



An IoT-Based System for Controlling and Monitoring Air Conditioning Energy Consumption in Building

Souyaket CHEUSOKXAY¹, Khamphong KHONGSOMBOON², Xaysamone DITTAPHONG³, Phutsavanh THONGPHANH⁴, Souksamai INSANKEOVILAY⁵ and Tick SENGTHIPPHANY⁶

¹⁻⁶Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering,
National University of Laos.

Abstract

¹**Correspondence:** Souyaket CHEUSOKXAY, Department of Electronics and Telecommunication Engineering, Faculty of Engineering, National University of Laos. Email: souyaketcheusokxay77@gmail.com

Article Info:
Submitted: April 25, 2026
Revised: June 07, 2026
Accepted: June 26, 2026

Currently, electricity management within office buildings and educational institutions frequently faces energy inefficiency in air conditioning systems due to the lack of effective monitoring and control mechanisms. This paper presents the design and development of an air conditioner control and energy monitoring system integrated with Internet of Things (IoT) technology. The primary objective is to enhance energy management efficiency and monitor electrical behavior in real-time via a smartphone application. The system utilizes the ESP32 microcontroller board by Espressif Systems as the central controller, operating in conjunction with a Peace fair Electronic PZEM-004T sensor for electrical measurement, an AOSONG Electronics DHT22 sensor for environmental monitoring, and a 38 kHz infrared (IR) transmitter to deliver control commands to the air conditioner without modifying its legacy hardware structure. Additionally, MATLAB software was implemented to analyze the 24-hour load profile and energy consumption patterns. The experimental results indicated that the system achieved a 100% command execution accuracy via smartphone with an average response latency of only 1.5 seconds. Based on the statistical error analysis compared against a calibrated laboratory instrument, the proposed IoT system demonstrated high fidelity, exhibiting a percentage error of merely 0.31% for voltage and 0.76% for real power, which is well within acceptable engineering tolerances. Furthermore, when implementing the smart scheduling feature to automatically turn off the air conditioner during lunch breaks and non-working hours, the system successfully optimized power distribution, yielding an overall energy saving of 25.21% compared to traditional manual operation. In conclusion, this low-cost innovation proves highly effective as a prototype for smart building applications, providing empirical data to support scientific and efficient energy-saving policies.

Keywords: Internet of Things (IoT), ESP32, Energy Monitoring, Air Conditioning, Smart Building

1. ພາກສະໜີ

ໃນສະພາວະປັດຈຸບັນ, ຄວາມຕ້ອງການຊົມໃຊ້ພະລັງງານໄຟຟ້າໃນຫົວໂລກມີທ່າອ່ຽງເພີ່ມຂຶ້ນຢ່າງຕໍ່ເນື່ອງ ໂດຍສະເພາະໃນຂະແໜງອາຄານ ແລະ ທີ່ພັກອາໄສ (IEA, 2025). ພະລັງງານທີ່ນຳໃຊ້ເຂົ້າໃນລະບົບປັບອາກາດ (HVAC) ຖືເປັນສ່ວນປະກອບຫຼັກຂອງການສົ່ງເບື້ອງໄຟຟ້າໃນອາຄານສາທາລະນະ ເຊິ່ງອາດກວມເອົາຫຼາຍກວ່າ 40-50% ຂອງການຊົມໃຊ້ທັງໝົດ (Li & Wang, 2019; Smith & Doe, 2023). ສຳລັບ ສປປ ລາວ, ອັດຕາການຊົມໃຊ້ໄຟຟ້າພາຍໃນປະເທດກໍມີການຂະຫຍາຍຕົວສູງຂຶ້ນຕາມການພັດທະນາເສດຖະກິດ (EDL-Generation Public Company, 2022), ເຊິ່ງບົດລາຍງານດ້ານພະລັງງານໄດ້ຊີ້ໃຫ້ເຫັນວ່າ ການເພີ່ມປະສິດທິພາບ ແລະ ການ

ປະຢັດພະລັງງານໃນອາຄານເປັນປັດໄຈສຳຄັນໃນການບັນລຸເປົ້າໝາຍຄວາມຍືນຍົງດ້ານພະລັງງານຂອງຊາດ (ERIA, 2023).

ບັນຫາສຳຄັນທີ່ພົບໃນຫຼາຍອົງກອນແມ່ນການຂາດລະບົບການຄຸ້ມຄອງພະລັງງານທີ່ມີປະສິດທິພາບ. ເຖິງແມ່ນວ່າຈະມີນະໂຍບາຍປະຢັດພະລັງງານ ເຊັ່ນ ການປິດເຄື່ອງປັບອາກາດໃນຊ່ວງເວລາພັກຫຼັງ, ແຕ່ການປະຕິບັດຕົວຈິງຍັງອາໄສການຢ່າງໄປສັງການດ້ວຍລິໂໜດໂດຍກົງຈາກພະນັກງານ. ສິ່ງນີ້ບໍ່ພຽງແຕ່ສ້າງຄວາມບໍ່ສະດວກເທົ່ານັ້ນ, ແຕ່ຍັງເຮັດໃຫ້ຍາກຕໍ່ການຕິດຕາມ ແລະ ກວດສອບວ່າພະນັກງານໄດ້ປະຕິບັດຕາມນະໂຍບາຍຫຼືບໍ່, ໂດຍສະເພາະໃນອົງກອນທີ່ມີຫຼາຍສາຂາຕັ້ງຢູ່ຫ່າງໄກກັນ. ເພື່ອແກ້ໄຂບັນຫາດັ່ງກ່າວ, ການຄົ້ນຄວ້ານີ້ຈຶ່ງມຸ່ງເນັ້ນການສ້າງລະບົບຄຸ້ມຄອງພະລັງງານແບບລວມສູນ ທີ່ສາມາດກວດສອບພຶດຕິກຳການຊົມໃຊ້ໄຟຟ້າ ແລະ ເກັບກຳຂໍ້ມູນປະລິມານການຊົມໃຊ້ພະລັງງານ (kWh) ຂອງເຄື່ອງປັບອາກາດໃນແຕ່ລະຊ່ວງເວລາໄດ້ຢ່າງ

ລະອຽດ ເພື່ອໃຫ້ອົງກອນສາມາດນຳຂໍ້ມູນຕົວຈິງໄປກຳນົດ ແລະ ປະເມີນຜົນນະໂຍບາຍການປະຢັດຜະລິດໄດ້ຢ່າງມີວິທະຍາສາດ.

ເຕັກໂນໂລຊີ IoT ໄດ້ກາຍເປັນເຄື່ອງມືສຳຄັນໃນການແກ້ໄຂບັນຫາດັ່ງກ່າວ ໂດຍຜ່ານການສ້າງລະບົບອັດຕະໂນມັດໃນອາຄານ ທີ່ສາມາດຄວບຄຸມ ແລະ ຕິດຕາມການໃຊ້ງານໄດ້ແບບ Real-time (Ahmad & Kumar, 2018; Kim & Park, 2019). ນອກຈາກນີ້, ການນຳໃຊ້ IoT ໃນການວັດແທກ ແລະ ຈັດເກັບຂໍ້ມູນຜ່ານລະບົບອອນລາຍຍັງໄດ້ຮັບການພັດທະນາຢ່າງກວ້າງຂວາງໃນ ສປປ ລາວ ເຊັ່ນ: ການຕິດຕາມລະດັບນ້ຳ ແລະ ປະລິມານນ້ຳຝົນຜ່ານເວັບເຊີເວີ ເພື່ອການບໍລິຫານຈັດການຂໍ້ມູນທີ່ມີປະສິດທິພາບ (Sengsachan & Sunavong, 2025; Parmanee et al., 2024). ການນຳໃຊ້ໄມໂຄຄອນໂທຣເລີລາຄາຖືກເຊັ່ນ ESP32 ຮ່ວມກັບເຊັ່ນເຊີວັດແທກຜະລິດໄດ້ ເຮັດໃຫ້ສາມາດສ້າງລະບົບຄວບຄຸມທີ່ມີປະສິດທິພາບສູງແຕ່ຕົ້ນທຶນຕໍ່າ (Bordoloi & Kalita, 2020; Gomes et al., 2020).

