

A modern building with a distinctive orange and silver facade, featuring large rectangular panels and a curved section. The building is set against a clear blue sky.

Hálózati Technológiák és Alkalmazások

Vida Rolland, BME TMIT

2022. november 14.



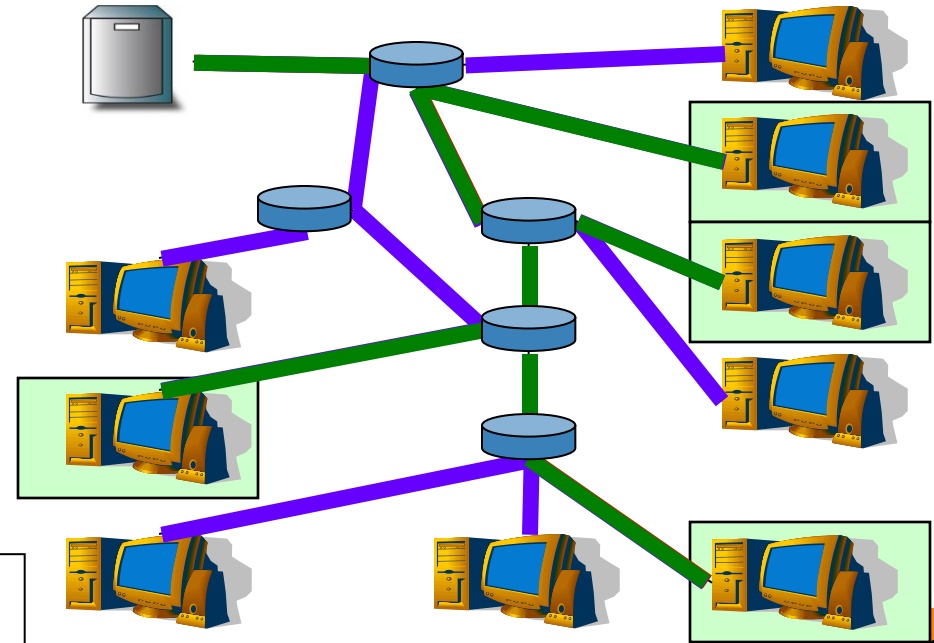
Csoportos kommunikáció

- Cél: egy egyedi célállomás helyett egy célállomás halmazzal (csoporttal) kommunikálni
 - „természetes” általánosítása a pont-pont kommunikációnak (unicast)
- **Multicast** = többesadás



Mi is a multicast?

- **Unicast**
 - Pont - pont
 - Célcím: egyedi vevő címe
- **Broadcast**
 - Pont - mindenki (csomagszórás)
 - Célcím: a hálózat címe
- **Multicast**
 - (Több)pont - többpont
 - Célcím: a csoport címe



Unicast csomagküldés	
Broadcast csomagküldés	
Multicast csomagküldés	

Csoportos kommunikáció

- A csomagokat egy csoport minden tagjához el kell juttatni, nem csak egy célállomáshoz
 - A csoport felépítése (tagsága) dinamikus lehet
- Működési alapelv: miután egy csoport létrejön
 - Érdeklődő vevők (receiver) csatlakoznak a csoporthoz
 - A hálózat foglalkozik a csoport karbantartásával és a csomagok továbbításával

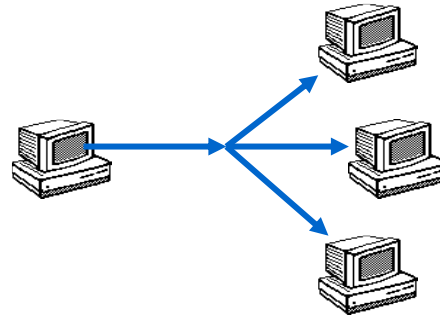


Multicast alkalmazások

- Számos alkalmazás nem pont-pont alapú

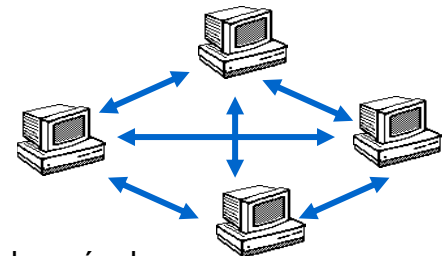
- Pont-többpont

- Távoktatás
 - Cache update
 - Video on demand



- Többpont-többpont

- Videokonferencia, Audiokonferencia, Chat,
 - Elosztott hálózati játékok
 - Kooperatív alkalmazások



Követelmények

- Nincs olyan megoldás, mely minden környezetben ideális lenne
- A követelmények nagyban változnak
 - az alkalmazás igényeitől függően
 - a csoport méretétől függően
 - a hálózati szolgáltatásoktól függően
 - a résztvevők heterogeneitásától függően



Részvételi feltételek

- Csoporttagság ellenőrzés
 - Nyitott csoport: bárki lehet tag
 - Zárt csoport: tagsági korlátozások
- Forrásellenőrzés
 - Bárki küldhet csomagot a csoportnak
 - Csak egy csoporttag küldhet csomagokat
 - Csak egy kijelölt forrás küldhet csomagokat



Adatátviteli feltételek

■ Pont-pont kommunikáció

- megbízható vagy best-effort (garanciák nélkül)
- A cél ellenőrzi a kapott csomagot: vagy OK, vagy nem

■ Pont-multipont kommunikáció

- minden vevő másként értékelheti a szolgáltatást

■ Különböző megbízhatósági szintek

- 0-megbízhatóság: egyetlen vevőnek sem garantált a megbízható átvitel
- 1-megbízhatóság: legalább egy vevőnek garantált
- k-megbízhatóság: legalább k vevőnek garantált
- totális megbízhatóság: minden vevőnek garantált a megbízható szolgáltatás



