



HÁLÓZATI RENDSZEREK  
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK  
TANSZÉK

# HÁLÓZATOK ALAPJAI ÉS ÜZEMELTETÉSE

Routing protokollok

2019. március 26.

**Zsóka Zoltán**

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

zsoka@hit.bme.hu



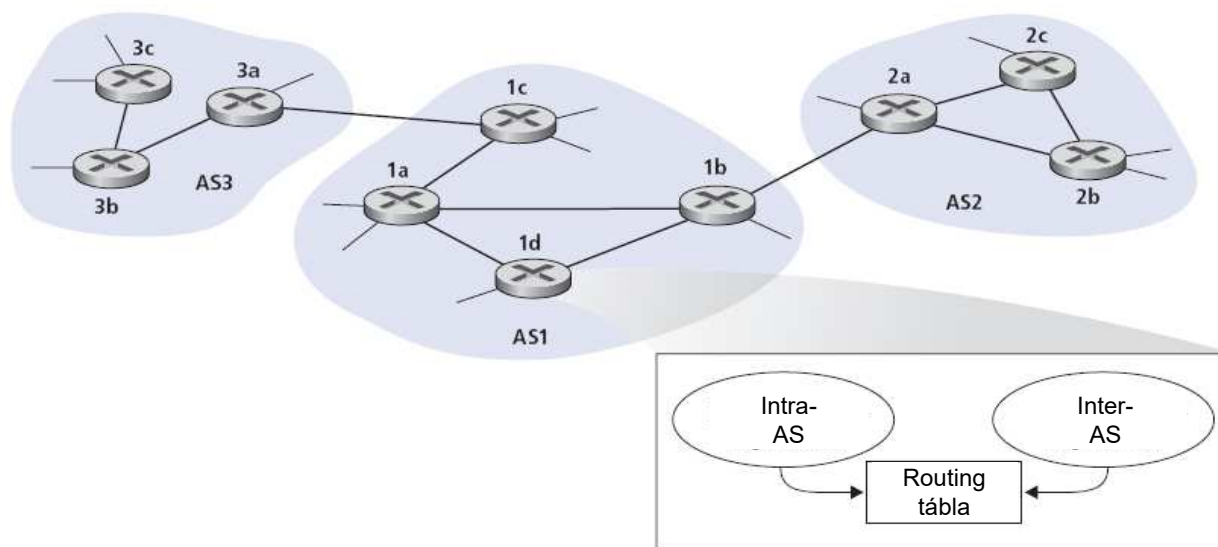
1. Hierarchikus routing
2. RIP
3. OSPF
4. BGP
5. Broadcast, Multicast

A fóliák elkészítéséhez felhasználtuk Jim Kurose és Keith Ross „Számítógép hálózatok működése” című könyvéhez készült fóliákat

