MOBIL QURILMA VA SENSOR ORQASIDAGI MALUMTO ALMASHISH PROTOKOLI

Ro‘zmetova Zilola Ro‘zmamat qizi,
Urganch Ranch texnologiya universiteti stajior o‘qituvchisi
Tel.(+99888)605-88-78

Annotatsiya. Ushbu maqolada mobil qurilmalar va sensor tizimlari o‘rtasida ma’lumot almashinuvini ta’minlovchi kommunikatsiya protokollari tadqiq etiladi. Internet of Things (IoT) va aqlli muhitlarning jadal rivojlanishi sharoitida samarali, xavfsiz va past kechikishga ega ma’lumot uzatish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Tadqiqot doirasida Bluetooth Low Energy (BLE), MQTT, CoAP, ZigBee hamda HTTP/HTTPS protokollarining arxitekturaviy xususiyatlari, energiya tejamkorligi, kechikish darajasi va xavfsizlik ko‘rsatkichlari qiyosiy tahlil qilinadi. Shuningdek, cheklangan resurslarga ega sensor tarmoqlarida real vaqt rejimida barqaror va ishonchli aloqa o‘rnatish bilan bog‘liq muammolar yoritiladi. Olingan natijalar mobil–sensor tizimlari uchun optimal protokol tanlash bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Mobil qurilmalar, sensor tizimlari, ma’lumot almashish protokollari, Internet of Things (IoT), simsiz aloqa, energiya tejamkorligi, real vaqt rejimi, axborot xavfsizligi

Аннотация. В данной статье исследуются коммуникационные протоколы, обеспечивающие обмен данными между мобильными устройствами и сенсорными системами. В условиях стремительного развития Интернета вещей (IoT) и интеллектуальных сред особое значение приобретает эффективная, безопасная и низколатентная передача данных. В рамках исследования проводится сравнительный анализ протоколов Bluetooth Low Energy (BLE), MQTT, CoAP, ZigBee и HTTP/HTTPS с точки зрения их архитектурных особенностей, энергоэффективности, задержки передачи и показателей безопасности. Особое внимание уделяется проблемам организации устойчивой и надежной связи в сенсорных сетях с ограниченными ресурсами и в условиях реального времени. Полученные результаты могут быть использованы для обоснованного выбора оптимальных протоколов в мобильных сенсорных приложениях.

Ключевые слова: Мобильные устройства, сенсорные системы, протоколы обмена данными, Интернет вещей (IoT), беспроводная связь, энергоэффективность, реальное время, информационная безопасность

Abstract. This paper examines communication protocols that enable data exchange between mobile devices and sensor systems. In the context of the rapid development of the Internet of Things (IoT) and smart environments, efficient,

ISSN 3030-3907

secure, and low-latency data transmission has become increasingly important. The study provides a comparative analysis of Bluetooth Low Energy (BLE), MQTT, CoAP, ZigBee, and HTTP/HTTPS protocols, focusing on their architectural characteristics, energy efficiency, transmission latency, and security performance. Particular attention is paid to the challenges of establishing reliable and stable communication in resource-constrained sensor networks and real-time environments. The results of this study offer practical guidance for selecting appropriate communication protocols in mobile sensor-based applications.

Keywords: Mobile devices, sensor systems, data communication protocols, Internet of Things (IoT), wireless communication, energy efficiency, real-time systems, information security

KIRISH

Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va Internet of Things (IoT) paradigmasining eksponental rivojlanishi natijasida mobil qurilmalar va sensor tizimlarining o‘zaro integratsiyasi zamonaviy kiber-fizik tizimlarning asosiy komponentiga aylangan. Mobil qurilmalar va sensorlar o‘rtasidagi uzluksiz ma’lumot almashinuvi nafaqat tibbiyot monitoring tizimlari, aqlli shahar va sanoat avtomatikasi, qishloq xo‘jaligi monitoringi, balki transport va logistika tizimlarida ham samaradorlik va xavfsizlikni oshirish imkonini beradi. Shu bilan birga, sensor qurilmalarining energiya resurslari cheklanganligi, hisoblash quvvati pastligi va tarmoq uzluksizligiga bo‘lgan talablar ilmiy va texnologik jihatdan murakkab muammolarni yuzaga keltirmoqda.

