SCIENCE HUB REVIEW
2026
Volume 1
Issue 5
www.sciencehubreview.uz
ILMIY ELEKTRON JURNAL

BULUTLI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA ABONENT KIRISH TARMOQLARINING SAMARADORLIGINI OSHIRISH VA TARMOQ XIZMATLARINI OPTIMALLASHTIRISH

Dalibekov Lochinbek

Farg‘ona davlat texnika universiteti katta o‘qituvchisi

Xalilov Muhammadmuso

Farg‘ona davlat texnika universiteti katta o‘qituvchi, PhD

Rozaliyev Muhammadaziz

Farg‘ona davlat texnika universiteti talabasi

Jumanazarov Nurmuhammad

Farg‘ona davlat texnika universiteti talabasi

Annotatsiya

Mazkur ilmiy maqolada bulutli texnologiyalar asosida abonent kirish tarmoqlarining samaradorligini oshirish, tarmoq resurslarini oqilona taqsimlash hamda telekommunikatsiya xizmatlarini optimallashtirishning nazariy va texnologik asoslari tadqiq etiladi. Abonent kirish tarmoqlarining zamonaviy arxitekturasi, bulutli hisoblash infratuzilmasi, dasturiy boshqariladigan tarmoqlar (SDN), tarmoq funksiyalarini virtuallashtirish (NFV) hamda chekka hisoblash (Edge Computing) texnologiyalarining o‘zaro integratsiyasi tahlil qilinadi. Shuningdek, tarmoqning o‘tkazuvchanlik qobiliyati, kechikish vaqti, xizmat ko‘rsatish sifati (QoS), resurslardan foydalanish darajasi va ekspluatatsiya xarajatlariga ta’sir etuvchi omillar o‘rganiladi. Tadqiqotda abonent kirish tarmoqlarini bulutli platformalar orqali markazlashtirilgan boshqarish, trafik yuklamalarini muvozanatlashtirish va tarmoq xizmatlarini dinamik optimallashtirishga qaratilgan konseptual model taklif etiladi. Mazkur yondashuv telekommunikatsiya infratuzilmasining moslashuvchanligini oshirish va xizmatlar sifatini barqaror ta’minlash uchun ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar

bulutli texnologiyalar, abonent kirish tarmoqlari, telekommunikatsiya, SDN, NFV, Edge Computing, QoS, tarmoq optimallashtirish, trafik boshqaruvi, tarmoq samaradorligi.

Abstract
This scientific article investigates the theoretical and technological foundations of improving the efficiency of subscriber access networks, optimizing network resource allocation, and enhancing telecommunications services through cloud technologies. The study examines modern access network architectures and the integration of cloud computing infrastructure, Software-Defined Networking (SDN), Network Functions Virtualization (NFV), and edge computing technologies. Particular attention is paid to network throughput, latency, Quality of Service (QoS), resource utilization, and operational costs. A conceptual model is proposed for centralized management, dynamic traffic balancing, and optimization of subscriber access networks using cloud platforms. The proposed approach provides a theoretical and practical foundation for improving network flexibility, scalability, and service quality.
Keywords
cloud computing, subscriber access networks, telecommunications, SDN, NFV, edge computing, QoS, network optimization, traffic management, network efficiency.
Аннотация
В данной научной статье исследуются теоретические и технологические основы повышения эффективности абонентских сетей доступа, рационального распределения сетевых ресурсов и оптимизации телекоммуникационных услуг на основе облачных технологий. Рассматриваются современные архитектуры сетей доступа, интеграция облачных вычислений, программно-определяемых сетей (SDN), виртуализации сетевых функций (NFV) и периферийных вычислений (Edge Computing). Особое внимание уделяется пропускной способности сети, задержкам передачи данных, качеству обслуживания (QoS), использованию ресурсов и эксплуатационным затратам. Предлагается концептуальная модель централизованного управления абонентскими сетями доступа, динамической балансировки трафика и оптимизации сетевых услуг с использованием облачных платформ. Предложенный подход может служить научно-практической основой повышения гибкости, масштабируемости и качества телекоммуникационных услуг.
Ключевые слова
облачные технологии, абонентские сети доступа, телекоммуникации, SDN, NFV, периферийные вычисления, QoS, оптимизация сети, управление трафиком, эффективность сети.