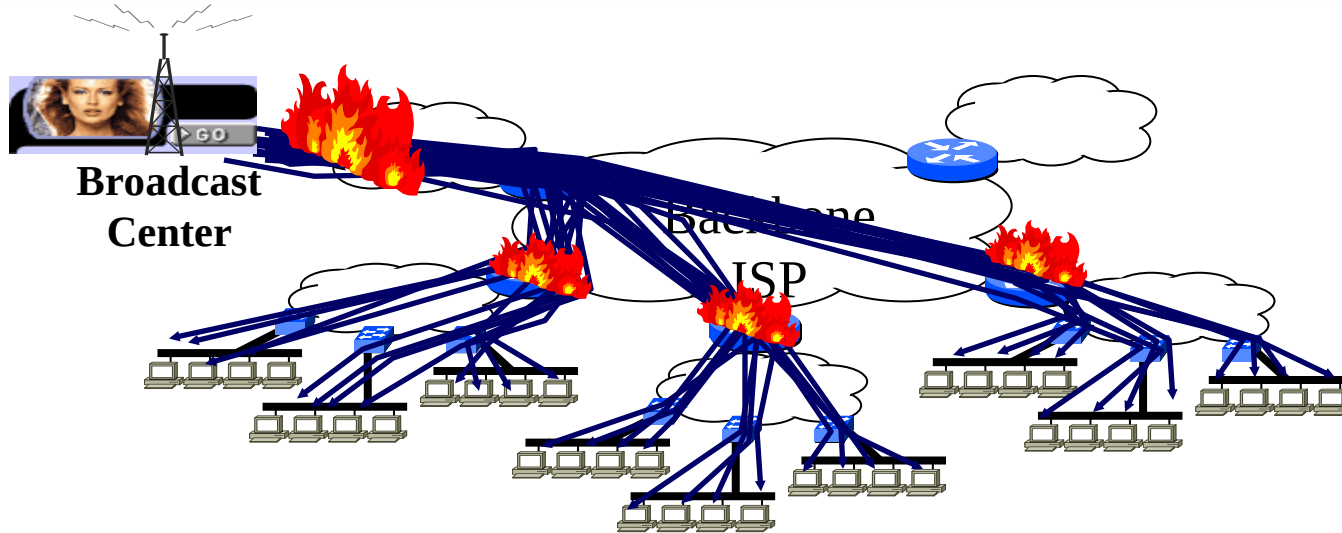
Multicast különböző rétegekben

- A multicast (többesadás) szolgáltatást különböző rétegekben lehet implementálni
 - Adatkapcsolási réteg (data link layer)
 - pl. Ethernet multicast
 - Hálózati réteg (network layer)
 - pl. IP multicast, Xcast
 - Alkalmazási réteg (application layer)
 - pl. Narada, TBCP
- Melyik megoldás a jobb?
 - Attól függ, nincs általános megoldás

Hálózati rétegű multicast

- A cél a hálózati erőforrások optimális kihasználása
 - **Egy csomag egy link-en csak egyszer megy át**
- A router-ek egy multicast fát tartanak fenn
 - A multicast fa mentén történik az adatátvitel
 - A router-ek duplikálják a csomagokat ha szükséges
 - Elágazási pontok a fán