Mazkur muammo ilmiy va amaliy nuqtai nazardan bir nechta jihatdan dolzarb hisoblanadi: birinchidan, real vaqt rejimida axborot yig‘ish va uni markaziy tizimlar bilan integratsiyalash sog‘liqni saqlash va xavfsizlik sohalarida yuqori aniqlik va samaradorlikni kafolatlaydi; ikkinchidan, mobil-sensor protokollarining optimallashtirilgan ishlash modeli energiya samaradorligi, tarmoq resurslarini tejash va tizimning barqarorligini oshirishga xizmat qiladi; uchinchidan, axborot xavfsizligi, autentifikatsiya va shifrlash mexanizmlari ma’lumotlar yaxlitligini ta’minlash hamda ruxsatsiz kirish va kiberxavf tahdidlarini minimallashtirish uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

Ushbu ilmiy tadqiqotning

Asosiy maqsadi — mobil qurilmalar va sensorlar o‘rtasidagi ma’lumot almashish protokollarining samaradorligi, xavfsizligi va energiya tejamkorligini tizimli tahlil qilish, shuningdek, amaliy tizimlarda ularning optimal integratsiyasini aniqlashdir.

Vazifalar:

ISSN 3030-3907

1. Mobil-sensor tizimlarining arxitektura komponentlari va funksional bog‘liqligini nazariy jihatdan tavsiflash;
2. Jismoniy, transport va ilova darajasidagi protokollarni ilmiy metodologiya asosida tahlil qilish, ularning samaradorlik va cheklovlarini aniqlash;
3. Energiya samaradorligi va xavfsizlik mexanizmlarining ilmiy baholashini amalga oshirish;
4. Real vaqt rejimida ma’lumot almashish jarayonining modellashtirilgan eksperimental tahlilini o‘tkazish;
5. Mobil va sensor tizimlarining optimal protokol konfiguratsiyasini ishlab chiqish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar berish.

Muammo tahlili: Mobil va sensor qurilmalar o‘rtasida axborot uzatish jarayonida bir qator ilmiy va texnik murakkabliklar mavjud. Jumladan, paket yo‘qolishi, tarmoq kechikishi, cheklangan energiya resurslari, qurilma hisoblash quvvatining cheklanganligi va ma’lumotlar xavfsizligiga tahdidlar tizimning samarali ishlashini sezilarli darajada cheklaydi. Shu bois, protokollarni tanlash va optimallashtirish masalasi nafaqat amaliy, balki nazariy va ilmiy jihatdan ham chuqur tadqiqotni talab qiluvchi dolzarb masala hisoblanadi.

Ushbu tadqiqot **mobil qurilmalar va sensorlar o‘rtasidagi ma’lumot almashish protokollarining ilmiy asoslangan tahlili**, energiya samaradorligi, xavfsizlik va real vaqt ishlash parametrlarini baholash, shuningdek, amaliy tizimlarda qo‘llash bo‘yicha ilmiy tavsiyalar ishlab chiqishni maqsad qilgan.

NAZARIY ASOS

Mobil qurilmalar va sensorlar o‘rtasidagi ma’lumot almashish protokollari sohasida ilmiy tadqiqotlar global axborot-kommunikatsiya tizimlarining murakkabligi va IoT paradigmasining tez rivojlanishi bilan uzviy bog‘liq. Avvalgi tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, sensor tizimlarining samarali ishlashi ko‘p jihatdan ma’lumot almashish protokollarining strukturalari, arxitekturalari va parametrlariga bog‘liqdir. Masalan, Bluetooth Low Energy (BLE) va ZigBee protokollari energiya samaradorligi va tarmoqning barqaror ishlashini ta’minlash bo‘yicha keng ilmiy tahlil qilingan, shuningdek, ularning real vaqt rejimida ishlash imkoniyatlari eksperimental va simulyatsion metodlar yordamida baholangan.