Kirish

Raqamli iqtisodiyotning jadal rivojlanishi, internet xizmatlariga bo‘lgan talabning ortishi, yuqori tezlikdagi ma’lumotlar almashinuvi va turli raqamli platformalarning keng qo‘llanilishi telekommunikatsiya tarmoqlarining texnologik imkoniyatlarini takomillashtirish zaruratini yuzaga keltirmoqda. Ayniqsa, abonent kirish tarmoqlari foydalanuvchilarni global axborot infratuzilmasi bilan bog‘lovchi muhim tarkibiy qism sifatida xizmatlarning tezkorligi, uzluksizligi va sifatini ta’minlashda alohida ahamiyat

kasb etadi. Bunda abonentlar sonining ko‘payishi, trafik hajmining ortishi hamda real vaqt rejimida ishlovchi xizmatlarning kengayishi mavjud tarmoq resurslarini samarali boshqarish va xizmat ko‘rsatish jarayonlarini optimallashtirishni talab qiladi.

An’anaviy abonent kirish tarmoqlarida boshqaruv funksiyalarining alohida apparat qurilmalariga bog‘liqligi, resurslarni statik taqsimlash, tarmoq yuklamalarining notekis shakllanishi va yangi xizmatlarni joriy etishdagi murakkabliklar infratuzilmaning moslashuvchanligini cheklashi mumkin. Ushbu muammolarni bartaraf etishda bulutli hisoblash texnologiyalari, dasturiy boshqariladigan tarmoqlar va tarmoq funksiyalarini virtuallashtirish texnologiyalaridan kompleks foydalanish istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

P. Mell va T. Grancening The NIST Definition of Cloud Computing nomli ilmiy-texnik hujjatida bulutli hisoblash tarmoq orqali umumiy hisoblash resurslariga talab asosida qulay kirishni ta’minlaydigan, resurslarni tez ajratish va bo‘shatish imkonini beruvchi model sifatida tavsiflangan [1]. Ushbu konsepsiya abonent kirish tarmoqlarida boshqaruv, monitoring, autentifikatsiya va xizmatlarni taqdim etish funksiyalarining ayrim qismlarini bulutli infratuzilmaga ko‘chirish uchun nazariy asos yaratadi.

Bulutli texnologiyalarning telekommunikatsiya tizimlariga integratsiyalashuvi tarmoq resurslarini markazlashtirilgan tarzda boshqarish, yuklamalarni dinamik taqsimlash va xizmatlarni avtomatlashtirish imkoniyatlarini kengaytiradi. Biroq mazkur texnologiyalarning samaradorligi tarmoq arxitekturasi, aloqa kanallarining o‘tkazuvchanlik qobiliyati, boshqaruv tizimlarining ishonchliligi va xizmatlarga qo‘yiladigan texnik talablar bilan bevosita bog‘liqdir.

Shu nuqtayi nazardan, ushbu tadqiqotning maqsadi bulutli texnologiyalar asosida abonent kirish tarmoqlarining samaradorligini oshirishning nazariy va texnologik asoslarini tahlil qilish, tarmoq resurslarini boshqarish va xizmatlarni optimallashtirish mexanizmlarini aniqlash hamda bulutli infratuzilma, SDN, NFV va Edge Computing texnologiyalarini integratsiyalashga asoslangan konseptual modelni ishlab chiqishdan iborat.

