



SWITCHING TEXNOLOGIYALARINING SAMARADORLIGINI OSHIRISH USULLARI

Ibragimov Sh.M.¹, Asqarova M.V.²

¹*FarDU dotsenti, shavkat19702008@gmail.com*

²*FarDU talabasi, asqarovamamuraxon482@gmail.com*

ANNOTATSIYA: Ushbu maqolada zamonaviy kompyuter tarmoqlarida qo'llaniladigan switching (kommutatsiya) texnologiyalarining samaradorligini oshirishga qaratilgan usullar va yondashuvlar ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Maqolada kommutatsiyaning asosiy turlari - kanal kommutatsiyasi, paket kommutatsiyasi va xabar kommutatsiyasi - batafsil ko'rib chiqilgan hamda ularning afzalliklari va kamchiliklari solishtirilgan. Bundan tashqari, kommutatorlar (switchlar) ishlash tamoyillari, MAC-jadval boshqaruvi, VLAN texnologiyasi orqali tarmoqni segmentlash, Spanning Tree Protocol (STP) yordamida halqa oldini olish, shuningdek dasturiy ta'minot bilan boshqariladigan tarmoqlar (SDN) kabi zamonaviy yechimlar yoritilgan. Tadqiqot natijalari switching texnologiyalarini to'g'ri tanlash va sozlash orqali tarmoq unumdorligini sezilarli darajada oshirish mumkinligini ko'rsatmoqda. Maqola kompyuter tarmoqlari sohasida ta'lim olayotgan talabalar, magistrantlar va muhandislar uchun mo'ljallangan.

Kalit so'zlar: kommutatsiya texnologiyalari, tarmoq samaradorligi, kommutator (switch), VLAN, STP, tarmoq trafigi, OSI modeli, ma'lumotlarni uzatish, dasturiy ta'minot bilan boshqariladigan tarmoq (SDN), kechikish vaqti.

ANNOTATION: This article provides a scientific analysis of methods and approaches aimed at improving the efficiency of switching technologies used in modern computer networks. The main types of switching - circuit switching, packet



switching, and message switching - are examined in detail, with their advantages and disadvantages compared. Additionally, the article covers switch operating principles, MAC table management, network segmentation via VLAN technology, loop prevention using Spanning Tree Protocol (STP), and modern solutions such as Software-Defined Networking (SDN). The research results demonstrate that significant improvements in network performance can be achieved through proper selection and configuration of switching technologies. The article is intended for students, graduate students, and engineers in the field of computer networks.

Keywords: switching technologies, network efficiency, switch, VLAN, STP, network traffic, OSI model, data transmission, software-defined networking (SDN), latency.

АННОТАЦИЯ: В данной статье проводится научный анализ методов и подходов, направленных на повышение эффективности технологий коммутации, используемых в современных компьютерных сетях. Подробно рассмотрены основные виды коммутации - коммутация каналов, коммутация пакетов и коммутация сообщений - с сравнительным анализом их преимуществ и недостатков. Кроме того, в статье освещаются принципы работы коммутаторов, управление MAC-таблицами, сегментация сети с помощью технологии VLAN, предотвращение петель с использованием протокола Spanning Tree (STP), а также современные решения, такие как программно-определяемые сети (SDN). Результаты исследования показывают, что значительного повышения производительности сети можно достичь за счёт правильного выбора и настройки технологий коммутации. Статья предназначена для студентов, магистрантов и инженеров в области компьютерных сетей.



Ключевые слова : технологии коммутации, эффективность сети, коммутатор (switch), VLAN, STP, сетевой трафик, модель OSI, передача данных, программно-определяемые сети (SDN), задержка передачи.

