

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 2, 2025 vol. 2

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164



RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



JOURNAL OF TRANSPORT

RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164

VOLUME 2, ISSUE 2

JUNE, 2025



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 2, ISSUE 2 JUNE, 2025

EDITOR-IN-CHIEF

SAID S. SHAUMAROV

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University

Deputy Chief Editor

Miraziz M. Talipov

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University

The “**Journal of Transport**” established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo‘lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at jot@tstu.uz.

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.

Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organization
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

Analysis of wireless communication technologies in the control and monitoring of railway station switches

E.Sh. Jonikulov¹^a, R.M. Ayapbergenov¹, H.H. Salohiddinov², K.O. Fayzullaev²

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

²Tashkent Institute of Chemical Technology, Yangiyer Branch, Yangiyer, Uzbekistan

Abstract: This article analyzes the advantages, existing solutions, security issues, and technical capabilities of using wireless communication technologies in the control and monitoring of railway station switches. The article examines the potential of wireless technologies such as Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, NFC, RFID, LoRa, 5G, and others for managing and supervising railway switches at stations.

Keywords: train, station, arrow, control, interface, indication, Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, NFC, RFID, LoRa, 5G, wireless communication

Temir yo‘l stansiyalarida strelkalarni boshqarish va nazorat qilishda simsiz aloqa texnologiyalarining tahlili

Jonikulov E.Sh.¹^a, Ayapbergenov R.M.¹, Salohiddinov H.H.², Fayzullayev Q.O.²

¹Tashkent davlat transport universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

²Toshkent kimyo-texnologiya instituti Yangiyer filiali, Yangiyer, O‘zbekistan

Annotatsiya: Ushbu maqolada temir yo‘l stansiyalarida strelkalarni boshqarish va nazorat qilishda simsiz aloqa texnologiyalaridan foydalanishning afzalliklari, mavjud yechimlar, xavfsizlik masalalari va texnik imkoniyatlari tahlil qilinadi. Ushbu maqolada Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, NFC, RFID, LoRa, 5G va boshqa simsiz aloqa texnologiyalarining temir yo‘l stansiyalarida strelkalarni boshqarish va nazorat qilish imkoniyatlari tahlil qilindi.

Kalit so‘zlar: poyezd, stansiya, strelka boshqaruv, nazorat, interfeys, indikatsiya, Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, NFC, RFID, LoRa, 5G, simsiz aloqa

1. Kirish

Temir yo‘l transporti zamonaviy iqtisodiyotning asosiy tarmoqlaridan biri bo‘lib, uning xavfsiz va samarali ishlashi ko‘p jihatdan avtomatlashtirish va aloqa tizimlariga bog‘liq. Temir yo‘l stansiyalarida strelkalar poyezdlar harakatini boshqarishda muhim rol o‘ynaydi. An‘anaviy ravishda strelkalarni boshqarish simli aloqa tizimlari orqali amalga oshirilgan bo‘lsada, so‘nggi yillarda simsiz aloqa texnologiyalari ushbu sohada keng qo‘llanila boshlandi. Simsiz aloqa texnologiyalari (Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, NFC, RFID, LoRa, 5G va boshqalar) bu jarayonni yanada moslashuvchan va arzon qilish imkoniyatini beradi. Ushbu maqolada temir yo‘l stansiyalarida strelkalarni boshqarishda qo‘llaniladigan simsiz aloqa texnologiyalarining afzalliklari, kamchiliklari va kelajakdagi istiqbollari tahlil qilinadi. Ushbu maqolada temir yo‘l stansiyalarida strelkalarni boshqarishda simsiz aloqa texnologiyalarining afzalliklari, kamchiliklari va qo‘llanilishi tahlil qilinadi.

2. Tadqiqot metodologiyasi

Simsiz tizimlarning eng muhim afzalligi qurishning kam vaqti hisoblanadi. Bu xususan, shunga bog‘liqlik,

transheyallarni qazish, kabellarni yotqizilishi, shuningdek binolarda kabellarni simlarni ichki o‘tkazish zarurati bo‘lmaydi. Istalgan tizimni yaratilishi uchun investisiyalar talab qilinadi, vaqt bo‘yicha ularning qanday taqsimlangani va ishlatishdan foydani tez olishni kutish qanchalik mumkinligi bu boshqa. Simsiz tizimlar ishlatishga bosqichma-bosqich kiritilishi mumkin. Simli tizimlar esa bir vaqtda butun infratuzilmani yaratilishini talab qiladi.

