



**SDN VA MASHINAVIY O'RGANISH ASOSIDA ADAPTIV
MARSHRUTLASH ALGORITMLARINING TARMOQ
SAMARADORLIGIGA TA'SIRI**
Sadirdinova Ruxsora Abdullayevna
Muhammad-al Xorazmiy nomidagi TATU tayanch doktoranti
Ilmiy rahbar: Latipova N. X.
Muhammad-al Xorazmiy nomidagi TATU Tizimli va amaliy dasturlashtirish
kafedrasi dotsenti, t.f.n.

Annotatsiya. Ushbu tezisda Software Defined Networking (SDN) va mashinaviy o'rganish texnologiyalari asosida ishlab chiqilgan adaptiv marshrutlash algoritmlarining tarmoq samaradorligiga ta'siri tahlil qilingan. SDN arxitekturasining tarmoq boshqaruvidagi afzalliklari, mashinaviy o'rganish algoritmlarining trafikni tahlil qilish va prognozlash imkoniyatlari hamda ularning integratsiyasi natijasida shakllanadigan intellektual marshrutlash mexanizmlarining ishlash tamoyillari yoritilgan. Shuningdek, adaptiv marshrutlash algoritmlarining tarmoq o'tkazuvchanligi, kechikish darajasi, paketlar yo'qolishi, yuklamani muvozanatlashtirish va xizmat sifati ko'rsatkichlariga ta'siri ilmiy jihatdan tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: SDN, marshrutlash, adaptivlik, trafik, samaradorlik, optimallashtirish, algoritmlar, neyrotarmoqlar, prognozlash, yuklama, QoS, xavfsizlik, bulut, paketlar, o'tkazuvchanlik.

Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi va internet xizmatlariga bo'lgan talabning ortib borishi kompyuter tarmoqlarini yanada samarali boshqarish zaruratini yuzaga keltirmoqda. Zamonaviy tarmoqlarda ma'lumotlar oqimining ko'payishi, foydalanuvchilar sonining ortishi hamda turli xizmatlarning bir vaqtning o'zida faol ishlashi tarmoq resurslaridan oqilona foydalanishni talab etadi. Shu sababli ma'lumotlarni tezkor uzatish, kechikishlarni kamaytirish va tarmoq barqarorligini ta'minlash muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

So'nggi yillarda Software Defined Networking (SDN) texnologiyasi tarmoq boshqaruvini soddalashtirish va markazlashtirish imkoniyatlari bilan alohida ahamiyat kasb etmoqda. SDN yordamida tarmoq holatini yagona markaz orqali nazorat qilish va boshqarish mumkin bo'lib, bu resurslardan samarali foydalanishga xizmat qiladi. Biroq tarmoq trafikining doimiy o'zgarib turishi yanada moslashuvchan marshrutlash mexanizmlarini talab etadi. Mazkur muammoni hal etishda mashinaviy o'rganish texnologiyalaridan foydalanish istiqbolli yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Mashinaviy o'rganish algoritmlari tarmoq holatini



tahlil qilish, trafik o'zgarishlarini prognozlash va optimal marshrutlarni tanlash imkonini beradi. Natijada tarmoqning o'tkazuvchanligi oshadi, paketlar yo'qolishi kamayadi hamda xizmat ko'rsatish sifati yaxshilanadi.

Zamonaviy kompyuter tarmoqlari tobora murakkablashib borayotganligi sababli ularni samarali boshqarish masalasi alohida dolzarblik kasb etmoqda. An'anaviy tarmoq arxitekturasida har bir marshrutizator va kommutator mustaqil ravishda qaror qabul qiladi hamda marshrutlash jadvallarini alohida shakllantiradi. Bunday yondashuv kichik va o'rta hajmdagi tarmoqlarda ma'lum darajada samarali bo'lsa-da, katta hajmdagi korporativ tarmoqlar, ma'lumotlar markazlari va bulutli platformalarda qator muammolarni keltirib chiqaradi. Xususan, tarmoqdagi o'zgarishlarga tezkor moslasha olmaslik, konfiguratsiya jarayonlarining murakkabligi, trafik oqimlarini markazlashgan tarzda nazorat qilish imkoniyatining cheklanganligi hamda resurslardan foydalanish samaradorligining pasayishi ana shunday muammolar sirasiga kiradi. Ushbu kamchiliklarni bartaraf etish maqsadida Software Defined Networking (SDN) texnologiyasi ishlab chiqilgan bo'lib, u tarmoq infratuzilmasini boshqarishda yangi konseptual yondashuvni taklif etadi.