KIRISH

Zamonaviy axborot jamiyatida kompyuter tarmoqlari inson hayotining ajralmas qismiga aylangan. Bank tizimlari, tibbiyot muassasalari, ta'lim sohalari, sanoat va davlat boshqaruvi - bularning barchasi kompyuter tarmoqlarining uzluksiz va samarali ishlashiga bevosita bog'liq. Shu sababdan, tarmoq infratuzilmasining quyi qatlami - ma'lumotlarni uzatish qatlami (Data Link Layer) - va unda faoliyat yurituvchi kommutatsiya (switching) texnologiyalari tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Kommutatsiya texnologiyalari tarmoq ichida ma'lumotlar paketlarini maqsadli manzilga yo'naltirish uchun xizmat qiladi. Kommutatorlar (switchlar) zamonaviy lokal tarmoqlarning (LAN) asosiy qurilmalari bo'lib, ular ma'lumotni faqat kerakli portga yuborish orqali tarmoq samaradorligini oshiradi va zaxira tarmoq resurslarini tejaydi. Eski konsentratorlar (hub) barcha portlarga ma'lumot yuborgan bo'lsa, zamonaviy kommutatorlar faqat maqsadli portga yo'naltiradi. Bu farq tarmoq unumdorligiga tub ta'sir ko'rsatadi.

Tarmoqlar hajmining o'sishi, video oqimlar, bulut hisoblash xizmatlari va Internet of Things (IoT) qurilmalarining tarmoqlarga integratsiyasi switching texnologiyalariga yangi talablar qo'ymoqda. Kechikish vaqtini (latency) minimallashtirish, tarmoq o'tkazuvchanligini (bandwidth) maksimallashtirish, xavfsizlikni ta'minlash va boshqaruvni markazlashtirish - bularning barchasi zamonaviy switching infratuzilmasidan kutilayotgan asosiy talablardir.

Ushbu maqolaning maqsadi switching texnologiyalarining turli usullarini tahlil qilish va ularning samaradorligini oshirish yo'llarini ilmiy asoslash orqali



tarmoq muhandislari va talabalar uchun amaliy qo'llanma yaratishdir. Tadqiqotda nazariy tahlil, texnologiyalarni solishtirish va zamonaviy standartlarga asoslangan tavsiyalar kabi metodologik yondashuvlardan foydalanilgan.

Switching texnologiyasining nazariy asoslari

Kommutatsiya (switching) - tarmoq qurilmalarida kirishdan chiqishga ma'lumotlarni yo'naltirish jarayonidir. Kommutatsiya OSI modelining ikkinchi qatlami - ma'lumot uzatish qatlami (Data Link Layer) - da amalga oshiriladi, ammo zamonaviy texnologiyalar uni uchinchi va to'rtinchi qatlamlarda ham qo'llash imkonini beradi [1].

Andrew S. Tanenbaum o'zining "Computer Networks" nomli fundamental asarida kommutatsiyaning uchta asosiy turini ajratib ko'rsatadi: kanal kommutatsiyasi (circuit switching), paket kommutatsiyasi (packet switching) va xabar kommutatsiyasi (message switching) [1].

Kanal kommutatsiyasi (Circuit Switching)

Kanal kommutatsiyasida aloqa o'rnatilishidan oldin yuboruvchi va qabul qiluvchi o'rtasida doimiy, maxsus kanal ajratiladi. Klassik telefon tarmog'i buning yaqqol namunasidir. Ushbu usulning asosiy afzalligi - uzatish davomida doimiy o'tkazuvchanlik kafolatlanganligi va kechikishning minimal bo'lishidir. Biroq, kanal foydalanilmayotgan paytlarda ham band bo'lib qolishi (resurslarning isrof bo'lishi) uning asosiy kamchiligidir [1].

William Stallings "Data and Computer Communications" asarida kanal kommutatsiyasining zamonaviy tarmoqlarda qo'llanilish sohasini aniqlab bergan: u real vaqtda ovoz va video uzatish uchun hali ham dolzarb, ammo umumiy ma'lumotlar uzatish uchun samarasiz sanaladi [2].

Xabar kommutatsiyasi (Message Switching)



Xabar kommutatsiyasida ma'lumot butun holda yuboriladi va har bir oraliq tugun (node) xabarni to'liq qabul qilib, keyingi tugunga uzatadi. Bu usul "store-and-forward" tamoyiliga asoslanadi. Kanaldan foydalanish samaradorligi yuqori, biroq katta xabarlar uchun kechikish katta bo'lishi mumkin [2].