Dunyo bo‘yicha bir necha stansiyalarda sinov tariqasida simsiz strelka boshqaruvi joriy qilingan:

- Germaniyada Deutsche Bahn – LoRaWAN texnologiyasi asosida tajriba o‘tkazilgan.
- Hindiston temir yo‘llari – GSM-R asosida masofadan strelka boshqaruvi amalga oshirilmoqda.
- Xitoy temir yo‘llari – 5G texnologiyasi yordamida yuqori tezlikdagi poyezdlar stansiyalardagi strelkalar bilan sinxronlashtirilgan.

Simsiz aloqa orqali strelkalarni boshqarish bir qator afzalliklarga ega:

- Kam xarajatli o‘rnatish: Katta masofalarga sim tortmasdan boshqaruvni tashkil qilish mumkin.
- Moslashuvchanlik: Yangi qurilmalarni tizimga osongina qo‘shish mumkin.
- Texnik xizmat ko‘rsatishni soddalashtiradi: Kabel muammolari kamayadi.

^a <https://orcid.org/0000-0002-1130-0522>



- Zamonaviy xavfsizlik algoritmlari bilan ximoyalash: Ma'lumotlar uzatishda shifrlash texnologiyalari qo'llaniladi.

Bugungi kunda simsiz aloqa texnologiyalarining turlari ko'payib bormoqda va ular turli xil maqsadlarda qo'llanilib kelinmoqda. Biz ushbu maqolada simsiz aloqa texnologiyalarining hozirgi kunda keng qo'llanilayotgan ayrim turlarini ko'rib chiqamiz.

Simsiz aloqa texnologiyalari ma'lumot uzatish masofasiga qarab qisqa masofali va uzoq masofali turlarga bo'linadi.



1-rasm. Qisqa masofali simsiz aloqa texnologiyalari

Bluetooth — bu kichik radiusli simsiz aloqa texnologiyasi bo'lib, IEEE 802.5.1 standarti asosida ishlaydi va Wi-Fi'ga qaraganda kamroq energiya sarflaydi. Dastlab, Bluetooth texnologiyasi shaxsiy kompyuterdan tashqi qurilmalarga, masalan: sichqoncha, klaviatura, printer, mobil telefon, garnitura, shaxsiy raqamli yordamchi va hokazolarga ma'lumot uzatish uchun mo'ljallangan edi. Bunday qo'llanmalarda Bluetooth WPAN (Wireless Personal Area Network – Simsiz shaxsiy tarmoq) deb ataladi. Bluetooth yulduzsimon tarmoq topologiyasidan foydalanadi, bu esa yetti qurilmadan iborat oddiy tarmoqqa bitta kirish nuqtasi orqali ma'lumot almashishga imkon beradi.

Bluetooth 2.4 GHz ISM (sanoat, ilm-fan va tibbiyot) diapazonida ishlaydi va sakrashli chastota o'zgarishi bilan kengaytirilgan spektrli modulyatsiyadan foydalanadi: GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying); D-QPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying); 8DPSK (8-level Differential Phase Shift Keying).

Ma'lumot uzatishning maksimal tezligi quyidagicha: GFSK uchun — 1 Mbit/s; DQPSK uchun — 2 Mbit/s; 8DPSK uchun — 3 Mbit/s.

Bluetooth'da uchta kuch darajasi mavjud: 0 dBm (1 mVt); 4 dBm (2.5 mVt); 20 dBm (100 mVt). Bu darajalar qurilma ishlash masofasini belgilaydi. Standart ishlash masofasi taxminan 10 metr, maksimal quvvatda esa 100 metrgacha yetishi mumkin (ochiq yo'l sharoitida).

Wi-Fi — bu kichik radiusli simsiz aloqa texnologiyasi bo'lib, IEEE 802.11 standartlari oilasi asosida ishlaydi. U odatda noutbuklar, shaxsiy kompyuterlar, aqlli televizorlar, smartfonlar, dronlar, aqlli kolonka (karnay), printerlar va avtomobillarda qo'llaniladi. Wi-Fi chastotalari nisbatan yuqori so'rilishga ega, shu sababli ular to'g'ridan-to'g'ri ko'rinishda ishlatilganda eng yaxshi natija beradi. Ko'pgina umumiy to'siqlar, masalan devorlar, maishiy texnika va boshqa qurilmalar, Wi-Fi signalining tarqalish masofasini sezilarli darajada kamaytiradi. Shu bilan birga, bu holat turli tarmoqlar orasidagi shovqin va to'sqinliklarni kamaytirishga yordam beradi. IEEE 802.11a standarti 5 GHz chastotada

ishlaydi va maksimal ma'lumot uzatish tezligi 54 Mbit/s ga teng. IEEE 802.11b va IEEE 802.11g esa 2.4 GHz chastotada ishlaydi va mos ravishda 11 Mbit/s va 54 Mbit/s tezlikda ma'lumot uzatadi.

