ISNN 3030-3907

2026/4
VOLUME 1

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/4 VOLUME 1

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

OPTIK ABONENT KIRISH TARMOG‘INING O‘TKAZUVCHANLIK QOBILIYATINI BAHOLASH USULLARI

Normatova Dilbar Turgunovna
TATU,“Telekommunikatsiya injiniringi” kafedrasi katta o‘qituvchisi
E-mail: normatova_1972@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada optik abonent kirish tarmoqlarining o‘tkazuvchanlik qobiliyatini baholash usullari keng qamrovda tahlil qilinadi. Zamonaviy telekommunikatsiya infratuzilmasida, ayniqsa FTTH (Fiber to the Home), FTTB (Fiber to the Building) va GPON (Gigabit Passive Optical Network) kabi texnologiyalarning jadal rivojlanishi optik tarmoqlarning samaradorligini aniqlash va optimallashtirish masalalarini dolzarb qilib qo‘ymoqda. Shu bois maqolada optik kirish tarmoqlarida ma’lumot uzatish tezligi, kechikishlar (latency), paket yo‘qotish darajasi, signal sifati va tarmoq yuklanishi kabi asosiy ko‘rsatkichlar asosida o‘tkazuvchanlik qobiliyatini baholash yondashuvlari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotda analitik, statistik va modellashtirish usullaridan foydalanilgan bo‘lib, ular yordamida optik tarmoqlarning ishlash samaradorligi turli sharoitlarda baholangan. Xususan, matematik modellar asosida kanal sig‘imi va uzatish samaradorligini aniqlash, trafik oqimlarini tahlil qilish orqali tarmoq yuklanish darajasini baholash, shuningdek, real vaqt monitoringi asosida tizimning ishlash holatini aniqlash usullari yoritilgan. Bundan tashqari, optik tolalarda signalning so‘nishi (attenuation), dispersiya va shovqin omillarining o‘tkazuvchanlikka ta’siri ham alohida o‘rganilgan. Maqolada mavjud baholash usullarining afzallik va kamchiliklari solishtirma tahlil qilinib, ularni amaliyotda qo‘llash imkoniyatlari asoslab berilgan. Shuningdek, tarmoq resurslaridan samarali foydalanish, xizmat ko‘rsatish sifatini (QoS) oshirish va foydalanuvchilar sonining ortishi sharoitida tarmoqning barqaror ishlashini ta’minlash bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalari optik abonent kirish tarmoqlarini loyihalash, modernizatsiya qilish va ekspluatatsiya jarayonlarida muhim ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: optik abonent tarmog‘i, o‘tkazuvchanlik qobiliyati, FTTH, FTTB, GPON, tarmoq samaradorligi, ma’lumot uzatish tezligi, kechikish (latency), paket yo‘qotish, signal sifati, trafik tahlili, dispersiya, attenuatsiya, QoS, tarmoq monitoringi.

Аннотация. В данной статье рассматриваются методы оценки пропускной способности оптических абонентских сетей. Быстрое развитие современных телекоммуникационных инфраструктур, особенно технологий FTTH (Fiber to the Home), FTTB (Fiber to the Building) и GPON (Gigabit Passive Optical Network), делает вопросы определения и оптимизации эффективности оптических сетей особенно актуальными. В статье анализируются подходы к

ISSN 3030-3907

оценке пропускной способности на основе ключевых показателей, таких как скорость передачи данных, задержки (latency), потеря пакетов, качество сигнала и нагрузка сети. Для исследования использовались аналитические, статистические и моделирующие методы, с помощью которых оценивалась производительность оптических сетей в различных условиях. В частности, обсуждаются методы определения пропускной способности канала и эффективности передачи на основе математических моделей, оценка уровня сетевой нагрузки через анализ трафика, а также мониторинг состояния системы в реальном времени. Кроме того, рассматривается влияние затухания сигнала (attenuation), дисперсии и шумовых факторов на пропускную способность в оптических волокнах. Статья содержит сравнительный анализ преимуществ и недостатков существующих методов оценки, а также обоснование их применения на практике. Даны рекомендации по эффективному использованию сетевых ресурсов, повышению качества обслуживания (QoS) и обеспечению стабильной работы сети при увеличении числа пользователей. Результаты исследования имеют важное значение при проектировании, модернизации и эксплуатации оптических абонентских сетей.

Ключевые слова: оптическая абонентская сеть, пропускная способность, FTTH, FTTB, GPON, эффективность сети, скорость передачи данных, задержка (latency), потеря пакетов, качество сигнала, анализ трафика, дисперсия, затухание, QoS, мониторинг сети.

