KO‘P QAVATLI TURAR-JOY BINOLARIDA IOT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA ENERGIYA SARFINI MONITORING QILISH TIZIMINI ISHLAB CHIQISH

Irmuxamedova Navruza Abdullajonovna
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent
Axborot Texnologiyalari Universiteti katta o‘qituvchisi
O‘rozova Yulduzxon Doniyor qizi
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent
Axborot Texnologiyalari Universiteti 1-kurs magistranti

Annotatsiya. *Ushbu maqolada ko‘p qavatli turar-joy binolarida elektr energiyasi iste’molini xonadonlar va umumiy foydalanish joylari kesimida kuzatish uchun Internet of Things (IoT) texnologiyalariga asoslangan monitoring tizimining tuzilishi taklif etiladi. Tizim aqlli elektr hisoblagichlar, ma’lumot uzatish moduli, server, ma’lumotlar bazasi va veb-interfeysdan tashkil topadi. Hisoblagichlardan olingan energiya iste’moli qiymatlari vaqt belgisi va qurilma identifikatori bilan birga serverga uzatiladi, saqlanadi hamda grafiklar orqali foydalanuvchiga ko‘rsatiladi.*

Аннотация. *В данной статье предлагается структура системы мониторинга на основе технологий Интернета вещей (IoT) для наблюдения за потреблением электроэнергии в многоквартирных жилых зданиях отдельно по квартирам и зонам общего пользования. Система включает интеллектуальные электросчётчики, модуль передачи данных, сервер, базу данных и веб-интерфейс. Показания энергопотребления передаются на сервер вместе с временной меткой и идентификатором устройства, сохраняются и отображаются пользователю в виде графиков.*

Abstract. *This article proposes the structure of an Internet of Things (IoT)-based monitoring system for tracking electricity consumption in multi-storey residential buildings separately for apartments and common areas. The system consists of smart electricity meters, a data transmission module, a server, a database, and a web interface. Electricity consumption readings are transmitted to the server together with a timestamp and device identifier, stored, and presented to users as charts.*

Kalit so‘zlar: *Internet of Things (IoT), elektr energiyasi iste’moli, energiya monitoringi, ko‘p qavatli turar-joy binosi, aqlli hisoblagich, kVt·soat, MQTT, ma’lumotlar bazasi, energiya samaradorligi.*

Ключевые слова: *Интернет вещей (IoT), потребление электроэнергии, мониторинг энергопотребления, многоквартирные жилые здания, интеллектуальный счётчик, кВт·ч, MQTT, база данных, энергоэффективность.*

Keywords: *Internet of Things (IoT), electricity consumption, energy monitoring, multi-storey residential buildings, smart meter, kWh, MQTT, database, energy efficiency.*

Ko‘p qavatli turar-joy binolarida elektr energiyasidan xonadonlar bilan bir qatorda liftlar, nasoslar, yo‘lak va kirish joylarining yoritish tizimlari hamda boshqa umumiy

uskunalar foydalanadi. Faqat binoning umumiy hisoblagichi ko‘rsatkichidan foydalanilganda, iste’molning qaysi qismi xonadonlarga yoki umumiy ehtiyojlarga tegishli ekanini alohida tahlil qilish qiyinlashadi. Shu sababli iste’molni alohida o‘lchash nuqtalari bo‘yicha qayd etish va vaqt kesimida tahlil qilish energiya boshqaruvini takomillashtirishga xizmat qiladi. Binolar va uy-joylarda energiya iste’molini hisobga olish hamda boshqarish uchun yagona ma’lumot almashish modelining ahamiyati ISO 17800:2017 standartida ham yoritilgan [2].

