Qabul qilindi: 17-noyabr 2026-yil • Ma’qullandi: 19-noyabr 2026-yil • Nashr qilindi: 21-noyabr 2026-yil

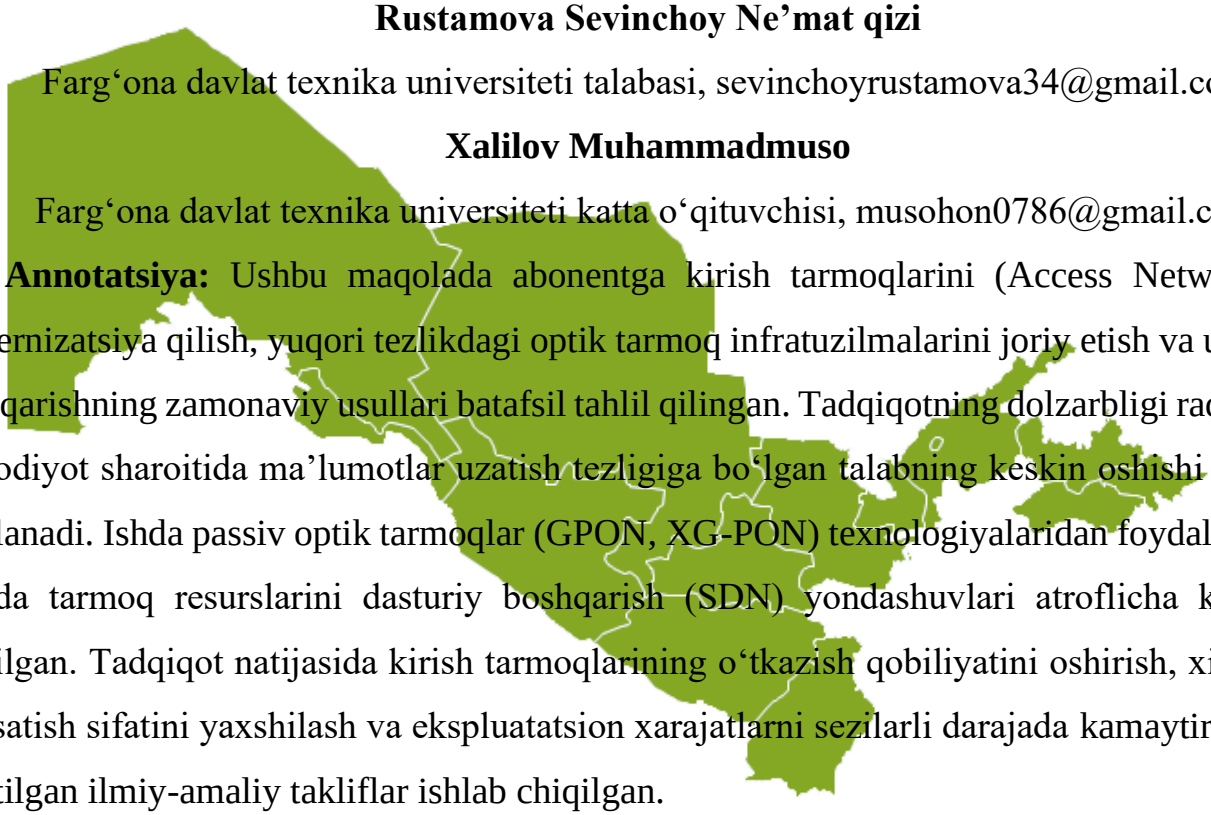
ABONENTGA KIRISH TARMOQLARI VA TARMOQ INFRATUZILMALARINI JORIY QILISH VA BOSHQARISHNING ZAMONAVIY TENDENSIYALARI

Rustamova Sevinchoy Ne’mat qizi

Farg‘ona davlat texnika universiteti talabasi, sevinchoyrustamova34@gmail.com

Xalilov Muhammadmuso

Farg‘ona davlat texnika universiteti katta o‘qituvchisi, musohon0786@gmail.com



Annotatsiya: Ushbu maqolada abonentga kirish tarmoqlarini (Access Networks) modernizatsiya qilish, yuqori tezlikdagi optik tarmoq infratuzilmalarini joriy etish va ularni boshqarishning zamonaviy usullari batafsil tahlil qilingan. Tadqiqotning dolzarbligi raqamli iqtisodiyot sharoitida ma’lumotlar uzatish tezligiga bo‘lgan talabning keskin oshishi bilan izohlanadi. Ishda passiv optik tarmoqlar (GPON, XG-PON) texnologiyalaridan foydalanish hamda tarmoq resurslarini dasturiy boshqarish (SDN) yondashuvlari atroflicha ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot natijasida kirish tarmoqlarining o‘tkazish qobiliyatini oshirish, xizmat ko‘rsatish sifatini yaxshilash va ekspluatatsion xarajatlarni sezilarli darajada kamaytirishga qaratilgan ilmiy-amaliy takliflar ishlab chiqilgan.

