

**AQLLI UY TIZIMLARIDA IOT QURILMALARINING O‘ZARO
INTEGRATSIYASI VA SIMSIZ ALOQA TEXNOLOGIYALARI**

Seidullayev M.K.

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Annotatsiya: Ushbu tezisdagi aqlli uy tizimlarida Buyumlar interneti (IoT) qurilmalarining o‘zaro moslashuvchanligini ta’minlash masalasi ko‘rib chiqilgan. IoT asosida aqlli uy qurilmalarini yagona tarmoq muhitiga integratsiyalashda qo‘llaniladigan Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave, Bluetooth Low Energy (BLE) va Thread simsiz aloqa texnologiyalarining asosiy xususiyatlari tahlil qilingan. Mazkur texnologiyalar tarmoq arxitekturasini, energiya sarfi va qo‘llanish sohasi bo‘yicha qiyoslangan. Tahlil natijasida Wi-Fi yuqori tezlikdagi ma’lumot almashinuvi, ZigBee va Z-Wave kam quvvatli avtomatlashtirish tizimlari, Bluetooth LE energiya cheklangan qurilmalar, Thread esa IPv6 asosidagi zamonaviy mesh tarmoqlar uchun qo‘llanishi mumkinligi ko‘rsatib berilgan. Shuningdek, aqlli uy tizimlarida turli aloqa texnologiyalaridan foydalanish qurilmalararo integratsiya va interoperabellikni ta’minlash masalasini dolzarb qilishi asoslangan.

Kalit so‘zlar: Buyumlar interneti, IoT, aqlli uy, interoperabellik, Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave, Bluetooth Low Energy, Thread, simsiz aloqa texnologiyalari, mesh tarmoq.

KIRISH

So‘nggi yillarda Internet of Things (IoT) texnologiyalarining rivojlanishi natijasida turli fizik obyektlarni raqamli muhitga integratsiyalash imkoniyatlari sezilarli darajada kengaydi. Ayniqsa, aqlli uy tizimlarida yoritish, isitish va sovutish, xavfsizlik, maishiy texnika hamda energiya monitoringi kabi jarayonlarni avtomatlashtirishda IoT qurilmalaridan keng foydalanilmoqda. IoT texnologiyalarining asosiy imkoniyatlaridan biri turli fizik qurilmalarni yagona tarmoq muhitida o‘zaro bog‘lash va ulardan olingan ma’lumotlarni markazlashgan yoki taqsimlangan holda qayta ishlashdan iborat. Khajenasiri va boshqalar tomonidan olib borilgan tadqiqotda ham aqlli binolarda energiyani intellektual boshqarish uchun turli IoT qurilmalarini yagona arxitektura asosida birlashtirish masalasi ko‘rib chiqilgan.

Aqlli uy tizimining umumiy ishlash tamoyilini sensorlar – aloqa tarmog‘i – dasturiy platforma – foydalanuvchi/boshqaruv ketma-ketligi orqali ifodalash mumkin. Sensorlar orqali atrof-muhit va qurilmalarga oid ma’lumotlar yig‘iladi, aloqa texnologiyalari yordamida ushbu ma’lumotlar uzatiladi, dasturiy platforma esa ularni qayta ishlab, tegishli boshqaruv qarorlarini shakllantiradi. Bunday yondashuv foydalanuvchiga qurilmalarni masofadan boshqarish, energiya sarfini monitoring qilish va ayrim jarayonlarni avtomatlashtirish imkonini beradi.

Biroq aqlli uy tizimlarida IoT qurilmalarining ko‘payishi bilan ularning o‘zaro moslashuvchanligini ta’minlash muammosi ham dolzarb bo‘lib bormoqda. Turli ishlab chiqaruvchilar tomonidan ishlab chiqarilgan qurilmalar bir-biridan farqli aloqa protokollari va texnologiyalaridan foydalanishi mumkin. Natijada bitta aqlli uy muhitida turli

texnologiyalar asosida ishlaydigan qurilmalarni yagona boshqaruv tizimiga integratsiyalash qo‘shimcha dasturiy va apparat vositalarini talab qiladi. Tadqiqotlarda interoperabellik IoT tizimlarini loyihalashdagi muhim talablardan biri sifatida ko‘rsatilgan.

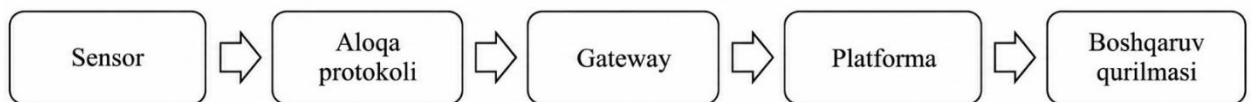
Shu nuqtayi nazardan, ushbu tezisda aqlli uy tizimlarida qo‘llaniladigan asosiy simsiz aloqa texnologiyalari, ularning texnik xususiyatlari va o‘zaro moslashuvchanlikni ta’minlashdagi imkoniyatlari tahlil qilinad.