2. ອຸປະກອນ ແລະ ວິທີການ

ໃນການພັດທະນາລະບົບຄວບຄຸມ ແລະ ຕິດຕາມການຊົມໃຊ້ເຄື່ອງປັບອາກາດນີ້, ໄດ້ແບ່ງຂັ້ນຕອນການດຳເນີນງານອອກເປັນການອອກແບບຮາດແວ ແລະ ຊອບແວ ໂດຍມີລາຍລະອຽດດັ່ງລຸ່ມນີ້:

2.1 ອຸປະກອນທີ່ນຳໃຊ້

ລະບົບນີ້ໃຊ້ບັດໄມໂຄຄອນໂທຣເລີ ESP32 ເປັນສູນກາງການປະມວນຜົນ ເນື່ອງຈາກຮອງຮັບການເຊື່ອມຕໍ່ Wi-Fi ເພື່ອສົ່ງຂໍ້ມູນຂຶ້ນ Cloud (Bordoloi & Kalita, 2020). ລາຍຊື່ອຸປະກອນທັງໝົດ ແລະ ຄຸນລັກສະນະທາງເຕັກນິກໄດ້ສະແດງໄວ້ໃນ ຕາຕະລາງທີ 1. ອຸປະກອນຫຼັກປະກອບມີ ບັດໄມໂຄຄອນໂທຣເລີ ESP32 DEVKIT V1 ທີ່ພັດທະນາໂດຍບໍລິສັດ Espressif Systems, ເຊັ່ນເຊີວັດແທກຜະລິດໄດ້ PZEM-004T (V3.0) ຈາກບໍລິສັດ Peacefair Electronic, ເຊັ່ນເຊີວັດແທກອຸນຫະພູມ ແລະ ຄວາມຊຸ່ມ DHT22 ຈາກບໍລິສັດ AOSONG Electronics, ແລະ ຊຸດສົ່ງສັນຍານອິນຟາເລດ ຄວາມຖີ່ 38 kHz.

2.2 ການອອກແບບລະບົບ

ການເຮັດວຽກຂອງລະບົບໄດ້ຖືກອອກແບບໃຫ້ມີການເຊື່ອມໂຍງລະຫວ່າງພາກສ່ວນຮາດແວ ແລະ ການຈັດເກັບຂໍ້ມູນແບບອອນລາຍ. ໂຄງສ້າງການເຮັດວຽກລວມຂອງລະບົບໄດ້ສະແດງໄວ້ໃນ ຮູບທີ 1. ໃນສ່ວນຂອງການຕໍ່ວົງຈອນ, ໄດ້ນຳໃຊ້ ESP32 ເປັນຕົວຮັບສັນຍານຈາກເຊັ່ນເຊີ ແລະ ສົ່ງຄຳສັ່ງຜ່ານ IR Transmitter ດັ່ງທີ່ສະແດງໃນແຜນວາດວົງຈອນໃນ ຮູບທີ 2.

2.3 ວິທີການດຳເນີນງານ

ຂັ້ນຕອນການພັດທະນາປະກອບດ້ວຍ 3 ພາກສ່ວນຫຼັກຄື:

1. ການຂຽນໂປຣແກຣມດ້ວຍ Arduino IDE ໂດຍນຳໃຊ້ Library IRremoteESP8266 ເພື່ອຄວບຄຸມເຄື່ອງປັບອາກາດ.

2. ການເຊື່ອມຕໍ່ລະບົບ Cloud ຜ່ານ Application Blynk ເພື່ອສ້າງສ່ວນຕິດຕໍ່ປະສານກັບຜູ້ໃຊ້ ດັ່ງທີ່ສະແດງໃນ ຮູບທີ 3.

3. ການທົດສອບການເຮັດວຽກຕົວຈິງໃນສະຖານທີ່ທີ່ກຳນົດ ເພື່ອປະເມີນຄວາມແມ່ນຍຳຂອງການຮັບ-ສົ່ງຂໍ້ມູນ (Shameera et al., 2024; Thaxaiya et al., 2024). ລຳດັບຂັ້ນຕອນການເຮັດວຽກຂອງຊອບແວທັງໝົດໄດ້ສະແດງໄວ້ໃນ ຮູບທີ 4.

2.4 ການເກັບກຳຂໍ້ມູນ

ໃນການສຶກສານີ້, ຂໍ້ມູນຈະຖືກເກັບກຳຈາກສອງແຫຼ່ງຫຼັກ ຄື:

1. ຂໍ້ມູນຈາກເຊັ່ນເຊີ: ລະບົບຈະທຳການບັນທຶກຄ່າອຸນຫະພູມ, ຄວາມຊຸ່ມ ແລະ ຄ່າຜະລິດໄດ້ໄຟຟ້າ ທຸກໆ 1 ວິນາທີຜ່ານລະບົບ Cloud ຂອງ Blynk.
2. ການທົດສອບປະສິດທິພາບ: ທຳການບັນທຶກສະຖິຕິການຕອບສະໜອງ ຂອງການສົ່ງງານໄລຍະໄກ ແລະ ປຽບທຽບຄ່າຜະລິດໄດ້ຈາກເຊັ່ນເຊີ PZEM-004T ກັບເຄື່ອງແທກມາດຕະຖານ ເພື່ອຫາຄ່າຄວາມຄາດເຄື່ອນ (Shilpa et al., 2024).

2.5 ການວິເຄາະຂໍ້ມູນ

ຂໍ້ມູນທີ່ໄດ້ຈະຖືກນຳມາຄຳນວນ ແລະ ວິເຄາະໂດຍນຳໃຊ້ຫຼັກການທາງໄຟຟ້າ ແລະ ສະຖິຕິ ເພື່ອປະເມີນປະສິດທິພາບຂອງລະບົບດັ່ງນີ້:

1. ການຄຳນວນກຳລັງໄຟຟ້າ ແລະ ຜະລິດໄດ້: ກຳລັງໄຟຟ້າເອກະພາບ ຫຼື ກຳລັງໄຟຟ້າຕົວຈິງ (P) ທີ່ເຄື່ອງປັບອາກາດຊົມໃຊ້ ສາມາດຄຳນວນໄດ້ຈາກສົມຜົນ (1):

$$P = V \times I \times PF \quad (1)$$

ໂດຍທີ່:

- P ແມ່ນ ກຳລັງໄຟຟ້າຕົວຈິງ (Watt, W)
- V ແມ່ນ ແຮງດັນໄຟຟ້າ (Volt, V)
- I ແມ່ນ ກະແສໄຟຟ້າ (Ampere, A)
- PF ແມ່ນ ຄ່າຕົວປະກອບກຳລັງ (Power Factor)

ສ່ວນຜະລິດໄດ້ໄຟຟ້າສະສົມ (E) ທີ່ນຳໃຊ້ໃນໄລຍະເວລາ t ສາມາດຄຳນວນໄດ້ຈາກສົມຜົນ (2), ເຊິ່ງໃນລະບົບນີ້ເຊັ່ນເຊີ PZEM-004T ຈະທຳການຄຳນວນຄ່າຜະລິດໄດ້ໄຟຟ້າ E ໃຫ້ໂດຍອັດຕະໂນມັດ:

$$E = P \times t \quad (2)$$

ໂດຍທີ່:

- E ແມ່ນ ຜະລິດໄດ້ໄຟຟ້າ (Watt-hour, Wh ຫຼື ກິໂລວັດ-ຊົ່ວໂມງ, kWh)
- t ແມ່ນ ໄລຍະເວລາໃນການຊົມໃຊ້ໄຟຟ້າ (Hour, h)

2. ການວິເຄາະຄວາມຄາດເຄື່ອນ:

ເພື່ອຢັ້ງຢືນຄວາມຖືກຕ້ອງ ແລະ ຄວາມໜ້າເຊື່ອຖືຂອງຂໍ້ມູນ, ໄດ້ນຳໃຊ້ການຊອກຫາເບີເຊັນຄວາມຄາດເຄື່ອນ (%Error) ໂດຍການປຽບທຽບຄ່າທີ່ວັດໄດ້ກັບເຄື່ອງແທກມາດຕະຖານ ຕາມສົມຜົນ (3):

$$\%Error = \left| \frac{M_{IoT} - M_{Standard}}{M_{Standard}} \times 100\% \right| \quad (3)$$

ໂດຍທີ່:

- M_{IoT} ແມ່ນ ຄ່າທາງໄຟຟ້າທີ່ວັດໄດ້ຈາກອຸປະກອນ IoT
- $M_{Standard}$ ແມ່ນ ຄ່າທາງໄຟຟ້າທີ່ວັດໄດ້ຈາກເຄື່ອງແທກມາດຕະຖານ

