



## Study on Efficiency of LoRa Node for Communication in Water Level

### Monitoring of the Micro-Hydropower Plant

Souvanhny Vilachit, Phosy Panthongsy, Xaysamone Dittaphong, Souksamai Insankeovilay and  
Phutsavanh Thongphanh

Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering, National  
University of Laos PDR.

#### Abstract

The monitoring and controlling process in electricity production of hydro-power plants, relating to water management, generated electric and system maintenance are essential. It affects electricity production efficiency and safety. As real-world condition, the monitoring station and supervisory control center are quite far from each other with hard-to-reach environment surrounded by bush and trees, a wireless communication system is highly required. This research aims to design a wireless communication network utilizing LoRa technology for the purpose of monitoring water levels in a hydropower plant.

The study was conducted by establishing a water level monitoring station and a wireless communication station at the Nam Mang 3 Hydropower plant, situated in Phu Khao Khuai National Park, Thoulakhom District, Vientiane Province. In the communication experiment, the LoRa module operated at a frequency of 433 MHz over a distance of 3,632 meters, with a microcontroller serving as the processor to interface with the central control system and various measurement devices. Data on water levels, signal strength, and communication speed were recorded for performance analysis. The findings indicate that LoRa technology effectively communicates and monitors water level data within a challenging forest environment characterized by high mountain barriers, achieving an average signal strength of -108.08 dBm. This suggests that LoRa is suitable for long-range communication in dam environments, though the communication capability may vary depending on the specific types of LoRa modules used.

**Keywords:** wireless communication, LoRa node, signal strength evaluation

**\*Correspondence:** Souvanhny

Vilachit, Department of Electronics  
and Telecommunication Engineering,

Faculty of Engineering, National  
University of Laos,

Tel: 020 55687201,

Email: [Souvanhny@fe-nuol.edu.la](mailto:Souvanhny@fe-nuol.edu.la)

**Submitted:** September 24, 2024

**Revised:** October 25, 2024

**Accepted:** November 07, 2024

#### 1. ພາກສະເໜີ

ຍຸດທະສາດການພັດທະນາເສດຖະກິດ ໂດຍສ້າງປະເທດລາວ ໃຫ້ເປັນແບດເຕີຣີຂອງອາຊຽນ ເນື່ອງຈາກວ່າປະເທດລາວໄດ້ມີການສ້າງ ເຂື່ອນໄຟຟ້າຫຼາຍແຫ່ງໃນແຕ່ລະເຂວງ ເຊິ່ງສາມາດຜະລິດກະແສໄຟຟ້າ ໄດ້ 51,031,145,972 kwh (ຖານຂໍ້ມູນສະຖິຕິແຫ່ງຊາດ, 2022) ເພີ່ມຂຶ້ນຈາກປີ 2021 ເຖິງ 13.61% ເພື່ອຕອບສະຫນອງຄວາມ ຕ້ອງການໃນການຊົມໃຊ້ໃຫ້ປະຊາຊົນລາວ ແລະ ບ້ອນຂາຍໃຫ້ກັບ ປະເທດທີ່ຢູ່ໃກ້ຄຽງກັນ. ເປົ້າຫມາຍການພັດທະນາຄວາມຍືນຍົງໃນ ປະເທດລາວພາຍໃນປີ 2030 ອົງການສະຫະປະຊາຊາດປະຈຳ ສປປ ລາວ ກະຊວງການຕ່າງປະເທດ, (2023) ກ່ຽວກັບຮັບປະກັນການເຂົ້າເຖິງ ພະລັງງານທີ່ທັນສະໄຫມ, ຍືນຍົງ, ເຊື່ອຖືໄດ້ ແລະ ລາຄາບໍ່ແພງສຳ ຫລັບຫມົດທຸກຄົນຢ່າງທົ່ວເຖິງ, ເພີ່ມທະວີອັດຕາສ່ວນຂອງການນຳໃຊ້ ພະລັງງານທົດແທນໃນພະລັງງານທັງຫມົດໃນທົ່ວໂລກໃຫ້ຫລາຍຂຶ້ນ, ເພີ່ມອັດຕາປັບປຸງປະສິດທິພາບຂອງພະລັງງານໃນທົ່ວໂລກໃຫ້ໄດ້ສອງ ເທົ່າ, ເພີ່ມທະວີການຮ່ວມມືສາກົນເພື່ອອຳນວຍຄວາມສະດວກໃຫ້ແກ່

ການເຂົ້າເຖິງການຄົ້ນຄວ້າ ແລະ ເຕັກໂນໂລຊີທາງດ້ານພະລັງງານ ສະອາດ, ລວມທັງພະລັງງານທົດແທນ, ປະສິດທິພາບພະລັງງານ ແລະ ເຕັກໂນໂລຊີດ້ານນໍ້າມັນເຊື້ອໄຟທີ່ກ້າວຫນ້າ ແລະ ສະອາດກວ່າເກົ່າ ແລະ ສົ່ງເສີມການລົງທຶນໃນການກໍ່ສ້າງພື້ນຖານໂຄງລ່າງດ້ານພະລັງງານ ແລະ ເຕັກໂນໂລຊີດ້ານພະລັງງານສະອາດ. ປັດຈຸບັນໃນການຄວບຄຸມ ການຜະລິດກະແສໄຟຟ້າແມ່ນຕ້ອງອາໄສເຕັກໂນໂລຊີທີ່ທັນສະໄໝເຂົ້າ ໃນການຄວບຄຸມ, ເພື່ອໃຫ້ເກີດປະສິດທິພາບສູງສຸດສຳລັບເຂື່ອນຂະໜາດນ້ອຍ.

ຈາກຂໍ້ມູນຂອງລັດວິສາຫະກິດໄຟຟ້າລາວ, (2024) ປັດຈຸ ບັນມີເຂື່ອນໄຟຟ້າຂະໜາດນ້ອຍທີ່ຄວບຄຸມຢູ່ 7 ແຫ່ງ. ເຊິ່ງວ່າບັນດາ ເຂື່ອນຂະໜາດນ້ອຍນັ້ນສ່ວນໃຫຍ່ຈະຕັ້ງຢູ່ເຂດຫ່າງໄກທີ່ອ້ອມຮອບ ໄປດ້ວຍພື້ນທີ່ປ່າໄມ້, ມີພູສູງ, ເຂົ້າເຖິງໄດ້ຍາກໂດຍສະເພາະການສັນ ຈອນໄປຫາເຂື່ອນ, ບໍ່ມີສັນຍານໂທລະສັບ, ບໍ່ມີສັນຍານອິນເຕີເນັດ. ໂດຍສ່ວນໃຫຍ່ການເກັບກຳຂໍ້ມູນທີ່ຢູ່ໃນເຂື່ອນຈະໃຫ້ຄົນໄປເຝົ້າຕິດ ຕາມ ແລະ ເກັບກຳຂໍ້ມູນຕ່າງໆແລ້ວຈຶ່ງທຳການສົ່ງຂໍ້ມູນສະຖານະການ

ໃນເຂື່ອນມາຫາສູນກາງຄວບຄຸມ. ລະບົບຄວບຄຸມໃນເຂື່ອນແມ່ນຍັງ ເປັນລະບົບທີ່ມີການຄວບຄຸມແບບ Manual (ແມ່ນນັ່ງ). ການເຝົ້າ ຕິດຕາມ ແລະ ຄວບຄຸມການຜະລິດຈຶ່ງພົບຂໍ້ຫຍຸ້ງຍາກເຊັ່ນ: ການ ບໍລິຫານຈັດການນໍ້າກໍຄືລະດັບນໍ້າໃນເຂື່ອນ, ປະລິມານນໍ້າໃນອ່າງເກັບ ນໍ້າທັງຫມົດ, ປະລິມານນໍ້າໄຫລເຂົ້າມາໃນອ່າງເກັບນໍ້າ, ປະລິມານນໍ້າທີ່ ລະບາຍອອກເພື່ອກະການກະເສດ ແລະ ຜະລິດໄຟຟ້າ, ລະບົບຕິດຕາມ ພະລັງງານ, ການບໍາລຸງຮັກສາ ເຊິ່ງນັ້ນກໍເພື່ອໃຫ້ການຜະລິດມີປະ ສິດທິ ພາບສູງຂຶ້ນພ້ອມໆກັນ. ສະນັ້ນການເຝົ້າຕິດຕາມຕ່າງໆ ແບບບໍ່ມີສາຍ ຈຶ່ງມີຄວາມຈຳເປັນຫຼາຍປັດຈຸບັນໄດ້ມີເຕັກໂນໂລຊີຫຼາຍຢ່າງທີ່ຊ່ວຍໃຫ້ ສາມາດສື່ສານທາງໄລຍະໄກໄດ້. ປັດຈຸບັນເຄືອຂ່າຍການສື່ສານແບບບໍ່ ມີສາຍໄລຍະໄກທີ່ໃຊ້ພະລັງງານຕ່ຳ (LPWAN-Low Power Wide Area Network ) ທີ່ໄດ້ຮັບຄວາມນິຍົມເປັນຢ່າງຫຼວງຫຼາຍ ກໍຄື LoRaWAN (Long Range WAN ) ໂດຍເມື່ອປຽບທຽບໄລຍະ ທາງການສົ່ງສັນຍານ ແລະ ການໃຊ້ພະລັງງານຂອງການສື່ສານແບບບໍ່ມີ ສາຍກໍຈະມີ Bluetooth, Zigbee, Zwave ແລະ LoRa. ແຕ່ໃນນັ້ນ LoRa ແມ່ນລະບົບໜຶ່ງທີ່ສາມາດສື່ສານໄດ້ໄລຍະໄກ.