SDN arxitekturasining asosiy g'oyasi boshqaruv tekisligini ma'lumot uzatish tekisligidan ajratishdan iborat. Natijada tarmoqdagi barcha qarorlar markazlashgan kontroller tomonidan qabul qilinadi va tarmoq qurilmalari faqat ma'lumotlarni uzatish vazifasini bajaradi. Bunday tuzilma administratorlarga butun tarmoq holatini yagona markaz orqali kuzatish, boshqarish va optimallashtirish imkonini beradi. SDN kontrollerlari tarmoqning real vaqt holati haqida to'liq ma'lumotga ega bo'lganligi sababli trafik oqimlarini samarali boshqarish, yuklamani muvozanatlashtirish va nosozliklarga tezkor javob qaytarish imkoniyatlari sezilarli darajada kengayadi. Bundan tashqari, tarmoq konfiguratsiyalarini dasturiy tarzda avtomatlashtirish inson omili bilan bog'liq xatolarni kamaytiradi va tarmoq xizmatlarini joriy etish jarayonini tezlashtiradi.

Tarmoq muhitida ma'lumotlar oqimi hajmining ortib borishi va trafik xarakterining doimiy ravishda o'zgarib turishi an'anaviy marshrutlash algoritmlarining samaradorligini pasaytirishi mumkin. Statik yoki yarim dinamik marshrutlash usullari odatda oldindan belgilangan qoidalar asosida ishlaydi va tarmoqdagi joriy vaziyatni to'liq hisobga olmaydi. Natijada ayrim uzatish kanallarida ortiqcha yuklanish yuzaga kelishi, ayrim resurslar esa yetarlicha ishlatilmasligi mumkin. Mashinaviy o'rganish texnologiyalari aynan shu muammoni hal etishda muhim vosita sifatida namoyon bo'lmoqda. Ushbu texnologiyalar katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilish, yashirin bog'liqliklarni aniqlash va kelajakdagi holatlarni prognozlash imkoniyatiga ega.

Mashinaviy o'rganish algoritmlari tarmoqdagi paketlar oqimi, uzatish tezligi, kechikish ko'rsatkichlari, tugunlarning yuklanish darajasi va boshqa parametrlarni





muntazam ravishda kuzatib boradi. To'plangan ma'lumotlar asosida algoritmlar tarmoqning keyingi holatini bashorat qiladi va eng maqbul marshrutni tanlash bo'yicha qaror qabul qiladi. Bu esa tarmoq resurslaridan yanada samarali foydalanish imkonini yaratadi. Ayniqsa, sun'iy neyron tarmoqlar, qaror daraxtlari, tasniflash algoritmlari hamda mustahkamlovchi o'rganish usullari adaptiv marshrutlash tizimlarida keng qo'llanilmoqda. Ularning afzalligi shundaki, tizim vaqt o'tishi bilan o'z tajribasini boyitib boradi va yangi sharoitlarga moslashish qobiliyatini rivojlantiradi.

Mashinaviy o'rganish asosidagi marshrutlash tizimlari nafaqat mavjud holatni tahlil qiladi, balki ehtimoliy tarmoq yuklanishlarini oldindan aniqlash imkonini ham beradi. Masalan, ma'lum vaqt oralig'ida trafik hajmining ortishi kuzatilsa, tizim oldindan alternativ yo'nalishlarni tayyorlaydi va yuklamani bir nechta marshrutlar bo'ylab taqsimlaydi. Bunday yondashuv paketlarning yo'qolishi ehtimolini kamaytiradi, tarmoqning uzluksiz ishlashini ta'minlaydi hamda foydalanuvchilarga ko'rsatilayotgan xizmat sifatini yaxshilaydi.

