

TARMOQLARDA KECHIKISH VA PAKET YO‘QOTISHLARINI SIMULYATSIYALASH

Ilmiy tatqiqotchi: **Mahammadjonov Hayotjon Shuhratjon o‘g‘li**

Nuriddinov Diyorbek Ikromjon o‘g‘li

Ilmiy rahbar: **Maxmudov Isroil Abdullayevich**

Farg‘ona davlat texnika universiteti.

Annotatsiya: Ushbu maqola tarmoqlarda kechikish (latency) va paket yo‘qotishlarini simulyatsiyalashning nazariy va amaliy jihatlarini chuqur tahlil qilishga qaratilgan. Hozirgi kunda telekommunikatsiya tizimlarining samarali ishlashi, Internet xizmatlari va real vaqtda ma’lumot uzatish tizimlarining sifati bevosita kechikish va paket yo‘qotishlariga bog‘liq. Kechikish tarmoqdagi paketlarning manzilga yetib borish vaqtini bildirsa, paket yo‘qotishlari esa ma’lumotning uzatishda butunlay yo‘qolgan qismini anglatadi. Bu ko‘rsatkichlar ayniqsa VoIP, video-konferensiya, onlayn o‘yinlar va boshqa real vaqtda ishlaydigan xizmatlarda muhim ahamiyatga ega, chunki kichik kechikish yoki paket yo‘qolishi xizmat sifatini sezilarli darajada pasaytiradi. Maqolada tarmoq simulyatorlari, xususan NS-3 va Cisco Packet Tracer dasturlari yordamida paket yo‘qotish va kechikish jarayonlari modellashtiriladi. Tadqiqot davomida turli tarmoq topologiyalari, marshrutlash algoritmlari va trafik sharoitlari simulyatsiya qilinib, paketlarning uzatish yo‘nalishi, kechikish darajasi va yo‘qotish ehtimoli o‘lchanadi. Shu bilan birga, tarmoqlardagi xizmatlar sifati (QoS) va trafik intensivligi o‘rganilib, kechikish va paket yo‘qotishining ularning samaradorligiga ta’siri aniqlanadi. Simulyatsiya natijalari shuni ko‘rsatadiki, tarmoqning topologiyasi, marshrutlash protokollari va trafik yuklamasi kechikish va yo‘qotishlarga sezilarli darajada ta’sir qiladi. Masalan, to‘g‘ri marshrutlash algoritmi va balanslangan trafik taqsimoti paket yo‘qotishining kamayishiga va kechikishning minimal bo‘lishiga yordam beradi. Shu bilan birga, yuqori trafik intensivligi va murakkab topologiyalar kechikish va paket yo‘qotishining oshishiga olib keladi. Tadqiqot shuningdek, simulyatsiya yordamida tarmoqdagi muammolarni oldindan aniqlash va optimallashtirish imkoniyatini ko‘rsatadi. Paket yo‘qotish va kechikish ko‘rsatkichlarini

monitoring qilish, tarmoq resurslarini samarali taqsimlash va xizmatlar sifatini yaxshilashga imkon beradi. Ushbu metodlar nafaqat nazariy bilimlarni mustahkamlash, balki real telekommunikatsiya tizimlarini loyihalash va optimallashtirishda ham amaliy ahamiyatga ega.

Kalit soʻzlar: tarmoq, kechikish, paket yoʻqotish, tarmoq simulyatsiyasi, topologiya, trafik, marshrutlash, xizmatlar sifati (QoS), NS-3, Cisco Packet Tracer

Abstract: This article focuses on the theoretical and practical aspects of simulating delay (latency) and packet loss in computer networks. In modern telecommunication systems, the efficiency of networks, quality of Internet services, and real-time data transmission directly depend on latency and packet loss. Latency represents the time it takes for a packet to travel from source to destination, while packet loss indicates the portion of data that is lost during transmission. These metrics are particularly critical for services such as VoIP, video conferencing, online gaming, and other real-time applications, as even minor delays or losses can significantly degrade service quality.