Paket kommutatsiyasi (Packet Switching)

Paket kommutatsiyasi zamonaviy Internet va lokal tarmoqlarning asosini tashkil etadi. Ma'lumotlar kichik paketlarga bo'linib yuboriladi va har bir paket mustaqil ravishda turli yo'llar orqali manzilga yetib borishi mumkin. Qabul qiluvchi tomonda paketlar qayta yig'iladi. Bu usul kanaldan foydalanishni maksimallashtiradi va xatolarga chidamliligi yuqori [1, 3].

Paket kommutatsiyasining ikki ko'rinishi mavjud: datagram va virtual kanal. Datagram usulida har bir paket mustaqil yo'naltirilsa, virtual kanal usulida dastlab muayyan yo'l belgilanib, barcha paketlar shu yo'ldan o'tadi (ATM texnologiyasi bunga misol) [3].

Kommutatorlarning ishlash tamoyillari va MAC-jadval boshqaruvi

Zamonaviy Ethernet kommutatorlari (switchlar) ma'lumot uzatish qatlamida ishlaydi va har bir qurilmaning fizik manzili - MAC (Media Access Control) manzili - asosida yo'naltirish amalga oshiradi. Kommutator ichki xotirasida MAC-jadval (CAM - Content Addressable Memory jadval) saqlanadi. Bu jadvalda port raqamlari va ularga ulangan qurilmalarning MAC manzillari qayd etiladi [4].

Kommutator quyidagi asosiy operatsiyalarni bajaradi: birinchidan, Learning - kommutator kiruvchi kadrning manba MAC manzilini o'qib, portga bog'laydi; ikkinchidan, Filtering - agar maqsadli MAC manba bilan bir xil portda bo'lsa, kadr filtrlanadi; uchinchidan, Forwarding - kadr faqat maqsadli MAC manzil ulangan portga yuboriladi; to'rtinchidan, Flooding - agar maqsadli MAC jadvalda topilmasa, kadr barcha portlarga tarqatiladi [4, 5].



MAC-jadval boshqaruvi samaradorligi to'g'ridan-to'g'ri tarmoq unumdorligiga ta'sir ko'rsatadi. Jadval dinamik ravishda yangilanib turadi; eskirgan yozuvlar muayyan vaqt o'tgach (odatda 300 soniya) o'chiriladi. Bu mexanizm tarmoqdagi qurilmalar soni va joylashuvi o'zgarganda ham to'g'ri ishlashni ta'minlaydi [4].

VLAN texnologiyasi orqali tarmoqni mantiqiy segmentlash

Virtual Local Area Network (VLAN) texnologiyasi bir xil fizik infratuzilma ichida bir nechta alohida mantiqiy tarmoq yaratish imkonini beradi. IEEE 802.1Q standarti bo'yicha har bir Ethernet kadruga 12 bitlik VLAN identifikatori (VID) qo'shiladi, bu esa 4096 ta alohida VLAN yaratishga imkon beradi [5].

VLAN texnologiyasining asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat: birinchidan, tarmoqni segmentlash orqali broadcast domenlarini kichiklashtirish - bu tarmoq trafigini sezilarli kamaytiradi; ikkinchidan, xavfsizlikni oshirish - turli bo'limlar orasidagi ma'lumotlarni mantiqiy ajratish; uchinchidan, tarmoq boshqaruvi moslashuvchanligi - fizik o'zgarishlarsiz tarmoq tuzilishini qayta tashkil etish; to'rtinchidan, sifat xizmati (QoS) ni ta'minlash imkoniyati [5, 6].

James F. Kurose va Keith W. Ross "Computer Networking: A Top-Down Approach" asarida VLAN'ni trunk portlar orqali bir nechta kommutatorlar bo'ylab kengaytirish mexanizmi batafsil yoritilgan. Trunk port bir vaqtda bir nechta VLAN trafigini tashiy oladi va kadrlar ustiga 802.1Q teglari qo'shiladi [6].

