MARSHRUTLASH PROTOKOLLARIDA ME'YORIY O'T-KAZISH QOBILIYATINI HISOBLASH USULLARI TAHLILI

Djabbarov Shuhrat
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, (Ma'lumot uzatish tarmoqlari va tizimlari kafedrasi o‘qituvchisi, dotsent, Tashkent, O‘zbekiston
Olimov Olimboy
Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti, Telekommunikatsiya injiniringi kafedrasi o‘qituvchi assistent, Urganch, O‘zbekiston,
olimjon9007@urdu.uz

Annotatsiya. *Maqolada RIP, OSPF, EIGRP va BGP protokollarida marsh-rutning me'yoriy o'tkazish qobiliyati (metrika, OSPF da cost) qanday hisoblanishi, router uni marshrutlash jadvaliga qanday o'tkazishi va me'yoriy o'tkazish qobiliyati parametri o'zgarganda jadvalda nima o'zgarishi tahlil qilingan. To'rt routerli halqa topologiyasi FRRouting 8.4.4 dasturiy routerlarida yig'ilib, to'rt tajriba o'tkazildi. RIP hoplar soni bo'yicha 100 Mbit/s li qisqa yo'lni tanladi va u uzilganda muqobil yo'lga 25–33 soniyada o'tdi. OSPF da tayanch o'tkazuvchanlik 100 dan 10 000 Mbit/s ga oshirilganda LAN4 tarmog'iga yo'l me'yoriy o'tkazish qobiliyati 2 dan 40 ga o'zgarib, 1 Gbit/s li kanallarga ko'chdi. EIGRP topologiya jadvali kompozit me'yoriy o'tkazish qobiliyati formulasini tasdiqladi, BGP da esa yo'l LOCAL_PREF va AS_PATH atributlari orqali boshqarildi. Cisco IOS uchun ekvivalent buyruqlar va platformalar orasidagi farqlar keltirilgan.*

Kalit so'zlar: *me'yoriy o'tkazish qobiliyati (metrika), RIP, OSPF cost, tayanch o'tkazuvchanlik, EIGRP, DUAL, BGP atributlari, ma'muriy masofa, marshrutlash jadvali, FRRouting.*

Abstract. *The paper analyses how RIP, OSPF, EIGRP and BGP compute route metrics, how a router transfers them into the routing table, and what changes in the table when a metric parameter is modified. A four-router ring topology was built with FRRouting 8.4.4 software routers and four experiments were run. RIP selected the shorter 100 Mbit/s path by hop count and switched to the alternative path 25–33 s after that link failed. In OSPF, raising the reference bandwidth from 100 to 10 000 Mbit/s changed the route to the LAN4 network from cost 2 to cost 40 and moved it onto the 1 Gbit/s links. The EIGRP topology table confirmed the composite metric formula, while in BGP the path was controlled through the LOCAL_PREF and*

AS_PATH attributes. Equivalent Cisco IOS commands and the differences between the platforms are given.

Keywords: *routing metric, RIP, OSPF cost, reference bandwidth, EIGRP, DUAL, BGP attributes, administrative distance, routing table, FRRouting.*

Kirish

Bir xil topologiyada ishlayotgan ikki marshrutlash protokoli bitta manzil uchun turli yo'llarni tanlashi mumkin. Buning sababi oddiy:

«eng yaxshi yo'l» tushunchasini har bir protokol o'zining me'yoriy o'tkazish qobiliyati (inglizcha metric; OSPF da cost) orqali belgilaydi. RIP (Routing Information Protocol) uchun yaxshi yo'l — kam hopli yo'l. OSPF (Open Shortest Path First) uchun — interfeys o'tkazuvchanligidan olingan me'yoriy o'tkazish qobiliyati yig'indisi kichik yo'l. EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) uchun — eng tor kanal va jami kechikishdan hisoblangan kompozit qiymati kichik yo'l. BGP (Border Gateway Protocol) da esa yagona me'yoriy o'tkazish qobiliyati yo'q: yo'l atributlar va siyosat qoidalari asosida tanlanadi.

Amaliyotda muammo ko'pincha protokolning o'zida emas, sukut bo'yicha qoldirilgan parametrlarda bo'ladi. Masalan, Cisco IOS (Internetwork Operating System) da OSPF tayanch o'tkazuvchanligi 100 Mbit/s. Shu sababli 100 Mbit/s va 1 Gbit/s interfeyslar bir xil me'yoriy o'tkazish qobiliyati oladi va router sekin kanalni tanlab

qo'yishi mumkin. Malik va Singh [3, 4] OSPF me'yoriy o'tkazish qobiliyatini o'zgartirish va tayanch o'tkazuvchanlikni sozlash yo'l tanlashga hamda konvergentsiyaga qanday ta'sir qilishini ko'rsatgan. Manzoor va boshqalar [1] EIGRP, OSPF va BGP o'rtasida marshrutlarni qayta taqsimlashda me'yoriy o'tkazish qobiliyatlari mos kelmasligidan kelib chiqadigan muammolarni tahlil qilgan. Frâncu va boshqalar [5] to'rt protokolni Packet Tracer va Cisco uskunalarida jadval yangilanishi va konvergentsiya bo'yicha solishtirgan. Cai va boshqalar [2] esa bir nechta protokol o'zaro ta'sirida marshrutlash jadvalini konfiguratsiyadan oldindan hisoblash vositasini taklif qilgan.

O'zbekistonlik mualliflarning ishlarida marshrutlash protokollari asosan umumiy sharh shaklida yoritilgan [6, 7, 10]. Matkurbonov va hammualliflari EIGRP da turli me'yoriy o'tkazish qobiliyatli yo'llar bo'ylab yuklamani muvozanatlash [11], zamonaviy marshrutlash protokollarida yuklamani taqsimlash [12] hamda ma'lumot uzatish tarmoqlarida axborot oqimlarini taqsimlash modellari va algoritmlarini [13] ko'rib chiqqan. Segment marshrutlash va SDN (Software-Defined Networking — dasturiy boshqariladigan tarmoq)

asosidagi yondashuvlar ham o'rganila boshlangan [8, 9]. Biroq bu ishlarda me'yoriy o'tkazish qobiliyati qiymatining jadvaldagi aniq yozuvga qanday aylanishi tajriba orqali kuzatilmagan.

Ushbu maqolaning maqsadi — to'rt protokolda me'yoriy o'tkazish qobiliyatini hisoblash mexanizmini tahlil qilish va to'rt routerli tarmoqda me'yoriy o'tkazish qobiliyati parametri o'zgarganda marshrutlash jadvali qanday o'zgarishini tajribada ko'rsatish. Tajriba FRRouting dasturiy routerlarida bajarildi. Natijalarni Cisco qurilmalarida takrorlash uchun ekvivalent IOS buyruqlari berildi.

Marshrutlash protokollarida me'yoriy o'tkazish qobiliyati tushunchasi va uning ahamiyati

Me'yoriy o'tkazish qobiliyati — marshrutlash protokoli bir manzilga olib boradigan bir nechta yo'lni solishtirish uchun ishlatadigan son. U faqat bitta protokol ichida ma'noga ega. RIP dagi 3 va OSPF dagi 3 bir-biriga taqqoslanmaydi, chunki biri hoplar sonini, ikkinchisi interfeys me'yoriy o'tkazish qobiliyatlarining yig'indisini bildiradi.

Router paketni qayerga yuborishni uch bosqichda hal qiladi. Avval eng uzun prefiks mosligi tekshiriladi: 192.168.4.0/24 yozuvi 192.168.0.0/16 dan ustun turadi, ularning me'yoriy o'tkazish qobiliyati qanday bo'lishidan qat'i nazar. Bir xil prefiks bir nechta manbadan kelsa, AD (Administrative Distance — ma'muriy masofa)

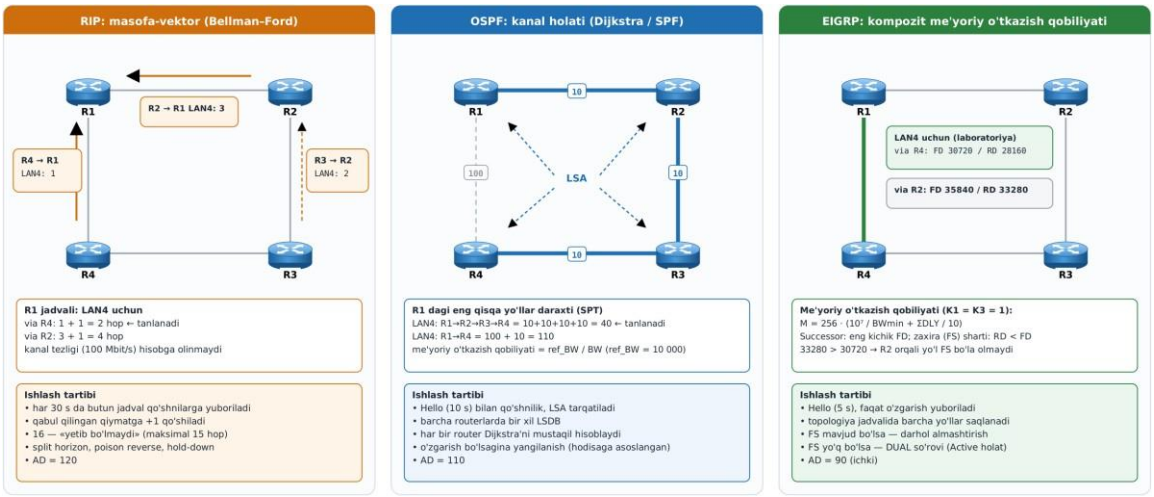
solishtiriladi. Cisco IOS da sukut qiymatlari: bevosita ulangan tarmoq — 0, statik — 1, eBGP — 20, ichki EIGRP — 90, OSPF — 110, RIP — 120,

tashqi EIGRP — 170, iBGP — 200. Faqat shundan keyin, bitta protokol ichida, me'yoriy o'tkazish qobiliyati solishtiriladi.

