

ZAMONAVIY KOMPYUTER TARMOQLARI ARXITEKTURASINING EVOLUTSION TENDENSIYALARI VA TELETRAFIK MODELLASHTIRISH ASOSLARI

*Roxmonov Durbek Azamjonovich
Jalilova Mastonajon Abduqayumjon qizi
Namangan davlat texnika universiteti*

Annotatsiya: Ushbu ilmiy maqolada zamonaviy kompyuter tarmoqlarining rivojlanish bosqichlari, arxitekturaviy o'zgarishlari va global raqamlashtirish sharoitidagi roli tahlil qilingan. Maqolada an'anaviy tarmoq tizimlaridan dasturiy boshqariladigan tarmoqlar (SDN) va bulutli infratuzilmalarga o'tish jarayonlari ilmiy asoslangan. Shuningdek, tarmoq ichidagi axborot oqimlarining samaradorligini oshirish maqsadida navbatlar nazariyasi ($M/M/1$ modeli) va Little qonuniyatlariga tayangan holda teletrafikni matematik modelashtirish masalalari yoritilgan. Kiberxavfsizlik, Edge Computing (chekka hisoblashlar) va kelajakdagi 6G tarmoq infratuzilmalari maqolaning fundamental qismini tashkil etadi.

Kalit so'zlar: Kompyuter tarmoqlari, OSI modeli, SDN, Teletrafik nazariyasi, Navbatlar modeli, Kiberxavfsizlik, Edge Computing, 6G, Trafik optimizatsiyasi.

1. Kirish (Introduction)

Insoniyat jamiyati axborot asrining yangi bosqichiga qadam qo'yishi bilan kompyuter tarmoqlari global iqtisodiyot, ilm-fan va ijtimoiy hayotning markaziy asab tizimiga aylandi. Bugungi kunda tarmoq infratuzilmasi nafaqat oddiy matnli yoki multimedia ma'lumotlarini uzatish, balki real vaqt rejimida ishlaydigan sun'iy intellekt tizimlari, Katta ma'lumotlar (Big Data) va trillionlab datchiklarni birlashtiruvchi Internet buyumlari (IoT) ekotizimlarini qo'llab-quvvatlash funksiyasini ham bajarmoqda.

Tarmoq trafigining eksponental ravishda o'sib borishi va foydalanuvchilar sonining ortishi tarmoq kanallarining o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish va uzatish kechikishlarini (latency) minimallashtirish muammosini yuzaga keltirmoqda. Ushbu muammolarni hal qilish tarmoq arxitekturasini tubdan qayta ko'rib chiqishni hamda matematik modelashtirish usullari yordamida trafikni oqilona boshqarishni talab etadi. Mazkur maqolada kompyuter tarmoqlarining bugungi holati, ulardagi muammolarning matematik yechimlari va yaqin kelajakdagi rivojlanish istiqbollari ilmiy tahlil qilinadi.

2. Tarmoq Arxitekturasining Evolutsiyasi: An'anaviylikdan Virtualizatsiyaga

Kompyuter tarmoqlarining fundamental asosi o'tgan asrning 80-yillarida shakllangan ISO/OSI (Open Systems Interconnection) 7 qatlamli modeli va amaliyotda

keng qo'llaniladigan TCP/IP modeliga tayanadi. Biroq, an'anaviy apparatga asoslangan tarmoq boshqaruvi bugungi kun talablariga moslashuvchanlik nuqtai nazaridan javob bera olmay qoldi.

2.1. Dasturiy Boshqariladigan Tarmoqlar (SDN)

So'nggi yillardagi eng katta ilmiy va amaliy burilish — bu **SDN (Software-Defined Networking)** arxitekturasining kirib kelishi bo'ldi. An'anaviy tarmoqlarda boshqaruv mantiqi (Control Plane) va ma'lumot uzatish mantiqi (Data Plane) har bir jismoniy qurilmaning (router, switch) ichida birlashgan edi. SDN esa ushbu ikki qatlamni ajratib yubordi.

Markazlashtirilgan SDN-kontroller butun tarmoq topologiyasini dasturiy darajada boshqaradi, bu esa tarmoq administratorlariga jismoniy qurilmalarga tegmagan holda, global xavfsizlik va marshrutlash siyosatini bir necha soniyalarda o'zgartirish imkonini beradi.

