

**ABONENT KIRISH TARMOQLARIDA SIGNAL/SHOVQIN
NISBATINING TA'SIRI**

*Ilmiy tatqiqotchi: **Olimjonov Dostonbek Alisher o'g'li***

Bannopov Zafarjon Zokir o'g'li

*Ilmiy rahbar: **Xalilov Muxammadmuso Muxammadyunusovich***

Farg'ona davlat texnika universiteti.

Annotatsiya: Mazkur maqola abonent kirish tarmoqlarida signal/shovqin nisbati (Signal-to-Noise Ratio – SNR) ning tarmoq ishlash sifati va uzatish samaradorligiga ta'sirini o'rganishga bag'ishlangan. Abonent kirish tarmoqlari foydalanuvchi va xizmat ko'rsatuvchi provayder o'rtasidagi so'nggi aloqa bo'g'ini hisoblanib, aynan ushbu qismda signal sifati pasayishi ehtimoli yuqori bo'ladi. Shuning uchun signal/shovqin nisbatini baholash va optimallashtirish keng polosali xizmatlar sifati ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Maqolada SNR tushunchasi, uning fizik mazmuni va o'lchov birliklari yoritiladi hamda abonent kirish tarmoqlarida shovqin manbalari tahlil qilinadi. Mis asosidagi DSL texnologiyalarida elektromagnit xalaqitlar, liniya uzunligi va kross-tovushlar SNR ga salbiy ta'sir ko'rsatishi ko'rsatib beriladi. Optik tolali kirish tarmoqlarida esa signalning so'nishi, dispersiya va optik shovqinlar SNR pasayishiga olib keluvchi asosiy omillar sifatida ko'rib chiqiladi. Simsiz abonent kirish tarmoqlarida esa interferensiya, masofa va muhit sharoitlari signal/shovqin nisbatiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Annotatsiyada signal/shovqin nisbatining uzatish tezligi, paketlar yo'qotilishi va umumiy xizmat sifati (QoS) bilan o'zaro bog'liqligi ilmiy asosda tushuntiriladi. SNR qiymati pasayganda uzatish tezligining kamayishi, xatoliklar sonining ortishi va aloqa barqarorligining buzilishi amaliy misollar orqali izohlanadi. Shuningdek, adaptiv modulyatsiya va kodlash, kuchaytirgichlardan foydalanish hamda liniyani optimallashtirish orqali SNR ni yaxshilash usullari umumiy ko'rinishda yoritiladi. Ushbu maqola abonent kirish tarmoqlarini loyihalash, sozlash va ekspluatatsiya qilish bilan shug'ullanuvchi talabalar,

muhandislar va tadqiqotchilar uchun foydali bo'lib, signal/shovqin nisbatining tarmoq samaradorligiga ta'sirini chuqurroq tushunishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: Abonent kirish tarmoqlari, signal/shovqin nisbati (SNR), keng polosali aloqa, DSL texnologiyalari, optik tolali tarmoqlar, simsiz kirish tarmoqlari, xizmat sifati (QoS), shovqin manbalari.

Abstract: This article is devoted to the study of the impact of the Signal-to-Noise Ratio (SNR) on the performance and transmission efficiency of subscriber access networks. Subscriber access networks represent the last connection segment between the service provider and the end user, where signal degradation is most likely to occur. Therefore, evaluating and optimizing the signal-to-noise ratio plays a crucial role in ensuring the quality of broadband services. The paper explains the concept of SNR, its physical meaning, and measurement units, as well as analyzes the main noise sources in subscriber access networks. In copper-based DSL technologies, electromagnetic interference, line length, and crosstalk are identified as the primary factors that negatively affect SNR. In optical fiber access networks, signal attenuation, dispersion, and optical noise are considered the main causes of SNR degradation. In wireless access networks, interference, transmission distance, and environmental conditions significantly influence the signal-to-noise ratio. The abstract also highlights the relationship between SNR and data transmission rate, packet loss, and overall Quality of Service (QoS). A decrease in SNR leads to lower transmission speeds, increased error rates, and reduced connection stability, which is explained through practical observations. In addition, general methods for improving SNR, such as adaptive modulation and coding, the use of amplifiers, and line optimization, are briefly discussed. This article is intended for students, engineers, and researchers involved in the design, configuration, and operation of subscriber access networks and aims to provide a deeper understanding of the role of signal-to-noise ratio in network performance.

