

**“IOT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA TEMIR YO‘L AVTOMATIKA VA
TELEMEXANIKA QURILMALARINI MASOFADAN NAZORAT QILISH MQTT
PROTOKOLI MISOLIDA”**

Ubaydullayev S.Q
Uralov O.O

MAQOLA MALUMOTI

MAQOLA TARIXI:

Received: 21.09.2026

Revised: 22.09.2026

Accepted: 23.09.2026

KALIT SO‘ZLAR:

*temir yo‘l transporti, IoT, MQTT,
Raspberry Pi, 4G, masofadan
nazorat, wildcard.*

ANNOTATSIYA:

Mazkur maqolada temir yo‘l avtomatika va telemexanika qurilmalarini masofadan boshqarish tizimlarining samaradorligini oshirish hamda qurilmalar holati to‘g‘risidagi ma‘lumotlarni masofadan monitoring qilish imkoniyatlarini kengaytirish masalalari zamonaviy axborot texnologiyalari asosida tahlil qilishning IoT texnologiyalariga asoslangan yechimi MQTT protokoli misolida ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot maqsadi — an‘anaviy rele asosidagi SCB qurilmalari holatini real vaqt rejimida kuzatish uchun Raspberry Pi mikrokompyuteri va 4G aloqa kanali asosidagi qurilma yaratish. Ishda MQTT protokolining publish/subscribe modeli, topik ierarxiyasi va wildcard mexanizmi temir yo‘l stansiyasi sharoitiga moslashtirilib tahlil qilindi. Natijada stansiyadagi barcha avtomatika qurilmalarini yagona tizim orqali uzluksiz nazorat qilish imkoniyati asoslandi.

Dunyo miqyosida yuk va yo‘lovchi tashish jarayonlarini boshqarish tizimlarini takomillashtirish, harakatlanuvchi tarkib xavfsizligini ta‘minlash hamda temir yo‘l transporti harakatini boshqarish funksiyalarini rivojlantirishda mikroprotessor texnologiyalariga asoslangan ma‘lumotlarni simsiz uzatish texnologiyalari asosida avtomatika va telemexanika vositalarini yaratish yetakchi yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

Simsiz aloqa tarixiga nazar soladigan bo'lsak, ular yillar davomida rivojlanib, amalda umumiy radiolaqaga asoslangan quyidagi nomlar bilan ataluvchi uyali aloqa standartlari butunjahon miqyosida qo'llanilib kelinmoqda:

- GSM;
- GPRS;
- UMTS.

GSM (Groupe Special Mobile guruhi nomidan kelib chiqqan, keyinchalik Global System for Mobile Communications deb o'zgartirildi) TDMA (inglizcha Time Division Multiple Access —vaqt bo'yicha bo'lingan ko'plab bog'lanish) tamoyili bo'yicha chastota kanallarini ajratuvchi va o'rtacha darajadagi xavfsizlikka ega mobil uyali aloqa global raqamli standartidir. Ushbu standart 1980-yillarning oxirida Evropa Telekommunikatsiya standartlari instituti (ETSI) homiyligida ishlab chiqilgan. Standartdan tijorat maqsadlarida foydalanish 1991 yil o'rtalarida boshlangan va 1993 yilga kelib 22 mamlakatda 36 ta GSM tarmog'i tashkil etilgan. Evropa mamlakatlariga qo'shimcha ravishda, GSM standarti Janubiy Afrika, Yaqin va Uzoq Sharq va Avstraliyaning ko'plab mamlakatlarida qabul qilingan. 1994 yil boshiga kelib GSM abonentlari soni 1,3 millionga yetdi. Uyali aloqa tizimining yillar davomida turli avlodlari (Generation) ishlab chiqarildi. Ular 2010 yilga kelib shartli ravishda quyidagicha qisqartmalarni oldi:

- 1G – analog uyali aloqa;
- 2G – raqamli uyali aloqa;
- 3G - ko'p miqdorli kompyuter tarmoqlari, shu jumladan Internet tarmog'ini ham ulab beruvchi keng tarmoqli raqamli uyali aloqa.

