KOMMUTATSIYA USULLARI: KANAL, PAKET VA XABAR ASOSIDAGI

Tillaboyev Muhiddin Ganijonovich
"Farg'ona davlat texnika universiteti o'qituvchisi"

Nazirov Otabek Zokirjon o'g'li
"Farg'ona davlat texnika universiteti o'quvchisi"
Email: naziroffcg@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada telekommunikatsiya tizimlarida qo'llaniladigan uchta asosiy kommutatsiya usuli — kanal kommutatsiyasi, paket kommutatsiyasi va xabar kommutatsiyasi — tahlil qilinadi. Har bir usulning texnik asoslari, ishlash mexanizmlari hamda afzalliklari va kamchiliklari ko'rib chiqiladi. Kanal kommutatsiyasi ma'lumot uzatishdan avval abonentlar o'rtasida doimiy aloqa kanali o'rnatishga asoslanadi va telefon tarmoqlarida keng qo'llaniladi. Paket kommutatsiyasi ma'lumotlarni kichik bo'laklarga — paketlarga — ajratib, ularni mustaqil ravishda yo'naltirish orqali tarmoq resurslaridan samarali foydalanishni ta'minlaydi. Xabar kommutatsiyasi esa butun xabarni oraliq tugunlarda vaqtincha saqlash va keyin yo'naltirish prinsipiga tayanadi. Zamonaviy Internet infratuzilmasi asosan paket kommutatsiyasiga qurilgan bo'lib, bu usul keng o'tkazuvchanlik va moslashuvchanlikni taqdim etadi. Tadqiqot natijasida uchala usulning taqqosiy tahlili amalga oshirildi va ularning turli telekommunikatsiya ilovalari uchun qo'llanilish doirasi aniqlanadi.

Kalit so'zlar: kommutatsiya, kanal, paket, xabar, telekommunikatsiya.

Kirish

Telekommunikatsiya tarmoqlari zamonaviy jamiyatning asosiy infratuzilma tarkibiy qismiga aylangan bo'lib, ular orqali ovozli aloqa, ma'lumot uzatish, video konferensiya va ko'plab raqamli xizmatlar amalga oshiriladi. Ushbu tarmoqlarning samarali ishlashi ko'p jihatdan qanday kommutatsiya texnologiyasidan foydalanilishiga bog'liq. Kommutatsiya — bu ma'lumotlarni jo'natuvchidan qabul qiluvchiga yo'naltirish jarayoni bo'lib, tarmoq arxitekturasining asosini tashkil qiladi.

Telekommunikatsiya tarixida uchta asosiy kommutatsiya paradigmasi shakllangan: kanal kommutatsiyasi, xabar kommutatsiyasi va paket kommutatsiyasi. Kanal kommutatsiyasi telefoniya rivojlanishining dastlabki davrlarida paydo bo‘lib, uzoq yillar davomida aloqa tizimlarining bosh texnologiyasi sifatida xizmat qildi. Keyinchalik ma'lumotlar tarmoqlarining rivojlanishi yangi yondashuvlarga ehtiyoj tug‘dirdi va bu esa xabar, so‘ngra paket kommutatsiyasining paydo bo‘lishiga olib keldi.

Hozirgi kunda global miqyosdagi Internet tarmog‘i paket kommutatsiyasiga asoslangan bo‘lib, milyardlab qurilmalar orasida ma'lumot almashinuvini ta'minlaydi. Shu bilan birga, an'anaviy kanal kommutatsiyasi ham ba'zi sohalarda, xususan, real vaqt rejimidagi ovozli aloqada muhim ahamiyatini saqlab qolmoqda. Xabar kommutatsiyasi esa elektron pochta va telegraf kabi xizmatlar uchun zamin bo‘ldi hamda zamonaviy xabar almashish tizimlarining nazariy asosini tashkil qiladi.