Wi-Fi orqali aloqa o'rnatish uchun foydalaniladigan bir nechta chastota diapazonlari mavjud, jumladan: 900 MHz, 2.4 GHz, 5 GHz, 5.9 GHz, 60 GHz. Har bir chastota diapazoni bir nechta kanallarga bo'linadi. Har bir mamlakatda ruxsat etilgan kanallar bo'yicha o'ziga xos qonun-qoidalar mavjud. Wi-Fi tarmoqlari ISM (sanoat, ilm-fan va tibbiyot) diapazonida ham keng qo'llaniladi.

Ichki o'rnatilgan Wi-Fi moduli yaqin atrofdagi har qanday asosiy stansiya (router) bilan mos keladi va Wi-Fi'ning standart qamrov radiusi taxminan 90 metr bo'ladi. Bu modul yuqori o'tkazuvchanlik imkoniyatiga ega bo'lib, Wi-Fi sozlamalarining murakkabligi va energiyani ko'p talab qiladigan protokollar xarajatini qisman kompensatsiya qiladi. Bu esa mavjud tarmoqqa yangi qurilmalarni qo'shish uchun ideal variantga aylantiradi. Shunchaki, vaqt o'tishi bilan ko'plab autentifikatsiya (kirish) sozlamalarini boshqarish uchun yetarli resurslar ajratilganiga ishonch hosil qilish kerak.

ZigBee — bu kichik radiusli simsiz aloqa protokoli bo'lib, IEEE 802.15.4 standartiga asoslangan. U kam quvvat sarflovchi va arzon raqamli radio qurilmalar yordamida PAN (Personal Area Network) – ya'ni shaxsiy tarmoqlarni yaratish uchun ishlatiladi. ZigBee texnologiyasi Bluetooth yoki Wi-Fi kabi boshqa simsiz tarmoqlarga nisbatan arzonroq hisoblanadi va uy avtomatizatsiyasi hamda tibbiy qurilmalardan ma'lumot yig'ish uchun foydalaniladi.

ZigBee quyidagi sohalarda keng qo'llaniladi: Yoritishni simsiz boshqarish tizimlari (masalan, simsiz yorug'lik kalitlari), Elektr energiyasi hisoblagichlari va ularning displeylari, Transport harakatini boshqarish tizimlari, Yaqin masofali, past tezlikdagi simsiz ma'lumot uzatishni talab qiluvchi boshqa qurilmalar. Umuman olganda, ZigBee — bu kam quvvatli, past tezlikdagi va qisqa masofali (shaxsiy zonadagi) simsiz tarmoq protokoli.

Ishlash chastotalari: ZigBee texnologiyasi quyidagi ISM (sanoat, ilm-fan va tibbiyot) chastota diapazonlarida ishlaydi: 2.4–2.4835 GHz (butun dunyo bo'yicha), 902–928 MHz (AQSH va Avstraliya), 868–868.6 MHz (Yevropa). 2.4 GHz diapazoni 16 ta kanaldan iborat bo'lib, har biri 5 MHz masofada joylashgan, lekin har bir kanal faqat 2 MHz kenglikdagi signal uzatadi. ZigBee radiosi to'g'ridan-to'g'ri ketma-ketlikli kengaytirilgan spektrli kodlashdan foydalanadi. Ma'lumotlar oqimi modulyator orqali uzatiladi. 868 MHz va 915 MHz diapazonlarda BPSK modulyatsiyasi, 2.4 GHz diapazonda esa OQPSK (Offset Quadrature Phase Shift Keying) modulyatsiyasi ishlatiladi, bu esa har bir belgida 2 bit uzatishni ta'minlaydi.

Ma'lumot uzatish tezligi: 2.4 GHz diapazoni — kanal boshiga 250 kbit/sekund, 915 MHz diapazoni — kanal boshiga 40 kbit/sekund, 868 MHz diapazoni — kanal boshiga 20 kbit/sekund. Ichki (indoor) qo'llanilishda 2.4 GHz diapazoni orqali 10–20 metr masofagacha ma'lumot uzatish mumkin.