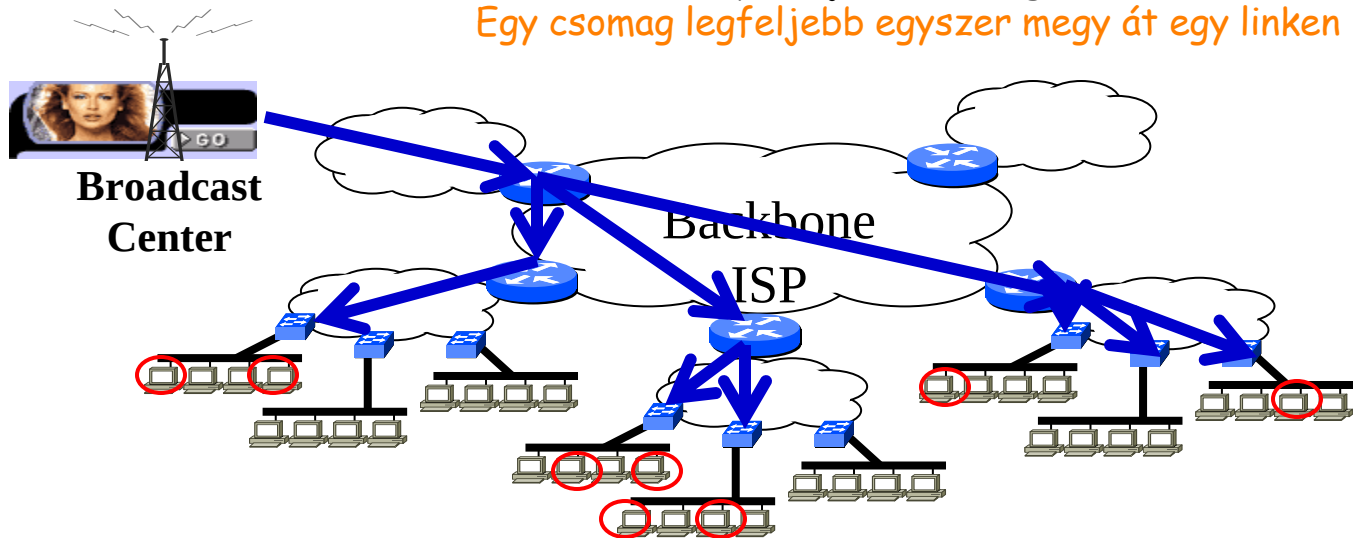
A csoportos unicast nem skálázható



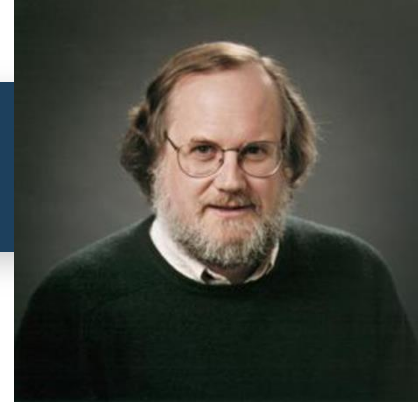
Helyette építsünk fákat

A router-ek duplikálják a csomagokat

Egy csomag legfeljebb egyszer megy át egy linken



IP Multicast



- Steve Deering PhD disszertációja (1990)
 - **Any Source Multicast (ASM)**
- Nyitott csoportkommunikációs modell
 - Bárki csatlakozhat egy csoporthoz, bármilyen engedélyezés nélkül
 - Egy felhasználó több csoportnak is tagja lehet egyszerre
 - Bárki küldhet adatokat a csoportnak, ha nem is tagja annak
 - A csoport tagsága dinamikus
 - Senki nem ismeri a csoport méretét, vagy a tagok kilétét

IP Multicast

- S. Deering, "Host Extensions for IP Multicasting", RFC 1112, 1989.
- A forrás csomagjait egy virtuális csoportcímre küldi
- Bárki aki csatlakozik a csoporthoz
 - „elérhető” ezen a címen
 - Megkapja az ezen címre küldött csomagokat
- Egy multicast csoportot egy **class D** IP cím azonosít
 - 224.0.0.0 – 239.255.255.255
 - 1110 + 28 bites csoport azonosító

Bits:	1	8	9	16	17	24	25	32		
Class A	0NNNNNNNN							Host	Host	Host
Range (1-126)										
Bits:	1	8	9	16	17	24	25	32		
Class B	10NNNNNNN							Network	Host	Host
Range (128-191)										
Bits:	1	8	9	16	17	24	25	32		
Class C	110NNNNNN							Network	Network	Host
Range (192-223)										
Bits:	1	8	9	16	17	24	25	32		
Class D	1110MMMM							Multicast Group	Multicast Group	Multicast Group
Range (224-239)										

Multicast Scoping

- Egy IP multicast csoport hatóköre szabályozva van:
 - TTL alapú szabályozás
 - Adminisztrációs szabályozás
- TTL alapú szabályozás
 - Node-local 0
 - Link-local 1
 - Site-local < 32
 - Region-local < 64
 - Continent-local < 128
 - Global Scope < 255

Multicast Scoping

- Adminisztrációs szabályozás
 - link-local scope 224.0.0.0 - 224.0.0.255
 - Egy router sohasem küldi tovább
 - global scope 224.0.1.0 - 238.255.255.255
 - A teljes Interneten érvényes
 - administrative scope 239.0.0.0 - 239.255.255.255
 - Nem küldik egy szervezet Intranet-jén kívülre

IP Multicast adatátvitel

- A csatlakozás egy multicast csoporthoz két lépésben történik
 - **A helyi hálózaton (LAN)**
 - Egy felhasználó értesíti a helyi multicast router-ét hogy szeretne csatlakozni egy csoporthoz
 - IGMP (IPv4), MLD (IPv6)
 - **A nagy kiterjedésű hálózaton (WAN)**
 - A helyi router közreműködik a hálózat többi multicast router-ével a multicast fa kiépítésében és a csomagok továbbításában
 - DVMRP, MOSPF, CBT, PIM-DM, PIM-SM, PIM-SSM

IGMP

- **Internet Group Management Protocol**
- IPv4 protokoll, a végső felhasználók és a helyi multicast router-ek között a helyi hálózaton
 - A multicast csoportokban való tagságot kezeli
 - Aszimmetrikus protokoll
 - Felhasználói rész
 - Router rész
- A router megtanulja hogy milyen csoportokat hallgatnak a saját helyi hálózatán
 - Nem érdekli hányan hallgatják, a fontos hogy legyen legalább egy valaki
 - Nem érdekli ki hallgatja

IGMPv1

- S. Deering, "Host Extensions for IP Multicasting", RFC 1112, 1989.
- A multicast router rendszeres **Query** üzeneteket küld az összes felhasználó közös multicast címére (224.0.0.1)
- A felhasználók **Report** üzenettel válaszolnak, melyben beszámolnak az általuk hallgatott csoportokról
 - A Report-ot a hallgatott csoportok multicast címeire küldik
- A Report csomagok számának csökkentése érdekében:
 - Időzítők (timer) használata
 - Egy felhasználó nem válaszol azonnal
 - Host Suppression
 - Ha valaki más már válaszolt, törli a saját Report üzenetét
- **Unsolicited Report**
 - Ha egy felhasználó egy új csoportot akar hallgatni

IGMPv1 Router

- Egy IGMPv1 router fenntart egy multicast tagsági táblát
 - Milyen multicast csoportokat hallgatnak a hálózaton
 - Mikor volt az utolsó Report egy csoporttal kapcsolatban
- **Soft-state protokoll**
 - Ha egy adott időn belül nem erősíti meg senki egy csoport iránti érdeklődését, a csoportot törli a táblájából
- Csak azokat a multicast csomagokat küldi tovább a helyi hálózatra, melyeket egy a táblájában szereplő multicast címre küldtek