3. ການວິເຄາະການປະຢັດພະລັງງານ

ການວິເຄາະການປະຢັດພະລັງງານແມ່ນດຳເນີນການໂດຍການປຽບທຽບຂໍ້ມູນການຊົມໃຊ້ໄຟຟ້າກ່ອນ ແລະ ຫຼັງການນຳໃຊ້ລະບົບຄວບຄຸມ (Kim & Park, 2019) ເພື່ອປະເມີນຄວາມຄຸ້ມຄ່າໃນການນຳໃຊ້ເຕັກໂນໂລຊີ IoT ເຂົ້າໃນການບໍລິຫານຈັດການອາຄານ. ໂດຍໃນການສຶກສານີ້ ໄດ້ກຳນົດໃຫ້ມີການເກັບກຳຂໍ້ມູນປະລິມານການຊົມໃຊ້ພະລັງງານໄຟຟ້າ (kWh) ຂອງເຄື່ອງປັບອາກາດໃນຫ້ອງທົດລອງຕົວຈິງເປັນເວລາ 1 ອາທິດ ພາຍໃຕ້ເງື່ອນໄຂການເປີດໃຊ້ງານປົກກະຕິ (ກ່ອນຕິດຕັ້ງລະບົບ) ປຽບທຽບກັບການເກັບກຳຂໍ້ມູນ 1 ອາທິດ ຫຼັງຈາກການນຳໃຊ້ລະບົບຄວບຄຸມອັດສະລິຍະ ທີ່ຖືກຕັ້ງຄ່າໃຫ້ປິດເຄື່ອງອັດຕະໂນມັດໃນຊ່ວງເວລາພັກທ່ຽງ ແລະ ນອກໂມງການ, ໂດຍຄິດໄລ່ເບີເຊັນການປະຢັດພະລັງງານຕາມສົມຜົນ (4):

$$\%Energy Saving = \left(\frac{E_{before} - E_{after}}{E_{before}} \right) \times 100\% \quad (4)$$

ໂດຍທີ່:

- E_{before} ຄື ປະລິມານພະລັງງານໄຟຟ້າທີ່ຊົມໃຊ້ກ່ອນການຕິດຕັ້ງລະບົບ (kWh)
- E_{after} ຄື ປະລິມານພະລັງງານໄຟຟ້າທີ່ຊົມໃຊ້ຫຼັງການຕິດຕັ້ງລະບົບ (kWh)

3. ຜົນໄດ້ຮັບ

3.1 ຜົນການທົດສອບການຄວບຄຸມ ແລະ ສັ່ງງານ

ລະບົບສາມາດເຊື່ອມຕໍ່ກັບເຄືອຂ່າຍ Wi-Fi ແລະ ຕິດຕໍ່ສື່ສານກັບ Application Blynk ໄດ້ຢ່າງມີສະຖຽນລະພາບ. ຈາກການທົດສອບສັ່ງ ເປີດ-ປິດ ແລະ ປ່ຽນໂໜດອຸນຫະພູມຜ່ານສະມາດໂຟນຈຳນວນ 20 ຄັ້ງ, ຜົນວ່າລະບົບເຮັດວຽກໄດ້ຖືກຕ້ອງທັງໝົດ (100%). ຄ່າຄວາມໜ່ວງ ຂອງການສົ່ງສັນຍານມີຄ່າສະເລ່ຍຢູ່ທີ່ 1.5 ວິນາທີ. ນອກຈາກນີ້, ຍັງໄດ້ທົດສອບໄລຍະຫ່າງຂອງການວາງອຸປະກອນ IR Transmitter ກັບຕົວເຄື່ອງປັບອາກາດ ເຊິ່ງຜົນວ່າໄລຍະທີ່ເຮັດວຽກໄດ້ດີທີ່ສຸດແມ່ນບໍ່ເກີນ 5-7 ແມັດ ໃນມຸມຊື່.

3.2 ຜົນການວັດແທກສະພາບແວດລ້ອມ ແລະ ພະລັງງານ

ລະບົບສາມາດອ່ານຄ່າ ແລະ ສະແດງຜົນຂໍ້ມູນຈາກເຊັນເຊີໄດ້ແບບ Real-time ໂດຍຜ່ານການທົດສອບປຽບທຽບກັບເຄື່ອງແທກມາດຕະຖານ ດັ່ງສະແດງໃນ ຕາຕະລາງທີ 2 ແລະ ຮູບທີ 5. ນອກຈາກນີ້, ເພື່ອສຶກສາຄວາມສຳພັນລະຫວ່າງການປ່ຽນແປງຂອງສະພາບແວດລ້ອມ ແລະ ການຊົມໃຊ້ພະລັງງານ, ຜູ້ຄົນຄວ້າໄດ້ນຳຂໍ້ມູນອຸນຫະພູມຈາກເຊັນເຊີ DHT22 ແລະ ກຳລັງໄຟຟ້າຈາກເຊັນເຊີ PZEM-004T ມາປະມວນຜົນຮ່ວມກັນໃນໂປຣແກຣມ MATLAB ດັ່ງທີ່ສະແດງໃນຮູບທີ 7. ຈາກກາຟຟືບວ່າ ໃນຊ່ວງເລີ່ມຕົ້ນເປີດເຄື່ອງປັບອາກາດ (ອຸນຫະພູມຫ້ອງສູງປະມານ 31°C), ເຄື່ອງປັບອາກາດຈະຊົມໃຊ້ກຳລັງໄຟຟ້າສູງສຸດ ຢູ່ທີ່ 2,315.3 W ເພື່ອເລັ່ງເຮັດຄວາມເຢັນ. ແຕ່ເມື່ອລະບົບເຮັດວຽກໄປໄດ້ໄລຍະໜຶ່ງ ແລະ ອຸນຫະພູມຫຼຸດລົງມາຄົງທີ່ຢູ່ທີ່ 25°C ຫາ 26°C ຕາມຄ່າທີ່ຕັ້ງໄວ້, ກາຟສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າກຳລັງໄຟຟ້າຈະຫຼຸດລະດັບລົງມາຢູ່ຊ່ວງ 1,200 W ຫາ 1,500 W ເຊິ່ງເປັນການເຮັດວຽກໃນສະຖານະຄວບຄຸມອຸນຫະພູມຄົງທີ່ຂອງລະບົບ Inverter. ສິ່ງນີ້ຢັ້ງຢືນວ່າ ລະບົບ IoT ທີ່ພັດທະນາຂຶ້ນສາມາດຕິດຕາມຄວາມສອດຄ່ອງຂອງສະພາບແວດລ້ອມ ແລະ ການເຮັດວຽກຂອງໂຫລດໄຟຟ້າໄດ້ຢ່າງຖືກຕ້ອງ.

ຜົນການທົດສອບປຽບທຽບຄ່າທາງໄຟຟ້າລະຫວ່າງລະບົບ IoT ທີ່ພັດທະນາຂຶ້ນ (ໂດຍນຳໃຊ້ເຊັນເຊີ PZEM-004T) ກັບເຄື່ອງວັດແທກມາດຕະຖານ ມີຄວາມສອດຄ່ອງ ແລະ ໃກ້ຄຽງກັນຫຼາຍ ໂດຍມີຄ່າເບີເຊັນຄວາມຄາດເຄື່ອນ ຂອງແຮງດັນໄຟຟ້າພຽງ 0.31%, ກະແສໄຟຟ້າ 1.19%, ແລະ ກຳລັງໄຟຟ້າ 0.76% ຕາມລຳດັບ ເຊິ່ງຄ່າຄວາມຄາດເຄື່ອນທັງໝົດແມ່ນຕໍ່າກວ່າ 2% ຖືວ່າຢູ່ໃນເກນມາດຕະຖານທີ່ຍອມຮັບໄດ້ໃນທາງວິສະວະກຳ ແລະ ການປະຍຸກໃຊ້ງານຈິງ.

ໃນການນຳໄປຜັນຂະຫຍາຍ ແລະ ບໍລິຫານຈັດການພະລັງງານພາຍໃນອາຄານ, ຜູ້ຄົນຄວ້າສະເໜີໃຫ້ "ນຳໃຊ້ຄ່າທີ່ວັດແທກໄດ້ຈາກອຸປະກອນ IoT" ເປັນຫຼັກ ເຖິງແມ່ນວ່າເຄື່ອງວັດແທກມາດຕະຖານຈະມີຄວາມແມ່ນຍຳສູງສຸດກໍຕາມ. ເຫດຜົນຍ້ອນວ່າ ອຸປະກອນ IoT ທີ່ພັດທະນາຂຶ້ນນີ້ ມີຂໍ້ໄດ້ປຽບໃນການຕິດຕາມ ແລະ ຈັດເກັບຂໍ້ມູນແບບ Real-time ຜ່ານລະບົບ Cloud ໄດ້ຕະຫຼອດ 24 ຊົ່ວໂມງ ພ້ອມທັງສາມາດສະແດງຜົນໃນຮູບແບບສະຖິຕິຜ່ານແອັບພລິເຄຊັນ ເຊິ່ງເຮັດໃຫ້ຜູ້ຄົນຄອງອາຄານສາມາດນຳຂໍ້ມູນດັ່ງກ່າວໄປວິເຄາະພຶດຕິກຳ ແລະ ວາງແຜນປະຢັດພະລັງງານໄດ້ທັນທີ ໂດຍບໍ່ຈຳເປັນຕ້ອງມີເຈົ້າໜ້າທີ່ຢ່າງໄປກວດກາຢູ່ໜ້າວຽກຕົວຈິງ ຄືກັບການໃຊ້ເຄື່ອງວັດແທກມາດຕະຖານແບບເດີມ.