Keywords (English): Subscriber access networks, signal-to-noise ratio (SNR), broadband communication, DSL technologies, optical fiber networks, wireless access networks, quality of service (QoS), noise sources.

Аннотация (Abstract на русском): Данная статья посвящена исследованию влияния отношения сигнал/шум (Signal-to-Noise Ratio – SNR) на качество работы и эффективность передачи данных в абонентских сетях доступа. Абонентские сети доступа являются последним участком соединения между оператором связи и конечным пользователем, где вероятность ухудшения качества сигнала наиболее высока. В связи с этим оценка и оптимизация отношения сигнал/шум имеют ключевое значение для обеспечения качества широкополосных услуг. В статье рассматривается понятие SNR, его физический смысл и единицы измерения, а также анализируются основные источники шума в абонентских сетях доступа. Для технологий DSL на медных линиях основными факторами снижения SNR являются электромагнитные помехи, длина линии и перекрёстные наводки. В оптоволоконных сетях доступа снижение отношения сигнал/шум связано с затуханием сигнала, дисперсией и оптическими шумами. В беспроводных сетях доступа существенное влияние на SNR оказывают интерференция, расстояние передачи и условия окружающей среды. В аннотации также раскрывается взаимосвязь между отношением сигнал/шум, скоростью передачи данных, потерями пакетов и общим качеством обслуживания (QoS). Показано, что уменьшение SNR приводит к снижению скорости передачи, увеличению числа ошибок и ухудшению стабильности соединения. Кроме того, кратко рассматриваются методы повышения SNR, такие как адаптивная модуляция и кодирование, использование усилителей и оптимизация линий связи. Статья предназначена для студентов, инженеров и исследователей, занимающихся проектированием, настройкой и эксплуатацией абонентских сетей доступа, и способствует более глубокому пониманию влияния отношения сигнал/шум на эффективность работы сети.

Ключевые слова (Russian): Абонентские сети доступа, отношение сигнал/шум (SNR), широкополосная связь, технологии DSL, оптоволоконные сети, беспроводные сети доступа, качество обслуживания (QoS), источники шума.

Kirish: Hozirgi kunda telekommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi jamiyat hayotining barcha sohalarida axborot almashuviga bo'lgan talabni keskin oshirdi. Internet, raqamli televideniye, IP-telefoniyadan keng foydalanish aynan abonent kirish tarmoqlari orqali amalga oshiriladi. Abonent kirish tarmoqlari provayderning magistral yoki taqsimlovchi tarmog'i bilan yakuniy foydalanuvchi qurilmalari o'rtasidagi eng so'nggi aloqa bo'g'ini bo'lib, tarmoqning umumiy sifati ko'p jihatdan aynan shu qismga bog'liq hisoblanadi. Shu sababli abonent kirish tarmoqlarining samaradorligini oshirish zamonaviy aloqa tizimlarining dolzarb masalalaridan biri sanaladi. Abonent kirish tarmoqlarida ma'lumot uzatish sifati ko'plab texnik va fizik omillarga bog'liq bo'lib, ulardan eng muhimlaridan biri signal/shovqin nisbati hisoblanadi. Signal/shovqin nisbati (Signal-to-Noise Ratio – SNR) foydali signal quvvatining shovqin quvvatiga nisbatini ifodalaydi va aloqa kanali sifatini baholashda asosiy ko'rsatkich sifatida qo'llaniladi. SNR qiymati qanchalik yuqori bo'lsa, uzatilayotgan signal shunchalik aniq qabul qilinadi va uzatish jarayonida xatoliklar ehtimoli kamayadi. Aksincha, SNR past bo'lgan sharoitda signal buzilishi, paketlar yo'qolishi va uzatish tezligining pasayishi kuzatiladi. Abonent kirish tarmoqlari turli texnologiyalar asosida quriladi. Mis asosidagi DSL texnologiyalari, optik tolali FTTx yechimlari hamda simsiz kirish tarmoqlari keng qo'llanilmoqda. Har bir texnologiyada signal/shovqin nisbatiga ta'sir etuvchi omillar turlicha bo'lib, ularni chuqur o'rganish va tahlil qilish muhim ahamiyatga ega. Masalan, DSL tarmoqlarida elektromagnit xalaqitlar, liniya uzunligi va kross-tovushlar SNR ni pasaytiruvchi asosiy sabablar bo'lsa, optik tarmoqlarda so'nish, dispersiya va optik shovqinlar muhim rol o'ynaydi. Simsiz abonent kirish tarmoqlarida esa interferensiya, masofa va tashqi muhit sharoitlari signal sifatiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Signal/shovqin nisbatining abonent kirish tarmoqlaridagi ahamiyati faqat texnik jihatlar bilan cheklanib qolmaydi. SNR bevosita foydalanuvchi tajribasiga, ya'ni xizmat sifatiga (QoS) ta'sir ko'rsatadi. Past SNR sharoitida internet tezligining sekinlashuvi, video va ovozli aloqada uzilishlar, kechikishlarning ortishi kabi muammolar yuzaga keladi. Bu esa xizmat ko'rsatuvchi operatorlar uchun mijozlar noroziligiga va