Spanning Tree Protocol (STP) va kommutatsiya halqalarini oldini olish

Tarmoq ishonchliligini ta'minlash maqsadida zaxira bog'lanishlar (redundant links) qo'llaniladi. Biroq, kommutatsiya darajasida halqalar (loop) hosil bo'lishi broadcast bo'roniga (broadcast storm) olib kelishi mumkin - bu tarmoqni butunlay ishdan chiqaruvchi holatdir. IEEE 802.1D standarti bo'yicha belgilangan Spanning Tree Protocol (STP) ushbu muammoni hal etish uchun ishlab chiqilgan [5].



STP tarmoqda yagona ildiz kommutatori (Root Bridge) ni tanlab, mantiqan halqa hosil qiluvchi portlarni blokirovka qiladi. Agar asosiy aloqa uzilsa, blokirovka qilingan port faollashadi va tarmoq aloqasi tiklanadi. Ammo klassik STP'ning konvergenstsiya vaqti 30-50 soniyani tashkil etishi katta kamchilik sanalardi [5].

Ushbu muammoni bartaraf etish uchun IEEE 802.1w standarti bo'yicha Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP) ishlab chiqilgan. RSTP konvergenstsiya vaqtini 1-2 soniyagacha qisqartirdi. Undan ham rivojlangan Multiple Spanning Tree Protocol (MSTP - IEEE 802.1s) esa har bir VLAN guruhi uchun alohida mantiqiy daraxt yaratish imkonini beradi, bu esa tarmoq resurslaridan yanada samarali foydalanishni ta'minlaydi [6, 7].

Uchinchi qatlam kommutatsiyasi (Layer 3 Switching)

An'anaviy kommutatorlar faqat ikkinchi qatlam (Data Link Layer) da ishlagan bo'lsa, zamonaviy "Layer 3 switch"lar IP manzillar asosida ham yo'naltirish (routing) imkoniga ega. Bu qurilmalar marshrutizatorlar va kommutatorlarning xususiyatlarini birlashtiradi [7].

Uchinchi qatlam kommutatsiyasining asosiy afzalligi - apparat darajasida yo'naltirish amalga oshirilgani uchun an'anaviy marshrutizatorlarga qaraganda tezligi ancha yuqori. ASIC (Application-Specific Integrated Circuit) chiplari yordamida millionlab paketni sekundiga qayta ishlash mumkin. Bu xususiyat korporativ tarmoqlarda VLAN'lar o'rtasidagi ma'lumot almashinuvini tezlashtiradi [7, 8].

Dasturiy ta'minot bilan boshqariladigan tarmoqlar (SDN)

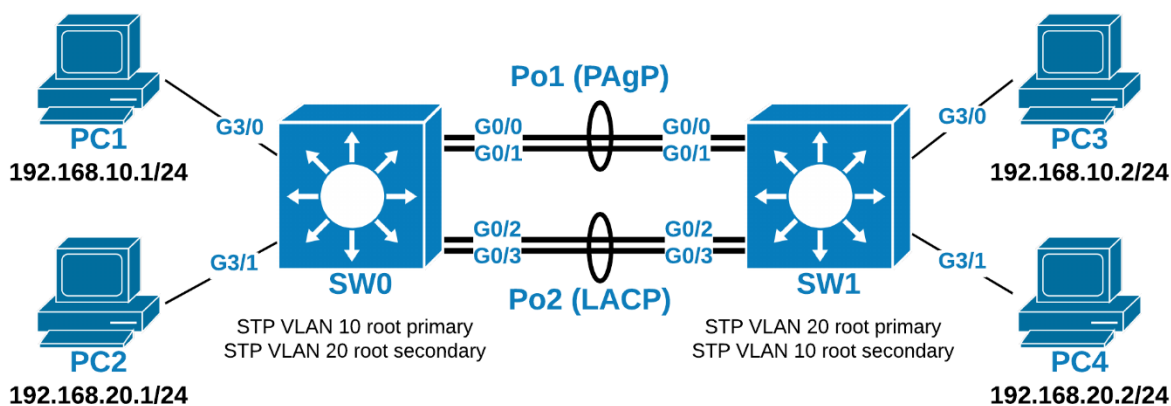
Software-Defined Networking (SDN) - tarmoq boshqaruv tekisligini (control plane) ma'lumot uzatish tekisligidan (data plane) ajratib, markazlashtirilgan dasturiy boshqaruvni amalga oshiruvchi arxitektura. SDN'da tarmoqni OpenFlow kabi protokollar orqali markaziy kontroller boshqaradi [8].