Shunday qilib, AD «qaysi protokolga ishonish kerak» degan savolga, me'yoriy o'tkazish qobiliyati esa «protokol ichida qaysi yo'l yaxshiroq» degan savolga javob beradi. Ikki yo'lning me'yoriy o'tkazish qobiliyati teng bo'lsa, router ularni ECMP (Equal-Cost Multipath — teng qiymatli ko'p yo'l) sifatida birga o'rnatadi va trafikni ular orasida taqsimlaydi [12].

Protokollar turli me'yoriy o'tkazish qobiliyatlaridan foydalanishining sababi ularning qanday sharoit uchun yaratilganida. RIP kichik tarmoqlar uchun mo'ljallangan; unda hisoblash va xotira tejalishi muhim bo'lgani uchun eng sodda o'lchov — hoplar soni olingan. OSPF tarmoqning to'liq xaritasini quradi, shuning uchun har bir kanalga o'tkazuvchanlikka bog'liq «narx» berish imkoni bor. EIGRP IGRP dan meros bo'lgan kompozit me'yoriy o'tkazish qobiliyatini saqlab, unga tez zaxira yo'l tanlash mexanizmini qo'shgan. BGP esa avtonom tizimlar orasida ishlaydi. U yerda

«tez» yo'ldan ko'ra kelishuv va siyosatga mos yo'l muhimroq. 1-rasmda dastlabki uch protokolning ishlash mexanizmi tajriba topologiyasi misolida ko'rsatilgan.



1-rasm. RIP, OSPF va EIGRP da LAN4 tarmog'iga yo'l tanlash mexanizmi (konseptual sxema; raqamlar 4-bo'limdagi tajribadan olingan)

tarmoqqa masofani qo'shnilaridan olgan ma'lumot

RIP, OSPF, EIGRP va BGP protokollarida me'yoriy o'tkazish qobiliyatini hisoblash usullari

2.1. RIP: hoplar soni

RIP masofa-vektor protokoli bo'lib, Bellman–Ford tenglamasiga asoslanadi [14]. x router y

asosida hisoblaydi:

$D_x(y) = min_{v \in N(x)}\{c(x,v) + D_v(y)\}$ (1) bu yerda N(x) — x ning qo'shnilari to'plami, c(x,v)

— qo'shnigacha bo'lgan masofa, D_v(y) — qo'shni e'lon qilgan masofa. RIP da c(x,v) = 1, ya'ni har bir router bitta hop hisoblanadi. Me'yoriy o'tkazish

qobiliyati 1 dan 15 gacha bo'ladi; 16 qiymati «yetib bo'lmaydi» degan ma'noni bildiradi. Natijada RIP diametri 15 hopdan katta tarmoqda ishlay olmaydi.

Router butun jadvalini har 30 soniyada qo'shnilarga yuboradi. Cisco IOS da yozuv 180 soniya yangilanmasa yaroqsiz deb belgilanadi, 240 soniyada o'chiriladi. Sekin yaqinlashish va

«cheksizgacha sanash» muammosini split horizon, poison reverse va triggered update mexanizmlari kamaytiradi, lekin to'liq yo'qotmaydi. RIP ning asosiy cheklovi tajribada aniq ko'rindi: 100 Mbit/s li bitta hop 1 Gbit/s li uchta hopdan

«yaxshiroq» hisoblanadi (4.1-bo'lim).

2.2. OSPF: o'tkazuvchanlikka asoslangan me'yoriy o'tkazish qobiliyati

OSPF kanal holati protokoli [15]. Har bir router o'z kanallari haqida LSA (Link-State Advertisement) e'lonlarini hudud bo'ylab tarqatadi. Barcha routerlar bir xil LSDB (Link-State Database) yig'adi va undan Dijkstra algoritmi bilan eng qisqa

yo'llar daraxtini (SPF) mustaqil quradi. Interfeys me'yoriy o'tkazish qobiliyati Cisco IOS da quyidagicha hisoblanadi:

$$C_i = max\left(1, \frac{B_{ref}}{B_i}\right), \qquad C_{yo'l} = \sum_{i \in yo'l} C_i \quad (2)$$

bu yerda B_ref — tayanch o'tkazuvchanlik (IOS sukuti 100 Mbit/s), B_i — interfeysga bandwidth buyrug'i bilan berilgan yoki sukut bo'yicha olingan qiymat; kasr butun songa yaxlitlanadi. Yo'l me'yoriy o'tkazish qobiliyati paket chiqib ketadigan interfeyslar me'yoriy o'tkazish qobiliyatlarining yig'indisidir. B_ref = 100 Mbit/s bo'lganda 100 Mbit/s, 1 Gbit/s va 10 Gbit/s interfeyslarning hammasi me'yoriy o'tkazish qobiliyati = 1 oladi va OSPF ularni farqlay olmaydi. Shuning uchun auto-cost reference-bandwidth qiymati tarmoqdagi eng tez interfeysdan kichik bo'lmasligi kerak. Muqobil usul — ip ospf cost buyrug'i bilan me'yoriy o'tkazish qobiliyatini interfeysga qo'lda yozish. Tayanch o'tkazuvchanlik barcha routerlarda bir xil bo'lishi shart. Aks holda routerlar bir kanalni turlicha baholaydi va yo'llar nosimmetrik bo'lib qoladi [4].

2.3. EIGRP: o'tkazuvchanlik va kechikishdan iborat kompozit me'yoriy o'tkazish qobiliyati

EIGRP — kengaytirilgan masofa-vektor protokoli. U yo'llarni DUAL (Diffusing Update Algorithm) yordamida hisoblaydi [16]. Klassik rejimda me'yoriy o'tkazish qobiliyati quyidagi formula bilan topiladi:

$$M = 256 \cdot \left[K_1 \cdot BW + \frac{K_2 \cdot BW}{256 - L} + K_3 \cdot DLY\right] \cdot k$$

$$k = \frac{K_5}{R + K_4} \ (K_5 \neq 0 \text{ bo'lsa}), \text{ aks holda } k = 1 \quad (3)$$

bu yerda BW = 10^7 / (yo'ldagi eng kichik o'tkazuvchanlik, kbit/s), DLY = yo'ldagi interfeys kechikishlari yig'indisi (mikrosekund) / 10, L — kanal yuklanishi (Load), R — ishonchlilik (Reliability). Sukut bo'yicha K1 = K3 = 1, K2 = K4 = K5 = 0; K5 = 0 bo'lganda k = 1 olinadi. Natijada formula M = 256 · (BW + DLY) ko'rinishiga keladi. Load (yuklanish) va Reliability (ishonchlilik) sukut bo'yicha ishlatilmaydi. Ular tez o'zgaradigan kattaliklar bo'lib, me'yoriy o'tkazish qobiliyatiga qo'shilsa yo'llar tez-tez almashib turadi. K-koeffitsiyentlar qo'shni routerlarda bir xil bo'lmasa, qo'shnilik o'rnatilmaydi.

Formuladagi ikki had birgalikda ishlaydi. O'tkazuvchanlik yo'l bo'yicha jamlanmaydi, faqat eng tor kanal hisobga olinadi. Kechikish esa har bir kanalda qo'shilib boradi. Natijada tor kanalli yo'l bitta tor kanal tufayli jarimaga tushadi, ko'p bo'g'inli yo'l esa har bir qo'shimcha bo'g'in uchun kechikish qo'shib boradi. EIGRP yo'llarni ikki qiymat bilan baholaydi. FD (Feasible Distance) — routerning manzilgacha to'liq me'yoriy o'tkazish qobiliyati. RD (Reported Distance) — qo'shni

o'zidan manzilgacha deb e'lon qilgan me'yoriy o'tkazish qobiliyati. Eng kichik FD li yo'l successor, ya'ni asosiy yo'l hisoblanadi. RD < FD shartini bajaradigan boshqa yo'l FS (Feasible Successor) bo'lib, asosiy yo'l uzilganda qo'shimcha so'rovsiz darhol ishlatiladi. FS bo'lmasa, router Active holatga o'tib, qo'shnilarga so'rov yuboradi. FS sifatida saqlangan yo'llar variance buyrug'i bilan teng bo'lmagan yuklama taqsimotida ham ishlatiladi. Bu mexanizm Cisco routerlari misolida [11] ishda ko'rib chiqilgan.

