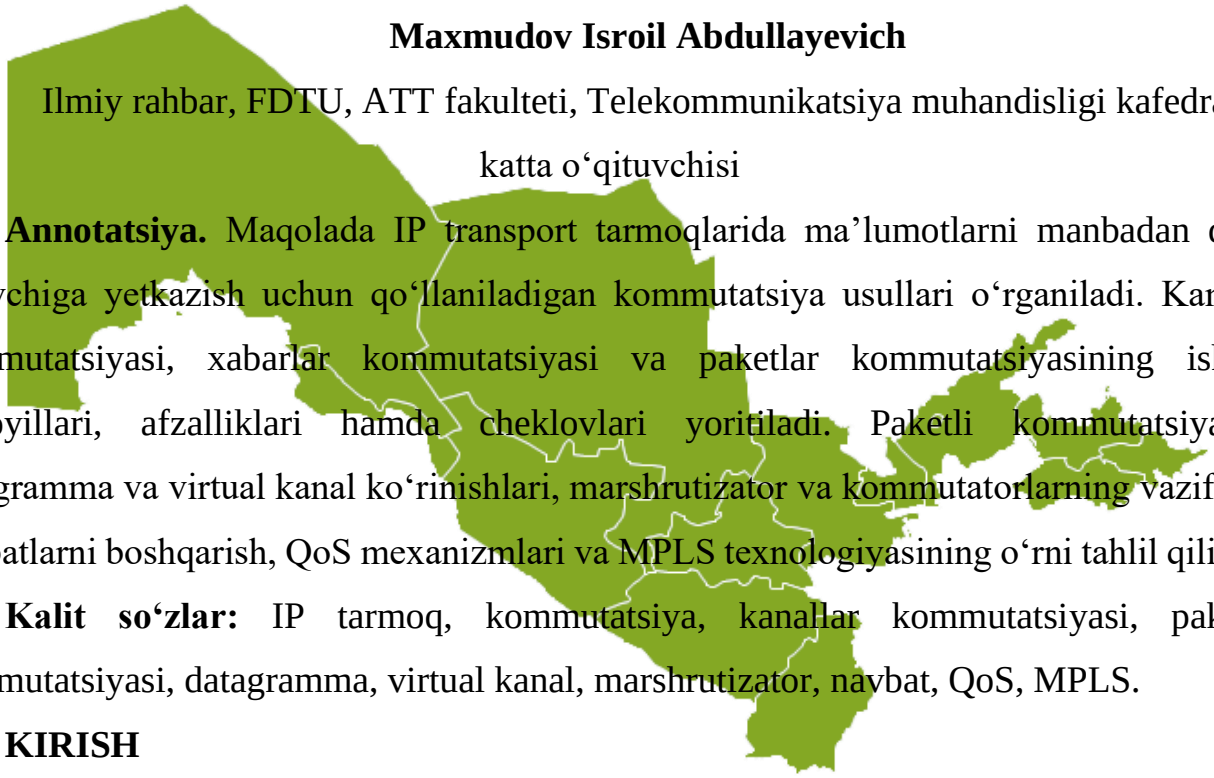
Qabul qilindi: 16-noyabr 2026-yil • Ma’qullandi: 18-noyabr 2026-yil • Nashr qilindi: 20-noyabr 2026-yil

IP TRANSPORT TARMOQLARIDA KOMMUTATSIYA USULLARI

Abduqodirov Samandar Abdug‘affor o‘g‘li
Farg‘ona davlat texnika universiteti
E-mail: samandarabduqodirov176@gmail.com
Maxmudov Isroil Abdullayevich
Ilmiy rahbar, FDTU, ATT fakulteti, Telekommunikatsiya muhandisligi kafedrasi katta o‘qituvchisi



Annotatsiya. Maqolada IP transport tarmoqlarida ma’lumotlarni manbadan qabul qiluvchiga yetkazish uchun qo‘llaniladigan kommutatsiya usullari o‘rganiladi. Kanallar kommutatsiyasi, xabarlar kommutatsiyasi va paketlar kommutatsiyasining ishlash tamoyillari, afzalliklari hamda cheklovlari yoritiladi. Paketli kommutatsiyaning datagramma va virtual kanal ko‘rinishlari, marshrutizator va kommutatorlarning vazifalari, navbatlarni boshqarish, QoS mexanizmlari va MPLS texnologiyasining o‘rni tahlil qilinadi.

