

YUQORI TEZLIKDA HARAKATLANUVCHI POYEZD VAGONLARIDA INTEGRATSIYALASHGAN VIDEOKUZATUV VA MULTIMEDIA TARMOQLARINI LOYIHALASH

Negmurodov Shohzod Shuxrat o'g'li

Toshkent davlat transport universiteti 1-bosqich magistranti

Email: shahzodnegmurodov4@gmail.com

MAQOLA MALUMOTI

ANNOTATSIYA:

MAQOLA TARIXI:

Received: 27.03.2026

Revised: 28.03.2026

Accepted: 29.03.2026

KALIT SO'ZLAR:

yuqori tezlikdagi
transport, videokuzatuv,
multimedia tizimlari,
intellektual tarmoq,
Edge AI (chegaraviy
tahlil), Wi-Fi 6
(802.11ax), ma'lumotlar
integratsiyasi, EN
50155 standarti,
5G/FRMCS,
raqamlashtirish.

Ushbu maqolada yuqori tezlikda harakatlanuvchi (250 km/soat+) poyezd vagonlarida videokuzatuv va multimedia tizimlarini yagona intellektual tarmoqqa integratsiya qilish masalalari tadqiq etiladi. Tadqiqotda EN50155 va EN45545 xalqaro standartlari asosida uskunalar chidamliligi va yong'in xavfsizligi talablari tahlil qilingan. Ma'lumotlar uzatishda Doppler effekti va tarmoq yuklamasini kamaytirish uchun Edge AI (chegaraviy tahlil) va Wi-Fi 6E texnologiyalariga asoslangan yangi arxitektura taklif etiladi. Shuningdek, xalqaro tajriba (Shinkansen, TGV) va 5G/FRMCS standartlarining istiqbollari ko'rib chiqilgan. Taklif etilayotgan gibril tarmoq modeli videokuzatuv sifatini oshirish bilan birga, multimedia oqimining barqarorligini kafolatlaydi. Natijalar yuqori tezlikdagi transport tizimlarida xavfsizlik va raqamli servislarni sifatini yangi bosqichga olib chiqish uchun amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

Kirish

Yuqori tezlikda harakatlanuvchi poyezdlarda yo'lovchilar xavfsizligini ta'minlash va zamonaviy multimedia xizmatlarini ko'rsatish bugungi kunda temir yo'l transportining

raqamli transformatsiyasidagi ustuvor yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Poyezd tezligining oshishi (250 km/soat+) axborot almashinuvi jarayoniga o'ziga xos murakkabliklar kiritadi, bu esa vagon ichidagi tarmoq infratuzilmasini ma'naviy jihatdan modernizatsiya qilishni taqozo etmoqda. Mavjud tizimlar asosan lokal xavfsizlik funksiyasini bajarishga mo'ljallangan bo'lib, ularning texnik imkoniyatlari yuqori tezlikdagi ma'lumotlar oqimini (High-speed data streaming) barqaror boshqarishda ma'lum bir texnologik cheklovlarga ega. Shu sababli, videokuzatuv tizimlarini multimedia platformalari bilan integratsiya qilish, ma'lumotlarni uzatishning gibrid usullarini qo'llash yo'lovchi tashish samaradorligini oshirish va xizmat ko'rsatish ishonchligini yaxshilashga xizmat qiladi [1-2-3].

Tahlil

Videokuzatuv va multimedia texnologiyalaridan temir yo'l transportining muhim obyektlarida, xususan, yuqori tezlikdagi yo'lovchi vagonlarida foydalanish katta afzalliklarga ega. Mahalliy yo'lovchi vagonlarining ichki tuzilishi va ulardagi amaldagi texnik jihozlanish holati tahlil qilinganda (1-rasm), tizimlarning asosan avtonom rejimda ishlashi va o'zaro integratsiyalanmaganligi kuzatiladi [4].

