພາບໃນການເຮັດວຽກຂອງອຸປະກອນ, ຄວາມສະຖຽນລະພາບຂອງການຮັບສິ່ງຂໍ້ມູນ ແລະ ຄວາມຖືກຕ້ອງໃນການວິເຄາະຂໍ້ມູນຂອງທີ່ອຸປະກອນສາມາດກວດໄດ້.

3.2 ການພັດທະນາ ແລະ ອອກແບບລະບົບຖານຂໍ້ມູນທີ່ສາມາດເຂົ້າເຖິງຂໍ້ມູນ ຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າ

ດັ່ງຮູບພາບທີ 12 ໄດ້ມີການຕິດຕັ້ງອຸປະກອນເຄື່ອງວັດແທກຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າ ລະບົບສາມາດເຮັດວຽກໄດ້ຕາມທີ່ໄດ້ກຳນົດໄວ້ໃນຊຸດຄຳສັ່ງຂອງໂປຼແກຼມ, ການຮັບ-ສົ່ງຂໍ້ມູນ ສາມາດເຮັດວຽກໄດ້ເຕັມປະສິດທິພາບ ໂດຍນຳສົ່ງຂໍ້ມູນໄດ້ຢ່າງວ່ອງໄວ ລະຫວ່າງອຸປະກອນໄປເຖິງຖານຂໍ້ມູນ ທີ່ຢູ່ໃນ IoT Cloud Server ເພື່ອທຳການເກັບກຳບັນທຶກຜົນລາຍງານຂອງການວິເຄາະຄຸນນະພາບຂອງນໍ້າທີ່ສາມາດວັດແທກຄ່າໄດ້ຈາກແຫຼ່ງນໍ້າ ແລະ ໃນພາກສ່ວນການສະແດງຂໍ້ມູນໂດຍຜ່ານໂປຼແກຼມໃຊ້ງານແລລເວບ ແມ່ນສາມາດນຳໃຊ້ໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ ມີການຮອງຮັບເຕັກໂນໂລຊີແບບເຮັດສປອນຊີບ (responsive), ສາມາດສະແດງຜົນການວິເຄາະຂໍ້ມູນເປັນລັກສະນະຂອງຕາຕະລາງ Bar Graph ເພື່ອໃຫ້ຜູ້ໃຊ້ງານທົ່ວໄປສາມາດເບິ່ງລະເຂົ້າໃຈໄດ້ງ່າຍ, ມີການສະແດງຈຸດທີ່ຕັ້ງປັດຈຸບັນຂອງອຸປະກອນເທິງແຜນທີ່ (google map) ເພື່ອໃຊ້ໃນການລະບຸຕຳແໜ່ງໃນການກວດວັດແຫຼ່ງນໍ້າ, ມີການສະແດງສະຖານະຂອງອຸປະກອນວ່າລະບົບເຮັດວຽກໄດ້ເປັນປົກກະຕິ ຫຼື ມີສິ່ງຜິດປົກກະຕິເກີດຂຶ້ນ ເພື່ອສະດວກໃນການຕິດຕາມອຸປະກອນເມື່ອຢູ່ໄກຈາກຈຸດທີ່ໄດ້ມີການຕິດຕັ້ງອຸປະກອນ, ຜູ້ໃຊ້ງານຫຼື ປະຊາຊົນທົ່ວໄປສາມາດ ສາມາດເຂົ້າເຖິງຂໍ້ມູນໄດ້ຕະຫຼອດເວລາ ພ້ອມທັງສາມາດ ດາວໂຫຼດຂໍ້ມູນຜົນການວັດແທກ ເພື່ອນຳໄປຊົມໃຊ້ຕໍ່ໃນການວິເຄາະໄດ້ ເຊັ່ນ: ສາມາດດາວໂຫຼດຂໍ້ມູນຜົນການວັດແທກເປັນຮູບແບບ CSV ແລະ ສາມາດດາວໂຫຼດຂໍ້ມູນທີ່ເປັນຮູບແບບ JSON ເພື່ອນຳໄປໃຊ້ໃນການພັດທະນາລະບົບອື່ນໆໄດ້. ນອກຈາກນີ້, ສຳລັບຜູ້ບໍລິຫານຈັດການລະບົບ ສາມາດຈັດການລະບົບພາຍໃນສະເພາະເຂົ້າໄປກວດສອບການເຮັດວຽກ, ການເກັບກຳບັນທຶກຂໍ້ມູນທີ່ມີການຮັບ-ສົ່ງ ແລະ ໜ້າການເພີ່ມອຸປະກອນສຳລັບໃນກໍລະນີເມື່ອມີການເພີ່ມເຄື່ອງກວດຄຸນນະພາບນໍ້າໃນພື້ນທີ່ອື່ນໆ. ເພື່ອຄວາມສະດວກເຂົ້າເຖິງຂໍ້ມູນ ພ້ອມທັງສາມາດນຳເອົາຂໍ້ມູນໄປວິເຄາະປະເມີນຜົນຄວາມເປັນໄປໄດ້ ແລະ ວິໄຈເພື່ອໃຫ້ຜົນໄດ້ຮັບເປັນປະໂຫຍດແກ່ປະຊາຊົນ.