BGP: yo'l atributlari va siyosat

BGP — yo'l-vektor protokoli [17]. U har bir prefiks uchun AS_PATH (prefiks bosib o'tgan avtonom tizimlar ro'yxati), NEXT_HOP, LOCAL_PREF, MED (Multi-Exit Discriminator), ORIGIN kabi atributlarni uzatadi. AS_PATH ichida routerning o'z AS raqami uchrasa, yo'l halqa sifatida rad etiladi. BGP da RIP yoki OSPF dagidek yagona son yo'q: eng yaxshi yo'l atributlarni ketma-ket solishtirish bilan tanlanadi. Cisco IOS dagi tartib: katta Weight (Cisco ga xos, faqat lokal) → katta LOCAL_PREF → router o'zi kiritgan yo'l → qisqa AS_PATH → kichik ORIGIN (IGP < EGP <

incomplete) → kichik MED → eBGP ning iBGP dan ustunligi → NEXT_HOP gacha kichik IGP me'yoriy o'tkazish qobiliyati → eski eBGP yo'li → kichik router-ID.

Bu ro'yxatda inglizcha «metric» deb ataladigan, ya'ni me'yoriy o'tkazish qobiliyatiga nomi bilan yaqin yagona atribut — MED. U faqat oltinchi qadamda va sukut bo'yicha faqat bitta qo'shni AS dan kelgan yo'llar orasida solishtiriladi. Shuning uchun BGP atributlarini IGP me'yoriy o'tkazish

qobiliyati kabi qo'shib yoki o'lchov birligiga keltirib bo'lmaydi. Yuqoridagi bosqichdagi farq quyidagi bosqichlarni umuman tekshirtirmaydi. Bundan tashqari, NEXT_HOP ga IGP orqali yetib bo'lmasa,

yo'l eng yaxshi deb tanlanmaydi. 1-jadvalda to'rt protokolning me'yoriy o'tkazish qobiliyati mexanizmlari umumlashtirilgan.

1-jadval

Marshrutlash protokollarida me'yoriy o'tkazish qobiliyatlarini hisoblash usullari

Protokol	**Algoritm**	**Asosiy me'yoriy o'tkazish qobiliyati**	**Me'yoriy o'tkazish qobiliyatini hisoblash usuli**	**Eng maqbul marshrut sharti**	**Qo'llanilish sohasi**
RIP v2	Masofa-vektor, Bellman–Ford	Hoplar soni (1–15; 16 = yetib bo'lmaydi)	Qo'shni e'lon qilgan qiymat + 1	Eng kam hop	Kichik, bir jinsli tarmoqlar, o'quv laboratoriyalari

OSPF v2	Kanal holati, Dijkstra (SPF)	Me'yoriy o't-kazish qobili-yati	C = max(1, B_ref / B_i); yo'l me'yoriy o't-kazish qobiliyati chiquvchi interfeyslar yig'indisi	Eng kichik jami me'yoriy o't-kazish qobiliyati; teng bo'lsa ECMP	Korporativ va operator tar-moqlari, ko'p ishlab chiqaruvchili muhit
EIGRP	Kengaytiril-gan masofa-vektor, DUAL	Kompozit (BW, DLY; ixtiyoriy Load, Reliability)	$M = 256 \cdot (10^7/BW_{min} + \Sigma DLY/10)$ (sukut K-qiymatlar)	Eng kichik FD (successor); zaxira uchun RD < FD	Asosan Cisco qurilmalaridan iborat korporativ tarmoqlar
BGP-4	Yo'l-vektor	Yagona me'yo-riy o'tkazish qobiliyati yo'q; atributlar (MED — ulardan biri)	Atributlar ketma-ket solishtiriladi (Weight, LOCAL_PREF, AS_PATH, ORIGIN, MED, ...)	Best Path tarti-bida birinchi farq qilgan atribut	Avtonom tizimlar orasida, provayderlar, Internet

Router qurilmalarida marshrutlash protokollarini sozlash va marshrutlash jadvalini shakllantirish

Routerda ikki tekislik ajratiladi. Boshqaruv tekisligida (control plane) protokol jarayonlari ishlaydi: ular qo'shnilar bilan axborot almashadi, me'yoriy o'tkazish qobiliyatini hisoblaydi va har biri o'zining eng yaxshi yo'llarini tanlaydi. Bu yo'llar RIB (Routing Information Base) ga taqdim etiladi. RIB bir prefiks uchun bir nechta protokoldan kelgan nomzodlar orasidan AD bo'yicha bittasini tanlaydi va show ip route da ko'rinadigan jadvalni hosil qiladi. Tanlangan yozuvlar FIB (Forwarding Information Base) ga, Cisco da CEF (Cisco Express Forwarding) jadvaliga ko'chiriladi. Ma'lumotlar tekisligi (data plane) har bir paketni RIB ga murojaat qilmasdan, aynan shu FIB va qo'shni L2 manzillari jadvali asosida uzatadi.

Jadvaldagi har bir yozuv bir xil maydonlardan iborat: protokol kodi (C, S, R, O, D, B), manzil

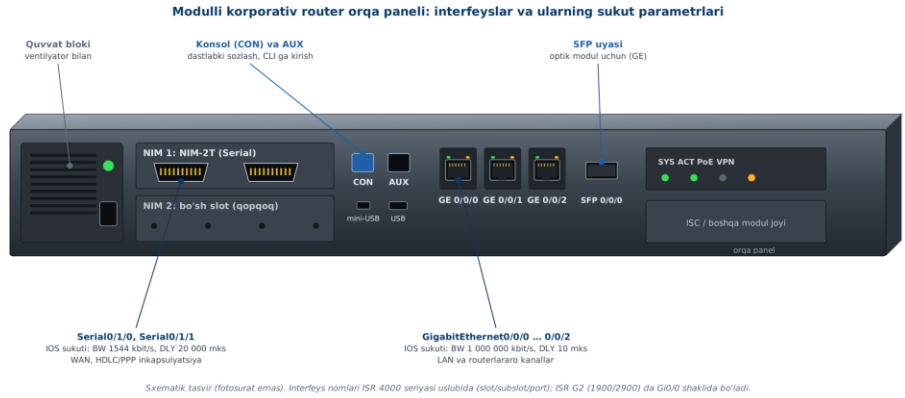
tarmog'i va prefiks uzunligi, kvadrat qavsdagi [AD/me'yoriy o'tkazish qobiliyati] jufti, keyingi hop (next hop) va chiqish interfeysi. Masalan, O 192.168.4.0/24 [110/40] via 10.0.12.2,

Gi0/1 yozuvi shuni bildiradi: tarmoq OSPF dan o'rganilgan, AD = 110, me'yoriy o'tkazish qobiliyati

= 40, paket 10.0.12.2 qo'shnisiga Gi0/1 orqali yuboriladi. Cisco da EIGRP kodi D harfi bilan ko'rsatiladi; FRRouting da esa E harfi ishlatiladi.

OSPF va EIGRP me'yoriy o'tkazish qobiliyati interfeysning bandwidth va delay qiymatlaridan olinadi. Bu qiymatlar faqat axborot uchun: ular kanal tezligini cheklamaydi, faqat protokol hisobiga kiradi. show interfaces chiqishida BW va

DLY maydonlari ko'rsatiladi. Masalan, Cisco IOS da GigabitEthernet uchun sukut qiymatlari BW = 1 000 000 kbit/s va DLY = 10 mks, ketma-ket (Serial) interfeys uchun BW = 1544 kbit/s va DLY = 20 000 mks. 2-rasmda modulli korporativ router-erning interfeyslari va ularning sukut parametrlari ko'rsatilgan.



2-rasm. Modulli korporativ router orqa paneli: Ethernet, Serial, konsol interfeyslari va ularning me'yoriy o'tkazish qobiliyatiga ta'sir qiluvchi sukut parametrlari (sxematik tasvir)

Interfeys ishdan chiqqanda jarayon quyidagicha kechadi. Avval bevosita ulangan yo'l jadvaldan o'chadi. So'ng shu interfeys orqali o'tgan barcha yo'llar yaroqsiz bo'ladi va protokol muqobil yo'lni izlaydi. Bu jarayonning tezligi protokolga bog'liq. OSPF da kanal signali yo'qolsa, qo'shnilik darhol uziladi va SPF qayta hisoblanadi. Signal yo'qolmay, faqat qo'shni javob bermay qolsa, uzilish Dead taymeri (sukut bo'yicha 40 s) tugagach aniqlanadi. EIGRP da FS mavjud bo'lsa, almashtirish darhol bajariladi. RIP esa qo'shnining navbatdagi yangilanishini kutadi.