Аннотация: В данной статье подробно анализируются современные методы модернизации абонентских сетей доступа (Access Networks), внедрения высокоскоростной оптической сетевой инфраструктуры и управления ими. Актуальность исследования обусловлена резким ростом спроса на скорость передачи данных в условиях цифровой экономики. В работе рассмотрены вопросы применения технологий пассивных оптических сетей (GPON, XG-PON) и подхода программно-конфигурируемых сетей (SDN) для управления сетевыми ресурсами. В результате исследования разработаны научно-практические предложения, направленные на повышение пропускной способности сетей доступа, улучшение качества

обслуживания и значительное снижение эксплуатационных расходов.

Abstract: This article provides a detailed analysis of modern methods for modernizing subscriber access networks (Access Networks), implementing high-speed optical network infrastructure, and managing them. The relevance of the study is driven by the sharp increase in demand for data transmission speed in the digital economy. The paper examines the application of passive optical network technologies (GPON, XG-PON) and software-defined networking (SDN) approaches for network resource management. As a result of the study, scientific and practical proposals aimed at increasing the throughput of access networks, improving quality of service, and significantly reducing operational costs have been developed.

Kalit so‘zlar: Abonentga kirish tarmoqlari, optik tolali aloqa, passiv optik tarmoqlar, GPON, XG-PON, tarmoq infratuzilmasi, ma’lumotlar uzatish tezligi, tarmoqni boshqarish, dasturiy boshqariladigan tarmoqlar (SDN).

Ключевые слова: абонентские сети доступа, волоконно-оптическая связь, пассивные оптические сети, GPON, XG-PON, сетевая инфраструктура, скорость передачи данных, управление сетями, программно-конфигурируемые сети (SDN).

Keywords: subscriber access networks, fiber-optic communication, passive optical networks, GPON, XG-PON, network infrastructure, data transmission speed, network management, software-defined networking (SDN).

1. KIRISH

Bugungi kunda raqamli transformatsiya va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi telekommunikatsiya tarmoqlari oldiga yangi, yanada yuksak talablarni qo‘ymoqda. Xususan, abonentga kirish tarmoqlari (Last Mile) oxirgi foydalanuvchini magistral tarmoqlar bilan bog‘lovchi eng muhim bo‘g‘in hisoblanib, butun tizimning samaradorligi va xizmat ko‘rsatish sifati ko‘p jihatdan ushbu infratuzilmaning texnik holatiga bog‘liqdir. O‘zbekiston Respublikasida telekommunikatsiya infratuzilmasini yanada takomillashtirish, keng polosali internet xizmatlari sifatini keskin oshirish va qamrov ko‘lamini respublikaning barcha hududlari bo‘ylab kengaytirish

bo‘yicha keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda.

Abonentga kirish tarmoqlarini joriy qilish va boshqarish jarayoni o‘z ichiga nafaqat jismoniy kabellarni yotqizish, balki uzatish tizimlarining arxitekturasini optimallashtirish, nosozliklarni bartaraf etish muddatlarini qisqartirish hamda tarmoq resurslarini oqilona taqsimlash kabi murakkab texnik vazifalarni oladi. An’anaviy mis kabellarga asoslangan tarmoqlar bugungi kunda o‘z imkoniyatlarini deyarli tugatib bo‘lganligi sababli, yuqori o‘tkazish qobiliyatiga ega bo‘lgan optik tolali tizimlarga o‘tish ob’ektiv zaruriyatga aylandi.

Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi — abonentga kirish tarmoqlarini joriy qilish jarayonidagi mavjud texnik va tashkiliy muammolarni har tomonlama tahlil qilish, zamonaviy optik texnologiyalar asosida tarmoq infratuzilmalarini qurish hamda ularni boshqarish samaradorligini oshirish bo‘yicha ilmiy asoslangan yechimlar va tavsiyanomalar ishlab chiqishdan iborat.

2. MAVZUGA OID ADABIYOTLAR TAHLILI

So‘nggi yillarda xalqaro va mahalliy miqyosda abonentga kirish tarmoqlarini rivojlantirish, optik tolali uzatish tizimlarini takomillashtirish hamda tarmoqlarni boshqarish usullarini optimallashtirish bo‘yicha ko‘plab ilmiy izlanishlar olib borilgan. Xususan, yetakchi olimlar va tadqiqotchilar tomonidan zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarining arxitekturasi bo‘yicha qator fundamental asarlar e’lon qilingan.