NFC (Yaqin maydonli aloqa) — bu juda qisqa masofali simsiz aloqa texnologiyasi bo'lib, asosan o'xshash qurilmalar o'rtasida ma'lumot almashinuvi va xavfsiz to'lov tranzaksiyalari uchun mo'ljallangan. Maksimal aloqa masofasi taxminan 20 sm, odatiy ishlash masofasi esa 4–5 sm atrofida. Bunday qisqa masofa aloqaning xavfsizligini oshiradi, shuningdek, aloqa shifrlangan bo'ladi.

Ko'pgina smartfonlar NFC funksiyasiga ega. NFC-ning asosiy maqsadi — foydalanuvchilar telefonlarini terminalga yaqinlashtirib to'lovlarni amalga oshirishi (tap-to-pay) imkoniyatini ta'minlash. NFC ISM 13.56 MHz chastotada ishlaydi. Bu pastroq chastotada uzatuvchi va qabul qiluvchi ramka antenallari orqali signal uzatiladi. Signal elektr maydoni orqali emas, magnit maydoni orqali tarqatiladi.

NFC texnologiyasi passiv teglarni o'qish uchun ham ishlatiladi. Ushbu teglar elektr manbaiga ega emas, ular NFC signalining energiyasini DC (doimiy tok) manbaiga aylantiradi va shu orqali tegda saqlangan ma'lumotlarni (odatda, kichik o'lchamli dastur yoki identifikatsiya) uzatadi.

RFID (Radio Frequency Identification) — bu texnologiya ob'ektlarni aniqlash, topish, kuzatish va inventarizatsiyani boshqarish uchun keng qo'llaniladi. Yaqin joyda joylashgan RFID o'quvchi qurilma (reader) kuchli radiochastota signalini yuboradi, bu signal passiv RFID tegini quvvat bilan ta'minlaydi va undan ma'lumotlarni o'qiydi.

RFID teglar — bu yassi, arzon, kichik o'lchamli qurilmalar bo'lib, ularni kerakli har qanday ob'ektga birlashtirish mumkin. Ba'zi hollarda ular shtrix-kodlarni (barcodes) almashtirib yuboradi.

RFID odatda 13.56 MHz chastotani ishlatadi (ISM diapazon), biroq boshqa chastotalar ham ishlatiladi: 125 kHz, 134.5 kHz, 902–928 MHz, RFID uchun ham bir nechta ISO/IEC standartlari mavjud.



2-rasm. Uzoq masofali simsiz aloqa texnologiyalari

LoRaWAN — bu CSS (Chirp Spread Spectrum) modulyatsiyalangan standart bo'lib, SEMTECH tomonidan ishlab chiqilgan. U 900 MHz, 868 MHz va 400 MHz chastotalarida ishlaydi. LoRaWAN yechimlari maxsus shlyuz (gateway) va datchik qurilmalari uchun mo'ljallangan.

Bu texnologiya: kichik foydali yuklamalar (payloads) uchun optimallashtirilgan, bir shlyuzga minglab qurilmalarni ulash imkonini beradi, kam kechikishli (low-latency) va kam quvvatli batareyali qurilmalar uchun ideal hisoblanadi. LoRa aloqasi: Aniqlash va shovqinlarga chidamli, Doppler siljishidan ta'sirlanmaydi, To'siqlardan o'tishga qodir. Sozlanadigan parametrlar orqali moslashtirish mumkin: LoRa texnologiyasi signalni uzatish tezligi (0.3 Kbit/s – 50 Kbit/s) va aloqa masofasi o'rtasida muvozanatni sozlash imkonini beradi, masalan, spread factor (tarqatish koeffitsienti) yordamida.

Texnologik qatlamlar: LoRa — bu fizik daraja (Physical Layer) texnologiyasi. LoRaWAN esa — bu ochiq standart bo'lib, LoRa Alliance tomonidan qo'llab-quvvatlanadigan MAC va tarmoq darajasidagi protokol (Network Protocol)

hisoblanadi. LoRaWAN qurilma klasslari: Klass A — juda kam energiya iste'mol qiluvchi qurilma. Klass B — o'rtacha quvvat sarf qiluvchi qurilma. Klass C — doimiy faol holatda bo'ladigan qurilma (ko'proq quvvat talab qiladi).