Adabiyotlar tahlili

Bulutli texnologiyalar asosida abonent kirish tarmoqlarini takomillashtirish masalasi telekommunikatsiya infratuzilmasini virtuallashtirish, dasturiy boshqarish, resurslarni dinamik taqsimlash va xizmatlar sifatini ta’minlashga oid ilmiy tadqiqotlar bilan uzviy bog‘liqdir. Ushbu yo‘nalishda bulutli hisoblashning arxitekturaviy xususiyatlari, SDN va NFV texnologiyalarining imkoniyatlari hamda chekka hisoblash tizimlarining tarmoq samaradorligiga ta’siri muhim o‘rin egallaydi.

P. Mell va T. Grance tomonidan ishlab chiqilgan The NIST Definition of Cloud Computing ilmiy-texnik hujjatida bulutli hisoblashning beshta asosiy xususiyati, jumladan, talab asosida o‘z-o‘ziga xizmat ko‘rsatish, keng tarmoq orqali foydalanish, resurslarni birlashtirish, tezkor moslashuvchanlik va xizmatlarni o‘lchash imkoniyati tavsiflangan [1]. Mualliflarning mazkur yondashuvi abonent kirish tarmoqlarida hisoblash resurslarini markazlashtirish, xizmatlarni avtomatlashtirish va o‘zgaruvchan trafik yuklamalariga mos ravishda resurslarni boshqarish uchun metodologik asos yaratadi.

M. Badger, T. Grance, R. Patt-Corner va J. Voasning Cloud Computing Synopsis and Recommendations nomli tadqiqotida bulutli hisoblash tizimlarining texnologik imkoniyatlari, afzalliklari va joriy etish bilan bog‘liq muammolar tahlil qilingan [2]. Ushbu tadqiqotdan kelib chiqib, telekommunikatsiya xizmatlarini bulutli infratuzilmaga ko‘chirishda faqat resurslarni tejash emas, balki axborot xavfsizligi, tizimlararo moslik va xizmatlar uzluksizligini ham hisobga olish zarurligini ta’kidlash mumkin.

Open Networking Foundation tashkilotining SDN Architecture texnik hujjatida dasturiy boshqariladigan tarmoqlarning arxitekturaviy tamoyillari bayon etilgan [3]. Mazkur yondashuv tarmoqni boshqarish va ma’lumotlarni uzatish funksiyalarini mantiqiy ajratish, boshqaruv siyosatlarini dasturiy shakllantirish hamda tarmoq holatiga mos ravishda trafik yo‘nalishlarini o‘zgartirish imkoniyatlarini nazarda tutadi. Bu esa abonent kirish tarmoqlarida boshqaruv jarayonlarini avtomatlashtirish va xizmatlarga ustuvorlik berish mexanizmlarini takomillashtirish uchun muhimdir.

ETSI tashkilotining Multi-access Edge Computing (MEC); Framework and Reference Architecture standartida chekka hisoblash tizimining funksional elementlari, boshqaruv

mexanizmlari va virtual infratuzilmasi belgilangan [4]. Ushbu arxitektura hisoblash resurslarini foydalanuvchiga yaqinroq joylashtirish orqali ayrim xizmatlarda ma’lumotlarni uzoqdagi markaziy bulutga uzatish zaruratini kamaytirishga imkon beradi. Ayniqsa, real vaqt rejimida ishlovchi ilovalar, videoanalitika va interaktiv xizmatlarda bunday yondashuv muhim ahamiyatga ega.

Tahlil qilingan ilmiy manbalar bulutli hisoblash, dasturiy boshqaruv va chekka hisoblash texnologiyalari abonent kirish tarmoqlarining moslashuvchanligini oshirish uchun bir-birini to‘ldiruvchi imkoniyatlarga ega ekanligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, ushbu texnologiyalardan kompleks foydalanishda tarmoqning fizik cheklovlari, trafik dinamikasi, xizmatlarga qo‘yiladigan QoS talablari va axborot xavfsizligini hisobga oluvchi yagona optimallashtirish mexanizmini shakllantirish zarur.

Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqotda bulutli texnologiyalar asosida abonent kirish tarmoqlarining samaradorligini oshirish va xizmatlarni optimallashtirishning nazariy-texnologik asoslarini aniqlash maqsadida tizimli tahlil, qiyosiy tahlil, matematik modellashtirish va ilmiy umumlashtirish metodlaridan foydalanildi. An’anaviy va bulutli boshqaruvga asoslangan tarmoq arxitekturalari resurslarni taqsimlash, xizmatlarni boshqarish, moslashuvchanlik va ekspluatatsiya murakkabligi mezonlari bo‘yicha taqqoslandi. Tarmoq samaradorligini baholash uchun o‘tkazuvchanlik qobiliyati, kechikish vaqti, paketlar yo‘qotilishi, resurslardan foydalanish darajasi va xizmatlar mavjudligi ko‘rsatkichlari tanlandi. Matematik modellashtirish asosida trafik yuklamalarini boshqarish va resurslarni optimallashtirishga yo‘naltirilgan ko‘p mezonli maqsad funksiyasi shakllantirildi. Tadqiqot natijasida bulutli infratuzilma, SDN, NFV va Edge Computing texnologiyalarining integratsiyasiga asoslangan konseptual model ishlab chiqildi.

Tahlil va natijalar

Abonent kirish tarmoqlarining samaradorligi telekommunikatsiya tizimining umumiy ishlash sifatini belgilovchi asosiy texnik omillardan biridir. Kirish tarmog‘i abonent qurilmasidan operatorning transport yoki magistral tarmog‘igacha bo‘lgan ulanishni ta’minlaydi va uning imkoniyatlari foydalanuvchiga yetkaziladigan xizmatlarning tezligi,

barqarorligi va mavjudligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Zamonaviy telekommunikatsiya infratuzilmasida optik tolali FTTx va PON texnologiyalari, Ethernet, Wi-Fi hamda mobil radio kirish tarmoqlari keng qo‘llaniladi. Ushbu texnologiyalarning har biri o‘ziga xos fizik va arxitekturaviy xususiyatlarga ega bo‘lsa-da, ularni boshqarishda trafikni samarali taqsimlash, tarmoq yuklamalarini nazorat qilish va xizmat sifatini barqaror saqlash umumiy vazifa hisoblanadi.

Bulutli texnologiyalarni abonent kirish tarmoqlariga integratsiyalash tarmoqning fizik uzatish imkoniyatlarini bevosita oshirmaydi, biroq mavjud resurslardan foydalanishni yaxshilash, boshqaruv funksiyalarini avtomatlashtirish va xizmatlarni tezkor sozlash imkonini yaratadi. Xususan, abonentlarni autentifikatsiya qilish, tarmoq holatini monitoring qilish, konfiguratsiyalarni boshqarish, trafik siyosatlarini shakllantirish va xizmatlarni orkestratsiya qilish kabi funksiyalarni virtual infratuzilmada amalga oshirish mumkin.

An’anaviy tarmoq arxitekturasida boshqaruv funksiyalari ko‘pincha alohida apparat qurilmalari va ishlab chiqaruvchiga xos dasturiy vositalar orqali amalga oshiriladi. Bunday yondashuv ayrim hollarda konfiguratsiya jarayonlarining murakkablashishiga, resurslardan yetarli foydalanilmasligiga va yangi xizmatlarni joriy etish vaqtining uzayishiga olib kelishi mumkin.

Bulutli infratuzilmada esa boshqaruv xizmatlari virtual mashinalar yoki konteynerlar ko‘rinishida joylashtirilishi mumkin. Bu resurslarni ehtiyojga qarab ajratish, dasturiy komponentlarni mustaqil yangilash va xizmatlarni markazlashgan holda boshqarish imkonini beradi.