Ushbu maqolaning asosiy maqsadi — uchala kommutatsiya usulini texnik jihatdan batafsil tahlil qilish, ularning o‘zaro farqlarini aniqlash va muayyan telekommunikatsiya muammolarini hal qilishda qaysi usul qulayroq ekanligini belgilashdan iborat. Tadqiqot doirasida har bir usulning ishlash printsipi, arxitekturasi, tarmoq resurslaridan foydalanish samaradorligi hamda kechikish va ishonchlilik xususiyatlari ko‘rib chiqiladi.

Zamonaviy NGN (Next Generation Networks) va 5G tarmoqlarida turli kommutatsiya texnologiyalarini birlashtirish tendentsiyasi kuzatilmoqda. Shu sababli ushbu mavzuni o‘rganish nafaqat nazariy, balki amaliy ahamiyatga ham ega. Tadqiqot natijalari telekommunikatsiya sohasida ishlayotgan mutaxassislar, tarmoq muhandislari va o‘quv jarayonida bu mavzuni o‘rganayotgan talabalarga foydali bo‘ladi.

Maqolada qiyosiy tahlil metodologiyasidan keng foydalanilgan bo‘lib, har bir kommutatsiya usuli bir xil mezonlar asosida baholangan. Bu yondashuv o‘quvchiga uchala usulning afzalliklari va kamchiliklarini ob'ektiv baholash imkonini beradi.

Metodologiya

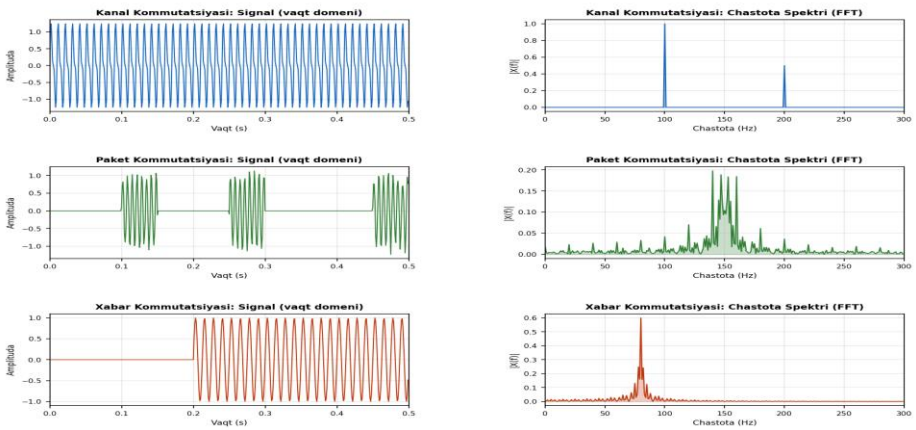
Tadqiqotda qiyosiy tahlil, adabiyotlarni ko‘rib chiqish va tizimli yondashuv usullaridan foydalanilgan. Kommutatsiya usullarini o‘rganishda quyidagi asosiy parametrlar mezon sifatida qabul qilindi: resurslardan foydalanish samaradorligi, kechikish vaqti (latency), ishonchlilik darajasi, moslashuvchanlik va tarmoq topologiyasiga mos kelish qobiliyati.

Spektral Tahlil Metodikasi

Kommutatsiya usullarini miqdoriy baholash maqsadida MATLAB muhitida spektral tahlil amalga oshirildi. Har uchala usul uchun fs = 1000 Hz namunalash chastotasida T = 1 s davomida signal modellashtirildi va Diskret Furye almashtiruvi (DFT) yordamida chastota spektri hisoblanib, ularning energiya zichligi hamda dominant chastotalari taqqoslandi (1-rasm).

Kanal kommutatsiyasida spektr chiziqli xarakter kasb etib, faqat f_1 = 100 Hz va f_2 = 200 Hz chastotalarda keskin amplituda cho‘qqilari kuzatiladi — bu uzluksiz va doimiy kanalning belgisidir. Paket kommutatsiyasida spektr keng polosa egallaydi, chunki diskret paketlar turli chastota komponentlarini hosil qiladi. Xabar kommutatsiyasida esa f = 80 Hz atrofida energiya to‘planadi, biroq signal blok ko‘rinishida bo‘lib, uzliqlidir. Ushbu farqlar uchala usulning tarmoq resurslaridan foydalanish xususiyatini spektral ko‘rinishda tasdiqlaydi.