The paper examines the use of network simulators, specifically NS-3 and Cisco Packet Tracer, to model packet routing, delay, and loss processes. During the research, various network topologies, routing algorithms, and traffic conditions were simulated to measure packet transmission paths, latency levels, and the probability of packet loss. Additionally, the study analyzes the impact of network traffic intensity and service types on delay and packet loss metrics. By systematically varying network parameters, the research identifies the key factors that affect network performance and reliability. Simulation results indicate that network topology, routing protocols, and traffic load significantly influence both latency and packet loss. Proper routing algorithms and balanced traffic distribution help reduce packet loss and minimize delays, while high traffic intensity and complex topologies tend to increase both metrics. The study also highlights that simulation-based analysis enables network administrators to predict potential problems and optimize network performance in advance. Monitoring packet loss and latency allows for efficient resource allocation and improves overall service quality.

Furthermore, the research demonstrates the practical applications of network simulation in real-world scenarios.

Keywords (English): network, latency, packet loss, network simulation, topology, traffic, routing, quality of service (QoS), NS-3, Cisco Packet Tracer

Аннотация (Abstract на русском): Данная статья посвящена теоретическим и практическим аспектам моделирования задержки (latency) и потерь пакетов в компьютерных сетях. В современных телекоммуникационных системах эффективность работы сетей, качество интернет-услуг и передача данных в реальном времени напрямую зависят от задержки и потерь пакетов. Задержка отражает время, необходимое для передачи пакета от источника к получателю, а потери пакетов показывают долю данных, потерянных во время передачи. Эти показатели особенно критичны для таких сервисов, как VoIP, видеоконференции, онлайн-игры и других приложений реального времени, так как даже небольшие задержки или потери могут значительно ухудшить качество обслуживания. В статье рассматривается использование сетевых симуляторов, в частности NS-3 и Cisco Packet Tracer, для моделирования маршрутизации пакетов, процессов задержки и потерь. В ходе исследования моделировались различные топологии сети, алгоритмы маршрутизации и условия трафика, что позволило измерить маршруты передачи пакетов, уровень задержек и вероятность потери пакетов. Кроме того, анализируется влияние интенсивности трафика и типов сервисов на показатели задержки и потерь. Систематическое изменение параметров сети позволяет выявить ключевые факторы, влияющие на производительность и надежность сети. Результаты моделирования показывают, что топология сети, протоколы маршрутизации и нагрузка трафика существенно влияют на задержку и потери пакетов. Правильный выбор алгоритмов маршрутизации и равномерное распределение трафика помогают снизить потери пакетов и минимизировать задержки, тогда как высокая интенсивность трафика и сложные топологии приводят к увеличению этих показателей. Исследование также демонстрирует, что анализ с помощью моделирования позволяет предсказывать потенциальные проблемы сети и оптимизировать её работу заранее. Мониторинг

потерь пакетов и задержки обеспечивает эффективное распределение ресурсов и повышает качество обслуживания. Более того, исследование показывает практическое применение методов симуляции в реальных сетевых условиях.

Ключевые слова (Russian): сеть, задержка, потеря пакетов, моделирование сети, топология, трафик, маршрутизация, качество обслуживания (QoS), NS-3, Cisco Packet Tracer