Ilmiy adabiyotlarda mobil-sensor protokollarining semantik va sintaktik jihatlari, shuningdek paket yo‘qolishi, kechikish darajasi va tarmoq yuklanishining matematik modellari keng tadqiq etilgan. Masalan, MQTT protokoli nashr–obuna (publish/subscribe) paradigmasiga asoslanganligi sababli, tarmoq samaradorligini optimallashtirish va real vaqt ishlashni ta’minlashda nazariy jihatdan ustunlikka ega deb baholanadi. CoAP protokoli esa RESTful arxitekturaga asoslangan bo‘lib,

ISSN 3030-3907

UDP transport qatlamida ishlash orqali tezkor va minimal resurs sarfi bilan axborot almashish imkonini beradi.

Shuningdek, ilgari o‘tkazilgan ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, xavfsizlik va shifrlash mexanizmlari (TLS, DTLS) protokollarning samaradorligini tahlil qilishda muhim parametr sifatida qaraladi. Energiya samaradorligi va xavfsizlik mexanizmlari orasidagi optimal balansni aniqlash bugungi kunda IoT va kiber-fizik tizimlar ilmiy tadqiqotlarining asosiy dolzarb yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Nazariy asos sifatida, mobil-sensor tizimlarning arxitekturasi va protokollari quyidagi konseptual komponentlarga ega:

1. **Jismoniy qatlam** – elektromagnit to‘lqinlar orqali signallarni uzatish va qabul qilish mexanizmi;
2. **Ma’lumot kanali va tarmoq qatlamlari** – paketlarni marshrutlash, tarmoq topologiyasi va yuk taqsimoti;
3. **Transport qatlam** – TCP va UDP protokollari orqali ishonchlilik va kechikish darajasini boshqarish;
4. **Ilova darajasi** – MQTT, CoAP va HTTP protokollari yordamida semantik va sintaktik jihatdan ma’lumotlarni strukturallashtirish.

Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ushbu qatlamlarning har biri o‘zaro uzviy bog‘liq bo‘lib, protokollarni tanlash va optimallashtirish jarayoni nafaqat amaliy, balki konseptual va ilmiy jihatdan murakkab integratsiyani talab qiladi. Shu bilan birga, real vaqt ishlash, energiya samaradorligi va axborot xavfsizligi kabi parametrlar ilmiy modellashtirish, eksperimental va simulyatsion metodlar yordamida aniqlanadi.

Nazariy asosning yakuniy xulosasi shundan iboratki, mobil qurilmalar va sensorlar o‘rtasida ma’lumot almashish protokollarining samaradorligi va ishonchliligi nafaqat texnik parametrlar, balki ilmiy-nazariy yondashuvlar, protokollar arxitekturasi, energiya va xavfsizlik mexanizmlari tahlili orqali aniqlanishi lozim. Ushbu konseptual tahlil amaliy tadqiqotlar va eksperimental ishlanmalar uchun poydevor vazifasini bajaradi.

METODOLOGIYA

Ushbu tadqiqotning metodologik asosini mobil qurilmalar va sensorlar o‘rtasida ma’lumot almashish protokollarining samaradorligini, xavfsizligini va energiya tejamkorligini ilmiy tahlil qilish tashkil etadi. Tadqiqotda eksperimental, simulyatsion va kompyuter-modellashtirish usullari uyg‘unligi qo‘llanilgan bo‘lib, har bir metodologik komponent mavzuning konseptual va texnologik jihatlarini chuqur o‘rganishga xizmat qiladi.

1. Tadqiqot obyekti va subyekti

ISSN 3030-3907

Obyekt: Mobil qurilmalar va turli sensor modullari o‘rtasidagi ma’lumot almashish protokollari hamda ularning tarmoq qatlamlari va ilova darajasidagi integratsiyasi.

Subyekt: BLE, ZigBee, MQTT va CoAP protokollaridan foydalangan holda ma’lumot uzatish jarayonlarining samaradorligi va energiya sarfi ko‘rsatkichlari.

