



Stretnutie 2: Smerovací protokol EIGRP



BSCI/ROUTE Module 2

Z obsahu

- Teória a pojmy v EIGRP
- EIGRP správy
- Základná a pokročila konfigurácia EIGRP
- Optimalizácia EIGRP
 - EIGRP Stub
 - EIGRP nad NBMA
- EIGRP IPv6
- Named EIGRP

Enhanced Interior Gateway Routing Protocol

- Document ID 16406
- Proprietárny protokol fy Cisco vyvinutý v spolupráci s inštitútom SRI International (pôvodne Stanford Research Institute)
- Jedná sa o pokročilý distance-vector protokol využívajúci ojedinelé prístupy
 - Difúzne výpočty
 - Kontrolu na bezslučkovosť uvažovanej cesty
 - Osobitný transportný protokol zabezpečujúci spoľahlivosť aj pri multicastingu
 - Detekciu susedov a udržiavanie prehľadu o ich existencii
 - Rozosielanie čiastočných (partial) ohraničených (bounded) aktualizácií
- V súčasnosti je to jediný rozšírený protokol, ktorý pri správnej konfigurácii **garantuje** bezslučkovú činnosť

Enhanced Interior Gateway Routing Protocol

- EIGRP má interne modulárnu štruktúru, ktorá mu dovoľuje byť nezávislá od konkrétneho sieťového protokolu
 - Podporuje IPv4, IPv6, IPX, AppleTalk
- Je classless, podporuje VLSM, automatickú i manuálnu sumarizáciu, autentifikáciu, stub routing
 - Používa **kompozitnú** metriku zloženú z viacerých faktorov
- Na IPv4 sieťach využíva
 - multicastovú IP adresu **224.0.0.10**
 - vlastný transportný protokol Reliable Transport Protocol, číslo protokolu 88
- Administratívne vzdialenosti:
 - Interné EIGRP smery: 90
 - Externé EIGRP smery: 170
 - Sumárne položky (discard routes): 5

Kľúčové technológie v EIGRP

- Zisťovanie a udržiavanie kontaktu so susedmi
 - Každý smerovač si udržiava tzv. *neighbor table*, v ktorej si vedie informácie o priamo pripojených susedoch
- Protokol Reliable Transport Protocol (RTP)
 - Transportný protokol nezávislý od sieťového protokolu (číslo protokolu 88)
 - Umožňuje unicastové i multicastové spoľahlivé prenosy
 - Cisco proprietárny
- Protokolovo závislé moduly
 - Protocol-dependent modules (PDMs) zodpovedajú za spoluprácu EIGRP s konkrétnym sieťovým protokolom
 - Poskytujú nezávislosť a ľahšiu rozšíriteľnosť o nové L3 protokoly
- Konečný automat DUAL
 - Riadi činnosť výberu najlepšej cesty a organizuje priebeh difúzných výpočtov
- Ochrana proti vzniku smerovacích slučiek
 - Garantuje, že zvolený next hop nespôsobí smerovaciu slučku

Základné pojmy a princípy v EIGRP



Pojmy v EIGRP

- **Successor** – next-hop
 - Successor je next-hop router do cieľovej siete
 - Cesta k cieľu cez successora je najkratšia a bez slučiek
- **Feasible successor** – záložný next-hop
 - Potenciálny (náhradný) next-hop router do cieľovej siete
 - Cesta k cieľu cez feasible successora je bez slučiek, ale nie najkratšia
- **Feasible distance** (FD)
 - Doposiaľ najkratšia známa vzdialenosť od cieľa (historické minimum)
- **Reported distance** (RD, alebo advertised distance)
 - Susedova súčasná vzdialenosť od cieľa, ako nám ju oznamuje
- **Feasibility condition** (FC)
 - Podmienka, ktorou sa kontroluje, či smer cez daného suseda do cieľovej siete nespôsobí smerovaciu slučku

Pojmy v EIGRP

■ Neighbor table

- Tabuľka, v ktorej si EIGRP organizuje informácie o susedoch

■ Topology table

- Tabuľka, v ktorej si EIGRP vedie informácie o cieľových sieťach a ich stave, FD k nim, RD cez príslušných susedov (všetkých)
- Tabuľka reálne neobsahuje topologický popis siete, len zoznam cieľových sietí a vzdialeností k nim

■ Passive state

- Stav cieľovej siete v topo tabuľke, keď je pre ňu známy successor a smer do nej je plne použiteľný

■ Active state

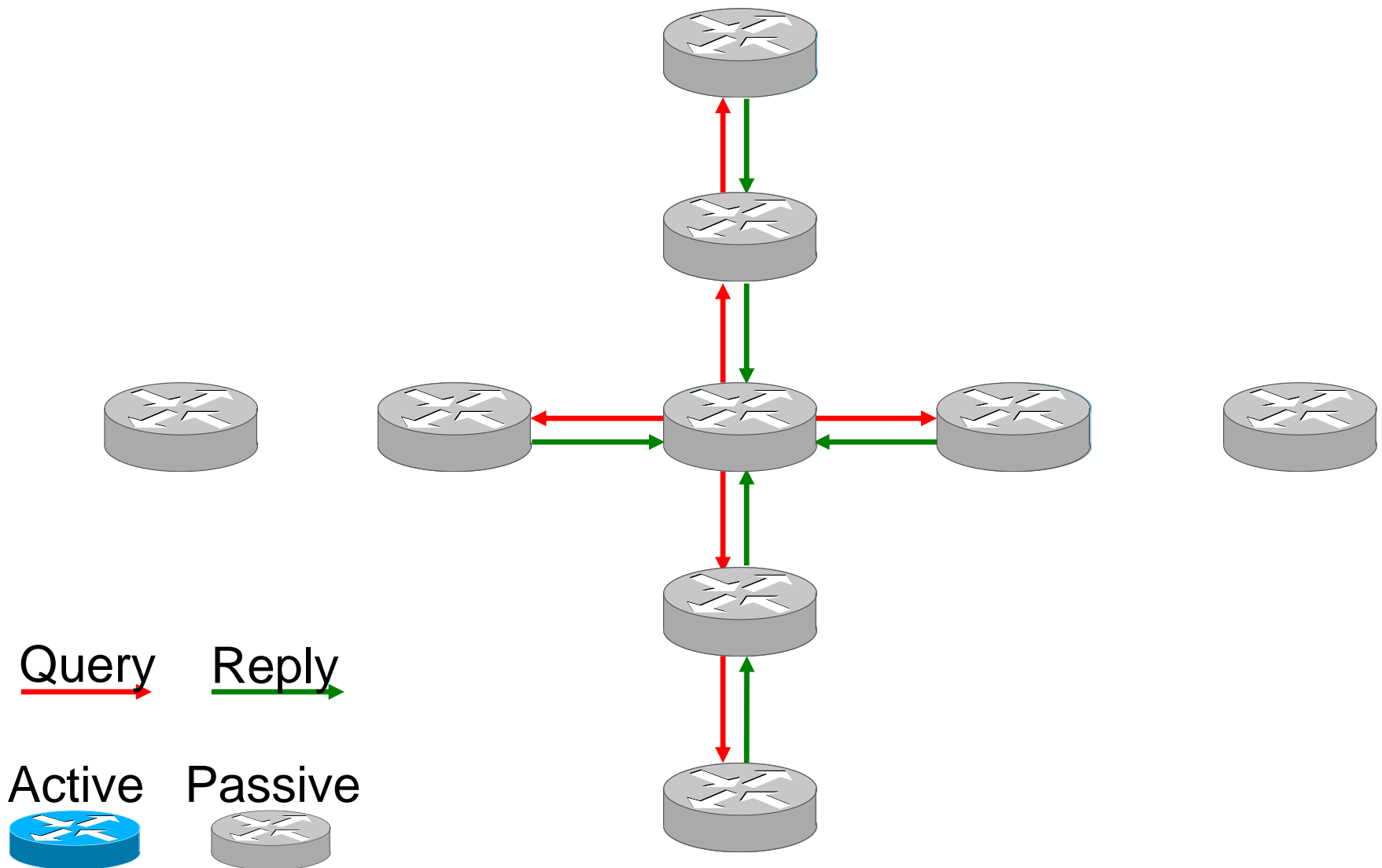
- Stav cieľovej siete v topo tabuľke, keď pre ňu neexistuje žiaden successor ani feasible successor a router ho aktívne hľadá

Pojmy v EIGRP

■ Diffusing computations

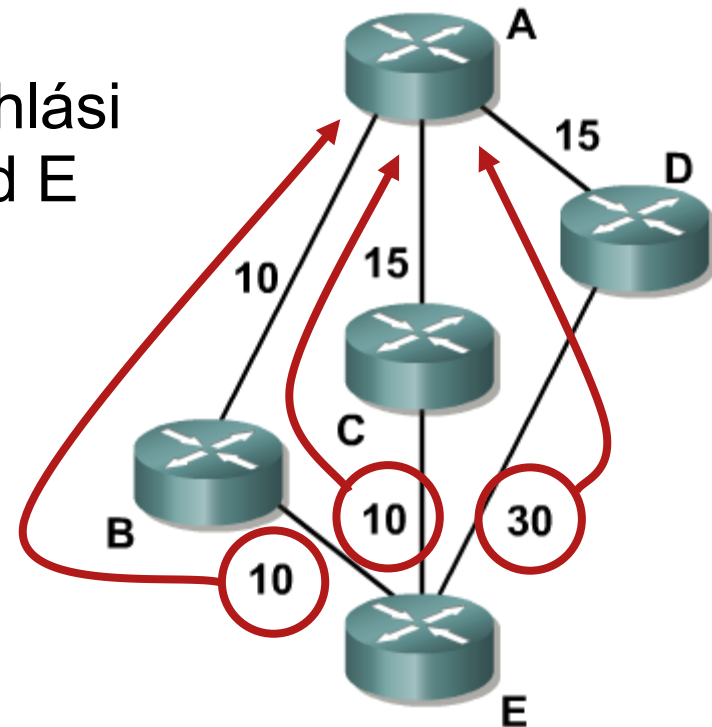
- Spôsob riadenia distribuovaného výpočtu v sieti
- Cieľom je výpočet spustiť, mať informácie o jeho priebehu, získavať výsledky a vedieť jeho koniec správne ohlásiť
 - Difúzny výpočet sa spustí tým, že router pošle svojim susedom žiadosť (query)
 - Sused na žiadosť odpovie,
 - alebo ak odpovedať nevie, sám pošle do svojho okolia žiadosť
 - Router musí odpovede posilať v takom poradí, aby posledná odpoveď išla až vtedy, keď už on sám na žiadne odpovede nečaká, a aby bola odoslaná práve tomu, kto sa ho pýtal prvý

Difúzne výpočty

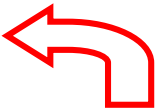


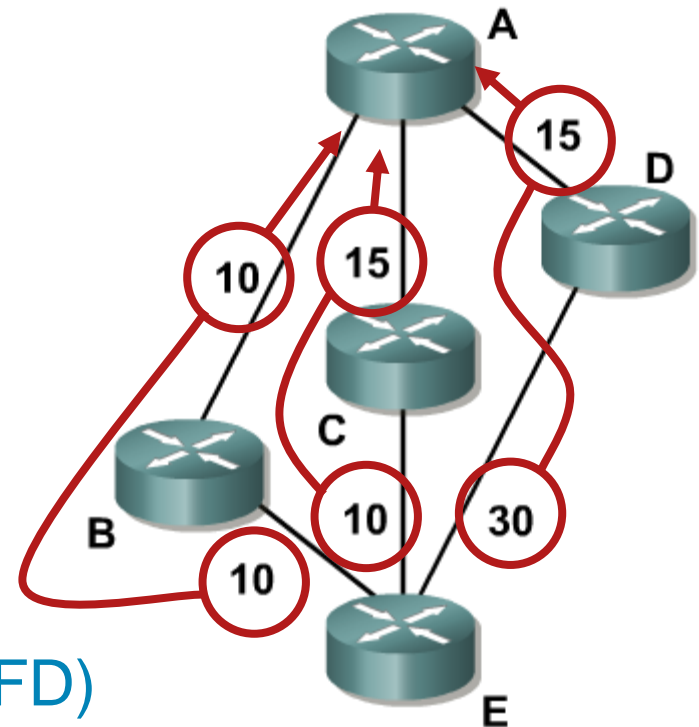
Činnosť EIGRP

- Ako EIGRP vie, ktoré smery nespôsobia slučku?
- Každý zo susedov routera A hlási svoju súčasnú vzdialenosť od E
 - B za 10
 - C za 10
 - D za 30
- Tieto vzdialenosti sa z pohľadu routera A nazývajú **reported distance (RD)**, pretože ich smerovače B, C, D ohlásili



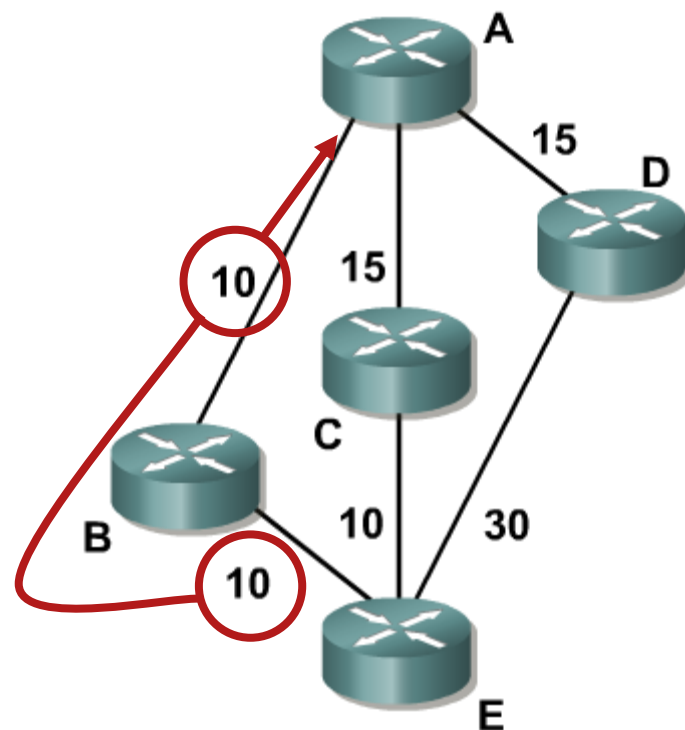
Činnosť EIGRP

- Pre A je celková vzdialenosť od E:
 - za 20 cez B
 - za 25 cez C
 - za 45 cez D
- Najvýhodnejšia cesta je cez B s celkovou vzdialenosťou 20 
- Tá sa volá **feasible distance (FD)**
- Presnejšie: FD je naša doposiaľ najkratšia vzdialenosť do daného cieľa



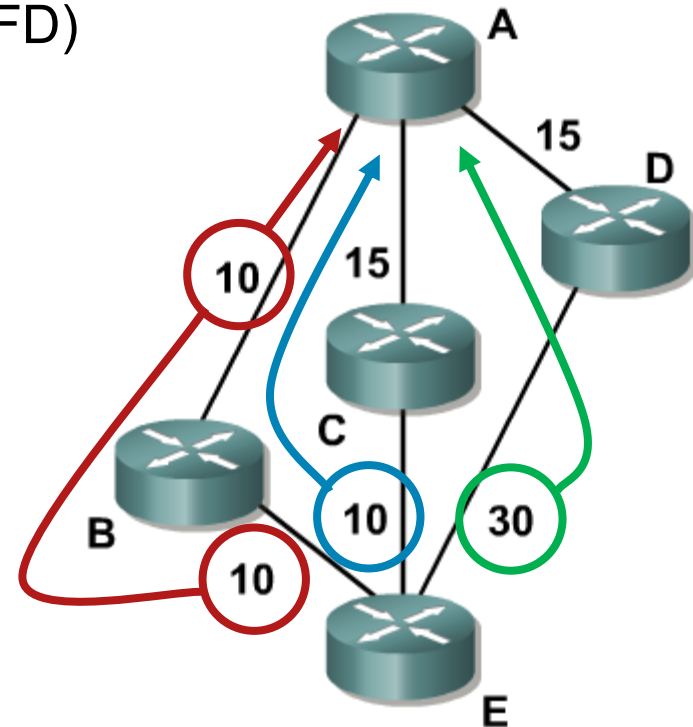
Činnosť EIGRP - Feasibility Condition

- Smerovač A používa hodnoty FD a RD na kontrolu bezslučkovosti
- Doposiaľ najlepšia vzdialenosť (FD) je etalón
 - **hocijaká cesta do cieľa, kde $RD < FD$** , nemôže obsahovať slučku
- Niektoré bezslučkové cesty toto kritérium zbytočne zamietne
- Nikdy však neodsúhlasí cestu, ktorá naozaj slučku obsahuje
 - Postačujúca, nie nutná podmienka
- Podmienka **$RD < FD$** sa nazýva **Feasibility Condition (FC)**



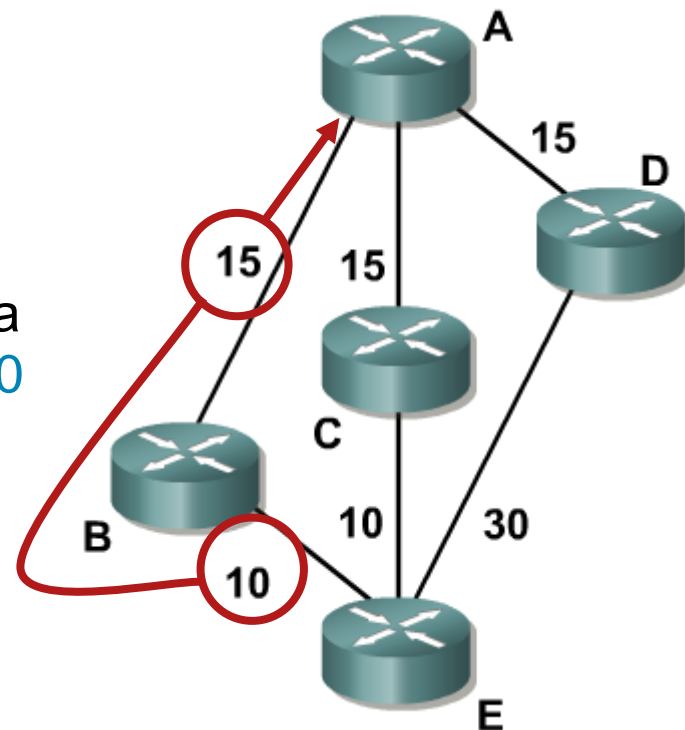
Činnosť EIGRP

- Smerovač A:
 - Cesta cez B je najlepšia, za 20 (FD)
- C sa vie k E dostať za 10 (RD). Pretože 10 je menej než 20 (FD), EIGRP vie, že táto cesta je určite bez slučky.
- D sa vie k E dostať za 30 (RD), lenže 30 je viac ako 20 (FD). EIGRP o tejto ceste usúdi, že **potenciálne** obsahuje slučku.



Činnosť EIGRP

- Feasible Distance je mierou **doposiaľ** najkratšej vzdialenosti do cieľa
 - Nech napr. cena linky medzi A a B vzrastie z 10 na 15
 - Najkratšia cesta z A do E bude za 25, ale **FD zostane na hodnote 20**
 - Hodnota 25 sa objaví v smerovacej tabuľke routera A a v aktualizáciách, ktoré bude posielať okoliu
 - FD slúži pre interné potreby smerovača a nikam sa neposiela



Činnosť EIGRP

- Feasible Distance sa môže zmeniť len týmito spôsobmi:
 - Ak sa smerovač v pasívnom stave dozvie o novej, ešte kratšej ceste k cieľu,
 - rovno ju začne používať a súčasne aktualizuje aj FD
 - Smerovač nemá do cieľa ani jedného successora či feasible successora.
 - V takom prípade prechádza do **aktívneho** stavu, vyvolá difúzny výpočet a po jeho skončení zoberie dĺžku novej nájdenej najkratšej cesty ako FD
- FD sa môže v pasívnom stave len znižovať
 - Akonáhle musí vzrásť, znamená to aktívny stav a difúzny výpočet
- Iný spôsob definovania FD:
 - Dĺžka **historicky najkratšej cesty** do daného cieľa („história“ vždy končí a začína prechodom do aktívneho stavu)
- Význam FC:
 - Ak je náš sused k cieľu bližšie, než sme my kedykoľvek boli, nemôže byť na smerovacej slučke, ktorá sa uzatvára cez nás

Činnosť EIGRP

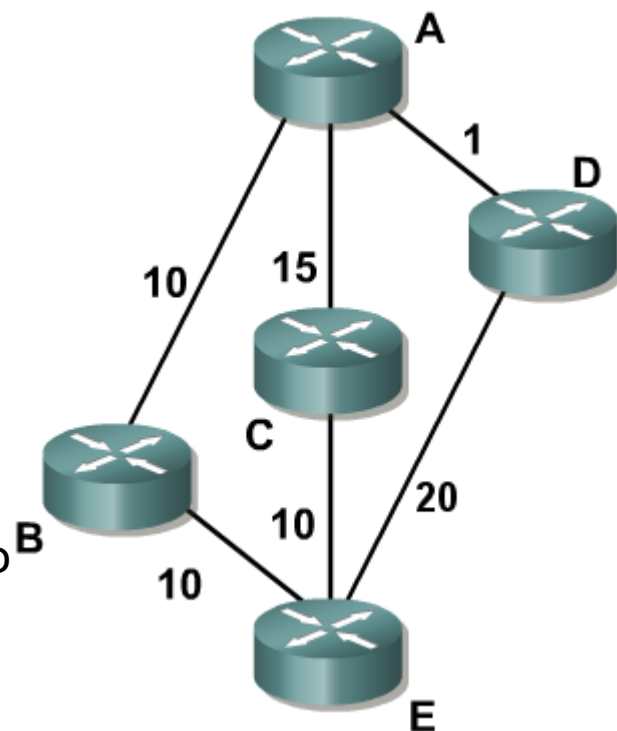
Použitie feasible successorov

- Smerovač s EIGRP pre každú cieľovú sieť vo svojej topologickej tabuľke
 - Eviduje, akú vzdialenosť ohlásili do tejto siete jeho susedia
- Ak dôjde k zmene vzdialenosti do cieľovej siete:
 - Smerovač v topologickej tabuľke nájde pre danú cieľovú sieť suseda, cez ktorého je s aktuálnymi vzdialenosťami cieľová sieť najbližšie
 - Skontroluje, či tento sused je feasible successor pomocou FC
 - Ak áno, použije ho ako nový next hop do cieľovej siete
 - Ak sused nespĺňa FC alebo ak vôbec v topologickej tabuľke nemožno k cieľovej sieti suseda nájsť, spúšťa sa difúzny výpočet
 - Feasible successora možno použiť ihneď bez difúzneho výpočtu!!
- Feasible successor **nemusí** byť nutne použitý, ak neponúka ďalšiu najkratšiu vzdialenosť

Činnosť EIGRP

Použitie feasible successorov

- V ustálenej topológii cesta z A do E:
 - Cez B za 20, najlepšia, z toho FD = 20
 - Cez C za 25, C vyhovuje FC ($10 < 20$)
 - Cez D za 21, D nevyhovuje FC ($20 < 20$)
- Po výpadku B:
 - A vie, že najkratšia cesta ide cez D, ale nevyhovuje FC.
 - Spustí preto difúzny výpočet
 - Ak by sa A uspokojil s C, potom by prišiel o možnosť využívať kratšiu cestu



Činnosť EIGRP - DUAL

- Samotný difúzny výpočet v prípade EIGRP je triviálny
 - Router, ktorý štartuje difúzny výpočet cesty do nejakej siete, posiela tzv. *query paket*, v ktorom uvedie svoju **novú** vzdialenosť do tejto siete cez súčasného successora
 - môže byť nekonečno ak cestu neviem
 - Susedia, ktorí tento paket dostanú, si na jeho základe aktualizujú topologické tabuľky, a
 - Pokiaľ im informácia v prijatej query **nespôsobila stratu cesty**, iba odpovedia svojou vlastnou súčasnou vzdialenosťou
 - Ak ale prijatá informácia spôsobila, že do daného cieľa **už nepoznajú successora** ani vhodného feasible successora, sami sa opýtajú svojich susedov týmto istým algoritmom
- Fakticky žiaden extra výpočet, iba otázka – odpoveď!