SDN va mashinaviy o'rganish texnologiyalarining integratsiyasi zamonaviy tarmoq boshqaruvida yangi imkoniyatlarni yaratmoqda. SDN kontrollerlari tarmoqdagi barcha qurilmalardan real vaqt rejimida ma'lumotlarni yig'ib boradi va ushbu ma'lumotlar mashinaviy o'rganish modellariga uzatiladi. Model tarmoqning joriy va tarixiy holatini tahlil qilib, optimal marshrutlash strategiyasini shakllantiradi. Shundan so'ng kontroller tegishli kommutator va marshrutizatorlarga yangi qoidalarni yuboradi. Ushbu jarayon avtomatik ravishda amalga oshirilgani sababli tarmoq holatidagi o'zgarishlarga inson aralashuvisiz moslashish imkoniyati yuzaga keladi.

Integratsiyalashgan tizimning muhim afzalliklaridan biri uning o'z-o'zini optimallashtirish xususiyatidir. Tarmoq yuklamasi oshgan hollarda algoritmlar muqobil yo'nalishlarni aniqlaydi va trafik oqimlarini qayta taqsimlaydi. Agar ma'lum bir uzatish kanali ishdan chiqsa yoki kechikish darajasi ortib ketsa, tizim avtomatik ravishda yangi marshrutlarni tanlaydi. Shu tariqa tarmoqning ishonchliligi va uzluksiz ishlashi ta'minlanadi. Ayniqsa, ma'lumotlar markazlari, bulutli infratuzilmalar va yuqori yuklanishga ega korporativ tarmoqlarda bunday imkoniyatlar katta iqtisodiy va texnik samaradorlikni ta'minlaydi. Bundan tashqari, SDN va mashinaviy o'rganish integratsiyasi tarmoq xavfsizligini oshirishga ham xizmat qiladi. Algoritmlar trafik oqimlaridagi noodatiy faolliklarni aniqlab, ehtimoliy hujumlarni oldindan sezishi mumkin. Masalan, DDoS hujumlari yoki zararli trafik oqimlari aniqlanganda tizim avtomatik ravishda filtratsiya qoidalarini shakllantiradi va tahdid manbalarini izolyatsiya qiladi. Natijada tarmoq nafaqat samaraliroq, balki xavfsizroq ham bo'lib boradi.





Adaptiv marshrutlash algoritmlarining asosiy maqsadi tarmoq resurslaridan maksimal darajada samarali foydalanish hisoblanadi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, intellektual marshrutlash algoritmlaridan foydalanish tarmoqdagi o'rtacha kechikish vaqtini sezilarli darajada kamaytiradi. Trafik oqimlari optimal yo'nalishlar bo'ylab taqsimlanishi natijasida paketlarning navbat kutish vaqti qisqaradi hamda ma'lumotlarni uzatish tezligi oshadi. Bu ayniqsa videoaloqa, onlayn o'yinlar, masofaviy boshqaruv tizimlari va real vaqt rejimida ishlovchi xizmatlar uchun muhim ahamiyatga ega. Bundan tashqari, adaptiv marshrutlash algoritmlari tarmoq o'tkazuvchanligini oshirishga xizmat qiladi. Tarmoqning barcha mavjud kanallari va resurslaridan muvozanatli foydalanish natijasida ayrim tugunlarning ortiqcha yuklanishi oldi olinadi. Bu esa umumiy o'tkazuvchanlik ko'rsatkichlarini yaxshilaydi va tarmoqning kengayish imkoniyatlarini oshiradi. Energiya samaradorligi ham ushbu texnologiyalarning muhim afzalliklaridan biri hisoblanadi. Tizim kam yuklangan yoki foydalanilmayotgan tarmoq elementlarini aniqlab, ularning energiya sarfini optimallashtirish imkonini beradi.