3.3 ການທົດລອງນຳໃຊ້ ລະບົບວັດແທກ ແລະ ລາຍງານຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າສາທາລະນະດ້ວຍເຕັກໂນໂລຊີ IoT

ຈາກການທົດລອງອຸປະກອນເຄື່ອງວັດແທກຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າສາທາລະນະດ້ວຍ ເຕັກໂນໂລຊີ IoT ແມ່ນສາມາດເຮັດວຽກໄດ້ຕາມຈຸດປະສົງທີ່ຕ້ອງການ ເຊັ່ນ: ການເກັບກຳຂໍ້ມູນໃນຮູບແບບເວລາຈິງ ແລ້ວນຳຂໍ້ມູນທີ່ໄດ້ມາສົ່ງໄປທີ່ IoT Cloud Server ທຸກໆ 1 ຊົ່ວໂມງ. ລະບົບແມ່ນນຳໃຊ້ຜະລິດງານ ແສງອາທິດ, ປະຢັດຜະລິດງານ, ມີຄວາມທົນທານຕໍ່ສະພາບແວດລ້ອມ, ສະດວກສະບາຍ ແລະ ນຳໃຊ້ໄດ້ງ່າຍ.

4. ວິພາກຜົນ

ໃນການຄົ້ນຄວ້ານີ້ ພວກເຮົາໄດ້ພັດທະນາລະບົບກວດວັດ ແລະ ລາຍງານຂໍ້ມູນຄຸນນະພາບແຫຼ່ງນໍ້າ ໂດຍນຳໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີ IoT ຂຶ້ນເປັນນະວັດຕະກຳໃໝ່ ໃຫ້ສາມາດນຳໃຊ້ໃນສະພາບແວດລ້ອມຕົວຈິງ. ຜ່ານການທົດລອງນຳໃຊ້ຕົວຈິງ ເຫັນວ່າ ສ່ວນປະກອບທັງອຸປະກອນຮາດແວ ແລະ ຊັອບແວ ຂອງລະບົບ ໂດຍລວມແມ່ນສາມາດເຮັດວຽກໄດ້ດີ ສາມາດໃຊ້ເປັນລະບົບກວດວັດ ແລະ ລາຍງານຂໍ້ມູນຄຸນນະພາບແຫຼ່ງນໍ້າ ໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ. ເຖິງຢ່າງໃດກໍຕາມ ເນື່ອງຈາກອຸປະກອນເອເລັກໂຕຣນິກ ໂດຍສະເພາະແມ່ນຫົວວັດແທກຄ່າ ທີ່ນຳມາປະກອບໃຊ້ເຂົ້າໃນເຄື່ອງທົດລອງຕົ້ນແບບ ແມ່ນເປັນອຸປະກອນຄຸນນະພາບລະດັບການທົດລອງ ບໍ່ແມ່ນຄຸນນະພາບລະດັບໃຊ້ໃນອຸດສາຫະກຳ ຈຶ່ງເຮັດອຸປະກອນດັ່ງກ່າວມີອາຍຸການນຳໃຊ້ທີ່ສັ້ນ ເມື່ອນຳໄປໃຊ້ງານໃນສະພາບແວດລ້ອມຕົວຈິງ. ເປັນສາເຫດເຮັດໃຫ້ຄ່າຂອງຂໍ້ມູນທີ່ວັດແທກຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າຄວາມຄາດເຄື່ອນ ເຊິ່ງອາດມີຜົນເຮັດໃຫ້ການຄາດຄະເນ ຫຼື ການປະເມີນຄ່າຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນໍ້າ ນັ້ນເກີດມີຄ່າຄວາມຜິດຮຽງໄປຈາກສະພາບແວດລ້ອມຕົວຈິງ.