Kirish: Zamonaviy telekommunikatsiya tizimlari va kompyuter tarmoqlari tobora murakkablashib, yuqori tezlikda ma'lumot uzatish va real vaqtda xizmatlarni ta'minlash talablariga javob berishi kerak. Shu sababli, tarmoqning samaradorligini baholash va optimallashtirish muhim ilmiy va amaliy vazifa sifatida ko'riladi. Tarmoqning samaradorligi ko'plab omillarga bog'liq bo'lib, ularning eng muhimlari kechikish (latency) va paket yo'qotishidir. Kechikish — paketning manzilga yetib borish vaqti, paket yo'qotish esa uzatilgan ma'lumotning yo'qolgan qismini bildiradi. Bu ko'rsatkichlar, ayniqsa, VoIP, video-konferensiya, onlayn o'yinlar, striming xizmatlari va boshqa real vaqtda ishlaydigan ilovalarda xizmat sifatini belgilashda muhim ahamiyatga ega. Tarmoqlarda kechikish va paket yo'qotishining o'rganilishi nafaqat tarmoq samaradorligini baholash, balki tarmoq dizayni va optimallashtirishda ham asosiy vazifalarni bajaradi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, kechikish va paket yo'qotish tarmoq topologiyasi, trafik intensivligi, marshrutlash algoritmlari va qurilmalar ishlash qobiliyati bilan chambarchas bog'liq. Masalan, murakkab topologiyali va yuqori trafik yuklamasiga ega tarmoqlarda kechikish va yo'qotish ko'rsatkichlari sezilarli darajada oshadi. Shu bilan birga, samarali marshrutlash algoritmlari va trafikni balanslash orqali paket yo'qotish va kechikishni kamaytirish mumkin. Tarmoq simulyatsiyasi — bu kechikish va paket yo'qotish jarayonlarini modellashtirish va tahlil qilishning eng samarali usullaridan biridir. Simulyatsiya yordamida turli tarmoq topologiyalari, trafik sharoitlari, marshrutlash algoritmlari va xizmatlar (VoIP, video, ma'lumot uzatish) sharoitida paketlarning uzatilishi, kechikishi va yo'qolishi nazorat qilinadi. Bu usul real tarmoqni qurmasdan oldindan tahlil qilish va muammolarni aniqlash imkonini beradi. Shuningdek, simulyatsiya tarmoq dizayni va optimallashtirish bo'yicha qarorlar qabul qilishda samarali vosita

hisoblanadi. NS-3 va Cisco Packet Tracer kabi simulyatorlar tarmoq tadqiqotlari va amaliyotda keng qo'llaniladi. NS-3 yuqori aniqlikdagi tarmoq modellarini yaratishga imkon berib, paket yo'qotish, kechikish, trafik va marshrutlash jarayonlarini batafsil tahlil qilish imkonini beradi. Cisco Packet Tracer esa o'quv jarayonida va kichik amaliy tarmoqlarda paket uzatish va kechikish jarayonlarini vizual tarzda ko'rsatadi. Ushbu dasturlar yordamida turli topologiyalar — yulduzcha, to'r, daraxt va aralash topologiyalar sinovdan o'tkaziladi. Shu bilan birga, trafikning intensivligi, paket hajmi va xizmat turi o'zgartiriladi va kechikish hamda paket yo'qotish ko'rsatkichlari baholanadi. Tadqiqot shuni ko'rsatadiki, kechikish va paket yo'qotish ko'rsatkichlarini o'lchash orqali tarmoqning samaradorligi va xizmatlar sifati baholanadi. Yuqori kechikish va paket yo'qotish foydalanuvchi tajribasini pasaytiradi va xizmat sifatini tushiradi. Shu bois, tarmoq administratorlari va dizaynerlari kechikish va yo'qotishni kamaytirish uchun optimallashtirish strategiyalarini ishlab chiqishlari zarur. Masalan, trafikni balanslash, marshrutlash algoritmlarini optimallashtirish, kechikishni kamaytiruvchi texnologiyalarni qo'llash va tarmoq resurslarini samarali taqsimlash muhim rol o'ynaydi.

Adabiyotlar taxlili: Tarmoqlarda kechikish va paket yo'qotishlarini o'rganish bilan bog'liq ilmiy manbalar tarmoqning samaradorligi va xizmatlar sifati bo'yicha keng qamrovli tadqiqotlarni o'z ichiga oladi. Tanenbaum va Wetherall (2013) asarlarida tarmoqlar arxitekturasini va paket uzatish jarayonlari batafsil yoritilgan bo'lib, kechikish va paket yo'qotishining tarmoq topologiyasi, marshrutlash protokollari va trafik intensivligi bilan bevosita bog'liqligi ko'rsatilgan. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, to'g'ri topologiya va samarali marshrutlash algoritmlari tarmoq kechikishi va paket yo'qotishini kamaytirishda muhim rol o'ynaydi. Forouzan (2012) va Kurose & Ross (2017) asarlarida tarmoq performansini o'lchash metodlari va QoS (Quality of Service) ko'rsatkichlari batafsil tahlil qilingan. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, tarmoqdagi kechikish va paket yo'qotish darajasi trafik turi va xizmat xususiyatlariga bog'liq. Masalan, real vaqtda ishlaydigan xizmatlar, jumladan VoIP va video-konferensiya, past kechikish va minimal paket yo'qotishni talab qiladi, shu bilan birga fayl uzatish kabi xizmatlarda bu ko'rsatkichlar nisbatan kamroq ahamiyatga ega. QoS parametrlarini tahlil qilish tarmoqni optimallashtirish va xizmatlar sifatini oshirish uchun muhim vosita hisoblanadi. NS-3 va

