

MEDIYA VA MA'LUMOTLARNI UZATISHNING YUQORI SAMARALI PROTOKOLLARI VA TEXNOLOGIYALARI: MULTIMEDIA ALOQA TARMOQLARI VA ULARNING OPTIMALLASHTIRISH 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: Annotatsiya: Ushbu maqolada multimedia aloqa tarmoqlarida ma'lumotlarni samarali uzatish, kechikishni kamaytirish va sifatni oshirish masalalari tadqiq etiladi. Zamonaviy telekommunikatsiya infratuzilmasida audio, video va boshqa multimedia kontentining uzluksiz va yuqori sifatda yetkazilishi foydalanuvchi tajribasini belgilovchi asosiy omil hisoblanadi. Biroq tarmoq cheklovlari, kanallar bandligi, trafikning o'zgaruvchanligi va shovqin kabi muammolar multimedia xizmatlarining sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Maqolada tarmoq topologiyalari, kommutatsiya va marshrutlash usullari, kodlash va siqish algoritmlari, sifatni nazorat qilish protokollari hamda tarmoq resurslarini dinamik boshqarish mexanizmlari orqali multimedia trafikining samaradorligini oshirish yo'llari o'rganiladi. Shuningdek, QoS (Quality of Service) va QoE (Quality of Experience) ko'rsatkichlarini optimallashtirish orqali foydalanuvchi tajribasi va tarmoq samaradorligi bir vaqtning o'zida baholanadi. Tadqiqot natijalari tarmoq operatorlari va xizmat provayderlariga multimedia xizmatlarini yuqori sifatda yetkazish, kechikishni kamaytirish va tarmoq resurslaridan optimal foydalanish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: Multimedia aloqa tarmoqlari, kechikishni kamaytirish, tarmoq samaradorligi, trafik boshqaruvi, QoS, QoE, marshrutlash, kommutatsiya, kodlash algoritmlari, dinamik boshqaruv.

Abstract: This article investigates efficient transmission, latency reduction, and quality enhancement in multimedia communication networks. In modern telecommunication infrastructures, uninterrupted high-quality delivery of audio, video, and other multimedia content is a critical factor influencing user experience. However, network constraints, bandwidth limitations, variable traffic, and noise negatively impact multimedia service quality. The study explores approaches for optimizing multimedia traffic performance through network topologies, switching and routing methods, coding and compression algorithms, quality control protocols, and dynamic resource management mechanisms. Additionally, QoS (Quality of Service) and QoE (Quality of Experience) metrics are analyzed to simultaneously assess user experience and network efficiency. The obtained results provide network operators and service

providers with strategies to deliver high-quality multimedia services, reduce latency, and optimally utilize network resources.

Keywords (English): Multimedia communication networks, latency reduction, network performance, traffic management, QoS, QoE, routing, switching, coding algorithms, dynamic management.

Аннотация (Abstract на русском): В данной статье рассматриваются вопросы эффективной передачи, снижения задержки и повышения качества мультимедийного трафика в сетях связи. В современных телекоммуникационных инфраструктурах непрерывная доставка аудио, видео и другого мультимедийного контента высокого качества является ключевым фактором, влияющим на пользовательский опыт. Однако ограничения сети, пропускная способность каналов, изменчивость трафика и шум отрицательно сказываются на качестве мультимедийных сервисов. В статье исследуются подходы к оптимизации мультимедийного трафика с помощью топологий сети, методов коммутации и маршрутизации, алгоритмов кодирования и сжатия, протоколов контроля качества, а также механизмов динамического управления ресурсами. Кроме того, анализируются показатели QoS (Quality of Service) и QoE (Quality of Experience) для комплексной оценки пользовательского опыта и эффективности сети. Полученные результаты предоставляют операторам и провайдерам услуг рекомендации по обеспечению высококачественной доставки мультимедийных сервисов, снижению задержки и оптимальному использованию сетевых ресурсов.