iqtisodiy yo'qotishlarga olib kelishi mumkin. Shu bois zamonaviy abonent kirish tarmoqlarini loyihalash va ekspluatatsiya qilish jarayonida SNR ni nazorat qilish va optimallashtirish ustuvor vazifalardan biri hisoblanadi.

Adabiyotlar taxlili: Abonent kirish tarmoqlarida signal/shovqin nisbatining ta'siri masalasi telekommunikatsiya tizimlari bo'yicha olib borilgan ko'plab ilmiy tadqiqotlar va amaliy ishlarda keng yoritilgan. Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, SNR aloqa kanali sifatini baholashda asosiy mezonlardan biri bo'lib, u uzatish tezligi, xatolik ehtimoli va xizmat sifati bilan bevosita bog'liq hisoblanadi. Klassik aloqa nazariyasiga oid manbalarda signal va shovqin o'rtasidagi nisbatning oshishi kanal sig'imini sezilarli darajada yaxshilashi isbotlangan. Tanenbaum va Wetherall tomonidan yozilgan kompyuter tarmoqlariga oid fundamental asarlarda abonent kirish tarmoqlarining umumiy arxitekturasini va fizik qatlam muammolari yoritilib, signal sifati va shovqinlarning tarmoq ishlashiga ta'siri umumiy nazariy asosda ko'rib chiqilgan. Ushbu manbalarda SNR ning past bo'lishi paketlar yo'qotilishi va qayta uzatishlar sonining ortishiga olib kelishi ta'kidlanadi. Kurose va Rossning ishlarida esa SNR va uzatish tezligi o'rtasidagi bog'liqlik Shannon formulasi asosida tushuntirilgan bo'lib, bu yondashuv keyingi ko'plab tadqiqotlar uchun nazariy asos bo'lib xizmat qilgan. DSL texnologiyalariga bag'ishlangan ilmiy maqolalarda mis asosidagi abonent kirish tarmoqlarida shovqin manbalari batafsil tahlil qilingan. Forouzan va Stallings kabi mualliflar elektromagnit xalaqitlar, kross-tovushlar va liniya uzunligining ortishi SNR ning pasayishiga olib kelishini qayd etadilar. Ularning tadqiqotlarida SNR qiymatining pasayishi natijasida modulyatsiya darajasi pasaytirilishi va natijada foydalanuvchi uchun taqdim etiladigan tezlik kamayishi amaliy misollar bilan ko'rsatilgan. Bu ishlar DSL texnologiyalarida adaptiv uzatish usullarining ahamiyatini asoslab beradi. Optik tolali abonent kirish tarmoqlari bo'yicha olib borilgan adabiyotlarda signal/shovqin nisbatiga ta'sir etuvchi omillar sifatida so'nish, dispersiya va optik kuchaytirgichlardan kelib chiqadigan shovqinlar ko'rib chiqiladi. G. Keiser va boshqa tadqiqotchilar tomonidan yozilgan manbalarda optik tarmoqlarda yuqori SNR ni ta'minlash orqali juda katta uzatish tezliklariga erishish mumkinligi