IGMPv2

- W. Fenner, "Internet Group Management Protocol, Version 2", RFC 2236, November 1997.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2236.txt>
- IPv6-os változata: MLD (Multicast Listener Discovery)
 - S. Deering, W. Fenner, B. Haberman, "Multicast Listener Discovery (MLD) for IPv6", RFC 2710, November 1999.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2710.txt>
- Bevezet egy gyors kilépési mechanizmust (**Fast Leave**)
 - Nem kell várni az időzítők lejáráásáig ahhoz, hogy a router „levágjon” egy csoportot

IGMPv2 üzenetek

- Membership Query
 - General Query vagy Group Specific Query
- Membership Report
- **Leave Group Message**
- Ha egy felhasználó ki akar lépni egy csoportból, küld egy Leave üzenetet az összes multicast router közös multicast címére (224.0.0.2)
- Mielőtt a router levágja a csoportot, megkérdezi, van-e valaki más aki hallgatja a csoportot
 - Group Specific Query
 - Ha egy adott időn belül nem érkezik válasz, a router törli a csoportot
- **IGMPv3** – később...

Multicast Routing

- A forrás egy multicast csoportcímre küldi csomagjait
- A hálózat multicast routerei kialakítanak és karbantartanak egy multicast fát
 - Az adatátvitel ezen fa mentén történik
- A helyi multicast router, az IGMP tagsági táblája alapján csatlakozik a fához, vagy elhagyja azt
- A hálózat multicast router-ei között egy útválasztó protokoll működik
 - MOSPF, DVMRP, CBT, PIM

MOSPF

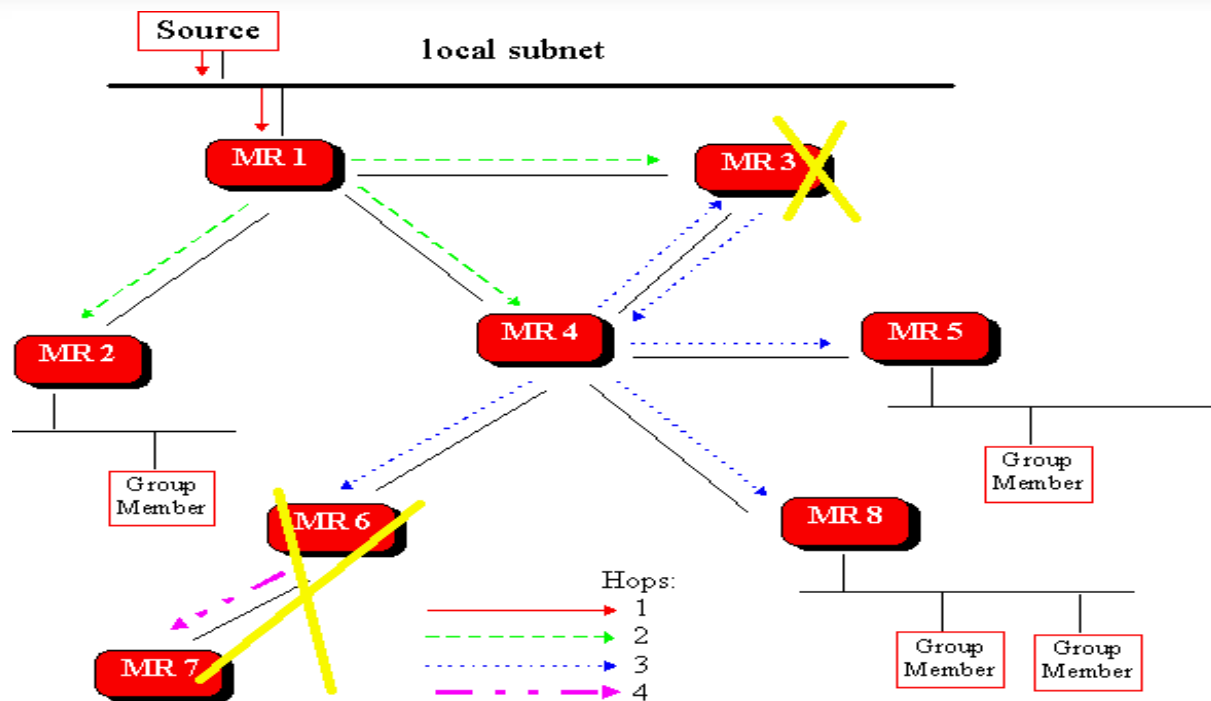
- **Multicast Open Shortest Path First**
 - J. Moy, „Multicast Extensions to OSPF”, RFC 1584, March 1994
<http://www.ietf.org/rfc/rfc1584.txt>
- Kapcsolatállapot (Link State) protokoll
- Az OSPF unicast útválasztó protokollt bővíti ki
 - Multicast csoportinformációt is küldenek a routerek egymásnak
 - Minden MOSPF router megtudja hogy melyik helyi hálózaton melyik csoportot hallgatják
 - Az információ alapján forrásonként és csoportonként egy legrövidebb útvonalú fát (shortest path tree) építenek fel
- Nagy a jelzés többletterhelés
- Nehezen alkalmazkodik a topológia változásokhoz
 - Újra kell számolni a fákat

