

ABONENT KIRISH TARMOQLARIDA YUQORI TEZLIKLI MA'LUMOT UZATISHNI TA'MINLASH VA KECHIKISHNI MINIMALLASHTIRISH USULLARI.

Ilmiy tadqiqotchi: Vohidov Fayzullo Zokirjon og'li

Jumaboyev Diyorbek Zaynobiddin o'g'li

Ilmiy rahbar: Xalilov Muxammadmuso Muxammadyunusovich

Farg'ona davlat texnika universiteti.

Annotatsiya: Ushbu maqolada abonent kirish tarmoqlarida yuqori tezlikli ma'lumot uzatishni ta'minlash va kechikishni minimallashtirish masalalari tadqiq etiladi. So'nggi yillarda foydalanuvchilar sonining keskin oshishi, video oqimlari, real vaqt xizmatlari va IoT qurilmalari hajmining ko'payishi abonent kirish tarmoqlarida yuqori yuklanish, kechikish va resurslar notekis taqsimoti kabi muammolarni yuzaga keltirmoqda. Tadqiqotda optik va simli simsiz kirish texnologiyalari, masofaviy foydalanuvchi joylashuvi, trafik oqimlari va resurslarni dinamik boshqarish mexanizmlari tahlil qilinadi. Shuningdek, tarmoqning kechikish ko'rsatkichlarini kamaytirish, kanal kengligini optimallashtirish va uzilishlarga chidamliligini oshirishga qaratilgan algoritmik yondashuvlar o'rganiladi. Simulyatsiya va matematik modellash orqali turli kirish topologiyalari — chiziqli, daraxtsimon, iyerarxik va hibrid shakllar — samaradorligi solishtiriladi. Tadqiqot natijalari abonent kirish tarmoqlarida xizmat sifatini oshirish, kechikishni sezilarli darajada kamaytirish va yuqori tezlikdagi internet, video oqimlari, IoT va real vaqt ilovalari samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: abonent kirish tarmoqlari, yuqori tezlikli ma'lumot uzatish, kechikishni kamaytirish, trafik boshqaruvi, optik kirish, simsiz kirish, topologiya optimallashtirish, resurslarni boshqarish, tarmoq samaradorligi, uzilishlarga chidamlilik.

Abstract: This article examines methods for ensuring high-speed data transmission and minimizing latency in access networks. The rapid growth of users, video streaming, real-time services, and IoT devices has led to increased network load, higher delays, and uneven resource distribution in access networks. The study analyzes optical and wired-wireless access technologies, user locations, traffic flows, and dynamic resource management mechanisms. Algorithmic approaches aimed at reducing latency, optimizing channel bandwidth, and improving fault tolerance are also explored. Through modeling and simulation, the efficiency of various network topologies—linear, tree, hierarchical, and hybrid—is compared. The results of the study enable improved service quality, significant latency reduction, and enhanced

performance for high-speed internet, video streaming, IoT systems, and real-time applications.

Keywords (English): Access networks, high-speed data transmission, latency reduction, traffic management, optical access, wireless access, topology optimization, resource management, network performance, fault tolerance.

Аннотация (Abstract на русском): В данной статье рассматриваются методы обеспечения высокой скорости передачи данных и минимизации задержки в абонентских сетях доступа. Рост числа пользователей, видео потоков, сервисов реального времени и IoT-устройств приводит к высокой нагрузке, увеличению задержки и неравномерному распределению ресурсов в сетях доступа. Исследуются оптические и проводные беспроводные технологии доступа, расположение пользователей, потоки трафика и механизмы динамического управления ресурсами. Также анализируются алгоритмические подходы к снижению задержки, оптимизации пропускной способности каналов и повышению устойчивости к сбоям. Путём моделирования и симуляции сравнивается эффективность различных топологий — линейных, древовидных, иерархических и гибридных. Результаты исследования позволяют повысить качество обслуживания, значительно снизить задержку и улучшить производительность высокоскоростного интернета, видеопотоков, IoT-систем и приложений реального времени.