Kalit so‘zlar: IP tarmoq, kommutatsiya, kanallar kommutatsiyasi, paketlar kommutatsiyasi, datagramma, virtual kanal, marshrutizator, navbat, QoS, MPLS.

KIRISH

Zamonaviy axborot-kommunikatsiya tarmoqlarida foydalanuvchilar veb-sahifalar, elektron pochta, bulutli xizmatlar, videokonferensiya va IP-telefoniya orqali katta hajmdagi ma’lumot almashadi. Ushbu xizmatlarning barchasi ma’lumotni tarmoqning bir nuqtasidan boshqasiga yetkazish mexanizmiga tayanadi.

Kommutatsiya usulini tanlash tarmoqning umumiy ishlashiga bevosita ta’sir qiladi. Masalan, real vaqtli ovoz va video uchun kechikish hamda kechikishning o‘zgarishi muhim bo‘lsa, fayl uzatishda yo‘qotishsiz yetkazish va umumiy o‘tkazuvchanlik muhim hisoblanadi.

Maqolaning maqsadi kommutatsiya usullarini tizimli taqqoslash, IP tarmoqlarida paketlarni uzatish mexanizmlarini tushuntirish va tanlovga ta’sir qiluvchi texnik mezonlarni

amaliy misollar orqali baholashdan iborat.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Kommutatsiya tushunchasi telekommunikatsiya tarmoqlarida uzatish kanallari va funksional tugunlarni o‘zaro bog‘lash bilan izohlanadi.

Internet arxitekturasida IP datagramma xizmati ulanish o‘rnatmasdan ishlaydi. RFC 1122 hujjatida IP datagrammalari buzilgan, takrorlangan, tartibi o‘zgargan yoki umuman yetib bormagan holda kelishi mumkinligi qayd etiladi; zarur ishonchlilikni yuqori qatlam protokollari ta’minlaydi [2].

Tanenbaum va Wetherall tarmoq arxitekturasini qatlamlar, protokollar va xizmatlar nuqtai nazaridan ko‘rib chiqadi [3]. Kurose va Ross paketli tarmoqlarda kechikish, yo‘qotish va o‘tkazuvchanlik kabi ko‘rsatkichlarni tahlil qilish usullarini bayon etadi [4].

Manbalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, kommutatsiya usullari faqat uzatish yo‘lini tanlash bilan cheklanmaydi. Ular tarmoq resurslarini taqsimlash, tirbandlikni boshqarish, xizmat sifati va nosozliklarga chidamlilikka ham ta’sir ko‘rsatadi.

MATERIALLAR VA USULLAR

Tadqiqotda tavsifiy, qiyosiy va hisoblash usullaridan foydalanildi. Tahlil obyektlari sifatida kanallar, xabarlar va paketlar kommutatsiyasi, datagramma va virtual kanal modellari, IP marshrutlash, navbatlarni boshqarish hamda MPLS texnologiyasi tanlandi.

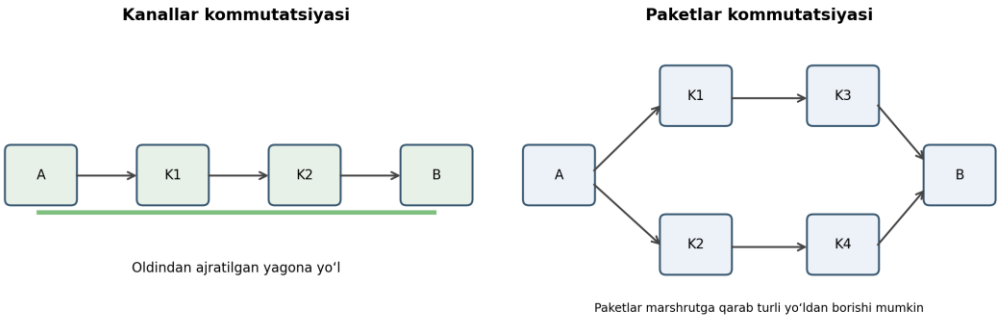
Hisoblash misolida paket uzunligi, uzatish tezligi va oraliq tugunlar soni asosida uzatish vaqtining tarkibiy qismlari baholanadi.