1-jadval

An’anaviy va bulutli boshqaruvga asoslangan abonent kirish tarmoqlarining qiyosiy tavsifi

Baholash mezoni	An’anaviy boshqaruv	Bulutli boshqaruv
Boshqaruv arxitekturasi	Alohida qurilmalar va lokal tizimlar	Markazlashgan yoki taqsimlangan dasturiy boshqaruv
Resurslarni taqsimlash	Ko‘pincha oldindan belgilangan	Talabga qarab dinamik
Yangi xizmatlarni joriy etish	Apparat va konfiguratsiyaga bog‘liq	Dasturiy avtomatlashtirish imkoniyati yuqori

Baholash mezoni	An’anaviy boshqaruv	Bulutli boshqaruv
Monitoring	Turli boshqaruv tizimlari orqali	Yagona kuzatuv platformasida birlashtirilishi mumkin
Masshtablash	Qo‘shimcha apparat talab qilishi mumkin	Virtual resurslarni kengaytirish imkoniyati mavjud
Ishonchlilik	Lokal zaxiralashga bog‘liq	Taqsimlangan zaxiralash va avtomatik tiklash imkoniyati
Xavfsizlik	Qurilma va lokal siyosatlarga asoslangan	Markaziy siyosatlar, segmentatsiya va identifikatsiya boshqaruvi

Jadvaldan ko‘rinadiki, bulutli boshqaruvga asoslangan arxitektura resurslarni moslashuvchan taqsimlash va tarmoqni boshqarish jarayonlarini avtomatlashtirish uchun kengroq imkoniyatlar yaratadi. Biroq bunday arxitekturaning samaradorligi bulutli platformaning ishonchliligi, boshqaruv kanallarining barqarorligi va tarmoq qurilmalari bilan o‘zaro mosligiga bog‘liq.

Shuningdek, markazlashtirilgan boshqaruvning afzalliklari bilan birga muayyan xavflari ham mavjud. Masalan, boshqaruv platformasida yuzaga kelgan uzilish bir nechta tarmoq segmentlariga ta’sir qilishi mumkin. Shu sababli bulutli boshqaruv tizimlarini loyihalashtirishda geografik zaxiralash, avariya holatida mahalliy boshqaruvni saqlash va xizmatlarni avtomatik tiklash mexanizmlarini nazarda tutish lozim.

Abonent kirish tarmoqlarining samaradorligini baholashda faqat maksimal o‘tkazuvchanlik qobiliyatini hisobga olish yetarli emas. Tarmoq xizmatlarining sifati trafik hajmi, kechikish vaqti, paketlar yo‘qotilishi, resurslarning bandlik darajasi va tizim mavjudligi kabi ko‘rsatkichlarning o‘zaro bog‘liqligi orqali aniqlanadi.

Tarmoq resurslaridan foydalanish koeffitsiyentini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$U = \frac{B_{\text{used}}}{B_{\text{available}}} \times 100\%$$

Bu yerda:

U- tarmoq resurslaridan foydalanish darajasi, foizda;

B_{used}- amalda foydalanilayotgan o‘tkazuvchanlik, Mbit/s;

$B_{\text{available}}$- mavjud o‘tkazuvchanlik sig‘imi, Mbit/s.

Ushbu ko‘rsatkich tarmoq resurslarining yuklanish darajasini aniqlash imkonini beradi. Biroq resurslardan foydalanish koeffitsiyentining yuqori bo‘lishi har doim ham samaradorlik oshganligini anglatmaydi. Tarmoq sig‘imi chegarasiga yaqin ishlaganda navbatlar shakllanishi, paketlar kechikishi va xizmat sifati yomonlashishi mumkin. Shu sababli optimal yuklama xizmatlarning texnik talablariga muvofiq belgilanadi.

Ma’lumotlarni uzatishdagi umumiy kechikish quyidagi komponentlar orqali ifodalanadi:

$$D_{\text{total}} = D_{\text{proc}} + D_{\text{queue}} + D_{\text{trans}} + D_{\text{prop}}$$

Bu yerda D_{proc}- paketni qayta ishlash, D_{queue} - navbatda kutish, D_{trans} - uzatish va D_{prop} - signal tarqalishi bilan bog‘liq kechikishdir.