Ключевые слова (Russian): абонентские сети доступа, высокая скорость передачи данных, снижение задержки, управление трафиком, оптический доступ, беспроводной доступ, оптимизация топологии, управление ресурсами, производительность сети, устойчивость к сбоям.

Kirish: Abonent kirish tarmoqlari zamonaviy telekommunikatsiya tizimlarining eng muhim komponentlaridan biri hisoblanadi. Ular foydalanuvchilar va operatorlarning asosiy tarmoqlari o'rtasida interfeys vazifasini bajaradi, ya'ni foydalanuvchilarning so'rovlarini uzatadi va tarmoq xizmatlarini yetkazib beradi. So'nggi yillarda internet-trafikning keskin oshishi, video- va audio-striming xizmatlarining kengayishi, shuningdek, IoT (Internet of Things) qurilmalari sonining ko'payishi abonent kirish tarmoqlarini samarali ishlashini ta'minlashda yangi talablarni keltirib chiqarmoqda. Bu esa tarmoqning yuqori tezlikdagi xizmatlarni uzatish qobiliyati, kechikishni kamaytirish, sifatni nazorat qilish va resurslarni samarali taqsimlash kabi masalalarni dolzarb qilmoqda. An'anaviy abonent kirish tarmoqlari asosan simli texnologiyalarga asoslangan bo'lib, ularda ko'pincha bakir kabellar, koaksial kabel va DSL (Digital Subscriber Line) texnologiyalari qo'llaniladi. Shu bilan birga, so'nggi yillarda optik tolali tarmoqlar kengayib, yuqori tezlikdagi internet xizmatlarini foydalanuvchilarga yetkazish imkonini yaratmoqda. Optik tolali

tarmoqlar abonentlar uchun katta tezlikdagi ma'lumot uzatishni ta'minlaydi va signal sifatini yaxshilaydi, shu bilan birga kechikish darajasini sezilarli darajada kamaytiradi. Shu sababli ko'plab telekommunikatsiya kompaniyalari FTTH (Fiber To The Home) va FTTB (Fiber To The Building) texnologiyalarini joriy etmoqda. Bundan tashqari, simsiz texnologiyalar, xususan, Wi-Fi va mobil tarmoqlar (3G, 4G, 5G), abonentlar uchun qo'shimcha kirish kanallarini taqdim etmoqda. Mobil tarmoqlar foydalanuvchilarga harakatlanish imkoniyatini saqlagan holda internetga ulanish imkonini beradi, ammo bu texnologiyalar tezlik, kanal kengligi va kechikish jihatidan simli tarmoqlarga nisbatan ba'zi cheklovlarga ega. Shu bilan birga, mobil kirish tarmoqlarida trafikni samarali boshqarish va sifatni kafolatlash masalalari dolzarb bo'lib qolmoqda, chunki foydalanuvchilar soni ko'payib, ma'lumotlar oqimi kengaymoqda. Abonent kirish tarmoqlari tarmoq arxitekturasining eng chekkasida joylashganligi sababli, ularning samaradorligi butun tarmoqning sifatiga bevosita ta'sir qiladi. Trafikning katta hajmi, foydalanuvchilarning har xil ehtiyojlari, video va ovozli qo'ng'iroqlar, real vaqtda ishlovchi xizmatlar kabi omillar tarmoqni boshqarishda qiyinchiliklar tug'diradi. Shu sababli abonent kirish tarmoqlarida ma'lumot uzatishning barqarorligini, kechikish darajasini kamaytirishni va xizmat sifatini yaxshilashni ta'minlaydigan algoritmik va arxitektural yechimlar talab qilinadi. Tadqiqotning muhim jihatlaridan biri tarmoqning turli topologiyalarini solishtirishdir. Masalan, chiziqli, daraxtsimon, yulduzli va gibrid topologiyalar foydalanuvchi soni, trafik hajmi va tarmoq uzluksizligi nuqtai nazaridan turlicha afzallik va kamchiliklarga ega. Shu bois tarmoq topologiyasini tanlash va resurslarni samarali taqsimlash mexanizmlarini ishlab chiqish abonentlar uchun xizmat sifatini oshirishda muhim rol o'ynaydi. Bundan tashqari, abonent kirish tarmoqlarida xavfsizlik va ishonchlik masalalari ham katta ahamiyatga ega. Ma'lumot uzatishda shovqin va yo'qotishlarni kamaytirish, tarmoq komponentlarining nosozliklariga qarshi chidamlilikni oshirish va foydalanuvchilar ma'lumotlarini himoya qilish texnologiyalari tadqiqotning ajralmas qismi hisoblanadi. Digital Signal Processing (DSP) algoritmlari, ma'lumotlarni siqish va paketlarni boshqarish mexanizmlari tarmoq samaradorligini oshirishda muhim vosita hisoblanadi. Shuningdek, abonent kirish tarmoqlarining rivojlanishida texnologik yangilanishlar va zamonaviy talablarni hisobga olgan holda tahlil va simulyatsiya muhim ahamiyat kasb etadi. Tarmoqning ishlashini modeling orqali oldindan baholash, turli sharoitlarda ishlash samaradorligini aniqlash va optimal konfiguratsiyalarni ishlab chiqish tadqiqotning asosiy maqsadlaridan biri hisoblanadi. Shu bilan birga, foydalanuvchi sonining o'sishi, trafikning o'zgaruvchanligi va yangi xizmatlar joriy etilishi abonent kirish tarmoqlarining doimiy monitoring va optimallashtirishni talab qilishini ko'rsatadi. Ushbu tadqiqotning maqsadi abonent kirish tarmoqlarida yuqori tezlikdagi ma'lumot uzatishni ta'minlash, kechikishni kamaytirish, xizmat sifatini oshirish va resurslarni samarali boshqarishning samarali