ta'kidlanadi. Shu bilan birga, optik tizimlarda ham noto'g'ri loyihalash yoki past sifatli komponentlar SNR ning pasayishiga olib kelishi mumkinligi qayd etilgan. Simsiz abonent kirish tarmoqlariga oid ilmiy adabiyotlarda esa SNR masalasi interferensiya va spektrdan foydalanish samaradorligi bilan bog'liq holda o'rganiladi. LTE, Wi-Fi va 5G texnologiyalariga bag'ishlangan tadqiqotlarda signal/shovqin nisbatining pasayishi kechikishlar ortishiga va uzatish tezligining keskin kamayishiga sabab bo'lishi ko'rsatilgan. Bu ishlarda adaptiv modulyatsiya va kodlash mexanizmlari SNR ga moslashish orqali aloqa barqarorligini saqlab qolishi isbotlangan. Umuman olganda, tahlil qilingan adabiyotlar shuni ko'rsatadiki, signal/shovqin nisbati abonent kirish tarmoqlarining barcha turlarida hal qiluvchi omil hisoblanadi. Ilmiy manbalar SNR ni oshirish va nazorat qilish tarmoq unumdorligi hamda xizmat sifati yaxshilanishining asosiy sharti ekanligini bir ovozdan tasdiqlaydi.

Metodologiya: Mazkur tadqiqotda abonent kirish tarmoqlarida signal/shovqin nisbatining (SNR) tarmoq ishlash samaradorligiga ta'sirini o'rganish uchun kompleks va tizimli metodologik yondashuv qo'llanildi. Tadqiqot metodologiyasi nazariy tahlil, modellashtirish, eksperimental kuzatuv va olingan natijalarni taqqoslash bosqichlarini o'z ichiga oladi. Ushbu yondashuv signal/shovqin nisbatining turli kirish texnologiyalaridagi rolini aniq va ishonchli baholash imkonini berdi. Birinchi bosqichda nazariy tahlil usuli qo'llanildi. Bu bosqichda signal/shovqin nisbatining fizik mazmuni, matematik ifodalanishi va aloqa tizimlaridagi ahamiyati ilmiy adabiyotlar asosida o'rganildi. Shannon–Hartley teoremasi asosida SNR va kanal sig'imi o'rtasidagi bog'liqlik tahlil qilindi. Shuningdek, DSL, optik tolali va simsiz abonent kirish tarmoqlarida shovqin manbalari va ularning SNR ga ta'sir mexanizmlari nazariy jihatdan yoritildi. Ushbu bosqich keyingi amaliy tadqiqotlar uchun konseptual asos yaratdi. Ikkinchi bosqichda modellashtirish usulidan foydalanildi. Abonent kirish tarmoqlarining soddalashtirilgan modellarini yaratish orqali turli SNR qiymatlarida tarmoq ishlash holati baholandi. Modellashtirish jarayonida uzatish tezligi, paketlar yo'qotilishi va xatolik ehtimoli kabi asosiy ko'rsatkichlar hisobga olindi. DSL tarmoqlari uchun

liniya uzunligi va elektromagnit xalaqitlar, optik tarmoqlar uchun soʻnish va shovqin, simsiz tarmoqlar uchun interferensiya va masofa omillari alohida parametr sifatida kiritildi. **Natijalar:** Oʻtkazilgan tadqiqotlar va tajribalar natijasida abonent kirish tarmoqlarida signal/shovqin nisbatining (SNR) tarmoq ishlash sifati va uzatish samaradorligiga taʼsiri aniqlandi. Olingan natijalar nazariy tahlil, modellashirish va eksperimental kuzatuvlar orqali oʻzaro tasdiqlandi hamda SNR ning aloqa tizimlarida hal qiluvchi omil ekanligini koʻrsatdi. Nazariy tahlil asosida SNR va kanal sigʻimi oʻrtasida toʻgʻridan-toʻgʻri bogʻliqlik mavjudligi aniqlandi. SNR qiymati oshgani sari uzatish tezligi va kanal ishonchliligi sezilarli darajada yaxshilanishi kuzatildi. Aksincha, SNR ning pasayishi xatolik ehtimolini oshirib, paketlarning qayta uzatilishiga va kechikishlarning koʻpayishiga olib kelishi aniqlandi. Bu holat Shannon–Hartley teoremasi bilan mos kelib, olingan natijalarning nazariy asoslanganligini tasdiqladi. DSL texnologiyalariga asoslangan abonent kirish tarmoqlarida oʻtkazilgan modellashirish natijalari shuni koʻrsatdiki, liniya uzunligi ortishi va elektromagnit xalaqitlarning kuchayishi SNR ning keskin pasayishiga sabab boʻladi. SNR past boʻlgan holatlarda modulyatsiya darajasi avtomatik ravishda kamaytirilib, natijada foydalanuvchiga taqdim etiladigan maʼlumot uzatish tezligi sezilarli darajada tushib ketdi. Shu bilan birga, SNR yetarli darajada yuqori boʻlganda DSL tarmoqlarida barqaror va uzluksiz aloqa taʼminlanishi aniqlandi. Optik tolali abonent kirish tarmoqlarida olingan natijalar ushbu texnologiyaning yuqori SNR qiymatlarini taʼminlash imkoniyatiga ega ekanligini koʻrsatdi. Tadqiqot davomida optik liniyalarda shovqin darajasi nisbatan past boʻlib, signal soʻnishi va dispersiya asosiy cheklovchi omillar sifatida namoyon boʻldi. Toʻgʻri loyihalangan va sifatli optik komponentlardan foydalangan holda juda yuqori uzatish tezliklari va barqaror aloqa taʼminlanishi mumkinligi tasdiqlandi. Bu natijalar optik tarmoqlarning keng polosali xizmatlar uchun eng istiqbolli yechimlardan biri ekanligini koʻrsatadi. Simsiz abonent kirish tarmoqlarida esa SNR ning muhit sharoitlariga yuqori darajada bogʻliqligi kuzatildi. **Xulosa:** Ushbu maqolada abonent kirish tarmoqlarida signal/shovqin nisbatining (SNR) tarmoq ishlash samaradorligiga taʼsiri har tomonlama oʻrganildi. Tadqiqot