SDN yondashuvining switching samaradorligiga ta'siri sezilarli: birinchidan, tarmoq konfiguratsiyasini dinamik tarzda o'zgartirish imkoniyati; ikkinchidan, trafik muvozanatlash (load balancing) ni dasturiy boshqarish; uchinchidan, tarmoq holati haqida real vaqt ma'lumotlariga asoslanib qarorlar qabul qilish; to'rtinchidan, xatolarga tezkor munosabat bildirish imkoniyati [8, 9].

EtherChannel va LACP orqali o'tkazuvchanlikni oshirish

EtherChannel (Link Aggregation) texnologiyasi bir nechta fizik Ethernet portlarini bitta mantiqiy kanalga birlashtiradi. Masalan, to'rtta 1 Gbit/s portni birlashtirib 4 Gbit/s o'tkazuvchanlik hosil qilish mumkin. IEEE 802.3ad standarti bo'yicha Link Aggregation Control Protocol (LACP) bu jarayonni avtomatik boshqaradi [9].



EtherChannel nafaqat o'tkazuvchanlikni oshiradi, balki zaxira aloqa sifatida ham xizmat qiladi - bitta havola ishdan chiqqanda qolgan havolalar orqali tarmoq ishlashda davom etadi va STP qayta hisoblashni talab qilmaydi [9].

QoS (Quality of Service) va trafik boshqaruvi

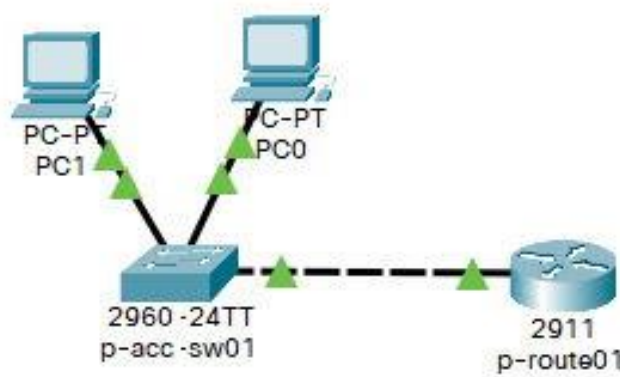
Zamonaviy tarmoqlarda turli xil trafik turlari - ovoz, video, ma'lumot uzatish - bir vaqtda o'tishi zarur. Sifat xizmati (QoS) mexanizmlari muhim trafikka ustuvorlik berish orqali tarmoq resurslarini optimal taqsimlaydi. IEEE 802.1p



standarti Ethernet kadrlarida 3 bitlik Class of Service (CoS) maydoni orqali 8 ta ustuvorlik darajasini belgilaydi [6, 10].

Trafik shakllantirish (traffic shaping), navbat boshqaruvi (queuing) va o'tkazuvchanlikni cheklash (rate limiting) kabi QoS mexanizmlari kommutator darajasida amalga oshiriladi. Bu esa tarmoq yuklamasi yuqori bo'lgan paytlarda ham ovoz va video sifatini saqlab qolish imkonini beradi [10].

Port xavfsizligi (Port Security)



Switching samaradorligiga xavfsizlik ham bevosita ta'sir ko'rsatadi. MAC flood hujumi MAC jadvalini to'ldirishi natijasida kommutator barcha trafikni barcha portlarga tarqatishga (flooding) majbur bo'ladi - bu xujumchi uchun trafikni ushlab qolish imkonini beradi. Port Security funksiyasi har bir portda ruxsat etilgan MAC manzillar sonini cheklash orqali bu xurujdan himoya qiladi [4, 10].