Long Range (LoRa) Wikipedia contributors, (2024) ເປັນເຕັກໂນໂລຊີການສື່ສານແບບບໍ່ມີສາຍເໝາະສຳລັບວຽກທີ່ ມີການສື່ສານໄລຍະໄກ ລວມທັງວຽກງານທາງດ້ານ Internet of Thing (IoT) ທີ່ຂໍ້ມູນຫຼັກໆ ມາຈາກເຊັ່ນເຊີຣັບຂໍ້ມູນຕ່າງໆ ໂດຍ ເປັນເຕັກໂນໂລຊີທີ່ມີການໃຊ້ງານຢ່າງກວ້າງຂວາງ ບໍລິເວນຊຸມນາຜູ້ ພັດທະນາໄມໂຄຄອນໂທນເລີໄດ້ພັດທະນາອຸປະກອນເພື່ອຮອງຮັບ ການເຊື່ອມຕໍ່ກັບ LoRa, ເປັນອຸປະກອນທີ່ມີຈຸດເດັ່ນໃນເລື່ອງໄລຍະ ທາງໃນການສື່ສານ ສາມາດຮັບສົ່ງຂໍ້ມູນໄດ້ໃນໄລຍະໄກ 5-15Km ດ້ວຍຄວາມໄວ 0.3 kbit/s ຫາ 27 kbit/s, ນຳໃຊ້ພະລັງງານໜ້ອຍໃນ ການຮັບສົ່ງຂໍ້ມູນ ເຮັດໃຫ້ເປັນອຸປະກອນທີ່ປະຢັດພະລັງງານ. (Zourmand et al.,2019) ໄດ້ນຳສະເໜີການປະຍຸກໃຊ້ງານ LoRa ສຳລັບ IoT ເຊິ່ງໄດ້ນຳສະເໜີວ່າ: LoRa ແມ່ນເຕັກໂນໂລຊີການ ສື່ສານໃໝ່ພາຍໃຕ້ Low Power Wide Area Network (LPWAN). ເຊິ່ງເນັ້ນຫນັກໃສ່ການສື່ສານໄລຍະໄກດ້ວຍຄວາມ ສາມາດທີ່ລະອຽດອ່ອນທີ່ໄດ້ຮັບສູງ ເຊິ່ງຊ່ວຍໃຫ້ມັນສາມາດເຮັດວຽກ ພາຍໃຕ້ການແຊກແຊງສູງ ຫລື ພື້ນທີ່ສູງດັ່ງຢ່າງມີປະສິດທິຜົນ. ລະດັບຂອງການສື່ສານໄດ້ກາຍເປັນພາກສ່ວນທີ່ສຳຄັນໃນລະບົບ IoT ສ່ວນໃຫຍ່, ໂດຍສະເພາະໃນລະບົບ Wi-Fi ແລະ ລະບົບ IoT ທີ່ໃຊ້ Bluetooth. ດ້ວຍການເກີດຂຶ້ນຂອງເຕັກໂນໂລຢີ LoRa, ສາມາດຮັບ ຮູ້ໄດ້ການປັບປຸງເພີ່ມເຕີມຕໍ່ກັບການ ນຳໃຊ້ Internet of Things (IoT). ໂດຍການນຳໃຊ້ເຄື່ອງຮັບສັນຍານດຽວໃນເຄືອຂ່າຍ LoRa, ຈະສາມາດຈັດການກັບຂໍ້ກຳນົດຕ່າງໆຢູ່ຫລາຍສະຖານທີ່ພາຍໃນພື້ນທີ່, ບໍ່ຄືກັບລະບົບ Wi-Fi ທີ່ຕ້ອງການມີຫລາຍຈຸດເຊື່ອມຕໍ່ຈຳນວນຫຼາຍ ເພື່ອເພີ່ມພື້ນທີ່ຄວບຄຸມ. ການລວມກັນຂອງເຕັກໂນໂລຊີ LoRa ແລະ

Wi-Fi ຊ່ວຍຫຼຸດຜ່ອນຄ່າໃຊ້ຈ່າຍໃນການປັບໃຊ້ລະບົບ IoT ໃນ ເອກະສານສະບັບນີ້, ການ ນຳໃຊ້ລະບົບ IoT ຕົວຈິງໂດຍນຳໃຊ້ເຕັກໂນ ໂລຊີ LoRa ປະສົມປະສານຮ່ວມກັບເຕັກໂນໂລຊີ Wi-Fi. ນອກນັ້ນ, ເອກະສານສະບັບນີ້ຍັງໄດ້ນຳສະເໜີປະສິດທິພາບ ແລະ ພື້ນທີ່ຄວບຄຸມ ຕົວຈິງຂອງເຄືອຂ່າຍ LoRa ທັງໃນສະພາບພາຍໃນ ແລະ ນອກ ອາຄານ. ຈາກຜົນຂອງການຄົ້ນຄ້ວາ ( Meksavanh, 2022) ຈະເຫັນ ວ່າ ເຕັກໂນໂລຊີ LoRa ເປັນອຸປະກອນໜຶ່ງທີ່ມີປະສິດທິພາບສູງ, ມີ ຄວາມສະເຖຍລະພາບໃນການຮັບສົ່ງຂໍ້ມູນ, ເປັນອຸປະກອນທີ່ໃຊ້ ພະລັງງານຕ່ຳ ສາມາດນຳໄປໃຊ້ງານເປັນຕົວກາງການສື່ສານ ຂອງລະບົບ ຄວບຄຸມໄຟຈະລາຈອນແບບບໍ່ມີສາຍ ໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບສູງ ດັ່ງ ຜົນຂອງການທົດສອບຄື ສາມາດຄວບຄຸມພື້ນທີ່ການສົ່ງສັນຍານທັງ ພາຍໃນອາຄານ ແລະ ນອກອາຄານໄດ້ເປັນຢ່າງດີ. ຜົນການວິໄຈ (Sarawut, 2023) ການນຳເອົາລະບົບກວດວັດຄຸນນະພາບຂອງດິນ ແລະ ສະຖານີວັດອາກາດອັດສະລິຍະໄປໃຊ້ງານໂດຍໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີ ເຄືອຂ່າຍ LoRaWAN ສາມາດປັບປຸງຜົນຜະລິດ ແລະ ປະສິດທິພາບ ຂອງການເຮັດສວນອ້ອມໄດ້ຢ່າງຫລາຍຂໍ້ມູນຕາມເວລາຈິງ ແລະ ຂໍ້ມູນ ທີ່ເກັບໄວ້ໃນໄລຍະຍາວທີ່ລະບົບຈັດຕຽມໄວ້ສາມາດຊ່ວຍຊາວກະສິ ກຳໃນການຕັດສິນໃຈກ່ຽວກັບຊົນລະປະທານການໃຫ້ປູຍ ແລະ ການ ຈັດການສັດຕູພືດ ເຊິ່ງນຳໄປສູ່ການຜະລິດພືດຜົນທີ່ສູງຂຶ້ນ ແລະ ຄຸນ ນະພາບຂອງພືດຜົນທີ່ດີຂຶ້ນເຕັກໂນໂລຊີການກະເສດອັດສະລິຍະເປັນ ເສັ້ນທາງສຸກການກະເສດທີ່ຍັງຢືນ ແລະ ມີປະສິດທິພາບ. ນອກຈາກນີ້ ການໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີເຄືອຂ່າຍ LoRaWAN ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ ສາມາດໃຊ້ງານຄວບຄຸມໃນພື້ນທີ່ຂະໜາດໃຫຍ່ໄດ້ ແລະ ສາມາດນຳ ໄປປະຍຸກໃຊ້ກັບພືດຊະນິດອື່ນໆໄດ້. (Devalal & Karthikeyan, 2018)ໄດ້ນຳສະເໜີວ່າ: IoT ກຳລັງໄດ້ຮັບຄວາມນິຍົມສູງໃນໂລກ ປັດຈຸບັນ. ລະບົບຝັງຕົວໄດ້ກາຍເປັນພາກສ່ວນທີ່ສຳຄັນໃນຊີວິດຂອງ ພວກເຮົາ. ຜູ້ຄົນສາມາດຄວບຄຸມ, ຕິດຕາມກວດກາ ແລະ ເຮັດຫຼາຍສິ່ງ ຫຼາຍຢ່າງຈາກໄລຍະໄກ. ນີ້ແມ່ນເຮັດໄດ້ໂດຍການເຊື່ອມຕໍ່ວັດຖຸຕ່າງໆ ຫຼຸດຜ່ອນໄລຍະທາງທາງກາຍະພາບ. IoT ແມ່ນການເຊື່ອມຕໍ່ຂອງ ວັດຖຸຕ່າງໆ ທີ່ມີການເຊື່ອມຕໍ່ເຄືອຂ່າຍ. ຫລາຍໆ ຄັ້ງທີ່ລະບົບເຫລົ່ານີ້ ແມ່ນໃຊ້ແບັດເຕີຣີ ແລະ ຕ້ອງການແບັດເຕີຣີສຳຮອງສູງ. ລະບົບເຫລົ່ານີ້ ຕ້ອງການເຕັກໂນໂລຊີ ທີ່ໃຊ້ພະລັງງານໜ້ອຍ ແລະ ຍັງກວມເອົາໄລຍະ ທາງໄກ. ແຕ່ວ່າຫຼາຍໆ ເຕັກໂນໂລຊີເຊັ່ນ: Zig-Bee, Wi-Fi, Bluetooth ທີ່ນິຍົມໃຊ້ກັນໃນປະຈຸບັນແມ່ນໃຊ້ພະລັງງານສູງ ແລະ ບໍ່ ເໝາະສົມກັບລະບົບປະຕິບັດການທີ່ໃຊ້ແບັດເຕີຣີ. LoRa ແມ່ນເຕັກໂນ ໂລຊີທີ່ໃໝ່ທີ່ກຳລັງເກີດຂຶ້ນຢ່າງວ່ອງໄວ. ເຕັກໂນໂລຊີ LoRa ຕອບ ໂຈດຄວາມຕ້ອງການເຫຼົ່ານີ້ຂອງອຸປະກອນທີ່ຕ້ອງການມີແບັດເຕີຣີຕິດ ໂຕ. ເຕັກໂນໂລຊີ LoRa ແມ່ນເຕັກໂນໂລຊີພະລັງງານຕ່ຳໄລຍະໄກ. ເອກະສານນີ້ສະແດງເຖິງຂໍ້ດີຂອງ LoRa ທີ່ເໝືອນກ່ວາເຕັກໂນໂລຊີທີ່ມີ ຢູ່ໃນ IoT. ເຊິ່ງຍັງເວົ້າເຖິງລັກສະນະຕ່າງໆຂອງ LoRa, LoRaWAN

