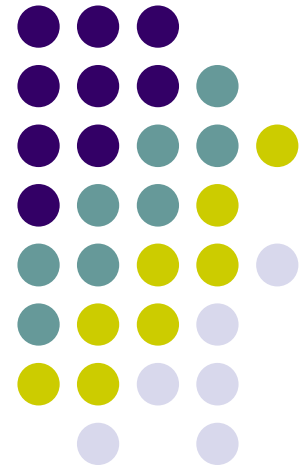




IP Multicast

Úvod do technológie

Doc. Ing. Pavel Segeč, PhD.,
Katedra informačných sietí FRI ŽU

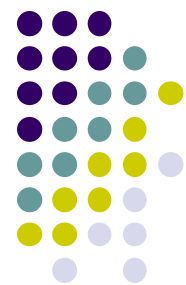




Obsah

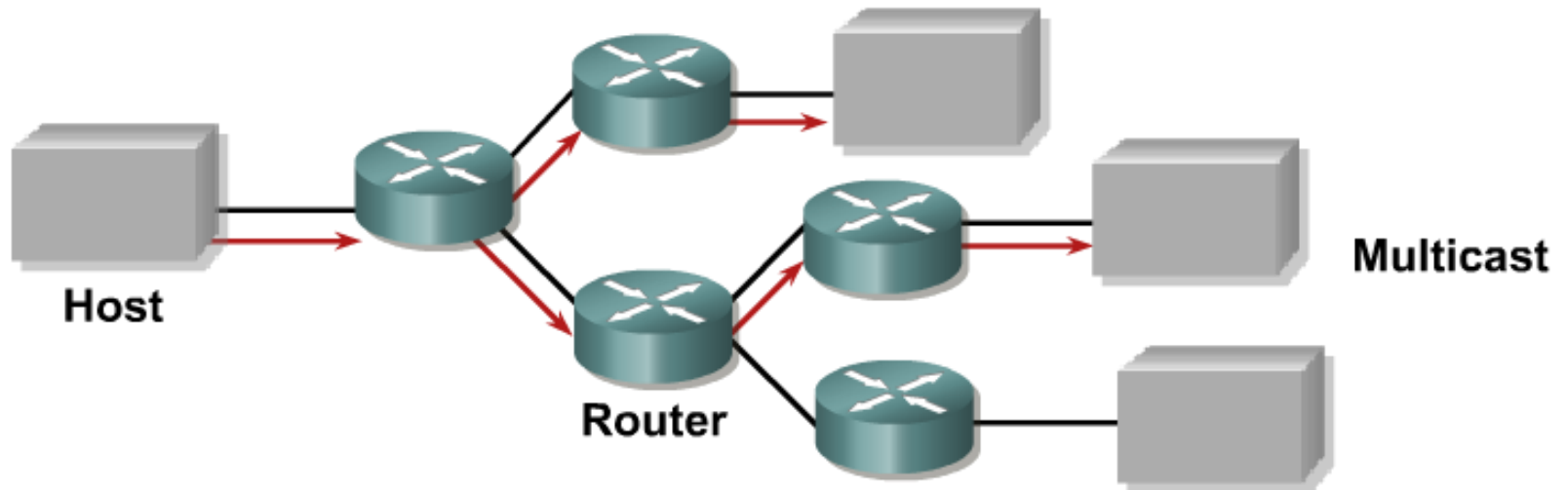
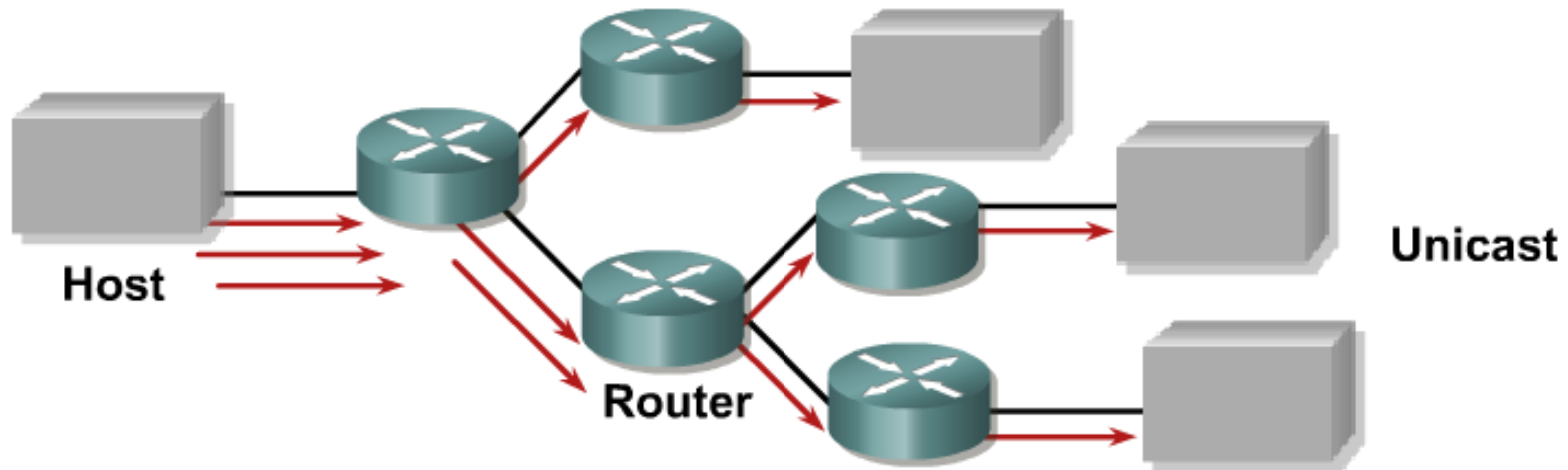
- Čo je multicast
- Stavebné prvky multicastu
 - Adresovanie
 - Protokol IGMP
 - Smerovanie multicastu
 - Distribučné stromy
- Smerovací protokol PIM
 - PIM Dense Mode
 - PIM Sparse Mode
- Konfigurácia multicastu na zariadeniach Cisco

Čo je to multicast a na čo je dobrý?



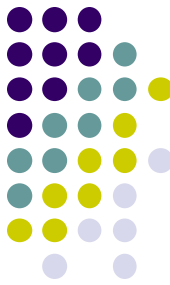
- Jedna zo základných foriem IP komunikácie (unicast, broadcast, multicast)
- Multicast je technológia, ktorá umožňuje doručovať IP pakety od jedného odosielateľa mnohým, avšak vždy jasne vyčleneným príjemcom
 - Internetová televízia, rozhlas, videokonferencie (Magio, FiberTV, ...)
 - Distribúcia informácií mnohým, potenciálne neznámym príjemcom naraz
 - Smerovacie a iné protokoly (RIPv2, EIGRP, OSPF, ...), presný čas (NTP), obrazy pracovných staníc (Symantec Ghost), IPv6 vo viacerých kľúčových oblastiach, ... a mnohé ďalšie
- Multicasting
 - posielanie jedného rámca/paketu, adresovaného viacerým vybraným príjemcom naraz („one to many“)
 - Menej časté formy komunikácie
 - Many to one
 - Many to many
- Výhody multicastingu:
 - Lepšie využitie zdrojov siete
 - efektívnejšie využívanie prenosového pásma, menšia záťaž pre odosielateľa i pre sieťovú infraštruktúru
 - Odosielateľ nemusí nevyhnutne poznať identitu každého príjemcu

Unicast vs. Multicast



Požiadavky na technológiu

Multicast



- Zdroj

- Nepotrebuje vedieť, kto sú príjemcovia, koľko ich je, ani kde sa nachádzajú
- Multicastový tok dát odosiela iba **jedenkrát**, nezávisle od počtu príjemcov

- Cieľ

- Príjemca vie sieť povedať, o aký multicastový tok má záujem
- Ak sa aj stane, že na stanicu prichádza multicastový tok, o ktorý stanica nemá záujem, nijako ju to nezaťažuje (L2 drop)

- Sieť

- Stará sa o doručenie multicastového toku správnym príjemcom (vrátane jeho rozmnoženia)
- Nemení povahu toku
- Doručovanie multicastového toku prebieha tak, aby ho dostávali len príjemcovia, ktorí oň mali záujem

- Všetci

- Všetky zariadenia udržiavajú čo najmenší objem stavových info

IP multicast - nasadenie



- Na využívanie potrebujeme
 - **NIC schopnú prijímať L2 Mcast**
 - Dochádza k mapovaniu L3 mcast adresy na L2 mcast adresu
 - Potrebujeme čítať Ethernetový multicast
 - Ináč NIC prijíma len rámce určené jej MAC adresou
 - **Multicastový TCP/IP softvér**
 - Win: od WinSock 2.0
 - Linux/unix: Berkeley Sockets for Multicast API
 - **Multicastové aplikácie**
 - Napr.: VideoLAN (www.videolan.org)
- **Multicastu schopnú infraštruktúru (smerovače, prepínače)**
 - Mcast vyžaduje nasadenie viacero nových protokolov do IP infraštruktúry





Nevýhody multicastingu

- Vyžaduje sa upgrade infraštruktúry
 - Smerovače
 - Podpora multicastov v smerovaní (mcast smerovacie protokoly)
 - Prepínače
 - Efektívne doručovanie multicastov na L2 (IGMP snooping)
- Multicast je zväčša založený na UDP
 - Best-effort delivery
 - Možné straty paketov bez riešenia na transportnej vrstve
 - Nerieši sa situácia zahltenia
 - Čo napríklad robí TCP
 - Duplicita paketov
 - Prehodenia poradia doručovaných paketov
 - Filtrovanie a zabezpečenie multicastov môže byť zložitejšie



ADRESOVANIE V MULTICASTE



IPv4 Multicastové adresovanie (L3)

- Pre multicastové adresovanie sa využívajú IPv4 adresy z triedy D
 - Horné 4 bity sú 1110 (definícia triedy D)
 - Zvyšných 28 bitov označuje číslo multicastovej skupiny
 - Skupina je tvorená členmi
 - T.j. stanicami, ktoré deklarovali záujem byť členom danej multicastovej skupiny (IGMP)
 - Rozsah D adres je: **224.0.0.0 do 239.255.255.255**
- Mcast paket
 - *Zdrojová IP adresa*: bežná unicastová IP adresa stanice, ktorá mcast paket odoslala
 - *Cieľová IP adresa*: typu D, nemá nijaký vzťah k unicastovým adresám skutočných príjemcov

28 bits

Class D	1	1	1	0	Multicast Group ID

Rozdelenie IPv4 multicastového priestoru



- **Local scope**

- 224.0.0.0 až 224.0.0.255
- Pakety nemajú opustiť broadcastovú doménu, z ktorej pochádzajú (TTL=1)
- Mnohé adresy sú v súčasnosti vyhradené
 - OSPF uses 224.0.0.5 and 224.0.0.6., RIPv2 uses 224.0.0.9, EIGRP uses 224.0.0.10, 224.0.0.1: all-hosts group., 224.0.0.2: all-routers group

- **Global scope**

- 224.0.1.0 až 238.255.255.255
- Doručovanie mcast medzi organizáciami or cez internet (napr. NTP)

- **Administratively scoped**

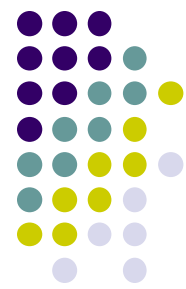
- 239.0.0.0 až 239.255.255.255
- Tento rozsah je vhodný pre použitie v privátnych doménach
 - Lokálne mcast aplikácie, neposielané mimo doménu

- Pridelenie adries multicastových skupín pre jednotlivé toky je zvyčajne vecou administrátora siete (a existujúcich štandardov)

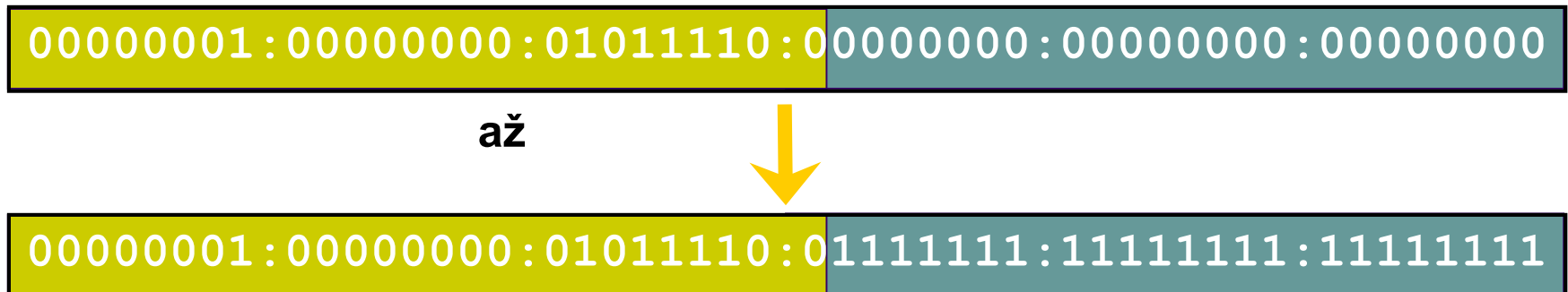
- Ako sa stanica dozvie, čo sa v ktorej multicastovej skupine vysiela, je riešené samostatne

- Napr. zisťovaním cez SAP = Session Announcement Protocol
 - SANET SAP Mcast Group IPv4: 233.10.47.10
- Staticky atď.

Mapovanie L3 multicast adresy na L2 mcast adresu

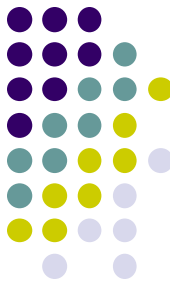


- IANA vyčlenila pre IPv4 multicasting rozsah MAC adries
 - **01:00:5e:00:00:00** až **01:00:5e:7f:ff:ff**

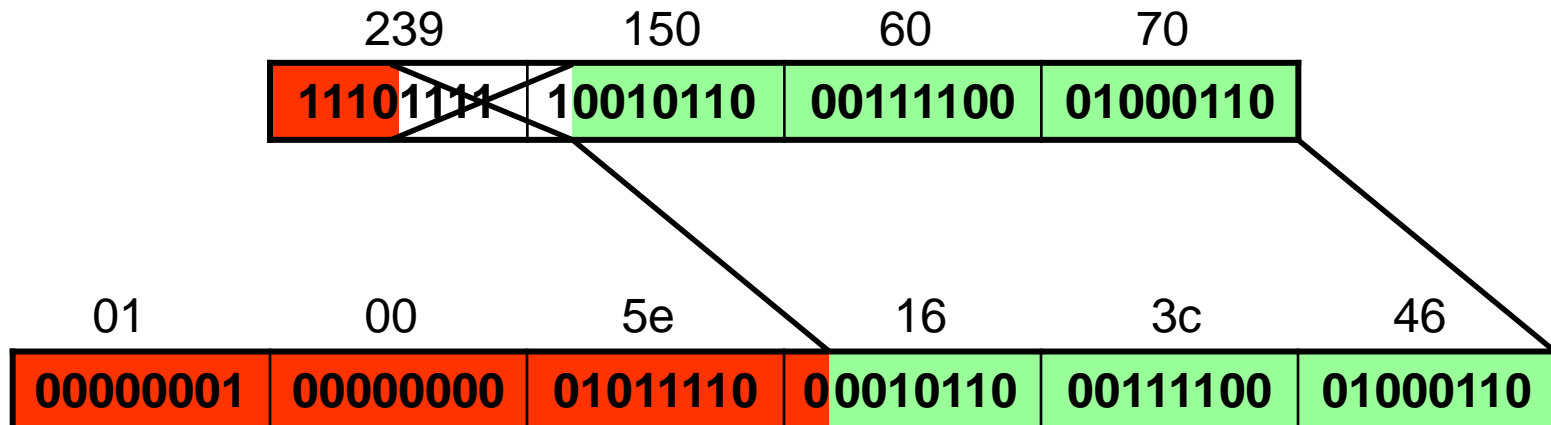


- Prvých 25 bitov v každej MAC má fixnú hodnotu, ktorá sa musí dodržať
- Zostávajúcich 23 bitov v MAC slúži na popísanie multicastovej skupiny

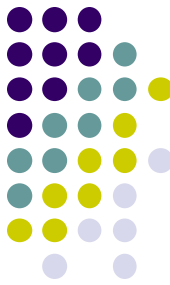
Mapovanie multicastových IPv4 adres na L2 multicastové MAC adresy



- Mapovanie unicast IPv4 adres na MAC adresy
 - pomocou ARP
 - neplatí však pre mcast adresy triedy D
- Pri multicastových adresách typu D sa používa operácia, kde:
 - Spodných 23 bitov multicastovej IP sa prenesie do spodných 23 bitov multicastovej MAC adresy
 - Sieťová karta je potom inštruovaná túto MAC adresu prijať