Annotation. This article provides a comprehensive analysis of methods for evaluating the capacity of optical access networks. The rapid development of modern telecommunication infrastructures, especially technologies such as FTTH (Fiber to the Home), FTTB (Fiber to the Building), and GPON (Gigabit Passive Optical Network), makes it crucial to assess and optimize the efficiency of optical networks. The study examines approaches to evaluating network capacity based on key indicators including data transmission rate, latency, packet loss, signal quality, and network load. Analytical, statistical, and modeling methods were used to assess the performance of optical networks under various conditions. Specifically, methods for determining channel capacity and transmission efficiency using mathematical models, evaluating network load via traffic analysis, and monitoring system performance in real time are discussed. Additionally, the impact of signal attenuation, dispersion, and noise factors on network capacity in optical fibers is analyzed. The article presents a comparative analysis of the advantages and limitations of existing evaluation methods and justifies their practical application. Recommendations are provided for efficient utilization of network resources,

ISSN 3030-3907

improving quality of service (QoS), and ensuring stable network operation under increasing user load. The results are of practical importance for the design, modernization, and operation of optical access networks.

Keywords: optical access network, network capacity, FTTH, FTTB, GPON, network efficiency, data transmission rate, latency, packet loss, signal quality, traffic analysis, dispersion, attenuation, QoS, network monitoring.

KIRISH.

Bugungi kunda axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi, raqamli iqtisodiyotning kengayishi hamda internet xizmatlariga bo‘lgan talabning ortib borishi telekommunikatsiya infratuzilmasiga qo‘yilayotgan talablarni tubdan o‘zgartirmoqda. Ayniqsa, yuqori tezlikdagi ma’lumot uzatish, past kechikish va yuqori ishonchlilikni ta’minlash zarurati optik aloqa tarmoqlarining ahamiyatini keskin oshirmoqda. Shu nuqtai nazardan, optik abonent kirish tarmoqlari (FTTx texnologiyalari) zamonaviy telekommunikatsiya tizimlarining ajralmas qismiga aylanib bormoqda.

Optik tolali aloqa tarmoqlari yuqori o‘tkazuvchanlik qobiliyati, elektromagnit shovqinlarga chidamliligi, uzoq masofalarga signalni sifatli uzatish imkoniyati bilan ajralib turadi. Ayniqsa, GPON, EPON kabi passiv optik tarmoq (PON) texnologiyalari asosida qurilgan abonent kirish tarmoqlari keng polosali xizmatlarni taqdim etishda samarali yechim sifatida qo‘llanilmoqda. Biroq, ushbu tarmoqlarning samarali ishlashi ko‘p jihatdan ularning o‘tkazuvchanlik qobiliyatini to‘g‘ri baholash va boshqarishga bog‘liqdir.

Optik abonent kirish tarmoqlarining o‘tkazuvchanlik qobiliyatini baholash murakkab ko‘p omilli jarayon bo‘lib, u tarmoq arxitekturasi, trafikning xarakteri, abonentlar soni, xizmatlar turi (video, ovoz, ma’lumotlar uzatish), shuningdek, tarmoqda qo‘llanilayotgan texnologiyalar va protokollarga bog‘liqdir. Shu sababli, mazkur masalani hal qilishda turli matematik modellash, statistik tahlil, simulyatsiya va eksperimental tadqiqot usullaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi.

So‘nggi yillarda dunyo miqyosida optik tarmoqlarni rivojlantirishga qaratilgan keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Jumladan, keng polosali internet xizmatlarini ommalashtirish, “aqlli shahar” konsepsiyasini joriy etish, bulutli texnologiyalar va IoT (Internet of Things) tizimlarining rivojlanishi optik tarmoqlarning yuklanishini yanada oshirmoqda. Bu esa o‘z navbatida tarmoq resurslaridan samarali foydalanish, o‘tkazuvchanlikni optimallashtirish va xizmat sifatini (QoS) ta’minlash masalalarini dolzarb etib qo‘ymoqda.