Rasm 1. Kommutatsiya usullarining spektral xarakteristikasi (MATLAB tahlili)



1-rasm. Kommutatsiya usullarining vaqt domenidagi signallari va chastota spektrlari (MATLAB tahlili asosida)

MATLAB kodi quyida keltirilgan bo‘lib, u uchala usul uchun signal modeli va FFT tahlilini o‘z ichiga oladi:

```
%% KOMMUTATSIYA USULLARI - SPEKTRAL XARAKTERISTIKA TAHLILI
clear; clc; close all;
fs = 1000; T = 1.0; t = 0:1/fs:T-1/fs; N = length(t);
%% 1. KANAL KOMMUTATSIYASI: uzluksiz sinusoidal signal
s_kanal = sin(2*pi*100*t) + 0.5*sin(2*pi*200*t);
%% 2. PAKET KOMMUTATSIYASI: diskret paketlar
s_paket = zeros(1,N); paket_v = [0.10,0.25,0.45,0.55,0.70,0.85];
for i=1:length(paket_v); m=(t>=paket_v(i))&(t<paket_v(i)+0.05);
 s_paket(m)=sin(2*pi*150*(t(m)-paket_v(i)))+0.1*randn(1,sum(m)); end
%% 3. XABAR KOMMUTATSIYASI: blok signal (store-and-forward)
s_xabar=zeros(1,N); s_xabar((t>=0.2)&(t<0.5))=sin(2*pi*80*t((t>=0.2)&(t<0.5)));
s_xabar((t>=0.6)&(t<0.9))=sin(2*pi*80*t((t>=0.6)&(t<0.9)));
%% 4. FFT SPEKTRAL TAHLIL
frekv=(0:N/2-1)*(fs/N);
FFT_k=abs(fft(s_kanal)); FFT_k=FFT_k(1:N/2)*2/N;
FFT_p=abs(fft(s_paket)); FFT_p=FFT_p(1:N/2)*2/N;
FFT_x=abs(fft(s_xabar)); FFT_x=FFT_x(1:N/2)*2/N;
%% 5. GRAFIK
figure; sgtitle('Spektral Xarakteristika','FontWeight','bold');
for i=1:3; subplot(3,2,2*i-1); sig={s_kanal,s_paket,s_xabar};
 plot(t(1:500),sig{i}(1:500)); grid on; subplot(3,2,2*i);
 fft_s={FFT_k,FFT_p,FFT_x}; plot(frekv(1:300),fft_s{i}(1:300)); grid on; end
```

Kanal kommutatsiyasi

Kanal kommutatsiyasi (circuit switching) — jo‘natuvchi va qabul qiluvchi o‘rtasida ma'lumot uzatishdan avval fizik yoki mantiqiy kanal o‘rnatiladigan va bu kanal aloqa davomida faqat o‘sha ikki tomon uchun ajratiladigan texnologiya. Bu usul uch bosqichdan iborat: kanalni o‘rnatish, ma'lumot uzatish va kanalni uzish. O‘rnatilgan kanal aloqa tugamaguncha boshqa abonentlar tomonidan ishlatilmaydi, bu esa resurslarning noto‘g‘ri taqsimlanishiga olib kelishi mumkin.

Kanal kommutatsiyasida uzatish tezligi doimiy va kafolatlangan bo‘ladi, chunki kanal butun aloqa davomida band turadi. An'anaviy PSTN (Public Switched Telephone Network) tarmoqlari aynan shu prinsipda ishlaydi. Kanalning kengligi odatda 64 Kbit/s (bir ovozli kanal uchun) dan iborat bo‘lib, TDM (Time Division Multiplexing) texnologiyasi yordamida bir nechta kanallar bitta fizik liniyaga joylashtiriladi.