Bulutli texnologiyalar yordamida trafik yo‘nalishlarini optimallashtirish va hisoblash resurslarini foydalanuvchiga yaqinroq joylashtirish ayrim komponentlarning kamayishiga yordam berishi mumkin. Biroq xizmatni uzoqdagi bulut markaziga ko‘chirish qo‘shimcha tarmoq kechikishini ham yuzaga keltirishi mumkin.

Shu sababli taklif etilayotgan modelda tarmoq samaradorligini optimallashtirish ko‘p mezonli maqsad funksiyasi asosida amalga oshiriladi:

$$\min F = w_1 \frac{D}{D_{\text{ref}}} + w_2 \frac{P}{P_{\text{ref}}} + w_3 \frac{C}{C_{\text{ref}}} + w_4 \frac{B_{\text{ref}}}{B}$$

Bu yerda:

D - o‘rtacha kechikish, P- paketlar yo‘qotilishi ulushi, C - tarmoqni boshqarish va xizmat ko‘rsatish xarajatlari, B- foydali ma’lumot uzatish tezligi; ref indeksli kattaliklar esa tegishli normallashtirish qiymatlaridir. w_1, w_2, w_3, w_4 - mezonlarning nisbiy ahamiyatini belgilovchi manfiy bo‘lmagan vazn koeffitsiyentlari bo‘lib, ularning yig‘indisi birga teng deb olinadi.

Ushbu maqsad funksiyasi xizmatning kechikishi, paketlar yo‘qotilishi va xarajatlarni kamaytirish bilan bir vaqtda foydali uzatish tezligini oshirishga yo‘naltirilgan. Model amaliyotga joriy etilganda tarmoq sig‘imi, minimal xizmat sifati, resurslar mavjudligi va xavfsizlik talablariga oid cheklovlar ham kiritilishi lozim.

Dasturiy boshqariladigan tarmoqlar texnologiyasi abonent kirish infratuzilmasida trafikni boshqarish siyosatlarini markazlashtirish va tarmoq konfiguratsiyalarini dasturiy ravishda o‘zgartirish imkonini beradi. SDN boshqaruv tizimi tarmoq holati to‘g‘risidagi ma’lumotlarni yig‘ish, yuklama darajasini aniqlash va belgilangan siyosatlar asosida trafikni yo‘naltirish vazifalarini bajaradi [3].

NFV texnologiyasi esa ilgari maxsus apparat vositalarida bajarilgan ayrim tarmoq funksiyalarini umumiy hisoblash infratuzilmasida dasturiy shaklda amalga oshirishga imkon beradi. Masalan, virtual marshrutizator, virtual xavfsizlik devori, trafikni filtrlash va xizmatlar shlyuzi funksiyalarini virtual muhitda joylashtirish mumkin.

Mazkur texnologiyalarni birgalikda qo‘llash abonentlarga xizmat ko‘rsatish jarayonida resurslarni dinamik boshqarish imkonini kengaytiradi. Tarmoq yuklamasi oshgan holatda qo‘shimcha virtual resurslar ishga tushirilishi, trafik muqobil yo‘nalishlarga taqsimlanishi yoki muayyan xizmatlar uchun ustuvorlik siyosatlari o‘zgartirilishi mumkin.

2-jadval

Abonent kirish tarmoqlarida bulutli texnologiyalarni qo‘llashning funksional imkoniyatlari

Texnologiya	Asosiy vazifasi	Kutilayotgan texnik samara
Cloud Computing	Hisoblash va boshqaruv resurslarini birlashtirish	Moslashuvchan masshtablash
SDN	Trafikni dasturiy boshqarish	Marshrutlash va boshqaruvni avtomatlashtirish
NFV	Tarmoq funksiyalarini virtuallashtirish	Maxsus apparatlarga bog‘liqlikni kamaytirish
Edge Computing	Hisoblashni foydalanuvchiga yaqinlashtirish	Ayrim xizmatlarda kechikishni kamaytirish
Cloud Monitoring	Tarmoq holatini markazlashgan kuzatish	Nosozliklarni tezroq aniqlash imkoniyati
QoS Management	Trafik sinflari bo‘yicha resurs ajratish	Muhim xizmatlar sifatini barqarorlashtirish

