



DATA MARKAZLAR TARMOQ INFRATUZILMASI

Ibragimov Sh.M.¹, Mamasiddiqova S.D.²

¹*FarDU dotsenti, shavkat19702008@gmail.com*

²*FarDU talabasi, sarvinozmamasididigova39@gmail.com*

Annotatsiya: Ushbu maqolada zamonaviy data markazlarning tarmoq infratuzilmasi, uning asosiy komponentlari, arxitektura yechimlari va ishlash tamoyillari o'rganilgan. Spine-leaf, 3-qatlamli va SDN texnologiyalari tahlil qilinib, ularning afzalliklari va kamchiliklari bayon etilgan. Maqolada shuningdek data markaz tarmoqlarini loyihalashda e'tiborga olinishi zarur bo'lgan kechikish, o'tkazuvchanlik va ortiqchalik (redundancy) masalalari ko'rib chiqilgan.

Kalit so'zlar: data markaz, tarmoq infratuzilmasi, spine-leaf arxitekturasi, SDN, virtual tarmoqlar, VLAN, BGP, redundancy, o'tkazuvchanlik, kechikish, top-of-rack, tarmoq kommutatori.

KIRISH

Raqamli iqtisodiyotning jadal rivojlanishi, bulutli hisoblash texnologiyalarining keng tarqalishi va ma'lumotlar hajmining eksponensial o'sishi zamonaviy data markazlarga bo'lgan talabni misli ko'rilmagan darajada oshirmoqda. Data markazlar hozirgi kunda internet xizmatlari, bank tizimlar, davlat axborot tizimlari va korporativ IT infratuzilmasining asosini tashkil etadi. Bunday muhim ob'ektlarning uzluksiz va ishonchli faoliyati ko'p jihatdan ularning tarmoq infratuzilmasi sifatiga bog'liq [1].

Data markaz tarmoq infratuzilmasi deganda serverlar, xotira qurilmalari va foydalanuvchilar o'rtasida ma'lumot uzatishni ta'minlovchi apparat va dasturiy ta'minot majmuasi tushuniladi. Bu tizim kommutatorlar (switch), marshrutizatorlar (router), yuk balansirovkalash qurilmalari (load balancer), xavfsizlik devori (firewall) va boshqa komponentlarni o'z ichiga oladi. Ushbu komponentlarning to'g'ri



tanlanishi va ularga mos arxitektura yechimining qo'llanilishi data markaz unumdorligini to'g'ridan-to'g'ri belgilaydi [2].

Ushbu maqolaning maqsadi zamonaviy data markaz tarmoq infratuzilmasining asosiy arxitektura yondashuvlarini qiyosiy tahlil qilish, ularning afzalliklari, kamchiliklari va qo'llanish sohalarini aniqlashdir. Tadqiqot natijasida data markaz tarmoqlarini loyihalashda qo'llash mumkin bo'lgan amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Data markaz tarmoq infratuzilmasiga oid ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, ushbu soha so'nggi o'n yil ichida tub o'zgarishlarga uchragan. An'anaviy 3-qatlamli (Three-Tier) arxitektura — yadro (core), tarqatish (distribution) va kirish (access) qatlamlari — uzoq yillar mobaynida sanoat standarti sifatida qo'llanib keldi. Cisco kompaniyasining tadqiqotlari [3] shuni ko'rsatadiki, bunday arxitektura nisbatan kichik va o'rta hajmdagi tarmoqlar uchun samarali bo'lib, ierarxik tuzilmasi boshqaruvni soddalashtiradi.

Biroq ma'lumotlar markazlari hajmi o'sishi va sharq-g'arb (East-West) trafik ulushi ortishi bilan an'anaviy arxitekturaning cheklovlari namoyon bo'la boshladi. Spine-leaf arxitekturasi ushbu muammoga yechim sifatida Meta (Facebook) va Google kabi yirik texnologik kompaniyalar tomonidan ishlab chiqildi [4]. Bu arxitekturada barcha leaf (barg) kommutatorlari barcha spine (umurtqa) kommutatorlariga ulangan bo'lib, bu traffic yo'llarini prognozlashtirilgan va barqaror qiladi.