Masofa va ulanish imkoniyatlari: LoRaWAN datchiklari juda kam energiya sarflaydi va to'g'ridan-to'g'ri ko'rinishda 100 km gacha ikki tomonlama aloqa o'rnatishi mumkin. Oddiy sharoitlarda, ya'ni to'siqlar bo'lsa ham, 20 km gacha ishlay oladi. Shlyuzlar bir nechta qurilmalarni bog'laydi va bulut platformasi orqali boshqariladi, bu esa kattaroq tarmoqlarni ham osongina yaratish imkonini beradi.

SigFox — bu uzoqqa uzatishga mo'ljallangan simsiz aloqa texnologiyasi bo'lib, qishloq joylarda 30–50 km, shahar joylarda esa 3–10 km masofada ishlay oladi. U past ma'lumot uzatish tezligi (xabar uchun atigi 12 baytgacha) bilan ajralib turadi. Har bir qurilma uchun kuniga 140 ta xabargacha yuborish mumkin va bu texnologiya kam quvvatli ishlashga mo'ljallangan.

SigFox subgigagertsli chastota diapazonidan foydalanadi va juda tor polosali (ultra-narrowband) BPSK modulyatsiyasini qo'llaydi. SigFox texnologiyasidan foydalanuvchi qurilma ma'lumotlarni SigFox tayanch stansiyasiga yuboradi, u esa bu ma'lumotlarni SigFox bulut serveriga uzatadi. Ma'lumotlar aynan shu yerda qayta ishlanadi. SigFox SIM-karta talab qilmaydi. Yuboriladigan xabarlar soni va kunlik xabarlar limiti narxni belgilaydi. Bu texnologiya joylashuvni kuzatish, oddiy o'lchov tizimlari va asosiy signalizatsiya tizimlari kabi bir tomonlama (odatda faqat yuboruvchi) tizimlar uchun qo'llanadi.

Signal bir necha marta yuboriladi, bu orqali qabul qilinish kafolatlanishga harakat qilinadi, ammo ba'zi cheklovlar mavjud: Batareyada ishlovchi ilovalar uchun qisqa ishlash vaqti. Xabarlarining tayanch stansiya tomonidan qabul qilinishini kafolatlashning imkoniyati yo'qligi.

LTE-M — litsenziyalangan subgigagertsli chastota diapazonida (700 dan 900 MGts gacha) ma'lumot uzatadi. Yuqorilovchi va pastlovchi kanallar bo'yicha ma'lumot uzatish tezligi taxminan 1 Mbit/s ni tashkil qiladi. Bu kam quvvatli ishlashga asoslangan yondashuv batareyada ishlovchi qurilmalarning ishlash muddatini 10–20 yilgacha uzaytirishga yordam beradi.

LTE-M mavjud bo'lgan uyali aloqa infratuzilmasidan foydalanadi, bu esa uni yuqori sifat talab qilinadigan xizmatlar uchun ishonchli va xavfsiz qiladi.

Biroq, LTE-M ning ayrim kamchiliklari ham bor: Litsenziyalangan uyali tarmoqlardan foydalanish narxi yuqori. Har bir qurilma uchun alohida SIM-karta talab qilinadi, bu esa xizmat ko'rsatish, o'rnatish va ekspluatatsiya xarajatlarini oshiradi. Bundan tashqari, SIM-karta bilan ishlash jarayonlari murakkab hisoblanadi.

LTE-M ning asosiy qo'llanilish sohalari: Aqlli hisoblagichlar (intellektual hisob), Aqlli shaharlar, Aqlli binolar, Sog'liqni saqlash sohasidagi bog'langan qurilmalar, Avtomobil transporti tizimlari

NB-IoT yoki **LTE Cat NB1** nomi bilan tanilgan tor polosali Internet narsalar texnologiyasi LTE standartining yana bir ishlab chiqilgan turi hisoblanadi. U tor polosali aloqa asosida ishlaydi va 180 kHz chastotalar polosidan foydalanadi.

Natijada, ma'lumot uzatish tezligi ancha past bo'ladi (pastlovchi kanal uchun taxminan 250 Kbit/s, yuqorilovchi kanal uchun esa 20 Kbit/s atrofida), bu esa FotA (Firmware over the Air) kabi yangilanishlarni NB-IoT orqali uzatishni murakkablashtiradi.



NB-IoT texnologiyasi uch xil rejimda ishlashi mumkin: LTEning qo'riqlangan (guard band) diapazonida. Avtonom (mustaqil) diapazonda. Intrapolosali (in-band) rejimda. In-band rejimda NB-IoT to'g'ridan-to'g'ri LTE chastota polosasi ichida ishlaydi. Guard band rejimi LTE chastotasidagi foydalanilmayotgan bo'sh joydan foydalanadi. Avtonom rejim esa GSM diapazoni kabi maxsus ajratilgan chastotada ishlaydi.