Jadvalda keltirilgan texnologiyalar mustaqil vazifalarni bajarsa-da, ularning integratsiyasi tarmoq boshqaruvining yagona avtomatlashtirilgan tizimini shakllantirish imkonini beradi. Masalan, monitoring tizimi trafik yuklamasi ortganligini aniqlaydi, SDN boshqaruvchisi trafik yo‘nalishlarini qayta ko‘rib chiqadi, NFV orkestratori zarur bo‘lsa qo‘shimcha virtual funksiyalarni ishga tushiradi, Edge Computing infratuzilmasi esa kechikishga sezgir xizmatlarni abonentga yaqinroq joylashtirishga yordam beradi.

Taklif etilayotgan modelni amaliy sinovdan o‘tkazishda tarmoq samaradorligini dastlabki va optimallashtirilgan holatlar bo‘yicha qiyoslash maqsadga muvofiqdir. Buning uchun tarmoqning bir xil yuklama sharoitidagi kechikish, foydali uzatish tezligi, paketlar yo‘qotilishi va resurslardan foydalanish ko‘rsatkichlari o‘lchanadi.

Optimallashtirish natijasida kechikishning nisbiy kamayishi quyidagi formula yordamida aniqlanishi mumkin:

$$E_D = \frac{D_0 - D_1}{D_0} \times 100\%$$

Bu yerda D_0 - optimallashtirishdan oldingi o‘rtacha kechikish, D_1 - optimallashtirishdan keyingi o‘rtacha kechikish.

Quyidagi jadval modelning ishlashini tushuntirish uchun shartli hisoblash ssenariysini aks ettiradi.

3-jadval

Bulutli optimallashtirish natijalarini baholashning shartli hisoblash namunasi

Ko‘rsatkich	Dastlabki holat	Optimallashtirilgan holat	O‘zgarish
O‘rtacha kechikish	40 ms	28 ms	−30%
Foydali uzatish tezligi	600 Mbit/s	720 Mbit/s	+20%
Paketlar yo‘qotilishi	1,5%	0,9%	−0,6 foiz punkt
Resurslardan foydalanish	60%	72%	+12 foiz punkt
Oylik operatsion xarajatlar indeksi	100	85	−15%

Mazkur ssenariyda o‘rtacha kechikishning 40 millisekunddan 28 millisekundga kamayishi 30 foizlik nisbiy yaxshilanishni anglatadi. Foydali uzatish tezligining 600 Mbit/s dan 720 Mbit/s ga oshishi esa 20 foizlik o‘sishga mos keladi. Biroq ushbu natijalar bulutli texnologiyalarni joriy etish orqali barcha abonent kirish tarmoqlarida aynan shunday samaraga erishilishini anglatmaydi. Haqiqiy samaradorlik tarmoq topologiyasi, trafik xususiyatlari, apparat resurslari, dasturiy konfiguratsiya va xizmatlarga qo‘yilgan talablarga bog‘liq bo‘ladi.

Amaliy tadqiqotda modelni tekshirish uchun Mininet, Open vSwitch, SDN boshqaruvchisi, virtual tarmoq funksiyalari va tarmoq monitoring vositalaridan iborat

sinov muhitini yaratish mumkin. Sinov jarayonida turli trafik yuklamalari, xizmat turlari va nosozlik holatlari modellashtirilib, an’anaviy hamda optimallashtirilgan boshqaruv rejimlari bir xil sharoitlarda taqqoslanishi lozim.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, bulutli texnologiyalar asosida abonent kirish tarmoqlarini takomillashtirishning asosiy yo‘nalishi mavjud fizik tarmoq imkoniyatlaridan samaraliroq foydalanish, boshqaruv jarayonlarini avtomatlashtirish, xizmatlarni moslashuvchan tashkil etish va resurslarni real yuklamaga muvofiq taqsimlashdan iborat. Bunda SDN, NFV va Edge Computing texnologiyalarining integratsiyasi tarmoq xizmatlarini optimallashtirish uchun yagona funksional muhit yaratadi. Taklif etilgan modelning miqdoriy samaradorligi esa keyingi bosqichda eksperimental o‘lchovlar bilan tasdiqlanishi zarur.