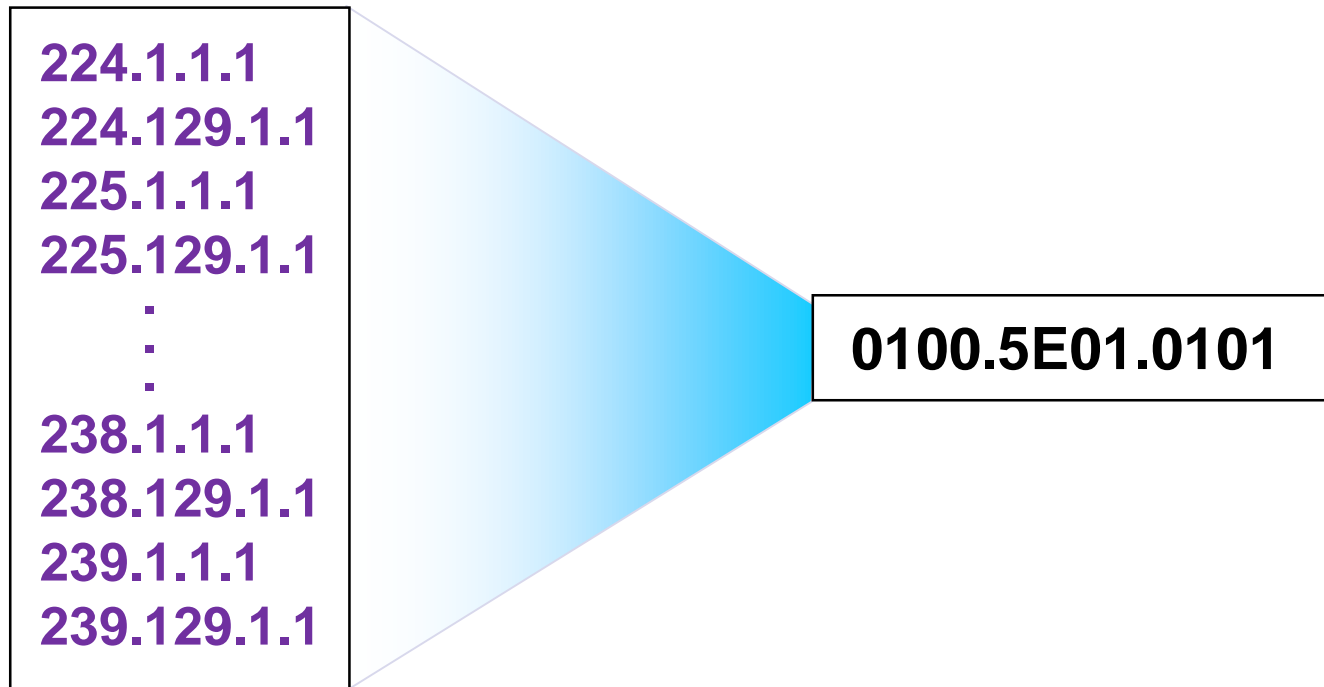


Mapovanie multicastových IPv4 adres na L2 multicastové MAC adresy

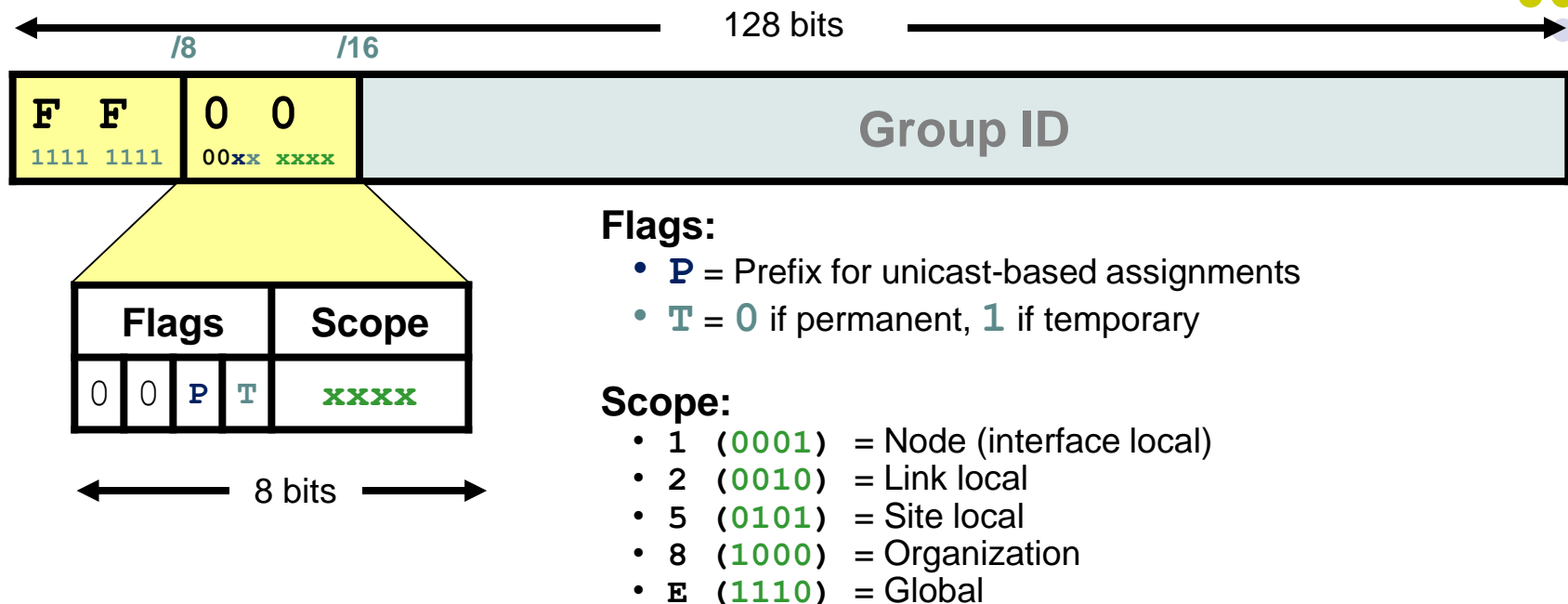


- Dopad použitého mapovania:
 - 32 rôznych mcast IP adres zodpovedá jednej L2 multicast MAC adrese

32 rôznych IP multicastových adres = 1 multicastová MAC adresa



IPv6 multicastové adresy

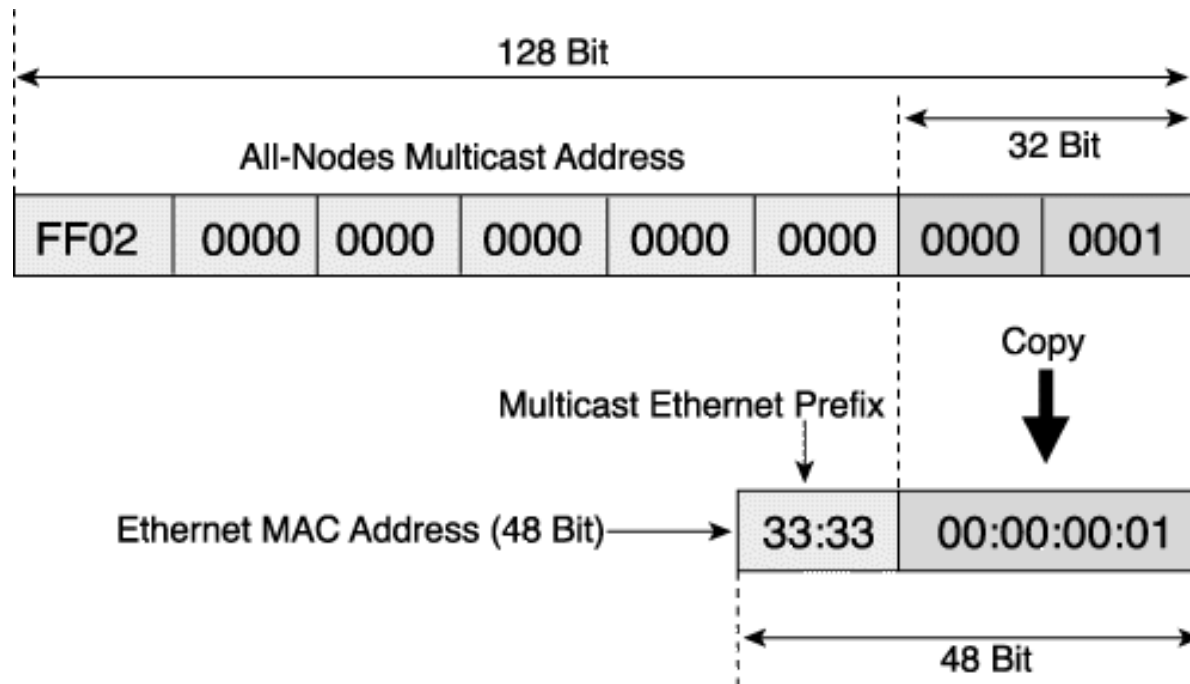


- Definované prefixom **FF00::/8**
 - 112 bitový identifikátor mcast skupiny
- Multicasty sa v IPv6 využívajú veľmi často
- Broadcast sa v IPv6 nepoužíva
- Prvý oktet FF
- Druhý oktet obsahuje
 - Prefix, platnosť a rozšírenie
 - Adresy **FF00::** to **FF0F::** sú rezervované
 - FF02::/16 – všeobecne známe, link local

Mapovanie multicastových IPv6 adres na L2 multicastové MAC adresy



- Mapovanie IPv6 adresy na ethernet multicast
 - Vezmi posledných 32 bitov Ipv6 adresy a pridaj 33-33
 - Napr. FF02::1:**FF68:12CB** => 33-33-FF-68-12-CB
 - FF02::1 => 33-33-00-00-00-01





PROTOKOL IGMP

A IGMP SNOOPING

Internet Group Management Protocol (IGMP)



- IGMP je kľúčový komponent multicast architektúry
 - Stanica sa stáva členom (resp. sa odhlasuje z) multicastovej skupiny tak, že svojej bráne ohlásí svoj záujem byť členom niektorej skupiny
 - Ak smerovač dostane multicastový tok adresovaný danej skupine, bude vedieť, že ho má preposlať aj do siete, kde sa nachádza táto stanica
 - Stanica zároveň svojej sieťovej karte prikáže, aby akceptovala aj rámce adresované na príslušnú MAC adresu multicastovej skupiny
 - IGMP je komunikácia *len* medzi IP stanicou a jej bránou
- V súčasnosti existujú tri verzie IGMP protokolu:
 - IGMPv1 definované v RFC 1112 a IGMPv2 v RFC 2236
 - Podporujú všetky súčasné OS
 - IGMPv3 definované v RFC 3376
 - Podporované v posledných verziách Windows a Linux



IGMPv1

- IGMPv1 má dve základné správy
 - **Membership query**
 - Periodicky generovaná smerovačmi (tzv. queriers)
 - posielané na IP adresu **224.0.0.1** (all-hosts)
 - Posiela sa zriedkavo, spravidla každú minútu
 - **Membership report (Join group)**
 - Odosielaná stanicou na IP mcast adresu skupiny, do ktorej si stanica želá byť prihlásená
 - Posiela sa jeden report pre každú skupinu, v ktorej je stanica členom
 - Report sa posiela buď ako odpoveď na query,
 - alebo v momente, keď sa stanica prihlasuje do skupiny (bez vyžiadania)
 - Každá stanica pred odoslaním odpovede na výzvu počká náhodný čas (max 10 sekúnd), či neodpovie nejaká iná stanica
 - Ak odpovie, netreba posilať ďalšiu odpoveď



IGMPv2

- Tri základné druhy správ
 - **Membership query**
 - Periodicky generované smerovačmi
 - Môžu byť:
 - Všeobecné (odosielané na IP 224.0.0.1)
 - Špecifické (odosielané na IP adresu mcast skupiny)
 - **Membership report (Join group)**
 - Odosielané stanicou na IP adresu skupiny, do ktorej si stanica želá byť prihlásená
 - **Leave group**
 - Stanica touto správou ohlasuje opustenie skupiny,
 - Posielaná na 224.0.0.2 (all mcast routers)
 - Skracuje čas zasielania mcastu do siete kde už nie je žiaden odoberateľ



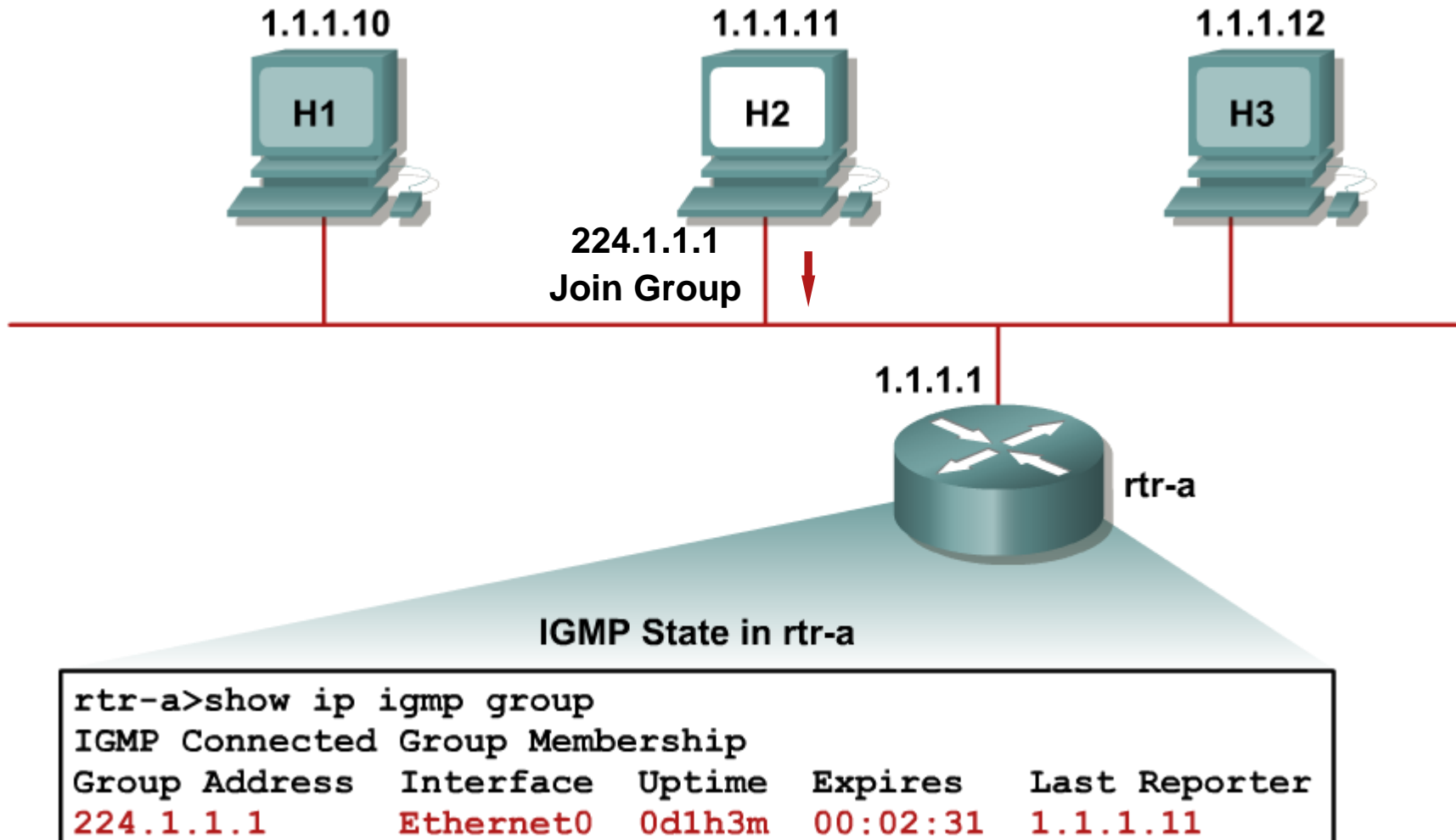
IGMPv3

- Dva základné druhy správ:
 - **Membership query**
 - General query, posielené na 224.0.0.1
 - Group-specific query (*,G), posielené na skupinu
 - Group-and-source specific (S,G), posielené na skupinu
 - špecifikujúc želaných odosielateľov (zdroje mcastu)
 - Napr. „*“ = všetci v skupine (*,G)
 - **Membership report (Join group)**
 - Odosielené na adresu 224.0.0.22
 - Zjednodušuje Snooping
- IGMPv3 má podstatne zložitejšiu internú sémantiku než jeho predchodcovia
 - Komplikovanejšie schémy registrácie zdrojov
 - Kde vďaka INCLUDE, EXCLUDE môžem špecifikovať o čo/aký zdroj mám/nemám záujem