(Long Range Wide Area Network) ແມ່ນມາດຕະຖານທີ່ປອດໄພແບບເປີດສໍາລັບການເຊື່ອມຕໍ່ IoT. ພັນທະມິດ LoRa ແມ່ນກຸ່ມເປີດທີ່ບໍ່ຫວັງຜົນກໍາໄລ ເຊິ່ງແບ່ງປັນປະສິບການຂອງພວກເຂົາເພື່ອຂັບເຄື່ອນ LoRa. (Khamdalavong, 2019) ໄດ້ເຮັດການຄົ້ນຄວ້າ ໂດຍສຶກສາປະສິດທິພາບຂອງສື່ການຄວບຄຸມເຄື່ອງໃຊ້ໄຟຟ້າແບບບໍ່ໃຊ້ສາຍຜ່ານຊ່ອງທາງ Bluetooth, Wi-Fi ແລະ Zigbee ຂຶ້ນມາ. ການທົດສອບປະສິດທິພາບການສື່ສານແບບບໍ່ໃຊ້ສາຍຂອງ Wi-Fi, Bluetooth ແລະ Zigbee ແມ່ນໄດ້ເຮັດການອອກແບບວົງຈອນພາກຮັບ-ພາກສົ່ງເພື່ອວັດແທກເວລາໃນການຕອບສະໜອງຮັບສິ່ງຂໍ້ມູນພາຍໃຕ້ກໍລະນີສຶກສາ 2 ກໍລະນີຄື: ພື້ນທີ່ເປີດ ແລະ ພື້ນທີ່ປິດທີ່ມີສິ່ງກົດຂວາງ. ສ່ວນການວັດແທກຄວາມແຮງຂອງສັນຍານຂອງ Wi-Fi, Bluetooth ແລະ Zigbee ແມ່ນໄດ້ນໍາໃຊ້ແອັບພິເຄຊັນ Net Spot, Bluetooth Finder ແລະ XCTU ຕາມລາດັບ ໂດຍໃຊ້ຄອມພິວເຕີຫຼື ໂທລະສັບມືຖືເປັນເຄື່ອງມືຊ່ວຍໃນການວັດແທກ. ຈາກຜົນຂອງການຄົ້ນຄວ້າຈະເຫັນວ່າການສື່ສານແບບບໍ່ໃຊ້ສາຍຂອງເຕັກໂນໂລຊີ Zigbee ຈະມີຄວາມໄວການຕອບສະໜອງການສື່ສານດີສຸດ ຄືໄວກວ່າເຕັກໂນໂລຊີ Wi-Fi ປະມານ 4 ເທົ່າ ແລະ ໄວກວ່າ Bluetooth ປະມານ 9 ms. ແຕ່ຖ້າສົມທຽບຄວາມແຮງຂອງສັນຍານ ແລະ ໄລຍະຫ່າງໃນການຮັບສິ່ງຂໍ້ມູນ ເຕັກໂນໂລຊີ Zigbee ກໍຈະມີຄ່າທີ່ສຸດ ສິ່ງຜົນໃຫ້ມີໄລຍະທາງການສື່ສານທີ່ມີໄລຍະໄກປະມານ 90 m ໃນພື້ນທີ່ເປີດ ແຕ່ຄວາມໝັ້ນຄົງຂອງສັນຍານແມ່ນດ້ອຍກວ່າອຸປະກອນ Wi-Fi. Petäjäjärvi et al., (2017) ບົດຄວາມນີ້ໃຫ້ການວິເຄາະແລະ ລາຍງານການກວດສອບຄວາມຖືກຕ້ອງໃນຂັ້ນທົດລອງກ່ຽວກັບການວັດແທກປະສິດທິພາບຕ່າງໆຂອງເຕັກໂນໂລຊີເຄື່ອນຍ້າຍບໍລິເວນກວ້າງທີ່ໃຊ້ພະລັງງານຕໍ່າຂອງ LoRa. ໂມດູນ LoRa ແມ່ນອີງໃສ່ລະບົບສາຍສົ່ງກະຈາຍສຽງ chirp, ເຊິ່ງຊ່ວຍໃຫ້ການໃຊ້ oscillators ທີ່ມີຄຸນນະພາບຕໍ່າໃນອຸປະກອນປາຍທາງ ແລະ ເຮັດໃຫ້ການປະສານງານໄດ້ໄວຂຶ້ນ ແລະ ເຊື່ອຖືໄດ້ຫຼາຍຂຶ້ນ. ຍິ່ງໄປກວ່ານັ້ນ, ເຕັກໂນໂລຊີ LoRa ຍັງສະໜອງສັນຍານການເຊື່ອມໂຍງຫລາຍກວ່າ 150 dB, ຊຶ່ງໃຫ້ການຄຸ້ມຄອງທີ່ດີ. ເພາະສະນັ້ນ, LoRa ຈຶ່ງເປັນທາງເລືອກທີ່ໜ້າສົນໃຈສໍາລັບການໃຊ້ງານການສື່ສານໃນແອັບພິເຄຊັນ Internet of Things ທີ່ຫຼາກຫຼາຍ ໃນບົດຄວາມນີ້ ຈະສະຫຼຸບໂດຍຫຍໍ້ກ່ຽວກັບຂໍ້ມູນສະເພາະຂອງເຕັກໂນໂລຊີ LoRa ແລະ ວິເຄາະຄວາມສາມາດໃນການປັບຂະໜາດຂອງເຄືອຂ່າຍ LoRa ໃນພື້ນທີ່ກວ້າງ. ຈາກນັ້ນ, ມີການແນະນໍາການຕັ້ງຄ່າຂອງການວັດປະສິດຕິພາບ. ຜົນການສຶກສາສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າການໃຊ້ກໍາລັງສົ່ງ 14 dBm ແລະ ປັດໄຈການແຜ່ກະຈາຍສູງສຸດ 12, ຫຼາຍກວ່າ 60% ຂອງແຟັກເກດຈະໄດ້ຮັບຈາກໄລຍະທາງ 30 ກິໂລແມັດເທິງນໍ້າ. ດ້ວຍການກໍາໜົດຄ່າດຽວກັນ, ພວກເຂົາໄດ້ວັດຜົນການເຮັດວຽກຂອງການສື່ສານ LoRa ໃນສະຖານະການມືຖື. ຜົນການວິໄຈເຫັນວ່າປະມານ 40 ກິໂລແມັດຕໍ່ຊົ່ວໂມງ, ປະສິດທິພາບການ

ສື່ສານຈະຍິ່ງຮ້າຍແຮງກວ່າເກົ່າ, ເນື່ອງຈາກໄລຍະເວລາຂອງສັນຍາລັກ LoRa-modulated ເກີນເວລາເຊື່ອມຕໍ່ກັນ. ເຖິງຢ່າງໃດກໍຕາມ, ຄາດວ່າການເຊື່ອມຕໍ່ການສື່ສານຈະມີຄວາມໜ້າເຊື່ອຖືຫຼາຍຂຶ້ນເມື່ອມີການນໍາໃຊ້ປັດໄຈການແຜ່ກະຈາຍທີ່ຕໍ່າ. Gregora et al.(2016) ໄດ້ນໍາສະເໜີແນວຄວາມຄິດຂອງ LPWANs ຈຶ່ງເປັນທີ່ນິຍົມຫຼາຍຂຶ້ນ. ຂໍ້ກໍານົດທີ່ສໍາຄັນທີ່ສຸດໃນ LPWAN ໄດ້ແກ່ອາຍຸການໃຊ້ງານຂອງແບດເຕີຣີທີ່ຍາວນານ, ອຸປະກອນລາຄາຕໍ່າ, ຄວາມສາມາດໃນການເຊື່ອມຕໍ່ຫລາຍລ້ານເຄື່ອງ ແລະ ການຄຸ້ມຄອງໄລຍະຍາວ; ການຄຸ້ມຄອງໄລຍະຍາວແມ່ນປະເດັນສໍາຄັນທີ່ສຸດຂອງເຕັກໂນໂລຊີນີ້. ໃນບົດຄວາມນີ້ເຮົາຈະມາເວົ້າເຖິງການແຜ່ກະຈາຍສັນຍານໃນອາຄານຂອງເຕັກໂນໂລຊີ LoRa. ໃນຕອນເລີ່ມຕົ້ນຂອງເອກະສານ, ມີການແນະນໍາກ່ຽວກັບເຕັກໂນໂລຢີ LoRa. ຕໍ່ມາ, ເອກະສານສະເໜີການວັດການແຜ່ກະຈາຍຂອງສັນຍານ LoRa ໃນອາຄານຄອນກິດເສີມເຫຼັກໃນເມືອງ Prague, ສາທາລະນະລັດເຊັກ. ການວັດຈະຮັບຮູ້ດ້ວຍເຄື່ອງສົ່ງສັນຍານມືຖືໜຶ່ງເຄື່ອງ ແລະ ເຄື່ອງຮັບສັນຍານໜຶ່ງເຄື່ອງພ້ອມຕໍາແໜ່ງທີ່ຄົງທີ່ ສໍາລັບການທົດລອງແຕ່ລະຄັ້ງ ການວັດຈະດາເນີນສໍາລັບການທົດລອງສອງຄັ້ງ, ໂດຍຊຸດໜຶ່ງແມ່ນມີຜູ້ຮັບສັນຍານຢູ່ຊັ້ນໃຕ້ດິນຂອງອາຄານ, ແລະ ອີກຊຸດໜຶ່ງແມ່ນຜູ້ຮັບຢູ່ເທິງຫລັງຄາຂອງອາຄານ. ຜົນລັບຂອງການວັດແມ່ນຈະສະແດງເປັນຮູບພາບກາບຟິກສໍາລັບການທົດລອງການວັດທັງສອງໃນຕອນທ້າຍຂອງເອກະສານນີ້ ແລະ ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າສັນຍານຄວບຄຸມທີ່ດີທີ່ສຸດສໍາລັບທີ່ຕັ້ງຂອງຫລັງຄາ, ຊຶ່ງລວມເຖິງທາງເຂົ້າທີ່ໃກ້ຄຽງ. Parmanec et al., (2024) ໃນບົດຄົ້ນຄວ້າວິໄຈສະບັບນີ້ແມ່ນມີຈຸດປະສົງເພື່ອພັດທະນາສະລະບົບຖານີວັດແທກລະດັບນໍ້າ, ປະລິມານນໍ້າ ແລະ ສະພາບອາກາດ ທີ່ສາມາດບັນທຶກຂໍ້ມູນ ແລະ ອອນລາຍຜ່ານ Web Server ໄດ້ໂດຍສະຖານີສຶກສາແມ່ນຕັ້ງຢູ່ຈຸດຫຼານໍ້າບ້ານແກ້ງໄຄ້, ເມືອງໄຊທານີ, ນະຄອນຫຼວງວຽງຈັນ. ເພື່ອໃຫ້ສາມາດຕິດຕາມຂໍ້ມູນລະດັບນໍ້າຂຶ້ນລົງຂອງແມ່ນໍ້າຖິ້ມ ແລະ ຂໍ້ມູນປະລິມານນໍ້າຝົນເວລາຝົນຕົກ ພ້ອມກັນນັ້ນຍັງສາມາດຕິດຕາມສະພາບອາກາດເພີ່ມເຕີມເຊັ່ນ: ຄວາມໄວ - ທິດທາງລົມ, ອຸນຫະພູມ - ຄວາມຊຸ່ມຂອງອາກາດ ໄດ້ຢ່າງສະດວກສະບາຍ ດ້ວຍການເບິ່ງຜ່ານທາງWebsite . ເຊິ່ງການອອກແບບລະບົບວັດແທກລະດັບນໍ້າຖິ້ມ ແລະ ປະລິມານນໍ້າຝົນນີ້ແມ່ນວັດແທກດ້ວຍເຊັນເຊີ Hydrostatic ສໍາລັບລະດັບນໍ້າ ແລະ Tipping Bucket ສໍາລັບວັດປະລິມານນໍ້າຝົນ. ເປັນສະຖານີວັດແທກຂະໜາດນ້ອຍ, ຕິດຕັ້ງງ່າຍ, ໄດ້ຮັບພະລັງງານຈາກແສງຕາເວັນ ແລະ ມີ Data Logger ເພື່ອບັນທຶກຂໍ້ມູນຂະໜານກັບການບັນທຶກດ້ວຍຖານຂໍ້ມູນຜ່ານລະບົບອອນລາຍ. ໃນຂັ້ນຕອນຂອງການວິໄຈແມ່ນໄດ້ນໍາໃຊ້ຫຼັກການຂອງ Correlation ທີ່ເປັນການຫາຄວາມສໍາພັນລະຫວ່າງ 2 ຕົວປ່ຽນເພື່ອຫາຄວາມຜິດດ່ຽງຂອງເຊັນເຊີກໍຄື ເຊັນເຊີວັດລະດັບນໍ້າ (Hydrostatic) ແລະ ເຊັນເຊີວັດປະລິມານນໍ້າຝົນ (Tipping Bucket). ຜ່ານການຄົ້ນຄວ້າເຫັນວ່າ ສະຖານີວັດແທກ, ລະບົບຖານຂໍ້