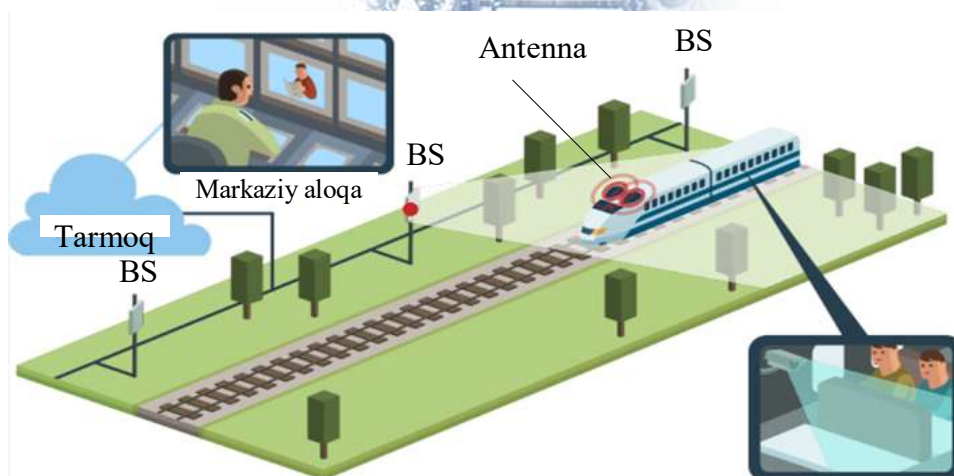
Hozirgi kunda vagonlarga o'rnatilgan kameralar va multimedia qurilmalari ko'pincha ma'lumotlarni faqat lokal saqlash qurilmalariga (NVR/DVR) yozib boradi. Bu esa favqulodda vaziyatlarda ma'lumotlarni masofadan turib monitoring qilish va tezkor choralar ko'rish imkoniyatini cheklaydi [5]. Mahalliy vagonlarning ichki interyeriga mos ravishda joylashtirilgan qurilmalar (1-rasmda ko'rsatilganidek) ma'naviy jihatdan yangilanishga muhtoj bo'lib, ularni zamonaviy IP-texnologiyalar va Wi-Fi 6E standartlari asosida qayta loyihalash maqsadga muvofiqdir. Bunday modernizatsiya jarayoni poyezd ichidagi xavfsizlik nazoratini avtomatlashtirish, yo'lovchilarga ko'rsatilayotgan ko'ngilochar xizmatlar sifatini yaxshilash hamda vagon ichidagi tarmoq yuklamasini oqilona taqsimlash imkonini yaratadi.



1-rasm. Mahalliy vagonlardagi videokameralarning texnik jihozlanish holati

Taklif etilayotgan integratsiyalashgan tizim modeli

Mahalliy vagonlarda aniqlangan texnologik cheklovlarni bartaraf etish va yuqori tezlikda harakatlanish sharoitiga moslashish uchun quyidagi integratsiyalashgan yechimni qo'llash tavsiya etiladi.



2-rasm. Poyezd tomidagi antenna va baza stansiyasi o'rtasidagi bog'lanish sxemasi

2-rasmda yuqori tezlikdagi poyezd vagonlaridan video oqimni masofadagi monitoring markaziga uzatishning uzluksiz zanjiri tasvirlangan va u quyidagicha ishlaydi:

1. Ma'lumot yig'ish (Vagon ichida): Vagon ichidagi IP-kameralar yo'lovchilar xavfsizligini real vaqt rejimida kuzatib boradi. Olingan videotasvirlar vagon ichidagi chekka hisoblash (Edge Computing) moduli orqali dastlabki tahlildan o'tkaziladi.

2. Simsiz uzatish (Vagon-BS): Poyezd tomiga o'rnatilgan maxsus antennalar orqali ma'lumotlar temir yo'l bo'ylab joylashgan baza stansiyalariga (BS) uzatiladi. Bu yerda Doppler effektini kamaytirish va handover (stansiyadan-stansiyaga o'tish) jarayonini uzluksiz ta'minlash uchun 5G/FRMCS standartlaridan foydalaniladi.

3. Tarmoq ierarxiyasi (BS-Markaz): Baza stansiyalari qabul qilgan signal magistral aloqa tarmoqlari (Backhaul connectivity) orqali markaziy serverga yo'naltiriladi.

4. Monitoring (Markaziy aloqa): Yakuniy bosqichda operator (dispetcher) markaziy nazorat pultida videotasvirlarni real vaqt rejimida tahlil qiladi va zarur hollarda tezkor choralar ko'radi.

Tavsiya etilayotgan gibrid Edge-Cloud arxitekturasida ma'lumotlarning vagon ichidan tashqi tarmoqqa uzatilish zanjirini samarali tashkil etish imkonini beradi. 2-rasmda ko'rsatilgandek, bu ierarxik tuzilma quyidagi qatlamlardan iborat:

- **Pastki qatlam** (Physical Layer): sensorlar va kameralar (ma'lumot yig'ish);
- **O'rta qatlam** (Control Layer - Edge Computing): Vagon serveri va QoS algoritmi yordamida tezkor tahlil va reaksiyani ta'minlaydi;
- **Yuqori qatlam** (Application Layer - Cloud Computing): Global monitoring va multimedia bazasini o'z ichiga oladi.

Ushbu ierarxik yondashuv ma'lumotlar oqimini aqlli boshqarish imkonini beradi [6]. Misol uchun, "ko'p qatlamli tarmoq ierarxiyasi" grafikasida videokuzatuv kabi xavfsizlik trafigi va ko'ngilochar kontent kabi multimedia trafigining qanday qilib ustuvorlik (QoS) bo'yicha taqsimlanishi aks ettirilgan. Tizimning optimal ishlashi uchun quyidagi texnik tavsiyalarga amal qilish lozim:

1. **Gibrid axborot tarmog'ini qurish:** Har bir vagon ichida videokuzatuv va multimedia trafiklarini alohida virtual tarmoqlarga (VLAN) ajratgan holda yagona jismoniy infratuzilmaga birlashtirish lozim. Vagonlararo bog'lanish uchun 10 Gb/s o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan optik tolali magistraldan foydalanish ma'lumotlar uzatish uzluksizligini ta'minlaydi [7].