DVMRP

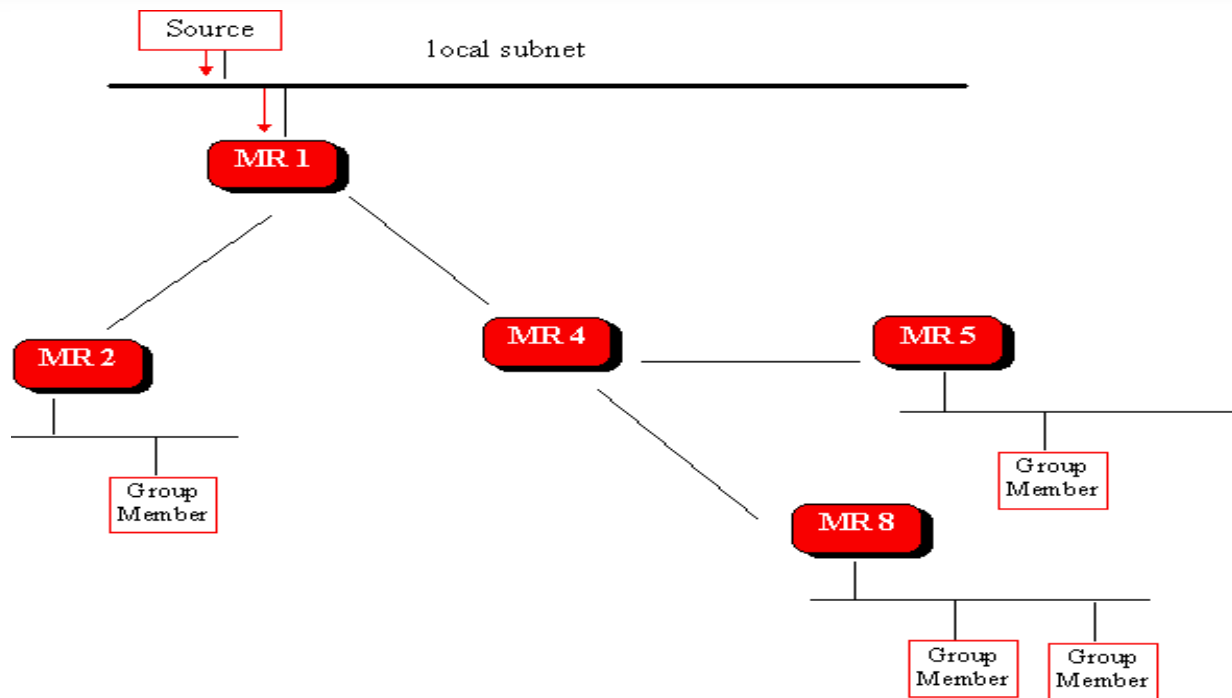
- **Distance Vector Multicast Routing Protocol**
 - D. Waitzman, C. Partridge, S. Deering, "Distance Vector Multicast Routing Protocol", RFC 1075, November 1988
<http://www.ietf.org/rfc/rfc1075.txt>
- Távolság-vektor (distance vector) alapú protokoll
 - A RIP unicast útválasztó protokollt használja

- Elárasztás és metszés (flood and prune)
 - Elárasztás
 - Ellenőrzi a csomag bejövő interfészét
 - Ha nem a legrövidebb út a forrás felé, eldobja a csomagot
 - [A RIP unicast routing tábla alapján](#)
 - Ha igen, továbbküldi a csomagot az összes többi interfészen
 - Metszés
 - Ha nincs érdekelt felhasználó egy helyi hálózaton
 - Ha nem a legrövidebb úton jött a csomag
 - Egy közbeeső router megjegyzi azokat az interfészeit, ahol Prune érkezett
 - Azokra az interfészekre nem küldi ki a további csomagokat
 - A Prune bejegyzések percenként elavulnak