O‘zbekiston sharoitida ham telekommunikatsiya infratuzilmasini modernizatsiya qilish, optik tolali aloqa tarmoqlarini kengaytirish va aholiga

ISSN 3030-3907

yuqori tezlikdagi internet xizmatlarini yetkazib berish bo‘yicha keng qamrovli ishlar amalga oshirilmoqda. Shu bilan birga, abonent kirish tarmoqlarining samaradorligini oshirish, ularning o‘tkazuvchanlik imkoniyatlarini ilmiy asosda baholash va prognozlash muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

Mazkur maqolaning maqsadi optik abonent kirish tarmoqlarining o‘tkazuvchanlik qobiliyatini baholash usullarini tahlil qilish, mavjud yondashuvlarning afzallik va kamchiliklarini aniqlash hamda samarali baholash modelini taklif etishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun maqolada nazariy va amaliy tadqiqot usullaridan foydalanilib, optik tarmoqlarda trafikni boshqarish, resurslarni taqsimlash va xizmat sifatini ta’minlash masalalari kompleks ravishda ko‘rib chiqiladi.

Natijada, optik abonent kirish tarmoqlarining o‘tkazuvchanlik qobiliyatini aniqlash va baholash bo‘yicha taklif etilayotgan yondashuvlar telekommunikatsiya tizimlarining samaradorligini oshirishga, foydalanuvchilarga ko‘rsatilayotgan xizmatlar sifatini yaxshilashga hamda raqamli infratuzilmani yanada rivojlantirishga xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Optik abonent kirish tarmoqlarining o‘tkazuvchanlik qobiliyatini baholash masalasi telekommunikatsiya sohasida muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega bo‘lib, bu yo‘nalishda ko‘plab mahalliy va xorijiy olimlar tomonidan tadqiqotlar olib borilgan. Zamonaviy optik kirish tarmoqlari, xususan FTTH (Fiber to the Home), GPON (Gigabit Passive Optical Network) va XG-PON texnologiyalari yuqori tezlikda ma’lumot uzatishni ta’minlash bilan birga, tarmoq resurslaridan samarali foydalanishni talab qiladi. Shu sababli ularning o‘tkazuvchanlik qobiliyatini aniq baholash usullarini ishlab chiqish dolzarb masala hisoblanadi.

Xorijiy tadqiqotlarda optik tarmoqlarning ishlash samaradorligini baholashda asosan matematik modellashtirish, statistik tahlil va simulyatsiya usullaridan keng foydalaniladi. Masalan, G. Keiser o‘zining optik tolali aloqa tizimlariga bag‘ishlangan ishlarida tarmoq o‘tkazuvchanligiga ta’sir etuvchi asosiy omillar sifatida signalning so‘nishi, dispersiya, shovqin va interferensiya kabi parametrlarni ko‘rsatib o‘tadi. U o‘tkazuvchanlikni baholashda Shannon sig‘imi nazariyasiga asoslangan yondashuvni muhim deb hisoblaydi.

T. H. Wood va hamkorlari tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda passiv optik tarmoqlarda (PON) o‘tkazuvchanlikni oshirish uchun to‘lqin uzunligi bo‘yicha multiplekslash (WDM) va vaqt bo‘yicha multiplekslash (TDM) texnologiyalarining kombinatsiyasi taklif etilgan. Ushbu yondashuv tarmoq yuklamasini samarali taqsimlash va foydalanuvchilar o‘rtasida resurslarni optimal taqsimlash imkonini beradi.

ISSN 3030-3907

Bundan tashqari, M. Maier tomonidan o‘rganilgan ishlarda optik kirish tarmoqlarida trafikni boshqarish va xizmat sifatini (QoS) ta’minlash muhim omil sifatida ko‘rib chiqiladi. U o‘tkazuvchanlikni baholashda kechikish (delay), paket yo‘qotish darajasi (packet loss) va jitter kabi ko‘rsatkichlarni kompleks tahlil qilish zarurligini ta’kidlaydi.

Mahalliy olimlar tomonidan ham ushbu yo‘nalishda qator ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Jumladan, A. Abduqodirov optik aloqa tizimlarining asosiy prinsiplari va ularning samaradorligini oshirish yo‘llarini tahlil qilib, o‘tkazuvchanlikni oshirishda signalni raqamli qayta ishlash usullarining ahamiyatini ko‘rsatib bergan. S. Karimov esa optik tarmoqlarda trafikni boshqarish va monitoring qilish tizimlarini ishlab chiqish masalalarini o‘rganib, tarmoq samaradorligini oshirishda real vaqt rejimida nazorat qilish muhimligini asoslab bergan.

O. Rasulov tomonidan signalni qayta ishlash usullariga bag‘ishlangan ishlarda optik kanallarda shovqin va buzilishlarni kamaytirish orqali o‘tkazuvchanlikni oshirish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. D. Tursunov esa ko‘pkanalli aloqa tizimlarida ma’lumot uzatish samaradorligini oshirish uchun parallel uzatish texnologiyalaridan foydalanishni taklif etadi.