Noto'g'ri konfiguratsiya jadvalga darhol ta'sir qiladi. Tajriba davomida biz buni bevosita kuzatdik. OSPF tayanch o'tkazuvchanligi routerlarda ketma-

ket o'zgartirilayotganda, R1 barcha qo'shnilar yangi me'yoriy o'tkazish qobiliyati bilan LSA yuborib bo'lmagan oraliqda LAN4 ga yo'lni bir necha soniya me'yoriy o'tkazish qobiliyati = 110 bilan sekin kanal orqali hisobladi. Xuddi shu holat bir router o'zgartirilmay qolganda doimiy bo'lib qoladi. Boshqa tipik xatolar: bandwidth qiymatini noto'g'ri birlikda kiritish (Cisco da kbit/s, FRRouting da Mbit/s), OSPF network buyrug'ida noto'g'ri wildcard-niqob tufayli interfeysning hududga kirmay qolishi va RIP v2 da no auto-summary qoldirib ketilishi. Oxirgisi uzilgan (discontiguous) tarmoqlarda noto'g'ri yig'ma yo'l hosil qiladi. 2-jadvalda protokollarni sozlashning asosiy buyruqlari keltirilgan.

2-jadval

Routerlarda marshrutlash protokollarini sozlash (Cisco IOS)

Protokol	Asosiy konfiguratsiya buyruqlari	Tekshirish buyruqlari	Jadvaldagi belgisi	Sozlashdagi muhim jihatlar

RIP v2	router rip version 2 no auto-summary network 10.0.0.0	show ip route rip show ip rip database show ip protocols	R	Tarmoq klassful ko'rinishda yoziladi; LAN interfeysiga passive-interface
OSPF	router ospf 1 router-id 1.1.1.1 auto-cost reference-band-width 10000 network 10.0.12.0 0.0.0.3 area 0	show ip ospf neigh-bor show ip ospf in-terface brief show ip route ospf	O, O IA, O E2	Tayanch o'tkazuvchanlik barcha routerlarda bir xil; wildcard-niqob aniq
EIGRP	router eigrp 100 network 10.0.12.0 0.0.0.3 interface Gi0/1 → band-width, delay	show ip eigrp neigh-bors show ip eigrp topology [all-links] show ip route eigrp	D, D EX	AS raqami va K-qiymatlar qo'shnilarda bir xil; delay o'nlab mks da beriladi
BGP	router bgp 65001 neighbor 10.0.12.2 re-mote-as 65002 network 192.168.1.0 mask 255.255.255.0	show ip bgp sum-mary show ip bgp show ip route bgp	B	network prefiksi RIB da ay-nan shunday bo'lishi kerak; siyosat route-map orqali

Amaliy tajriba va natijalar tahlili

Tajriba muhiti. Topshiriqda tajribani GNS3 (Graphical Network Simulator-3) muhitida Cisco routerlarida o'tkazish ko'zda tutilgan edi. GNS3 uchun litsenziyali Cisco IOS tasvirlari mavjud

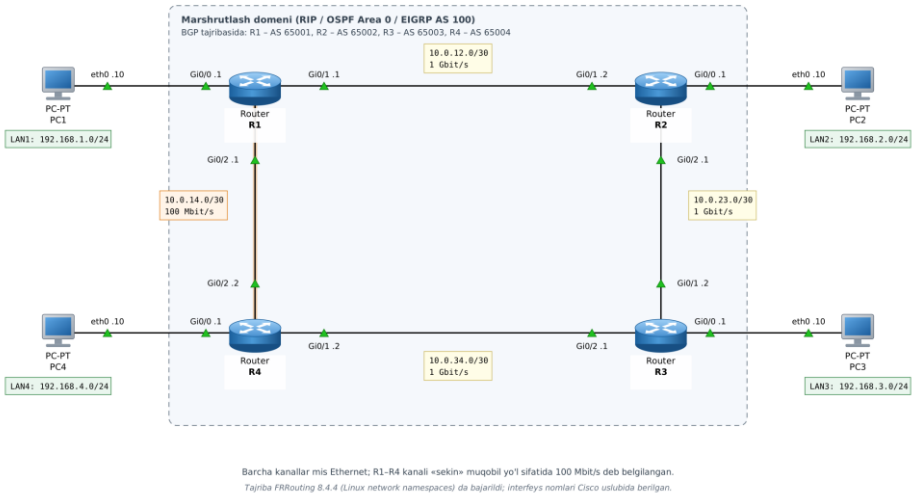
bo'lmagani sababli tajriba ochiq kodli FRRouting

8.4.4 dasturiy router to'plamida bajarildi. Routerlar Ubuntu 24.04 operatsion tizimida (Linux yadrosi 6.18) alohida tarmoq nomfazolarida (network namespaces) ishga tushirildi. Kanallar virtual Ethernet juftliklari (veth) orqali ulandi. FRRouting

buyruq qatori Cisco IOS ga yaqin: show ip route, router ospf, network, neighbor ... remote-as kabi buyruqlar bir xil ma'noga ega. Maqoladagi barcha CLI (Command Line Interface) chiqishlari shu tajribadan olingan haqiqiy natijalardir. Cisco IOS buyruqlari ekvivalent sifatida berilgan va Cisco qurilmasida bajarilmagan.

Topologiya. To'rtta router halqa shaklida ulangan: R1–R2–R3–R4 zanjiri va R1–R4 muqobil

kanali (3-rasm). R1–R4 kanaliga 100 Mbit/s, qolgan kanallarga 1 Gbit/s o'tkazuvchanlik berildi. Har bir routerda bitta LAN tarmog'i va unga ulangan kompyuter (PC) bor. Shu tuzilish tufayli R1 dan LAN4 ga ikki yo'l mavjud: qisqa, lekin sekin R1→R4 yo'li va uzun, lekin tez R1→R2→R3→R4 yo'li. Aynan shu tanlov to'rt protokol me'yoriy o'tkazish qobiliyatining farqini ochib beradi. Inter-feyslar va IP-manzillar 3-jadvalda keltirilgan.



3-rasm. Tajriba topologiyasi: to'rt router, to'rt LAN va ikki muqobil yo'l (FRRouting 8.4.4; interfeys nomlari Cisco uslubida)

3-jadval

Router interfeyslari va IP-manzillash rejasi

Router	Interfeys	IP-manzil / prefix	Qo'shni	O't-kazuvchanlik	Vazifasi
R1	Gi0/0 Gi0/1 Gi0/2	192.168.1.1/24 10.0.12.1/30 10.0.14.1/30	PC1 (.10) R2 Gi0/1 R4 Gi0/2	1 Gbit/s 1 Gbit/s 100 Mbit/s	LAN1 asosiy yo'l muqobil (sekin) yo'l
R2	Gi0/0 Gi0/1 Gi0/2	192.168.2.1/24 10.0.12.2/30 10.0.23.1/30	PC2 (.10) R1 Gi0/1 R3 Gi0/1	1 Gbit/s 1 Gbit/s 1 Gbit/s	LAN2 R1 bilan R3 bilan
R3	Gi0/0 Gi0/1 Gi0/2	192.168.3.1/24 10.0.23.2/30 10.0.34.1/30	PC3 (.10) R2 Gi0/2 R4 Gi0/1	1 Gbit/s 1 Gbit/s 1 Gbit/s	LAN3 R2 bilan R4 bilan
R4	Gi0/0 Gi0/1 Gi0/2	192.168.4.1/24 10.0.34.2/30 10.0.14.2/30	PC4 (.10) R3 Gi0/2 R1 Gi0/2	1 Gbit/s 1 Gbit/s 100 Mbit/s	LAN4 R3 bilan muqobil (sekin) yo'l

Har bir tajriba bir xil tartibda o'tkazildi: protokol sozlandi, jadval barqarorlashgani tekshirildi (u kamida 15–30 s o'zgarmay turishi kerak edi), so'ng boshlang'ich holat qayd etildi. Keyin bitta parametr o'zgartirildi yoki kanal uzildi va jadval qayta yozib olindi. Yo'lning haqiqatda o'zgarganini PC1 dan PC4 (192.168.4.10) ga traceroute bilan tekshirildi.

1-tajriba: RIP v2

Maqsad: hoplar soniga asoslangan me'yoriy o'tkazish qobiliyati o'tkazuvchanlikni hisobga olmasligini va kanal uzilganda RIP qanday

tiklanishini ko'rsatish. Barcha routerlarda bir xil buyruqlar berildi (R1 misolida, FRRouting):

```
router rip ver-
 sion 2
 network 10.0.0.0/8
 network 192.168.1.0/24
 passive-interface g0-0
```

Cisco IOS da bunga router rip, version 2, no auto-summary, network 10.0.0.0, network 192.168.1.0 va passive-interface GigabitEthernet0/0 buyruqlari mos keladi.

Natija 4-rasmda keltirilgan. Boshlang'ich holatda R1 LAN4 ga bo'lgan yo'lni me'yoriy o'tkazish qobiliyati = 2 bilan R4 orqali, ya'ni 100 Mbit/s li kanal orqali o'rnatdi. R2 orqali yo'lning

me'yoriy o'tkazish qobiliyati 4 bo'lgani uchun u jadvalga kirmadi. R1 ning Gi0/2 interfeysi o'chirilgandan keyin 10.0.14.0/30 tarmog'i me'yoriy o'tkazish qobiliyati = 16 bilan belgilandi, ya'ni «yetib bo'lmaydi» deb e'lon qilindi. LAN4 ga yo'l esa me'yoriy o'tkazish qobiliyati = 4 bilan R2 orqali tiklandi. traceroute paket R2, R3 va R4 orqali o'tganini tasdiqladi.