KOMMUTATSIYA USULLARINING ASOSIY TURLARI

Kanallar kommutatsiyasida aloqa boshlanishidan oldin manba va qabul qiluvchi o‘rtasida ma’lum yo‘l yoki kanal resursi ajratiladi. Ulanish o‘rnatilgach, ma’lumot shu yo‘l bo‘ylab uzatiladi va seans tugaguncha resurs boshqa foydalanuvchiga berilmaydi. Bu yondashuv an’anaviy telefon tarmoqlarida keng qo‘llangan. Xabarlar kommutatsiyasida butun xabar oraliq tugunga kelib tushadi, bu tugun uni xotirada saqlaydi va keyingi aloqa yo‘li bo‘shaganda uzatadi. Bunday usul uchun oldindan butun yo‘lni band qilish shart emas. Biroq xabar hajmi katta bo‘lsa, tugunda saqlash xotirasi talab etiladi va kechikish ortadi.

Paketlar kommutatsiyasida xabar kichik qismlarga – paketlarga bo‘linadi. Har bir paket

sarlavhasida manzil va boshqaruv ma’lumotlari bo‘ladi. Oraliq marshrutizator paket sarlavhasini tahlil qilib, yo‘naltirish jadvali asosida keyingi tugunni tanlaydi. Kanal resurslari ko‘plab oqimlar tomonidan statistik multiplekslash orqali umumiy ishlatiladi.



1-rasm. Kanallar va paketlar kommutatsiyasining soddalashtirilgan taqqoslanishi.

1-rasmda kanallar kommutatsiyasida bitta yo‘l oldindan ajratilishi, paketli uzatishda esa paketlar tarmoq holati va marshrutlash qarorlariga qarab turli yo‘llardan borishi mumkinligi tasvirlangan.

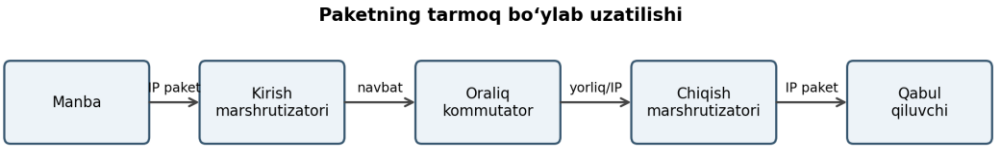
Usul	Uzatish tamoyili	Asosiy cheklov
Kanallar	Seans uchun yo‘l/resurs ajratiladi	Band bo‘lmagan vaqtda resurs bekor turadi
Xabarlar	To‘liq xabar saqlanib, keyin uzatiladi	Katta xotira va kechikish talab qiladi
Paketlar	Xabar paketlarga bo‘linib uzatiladi	Navbat, yo‘qotish va tartib buzilishi mumkin

PAKETLI KOMMUTATSIYANING ISHLASH MODELLARI

Paketli kommutatsiyaning ikki muhim ko‘rinishi mavjud: datagramma modeli va virtual kanal modeli. Datagramma tarmog‘ida har bir paket mustaqil birlik sifatida ko‘riladi. Marshrutizator paketning manzilini tekshiradi va ayni vaqtdagi marshrutlash jadvaliga muvofiq keyingi tugunni tanlaydi. Virtual kanal modelida esa ma’lumot uzatishdan oldin mantiqiy yo‘l o‘rnatiladi. Tarmoq tugunlari shu ulanishga tegishli holat yoki identifikator haqidagi ma’lumotni saqlaydi. Keyingi paketlar to‘liq manzilni qayta tahlil qilish o‘rniga virtual kanal identifikatori orqali uzatilishi mumkin.

Datagramma modeli tarmoqdagi marshrut o‘zgarishlariga moslashuvchan: biror aloqa liniyasi ishdan chiqsa, marshrutlash protokollari boshqa yo‘lni tanlashi mumkin. Virtual kanal modelida esa mavjud mantiqiy ulanishni qayta tiklash yoki yangi yo‘l o‘rnatish zarur

bo‘lishi mumkin.



2-rasm. IP paketining manbadan qabul qiluvchiga oraliq tugunlar orqali uzatilishi.

IP MARSHRUTIZATORLARIDA PAKETNI QAYTA ISHLASH

Marshrutizator kiruvchi interfeysdan kadrni qabul qiladi, kanal sathi sarlavhasini tekshiradi, IP paketni ajratib oladi va maqsad manziliga mos marshrutni qidiradi. Eng uzun prefiks mosligi tamoyili bo‘yicha yo‘nalish tanlangach, paket tegishli chiqish interfeysi navbatiga joylanadi. Chiqish interfeysida yangi kanal sathi kadri shakllantirilib, keyingi tugunga uzatiladi.