Činnosť EIGRP - DUAL

- Keď router zaznamená nárast vzdialenosti do cieľa a musí cieľovú sieť uviesť do aktívneho stavu, urobí tieto kroky
 - Nastaví svoju RD a FD na skutočnú zvýšenú vzdialenosť
 - Pokým nedostane odpovede na všetky žiadosti (t.j. kým sa preň difúzny výpočet neskončí), nesmie:
 - zmeniť žiadnu z týchto hodnôt,
 - ani nesmie zmeniť svoju smerovaciu tabuľku
 - Až keď má router všetky odpovede, má právo vybrať si nového successora a aktualizovať hodnoty RD, FD a skutočnú vzdialenosť
 - EIGRP sa teda správa do istej miery „transakčne“ – router prechádza od jedného korektného stavu k ďalšiemu korektnému. Nemá nekorektné prechodné medzistavy.
- Správny priebeh difúzneho výpočtu je riadený automatom **DUAL** a výber nových next-hop routerov podmienkou FC

Činnost EIGRP / bližší pohľad



Komunikácia v EIGRP



Komunikácia v EIGRP - druhy paketov

▪ Update

- Prenáša smerovaciu informáciu
- Môžu byť posielané ako unicast alebo multicast,
- Prenášané spoľahlivo
- U príjemcu môžu potenciálne spustiť difúzny výpočet

▪ Query

- Smerovač hľadá najkratšiu cestu do nejakého cieľa
- Posielajú sa obvykle ako multicast,
- Prenášané spoľahlivo
- Pomocou Query sa spúšťa alebo šíri difúzny výpočet

▪ Reply

- Odpoveď smerovačov na Query paket
- Posielajú sa ako unicast tomu, kto sa pýtal,
- Prenášané spoľahlivo
- Ich prijatie zmenšuje alebo zastavuje difúzny výpočet

Komunikácia v EIGRP - druhy paketov

■ ACK

- Potvrdzovacie pakety
- Posielajú sa ako potvrdenie na Update, Query a Reply
- Adresované vždy unicastovo, nepotvrdzované
- Principiálne: Hello pakety s prázdny telom

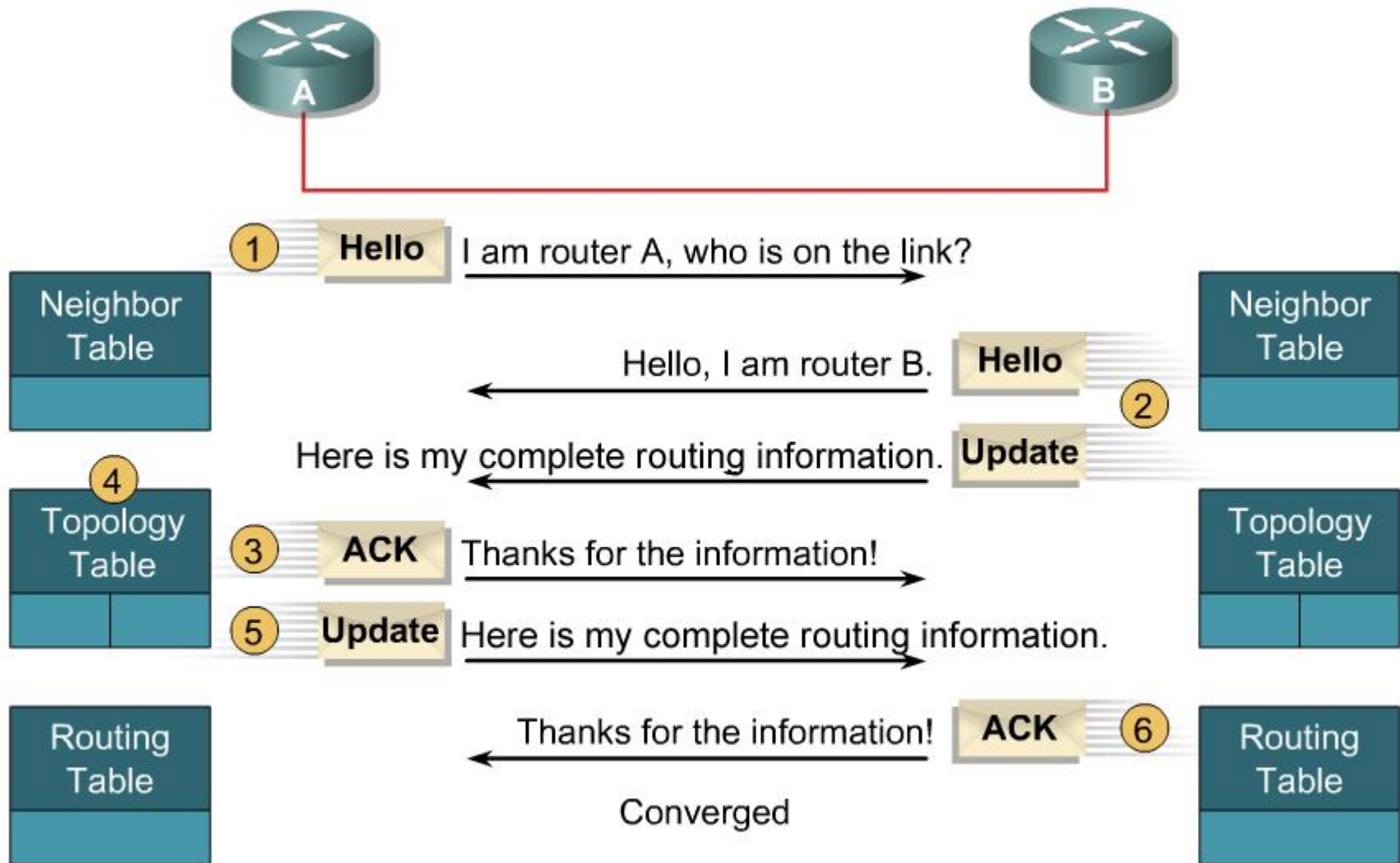
■ Hello

- Lokalizácia EIGRP susedov, výmena K-hodnôt, čísel autonómnych systémov, timeout-ov, autentifikácia
- Posielajú sa na IP adresu 224.0.0.10, sú nepotvrdzované

Spôľahlivosť komunikácie v EIGRP

- Zabezpečenie prenášaných správ – RTP číslovaním a potvrdzovaním
 - Update, Query, Reply potvrdzované
 - čo znamená, že majú pridelené Sequence číslo, kt. musí byť explicitne potvrdené
 - Ak nie je, paket sa prenesie znovu, maximálne však *16 krát*
- Na multicast sieťach sú znovu prenášané pakety nesené ako Unicast
 - Riešenie v stave ak niektorý zo susedov odpovedala niektorý nie

Činnosť - úvodná inicializácia smerovačov



- Prebieha len pri inicializácii

Zistenie a budovanie EIGRP susedských vzťahov

- Pomocou Hello protokolu
 - Hello správy odosielané na 224.0.0.10
 - každých *5 sekúnd* na vysokorýchlostných rozhraniach ($>T1$)
 - každých *60 sekúnd* na multipoint rozhraniach pomalších ako 1544 Kbps ($<T1$)
 - Obsahujú hold-time časovač
 - Defaultne ak chýba 3xHello (15 or 180sek.), sused je považovaný za nedostupného
 - Všetky cesty cez suseda sú vymazané z topo tabuľky a routing tabuľky
 - Inicializovaný DUAL
 - Nastavený per interface báze, nerobí automatické prispôsobenie k Hello
- Dva smerovače budú susedia ak
 - Sú v rovnakom AS
 - IP adresy rozhraní (primárne) sú z tej istej IP subsiete
 - Majú rovnaké K-hodnoty
- Smerovače nemusia mať:
 - Rovnaké Hello a Hold-down časovače

Tvorba podporných tabuliek v EIGRP

IP EIGRP Neighbor Table	
Next-Hop Router	Interface

List of directly connected routers running EIGRP with which this router has an adjacency

List of all routes learned from each EIGRP neighbor

IP EIGRP Topology Table	
Destination 1	FD/AD via each neighbor

314P_125

The IP Routing Table	
Destination 1	Best route

List of all best routes from EIGRP topology table and other routing processes

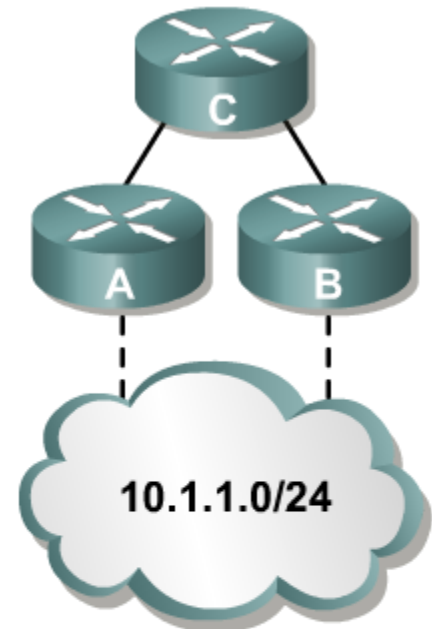
Príklad EIGRP tabuliek

Na smerovači C:

IP EIGRP Neighbor Table	
Next-Hop Router	Interface
Router A	Ethernet 0
Router B	Ethernet 1

IP EIGRP Topology Table			
Network	Feasible Distance (EIGRP Metric)	Advertised Distance	EIGRP Neighbor
10.1.1.0 /24	2000	1000	Router A (E0)
10.1.1.0 /24	2500	1500	Router B (E1)

The IP Routing Table			
Network	Metric (Feasible Distance)	Outbound Interface	Next Hop (EIGRP Neighbor)
10.1.1.0 /24	2000	Ethernet 0	Router A



Tabuľka susedov v EIGRP

SRTT (Smooth Round Trip Timer) a RTO (Retransmit Interval) sú používané RTP na riadenie spojenia pre spoľahlivo doručované EIGRP pakety.

SRTT indikuje ako dlho susedovi trvá, kým odpovie na naše EIGRP pakety.

RTO indikuje ako dlho čakáme kým spravíme retransmisiu ak nebolo prijaté ACK

```
R1# show ip eigrp neighbors
```

```
IP-EIGRP neighbors for process 100
```

H	Address	Interface	Hold (sec)	Uptime	SRTT (ms)	RTO	Q Cnt	Seq Num
0	192.168.1.102	Se0/0/1	11	00:07:22	10	2280	0	5

R1#

Susedova IP adresa

Poradie v ktorom bola založená susedská relácia s daným susedom, začína 0

Lokálne rozhranie prijímajúce EIGRP hello pakety

O koľko sekúnd suseda vyhlásime za mŕtveho, ak sa neozve hociakým platným EIGRP paketom.

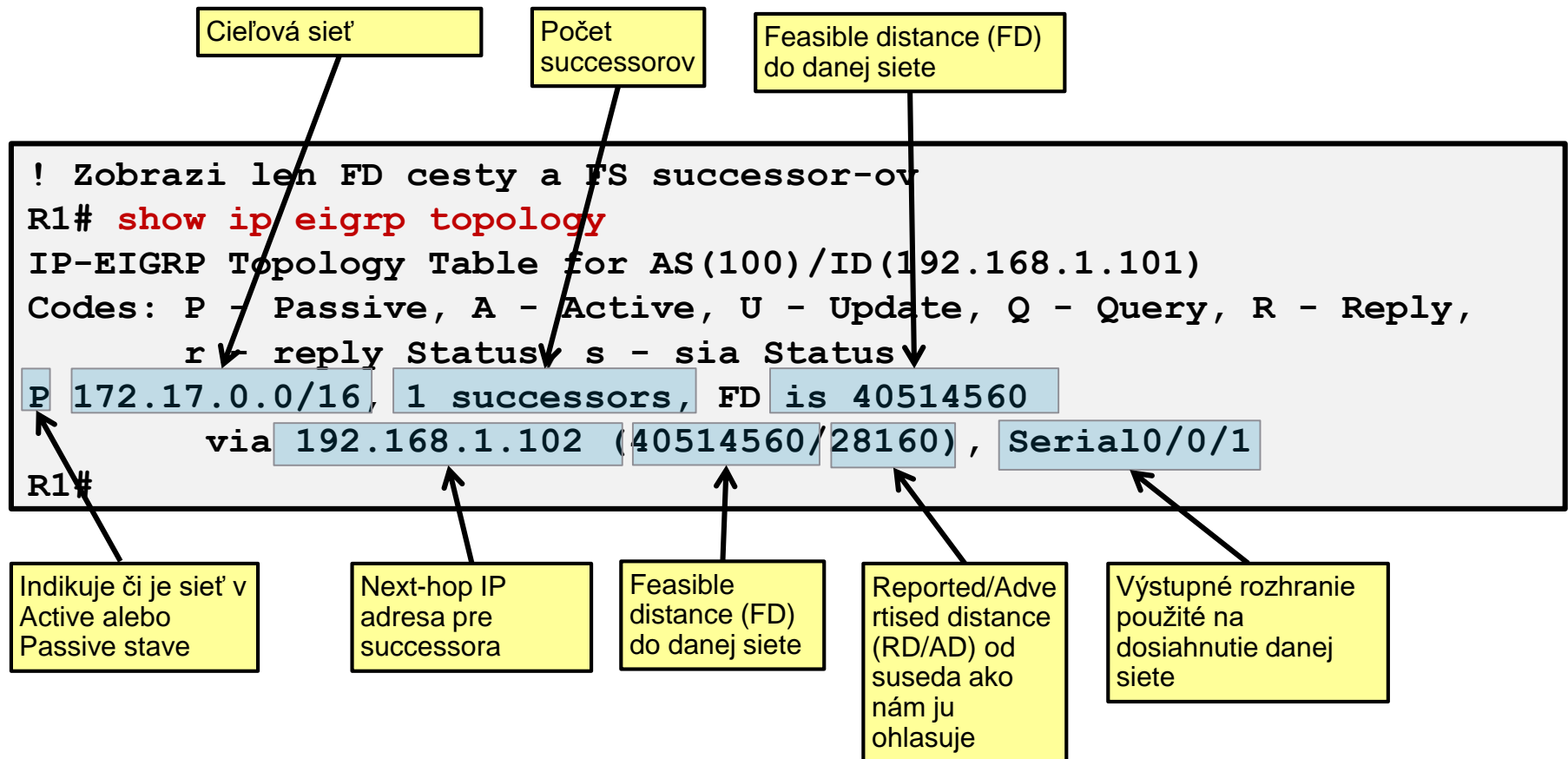
Časovač je resetovaný zakaždým po prijatí nového Hello.

Kedy **naposledy** sme tohto suseda objavili (ako dlho žije).

Queue Count: Zvyčajne by mal byť 0, ináč indikuje zahltene na linke

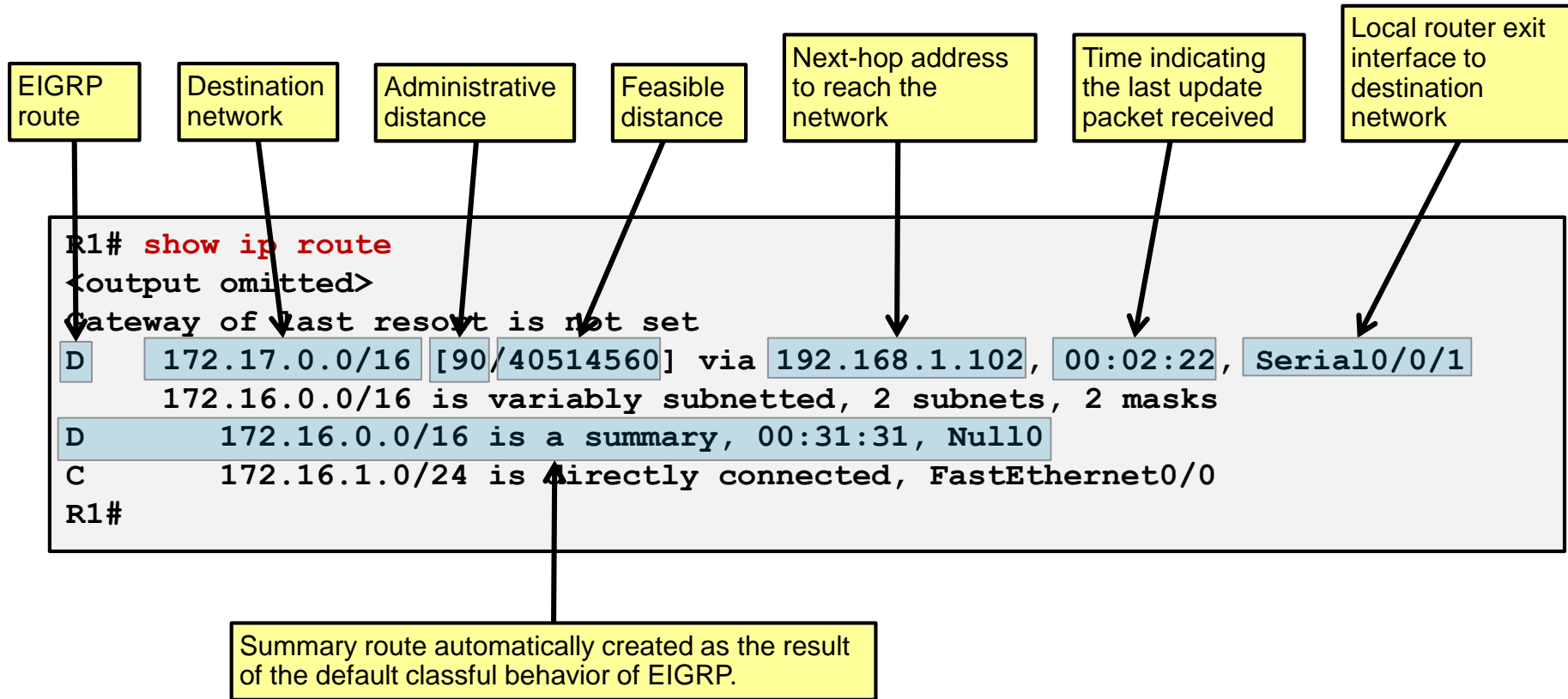
Sekvenčné číslo posledného update, query alebo reply paketu, kt. bol prijatý od suseda. Použité pri spoľahlivom RTP prenose

Topologická tabuľka v EIGRP

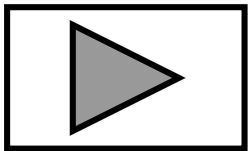


! Zobrazí všetky cesty
R1# `show ip eigrp topology all-links`

Príklad smerovacej tabuľky



EIGRP pakety / bližší pohľad



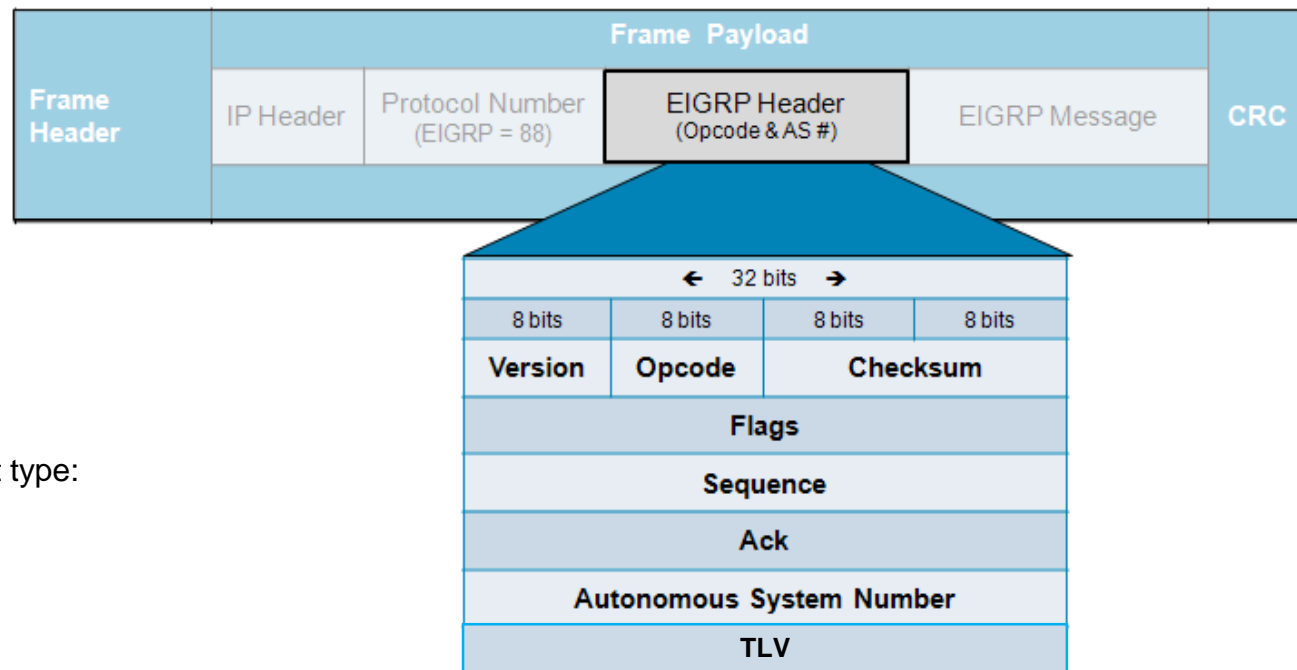
konfigurácia

EIGRP Paket

Frame Header	Frame Payload				CRC
	IP Header	Protocol Number (EIGRP = 88)	EIGRP Header	EIGRP Message	

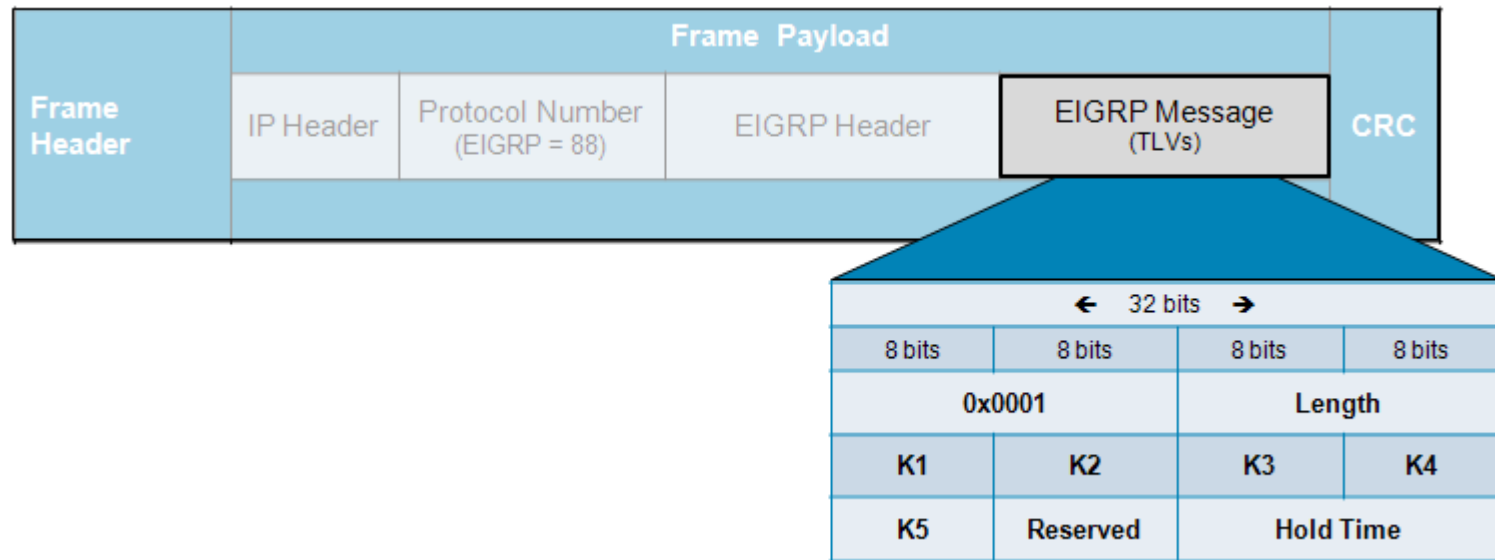
<p>Na LAN je EIGRP paket encapsulovaný do Ethernet rámcu s cieľovou multicast MAC adresou :</p> <p>01-00-5E-00-00-0A</p>	<p>Cieľová IP adresa je nastavená na multicast adresu 224.0.0.10, pole protokol na 88.</p>	<p>EIGRP hlavička identifikuje typ EIGRP paketu a číslo Autonomného systému</p>	<p>EIGRP správa sa skladá z Type / Length / Value (TLV) polí</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------