Internet of Things (IoT) — fizik qurilmalar, sensorlar va dasturiy vositalarning aloqa tarmog‘i orqali ma’lumot almashishiga asoslangan yondashuvdir. IoT tizimida o‘lchov qurilmasi ma’lumotni yig‘adi, aloqa moduli uni tarmoq orqali uzatadi, server esa qabul qilingan axborotni qayta ishlaydi va saqlaydi. Al-Fuqaha va hammualliflar IoT tizimlarining texnologiyalari, aloqa protokollari va qo‘llanish sohalarini tizimli ravishda tahlil qilgan [3]. Xujamatov X.E. telekommunikatsiya qurilmalarining gibrid energiya ta’minoti manbalarini IoT asosida avtomatlashtirilgan monitoring qilish tizimi va algoritmlarini tadqiq etgan [1]. Energiya monitoringida aqlli hisoblagichlardan foydalanish iste’mol ko‘rsatkichlarini masofadan yig‘ish va ularni keyingi tahlil uchun saqlash imkonini beradi [4].

Tadqiqotning maqsadi — ko‘p qavatli turar-joy binolarida elektr energiyasi iste’molini xonadonlar va umumiy foydalanish hududlari kesimida qayd etish, ma’lumotlarni markazlashgan holda saqlash va tahlil qilish imkonini beruvchi IoT asosidagi monitoring tizimining arxitekturasi hamda ishlash algoritmini ishlab chiqish.

Tadqiqot vazifalari:

– ko‘p qavatli turar-joy binolarida energiya sarfini hisobga olish va monitoring qilish bo‘yicha ilmiy manbalarni tahlil qilish;

– tizim uchun zarur bo‘lgan sensorlar, elektr hisoblagichlar, mikrokontroller va aloqa vositalarini aniqlash;

– qurilmalardan ma’lumotlarni yig‘ish va serverga uzatish uchun IoT arxitekturasini ishlab chiqish;

– ma’lumotlarni saqlash, qayta ishlash va veb-interfeysda vizual ko‘rsatish mexanizmlarini belgilash;

– monitoring tizimining ishonchliligi, kechikishi va o‘lchov aniqligini baholash mezonlarini ishlab chiqish.

Taklif etilayotgan tizimning o‘lchash qatlamida elektr energiyasi hisoblagichlari joylashtiriladi. Amaliy loyihada imkon qadar faol energiyani bevosita kVt·soat birligida qayd etuvchi, texnik pasporti va metrologik tekshiruv hujjatlari mavjud hisoblagichlardan foydalanish maqsadga muvofiq. Tok va kuchlanish sensorlari orqali o‘lchash tanlansa, energiya qiymatini hisoblash uchun vaqt bo‘yicha quvvatni integrallash, fazalar soni va quvvat koeffitsiyentini hisobga olish hamda qurilmani kalibrlash talab etiladi. Shu bois oddiy tok sensori ko‘rsatkichini to‘g‘ridan-to‘g‘ri elektr energiyasi sarfi deb qabul qilish mumkin emas. O‘lchov qurilmalari xonadonlar va binoning umumiy elektr tarmoqlariga elektr xavfsizligi talablariga rioya qilgan holda o‘rnatilishi kerak.

O‘lchov ma’lumotlarini uzatish uchun Wi-Fi, Ethernet, Zigbee yoki LoRaWAN texnologiyalaridan foydalanish mumkin. Tanlov bino ichidagi signal qamrovi, qurilmalar

soni, ma’lumot uzatish tezligi, elektr ta’minoti va ekspluatatsiya xarajatlariga bog‘liq. Masalan, Ethernet barqaror simli ulanishni ta’minlashi mumkin, Wi-Fi esa mavjud mahalliy tarmoqdan foydalanish imkonini beradi. Zigbee va LoRaWAN kam quvvat sarfi talab qilinadigan ayrim ssenariylarda ko‘rib chiqilishi mumkin. Barcha holatlar uchun yagona eng yaxshi texnologiya mavjud emas; tanlov obyekt sharoitida sinovdan o‘tkazilishi lozim. Smart Grid bo‘yicha tadqiqotlarda aloqa texnologiyalari va standartlarining o‘zaro mosligi tizim ishonchliligi uchun muhim ekani qayd etilgan [5].