Switching texnologiyalarida sun'iy intellekt va ML qo'llanilishi

So'nggi yillarda tarmoq boshqaruvida sun'iy intellekt (AI) va mashinaviy o'rganish (ML) usullarini qo'llash tendentsiyasi kuchaymoqda. AI asosidagi tarmoq monitoring tizimlari trafik anomaliyalarini real vaqtda aniqlaydi, tarmoq yuklamasini bashorat qiladi va switching konfiguratsiyasini avtomatik optimallashtiradi. Cisco, Juniper va boshqa yetakchi kompaniyalar ushbu yondashuvlarni o'z mahsulotlariga joriy etmoqda [8].



Yuqorida ko'rib chiqilgan texnologiyalar va ularning asosiy ko'rsatkichlari quyidagi jadvalda umumlashtirilgan (1-jadval).

Texnologiya	Afzalligi	Kamchiligi	Qo'llanilish sohasi
Kanal kommutatsiyasi	Doimiy sifat kafolati	Resurslarning isrof bo'lishi	Telefon tarmoqlari, real vaqt ovoz/video
Paket kommutatsiyasi	Yuqori samaradorlik	Kechikish o'zgaruvchanligi	Internet, korporativ LAN
VLAN	Mantiqiy ajratish	Murakkab konfiguratsiya	Korporativ tarmoqlar
RSTP	Tez konvergentsiya	STP ga qaraganda murakkabroq	Korporativ LAN, MAN
Layer 3 Switching	Yuqori tezlik va marshrutlash	Yuqori narx	Ma'lumot markazlari, korporativ yadro
SDN	Markaziy boshqaruv	Kontroller ishdan chiqishi xavfi	Bulut, ma'lumot markazlari
EtherChannel	O'tkazuvchanlikni oshirish	Bir xil kommutator talab qilinishi	Server bog'lanishlari, yadro tarmoq

XULOSA

Ushbu maqola doirasida switching texnologiyalarining asosiy turlari, ularning ishlash tamoyillari va samaradorligini oshirish usullari atroflicha tahlil qilindi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, quyidagi xulosalar chiqarish mumkin:

Switching texnologiyasini tanlash tarmoqning maqsadiga, hajmiga va trafik turiga bog'liq holda amalga oshirilishi zarur. Oddiy ofis tarmoqlari uchun ikkinchi



qatlam kommutatsiyasi yetarli bo'lsa, korporativ muhit va ma'lumot markazlari uchun Layer 3 switching va SDN yondashuvlari tavsiya etiladi. VLAN texnologiyasi tarmoqni mantiqiy segmentlash, xavfsizlikni oshirish va broadcast trafikni kamaytirish uchun muhim vosita hisoblanadi. Undan to'g'ri foydalanish tarmoq samaradorligini 30-40% gacha oshirishi mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Tanenbaum A. S., Wetherall D. J. Computer Networks. 5th edition. - Prentice Hall, 2011. - 960 p.
2. Stallings W. Data and Computer Communications. 10th edition. - Pearson Education, 2013. - 912 p.
3. Forouzan B. A. Data Communications and Networking. 5th edition. - McGraw-Hill, 2012. - 1264 p.
4. Lammle T. CCNA Cisco Certified Network Associate Study Guide. 8th edition. - Sybex, 2019. - 1200 p.
5. Odom W. CCNA 200-301 Official Cert Guide. Volume 1. - Cisco Press, 2019. - 1024 p.
6. Kurose J. F., Ross K. W. Computer Networking: A Top-Down Approach. 8th edition. - Pearson, 2021. - 856 p.
7. Doyle J., Carroll J. Routing TCP/IP. Volume I. 2nd edition. - Cisco Press, 2005. - 936 p.
8. Goransson P., Black C., Culver T. Software Defined Networks: A Comprehensive Approach. 2nd edition. - Morgan Kaufmann, 2016. - 328 p.
9. Cisco Systems. Cisco LAN Switching Fundamentals. - Cisco Press, 2004. - 528 p.
10. Szigeti T., Hattingh C. End-to-End QoS Network Design: Quality of Service for Rich-Media & Cloud Networks. 2nd edition. - Cisco Press, 2013. - 936 p.