EIGRP paket



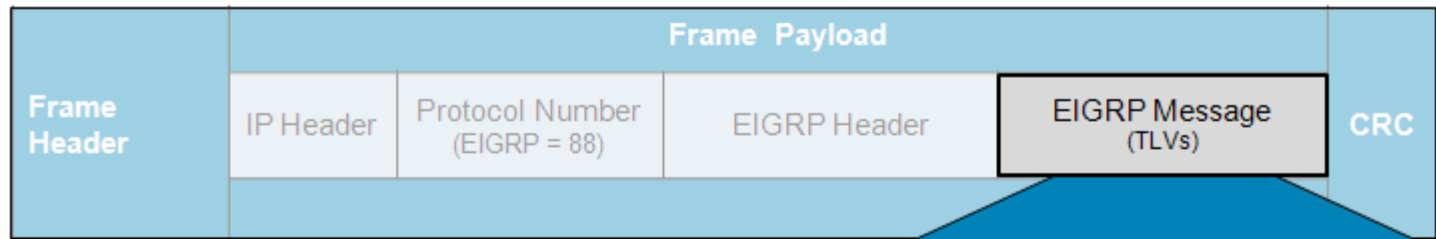
- Version - there are two versions
- Opcode - this is the EIGRP packet type:
 - 1 - Update
 - 3 - Query
 - 4 - Reply
 - 5 - Hello
 - 6 - IPX SAP
- Checksum - this is calculated for the whole EIGRP portion of the IP datagram
- Flags - The LSB (0x00000001) is the Init bit meaning that the route in this packet is the first in a new neighbour relationship. The next bit (0x00000002) is the Conditional Receive bit used in Cisco's Reliable Multicasting algorithm.
- Sequence - the 32-bit sequence number used by RTP.
- ACK - the 32-bit sequence last heard from the neighbour. A Hello packet with a non-zero value is an ACK.
- AS Number - the Autonomous System number of the EIGRP domain.
- Type/Length/Value (TLV) - There are a number of TLVs, all of them begin with a 16 bit Type field and a 16 bit Length field. There then follows a number of fields that vary depending on the type as given below.
 - General TLVs
 - 0x0001 - General EIGRP parameters (applies to any EIGRP packet regardless of protocol)
 - 0x0003 - Sequence (used by Cisco's Reliable Multicast)
 - 0x0004 - EIGRP software version, the original version being 0 and the current version being 1 (used by Cisco's Reliable Multicast)
 - 0x0005 - Next Multicast Sequence (used by Cisco's Reliable Multicast)
 - IP TLVs
 - 0x0102 - IP internal routes
 - 0x0103 - IP external routes
 - AppleTalk TLVs
 - 0x0202 - AppleTalk internal routes
 - 0x0203 - AppleTalk external routes
 - 0x0204 - AppleTalk cable setup
 - IPX TLVs
 - 0x0302 - IPX internal routes
 - 0x0303 - IPX external routes

TLV 0x0001 – Všeobecné EIGRP Parametre



- Všeobecné parametre aplikovateľné per každý protokol
- K hodnoty za účelom kalkulácie EIGRP metriky
- Hold Time
 - Posielaný susedom za účelom oznámenia jeho časovača držania platnosti suseda

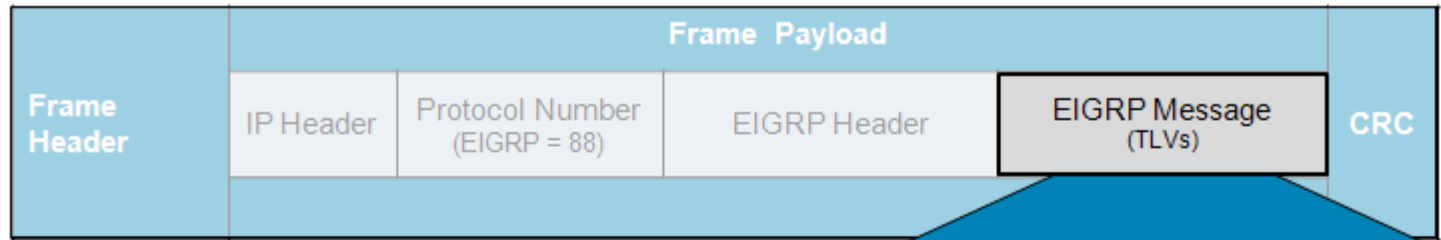
TLV 0x0102 - Internal IP Routes



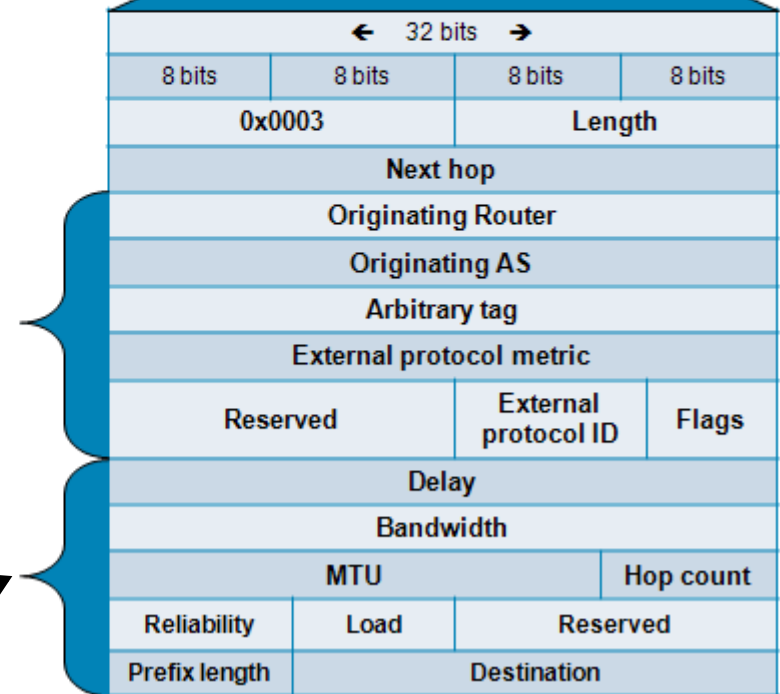
- Length: Length of the TLV
- Next Hop: The next hop router for this route
- Delay: The number of 10 microsecond chunks which is the sum of delays
- Bandwidth $256 * \text{IGRP bandwidth}$
- MTU: The smallest MTU encountered along the route to this particular destination network.
- Hop Count: A number between 0x00 (directly connected network) and 0xFF.
- Reliability: A number between 0x01 and 0xFF to indicate the error rates totalled along the route. 0xFF is reliable.
- Load: A number between 0x01 and 0xFF expressing the total load along a route where 0xFF is totally loaded.
- Reserved: 0x0000 and not used.
- Prefix Length: The number of bits used for the mask
- Destination: Destination network

← 32 bits →			
8 bits	8 bits	8 bits	8 bits
0x0002		Length	
Next hop			
Delay			
Bandwidth			
MTU			Hop count
Reliability	Load	Reserved	
Prefix length	Destination		

TLV 0x0103 - External IP Routes



- Length - Length of the TLV
- Next Hop - The next hop route for this route
- Originating Autonomous System - The AS from where the route came
- Tag - Used with Route Maps to track routes
- External Protocol Metric - The metric for this route used by the external routing protocol e.g. IGRP, OSPF, RIP
- Reserved - 0x0000 and not used.
- External Protocol ID - identifies the external protocol advertising this particular route
 - 0x01 - IGRP
 - 0x02 - EIGRP (a different AS)
 - 0x03 - Static Route
 - 0x04 - RIP
 - 0x05 - Hello
 - 0x06 - OSPF
 - 0x07 - IS-IS
 - 0x08 - EGP
 - 0x09 - BGP
 - 0x0A - IDRP
 - 0x0B - directly connected
- Flags - 0x01 means the route is an external route whereas 0x02 means that the route could be a default route.
- + zvyšok ako Internal



EIGRP Hello paket

```
+ Frame 3: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits)
+ Ethernet II, Src: c2:02:73:fe:00:00 (c2:02:73:fe:00:00), Dst: IPv4mcast_00:00:0a (01
+ Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.2 (10.0.0.2), Dst: 224.0.0.10 (224.0.0.10)
- Cisco EIGRP
  Version: 2
  opcode: Hello/Ack (5)
  Checksum: 0xee68
+ Flags: 0x00000000
  Sequence: 0
  Acknowledge: 0
  Autonomous System: 100
- EIGRP Parameters
  Type: EIGRP Parameters (1)
  Size: 12
  K1: 1
  K2: 0
  K3: 1
  K4: 0
  K5: 0
  Reserved: 0
  Hold Time: 15
- Software Version: IOS=12.4, EIGRP=1.2
  Type: Software Version (4)
  Size: 8
  IOS release version: 12.4
  EIGRP release version: 1.2
```

EIGRP Update paket

Sieť 192.168.4.0/24 išla Up

```
+ Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.2 (10.0.0.2), Dst: 224.0.0.10 (224.0.0.10)
- Cisco EIGRP
  Version: 2
  Opcode: update (1)
  Checksum: 0x0a7e
  + Flags: 0x00000000
    Sequence: 45
    Acknowledge: 0
    Autonomous System: 100
  - IP internal route = 192.168.4.0/24
    Type: IP internal route (258)
    Size: 28
    Next Hop: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
    Delay: 28160
    Bandwidth: 256000
    MTU: 1500
    Hop Count: 1
    Reliability: 255
    Load: 1
    Reserved: 0
    Prefix Length: 24
    Destination: 192.168.4.0
```


EIGRP Query paket

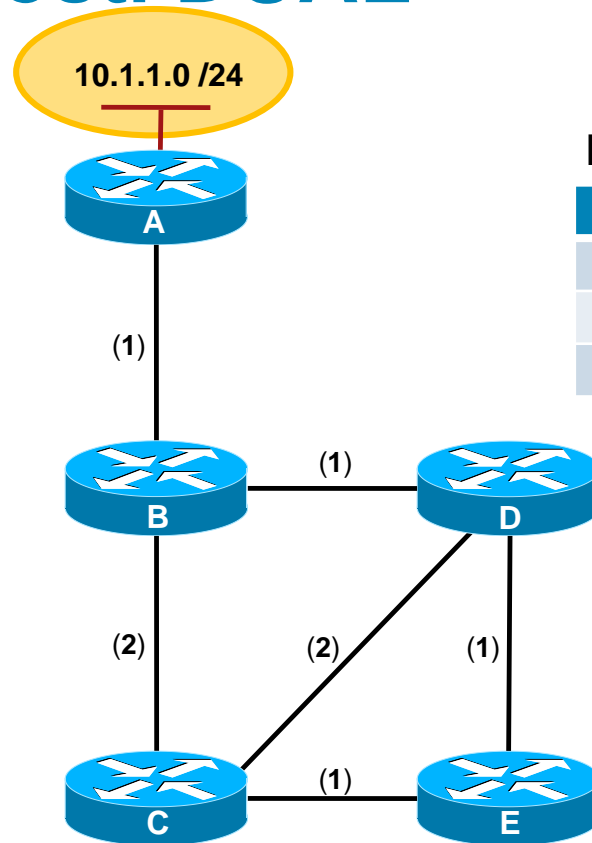
EIGRP Query keď sieť išla do Down

```
+ Internet Protocol version 4, Src: 10.0.0.2 (10.0.0.2), Dst: 224.0.0.10 (224.0.0.10)
- Cisco EIGRP
  Version: 2
  opcode: Query (3)
  Checksum: 0x5f7e
+ Flags: 0x00000000
  Sequence: 46
  Acknowledge: 0
  Autonomous System: 100
- IP internal route = 192.168.4.0/24 - Destination unreachable
  Type: IP internal route (258)
  Size: 28
  Next Hop: 0.0.0.0 (0.0.0.0)
  Delay: 4294967295
  Bandwidth: 0
  MTU: 1500
  Hop Count: 0
  Reliability: 0
  Load: 0
  Reserved: 4
  Prefix Length: 24
+ Destination: 192.168.4.0
```

Zmena v smerovaní



Príklad činnosti DUAL



Router D

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	2		***** Passive *****
via B	2	1	Successor
via C	5	3	

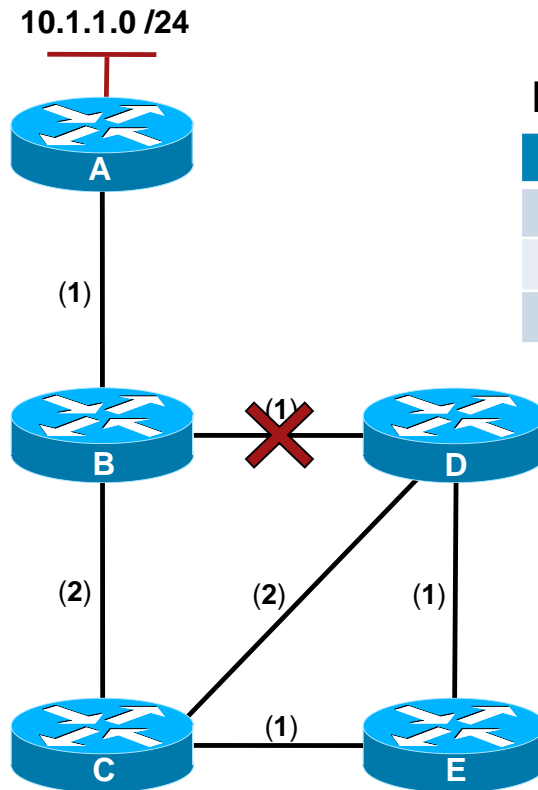
Router C

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	3		***** Passive *****
via B	3	1	Successor
via D	4	2	Feasible Successor
via E	4	3	

Router E

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	3		***** Passive *****
via D	3	2	Successor
via C	4	3	

DUAL Example



Router D

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	2		***** Passive *****
via B	2	1	Successor
via C	5	3	

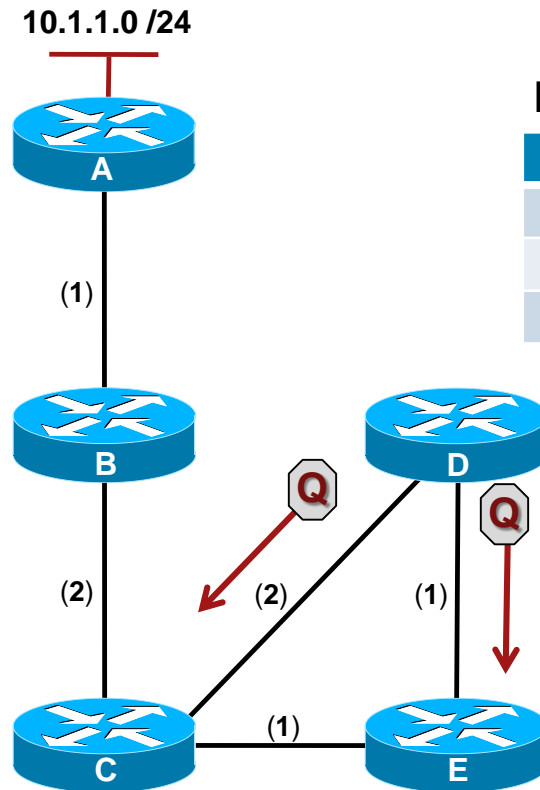
Router C

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	3		***** Passive *****
via B	3	1	Successor
via D	4	2	Feasible Successor
via E	4	3	

Router E


EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	3		***** Passive *****
via D	3	2	Successor
via C	4	3	

DUAL Example



Router D

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	-1		***** ACTIVE *****
via E			(Q) Query
via C	5	3	(Q) Query

 = Query

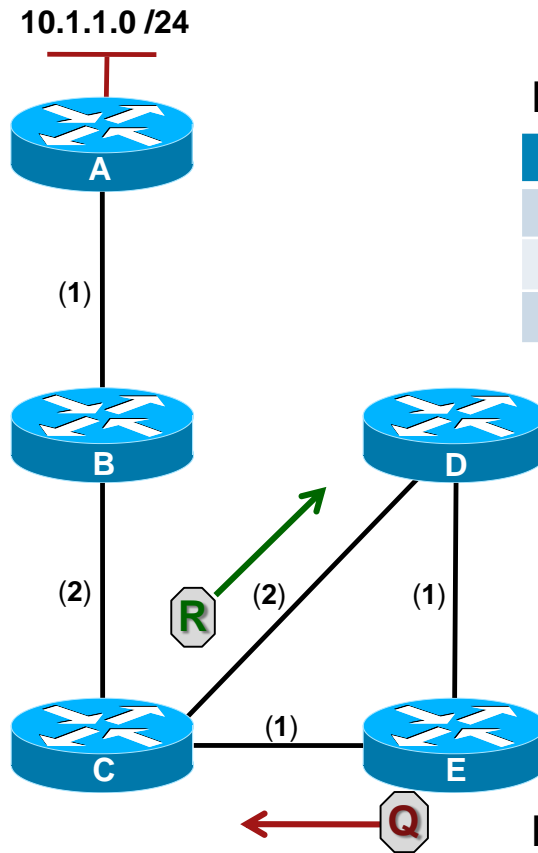
Router C

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	3		***** Passive *****
via B	3	1	Successor
via D	4	2	Feasible Successor
via E	4	3	

Router E



EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	3		***** Passive *****
via D	3	2	Successor
via C	4	3	

DUAL Example



Router D

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	-1		***** ACTIVE *****
via E			(Q) Query
via C	5	3	

 = Query
 = Reply

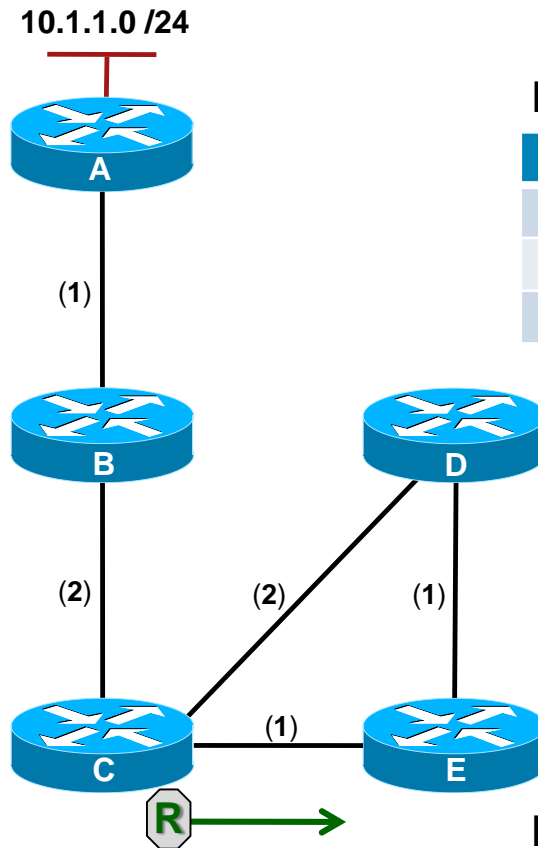
Router C

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	3		***** Passive *****
via B	3	1	Successor
via D			
via E	4	3	

Router E



EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	-1		***** ACTIVE *****
via D			
via C	4	3	(Q) Query

DUAL Example



Router D

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	-1		***** ACTIVE *****
via E			(Q) Query
via C	5	3	

 = Query
 = Reply

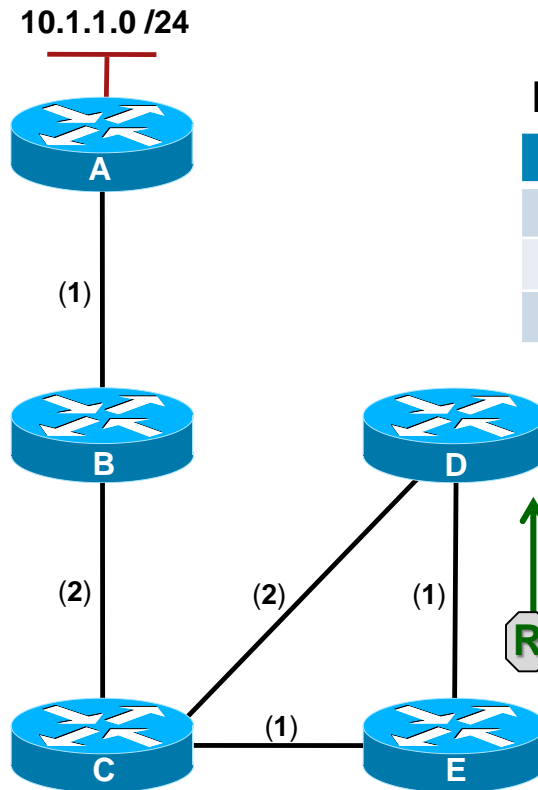
Router C

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	3		***** Passive *****
via B	3	1	Successor
via D			
via E			

Router E



EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	4		***** Passive *****
via C	4	3	Successor
via D			

DUAL Example



Router D

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	5		***** Passive *****
via C	5	3	Successor
via E	5	4	Successor

 = Query
 = Reply

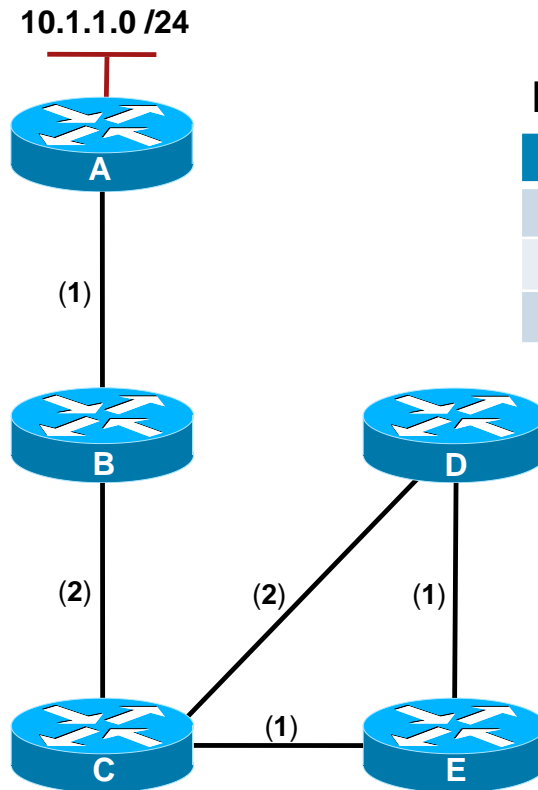
Router C

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	3		***** Passive *****
via B	3	1	Successor
via D			
via E			

Router E

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	4		***** Passive *****
via C	4	3	Successor
via D			

DUAL Example



Router D

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	5		***** Passive *****
via C	5	3	Successor
via E	5	4	Successor

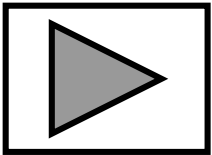
Router C

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	3		***** Passive *****
via B	3	1	Successor
via D			
via E			

Router E

EIGRP	FD	AD	Topology
10.1.1.0 /24	4		***** Passive *****
via C	4	3	Successor
via D			

EIGRP metrika



Konfigurácia

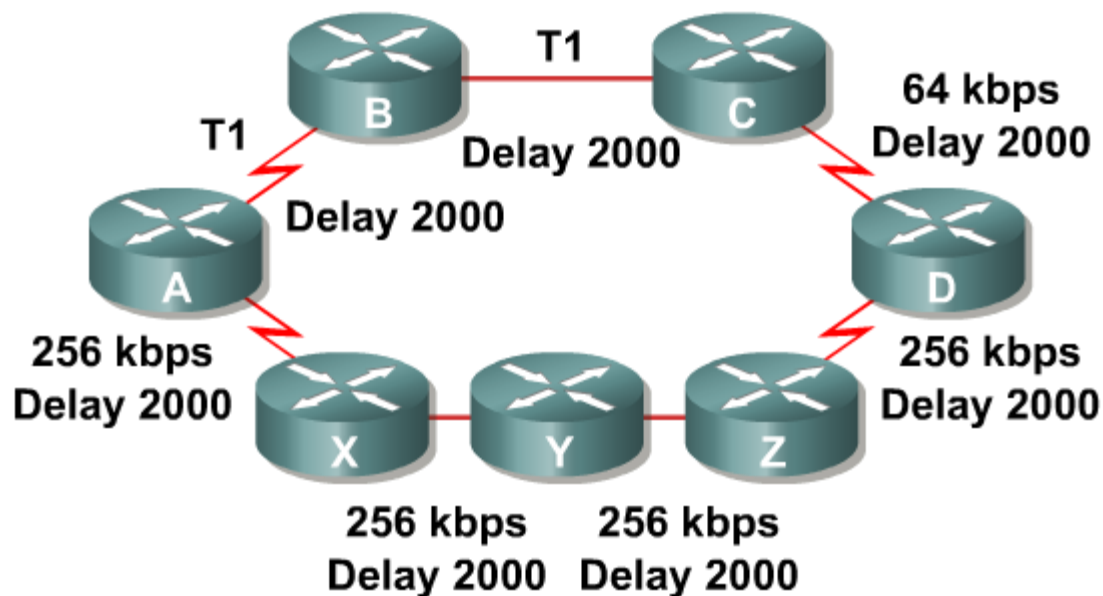
Metrika v EIGRP

- Používa sa tzv. kompozitná metrika zložená zo 4 faktorov
 - **Bandwidth** (statický parameter, MIN, implicitne zapnutý)
 - **Delay** (statický parameter, SUM, implicitne zapnutý)
 - **Reliability** (dynamicky vyhodnocovaný, MIN, implicitne vypnutý)
 - **Load** (dynamicky vyhodnocovaný, MAX, implicitne vypnutý)
 - **MTU** (statický parameter, nevstupuje do výpočtov, ale ak sú po výpočte kompozitnej metriky stále k dispozícii viaceré rovnako dobré cesty, EIGRP preferuje cestu s najväčším Path MTU)
- Implicitne sú aktívne len faktory Bandwidth a Delay (a MTU)
 - Reliability a Load sú neaktívne
- EIGRP metrika má 32 bitov, stará IGRP metrika sa počíta identicky, avšak má 24 bitov
 - Preklad: posun o 8 bitov doprava/doľava (t.j. delenie/násobenie 256)
 - $EIGRP = IGRP \ll 8$, $IGRP = EIGRP \gg 8$

Výpočet EIGRP metriky

- Implicitný výpočet metriky:
 - $\text{Metric} = \text{BW}(\text{najpomalšia linka}) + \text{D}(\text{suma oneskorení})$
- **Delay** = $\sum (\text{D}/10) * 256$
 - Suma všetkých oneskorení pozdĺž cesty v desiatkach mikrosekúnd, na konci násobená 256
 - Súčet priamo vzatých hodnôt príkazov **delay**
- **BW** = $[10^7 / (\text{najnižšia } \text{bandwidth} \text{ pozdĺž cesty v Kbps})] * 256$
- Vzorec so štandardnými váhovými koeficientami (**K1 = K3 = 1**, K2 = K4 = K5 = 0):
 - $\text{Metrika} = [\text{K1} * \text{BW} + ((\text{K2} * \text{BW}) / (256 - \text{Load})) + \text{K3} * \text{Delay}]$
 - T.j. $\text{Metrika} = [\text{K1} * \text{BW} + (\text{K3} * \text{Delay})] = [\text{K1} * 256 * (10^7 / \text{BW}_{\min}) + \text{K3} * 256 * \sum (\text{D}/10)]$
- Ak je K5 **nenuľové**:
 - $\text{Metrika} = \text{Metrika} * [\text{K5} / (\text{Reliability} + \text{K4})]$
 - Samozrejme, aj Load a Reliability sa násobia 256
- MTU nevstupuje do výpočtu EIGRP metriky
 - Používa sa ako posledné rozhodovacie kritérium: ak viaceré cesty zdieľajú rovnakú najlepšiu výslednú metriku, EIGRP použije cestu, ktorej MTU je max.
- Susedia **musia mať rovnaké** K hodnoty!!!