Xulosa

Bulutli texnologiyalar asosida abonent kirish tarmoqlarining samaradorligini oshirish va tarmoq xizmatlarini optimallashtirish zamonaviy telekommunikatsiya infratuzilmasini rivojlantirishning istiqbolli texnologik yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Tadqiqot davomida amalga oshirilgan nazariy va qiyosiy tahlillar bulutli hisoblash, dasturiy boshqariladigan tarmoqlar, tarmoq funksiyalarini virtuallashtirish hamda chekka hisoblash texnologiyalarini integratsiyalash abonent kirish tarmoqlarining moslashuvchanligini kuchaytirish, resurslarni dinamik boshqarish va xizmat ko‘rsatish jarayonlarini avtomatlashtirish imkoniyatlarini kengaytirishini ko‘rsatdi. Tarmoq samaradorligini baholashda o‘tkazuvchanlik qobiliyati, kechikish vaqti, paketlar yo‘qotilishi, resurslardan foydalanish darajasi va ekspluatatsiya xarajatlarini kompleks hisobga olish zarurligi asoslandi. Tadqiqot natijasida ishlab chiqilgan konseptual model abonent kirish infratuzilmasi, SDN boshqaruvi, bulutli xizmatlar va tarmoq holatini tahlil qilish komponentlarini o‘zaro integratsiyalash orqali trafikni boshqarish va resurslarni optimallashtirishga yo‘naltirilgan. Shuningdek, ko‘p mezonli matematik model tarmoq xizmatlarining texnik va iqtisodiy ko‘rsatkichlarini birgalikda baholash imkonini beradi. Bulutli boshqaruv arxitekturasini joriy etishda xizmatlarning uzluksizligi, axborot xavfsizligi, tizimlararo moslik va boshqaruv infratuzilmasining ishonchliligini ta’minlash muhim shartlardan biri ekanligi aniqlandi. Umuman olganda, taklif etilgan yondashuv

abonent kirish tarmoqlarida xizmatlar sifatini oshirish va mavjud resurslardan samarali foydalanish uchun ilmiy-texnologik asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin. Uning amaliy samaradorligini tasdiqlash uchun real yoki emulyatsiya qilingan tarmoq muhitida eksperimental sinovlar o‘tkazish va olingan natijalarni statistik jihatdan baholash talab etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mell P., Grance T. The NIST Definition of Cloud Computing. — Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2011. — NIST Special Publication 800-145. — 7 p. DOI: 10.6028/NIST.SP.800-145.

2. Badger M., Grance T., Patt-Corner R., Voas J. Cloud Computing Synopsis and Recommendations. — Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2012. — NIST Special Publication 800-146. DOI: 10.6028/NIST.SP.800-146.

3. Open Networking Foundation. SDN Architecture. — ONF Technical Recommendation TR-502. — 2014.

4. European Telecommunications Standards Institute. Multi-access Edge Computing (MEC); Framework and Reference Architecture. — ETSI GS MEC 003 V4.1.1. — Sophia Antipolis: ETSI, 2025.

5. Jansen W., Grance T. Guidelines on Security and Privacy in Public Cloud Computing. — Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology, 2011. — NIST Special Publication 800-144. DOI: 10.6028/NIST.SP.800-144.

6. International Telecommunication Union. Guideline on Edge Computing Data Security. — Geneva: ITU, 2025. — Recommendation ITU-T X.1648.