3.3 ຜົນການຈັດເກັບຂໍ້ມູນ ແລະ ສະຖິຕິ

ຂໍ້ມູນການຊົມໃຊ້ທັງໝົດຈະຖືກບັນທຶກ ແລະ ສະແດງຜົນໃນຮູບແບບກາຟ ເທິງ Application Blynk. ນອກຈາກນີ້, ຜູ້ຄົນຄວ້າໄດ້ນຳເອົາຊຸດຂໍ້ມູນ (ທີ່ບັນທຶກຈາກລະບົບ Cloud ອອກມາ ເປັນຟາຍ CSV ແລ້ວນຳມາປະມວນຜົນ ແລະ ພັດທະນາ ກາຟຟືບໃນໂປຣແກຣມ MATLAB ເພື່ອວິເຄາະພຶດຕິກຳການຊົມໃຊ້ກຳລັງໄຟຟ້າ (P) ຂອງເຄື່ອງປັບອາກາດໃນຮອບ 24 ຊົ່ວໂມງ ດັ່ງທີ່ສະແດງໃນ ຮູບທີ 6. ກາຟ

ທີ່ໄດ້ຈາກ MATLAB ສາມາດຈຳແນກພຶດຕິກຳການເຮັດວຽກ ແລະ ການຄຸ້ມຄອງພະລັງງານອອກເປັນ 3 ຊ່ວງເວລາຫຼັກຢ່າງຊັດເຈນ ຄື:

1. ຊ່ວງເວລາເລີ່ມຕົ້ນເຮັດວຽກ (08:00 - 09:00 ໂມງ): ກາຟສະແດງໃຫ້ເຫັນຄ່າກຳລັງໄຟຟ້າທີ່ຟຸ່ງສູງຂຶ້ນຢ່າງຮວດໄວ ເຖິງປະມານ 2,300 W ເຊິ່ງເປັນຊ່ວງທີ່ຄອມເພຣສເຊີ ເລີ່ມເຮັດວຽກໃນຕອນເຊົ້າ.

2. ຊ່ວງເວລານຳໃຊ້ລະບົບຄວບຄຸມອັດສະລິຍະພາບທຸ່ງ (12:00 - 13:00 ໂມງ): ກາຟສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າ ກຳລັງໄຟຟ້າຫຼຸດລົງມາໃກ້ຄຽງກັບ 0 W (ເຫຼືອພຽງ Standby Power 3 W) ຢ່າງທັນທີເນື່ອງຈາກລະບົບ IoT ໄດ້ຮັບຄຳສັ່ງໃຫ້ປິດເຄື່ອງປັບອາກາດໂດຍອັດຕະໂນມັດ ຕາມນະໂຍບາຍປະຢັດພະລັງງານ ທີ່ຕັ້ງເວລາ ໒ ເຊິ່ງຈຸດນີ້ເປັນຫຼັກຖານຈະແຈ້ງທີ່ສະແດງໃຫ້ເຫັນເຖິງການຕັດການຊົມໃຊ້ໄຟຟ້າທີ່ບໍ່ຈຳເປັນອອກໄປ.

3. ຊ່ວງເວລາຄວບຄຸມອຸນຫະພູມຄົງທີ່ (13:00 - 16:00 ໂມງ): ກາຟມີລັກສະນະຂຶ້ນ-ລົງເປັນຮອບ ລະຫວ່າງ 1,200 W ຫາ 1,500 W ເຊິ່ງເປັນສະຖານະການເຮັດວຽກປົກກະຕິ.

3.4 ຜົນການປຽບທຽບການປະຢັດພະລັງງານໄຟຟ້າ

ເພື່ອປະເມີນປະສິດທິພາບຂອງລະບົບ IoT ທີ່ພັດທະນາຂຶ້ນມາ, ຜູ້ຄົນຄວ້າໄດ້ທຳການປຽບທຽບປະລິມານພະລັງງານໄຟຟ້າສະສົມ (kWh) ໃນໄລຍະເວລາ 1 ອາທິດ (7 ວັນ) ລະຫວ່າງ "ກ່ອນການຕິດຕັ້ງລະບົບ" (ການບໍລິຫານຈັດການແບບເດີມ) ແລະ "ຫຼັງການຕິດຕັ້ງລະບົບ" (ການໃຊ້ລະບົບ IoT ຄວບຄຸມອັດສະລິຍະ) ໂດຍໄດ້ນຳຂໍ້ມູນມາພິຈາລະນາຢູ່ໃນ MATLAB ດັ່ງສະແດງໃນ ຮູບທີ 8.

– ກ່ອນຕິດຕັ້ງລະບົບ (ເສັ້ນສີແດງ): ປະລິມານການຊົມໃຊ້ໄຟຟ້າສະສົມມີການເພີ່ມຂຶ້ນຢ່າງຮວດໄວໃນແຕ່ລະວັນ ເນື່ອງຈາກມັກເກີດການຫຼົງລົງປິດເຄື່ອງປັບອາກາດໃນຊ່ວງພັກທຸ່ງ ແລະ ຫຼັງເລີ່ງງານເຮັດໃຫ້ໃນວັນທີ 7 ພະລັງງານສະສົມລວມສູງເຖິງ 84.50 kWh.

– ຫຼັງຕິດຕັ້ງລະບົບ IoT (ເສັ້ນສີຂຽວ): ແນວໂນ້ມຂອງເສັ້ນກາຟມີຄວາມຊັນຫຼຸດລົງ ຍ້ອນລະບົບມີການຕັດໄຟອັດຕະໂນມັດໃນຊ່ວງເວລາທີ່ບໍ່ມີການນຳໃຊ້ ເຮັດໃຫ້ໃນວັນທີ 7 ມີປະລິມານໄຟຟ້າສະສົມເຫຼືອພຽງ 63.20 kWh.

ເມື່ອນຳຕົວເລກສຸດທ້າຍມາຄຳນວນຫາເປີເຊັນການປະຢັດພະລັງງານຕາມສົມຜົນທີ (4) ຝົບວ່າ: ລະບົບ IoT ທີ່ພັດທະນາຂຶ້ນສາມາດປະຢັດພະລັງງານໄຟຟ້າໄປໄດ້ເຖິງ 25.21%. ຜົນການວິເຄາະດ້ວຍກາຟ MATLAB ໃນຮູບນີ້ ໄດ້ເປັນສິ່ງຢັ້ງຢືນທາງວິທະຍາສາດທີ່ຊື່ໃຫ້ເຫັນເຖິງຄວາມຄຸ້ມຄ່າ ແລະ ປະສິດທິພາບຂອງນະວັດຕະກຳນີ້ໃນການຫຼຸດຜ່ອນຕົ້ນທຶນຄ່າໄຟຟ້າຂອງອາຄານ.

4. ວິພາກຜົນ

4.1 ປະສິດທິພາບຂອງການຄວບຄຸມ ແລະ ຄວາມແມ່ນຍຳ

ຜົນການທົດສອບສະແດງໃຫ້ເຫັນວ່າລະບົບ IoT ທີ່ພັດທະນາຂຶ້ນມີຄວາມແມ່ນຍຳສູງໃນການວັດແທກພະລັງງານໄຟຟ້າ ໂດຍມີຄ່າຄວາມຄາດເຄື່ອນຂອງແຮງດັນພຽງ 0.31% ແລະ ກຳລັງໄຟ 0.76%. ສິ່ງນີ້ສອດຄ່ອງກັບການສຶກສາຂອງ Shilpa et al. (2024) ທີ່ລະບຸ

ວ່າການນຳໃຊ້ເຊັນເຊີ PZEM-004T ຮ່ວມກັບ ESP32 ສາມາດໃຫ້ຄ່າການຕິດຕາມພະລັງງານທີ່ມີຄວາມໜ້າເຊື່ອຖືໃນລະດັບອຸດສາຫະກຳ ແລະ ຕົ້ນທຶນຕໍ່າ. ຄ່າຄວາມໜ່ວງຂອງສັນຍານ (Latency) 1.5 ວິນາທີ ແມ່ນຢູ່ໃນເກນທີ່ດີ ເມື່ອທຽບກັບລະບົບ Smart Home ທົ່ວໄປ (Hassan & Rahman, 2017).