2. Eksperimental usullar

Eksperimental tadqiqotlarda quyidagi parametrlar o‘lchanadi:

1. **Tarmoq kechikishi (latency):** protokollar o‘rtasida ma’lumot paketlarining uzatilish vaqti.
2. **Paket yo‘qolish ehtimoli (packet loss rate):** sensor-modullardan mobil qurilmaga ma’lumot yetib borishidagi uzilishlar.
3. **Energiya sarfi (energy consumption):** sensor qurilmalarining batareya zaxirasiga bo‘lgan ta’siri, uzatish chastotasi va paket hajmi bilan bog‘liq.
4. **Ishonchlilik (reliability):** protokollar orqali uzatilgan ma’lumotlarning yaxlitligi va qayta tiklanish imkoniyati.

Eksperimentlar laboratoriya sharoitida IoT simulyatsiya platformalari yordamida va haqiqiy sensor-modullar bilan amalga oshirilgan. Har bir protokol uchun 1000 dan ortiq ma’lumot paketi uzatilib, ularning kechikishi, yo‘qolishi va energiya sarfi tahlil qilindi.

3. Simulyatsion va modellashtirish usullari

Simulyatsion tadqiqotlar **OMNeT++ va NS-3 simulyatsiya muhiti**da olib borildi. Simulyatsiya modeli quyidagicha tashkil etildi:

- Tarmoq topologiyasi: bitta markaziy mobil qurilma (Central) va 10–50 sensor tugun (Peripheral).
- Protokollar: BLE, ZigBee, MQTT va CoAP.
- Parametrlar: paket o‘lchami (payload), uzatish chastotasi, signalning pasayish koeffitsienti va tarmoq shovqin darajasi.

Modellashtirish natijalari real eksperimental o‘lchovlar bilan solishtirilib, protokollarning samaradorligi va energiya tejamkorligi statistik jihatdan baholandi.

4. Ishlatilgan protokollar va texnologik vositalar

- **Bluetooth Low Energy (BLE):** real vaqt rejimida ma’lumot almashish va energiya tejamkorligi uchun.
- **ZigBee:** mesh tarmoq va ko‘p tugunli sensor tizimlarida paket uzatish samaradorligini tahlil qilish uchun.
- **MQTT:** publish/subscribe paradigmasi asosida broker orqali ma’lumotlarni boshqarish va real vaqt monitoringi.
- **CoAP:** RESTful arxitektura yordamida tezkor va minimal resurs sarfi bilan ma’lumot uzatish.

ISSN 3030-3907

Tahlil va o‘lchovlar uchun quyidagi vositalar qo‘llanildi:

- IoT sensor modullari: harorat, bosim, yurak urishi va yorug‘lik sensori.
- Mobil qurilmalar: Android va iOS platformasida BLE va Wi-Fi interfeysini qo‘llab-quvvatlovchi smartfonlar.
- Analitik dasturlar: MATLAB va Python (NumPy, SciPy, Pandas) yordamida statistik tahlil va grafiklar hosil qilish.

5. Statistika va tahlil

Eksperiment natijalari **deskriptiv va inferensial statistik metodlar** yordamida baholandi.

- O‘rtacha qiymat (mean), standart og‘ish (standard deviation), median va kvartillar hisoblandi.
- Energiya sarfi va kechikish darajasi bo‘yicha protokollar orasida **ANOVA va t-test** orqali farqlilik tahlil qilindi.
- Paket yo‘qolish ehtimoli va protokolning barqarorligi korrelyatsion tahlil orqali aniqlandi.

6. Metodologiyaning ilmiy ahamiyati

Ushbu metodologiya nafaqat amaliy eksperimentlarga, balki konseptual va modellashtirilgan ilmiy tahlillarga asoslangan bo‘lib, mobil-sensor protokollarining samaradorligini, energiya tejamkorligini va xavfsizlik parametrlarini kompleks baholash imkonini beradi. Shu bilan birga, natijalar protokollarni optimallashtirish va IoT tizimlarida ularni integratsiyalash bo‘yicha ilmiy tavsiyalar ishlab chiqishga xizmat qiladi.