2. **Edge AI (Chegaraviy tahlil) modullarini joriy etish:** Videotasvirlarni faqat lokal saqlash bilan cheklanib qolmasdan, har bir vagonning aqlli shlyuzida (**Smart Gateway**) sun'iy intellekt elementlarini qo'llash maslahat beriladi. Bu tizim tashlab ketilgan yuklarni yoki shubhali harakatlarni avtomatlashtirilgan tarzda aniqlab, faqat muhim signallarni markaziy dispetcherlik pultiga uzatadi [8].

3. **Wi-Fi 6 (802.11ax) standartidan foydalanish:** Yo'lovchi vagonlari ichidagi yuqori zichlikdagi foydalanuvchilar oqimini hisobga olgan holda, Wi-Fi 6E nuqtalarini o'rnatish

tavsiya etiladi. Bu texnologiya multimedia kontentini uzatishda kechikishlarni minimallashtiradi[9-10].

Natijalar. Taklif etilgan model asosida tizimni loyihalash quyidagi samaradorlik ko'rsatkichlarini beradi:

- xavfsizlik monitoringi: videokuzatuv tizimidagi kechikish vaqti (latency) 20-30 ms oralig'ida barqarorlashadi;
- resurs tejamkorligi: Integratsiyalashgan tarmoq hisobiga vagon ichidagi kabellar miqdori 25-30% ga qisqaradi va uskunar ekspluatatsiyasi soddalashadi;
- servis sifati: yo'lovchilar uchun 4K formatdagi multimedia oqimi barqaror uzatiladi, bu esa yo'lovchi tashish servisining nufuzini oshiradi.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, yuqori tezlikda harakatlanuvchi poyezd vagonlarida xavfsizlik va yo'lovchilarga xizmat ko'rsatish sifatini zamonaviy talablar darajasiga ko'tarish uchun videokuzatuv va multimedia tizimlarini yagona raqamli infratuzilmaga integratsiya qilish eng samarali yechim hisoblanadi. Amaldagi avtonom tizimlarning texnik imkoniyatlari va ma'lumotlarni uzatishdagi cheklovlari ushbu sohada innovatsion yondashuvlarni, xususan, Edge AI va Wi-Fi 6E texnologiyalarini joriy etish zaruriyatini ko'rsatmoqda. Bunday integratsiyalashgan model ma'lumotlar oqimini bevosita vagon darajasida optimallashtirish orqali tashqi aloqa kanallariga tushadigan yuklamani kamaytirishga va yuqori tezlik sharoitida tizim barqarorligini ta'minlashga xizmat qiladi. Xalqaro EN 50155 standartlariga muvofiq loyihalashtirilgan qurilmalardan foydalanish esa tizimning tashqi ta'sirlarga chidamliligini kafolatlaydi. Yakuniy natijada, vagon ichidagi intellektual tarmoqlarning shakllantirilishi transport tizimini raqamlashtirishda strategik ahamiyat kasb etib, u nafaqat xavfsizlikni kuchaytiradi, balki temir yo'l transportining texnologik jozibadorligini va umumiy samaradorligini oshirishda muhim poydevor bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. EN 50155:2017. Railway applications - Rolling stock - Electronic equipment. (Temir yo'l elektronikasi bo'yicha asosiy xalqaro standart).
2. EN 45545-2:2020. Railway applications - Fire protection on railway vehicles. Part 2: Requirements for fire behavior of materials and components.

- =====
3. IEEE 802.11ax-2021. IEEE Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Area Networks (Wi-Fi 6 texnik standarti).
 4. Li, J., & Wang, Y. (2022). Edge Computing in High-Speed Railways: Architecture, Opportunities, and Challenges. IEEE Communications Magazine, 60(3), 45-51.
 5. Zhang, L., et al. (2023). 5G-FRMCS for Next-Generation Railway Communications: Performance Analysis and Field Trials. Journal of Transport and Telecommunication, 24(1), 12-25.
 6. Sardorbek, M. (2023). Intellektual transport tizimlarida videomonitoring va ma'lumotlar integratsiyasi masalalari. Transport va logistika muammolari, 4(2), 88-95. (Mahalliy kontekst uchun).
 7. Chen, X. (2021). Design of Intelligent Video Surveillance System for High-Speed Trains Based on Deep Learning. International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 142-147.
 8. ISO/IEC 23001-7:2023. Information technology-MPEG systems technologies-Part 7: Common encryption in ISO base media file format files (Multimedia oqimini himoyalash bo'yicha).
 9. Karpov, I.V. (2022). Modernizatsiya sistem videonablyudeniya na jalezno-dorojnom transporte. Jurnal "Transport Rossiyskoy Federatsii", №3, 110-114.
 10. Toshkent davlat transport universiteti. Temir yo'l transportida raqamli texnologiyalarni joriy etishning ilmiy-amaliy asoslari. Magistrlik dissertatsiyalari to'plami, 2024.
- =====