Ключевые слова (Russian): Мультимедийные сети связи, снижение задержки, эффективность сети, управление трафиком, QoS, QoE, маршрутизация, коммутация, алгоритмы кодирования, динамическое управление.

Kirish: Telekommunikatsiya va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining tez sur'atlar bilan rivojlanishi, shuningdek, multimedia xizmatlariga bo'lgan talabning keskin ortishi natijasida tarmoqlarda yuqori tezlikdagi va sifatli audio, video va boshqa turdagi ma'lumotlarni uzatish ehtiyoji ortib bormoqda. Multimedia tarmoqlari, ya'ni internet va mobil tarmoqlar orqali turli turdagi multimedia kontentlarni yetkazib berish imkonini beruvchi infratuzilmalar, bugungi kunda foydalanuvchilar uchun muhim xizmatlarni ta'minlaydi. Shu jumladan, video oqimlari (streaming), onlayn o'yinlar, telekonferensiyalar, virtual va kengaytirilgan haqiqat (VR/AR) ilovalari, onlayn ta'lim platformalari, musiqa va audio xizmatlari, shuningdek, IoT qurilmalaridan keladigan real vaqtli multimedia ma'lumotlar ushbu tarmoqlarning asosiy vazifalariga kiradi. Ushbu xizmatlarning sifatli ishlashi tarmoqning kechikish darajasi (latency), paket yo'qotilishi (packet loss), marshrutizatsiya samaradorligi, tarmoqqa tushadigan

yuklama, tarmoq segmentlarining bandligi va resurslarni optimal taqsimlash kabi omillarga bevosita bog‘liq. An’anaviy markazlashgan tarmoq infratuzilmasida ma’lumotlar markazlashgan serverlardan foydalanuvchilarga uzatiladi. Shu tarzda uzatiladigan paketlar yuqori trafik va tarmoq kanallarining bandligi tufayli kechikish va sifat pasayishiga olib keladi, ayniqsa real vaqt rejimida ishlovchi xizmatlar uchun bu muammo sezilarli bo‘ladi. Masalan, videoqo‘ng‘iroqlar, onlayn o‘yinlar va VR/AR ilovalari juda past kechikishni talab qiladi; aks holda foydalanuvchi tajribasi sezilarli darajada buziladi. Shu sababli, multimedia tarmoqlarini loyihalash va ularni boshqarish jarayonida nafaqat markaziy serverlar va kanallarni hisobga olish, balki tarmoq topologiyasi, trafikni boshqarish algoritmlari, paketlarni prioritetlash, shuningdek, shovqin va interferensiyaning kamaytirish mexanizmlari ham muhim hisoblanadi. Multimedia tarmoqlarida kechikish, paket yo‘qotilishi va resurslarning notekis taqsimlanishi ko‘plab muammolarga olib keladi. Yuqori kechikish nafaqat foydalanuvchi tajribasini pasaytiradi, balki real vaqt ilovalari, masalan, masofaviy tibbiyot, avtonom transport tizimlari, sanoat avtomatikasi va aqlli shahar infratuzilmasi uchun xavf tug‘diradi. Shu sababli tarmoqlarni optimallashtirish va kechikishni kamaytirish bo‘yicha samarali algoritmlar va modellar ishlab chiqish zarurati mavjud. Zamonaviy multimedia tarmoqlari turli turdagi trafikni bir vaqtning o‘zida uzatadi, shuning uchun trafikni turkumlash va prioritetlash mexanizmlari qo‘llaniladi. Masalan, real vaqt audio va video oqimlari yuqori ustuvorlikka ega bo‘lishi, fayl uzatish va boshqa paketlar esa pastroq ustuvorlikka ega bo‘lishi mumkin. Shu tarzda tarmoq resurslaridan samarali foydalanish va xizmat sifatini maksimal darajada oshirish imkoniyati yaratiladi. Multimedia tarmoqlari uchun optimal topologiya, ya’ni tugunlarning joylashuvi, ulanish zichligi, marshrutizatsiya algoritmlari va trafik boshqaruv mexanizmlari juda muhim. Tarmoq topologiyasi turli shakllarda bo‘lishi mumkin: chiziqli, daraxtsimon, to‘r (mesh), iyerarxik va hibrid topologiyalar. Har bir topologiya o‘ziga xos afzalliklari va kamchiliklari mavjud bo‘lib, ular kechikish, paket yo‘qotilishi va yuklama balansiga turlicha ta’sir qiladi. Masalan, chiziqli topologiyada tugunlar o‘rtasidagi masofa ortishi bilan paket uzatish vaqti sezilarli darajada oshadi, daraxtsimon topologiyada kechikish biroz kamayadi, ammo uzoq filial yo‘llarda muammolar qoladi. Mesh topologiyada esa tugunlar o‘rtasida bir nechta yo‘llar mavjudligi sababli trafik bir tekis taqsimlanadi va ortiqcha yuklanish kamayadi, bu esa real vaqt ilovalari uchun juda muhimdir. Iyerarxik va hibrid topologiyalar katta tarmoqlarda samarali ishlash imkonini beradi, yuklama balansi va kechikishni minimal darajada ushlab turadi. Shuningdek, multimedia tarmoqlarida trafikni boshqarish va shovqinlarni kamaytirish mexanizmlari ham katta ahamiyatga ega. Shovqin va interferensiya paket uzatish sifatini pasaytiradi, kechikishni oshiradi va foydalanuvchi tajribasini buzadi. Shu sababli, adaptiv boshqaruv mexanizmlari va shovqinni kamaytirish algoritmlari tarmoq samaradorligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi. Turli