ມູນ ສາມາດເຮັດວຽກໄດ້ຢາກຖືກຕ້ອງ ແລະ ມີຄວາມສະຖຽນລະພາບສູງ, ເຊັ່ນເຊີວັດແທກລະດັບນ້ຳມີຄວາມຖືກຕ້ອງສູງ ມີຄ່າຄວາມຜິດດ່ຽງຢູ່ລະຫວ່າງ 0.01 ຫາ 0.36 cm, ມີເບີເຊັນຂອງຄວາມຖືກຕ້ອງແມ່ນ 97.38% ຫາ 98.97% ປຽບທຽບກັບຫຼ້າໃນສະຖານີວັດແທກລະດັບນ້ຳໃນເຂດພື້ນທີ່ໃກ້ຄຽງ. ຄວາມໄວທີ່ໃຊ້ໃນການສົ່ງຂໍ້ມູນຈາກສະຖານີວັດແທກກັບເວັບເຊີບເວີຜ່ານອິນເຕີເນັດ 3G ຈະຢູ່ລະຫວ່າງ 4 ຫາ 6 ວິນາທີ.

ດັ່ງນັ້ນ, ໃນບົດຄົ້ນຄວ້ານີ້ຈຶ່ງໄດ້ດຳເນີນການຕິດຕັ້ງສະຖານີວັດແທກລະດັບນ້ຳ ເຊິ່ງເລືອກເອົາເຕັກນິກການຕິດຕັ້ງສະຖານີວັດແທກລະດັບນ້ຳດ້ວຍ (Parmanee et al., 2024) ແລະ (Saysanasongkham, 2022). ພາກສ່ວນການຕິດຕັ້ງອຸປະກອນສຳຫລັບການສື່ສານກໍເລືອກແບບບໍ່ມີສາຍ LoRa ກໍຄື LoRa Shield 433MHz ນຳມາສຶກສາ ແລະ ທົດສອບເຖິງປະສິດທິພາບເພື່ອປະຍຸກໃຊ້ໃນລະບົບການຕິດຕາມລະດັບນ້ຳຂອງເຂື່ອນ. ເຊິ່ງໃນການຄົ້ນຄວ້າຈຶ່ງມຸ້ງເນັ້ນໃນການສຶກສາປະສິດທິພາບຂອງ LoRa ມາສ້າງເປັນເຄືອຂ່າຍໃນການສື່ສານແບບບໍ່ມີສາຍ ເພື່ອຫາຂໍ້ສະຫຼຸບໃນການແກ້ປັນຫາການສື່ສານໄລຍະໄກໃນເຂດທີ່ມີປ່າ ແລະ ພູສູງ ສຳລັບລະບົບຕິດຕາມລະດັບນ້ຳຂອງເຂື່ອນຂະໜາດນ້ອຍ.

## 2. ເຄື່ອງມືທີ່ໃຊ້ໃນການເກັບຂໍ້ມູນ, ວິທີການເກັບກຳຂໍ້ມູນ ແລະ ການວິເຄາະຂໍ້ມູນ

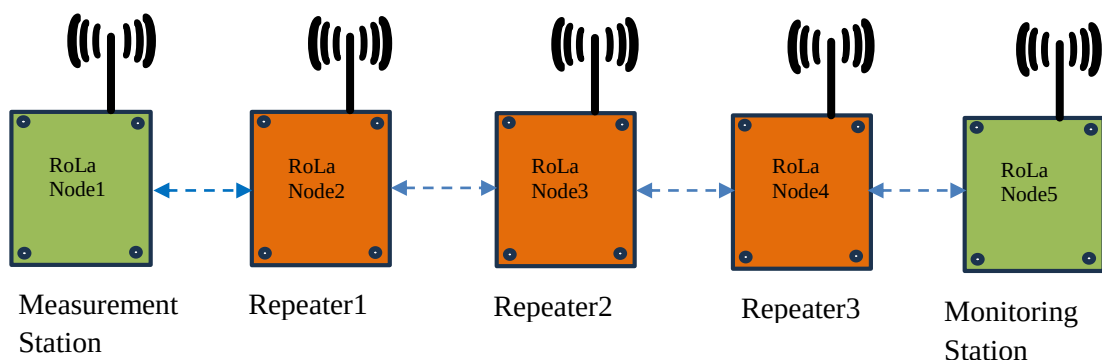
### 2.1 ເຄື່ອງມືທີ່ໃຊ້ໃນການເກັບຂໍ້ມູນ

ສຳຫລັບອຸປະກອນທີ່ໃຊ້ໃນບົດຄົ້ນຄວ້ານີ້ມີດັ່ງນີ້: ໃຊ້ LoRa Shield 1.2 ເປັນຕົວຮັບສົ່ງຂໍ້ມູນແບບບໍ່ມີສາຍ ເຊິ່ງDragino LoRa Shield ຈາກ (Tum-Gis,2019) ເປັນຕົວຮັບສົ່ງຂໍ້ມູນໄລຍະໄກ ບິນປັດໄຈ Arduino shield ແລະ ອີງໃສ່ການໃຊ້ແຫຼ່ງຂໍ້ມູນແບບເປີດ LoRa Shield ຊ່ວຍໃຫ້ຜູ້ໃຊ້ສາມາດສົ່ງຂໍ້ມູນແລະເຂົ້າເຖິງທີ່ໄກໂດຍໃຊ້ຂໍ້ມູນອັດຕາສ່ວນຕໍ່າໃຫ້ສະເປັກຕຳການແຜ່ກະຈາຍໄລຍະໄກພິເສດໃນການສົ່ງຂໍ້ມູນແລະມີການປ້ອງກັນສັນຍານລົບກວນທີ່ສູງແລະນຳໃຊ້ພະລັງງານທີ່ໜ້ອຍ. Arduino UNO R3 ເປັນບ່ອດໄມໂຄຣຄອນໂທຣນເລີ ທີ່ທຳງານພື້ນຖານຂອງ Atmega 328 (Khongsomboon

et al.,2023) ແລະ ໃນບົດນີ້ຈະເຮັດໜ້າທີ່ເປັນຕົວປະມວນຜົນສັນຍານທີ່ໄດ້ຮັບ. ເສົາອາກາດ ຫຼື Antenna ເຮັດໜ້າທີ່ປັບຮູບຮ່າງ ແລະ ລວມຄື້ນວິທະຍຸໃຫ້ສົ່ງໄປຢັງທິດທາງທີ່ຕ້ອງການ ເຮັດໜ້າທີ່ຄືກັບເລັ່ນຂະຫຍາຍ ສຳລັບຄື້ນຄວາມຖີ່ວິທະຍຸ ຫຼື Radio Frequency (RF) ບໍ່ວ່າຈະເປັນ Wi-Fi, ສັນຍານມືຖື, ອຸປະກອນບໍ່ມີສາຍ, ໄປຈົນເຖິງວິທະຍຸສື່ສານຕ່າງໆຕ້ອງໃຊ້ເສົາອາກາດເທິງອຸປະກອນທັງຝັ່ງສົ່ງ ແລະ ຝັ່ງຮັບຄື້ນ. ຈະນຳໃຊ້ Antenna 12dBi ເປັນຕົວອ່ານຄ່າສັນຍານ. ນຳໃຊ້ Hydrostatic sensor ເປັນເຊັນເຊີສຳລັບການກວດວັດລະດັບນ້ຳ. ໂດຍຈະທຳການຕິດຕັ້ງລົງໄປໃນນ້ຳໂດຍກົງໃນຈຸດທີ່ຕ້ອງການວັດແທກ. Computer ເປັນຕົວສະແດງຜົນຢູ່ Arduino Software ສຳຫລັບການຕິດຕາມຄ່າສັນຍານທີ່ໄດ້ຮັບແລ້ວບັນທຶກໄວ້ໃນ Microsoft Excel.