GSM ikkinchi avlod (2 - generation) tarmoqlariga taalluqlidir. Uyali telefonlar 4 chastota diapazoni uchun ishlab chiqariladi: 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz [5].

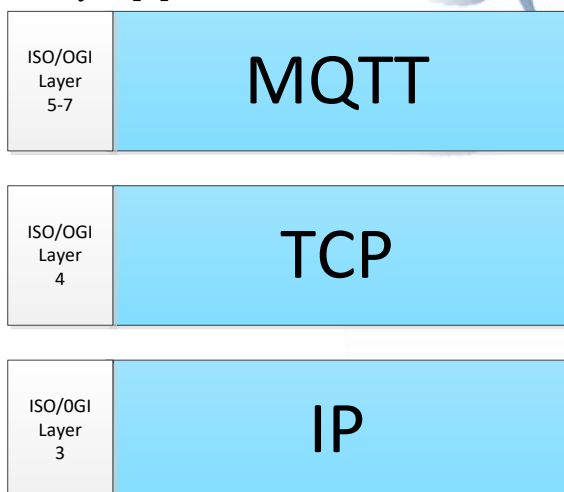
GPRS (General Packet Radio Service – umumiy paketli radioaloqa xizmati) – paketli ma'lumotlarni uzatishni amalga oshiradigan GSM mobil aloqa texnologiyasiga qo'shimcha tarzda ishlab chiqilgan. GPRS uyali tarmoq foydalanuvchisiga GSM tarmog'idagi boshqa qurilmalar va tashqi tarmoqlar, shu jumladan Internet bilan ma'lumot almashish imkonini beradi. Ma'lumotlarni uzatish «pastga» (downlink, DL) – tarmoqdan abonentga va «yuqoriga» (uplink, UL) – abonentdan tarmoqqa yo'nalishlarga bo'linadi [6-7].

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) — Yevropa telekommunikatsiya standartlari instituti (ETSI) tomonidan Yevropada 3G ni joriy etish uchun ishlab chiqilgan uyali aloqa texnologiyasi. [4]. Sanab o'tilgan uyali aloqa standartlari asosida ishlovchi modemlarning turli hil modellari ko'plab firmalar tomonidan ishlab chiqariladi. Ular bir biridan gabarit jihatdan, energiya sarfi jihatidan, bog'lanish interfeyslari bilan va qabul qilib jo'natgich anteninasining quvvati bilan farq qiladi.

Ushbu maqolada temir yo'l avtomatika, va telemexanika infratuzilma ob'ektlarining texnik holatini uzluksiz nazorat qilish hamda real vaqt rejimida (real-time execution) diagnostika qilish uchun Raspberry Pi mikrokompyuter platformasi va 4G (LTE/LTE-

Advanced) simsiz aloqa kanali negizida telemetrik apparat-dasturiy majmuani ishlab chiqish masalasi tadqiq etiladi. Temir yo‘l transportida poyezdlar harakati xavfsizligini ta‘minlashda signallash, markazlashtirish va blokirovkalash (SMB) qurilmalarining ish faoliyati va ma‘lumotlar yaxlitligi (data integrity) o‘ta yuqori ishonchlilik ko‘rsatkichlarini talab etadi. Shu sababli, ishlab chiqilgan qurilma 4G modem interfeysi orqali Sanoat Buyumlari Interneti (IIoT — Industrial Internet of Things) konseptual modeliga tayangan holda telemagnit va elektr ko‘rsatkichlarini masofaviy dispatcherlik serveriga uzatishni ta‘minlaydi [1].