Ikki marta takrorlangan tajribada muqobil yo'l 33 va 25 soniyadan keyin paydo bo'ldi. Bu RIP ning 30 soniyalik davriy yangilanishiga mos keladi. R1

mavjud yo'lni yo'qotgach, R2 navbatdagi davriy e'lonni yuborgunicha yangi yo'lni bilmaydi. Shu vaqt ichida LAN4 ga yuborilgan paketlar yo'qoladi.

Bir texnik izoh: FRRouting RFC 2453 ga muvofiq bevosita ulangan tarmoqni me'yoriy o'tkazish qobiliyati = 1 bilan hisoblaydi, shuning uchun qo'shni LAN me'yoriy o'tkazish qobiliyati = 2 bilan ko'rinadi. Cisco IOS da xuddi shu yozuvlar bittaga kam ko'rsatiladi (R4 orqali — 1, R2 orqali — 3). Yo'l tanlash natijasi o'zgarmaydi.

a) Kanal uzilishidan oldin

R1 / PC1 — RIPv2, barqaror holat (FRRouting 8.4.4)

```
R1# show ip rip

     Network           Next Hop         Metric From            Tag Time
C(i) 10.0.12.0/30      0.0.0.0               1 self              0
C(i) 10.0.14.0/30      0.0.0.0               1 self              0
R(n) 10.0.23.0/30      10.0.12.2             2 10.0.12.2         0 02:50
R(n) 10.0.34.0/30      10.0.14.2             2 10.0.14.2         0 02:57
C(i) 192.168.1.0/24    0.0.0.0               1 self              0
R(n) 192.168.2.0/24    10.0.12.2             2 10.0.12.2         0 02:50
R(n) 192.168.3.0/24    10.0.12.2             3 10.0.12.2         0 02:50
R(n) 192.168.4.0/24    10.0.14.2             2 10.0.14.2         0 02:57

PC1$ traceroute -n -q1 -w1 -m 6 192.168.4.10
traceroute to 192.168.4.10 (192.168.4.10), 6 hops max, 60 byte packets
 1  192.168.1.1  0.078 ms
 2  10.0.14.2  0.016 ms
 3  192.168.4.10  0.035 ms
```

b) R1-R4 kanali uzilgandan keyin

R1 / PC1 — R1 Gi0/2 (R1-R4) o'chirilgandan keyin

```
R1# show ip rip

     Network           Next Hop         Metric From            Tag Time
C(i) 10.0.12.0/30      0.0.0.0               1 self              0
C(i) 10.0.14.0/30      0.0.0.0              16 self              0 01:30
R(n) 10.0.23.0/30      10.0.12.2             2 10.0.12.2         0 02:55
R(n) 10.0.34.0/30      10.0.12.2             3 10.0.12.2         0 02:55
C(i) 192.168.1.0/24    0.0.0.0               1 self              0
R(n) 192.168.2.0/24    10.0.12.2             2 10.0.12.2         0 02:55
R(n) 192.168.3.0/24    10.0.12.2             3 10.0.12.2         0 02:55
R(n) 192.168.4.0/24    10.0.12.2             4 10.0.12.2         0 02:55

PC1$ traceroute -n -q1 -w1 -m 6 192.168.4.10
traceroute to 192.168.4.10 (192.168.4.10), 6 hops max, 60 byte packets
 1  192.168.1.1  0.160 ms
 2  10.0.12.2  0.115 ms
 3  10.0.23.2  0.097 ms
 4  10.0.34.2  0.078 ms
 5  192.168.4.10  0.062 ms
```

4-rasm. RIP v2: R1 ning «show ip rip» jadvali va PC1 dan «traceroute» natijasi — a) uzilishdan oldin, b) R1–R4 kanali uzilgandan keyin (FRRouting 8.4.4 dagi haqiqiy chiqish; Codes izohlari qisqartirilgan)

2-tajriba: OSPF va tayanch o'tkazuvchanlik Maqsad: tayanch o'tkazuvchanlik qiymatining

interfeys me'yoriy o'tkazish qobiliyatiga va marshrut

tanlashga ta'sirini aniqlash. Interfeyslarga o'tkazuvchanlik bandwidth buyrug'i bilan berildi: R1–R4 kanaliga 100 Mbit/s, qolganlarga 1000 Mbit/s. Birinchi bosqichda Cisco IOS sukutini takrorlash uchun auto-cost reference-bandwidth 100 aniq yozildi. Bunga sabab bor: tajribada auto-cost buyrug'i berilmaganda FRRouting 8.4.4 1 Gbit/s interfeysga 100, 100 Mbit/s interfeysga 1000 qiymatli me'yoriy o't-kazish

qobiliyati berdi, ya'ni uning sukut qiymati IOS nikidan farq qiladi. R1 konfig-uratsiyasi:

```
! FRR: bandwidth Mbit/s da;
! Cisco IOS: bandwidth 100000 (kbit/s) inter-
face g0-2
 bandwidth 100
router ospf
 ospf router-id 1.1.1.1
 auto-cost reference-bandwidth 100
 network 10.0.0.0/8 area 0 net-
 work 192.168.1.0/24 area 0
```

Natijalar 5-rasmda. B_ref = 100 Mbit/s da (2) formula bo'yicha ikkala inter-feysning me'yoriy o'tkazish qobiliyati 1 ga teng bo'ldi (100/1000 = 0,1

→ 1 va 100/100 = 1). Shu sababli OSPF xuddi RIP kabi LAN4 ga 100 Mbit/s li qisqa yo'lni tanladi (me'yoriy o'tkazish qobiliyati 1 + 1 = 2). LAN3 ga esa R2 va R4 orqali ikkita teng qiymatli yo'l (me'yoriy o'tkazish qobiliyati 3) hosil bo'ldi va

ECMP sifatida jadvalga birga yozildi. Demak, trafikning bir qismi sekin kanalga yo'naltirilgan.

Barcha routerlarda auto-cost reference-bandwidth 10000 buyrug'i berilgandan keyin me'yoriy o'tkazish qobiliyatlari 10 (1 Gbit/s) va 100 (100 Mbit/s) bo'ldi. LAN4 ga yo'l R2 va R3 orqali o'tdi: 10 + 10 + 10 + 10 = 40. Bu R4 orqali to'g'ridan-to'g'ri yo'ldan (100 + 10 = 110) arzon. LAN3 dagi

ECMP yo'qoldi: R2 orqali yo'l 30, R4 orqali 120 bo'ldi. Buyruq berilgandan taxminan 9 soniya o'tib jadval o'zgarmay qoldi. R1–R2 kanali uzilganda R1 LAN4 ga yo'lni me'yoriy o'tkazish qobiliyati = 110 bilan R4 orqali darhol qayta hisobladi, chunki virtual kanal signali yo'qolishi bilan qo'shnilik uzildi.

a) Tayanch o'tkazuvchanlik 100 Mbit/s

R1 — OSPF, auto-cost reference-bandwidth 100 (Cisco IOS sukut qiymati)

```
R1# show ip ospf interface g0-1
  ifindex 40, MTU 1500 bytes, BW 1000 Mbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Router ID 1.1.1.1, Network Type BROADCAST, Cost: 1
  ... (chiqishning qolgan qismi qisqartirildi)
R1# show ip ospf interface g0-2
  ifindex 46, MTU 1500 bytes, BW 100 Mbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Router ID 1.1.1.1, Network Type BROADCAST, Cost: 1
  ... (chiqishning qolgan qismi qisqartirildi)

R1# show ip route ospf

O   10.0.12.0/30 [110/1] is directly connected, g0-1, weight 1, 00:01:26
O   10.0.14.0/30 [110/1] is directly connected, g0-2, weight 1, 00:00:46
O>* 10.0.23.0/30 [110/2] via 10.0.12.2, g0-1, weight 1, 00:00:41
O>* 10.0.34.0/30 [110/2] via 10.0.14.2, g0-2, weight 1, 00:00:41
O   192.168.1.0/24 [110/1] is directly connected, g0-0, weight 1, 00:01:26
O>* 192.168.2.0/24 [110/2] via 10.0.12.2, g0-1, weight 1, 00:00:41
O>* 192.168.3.0/24 [110/3] via 10.0.12.2, g0-1, weight 1, 00:00:31
  *                        via 10.0.14.2, g0-2, weight 1, 00:00:31
O>* 192.168.4.0/24 [110/2] via 10.0.14.2, g0-2, weight 1, 00:00:41

PC1$ traceroute -n -q1 -w1 -m 6 192.168.4.10
traceroute to 192.168.4.10 (192.168.4.10), 6 hops max, 60 byte packets
 1  192.168.1.1  0.058 ms
 2  10.0.14.2  0.012 ms
 3  192.168.4.10  0.026 ms
```