### 2.2 ວິທີການເກັບກຳຂໍ້ມູນ

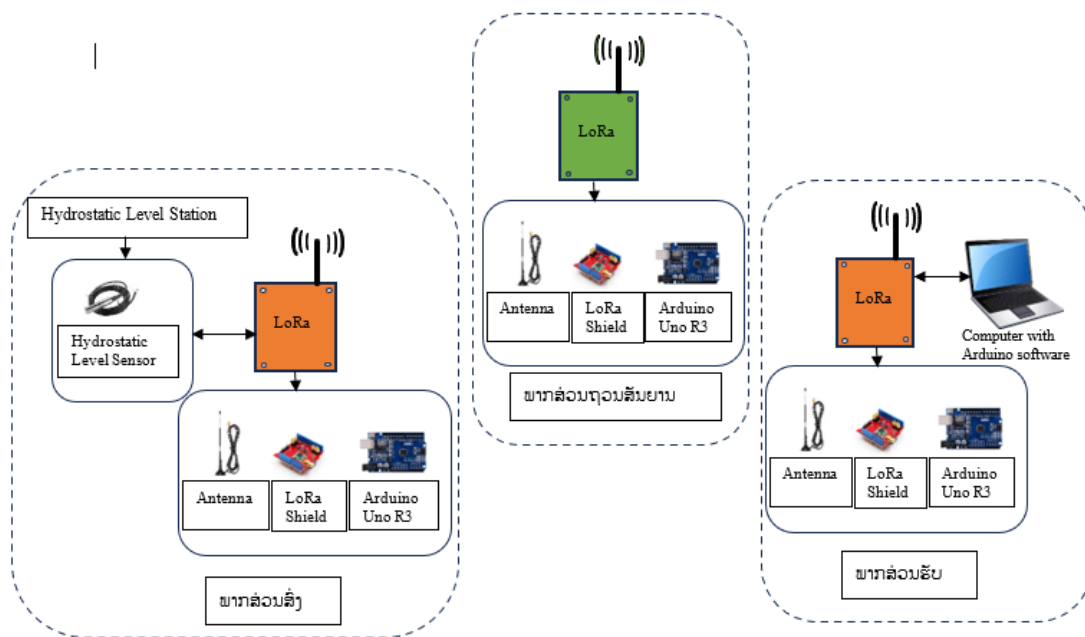
ການອອກແບບການຄົ້ນຄວ້າ ຈະເປັນວິທີການຄົ້ນຄວ້າແບບທົດລອງ (Experimental Study) ເຊິ່ງຈະເປັນການທົດສອບປະສິດທິພາບຂອງການສື່ສານບໍ່ມີສາຍແບບ LoRa ດ້ວຍການວັດແທກຄ່າຄວາມແຮງຂອງສັນຍານ Receive Strength Signal Indicator (RSSI) ເຊິ່ງນຳໃຊ້ຟັງຊັນໃນ Library ທີ່ໃຊ້ສຳລັບ LoRa module ໂດຍຈະສະແດງຄວາມແຮງຂອງສັນຍານ dBm ໃນຂະນະທີ່ໄດ້ຮັບຂໍ້ມູນຈາກພາກສົ່ງ ແລະ ຄວາມໄວໃນການຮັບສົ່ງຂໍ້ມູນ (Time response) ຈາກຕົ້ນທາງຫາຕົວທວນສັນຍານແລ້ວຈຶ່ງໄປຫາປາຍທາງຫຼື ຈາກສະຖານີວັດແທກລະດັບນ້ຳໄປຫາໂຮງເຮືອນການຜະລິດໄຟຟ້າ ໂດຍຈະນຳໃຊ້ໂປແກຣມ Timer ພາຍໃນຂອງບອດໄມໂຄຄອນໂທນເລີ ສຳລັບຈັບເວລາທີ່ໃຊ້ໃນຂະບວນການສົ່ງຂໍ້ມູນ. ພ້ອມທັງວັດແທກການຊົມໃຊ້ພະລັງງານ (Power consumption) ຂອງ LoRa Shield 433MHz ໃນຂະນະສົ່ງຂໍ້ມູນ, ທວນສັນຍານ ແລະ ຮັບຂໍ້ມູນ. ພ້ອມທັງທົດສອບການສື່ສານໃນສະຖານທີ່ໄລ່ງ ຫລື ບໍ່ມີສິ່ງກົດຂວາງ. ຫລັງຈາກໄດ້ຮັບຜົນການທົດສອບມາແລ້ວກໍຈະນຳມາວິເຄາະເຖິງປະສິດທິພາບຂອງເຕັກໂນໂລຊີ LoRa.



## ຮູບພາບທີ 1 ຮູບແບບການທົດລອງ

ໃນບົດຄົ້ນຄວ້ານີ້, ເບື້ອງຕົ້ນຈະທຳການທົດສອບການສື່ສານລະຫວ່າງ Node ຕໍ່ Node ຢູ່ສະຖານທີ່ໂລ່ງກ່ອນຈະໄປທົດສອບຢູ່ເຂື່ອນຈິງ ເພື່ອທົດສອບໄລຍະທາງຂອງການສື່ສານໄດ້ໄກທີ່ສຸດຂອງອຸປະກອນດັ່ງກ່າວ. ຫຼັງຈາກນັ້ນໄດ້ກຳນົດເອົາສະຖານທີ່ທົດສອບຢູ່ເຂື່ອນໄຟຟ້ານ້ຳມັງ III ເຊິ່ງຕັ້ງຢູ່ ເຂດປ່າສະຫງວນແຫ່ງຊາດ ພູເຂົາຄວາຍ ເມືອງ ທຸລະຄົມ, ແຂວງວຽງຈັນ. ເຊິ່ງລັກສະນະພູມສັນຖານຢູ່ຂົງເຂດດັ່ງກ່າວປ່າຕິບ ແລະ ພູສູງ. ພ້ອມດຽວກັນນັ້ນສະຖານີວັດແທກ

ລະດັບນ້ຳຢູ່ທ້າຍເຂື່ອນກັນນ້ຳລື້ນກໍ່ໄກຈາກໂຮງເຮືອນການຜະລິດປະມານ 3,7 Km ອີງຕາມໄລຍະແລວການຝັງທີ່ສິ່ງນ້ຳຕາມສັນພູ ແລະ ຢູ່ຈຸດນັ້ນກໍ່ບໍ່ມີສັນຍານໂທລະສັບ ຫຼື ສັນຍານອື່ນເຕີເນັດ. ສະນັ້ນໃນການອອກແບບບົດຄົ້ນຄວ້ານີ້ຈະນຳໃຊ້ LoRa ທັງຫມົດ 5 ຕົວ ກໍ່ຄືຈະຢູ່ສະຖານີວັດແທກລະດັບນ້ຳ 1 ຕົວ, ຢູ່ຕາມແລວທີ່ສິ່ງນ້ຳ 3 ຕົວ ແລະ ອີກ 1 ຕົວ ຢູ່ໂຮງເຮືອນຜະລິດ. ດ້ວຍສະພາບແວດລ້ອມດັ່ງກ່າວຈຶ່ງເຮັດທົດລອງການສື່ສານດ້ວຍການສົ່ງຮັບຂໍ້ມູນຕິດຕາມຄ່າລະດັບນ້ຳຢູ່ໃນເຂື່ອນດ້ວຍ LoRa .



ຮູບພາບທີ 2 ພາບລວມຂອງລະບົບ

ສຳຫລັບການອອກແບບລະບົບແມ່ນແບ່ງອອກເປັນພາກສ່ວນດັ່ງນີ້:

- ພາກສ່ວນສົ່ງຈະປະກອບດ້ວຍ LoRa shield 1.2, Hydrostatic Level Sensor, Antenna 12 dBi ແລະ Arduino Uno R3
- ພາກສ່ວນຖວນສັນຍານປະກອບດ້ວຍ LoRa Shield 1.2, Antenna 12 dBi ແລະ Arduino Uno R3
- ພາກສ່ວນຮັບ: LoRa Shield 1.2, Antenna 12 dBi , Arduino Uno R3 ແລະ Computer.

### 2.3 ການວິເຄາະຂໍ້ມູນ

ສຳລັບການວິເຄາະຄວາມແຮງຂອງສັນຍານແມ່ນນຳໃຊ້ເຄື່ອງມື RSSI ເຊິ່ງຈະທຳການວັດແທກກຳລັງຂອງໂມດູນຕົວຮັບ

ສັນຍານວິທະຍຸ ແລ້ວ ລາຍງານຜົນໃນຮູບແບບຂອງເສັ້ນສະແດງ, ສຳລັບການວັດແທກເວລາໃນການສື່ສານຂໍ້ມູນໂດຍການຈັບເວລາຂອງການຕອບຮັບຂໍ້ມູນທີ່ສົ່ງອອກໄປແລ້ວສົ່ງກັບມາຄືນ ການຈັບເວລາຈະນຳໃຊ້ Timer ພາຍໃນຂອງໄມໂຄຄອນໂທນເລີມາຊ່ວຍໃນການຈັບເວລາຈະນຳໃຊ້ໄປແກຣມ Arduino IDE. ຜົນຈາກການສື່ສານຂໍ້ມູນໃນສະພາບແວດລ້ອມທີ່ຕ່າງກັນເປັນຕົ້ນແມ່ນ ສະຖານທີ່ໂລ່ງ ແລະ ຢູ່ເຂື່ອນນ້ຳມັງ III ແມ່ນຈະພິຈາລະນາເອົາຄ່າສະເລ່ຍ ຂອງການສົ່ງຂໍ້ມູນສຳເລັດຜົນໃນການຮັບ-ສົ່ງຂໍ້ມູນ ເປັນຕົວຊີ້ວັດ. ເພື່ອເປັນການຢັ້ງຢືນຄວາມຖືກຕ້ອງຂອງຄ່າຄວາມແຮງ ແລະ ຄວາມໄວຂອງສັນຍານທີ່ໄດ້ຮັບມານັ້ນເປັນຄ່າຈິງ ເຮົາຈະໄດ້ທຳການທົດສອບລະບົບຫຼາຍຄ່າໃນໄລຍະດຽວກັນໂດຍຈະໃຊ້ການວິພາກຜົນດ້ວຍວິທີ Standard Static Deviation ( SSD ) ຜົນທີ່ໄດ້ຮັບຈະຕ້ອງມີຄ່າຄາດເຄື່ອນທີ່ບໍ່ເກີນຄ່າກາງ  $\pm 10\%$ . ສ່ວນການວັດແທກການຊົມໃຊ້ພະລັງງານຈະນຳໃຊ້

Oscilloscope ເປັນຕົວສະແດງຜົນອອກມາດ້ວຍເສັ້ນສະແດງແລ້ວຈະເອົາຄ່າທີ່ໄດ້ນັ້ນມາສະເລ່ຍກັນໃນການສົ່ງຮັບຂໍ້ມູນ 1 ຄັ້ງ.