Marshrutlash – tarmoq bo‘ylab yo‘lni aniqlash jarayoni; kommutatsiya yoki forwarding esa aniq kelgan paketni tegishli chiqish portiga uzatish amaliyotidir.

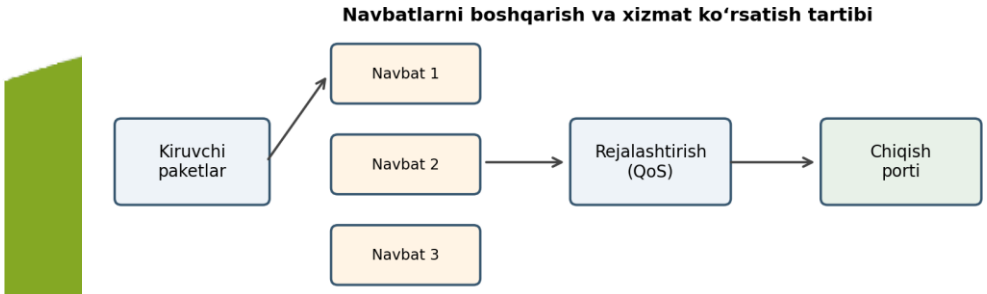
Paketli kommutator yoki marshrutizatorning asosiy tarkibiy qismlariga kirish portlari, kommutatsiya matritsasi, chiqish portlari, boshqaruv protsessori va bufer xotira kiradi. Kirish porti fizik signalni qabul qilib, kadrni tekshiradi va kerakli sarlavha ma’lumotlarini ajratadi.

Kommutatsiya matritsasi bir nechta usulda qurilishi mumkin. Umumiy shina arxitekturasida paketlar umumiy ichki magistral orqali uzatiladi; bu sodda, ammo shina o‘tkazuvchanligi umumiy cheklov bo‘lishi mumkin. Xotira orqali kommutatsiyada paket avval xotiraga yozilib, so‘ng chiqish portiga ko‘chiriladi. Store-and-forward rejimida qurilma kadr yoki paketni to‘liq qabul qilib, xatolik nazoratini bajargach uzatadi. Cut-through rejimida esa manzil maydoni o‘qilgach, paketning qolgan qismi to‘liq kelishini kutmasdan uzatish boshlanishi mumkin.

IP tarmoqlarida paketlar uzunligi turlicha bo‘lishi mumkin. Katta paketlar foydali ma’lumot ulushini oshirishi mumkin, ammo kichik paketlar interaktiv xizmatlarda kechikishni kamaytirish va trafikni tez-tez rejalashtirish imkonini beradi.

NAVBATLAR VA TIRBANDLIK

Chiqish portiga kelayotgan paketlar liniyaning uzatish tezligidan ko‘p bo‘lsa, buferda navbat hosil bo‘ladi. Navbat uzunligi oshishi kechikishni ko‘paytiradi; bufer to‘lib qolsa, yangi paketlar tashlab yuboriladi. FIFO usulida paketlar kelish tartibida uzatiladi. Prioritetli navbatda muhim trafik oldin xizmat oladi, lekin past prioritetli trafik uzoq kutib qolishi mumkin.



3-rasm. Chiqish portida navbatlarni boshqarishning umumiy sxemasi.

XIZMAT SIFATI (QoS) VA MPLS TEXNOLOGIYASI

QoS (Quality of Service) tarmoq xizmatining kechikish, kechikish tebranishi, paket yo‘qotilishi va o‘tkazuvchanlik kabi ko‘rsatkichlarini boshqarish mexanizmlarini anglatadi. Ovoz va videokonferensiya oqimlari uchun past kechikish hamda kichik jitter muhim. Fayl uzatishda esa paketlarni yo‘qotmaslik va umumiy o‘tkazuvchanlik ko‘proq ahamiyatga ega.

Trafikni tasniflashda manba va maqsad IP manzili, transport portlari yoki DSCP maydoni kabi belgilar ishlatilishi mumkin. Belgilangan paketlar tegishli xizmat sinfiga yo‘naltiriladi. Shaping trafik tezligini bufer orqali tekislaydi, policing esa belgilangan profilga mos kelmagan trafikni pasaytirishi yoki tashlashi mumkin.