b) Tayanch o'tkazuvchanlik 10 000 Mbit/s

R1 — OSPF, auto-cost reference-bandwidth 10000

```
R1# show ip ospf interface g0-1
  ifindex 40, MTU 1500 bytes, BW 1000 Mbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Router ID 1.1.1.1, Network Type BROADCAST, Cost: 10
  ... (chiqishning qolgan qismi qisqartirildi)
R1# show ip ospf interface g0-2
  ifindex 46, MTU 1500 bytes, BW 100 Mbit <UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>
  Router ID 1.1.1.1, Network Type BROADCAST, Cost: 100
  ... (chiqishning qolgan qismi qisqartirildi)

R1# show ip route ospf

O   10.0.12.0/30 [110/10] is directly connected, g0-1, weight 1, 00:00:40
O   10.0.14.0/30 [110/100] is directly connected, g0-2, weight 1, 00:00:31
O>* 10.0.23.0/30 [110/20] via 10.0.12.2, g0-1, weight 1, 00:00:31
O>* 10.0.34.0/30 [110/30] via 10.0.12.2, g0-1, weight 1, 00:00:31
O   192.168.1.0/24 [110/10] is directly connected, g0-0, weight 1, 00:00:40
O>* 192.168.2.0/24 [110/20] via 10.0.12.2, g0-1, weight 1, 00:00:40
O>* 192.168.3.0/24 [110/30] via 10.0.12.2, g0-1, weight 1, 00:00:31
O>* 192.168.4.0/24 [110/40] via 10.0.12.2, g0-1, weight 1, 00:00:31

PC1$ traceroute -n -q1 -w1 -m 6 192.168.4.10
traceroute to 192.168.4.10 (192.168.4.10), 6 hops max, 60 byte packets
 1  192.168.1.1  0.043 ms
 2  10.0.12.2  0.015 ms
 3  10.0.23.2  0.018 ms
 4  10.0.34.2  0.017 ms
 5  192.168.4.10  0.017 ms
```

5-rasm. OSPF: R1 dagi interfeys me'yoriy o'tkazish qobiliyatlari, «show ip route ospf» va «traceroute» — a) reference-bandwidth 100, b) reference-bandwidth 10 000 (FRRouting 8.4.4 dagi haqiqiy chiqish)

3-tajriba: EIGRP

Maqsad: EIGRP kompozit me'yoriy o'tkazish qobiliyatini, successor va FS tanlanishini tekshirish. Konfiguratsiya: router eigrp 100, network 10.0.0.0/8, network 192.168.1.0/24,

passive-interface g0-0. 6-rasmdagi topologiya jadvali (3) formulani aniq tasdiqlaydi. FRRouting eigrpd interfeyslarga BW = 100 000 kbit/s va DLY = 100 mks qiymatini berdi, bu Cisco ning FastEthernet sukutiga teng. Natijada:

bevosita ulangan tarmoq: $256 \cdot (10^7/100\,000 + 100/10) = 256 \cdot 110 = 28\,160$;

bir hopdagi LAN (LAN4, R4 orqali): $256 \cdot (100 + 20) = 30\,720$;

uch hopdagi yo'l (LAN4, R2 orqali): $256 \cdot (100 + 40) = 35\,840$.

LAN4 uchun successor — R4 (FD = 30 720). R2 orqali yo'lning RD qiymati 33 280. Bu FD dan katta, ya'ni RD < FD sharti bajarilmaydi, shuning uchun bu yo'l FS bo'la olmaydi. R1 uni topologiya jadvalida saqlaydi, lekin R1–R4 kanali uzilsa, avval DUAL so'rovini yuborishi kerak. LAN3 ga ikki yo'lning FD qiymatlari teng (33 280), shuning uchun ikkalasi ham successor sifatida jadvalga kirdi.

EIGRP topologiya jadvali va marshrutlash jadvali

```
R1 — EIGRP AS 100 (FRRouting 8.4.4 eigrpd)
R1# show ip eigrp topology all-links

EIGRP Topology Table for AS(100)/ID(1.1.1.1)

P  10.0.12.0/30, 1 successors, FD is 28160, serno: 0
       via Connected, g0-1
P  10.0.14.0/30, 1 successors, FD is 28160, serno: 0
       via Connected, g0-2
P  10.0.23.0/30, 1 successors, FD is 30720, serno: 0
       via 10.0.12.2 (30720/28160), g0-1
       via 10.0.14.2 (33280/30720), g0-2
P  10.0.34.0/30, 1 successors, FD is 30720, serno: 0
       via 10.0.14.2 (30720/28160), g0-2
       via 10.0.12.2 (33280/30720), g0-1
P  192.168.1.0/24, 1 successors, FD is 28160, serno: 0
       via Connected, g0-0
P  192.168.2.0/24, 1 successors, FD is 30720, serno: 0
       via 10.0.12.2 (30720/28160), g0-1
       via 10.0.14.2 (35840/33280), g0-2
P  192.168.3.0/24, 2 successors, FD is 33280, serno: 0
       via 10.0.12.2 (33280/30720), g0-1
       via 10.0.14.2 (33280/30720), g0-2
P  192.168.4.0/24, 1 successors, FD is 30720, serno: 0
       via 10.0.14.2 (30720/28160), g0-2
       via 10.0.12.2 (35840/33280), g0-1

R1# show ip route eigrp

E   10.0.12.0/30 [90/28160] is directly connected, g0-1, weight 1, 00:00:16
E   10.0.14.0/30 [90/28160] is directly connected, g0-2, weight 1, 00:00:16
E>* 10.0.23.0/30 [90/30720] via 10.0.12.2, g0-1, weight 1, 00:00:16
E>* 10.0.34.0/30 [90/30720] via 10.0.14.2, g0-2, weight 1, 00:00:16
E   192.168.1.0/24 [90/28160] is directly connected, g0-0, weight 1, 00:00:16
E>* 192.168.2.0/24 [90/30720] via 10.0.12.2, g0-1, weight 1, 00:00:16
E>* 192.168.3.0/24 [90/33280] via 10.0.12.2, g0-1, weight 1, 00:00:16
  *                           via 10.0.14.2, g0-2, weight 1, 00:00:16
E>* 192.168.4.0/24 [90/30720] via 10.0.14.2, g0-2, weight 1, 00:00:16
```

6-rasm. EIGRP: R1 ning «show ip eigrp topology all-links» va «show ip route eigrp» chiqishi (FRRouting 8.4.4 dagi haqiqiy chiqish; FRRouting EIGRP yo'llarini E belgisi bilan ko'rsatadi, Cisco IOS da D)

Cheklov. FRRouting 8.4.4 ning eigrpd moduli interfeys bandwidth qiymatini me'yoriy o'tkazish qobiliyatiga olmadi. delay qiymati ishlab turgan tizimda o'zgartirilganda esa topologiya jadvalida noto'g'ri keyingi hop (33.0.0.0) paydo bo'ldi va LAN4 bilan aloqa uzildi. Shu sababli o'tkazuvchanlik va kechikish o'zgarishining ta'siri bu muhitda o'lchanmadi. Uni (3) formula bo'yicha Cisco IOS sukut qiymatlari uchun hisobladik. Bu natijalar tajriba emas, hisob-kitobdir va GNS3 da IOSv bilan tekshirilishi kerak.

Hisob shartlari: GigabitEthernet BW = 1 000 000 kbit/s, DLY = 10 mks; R1–R4 kanaliga bandwidth 100000 berilgan, kechikish 10 mks da qoladi. R4 orqali yo'l: $256 \cdot (10^7/100\,000 + 20/10) = 256 \cdot 102 = 26\,112$. R2 orqali yo'l: $256 \cdot (10 + 40/10) = 3\,584$. Demak, successor — R2. R4 ning e'lon qilgan masofasi RD = $256 \cdot (10 + 1) = 2\,816 < 3\,584$, shuning uchun R4 orqali yo'l FS bo'ladi. Endi R1 Gi0/1 ga delay 100 (1000 mks) berilsa, R2 orqali yo'l $256 \cdot (10 + 1030/10) = 28\,928$ ga oshadi va successor R4 ga o'tadi (26 112). Bu misol ikki parametrning birgalikdagi rolini ko'rsatadi: o'tkazuvchanlik sekin kanalni jarimaga tortdi, lekin bitta kanaldagi katta kechikish natijani teskari tomonga o'zgartirdi.

4-tajriba: eBGP

Maqsad: BGP da yo'l me'yoriy o'tkazish qobiliyati bilan emas, atributlar bilan tanlanishini ko'rsatish. Har bir router alohida avtonom tizimga joylashtirildi (R1 — AS 65001, ..., R4 — AS 65004) va har bir kanalda eBGP sessiyasi o'rnatildi.

FRRouting 8.x da eBGP qo'shnisidan yo'l qabul qilish va unga yuborish uchun siyosat talab qilinadi, shuning uchun no bgp ebgp-requires-policy buyrug'i qo'shildi; Cisco IOS da bunday talab yo'q. R1 konfiguratsiyasi:

```
router bgp 65001
 bgp router-id 1.1.1.1
 no bgp ebgp-requires-policy neigh-
 bor 10.0.12.2 remote-as 65002
 neighbor 10.0.14.2 remote-as 65004
 address-family ipv4 unicast
  network 192.168.1.0/24
```

Boshlang'ich holatda (7a-rasm) R1 LAN4 ga faqat bitta yo'lni oldi: AS_PATH = 65004. R2 orqali yo'l kelmadi, chunki R2 o'zi LAN4 ga yo'lni R1 orqali (65001 65004) tanlagan edi. Bu yo'l R1 ga qaytarilganda AS_PATH da R1 ning o'z raqami 65001 bo'lgani uchun halqa sifatida rad etildi. LAN3 ga ikki yo'l keldi, ikkalasining AS_PATH uzunligi 2 ga teng. FRRouting yo'lni oxirgi mezonlardan biri — kichik router-ID bo'yicha tanladi va R2 orqali yo'l eng yaxshi deb belgilandi.