DVMRP elárasztás



DVMRP metszés



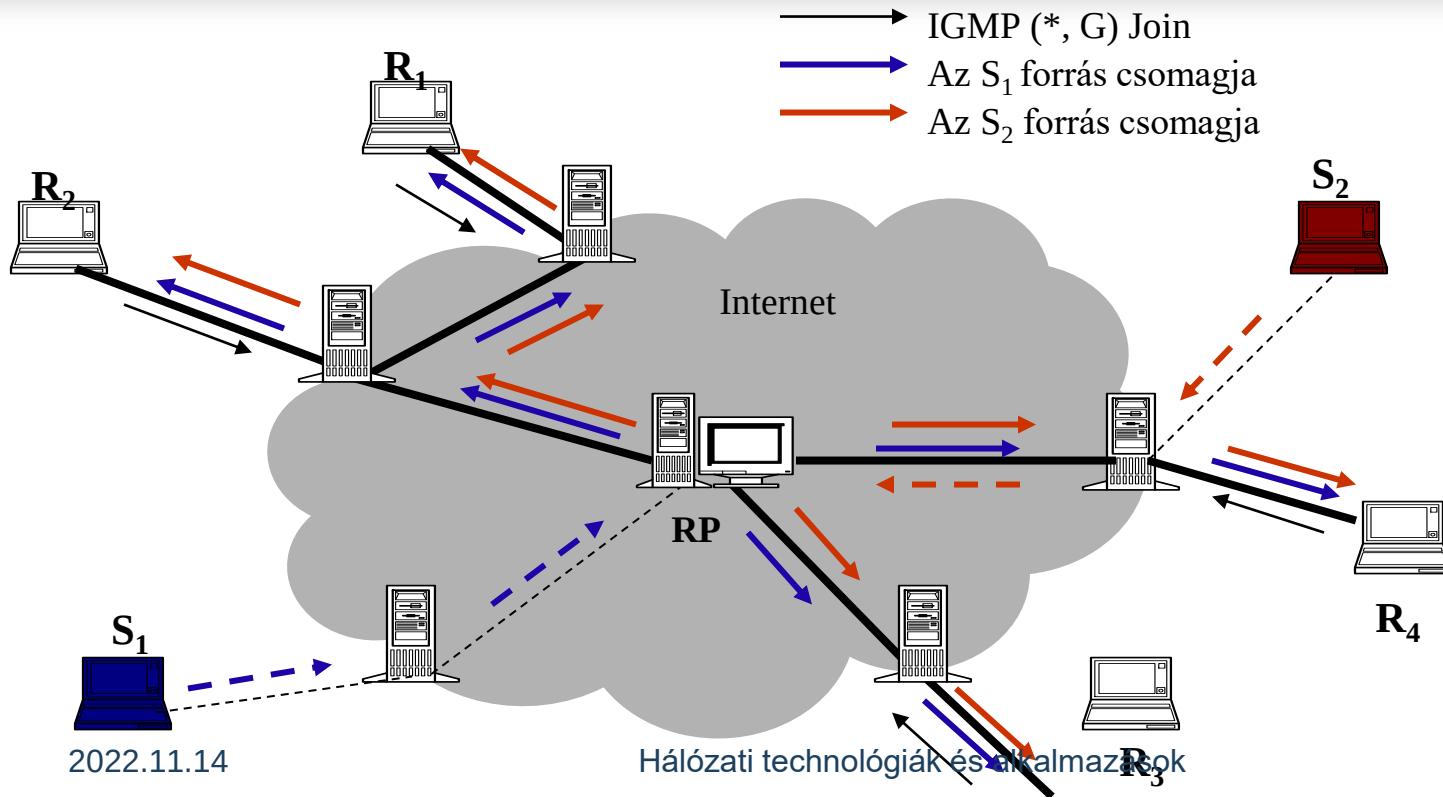
PIM

- **Protocol Independent Multicast**
 - PIM Dense Mode (PIM-DM)
 - PIM Sparse Mode (PIM-SM)
- PIM-SM
 - W. Fenner et al., „Protocol Independent Multicast - Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification (Revised)”, RFC 4601, August 2006
 - Az egyik legelterjedtebb multicast útválasztó protokoll

PIM-SM

- Egy közös multicast fát használ (**shared tree**)
- Kiválaszt egy „randevú” pontot (RP)
 - Az RP a közös fa gyökere
 - Minden forrás az RP-hez küldi csomagjait
 - Az RP továbbküldi azokat a közös fán
 - Ha nagy forgalom, Source Register üzenettel bejelentkezik a forrás az RP-nél
 - az RP feliratkozik a forrás saját fájára
 - Bizonyos számú csomag után áttérés a közös fáról a forrás fájára
 - Nagy forgalmú forrásoknál az RP-nek csak közvetítő szerepe van, megismerteti a forrást a vevőkkel
 - Ha minden érdeklődő vevő már a forrás fáján van, az RP lecsatlakozik

PIM-SM csomagküldés



2022.11.14

Hálózati technológiák és alkalmazások

Az ASM modell hátrányai

- Az ASM modell elterjedését több gazdasági és technikai tényező gátolta
- **Bonyolult címkiosztás**
 - Dinamikus címválasztás a forrás által
 - Komplex címallokációs megoldások az ütközések elkerülésére
 - Multicast Address Allocation Architecture (RFC 2908)
 - MADCAP – Multicast Address Dynamic Client Allocation Protocol
 - AAP – Multicast Address Allocation Protocol
 - MASC – Multicast Address Set Claim