4.2 ການຕອບໂຈດດ້ານການບໍລິຫານຈັດການພະລັງງານ

ຄວາມສາມາດໃນການຕິດຕາມຂໍ້ມູນແບບ Real-time ແລະ ເກັບກຳສະຖິຕິຍ້ອນຫຼັງ (Super Chart) ຊ່ວຍແກ້ໄຂບັນຫາທີ່ພົບໃນເບື້ອງຕົ້ນ ຄືການຂາດຂໍ້ມູນໃນການກວດສອບພຶດຕິກຳການໃຊ້ໄຟຟ້າຂອງພະນັກງານ. ສອດຄ່ອງກັບແນວຄິດຂອງ Kim & Park (2019) ທີ່ວ່າ ການວິເຄາະຂໍ້ມູນພະລັງງານແບບ Real-time ຈະຊ່ວຍໃຫ້ອົງກອນສາມາດວາງແຜນການປະຢັດໄຟຟ້າໄດ້ຢ່າງມີປະສິດທິພາບຫຼາຍກວ່າການໃຊ້ລະບົບ Manual. ນອກຈາກນີ້, ການໃຊ້ IR Transmitter ເພື່ອສົ່ງງານແອແທນລີໂໝດ ຍັງຊ່ວຍໃຫ້ສາມາດຄວບຄຸມແອຫຼາຍເຄື່ອງພ້ອມກັນໄດ້ຈາກສູນກາງ, ເຊິ່ງເປັນການຍົກລະດັບສຸລະບົບ Smart Classroom ຫຼື Smart Building (Ahmad & Kumar, 2018).

4.3 ຂໍ້ຈຳກັດ ແລະ ສິ່ງທີ່ຄວນພັດທະນາ

ເຖິງວ່າລະບົບຈະເຮັດວຽກໄດ້ດີ, ແຕ່ຍັງມີຂໍ້ຈຳກັດດ້ານໄລຍະຫ່າງຂອງສັນຍານອິນຟາເລດ ແລະ ຄວາມສະຖຽນຂອງ Wi-Fi ພາຍໃນອາຄານ. ຫາກສັນຍານອິນເຕີເນັດຂັດຂ້ອງ ຜູ້ໃຊ້ຈະບໍ່ສາມາດຄວບຄຸມຜ່ານແອັບໄດ້ທັນທີ. ດັ່ງນັ້ນ, ໃນອະນາຄົດຄວນພັດທະນາໃຫ້ມີລະບົບສຳຮອງ (Offline Mode) ຫຼື ການໃຊ້ລະບົບ LoRa ສຳລັບການສົ່ງສັນຍານໄລຍະໄກໃນເຂດທີ່ Wi-Fi ເຂົ້າບໍ່ເຖິງ (Parmanee et al., 2024).

5. ສະຫຼຸບ

ການວິໄຈຄັ້ງນີ້ ໄດ້ປະສົບຜົນສຳເລັດໃນການແກ້ໄຂບັນຫາຫຼັກຂອງອົງກອນ ທີ່ຂາດລະບົບການຄຸ້ມຄອງພະລັງງານ ແລະ ຂາດເຄື່ອງມືຕິດຕາມພຶດຕິກຳການຊົມໃຊ້ໄຟຟ້າຂອງເຄື່ອງປັບອາກາດ ເຊິ່ງແຕ່ເດີມຕ້ອງອາໄສບຸກຄະລາກອນໃນການຢ່າງປິດດ້ວຍລິໂໝດເຮັດໃຫ້ເກີດຄວາມຫຼົງເຫຼືອ ແລະ ສິ້ນເປືອງ ໂດຍລະບົບ IoT ທີ່ພັດທະນາຂຶ້ນສາມາດເຂົ້າ Zanz ຄວບຄຸມ ແລະ ຕິດຕາມການເຮັດວຽກໄດ້ແບບລວມສູນຢ່າງມີປະສິດທິພາບ.

ສິ່ງທີ່ໄດ້ຮັບຈາກການພັດທະນາໃນຄັ້ງນີ້ຄື: ລະບົບຮາດແວຕົ້ນແບບທີ່ນຳໃຊ້ NodeMCU ESP32 ເຮັດວຽກຮ່ວມກັບເຊັນເຊີ PZEM-004T, DHT22 ແລະ ຕົວສົ່ງສັນຍານ IR ຄວາມຖີ່ 38 kHz ໂດຍສາມາດເຮັດວຽກຮ່ວມກັບ Application Blynk ເທິງສະມາດໂຟນໄດ້ຢ່າງມີສະຖຽນລະພາບ. ລະບົບຮາດແວ ແລະ ຊອບແວນີ້ ມີຈຸດເດັ່ນຄືສາມາດສົ່ງການໄດ້ຖືກຕ້ອງ 100% ໂດຍມີຄ່າຄວາມໜ່ວງສະເລ່ຍພຽງ 1.5 ວິນາທີ ແລະ ສາມາດຕິດຕາມ, ບັນທຶກ ແລະ ສະແດງຜົນຂໍ້ມູນຄ່າທາງໄຟຟ້າແບບ Real-time ໄດ້ຢ່າງໂປ່ງໃສ.

ສິ່ງທີ່ໄດ້ຮັບຈາກການສຶກສາ ແລະ ວິເຄາະຂໍ້ມູນ ພົບວ່າ: 1. ດ້ານຄວາມແມ່ນຍຳ: ລະບົບມີຄວາມໜ້າເຊື່ອຖືສູງ ໂດຍມີຄ່າຄວາມຄາດເຄື່ອນ ຂອງການວັດແທກແຮງດັນໄຟຟ້າພຽງ 0.31% ແລະ ກຳລັງໄຟຟ້າ 0.76% ເມື່ອສົມທຽບກັບເຄື່ອງແທກມາດຕະຖານ. 2. ດ້ານການປະຢັດພະລັງງານ: ເມື່ອນຳລະບົບ IoT ທີ່ພັດທະນາຂຶ້ນນີ້ໄປປະຍຸກໃຊ້ຄວບຄຸມອັດສະລິຍະ (ຕັ້ງເວລາປິດໃນຊ່ວງພັກຫ່ຽງ ແລະ ນອກໂມງການ) ພົບວ່າສາມາດປະຢັດພະລັງງານໄຟຟ້າໄດ້ເຖິງ 25.21% ເມື່ອທຽບກັບລະບົບການຄຸ້ມຄອງແບບເດີມ.

ເຖິງຢ່າງໃດກໍຕາມ, ການຄົ້ນຄວ້ານີ້ຍັງມີຂໍ້ຈຳກັດດ້ານໄລຍະຫ່າງ ແລະ ມຸມຂອງສັນຍານອິນຟາເລດ (ບໍ່ເກີນ 5-7 ແມັດ) ແລະ ຕ້ອງອາໄສຄວາມສະດຽນຂອງເຄືອຂ່າຍ Wi-Fi ພາຍໃນອາຄານເປັນຫຼັກ. ດັ່ງນັ້ນ, ໃນການຄົ້ນຄວ້າຄັ້ງຕໍ່ໄປ ຜູ້ຄົນຄວ້າຈິ່ງມີແນວທາງໃນການພັດທະນາຕື່ມ ໂດຍການຕິດຕັ້ງເຊັນເຊີກວດຈັບການເຄື່ອນໄຫວ (PIR Sensor) ເພື່ອປິດເຄື່ອງອັດຕະໂນມັດເມື່ອບໍ່ມີຄົນຢູ່ໃນຫ້ອງ, ນຳໃຊ້ລະບົບປັນຍາປະດິດ (AI) ເຂົ້າມາຊ່ວຍວິເຄາະພຶດຕິກຳ ແລະ ປັບອຸນຫະພູມຕາມສະພາບອາກາດ, ລວມເຖິງການສຶກສາເຕັກໂນໂລຊີ LoRaWAN ເພື່ອຂະຫຍາຍໄລຍະການສົ່ງສັນຍານໃຫ້ກວ້າງຂວາງ ແລະ ສະດຽນກວ່າ Wi-Fi ເພື່ອຍົກລະດັບໄປສູ່ການເປັນອາຄານອັດສະລິຍະ ທີ່ສົມບູນແບບ.