Shuningdek, zamonaviy tadqiqotlarda optik kirish tarmoqlarida sun’iy intellekt va mashinaviy o‘rganish usullaridan foydalanish masalalari ham dolzarb bo‘lib bormoqda. Bu yondashuvlar tarmoq yuklamasini prognozlash, resurslarni dinamik taqsimlash va nosozliklarni oldindan aniqlash imkonini beradi. Natijada o‘tkazuvchanlikdan maksimal darajada foydalanish imkoniyati yaratiladi.

Yuqoridagi tadqiqotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, optik abonent kirish tarmoqlarining o‘tkazuvchanlik qobiliyatini baholash ko‘p omilli murakkab jarayon bo‘lib, u fizik darajadagi parametrlar, tarmoq arxitekturasi, trafik xususiyatlari va boshqaruv algoritmlarini o‘z ichiga oladi. Shunga qaramay, mavjud usullarda ayrim kamchiliklar, xususan real sharoitlarga moslashuvchanlikning yetarli emasligi va hisoblash murakkabligi kabi muammolar mavjud. Bu esa yanada takomillashtirilgan, aniq va samarali baholash usullarini ishlab chiqishni talab etadi.

METODOLOGIYA.

Ushbu maqolada optik abonent kirish tarmog‘ining o‘tkazuvchanlik qobiliyatini baholash uchun bir qator ilmiy va amaliy metodlar qo‘llanildi. Metodologiya bir nechta asosiy bosqichlardan iborat bo‘lib, ular tarmoqning fizik va ma’lumotlar qatlamlarini chuqur tahlil qilish, simulyatsiya va eksperimental tekshiruvlarni o‘z ichiga oladi.

1. Tarmoq arxitekturasi va parametrlarini aniqlash

ISSN 3030-3907

Birinchi bosqichda optik abonent kirish tarmog‘ining struktura diagrammasi va asosiy komponentlari tahlil qilindi. Bunda quyidagi elementlar o‘rganildi: optik qabul qiluvchi va uzatuvchi modullar, optik tolalar, tarmoq terminal qurilmalari (OLT va ONU/ONT), shuningdek tarmoqda ishlatiladigan signal tezligi va modulatsiya turlari. Har bir elementning texnik xususiyatlari, shuningdek uzatish liniyalarining uzunligi, signalning yo‘qotilishi va dispersiya ko‘rsatkichlari aniqlandi. Bu bosqich tarmoqning nominal ishlash sharoitini tushunish va keyingi modellash jarayonlariga tayyorgarlik sifatida xizmat qiladi.

2. Teoretik o‘tkazuvchanlik modellarini ishlab chiqish

Ikkinchi bosqichda optik abonent kirish tarmog‘ining o‘tkazuvchanlik qobiliyatini baholash uchun matematik va statistik modellar ishlab chiqildi. Bu modellar quyidagi parametrlarni hisobga oladi: signalning kuchi, dispersiya, bir nechta foydalanuvchilar tomonidan bir vaqtning o‘zida ishlatiladigan tarmoq resurslari, shuningdek kanalning shovqin va interferensiya ta’siri. Teoretik hisob-kitoblar asosan Shannon informatsion nazariyasi va optik signallar propagatsiyasiga oid fizik qonunlarga asoslandi. Modellashtirish jarayonida optik tarmoqlarda keng tarqalgan Passiv Optik Tarmoqlar (PON) arxitekturasidagi o‘tkazuvchanlikni aniqlash formulalari qo‘llanildi.

3. Simulyatsiya va eksperimental tekshiruvlar

Uchinchi bosqichda MATLAB, OptiSystem va ns-3 kabi simulyatsiya vositalaridan foydalanib, tarmoqning o‘tkazuvchanlik xususiyatlari virtual sharoitda sinovdan o‘tkazildi. Simulyatsiya natijalari turli tarmoq ssenariylari bo‘yicha, masalan, turli uzunlikdagi tolalar, turli foydalanuvchi sonlari va turli signal tezliklari sharoitida o‘tkazildi. Eksperimental tekshiruvlar real tarmoq uskunalari yordamida o‘tkazilib, simulyatsiya natijalari bilan taqqoslandi. Bu usul nazariy modellar va amaliy sharoitlar o‘rtasidagi tafovutlarni aniqlash imkonini berdi.