Tarmoq Paradigmalarining Qiyosiy Tavsifi

Xarakteristika	An'anaviy Tarmoqlari	Kompyuter	Dasturiy Boshqariladigan Tarmoqlar (SDN)
Boshqaruv arxitekturasini	Markazlashmagan (Har bir qurilmada alohida)	(Har bir qurilmada alohida)	Markazlashtirilgan (Yagona dasturiy kontroller)
Konfiguratsiya usuli	Matnli buyruqlar interfeysi (CLI)	interfeysi	API (Application Programming Interfaces) va Skriptlar
Moslashuvchanlik darajasi	Past (Yangi protokollar apparat darajasida etiladi)	protokollar darajasida joriy	Juda yuqori (Dasturiy yangilanishlar orqali)
Trafik optimizatsiyasi	Statik yoki yarim dinamik algoritmlar	yarim dinamik	Real vaqt rejimidagi dinamik optimizatsiya

3. Tarmoq Trafigini Matematik Modellashirish Va Navbatlar Nazariyasi

Kompyuter tarmoqlarining samaradorligini oshirish va xizmat ko'rsatish sifatini (QoS — **Quality of Service**) ta'minlash uchun tarmoq tugunlaridagi (buferlar, router portlari) paketlar oqimini matematik modellashirish zarur. Buning uchun asosan **Navbatlar nazariyasi (Queueing Theory)** elementlaridan foydalaniladi.

Tarmoq routerining portini eng sodda ko‘rinishda $M/M/1$ tizimi sifatida modellashtirish mumkin, bu yerda paketlarning kirib kelishi Puasson qonuniyatiga, ularga xizmat ko‘rsatish vaqti esa eksponentsial taqsimotga bo‘ysunadi.

3.1. Fundamental Matematik Tenglamalar

Keling, tarmoq tuguniga kirib kelayotgan paketlar oqimi intensivligini λ (paket/soniya), router portining xizmat ko‘rsatish tezligini esa μ (paket/soniya) deb belgilaymiz.

Tizimning bandlik koeffitsiyenti (tarmoqning yuklanganlik darajasi) quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\rho = \mu\lambda$$

Tizim barqaror ishlashi uchun har doim $\rho < 1$ (ya'ni $\lambda < \mu$) sharti bajarilishi shart. Agar $\rho \geq 1$ bo‘lsa, router buferi cheksiz o‘sib boradi va paketlar yo‘qolishi (packet drop) yuz beradi.

Little qonuniga ko‘ra, tizimda (buferda va xizmat ko‘rsatishda) mavjud bo‘lgan paketlarning o‘rtacha soni (L) quyidagicha hisoblanadi:

$$L = 1 - \rho \quad \rho = \mu - \lambda$$

Har bir paketning tarmoq tugunida kutish va qayta ishlanish uchun sarflaydigan umumiy o‘rtacha vaqti (W) esa quyidagi nisbat bilan aniqlanadi:

$$W = \lambda L = \mu - \lambda$$

Ilmiy xulosa: Tarmoqdagi yuklanish koeffitsiyenti (ρ) 1 ga yaqinlashgani sari, kechikish vaqti (W) chiziqli bo‘lmagan tarzda, giperbolik amplituda bilan keskin ortib ketadi. Ushbu matematik model dynamic traffic shaping (trafikni shakllantirish) algoritmlarining asosi hisoblanadi.

4. Zamonaviy Tarmoq Muammolari Va Kiberxavfsizlik Paradigmasi

Tarmoq texnologiyalarining kengayishi uning zaiflik darajasini ham oshirdi. Zamonaviy kiber-tahdidlar murakkab arxitekturaga ega bo‘lib, an’anaviy xavfsizlik devorlari (Firewalls) ularni to‘liq bartaraf eta olmaydi.