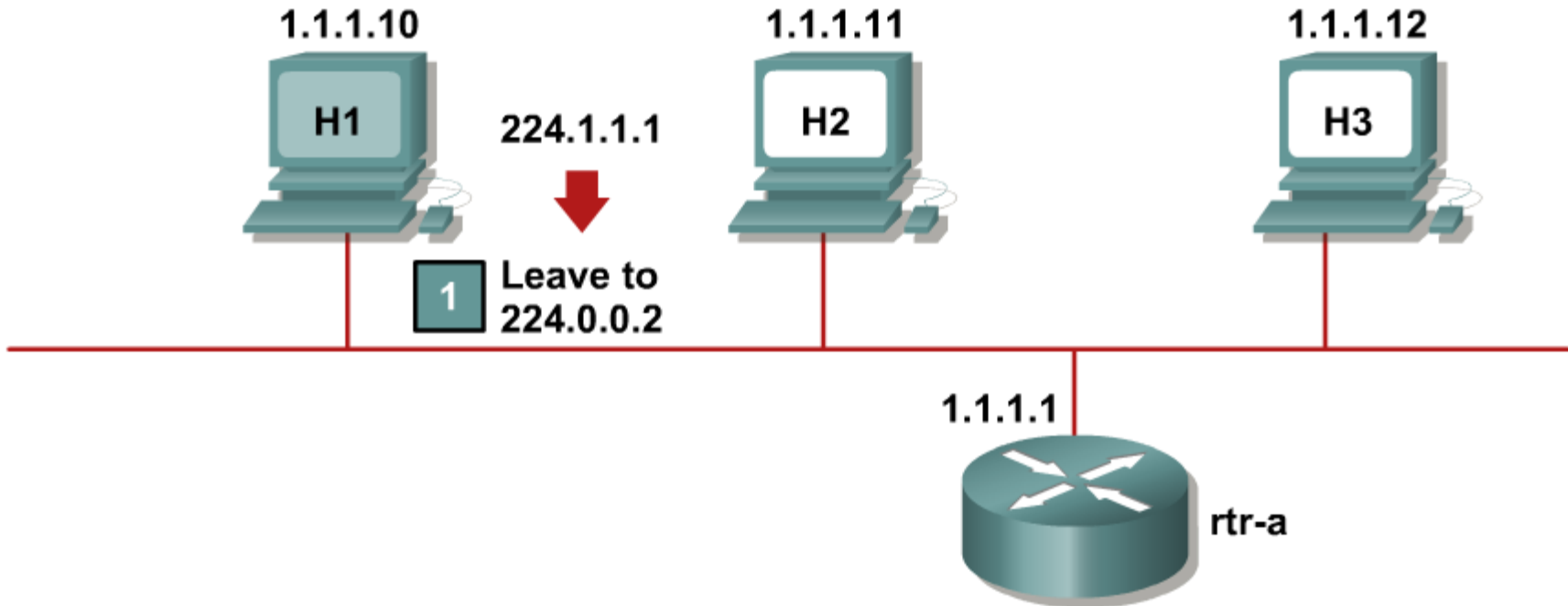


PRÍKLAD IGMP

IGMPv2: Prihlásenie sa do skupiny



IGMPv2: Opustenie skupiny

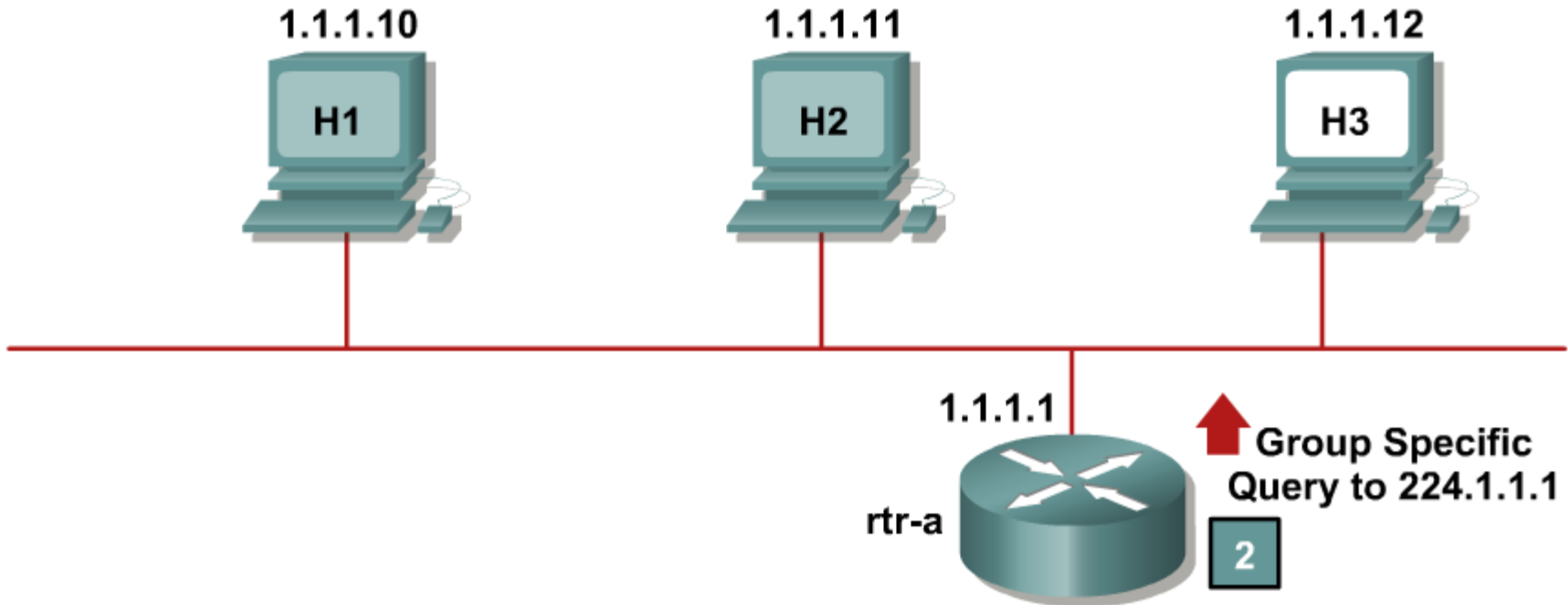


Stanice H2 a H3 sú členmi skupiny 224.1.1.1

1. H2 pošle správu Leave group

- Na 224.0.0.2

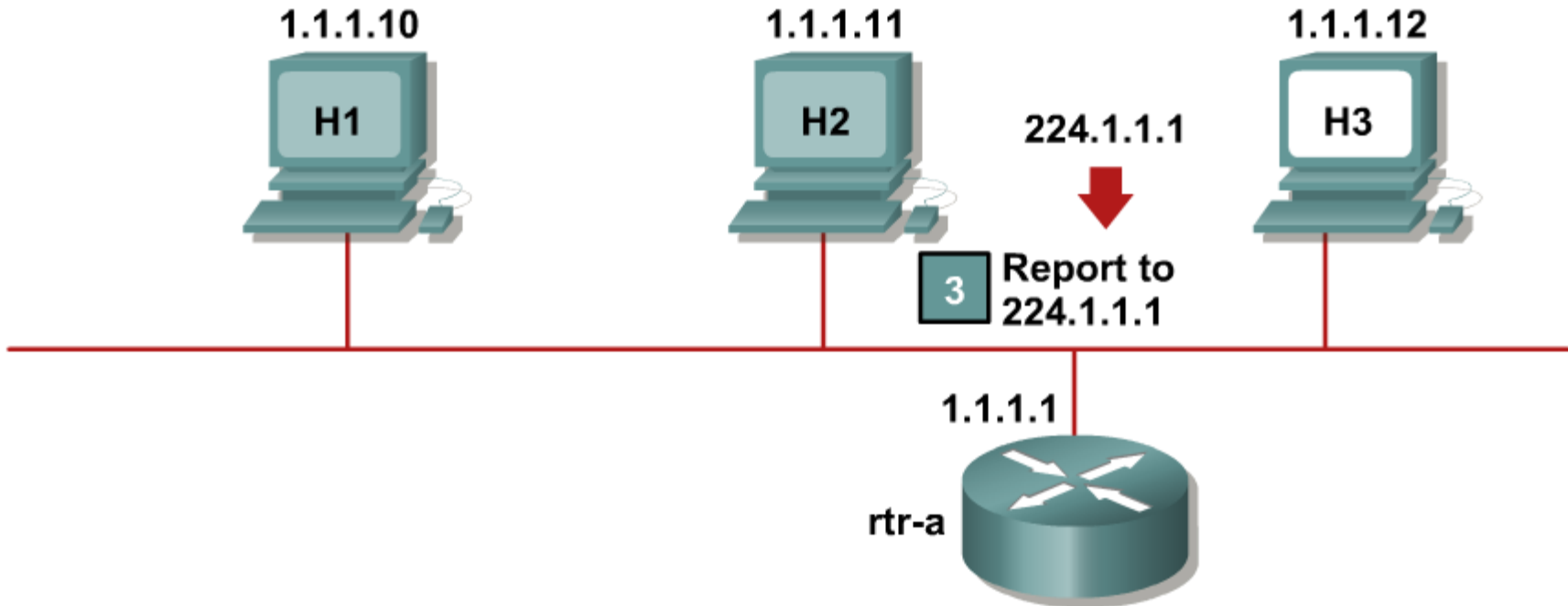
IGMPv2: Opustenie skupiny



2. Smerovač pošle mcast group-specific query

- Na overenie či daná skupina má ešte na danom segmente nejakého člena

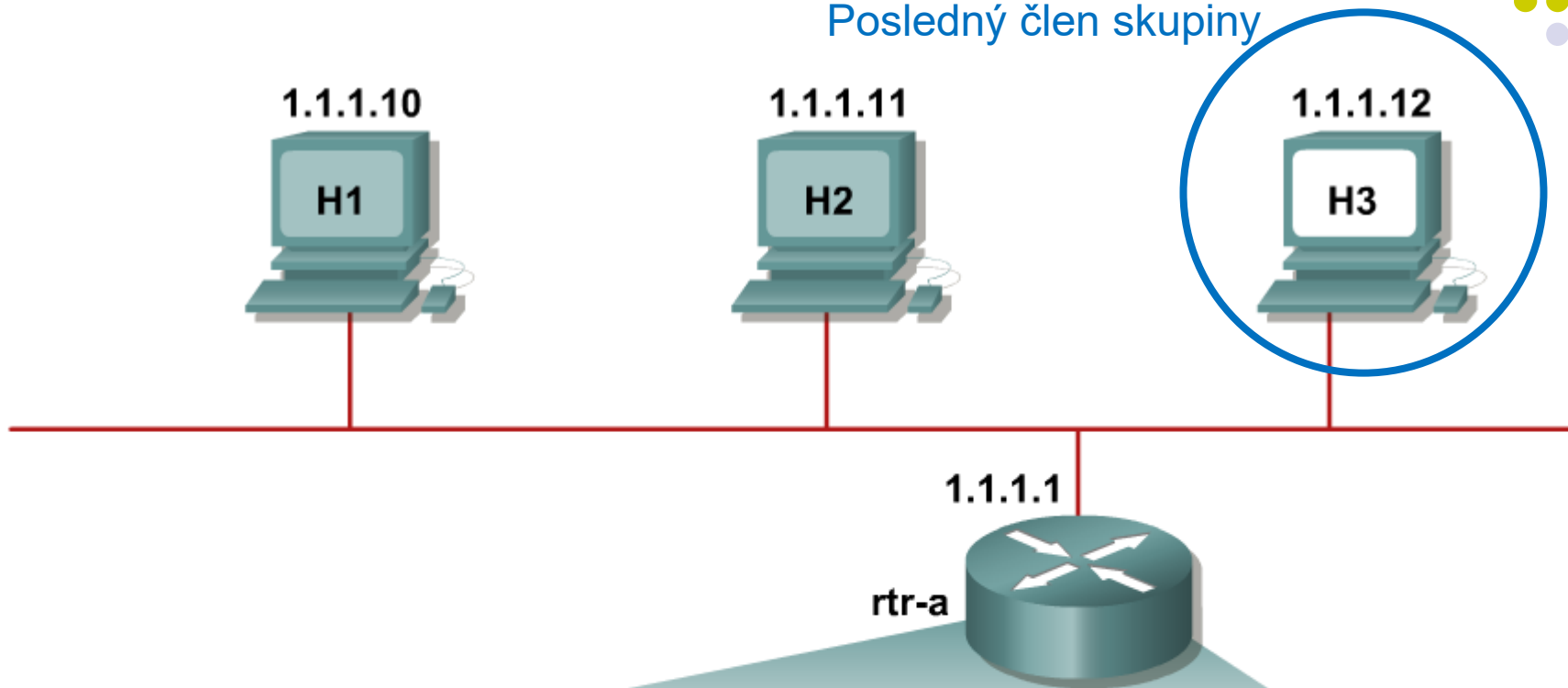
IGMPv2: Opustenie skupiny



3. Zostávajúci člen pošle report, takže smerovač vie, že na segmente ešte sú príjemcovia

IGMPv2: Opustenie skupiny

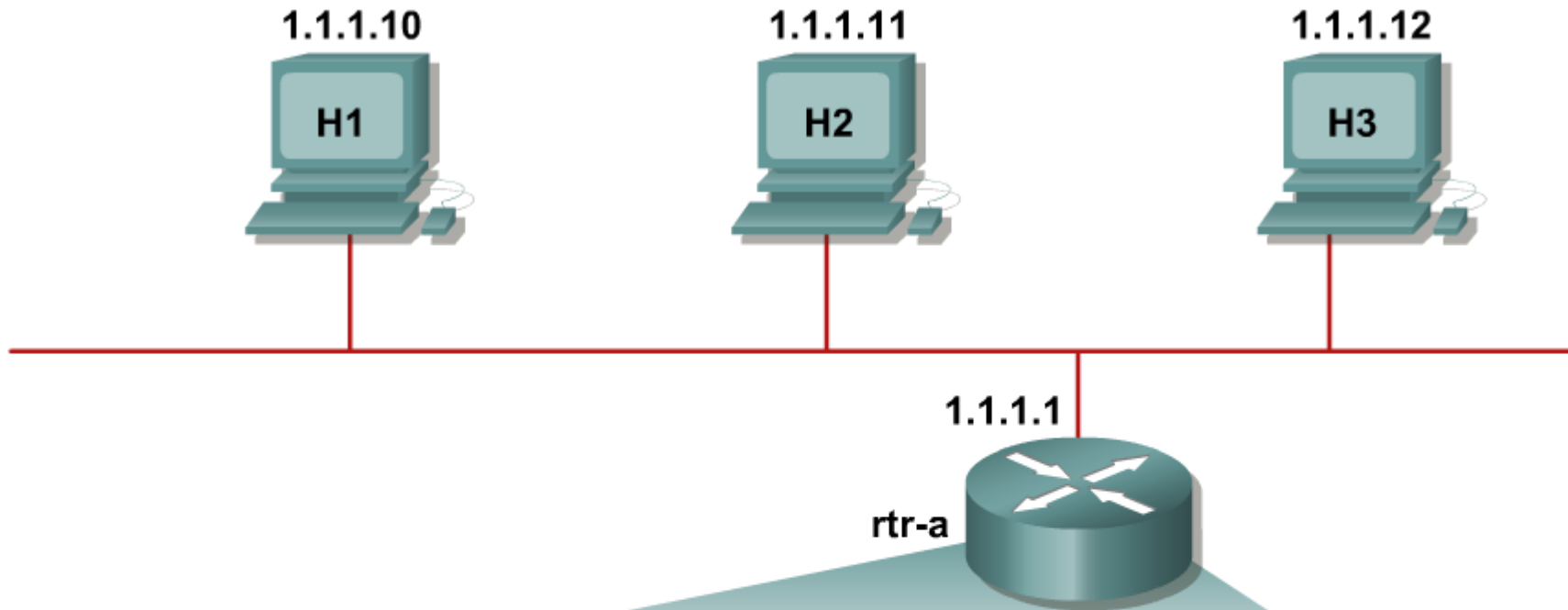
Posledný člen skupiny



IGMP State in rtr-a after H2 leaves.

```
rtr-a>sh ip igmp group
IGMP Connected Group Membership
Group Address  Interface  Uptime    Expires    Last Reporter
224.1.1.1      Ethernet0  0d1h3m    00:01:47   1.1.1.12
```

IGMPv2: Opustenie skupiny – žiaden člen



IGMP State in rtr-a after H3 leaves.

```
rtr-a>sh ip igmp group
IGMP Connected Group Membership
Group Address  Interface  Uptime    Expires    Last Reporter
```



DORUČOVANIE MULTICASTU NA L2

Efektívne doručovanie multicastov na L2

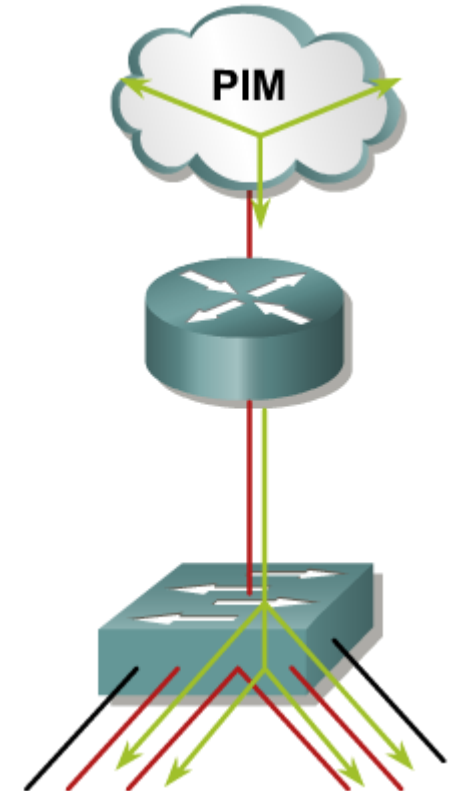


- Bežné L2 prepínače

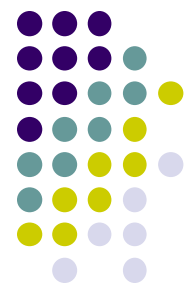
- Spracúvajú multicasty ako „*unknown unicast*“
 - Rámce idúce na neznámeho príjemcu
 - T.j. rozošlú ho von všetkými portami v danej VLAN (unknown unicast flooding)
- Stanice, ktoré sa do danej multicastovej skupiny neprihlásili, sa síce týmito tokmi nezaoberajú, no predsa...