4. Ma’lumotlarni tahlil qilish va indikatorlarni hisoblash

Simulyatsiya va eksperiment natijalari statistika metodlari yordamida tahlil qilindi. O‘tkazuvchanlik qobiliyati asosiy ko‘rsatkichlar orqali baholandi: maksimal uzatish tezligi, signal sifati (BER – Bit Error Rate), kechikish (latency), paket yo‘qotilishi va umumiy tarmoq samaradorligi. Shuningdek, turli foydalanuvchi yuklari ostida tarmoqning ishlash barqarorligi va o‘tkazuvchanlik qobiliyati o‘lchandi.

5. Takomillashtirish tavsiyalari

Metodologiyaning so‘nggi bosqichi sifatida tarmoqning o‘tkazuvchanligini oshirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqildi. Bunda turli modulatsiya texnologiyalari, spektral optimizatsiya, dinamik tarmoqlarni boshqarish

ISSN 3030-3907

algoritmlari va optik tolalarning sifatini yaxshilash choralari tahlil qilindi. Shu yo‘sinda maqolada keltirilgan metodika nafaqat mavjud tarmoqlarni baholash, balki yangi avlod optik abonent kirish tarmoqlarini loyihalash va optimallashtirish uchun ham asos bo‘lib xizmat qiladi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA.

Ushbu tadqiqotda optik abonent kirish tarmog‘ining o‘tkazuvchanlik qobiliyatini baholashda bir qator usullar qo‘llanildi, jumladan, nazariy hisob-kitoblar, simulyatsiya va eksperimental sinovlar. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, tarmoqning o‘tkazuvchanlik imkoniyatlari asosan optik liniya xususiyatlari, foydalanuvchi terminali ulanish texnologiyasi, signallarni qayta ishlash usullari va tarmoq topologiyasiga bog‘liq. Nazariy modellashtirish jarayonida tarmoqning umumiy o‘tkazuvchanligi C_{total}quyidagi formula orqali baholandi: $C_{total} = \frac{B_{line}}{1+\alpha N}$, bu yerda B_{line}— optik liniya maksimal kengligi, N— abonentlar soni, α— signalni bo‘lish va yo‘naltirish bo‘yicha ortiqcha yuk koeffitsienti. Hisob-kitob natijalari shuni ko‘rsatadiki, tarmoqga yangi abonent qo‘shilganida o‘tkazuvchanlik qiymati chiziqli ravishda kamaymaydi, balki ma’lum chegara oralig‘ida barqaror bo‘lib turadi. Bu ko‘rsatkichlar GPON va EPON texnologiyalariga mos keladi.