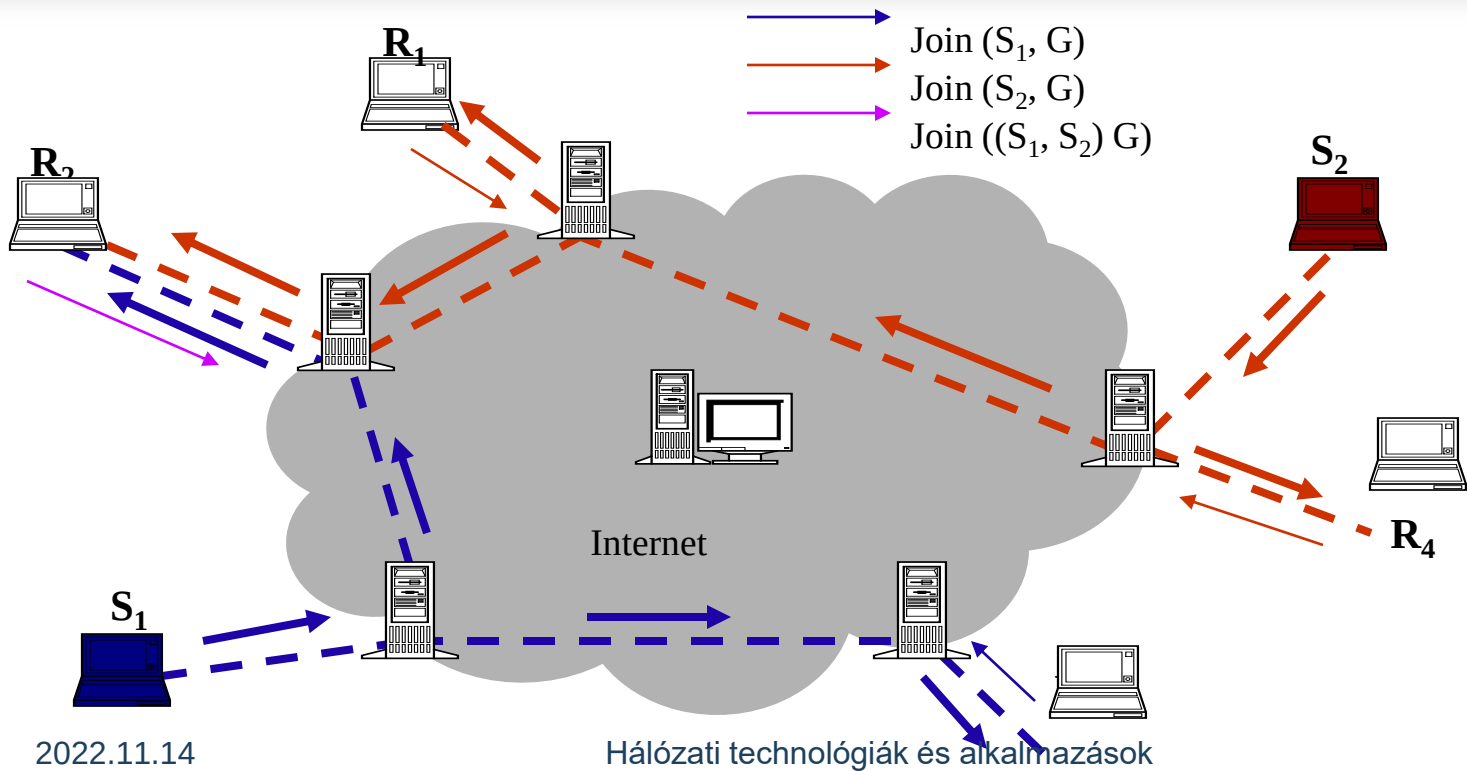
Az ASM modell hátrányai

- **Túl nyílt modell a szolgáltatók számára**
 - A források és vevők ellenőrizhetetlensége
 - Nehezen megoldható számlázás
- **Nem skálázható a tartományok közötti útválasztás**
 - PIM-SM csak egy tartományon belül
 - Egy ISP nem szereti ha forgalmát egy másik ISP-n belüli RP ellenőrzi
 - A tartományok között más protokollok
 - MSDP – Multicast Source Discovery Protocol
 - MBGP – Multicast Border Gateway Protocol

Az SSM modell

- Egy egyszerűbb modellre volt szükség
- **SSM - Source Specific Multicast**
 - Az Express modellre alapul
 - H. Holbrook, D. Cheriton, "IP Multicast Channels: Express Support for Large-Scale Single-Source Application", *ACM SIGCOMM'99*, Cambridge, MA, USA, Sept. 1999.
- A $(*,G)$ multicast csoport helyett az (S,G) multicast csatornát használja
 - S a forrás unicast címe
 - G a csoport multicast címe
 - Csak az S forrás küldhet csomagokat az (S,G) csatorna vevőihöz
 - Az adatátvitel egy forrás-specifikus fa mentén történik

SSM csomagküldés



2022.11.14

Hálózati technológiák és alkalmazások

Forrás szűrés

- Az SSM-hez szükség van forrás szűrésre
 - A felhasználó nem csak azt mondja meg a helyi router-nek, hogy melyik csoportot hallgatja, hanem hogy azon belül melyik forrást is

- IPv4 – IGMPv3
 - Brad Cain, et. al, "Internet Group Management Protocol, Version 3", RFC 3376, October 2002.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc3376.txt>

- IPv6 – MLDv2
 - Rolland Vida, Luis Costa, „Multicast Listener Discovery Version 2 (MLDv2) for IPv6", RFC 3810, June 2004.
<http://www.ietf.org/rfc/rfc3810.txt>