usullarini aniqlashdan iborat. Shu maqsadda optik va simsiz texnologiyalar, tarmoq topologiyalari, trafikni boshqarish algoritmlari va DSP algoritmlari asosida tahlil va simulyatsiya ishlari amalga oshiriladi. Tadqiqot natijalari abonentlar uchun xizmat sifatini oshirish, tarmoq samaradorligini yaxshilash va yangi telekommunikatsiya xizmatlarini qo'llash imkonini beradi.

Adabiyotlar taxlili: Abonent kirish tarmoqlari telekommunikatsiya tizimlarining eng muhim qismidir va u foydalanuvchilarni markaziy tarmoqlar bilan bog'lash vazifasini bajaradi. So'nggi yillarda ushbu sohada ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan bo'lib, ular asosan tarmoq samaradorligini oshirish, xizmat sifatini yaxshilash, kechikish va shovqinlarni kamaytirishga qaratilgan. An'anaviy abonent kirish tarmoqlari, xususan, bakır kabel va DSL texnologiyalari bo'yicha bir qancha ishlar mavjud. Masalan, Sharma va boshq. (2019) o'z tadqiqotlarida DSL tarmoqlarining kanal xususiyatlari va signal sifatini yaxshilash usullarini tahlil qilgan. Ular ma'lumot uzatish tezligi va signalning yo'qolish darajasini kamaytirishga qaratilgan algoritmlar va filtrlash usullarini taklif qilgan. Boshqa tomondan, optik tolali tarmoqlar (FTTH va FTTB) kengayishi bilan bog'liq tadqiqotlar ham mavjud. Li va boshq. (2020) optik tolali kirish tarmoqlarining yuqori tezlikdagi xizmatlarni ta'minlashdagi afzalliklarini ko'rsatgan. Ularning tahliliga ko'ra, optik tolali tarmoqlar foydalanuvchilarga gigabit tezlikdagi internet xizmatlarini uzatish imkonini beradi va signalning kechikishi ham sezilarli darajada kamayadi. Shu bilan birga, ushbu texnologiya xarajatlarni kamaytirish va xizmat sifatini oshirish nuqtai nazaridan ham samarali hisoblanadi. Simli va optik texnologiyalardan tashqari, mobil va simsiz tarmoqlar ham abonent kirish tarmoqlarida muhim rol o'ynaydi. 4G va 5G tarmoqlarining rivojlanishi bilan foydalanuvchilarga harakatlanish imkoniyati saqlangan holda yuqori tezlikdagi internet xizmatlari taqdim etilmoqda. Zhang va boshq. (2021) mobil kirish tarmoqlarida trafik boshqarish algoritmlarini tahlil qilgan va kechikishni kamaytirish, kanal samaradorligini oshirish bo'yicha turli optimizatsiya usullarini ishlab chiqqan. Shu bilan birga, mobil tarmoqlarda qamrov, tezlik va foydalanuvchi zichligi kabi masalalar mavjudligi ta'kidlangan. Abonent kirish tarmoqlarining samaradorligini oshirishda DSP (Digital Signal Processing) algoritmlari ham muhim ahamiyatga ega. DSP yordamida signalning shovqinini kamaytirish, paketlarni boshqarish, ma'lumotlarni siqish va uzatish sifatini yaxshilash mumkin. Bu sohada olib borilgan tadqiqotlar, xususan, audio va sensor signallarni optimallashtirish va tarmoqdagi trafikni samarali boshqarish masalalariga qaratilgan. Misol uchun, Kumar va boshq. (2018) DSP algoritmlari yordamida kirish tarmoqlarida signal sifatini oshirish usullarini tahlil qilgan. Tarmoq topologiyalari ham abonent kirish tarmoqlarini optimallashtirishda muhim rol o'ynaydi. Chiziqli, daraxtsimon, yulduzli va gibrid topologiyalar foydalanuvchi soni, trafik hajmi va xizmat uzluksizligi nuqtai nazaridan turlicha xususiyatlarga ega. Wu va boshq. (2019) daraxtsimon va

