Qabul qilindi: 24-noyabr 2026-yil • Ma’qullandi: 26-noyabr 2026-yil • Nashr qilindi: 28-noyabr 2026-yil

DASTURIY TA’MINOT BILAN BOSHQARILADIGAN TARMOQLAR (SDN) ASOSIDA KO‘P BULUTLI (MULTI-CLOUD) MUHITLARDA TRAFIKNI INTELLEKTUAL MARSHRUTLASH

Nosirjonov O‘tkirjon Muhammadjon o‘g‘li
Farg‘ona davlat texnika universiteti, talaba
E-mail: otkirjonnosirjononov279@gmail.com
Dalibekov Lochinbek Rustambekovich
Farg‘ona davlat texnika universiteti, katta o‘qituvchi
E-mail: dalibekov86@gmail.com



Annotatsiya: Maqolada dasturiy ta’minot bilan boshqariladigan tarmoqlar (SDN) asosida ko‘p bulutli muhitlarda trafikni intellektual marshrutlash yondashuvi tahlil qilingan. Markazlashgan kontroller, tarmoq telemetriyasi va mashinaviy o‘qitish vositalarini birlashtirgan arxitektura hamda kechikish, paketlar yo‘qotilishi va narxni hisobga oluvchi ko‘p mezonli marshrut tanlash modeli taklif etilgan. Natijalar bulut xizmatlarining uzluksizligini oshirishda va raqamli xizmatlarni, jumladan madaniy meros va turizm platformalarini, bir necha bulutda joylashtirishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: SDN, multi-cloud, marshrutlash, trafik muhandisligi, sun’iy intellekt, SD-WAN, OpenFlow.

KIRISH

Zamonaviy axborot xizmatlari tobora ko‘proq bir nechta bulut provayderi (AWS, Azure, Google Cloud va boshqalar) resurslaridan birgalikda foydalanishga o‘tmoqda. Ko‘p bulutli yondashuv provayderga qaramlikni kamaytiradi va chidamlilikni oshiradi, biroq bulutlar orasidagi trafikni boshqarishni murakkablashtiradi: kanal sifati o‘zgaruvchan, narx tariflari turlicha, xizmat darajasi kelishuvlari (SLA) esa qat’iy. Klassik marshrutlash protokollari har bir qurilmada taqsimlangan qaror qabul qiladi va butun tarmoq holatini hisobga olmaydi.

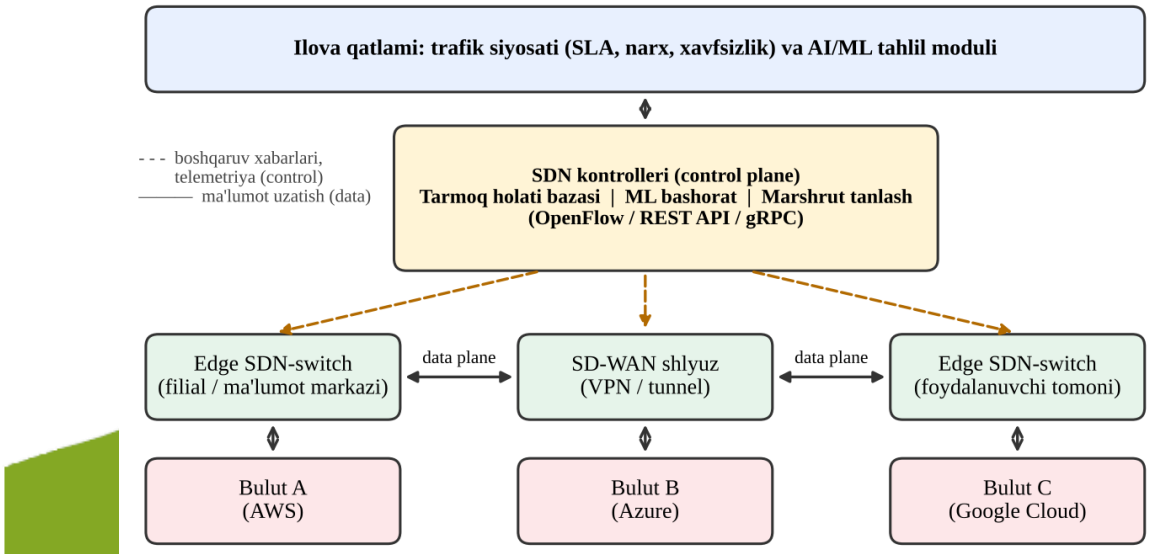
SDN boshqaruv va ma’lumot uzatish tekisliklarini ajratib, tarmoqni markaziy kontrollerdan dasturiy boshqarish imkonini beradi [1, 2, 7]. Bu yondashuv yirik kompaniyalarning global magistral tarmoqlarida kanal yuklamasini sezilarli oshirganini amaliyot ko‘rsatgan [3, 4]. Tadqiqot maqsadi SDN va sun’iy intellekt vositalariga tayangan holda ko‘p bulutli muhit uchun trafikni intellektual marshrutlash arxitekturasi va modelini asoslashdan iborat.