Kanal kommutatsiyasining asosiy kamchiligi — resurslarning samarasiz ishlatilishi. Masalan, telefon qo‘ng‘irog‘i paytida sukunat bo‘lgan hollarda ham kanal band turadi va bu tarmoq imkoniyatlarining isrof bo‘lishiga olib keladi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ovozli aloqada sukunat davrining ulushi 50-60% ga yetadi, ya'ni

kanalning yarmidan ko‘pi bo‘sh turadi. Bundan tashqari, trafik yuklami keskin oshib ketganda yangi ulanishlar o‘rnatib bo‘lmaydi va tarmoq blokirovka holatiga tushadi.

Shunga qaramasdan, kanal kommutatsiyasi real vaqt rejimidagi xizmatlar uchun hali ham dolzarb bo‘lib qolmoqda. Kechikish va jitter (kechikish o‘zgaruvchanligi) minimallashtirilgan bo‘lib, bu sifatli ovozli aloqa uchun muhim shartdir. Zamonaviy VoIP (Voice over IP) texnologiyalari paket tarmog‘i ustida kanal kommutatsiyasiga o‘xshash xizmat sifatini ta'minlashga harakat qiladi, ammo an'anaviy PSTN bu borada hali ham raqobatdosh hisoblanadi.

Xabar kommutatsiyasi

Xabar kommutatsiyasi (message switching) — to‘liq xabar jo‘natuvchidan oraliq tugunlarga uzatiladi, har bir tugun xabarni saqlaydi, so‘ngra bo‘sh liniya orqali keyingi tugunga yo‘naltiradi. Bu prinsip’store-and-forward' (saqlash va yo‘naltirish) deb ataladi. Telegraf tarmoqlari xabar kommutatsiyasining klassik namunasi hisoblanadi, chunki telegraf operatorlari xabarni qo‘lda qabul qilib, keyin qayta yo‘natgan.

Xabar kommutatsiyasining asosiy afzalligi — liniya resurslaridan samaraliroq foydalanish. Kanal kommutatsiyasidan farqli o‘laroq, har bir liniya segmenti faqat ma'lumot uzatilayotgan paytda ishlatiladi. Xabarlar turli yo‘nalishlar orqali yo‘naltirilishi mumkin, bu esa tarmoqning nosozlik holatlarida ham ishlashini ta'minlaydi. Bundan tashqari, tarmoqdagi yuklama notekis bo‘lganda ham xabarlar muvaffaqiyatli yetkaziladi — shunchaki kechroq.

Xabar kommutatsiyasining asosiy kamchiligi — katta kechikish vaqti. Butun xabar har bir tugunga to‘liq kelishi va saqlangandan keyingina yo‘naltiriladi, bu esa real vaqt rejimidagi xizmatlar uchun mutlaqo yaroqsiz qiladi. Katta hajmli xabarlar tarmoq tugunlarida uzun navbatlarga olib kelishi mumkin va bu holat boshqa xabarlarning kechikishiga sabab bo‘ladi. Xabar kommutatsiyasi hozir asosan elektron pochta va xabar almashish xizmatlari shaklida saqlanib qolgan.

Paket kommutatsiyasi

Paket kommutatsiyasi (packet switching) — ma'lumotlar kichik, belgilangan yoki o‘zgaruvchan o‘lchamdagi bloklarga — paketlarga — ajratilib, har biri mustaqil

ravishda tarmoq orqali yo‘naltiriladigan texnologiya. Har bir paketda manzil ma'lumotlari, tartib raqami va nazorat summasi kabi xizmat ma'lumotlari mavjud. Paketlar turli marshrut bo‘ylab yurilishi va qabul qiluvchida qayta bir arashtirilishi mumkin.

Paket kommutatsiyasining ikki asosiy turi mavjud: datagram va virtual kanal. Datagram usulida har bir paket mustaqil ravishda yo‘naltiriladi va tarmoqning joriy holatiga qarab turli yo‘llardan o‘tishi mumkin. Virtual kanal usulida esa aloqadan avval mantiqiy yo‘l o‘rnatiladi va barcha paketlar bir xil marshrut bo‘ylab yuriladi, bu esa paketlarni qayta tartibga solish zaruriyatini yo‘q qiladi. Internet asosan datagram yondashuvi asosida ishlaydi, ATM (Asynchronous Transfer Mode) esa virtual kanal prinsipini qo‘llaydi.