2. Aqlli uy IoT tizimlarida interoperabellik muammosi

Interoperabellik — turli IoT qurilmalari, dasturiy platformalar va aloqa texnologiyalarining o‘zaro ma’lumot almashishi va birgalikda ishlash imkoniyatidir. Aqlli uy tizimida bu xususiyat ayniqsa muhim, chunki tizim tarkibida turli ishlab chiqaruvchilarga tegishli sensorlar, aktuatorlar, kameralar, aqlli hisoblagichlar va maishiy qurilmalar mavjud bo‘lishi mumkin.

Khajenasiri va boshqalar IoT tizimlarida turli ishlab chiqaruvchilar bir xil standartlarni turlicha talqin qilishi mumkinligini interoperabellik muammolaridan biri sifatida ko‘rsatadi. Muammoni kamaytirish uchun middleware va integratsiya qatlamlaridan foydalanish yondashuvlari ham ko‘rib chiqilgan.

Aqlli uyda ushbu muammo quyidagi holatda namoyon bo‘ladi:



Agar sensor va boshqaruv qurilmasi turli protokollardan foydalansa, ular o‘rtasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri aloqa o‘rnatish imkoni cheklanishi mumkin. Shu sababli gateway yoki middleware asosidagi integratsiya mexanizmlaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi.

3. Aqlli uyda qo‘llaniladigan simsiz aloqa texnologiyalari

Aqlli uy IoT qurilmalarini ulashda Wi-Fi, ZigBee, Z-Wave, Bluetooth Low Energy (BLE) va Thread kabi texnologiyalardan foydalanish mumkin.

Wi-Fi. Wi-Fi yuqori ma’lumot uzatish tezligi va keng tarqalgan infratuzilmaga ega bo‘lgani sababli aqlli uy tizimlarida keng qo‘llaniladi. Ayniqsa, yuqori hajmdagi ma’lumotlarni uzatadigan IP-kameralar, multimedia qurilmalari va ayrim boshqaruv qurilmalari uchun qulay hisoblanadi.

Biroq sensorlar kabi doimiy ravishda kichik hajmdagi ma’lumotlarni uzatadigan, batareyada ishlaydigan qurilmalar uchun energiya sarfi muhim cheklov bo‘lishi mumkin.

ZigBee. ZigBee kam quvvat sarflaydigan IoT qurilmalari uchun mo‘ljallangan simsiz texnologiyalardan biridir. Uning muhim xususiyatlaridan biri mesh tarmoq topologiyasini qo‘llab-quvvatlashidir.

Shu sababli ZigBee harorat, namlik, harakat va yoritish sensorlari kabi qurilmalarda foydalanish uchun mos keladi.

Z-Wave. Z-Wave asosan uy avtomatizatsiyasi va smart-home qurilmalarini boshqarish uchun ishlab chiqilgan simsiz texnologiyalardan biridir. Undan yoritish tizimlari, xavfsizlik qurilmalari, aqlli qulflar va boshqa avtomatlashtirish vositalarida foydalanish mumkin.

Bluetooth Low Energy. Bluetooth LE energiya sarfini kamaytirishga yo‘naltirilgan bo‘lib, kichik hajmdagi ma’lumotlarni uzatuvchi sensorlar va mobil qurilmalar bilan

ishlashda qo'llaniladi. Uning kam energiya iste'moli batareya bilan ishlaydigan IoT qurilmalari uchun muhim afzallik hisoblanadi.

Thread. Thread — IP asosidagi, kam quvvatli mesh tarmoq texnologiyasi bo'lib, zamonaviy IoT va aqlli uy qurilmalarini tarmoqqa ulash uchun mo'ljallangan. IPv6 bilan ishlashi uni IP-tarmoqlar bilan integratsiya qilish nuqtayi nazaridan qiziqarli texnologiyaga aylantiradi.

4. Qiyosiy tahlil

1-jadval. Aqlli uy IoT tizimlarida qo'llaniladigan simsiz aloqa texnologiyalarining qiyosiy tavsifi.

Texnologiya	Tarmoq xususiyati	Energiya sarfi	Asosiy qo'llanish sohasi
Wi-Fi	Yuqori tezlikdagi simsiz/IP aloqa	Nisbatan yuqori	Kamera, smart TV, multimedia, qurilmalar
ZigBee	Mesh	Past	Sensorlar, yoritish, avtomatika
Z-Wave	Mesh	Past	Smart-home avtomatikasi
Bluetooth LE	Kam quvvatli simsiz aloqa	Juda past	Sensorlar, mobil qurilmalar
Thread	IPv6 asosidagi mesh	Past	Zamonaviy IoT va smart-home qurilmalari

Bu yerda bitta texnologiyani mutlaq ustun deb ko'rsatish shart emas. Texnologiya tanlovi qurilmaning vazifasi, ma'lumot uzatish hajmi, energiya manbai, aloqa masofasi va tizimning integratsiya talablariga bog'liq.