6. ຂໍ້ຂັດແຍ່ງ

ຂ້າພະເຈົ້າໃນນາມຜູ້ຄົນຄວ້າ ຂໍຢັ້ງຢືນວ່າ ບົດຄວາມວິຊາການສະບັບນີ້ບໍ່ມີຂໍ້ຂັດແຍ່ງທາງຜົນປະໂຫຍດກັບບຸກຄົນ ຫຼື ອົງກອນໃດໆ. ການຄົ້ນຄວ້ານີ້ຖືກດຳເນີນໄປດ້ວຍຄວາມໂປ່ງໃສທາງວິຊາການ ແລະ ບໍ່ໄດ້ຮັບຜົນປະໂຫຍດທັບຊ້ອນຈາກພາກສ່ວນໃດພາກສ່ວນໜຶ່ງ. ຫາກມີການລະເມີດ ຫຼື ຂໍ້ຜິດພາດໃດໆເກີດຂຶ້ນ, ຜູ້ຂຽນຂໍຮັບຜິດຊອບຕໍ່ເນື້ອຫາທັງໝົດແຕ່ພຽງຜູ້ດຽວ.

7. ເອກະສານອ້າງອີງ

Ahmad, S., & Kumar, S. (2018). IoT based smart classroom system for automation and energy efficiency. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(3S), 1–5.

Bordoloi, P., & Kalita, N. (2020). An integrated IoT system for classroom environment monitoring and control using ESP32. In *2020 International Conference on Electronics, Communications and Information Technology (ICECIT)* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICECIT50593.2020.9391032>

EDL-Generation Public Company. (2022). *Domestic electricity consumption by consumer groups: Annual report 2022*. EDL-Gen.

ERIA (Economic Research Institute for ASEAN and East Asia). (2023). *Energy outlook and energy-saving potential in East Asia 2023: Lao PDR country report*. ERIA.

Gomes, A., Goncalves, M., & Ribeiro, L. (2020). A low-cost IoT smart lighting solution for public buildings. *Journal of Building Engineering*, 31, Article 101377. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101377>

Hassan, F., & Rahman, A. (2017). IoT-based smart air conditioning control system for building automation. In *2017 IEEE International Conference on Smart Grid and IoT (ICSGIoT)* (pp. 100–105). IEEE.

IEA (International Energy Agency). (2025). *Electricity 2025: Analysis and forecast to 2026*. IEA.

Kim, J., & Park, B. H. (2019). Energy saving of intelligent building based on real-time data analysis of IoT sensors. *Sustainability*, 11(15), Article 4153. <https://doi.org/10.3390/su11154153>

Li, C., & Wang, Q. (2019). Energy consumption characteristics and efficiency analysis of HVAC systems in public buildings. *Buildings*, 9(12), Article 241. <https://doi.org/10.3390/buildings9120241>

Parmanee, T., Khongsomboun, K., Thongphanh, P., Dittaphong, X., & 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 of Multidisciplinary Research and Development*, 10(3), 163–171. <https://doi.org/10.69692/SUJMRD100163>

Sengsachan, S., & Sunavong, S. (2025). *IoT-based system for controlling and monitoring consumption in buildings* [Bachelor's project, National University of Laos]. Faculty of Engineering, National University of Laos.

Shameera, S., Geetanjali, J., Meghana, M., & SivaKumari, G. (2024). IoT based three phase power lines monitoring with SMS alert integration for real time failure detection. *TIJER - International Research Journal*, 11(3), 445–452.

Shilpa, S. K., Bharadwaj, G. M. P., Karthik, V. G., & Monika, D. (2024). IoT based monitoring of distribution transformer. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(2), 1516–1519. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.2.0571>

Smith, J., & Doe, L. (2023). Analysis of energy consumption patterns in modern school buildings. *Journal of Education and Technology*, 15(2), 45–58.

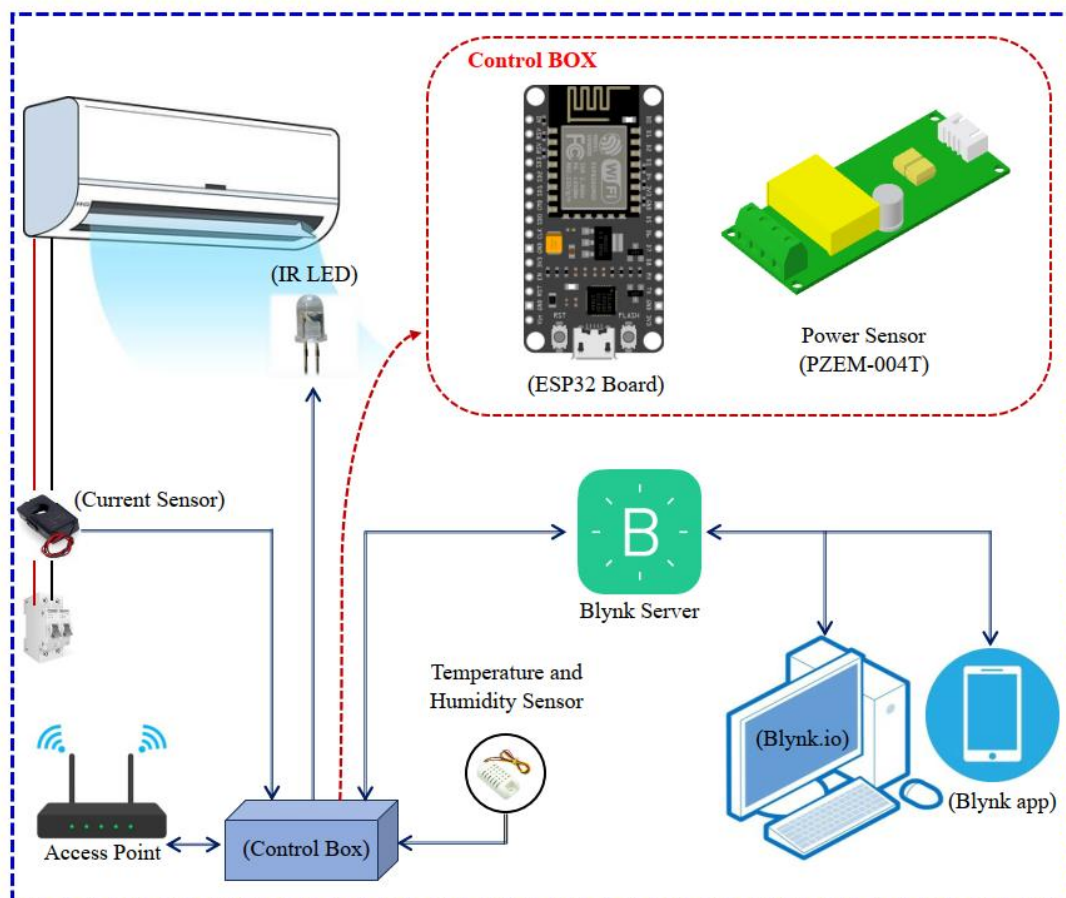
Thaxaiya, V., Panthongsy, P., Thongphanh, P., & Dittaphong, X. (2024). Study on comparing solar energy between fixed and sun-tracking systems. *Souphanouvong University Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 10(2), 211–223.