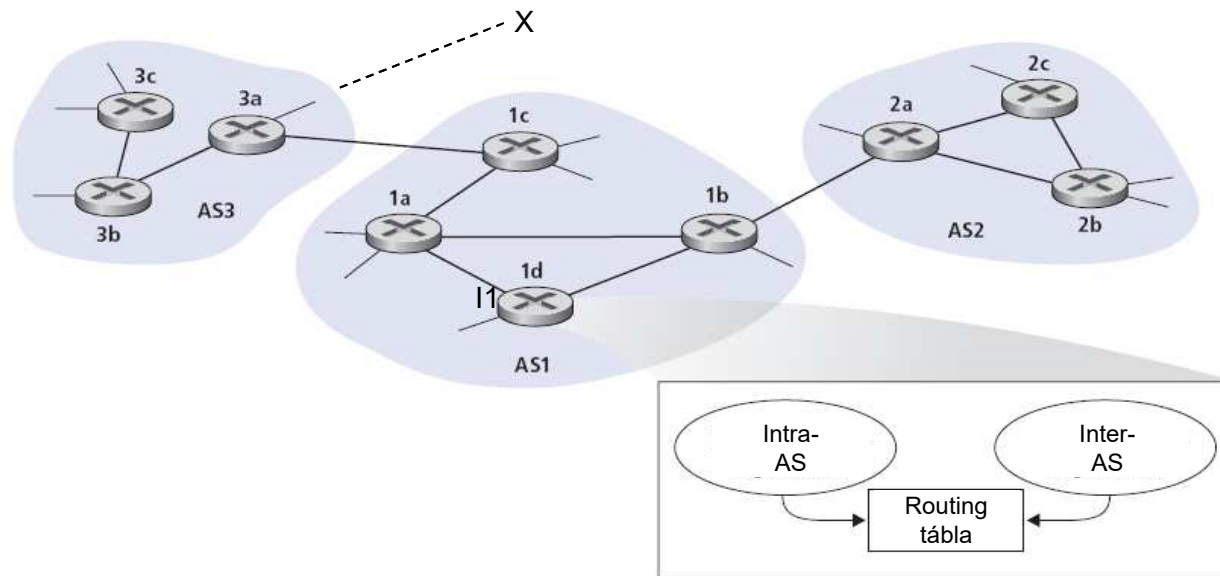
- Eddigi feltételezésünk az Internet magjáról
  - Minden router egyenlő
  - A hálózat lapos (flat), nincs hierarchia
  - Nem így van
- Skálázhatósági (nagyságrendi) probléma
  - Több százmillió hálózat
  - Egyenként tárolni a routing táblában lehetetlen
  - Az összevonva tárolást segíti a CIDR
  - Minden hálózatot hirdetni óriási terhelés lenne
- Adminisztrációs (hálózatigazgatási, üzemeltetési) probléma
  - Minden szervezetnek más lehet az elképzelése és a szabályzata
  - Mindenki lássa mindenkiét?

- A routereket csoportokba, ún **autonóm rendszerekbe (autonomous system, AS)** szervezzük
  - Legtöbbször az üzemeltető szervezeteknek megfelelően
  - Gyakran egy szervezet – egy AS
  - Néha egy szervezet – több AS (pl. nagyobb ISP-k)
- Gateway-Router
  - Az AS olyan routere, amely össze van kötve egy másik AS routerével
- Az egy AS-ben lévő routerek egy routing protokollt futtatnak
  - **Interior Gateway Protocol (IGP) – “Intra-AS” protokoll**
  - A különböző AS-ekben akár eltérő IGP futhat
- Az AS-ek között is szükség van routingra
  - **Exterior Gateway Protocol (EGP) – „Inter-AS“ protokoll**

- A routing táblák kitöltése
  - Az adott AS-en belüli célok: Intra-AS routing alapján
  - Az adott AS-en kívüli célok: Inter-AS routing alapján
- Inter-AS routing feladata
  - Külső cím felé menő csomagot melyik gateway felé küldje egy AS1-beli router?
  - Fel kell térképezni az AS-ek hálózatát
  - Az információkat el kell juttatni AS-1 routereihez