ພ້ອມກັນນັ້ນ, ໃນດ້ານຜະລິດງານໄຟຟ້າທີ່ນຳໃຊ້ພາຍໃນລະບົບແມ່ນ ໃຊ້ຜະລິດງານທີ່ເກີດຈາກແສງຕາເວັນ ໃນກໍລະນີບໍ່ມີແສງແດດພຽງພໍ ລະບົບກໍຈະນຳໃຊ້ຜະລິດງານສຳຮອງຈາກແບັດເຕີຣີ ເພື່ອທົດແທນຜະລິດງານຫຼັກ ດັ່ງນັ້ນການກຳນົດຂະໜາດຂອງແບັດເຕີຣີກໍເປັນເລື່ອງທີ່ຄວນເອົາໃຈໃສ່.

ນອກຈາກດ້ານຂອງອຸປະກອນຮາດແວແລ້ວ, ດ້ານຂອງຊັອບແວ (Web Application) ທີ່ນຳໃຊ້ເພື່ອການດຶງຂໍ້ມູນຈາກຖານຂໍ້ມູນທີ່ຢູ່ໃນ IoT Cloud Server ມາສະແດງຜົນ ຍັງມີຄວາມຊັກຊ້າ ຫຼື ໃນບາງກໍມີຜູ້ໃຊ້ງານ

ຫຼາຍ ແມ່ນອາດສົ່ງຜົນຕໍ່ລະບົບຖານຂໍ້ມູນ ແລະ ໃຊ້ເວລາ ຫຼາຍໃນການປະມວນຜົນເພື່ອສະແດງຂໍ້ມູນ. ໜ້າຕາຂອງ ໂປຣແກຣມໃຊ້ງານແບບເວັບ ບາງຈຸດຍັງເຂົ້າໃຈຍາກ ແລະ ອາດເຮັດໃຫ້ສັບສົນເມື່ອໄດ້ໃຫ້ປະຊາຊົນທົ່ວໄປທົດລອງ ໃຊ້ງານ.

ໃນການສຶກສານີ້, ນອກຈາກທີ່ທີມຜູ້ຄົ້ນຄວ້າ-ວິໄຈ ຈະສຶກສາເຖິງບັນຫາ ແລະ ຖອດທອນບົດຮຽນຈາກສາເຫດ ແລ້ວ ຍັງໄດ້ສຶກສາເຖິງວິທີການປັບປຸງແກ້ໄຂ ພັດທະນານະ ວັດຕະກຳໃຫ້ມີຄວາມສົມບູນແບບຫຼາຍຂຶ້ນ ເພື່ອໃຫ້ເປັນ ລະບົບຕົ້ນແບບ ທີ່ສາມາດນຳໄປຜະລິດໃຊ້ຈິງ ທີ່ອຳນວຍ ຄວາມສະດວກໃຫ້ແກ່ປະຊາຊົນ ໃຫ້ຄຸນນະພາບຊີວິດທີ່ດີ ຂຶ້ນ, ມີແຫຼ່ງນ້ຳທີ່ສະອາດ, ມີຂໍ້ມູນທີ່ຊັດເຈນ ເປັນອຸປະ ກອນເພື່ອລະວັງຄວາມຜິດປົກກະຕິຂອງແຫຼ່ງນ້ຳຕ່າງໆ.

5. ສະຫຼຸບ

ຜົນການເຮັດບົດຄົ້ນຄວ້າ-ວິໄຈ ດ້ານເຕັກໂນໂລຊີ- ນະວັດຕະກຳ ສາມາດໄດ້ເຮັດການອອກແບບ ແລະ ພັດທະ ນາ ເຄື່ອງມືວັດແທກຄຸນນະພາບຂອງ ແຫຼ່ງນ້ຳແບບເວລາ ຈິງ ດ້ວຍເຕັກໂນໂລຊີ IoT. ພ້ອມທັງພັດທະນາ ອອກ ແບບລະບົບຖານຂໍ້ມູນສຳລັບສຳລັບເກັບ, ວິເຄາະ, ປະມວນ ຜົນ ແລະ ສະແດງຜົນທີ່ໂປຣແກຣມໃຊ້ງານ (Web Application ແລະ Mobile Application) ທີ່ສາມາດ ເຂົ້າເຖິງຂໍ້ມູນຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນ້ຳ ໄດ້ຈາກທັງໂທລະ ສັບມືຖື, ຄອມພິວເຕີ ແລະ ແທັບເຣດ, ໂດຍຜ່ານເຄືອຂ່າຍ ອິນເຕີເນັດ. ເພື່ອຊ່ວຍໃຫ້ປະຊາຊົນສາມາດເຂົ້າເຖິງຂໍ້ມູນ ຄຸນນະພາບຂອງນ້ຳໄດ້ ສະດວກ-ວ່ອງໄວ ແລະ ທັນສະໄໝ.