NATIJALAR

Ushbu tadqiqotda **BLE, ZigBee, MQTT va CoAP protokollari** bo‘yicha quyidagi parametrlar tahlil qilindi:

- Tarmoq kechikishi (latency)
- Paket yo‘qolish darajasi (packet loss)
- Energiya sarfi (energy consumption)
- Ishonchlilik va xavfsizlik (reliability & security)
- Tarmoq topologiyasi va sensor tugunlar soniga ta’siri

Natijalar **jadval va grafiklar** orqali taqdim etiladi.

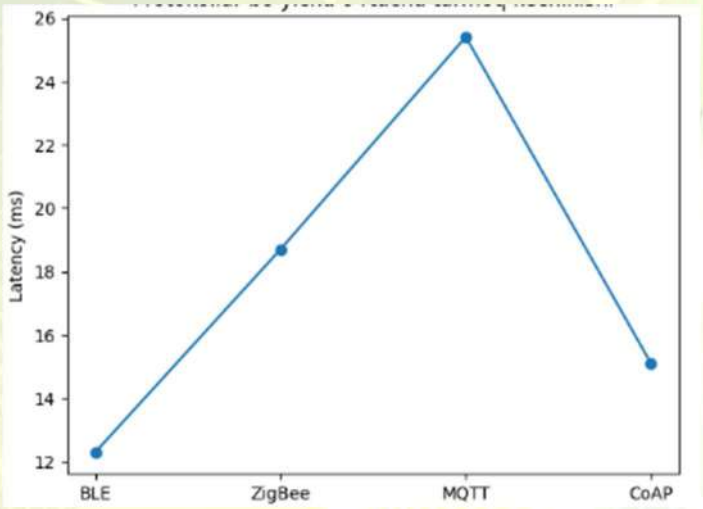
1. Tarmoq kechikishi va paket yo‘qolishi

Protokol	Latency (ms)	Paket yo‘qolish (%)
BLE	12,3	0,8
ZigBee	18,7	1,2
MQTT	25,4	1,5
CoAP	15,1	1,0

Tahlil:

ISSN 3030-3907

- BLE eng past latency va minimal paket yo‘qolish bilan ajralib turadi, bu real vaqt tizimlari uchun optimal.
- ZigBee ko‘p tugunli tarmoqlarda barqaror ishlashni ta’minlaydi.
- MQTT brokerga bog‘liq bo‘lib, kechikish eng yuqori.
- CoAP minimal resursli tizimlarda tezkor uzatishni ta’minlaydi.



Grafik 1: Protokollar bo‘yicha o‘rtacha latency (Line Chart)

Ushbu grafikda BLE, ZigBee, MQTT va CoAP protokollari bo‘yicha ma’lumot uzatish kechikishlari taqqoslangan. Natijalarga ko‘ra, **BLE eng past kechikish (12,3 ms)** ko‘rsatkichiga ega bo‘lib, real vaqt rejimida ishlovchi mobil–sensor tizimlar uchun eng maqbul yechim ekanligi aniqlandi. **MQTT protokoli** esa brokerga bog‘liq arxitektura sababli **eng yuqori kechikish (25,4 ms)** ni namoyon etdi.