NB-IoT xizmat uzatishni (handover) qo'llab-quvvatlamaydi, shuning uchun uni harakatdagi IoT qurilmalari (mobil ilovalar) uchun ishlatish maqsadga muvofiq emas.

5G — bu hozirda ishlab chiqilayotgan mobil aloqa texnologiyasining eng so'nggi yangiligi hisoblanadi. 5G texnologiyasi juda yuqori tezlikdagi aloqani ta'minlashga intiladi, bunda yuqori chastotalar (masalan, 60 GHz) va keng polosali spektrlar ishlatiladi. 5G juda yuqori ma'lumot uzatish tezliklarini (1 dan 10 Gbit/s gacha) ta'minlashga

mo'ljallangan. Shu bilan birga, energiya sarfi cheklangan IoT qurilmalari uchun u afzal variant deb hisoblanmaydi. Bugungi kunda, 5G quyidagi ikki asosiy maqsadga yo'naltirilgan: mMTC (massive Machine Type Communications) — juda ko'p sonli qurilmalarni ulash. cMTC yoki URLLC (Ultra-Reliable Low Latency Communication) — juda ishonchli va juda kichik kechikishli aloqa. eMTC va NB-IoT 5G uchun qo'llab-quvvatlansa-da, IoT uchun 5G doirasida hali aniq rejalashtirilgan yakuniy yechimlar mavjud emas.

3. Muhokamalar

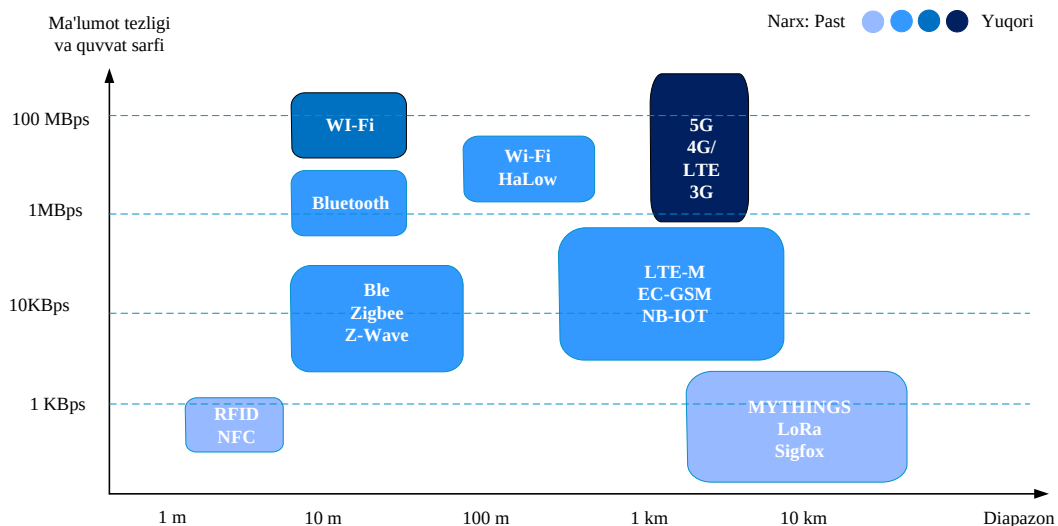
Yuqoridagi keltirilgan ma'lumotlar asosida simsiz aloqa texnologiyalarining tezlik, masofa, energiya sarfi, narxi, ma'lumotlarni ximoyalash, kanallar soni va dopler effektiga sezgirlik parametrlari 1-jadvalda tahlil qilindi.