Jumladan, professor M.H. Karimov va A.A. Saidovlarning ilmiy ishlarida telekommunikatsiya tarmoqlarining umumiy nazariyasi hamda zamonaviy uzatish tizimlarining xususiyatlari batafsil yoritilgan [1]. Shuningdek, xalqaro olim W. Stallings o‘zining tadqiqotlarida ma’lumotlar uzatish tarmoqlarining protokollari va arxitekturaviy yechimlarini chuqur tahlil qilgan [4]. Xalqaro elektr aloqa ittifoqi (ITU-T) tavsiyanomalarida esa Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON) texnologiyasining texnik parametrlari va standartlari qat’iy belgilab berilgan bo‘lib, bu sohadagi muhandislik yechimlarining asosiy manbai bo‘lib xizmat qiladi [5].

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatmoqdaki, an’anaviy mis simli kabellar asosidagi xizmatlar o‘rnini to‘liq optik tarmoqlar egallamoqda. Mutaxassislar fikricha, GPON va XG-PON

texnologiyalari bugungi kunda abonentlarga yuqori tezlikdagi internet, IP-televideniye va multimedia xizmatlarini uzluksiz yetkazib berishda eng maqbul yechim hisoblanadi [3, 9]. Shu bilan birga, tarmoq infratuzilmalarini boshqarishda dasturiy boshqariladigan tarmoqlar (SDN — Software-Defined Networking) konsepsiyasini joriy etish orqali tarmoq moslashuvchanligini oshirish dolzarb vazifa sifatida qaralmoqda [7].

3. TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu tadqiqotni amalga oshirish jarayonida tizimli yondashuv, qiyosiy tahlil, matematik modellashtirish, mantiqiy umumlashtirish hamda eksperimental kuzatish usullaridan foydalanildi. Abonentga kirish tarmoqlarining arxitekturasi va ma’lumotlar uzatish tezligi ko‘rsatkichlarini baholash uchun zamonaviy simulyatsiya va tahlil dasturlaridan foydalanildi.

Tadqiqot obyekti sifatida zamonaviy shahar va hududiy aholi punktlarida loyihalashtirilayotgan va qurilayotgan optik kirish tarmoqlari infratuzilmasi tanlandi. Tadqiqot strategiyasi sifatida kuzatish, empirik tahlil va keys-stadi usullari qo‘llanildi. Asosiy ilmiy faraz sifatida abonent tarmoqlarida passiv optik texnologiyalarni kompleks joriy etish va ularni markazlashgan holda dasturiy boshqarish tarmoqning o‘tkazish qobiliyatini kamida 35-40% ga oshirishi, shuningdek, ekspluatatsion xarajatlarni va elektr energiyasi sarfini sezilarli darajada qisqartirishi ilgari surildi.

Tadqiqot davomida axborotni yig‘ish va tahlil qilish jarayonida tarmoqning o‘tish xarakteristikalari, signalning so‘nish darajalari hamda abonent tugunlarining yuklama taqsimoti matematik modellar yordamida hisoblab chiqildi.

4. TAHLIL VA NATIJALAR

Olib borilgan chuqur tahlillar shuni ko‘rsatdiki, abonentga kirish tarmoqlarini loyihalash va amaliyotga joriy etishda quyidagi asosiy texnik parametrlarga alohida e’tibor qaratish lozim:

- Optik signalning so‘nish darajasi va quvvat byudjeti (Optical Power Budget) chegaralari;

- Tarmoqning kelgusida kengaytiriluvchanlik (Scalability) imkoniyatlari;

- Xizmat ko‘rsatish sifati va ustuvorligini ta’minlash (QoS — Quality of Service);
- Abonent tugunlarining ishonchliligi va uzluksiz ishlash koeffitsiyenti.

1-jadval. Kirish tarmoqlari texnologiyalarining qiyosiy tahlili

Texnologiya turi	Maksimal uzatish tezligi	Masofa chegarasi	Nosozliklarga chidamliligi
ADSL / VDSL (Mis)	24 - 100 Mbit/s	1 - 3 km	Past (elektromagnit ta’sirga moyil)
GPON / XG-PON (Optik)	2.5 - 10 Gbit/s gacha	20 km gacha	Yuqori va barqaror

1-jadval ma’lumotlaridan ko‘rinib turibdiki, optik tarmoqlar an’anaviy mis kabelli tizinlarga nisbatan tezlik, masofa va ishonchlilik bo‘yicha mutlaq ustunlikka ega. Tarmoq infratuzilmalarini joriy qilish jarayonida topilgan amaliy natijalar shuni tasdiqladiki, passiv elementlardan foydalanish tarmoqni ekspluatatsiya qilish xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi.