- Pre prepínače by bolo vhodné poznať kde sú príjemcovia

- Prepínač by poslal multicast len na L2 porty kde sú stanice, ktoré sa do zvolenej skupiny zapísali



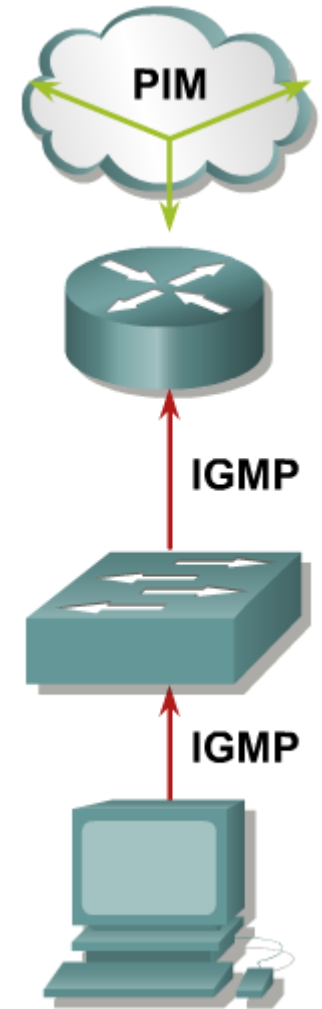
Efektívne doručovanie multicastov na L2

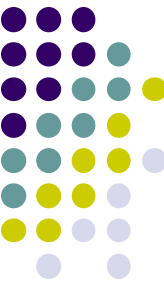


- **IGMP Snooping (pre IPv4) /**
 - **Resp. Multicast Listener Discovery (pre IPv6)**
 - Technika „čítania“ informácií L3 IGMP protokolu L2 prepínačmi
- Čítaním IGMP správ prepínač zistí:
 - Zo správy **Membership Report** prijatej na porte vie, že je k nemu pripojená stanica, ktorá sa hlási do istej mcast skupiny
 - Prepínač vytvorí pre danú mcast skupinu položku v tzv. IGMP Snooping Forwarding Table
 - a pridá do nej porty, na ktorých správa vošla
 - Multicastový tok dát sa rozposiela iba portami, na ktorých sa naozaj nachádzajú prihlásení príjemcovia (nie záplavovo)
 - Zo správy **Leave Group** prepínač vie, že stanica opúšťa multicastovú skupinu
 - Port ktorým bola správa prijatá je odstránený z IGMP Snooping Forwarding Table
 - Multicastový tok sa týmto portom prestane odosielať
 - Poznámka: prepínač môže skontrolovať (group specific query), či na porte ešte nie je iný člen danej skupiny

IGMP Snooping

- Prepínače Cisco Catalyst
 - IGMP Snooping automaticky aktívny
 - Prepínače rozumejú protokolu IGMP a analyzujú obsah IGMP správ
- Výnimku z IGMP Snoopingu tvoria MAC adresy typu „*local scope*“
 - Zodpovedajúce rozsahu 224.0.0.x (01:00:5e:00:00:xx),
 - Vždy rozposielané všetkými portmi
 - Typické napr. pre smerovacie protokoly
- IGMP Snooping je výpočtovo náročnejší
 - Analýza všetkých L2 mcast rámcov pre čítanie IGMP
 - Pozor na slabšie prepínače bez L3 aware HW/ASICs





MULTICASTOVÉ DISTRIBUČNÉ STROMY



Multicastové distribučné stromy

- Multicastový distribučný strom
 - Cesta, ktorou tečie multicastový tok dát od odosielateľa cez medziľahlé smerovače až po koncových príjemcov v jednej konkrétnej skupine.
- Dva druhy stromov:
 - Zdrojové distribučné stromy
 - Číže stromy najkratších vzdialeností (shortest alebo source path tree (SPTs))
 - Koreň týchto stromov je vždy v odosielateľovi (každom)
 - Zdieľané (shared) distribučné stromy
 - Jeden strom je zdieľaný pre viacerých odosielateľov v tej istej skupine
 - Koreňom tohto stromu je jeden dohodnutý smerovač, tzv. *rendezvous point (RP)*
 - RP je nastavený staticky alebo zvolený a dynamicky objavený

Multicastové distribučné stromy - zdrojový



Shortest Path Tree (Zdrojový strom)

Zdroj 1



Zápis: (S, G)

S = Source (Zdrojová unicast adresa odosielateľa)

G = Group (Cieľová mcast adr. skupiny)



A



B



D

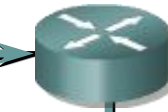


F

Zdroj 2



C



E



Príjemca 1

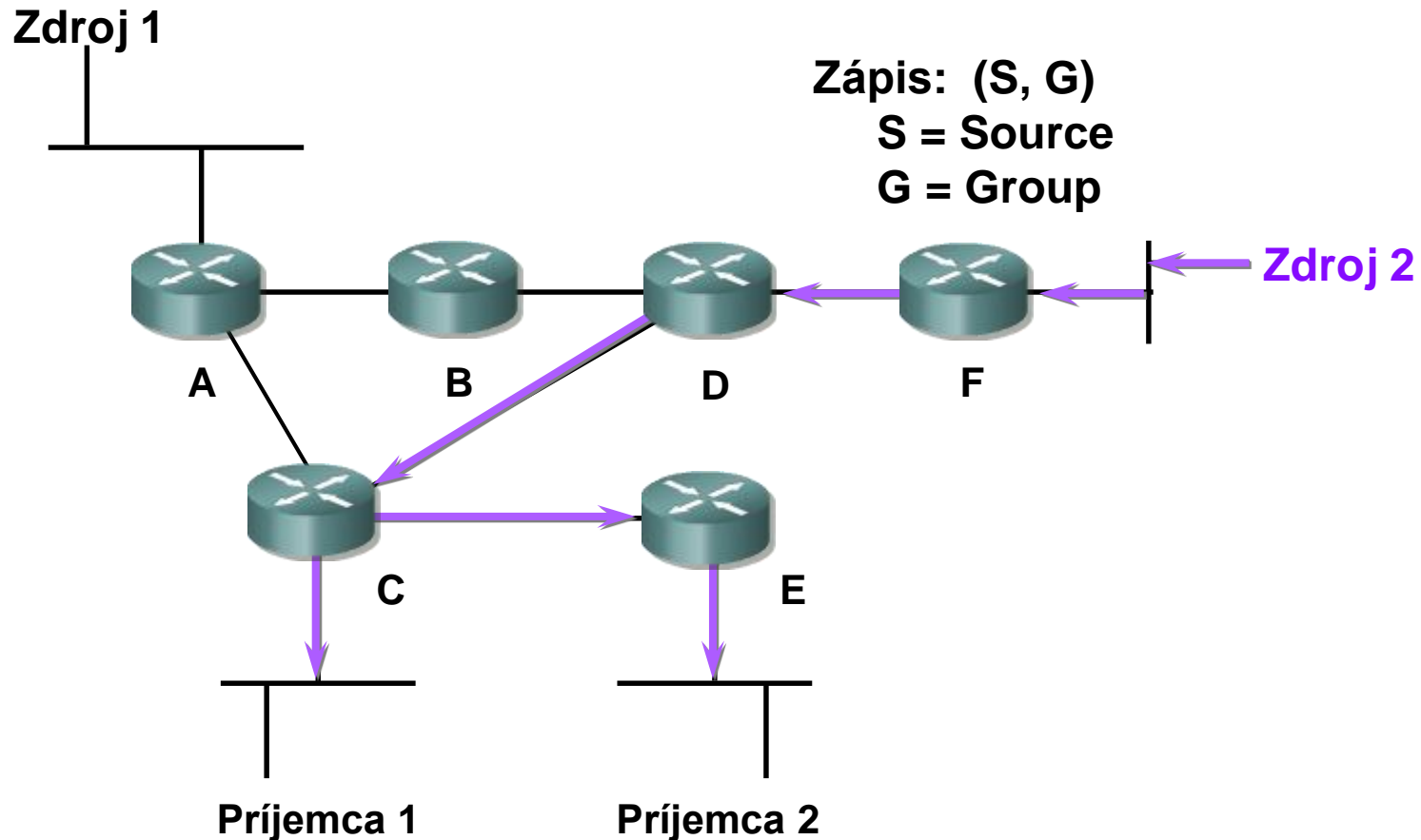


Príjemca 2

Multicastové distribučné stromy - zdrojový



Shortest Path Tree (Zdrojový strom)



SPT buduje **oddelené** distribučné stromy pre každý pár odosielateľ ↔ skupina (S_i, G)

Multicastové distribučné stromy - zdieľaný

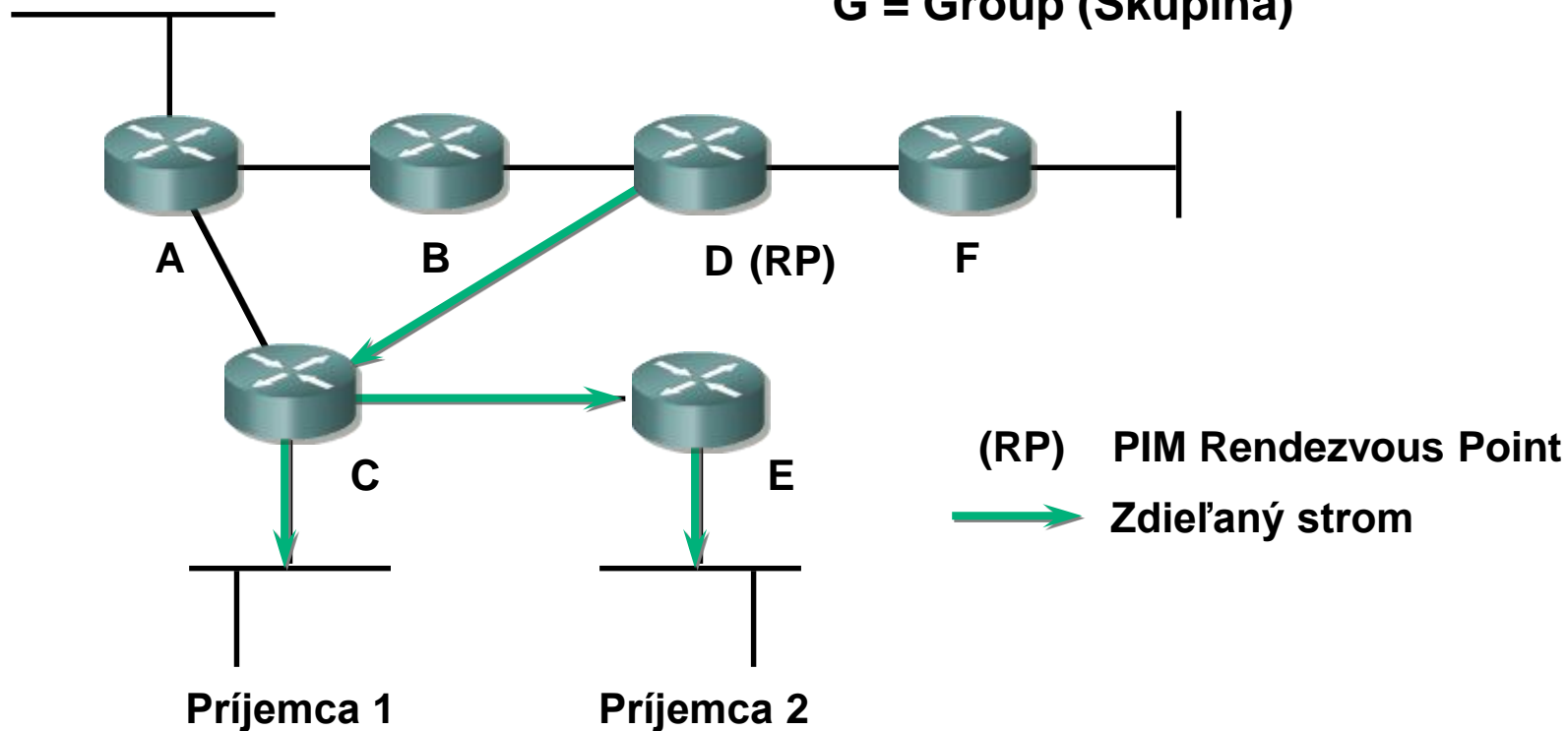


Shared Distribution Tree (Zdieľaný strom)

Zápis: (*, G)

* = All Sources (Všetky zdroje)

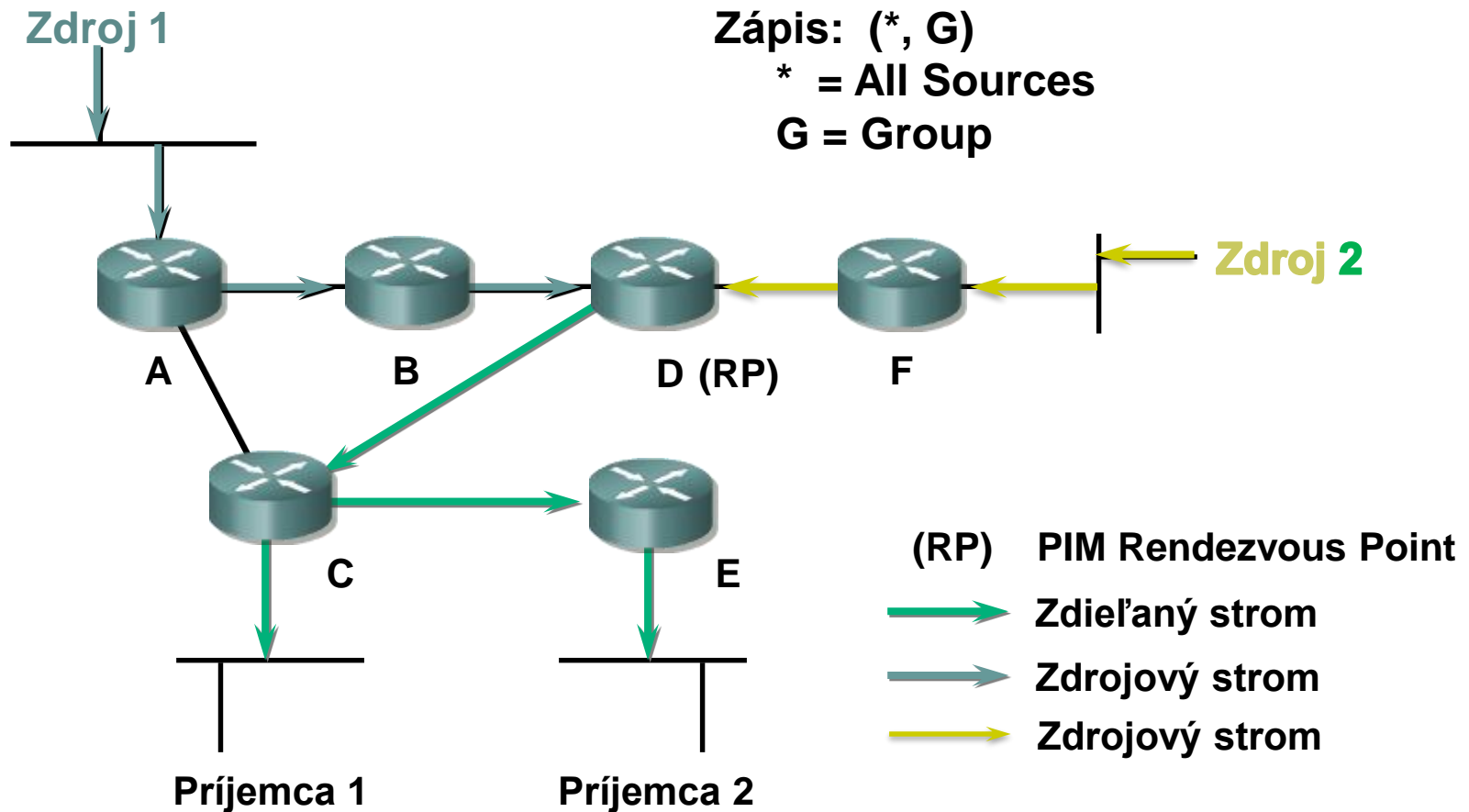
G = Group (Skupina)



Multicastové distribučné stromy - zdieľaný



Shared Distribution Tree (Zdieľaný strom)



Multicastové distribučné stromy



- Charakteristiky stromov:

- **SPT stromy**

- Pamäťovo náročnejšie
 - Zvlášť strom pre každý multicast zdroj
 - Väčšie množstvo stavových informácií
 - Garantujú však najkratšie cesty od odosielateľa k všetkým príjemcom
 - Čím minimalizujú oneskorenie pri doručovaní dát

- **Shared stromy**

- Pamäťovo výhodnejšie,
 - Môžu však viesť k toku dát suboptimálnymi cestami, a tým vniesť zbytočné oneskorenie do prenosu



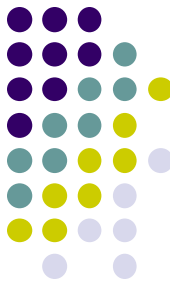
SMEROVANIE MULTICASTU

Smerovanie multicastových tokov



- Smerovanie multicastov má oproti bežnému unicast smerovaniu trochu inú povahu
 - Primárnym cieľom je správne replikovať multicastový tok k príjemcom
 - t.j. vedieť, ktorými výstupnými rozhraniami odoslať jeho kópiu
 - alebo či ju potichu zahodiť
 - Mcast adresa, na rozdiel od unicastovej, však túto informáciu neposkytuje
- Ako teda zistiť za ktorými rozhraniami sú ktorí príjemcovia?
 - „Okrajový“ smerovač - IGMP
 - Na výstupnom rozhraní je priamo pripojená sieť s koncovými príjemcami toku
 - Títo dynamicky nahlásili smerovaču členstvo v mcast skupinách cez IGMP
 - Kvôli škálovateľnosti (napr. množstvo udržiavaných info) však nie je vhodné tento zoznam ďalej šíriť
 - Ďalším smerovačom smerom k zdroju (upstream) sa ďalej nešíri zoznam príjemcov,
 - Len sa signalizuje že susedný smerovač má príjemcov danej mcast skupiny
 - Na to je potrebný samostatný protokol, ktorý signalizuje potrebu zostavenia mcast stromu (je to dynamický proces) = **mcast routing**

Smerovanie multicastových tokov

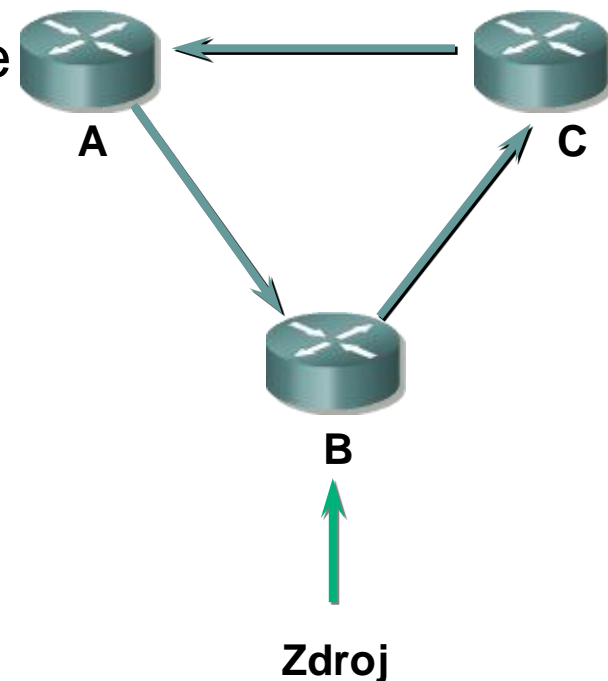


- Idea väčšiny **súčasných** multicastových smerovacích protokolov
 - Distribučný strom tvoriť dynamicky na požiadanie „*od listov, nie od koreňa*“, t.j. od príjemcov
 - Prvé smerovače v sieťach, kde sú príjemcovia, ich poznajú vďaka IGMP
 - Ďalším smerovačom smerom k odosielateľovi iba „*povedať*“ že sa za nami nachádzajú príjemcovia
 - Šírením tejto informácie bude strom ďalej rásť
 - buď smerom k odosielateľovi,
 - alebo smerom k rendezvous point-u (RP)
- Otázka
 - Ako a odkiaľ vieme, kde a ktorým smerom je odosielateľ, RP (teda zdroj), alebo previous hop smerovač?
 - Odkiaľ vieme, že mcast tok vstupuje zo „správneho“ smeru od odosielateľa alebo RP?