Serverga ma’lumot uzatishda MQTT protokolidan foydalanish taklif etiladi. MQTT — mijoz-server asosida ishlaydigan, publish/subscribe (nashr qilish/obuna bo‘lish) tamoyiliga ega xabar almashish protokoli bo‘lib, IoT qurilmalari kabi resurslari cheklangan muhitlarda qo‘llash uchun mo‘ljallangan [6]. Masalan, hisoblagich o‘z identifikatoriga mos mavzuga o‘lchov qiymatini yuboradi, serverdagi xizmat esa shu mavzuga obuna bo‘lib xabarni qabul qiladi. MQTT ma’lumotning o‘lchov aniqligini ta’minlamaydi; u faqat xabarlarni uzatish mexanizmini tashkil qiladi. O‘lchov aniqligi hisoblagichning texnik va metrologik xususiyatlariga bog‘liq.

Ma’lumotlar bazasida qurilma identifikatori, o‘lchov nuqtasi (xonadon yoki umumiy zona), o‘lchov vaqti, faol energiya iste’moli (kVt·soat) va qurilma holati saqlanishi kerak. Zarurat bo‘lsa, oniy quvvat (kVt) alohida parametr sifatida qayd etiladi; quvvat va energiya bir xil kattalik emas. Veb-interfeysda kunlik, haftalik va oylik iste’mol grafiklari, xonadonlar hamda umumiy hududlar bo‘yicha jamlanma ko‘rsatkichlar aks ettiriladi. Belgilangan chegaradan oshish holatida tizim ogohlantirish yuborishi mumkin. Bu funksiyalar iste’mol dinamikasini aniqlash va noodatiy sarf holatlarini tekshirishga yordam beradi.

Monitoring ma’lumotlari energiya samaradorligini baholash uchun zarur, biroq iste’molni kuzatishning o‘zi energiya tejalishini kafolatlamaydi. Tejamkorlikni aniqlash uchun tizim joriy etilishidan oldingi bazaviy davr va undan keyingi hisobot davri ma’lumotlari taqqoslanishi, tashqi harorat, bandlik va foydalanish vaqti kabi iste’molga ta’sir qiluvchi omillar hisobga olinishi kerak. ISO 50001:2018 energiya menejmenti tizimini joriy etish, natijalarni o‘lchash va doimiy takomillashtirish uchun umumiy talablarni belgilaydi [7]. Demak, ishlab chiqiladigan IoT tizimi energiya menejmenti qarorlarini ma’lumot bilan ta’minlaydi, lekin boshqaruv choralarining o‘rnini bosmaydi.

Axborot xavfsizligi uchun qurilmalarni autentifikatsiyalash, uzatilayotgan ma’lumotlarni shifrlash, foydalanuvchi rollarini ajratish va serverga kirishni nazorat qilish zarur. Xonadonlar bo‘yicha iste’mol ma’lumotlari alohida foydalanuvchilarga tegishli bo‘lishi mumkin; shu sababli har bir foydalanuvchi faqat o‘ziga ruxsat etilgan ma’lumotlarni ko‘rishi lozim. Aloqa uzilganda qurilma o‘lchovlarni vaqtincha xotirada saqlashi va aloqa tiklangach serverga yuborishi mumkin. Bu mexanizm ma’lumot yo‘qolishi xavfini kamaytiradi, biroq bufer hajmi va qayta uzatish algoritmi alohida loyihalanishi kerak.

Tizim prototipini baholashda hisoblagich ko‘rsatkichlari etalon yoki tekshirilgan nazorat hisoblagichi bilan bir xil vaqt oralig‘ida solishtiriladi. O‘lchov xatoligi foizda, xabarlarning yetib borish ulushi, uzatish kechikishi va aloqa uzilishlari soni alohida hisoblanadi. Dasturiy qism uchun ma’lumotlar bazasiga yozishdagi xatolar, grafiklarning yangilanish vaqti hamda ogohlantirishlarning yetib borishi tekshiriladi. Sinovlar avval

laboratoriya sharoitida, keyin esa ruxsat etilgan real obyekt sharoitida o‘tkazilishi maqsadga muvofiq. Olingan natijalar tajriba sharoiti, qurilmalar turi va o‘lchov davri bilan birga bayon qilinishi kerak.