Príklad výpočtu EIGRP metriky



A → B → C → D

Minimálna BW: 64 kbps

Celkový delay: 6,000

A → X → Y → Z → D

Minimálna BW: 256 kbps

Celkový delay: 8,000

- Horná trasa: $M = 1 * (10^7 / 64) * 256 + 1 * 6000 * 256 = 41\,536\,000$
- Dolná trasa: $M = 1 * (10^7 / 256) * 256 + 1 * 8000 * 256 = 12\,048\,000$
- Dolná trasa je z pohľadu EIGRP výhodnejšia

EIGRP oneskorenia liniek

Media	Delay
100M ATM	100 μ S
Fast Ethernet	100 μ S
FDDI	100 μ S
1HSSI	20,000 μ S
16M Token Ring	630 μ S
Ethernet	1,000 μ S
T1 (Serial Default)	20,000 μ S
512K	20,000 μ S
DSO	20,000 μ S
56K	20,000 μ S

Spustenie EIGRP



Konfigurácia EIGRP

Router (config) #

```
router eigrp autonomous-system-number
```

- Aktivuje EIGRP a nastaví jeho AS
- Všetky smerovače, ktoré si majú v EIGRP spoločne vymieňať smerovaciu informáciu, musia patriť do spoločného autonómneho systému

Router (config-router) #

```
no auto-summary  
network network-number [wildcard-mask]
```

- Zaradí sieť do EIGRP smerovacieho procesu
- Wildcard mask nie je povinná, ale je veľmi odporúčaná
 - Ak nie je zadaná, berie sa classful mask
 - Je možné zadávať v tvare *subnet mask* alebo *wildcard mask*
 - Ak zadám IP rozhrania a masku 0.0.0.0 spustí eigrp na danom rozhraní



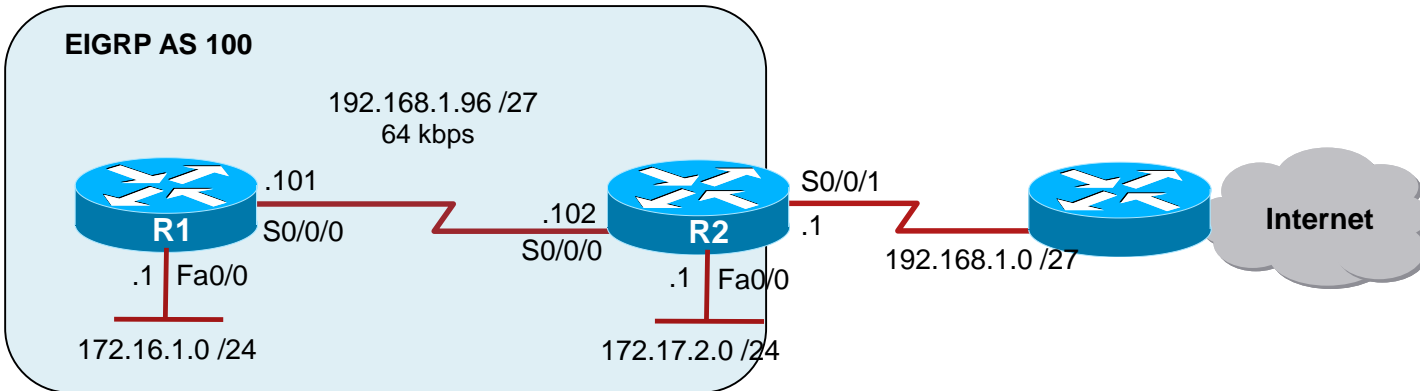
Overenie EIGRP



Užitečné příkazy a příkazy na samoštúdium

```
show ip protocols
show ip eigrp neighbors [detail]
show ip eigrp interfaces [detail]
show ip eigrp topology [all-links] [SIETĚ]
show ip eigrp traffic
show ip route eigrp
show key chain
debug eigrp ...
Debug eigrp packets terse
debug ip eigrp ...
(interface) ip hello-interval eigrp
(interface) ip dead-interval eigrp
```

Konfigurácia EIGRP príklad: Classless

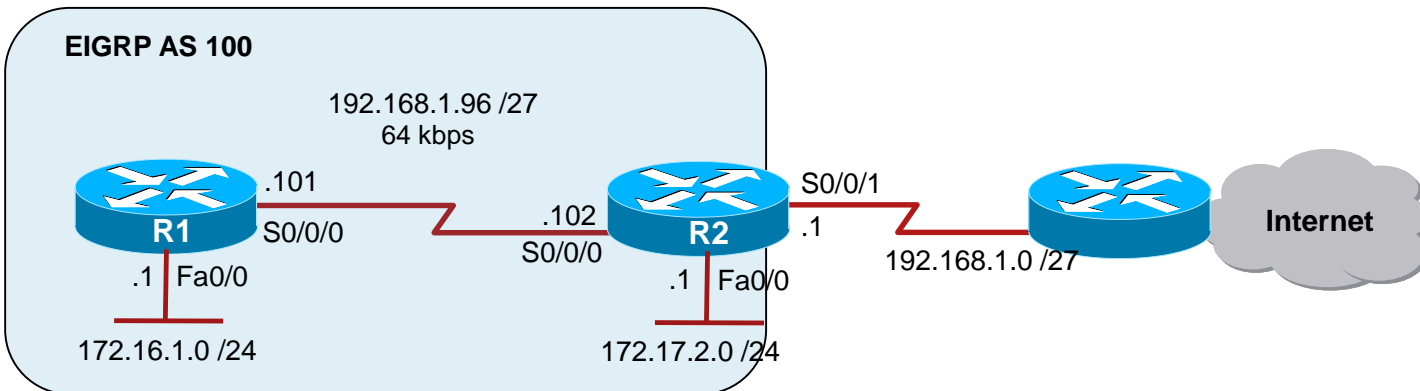


Príklad:

```
R1(config)# no router eigrp 100
R1(config)# router eigrp 100
R1(config-router)# network 192.168.1.96 0.0.0.31
R1(config-router)# network 172.16.1.0 0.0.0.255
R1(config-router)# end
R1# show run | section router eigrp
router eigrp 100
  network 172.16.1.0 0.0.0.255
  network 192.168.1.96 0.0.0.31
  auto-summary
R1#
```

```
R2(config)# no router eigrp 100
R2(config)# router eigrp 100
R2(config-router)# network 192.168.1.96 0.0.0.31
R2(config-router)# network 172.17.2.0 0.0.0.255
R2(config-router)# end
R2# show run | section router eigrp
router eigrp 100
  network 172.17.2.0 0.0.0.255
  network 192.168.1.96 0.0.0.31
  auto-summary
R2#
```

Overenie EIGRP z príkladu



```
R2# show ip protocols
Routing Protocol is "eigrp 100"
<output omitted>
Automatic network summarization is in effect
  Automatic address summarization:
    192.168.1.0/24 for FastEthernet0/0
      Summarizing with metric 40512000
    172.17.0.0/16 for Serial0/0/0
      Summarizing with metric 28160
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    172.17.2.0/24
    192.168.1.96/27
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    (this router)    90           00:00:06
    Gateway         Distance      Last Update
    192.168.1.101    90           00:00:26
  Distance: internal 90 external 170
```

Overenie EIGRP: show ip protocols

Overenie informácií o smerovacích protokoloch na smerovači

```
R1# show ip protocols
Routing Protocol is "eigrp 100"
<output omitted>
EIGRP metric weight K1=1, K2=0, K3=1, K4=0, K5=0
EIGRP maximum hopcount 100
EIGRP maximum metric variance 1
Redistributing: eigrp 100
EIGRP NSF-aware route hold timer is 240s
Automatic network summarization is in effect
Automatic address summarization:
  192.168.1.0/24 for FastEthernet0/0
    Summarizing with metric 40512000
  172.16.0.0/16 for Serial0/0/0
    Summarizing with metric 28160
Maximum path: 4
Routing for Networks:
  172.16.1.0/24
  192.168.1.96/27
Routing Information Sources:
  Gateway          Distance      Last Update
  (this router)      90           00:08:56
  Gateway          Distance      Last Update
  192.168.1.102      90           00:07:59
Distance: internal 90 external 170
```

Overenie EIGRP: show ip eigrp neighbors

Overenie zoznamu susedov a vyformovania adj. vzťahu.

```
R1# show ip eigrp neighbors
```

```
IP-EIGRP neighbors for process 100
```

H	Address	Interface	Hold (sec)	Uptime	SRTT (ms)	RTO	Q Cnt	Seq Num
0	192.168.1.102	Se0/0/0	11	00:09:17	22	2280	0	5

```
R1#
```

Overenie EIGRP: show ip eigrp topology

Overenie topologickej tabuľky na smerovači.

```
R1# show ip eigrp topology
IP-EIGRP Topology Table for AS(100)/ID(192.168.1.101)

Codes: P - Passive, A - Active, U - Update, Q - Query, R - Reply,
       r - reply Status, s - sia Status

P 192.168.1.96/27, 1 successors, FD is 40512000
    via Connected, Serial0/0/0
P 192.168.1.0/24, 1 successors, FD is 40512000
    via Summary (40512000/0), Null0
P 172.16.0.0/16, 1 successors, FD is 28160
    via Summary (28160/0), Null0
P 172.17.0.0/16, 1 successors, FD is 40514560
    via 192.168.1.102 (40514560/28160), Serial0/0/0
P 172.16.1.0/24, 1 successors, FD is 28160
    via Connected, FastEthernet0/0

R1#
```

```
R1# show ip eigrp topology all-links
```

Overenie EIGRP: show ip route eigrp

Overenie smerovacej tabuľky

```
R1# show ip route
```

```
<output omitted>
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
D    172.17.0.0/16 [90/40514560] via 192.168.1.102, 00:10:35, Serial0/0/0
```

```
    172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

```
D        172.16.0.0/16 is a summary, 00:11:37, Null0
```

```
C        172.16.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
    192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

```
C        192.168.1.96/27 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
D        192.168.1.0/24 is a summary, 00:11:37, Null0
```

```
R1#
```

```
R1# show ip route eigrp
```

```
D    172.17.0.0/16 [90/40514560] via 192.168.1.102, 00:10:18, Serial0/0/0
```

```
    172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

```
D        172.16.0.0/16 is a summary, 00:11:19, Null0
```

```
    192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

```
D        192.168.1.0/24 is a summary, 00:11:19, Null0
```

```
R1#
```


Overenie EIGRP: show ip route NET/MASK

```
R1# sh ip route 192.168.2.0 255.255.255.0
```

```
Routing entry for 192.168.2.0/24
```

```
Known via "eigrp 1", distance 90, metric 409600, type internal
```

```
Redistributing via eigrp 1
```

```
Last update from 10.1.3.2 on FastEthernet0/0, 00:00:11 ago
```

```
Routing Descriptor Blocks:
```

```
* 10.1.3.2, from 10.1.3.2, 00:00:11 ago, via FastEthernet0/0
```

```
Route metric is 409600, traffic share count is 1
```

```
Total delay is 6000 microseconds, minimum bandwidth is 10000 Kbit
```

```
Reliability 255/255, minimum MTU 1500 bytes
```

```
Loading 1/255, Hops 1
```

Overenie EIGRP: show ip eigrp interfaces

Overenie činnosti EIGRP na rozhraniach

```
R1# show ip eigrp interfaces
```

```
IP-EIGRP interfaces for process 100
```

Interface	Peers	Xmit Queue Un/Reliable	Mean SRTT	Pacing Time Un/Reliable	Multicast Flow Timer	Pending Routes
Se0/0/0	1	0/0	22	10/380	468	0
Fa0/0	0	0/0	0	0/1	0	0

```
R1#
```

show ip eigrp traffic

Overenie činnosti EIGRP a prevádzkových štatistík

```
R1# show ip eigrp traffic
```

```
IP-EIGRP Traffic Statistics for AS 100
```

```
  Hellos sent/received: 338/166
```

```
  Updates sent/received: 7/7
```

```
  Queries sent/received: 0/0
```

```
  Replies sent/received: 0/0
```

```
  Acks sent/received: 2/2
```

```
  SIA-Queries sent/received: 0/0
```

```
  SIA-Replies sent/received: 0/0
```

```
  Hello Process ID: 228
```

```
  PDM Process ID: 226
```

```
  IP Socket queue: 0/2000/1/0 (current/max/highest/drops)
```

```
  Eigrp input queue: 0/2000/1/0 (current/max/highest/drops)
```

```
R1#
```

debug eigrp packets

Prenos a príjem EIGRP paketov.

```
R2# debug eigrp packets
*Jul 26 10:51:24.051: EIGRP: Sending HELLO on Serial0/0/0
*Jul 26 10:51:24.051:   AS 100, Flags 0x0, Seq 0/0 idbQ 0/0 iidbQ un/rely 0/0
*Jul 26 10:51:24.111: EIGRP: Sending HELLO on FastEthernet0/0
*Jul 26 10:51:24.111:   AS 100, Flags 0x0, Seq 0/0 idbQ 0/0 iidbQ un/rely 0/0
*Jul 26 10:51:26.667: EIGRP: Received HELLO on Serial0/0/0 nbr 192.168.1.101
*Jul 26 10:51:26.667:   AS 100, Flags 0x0, Seq 0/0 idbQ 0/0 iidbQ un/rely 0/0 peerQ un/re
ly 0/0
*Jul 26 10:51:28.451: EIGRP: Sending HELLO on FastEthernet0/0
*Jul 26 10:51:28.451:   AS 100, Flags 0x0, Seq 0/0 idbQ 0/0 iidbQ un/rely 0/0
*Jul 26 10:51:29.027: EIGRP: Sending HELLO on Serial0/0/0
*Jul 26 10:51:29.027:   AS 100, Flags 0x0, Seq 0/0 idbQ 0/0 iidbQ un/rely 0/0
*Jul 26 10:51:31.383: EIGRP: Received HELLO on Serial0/0/0 nbr 192.168.1.101
*Jul 26 10:51:31.383:   AS 100, Flags 0x0, Seq 0/0 idbQ 0/0 iidbQ un/rely 0/0 peerQ un/re
ly 0/0
*Jul 26 10:51:33.339: EIGRP: Sending HELLO on FastEthernet0/0
*Jul 26 10:51:33.339:   AS 100, Flags 0x0, Seq 0/0 idbQ 0/0 iidbQ un/rely 0/0
*Jul 26 10:51:33.511: EIGRP: Sending HELLO on Serial0/0/0
*Jul 26 10:51:33.511:   AS 100, Flags 0x0, Seq 0/0 idbQ 0/0 iidbQ un/rely 0/0
*Jul 26 10:51:36.347: EIGRP: Received HELLO on Serial0/0/0 nbr 192.168.1.101
*Jul 26 10:51:36.347:   AS 100, Flags 0x0, Seq 0/0 idbQ 0/0 iidbQ un/rely 0/0 peerQ un/re
ly 0/0
*Jul 26 10:51:37.847: EIGRP: Sending HELLO on Serial0/0/0
*Jul 26 10:51:37.847:   AS 100, Flags 0x0, Seq 0/0 idbQ 0/0 iidbQ un/rely 0/0
*Jul 26 10:51:37.899: EIGRP: Sending HELLO on FastEthernet0/0
```

debug eigrp packets terse

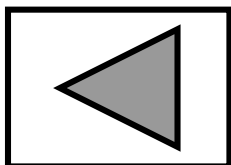
Prenos a příjem EIGRP paketov.

```
R1# debug eigrp packets terse
*Mar  1 00:51:01.311: %DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP(0) 1: Neighbor 10.1.3.2 (FastEthernet0/0) is up:
new adjacency
*Mar  1 00:51:01.311: EIGRP: Enqueueing UPDATE on FastEthernet0/0 nbr 10.1.3.2 iidbQ un/rely 0/1
peerQ un/rely 0/0
*Mar  1 00:51:01.315: EIGRP: Requeued unicast on FastEthernet0/0
*Mar  1 00:51:01.327: EIGRP: Sending UPDATE on FastEthernet0/0 nbr 10.1.3.2
*Mar  1 00:51:01.327:   AS 1, Flags 0x1, Seq 4/0 idbQ 2/0 iidbQ un/rely 0/0 peerQ un/rely 0/1
*Mar  1 00:51:01.331: EIGRP: Enqueueing UPDATE on FastEthernet0/0 iidbQ un/rely 0/1 serno 1-1
*Mar  1 00:51:01.331: EIGRP: Building Sequence TLV
*Mar  1 00:51:01.331: EIGRP: Enqueueing UPDATE on FastEthernet0/0 nbr 10.1.3.2 iidbQ un/rely 0/0
peerQ un/rely 0/1 serno 1-1
*Mar  1 00:51:01.335: EIGRP: Sending UPDATE on FastEthernet0/0
R1#
*Mar  1 00:51:01.339:   AS 1, Flags 0xA, Seq 5/0 idbQ 2/0 iidbQ un/rely 0/0 serno 1-1
*Mar  1 00:51:01.343: EIGRP: Received Sequence TLV from 10.1.3.2
*Mar  1 00:51:01.347:   10.1.3.1
*Mar  1 00:51:01.347:   address matched
*Mar  1 00:51:01.347:   clearing CR-mode
*Mar  1 00:51:01.347: EIGRP: Received CR sequence TLV from 10.1.3.2, sequence 5
*Mar  1 00:51:01.351: EIGRP: Received UPDATE on FastEthernet0/0 nbr 10.1.3.2
*Mar  1 00:51:01.351:   AS 1, Flags 0xA, Seq 5/0 idbQ 0/0 iidbQ un/rely 0/0 peerQ un/rely 0/2, not
in CR-mode, packet discarded
```

Ďalšia konfigurácia a ladenie



Lab 2.1



Passive-Interface v EIGRP

- Zabráni v posielaní EIGRP updatov von cez dané rozhranie

```
Router(config-router) #  
passive-interface type number [default]
```

- Možnosť **default** nastaví všetky rozhrania na passive
 - Potrebne jednotlivé individuálne povoliť
- Z pohľadu činnosti EIGRP príkaz spôsobí:
 - Na rozhraní sa nevytvorí susedský vzťah
 - Smerovacie update sú z daného smeru ignorované
 - Avšak dané subnet pasívneho rozhrania je rozposielaná v EIGRP

Konfigurácia šírky pásma v EIGRP

```
Router (config-if) # bandwidth kilobits
```

- Dôležitý parameter – na každom rozhraní je potrebné určiť jeho reálnu prenosovú rýchlosť
 - Pri FR = CIR
- EIGRP túto hodnotu používa dvojako
 - Pri výpočte metriky
 - Na určenie, koľko prenosového pásma môže minúť posielaním vlastných paketov
 - Default EIGRP použije 50% kapacity
- Príkaz **bandwidth** sa **nemá** používať na ovplyvňovanie výberu cesty
 - Namiesto toho sa má použiť príkaz **delay N**, kde N je oneskorenie v desiatkach mikrosekúnd

Zmena váhových koeficientov v EIGRP

- V prípade potreby je možné hodnoty váhových koeficientov pre výpočet metriky v EIGRP upraviť
- Hodnoty musia byť identické na všetkých smerovačoch v tom istom autonómnom systéme

```
Router(config-router)# metric weights 0 K1 K2 K3 K4 K5
```

- Obvykle sa zmeny metrík neodporúčajú a majú byť konzultované s technickou podporou na Cisco
 - *K1 - Bandwidth*
 - *K2 - Load*
 - *K3 - Delay*
 - *K4 - Reliability*
 - *K5 - MTU*

Zmena časovačov v EIGRP

- EIGRP má niekoľko časovačov
 - Hello Interval – interval medzi odoslanými Hello paketmi
 - Hold Time – maximálny čas od posledného príchodu platného EIGRP paketu
 - Môj Hold Time dodržujú moji susedia, nie ja sám!
 - Pre každého suseda ja dodržujem jeho Hold Time
- Časovače medzi rôznymi susednými EIGRP routermi môžu byť rôzne
 - Každý smerovač môže posilať svoje Hello pakety s inou frekvenciou a môže o sebe oznámiť iný Hold Time
 - Medzi Hello Interval a Hold Time nie je preddefinovaný vzťah – zmena jedného neovplyvňuje hodnotu druhého
- Zmena časovačov sa realizuje na *individuálnych rozhraniach*:

```
Router(config-if) # ip hello-interval eigrp as-number hello-interval  
Router(config-if) # ip hold-time eigrp as-number hold-time
```