Smerovanie multicastových tokov: Reverse Path Forwarding (RPF)



- Požadovanú info smerovač získava z „obyčajnej“ unicast smerovacej tabuľky
- Multicastové smerovanie sa vo veľkej miere zaoberá aj tým, odkiaľ paket prichádza
 - Na základe zdroja budujem mcast strom
 - IP adresa RP alebo odosielateľa využitá pri stavbe stromu
 - Smerovač nemôže akceptovať na vstupe multicastový tok bez rozmyslu
 - Vznik slučiek
 - Ochrana voči slučkám - Reverse Path Forwarding (RPF)
 - Multicastový paket musí vojsť rozhraním, ktoré leží na najlepšej ceste k zdroju toku (odosielateľovi),
 - inak packet drop



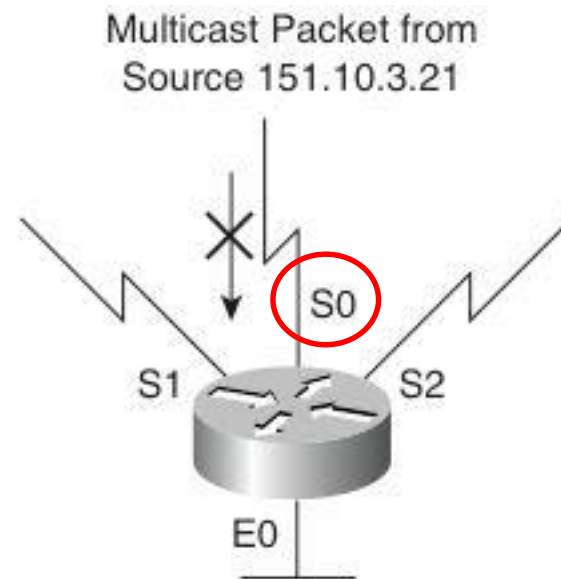
Príklad RPF kontroly



RPF Check Fails!

Multicast Route Table	
Network	Interface
151.10.0.0/16	S1
198.14.32.0/24	S0
204.1.16.0/24	E0

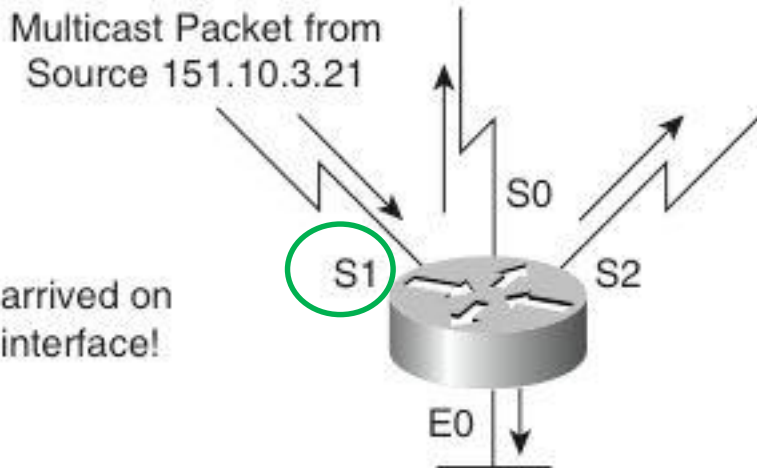
Packet arrived on
wrong interface!
Discard packet.



RPF Check Succeeds!

Multicast Route Table	
Network	Interface
151.10.0.0/16	S1
198.14.32.0/24	S0
204.1.16.0/24	E0

Packet arrived on
correct interface!



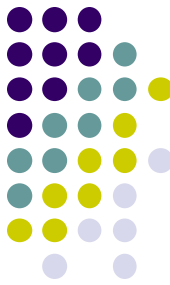


Multicastová smerovacia tabuľka

- Pre smerovanie multicastov je teda potrebné v sieti pre každú
 - multicastovú skupinu (*, G)
 - alebo pre odosielateľa a skupinu (S,G)
- Zostaviť distribučný strom, t.j.
 - Určiť správne **vstupné** rozhranie
 - Určiť potrebné **výstupné** rozhrania
- Tieto údaje vlastne obsahuje mcast smerovacia tabuľka
 - **Incoming Interface (IIF)**
 - vstupné rozhranie vyhovujúce RPF kontrole
 - **Outgoing Interface List (OIL)**
 - zoznam výstupných rozhraní, ktorými sa prijatý multicastový tok bude replikovať
- Tvorba multicastovej smerovacej tabuľky (distribučného stromu)
 - Sa zaoberá vytváraním zoznamov IIF a OIL
 - Má ju na starosti niektorý mcast smerovací protokol

Smerovací protokol

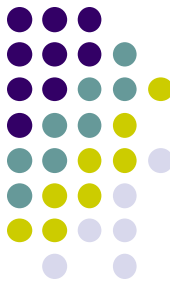
Protocol-Independent Multicast (PIM)



- Protocol-Independent Multicast (PIM)
 - Nie je smerovací protokol v zmysle, ako je tomu pri unicastovom smerovaní
 - Žiadne updates, t.j. nevymieňa adresy alebo metriky
 - Skôr signalizačný protokol
 - Pomocou PIM jeden smerovač hovorí druhému, či od neho chce alebo nechce dostávať konkrétny multicastový tok
 - Tvorba OIL
 - PIM za týmto účelom používa viaceré PIM správy
 - Prune, Join, Graft, Assert, Register/Register Stop, atď
- PIM využíva (vyžaduje)
 - Unicastovú smerovaciu tabuľku tvorenú unicast smerovacími protokolmi (OSPF, IS-IS, EIGRP, RIP, BGP)
 - Je však nezávislý od konkrétneho protokolu (*Protocol Independent*)
 - Tvorba IIF

Smerovací protokol

Protocol-Independent Multicast (PIM)



- PIM pracuje v dvoch rôznych režimoch:
 - **Dense mode**
 - Multicastový tok sa implicitne posiela do celej siete
 - Strom sa buduje od zdroja
 - Predpokladá sa, že sused **chce** prijímať multicast
 - Ak však smerovač nemá pre tok príjemcu, odhlási sa od jeho prijímania.
 - Tzv. Pruning
 - **Sparse mode**
 - Multicastový tok sa implicitne neposiela
 - Kým niekto výslovne oň neprejaví záujem
 - Distribučný strom sa teda zostaví na požiadanie od príjemcov



PIM DENSE MODE



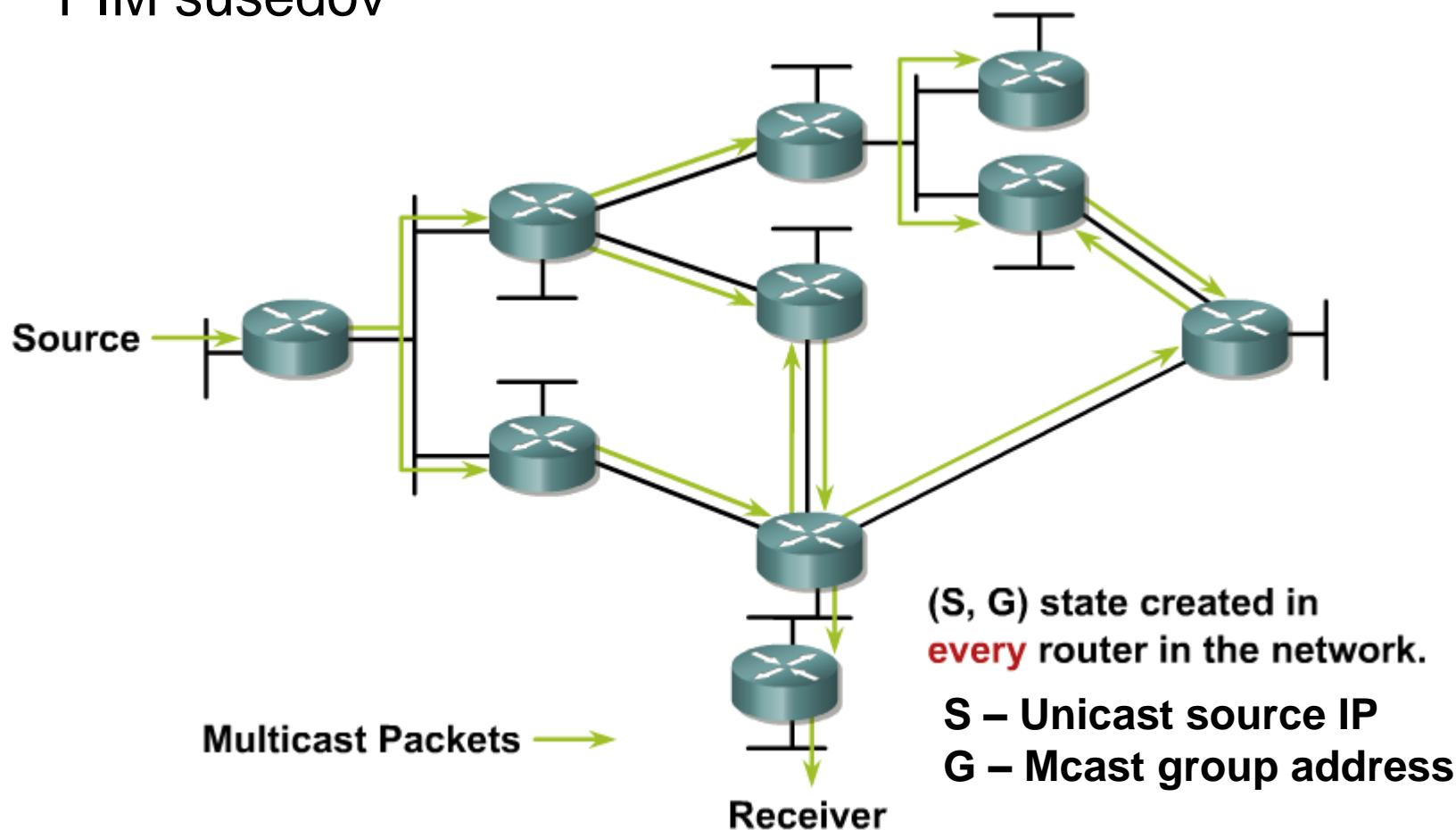
PIM-Dense Mode

- Predpokladá, že členovia mcast skupín sú husto rozptýlený po sieti
 - A že sieťovej kapacity je nadostač
- Strom sa tvorí:
 - Záplavovým šírením mcast prevádzky do celej siete
 - a prerezávaním (prunning) k zdroju na základe RPF
- PIM DM teda využíva distribučný strom typu „*source distribution tree*“
- Je považovaný za zastaraný a v Campus prostredí sa už nenasadzuje



PIM-DM: Počiatočná fáza

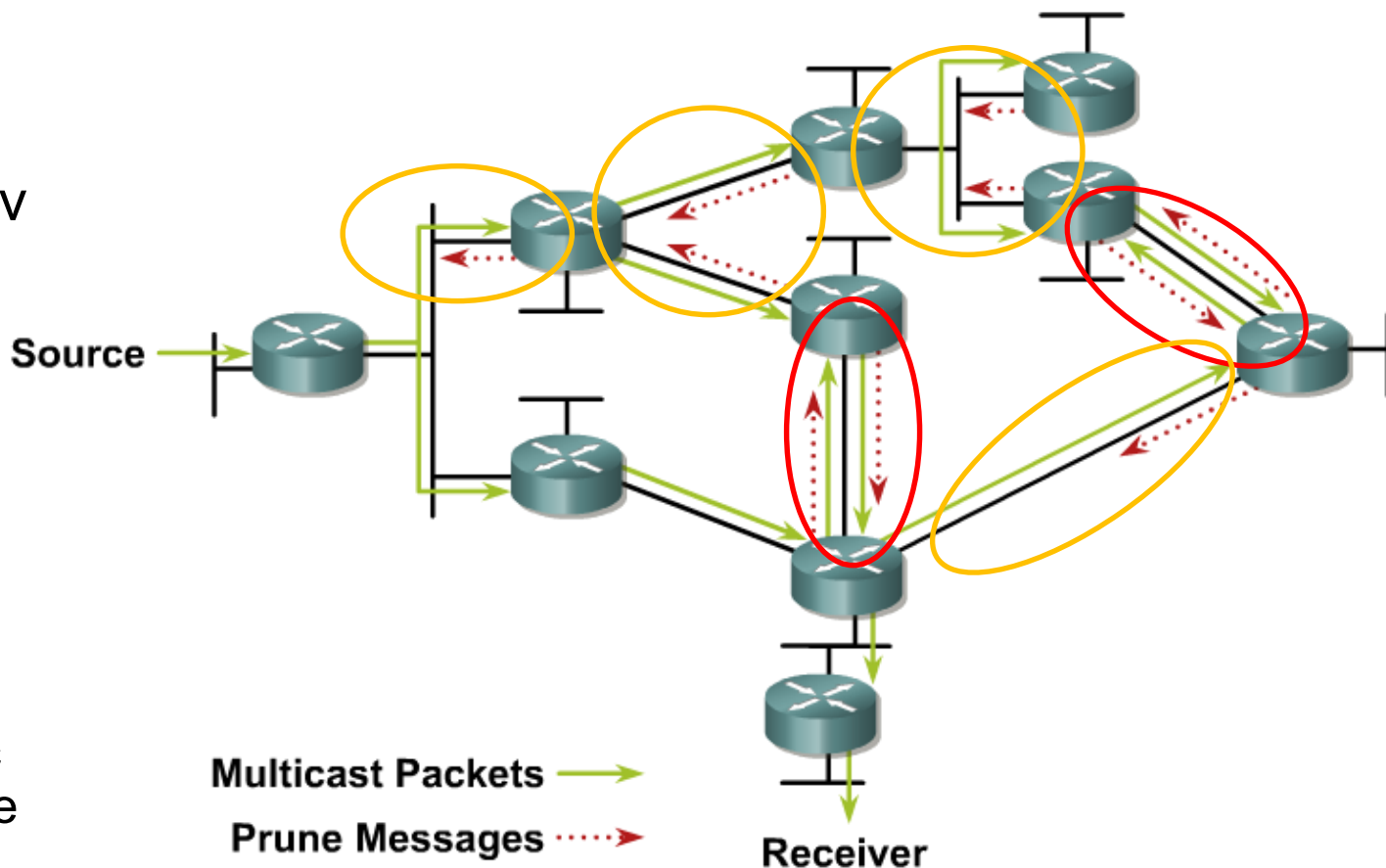
- Počiatočný flooding cez všetky nonRPF rozhrania na PIM susedov



PIM-DM: „Odpílenie“ vetiev



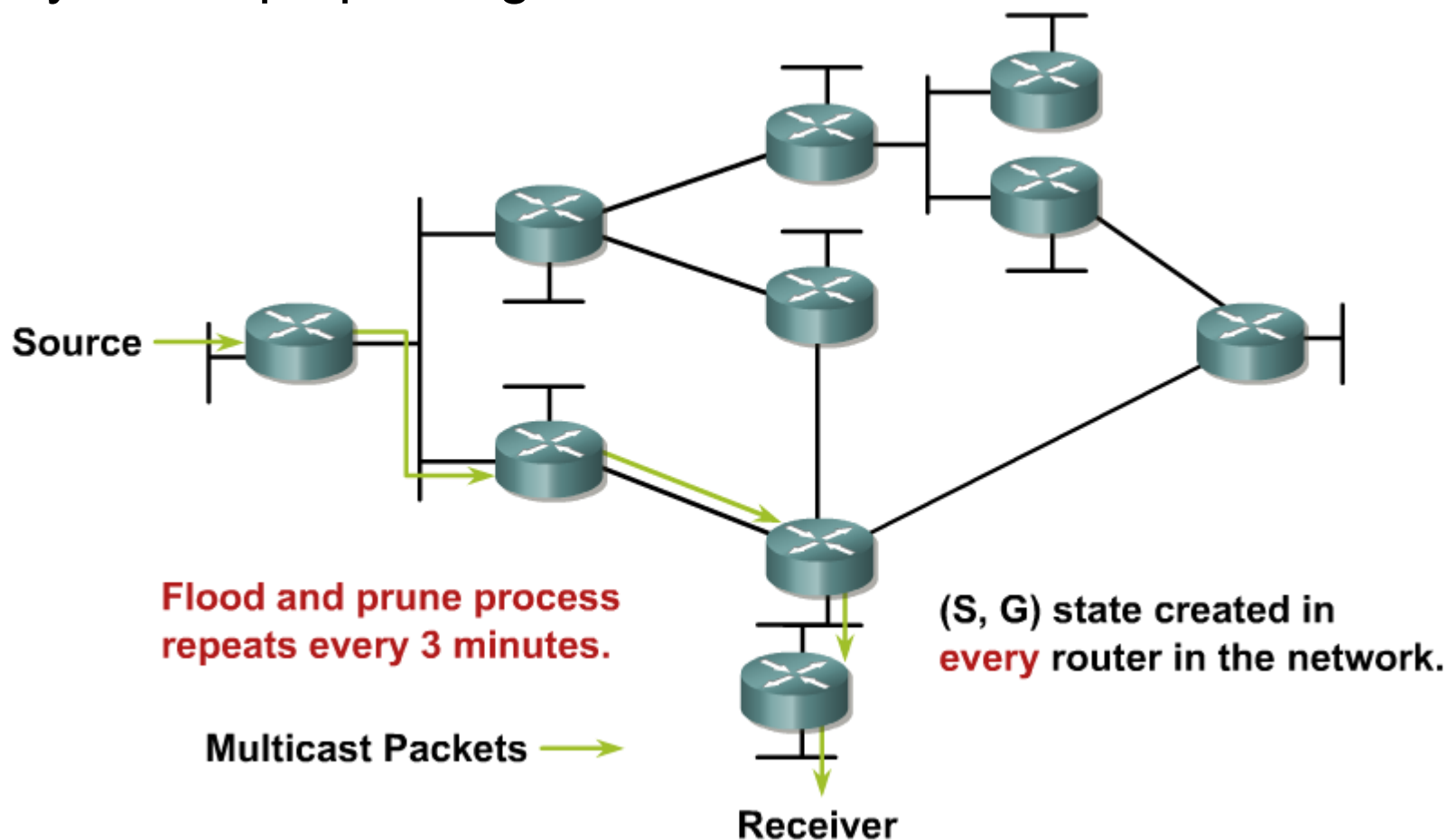
- Prerezanie
- Odoslaním *prunning* správ
 - Najprv na rozhraniach ktoré nie sú na RPF
 - Suboptimal
 - Potom aj na RPF rozhraniach ak smerovač nemá žiadne prijímače na „downstream“