MPLS (Multiprotocol Label Switching) paketlarni yorliq asosida uzatish yondashuvidir. Tarmoqqa kirish tugunida paket ma’lum forwarding equivalence class (FEC) ga biriktiriladi va unga yorliq qo‘yiladi. Keyingi MPLS tugunlari IP sarlavhasini har safar to‘liq tahlil qilish o‘rniga yorliq jadvali bo‘yicha keyingi hop va yangi yorliqni aniqlaydi. MPLS operator tarmoqlarida trafik muhandisligi, VPN xizmatlari va turli xizmat oqimlarini boshqarishda qo‘llanilishi mumkin. Biroq MPLS IP marshrutlashni butunlay bekor qilmaydi: IP marshrutlash tarmoq chegarasida yoki MPLS domeni ichida yorliqlarni

taqsimlash va yo‘llarni hisoblash uchun muhim bo‘lib qoladi.

UZATISH VAQTINI HISOBLASH MISOLI

Paketni uzatishdagi asosiy kechikishlardan biri uzatish kechikishidir. U L = (P × 8) / R formulasi bilan aniqlanadi; bunda P – paket uzunligi (bayt), R – kanal tezligi (bit/s). Uchta ketma-ket liniya bo‘ylab bir xil paket uzatilganda, faqat uzatish kechikishlari yig‘indisi 100 Mbit/s liniyalar uchun 0,36 ms bo‘ladi. Bunga tarqalish, qayta ishlash va navbat kechikishlari qo‘shiladi.

KOMMUTATSIYA USULLARINING QIYOSIY TAHLILI

Kommutatsiya usulini tanlashda tarmoqdagi trafik turi, foydalanuvchilar soni, xizmatning kechikishga sezgirligi, uzatish tezligi va mavjud infratuzilma hisobga olinadi. Paketlar kommutatsiyasi esa umumiy liniyani ko‘plab oqimlar o‘rtasida taqsimlaydi. Trafik statistik jihatdan o‘zgaruvchan bo‘lgani sababli bir foydalanuvchi ma’lumot yubormayotgan paytda boshqa foydalanuvchi bo‘sh resursdan foydalanishi mumkin. Shu bilan birga, yuklama keskin oshganida navbatlar va yo‘qotishlar yuzaga keladi.

Mezon	Kanallar kommutatsiyasi	Paketlar kommutatsiyasi
Ulanish	Oldindan o‘rnatiladi	IP datagrammada alohida ulanish shart emas
Resurs	Seans davomida ajratiladi	Oqimlar o‘rtasida statistik taqsimlanadi
Kechikish	Barqarorroq bo‘lishi mumkin	Navbatga bog‘liq o‘zgaradi
Paket tartibi	Yo‘l doimiy bo‘lsa tartib saqlanadi	Paketlar tartibi o‘zgarishi mumkin
Moslashuvchanlik	Ajratilgan yo‘lga bog‘liq	Muqobil marshrutdan foydalanishi mumkin
Misol	An’anaviy telefon tarmog‘i	Internet/IP tarmoqlari

TURLI XIZMATLAR UCHUN MOS YONDASHUV

IP-telefoniya va videokonferensiya uchun past kechikish va jitter ustuvor bo‘lib, trafikni yuqori prioritetli navbatga ajratish maqsadga muvofiq. Veb va elektron pochta xizmatlarida qisqa muddatli kechikish odatda qabul qilinadi, lekin ma’lumotning to‘liq yetkazilishi muhim; bu yerda TCP kabi transport protokollari ishonchlilikni ta’minlaydi. Bulutli zaxiralash va katta fayllarni uzatishda tarmoqning umumiy o‘tkazuvchanligi, oqimlarni adolatli taqsimlash va tirbandlikni boshqarish muhim.

TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING TAHLILI

O‘tkazilgan qiyosiy tahlil uchta asosiy natijani ko‘rsatdi. Birinchidan, kanallar kommutatsiyasi uzatish resursini oldindan band qilgani sababli xizmat parametrlarini barqarorlashtirishga yordam beradi, biroq uzlukli trafikda resursdan foydalanish samaradorligini kamaytiradi. Ikkinchidan, paketlar kommutatsiyasi umumiy tarmoq resurslarini moslashuvchan taqsimlaydi va IP arxitekturasining asosini tashkil etadi, lekin kechikish va paket yo‘qotilishi trafik yuklamasiga bog‘liq. Hisoblash misolida 1500 baytli paketni 100 Mbit/s tezlikdagi liniyada uzatish uchun 0,12 ms, 1 Gbit/s tezlikdagi liniyada esa 0,012 ms talab qilinishi aniqlandi. Bu qiymatlar faqat uzatish kechikishini ifodalaydi. Tarmoq samaradorligini baholashda foydali yuklama ulushini ham hisobga olish mumkin. Agar paketning umumiy hajmi 1500 bayt, sarlavhalar va boshqaruv maydonlari jami 58 bayt deb olinsa, foydali ma’lumot 1442 bayt bo‘ladi. Samaradorlik $\eta = 1442 / 1500 \times 100\% \approx 96{,}1\%$ ni tashkil etadi.

IP tarmog‘ini loyihalashda avvalo ilovalarning xizmat talablarini aniqlash, so‘ng trafikni sinflarga ajratish tavsiya etiladi. Kechikishga sezgir oqimlar uchun navbat siyosati va yetarli buferlar sozlanishi, katta hajmli trafik uchun esa adolatli rejalashtirish qo‘llanishi kerak. Nosozliklarni aniqlashda paket yo‘qotilishi, RTT, jitter, interfeys xatolari va navbat uzunligi kuzatiladi. Ping va traceroute kabi vositalar aloqaning mavjudligi hamda paket yo‘lini tekshirishga yordam beradi; SNMP, telemetriya va oqim statistikasi esa tarmoq yuklamasini chuqurroq tahlil qilish imkonini beradi. Umuman, samarali kommutatsiya arxitekturasi bitta texnologiyani tanlash bilan emas, balki trafik xususiyatlari, topologiya, xavfsizlik, zaxiralash va xizmat sifati talablarini birgalikda hisobga olish orqali shakllanadi.

XULOSA

IP transport tarmoqlarida kommutatsiya usullarini o‘rganish natijasida quyidagi xulosalarga kelindi. Birinchidan, kanallar kommutatsiyasi aloqa seansi uchun alohida resurs ajratadi va barqaror uzatish sharoitini yaratishi mumkin, biroq trafik uzlukli bo‘lganda resurslardan foydalanish samaradorligi pasayadi. Ikkinchidan, xabarlar kommutatsiyasi to‘liq xabarni oraliq tugunlarda saqlashga asoslanadi, shu sababli katta xotira va qo‘shimcha kechikish talab qiladi. To‘rtinchidan, IP datagramma modeli har bir paketni mustaqil

yo‘naltiradi; natijada paketlar turli yo‘llardan borishi yoki tartibi o‘zgarishi mumkin. Virtual kanal yondashuvi esa oldindan mantiqiy yo‘l o‘rnatib, oqimni boshqarishni osonlashtiradi, lekin tugunlarda ulanish holatini saqlashni talab etadi. Hisoblash natijalari kanal tezligi oshishi bilan paketni uzatish vaqti kamayishini ko‘rsatdi. Biroq haqiqiy tarmoq unumdorligi uzatish kechikishidan tashqari navbat, qayta ishlash, tarqalish va yo‘qotishlarga ham bog‘liq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. ITU-T Recommendation U.140. Definitions of essential technical terms relating to telegraph switching and signalling. International Telecommunication Union, 1988. https://www.itu.int/rec/T-REC-U.140

2. Braden, R. (Ed.). Requirements for Internet Hosts – Communication Layers. RFC 1122, IETF, 1989. https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1122

3. Tanenbaum, A. S., Wetherall, D. J. Computer Networks. 5th ed. Pearson, 2011.

4. Kurose, J. F., Ross, K. W. Computer Networking: A Top-Down Approach. 7th ed. Pearson, 2017.

5. Rosen, E., Viswanathan, A., Callon, R. Multiprotocol Label Switching Architecture. RFC 3031, IETF, 2001. https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3031

6. Comer, D. E. Internetworking with TCP/IP, Volume 1. 6th ed. Pearson, 2013.

7. ITU-T Recommendation Q.9. Vocabulary of switching and signalling terms. International Telecommunication Union, 1988.

8. Cisco Networking Academy. Switching in Communication Networks. ITU-T Workshop presentation, 2022.