### 3. ຜົນໄດ້ຮັບ

ຈາກການທົດສອບລະບົບການສື່ສານແບບບໍ່ມີສາຍ LoRa Node ຢູ່ສະຖານທີ່ໂລ່ງເຫັນວ່າ LoRa ລະຫວ່າງຕົວສົ່ງ ແລະ ຕົວຮັບສາມາດສື່ສານກັນໄດ້ໄກເຖິງ 2041m ດັ່ງສະແດງໃນຮູບພາບທີ 3 . ຈາກຄ່າດັ່ງກ່າວ ສາມາດທຳການອອກແບບການສື່ສານໃນການຕິດຕາມລະດັບນ້ຳໃນເຂື່ອນໄດ້ ໂດຍການກຳນົດໄລຍະຫ່າງລະຫວ່າງຕົວສົ່ງ ແລະ ຕົວຮັບວາງໃນຕຳແໜ່ງທີ່ບໍ່ເກີນຄ່າຢູ່ຈຸດນີ້ໃນກໍລະນີທີ່ບໍ່ມີສິ່ງກົດຂວາງ. ແຕ່ແນວໃດກໍຕາມໃນການຕິດຕັ້ງຕົວຖວນສັນຍານແມ່ນອີງຕາມສະພາບແວດລ້ອມອ້ອມຂ້າງເປັນຕົ້ນແມ່ນປາຕິບຕ່າງໆນັ້ນຈະເຮັດໃຫ້ໄລຍະນັ້ນສັ້ນລົງ ດັ່ງສະແດງໃນຮູບພາບທີ 4 ແລະ ໃນການຕິດຕັ້ງຕົວຈິງເຮົາຈະໄດ້ທຳການວິເຄາະ, ເຄື່ອນຍ້າຍຕຳແໜ່ງໄປຕາມສະພາບແວດລ້ອມນັ້ນ. ເຫັນວ່າສາມາດສື່ສານກັນໄດ້ ເຊິ່ງການຕິດຕາມລະດັບນ້ຳທີ່ວັດແທກດ້ວຍ Hydrostatic Level Sensor ແມ່ນມີຄ່າ 750.90 masl ທຽບກັບລະດັບຫນ້ານ້ຳທະເລ ມີຄ່າຫຼຸດລົ້ນກັນ 0.01masl ສົມທຽບກັບຫລາຍໆຄັ້ງທີ່ຢູ່ທ້າຍເຂື່ອນຄື 750.91 masl . ໃນຮູບພາບທີ 6 ໄດ້ສະແດງໃຫ້ເຫັນເຖິງຄວາມແຮງຂອງສັນຍານໃນການສົ່ງຂໍ້ມູນລະດັບນ້ຳຈາກທ້າຍເຂື່ອນໄປຫາໂຮງເຮືອນການຜະລິດ ຄວາມແຮງດັ່ງກ່າວນັ້ນໃນການທົດສອບຢູ່ລະຫວ່າງ -105 dBm ເຖິງ -110 dBm. ສ່ວນການສື່ສານໃນສະພາບແວດລ້ອມຮອບຂອງເຂື່ອນທີ່ມີຕົ້ນໄມ້, ປ່າຕົບ ແລະ ມີພູສູງເປັນຕົວກົດກັ້ນສັນຍານດັ່ງກ່າວຈະເຫັນວ່າຄວາມໄວໃນການຕອບສະໜອງ ຫຼື ວ່າຄວາມໄວໃນການຮັບສົ່ງຂໍ້ມູນແມ່ນມີຄ່າຄົງທີ່ ກໍຄື 5176 ms ຫຼື 5,176 s ຕໍ່ການຮັບຂໍ້ມູນ 1 ຄັ້ງ . ຜົນຈາກການວັດແທກການຊົມໃຊ້ພະລັງງານຂອງ LoRa Shield ສະແດງໃນຮູບພາບທີ 8 ຢູ່ໃນ 3 ສະພາວະເຫັນວ່າໃນຂະນະສົ່ງຂໍ້ມູນຈະໃຊ້ພະລັງງານ 645 mJ ຫຼື ໃຊ້ກະແສໄຟຟ້າເທົ່າກັບ 10mA , ຂະນະຖວນສັນຍານ 578 mJ ຫຼື ໃຊ້ກະແສໄຟຟ້າ 9mA ແລະ ໃນຂະນະຮັບຂໍ້ມູນໃຊ້ກະແສ 8mA ຫຼື ໃຊ້ພະລັງງານ 570 mJ ແຕ່ເມື່ອພິຈາລະນາໂດຍລວມແລ້ວກໍຈະເຫັນວ່າ LoRa Shield ເປັນອຸປະກອນທີ່ຊົມໃຊ້ພະລັງງານຕໍ່າ.

### 4. ວິພາກຜົນ

ຜົນທີ່ໄດ້ຮັບຈາກການທົດລອງວັດແທກລະດັບນ້ຳຢູ່ທ້າຍເຂື່ອນນ້ຳມັງ III ດ້ວຍເຕັກນິກວິທີການຕິດຕັ້ງສະຖານີວັດແທກລະດັບນ້ຳຈາກບົດຄົ້ນຄວ້າຂອງ (Parmanee et al., 2024) ແລະ (Saysanasongkham, 2022) ເຫັນໄດ້ວ່າຄວາມຖືກຕ້ອງຂອງຂໍ້ມູນຈາກ Hydrostatic level Sensor ທຽບກັບຫລາຍໆຄັ້ງທີ່ມີຢູ່ໃນທ້າຍເຂື່ອນມີຄ່າຜິດພາດພຽງແຕ່ 0.001% ສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າລະບົບຕິດຕາມລະດັບນ້ຳທີ່ໄດ້ຕິດຕັ້ງຕົວຈິງມານັ້ນມີປະສິດທິພາບ. ໃນການທົດສອບການສື່ສານຄວາມແຮງຂອງສັນຍານທີ່ເຮັດໜ້າທີ່ສົ່ງຮັບຂໍ້ມູນ

ລະດັບນ້ຳນັ້ນ ຈາກການທົດສອບໃນແຕ່ລະຊ່ວງໄລຍະ ຫຼື ໃນແຕ່ລະຈຸດເຮົາເຫັນວ່າໃນການຮັບສົ່ງຂໍ້ມູນທຸກໆຄ່າແມ່ນໃກ້ຄຽງກັນ ບໍ່ໄດ້ຄາດເຄື່ອນກັນຫລາຍ. ສະນັ້ນຄ່າທີ່ໄດ້ມານັ້ນມີຄວາມໜ້າເຊື່ອຖືໄດ້ດ້ວຍການເບິ່ງການກະຈາຍຂອງສັນຍານ ຕາມວິທີການວິພາກຜົນດ້ວຍ SSD ທີ່ໄດ້ກ່າວມາໃນການວິເຄາະຜົນຂ້າງເທິງນັ້ນ. ການສົ່ງສັນຍານດ້ວຍຄວາມແຮງລະຫວ່າງ -110 dBm ຫາ -105 dBm ເຮົາເຫັນວ່າຄ່າຂອງຂໍ້ມູນນັ້ນບໍ່ໄດ້ກະແຈກກະຈາຍກັນຫລາຍ ເພື່ອເປັນການຢັ້ງຢືນວ່າຄ່າທີ່ໄດ້ຮັບມານັ້ນເປັນຄ່າຈິງ ເຮົາຈະໄດ້ໃຊ້ການທົດສອບ ແລະ ການຕິດຕາມຄ່າຈຳນວນຫຼາຍໆຄ່າຫຼາຍໆຄັ້ງໃນໄລຍະດຽວກັນໂດຍໃຊ້ທົດສະດີ SSD ເປັນຕົວຊ່ວຍໃນການວິເຄາະ ນັ້ນເຫັນວ່າຄ່າຂອງຂໍ້ມູນບໍ່ໄດ້ກະແຈກກະຈາຍກັນຫລາຍເຊິ່ງມີຄ່າຜິດດ່ຽງພຽງແຕ່ 2.33% ຄ່າສະເລ່ຍທີ່ໄດ້ນັ້ນເທົ່າກັບ 108.08 dBm. ໃນການຕິດຕາມຈິງເອົາຄ່າສະເລ່ຍນີ້ມາເປັນຕົວທຽບກັບຄ່າຄວາມແຮງທີ່ໄດ້ມາໃນແຕ່ລະຄັ້ງສັງເກດເຫັນວ່າບໍ່ຜິດດ່ຽງກັນຫລາຍ ສະນັ້ນຄ່າທີ່ໄດ້ມາຈະເປັນຄ່າຈິງ ແລະ ເຊື່ອຖືໄດ້. ໃນການປຽບທຽບກັບການຈັດປະເພດຂອງສັນຍານແມ່ນຈະເອົາຄ່າສະເລ່ຍຂອງສັນຍານທີ່ໄດ້ມານັ້ນປຽບທຽບກັບເກນຂອງການຈັດປະເພດ ອີງຕາມຂໍ້ມູນບົດວິທະຍານິພົນຂອງ (Meksavanh, 2022) ແລະ ບົດຄົ້ນຄວ້າ Aburas & Al-Mashouq, (2011) ຄວາມແຮງຂອງສັນຍານທີ່ຕັ້ງແຕ່  $> -55$  dBm ຂຶ້ນໄປເຊິ່ງຈະຈັດຢູ່ລະດັບສັນຍານດີເລີດ, ສັນຍານກາງຄວາມແຮງຈະຢູ່ລະຫວ່າງ  $-85$  dBm ເຖິງ  $-75$  dBm ແລະ ສັນຍານອ່ອນແມ່ນຈະເລີ່ມຕັ້ງແຕ່  $< -95$  dBm ລົງມາ ແລະ ຈາກບົດຄົ້ນຄວ້າທີ່ກ່ຽວຂ້ອງທີ່ໄດ້ຄົ້ນຄວ້າຜ່ານມາໃນການທົດສອບຄວາມແຮງຂອງເຄືອຂ່າຍ LoRa ສຳຫລັບການປະຍຸກໃຊ້ໃນລະບົບບໍລິຫານຈັດການພະລັງງານໃນຊຸມຊົນ (Inthasuth & Sureeya, 2020), ການທົດສອບລະບົບດັ່ງກ່າວ LoRa ມີສັນຍານຄວບຄຸມໃນພື້ນທີ່ທົດຂອງການທົດສອບສູງສຸດເຖິງ 573 m ດ້ວຍຄ່າ RSSI ຫຼື ຄວາມແຮງຂອງສັນຍານເທົ່າກັບ  $-95.1$  dBm ແລະ ມີອັດຕາການສົ່ງຂໍ້ມູນສຳເລັດ. ສະນັ້ນ, ເມື່ອເຮົາຈັດປະເພດໃຫ້ລະບົບເຄືອຂ່າຍຂອງສັນຍານແລ້ວຈະເຫັນວ່າ ຢູ່ໃນລະດັບສັນຍານອ່ອນ ເຖິງແມ່ນວ່າຄ່າສັນຍານຂອງຄວາມແຮງຈະຖືກຈັດຢູ່ໃນລະດັບອ່ອນກໍຕາມແຕ່ຫາກວ່າຂໍ້ມູນທີ່ສົ່ງມາຈາກຕົ້ນທາງນັ້ນຍັງສາມາດຮັບສົ່ງຂໍ້ມູນໄດ້ປົກກະຕິ ແລະ ຄວາມແຮງລະດັບນີ້ຍັງຢູ່ໃນລະດັບທີ່ສາມາດໃຊ້ໃນການສື່ສານໄດ້ ສ່ວນຄ່າຄາດເຄື່ອນຂອງສັນຍານຄວາມແຮງໃນການຮັບສົ່ງສັນຍານລະດັບນ້ຳນັ້ນບໍ່ມີຄ່າຜິດພາດເມື່ອປຽບທຽບຂໍ້ມູນລະຫວ່າງຕົ້ນທາງຫາປາຍທາງ. ສະນັ້ນເມື່ອເຮົາໃຊ້ໃນວຽກງານຕົວຈິງຄ່າທີ່ໄດ້ມາ ສາມາດນຳໃຊ້ໃນການເຮັດວຽກການຕິດຕາມລະດັບນ້ຳຫນ້າເຂື່ອນໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ. ການສົ່ງຂໍ້ມູນດ້ວຍ LoRa ທີ່ໄດ້ສ້າງຂຶ້ນມານີ້ສາມາດສົ່ງຂໍ້ມູນໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບ ເຖິງວ່າສັນຍານຂອງຄວາມແຮງຈະຖືກຈັດຢູ່ໃນລະດັບອ່ອນກໍຕາມແຕ່ຄວາມໄວຂອງສັນຍານໃນການສື່ສານປາກົດວ່າຄວາມໄວນັ້ນມີຄ່າຄົງທີ່ ນັ້ນສະແດງ