ຕາຕະລາງທີ 1: ລາຍຊື່ອຸປະກອນ ແລະ ຄຸນລັກສະນະທາງເຕັກນິກທີ່ນຳໃຊ້ໃນການວິໄຈ

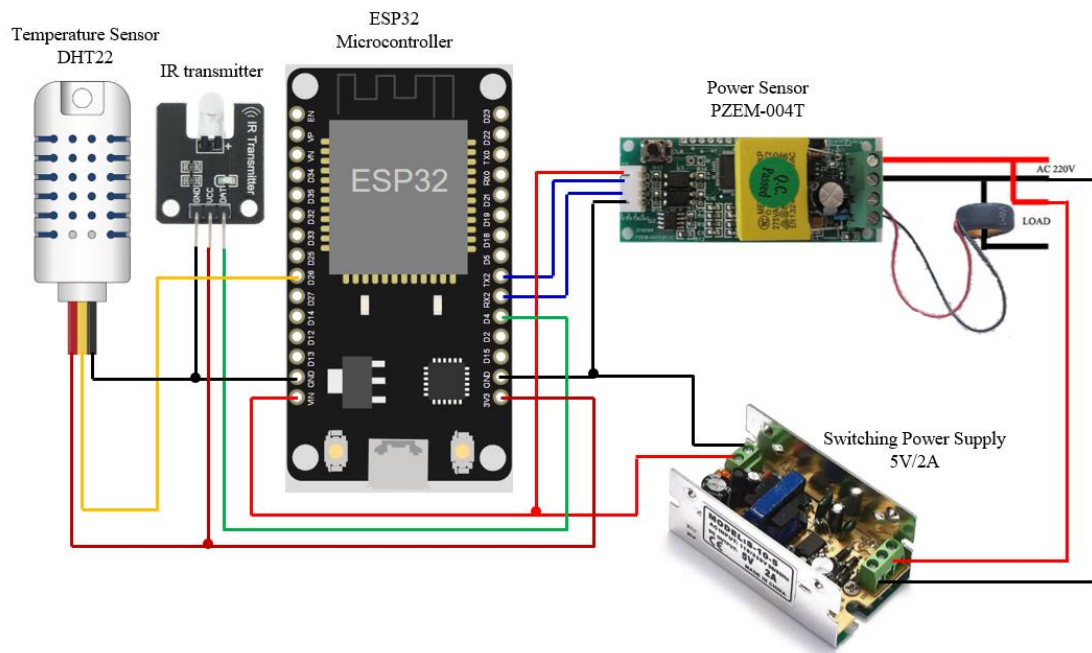
ລຳດັບ	ຊື່ອຸປະກອນ / ຊອບແວ	ລຸ້ນ (Model)	ບໍລິສັດ / ແຫຼ່ງຜະລິດ (Manufacturer)
1	ບັດໄມໂຄຄອນໂທຣລີ (Microcontroller)	ESP32 DEVKIT V1	Espressif Systems
2	ເຊັ່ນເຊີວັດແທກພະລັງງານໄຟຟ້າ (Energy Sensor)	PZEM-004T (V3.0)	Ningbo Peacefair Electronic Technology Co., Ltd.
3	ເຊັ່ນເຊີວັດແທກອຸນຫະພູມ ແລະ ຄວາມຊຸ່ມ (Environment Sensor)	DHT22 / AM2302	Guangzhou Aosong Electronics Co., Ltd.
4	ຫົ່ມແປງກະແສແບບຄ້ອງ (Current Transformer)	Split Core CT (100A)	Ningbo Peacefair Electronic Technology Co., Ltd.
5	ຕົວສົ່ງສັນຍານອິນຟາເລດ (IR Transmitter)	38 kHz IR LED Module	Generic / Standard Components
6	ຊອບແວຄລາວ ແລະ ແອັບພລິເຄຊັນ (IoT Platform)	Blynk IoT	Blynk Inc.

ຕາຕະລາງທີ 2: ຜົນການວັດແທກຄ່າພະລັງງານໄຟຟ້າຂອງເຄື່ອງປັບອາກາດ

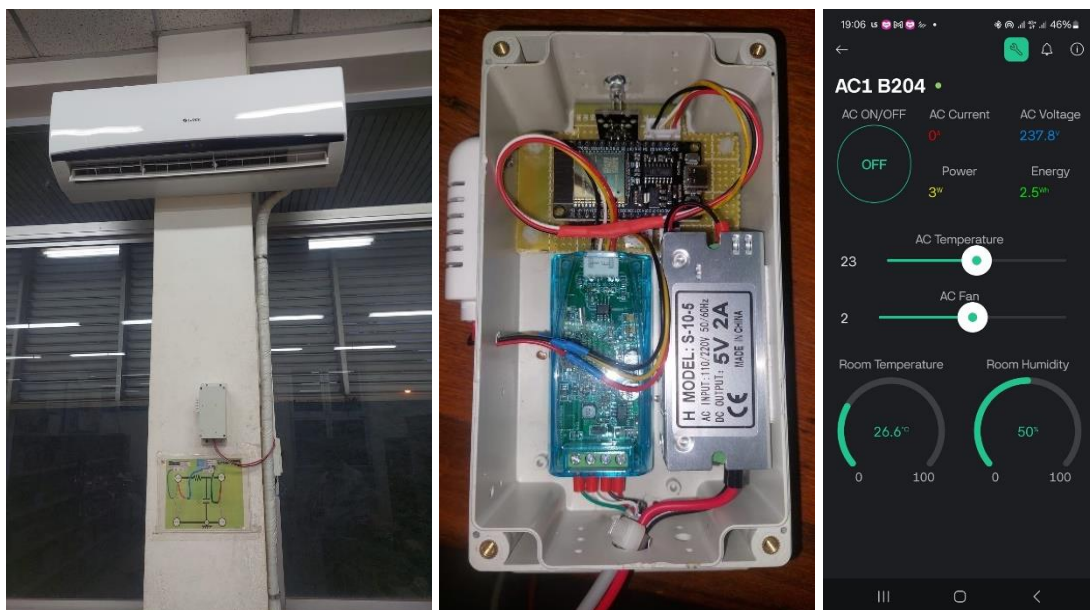
ລຳດັບ	ລາຍການວັດແທກ	ຄ່າທີ່ວັດໄດ້ (IoT)	ຄ່າວັດແທກມາດຕະຖານ	ເປີເຊັນຄວາມຄາດເຄື່ອນ (%)
1	ແຮງດັນໄຟຟ້າ (V)	225.4 V	226.1 V	0.31%
2	ກະແສໄຟຟ້າ (I)	4.15 A	4.20 A	1.19%
3	ກຳລັງໄຟຟ້າ (P)	885.2 W	892.0 W	0.76%



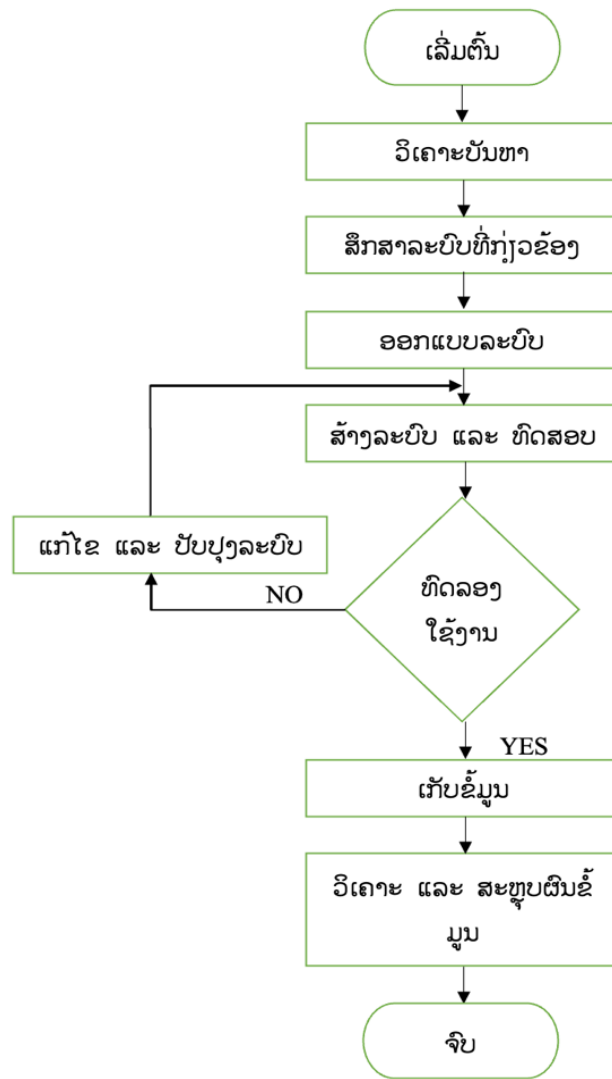
ຮູບທີ 1: ແຜນວາດໂຄງສ້າງການເຮັດວຽກຂອງລະບົບ (System Architecture)



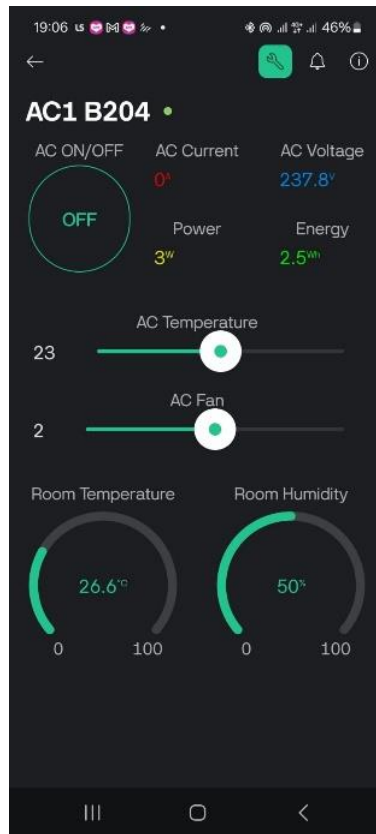
ຮູບທີ 2: ແຜນວາດການຕໍ່ວົງຈອນໄຟຟ້າ ແລະ ເຊັນເຊີ (Circuit Diagram)