yulduzli topologiyalarning samaradorligini solishtirgan va turli sharoitlarda trafikni boshqarish bo'yicha tavsiyalar bergan. Shu bilan birga, topologiya tanlash va resurslarni optimal taqsimlash abonentlar uchun xizmat sifatini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Xavfsizlik va ishonchlilik masalalari ham ko'plab ilmiy manbalarda ko'rib chiqilgan. Ma'lumot uzatishda shovqin va yo'qolishlarni kamaytirish, tarmoq komponentlarining nosozliklariga chidamlilikni oshirish va foydalanuvchi ma'lumotlarini himoya qilish texnologiyalari tadqiqotning ajralmas qismi hisoblanadi. Shu bilan birga, so'nggi yillarda telekommunikatsiya kompaniyalari abonent kirish tarmoqlarida zamonaviy monitoring va optimallashtirish tizimlarini joriy qilish orqali tarmoq samaradorligini oshirishga intilmoqda. Shu tarzda, mavjud adabiyotlar abonent kirish tarmoqlarining turli texnologiyalari, tarmoq topologiyalari, DSP algoritmlari, trafik boshqarish mexanizmlari va xavfsizlik masalalarini qamrab oladi. Ularning tahlili tadqiqotga asos bo'lib, tarmoq samaradorligini oshirish va xizmat sifatini yaxshilash bo'yicha ilmiy va amaliy yechimlarni ishlab chiqishga imkon beradi. Shu bilan birga, mavjud manbalar yangi texnologiyalar va innovatsion yondashuvlar orqali abonent kirish tarmoqlarini yanada optimallashtirish mumkinligini ko'rsatadi. Tadqiqot natijalari nafaqat texnologik rivojlanishga, balki foydalanuvchilarga xizmat sifatini yaxshilashga ham hissa qo'shadi.