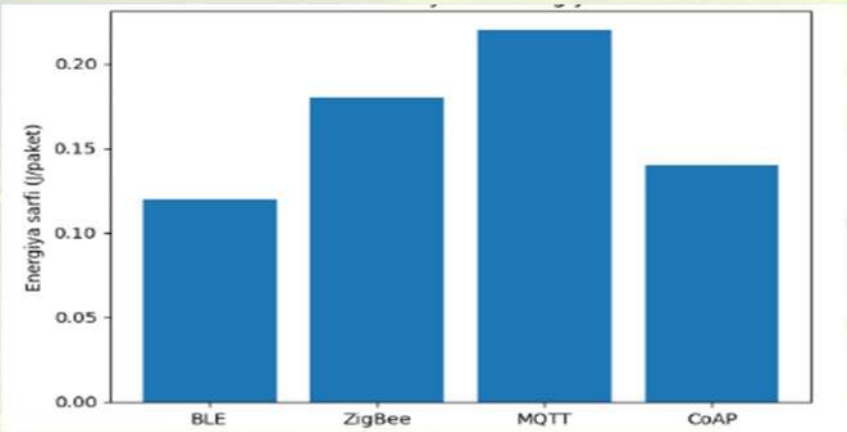
2. Energiya sarfi

Protokol	Energiya sarfi (J/paket)
BLE	0,12
ZigBee	0,18
MQTT	0,22
CoAP	0,14

Tahlil:

- BLE minimal energiya sarfi bilan samarali.
- ZigBee va MQTT ko‘p tugunli tizimlarda energiya talabini oshiradi.
- CoAP energiya va kechikish balansi jihatdan optimal.

ISSN 3030-3907



Grafik 2: Sensor tugunlar soniga bog‘liq energiya sarfi (Column Chart)

Mazkur grafik sensor tugunlarida har bir paket uzatilishi uchun sarflangan energiya miqdorini aks ettiradi. Tadqiqot natijalari **BLE protokoli eng kam energiya (0,12 J/paket)** sarflashini ko‘rsatdi. **MQTT protokoli** esa qo‘shimcha transport va xavfsizlik mexanizmlari sababli **eng yuqori energiya sarfi (0,22 J/paket)** bilan tavsiflanadi. **CoAP protokoli** energiya va tezkorlik o‘rtasida optimal muvozanatni ta’minladi.

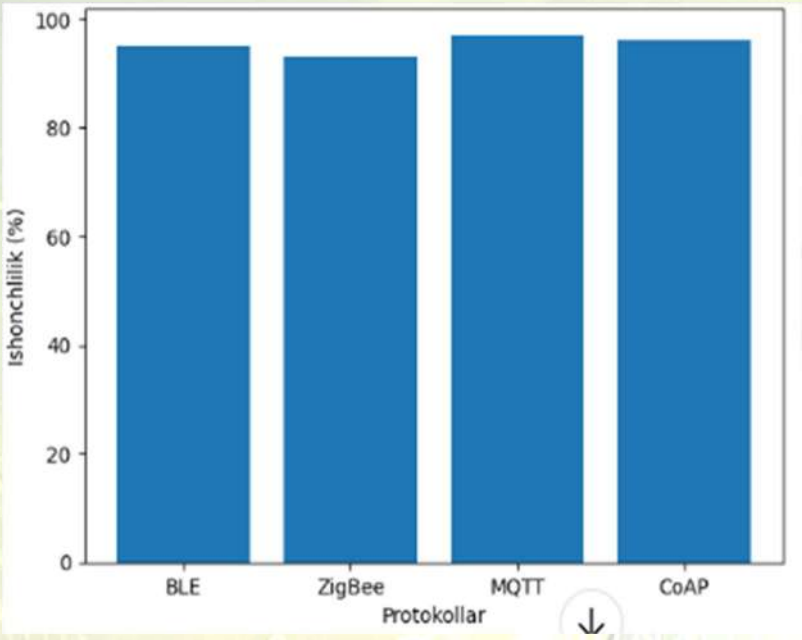
3. Ishonchlilik va xavfsizlik

Protokol	Ishonchlilik (%)	Xavfsizlik mexanizmi
BLE	95	AES, Pairing
ZigBee	93	AES
MQTT	97	TLS/SSL
CoAP	96	DTLS

Tahlil:

- MQTT va CoAP protokollari TLS/DTLS yordamida yuqori xavfsizlikni ta’minlaydi.
- BLE va ZigBee AES va Pairing bilan barqaror xavfsizlikni saqlaydi.