Cisco Packet Tracer simulyatorlari tarmoq tadqiqotlarida keng qo'llaniladi. NS-3 yordamida murakkab tarmoq topologiyalari va trafik sharoitlarini simulyatsiya qilish orqali paketlarning kechikishi, yo'qolishi va marshrutlash jarayonlari tahlil qilinadi. Shu bilan birga, Cisco Packet Tracer o'quv jarayonida vizual tarmoq modellashtirish imkoniyatini beradi, bu esa talabalar va mutaxassislar uchun tarmoq jarayonlarini tushunishda qulay vosita hisoblanadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, simulyatsiya orqali real tarmoqni qurmasdan turib, potentsial muammolarni aniqlash va optimallashtirish mumkin. Shuningdek, Proakis va Manolakis (2007) raqamli tarmoqlarda paket uzatish va kechikish tahlilini matematik model yordamida yoritadilar.

Metodologiya: Ushbu tadqiqot tarmoqlarda kechikish va paket yo'qotishlarini simulyatsiyalash va tahlil qilish metodlariga qaratilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi — turli tarmoq topologiyalari, trafik sharoitlari va marshrutlash algoritmlari ta'sirida paket uzatish samaradorligi va kechikish ko'rsatkichlarini aniqlash, shuningdek xizmatlar sifatini (QoS) optimallashtirishga imkon beradigan metodlarni o'rganish. Tadqiqot metodologiyasi uch asosiy bosqichga bo'lingan: nazariy asoslar, raqamli simulyatsiya va eksperimental tekshirish. Birinchi bosqichda tarmoq kechikishi va paket yo'qotishining nazariy asoslari o'rganildi. Kechikish tarmoqdagi paketlarning manzilga yetib borish vaqti sifatida aniqlanadi, paket yo'qotish esa ma'lumotning uzatishda yo'qolgan qismini bildiradi. Nazariy tahlil davomida turli tarmoq topologiyalari — yulduzcha, daraxt, to'r va aralash topologiyalar — va ularning trafik uzatishdagi samaradorligi o'rganildi. Shu bilan birga, marshrutlash algoritmlari (RIP, OSPF, EIGRP) va ularning kechikish va paket yo'qotishga ta'siri tahlil qilindi. Ikkinchi bosqich raqamli simulyatsiya asosida amalga oshirildi. NS-3 va Cisco Packet Tracer simulyatorlari yordamida turli tarmoq sharoitlari modellashtirildi. Tadqiqot davomida turli xizmatlar (VoIP, video, ma'lumot uzatish) uchun trafikni yaratish va paketlar uzatilishini kuzatish imkoniyati yaratildi. NS-3 yordamida murakkab tarmoq topologiyalari va trafik sharoitlari simulyatsiya qilinib, paket yo'qotish ehtimoli, kechikish darajasi va marshrutlash samaradorligi aniqlandi. Cisco Packet Tracer esa o'quv jarayonida vizual tarmoq modellashtirish imkonini beradi, bu esa talabalar va mutaxassislar uchun paket uzatish va kechikish jarayonlarini tushunishni osonlashtiradi. Simulyatsiya jarayonida turli parametrlar o'zgartirildi: trafik intensivligi, paket hajmi,

xizmat turi va topologiya turi. Har bir parametr o'zgartirilganda, kechikish va paket yo'qotish ko'rsatkichlari qayd etildi.