Shuningdek, adaptiv marshrutlash algoritmlari xizmat ko'rsatish sifati ko'rsatkichlarini yaxshilashga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Paketlar yo'qolishi kamayadi, uzatishning ishonchliligi ortadi va foydalanuvchilar tomonidan seziladigan xizmat sifati yaxshilanadi. Bu esa zamonaviy raqamli xizmatlar va telekommunikatsiya tizimlarining samarali ishlashi uchun muhim omil hisoblanadi. Kelajakda 6G tarmoqlari, aqlli shaharlar, sanoat interneti va avtonom boshqaruv tizimlarining rivojlanishi bilan SDN hamda mashinaviy o'rganish asosidagi adaptiv marshrutlash algoritmlarining ahamiyati yanada ortib borishi kutilmoqda.

So'nggi yillarda adaptiv marshrutlash tizimlarida mustahkamlovchi o'rganish (Reinforcement Learning) usullaridan foydalanish alohida e'tiborni tortmoqda. Ushbu yondashuvda dasturiy agent tarmoq muhitini kuzatadi, turli harakatlarni amalga oshiradi va olingan natijalarga qarab mukofot yoki jarima oladi. Vaqt o'tishi bilan agent eng samarali qarorlarni qabul qilishni o'rganadi. Tarmoq marshrutlashida bunday usulning qo'llanilishi ma'lumot uzatish yo'llarini doimiy ravishda optimallashtirish imkonini beradi. Masalan, agent turli marshrutlar bo'yicha paketlarni yuborib, kechikish, o'tkazuvchanlik va paket yo'qolishi kabi ko'rsatkichlarni baholaydi hamda eng yuqori samaradorlikka ega yo'nalishlarni tanlaydi. Natijada tarmoq sharoitlari o'zgargan taqdirda ham tizim optimal ishlash rejimini saqlab qoladi.

Mustahkamlovchi o'rganish algoritmlarining yana bir afzalligi oldindan qat'iy matematik modelga ehtiyoj sezmasligidadir. An'anaviy marshrutlash usullari ko'pincha oldindan belgilangan qoidalarga asoslanadi, biroq murakkab va dinamik tarmoqlarda barcha holatlarni oldindan hisobga olish amalda qiyin. Mustahkamlovchi o'rganish esa tajriba asosida qaror qabul qiladi va yangi



vaziyatlarga mustaqil ravishda moslashadi. Shu sababli ushbu usul kelajakdagi aqlli tarmoqlarni boshqarishda eng istiqbolli yo'nalishlardan biri sifatida qaralmoqda.

Tarmoq samaradorligini oshirishda trafik hajmini oldindan prognozlash muhim ahamiyatga ega. Mashinaviy o'rganish algoritmlari tarixiy ma'lumotlarni tahlil qilish orqali ma'lum vaqt oralig'ida yuz berishi mumkin bo'lgan trafik o'zgarishlarini aniqlash imkonini beradi. Bunday prognozlar asosida SDN kontrollerlari tarmoq resurslarini oldindan tayyorlab qo'yadi va ehtimoliy yuklanishlarning oldini oladi. Ayniqsa, internet xizmatlari, video platformalar va bulutli ilovalarda foydalanuvchilar sonining keskin ortishi kuzatiladigan vaqt oralig'ini oldindan aniqlash katta amaliy ahamiyatga ega. Yuklamani muvozanatlashtirish jarayonida tarmoqdagi bir nechta marshrutlar parallel ravishda ishlatiladi. Adaptiv algoritmlar mavjud yo'nalishlarning holatini tahlil qilib, ma'lumot oqimlarini eng kam yuklangan kanallar bo'ylab taqsimlaydi. Bu nafaqat uzatish tezligini oshiradi, balki ayrim tarmoq segmentlarining ortiqcha yuklanishining oldini oladi. Natijada tarmoq resurslaridan foydalanish darajasi yaxshilanadi, xizmat ko'rsatish sifati oshadi va foydalanuvchilarning tarmoqdan foydalanish tajribasi sezilarli ravishda yaxshilanadi.