ຜ່ານການພັດທະນາ ແລະ ທົດສອບການໃຊ້ງານ ເຄື່ອງມືການວັດແທກ ໃນສະຖານທີ່ທົດລອງ ເຫັນໄດ້ວ່າ ລະບົບທີ່ໄດ້ພັດທະນາຂຶ້ນ ສາມາດໃຊ້ວັດແທກ ແລະ ສະ ແດງ ທີ່ຕັ້ງຂອງສະຖານນີວັດແທກ ພ້ອມລາຍງານລາຍລະ ອຽດຄ່າຊີ້ວັດຄຸນນະພາບຂອງແຫຼ່ງນ້ຳເທິງແຜນທີ່ໄດ້ແບບ ເວລາຈິງ ໃນໜ້າໂປຼແກຼມໃຊ້ງານ ໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ. ນອກນັ້ນ, ລະບົບວັດແທກ ແລະ ລາຍງານຄຸນນະພາບນ້ຳສາ ທາລະນະ ດ້ວຍເຕັກໂນໂລຊີ ໄອໂອທີ ທີ່ພັດທະນາຂຶ້ນ ສາ ມາດສະໜອງຂໍ້ມູນ, ອຳນວຍຄວາມສະດວກໃຫ້ແກ່ຜູ້ໃຊ້ ງານ ຫຼື ປະຊາຊົນທົ່ວໄປສາມາດ ດາວໂຫຼດຂໍ້ມູນຜົນການ ວັດແທກຄ່າ PH, DO, EC ເພື່ອນຳເອົາໄປຊົມໃຊ້ເຂົ້າໃນ ການວິເຄາະ-ຄົ້ນຄວ້າ-ວິໄຈຕໍ່ໄປໃນອານາຄົນຂ້າງໜ້າ.

6. ຂໍ້ຂັດແຍ່ງ

ຂ້າພະເຈົ້າໃນນາມຜູ້ຄົ້ນຄວ້າວິທະຍາສາດ ຂໍປະຕິ ຍານຕົນວ່າ ຂໍ້ມູນທັງໝົດທີ່ມີໃນບົດຄວາມວິຊາການດັ່ງ ກ່າວນີ້ ແມ່ນບໍ່ມີຂໍ້ຂັດແຍ່ງທາງຜົນປະໂຫຍດກັບພາກສ່ວນ

ໃດ ແລະ ບໍ່ໄດ້ເຮື້ອປະໂຫຍດໃຫ້ກັບພາກສ່ວນໃດພາກ ສ່ວນໜຶ່ງ, ກໍລະນີມີການລະເມີດໃນຮູບການໃດໜຶ່ງ ຂ້າພະ ເຈົ້າ ມີຄວາມຍິນດີທີ່ຈະຮັບຜິດຊອບແຕ່ພຽງຜູ້ດຽວ.

7. ເອກະສານອ້າງອີງ

Pollution Control Department. (2017). Lao National environmental standards. No. 81/ ລບ . Ministry of Natural Resources and Environment.

Vaishnavi V. Daigavane and Dr. M.A Gaikwad. (2017). Water Quality Monitoring System Based on IOT. ISSN 0973-6972.

Sathish Pasika *. Sai Teja Gandla. (2020). Smart water quality monitoring system with cost-effectiveness using IoT. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04096>

Somphone Kanthavong. (2018). Analysis and design of information base systems. Teaching materials. Department of Computer Engineering and Information Technology, Faculty of Engineering, National University Laos.

G-Able. (2022). IoT Theory (Internet of Things). Retrieved from <https://www.g-able.com/thinking/iot-internet-of-things/>. (Accessed December 24, 2021).

SUPPORT THAIEASYELEC (2017). Arduino Theory. Retrieved from <https://blog.thaieasyelec.com/what-is-arduino-ch1/>. (Accessed December 24, 2021).

pDragon. (2021). Node NCU ESP32 Theory. Retrieved from <https://v89infinity.com/esp32/>. (Accessed December 24, 2021).