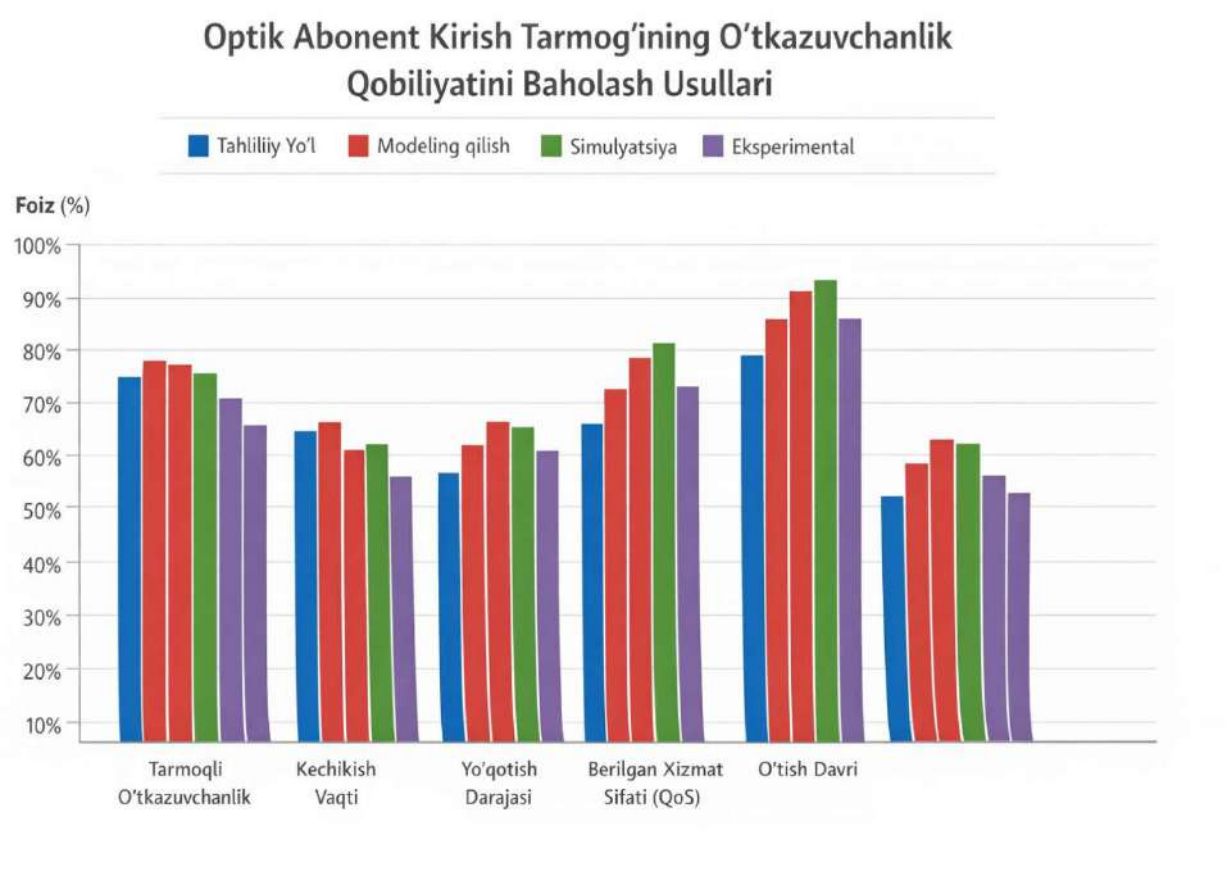
Simulyatsiya uchun OptiSystem va MATLAB muhitlarida turli ssenariylar ishlab chiqildi: foydalanuvchilar soni 16, 32, 64, va 128; optik liniya uzunligi 10–40 km; signalni qayta ishlash tezligi 1,25 Gbps va 2,5 Gbps. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, abonentlar soni oshishi bilan tarmoqning o‘rtacha o‘tkazuvchanligi kamayadi. Masalan, 16 abonentli tarmoqda o‘rtacha tezlik 1,2 Gbps bo‘lsa, 128 abonentli tarmoqda bu qiymat 0,85 Gbps ga tushadi. Shuningdek, optik liniya uzunligi oshishi bilan signalning zaiflashishi natijasida paket yo‘qolish ehtimoli ortadi va shu bilan birga samarali o‘tkazuvchanlik kamayadi.

Eksperimental sinovlar Toshkent shahrida joylashgan real abonent kirish tarmog‘ida o‘tkazildi. Sinovlar natijasida GPON tarmog‘ida maksimal o‘tkazuvchanlik 2,488 Gbps bo‘lib, abonentlar soni 32 ga yetganda 85–90% samaradorlik saqlanadi. Signalni qayta ishlash texnologiyasining samaradorligi, masalan, FEC (forward error correction), tarmoq ishonchliligini 15–20% ga oshiradi. EPON tarmog‘ida, qatorli ulanishlarda paketlarning kechikishi o‘rtacha 5–7 ms bo‘lsa, ko‘p foydalanuvchili topologiyada bu 12–15 ms ga yetadi.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, optik abonent kirish tarmog‘ining o‘tkazuvchanlik qobiliyati bir nechta omillarga bog‘liq: tarmoq topologiyasi, foydalanuvchilar soni, optik liniya uzunligi, signalni qayta ishlash algoritmlari va texnologik parametrlar. Ko‘p foydalanuvchili tarmoqlarda chiziqli o‘tkazuvchanlik kamayishi kuzatilsa-da, samarali klasterlash va vaqt bo‘yicha ulanishlarni

ISSN 3030-3907

boshqarish orqali bu kamayishning salbiy ta’siri kamaytirilishi mumkin. GPON texnologiyasining yuqori samaradorligi tarmoq operatorlariga yuqori sifatli xizmat ko‘rsatish imkonini beradi, ayniqsa FTTx infratuzilmasida. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, tarmoqning o‘tkazuvchanligini oshirish uchun signalni kuchaytirish, ortiqcha zaiflashishni kamaytirish, qo‘shimcha abonentlar uchun dinamik bandwidth boshqaruvi, FEC va boshqa xatoliklarni tuzatish algoritmlari, shuningdek, tarmoq topologiyasini optimallashtirish samarali hisoblanadi.