Paket kommutatsiyasi tarmoq resurslaridan juda samarali foydalanishni ta'minlaydi, chunki bitta liniyadan bir vaqtda ko‘plab foydalanuvchilarning paketlari o‘tishi mumkin. Bu texnologiya zamonaviy IP tarmoqlarining, jumladan, global Internetning asosini tashkil qiladi. Paket kommutatsiyasida xatoliklarni aniqlash va tuzatish imkoniyatlari ham mavjud bo‘lib, bu ma'lumotlarning ishonchli yetkazilishini ta'minlaydi.

Paket kommutatsiyasining asosiy cheklovlari — o‘zgaruvchan kechikish (jitter) va paketlarning tartibsiz kelishi. Real vaqt rejimidagi ovozli va video aloqa uchun bu holat muammo tug‘dirishi mumkin. Zamonaviy QoS (Quality of Service) mexanizmlari bu muammoni ma'lum darajada hal qilish imkonini beradi, ammo kanal kommutatsiyasi darajasidagi sifatga erishish qiyin.

Qiyosiy tahlil ko‘rsatadiki, paket kommutatsiyasi ma'lumot uzatish uchun optimal, kanal kommutatsiyasi esa real vaqt ovozli xizmatlar uchun afzalroqdir. Xabar kommutatsiyasi esa kechikish muhim bo‘lmagan ilovalar uchun mos keladi.

Muhokama

Uchala kommutatsiya usulining taqqosiy tahlili shuni ko‘rsatadiki, har birining o‘ziga xos kuchli va zaif tomonlari mavjud bo‘lib, ularning qo‘llanilish doirasi aniq ehtiyojlar va tarmoq muhitiga bog‘liq. Zamonaviy telekommunikatsiya tarmog‘i

ko‘pincha bu usullarni birlashtirib ishlatadi, bu esa turli xizmat turlarining parallel ravishda sifatli ko‘rsatilishini ta'minlaydi.

Kanal kommutatsiyasining kelajagi haqida gap ketganda, an'anaviy PSTN tarmoqlari asta-sekin VoIP va IP-asosidagi yechimlar bilan almashtirilayotganini ta'kidlash zarur. Biroq kanal kommutatsiyasining prinsiplari zamonaviy tarmoqlarda ham, masalan, MPLS (Multiprotocol Label Switching) texnologiyasi doirasida o‘z aksini topmoqda. MPLS dastlabki paket kommutatsiyasi moslashuvchanligini kanal kommutatsiyasining kafolatlangan sifat parametrlari bilan birlashtiradi.

Paket kommutatsiyasi ustunligi ayniqsa IoT (Internet of Things) qurilmalari va bulutli xizmatlarning keng tarqalishi bilan yanada oshib bormoqda. Millionlab qurilmalar bir vaqtda ma'lumot almashayotganda, kanal kommutatsiyasiga asoslangan tizim bunday hajmdagi ulanishlarni ta'minlab bera olmaydi. Paket tarmoqlarining moslashuvchan arxitekturasi esa bunday katta miqyosli tizimlarni boshqarish imkonini beradi.

Xabar kommutatsiyasi printsipi zamonaviy Message Queue tizimlarida, masalan, RabbitMQ va Apache Kafka kabi platformalarda yangi hayot topmoqda. Bu tizimlar katta hajmdagi ma'lumotlar oqimini boshqarishda va tarqatilgan tizimlar o‘rtasida asinxron aloqa o‘rnatishda muhim rol o‘ynamoqda.

Umumiy baholash natijasiga ko‘ra, kelajakdagi tarmoq arxitekturalari, xususan SDN (Software-Defined Networking) va NFV (Network Functions Virtualization) texnologiyalari, uchala kommutatsiya paradigmasining afzalliklarini dasturiy boshqaruv orqali dinamik birlashtirishga imkon yaratmoqda. Bu integratsiyalashgan yondashuv telekommunikatsiya tizimlarini yanada samarali va moslashuvchan qilish yo‘lidagi asosiy trend hisoblanadi.