OpenJS Foundation. (2021). Node-RED Theory v2.2.2. Retrieved from <https://nodered.org/>, <https://openjsf.org/>. (Accessed December 27, 2021).

OpenJS Foundation. (2022). Node.js Theory v17.7.0. Retrieved from <https://openjsf.org/>. (Accessed March 1, 2022).

MQTT. (2022). MQTT theory v3.1.1. Retrieved from MQTT.org. (Accessed March 1, 2022).

Premier System Engineering Company Limited. (2018). pH theory. Retrieved from

<http://pse-cal.com/2018/10/10/ph-meter/>.
(Accessed December 28, 2021).

NEONIC COMPANY LIMITED. (2021). Ec theory. Retrieved from <https://www.neonics.co.th/water-quality-testing/what-is-ec.html>ssss. (Accessed December 28, 2021).

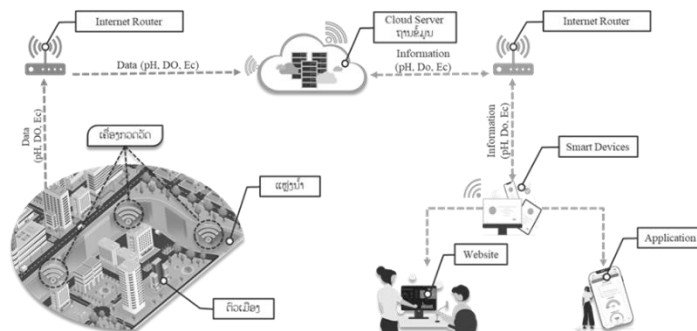
NEONIC COMPANY LIMITED. (2021). DO value theory. Retrieved from <https://www.neonics.co.th/dissolved-oxygen/what-is-dissolved-oxygen.html>.
(Accessed December 28, 2021).

Phantamit Analytical Lab Co., Ltd. (2020). Interview to collect actual water source quality, location: Buang Tha Luang. (Accessed July 25, 2021).

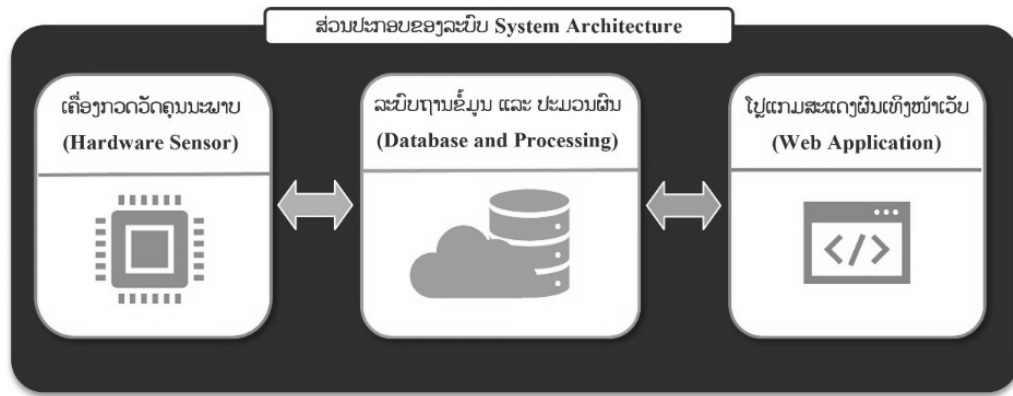
Smith, R., & Johnson, K. (2020). Design and Implementation of an IoT Based Smart Water-quality Monitoring System for Rural Areas. International Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 10(1), 67-78.