PIM-DM: Výsledný zdrojový strom



Výsledok po pruningu





PIM-DM: smerovacia tabuľka

```
R2# sh ip mroute 239.0.0.1
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C -
Connected,
    L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
    T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
    X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
    U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
    Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
    Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group,
    V - RD & Vector, v - Vector
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

...

(1.0.0.2, 239.0.0.1), 00:01:55/00:02:51, flags: T
IIF Incoming interface: Serial0/0/1, RPF nbr 12.0.0.1
OIL Outgoing interface list:
    FastEthernet0/0, Forward/Dense, 00:01:55/00:00:00
    Serial0/0/0, Prune/Dense, 00:01:55/00:01:07
    Serial0/3/0, Prune/Dense, 00:01:55/00:01:07

....
```



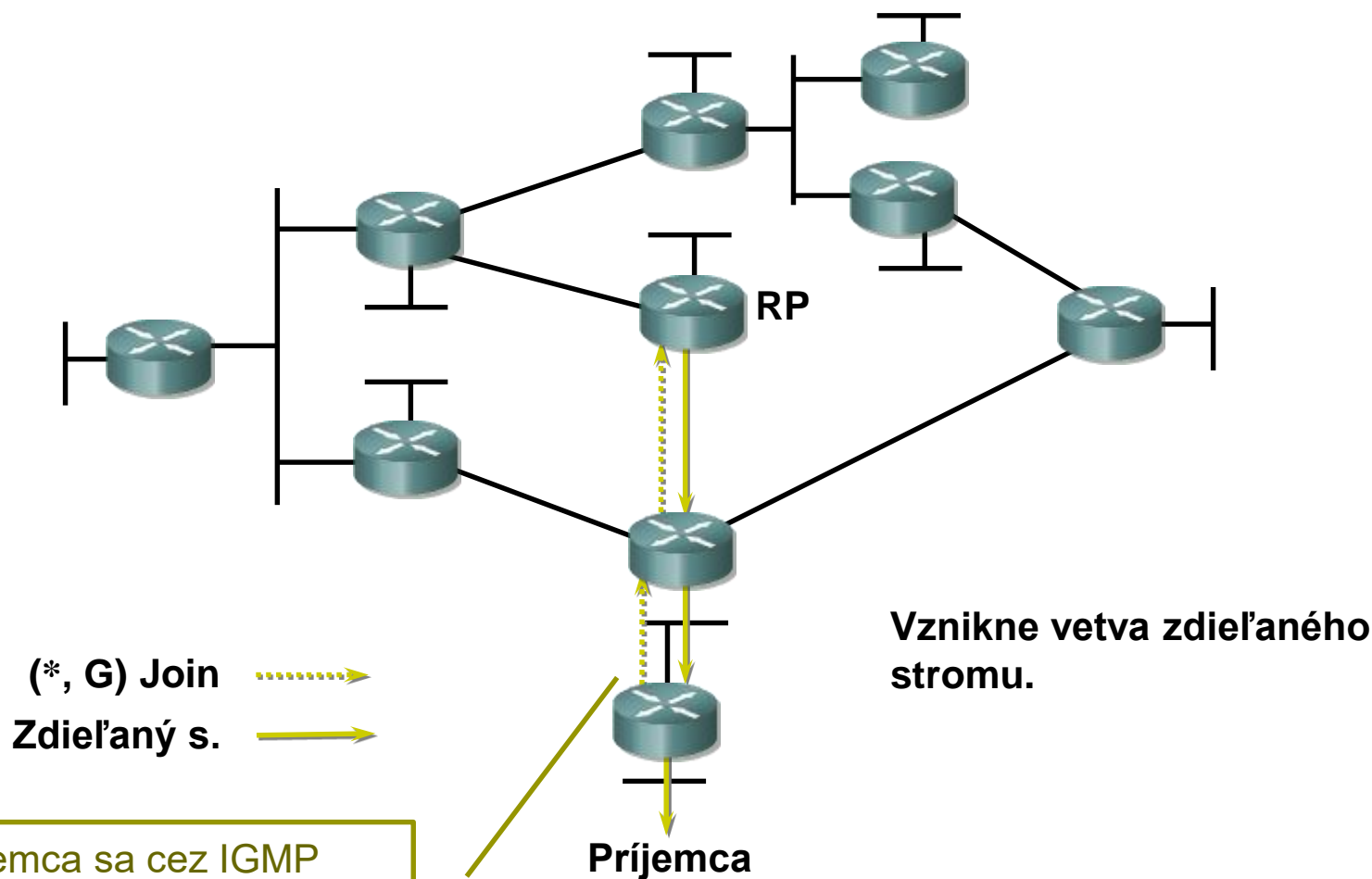
PIM SPARSE MODE



PIM Sparse Mode (PIM-SM)

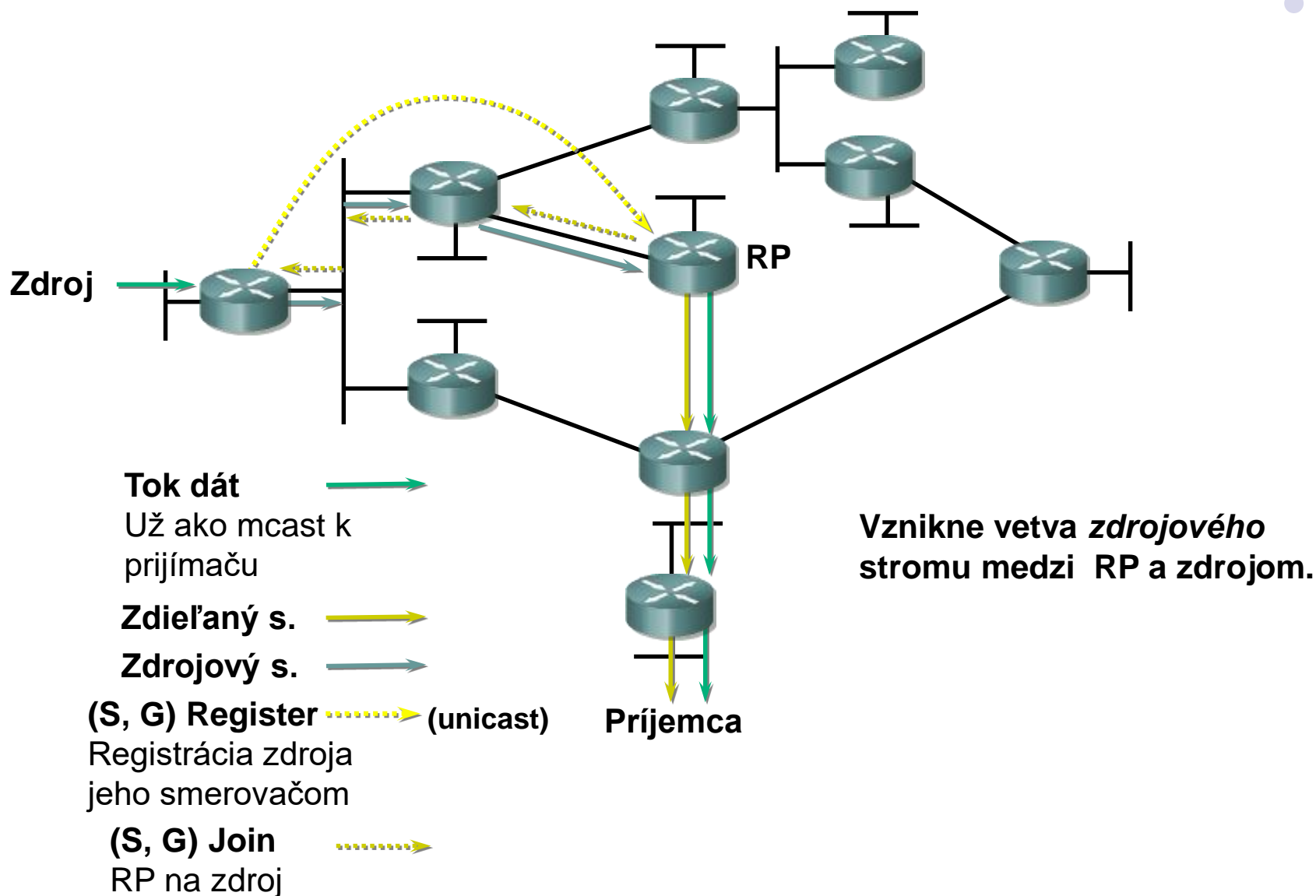
- Predpokladá
 - Široko rozptýlených prijímateľov mcastu
 - Flooding PIM DM teda nie je dobrá cesta
 - Na sieti existuje viacero zdieľaných, paralelných mcast stromov
 - V danom okamihu aspoň s pár odoberateľmi
- Odstraňuje nevýhody PIM-DM
 - Záplavové šírenie všade
 - Množstvo stavových info
- Základné princípy PIM-SM
 - Používa **rendezvous point** (RP)
 - Koreň distribučného stromu
 - Smerovač odosielateľa sa k RP musí registrovať (musí teda o ňom aj vedieť)
 - Distribučný strom sa vytvára len na žiadosť odoberateľa (klienta)
 - Nie na základe zdroja mcastu (ako je to v PIM DM)
 - Distribučný strom je zdieľaný pre všetkých odosielateľov skupiny
 - Typ „*Shared Distribution Tree*“
 - PIM SM začína s prázdny distrib. stromom
 - Ku ktorému sa pridávajú odoberatelia (vetvy)
 - Po pripojení odoberateľov sa distribučný strom medzi odosielateľom a prijímateľom optimalizuje
 - Môže byť riadené prahovou hodnotou

PIM-SM: Vytvorenie zdieľaného stromu – pripojenie príjemcu

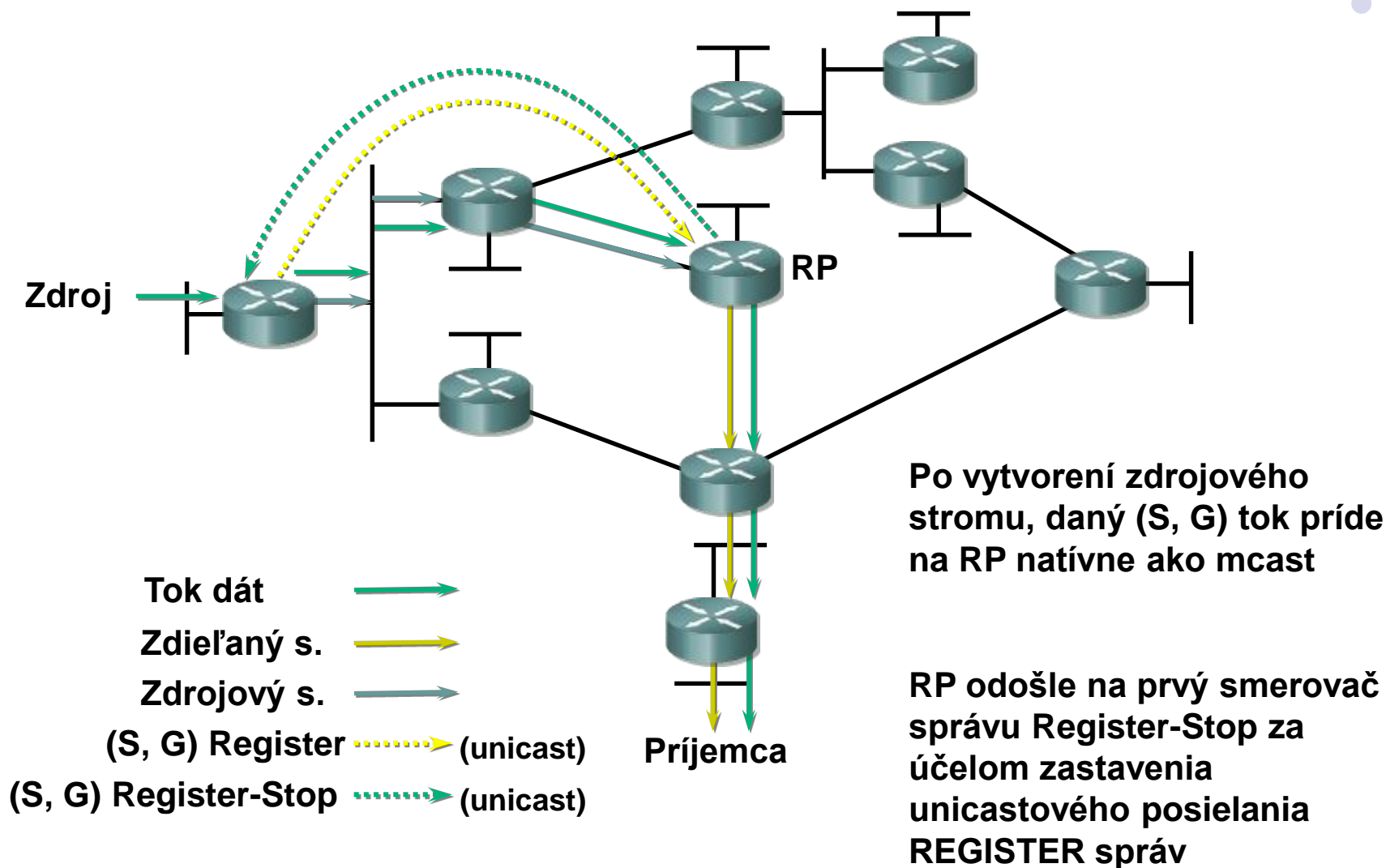


Príjemca sa cez IGMP pripojí do skupiny. Jeho obslužný smerovač vie IP adresu RP, pošle PIM (*, G) JOIN správu na RP