EIGRP Load Balance

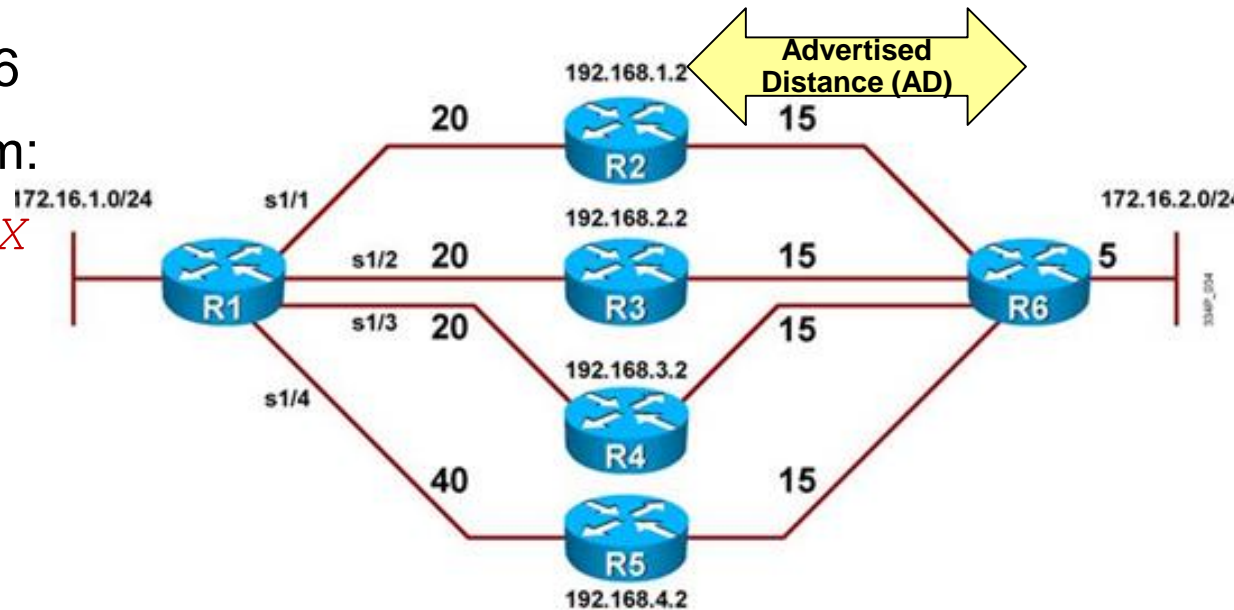


EIGRP a load balancing

- Každý smerovací protokol dokáže robiť equal-cost load balancing

- Def. 4 cesty, max. 16
- Definované príkazom:

maximum-paths *MAX*



R1 Topology Table

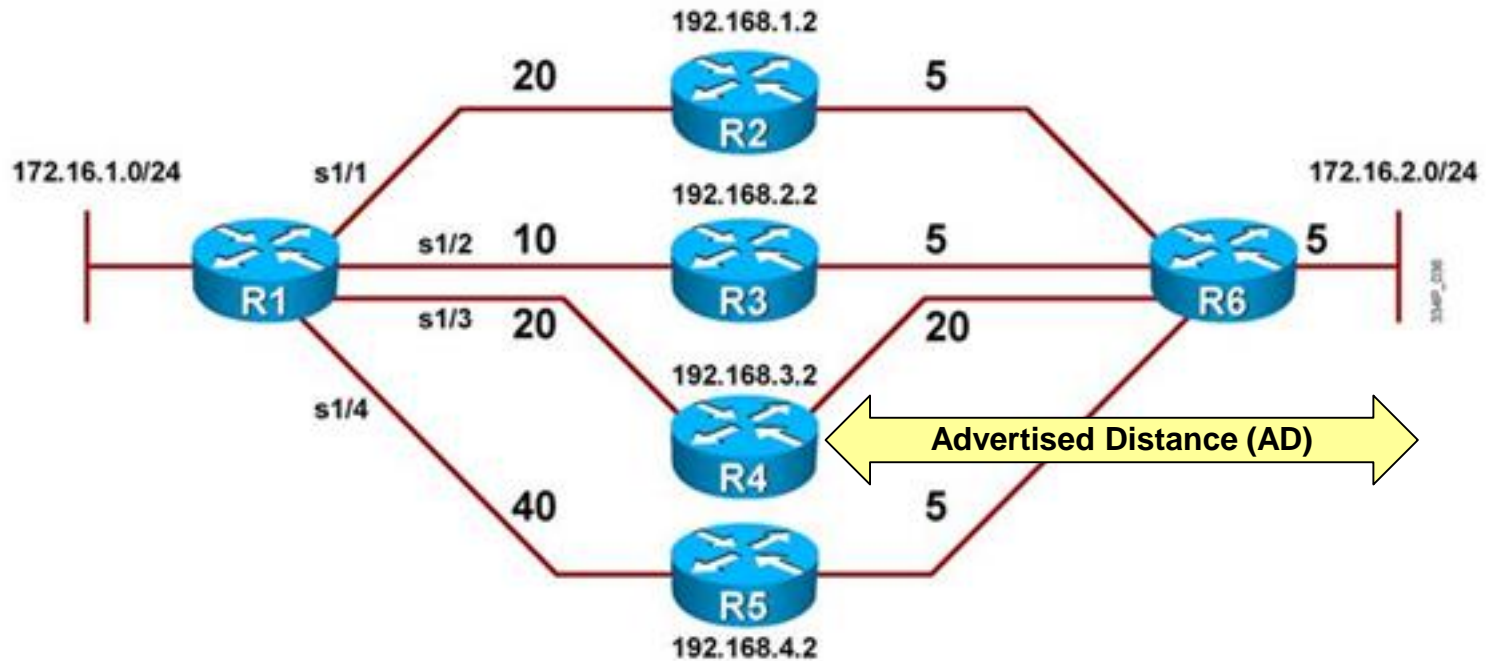
```
R1(config)# router eigrp 100
R1(config-router)# network 172.16.1.0 0.0.0.255
R1(config-router)# network 192.168.1.0
R1(config-router)# network 192.168.2.0
R1(config-router)# network 192.168.3.0
R1(config-router)# network 192.168.4.0
R1(config-router)# maximum-paths 3
R1(config-router)#
```

Network	Neighbor	AD	FD
172.16.2.0/24	R2	20	40
	R3	20	40
	R4	20	40
	R5	20	60

EIGRP a load balancing

- EIGRP ako jediný dokáže realizovať aj unequal-cost load balancing práve vďaka FC a feasible successorom
- Prostriedok:
 - príkaz **variance** V v konfigurácii EIGRP
 - Variance V stanovuje interval $\langle \text{Distance}, V * \text{Distance} \rangle$, kde Distance je dĺžka súčasnej najkratšej cesty do istej siete
 - $V \in \langle 1, 128 \rangle$
 - Každú cestu do tejto siete, ktorá *ide cez feasible successora* a jej dĺžka je v tomto intervale, použijeme pre load balancing
 - Príkaz v zásade stanovuje, koľkonásobne horšia môže ešte cesta cez feasible successora byť, aby sme ju boli ochotní využívať
 - Nelimituje však počet ciest, to robí max-paths
- V tomto prípade je veľmi vhodné, že sú v topologickej databáze zaznamenaní aj feasible successori

EIGRP Unequal-Cost Load Balancing



```
R1(config)# router eigrp 100
R1(config-router)# variance 2
R1(config-router)#
```

```
R1(config)# router eigrp 100
R1(config-router)# variance 3
R1(config-router)#
```

?

R1 Topology Table

Network	Neighbor	AD	FD
172.16.2.0/24	R2	10	30
	R3	10	20
	R4	25	45
	R5	10	50

EIGRP a load balancing

- Load balancing sa môže realizovať
 - per packet alebo
 - per destination
- Spôsob konfigurácie závisí od toho, či je zapnutý CEF alebo nie
- Je vhodné mať CEF aktívne, pretože významne zrýchľuje

```
Router(config)# ip cef
```

- Konfigurácia load balancingu pod CEF
 - Príkazy patria na **výstupné** rozhrania

```
Router(config-if)# ip load-sharing per-packet
```

```
Router(config-if)# ip load-sharing per-destination
```

EIGRP a load balancing

- Riadenie distribúcie prevádzky cez viaceré cesty:

```
traffic-share [ balanced | min across-interfaces ]
```

- **balanced**

- Default správanie, smerovač distribuuje prevádzku proporcionálne k metrikám jednotlivých ciest

- **min across-interfaces**

- Smerovač použije len cestu/cesty s min. cenou
 - V smerovacej tabuľke sú však všetky (FD aj tie s násobkom *variance*)
 - Riešenie backupu primárnych ciest

Príklad – Balanced LB

- Príklad:
 - max-path=4, variance=4
 - Cesta 1: 1100
 - Cesta 2: 1100
 - Cesta 3: 2000
 - Cesta 4: 4000
- Ktoré cesty budú použité na LB?
- V akom pomere bude rozdeľovaná prevádzka?
- Smerovač podelí najhoršiu metriku metrikou každej cesty a zaokrúhli na celé
 - Pre cestu 1 a 2
 - $4000/1100 = 3$
 - Pre cestu 3
 - $4000/2000 = 2$
 - Pre cestu 4
 - $4000/4000 = 1$
- Cestou 1 a 2 pôjdu tri pakety, cestou 3 dva pakety a cestou 4 jeden paket

EIGRP a default route



EIGRP a default route

- EIGRP môže default route posielat' tromi spôsobmi
 1. Ako smer 0.0.0.0/0
 2. Alebo ako sieť, ktorej zároveň dá príznak, že cesta k danej sieti je totožná s default route
 3. Ak to situácia dovoľuje, je možné použiť aj manuálnu sumarizáciu do 0.0.0.0/0
- Preposielanie smeru 0.0.0.0/0
 - Nevyhnutné definovať ho staticky alebo získať ho z iného smerovacieho protokolu,
 - a redistribuovať ho do EIGRP

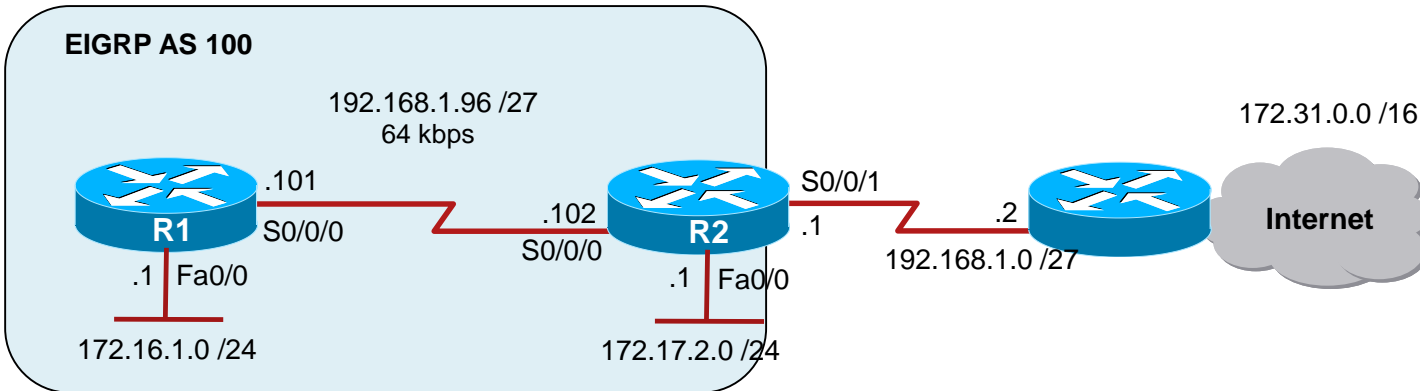
```
Router(config-router) # redistribute static
```

or

```
Router(config-router) # network 0.0.0.0
```

Podmienka: ip route musí byť s výstupným rozhraním, nie s next hop IP adresou

ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 next-hop



```
R2(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 192.168.1.2
```

```
R2(config)# router eigrp 100
```

```
R2(config-router)# redistribute static
```

```
R2(config-router)# do show ip route
```

```
<output omitted>
```

```
Gateway of last resort is 192.168.1.2 to network 0.0.0.0
```

```
172.17.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

```
D 172.17.0.0/16 is a summary, 02:53:48, Null0
```

```
C 172.17.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
D 172.16.0.0/16 [90/40514560] via 192.168.1.101, 02:53:48, Serial0/0/0
```

```
192.168.1.0/27 is subnetted, 2 subnets
```

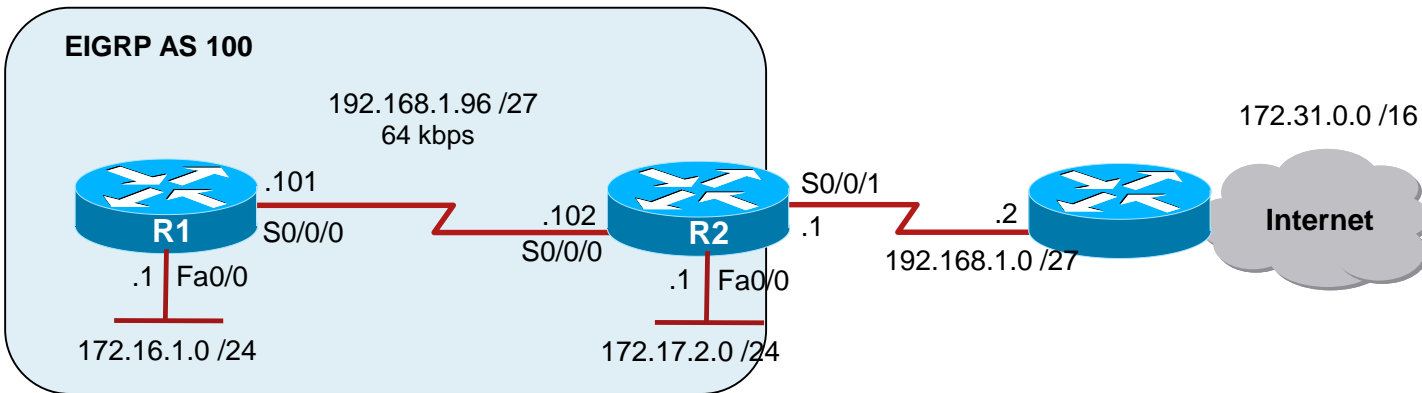
```
C 192.168.1.96 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
C 192.168.1.0 is directly connected, Serial0/0/1
```

```
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.1.2
```

```
R2(config-router)#
```

ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 interface



```
R2(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 S0/0/1
```

```
R2(config)# router eigrp 100
```

```
R2(config-router)# network 0.0.0.0
```

```
R2(config-router)# do show ip route
```

```
<output omitted>
```

```
Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0
```

```
172.17.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

```
D 172.17.0.0/16 is a summary, 03:13:25, Null0
```

```
C 172.17.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
D 172.16.0.0/16 [90/40514560] via 192.168.1.101, 03:13:25, Serial0/0/0
```

```
192.168.1.0/27 is subnetted, 2 subnets
```

```
C 192.168.1.96 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
C 192.168.1.0 is directly connected, Serial0/0/1
```

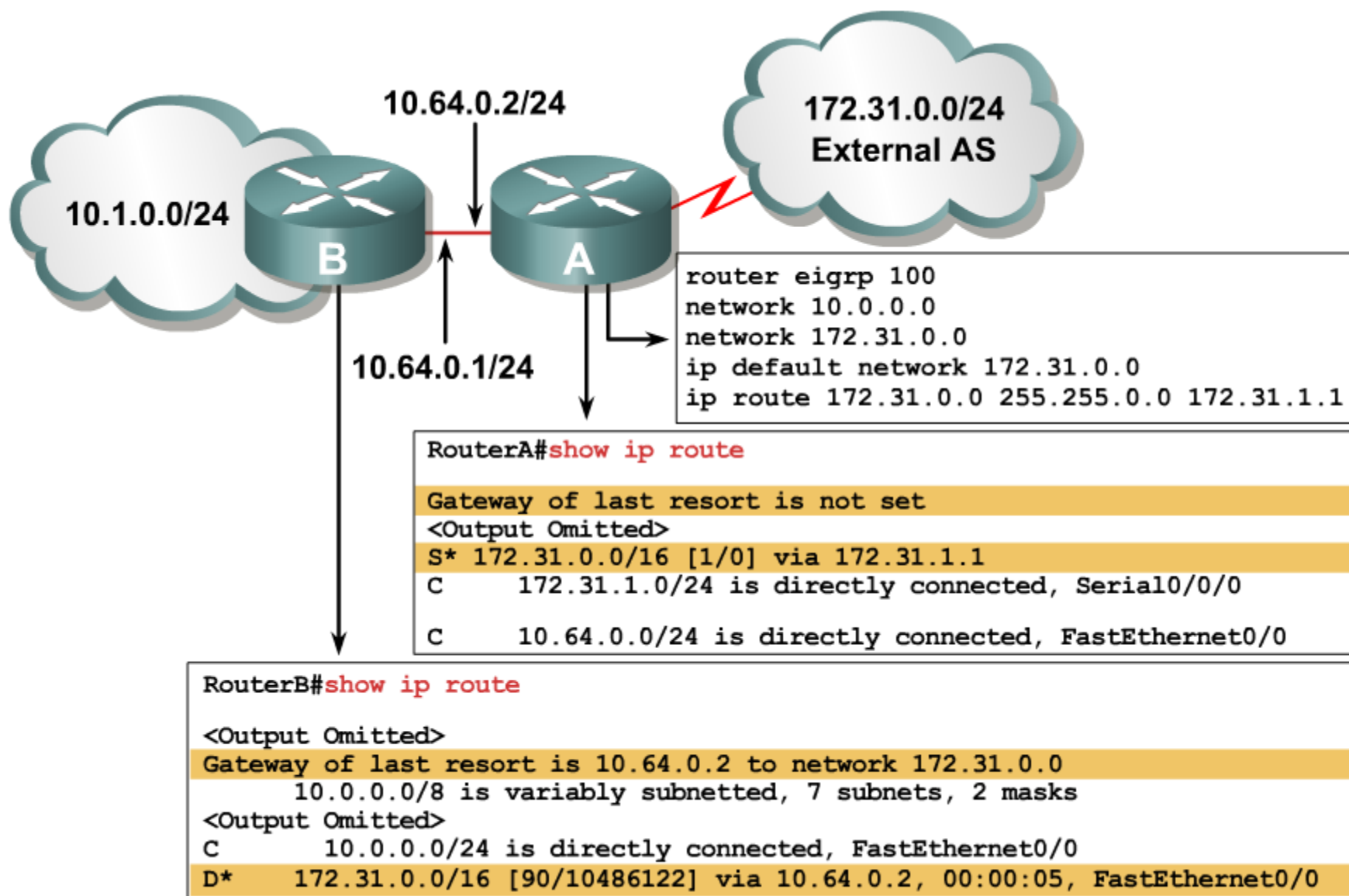
```
S* 0.0.0.0/0 is directly connected, Serial0/0/1
```

```
R2(config-router)#
```

EIGRP a default route

- Použitie príkazu **ip default-network**
 - Príkaz definuje sieť, ktorá je mimo našej topológie, a teda cesta k nej vedie cez nejakú bránu
 - Default route a cesta k tejto „default network“ budú totožné
 - Typicky je to sieť, ktorá spája hraničný smerovač našej siete s ISP
- Použitie príkazu **ip default-network** má niekoľko krokov:
 - Sieť, ktorú chceme označiť ako „default network“, sa už musí v EIGRP prenášať – napr. vymenovaním v príkaze „network“, prípadne redistribúciou
 - Na hraničnom smerovači ju označíme príkazom **ip default-network**
- Komplikácia: príkaz **ip default-network A.B.C.D** sa chová zložito
 - Ak A.B.C.D nie je sama osebe major network, do konfigurácie automaticky pribudne len príkaz
ip route CLASSFULL_NET(A.B.C.D) CLASSFULL_MASK(A.B.C.D) A.B.C.D
 - Túto sieť treba do EIGRP následne redistribuovať a označiť ako default príkazom
ip default-network CL_NET(A.B.C.D)
 - Dôvod: príkaz bol pôvodne vytvorený pre classful protokoly RIPv1 a IGRP, jeho správanie je preto silne classful orientované
 - Naše odporúčanie: použitiu tohto príkazu sa vyhnúť

Použitie príkazu ip default-network



Sumarizácia v EIGRP



Sumarizácia v EIGRP

- EIGRP podporuje
 - automatickú sumarizáciu
 - manuálnu sumarizáciu
- Pravidlá pre automatickú sumarizáciu platia rovnako ako pri RIPv2
 - Je štandardne aktívna
 - Uplatní sa v momente, keď sa rozhraním patriacim do istej major network posiela informácia o komponente inej major network
 - Akonáhle smerovač realizuje sumarizáciu, vytvára si automaticky sumárnu položku smerujúcu na Null0
 - Discard route proti vzniku smerovacej slučky
 - Pri EIGRP sa automatická sumarizácia **nevzťahuje** na komponenty takých major net, v ktorých smerovač sám nemá priamo pripojené rozhrania (rozdiel oproti RIPv2)

Sumarizácia v EIGRP

- Konfigurácia manuálnej sumarizácie:

```
Router(config-if)# ip summary-address eigrp AS SIET' MASKA  
Router(config-if)# router eigrp AS  
Router(config-router)# no auto-summary
```

- Automatickú sumarizáciu je potrebné vypnúť, inak dôjde k zaujímavému efektu:
 - Pošle sa aj manuálne, aj automaticky sumarizovaná položka
- Vypnutie automatickej sumarizácie sa odporúča ako samozrejmý krok pri konfigurácii EIGRP
- Metrika sumarizovanej cesty je najnižšia metrika s pomedzi sumarizovaných ciest
- Sumarizácia na kratšie masky ako classful je povolená
 - T.j. **supernetting** je povolený

Autentifikácia v EIGRP



Autentifikácia v EIGRP

- EIGRP podporuje len MD5 autentifikáciu
 - Obsah EIGRP paketov nie je šifrovaný
 - Heslo sa neprenáša
 - Prenáša sa MD5 hash (message digest) počítaný z čísla kľúča (key ID) a hesla (key)
 - Odosielajúci pridať hash, prijímajúci počíta vlastnú a porovnáva s prijatou
- Spôsob konfigurácie je analogický ako v RIPv2, kľúče aj ich čísla musia byť zhodné
 1. Vytvorenie kľúčenky
 - Voliteľne parametre
 2. Aktivácia konkrétnej formy autentifikácie na rozhraní
 3. Aktivácia konkrétnej kľúčenky na rozhraní
- Je možné mať viaceré kľúče v kľúčenke
 - Platnosť môže byť voliteľne definovaná
 - Odosielajúci smerovač použije na počítanie hash prvý platný kľúč (od najnižšieho ID)
 - Prijímajúci smerovač skúša všetky kľúče v kľúčenke kým nie je zhoda

Autentifikácia v EIGRP

- EIGRP podporuje len MD5 autentifikáciu
- Spôsob konfigurácie je analogický ako v RIPv2, kľúče aj ich čísla musia byť zhodné
- Vytvorenie kľúčanky

```
Router(config)# key chain MENO
Router(config-keychain)# key ČÍSLO
Router(config-keychain-key)# key-string HESLO
Router(config-keychain)# key INE_ČÍSLO
Router(config-keychain-key)# key-string INE_HESLO
```

- Aktivácia konkrétnej formy autentifikácie na rozhraní

```
Router(config-if)# ip authentication mode eigrp AS md5
```

- Aktivácia konkrétnej kľúčanky na rozhraní

```
Router(config-if)# ip authentication key-chain eigrp AS
MENO
```

Časová platnosť klúčov

Router (config-keychain-key) #

```
accept-lifetime start-time {infinite | end-time | duration  
seconds}
```

- Voliteľný príkaz

- definuje, odkedy dokedy akceptujeme pakety podpísané týmto klúčom

Router (config-keychain-key) #

```
send-lifetime start-time {infinite | end-time | duration  
seconds}
```

- Voliteľný príkaz

- definuje, odkedy dokedy my používame pre odosielanie paketov daný klúč na podpisovanie

Funkcie pre časový server (NTP)

- Dôležité z pohľadu správnej migrácie kľúčov
- Konfigurácia NTP klienta
 - smerovač, ktorý si voči serveru aktualizuje svoj čas

```
Router(config)# ntp server IP [prefer]
```

- Konfigurácia NTP servera
 - smerovač, ktorý poskytuje časové služby

```
Router(config)# ntp master [1-15]
```

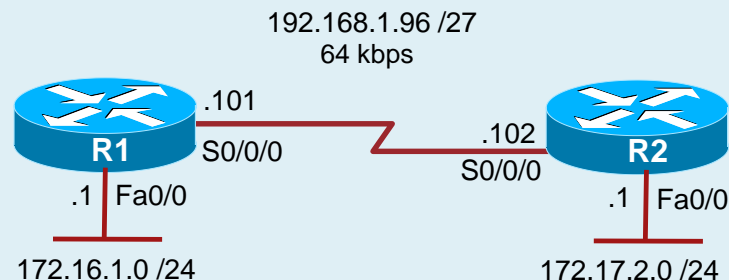
- Konfigurácia časovej zóny

```
Router(config)# clock timezone CET 1  
Router(config)# clock summer-time CEST recurring  
last Sun Mar 2:00 last Sun Oct 3:00
```

Konfigurácia EIGRP MD5 autentifikácie s migráciou kľúčov

```
R1# show running-config
!
<output omitted>
!
key chain R1chain
key 1
  key-string FIRST-KEY
  accept-lifetime 04:00:00 Jan 1 2009 infinite
  send-lifetime 04:00:00 Jan 1 2009 04:00:00 Jan 31 2009
key 2
  key-string SECOND-KEY
  accept-lifetime 04:00:00 Jan 25 2009 infinite
  send-lifetime 04:00:00 Jan 25 2009 infinite
!
<output omitted>
!
interface FastEthernet0/0
ip address 172.16.1.1 255.255.255.0
!
interface Serial0/0/0
  bandwidth 64
  ip address 192.168.1.101 255.255.255.224
  ip authentication mode eigrp 100 md5
  ip authentication key-chain eigrp 100 R1chain
!
router eigrp 100
  network 172.16.1.0 0.0.0.255
  network 192.168.1.0
  auto-summary
```