ຕາຕະລາງທີ 1. ການຈັດປະເພດຄຸນນະພາບນ້ຳໜ້າດິນ

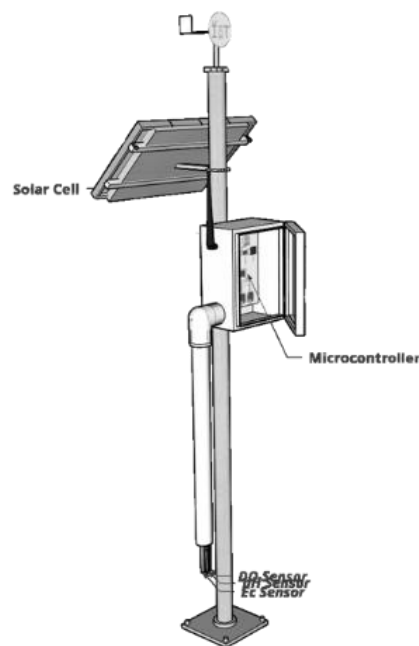
ໂຕວັດແທກ	ສັນຍາລັກ	ຄ່າມາດຕະຖານຂອງແຕ່ລະປະເພດ					ຫົວໜ່ວຍ	ວິທີວິເຄາະ
		1	2	3	4	5		
ສີ, ກິ່ນ ແລະລົດຊາດ color, Older and Taste	ບໍ່ມີ	n	n'	n'	n'	n'	ບໍ່ໄດ້ກຳນົດ	ບໍ່ໄດ້ກຳນົດ
ອຸນຫະພູມ Temperature	t°C	n	n'	n'	n'	n'	°C	Thermometer
ຄວາມເປັນກົດ-ດ່າງ potential of Hydrogen	p ^H	6-8	6-8	5-9	5-9	ບໍ່ໄດ້ກຳນົດ	ບໍ່ໄດ້ກຳນົດ	Electrometric p ^H Meter
ອັອກຊີເຈນລະລາຍໃນນ້ຳ Dissolved Oxygen	DO	ຫຼາຍກວ່າ 7	6	4	2	ໜ້ອຍກວ່າ 2	mg/L	Azide Modification
ຄ່າຊີກນຳກະແສໄຟຟ້າ Electro conductivity	Ec	ໜ້ອຍກວ່າ 500	ໜ້ອຍກວ່າ ຫຼື ເທົ່າກັບ 1000	ໜ້ອຍກວ່າ ຫຼື ເທົ່າກັບ 2000	ໜ້ອຍກວ່າ ຫຼື ເທົ່າກັບ 4000	ຫຼາຍກວ່າ 4000	μS/cm	Ec meter



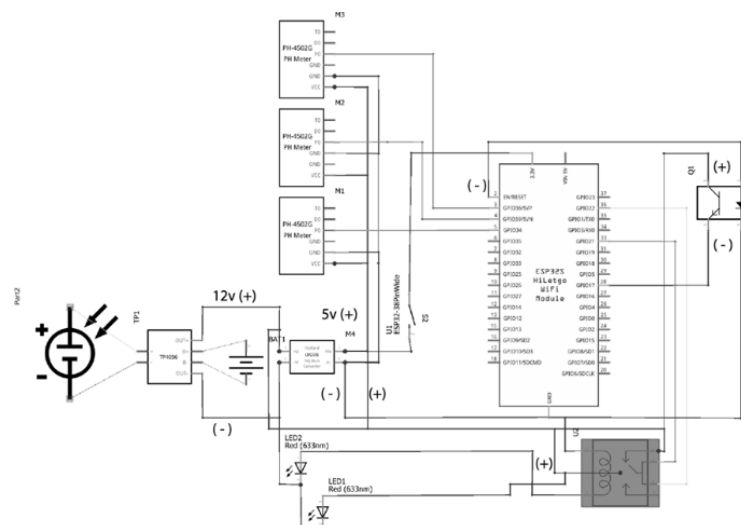
ຮູບພາບທີ 1: ແຜນພາບລວມຂອງລະບົບວັດແທກ ແລະ ລາຍງານຄຸນນະພາບນ້ຳສາທາລະນະດ້ວຍເຕັກໂນໂລຊີ ໄອໂອທີ



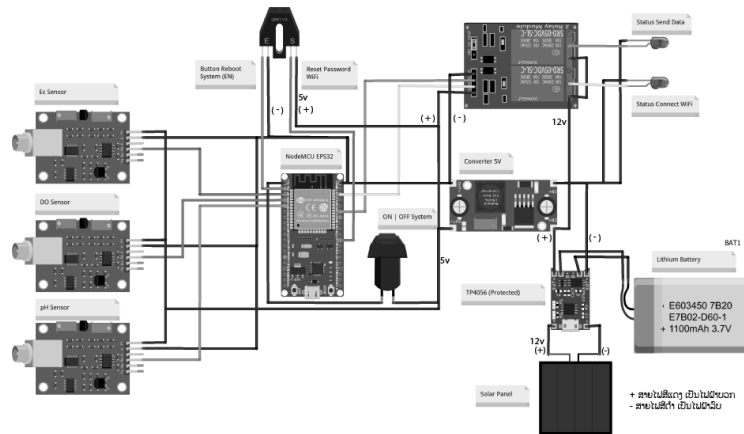
ຮູບພາບທີ 2: ສ່ວນປະກອບຫຼັກຂອງລະບົບ System Architecture