Tadqiqot natijasi sifatida ko‘p qavatli turar-joy binosi uchun IoT monitoring tizimining funksional arxitekturasi, ma’lumotlar almashinuvi algoritmi, ma’lumotlar bazasi tarkibi va foydalanuvchi interfeysi talablari ishlab chiqilishi ko‘zda tutiladi. Ishning amaliy ahamiyati xonadonlar va umumiy foydalanish hududlari iste’molini alohida qayd etish, ularni yagona platformada taqqoslash hamda me’yordan chetlanishlarni aniqlash imkoniyatini beruvchi yondashuvni taklif etishdan iborat. Tizimning amaliy samaradorligi o‘lchov aniqligi, ma’lumot uzatish ishonchliligi, kechikish, uzluksiz ishlash va axborot xavfsizligi ko‘rsatkichlari bilan baholanadi. Ushbu tezisda prototip sinovi o‘tkazilgani haqida ma’lumot yo‘q; shu sababli aniq energiya tejash foizi yoki tizim samaradorligi bo‘yicha tajribaviy xulosa berilmaydi.

Xulosa. Ko‘p qavatli turar-joy binolarida elektr energiyasi iste’molini xonadonlar va umumiy foydalanish hududlari kesimida kuzatish uchun IoT asosidagi monitoring tizimidan foydalanish mumkin. Taklif etilgan arxitektura aqlli hisoblagichlar, aloqa moduli, MQTT orqali xabar uzatish, server, ma’lumotlar bazasi va veb-interfeysdan iborat. Ilmiy manbalar hamda ISO 17800:2017, ISO 50001:2018 va OASIS MQTT 5.0 hujjatlari tizimning ma’lumot almashinuvi va energiya menejmenti jihatlarini asoslashga xizmat qiladi. Bunda elektr energiyasi iste’moli kVt·soat, oniy quvvat esa kVt birliklarida alohida yuritilishi kerak. Tizim energiya tejalishini avtomatik ravishda kafolatlamaydi; uning foydasi va samaradorligi faqat o‘lchov aniqligi, uzatish ishonchliligi va real sinov natijalari asosida baholanishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Xujamatov X.E. IoT asosida telekommunikatsiya qurilmalari gibrid energiya ta’minoti manbalarini avtomatlashtirilgan monitoring tizimi // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari ilmiy-amaliy va axborot-tahliliy jurnali. — 2023. — № 2(24). — B. 113–123.

2. ISO 17800:2017. Facility smart grid information model. — Geneva: International Organization for Standardization, 2017. (Ko‘p xonadonli turar-joy binolarida energiya iste’moli ma’lumotlarini almashish va submetering masalalari.)

3. Al-Fuqaha A., Guizani M., Mohammadi M., Aledhari M., Ayyash M. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications // IEEE Communications Surveys & Tutorials. — 2015. — Vol. 17, No. 4. — P. 2347–2376. — DOI: 10.1109/COMST.2015.2444095.

4. Rind Y.M., Raza M.H., Zubair M., Mehmood M.Q., Massoud Y. Smart Energy Meters for Smart Grids, an Internet of Things Perspective // Energies. — 2023. — Vol. 16, No. 4. — Article 1974. — DOI: 10.3390/en16041974.

5. Gungor V.C., Sahin D., Kocak T., Ergut S., Buccella C., Cecati C., Hancke G.P. Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards // IEEE Transactions on Industrial Informatics. — 2011. — Vol. 7, No. 4. — P. 529–539. — DOI: 10.1109/TII.2011.2166794.

6. Banks A., Briggs E., Borgendale K., Gupta R. MQTT Version 5.0. — OASIS Standard. — 7 March 2019.

7. ISO 50001:2018. Energy management systems — Requirements with guidance for use. — Geneva: International Organization for Standardization, 2018.

Global Science Publication