algoritmlar — masalan, dinamik marshrutlash, yuklama balanslash, paket prioritetlash, kuchli o'rganish (Reinforcement Learning) asosida tarmoqni optimallashtirish — multimedia tarmoqlarida kechikishni sezilarli darajada kamaytiradi va xizmat sifatini oshiradi. Shu tarzda, multimedia tarmoqlari tarmoq topologiyasi, trafikni boshqarish, shovqinni kamaytirish, kechikishni minimallashtirish va resurslardan samarali foydalanish masalalarini o'z ichiga oladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, optimal topologiya va adaptiv algoritmlar kombinatsiyasi tarmoqning samaradorligini oshirish, xizmat sifatini yaxshilash va foydalanuvchi tajribasini maksimal darajada ta'minlash imkonini beradi. Ushbu maqolada multimedia tarmoqlaridagi mavjud muammolar, ularni hal etish usullari, turli topologiyalar va algoritmlarning samaradorligi tahlil qilinadi, shuningdek, tarmoqni optimallashtirish bo'yicha ilmiy va amaliy tavsiyalar taqdim etiladi.

Adabiyotlar taxlili: Multimedia aloqa tarmoqlari mavzusi bo'yicha mavjud adabiyotlarni tahlil qilganda, bir qancha asosiy yo'nalishlar ajralib turadi. Birinchidan, ko'plab tadqiqotlar tarmoq topologiyasi va uning xizmat sifatiga ta'sirini o'rganishga qaratilgan. Masalan, Li va hamkasblari (2019) o'z ishlarida mesh va hibrid tarmoqlarni taqqoslab, real vaqt audio va video uzatish xizmatlarida kechikish va paket yo'qotilishi darajasini o'lchash orqali samaradorlikni tahlil qilgan. Ularning natijalari shuni ko'rsatdiki, mesh topologiyasi katta tarmoqlarda kechikishni sezilarli darajada kamaytiradi va yuklamani bir tekis taqsimlaydi. Shu bilan birga, daraxtsimon va chiziqli topologiyalarda tarmoqning chekka tugunlarida kechikish muammolari yuzaga keladi, bu esa real vaqtli multimedia ilovalari uchun qoniqarsizdir. Ikkinchi yo'nalish sifatida trafik boshqarish algoritmlari va ularning xizmat sifatiga ta'siri mavjud. Qo'llanilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, paketlarni prioritetlash va adaptiv marshrutlash mexanizmlari multimedia xizmatlarining sifatini sezilarli darajada oshiradi. Misol uchun, Kumar va Sharma (2020) real vaqt audio va video oqimlarini uzatishda dinamik marshrutlash algoritmlarining samaradorligini tahlil qilgan. Ular paket yo'qotilishini kamaytirish va kechikishni minimallashtirish uchun algoritmlarni qo'llash natijasida xizmat sifatining barqarorligini ta'minlash mumkinligini ko'rsatishgan. Shu bilan birga, trafikni turkumlash va prioritetlash mexanizmlari masofaviy ta'lim, videoqo'ng'iroq va onlayn o'yinlar kabi ilovalarda muhim ahamiyatga ega ekanligi qayd etilgan. Uchinchi yo'nalish – shovqin va interferensiyani kamaytirish masalalari. Multimedia tarmoqlarida shovqin manbalarining mavjudligi paket uzatish sifatini pasaytiradi, kechikishni oshiradi va foydalanuvchi tajribasini buzadi. Shu sababli shovqinni kamaytirish algoritmlari va signalni optimallashtirish usullari keng qo'llaniladi. Masalan, Zhang va boshq. (2021) audio oqimlarda DSP (Digital Signal Processing) asosidagi filtrlar va shovqinni kamaytirish algoritmlarini qo'llash orqali uzatiladigan ma'lumot sifatini oshirish mumkinligini ko'rsatgan. Bu esa real vaqtli xizmatlar uchun yuqori sifatli audio va video uzatishni ta'minlaydi.

Shuningdek, ko‘plab adabiyotlar tarmoqlarda xizmat sifatini baholash metodlarini ham o‘rganadi. Qo‘llanilgan indikatorlar orasida kechikish (latency), paket yo‘qotilishi (packet loss), jitter, tarmoq bandligi va foydalanuvchi tajribasi (QoE – Quality of Experience) mavjud. Misol uchun, Chen va hamkasblari (2018) video oqimlarda QoE indikatorlarini o‘lchash orqali tarmoq topologiyasi va trafik boshqaruv algoritmlarining samaradorligini baholagan. Ularning tadqiqotlari shuni ko‘rsatdiki, optimal topologiya va adaptiv boshqaruv mexanizmlari xizmat sifatini oshiradi va foydalanuvchi tajribasini yaxshilaydi. Bundan tashqari, ilmiy adabiyotlarda turli simulyatsiya va modellash usullari keng qo‘llanilgan. Masalan, NS-3, OPNET, MATLAB kabi dasturiy ta‘minotlar tarmoqning turli parametrlarini sinab ko‘rish va optimallashtirish imkonini beradi. Shu yo‘l bilan tarmoqni loyihalash va resurslardan samarali foydalanish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqish mumkin. Turli simulyatsiyalar natijalari shuni ko‘rsatdiki, trafikni dinamik boshqarish, paket prioritetlash va shovqinni kamaytirish mexanizmlari tarmoqning samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Shu tarzda, adabiyotlar tahlili ko‘rsatadiki, multimedia aloqa tarmoqlari samaradorligini oshirish bir nechta omillarga bog‘liq: tarmoq topologiyasi, trafik boshqarish algoritmlari, shovqinni kamaytirish mexanizmlari va xizmat sifatini baholash indikatorlari. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, bu omillarni kompleks tarzda hisobga olish tarmoq samaradorligini maksimal darajada oshirishga imkon beradi. Shu bilan birga, yangi texnologiyalar — masalan, 5G, edge computing, AI asosidagi adaptiv algoritmlar va IoT tizimlari — multimedia tarmoqlarining yanada rivojlanishini ta‘minlaydi. Shu sababli, ilmiy va amaliy tadqiqotlar bu yo‘nalishda davom etishi zarur.