Geografik tarqoq va elektromagnit xalaqitlar darajasi yuqori bo‘lgan temir yo‘l muhitida, shuningdek mobil tarmoqlardagi signallarning o‘zgaruvchanligi (fading) sharoitida ma‘lumot uzatishning uzluksizligi va deterministik xarakterini ta‘minlash maqsadida MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) protokoli tanlab olingan [2]. ISO/IEC 20922 xalqaro standarti bilan tartibga solinuvchi MQTT (Message Queue Telemetry Transport) — tarmoq o‘tkazuvchanlik qobiliyati cheklangan (low-bandwidth), kechikish darajasi o‘zgaruvchan (high latency) va aloqa liniyalari beqaror bo‘lgan muhitlar uchun maxsus optimallashtirilgan, yengil va kod hajmi jihatidan tejamkor, ochiq almashinuv asinxron tarmoq protokolidir. MQTT protokoli ma‘lumot paketining minimal sarlavha hajmiga (atigi 2 bayt) ega bo‘lib, an‘anaviy so‘rov-javob (Request-Response) arxitekturasida ishlovchi HTTP/HTTPS protokollariga nisbatan tarmoq resurslarini tejaydi hamda energiya va trafik sarfini keskin kamaytiradi. Ushbu xususiyatlari tufayli u M2M (mashina-mashina o‘zaro aloqasi) va IoT (sanoat buyumlari interneti) tizimlarida keng qo‘llaniladi. MQTT OSI modelining Aplikasiya (Ilova) sathida faoliyat yuritib, transport sathida TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) protokoli bilan o‘zaro integratsiyalashadi. Bu esa paketlarning yo‘qolmasligi va to‘g‘ri tartibda yetib borishini tarmoq darajasida kafolatlaydi [2].



1-rasm. Ma‘lumot uzatish texnologiyalarini ISO andozalari asosida baholash.

MQTT protokolida axborot almashinuvi tugunlar o‘rtasida to‘g‘ridan-to‘g‘ri (point-to-point) emas, balki markazlashtirilgan Publish/Subscribe (Noshir/Obunachi) hodisaviy (event-driven) arxitektura modeli bo‘yicha, xabarlar marshrutizatori hisoblangan markaziy MQTT

=====

Broker vositachiligida amalga oshiriladi. Tizimda obyektlarning mantiqiy rollari quyidagicha taqsimlanadi:

- **MQTT Broker (Vositachi Server):** Tizimning marshrutlash va avtorizatsiya tuguni bo'lib, barcha mijozlar ulanishini boshqaradi, keluvchi paketlarni qabul qiladi, iyerarxik filtrlashni bajaradi hamda ma'lumotlarni faqat tegishli obunachilarga yo'naltiradi. Shuningdek, u seanslar holatini saqlash (session persistence) va xabarlar navbatini boshqarish vazifalarini bajaradi.

- **Noshir (Publisher):** Temir yo'l stansiyasi yoki peregonidagi sensorlar va analoq-raqamli o'zgartirgichlardan (ADC) ma'lumotlarni yig'uvchi (masalan: relehisiz zanjirlar kuchi, svetofor tok manbai, strelka o'tkazgichlari harorati) Raspberry Pi mikrokompyuteridir. U shakllantirilgan telemetriyani iyerarxik matnli manzilga — Topik (Topic) yuboradi.

- **Obunachi (Subscriber):** Ma'lumotlarni qabul qiluvchi, ularni ma'lumotlar bazasida (In-fluxDB, PostgreSQL) saqlovchi va dispatcherlik interfeysida (SCADA / Web dashboard) vizuallashtiruvchi masofaviy dasturiy majmuadir.