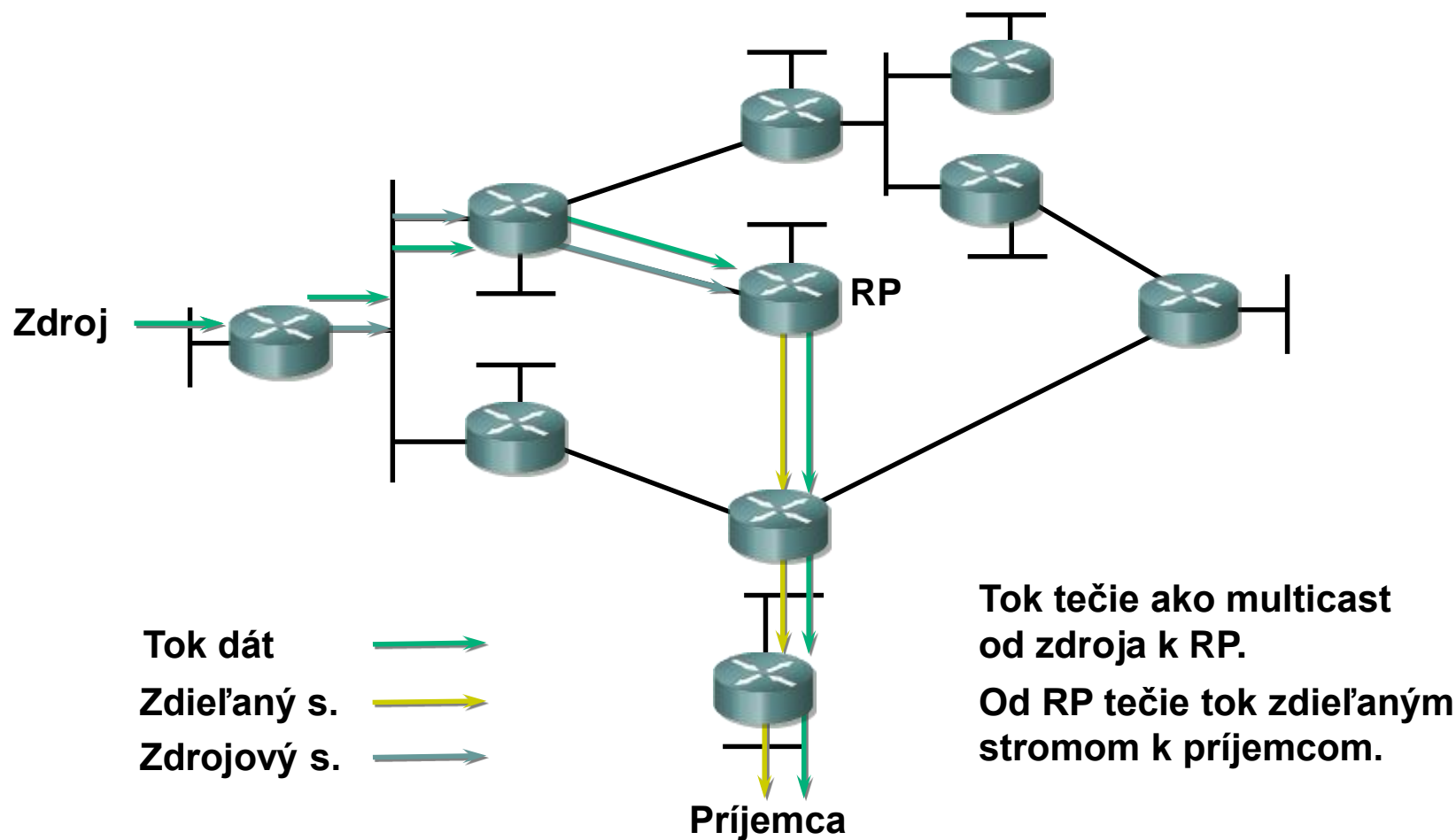
PIM-SM: Registračný proces zdroja



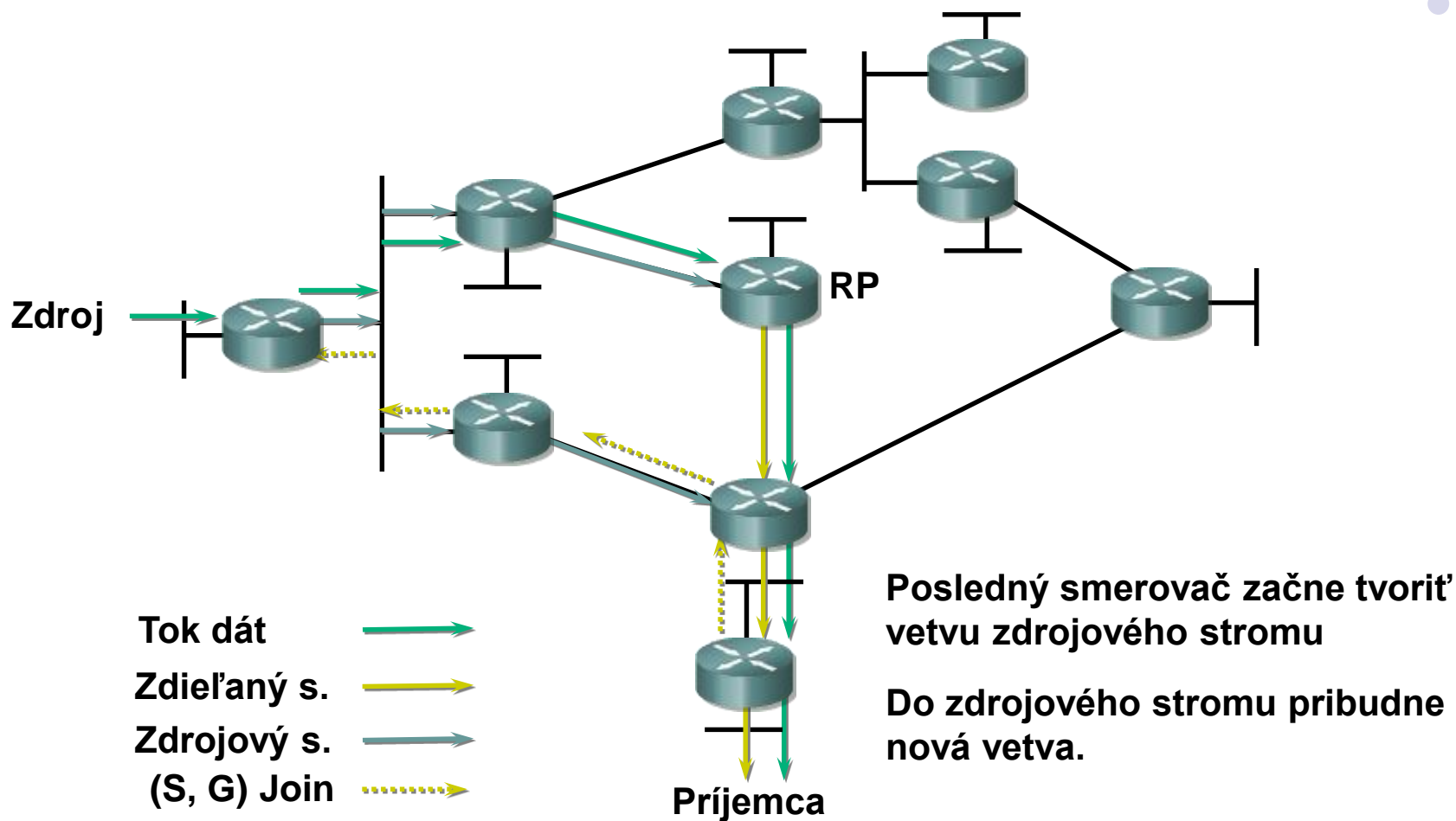
PIM-SM: Ukončenie registračného procesu zdroja



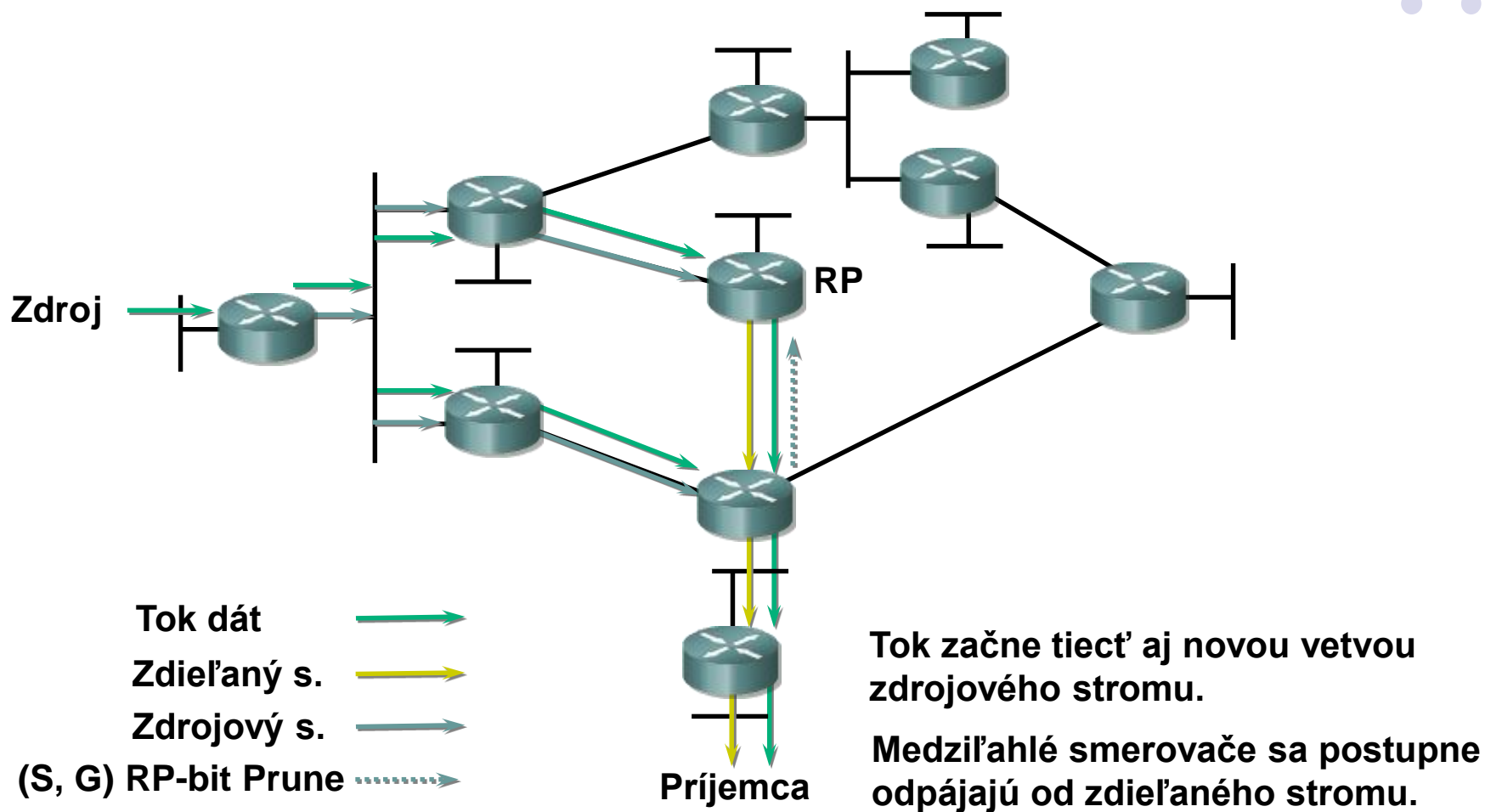
PIM-SM: Tok dát cez RP smerovač



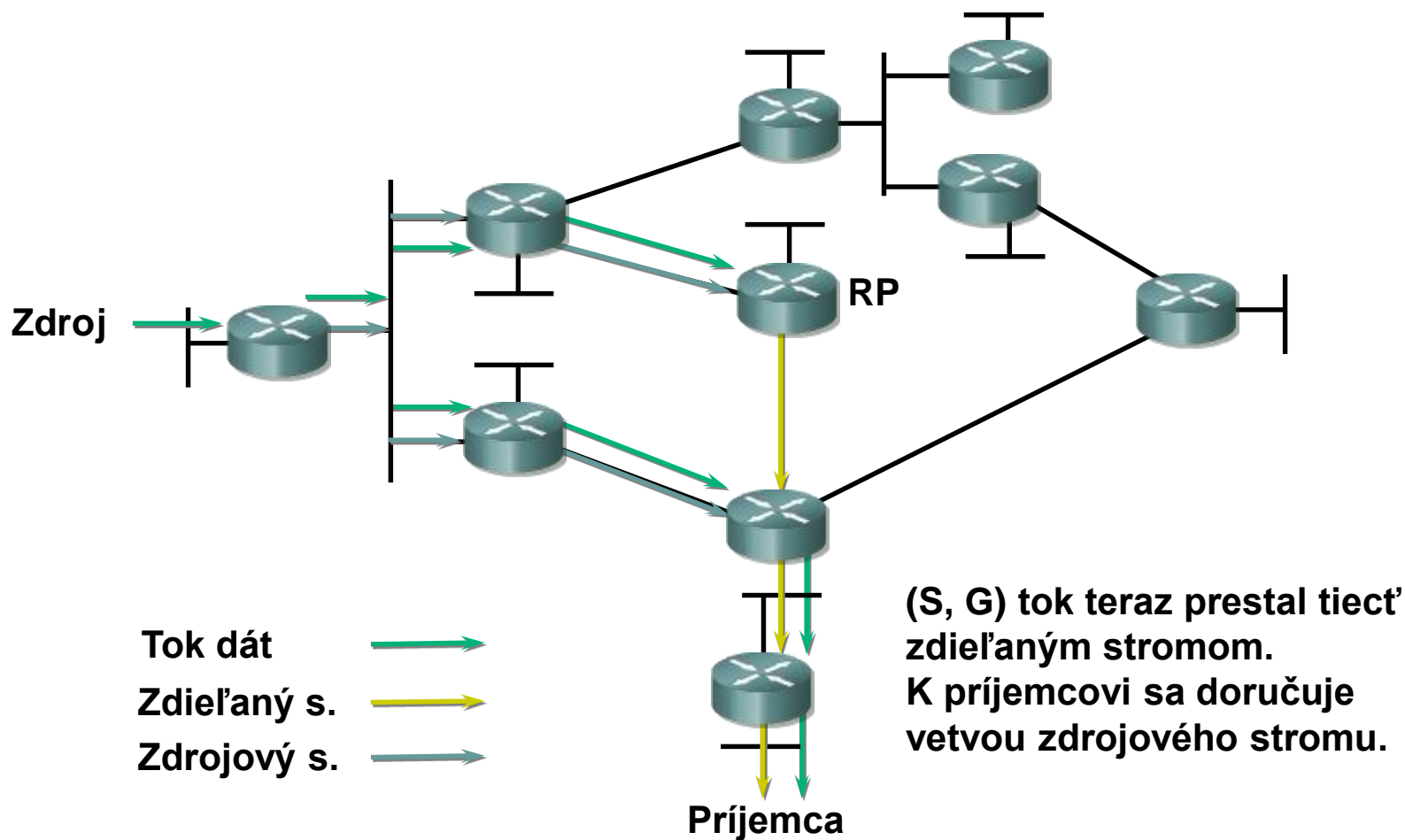
PIM-SM: Prechod na zdrojový strom (switchover)



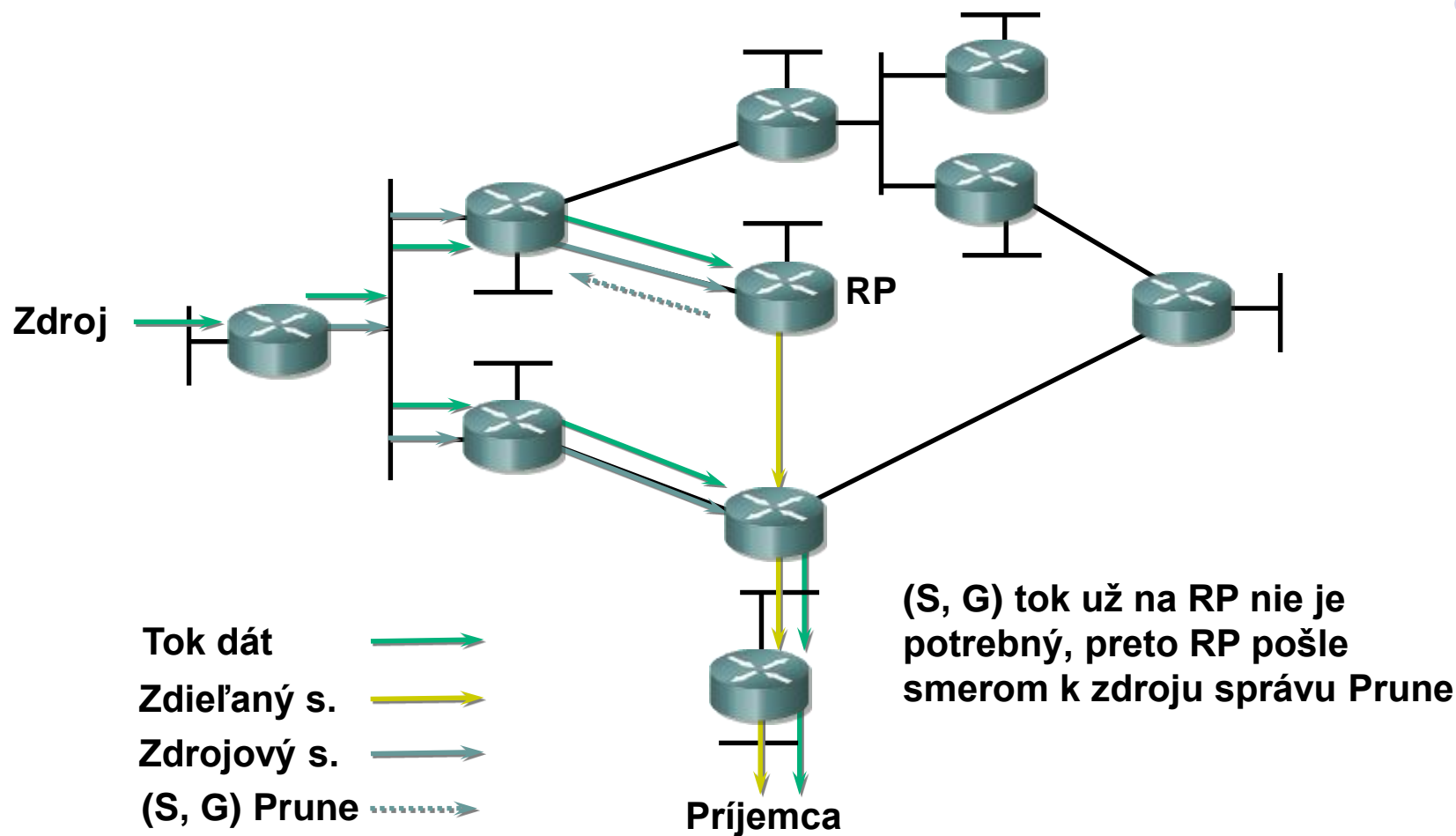
PIM-SM: Prechod na zdrojový strom (switchover)