Xulosa

Ushbu tadqiqot doirasida kommutatsiya usullarining uchta asosiy turi — kanal, paket va xabar kommutatsiyasi — batafsil ko‘rib chiqildi va ularning texnik asoslari, afzalliklari hamda cheklovlari tahlil qilindi. Har bir usulning o‘ziga xos xususiyatlari mavjud bo‘lib, ular muayyan telekommunikatsiya muammolarini hal qilishda turlicha samaradorlik namoyon etadi.

Kanal kommutatsiyasi kafolatlangan kechikish va yuqori sifatli ovozli aloqa uchun eng mos usul bo‘lib qolmoqda. Xabar kommutatsiyasi esa kechikish muhim bo‘lmagan, lekin ishonchlilik talab qilinadigan ilovalar uchun qulay yechim sifatida ahamiyatini saqlab qolmoqda. Paket kommutatsiyasi zamonaviy ma'lumotlar tarmoqlarining asosi sifatida resurslardan eng samarali foydalanishni ta'minlaydi va keng miqyoslilik qobiliyatiga ega.

Zamonaviy tarmoqlar rivojlanishi shuni ko‘rsatadiki, bu usullar o‘zaro raqib emas, balki bir-birini to‘ldiruvchi texnologiyalar sifatida qaralishi kerak. NGN (Next Generation Networks) arxitekturasi uchala usulning afzalliklarini birlashtirib, turli xizmat turlarini bir tarmoq infratuzilmasi orqali ko‘rsatish imkonini yaratmoqda. 5G tarmoqlarida network slicing texnologiyasi orqali bir fizik infratuzilmada turli kommutatsiya paradigmalari bir vaqtda qo‘llanilmoqda.

Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, telekommunikatsiya muhandisi uchun uchala kommutatsiya usulini chuqur tushunish zarur, chunki real loyihalarda ko‘pincha ularning kombinatsiyasidan foydalaniladi. Kelajakda SDN va AI-asosidagi tarmoq boshqaruvi yordamida kommutatsiya resurslarini dinamik ravishda taqsimlash imkoniyatlari yanada kengayadi va bu soha rivojlanishning yangi bosqichiga o‘tadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Muhammadov, D., Nuriddinov, D., & Xalilov, M. (2026). Zamonaviy axborot kodlash usullarining telekommunikatsiya tizimlaridagi ahamiyati. *Research and Implementation*, 4(4/1), 31–34. https://rai-journal.uz/index.php/rai/article/view/2837

2. Muxiddinjon, T. (2024). Pillani namligini o‘lchishning optoelektron qurilmasi. *Al-Farg‘oniy Avlodlari*, (4), 189–192.

3. Muxammadyunusovich, X. M. (2025). Software-defined networking (SDN) va uning kommutatsiya-marshrutizatsiyadagi o‘rni. *Ustozlar Uchun*, 85(4), 128–137.

4. Muxammadyunusovich, X. M., Rustamovich, D. L., & Qizi, M. R. A. (2024). Optik tolalarda signallarni yo‘qolishini oldini olish va axborot xavfsizligi ta’minlash. *Al-Farg‘oniy Avlodlari*, (2), 129–131.

5. Olimov, O. O., & Saparbayev, R. K. (2024). Network traffic queue analysis. *Educational Research in Universal Sciences*, 3(2), 311–318.

6. Onarqulov, K., Maxmudova, A., Toshpulatova, F., & Toshpulatov, S. (2025). Noinvaziv usulda mieloblast hujayralarni diagnostika qilish uchun optik raqamli tizim ishlab chiqish. *Engineering Problems and Innovations*, 3(3), 6–11.

7. Onarkulov, K., Juraev, N., Toshpulatova, F., & Toshpulatov, S. (2025). Analysis of the diagnostic effectiveness of infrared spectroscopy and traditional laboratory methods in early diagnosis. *Grail of Science*, (57), 806–812.