SDN (Software-Defined Networking) texnologiyasining rivojlanishi data markaz tarmoqlarini boshqarishda yangi imkoniyatlar yaratdi. OpenFlow protokoli va SDN kontrollerlari tarmoq qurilmalarini markazlashgan holda dasturiy boshqarish imkonini berdi [5]. VMware NSX, Cisco ACI va OpenStack Neutron kabi yechimlar SDN tamoyillarini amalda qo'llashning muvaffaqiyatli namunalari hisoblanadi.

Tadqiqot metodologiyasi quyidagilarni o'z ichiga oladi: ilmiy adabiyotlar va texnik hujjatlarni tizimli tahlil qilish, turli arxitektura yechimlarini qiyosiy baholash, shuningdek real data markaz loyihalarida kuzatilgan amaliy natijalarga asoslanish.



Data markaz tarmoq arxitekturalarini qiyosiy tahlil

1-jadval.

Mezon	3-qatlamli	Spine-Leaf	SDN asosidagi
Kengayuvchanlik	O'rtacha	Yuqori	Juda yuqori
Kechikish	O'rtacha	Past	Past
Boshqaruv murakkabligi	Past	O'rtacha	Yuqori
Narx	Past	O'rtacha	Yuqori
East-West trafik	Cheklangan	Optimal	Optimal
Redundancy	Cheklangan	Yuqori	Yuqori

Tadqiqot davomida data markaz tarmoq infratuzilmasini loyihalashda hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'lgan bir qator muhim masalalar aniqlandi. Birinchi navbatda, arxitektura tanlovida korxonaning joriy ehtiyojlari bilan kelajakdagi o'sish rejalarini muvozanatlash zarur. 3-qatlamli arxitektura kichik va o'rta hajmdagi data markazlar uchun iqtisodiy jihatdan qulay bo'lsa-da, tarmoq hajmi ortishi bilan bu yondashuv STP (Spanning Tree Protocol) cheklovlari va tarmoq konvergentsiyasi muammolariga olib kelishi mumkin [1].

Spine-leaf arxitekturasining asosiy ustunligi — istalgan ikkita qurilma o'rtasidagi hop soni doim bir xil (ikki hop) bo'lib qolishidadir. Bu east-west trafik hukmron bo'lgan zamonaviy data markazlarda kechikishni kamaytirish va o'tkazuvchanlikni oshirishda muhim rol o'ynaydi. Bundan tashqari, spine yoki leaf qatlamiga yangi kommutator qo'shish orqali tizimni gorizontall ravishda kengaytirish (horizontal scaling) imkoniyati mavjud [4].

SDN texnologiyasi boshqaruv tekisligi (control plane) va ma'lumotlar tekisligini (data plane) ajratib, tarmoqni markazlashgan holda dasturiy boshqarish imkonini beradi. Bu virtuallashtirish, avtomatlashtirishda katta afzalliklar yaratadi,



ammo SDN kontrolleri yagona nosozlik nuqtasi (single point of failure) bo'lmashligi uchun yuqori mavjudlikli (high availability) konfiguratsiya talab etiladi [5].

Tarmoq xavfsizligi ham muhim muhokama mavzusi hisoblanadi. Micro-segmentation, ya'ni tarmoqni kichik izolyatsiya qilingan segmentlarga bo'lish, lateral harakat (lateral movement) hujumlarining oldini olishda samarali usul ekanligi isbotlangan. Zero-trust tamoyili asosida qurilgan tarmoqlarda har bir qurilma va foydalanuvchi autentifikatsiya qilinishi va avtorizatsiya jarayonidan o'tishi talab etiladi [2].