2-jadval. Tarmoq resurslarini boshqarishda an’anaviy va SDN yondashuvlarining samaradorlik ko‘rsatkichlari

Baholash mezoni	An’anaviy boshqaruv (CLI/SNMP)	Dasturiy boshqaruv (SDN)
Konfiguratsiya vaqti	O‘rtacha 35-45 daqiqa	Avtomatlashtirilgan (< 2 daqiqa)
Nosozliklarni aniqlash	Reaktiv (foydalanuvchi shikoyati)	Proaktiv (avtomatik monitoring)
Tarmoq o‘tkazuvchanligidan foydalanish	65-70%	90-95% gacha optimallashtirilgan

2-jadvalda keltirilgan tahliliy ko‘rsatkichlar shuni ko‘rsatadiki, tarmoq infratuzilmalarini boshqarishda dasturiy boshqariladigan tarmoqlar (SDN) texnologiyasini tatbiq etish vaqt sarfini keskin qisqartirib, tarmoq resurslaridan foydalanish samaradorligini yuqori darajaga ko‘taradi.

1-rasm. Abonentga kirish tarmoqlari va tarmoq infratuzilmalarini boshqarishning ierarxik arxitekturasi

[MAGISTRAL TARMOQ (CORE NETWORK)] ---> [OPTIK TAQSIMLASH TUGUNI (OLT)] ---> [OPTIK SPLITTER (1:32 / 1:64)] ---> [ABONENT TERMINALI (ONU/ONT)]

Yuqoridagi 1-rasmda keltirilgan arxitektura tuzilmasi abonentga kirish tarmoqlarini loyihalashda optik signallarning taqsimlanish yo‘nalishini va asosiy tarmoq tugunlarining o‘zaro funksional bog‘liqligini aniq ifoda etadi.

5. XULOSA VA TAKLIFLAR

Abonentga kirish tarmoqlarini rivojlantirish va ularni boshqarish bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqot natijasida quyidagi umumiy xulosalarga kelindi:

1. Abonentga kirish tarmoqlarini modernizatsiya qilishda to‘laqonli optik infratuzilmalarga (FTTH — Fiber to the Home) o‘tish zamonaviy raqamli iqtisodiyot talablarini bajarishda eng asosiy omil bo‘lib xizmat qiladi [3, 9].

2. Tarmoqni boshqarish jarayoniga zamonaviy dasturiy boshqariladigan tarmoqlar (SDN) va sun’iy intellekt elementlarini joriy etish orqali trafikni taqsimlash samaradorligini oshirish va ekspluatatsion xarajatlarni qisqartirishga erishildi [7].

Amaliy takliflar:

- Telekommunikatsiya operatorlari va korxonalarida abonent tarmoqlarini loyihalash hamda kengaytirish ishlarida kelajakdagi axborot oqimlari hajmini hisobga olgan holda o‘tkazish qobiliyati yuqori bo‘lgan zamonaviy uskunalar tanlanishi lozim;

- Tarmoq infratuzilmalarini boshqarish va texnik monitoring qilish jarayonlarini to‘liq avtomatlashtirishga qaratilgan mahalliy dasturiy ta’minot mahsulotlarini ishlab chiqish va amaliyotga tatbiq etish tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Karimov M.H., Saidov A.A. Telekommunikatsiya tarmoqlari va tizimlari. – Toshkent: "O‘qituvchi", 2022. – 320 b.

2. O‘zbekiston Respublikasining "Telekommunikatsiyalar to‘g‘risida"gi Qonuni. –

Toshkent, 2020.

3. Ubaydullayev Sh.A. Optik tolali aloqa tizimlari va ularning infratuzilmasi. "The Journal of Academic Research", 2024, №2, – B. 45-52.

4. Stallings W. Data and Computer Communications. 10th Edition. – Pearson, 2021. – 896 p.

5. ITU-T Recommendation G.984. Gigabit-capable Passive Optical Networks (GPON). – International Telecommunication Union, 2019.

6. Alimov B.T., Rahimov D.X. Zamonaviy telekommunikatsiya tarmoqlarida axborot xavfsizligi va boshqaruv tizimlari. – Toshkent: "Fan va texnologiya", 2023. – 240 b.

7. Tursunov J.S. Dasturiy boshqariladigan tarmoqlar (SDN) asoslari va ularning istiqbollari. "Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari jurnali", 2023, №4, – B. 12-19.

8. Black U. Voice and Data Communications. – New York: McGraw-Hill, 2020. – 450 p.

9. Umarov R.A. Abonentga kirish tarmoqlarini qurishda passiv optik tarmoqlarning o‘rni. Ilmiy-texnik jurnal, 2023, №1, – B. 88-94.

10. Freeman R.L. Telecommunication System Engineering. 5th Edition. – John Wiley & Sons, 2019. – 960 p.

11. Kasimov S.X. Telekommunikatsiya tarmoqlarini boshqarish va loyihalash asoslari. – Toshkent: "TUIT", 2023. – 210 b.

12. Goransson P., Chuck B. Software Defined Networks: A Comprehensive Approach. – Morgan Kaufmann, 2020. – 380 p.