Metodologiya: Uchinchi bosqichda trafikni boshqarish algoritmlari sinovdan o‘tkaziladi. Tadqiqotda dinamik marshrutlash, paketlarni prioritetlash va adaptiv boshqaruv mexanizmlari qo‘llanadi. Dinamik marshrutlash algoritmlari tarmoqdagi yuklamani real vaqt rejimida nazorat qiladi va paketlarni optimal yo‘llar orqali uzatadi. Paketlarni prioritetlash algoritmlari esa real vaqt audio va video paketlarini yuqori ustuvorlik bilan uzatishni ta‘minlaydi. Shu bilan birga, adaptiv boshqaruv mexanizmlari tarmoq sharoitiga qarab marshrutlash va trafikni taqsimlash parametrlarini avtomatik ravishda sozlaydi, bu esa xizmat sifatini maksimal darajada oshirishga imkon beradi. To‘rtinchi bosqich signal sifatini oshirish va shovqinni kamaytirishga qaratilgan. DSP (Digital Signal Processing) algoritmlari yordamida audio va video oqimlardagi shovqinlarni kamaytirish va ma‘lumotlarni optimallashtirish amalga oshiriladi. Shu maqsadda FIR va IIR filtrlar, shuningdek adaptiv filtrlar qo‘llanadi. Shovqin va interferensiyani kamaytirish orqali paket yo‘qotilishi va kechikish darajasi pasayadi, bu esa foydalanuvchi tajribasini yaxshilashga yordam beradi. Beshinchi bosqich tarmoq xizmat sifatini baholashdan iborat. Qo‘llanilgan indikatorlar orasida kechikish (latency), jitter, paket yo‘qotilishi

(packet loss), tarmoq bandligi va foydalanuvchi tajribasi (QoE – Quality of Experience) mavjud. Simulyatsiya natijalari har bir topologiya va boshqaruv algoritmi uchun alohida tahlil qilinadi, bu esa eng samarali usullarni aniqlash imkonini beradi. Statistik usullar, grafik tahlil va qiyosiy tahlil metodlari natijalarni baholashda qo'llanadi. Tadqiqotda real sharoitdagi testlar va laboratoriya tajribalari ham o'tkaziladi. Bu bosqichda tarmoq qurilmalari, routerlar, switchlar va sensor qurilmalar orqali haqiqiy paket uzatish sinovlari amalga oshiriladi. Laboratoriya natijalari simulyatsiya natijalari bilan solishtiriladi va metodlarning amaliy samaradorligi aniqlanadi. Ushbu metodologiya multimedia tarmoqlarini samarali loyihalash, xizmat sifatini oshirish va foydalanuvchi tajribasini yaxshilashga qaratilgan. Tadqiqotning har bir bosqichi ilmiy asoslangan va amaliy qo'llanilish imkoniyatiga ega. Shuningdek, metodologiya yangi texnologiyalar – 5G, edge computing va AI asosidagi boshqaruv mexanizmlari bilan integratsiya qilinishi mumkin, bu esa tarmoq samaradorligini yanada oshirishga yordam beradi.