R4 dan kirayotgan yo'llarga route-map orqali LOCAL_PREF = 200 berilgandan keyin (7b-rasm) LAN3 ga yo'l R4 orqali o'tdi, sabab «best (Local Pref)» deb ko'rsatildi. LOCAL_PREF AS_PATH dan oldin tekshirilgani uchun AS_PATH uzunliklari bu yerda umuman solishtirilmadi.

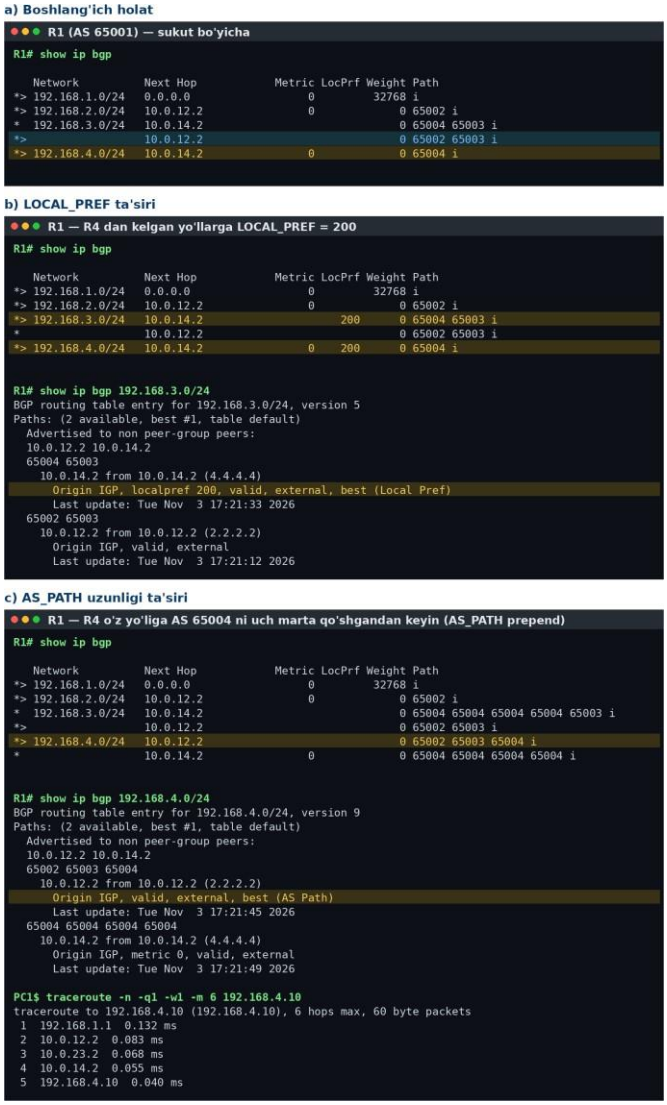
Uchinchi bosqichda LOCAL_PREF bekor qilindi va R4 R1 ga e'lon qilayotgan yo'llarga o'z AS raqamini uch marta qo'shdi (AS_PATH prepend). Endi R1 LAN4 ga to'g'ridan-to'g'ri yo'lni 65004 65004 65004 65004 (uzunlik 4) shaklida, R2 orqali

yo'lni esa 65002 65003 65004 (uzunlik 3) shaklida

ko'rdi va «best (AS Path)» sababi bilan R2 orqali yo'lni tanladi (7c-rasm). Bu usul bilan boshqa AS ga kiruvchi trafikni boshqarish mumkin: R4 R1 ning tanloviga ta'sir qildi, R1 ning konfiguratsiyasi o'zgarmadi.

traceroute dagi to'rtinchi qadam 10.0.14.2 manzilini ko'rsatdi, ya'ni R4 ning R1 tomondagi

interfeysini. Bu xato emas. R4 PC1 ga javob paketini o'zining eng yaxshi yo'li, ya'ni to'g'ridan-to'g'ri kanal orqali yuboradi va javob manbai sifatida shu interfeys manzilini qo'yadi. BGP yo'llari har bir yo'nalishda mustaqil tanlangani uchun bunday nosimmetriklik odatiy holdir.



7-rasm. eBGP: R1 dagi BGP jadvali — a) boshlang'ich holat, b) LOCAL_PREF = 200 dan keyin, c) R4 da AS_PATH prepend dan keyin (FRRouting 8.4.4 dagi haqiqiy chiqish)

To'rt tajribaning natijalari 4-jadvaldamumlashtirilgan.

4-jadval

Me'yoriy o'tkazish qobiliyati o'zgarishining marshrutlash jadvaliga ta'siri (R1 → 192.168.4.0/24)

Tajriba holati	Dastlabki me'yoriy o't-kazish qobili-yati	O'zgartirilgan parametr	Yangi me'yoriy o'tkazish qobiliyati	Tanlangan Next Hop	Routing Table na-tijasi

RIP v2 (tajriba)	2 (via R4)	R1–R4 kanali uz-ildi	4 (via R2)	10.0.12.2	R4 orqali yo'l 25–33 s dan keyin R2 orqali yo'l bilan al-mashdi; 10.0.14.0/30 = 16
OSPF (tajriba)	me'yoriy o'tkazish qobiliyati 2 (via R4)	reference-band-width 100 → 10 000	me'yoriy o'tkazish qobiliyati 40 (via R2)	10.0.12.2	Yo'l 1 Gbit/s kanallarga o'tdi; LAN3 dagi ECMP yo'qoldi
OSPF (tajriba)	me'yoriy o'tkazish qobiliyati 40 (via R2)	R1–R2 kanali uz-ildi	me'yoriy o'tkazish qobiliyati 110 (via R4)	10.0.14.2	Muqobil yo'l darhol o'rnatildi
EIGRP (tajriba, FRR sukuti)	FD 30 720 (via R4)	—	R2 orqali: FD 35 840, RD 33 280	10.0.14.2	R2 orqali yo'l FS emas (RD > FD)
EIGRP (hisob, IOS)	FD 3 584 (via R2)	R1 Gi0/1: delay 100	FD 26 112 (via R4)	10.0.14.2	Successor R4 ga o'tadi; R2 orqali yo'l FS bo'lib qoladi
eBGP (tajriba)	AS_PATH 65004	R4 da AS_PATH prepend ×3	AS_PATH 65002 65003 65004	10.0.12.2	Sabab: best (AS Path); LO-CAL_PREF bos-qichi LAN3 da ko'rsatil-gan

Protokollarning me'yoriy o'tkazish qobiliyati asosida taqqoslanishi

Tajribalar bir xil savolga — «LAN4 ga qaysi yo'l yaxshi» degan savolga — protokollar turlicha javob berishini ko'rsatdi. RIP va sukut sozlamalaridagi OSPF bir xil xatoni qildi: ikkalasi ham sekin kanalni tanladi, garchi buning sabablari tur-licha bo'lsa ham. RIP da bu protokolning o'z cheklovi; uni sozlash orqali tuzatib bo'lmaydi, faqat offset-list kabi sun'iy usullar yordam beradi. OSPF da esa bu bitta parametr masalasi va bitta buyruq bilan tuzatildi. Xulosa shuki, OSPF ning me'yoriy o'tkazish qobiliyatini hisoblash imkoniyati RIP nikidan yuqori, lekin u to'g'ri sozlangandagina ishlaydi.

EIGRP o'tkazuvchanlik va kechikishni birga hisobga oladi. Bu unga yo'llarni OSPF ga qaraganda nozikroq farqlash imkonini beradi. Lekin hisoblangan misolda ko'rilganidek, bitta interfeysdagi delay qiymati natijani o'zgartirib yuborishi mumkin. EIGRP ning muhim afzalligi me'yoriy o'tkazish qobiliyatida emas, balki FS mexanizmida: zaxira yo'l oldindan ma'lum bo'lsa, almashtirish so'rovsiz bajariladi. BGP bu qatorda

alohida turadi. Unda yo'lni administrator siyosati belgilaydi, kanal tezligi esa umuman ishtirok etmaydi. Shu sababli BGP ichki tarmoq protokollarining o'rnini bosa olmaydi, ular bilan birga ishlatiladi.

Katta tarmoqlar uchun tanlov me'yoriy o'tkazish qobiliyatidan tashqari omillarga ham bog'liq: trafik oqimlarining kanallar bo'ylab taqsimlanishi ham hisobga olinishi kerak [13]. RIP

15 hop chegarasi va davriy yangilanishlari tufayli bu sinfdan chiqadi. OSPF hududlarga bo'linish, ochiq standart va turli ishlab chiqaruvchilar uskunalari bilan mos ishlashi tufayli korporativ va operator tarmoqlarida asosiy tanlov bo'lib qoladi [3, 4]. Buning evaziga LSDB va SPF hisobi uchun routerdan ko'proq xotira va protsessor resursi talab etiladi. Avtonom tizimlar orasida esa BGP muqobilsiz. Manzoor va boshqalar [1] ta'kidlaganidek, protokollar orasida yo'llar qayta taqsimlanganda bir protokol me'yoriy o'tkazish qobiliyati boshqasining me'yoriy o'tkazish qobiliyatiga avtomatik o'tmaydi. Uni redistribute ... metric buyrug'ida qo'lda berish kerak. 5-jadvalda protokollarning amaliy xususiyatlari solishtirilgan.