Natijalar: Tadqiqot davomida turli tarmoq topologiyalari, trafik sharoitlari va marshrutlash algoritmlari ostida kechikish va paket yo'qotishlarini simulyatsiya qilish orqali tarmoq samaradorligi baholandi. Eksperimental va simulyatsiya natijalari shuni ko'rsatdiki, tarmoq topologiyasi kechikish va paket yo'qotishga sezilarli ta'sir qiladi. Masalan, yulduzcha topologiyadagi tarmoqda markaziy tugun yuklamaga sezgir bo'lib, trafik intensivligi oshganda kechikish va yo'qotish ko'rsatkichlari oshadi. To'r va aralash topologiyalarda esa paketlar bir nechta yo'nalish orqali uzatilishi tufayli kechikish sezilarli darajada kamayadi va yo'qotish ehtimoli past bo'ladi. Simulyatsiya natijalari shuni ko'rsatadiki, trafik intensivligi kechikish va paket yo'qotish darajasiga bevosita ta'sir qiladi. Yuqori trafik yuklamasida paketlar navbati ortadi, marshrutlash algoritmlari optimal ishlamasa, bu kechikishning oshishiga va paket yo'qotilishining ko'payishiga olib keladi. Masalan, VoIP va video-trafikda kechikish 150 ms dan oshmasligi kerak, ammo yuqori trafik sharoitida bu ko'rsatkich 200–250 ms gacha yetishi mumkin. Shu bilan birga, paket yo'qotish darajasi ham trafik intensivligi bilan oshadi, bu esa xizmatlar sifatini sezilarli darajada pasaytiradi. Marshrutlash algoritmlari natijalarga katta ta'sir ko'rsatadi. OSPF va EIGRP kabi dinamik marshrutlash protokollari paketlarni optimal yo'nalish orqali yuboradi va kechikishni kamaytiradi. RIP kabi oddiy algoritmlar esa murakkab topologiyalarda kechikishni oshiradi va paket yo'qotish ehtimolini ko'paytiradi. Shu sababli, tarmoq samaradorligini oshirishda marshrutlash algoritmlarining to'g'ri tanlovi muhim ahamiyatga ega. QoS parametrlarini tahlil qilish natijalari shuni ko'rsatadiki, prioritetlangan trafikni boshqarish orqali kechikish va paket yo'qotishni sezilarli darajada kamaytirish mumkin.

Xulosa: Ushbu tadqiqot tarmoqlarda kechikish va paket yo'qotishlarini simulyatsiyalashning nazariy va amaliy jihatlarini o'rganishga qaratildi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, tarmoq topologiyasi, trafik intensivligi va marshrutlash algoritmlari kechikish va paket yo'qotish ko'rsatkichlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Yulduzcha, daraxt va to'r topologiyalarining o'ziga xos xususiyatlari mavjud bo'lib, optimal topologiya va

marshrutlash algoritmi tanlovi kechikish va paket yo‘qotishni kamaytirishda muhim rol o‘ynaydi. Simulyatsiya va eksperimental natijalar shuni ko‘rsatdiki, yuqori trafik yuklamasi kechikish va paket yo‘qotishni oshiradi, shuningdek, xizmatlar sifati (QoS) past bo‘lishiga olib keladi. Shu sababli, trafikni boshqarish, paketlarga prioritet berish va marshrutlash algoritmlarini optimallashtirish tarmoq samaradorligini oshirish uchun muhim chora hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

- 1) Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. **Computer Networks** – Prentice Hall, 2013.
- 2) Kurose, J., & Ross, K. **Computer Networking: A Top-Down Approach** – Pearson, 2017.
- 3) Forouzan, B. **Data Communications and Networking** – McGraw-Hill, 2012.
- 4) Proakis, J. G., & Manolakis, D. G. **Digital Signal Processing: Principles, Algorithms, and Applications** – Prentice Hall, 2007.
- 5) Mitra, S. K. **Digital Signal Processing: A Computer-Based Approach** – McGraw-Hill, 2011.
- 6) Stallings, W. **High-Speed Networks and Internets: Performance and Quality of Service** – Pearson, 2016.
- 7) Smith, S. W. **The Scientist and Engineer’s Guide to Digital Signal Processing** – California Technical Publishing, 1997.