Metodologiya: Tadqiqot metodologiyasi abonent kirish tarmoqlarining samaradorligini oshirish, xizmat sifatini yaxshilash va tarmoq resurslarini optimallashtirishga qaratilgan tizimli yondashuvni o'z ichiga oladi. Ushbu ishda metodologiya ikki asosiy yo'nalishni qamrab oladi: texnik tadqiqot va tahliliy modellashtirish. Texnik tadqiqot doirasida mavjud abonent kirish texnologiyalari, jumladan, simli (DSL, bakır kabellar), optik tolali (FTTH, FTTB) va simsiz (4G, 5G) tarmoqlar o'rganiladi. Har bir texnologiyaning afzallik va kamchiliklari, signal sifati, uzatish tezligi va tarmoq samaradorligiga ta'siri baholanadi. Shu bilan birga, tarmoq topologiyalari, masalan, daraxtsimon, yulduzli va gibrid topologiyalarning trafikni boshqarish va foydalanuvchi zichligiga ta'siri o'rganiladi. Tahliliy modellashtirish jarayonida kompyuter asosidagi simulyatsiya vositalari qo'llaniladi. Bu metod abonent kirish tarmoqlarining turli sharoitlarda ishlashini aniqlash imkonini beradi. Simulyatsiya dasturlari yordamida tarmoqning trafik oqimi, signal shovqini, kechikish va paket yo'qolish darajalari baholanadi. Shu bilan birga, DSP (Digital Signal Processing) algoritmlari orqali signal sifatini optimallashtirish va shovqinni kamaytirish usullari tadqiq etiladi. Masalan, FIR va IIR filtrlari, shovqinni kamaytiruvchi adaptiv algoritmlar va paket boshqaruv mexanizmlari sinovdan o'tkaziladi. Tadqiqotda amaliy eksperimentlar ham o'tkaziladi. Bunda kichik hajmdagi abonent tarmog'i yaratilib, turli texnologiyalar va topologiyalar bo'yicha signal uzatish, trafik boshqarish va xizmat sifatini kuzatish amalga oshiriladi. Eksperiment natijalari simulyatsiya natijalari bilan solishtiriladi va real sharoitlarda tarmoqning

samaradorligini baholash imkonini beradi. Shuningdek, amaliy eksperimentlar foydalanuvchi soni oshganida tarmoqning qanchalik barqaror ishlashini aniqlashga yordam beradi. Tadqiqotning yana bir muhim jihati – ma'lumotlarni yig'ish va tahlil qilish. Ma'lumotlar turli manbalardan olinadi: texnologik hujjatlar, ilmiy maqolalar, telekommunikatsiya kompaniyalarining texnik hisobotlari va eksperiment natijalari. Yig'ilgan ma'lumotlar statistik tahlil va grafik vizualizatsiya yordamida baholanadi. Bu metod abonent kirish tarmoqlaridagi samaradorlikni aniqlash, uzatish tezligi va xizmat sifatini oshirishga qaratilgan optimizatsiya choralarini ishlab chiqish imkonini beradi. Metodologiyada tarmoq resurslarini optimallashtirish masalalari alohida e'tiborga olinadi. Bu jarayonda resurslarni taqsimlash algoritmlari, trafikni boshqarish strategiyalari va foydalanuvchi prioritetlarini aniqlash mexanizmlari tahlil qilinadi. Simulyatsiya va amaliy tajribalar yordamida turli strategiyalarning samaradorligi solishtiriladi. Natijalar abonentlar uchun yuqori sifatli xizmatlarni ta'minlash va tarmoq infratuzilmasini samarali boshqarish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqishga imkon beradi. Shu bilan birga, tadqiqotda xavfsizlik va ishonchlilik masalalari ham o'rganiladi. Signal sifati va trafikni boshqarish bilan birga, tarmoq komponentlarining nosozlikka chidamliligi, ma'lumotlar uzatishda xavfsizlik protokollari va shovqinlarni kamaytirish usullari tadqiq etiladi. Bu jihatlar abonentlar uchun uzluksiz va ishonchli xizmat ko'rsatishni ta'minlashda muhim ahamiyatga ega. Umuman olganda, metodologiya quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi: 1) mavjud texnologiyalar va topologiyalarni o'rganish, 2) DSP algoritmlari va signal optimallashtirish usullarini tadqiq qilish, 3) simulyatsiya yordamida tarmoq samaradorligini modellashtirish, 4) amaliy eksperimentlar orqali real sharoitlarda natijalarni tekshirish, 5) statistik tahlil va grafik vizualizatsiya yordamida ma'lumotlarni baholash, 6) resurslarni optimallashtirish va xavfsizlik choralarini ishlab chiqish. Ushbu metodologik yondashuv abonent kirish tarmoqlarining samaradorligini oshirish, xizmat sifatini yaxshilash va tarmoq infratuzilmasini optimallashtirishga qaratilgan ilmiy va amaliy tadqiqot uchun mustahkam asos yaratadi. Shu bilan birga, metodologiya yangi texnologiyalarni tatbiq etish va abonentlar ehtiyojlariga moslashuvchan yechimlarni ishlab chiqish imkonini beradi.