Üzenet típusok

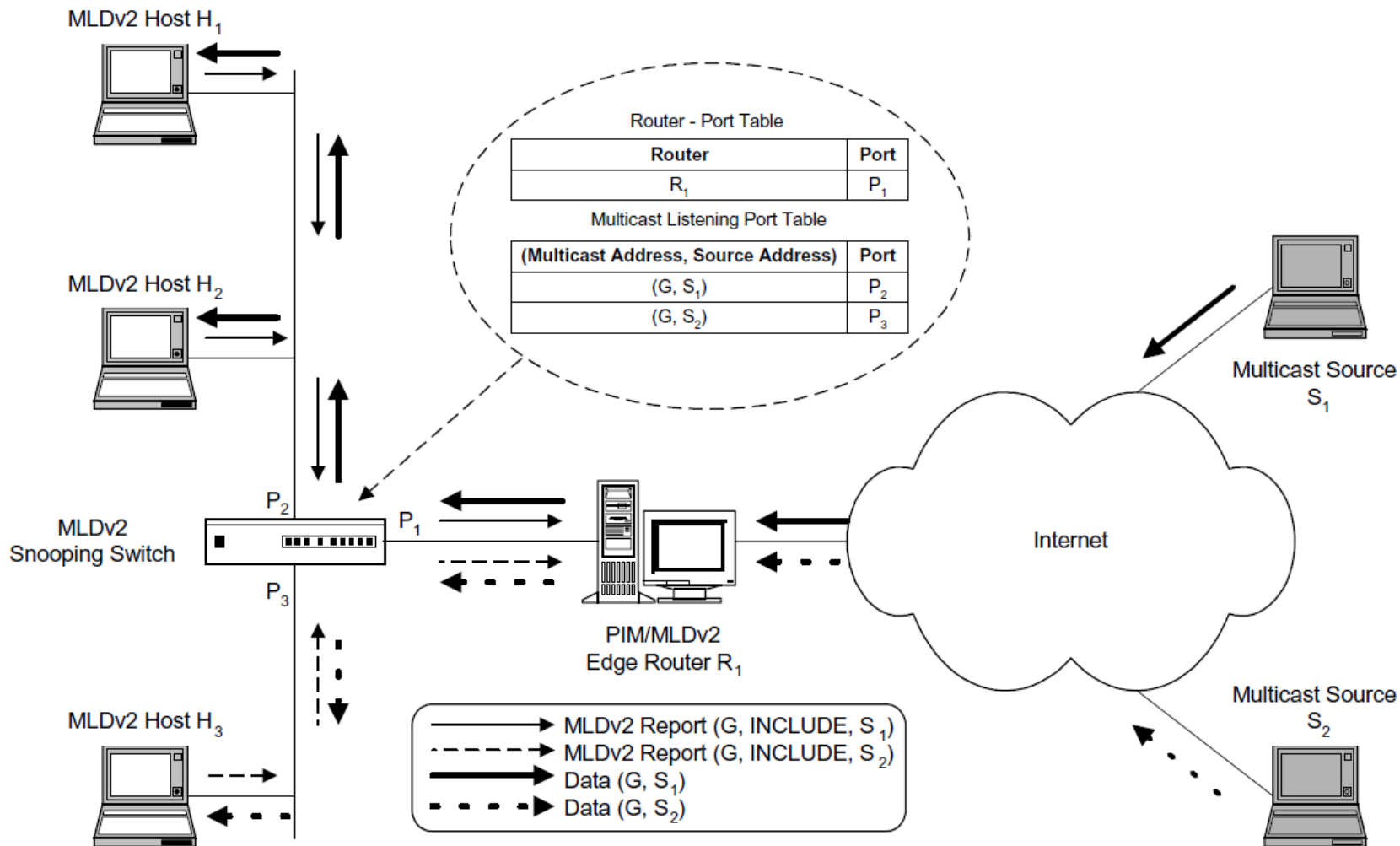
- IGMP/MLD **Query**
 - General Query
 - Ki mit hallgat?
 - Group Specific Query
 - Hallgatja-e valaki ezt a csoportot?
 - **Group and Source Specific Query**
 - Hallgatja-e valaki ezt a forrást ebben a csoportban (azaz „ezt a csatornát”)?
- IGMP/MLD **Report**
 - Current State Record
 - Mit hallgatok – pl. Include (A) vagy Exclude (B)
 - A és B forráscím halmazok
 - Source List Change Record
 - Allow (A) vagy Block (B)
 - Filter Mode Change Record
 - Szűrési mód váltása (Include vagy Exclude)

Nincs host suppression!

- Túl komplex lenne

IGMP/MLD Snooping Switch

- A helyi hálózaton nem szeretnénk minden részt elárasztani a multicast forgalommal
 - Egy snooping switch kezeli ezt
- **Control message snooping**
 - Az IGMPv3 / MLDv2 Report üzeneteket csak a routerek felé küldjük
 - Mivel nincs host suppression, nem kell a többi vevő felé is küldeni
- **Multicast data snooping**
 - Csak oda küldjük az adatot, ahol vannak érdeklődők



IP Multicast

- Több éven át folyamatosan a jövő „forradalmi technológiájának” tartották
- **Előnyök**
 - Hatékony adatátvitel
 - A legrövidebb úton (DVMRP, MOSPF, PIM-SSM)
 - Figyelembe véve a fizikai topológiát
 - Hatékony erőforráskihasználás
 - Egy csomagot egy link-en csak egyszer küld át
 - Skálázható megoldás nagyméretű csoportok kommunikációjára
 - A csoportot egy virtuális cím azonosítja
 - Senki nem tartja számon a csoporttagok számát és kilétét

IP Multicast

- Mégsem terjedt el a várt mértékben
 - Technikai és gazdasági tényezők miatt
- **Technikai hátrányok**
 - Bonyolult címezés
 - Skálázható, tartományok közötti útválasztó megoldás hiánya
 - Rossz skálázhatóság a csoportok számát illetően
 - Egy router csoportonként egy bejegyzést tárol az útválasztó táblájában
 - A multicast címek nehezen aggregálhatók
 - Magasabb szintű szolgáltatások nehézkes támogatása
 - IP multicast egy *best-effort (több)pont-többpont* adatátviteli szolgáltatás
 - A végfelhasználók felelősek a felsőbb szintű szolgáltatások kezeléséért
 - Bonyolult torlódás vezérlés és megbízható adatátvitel

IP Multicast

■ Gazdasági tényezők

- Lassú és nehézkes telepítés a hálózatban
 - Noha a router-ek ma már képesek a multicast kezelésére, az ISP-k nem mindig aktiválják a hálózatukon
 - Csak akkor működik hatékonyan, ha minden router alkalmazza, különben alagutazni kell
- „Tyúk-tojás” probléma
 - Az ISP-k nem támogatják, mert nincs elegendő multicast alkalmazás, nincs kellő kereslet
 - A szoftware cégek nem fejlesztenek multicast alkalmazásokat, mert nincs hálózati támogatás, nem lehet majd őket eladni
- Nincs megfelelő gazdasági modell mögötte
 - Az ISP számára nehezen ellenőrizhető az erőforrásfelhasználás
 - A tartalom-szolgáltató számára nehezen ellenőrizhető ki használja a szolgáltatást
 - Nincs megfelelő számlázási megoldás