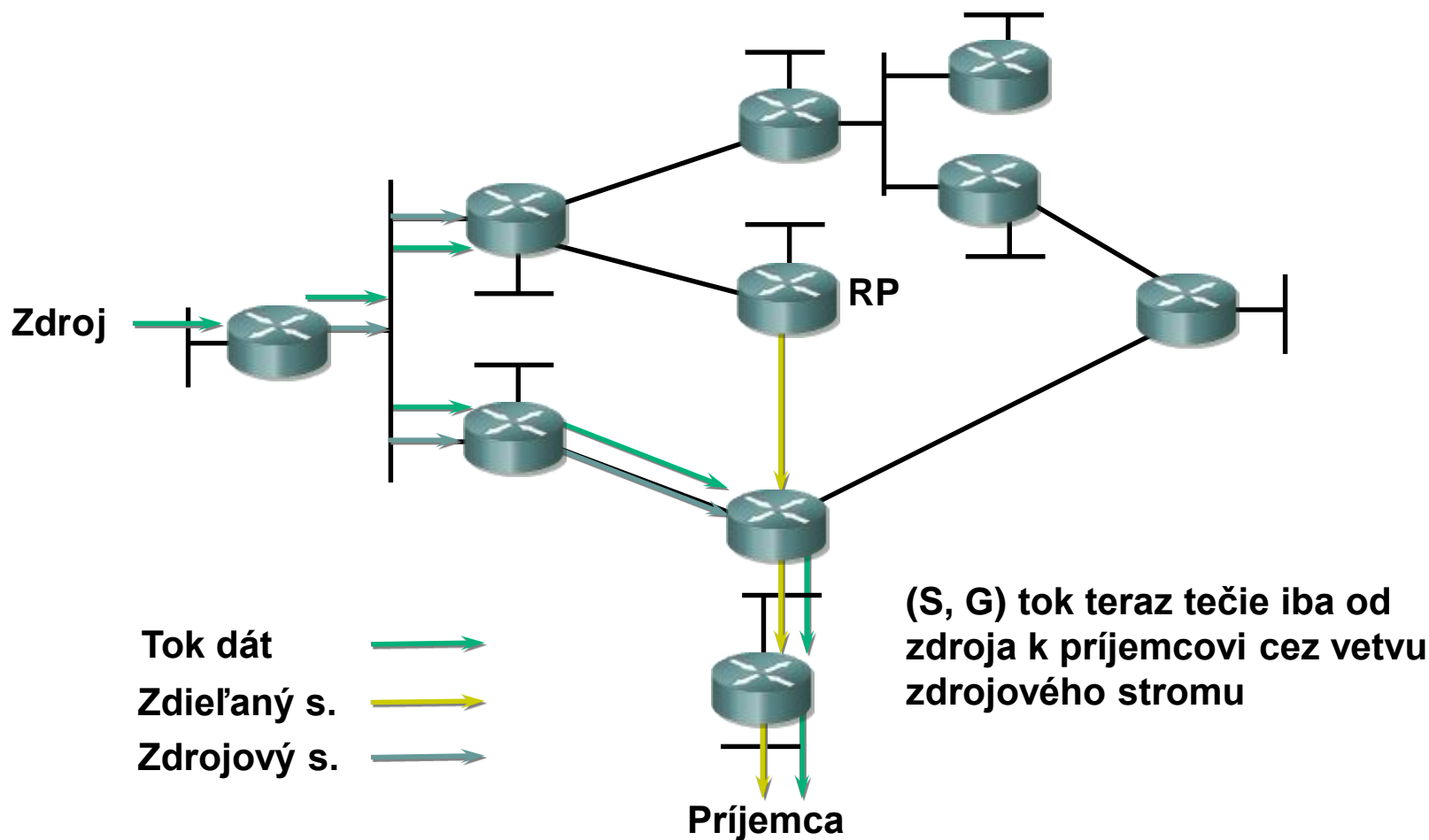
PIM-SM: Prechod na zdrojový strom (switchover)



PIM-SM: Prechod na zdrojový strom



PIM-SM: Prechod na zdrojový strom





PIM-SM: smerovacia tabuľka

```
R2#sh ip mroute 239.0.0.1
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C -
Connected,
    L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
    T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
    X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
    U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
    Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
    Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group,
    V - RD & Vector, v - Vector
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.0.0.1), 00:09:36/stopped, RP 192.168.1.4, flags: SJC
    Incoming interface: Serial0/3/0, RPF nbr 24.0.0.4
    Outgoing interface list:
FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:04:14/00:02:51

(1.0.0.2, 239.0.0.1), 00:03:42/00:02:54, flags: JT
    Incoming interface: Serial0/0/1, RPF nbr 12.0.0.1
    Outgoing interface list:
FastEthernet0/0, Forward/Sparse, 00:03:42/00:02:51
```

IIF

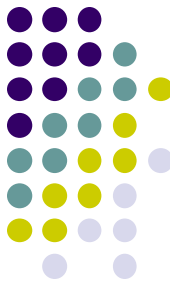
OIL



cisco

KONFIGURÁCIA

Aktivácia smerovania multicastov



Router(config) #

```
ip multicast-routing
```

- Aktivuje smerovanie multicastov
- Príkaz je potrebné zadať na každom smerovači, implicitne je smerovanie multicastov vypnuté



Aktivovanie PIM na rozhraní

Router (config-if) #

```
ip pim { sparse-mode | dense-mode | sparse-dense-mode }
```

- Aktivuje PIM na rozhraní a zvolí formu
 - Príkaz je potrebné použiť na všetkých rozhraniach, ktoré majú prenášať multicastový tok
 - sparse-dense dovoľuje kombináciu SM a DM; DM bude použité, ak pre danú skupinu nie je známy RP
- Aktivácia PIM na rozhraní zároveň aktivuje aj podporu IGMP na ňom

Statická konfigurácia RP (voliteľné pre PIM-SP)

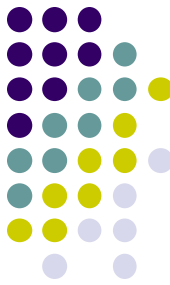


Router (config) #

```
ip pim rp-address IP_ADDRESS
```

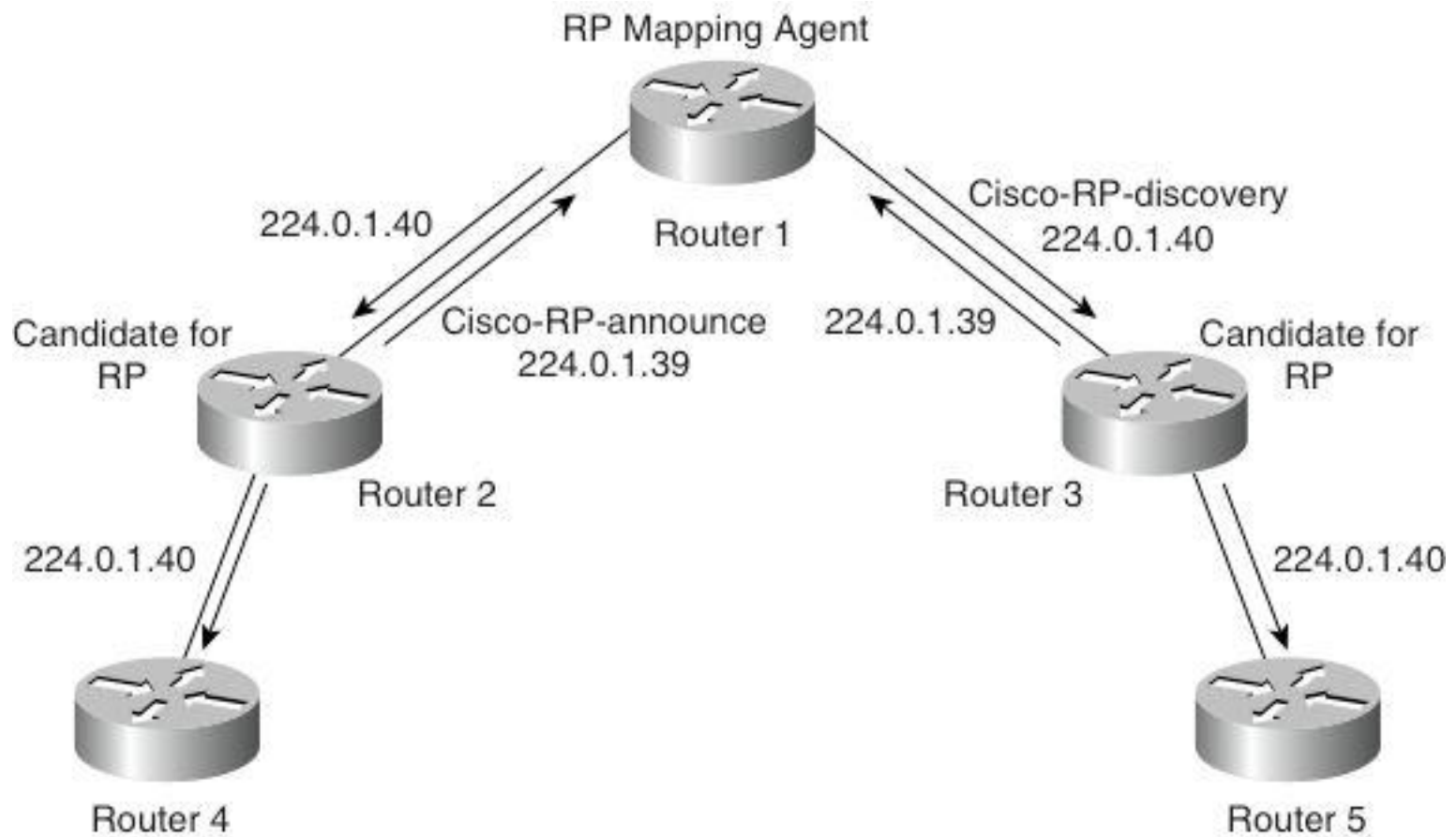
- Pri statickej konfigurácii RP je potrebné na každom smerovači vrátane RP zadať tento príkaz
 - Smerovač, ktorý má byť RP, sa vlastne odkáže sám na seba
 - Ostatné smerovače sa odkážu na RP
 - Veľmi vhodné je používať adresu loopbacku

Auto-RP



- Auto-RP
 - Cisco *proprietárny* spôsob automatického objavenia a voľby RP pre dané mcast skupiny
- Auto-RP má dva komponenty
 - **Kandidáti na RP** (RP Candidate)
 - Smerovače konfigurované príkazom **ip pim send-rp-announce**
 - Ohlasujú svoju ochotu byť RP pre zvolenú multicastovú skupinu
 - Kandidáti dávajú o sebe vedieť v skupine 224.0.1.39
 - **Mapovací agenti** (Mapping Agents)
 - Smerovače konfigurované príkazom **ip pim send-rp-discovery**
 - Ich úlohou je rozhodnúť, ktorí kandidáti sa stanú skutočnými RP
 - Rozhodnutie, kto bude RP pre zvolenú skupinu, rozposielajú na adresu 224.0.1.40
 - Každých 60 sekúnd
 - Ostatné L3 smerovače a zariadenia sa o group-to-RP mapovaní dozvedia pripojením do skupiny 224.0.1.40

Auto-RP



Automatické ohlásenie RP a zoznamu obsluhovaných mcast skupín (voliteľné)



Router(config) #

```
ip pim send-rp-announce {interface} scope {ttl} [ group-list acl ]
```

- Nakonfiguruje smerovač ako RP pre skupiny povolené uvedeným ACL
 - Informácia o RP sa šíri do hĺbky siete uvedenej parametrom `ttl`
 - Auto-RP announcement správy sa posielajú na IP 224.0.1.39 (skupina CISCO-RP-ANNOUNCE),
 - na tejto adrese načúvajú tzv. RP mapping agent smerovače
- Nasledujúci príklad ohlási smerovač s jeho IP adresou z rozhrania Lo0 ako RP pre mcast skupiny „*administratively scoped*“:

Router(config) #

```
access-list 1 permit 239.0.0.0 0.255.255.255
```

```
ip pim send-rp-announce Loopback0 scope 16 group-list 1
```



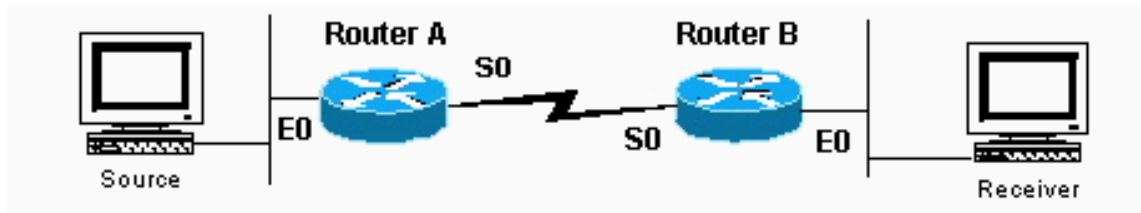
RP Mapping Agent (voliteľné)

Router (config) #

```
ip pim send-rp-discovery {interface type} scope {ttl}
```

- RP mapping agent je smerovač, ktorý zbiera oznámenia od potenciálnych RP posielačných na IP 224.0.1.39 a ostatným smerovačom rozpošle zoznam RP pre každú skupinu
 - Auto-RP discovery správy sa posielajú na IP 224.0.1.40 (CISCO-RP-DISCOVERY), na ktorej počúvajú všetky ostatné PIM smerovače

Príklad konfigurácie



```
! Smerovac A - RP aj map agent

ip multicast-routing
ip pim send-rp-announce loopback0
    scope 16
ip pim send-rp-discovery scope 16

interface loopback0
ip address <address> <mask>
ip pim sparse-dense-mode

interface ethernet0
ip address <address> <mask>
ip pim sparse-dense-mode

interface serial0
ip address <address> <mask>
ip pim sparse-dense-mode
```

```
!smerovac B

ip multicast-routing

interface ethernet0
ip address <address> <mask>
ip pim sparse-dense-mode

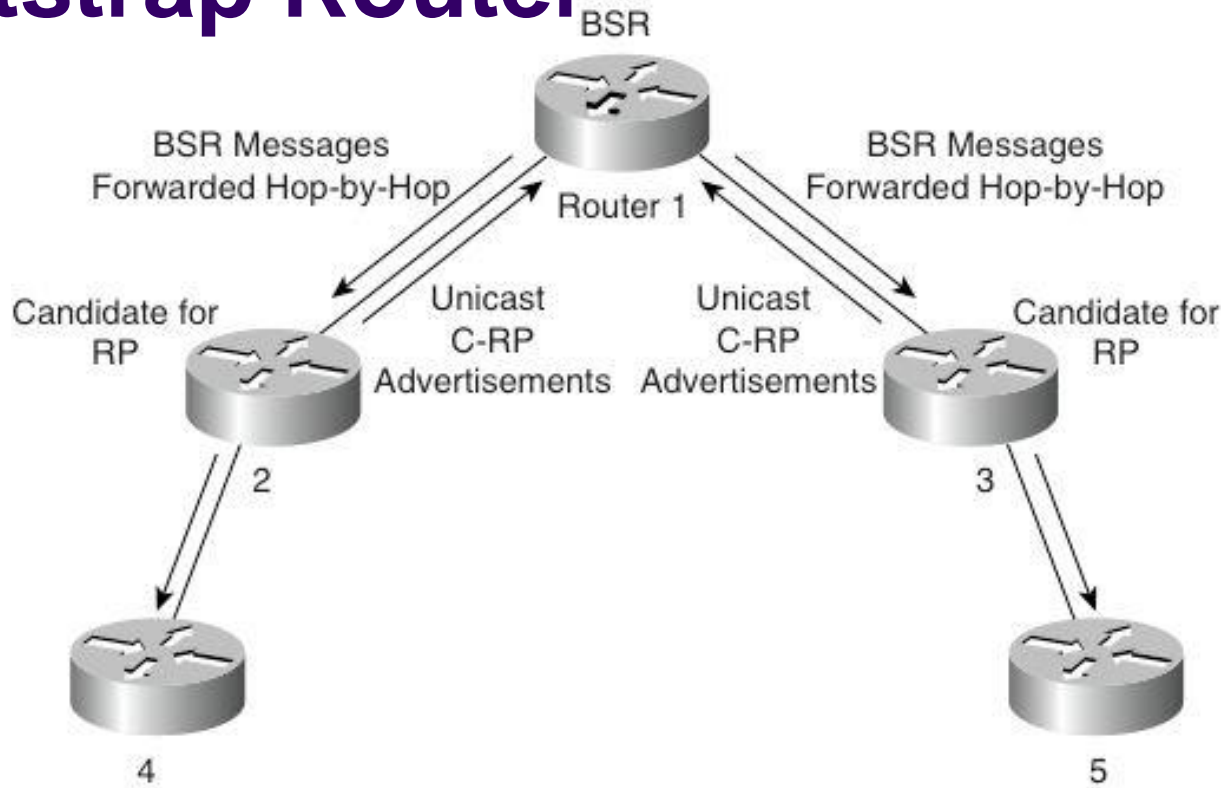
interface serial0
ip address <address> <mask>
ip pim sparse-dense-mode
```



Auto-RP a obmedzenia

- Auto-RP je Cisco proprietárny mechanizmus na automatickú distribúciu RP
 - Nespolupracuje so zariadeniami iných výrobcov
 - Pre správnu činnosť je potrebné, aby rozhrania boli v režime sparse-dense-mode
- Od verzie PIMv2 existuje otvorený variant Auto-RP, ktorý sa nazýva BootStrap Router (BSR) a konfiguruje sa podobne
 - Namiesto `ip pim send-rp-announce`:
`ip pim rp-candidate`
 - Namiesto `ip pim send-rp-discovery`:
`ip pim bsr-candidate`

Bootstrap Router



- 224.0.0.13





Overenie činnosti

- **Document ID: 13726:** Basic Multicast Troubleshooting Tools

- Power Tools

mstat

mrinfo

mtrace

ping

- show Commands

show ip igmp groups

show ip igmp interface

show ip pim neighbor

show ip pim interface

show ip mroute summary

show ip mroute

show ip mroute active

show ip rpf

show ip mcache

show ip mroute count

show ip route

show ip pim rp mapping

- debug Commands

debug ip igmp

debug ip mpacket

debug ip mrouting

debug ip pim



Prečten „úvod“ do mcastu

- Intradomain multicast protokoly:
 - Internet Group Management Protocol (IGMP)
 - Cisco Group Management Protocol (CGMP)
 - Protocol Independent Multicast (PIM)
 - Pragmatic General Multicast (PGM).
- Interdomain protokoly
 - Multiprotocol Border Gateway Protocol (MBGP)
 - Multicast Source Directory Protocol (MSDP)
 - Source Specific Multicast (SSM).
- Iné témy
 - Mcast security, Mcast VPN a pod.

Ďakujem za pozornosť!



- **IP multicast: Technology introduction:**
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk828/tk363/tsd_technology_support_sub-protocol_home.html
- **Internet Protocol IP Multicast Technology:**
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk828/tech_brief09186a00800a4415.html
- **Document ID: 9356:** Multicast Quick-Start Configuration Guide
- **Document ID: 10559:** Multicast in a Campus Network: CGMP and IGMP Snooping
- **IP Multicast Configuration Guide Library, Cisco IOS Release 12.4T:**
http://www.cisco.com/en/US/docs/ios-xml/ios/ipmulti/config_library/12-4t/imc-12-4t-library.html
- **IP Multicast Presentations:**
http://www.cisco.com/en/US/products/ps6552/prod_presentation_list.html