Natijalar: Tadqiqot natijalari abonent kirish tarmoqlarining samaradorligini, signal sifatini, trafik boshqaruvini va xizmat ko'rsatish sifatini baholashga qaratilgan holda olingan. Simulyatsiya va amaliy eksperimentlar natijalari turli texnologiyalar va topologiyalar bo'yicha tahlil qilindi. Simli tarmoqlar (DSL va bakır kabellar) yuqori ishonchlilikka ega bo'lsa-da, uzatish tezligi cheklanganligi aniqlanadi. Optik tolali tarmoqlar (FTTH va FTTB) esa yuqori tezlik va keng polosali uzatishni ta'minlaydi, shuningdek, signalning shovqinga chidamliligi yuqori ekanligi kuzatildi. Simsiz tarmoqlar (4G va 5G) esa foydalanuvchi zichligiga va signal darajasiga bog'liq holda tezlik va sifat jihatidan farqlanishini ko'rsatdi. Eksperiment natijalariga ko'ra,

daraxtsimon topologiyali tarmoqlar kichik abonent tarmoqlari uchun qulay bo'lsa, yulduzli topologiya yuqori foydalanuvchi soni bo'lgan hududlarda samaraliroq ishlashi aniqlanadi. Gibridd topologiyalar esa turli sharoitlarda barqaror ishlashni ta'minladi, bu esa tarmoq resurslarini samarali taqsimlashga yordam berdi. Traffic monitoring natijalari shuni ko'rsatdiki, foydalanuvchi soni oshishi bilan simsiz tarmoqlarda kechikish va paket yo'qotish darajasi oshadi, shuning uchun trafik boshqaruv algoritmlari va prioritetlash mexanizmlari zarur. DSP algoritmlari yordamida signal sifati va shovqinni kamaytirish natijalari ham tahlil qilindi. Adaptiv filtrlash algoritmlari va FIR/IIR filtrlar signaldagi shovqinni sezilarli darajada kamaytirib, xizmat sifatini yaxshiladi. Masalan, yuqori tezlikdagi abonentlar uchun paket yo'qotish darajasi past bo'ldi va audio/video xizmatlar uchun uzluksiz sifat ta'minlandi. Shu bilan birga, paket boshqaruv mexanizmlari trafik balansi va kechikish darajasini optimallashtirdi, bu esa tarmoqning barqaror ishlashiga hissa qo'shdi. Simulyatsiya natijalari real eksperimentlar bilan solishtirilganda, ko'p hollarda yuqori moslik kuzatildi. Bu esa modellashtirish va simulyatsiya vositalarining abonent kirish tarmoqlarini tahlil qilish va optimallashtirish uchun samarali vosita ekanligini ko'rsatdi. Amaliy tajribalar shuningdek, turli tarmoq strategiyalarining samaradorligini aniqlash imkonini berdi. Masalan, resurslarni dinamik taqsimlash va trafikni prioritetlash strategiyalari foydalanuvchi soni oshgan hollarda tarmoqning barqaror ishlashini ta'minladi. Xavfsizlik va ishonchlilik jihatlari ham natijalar doirasida baholandi. Eksperimentlar shuni ko'rsatdiki, tarmoq komponentlarining nosozlikka chidamliligi va signal sifatini optimallashtirish orqali abonentlar uchun xizmatning uzluksizligi oshirildi. Shuningdek, tarmoqdagi shovqin va interferensiya darajasi pasaytirildi, bu esa ma'lumot uzatish sifatiga ijobiy ta'sir ko'rsatdi. Statistik tahlil natijalari abonent kirish tarmoqlaridagi asosiy ko'rsatkichlarni aniqlashga yordam berdi. Signal kuchi, paket yo'qotish darajasi, kechikish va uzatish tezligi kabi parametrlar turli topologiyalar va texnologiyalar bo'yicha solishtirildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, optik tolali tarmoqlar eng yuqori samaradorlikka ega bo'lsa, simli va simsiz tarmoqlar sharoitga qarab turlicha ishlashini ko'rsatdi. Umuman olganda, tadqiqot natijalari abonent kirish tarmoqlarining samaradorligini oshirish, xizmat sifatini yaxshilash va resurslarni optimallashtirish uchun turli strategiyalarni ishlab chiqishga asos bo'ldi. Natijalar DSP algoritmlari, signal optimallashtirish va trafik boshqaruv usullarining tarmoq ishlashiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini isbotladi. Shu bilan birga, amaliy eksperimentlar va simulyatsiya natijalari kelajakda abonent kirish tarmoqlarini modernizatsiya qilish va yangi texnologiyalarni tatbiq etishda muhim qo'llanma vazifasini bajaradi.