1-jadval

Simsiz aloqa texnologiyalarining turli xil parametrlar asosidagi tahlili

Texnologiya	Tezlik	Masofa	Energiya sarfi	Narxi	Ma'lumotlarni ximoyalash	Kanallar soni	Dopler effektiga sezgirlik
Bluetooth	1-3 Mbps	100 m	Kam	Arzon	O'rtacha (AES-128)	79 (2.4 GHz)	Past (qisqa masofa tufayli minimal ta'sir)
Wi-Fi	11-3 Gbps	10-100 m	O'rtacha	O'rtacha	Yuqori (WPA3)	11-14 (2.4 GHz)	O'rtacha (yuqori chastotalarda sezilarli bo'lishi mumkin)
ZigBee	20-250 Kbps	10-100 m	Juda kam	Arzon	O'rtacha (AES-128)	16 (2.4 GHz)	Past (past tezlik va qisqa masofa tufayli)
NFC	106-424 Kbps	4 cm	Juda kam	Arzon	Yuqori	1	Yo'q (juda qisqa masofa tufayli ta'sirsiz)
RFID	10-424 Kbps	10 cm - 4 m	Kam	Juda arzon	Past	1	Yo'q (qisqa masofa tufayli ta'sirsiz)
LoRaWAN	0.3-50 Kbps	2-15 km	Juda kam	O'rtacha	Yuqori (AES-128)	8-16	O'rtacha (uzoq masofada sezilarli bo'lishi mumkin)
SigFox	100 bps	10-50 km	Juda kam	Arzon	O'rtacha	1	Yuqori (uzoq masofa va past tezlik tufayli sezgir)
LTE-M	1 Mbps	1-10 km	O'rtacha	O'rtacha	Yuqori	Ko'p (uyali tarmoq)	Yuqori (yuqori harakatlanishda sezilarli)
NB-IoT	20-250 Kbps	1-10 km	Kam	O'rtacha	Yuqori	Ko'p (uyali tarmoq)	O'rtacha (past tezlik tufayli o'rtacha ta'sir)
5G	1-10 Gbps	1-10 km	Yuqori	Qimmat	Juda yuqori (5G NR)	Ko'p (yuqori chastota)	Yuqori (yuqori chastotalar va harakatlanish tufayli sezgir)





3-rasm. Simsiy aloqa texnologiyalarining quvvat sarfi, ma'lumot uzatish tezligi, diapazoni va narxi bo'yicha bog'liqlik grafigi

2-jadval

Strelkani boshqarishda foydalanuvchi interfeysidagi strelka indikatsiyalarining holati va UTF-8 formatidagi buruqlar hajmi

T/r	Ob'ektning ko'rsatish holati	Izohlar	Indikatsiya	Buyruq	UTF-8 formatidagi hajmi
1	Strelkas minus holatda joylashgan	Minus yo'nalishdagi uzluksiz chiziq, sariq rangdagi strelka raqami		2_strelka_minus	14 bayt
2	Strelka pilus holatda joylashgan	Pilus yo'nalishdagi uzluksiz chiziq, yashil rangdagi strelka raqami		2_strelka_pilus	15 bayt
3	Strelkaning holati nazorat qilinmayapti	Pilus va minus yo'nalishdagi uzluksiz chiziq qizil rangdagi strelka raqami		2_strelka_vzrez	15 bayt
4	Strelka quluflangan	Firuza rangli ramka ostryak zonasining atrofida		2_strelka_quluf	15 bayt

Stansiyadagi strelkalarni boshqarish va nazorat qilishda simsiy aloqa texnologiyalari yordamida boshqarish va nazorat qilishning sikl formulasi quyidagi formula yordamida hisoblanadi:

$$t = \frac{(S_{naz} + S_{xim})x + S_{rssi} + S_{buy}}{v}$$

t-sikl vaqti, S_{naz} -strelka nazoratining UTF-8 formatidagi ma'lumoti. S_{xim} -ximoya kodi. x-stansiyadagi

strelkalar soni. S_{rssi} - signal kuchi ko'rsatkichi ma'lumoti. S_{buy} - strelkaga buyruq ma'lumoti. v-simsiy aloqa texnologiyasi tezligi.

Endi yuqoridagi formula yordamida stansiyadagi strelkalarni nazorat qilish va boshqarish sikl vaqtini hisoblaymiz. Bunda: $S_{naz} \approx 20\text{bayt}$, $S_{xim} \approx 10\text{bayt}$, $S_{rssi} \approx 5\text{bayt}$, x=30, 1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlarda



eng past ma'lumot uzatish tezligi NFC ning tezligini tanlaymiz, $v=106$ Kbps

$$t = \frac{(20 + 10)30 + 5 + 20}{1061024} \approx 0,0085s$$

Quyidagi hisob kitob natijalaridan shuni anglash mumkinki, stansiyadagi strelklarni nazorat qilish va boshqarish uchun yuqorida keltirilgan texnologiyalar tezliklarining barchasi qanoatlantirar ekan.