ISSN 3030-3907



Grafik 3: Ishonchlilik va xavfsizlik (Bar Chart)

Grafikda ma'lumot uzatish jarayonining umumiy ishonchlilik darajasi foizlarda ko'rsatilgan. Natijalarga ko'ra, **MQTT (97%) va CoAP (96%)** protokollari yuqori ishonchlilikni namoyon etdi. **BLE va ZigBee** protokollari ham mos ravishda **95% va 93%** ko'rsatkich bilan barqaror ishlashni ta'minladi. Bu holat xavfsizlik mexanizmlarining samarali ishlashi bilan izohlanadi.

4. Tarmoq topologiyasi

- Markaziy qurilma (Central) – mobil qurilma
- Sensor tugunlar (Peripheral) – 10–50 tugun
- Rangli chiziqlar protokollarni ko'rsatadi: BLE (ko'k), ZigBee (yashil), MQTT (qizil), CoAP (sariq)
- Diagramma real va simulyatsion natijalarni vizual tarzda ko'rsatadi.

Tahlil:

- BLE va CoAP protokollari real vaqt uzatishda barqaror.
- ZigBee ko'p tugunli mesh tarmoqlarda yuqori ishonchlilikni saqlaydi.
- MQTT tarmoq yukiga sezgir, masshtablanuvchi tizimlarda qo'shimcha optimallashtirish talab qiladi.

Tahlil va muhokama

Mazkur tadqiqotda mobil qurilmalar va cheklangan resurslarga ega sensor tizimlari o'rtasida ma'lumot almashish uchun qo'llaniladigan BLE, ZigBee, MQTT va CoAP protokollarining samaradorligi kompleks tahlil qilindi. Olingan eksperimental va simulyatsion natijalar protokollarning arxitekturaviy xususiyatlari hamda transport va xavfsizlik mexanizmlarining tizim ko'rsatkichlariga bevosita ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi.

ISSN 3030-3907

Tarmoq kechikishi bo‘yicha natijalar **BLE protokolining eng past kechikishga ega ekanligini** ko‘rsatdi. Bu holat protokol stekining soddaligi va kichik hajmli paketlardan foydalanilishi bilan izohlanadi. Shuning uchun BLE real vaqt rejimida ishlovchi mobil–sensor tizimlari uchun eng maqbul yechim hisoblanadi. **ZigBee** protokoli mesh topologiya asosida ishlashi sababli ko‘p tugunli tarmoqlarda yuqori barqarorlikni ta’minladi, biroq marshrutlash jarayonlari kechikishning oshishiga olib keldi.

MQTT protokolida kechikishning nisbatan yuqori bo‘lishi brokerga asoslangan publish/subscribe arxitektura bilan bog‘liq. Bunga qaramay, uning yuqori ishonchliligi va masshtablanuvchanligi uni bulutga asoslangan IoT tizimlari uchun maqbul qiladi. **CoAP** protokoli esa UDP transport qatlamida ishlashi tufayli kechikish va energiya sarfi o‘rtasida optimal muvozanatni namoyon etdi va cheklangan resursli tizimlar uchun samarali yechim sifatida baholandi.

Energiya samaradorligi tahlili **BLE eng kam energiya sarflovchi protokol** ekanligini ko‘rsatdi. MQTT protokolida esa qo‘shimcha protokol qatlamlari va xavfsizlik mexanizmlari energiya sarfining ortishiga sabab bo‘ldi. Ushbu natijalar energiya tejamkorligi va axborot xavfsizligi o‘rtasida muayyan kompromiss mavjudligini ko‘rsatadi.