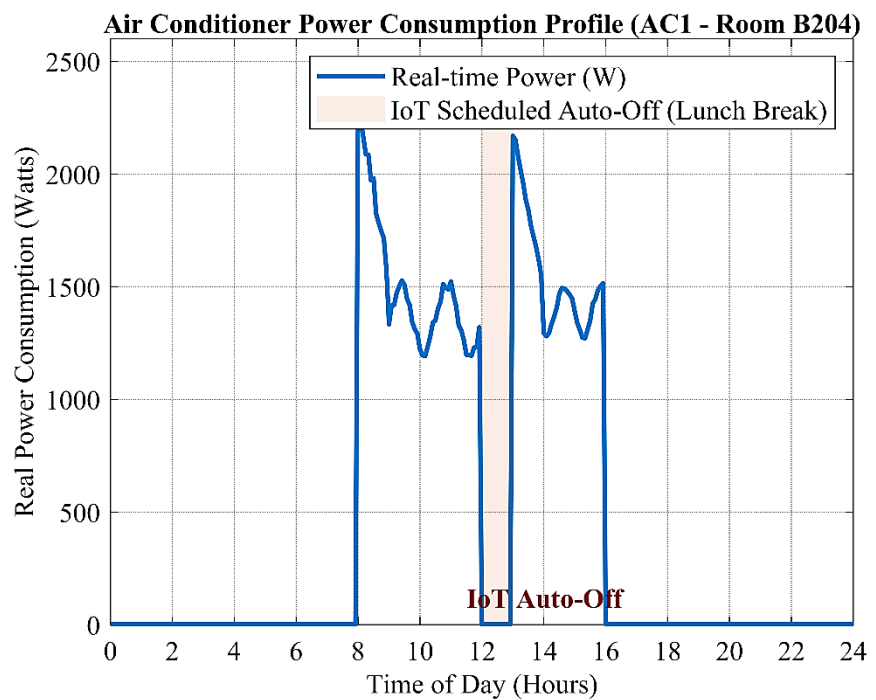
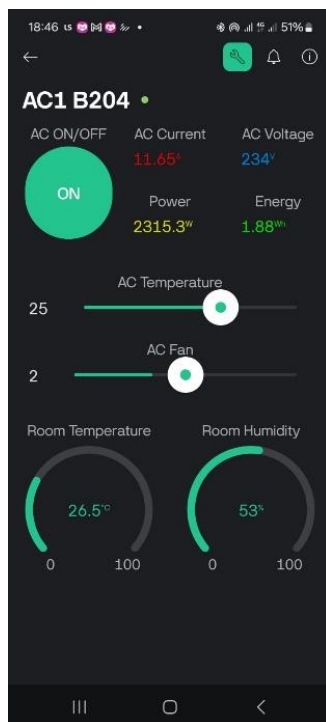
ຮູບທີ 3: ສ່ວນຕິດຕໍ່ປະສານກັບຜູ້ໃຊ້ (GUI) ເທິງ Application Blynk



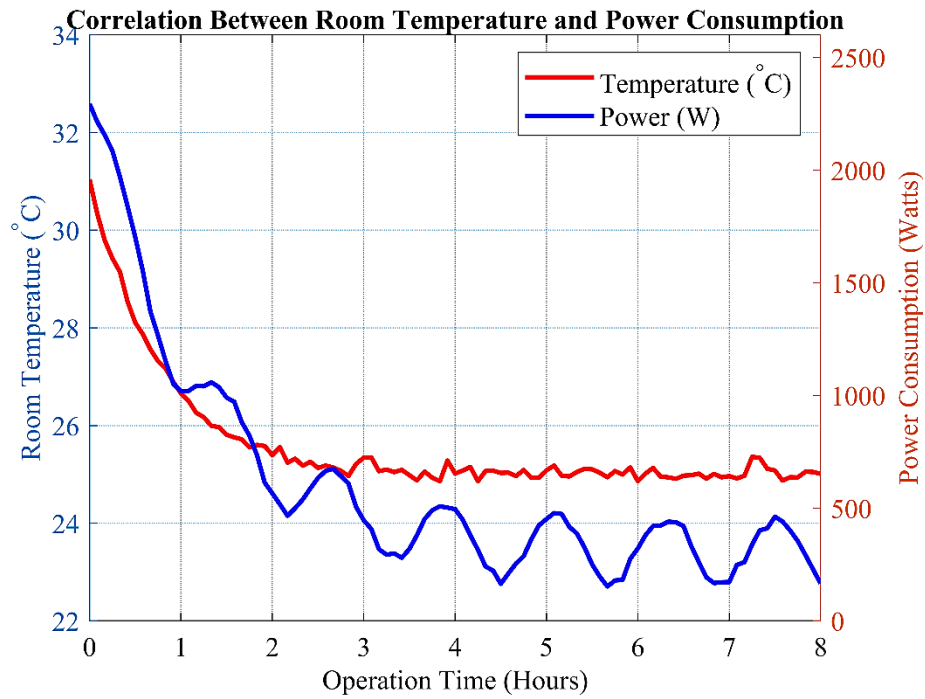
ຮູບທີ 4: ຜັງສະແດງຂັ້ນຕອນການເຮັດວຽກຂອງລະບົບ (Flowchart)



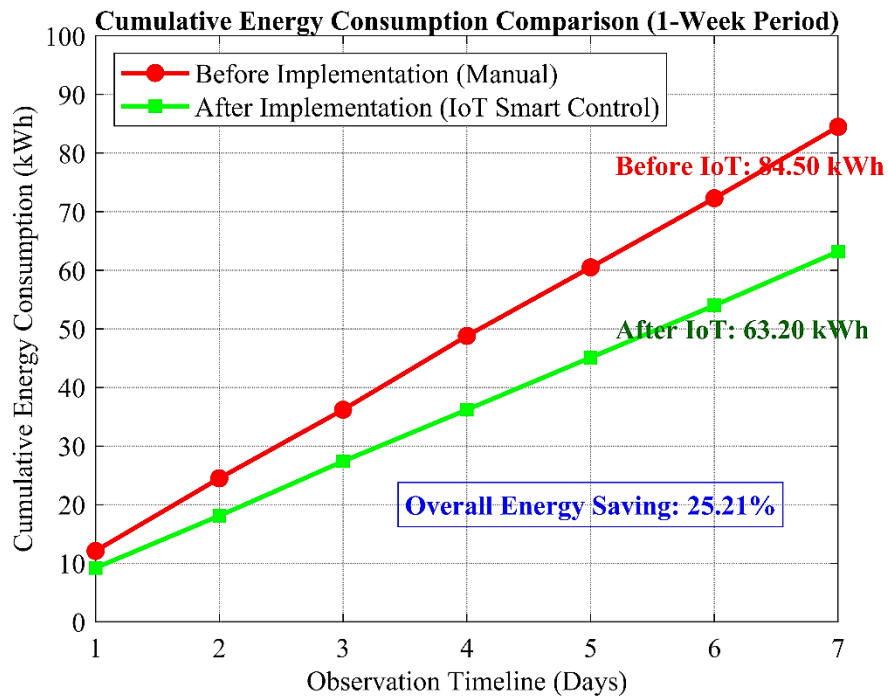
ຮູບທີ 5: ການສະແດງຜົນຄຳລະງັງງານ ແລະ ສະພາບແວດລ້ອມແບບ Real-time



ຮູບທີ 6: ກາຟສະຖິຕິການຊົມໃຊ້ກຳລັງໄຟຟ້າ ໃນຮອບ 24 ຊົ່ວໂມງ ເພື່ອໃຫ້ເຫັນ Peak Load ແລະ ຊ່ວງປິດແອັດັກທ່ຽງ



ຮູບທີ 7: ກາຟຄວາມສຳພັນລະຫວ່າງ ອຸນຫະພູມ ແລະ ກຳລັງໄຟຟ້າ ເພື່ອສະແດງປະສິດທິພາບຂອງເຊັນເຊີ DHT22 ແລະ PZEM-004T



ຮູບທີ 8: ກາຟປຽບທຽບພະລັງງານສະສົມ ກ່ອນ ແລະ ຫຼັງ ຕິດຕັ້ງລະບົບ ເພື່ອຢັ້ງຢືນການປະຢັດໄຟ 25.21%