MQTT protokolida ma'lumotlar muayyan IP manzillar bo'yicha emas, balki daraxtsimon iyerarxiyaga ega bo'lgan topiklar vositasida yo'naltiriladi (masalan: railway/tashkent_station/relay_room/track_circuit_01/voltage). Noshir va broker hamda obunachi o'rtasidagi boshqaruv muloqoti quyidagi standart xizmatchi buyruq paketlari (control packets) orqali bajariladi:

- **CONNECT / CONNACK** — Mijoz va Broker o'rtasida TCP ulanishni va TLS/SSL shifrlash va avtorizatsiyasini o'rnatish va uni broker tomonidan tasdiqlanishi;

- **PUBLISH / PUBACK** — Telemeytrik ko'rsatkichlar paketini ko'rsatilgan topikka chop etish va paket yetib borganligini tasdiqlash;

- **SUBSCRIBE / SUBACK** — Obunachi tomonidan muayyan topiklar tarmog'iga a'zo bo'lish va broker tasdig'i;

- **UNSUBSCRIBE / UNSUBACK** — Mavjud topik obunasini bekor qilish;

- **PINGREQ / PINGRESP** — Tarmoq ulanishi faolligini (Keep-Alive timer) davriy ravishda tekshirib turish;

- **DISCONNECT** — Mijoz tomonidan seansni xavfsiz va rejalashtirilgan tarzda yopish.

Temir yo'l avtomatika qurilmalari kabi texnik xavfsizlik birinchi o'rinda turuvchi ob'ektlarda MQTT protokolining ikkita muhim ilmiy-amaliy mexanizmidan foydalaniladi:

1. **QoS (Quality of Service — Xizmat Sifati Darajasi):**

- **QoS 0 (At most once):** Tasdiqsiz uzatish (eng tez, lekin paket yo'qolishi mumkin);

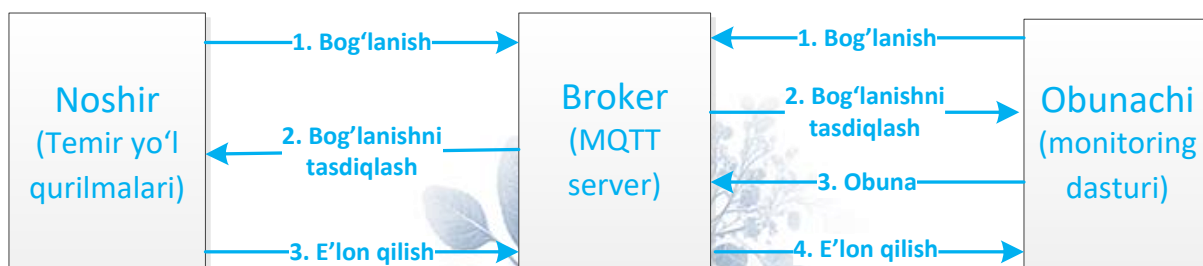
- **QoS 1 (At least once):** Kamida bir marta yetkazish kafolati (paket takrorlanishi mumkin);

- **QoS 2 (Exactly once):** Qat'iy bir marta yetkazib berish kafolati (4 bosqichli handshake orqali, temir yo'l kritik signallari uchun eng maqbul usul).

2. **LWT (Last Will and Testament — Oxirgi Vasiyat):** Agarda 4G modem aloqasi to'satdan uzilsa yoki Raspberry Pi qurilmasi quvvatdan uzilib qolsa, MQTT Broker bu holatni

aniqlaydi va avtomatik ravishda barcha dispetcherlik terminallariga ushbu ob'ektda avariya sodir bo'lganligi haqida LWT xabarnomasini tarqatadi.

Obunachi, noshir va broker o'rtasidagi axborot va boshqaruv paketlarining ketma-ketlik almashinuvi sxemasi 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Obunachi, noshir va broker o'rtasidagi ma'lumot almashinuvi sxemasi.

Ko'rib chiqilayotgan tizimda «noshir» vazifasini axborot manbai — aniqrog'i, temir yo'l avtomatikasi va telemexanikasi qurilmalari bajaradi, «broker» sifatida axborot uzatish vositalari, «obunachi» sifatida esa axborotni aks ettiruvchi qurilmalar (kompyuter, smartfon va boshqalar) ishtirok etadi [3].