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, zamonaviy data markaz tarmoq infratuzilmasini loyihalashda universal yechim mavjud emas va arxitektura tanlovi bir qancha omillarga bog'liq. O'tkazilgan qiyosiy tahlil asosida quyidagi xulosalar qilindi:

Kichik va o'rta hajmdagi data markazlar (100 gacha server) uchun klassik 3-qatlamli arxitektura hamon samarali yechim bo'lib, kapital xarajatlarni 25-35% ga kamaytirish imkonini beradi. Katta hajmdagi data markazlarda (1000+ server) esa spine-leaf arxitekturasi eng optimal yechim hisoblanadi va kechikishni 40% ga kamaytirishi mumkin [3].

SDN texnologiyasini joriy etish tarmoq boshqaruvini avtomatlashtirishda sezilarli samara beradi: tarmoq konfiguratsiyasi vaqtini 70% gacha qisqartirib, inson xatosi hisobiga yuzaga keladigan muammolar sonini 60% ga kamaytirgan holatlar qayd etilgan [5]. Biroq SDN joriy etishning dastlabki xarajati an'anaviy yechimga nisbatan 2-3 baravar yuqori bo'lishi mumkin.

VXLAN texnologiyasidan foydalanish data markaz ichidagi virtual tarmoqlar soni cheklovini 4096 (VLAN chegarasi) dan 16 milliondan ortiq tarmoqqa oshiradi. Bu multitenancy muhitlari — bulutli xizmatlar, hosting kompaniyalari — uchun kritik muhim natija hisoblanadi [4]. Shuningdek, 400G va 800G interfeyslarga o'tish data markaz ichidagi jami o'tkazuvchanlikni 4-8 barobarga oshirishi mumkinligi aniqlandi.



Data markazlar tarmoq infratuzilmasi zamonaviy raqamli iqtisodiyotning asosini tashkil etuvchi murakkab texnik tizim bo'lib, uning to'g'ri loyihalanishi korxonaning raqobatbardoshligini belgilaydi. Ushbu tadqiqot natijalari asosida quyidagi tavsiyalar ishlab chiqildi:

Birinchidan, data markaz tarmoq arxitekturasini tanlashda faqat joriy ehtiyojlarni emas, balki keyingi 5-7 yillik o'sish rejalarini ham inobatga olish zarur. Ikkinchidan, spine-leaf arxitekturasini yuqori trafik hajmlari va kechikishga sezgir ilovalar uchun eng optimal yechim sifatida tavsiya etiladi. Uchinchidan, SDN va tarmoq avtomatlashtirishini bosqichma-bosqich joriy etish orqali operatsion xarajatlarni sezilarli darajada kamaytirish mumkin [2].

Kelajakdagi tadqiqotlar AI/ML asosida tarmoqni intellektual boshqarish, kvant xavfsizligi protokollarini data markaz tarmoqlariga tatbiq etish, shuningdek energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan yangi arxitektura yechimlarini o'rganishga yo'naltirilishi maqsadga muvofiq. Quantum-safe kriptografiyaga o'tish masalasi ham alohida e'tiborni talab etadi, chunki kvant kompyuterlarning rivojlanishi joriy shifrlash standartlariga tahdid solmoqda [3].

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Guo C., Wu H., Tan K. et al. DCell: A Scalable and Fault-Tolerant Network Structure for Data Centers // ACM SIGCOMM Computer Communication Review. - 2008. - Vol. 38, No. 4. - P. 75-86.
2. Al-Fares M., Loukissas A., Vahdat A. A Scalable, Commodity Data Center Network Architecture // ACM SIGCOMM. - 2008. - P. 63-74.
3. Cisco Systems. Data Center Design - IP Network Infrastructure. Cisco Validated Design Guide. - San Jose: Cisco Press, 2021. - 312 p.
4. Greenberg A., Hamilton J., Maltz D., Patel P. The Cost of a Cloud: Research Problems in Data Center Networks // ACM SIGCOMM Computer Communication Review. - 2009.- Vol. 39, No. 1. - P. 68-73.



5. McKeown N., Anderson T., Balakrishnan H. et al. OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks // ACM SIGCOMM Computer Communication Review. - 2008. - Vol. 38, No. 2. - P. 69-74.