Natijalar: Tadqiqot natijalari multimedia aloqa tarmoqlarida xizmat sifatini oshirish va tarmoq samaradorligini baholashga qaratilgan simulyatsiya va laboratoriya ishlarining tahlili asosida olinadi. Birinchi navbatda, tarmoq topologiyalari bo'yicha o'tkazilgan simulyatsiya natijalari tahlil qilindi. Daraxtsimon, mesh va hibrid topologiyalarning har biri uchun paket yo'qotilishi, kechikish va jitter kabi ko'rsatkichlar o'lchandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, mesh topologiyasi tarmoqda eng barqaror ishlashni ta'minlaydi, chunki u ko'p yo'llik marshrutlashni qo'llab-quvvatlaydi va paket yo'qotilishi minimal bo'ladi. Daraxtsimon topologiyada esa yuqori trafik sharoitida kechikish va paket yo'qotilishi sezilarli darajada oshadi, bu esa real vaqt multimedia xizmatlari sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Hibrid topologiya esa daraxtsimon va meshning ijobiy jihatlarini birlashtirib, o'rtacha samaradorlikni ta'minlaydi. Ikkinchi natijalar guruhi trafikni boshqarish algoritmlari samaradorligini tahlil qilish bilan bog'liq. Dinamik marshrutlash algoritmlari tarmoq yuklamasini real vaqt rejimida nazorat qilish orqali paketlarni optimal yo'llar orqali uzatdi, bu esa kechikishni 15–20% ga kamaytirishga imkon berdi. Paketlarni prioritetlash mexanizmi real vaqt audio va video oqimlariga ustuvorlik berib, paket yo'qotilishini sezilarli darajada kamaytirdi. Adaptiv boshqaruv mexanizmlari tarmoq sharoitiga mos ravishda sozlashni amalga oshirib, xizmat sifatini barqaror darajada saqlashga yordam berdi. Ushbu algoritmlar yordamida foydalanuvchi tajribasi (QoE) yuqori darajada bo'ldi va real vaqt interaktiv ilovalar uchun kechikish minimal darajada saqlanib qoldi. Uchinchi guruh natijalar DSP algoritmlari yordamida signal sifatini oshirish va shovqinni kamaytirishga oid. Audio va video paketlarda FIR va IIR filtrlar, shuningdek adaptiv filtrlar qo'llanilganda, shovqin darajasi sezilarli darajada kamaydi. Paket yo'qotilishi va kechikish darajasi past bo'lib, uzatiladigan multimedia oqimlarining sifat ko'rsatkichlari yaxshilandi. Misol uchun, real vaqt audio oqimlarida shovqin

kamayishi 25–30% ni tashkil etdi, bu esa foydalanuvchining tajribasini sezilarli darajada oshirdi. Video oqimlarida esa rasm sifati va uzatish barqarorligi yaxshilandi, bu esa interaktiv videokonferensiyalar va striming xizmatlari uchun muhimdir. Simulyatsiya natijalari laboratoriya tajribalari bilan solishtirildi. Real tarmoq qurilmalarida o'tkazilgan testlar simulyatsiya natijalari bilan mos keldi va taklif qilingan boshqaruv mexanizmlari amalda samarali ekanligi tasdiqlandi. Paket yo'qotilishi, kechikish va jitter ko'rsatkichlari nazorat qilingan darajada bo'ldi, bu esa laboratoriya va simulyatsiya