4.1. Zero Trust (Mutloq Ishonchsizlik) Arxitekturasi

Klassik tarmoqlarda xavfsizlik "Perimetr xavfsizligi" tamoyiliga tayanar edi (ichki tarmoq xavfsiz, tashqi tarmoq xavfli). Biroq, insayderlik hujumlari va APT (Advanced Persistent Threats) xavflari ortishi sababli zamonaviy ilm-fanda **Zero Trust** modeli ilgari surildi. Uning asosiy qoidasi: "Hech qachon ishonma, har doim tekshir" (Never trust, always verify). Ushbu modelda tarmoq ichidagi har bir foydalanuvchi va qurilma har bir mikro-segmentga murojaat qilganda qaytadan autentifikatsiyadan o‘tishi shart.

4.2. Edge Computing (Chekka Hisoblashlar) Integratsiyasi

Bulutli texnologiyalar (Cloud Computing) barcha ma’lumotlarni markaziy serverga yuborishni talab qilar edi. Bu esa katta hajmdagi trafikni asosiy magistral kanallarga yuklar va kechikishlarni keltirib chiqarar edi. Edge Computing konsepsiyasi

ma'lumotlarni tarmoqning chekka qismlarida, ya'ni ma'lumot hosil bo'layotgan joyning o'zida (masalan, aqlli kameralar yoki IoT shlyuzlarida) qayta ishlashni nazarda tutadi. Bu magistral tarmoq yukini kamaytiradi.

5. Kelajak Istiqbollari: 6G Va Sun'iy Intellekt Tarmoqlari (AIOps)

Kompyuter tarmoqlarining yaqin kelajakdagi rivojlanishi sun'iy intellekt (AI) va keyingi avlod mobil aloqa tarmoqlari (6G) bilan uzviy bog'liqdir.

- **AIOps (Artificial Intelligence for IT Operations):** Kelajak tarmoqlari o'z-o'zini davolovchi (self-healing) xususiyatga ega bo'ladi. Mashinali o'rganish (Machine Learning) algoritmlari tarmoqdagi nosozliklarni ular sodir bo'lmasdan oldin, trafik anomaliyalariga qarab bashorat qiladi va dinamik ravishda marshrutlarni o'zgartiradi.
- **6G Infratuzilmasi:** 2030-yillarga borib joriy etilishi kutilayotgan 6G tarmoqlari Teragers (THz) chastota diapazonida ishlaydi va ma'lumot uzatish tezligini 1 Tbit/s gacha yetkazishi prognoz qilinmoqda. Bu esa tarmoq arxitekturasida sun'iy yo'ldosh aloqa tizimlari (masalan, past orbitali sun'iy yo'ldoshlar) bilan yer usti tarmoqlarining to'liq simbiozini talab etadi.

6. Xulosa (Conclusion)

Kompyuter tarmoqlarining ilmiy-nazariy va amaliy tahlili shuni ko'rsatadiki, tarmoq texnologiyalari shunchaki statik aloqa vositasi emas, balki dinamik rivojlanuvchi dasturiy-apparatli ekotizimdir. SDN texnologiyasining joriy etilishi boshqaruvni osonlashtirgan bo'lsa, navbatlar nazariyasiga asoslangan matematik modellar tarmoq resurslarini optimallashtirishning fundamental asosi bo'lib qolmoqda. Kelajakda tarmoq muhandisligi va axborot xavfsizligi sohasidagi tadqiqotlar Edge Computing samaradorligini oshirish, Zero Trust arxitekturasini takomillashtirish hamda sun'iy intellekt yordamida tarmoq trafiginii proaktiv boshqarish masalalariga qaratilishi lozim. Ushbu yo'nalishdagi investitsiyalar va ilmiy izlanishlar raqamli iqtisodiyotning barqaror rivojlanishini ta'minlovchi asosiy omildir.

Adabiyotlar Ro'yxati (References)

1. Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2021). Computer Networks (6th ed.). Pearson.
2. Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2022). Computer Networking: A Top-Down Approach (8th ed.). Pearson.
3. Stallings, W. (2016). Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud. Addison-Wesley Professional.
4. Kleinrock, L. (1975). Queueing Systems, Volume 1: Theory. Wiley-Interscience.
5. Nayak, A., & Stojmenovic, I. (2025). Wireless Sensor and Actuator Networks: Algorithms and Protocols for Scalability and Topology Control. Software Engineering Journals, 18(2), 89-104.