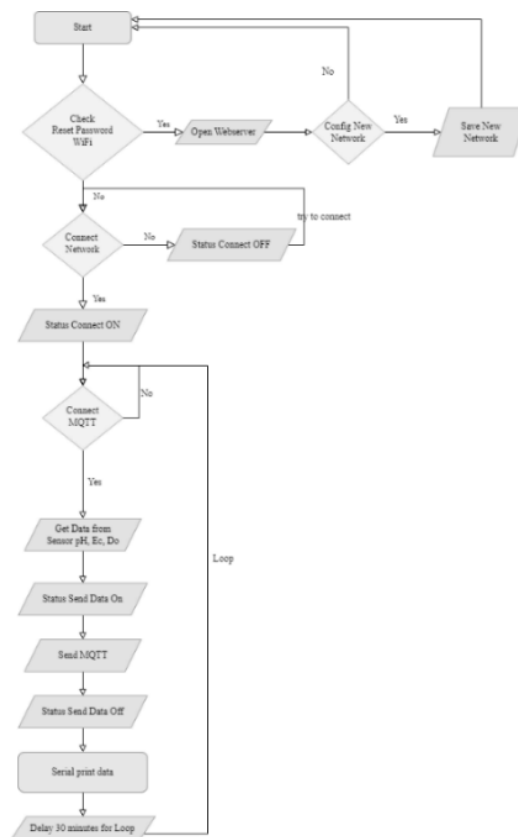
ຮູບພາບທີ 3: ພາບຈຳລອງອຸປະກອນແບບ 3 ມິຕິ



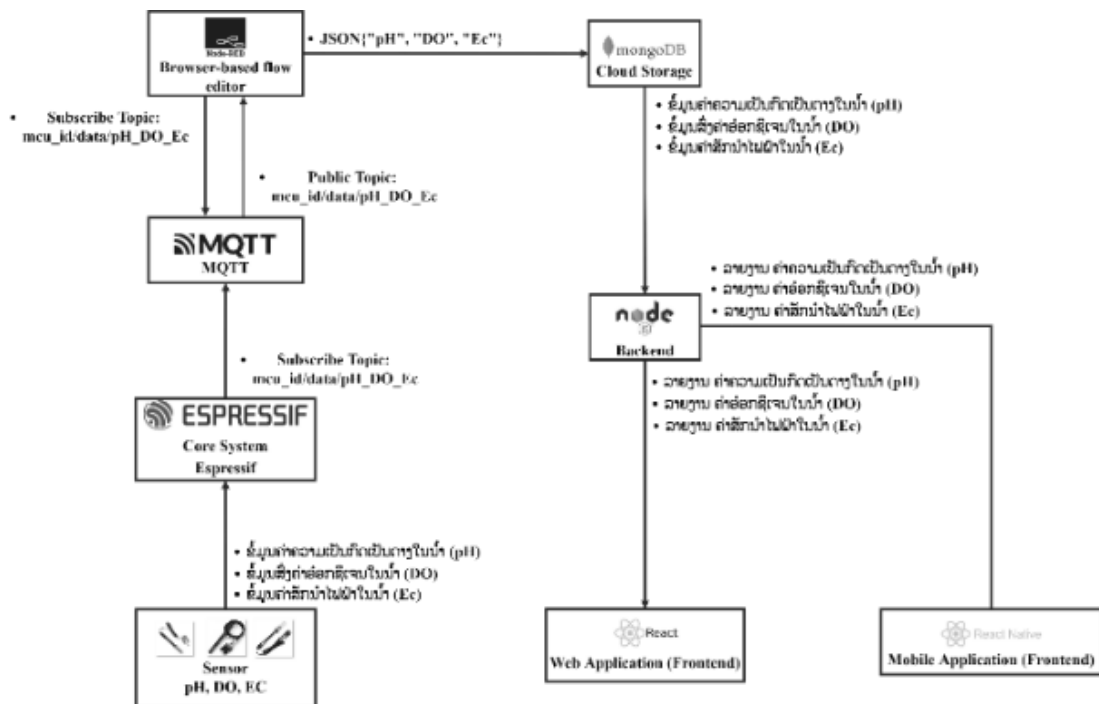
ຮູບພາບທີ 4: ການອອກແບບວົງຈອນ



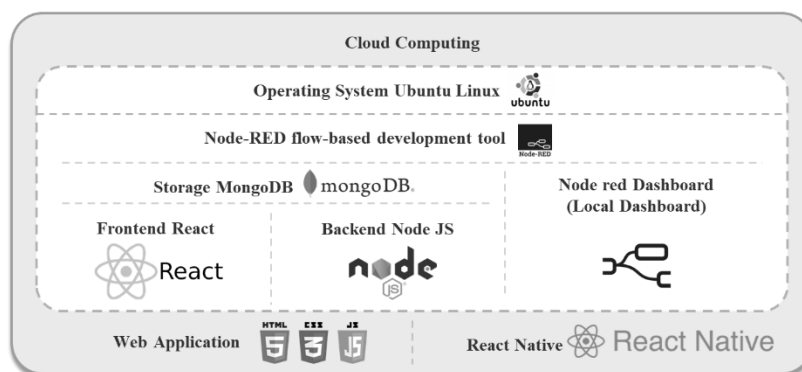
ຮູບພາບທີ 5: Schematic diagram of Smart Water-quality Monitoring System



ຮູບພາບທີ 6: Flowchart ການເຮັດວຽກຂອງອຸປະກອນວັດແທກ ແລະ ລາຍງານຄຸນນະພາບນໍ້າສາທາລະນະ