EIGRP AS 100

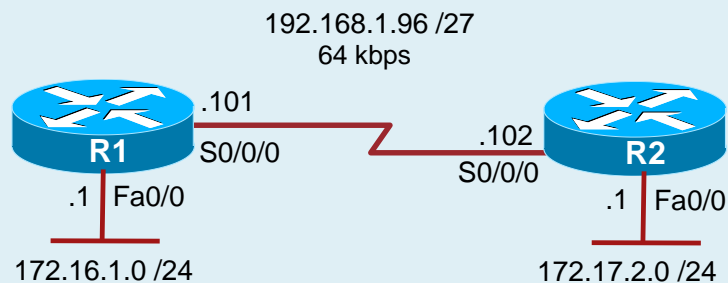


- R1 použije na odoslanie kľúč jedna od 1.1.2009 do 31.1.2009
- R1 akceptuje príjem kľúča jedna od 1.1.2009 do nekonečna

- R1 môže od 25.1.2009 používať na príjem aj odoslanie kľúč dva

Konfigurácia EIGRP MD5 autentifikácie s migráciou kľúčov

EIGRP AS 100



- R2 bude používať na príjem aj odoslanie kľúč jedna od 1.1.2009 do nekonečna

- od 25.1.2009 môže R2 používať na príjem aj kľúč dva
- na odoslanie až keď kľúč jedna bude vymazaný alebo skončí životnosť

```
R2# show running-config
```

```
!
```

```
<output omitted>
```

```
!
```

```
key chain R2chain
```

```
key 1
```

```
key-string FIRST-KEY
```

```
accept-lifetime 04:00:00 Jan 1 2009 infinite
```

```
send-lifetime 04:00:00 Jan 1 2009 infinite
```

```
key 2
```

```
key-string SECOND-KEY
```

```
accept-lifetime 04:00:00 Jan 25 2009 infinite
```

```
send-lifetime 04:00:00 Jan 25 2009 infinite
```

```
!
```

```
<output omitted>
```

```
!
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 172.17.2.2 255.255.255.0
```

```
!
```

```
interface Serial0/0/0
```

```
bandwidth 64
```

```
ip address 192.168.1.102 255.255.255.224
```

```
ip authentication mode eigrp 100 md5
```

```
ip authentication key-chain eigrp 100 R2chain
```

```
!
```

```
router eigrp 100
```

```
network 172.17.2.0 0.0.0.255
```

```
network 192.168.1.0
```

```
auto-summary
```

Overenie MD5 Authentication

```
R1# show key chain
Key-chain R1chain:
  key 1 -- text "FIRST-KEY"
    accept lifetime (04:00:00 Jan 1 2009) - (always valid) [valid now]
    send lifetime (04:00:00 Jan 1 2009) - (04:00:00 Jan 31 2009)
  key 2 -- text "SECOND-KEY"
    accept lifetime (04:00:00 Jan 25 2009) - (always valid) [valid now]
    send lifetime (04:00:00 Jan 25 2009) - (always valid) [valid now]
```

Diagnostika zlého hesla v EIGRP

```
R2# show ip eigrp neighbors
IP-EIGRP neighbors for process 100
R2#
```

```
R2# debug eigrp packets
EIGRP Packets debugging is on
  (UPDATE, REQUEST, QUERY, REPLY, HELLO, IPXSAP, PROBE, ACK, STUB, SIAQUERY, SIAREPLY)
*Jan 21 16:50:18.749: EIGRP: pkt key id = 2, authentication mismatch
*Jan 21 16:50:18.749: EIGRP: Serial0/0/0: ignored packet from 192.168.1.101, opcode = 5 (invalid
authentication)
*Jan 21 16:50:18.749: EIGRP: Dropping peer, invalid authentication
*Jan 21 16:50:18.749: EIGRP: Sending HELLO on Serial0/0/0
*Jan 21 16:50:18.749:   AS 100, Flags 0x0, Seq 0/0 idbQ 0/0 iidbQ un/rely 0/0
*Jan 21 16:50:18.753: %DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP(0) 100: Neighbor 192.168.1.101
  (Serial0/0/0) is down: Auth failure
R2#
```

Optimalizácia EIGRP, EIGRP Stub, SIA-Query, Graceful Shutdown

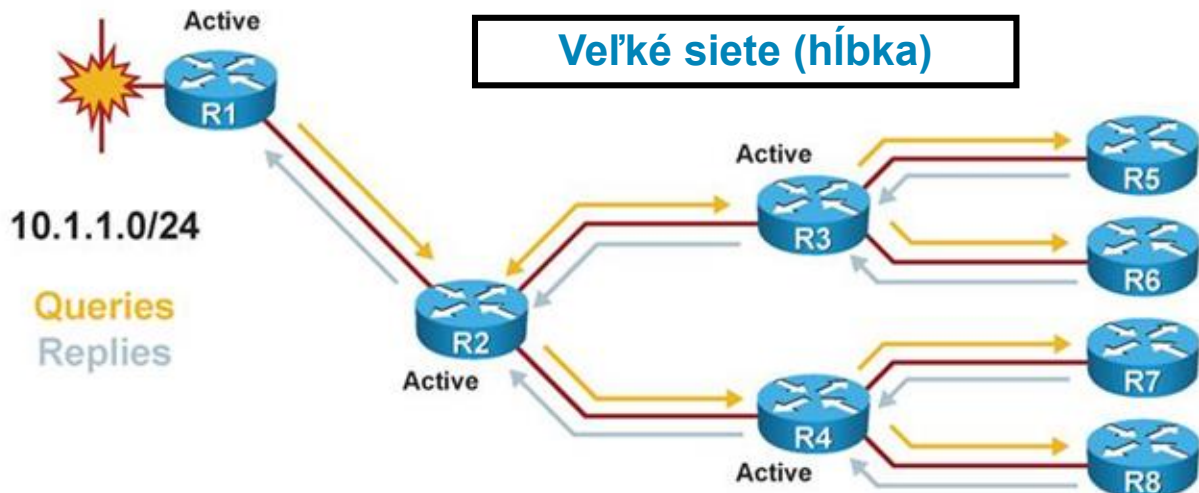


Škálovateľnosť EIGRP

- Pri prevádzke veľkej siete treba brať do úvahy:
 - Musia byť spracovávané veľké smerovacie a topo tabuľky
 - Vysoké požiadavky na zdroje smerovačov
 - Pamäť, CPU, šírku pásma
 - Potrebne na uloženie tabuliek
 - Potrebne pre zasielanie a spracovávanie updates
 - Problém pri WAN
- Faktory ovplyvňujúce škálovateľnosť
 - Množstvo vymieňaných informácií
 - Počet smerovačov
 - „Hĺbka“ topológie
 - Ako ďaleko sa šíria dotazy a updaty
 - Vplyv na konvergenciu
- Z toho vyplývajú dizajnové výzvy
 - Optimalizácia smerovacích a topo tabuliek
 - Optimalizácia množstva „zmien“ na sieti
 - Záťaž WAN liniek EIGRP komunikáciou

Žiadosti (queries) v EIGRP

SIA a pret'aženie EIGRP query procesu



- Žiadosti sa posielajú, ak aktuálny smer do cieľa prestal byť platný a žiaden vhodný nástupca (*feasible successor*) neexistuje
- Poslaním žiadosti sa smer do cieľovej siete stáva *aktívnym*
- Žiadosti sa posielajú všetkým susedom cez všetky rozhrania
 - Výnimkou je, ak prichádza U alebo Q od súčasného successora, toho sa v takom prípade nepýtame
- Ak susedia nevedia odpovedať, sami sa opýtajú svojich susedov
- Tým, že smerovač odpovie a nepýta sa ďalej, zastaví postup žiadosti do väčšej hĺbky v sieti
 - Difúzny výpočet nemožno ukončiť, ak router nedostal všetky odpovede – citlivé miesto EIGRP

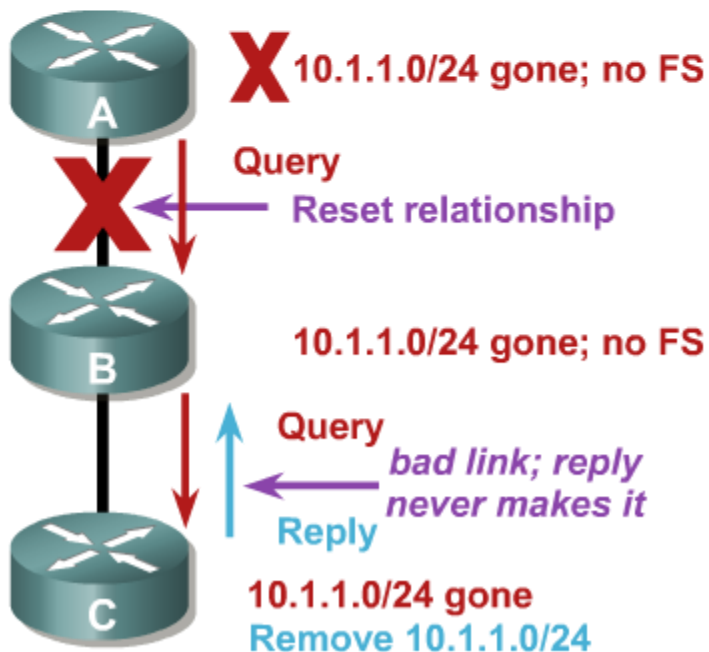
Stav Stuck-in-Active v EIGRP

- Smerovač musí dostať všetky odpovede na svoje otázky skôr, než sa rozhodne a prípadne sám odpovie ďalším smerovačom
- Ak niektorý sused neodpovie na otázku do 3 minút,
 - stav danej cesty sa uvedie do tzv. **SIA**
 - a smerovač ukončí susedstvo („neighbor relationship“) so susedom, od ktorého neprichádza odpoveď
 - Môžeme zmeniť:
`timers active-time [time-limit | disabled]`
- Dôvody vzniku SIA môžu byť rôzne
 - Zaneprázdnenosť smerovača (CPU Busy)
 - Chyba linky medzi smerovačmi
 - Unidirectional link, chybovosť
- Vylepšenie: SIA Query
 - **Dokument: *Advances in EIGRP*** (PDF/PPT), popisuje aj Stub funkcie a ďalšie špecifické zdokonalenia v EIGRP

Vylepšenie SIA detekcie

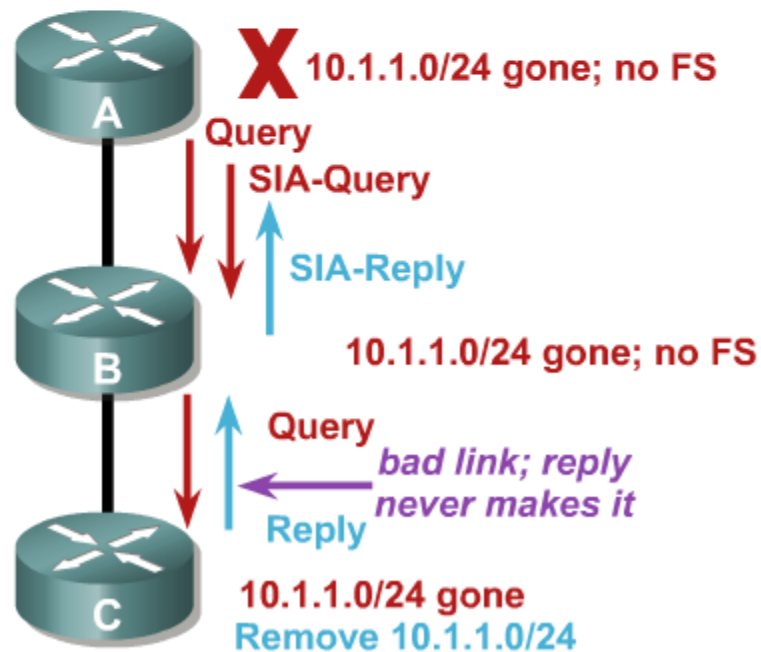
Predtým

- Smerovač A zruší susedstvo s B po expirovaní „active“ časovača, aj keď skutočný problém je na linke medzi B a C.



Teraz

- A pošle v polovici času „active“ (90s.) tzv. SIA-Query, aby zistil, či B žije, aj keď neodpovedá. B odpovie tzv. SIA-Reply, vďaka čomu ho A „neodpíli“.
- Pošlú sa najviac 3 SIA-Queries

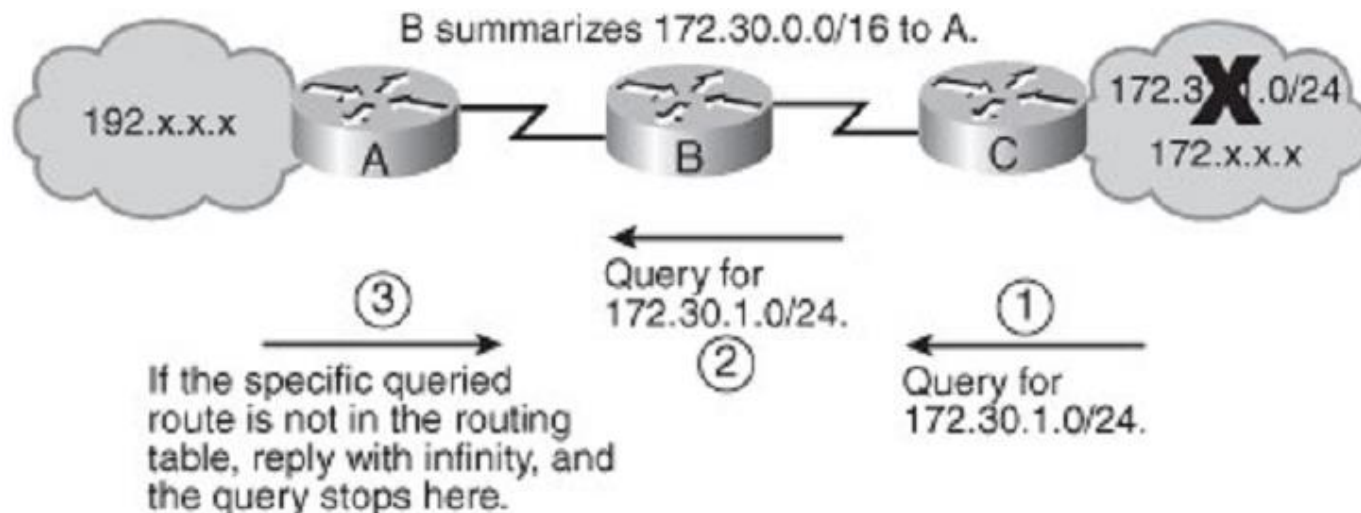


Riešenia EIGRP query range

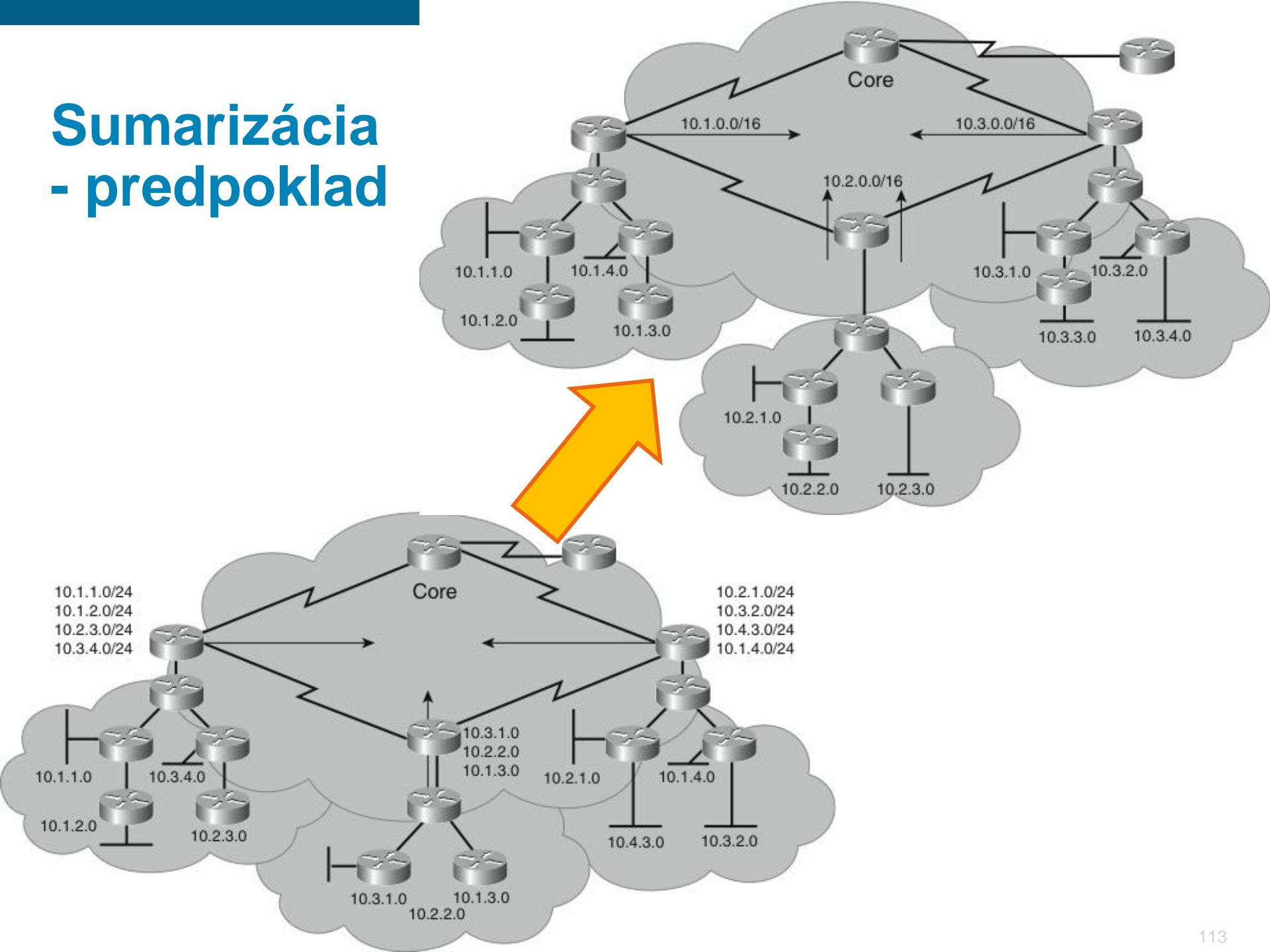
- Existujú viaceré riešenia tohto problému
 - Sumarizácia sietí
 - Route filtering
 - Využitie vlastnosti protokolu EIGRP, tzv. „***EIGRP stub***„

Sumarizácia v EIGRP

- Sumarizácia v EIGRP je účinný prostriedok pre ohraničenie priestoru, do ktorého sa rozpošle žiadosť (query)
 - Susedia smerovača, ktorý realizuje sumarizáciu, nepoznajú komponenty sumárnej siete
 - Ak sa ich smerovač opýta na konkrétny komponent, okamžite odpovedia, že ho nepoznajú – bez ďalšieho šírenia otázky
- Pri EIGRP je teda hierarchický dizajn siete s rozumne navrhnutými sumarizovateľnými adresovými priestormi veľmi dôležitý, zvlášť pokiaľ sa jedná o veľké siete
 - Vhodná sumarizácia znižuje riziko tzv. Stuck-in-Active stavu, ktorý je schopný veľmi neprijemniť administrátorovi život, používateľom prácu a siete jej činnosť

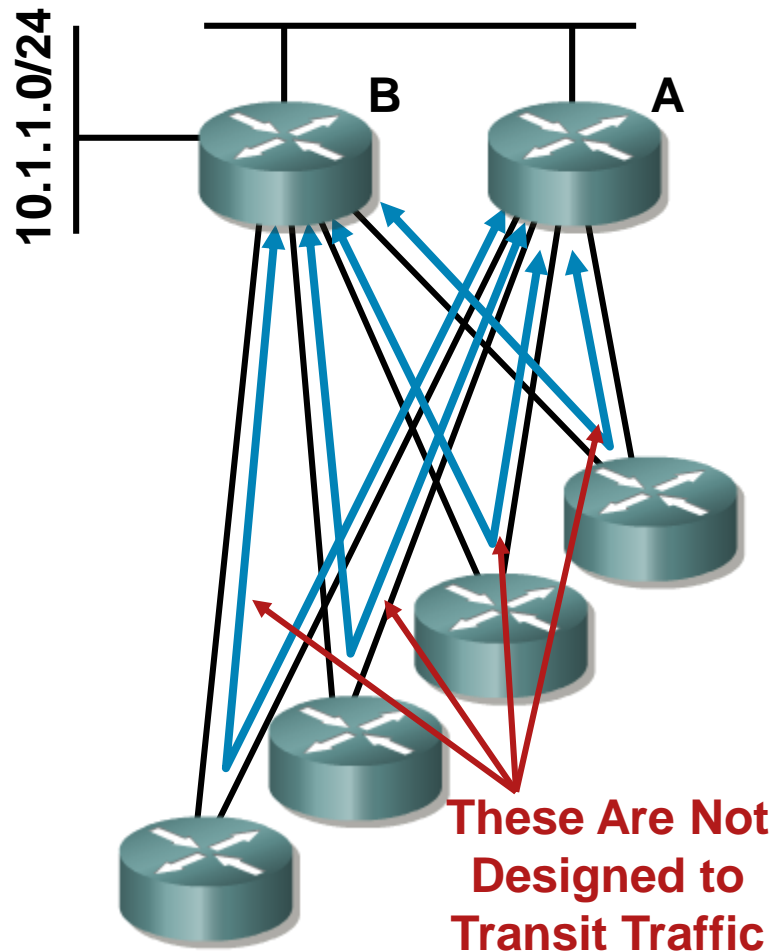


Sumarizácia - predpoklad



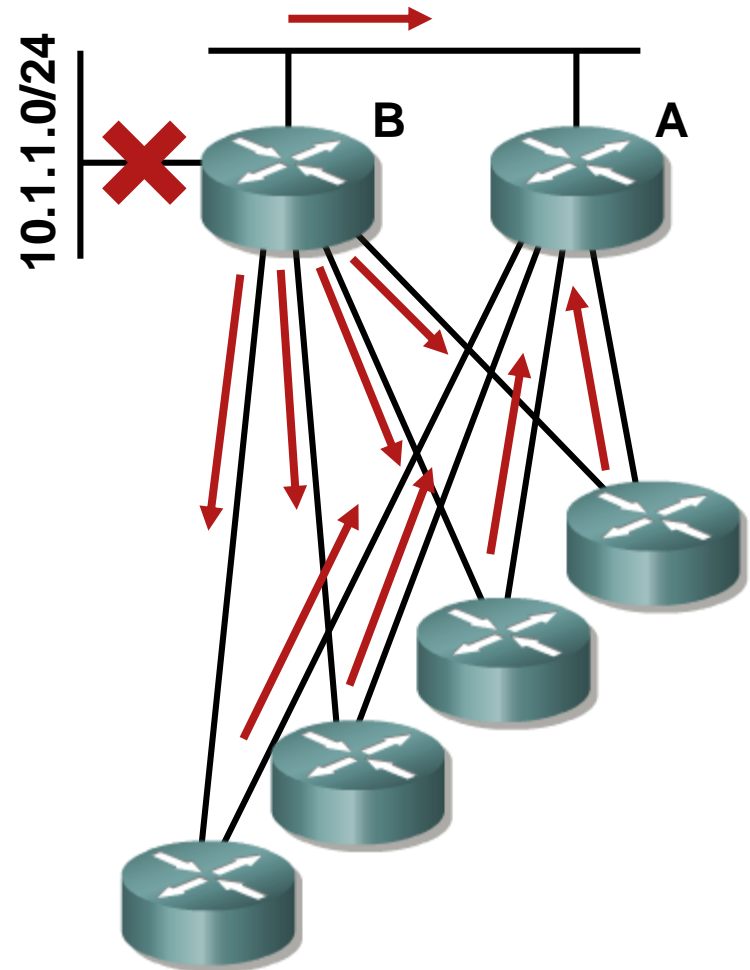
EIGRP Stub

- Ak spoke routery majú násobné spojenia s centrom, je to kvôli zálohovaniu spojenia medzi nimi a centrom
 - Nie kvôli zálohe cesty medzi smerovačmi A a B
 - Toto riešiť záložnou linkou medzi A a B
- Router B by nikdy nemal skúšať zneužiť spoke smerovače na dosiahnutie niečoho, čo je dosiahnuteľné cez A (a naopak), takže nemá zmysel sa spoke-ov čokoľvek pýtať



EIGRP Stub - queries

- Ak smerovač **B** stratí spojenie so sieťou 10.1.1.0/24, musí vytvoriť a rozposlať 5 otázok
- Každá zo vzdialených lokalít musí poslať otázku na **A**
- **A** dostane 5 otázok, na ktoré musí vytvoriť a poslať odpovede
- Vzdialené lokality musia zasa odpovedať **B**