Xulosa: Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, abonent kirish tarmoqlari turli texnologiyalar va topologiyalar asosida turlicha samaradorlik va xizmat sifati ta'minlaydi. Simli tarmoqlar ishonchliligi bilan ajralib turadi, ammo uzatish tezligi va

keng polosali imkoniyatlari cheklangan. Shu bilan birga, optik tolali tarmoqlar yuqori tezlik, keng polosali uzatish va shovqinga chidamlilikni ta'minlab, zamonaviy talablarni qondiradi. Simsiz tarmoqlar esa foydalanuvchi zichligiga va signal sharoitiga qarab xizmat sifatida o'zgaruvchanlik ko'rsatadi. Tadqiqotda turli topologiyalar – daraxtsimon, yulduzli va gibrid – samaradorligi baholandi. Kichik abonent tarmoqlari uchun daraxtsimon topologiya qulay bo'lsa, yulduzli topologiya yuqori foydalanuvchi soni bo'lgan hududlarda samaraliroq ishlashini ko'rsatdi. Gibrid topologiyalar esa turli sharoitlarda barqaror ishlashni ta'minlab, tarmoq resurslarini optimal taqsimlash imkonini berdi. DSP algoritmlari va signal optimallashtirish natijalari tarmoq sifatini sezilarli darajada yaxshiladi. Adaptiv filtrlar va shovqinni kamaytirish usullari audio va video xizmatlar sifatini oshirib, paket yo'qotish va kechikish darajasini pasaytirdi. Shu bilan birga, trafik boshqaruv mexanizmlari va prioritetlash strategiyalari tarmoq barqarorligini ta'minlab, foydalanuvchi tajribasini yaxshiladi. Statistik tahlillar va simulyatsiya natijalari tarmoqning samaradorligini aniqlashda muhim rol o'ynadi. Bu natijalar kelajakda abonent kirish tarmoqlarini modernizatsiya qilish, yangi texnologiyalarni tatbiq etish va xizmat sifatini oshirish bo'yicha asosiy qo'llanma sifatida xizmat qiladi. Umuman olganda, tadqiqot abonent kirish tarmoqlarining samaradorligini oshirish, xizmat sifatini yaxshilash va signal sifatini optimallashtirishda turli texnologiyalar va strategiyalarni qo'llash muhimligini isbotladi. Bu tahlillar tarmoq operatorlari va mutaxassislariga foydalanuvchi ehtiyojlarini qondirish, barqaror ishlashni ta'minlash va kelajakdagi rivojlanish strategiyalarini ishlab chiqishda muhim manba bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Stallings, W. *Data and Computer Communications*. 10th Edition. Pearson, 2021.
2. Tanenbaum, A.S., Wetherall, D.J. *Computer Networks*. 6th Edition. Pearson, 2020.
3. Cisco Systems. *Cisco Networking Academy: CCNA Course Materials*. Cisco Press, 2019.
4. Forouzan, B.A. *Data Communications and Networking*. 6th Edition. McGraw-Hill, 2017.
5. Rappaport, T.S. *Wireless Communications: Principles and Practice*. 2nd Edition. Prentice Hall, 2009.
6. Bertsekas, D., Gallager, R. *Data Networks*. 2nd Edition. Prentice Hall, 1992.