ໃຫ້ເຫັນວ່າລະບົບການສື່ສານທີ່ເຮັດຂຶ້ນມານັ້ນມີຄວາມສະຖຽນ. ສ່ວນການຊົມໃຊ້ພະລັງງານໃນການສົ່ງຮັບຂໍ້ມູນຕໍ່ຄັ້ງຈະເຫັນວ່າໃຊ້ພະລັງງານທີ່ຕໍ່າຫລາຍ ກໍຄືໃນການສົ່ງ, ທວນສັນຍານ ແລະ ຮັບສັນຍານໃຊ້ພະລັງງານພຽງແຕ່ 1,793J ດ້ວຍກຳລັງຊົມໃຊ້ດັ່ງກ່າວ ເຮົາສາມາດນຳໃຊ້ລະບົບ Solar Cell ເຂົ້າມາຊ່ວຍເພື່ອໃຫ້ມີແຫຼ່ງສຳຮອງໃນການຈ່າຍໄຟໃຫ້ແກ່ລະບົບເຮົາໄດ້ໃນກໍລະນີທີ່ເກີດການຂັດຂ້ອງທາງໄຟຟ້າ ຫຼື ໃນກໍລະນີບໍ່ມີໄຟຟ້າ. ດັ່ງນັ້ນລະບົບນີ້ຈຶ່ງເຫມາະສົມທີ່ຈະໃຊ້ໃນປ່າ ແລະ ພູສູງ ໂດຍໄລຍະທາງນັ້ນແມ່ນຈະຕ້ອງໄດ້ອີງຕາມຄວາມສາມາດໃນການສົ່ງຂໍ້ມູນຂອງຕົວ LoRa Node ແຕ່ລະ Node ການຈັດຕຳແໜ່ງໃຫ້ເຫມາະສົມແມ່ນອີງຕາມສະພາບແວດລ້ອມນັ້ນ.

## 5. ສະຫຼຸບ

ຈາກການຄົ້ນຄວ້າ ແລະ ທົດສອບລະບົບມານັ້ນ ເຫັນວ່າ ການສ້າງລະບົບເຄືອຂ່າຍການສື່ສານແບບບໍ່ມີສາຍຂຶ້ນມາເພື່ອຕິດຕາມລະດັບນ້ຳຂອງເຂື່ອນຂະໜາດນ້ອຍທີ່ມີສະພາບແວດລ້ອມອ້ອມຂ້າງເປັນປ່າ ແລະ ພູສູງນີ້ສາມາດໃຊ້ງານໄດ້ ແລະ ຈາກຂໍ້ມູນລະດັບນ້ຳທີ່ໄດ້ດຳເນີນການຕິດຕັ້ງສະຖານີວັດແທກລະດັບນ້ຳດ້ວຍ Hydrostatic level Sensor ເຫັນວ່າຂໍ້ມູນທີ່ໄດ້ຮັບມີຄວາມຖືກຕ້ອງ ພ້ອມກັບຄວາມແຮງຂອງການຮັບສົ່ງຂໍ້ມູນແມ່ນຈັດຢູ່ໃນເກນຂອງການສື່ສານ ແລະ ຄວາມໄວຂອງການສື່ສານທີ່ບໍ່ປ່ຽນແປງນັ້ນສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ LoRa ທີ່ນຳມາປະຍຸກໃຊ້ໃນການທົດສອບນັ້ນມີປະສິດທິພາບ ແລະ ເປັນອຸປະກອນທີ່ໃຊ້ພະລັງງານທີ່ຕໍ່າອີກດ້ວຍ. ດັ່ງນັ້ນ, ເຕັກໂນໂລຊີ LoRa ລະບົບທີ່ສ້າງຂຶ້ນມານັ້ນສາມາດຊ່ວຍໃນການຕິດຕາມລະດັບນ້ຳໄດ້ງ່າຍຂຶ້ນ ແລະ ກໍເປັນອຸປະກອນສື່ສານບໍ່ມີສາຍທີ່ສາມາດສົ່ງຂໍ້ມູນໄດ້ໄກ, ສາມາດປະຍຸກໃຊ້ໃນຂົງເຂດວຽກງານຄວບຄຸມເຂື່ອນໄຟຟ້າຂະໜາດນ້ອຍໄດ້.

## 6. ຂໍ້ຂັດແຍ່ງ

ຂ້າພະເຈົ້າໃນນາມຜູ້ຄົນຄວ້າວິທະຍາສາດ ຂໍປະຕິຍານຕີນວ່າຂໍ້ມູນທັງໝົດທີ່ມີໃນບົດຄວາມວິຊາການດັ່ງກ່າວນີ້ ແມ່ນບໍ່ມີຂໍ້ຂັດແຍ່ງທາງຜົນປະໂຫຍດກັບພາກສ່ວນໃດ ແລະ ບໍ່ໄດ້ເອື້ອປະໂຫຍດໃຫ້ກັບພາກສ່ວນໃດພາກສ່ວນໜຶ່ງ, ກໍລະນີມີການລະເມີດ ໃນຮູບການໃດໜຶ່ງຂ້າພະເຈົ້າມີຄວາມຍິນດີ ທີ່ຈະຮັບຜິດຊອບແຕ່ພຽງຜູ້ດຽວ.

## 7. ເອກະສານອ້າງອີງ

ຖານຂໍ້ມູນສະຖິຕິແຫ່ງຊາດ.(2022). *ສະຖິຕິການຜະລິດໄຟຟ້າໃນປະເທດລາວປີ 2022* ເອົາມາ <https://laosis.lsb.gov.la/> ລັດວິສາຫະກິດໄຟຟ້າລາວ. (2024). *ຂໍ້ມູນພື້ນຖານຂອງເຂື່ອນຂະໜາດນ້ອຍທີ່ລັດວິສາຫະກິດໄຟຟ້າລາວຄຸ້ມຄອງ*, ລັດວິສາຫະກິດໄຟຟ້າລາວ

ອົງການສະຫະປະຊາຊາດປະຈຳ ສປປລ ກະຊວງການຕ່າງປະເທດ.

(2023). *ເປົ້າໝາຍການພັດທະນາແບບຍືນຍົງ*. ເອົາມາ <http://ews.dwr.go.th/ews/>

- Aburas, A., and Al-Mashouq, K. (2011). QMeter Tools for Quality Measurement in Telecommunication Network. *International Journal of Distributed and Parallel systems* 2(4).
- Devalal, S., & Karthikeyan, A. (2018). LoRa Technology - An Overview. *2018 Second International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, 284-290.
- Gregora, L., Vojtech, L., & Neruda, M. (2016). Indoor signal propagation of LoRa technology. *2016 17th International Conference on Mechatronics - Mechatronika (ME)*, 1-4.
- Inthasuth, T., & Sureeya, K. (2020). Performance Testing between ZigBee, LoRa and IEEE1888 Networks in Community Energy Management System. *TNI Journal of Engineering and Technology*, July–December. <https://www.researchgate.net/publication/347914067>.
- Khongsomboon, K., Sengthippani, T., Didtaphong, X., Phanthongsy, P., Panyanouvong, N., Insankeovilay, S., Phommassoulouin, S., & Sisaat, K. (2023). The Development of a Fire Alarm System which can Identify the Location of the Incident on Google maps through the 4G Internet Network: *Souphanouvong University Journal Multidisciplinary Research and Development*, 9(1), 191–200. <https://doi.org/10.69692/SUJMRD0901188>. Retrieved from <http://www.su-journal.com/index.php/su/article/view/341>
- Khamdalavong, L. (2019). *Study the Efficiency of Wireless Media Module for Electric Device Control Via Bluetooth, WiFi and Zigbee*. NUOL. Vientiane: NUOL.
- Meksavanh, S. (2022). *Study the efficiency of LoRa shield 433MHz to be a wireless communication media for wireless traffic control system*. [Unpublished master's dissertation]. National University of Lao.
- Petäjäjärvi, J., Mikhaylov, K., Pettissalo, M., Janhunen, J., & Iinatti, J.H. (2017). Performance of a low-power wide-area network based on LoRa technology: Doppler robustness, scalability, and coverage. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 13. doi:10.1177/1550147717699412
- Parmanee, T., Khongsomboun, K., Thongphanh, P., Dittaphong, X., and Outhailutsadee, A. (2024). The station system measures the water level and amount of rain that can save the data and online through Web Server. *Souphanouvong University*

*Journal Multidisciplinary Research and Development*, 10(3), 192–201. Retrieved from <http://www.su-journal.com/index.php/su/article/view/556>.

Saysanasongkham, H. (2022). *The water level measurement system using hydrostatic level sensor via Internet 3G module*. [Unpublished master's dissertation]. National University of Lao.

Sarawut, T. (2023). Smart Soil Quality measurement and weather station system for sugarcane fields using LoRaWAN network. *ECTI Transaction on Application Research and Development*, 21-28.

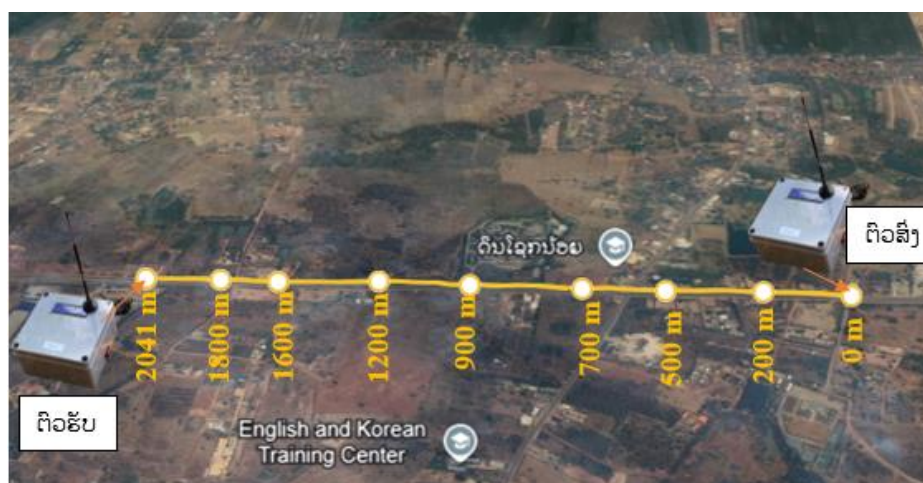
Tum-Gis. (2019). *sensor-nodes/dragino\_lora\_arduino*

*\_shield/README.rst at master · tum-gis/sensor-nodes*. GitHub. [https://github.com/tum-gis/sensor-nodes/blob/master/dragino\\_lora\\_arduino\\_shield/README.rst](https://github.com/tum-gis/sensor-nodes/blob/master/dragino_lora_arduino_shield/README.rst).