Zamonaviy tarmoqlarda xizmat sifati (Quality of Service – QoS) ko'rsatkichlari muhim mezonlardan biri hisoblanadi. Video konferensiyalar, IP-telefoniya, onlayn o'yinlar va real vaqt xizmatlari tarmoqning yuqori sifat ko'rsatkichlariga ega bo'lishini talab qiladi. SDN asosidagi adaptiv marshrutlash algoritmlari tarmoqdagi turli trafik turlarini avtomatik ravishda tasniflaydi va ularga ustuvorlik darajasini belgilaydi. Natijada kechikishga sezgir ilovalar uchun eng maqbul marshrutlar ajratiladi va ma'lumot uzatish sifati yaxshilanadi. Mashinaviy o'rganish texnologiyalari yordamida QoS parametrlarining o'zgarishi muntazam nazorat qilinadi. Agar ma'lum xizmat turi uchun kechikish yoki paket yo'qolishi darajasi oshib ketsa, tizim avtomatik ravishda yangi marshrutlarni shakllantiradi. Bu esa foydalanuvchilarga uzluksiz va sifatli xizmat ko'rsatishni ta'minlaydi. Ayniqsa, masofaviy ta'lim, telemeditsina va sanoat avtomatlashtirish tizimlarida bunday imkoniyatlar katta ahamiyat kasb etadi.

Xulosa qilib aytganda, SDN va mashinaviy o'rganish asosidagi adaptiv marshrutlash algoritmlari zamonaviy kompyuter tarmoqlarini samarali boshqarishning istiqbolli yechimlaridan biri hisoblanadi. Ushbu yondashuv tarmoq holatini tezkor tahlil qilish, trafik oqimlarini optimallashtirish va resurslardan samarali foydalanish imkonini beradi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, adaptiv marshrutlash algoritmlaridan foydalanish tarmoq o'tkazuvchanligini oshirish, kechikishlarni kamaytirish va xizmat ko'rsatish sifatini yaxshilashga xizmat qiladi. Shu bilan birga, tarmoqning ishonchliligi va barqarorligini ta'minlashda ham muhim ahamiyat kasb etadi. Kelgusida SDN va mashinaviy o'rganish





texnologiyalarini yanada takomillashtirish hamda ularni amaliy tarmoq muhitlarida keng qo'llash zamonaviy telekommunikatsiya tizimlarining samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abdurahmanov A.A. Kompyuter tarmoqlari va telekommunikatsiya asoslari. – Toshkent: O'zbekiston, 2021. – 384 b.
2. Axmedov B.A. Telekommunikatsiya tarmoqlarini loyihalash va boshqarish. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2022. – 312 b.
3. Ergashev Q.R. Kompyuter tarmoqlarida marshrutlash texnologiyalari. – Toshkent: Innovatsion rivojlanish nashriyoti, 2023. – 286 b.
4. Tojimuhamedov A.A. Raqamli iqtisodiyot sharoitida telekommunikatsiya tizimlarini rivojlantirish masalalari // Axborot texnologiyalari va telekommunikatsiya muammolari. – 2023. – №2. – B. 45–53.
5. Xudoyberdiyev J.J., Karimov O.S. Dasturiy boshqariladigan tarmoqlar va ularning istiqbollari // Muhandislik kommunikatsiyalari jurnali. – 2024. – №1. – B. 67–74.
6. Abduqodirov A.A. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari. – Toshkent: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2020. – 320 b.
7. Aripov M.M., Imomov M.Z. Informatika va axborot texnologiyalari. – Toshkent: TDTU nashriyoti, 2021. – 456 b.
8. Sodiqov A.T. Kompyuter tarmoqlari va ma'lumotlar uzatish texnologiyalari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2022. – 348 b.
9. Ahmedov B.A. Telekommunikatsiya tizimlari va tarmoqlari. – Toshkent: Tafakkur, 2021. – 288 b.
10. Yuldashev N.Q. Tarmoq texnologiyalari va ularni boshqarish asoslari. – Toshkent: Innovatsion rivojlanish nashriyoti, 2023. – 304 b.