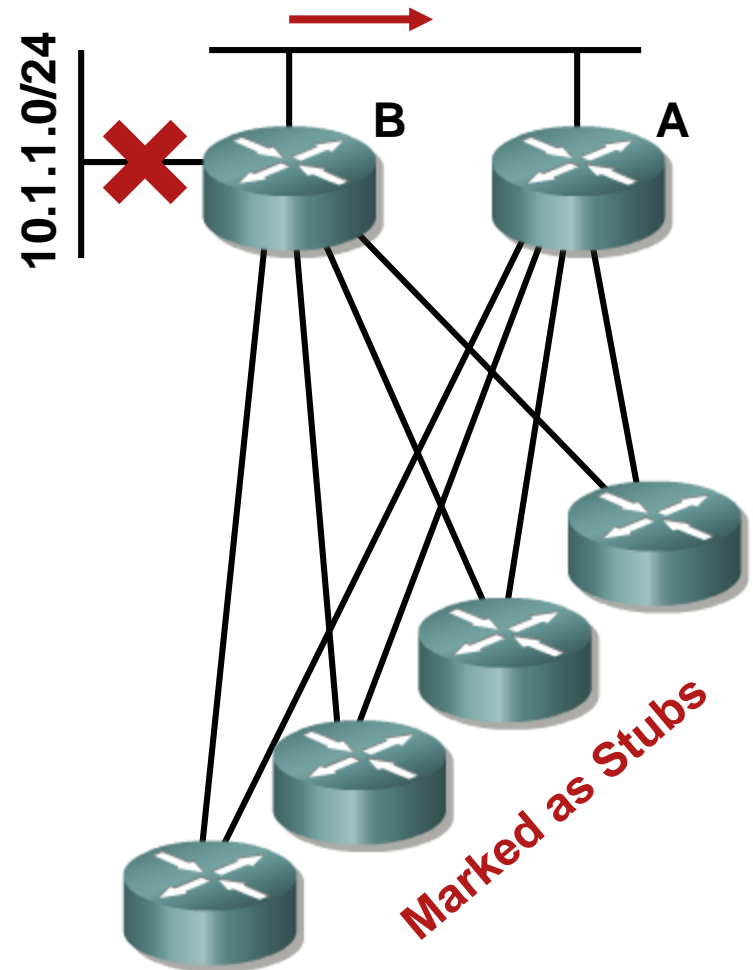


EIGRP Stub

- Document: „[EIGRP Stub Router Functionality](#)“
- Schopnosť EIGRP obmedziť rozsah propagovanej otázky
- Využiteľné obzvlášť v hub-and-spoke topológiách
 - Napr. prepojených pomalšími sériovými linkami
- Stub router posiela svoje pakety so špeciálnym TLV, ktorým ohlasuje, že je stub
- Vlastnosti stub konfigurácie:
 - **Susedia** stub routerov im **neposielajú nijaké otázky** (queries)
 - Ak však stub router dostane nejakú otázku spracuje ju bežným spôsobom
 - Reply alebo Query na suseda
 - Stub router **nepreosiela** svojim susedom siete, ktoré sa cez EIGRP naučil

EIGRP Stub

- Ak sa spoke smerovače nakonfigurujú ako stub-y, smerovače A a B im nikdy nepošlú Query
 - Spoke nikdy nedostanú otázku
 - Ak by aj otázku dostali (od nekompatibilného suseda), okamžite pošlú odpoveď „unreachable“
- Router **B** pri strate konektivity s 10.1.1.0/24 pošle iba jednu otázku namiesto 5
- **A** vidí len jednu cestu do 10.1.1.0/24 namiesto piatich
 - Spoke routery neohlasujú ďalej cesty naučené cez EIGRP



Konfigurácia EIGRP Stub

Router (config-router) #

```
eigrp stub [receive-only | connected | static |  
summary | redistributed]
```

- **receive-only**: Stub nebude informovať o žiadnej vlastnej sieti, len prijíma updates
- **connected**: Dovolí stubu informovať o priamo pripojených sieťach (tie treba nakonfigurovať alebo redistribuovať)
- **static**: Dovolí stubu informovať o staticky definovaných cestách (tie treba redistribuovať)
- **summary**: Dovolí stubu posilať sumarizované smery
- **redistributed**: Dovolí posilať redistribuované smery
- Štandardne pri príkaze eigrp stub
 - je default **connected** a **summary**
 - Môže byť kombinácia okrem receive-only
 - Po konfigurácii sa resetne susedský vzťah

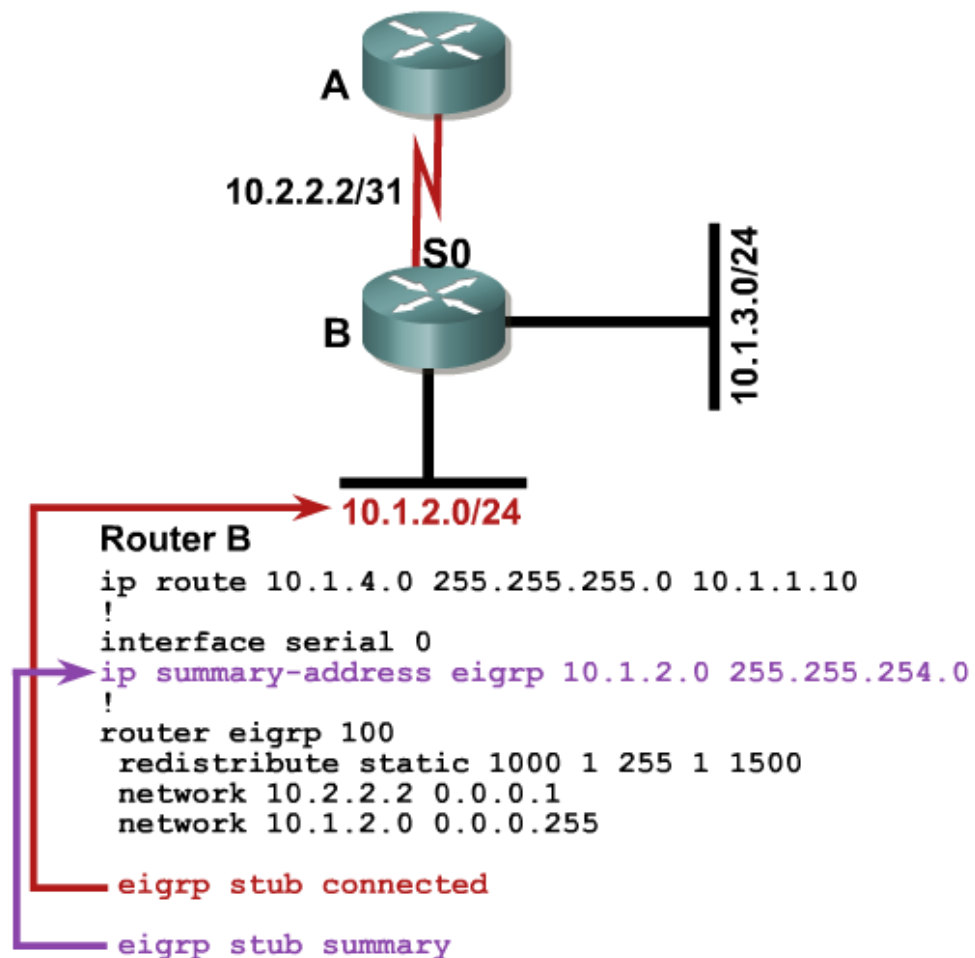
Príklad na parametre EIGRP Stub

■ **stub connected:**

- B ohlási 10.1.2.0/24 a 10.2.2.2/31
- B neohlási 10.1.2.0/23, 10.1.3.0/24 (nie je v network) ani 10.1.4.0/24

■ **stub summary:**

- B ohlási 10.1.2.0/23
- B neohlási 10.1.2.0/24, 10.1.3.0/24 ani 10.1.4.0/24



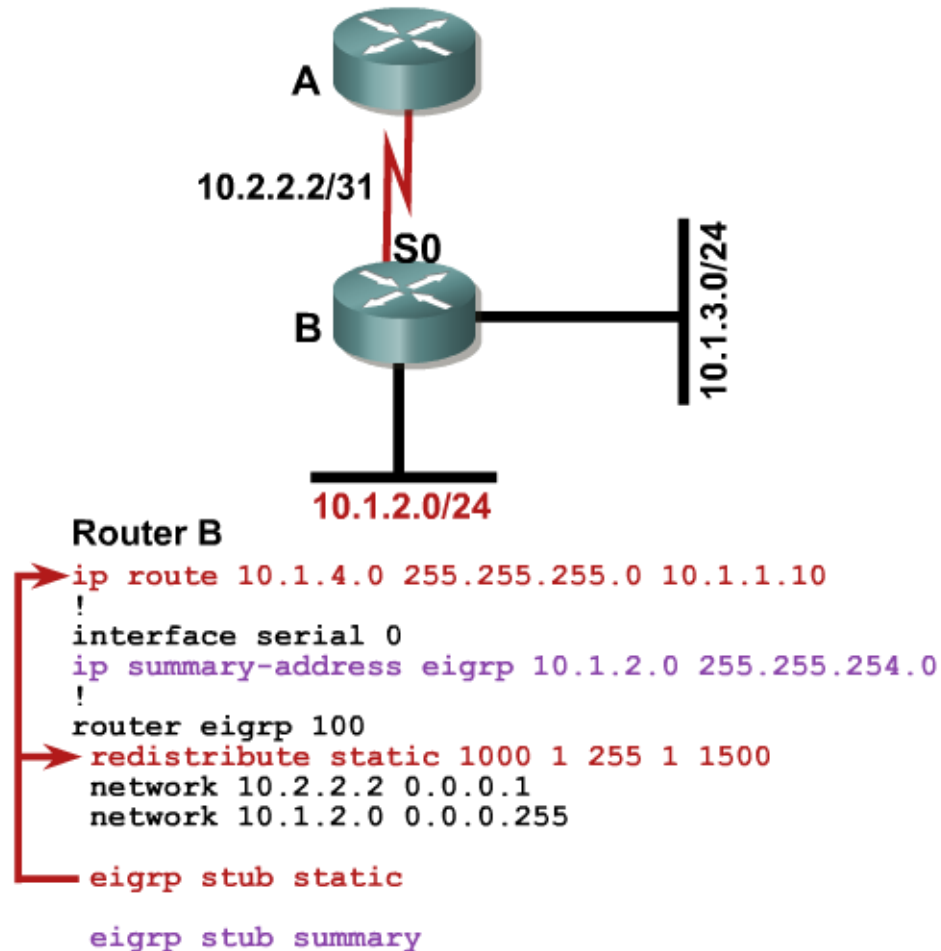
Príklad na parametre EIGRP Stub

- **stub static:**

- B ohlási 10.1.4.0/24
- B neohlási 10.1.2.0/24, 10.1.2.0/23 ani 10.1.3.0/24

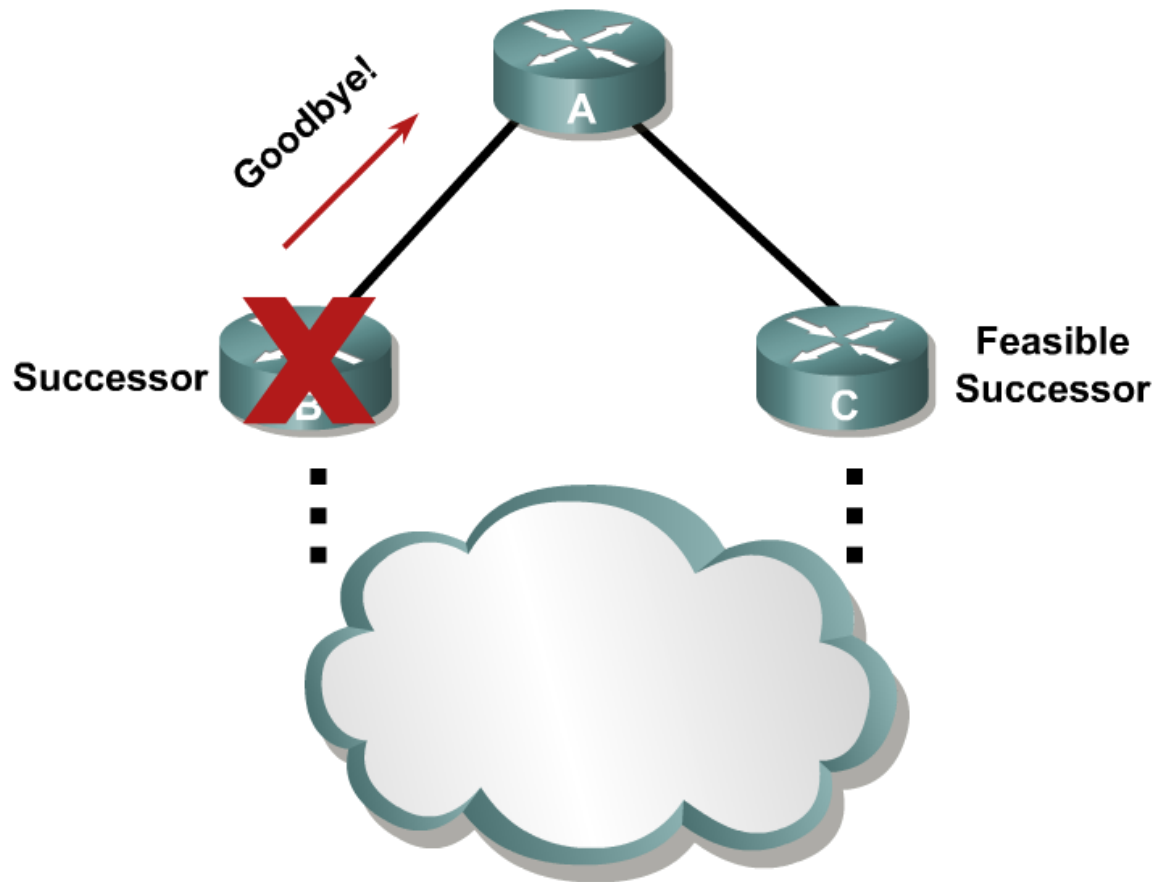
- **stub receive-only:**

- B neohlási nič, takže na A bude potrebné pre všetky siete za B pridať statické smerovacie položky



EIGRP Graceful Shutdown

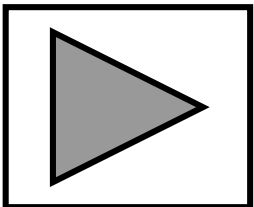
- EIGRP Graceful Shutdown
Shutdown je schopnosť smerovača oznámiť svojim susedom, že sa reštartuje alebo vypína
 - Hello správa, ktorá obsahuje všetky K-values na hodnotu 255
 - Smerovače podporujúce túto funkciu správne vyhodnotia Hello správu
 - Smerovače bez podpory Graceful Shutdown priamo resetnú spojenie kvôli K-values mismatch



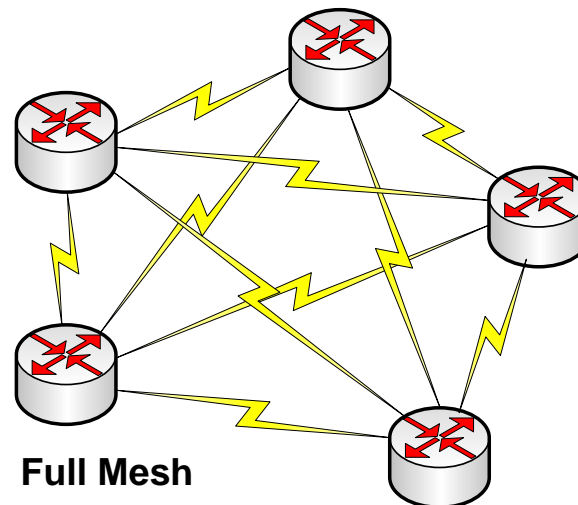
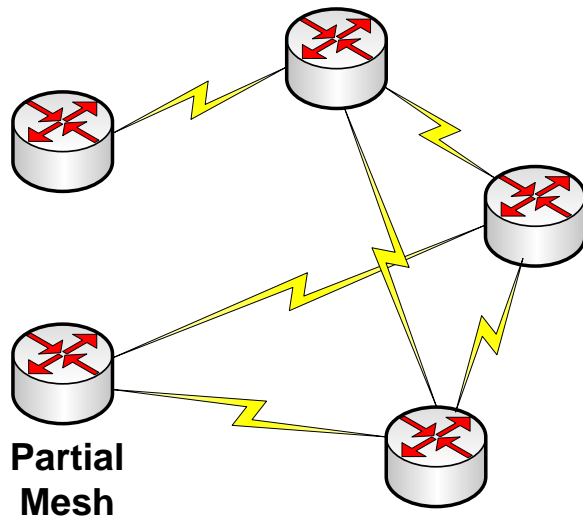
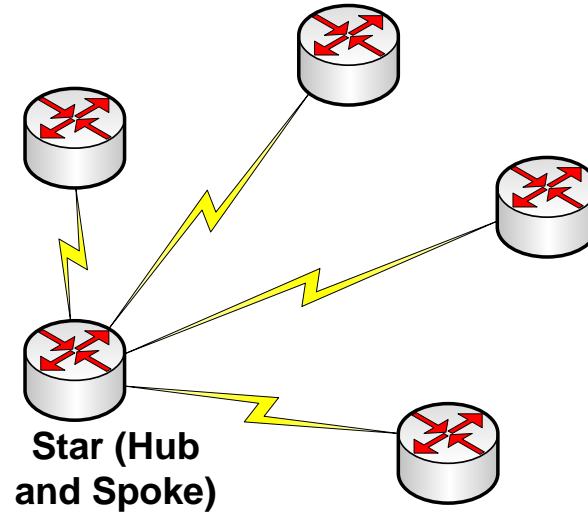
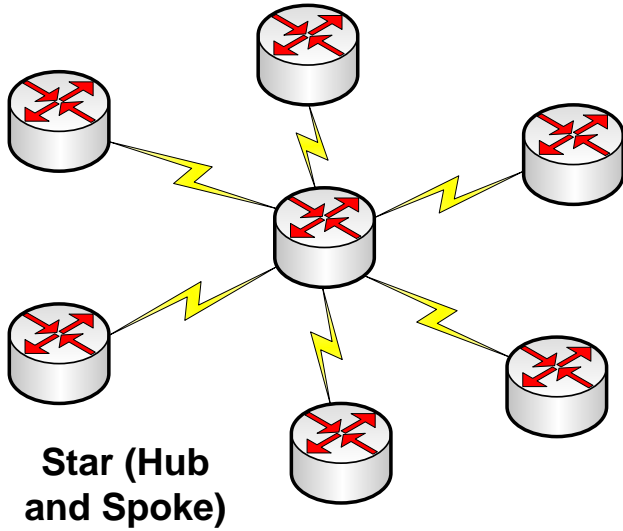
EIGRP na NBMA sieťach



Frame relay



FR topologie



EIGRP a WAN

- Existujú rôzne scenare nasadenia pre EIGPR a WAN:
 - Frame Relay
 - Frame-Relay s dynamickým mapovaním
 - Jednoduché nasadenie vďaka InARP
 - Frame-Relay so statickým mapovaním
 - Treba vytvoriť manuálne mapy, nezabudnúť na voľbu broadcast
 - Multipoint a point-to-point Frame-Relay subinterfaces
 - Nezabudni na lokálny príkaz **frame-relay interface-dlci**
 - Multiprotocol Label Switching (MPLS) virtual private networks (VPNs),
 - Ethernet over Multiprotocol Label Switching (EoMPLS)

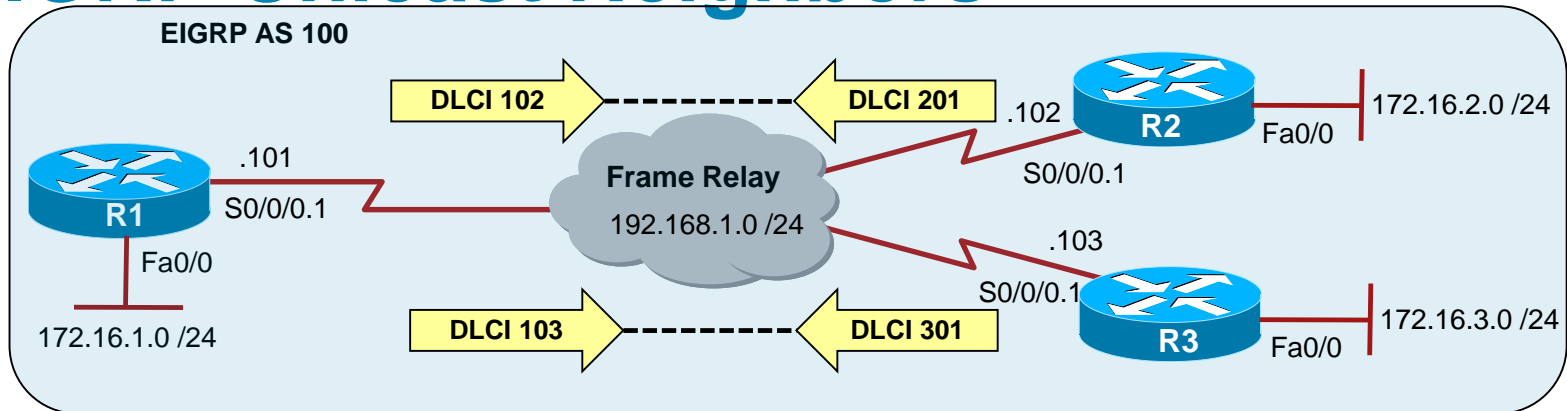
EIGRP na NBMA sieťach

- Vzhľadom na využitie multicastovo adresovaných paketov platí na NBMA sieťach veľmi podobný postup ako pri RIPv2
 - Je potrebné vymenovať **všetkých** priamo dostupných susedov
 - Budú použité na unicastovú výmenu
 - Pozor:
 - Pri zadani neighbor sa vypne spracovávanie multicastov!!!
 - Len pre NBMA riešenia, ktoré nepodporujú pseudobroadcasting

```
neighbor {ip-address | ipv6-address} interface-type  
interface-number
```

- Rozdiel voči RIPv2:
 - v EIGRP sa zároveň pri susedovi uvádza aj **meno rozhrania**, na ktorom je pripojený, čím sa na danom rozhraní deaktivuje posielanie multicastových EIGRP paketov
 - IP adresy susedov musia byť z tej istej subsiete

EIGRP Unicast Neighbors



```
R1(config)# interface S0/0/0
R1(config-if)# no ip address
R1(config-if)# encapsulation frame-relay
R1(config-if)# interface S0/0/0.1 multipoint
R1(config-subif)# ip address 192.168.1.101 255.255.255.0
R1(config-subif)# frame-relay map ip 192.168.1.102 102 broadcast
R1(config-subif)# frame-relay map ip 192.168.1.103 103 broadcast
R1(config-subif)# router eigrp 100
R1(config-router)# neighbor 192.168.1.102 S0/0/0.1
R1(config-router)# neighbor 192.168.1.103 S0/0/0.1
R1(config-router)#
```

```
R2(config)# interface S0/0/0
R2(config-if)# no ip address
R2(config-if)# encapsulation frame-relay
R2(config-if)# interface S0/0/0.1 multipoint
R2(config-subif)# ip address 192.168.1.102 255.255.255.0
R2(config-subif)# frame-relay map ip 192.168.1.101 201 broadcast
R2(config-subif)# router eigrp 100
R2(config-router)# neighbor 192.168.1.101 S0/0/0.1
R2(config-router)#
```


EIGRP na NBMA siet'ach – split horizon

- Split-horizon je štandardne aktívny na všetkých rozhraniach
- V prípade potreby je ho možné deaktivovať na konkrétnom rozhraní príkazom

```
Router(config-if) # no ip split-horizon eigrp AS
```

EIGRP na NBMA siet'ach

- Document ID: 13672
- Pri FR je potrebné veľmi zvážiť správne nastavenie **bandwidth** na rozhraní
 - Pri zabudnutom alebo nesprávnom nastavení hrozí preplnenie linky a SIA stavy – nikdy nepoužívať **bandwidth** na manipuláciu metrík!
 - EIGRP si štandardne rezervuje 50% z prenosovej rýchlosti pre vlastné prenosy, túto percentáž je možné zmeniť príkazom **ip bandwidth-percent** na rozhraní
- Treba dodržať tri pravidlá:
 - EIGRP prevádzka pretekajúca hociktorým virtuálnym okruhom nesmie prekročiť jeho kapacitu
 - Celková EIGRP prevádzka cez všetky virtuálne okruhy na danom rozhraní nesmie prekročiť kapacitu rozhrania
 - Povolený celkový objem EIGRP prevádzky na každom virtuálnom okruhu musí byť nastavený z oboch strán identicky

EIGRP na NBMA siet'ach

■ Konfigurácia **bandwidth** na:

- PtP: nastaviť bandwidth na rýchlosť CIR dohodnutú pre daný DLCI okruh
- PtMP: násobiť najnižšiu CIR spomedzi všetkých PVC (DLCI) na danom rozhraní počtom všetkých PVC (DLCI)
 - Ak je výsledkom číslo, ktoré presahuje kapacitu rozhrania na hube, treba priamo nastaviť kapacitu rozhrania
 - Na PtMP rozhraní si EIGRP rozdelí výsledný dostupný bandwidth rovnomerne medzi všetky virtuálne okruhy



EIGRP v IPv6



EIGRP pre IPv6

- EIGRP pre IPv6 je stále distance-vector routing protokol.
 - Konfigurácia a činnosť je podobná ako pre IPv4
 - Slovíčko `ip` nahrádza `ipv6`
- Ostáva v EIGRP pre IPv6 ako bolo pre IPv4:
 - Používa sa rovnaké protokolové číslo (88), DUAL, metriku, udalosťami spúšťané updates
 - Použitie topo tabuľky a generovanie Query/Updates
 - Použitie DUAL na kalkuláciu successor routes

EIGRP pre IPv6

- Rozdiely EIGRP IPv6 oproti IPv4:
 - Používajú sa IPv6 prefixy
 - Konfigurácia je na rozhraní, príkaz **network** neexistuje
 - Pre zakladanie susedských vzťahov sa používa **Link-local IPv6 adresa**
 - Môžu byť tak susedia aj keď nie je pridelená globálna adresa
 - Defaultne sa generuje ako EUI-64
 - Pre IPv6 sa nerobí auto sumarizácia
 - Nepozná koncept classfull siete
 - Komunikácia na mcast adrese FF02::A
 - Zabezpečenie je cez vstavané mechanizmy IPv6 IPSEC

EIGRP pre IPv6

- EIGRP pre IPv6 je dostupné v IOS 12.4T
- Pre svoj beh vyžaduje 4-bajtové RouterID
 - Ak nie je možné RouterID zistiť, je ho nutné nakonfigurovať ručne
- Smerovací protokol je štandardne „vypnutý“, treba ho preto následne „zapnúť“

```
! Zapni IPv6 smerovanie a zasielanie ICMPv6 sprav
Router(config)# ipv6 unicast-routing
Router(config)# interface fa0/0
Router(config-if)# ipv6 eigrp 64512
Router(config-if)# exit
Router(config)# ipv6 router eigrp 64512
Router(config-rtr)# router-id 158.193.138.255
! Alternatívne podľa IOS
Router(config-rtr)# eigrp router-id 158.193.138.255
! Nevyhnutne !!!! Default je proces shutdown
Router(config-rtr)# no shutdown
```

Konfigurácia Stub Router

- Nastav smerovač ako stub router.

```
Router(config-rtr) #
```

```
eigrp stub [receive-only | connected | static | summary  
            | redistributed]
```

- **Note:**

- Od Cisco IOS Release 15.0(1)M a 12.2(33)SRE, príkaz eigrp stub nahrádza príkaz stub.