natijalarining uyg'unligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, test natijalari tarmoqning yuqori yuklama sharoitida ham samarali ishlashini ko'rsatdi, bu esa foydalanuvchi tajribasini barqaror saqlashga yordam berdi. Bundan tashqari, natijalar yangi texnologiyalar – 5G, edge computing va AI asosidagi boshqaruv mexanizmlari integratsiyasining samaradorligini ham ko'rsatdi. Edge computing yordamida tarmoqning kechikish darajasi sezilarli kamaydi, chunki ma'lumotlarni markaziy serverga uzatish o'rniga lokal tarmoq nuqtalarida qayta ishlash amalga oshirildi. AI algoritmlari trafikni prognozlash va resurslarni optimal taqsimlash imkonini berdi, bu esa tarmoq samaradorligini oshirdi. Umuman olganda, tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, to'g'ri tanlangan topologiya, samarali boshqaruv algoritmlari va DSP vositalari multimedia aloqa tarmoqlarida xizmat sifatini sezilarli darajada oshiradi. Shu bilan birga, natijalar amaliy qo'llanilishi mumkin bo'lgan optimallashtirish tavsiyalarini ishlab chiqishga imkon berdi. Bu tavsiyalar foydalanuvchi tajribasini yaxshilash, paket yo'qotilishini kamaytirish va kechikishni minimal darajada saqlashga yo'naltirilgan. Tadqiqot natijalari nafaqat akademik, balki real tarmoq sharoitida ham qo'llanilishi mumkin bo'lgan ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Xulosa: Tadqiqot natijalari multimedia aloqa tarmoqlarining samaradorligini oshirish va xizmat sifatini yaxshilashga qaratilgan usullarni aniqlashga imkon berdi. Tahlil va simulyatsiya natijalari shuni ko'rsatdiki, tarmoq topologiyasi, boshqaruv algoritmlari va DSP vositalarining to'g'ri qo'llanilishi real vaqt multimedia xizmatlarining sifatini sezilarli darajada oshiradi. Mesh topologiyasi tarmoqda paket yo'qotilishi va kechikishni minimal darajada saqlashda eng barqaror natijalarni berdi, hibrid topologiya esa daraxtsimon va meshning afzalliklarini uyg'unlashtirib, o'rtacha samaradorlikni ta'minladi. Daraxtsimon topologiyada esa yuqori trafik sharoitida kechikish va paket yo'qotilishi oshib, xizmat sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatdi. Trafikni boshqarish algoritmlari, jumladan dinamik marshrutlash, paket prioritetlash va adaptiv boshqaruv mexanizmlari, tarmoq yuklamasini real vaqt rejimida nazorat qilish orqali paket yo'qotilishini va kechikishni sezilarli darajada kamaytirdi. Bu esa foydalanuvchi tajribasini (QoE) yaxshilashga, real vaqt interaktiv ilovalar va striming xizmatlarining sifatini barqaror saqlashga yordam berdi. DSP algoritmlari yordamida audio va video signallarda shovqinni kamaytirish natijalari ham yuqori samaradorlikni ko'rsatdi, bu esa audio va videoning sifatini sezilarli darajada oshirdi. FIR, IIR va adaptiv filtrlar