4. Xulosa

Temir yo'l stansiyalarida strelkalarni boshqarish va nazorat qilishda simsiz aloqa texnologiyalaridan foydalanish orqali tizimning texnik xizmat ko'rsatish qulayligi va iqtisodiy samaradorlik oshiriladi. Ammo, xavfsizlik masalalari ustuvor bo'lib qolmoqda va bu borada sertifikatlangan, sinovdan o'tgan texnologiyalarni joriy etish talab etiladi. Kelajakda 5G, LoRaWAN va IoT texnologiyalarining keng joriy etilishi bu sohada katta burilish yasashi kutilmoqda. Ushbu maqolada Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, NFC, RFID, LoRa, 5G va boshqa simsiz aloqa texnologiyalari ko'rib chiqildi va ular turli xil parametrlar asosida strelkalarni boshqarish imkoniyati o'rganib chiqildi. 1-jadvaldagi tahlil asosida strelkalarni boshqarish va nazorat qilish imkoniyatlari bo'yicha quyidagi ketma-ketlikni keltirish mumkin. LoRaWAN, NB-IoT, LTE-M, 5G.

Foydalangan adabiyotlar / References

- [1] Boltayev, S.T., Rakhmonov, B.B., Kasimova, Q.A., & Jonikulov, E.S. (2023). Intelligent Control Systems at Stations for Different Categories of Trains. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2612). American Institute of Physics Inc. <https://doi.org/10.1063/5.0114539>.
- [2] Huang, L. (2020). The Past, Present and Future of Railway Interlocking System. In 2020 IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Engineering, ICITE 2020 (pp. 170–174). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ICITE50838.2020.9231438>.
- [3] Chien, R. T., & Watson, T. J. (1964). Cyclic Decoding Procedures for Bose-Chaudhuri-Hocquenghem Codes. IEEE Transactions on Information Theory, 10(4), 357–363. <https://doi.org/10.1109/TIT.1964.1053699>.
- [4] Zeh, A., & Ulmschneider, M. (2015). Decoding of repeated-root cyclic codes up to new bounds on their minimum distance. Problems of Information Transmission, 51(3), 217–230. <https://doi.org/10.1134/S0032946015030023>

[5] S Boltayev., Q Kosimova., E Astanaliev., I Kodirov. System of automated warning messages on creatures moving on railway tracks about the approach of rolling stock //E3S Web of Conferences. – BFT-2023. – T. 460. – C. 06004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346006004>.

[6] Boltayev, S.T., & Kosimova, Q.A. (2022). Railway Point Machine Control Automation Methods. In Proceedings - International Ural Conference on Measurements, UralCon (Vol. 2022-September, pp. 290–294). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/UralCon54942.2022.9906687>.

[7] Boltayev, S.T., Rakhmonov, B.B., Kasimova, Q.A., & Jonikulov, E.S. (2023). Intelligent Control Systems at Stations for Different Categories of Trains. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2612). American Institute of Physics Inc. <https://doi.org/10.1063/5.0114539>.

Mualliflar to'g'risida ma'lumot/ Information about the authors

Jonikulov Egamberdi Shavkat o'g'li/ Jonikulov Egamberdi Shavkat ugli	Toshkent davlat transport universiteti "Avtomatika va telemexanika" kafedrasida tayanch doktoranti. E-mail: egamberdijonikulov@gmail.com Tel.: +998911022797 https://orcid.org/0000-0002-1130-0522
Ayapbergenov Raul Minarbay uli/ Ayapbergenov Raul Minarbay uli	Toshkent davlat transport universiteti MAB-8 guruh talabasi E-mail: raulayapbergenov289@gmail.com Tel.: +998912641615
Salohiddinov Hikmatillo Hakimjon og'li / Salokhiddinov Khikmatillo Hakimjon ugli	Toshkent kimyo-texnologiya instituti Yangiyer filiali "Avtomatika va texnologik jarayonlar".kafedrasida stajjoy o'qituvchisi E-mail: xikmat.xakimovich@gmail.com Tel.: +998909528233
Fayzullayev Qilichbek Ochilbayevich/ Fayzullayev Kilichbek Ochilbayevich	Toshkent kimyo-texnologiya instituti Yangiyer filiali "Avtomatika va texnologik jarayonlar".kafedrasida assistenti E-mail: El.poch.qilichbekfo@gmail.com Tel.: +998994407469



B. Sindorov

The importance of the supervisory board in the implementation of effective corporate governance principles in the management of industrial enterprises.....49

E. Jonikulov, R. Ayapbergenov, H. Salohiddinov, K. Fayzullaev

Analysis of wireless communication technologies in the control and monitoring of railway station switches.....53

D. Yuldoshev, K. Matrasulov

Analysis of methods for assessing the state of urban public transport infrastructure based on logistics principles.....59