5. Xulosa

Aqlli uy tizimlarida IoT texnologiyalaridan foydalanish qurilmalarni masofadan monitoring qilish va boshqarish, energiya sarfini nazorat qilish hamda uy xo'jaligidagi turli jarayonlarni avtomatlashtirish imkonini beradi. Shu bilan birga, turli ishlab chiqaruvchilarning qurilmalari va turli aloqa protokollarining mavjudligi interoperabellik masalasini muhim muammolardan biriga aylantiradi.

Wi-Fi yuqori tezlik talab qilinadigan qurilmalar uchun, ZigBee va Z-Wave kam quvvatli avtomatlashtirish tizimlari uchun, Bluetooth LE energiya jihatidan cheklangan sensorlar uchun, Thread esa IP-asosidagi zamonaviy mesh IoT tarmoqlari uchun qo'llanishi mumkin. Shunday qilib, aqlli uy tizimini loyihalashda aloqa texnologiyasini tanlash qurilmalarning funksional vazifalari va tizimning umumiy integratsiya talablarini hisobga olgan holda amalga oshirilishi kerak.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Khajenasiri I., Estebsari A., Verhelst M., Gielen G. A Review on Internet of Things Solutions for Intelligent Energy Control in Buildings for Smart City Applications // *Energy Procedia*. – 2017. – Vol. 111. – P. 770–779. – DOI: 10.1016/j.egypro.2017.03.239.
2. Atzori L., Iera A., Morabito G. The Internet of Things: A Survey // *Computer Networks*. – 2010. – Vol. 54, No. 15. – P. 2787–2805. – DOI: 10.1016/j.comnet.2010.05.010.
3. Gubbi J., Buyya R., Marusic S., Palaniswami M. Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions // *Future Generation Computer Systems*. – 2013. – Vol. 29, No. 7. – P. 1645–1660. – DOI: 10.1016/j.future.2013.01.010.
4. 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.
5. Zanella A., Bui N., Castellani A., Vangelista L., Zorzi M. Internet of Things for Smart Cities // *IEEE Internet of Things Journal*. – 2014. – Vol. 1, No. 1. – P. 22–32. – DOI: 10.1109/JIOT.2014.2306328.
6. Ejaz W., Naeem M., Shahid A., Anpalagan A., Jo M. Efficient Energy Management for the Internet of Things in Smart Cities // *IEEE Communications Magazine*. – 2017. – Vol. 55, No. 1. – P. 84–91. – DOI: 10.1109/MCOM.2017.1600218CM.
7. Pan J., Jain R., Paul S., Vu T., Saifullah A., Sha M. An Internet of Things Framework for Smart Energy in Buildings: Designs, Prototype, and Experiments // *IEEE Internet of Things Journal*. – 2015. – Vol. 2, No. 6. – P. 527–537.
8. Kamienski C. A., Borelli F. F., Biondi G. O., Pinheiro I., Zyrianoff I. D., Jentsch M. Context Design and Tracking for IoT-Based Energy Management in Smart Cities // *IEEE Internet of Things Journal*. – 2018. – Vol. 5, No. 2. – P. 687–695. – DOI: 10.1109/JIOT.2017.2748037.
9. Al-Oudat N., et al. IoT-Based Home and Community Energy Management System in Jordan // *Procedia Computer Science*. – 2019.
10. Dasgupta A., Gill A. Q., Hussain F. Privacy of IoT-Enabled Smart Home Systems // *Internet of Things (IoT) for Automated and Smart Applications*. – IntechOpen, 2019. – DOI: 10.5772/intechopen.84338.
11. Talari S., Shafie-khah M., Siano P., Loia V., Tommasetti A., Catalão J. P. S. A Review of Smart Cities Based on the Internet of Things Concept // *Energies*. – 2017. – Vol. 10, No. 4. – Art. 421. – DOI: 10.3390/en10040421.
12. Qian Y., Wu D., Bao W., Lorenz P. The Internet of Things for Smart Cities: Technologies and Applications // *IEEE Network*. – 2019. – Vol. 33, No. 2. – P. 4–5. – DOI: 10.1109/MNET.2019.8675165.
13. Domínguez-Bolaño T., Campos O., Barral V., Escudero C. J., García-Naya J. A. An Overview of IoT Architectures, Technologies, and Existing Open-Source Projects // *Internet of Things*. – 2022. – Vol. 20. – Art. 100626.

20-Sentyabr, 2026-yil

14. 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.

15. Le D. N., et al. Smart-Building Management System: An Internet-of-Things (IoT) Application Business Model in Vietnam // Technological Forecasting and Social Change. – 2019.