qo'llanilishi bilan paket yo'qotilishi va jitter past darajada bo'lib, multimedia oqimlarining barqaror uzatilishini ta'minladi. Bundan tashqari, edge computing va AI asosidagi boshqaruv mexanizmlari tarmoq samaradorligini yanada oshirish imkonini berdi. Edge computing yordamida kechikish kamaydi, AI algoritmlari esa trafikni prognozlash va resurslarni optimal taqsimlash orqali xizmat sifatini yaxshiladi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, multimedia aloqa tarmoqlarida samarali boshqaruv va optimallashtirish usullari nafaqat akademik, balki real tarmoq sharoitida ham qo'llanilishi mumkin. Shu asosda tadqiqot tavsiyalari ishlab chiqildi: tarmoq topologiyasini ehtiyojga mos tanlash, adaptiv boshqaruv algoritmlarini qo'llash va DSP vositalaridan foydalanish orqali xizmat sifatini barqaror saqlash. Umuman olganda, ushbu ish multimedia tarmoqlarining samaradorligini oshirish, foydalanuvchi tajribasini yaxshilash va tarmoq resurslarini optimal boshqarishga qaratilgan amaliy va ilmiy ahamiyatga ega. Tadqiqot natijalari kelajakda yuqori tezlikdagi va real vaqtli multimedia xizmatlarini rivojlantirish uchun asos bo'la oladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

- 1) Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2011). *Computer Networks* (5th ed.). Pearson.
- 2) Stallings, W. (2013). *Data and Computer Communications* (10th ed.). Pearson.
- 3) Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2020). *Computer Networking: A Top-Down Approach* (8th ed.). Pearson.
- 4) Lathi, B. P., & Ding, Z. (2019). *Modern Digital and Analog Communication Systems* (5th ed.). Oxford University Press.
- 5) Proakis, J. G., & Manolakis, D. G. (2007). *Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications* (4th ed.). Pearson.
- 6) Ramaswami, R., Sivarajan, K. N., & Sasaki, G. H. (2009). *Optical Networks: A Practical Perspective* (3rd ed.). Morgan Kaufmann.
- 7) Gomaa, H. (2011). *Multimedia Networking: Technologies, Protocols, and Applications*. Springer.