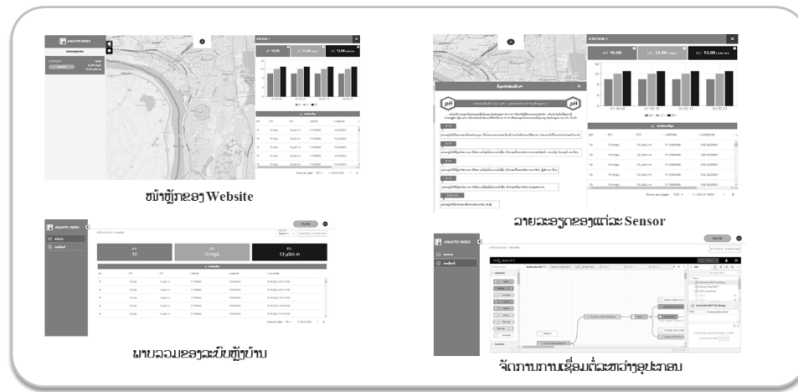


ຮູບພາບທີ 7: ແຜນພາບການເຮັດວຽກຂອງລະບົບວັດແທກ ແລະ ລາຍງານຄຸນນະພາບນ້ຳສາທາລະນະ

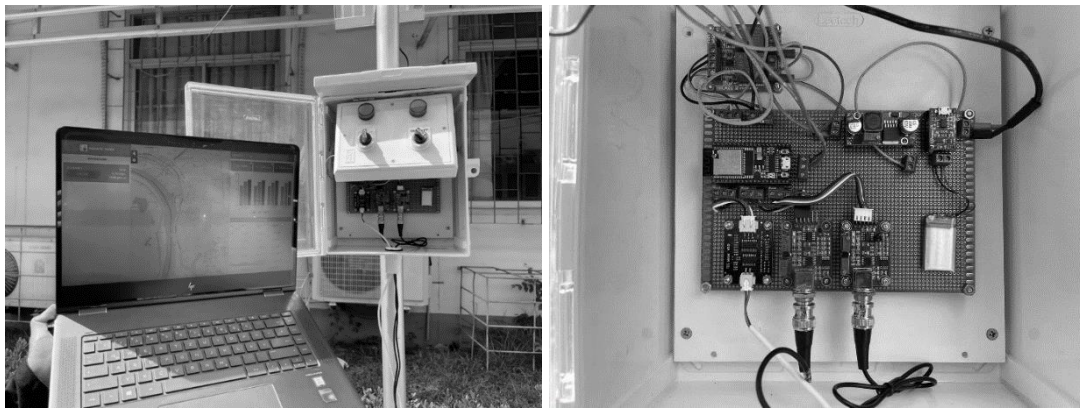


ຮູບພາບທີ 8: ແຜນຜັງໂຄງສ້າງສະຖາປັດຕິຍາກຳຂອງຊອບແວ (Software architecture diagram)





ຮູບພາບທີ 9: ສະແດງພາບພາຍໃນລະບົບ Web Application



ຮູບພາບທີ 10: ການເຮັດວຽກຂອງເຄື່ອງວັດແທກ ແລະ ລາຍງານຜົນຕົວຈິງ