Sumarizácia IPv6 ciest

- Konfigurácia agregovanej sumarizovanej adresy na rozhraní

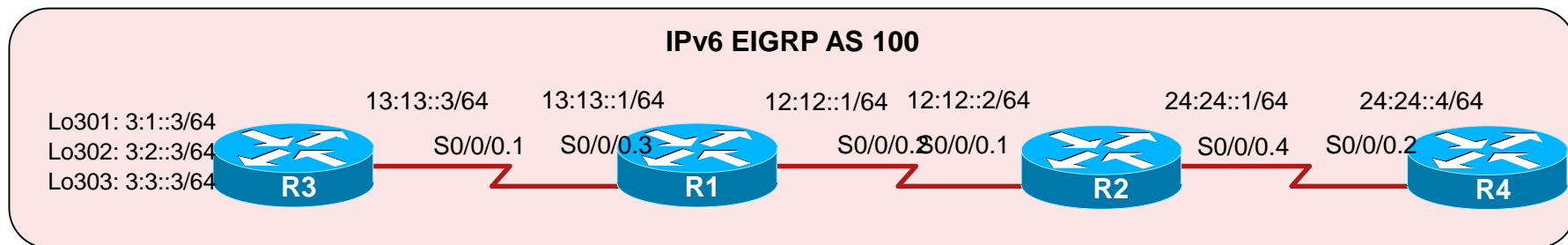
Router (config-if) #

```
ipv6 summary-address eigrp AS-NUMBER IPV6-ADDRESS  
[ADMIN-DISTANCE]
```

- Činnosť ako pre IPv4.

Parameter	Description
<i>as-number</i>	Specifies the EIGRP AS number for which routes are to be summarized.
<i>ipv6-address</i>	The IPv6 address of the summary route.
<i>admin-distance</i>	(Optional) Specifies the administrative distance, a value from 0 through 255. The default value is 90.

Príklad EIGRP



R3

```

ipv6 unicast-routing
interface Serial0/0/0.1 point-
to-point
ipv6 eigrp 100
interface loopback 301
ipv6 eigrp 100
interface loopback 302
ipv6 eigrp 100
interface loopback 303
ipv6 eigrp 100

ipv6 router eigrp 100
eigrp router-id 3.3.3.3
no shutdown

interface serial 0/0/0.1
ipv6 summary-address eigrp 100
3::/16
    
```

R1

```

ipv6 unicast-routing
interface Serial0/0/0.2 point-
to-point
ipv6 e
interface Serial0/0/0.3 point-
to-point
ipv6 eigrp 100

ipv6 router eigrp 100
eigrp router-id 1.1.1.1
no shutdown
    
```

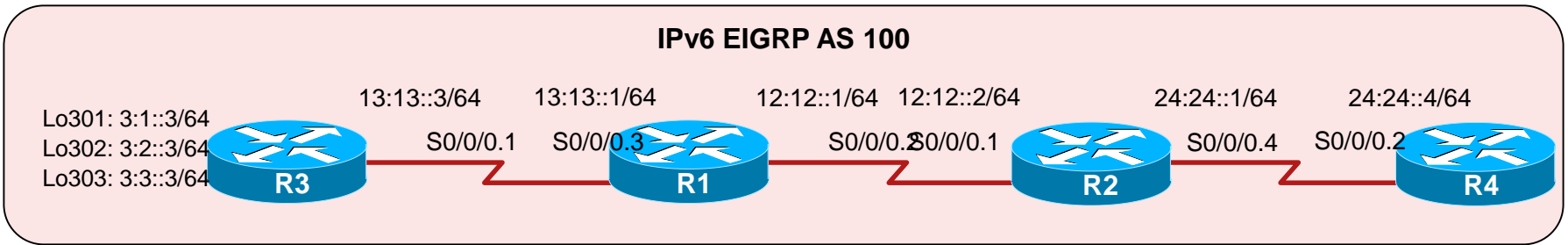
R2

```

ipv6 unicast-routing
interface Serial0/0/0.1 point-
to-point
ipv6 eigrp 100
interface Serial0/0/0.4 point-
to-point
ipv6 eigrp 100

ipv6 router eigrp 100
eigrp router-id 2.2.2.2
no shutdown
    
```

Overenie



```
R4# show ipv6 route eigrp
```

```
<output omitted>
```

```
D   3::/16 [90/3321856]  
    via FE80::2, Serial0/0/0.2  
D  12::/64 [90/2681856]  
    via FE80::2, Serial0/0/0.2  
D  13::/64 [90/3193856]  
    via FE80::2, Serial0/0/0.2  
R4#
```

Overenie EIGRP pre IPv6

- show ipv6 route
 - show ipv6 route eigrp
 - show ipv6 route prefix/length
 - show ipv6 protocols
 - show ipv6 eigrp neighbors
 - show ipv6 eigrp interfaces details
 - show ipv6 eigrp topology [all- - links]
 - debug ipv6 eigrp notifications
-
- Ako pri ipv4 len použiť **ipv6** namiesto **ip**

Named EIGRP Configuration



Named EIGRP konfigurácia

- Zavedené od Cisco IOS Release 15.0(1)M a novších
- Výhoda – zjednodušenie konfigurácie
 - Celá konfigurácia IPv4 aj IPv6 na jednom mieste, nakoľko „tradične“ je konfigurácia rozdelená na viacerých miestach (int, router, a pod.)
- Named EIGRP
 - Má jednu globálnu sekciu EIGRP pre IPv4 aj IPv6
 - V nej niekoľko tzv. address-families
 - IPv4 a IPv6 unicast sú dve najznámejšie
 - Tie integrujú celú konfiguráciu topológie a rozhraní pre danú adresnú rodinu a AS
 - Konfigurácia pre IPv4 aj IPv6 je tak celá v jednej router sekcii running-config
 - V jednom router config móde a jeho podmódoch

Konfiguračné módy v Named EIGRP

■ Address family konfig mód

- Tu sa aplikujú všeobecne platné príkazy pre celú adresnú rodinu
- Napr. routerID, siete (network), stub
- Zároveň address-family mód umožňuje prístup k dvom podmódom
 - address family interface configuration mode
 - address family topology configuration mode.

■ Address family interface konfig mód

- Zadávanie príkazov, ktoré sa klasicky dávali priamo na rozhraní
- Napr.
 - **summary-address** príkaz , nastavenie passive cez **passive-interface** príkaz.
 - Modifikácia default hello and hold-time timerov.

■ Address family topology konfig mód

- Konfigurácia s vplyvom na EIGRP topologickú tabuľku.
- Napr. load-balancing parametre ako **variance** a **maximum-paths**, alebo redistribúcia cez príkaz **redistribute**.

Konfigurácia Named EIGRP pre IPv4 Address Family

```
address-family ipv4 [ multicast ] [ unicast ] [ vrf vrf-name ]  
autonomous-system as-number
```

Parameter	Description
ipv4	Selects the IPV4 protocol address family.
multicast	(Optional) Specifies the multicast address family. This keyword is available only in EIGRP named IPv4 configurations.
unicast	(Optional) Specifies the unicast address family. This is the default.
vrf <i>vrf-name</i>	(Optional) Specifies the name of the VRF.
autonomous-system <i>autonomous-system-number</i>	Specifies the autonomous system number.

```
(config)# router eigrp LAB  
(config-router)# address-family ipv4 autonomous-system 1  
(config-router-af)# network 1.1.1.0  
(config-router-af)# eigrp stub  
(config-router-af)# router-id 1.1.1.1  
(config-router-af)# exit-address-family
```


Konfigurácia Named EIGRP pre Ipv6 Address Family

```
address-family ipv6 [ unicast ] [ vrf vrf-name ] autonomous-  
system as-number
```

Parameter	Description
Ipv6	Selects the IPv6 protocol address family.
unicast	(Optional) Specifies the unicast address family. This is the default.
vrf <i>vrf-name</i>	(Optional) Specifies the name of the VRF.
autonomous-system <i>autonomous-system- number</i>	Specifies the autonomous system number.

```
(config)# router eigrp LAB  
(config-router)# address-family ipv6 autonomous-system 1  
(config-router-af)# eigrp stub  
(config-router-af)# router-id 1.1.1.1  
(config-router-af)# exit-address-family
```

Defaultne su do IPv6 IEGRP zahrnuté všetky aktívne IPv6 rozhrania

Address Family konfiguračný mód – zoznam príkazov

```
BR1(config)# router eigrp LAB
```

```
BR1(config-router)# address-family ipv6 unicast autonomous-system 1
```

```
BR1(config-router-af)# ?
```

Address Family configuration commands:

af-interface	Enter Address Family interface configuration
default	Set a command to its defaults
eigrp	EIGRP Address Family specific commands
exit-address-family	Exit Address Family configuration mode
help	Description of the interactive help system
maximum-prefix	Maximum number of prefixes acceptable in aggregate
metric	Modify metrics and parameters for address advertisement
neighbor	Specify an IPv6 neighbor router
no	Negate a command or set its defaults
shutdown	Shutdown address family
timers	Adjust peering based timers
topology	Topology configuration mode

```
BR1(config-router-af)#
```

Address family interface konfig mód

- Umožňuje dokonfigurovať rozhrania

```
af-interface { default | interface-type interface number }
```

Parameter	Description
default	Specifies the default address family interface configuration mode. Commands applied under this mode affect all interfaces used by this address family instance.
<i>interface-type interface number</i>	Interface type and number of the interface that the address family submode commands will affect.

```
(config-router-af)# af-interface fast 0/0  
! Odstran z eigrp  
(config-router-af-interface)# shutdown  
! Urob passive  
(config-router-af-interface)# no | passive-interface  
! sumarizuj  
(config-router-af-interface)# summary-address 1.0.0.0/8  
(config-router-af-interface)# exit-af-interface
```

Address Family Interface konfig mód – zoznam príkazov

```
BR1(config)# router eigrp LAB
BR1(config-router)# address-family ipv6 unicast autonomous-system 1
BR1(config-router-af)# af-interface ethernet 0/0
BR1(config-router-af-interface)# ?
Address Family Interfaces configuration commands:
  authentication      authentication subcommands
  bandwidth-percent   Set percentage of bandwidth percentage limit
  bfd                 Enable Bidirectional Forwarding Detection
  dampening-change    Percent interface metric must change to cause update
  dampening-interval  Time in seconds to check interface metrics
  default              Set a command to its defaults
  exit-af-interface    Exit from Address Family Interface configuration mode
  hello-interval       Configures hello interval
  hold-time            Configures hold time
  next-hop-self        Configures EIGRP next-hop-self
  no                   Negate a command or set its defaults
  passive-interface    Suppress address updates on an interface
  shutdown             Disable Address-Family on interface
  split-horizon        Perform split horizon
  summary-address      Perform address summarization

BR1(config-router-af-interface)#
```

Address Family Topology konfig mód

- Umožňuje dokonfigurovať topologické informácie

```
R(config)# router eigrp LAB
R(config-router)# address-family ipv4 unicast autonomous-system 4
R(config-router-af)# topology base
R(config-router-af-topology)# redistribute static
R(config-router-af-topology)# exit-af-topology
```

Address Family Topology konfigurációs mód

```
BR1(config)# router eigrp LAB
```

```
BR1(config-router)# address-family ipv6 unicast autonomous-system 1
```

```
BR1(config-router-af)# topology base
```

```
BR1(config-router-af-topology)# ?
```

Address Family Topology configuration commands:

default	Set a command to its defaults
default-information	Control distribution of default information
default-metric	Set metric of redistributed routes
distance	Define an administrative distance
distribute-list	Filter entries in eigrp updates
eigrp	EIGRP specific commands
exit-af-topology	Exit from Address Family Topology configuration mode
maximum-paths	Forward packets over multiple paths
metric	Modify metrics and parameters for advertisement
no	Negate a command or set its defaults
redistribute	Redistribute IPv6 prefixes from another routing protocol
summary-metric	Specify summary to apply metric/filtering
timers	Adjust topology specific timers
traffic-share	How to compute traffic share over alternate paths
variance	Control load balancing variance

```
BR1(config-router-af-topology)#
```



Teoretický doplnok 1

Diffusing computations



Difúzne výpočty

- V roku 1979, Edsger W. Dijkstra a Carel S. Scholten navrhli pojem „diffusing computation” – difúzny výpočet
 - Dokument [EWD687a](http://www.cs.utexas.edu/users/EWD/), <http://www.cs.utexas.edu/users/EWD/>
 - Difúzny výpočet je distribuovaný výpočet v sieti, pri ktorom jeden uzol prideli časti úlohy na spracovanie svojim susedom
 - Susedia môžu následne podčasti prideleného jobu delegovať ďalej na svojich vlastných susedov
 - Výpočet sa týmto „rozptýli“ – difunduje medzi uzlami
 - Kľúčový problém, ktorý Dijkstra a Scholten riešili, bola detekcia ukončenia tohto výpočtu – návrh vhodnej signálnej schémy

Difúzne výpočty

- Dijkstra a Scholten zaviedli pre riadenie difúzneho výpočtu dva druhy správ: žiadosti (**queries**) a odpovede (**replies**)
 - Query sa používa na delegovanie časti výpočtu na suseda
 - Reply sa používa na odovzdanie výsledku výpočtu susedovi
- Využitím len týchto dvoch správ chceme dosiahnuť, že
 - Keď je výpočet úplne ukončený, pôvodný zadávateľ tohto výpočtu bude o ukončení procesu informovaný
 - Ak je pôvodný zadávateľ výpočtu informovaný o ukončení procesu, distribuovaný výpočet je aj skutočne ukončený

Difúzne výpočty

- Dijkstra a Scholten dokázali, že na splnenie uvedených kritérií v difúznom výpočte stačí dodržať nasledujúce pravidlá:
 - Uzol môže poslať najviac toľko odpovedí, koľko žiadostí dostal. Odpovede sa odosielať tým susedom, ktorí poslali otázku (každá otázka musí byť zodpovedaná)
 - Ak uzol nespúšťa difúzny výpočet, nesmie poslať žiadosť skôr, ako sám dostane žiadosť od svojho suseda
 - Uzol smie poslať svoju poslednú odpoveď až vtedy, keď sám dostal odpovede na všetky svoje odoslané žiadosti
 - Uzol musí svoju poslednú odpoveď odoslať práve tomu susedovi, od ktorého dostal prvú žiadosť

Difúzne výpočty v EIGRP

- EIGRP využíva signálnu schému difúzných výpočtov ako prostriedok na zainteresovanie dotknutej časti siete do hľadania novej najkratšej cesty k danému cieľu
 - Router, ktorý hľadá novú cestu do cieľa, odošle žiadosť svojim susedom. Žiadosť obsahuje aktuálnu vzdialenosť routera od daného cieľa (podľa typu udalosti môže byť zvýšená alebo nekonečná)
 - Ak susedia nie sú ovplyvnení novou vzdialenosťou uvedenou v žiadosti od svojho suseda, oznámia mu v odpovedi iba vlastnú vzdialenosť a odpoveď neprepošlú
 - V opačnom prípade susedia sami pošlú otázku s vlastnou (zvýšenou) vzdialenosťou, čím šíria difúzny výpočet hlbšie do siete, v marginálnom prípade až k samotnému cieľovému smerovaču
 - Keď router dostane odpovede na všetky svoje otázky, môže si z nich vybrať najlepšiu alternatívu, pretože odosielatelia odpovedí už majú svoju vlastnú cestu do cieľa ujasnenú

Teoretický doplnok 2

Feasibility Condition



Feasibility Condition

- Feasibility Condition (FC) je jeden z výsledkov výskumu, ktorý realizoval Jose Joaquin Garcia-Luna-Aceves v SRI International
- IEEE Transactions on Networking, Vol. 1, No. 1, Február 1993, p. 130-141:
 - Loop-Free Routing Using Diffusing Computations
- Účelom FC je poskytnúť postačujúcu podmienku pre výber takého next-hop routera, ktorý s istotou nespôsobí smerovaciu slučku
 - Táto podmienka sa používa vždy, keď si router vyberá next hop
 - Jednou z jej vlastností je, aby si vyžadovala minimálne množstvo dodatočnej informácie, ktorú si router musí pamätať

Source Node Condition

- Garcia navrhol a dokázal platnosť niekoľkých rôzne formulovaných FC
 - Distance Increase Condition (DIC)
 - Current Successor Condition (CSC)
 - Source Node Condition (SNC)
- EIGRP využíva podmienku Source Node Condition:
 - Ak v čase t musí uzol i zmeniť svoj next-hop do cieľa j , môže si vybrať hociktorého suseda, ktorý poskytuje najnižšiu výslednú metriku a ktorého vzdialenosť od j v čase t je ostro menšia ako minimálna hodnota vzdialenosti i od j do času t , inak musí zachovať svoj existujúci next-hop

K dôkazu Source Node Condition

- Použité značenie:

- $D_j^i(t)$ Vzdialenosť uzla i od cieľa j v čase t
- $D_j^{*i}(t) = FD_j^i(t)$ Minimálna hodnota $D_j^i(t)$ do času t
- $D_{jk}^i(t)$ Vzdialenosť uzla k od cieľa j , ako ju pozná uzol i v čase t
- $s_j^i(t)$ Next-hop (successor) uzla i do cieľa j v čase t
- t_k Čas poslednej aktualizácie smerovacej tabuľky na uzle k
- T_k Čas odoslania posledného relevantného update z uzla k
- n_k k -ty uzol v smerovacej slučke
- τ Moment (čas) vzniku smerovacej slučky

- Dôkaz sporom: predpokladáme, že všetky uzly používajú SNC a že v čase τ vznikne smerovacia slučka tým, že uzol i si vyberie uzol n_1 ako svoj next-hop do cieľa j

Dôkaz Source Node Condition

■ Zrejme platí:

$$\forall t \in \langle t_k, \tau \rangle: s_j^{n_k}(t) = n_{k+1}, D_j^{n_k}(t) = D_j^{n_k}(\tau)$$

$$\forall t: D_j^{n_k}(t) \geq D_j^{*n_k}(t)$$

$$t_1 < t_2 \Rightarrow D_j^{*n_k}(t_2) \leq D_j^{*n_k}(t_1)$$

$$T_{k+1} \leq t_k \leq T_k \leq \tau$$

■ Potom:

$$FD_j^i(\tau) = D_j^{*i}(\tau) > D_{jn_1}^i(\tau) = D_j^{n_1}(T_1)$$

$$D_j^{n_1}(T_1) = D_j^{n_1}(t_1) \geq D_j^{*n_1}(t_1) = FD_j^{n_1}(t_1) > D_{jn_2}^{n_1}(t_1) = D_j^{n_2}(T_2) \Rightarrow FD_j^i(\tau) > D_j^{n_2}(T_2)$$

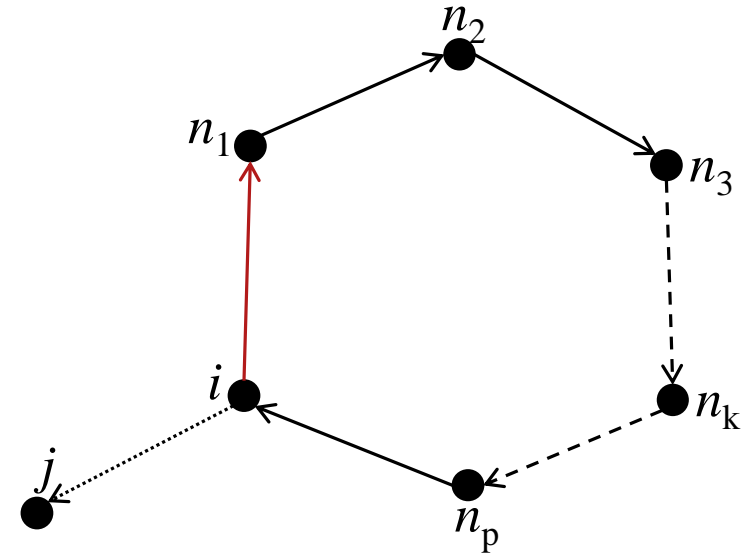
⋮

$$D_j^{n_k}(T_k) = D_j^{n_k}(t_k) \geq D_j^{*n_k}(t_k) = FD_j^{n_k}(t_k) > D_{jn_{k+1}}^{n_k}(t_k) = D_j^{n_{k+1}}(T_{k+1}) \Rightarrow FD_j^i(\tau) > D_j^{n_{k+1}}(T_{k+1})$$

⋮

$$D_j^{n_p}(T_p) = D_j^{n_p}(t_p) \geq D_j^{*n_p}(t_p) = FD_j^{n_p}(t_p) > D_{ji}^{n_p}(t_p) = D_j^i(T_i) \Rightarrow FD_j^i(\tau) > D_j^i(T_i)$$

$$D_j^i(T_i) \geq D_j^{*i}(T_i) \geq D_j^{*i}(\tau) \Rightarrow FD_j^i(\tau) > FD_j^i(\tau)$$



Teoretický doplnok 3

Diffusing Update Algorithm



Diffusing Update Algorithm

- Spojením SNC a difúzných výpočtov je možné vybudovať algoritmus, ktorý hľadá najkratšie cesty a garantuje bezslučkovosť
- Je tu ale problém: predpokladá sa, že počas behu difúzneho výpočtu v sieti nedochádza k ďalším zmenám
 - V praxi je to problém – difúzny výpočet istý čas trvá a v sieti môže počas tohto času dôjsť k ďalším topologickým zmenám
- V tom istom článku „Loop-Free Routing Using Diffusing Computations“, kde je predstavená SNC, Garcia uvádza aj stavový automat DUAL, ktorý popisuje úplné správanie sa difúzneho výpočtu pre všetky možné udalosti, ktoré počas výpočtu môžu nastať

Diffusing Update Algorithm