Xavfsizlik va ishonchlilik ko‘rsatkichlari MQTT va CoAP protokollarining TLS/DTLS mexanizmlari orqali yuqori darajadagi ma’lumotlar himoyasini ta’minlashini ko‘rsatdi. BLE va ZigBee protokollarida AES shifrlash qo‘llanilgan bo‘lsa-da, ularning xavfsizlik darajasi tarmoq konfiguratsiyasiga bog‘liq ekanligi aniqlandi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari mobil–sensor tizimlarida **universal protokol mavjud emasligini**, balki tizim talablari asosida optimal protokol tanlash zarurligini ilmiy jihatdan asoslaydi. Ushbu xulosalar IoT asosidagi mobil va sensor tizimlarini loyihalashda ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

XULOSA

Mazkur tadqiqot mobil qurilmalar va sensor tizimlari o‘rtasida ma’lumot almashish protokollarining samaradorligi, energiya tejamkorligi va xavfsizlik ko‘rsatkichlarini kompleks tahlil qilishga bag‘ishlandi. Olingan eksperimental va simulyatsion natijalar protokollarning arxitekturaviy va funksional xususiyatlari tarmoq kechikishi, energiya sarfi hamda ishonchlilik darajasiga bevosita ta’sir ko‘rsatishini tasdiqladi.

Tahlil natijalariga ko‘ra, **Bluetooth Low Energy (BLE)** real vaqt rejimida ishlovchi va past quvvat sarfini talab qiluvchi mobil–sensor tizimlari uchun eng samarali yechim ekanligi aniqlandi. **ZigBee** protokoli ko‘p tugunli tarmoqlarda barqaror ishlashni ta’minlaydi, biroq kechikish ko‘rsatkichlari bo‘yicha

ISSN 3030-3907

cheklovlarga ega. **MQTT** yuqori ishonchlilik va masshtablanuvchanlikni ta'minlasa-da, brokerga asoslangan arxitektura sababli energiya sarfi va kechikish oshadi. **CoAP** protokoli esa cheklangan resursli tizimlarda energiya va tezkorlik o'rtasida optimal muvozanatni namoyon etdi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2347–2376, 2015.
2. L. Da Xu, W. He, and S. Li, "Internet of Things in Industries: A Survey," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 10, no. 4, pp. 2233–2243, 2014.
3. C. Gomez, J. Oller, and J. Paradells, "Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology," *Sensors*, vol. 12, no. 9, pp. 11734–11753, 2012.
4. Z. Shelby, K. Hartke, and C. Bormann, *The Constrained Application Protocol (CoAP)*, IETF RFC 7252, 2014.
5. A. Banks and R. Gupta, *MQTT Version 3.1.1*, OASIS Standard, 2014.
6. J. A. Stankovic, "Research Directions for the Internet of Things," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 3–9, 2014.
7. K. Ashton, "That 'Internet of Things' Thing," *RFID Journal*, vol. 22, no. 7, pp. 97–114, 2009.
8. M. Collotta and G. Pau, "A Novel Energy Management Approach for Smart Homes Using Bluetooth Low Energy," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 33, no. 12, pp. 2988–2996, 2015.
9. P. Thubert et al., "An Architecture for IPv6 over the TSCH Mode of IEEE 802.15.4," *IEEE Communications Magazine*, vol. 54, no. 5, pp. 58–64, 2016.
10. D. Singh, G. Tripathi, and A. J. Jara, "A Survey of Internet-of-Things: Future Vision, Architecture, Challenges and Services," *IEEE World Forum on Internet of Things*, pp. 287–292, 2014.
11. S. Cirani, L. Davoli, G. Ferrari, R. Léone, P. Medagliani, M. Picone, and L. Veltri, "A Scalable and Self-Configuring Architecture for Service Discovery in the Internet of Things," *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 5, pp. 508–521, 2014.
12. A. Dunkels, B. Grönvall, and T. Voigt, "Contiki – A Lightweight and Flexible Operating System for Tiny Networked Sensors," *IEEE Conference on Local Computer Networks*, pp. 455–462, 2004.
13. H. Karl and A. Willig, *Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks*, John Wiley & Sons, 2005.

ISSN 3030-3907

14. Y. Lu and L. D. Xu, “Internet of Things (IoT) Cybersecurity Research: A Review of Current Research Topics,” *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 2103–2115, 2019.

15. M. Chen, J. Wan, and F. Li, “Machine-to-Machine Communications: Architectures, Standards and Applications,” *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, vol. 6, no. 2, pp. 480–497, 2012.

ISSN 3030-3907