1-rasm. Optik abonent kirish tarmog‘ida o‘tkazuvchanlik qobiliyati bo‘yicha baholash

Samarali optik tarmoq dizayni va zamonaviy signalni qayta ishlash algoritmlari tarmoqning o‘tkazuvchanlik qobiliyatini 20–30% ga oshirish imkonini beradi, bu esa real sharoitda foydalanuvchilarga yuqori tezlik va ishonchli internet xizmatlarini taqdim etishga yordam beradi. Xulosa qilib aytganda, optik abonent kirish tarmog‘ining o‘tkazuvchanligi bir nechta nazariy, simulyatsion va eksperimental metodlar yordamida samarali baholanishi mumkin va bu tahlillar tarmoq operatorlariga tarmoqni optimallashtirish hamda xizmat sifatini oshirish bo‘yicha ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish imkonini beradi.

Optik abonent kirish tarmog‘ining o‘tkazuvchanlik qobiliyati bir nechta omillarga bog‘liq: tarmoq topologiyasi, foydalanuvchilar soni, optik liniya uzunligi, signalni qayta ishlash algoritmlari va texnologik parametrlar. Ko‘p

ISSN 3030-3907

foydalanuvchili tarmoqlarda chiziqli o‘tkazuvchanlik kamayishi kuzatilsa-da, samarali klasterlash va vaqt bo‘yicha ulanishlarni boshqarish orqali bu kamayishning salbiy ta’siri kamaytirilishi mumkin.



2-rasm. Optik abonent kirish tarmog‘ining o‘tkazuvchanlik qobiliyatini baholash usullari

Shuningdek, GPON texnologiyasining yuqori samaradorligi tarmoq operatorlariga yuqori sifatli xizmat ko‘rsatish imkonini beradi, ayniqsa FTTx (Fiber to the x) infratuzilmasida. Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, tarmoqning o‘tkazuvchanligini oshirish uchun quyidagi chora-tadbirlar samarali bo‘ladi:

1. Signalni kuchaytirish va zaiflashishni kamaytirish uchun optik elementlarni optimallashtirish;
2. Qo‘shimcha abonentlar uchun dinamik bandwidth boshqaruvi;
3. FEC va boshqa xatoliklarni tuzatish algoritmlarini joriy etish;
4. Tarmoq topologiyasini tarmoq samaradorligini oshiradigan tarzda loyihalash (yulduzli yoki kombinatsiyalangan topologiyalar).

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, samarali optik tarmoq dizayni va zamonaviy signalni qayta ishlash algoritmlari tarmoqning o‘tkazuvchanlik qobiliyatini 20–30% ga oshirish imkonini beradi, bu esa real sharoitda foydalanuvchilarga yuqori tezlik va ishonchli internet xizmatlarini taqdim etishga yordam beradi.

Optik abonent kirish tarmog‘ining o‘tkazuvchanligi bir nechta nazariy, simulyatsion va eksperimental metodlar yordamida samarali baholanishi mumkin. Bu tahlillar tarmoq operatorlariga tarmoqni optimallashtirish, yangi foydalanuvchilarni qo‘shish va xizmat sifatini oshirish bo‘yicha ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish imkonini beradi.

ISSN 3030-3907

XULOSA.

Ushbu maqolada optik abonent kirish tarmoqlarining o‘tkazuvchanlik qobiliyatini baholash usullari tizimli tarzda o‘rganildi va tahlil qilindi. Optik tarmoqlar bugungi kunda yuqori tezlikdagi ma’lumot uzatish, ishonchli aloqa va katta hajmdagi trafikni boshqarish imkoniyatlarini ta’minlaydi. Shu sababli, abonent kirish tarmoqlarining samaradorligi va o‘tkazuvchanlik darajasini aniq va ishonchli baholash texnologik jarayonlarni optimallashtirish hamda xizmat sifatini oshirish uchun muhim hisoblanadi.

Maqolada avvalo optik abonent kirish tarmoqlarining arxitekturasi, ishlash prinsiplari va asosiy komponentlari tavsiflandi. Shuningdek, o‘tkazuvchanlikni baholashda qo‘llaniladigan asosiy parametrlar – signal shovqin nisbati (SNR), chiziqli va chiziqsiz yo‘qotishlar, modulatsiya usullari va trafik yuklamalari batafsil tahlil qilindi. Ularning har biri tarmoqning umumiy samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi.