5-jadval

Protokollarning afzalliklari va cheklovlari

Protokol	**Afzalliklari**	**Cheklovlari**	**Router resurslariga talab va qo'llanish**
RIP v2	Sozlash oddiy; ochiq standart; kichik tarmoqda deyarli resurs talab qilmaydi	Me'yoriy o'tkazish qobiliyati o'tkazuvchanlikni hisobga olmaydi; 15 hop chegarasi; sekin yaqinlashish (tajribada 25–33 s)	Juda past; o'quv va kichik filial tarmoqlari
OSPF	Tez yaqinlashish; o't-kazuvchanlikka asoslangan me'yoriy o'tkazish qobiliyati; hududlar orqali masshtablash; ECMP	Tayanch o'tkazuvchanlik no-to'g'ri bo'lsa yo'l tanlash buzi-ladi; dizayn va sozlash mu-rakkabroq	O'rtacha-yuqori (LSDB, SPF); korporativ va operator tarmoqlari
EIGRP	Kompozit me'yoriy o'tkazish qobiliyati; FS orqali tez al-mashtirish; teng bo'lmagan yuklama taqsimoti (variance)	Asosan Cisco ekotizimi (RFC 7868 axborot xarakterida); K-qiymatlar va delaynoto'g'ri so-zlansa kutilmagan yo'l	O'rtacha; Cisco asosidagi korporativ tarmoqlar
BGP	Siyosat asosida moslashu-vchan boshqaruv; Internet miqyo-sida masshtablash	Kanal tezligini hisobga olmaydi; sekin yaqinlashish; konfiguratsiya xatolarining ta'siri katta	Yuqori (to'liq Internet jadvali uchun); provayderlar va ko'p ulanishli tashkilotlar

Xulosa va takliflar

Tahlil va tajriba natijalaridan quyidagi xulosalar kelib chiqadi.Me'yoriy o't-kazish qobiliyati protokol ichidagi tanlov vositasi, AD esa protokollar orasidagi tanlov vositasi. Tajribadagi barcha jadvallarda jufti shu tartibda ishladi. Turli protokol me'yoriy o'tkazish qobiliyatlarini bir o'lchovga keltirish ma'nosiz.

RIP o'tkazuvchanlikni hisobga olmaydi. Tajribada u 100 Mbit/s li bir hopli yo'lni 1 Gbit/s li uch hopli yo'ldan ustun qo'ydi. Uzilishdan keyin muqobil yo'l davriy yangilanishga bog'liq ravishda 25–33 soniyada o'rnatildi.

OSPF da tayanch o'tkazuvchanlik me'yoriy o'tkazish qobiliyatining asosiy parametri. Sukut qiymati 100 Mbit/s bo'lganda OSPF ham RIP kabi sekin kanalni tanladi va ECMP orqali trafikning bir qismini unga yo'naltirdi. 10 000 Mbit/s qiymatida LAN4 ga yo'l me'yoriy o'tkazish qobiliyati 40 bilan 1 Gbit/s kanallarga o'tdi. Bu qiymat tarmoqdagi barcha routerlarda bir vaqtda o'zgartirilishi kerak.

EIGRP da o'tkazuvchanlik eng tor kanal bo'yicha, kechikish esa yig'indi sifatida ishtirok etadi. FS mavjudligi RD < FD sharti bilan aniqlanadi. Tajribada R2 orqali yo'l bu shartni bajarmadi, hisob-kitobda esa IOS sukut qiymatlarida bajardi.

BGP da eng yaxshi yo'l atributlar tartibi bilan tanlanadi. Tajribada LOCAL_PREF routerning o'zi chiquvchi trafik uchun qaysi qo'shni AS ni tanlashini o'zgartirdi. AS_PATH prepend esa qo'shni AS ning bizga yo'naltiradigan trafigiga ta'sir qildi.

Korporativ tarmoqda OSPF ishlatilganda auto-cost reference-bandwidth qiymatini eng tez interfeysdan kam bo'lmagan darajada barcha routerlarda bir xil belgilash; (2) interfeys bandwidth qiymatini kanalning haqiqiy tezligiga moslab yozish va platforma birligini (Cisco

kbit/s, FRRouting — Mbit/s) tekshirish; (3) EIGRP tarmoqlarida asosiy yo'llar uchun FS mavjudligini show ip eigrp topology bilan oldindan nazorat qilish; (4) tajribani litsenziyali IOSv tasviri bilan GNS3 da takrorlab, Cisco va FRRouting natijalarini solishtirish. Bu ishning keyingi bosqichi bo'ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Manzoor A., Hussain M., Mehrban S. Performance Analysis and Route Optimization: Redistribution between EIGRP, OSPF & BGP Routing Protocols // Computer Standards & Interfaces. 2020. Vol. 68. Art. 103391. DOI: 10.1016/j.csi.2019.103391.

2. Cai J., Yang G., Liu J., Xie Y. FastCAT: A framework for fast routing table calculation incorporating multiple protocols // Mathematical Biosciences and Engineering. 2023. Vol. 20, No. 9. P. 16528–16550. DOI: 10.3934/mbe.2023737.

3. Malik D., Singh B. OSPF Metric Modification and Convergence Analysis during Redistribution with EIGRP // International Journal of Computer Applications. 2024. Vol. 186, No. 17. P. 41–46. DOI: 10.5120/ijca2024923562.

4. Malik D., Singh B. Optimising OSPF Path Metric with Reference Bandwidth Modification and Convergence Analysis // International Journal of Computer Applications. 2024. Vol. 186, No. 25. P. 1–7. DOI: 10.5120/ijca2024923711.

5. Frâncu A., Preduşcă G., Cîrciumărescu L.D., Angelescu N., Puchianu D.C., Dumitrache C. Examining IP Network Routing Protocols with Packet Tracer and Cisco Equipment // The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty. 2025. Vol. 25, No. 1. P. 68–73. DOI: 10.2478/sbeef-2025-0011.

6. Dilmurodov Z.D. Kompyuter tarmoqlarida marshrutlash protokollari va ularning qo'llanilishi // Экономика и социум. 2024. № 5-2 (120). B. 1680– 1686. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuter-tarmoqlarida-marshrutlash-protokollari-va-ularning-qo-llanilishi

7. Xalilov M., Xasanov J., Ismoilov N. Dinamik marshrutizatsiya jarayoni. Dinamik marshrutizatsiya jarayoni, RIP protokoli, OSPF protokoli // Ilm-fan. 2025. № 3 (51). B. 97–101. DOI: 10.5281/zenodo.17789929.

8. Раимкулов У.М., Нуритдинов Ш.Ш. Использование сегментной маршрутизации в программно-управляемых сетях для повышения их надежности и масштабируемости // Central Asian Journal of Academic Research. 2025. Vol. 3, Issue 2-1. P. 130–138. DOI: 10.5281/zenodo.14868769.

9. Avazov E., Allayarov M., Allayarov H., Olimov O. Mininet muhitida SDN asosidagi marshrutizatsiya algoritmlarini tadqiq etish // «Pedagogik islohotlar va ularning yechimlari» ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari. 2026. B. 160–164. DOI: 10.5281/zenodo.18281887.

10. Дилмуродов З.Д. Протоколы маршрутизации и их применение в компьютерных сетях // Экономика и социум. 2025. № 1-2 (128). С. 1018–1022. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/protokoly-marshrutizatsii-i-ih-primenenie-v-kompyuternyh-setyah

11. Абдухалилов Б.З., Маткурбонов Д.М. Турли метрикали маршрутларда балансланган юкламани EIGRP протоколи билан амалга ошириш // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari. 2017. № 1(1). Б. 44–48. ISSN 2181-9211.

12. Matkurbonov D.M., Ashurov A.Ya. Features of solution of objects of load balancing in modern route protocols // Высшая школа. 2017. № 11. С. 99–100. ISSN 2409-1677.

13. Магдиев Ш.Х., Маткурбонов Д.М. Маълумот узатиш тармоқларида ахборот оқимларини тақсимлаш модел ва алгоритмлари // Ахборот-коммуникациялар: Тармоқлар, Технологиялар, Ечимлар. 2019. № 1(49). Б. 44–51. ISSN 2010-510X.

14. Malkin G. RIP Version 2. RFC 2453. IETF, 1998.URL: https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2453

15. Moy J. OSPF Version 2. RFC 2328. IETF, 1998. URL:https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2328

16. Savage D., Ng J., Moore S., Slice D., Paluch P., White R. Cisco's Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP). RFC 7868. IETF, 2016. URL: https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7868

17. Rekhter Y., Li T., Hares S. A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4). RFC 4271. IETF, 2006. URL: https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc4271