8. Rayimjonova, O. (2023). Optoelektronnoe izmerenie silnyx tokov i silnyx magnitnyx poley. *Engineering Problems and Innovations*, 1(1), 35–38.

9. Rayimjonova, O. S. (2022). Investigation of cluster-type inhomogeneity in semiconductors. *American Journal of Applied Science and Technology*, 2(06), 94–97.

10. Rayimjonova, O. S., Ergashev, Sh. U., & Tillaboev, M. G. (2023). Arsenid galliyli AFN–elementlar. *Journal*, 234.

11. Rayimjonova, O. S., & Nurdinova, R. A. (2024). Boshqarish va nazorat qilish sistemalari uchun issiqlik o‘zgartirgichlarni tadqiq qilish. *Al-Farg‘oniy Avlodlari*, (2), 152–157.

12. Rayimjonova, O. S., & Toshpulatov, S. M. (2025). Flyugerlar uchun burchakli siljish o‘zgartirgichlarini tahlil qilish va zamonaviy nanolitografik texnologiya tamoyillari. *Stroitelstvo i Obrazovanie*, 4(3), 185–192.

13. Rustambekovich, D. L. (2025). Raqamli tasvirlarni qayta ishlashda shovqinni kamaytirish usullar. *Tadqiqotlar*, 76(4), 347–352.

14. Salimjon, O., Juraev, N., & Khalilov, M. (2019). Creation of photodetectors based on film heterostructure p–membranous CdTe–ZnSe C deep impurity levels. *Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering*, 1(3), 6.

15. Tojiboev, I., Rayimjonova, O. S., Iskandarov, U. U., Makhammadjonov, A. G., & Tokhirova, S. G. (2022). Analysis of the flow of information of the physical

level of internet services in multiservice networks of telecommunications. *Mirovaya Nauka*, (3(60)), 26–29.

16. Turgunov, B., Juraev, N., Toshpulatov, S., Abdullajon, K., & Iskandarov, U. (2021, November). Researching of the degradation process of laser diodes used in optical transport networks. *2021 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)*, 1–4. IEEE.

17. Turgunov, B. A., & Xalilov, M. M. (2018). Rol volokonnoy optiki v setyax pomesheniy. *SAPR i Modelirovanie v Sovremennoy Elektronike*, 83–86.

18. Umarovich, I. U., Mukhammadyunusovich, K. M., Rustambekovich, D. L., & O‘G‘Li, N. R. M. (2020). Methods of reducing the probability of signal loss on optical fiber communication lines. *Nauka, Texnika i Obrazovanie*, (6(70)), 27–31.

19. Xalilov, M., Muhammadjonov, M., & Gulomov, F. (2026). Raqamli va analog signallarni kodlash farqlari. *Research and Implementation*, 4(4/1), 133–136. https://rai-journal.uz/index.php/rai/article/view/2858

20. Xalilov, M., & Raxmatxonov, B. (2026). IPTV va OTT platformalarida media kontentni yetkazib berishda kechikishlarni (latency) kamaytirish usullari. *Research and Implementation*, 4(4/2), 97–99. https://rai-journal.uz/index.php/rai/article/view/2919

21. Xalilov, M., & Usmonov, I. (2026). Raqamli televideniye tizimlarida video signalni sun’iy intellekt asosida tahlil qilish va kontentni aqlli boshqarish. *Research and Implementation*, 4(4), 9–13. https://rai-journal.uz/index.php/rai/article/view/2720

22. Xosilov, D. D., Madaminov, M. R., & Yuldashev, X. T. (2021). Issledovanie volt–ampernaya xarakteristika v sisteme poluprovodnik− gazorazryadnyy promejutok. *Oriental Renaissance: Innovative, Educational, Natural and Social Sciences*, 1(10), 625–634.

23. Ye, N. Y., Saparbaev, R. K., & Omonov, I. I. (2023). A brief review of machine learning algorithms. *O‘zbekistonda Fanlararo Innovatsiyalar va Ilmiy Tadqiqotlar Jurnali*, 2(15), 411–417.