natijalari SNR abonent kirish tarmoqlarining asosiy sifat ko'rsatkichlaridan biri ekanligini va u uzatish tezligi, aloqa barqarorligi hamda xizmat sifati (QoS) bilan bevosita bog'liqligini tasdiqladi. Nazariy tahlil, modellashtirish va eksperimental kuzatuvlar orqali olingan xulosalar bir-birini to'ldirib, masalaning dolzarbligini yana bir bor isbotladi.

Tadqiqot davomida aniqlanishicha, mis asosidagi DSL tarmoqlarida elektromagnit xalaqitlar, liniya uzunligi va kross-tovushlar SNR ning pasayishiga asosiy sabab bo'lib, bu holat uzatish tezligining kamayishiga olib keladi. Optik tolali abonent kirish tarmoqlarida esa shovqin darajasi past bo'lishiga qaramay, signal so'nishi va dispersiya SNR ga ta'sir etuvchi muhim omillar hisoblanadi. Simsiz kirish tarmoqlarida esa interferensiya va muhit sharoitlari signal/shovqin nisbatining o'zgaruvchan bo'lishiga sabab bo'lib, doimiy nazorat va moslashuvchan boshqaruvni talab etadi.

Umuman olganda, tadqiqot xulosalari shuni ko'rsatadiki, abonent kirish tarmoqlarini loyihalash va ekspluatatsiya qilish jarayonida SNR ni oshirish va barqaror saqlash ustuvor vazifa bo'lishi lozim. Adaptiv modulyatsiya va kodlash, liniyani optimallashtirish hamda sifatli uskunalardan foydalanish orqali yuqori SNR ga erishish mumkin. Ushbu xulosalar abonent kirish tarmoqlari bo'yicha mutaxassislar, talabalar va tadqiqotchilar uchun ilmiy va amaliy ahamiyatga ega bo'lib, kelgusidagi izlanishlar uchun mustahkam asos yaratadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

- 1) Tanenbaum A. S., Wetherall D. J. *Computer Networks*. 5th ed. Pearson Education, 2011.
- 2) Kurose J. F., Ross K. W. *Computer Networking: A Top-Down Approach*. 7th ed. Pearson, 2017.
- 3) Forouzan B. A. *Data Communications and Networking*. 5th ed. McGraw-Hill, 2013.
- 4) Stallings W. *Data and Computer Communications*. 10th ed. Pearson, 2014.
- 5) Keiser G. *Optical Fiber Communications*. 4th ed. McGraw-Hill, 2010.
- 6) Cisco Networking Academy. *Introduction to Networks*. Cisco Press, 2019.
- 7) Rappaport T. S. *Wireless Communications: Principles and Practice*. Prentice Hall, 2002.
- 8) Proakis J. G., Salehi M. *Digital Communications*. 5th ed. McGraw-Hill, 2008.