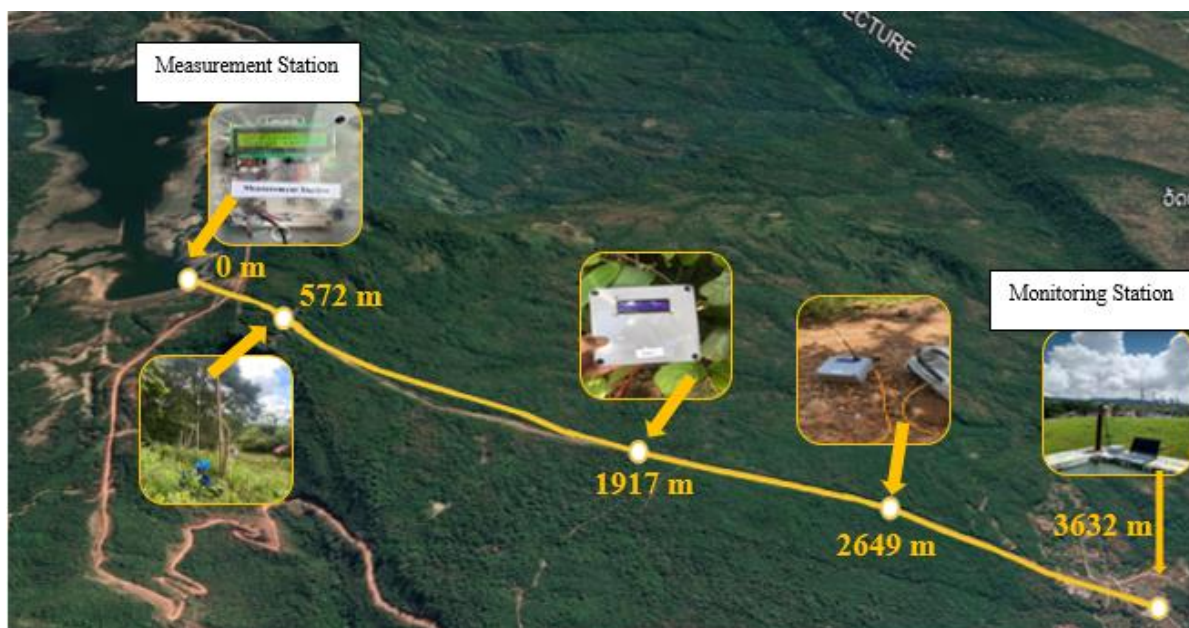
Wikipedia contributors. (2024). *LoRa*.

Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/LoRa>.

Zourmand, A., Hing, A.L.K., Wai Hung, C., & AbdulRehman, M. (2019, September). "Internet of Things (IoT) using LoRa technology," *2019 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*, Selangor, Malaysia, 2019, pp. 324-330, doi: 10.1109/I2CACIS.2019.8825008.

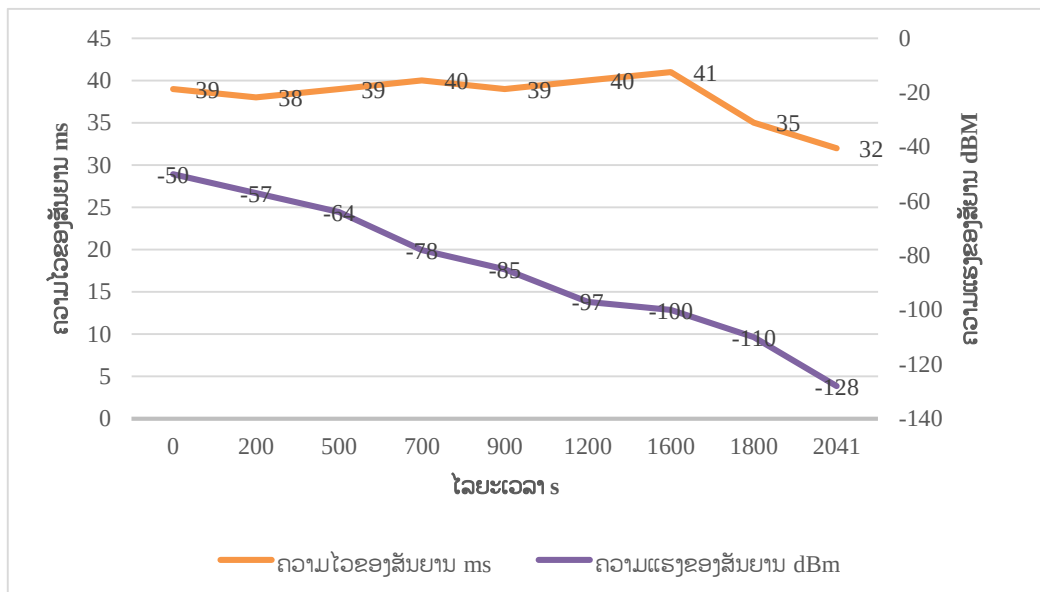


ຮູບພາບທີ 3: ການທົດສອບລະບົບຢູ່ສະຖານທີ່ເປີດໄລ່ງ

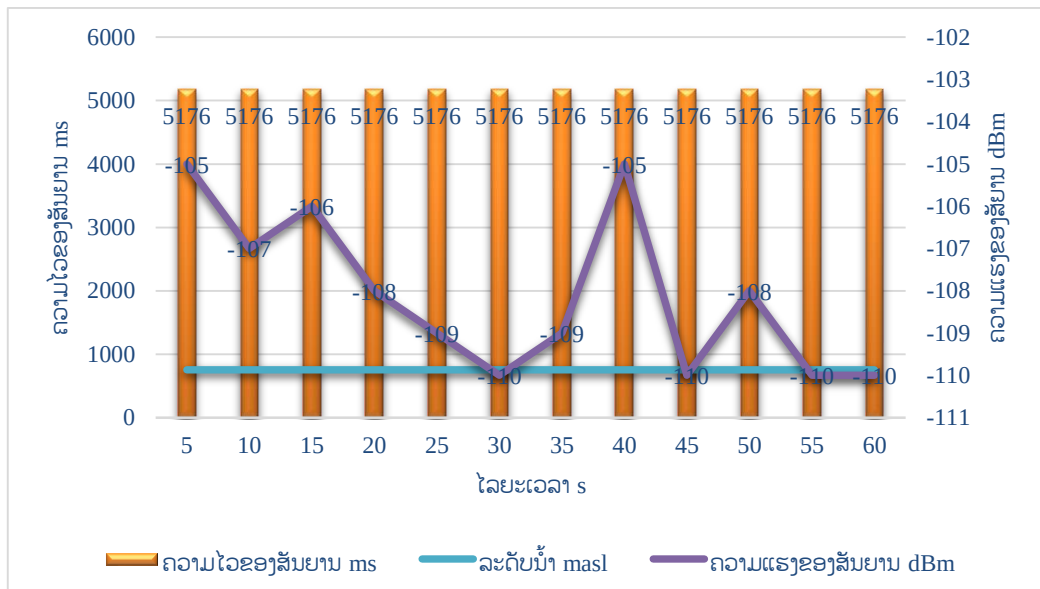


ຮູບພາບທີ 4: ສະຖານທີ່ທົດສອບລະບົບຢູ່ເຂື່ອນນ້ຳມັງ III

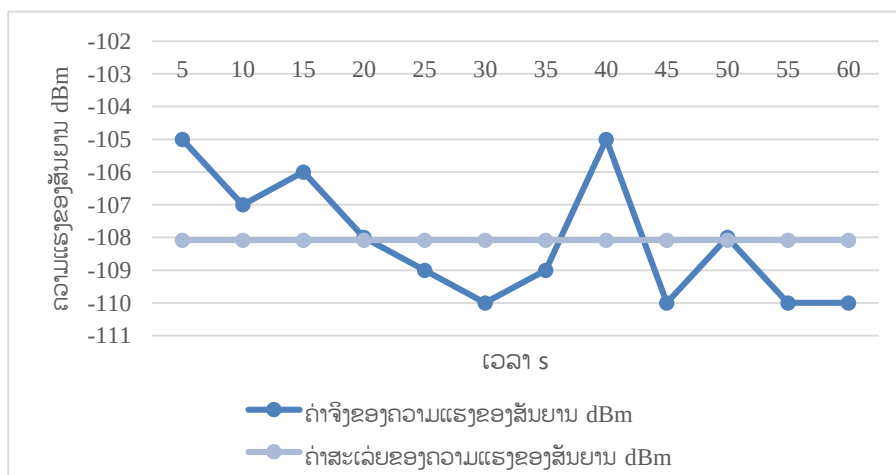




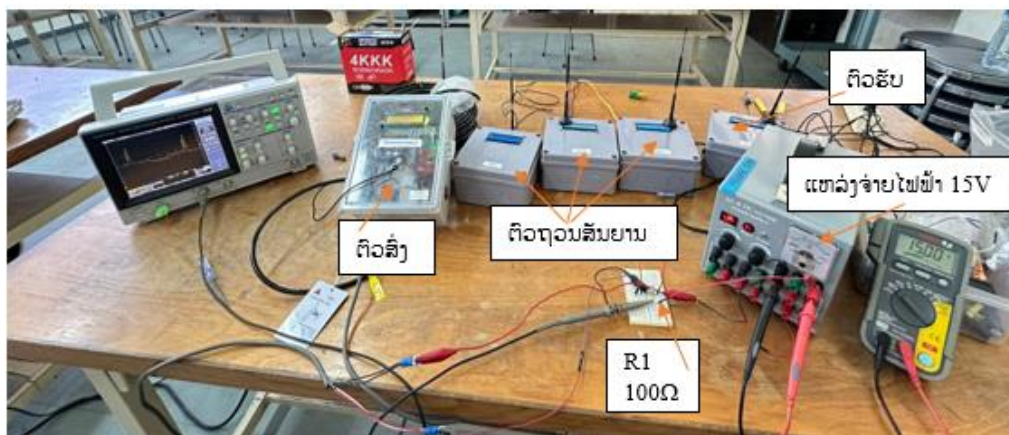
ຮູບພາບທີ 5: ເສັ້ນສະແດງຄ່າສະເລ່ຍຄວາມແຮງຂອງສັນຍານ dBm ແລະ ຄວາມໄວຂອງສັນຍານ ms ໃນພື້ນທີ່ເປີດໂລ່ງ



ຮູບພາບທີ 6: ເສັ້ນສະແດງຄ່າຄວາມແຮງຂອງສັນຍານ dBm ແລະ ຄວາມໄວຂອງສັນຍານໃນການຕິດຕາມຄ່າລະດັບນ້ຳໃນເຂື່ອນນ້ຳມັງ III .



ຮູບພາບທີ 7: ເສັ້ນສະແດງຄ່າຄາດເຄື່ອນຂອງຄວາມແຮງຂອງສັນຍານໃນການຕິດຕາມຄ່າລະດັບນ້ຳໃນເຂື່ອນນ້ຳມັງ III .



ຮູບພາບທີ 8: ການວັດແທກພະລັງງານທີ່ຊົມໃຊ້ໃນຂະນະເປັນຕົວສົ່ງ , ຕົວຖວນສັນຍານ ແລະ ຕົວຮັບ.