Topiklar UTF-8 kodirovkasidagi belgilardan tashkil topib, ierarxik, «daraxtsimon» tuzilishga ega bo'lganligi sababli ma'lumotlarni tashkil etish va qidirishni ancha osonlashtiradi. Topiklar bir yoki bir nechta darajadan iborat bo'lib, ular «/» belgisi orqali bir-biridan ajratiladi [4]. Masalan, ETS postidagi jo'natish yo'llarining holatini nazorat qiluvchi datchik tomonidan brokerga uzatiladigan topik quyidagicha ko'rinishga ega bo'lishi mumkin:

/stansiya_1/put/put_1/status

Obunachi bir vaqtning o'zida bir nechta topikdan ma'lumot olishi uchun wildcard (qidiruv belgilari) mexanizmidan foydalanadi. Ular bir darajali va ko'p darajali turlarga bo'linadi.

Bir darajali wildcard «+» belgisi bilan ifodalanadi. Masalan, stansiyadagi barcha qabul-jo'natish yo'llarining holati to'g'risida ma'lumot olish zarur bo'lsa, quyidagi topikdan foydalaniladi:

/stansiya_1/put/+/status

Natijada quyidagi topiklardan ma'lumot olinadi:

/stansiya_1/put/put_1/status;

/stansiya_1/put/put_2/status;

/stansiya_1/put/put_3/status.

Ko'p darajali wildcard esa «#» belgisi bilan ifodalanadi. Masalan, stansiyadagi barcha ob'yektlarning turli datchiklaridan ma'lumot olish uchun:

/stansiya_1/#

Natijada quyidagi topiklardan ma'lumotlar olinadi:

/stansiya_1/svetofor/psv1/status;

/stansiya_1/svetofor/psv2/status;

/stansiya_1/svetofor/msv1/status;

/stansiya_1/strelka/st1/status;

/stansiya_1/strelka/st2/status;

/stansiya_1/put/put_1/status;

/stansiya_1/put/put_2/status;

/stansiya_1/put/put_3/status.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, stansiyadagi barcha avtomatika va telemexanika qurilmalarining texnik holatini real vaqt rejimida MQTT protokoli asosida uzluksiz nazorat qilib borish imkoniyati mavjudligini ta'kidlash mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Аметова Э.К., Азизов А.Р. Теория сетей Петри при разработке и исследовании математической модели блока НСО. ФарПИ ИТЖ. 2019, №5 с.93-98.

2. Azizov A.R, Ametova E.K. NSS Mikroelektron blokini yaratish. ToshTTYMI Ahboroti. 2019 №2. 155-160 b.

3. Аметова Э.К., Азизов А.Р. Исследование модели цепи кнопочных реле микроэлектронного блока НСС. Мухаммад ал-Хоразмий авлодлари. Мухаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети 2019, №3(9) 75-77 б.

4. N. Aripov, A. Sadikov, S. Ubaydullayev. Intelligent signal detectors with random moment of appearance in rail lines monitoring systems. // E3S Web of Conferences 264, 05039 (2021). CONMECHYDRO — 2021.

5. Azizov A. et al. Development, research of a model and an algorithm for organizing data transfer in a monitoring device //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 371. – С. 03069.

6. Azizov A., Ubaydullayev S., Sadikov A. Study of the theoretical failure model of the NPM-69-M microelectronic block //Международный научный журнал «Инженер». – 2025. – Т. 3. – №. 2. – С. 48-51.

7. Аметова Э. К. и др. МЕТОДЫ И АЛГОРИТМ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПУСКОВЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ ОПТОРЕЛЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО НАБОРНОГО БЛОКА НСО-М //Universum: технические науки. – 2022. – №. 5-4 (98). – С. 24-29.

8. Azizov A. et al. The operation model of the point setting relay for a microelectronic device //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 5