METODLAR

Tadqiqotda tahliliy-qiyosiy usul, ilmiy adabiyotlarni tizimli tahlil qilish va tizimli modellashtirish qo‘llanildi. SDN arxitekturasi qatlamlari IETF terminologiyasi asosida [7], marshrutlash va xizmat sifati ko‘rsatkichlari tarmoq nazariyasi asosida [5] ko‘rib chiqildi. Yo‘l tanlashni takomillashtirish uchun mustahkamlovchi o‘qitish (reinforcement learning) g‘oyalari tahlil qilindi [6]. Maqolada keltirilgan model nazariy xarakterga ega bo‘lib, tajribaviy tekshiruvni (masalan, Mininet emulyatorida) talab qiladi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

1. Taklif etilayotgan arxitektura. 1-rasmda uch qatlamli arxitektura ko‘rsatilgan. Ilova qatlamida tashkilotning trafik siyosati (SLA, narx, xavfsizlik) belgilanadi. Kontroller OpenFlow, REST API yoki gRPC orqali chekka qurilmalardan telemetriya yig‘adi, tarmoq holati bazasini yangilaydi va yo‘l tanlaydi [1, 2]. Ma’lumot tekisligida chekka SDN-kommutatorlar va SD-WAN shlyuzlari bulutlar o‘rtasida VPN-tunnellar orqali trafikni uzatadi.



1-rasm. SDN asosida ko‘p bulutli trafikni boshqarish arxitekturasi

2. Marshrut tanlash modeli. Kontroller har bir mumkin bo‘lgan p yo‘l uchun umumlashgan narxni hisoblaydi: $C(p) = \alpha \cdot L(p) + \beta \cdot P(p) + \gamma \cdot K(p)$, bunda L – kechikish, P – paketlar yo‘qotilishi, K – trafik uzatish narxi, α, β, γ – ilova talabiga qarab tanlanadigan vazn koeffitsiyentlari. Real vaqt ilovalari (video, ovozli aloqa) uchun α va β oshiriladi, zaxira nusxalash va katta hajmli ma’lumot ko‘chirish uchun esa γ ustuvor bo‘ladi. Eng kichik C(p) li yo‘l tanlanadi va oqim jadvallari kommutatorlarga yuboriladi.

3. Sun’iy intellektning roli. Mashinaviy o‘qitish modeli telemetriya tarixiga tayanib yuklama va kechikishni bashorat qiladi, shu sababli kontroller tiqilinch yuz berishidan oldin trafikni zaxira yo‘lga yo‘naltira oladi. Mustahkamlovchi o‘qitishda kontroller harakat (yo‘l tanlash) natijasini mukofot funksiyasi bilan baholab, vaqt o‘tishi bilan siyosatni takomillashtiradi [6]. Quyidagi 1-jadvalda taklif etilgan yondashuv boshqa usullar bilan sifat jihatidan solishtirilgan.

1-jadval. Marshrutlash usullarining qiyosiy tahlili (mualliflar tahlili asosida)

Usul	Qaror asosi	Afzalligi	Kamchiligi
Statik marshrutlash	Qo‘lda sozlangan yo‘l	Oddiy, bashorat qilinadigan	Holat o‘zgarishiga moslashmaydi
ECMP / klassik SD-WAN	Teng taqsimlash, oddiy metrika	Yuklamani qisman muvozanatlaydi	Bulut narxi va SLA hisobga olinmaydi
SDN + AI (taklif)	Telemetriya va bashorat	Real vaqtda moslashadi, ko‘p mezonli	Kontroller murakkabligi, o‘qitish talab etiladi

4. Cheklovlar. Markaziy kontroller yagona nosozlik nuqtasiga aylanmasligi uchun uni

klasterlash va telemetriya kanalini himoyalash zarur. Bulut provayderlari ma’lumot uzatish uchun haq olishi (egress) va ularning API imkoniyatlari turlicha bo‘lishi ham modelni amalda qo‘llashda hisobga olinishi kerak.

XULOSA

Tadqiqot SDN markazlashgan ko‘rinishi va dasturiy boshqaruvi ko‘p bulutli muhitda trafikni ko‘p mezonli va moslashuvchan marshrutlash uchun mos poydevor ekanini ko‘rsatdi. Telemetriya va mashinaviy o‘qitishni birlashtirish yo‘l tanlashni bashoratli qiladi, kechikish va narxni kamaytirishga imkon beradi. Kelgusida taklif etilgan model Mininet va bulut sinov muhitlarida eksperimental tekshiriladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. McKeown N. et al. OpenFlow: Enabling innovation in campus networks // ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2008, vol. 38, no. 2, pp. 69–74.

2. Kreutz D. et al. Software-defined networking: A comprehensive survey // Proceedings of the IEEE, 2015, vol. 103, no. 1, pp. 14–76.

3. Jain S. et al. B4: Experience with a globally-deployed software defined WAN // Proc. ACM SIGCOMM, 2013, pp. 3–14.

4. Hong C.-Y. et al. Achieving high utilization with software-driven WAN // Proc. ACM SIGCOMM, 2013, pp. 15–26.

5. Kurose J.F., Ross K.W. Computer Networking: A Top-Down Approach. 8th ed. Pearson, 2021.

6. Sutton R.S., Barto A.G. Reinforcement Learning: An Introduction. 2nd ed. MIT Press, 2018.

7. Haleplidis E. et al. Software-Defined Networking (SDN): Layers and Architecture Terminology. IETF RFC 7426, 2015.