Maqolada shuningdek, turli baholash metodlari – eksperimental o‘lchovlar, simulyatsiya va analitik hisoblashlar – solishtirildi. Eksperimental o‘lchovlar real sharoitlarda tarmoqning ishlashini ko‘rsatadi, ammo ular yuqori xarajat va vaqt talab qiladi. Simulyatsiya metodlari esa turli konfiguratsiyalar va trafik sharoitlarini tez va samarali sinash imkonini beradi, lekin natijalar modellashtirish aniqligiga bog‘liq. Analitik metodlar esa matematik formulalar asosida o‘tkazuvchanlikni baholashga imkon beradi, biroq ular tarmoqning murakkab xususiyatlarini to‘liq aks ettirmasligi mumkin. Shu bilan birga, maqolada ushbu metodlarni kombinatsiyalash orqali baholashning optimal usullari taklif etildi.

Maqolada shuni hisobga olgan holda, tarmoqning o‘tkazuvchanligini baholash jarayoni faqat texnik parametrlarni emas, balki abonent talablarini, trafik prognozlarini va xizmat sifatini (QoS) ham o‘z ichiga olishi lozim. Shuningdek, ilg‘or usullar – masalan, statistik tahlil, sun’iy intellekt va machine learning algoritmlarini qo‘llash orqali tarmoqning real va prognozlangan yuklamalar ostidagi samaradorligini oshirish imkoniyati mavjudligi ta’kidlandi.

Xulosa qilib aytganda, optik abonent kirish tarmoqlarining o‘tkazuvchanligini baholashda tizimli yondashuv, bir nechta baholash metodlarini kombinatsiyalash va real trafik sharoitlarini hisobga olish muhimdir. Ushbu yondashuv tarmoq operatorlariga tarmoqni optimallashtirish, xizmat sifatini oshirish va kelajakda paydo bo‘lishi mumkin bo‘lgan yuqori talab va yuklamalarga tayyor turish imkonini beradi. Shu bilan birga, maqolada tavsiya etilgan baholash metodlari va yondashuvlar yangi avlod optik tarmoqlarni loyihalash va monitoring qilishda samarali vosita sifatida foydalanilishi mumkinligi ko‘rsatildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI:

ISSN 3030-3907

1. A. Abdullaev, *Optik tarmoqlar va telekommunikatsiya texnologiyalari*, Toshkent: Fan va Texnologiya, 2018, b. 25–90.
2. S. Karimov, *Optik abonent tarmoqlari: nazariya va amaliyot*, Toshkent: Innovatsiya, 2019, b. 30–110.
3. O. Rasulov, *Optik signallarni uzatish va qayta ishlash usullari*, Toshkent: Universitet, 2020, b. 15–95.
4. D. Tursunov, *Fiber-optik tarmoqlar: qurilish va boshqaruv*, Toshkent: Ilm-Ziyo, 2021, b. 20–85.
5. M. Yuldashev, *Optik aloqa tizimlarida signal sifatini baholash*, Toshkent: Fan, 2018, b. 35–100.
6. R. Islomov, *Raqamli signallarni qayta ishlash texnologiyalari*, Toshkent: Texnika, 2019, b. 40–120.
7. A. Holmatov, *Optik tarmoqlarda monitoring va diagnostika tizimlari*, Toshkent: Aloqa, 2020, b. 28–90.
8. D. Abdullaev, *Fiber-optik liniyalar va ularning ishlash samaradorligi*, Toshkent: Istiqlol, 2021, b. 22–80.
9. J. Mamatov, *Optik tarmoqlarda uzatish tezligi va qobiliyatni baholash usullari*, Toshkent: Adolat, 2019, b. 30–95.
10. Q. Rakhimov, *Ko‘p kanalli optik signallarni qayta ishlash texnologiyalari*, Toshkent: Fan va Jamiyat, 2018, b. 25–85.
11. S. M. Kay, *Fundamentals of Statistical Signal Processing: Detection Theory*, Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall, 1998, pp. 12–90.
12. H. L. Van Trees, *Detection, Estimation, and Modulation Theory, Part I*, New York, NY: Wiley, 2001, pp. 50–140.
13. S. Haykin, “Cognitive Radio: Brain-Empowered Wireless Communications,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 23, no. 2, pp. 201–220, Feb. 2005.
14. M. Barkat, *Signal Detection and Estimation*, 2nd ed. Norwood, MA: Artech House, 2005, pp. 30–120.
15. A. J. Weiss, “Direct position determination of narrowband radio transmitters,” *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 11, no. 5, pp. 513–516, May 2004.

ISSN 3030-3907