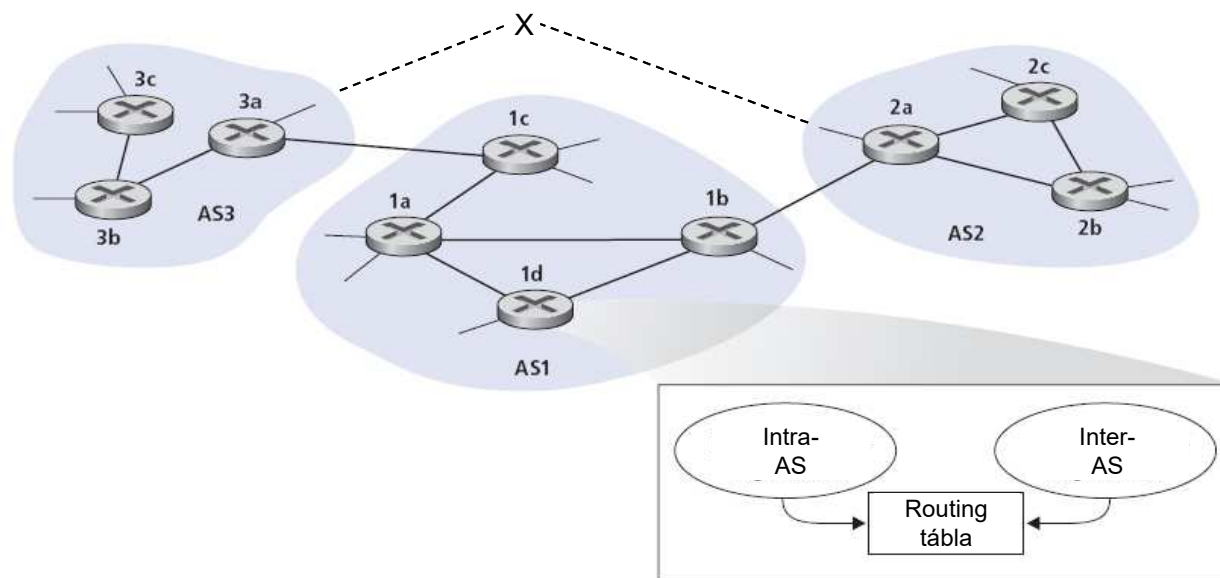


- Az AS1 megtanulja Inter-AS routinggal, hogy az X hálózat AS3-felé érhető el
  - A megfelelő gateway az 1c
  - AS2 felé nem
- Az információt elterjeszti AS1 routerei között
  - Az Intra-AS routing segítségével
- Az 1d router bejegyzi a routing táblájába
  - Az 1c router az I1 interfész felé van, tehát az X is az I1 interfész felé van



## INTER-AS ALTERNATÍV UTAK

- Az AS1 megtanulja Inter-AS routinggal, hogy az X hálózat már AS2-felé is elérhető
- AS1 routereiben csak egy irányt kell bejegyezni
  - Az Intra-AS routingból ismert költségeket is figyelembe kell venni
- Forró krumpoli (hot potato) döntés – legolcsóbb kijutás az AS-ből
  - Az 1b közelebb van 1d-hez, menjen arra a csomag X felé
  - Gyakori, de nem az egyetlen megoldás



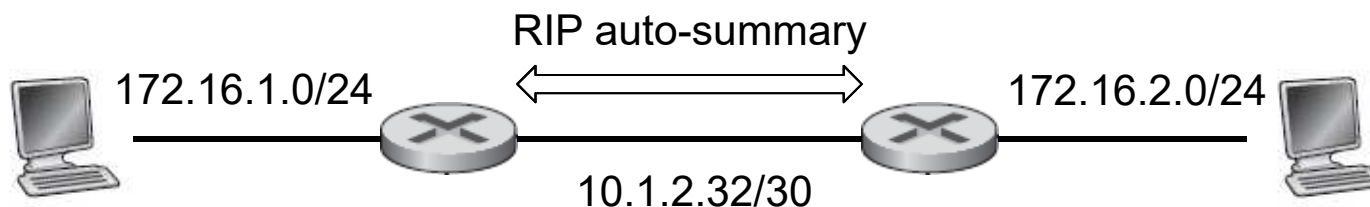
- Intra-AS – IGP
  - RIP – Routing Information Protocol
  - OSPF – Open Shortest Path First
  - EIGRP – Extended Interior Gateway Routing Protocol
    - Cisco fejlesztés, de már RFC-ben is elérhető
  - IS-IS – Intermediate System to Intermediate System
    - Inkább ISO-OSI, mint TCP-IP
    - Első sorban ISP-knél alkalmazzák
- Inter-AS – EGP
  - BGP – Border Gateway Protocol



1. Hierarchikus routing
2. RIP
3. OSPF
4. BGP
5. Broadcast, Multicast

- Távolságvektor alapú routing
- Verziók
  - v1 – RFC 1058, v2 – RFC 2453, lefelé kompatibilis
  - IPv6 támogatás: RIPng – RFC 2080
- Költség (metrika)
  - Hopszám
  - Hozzákapcsolt hálózat költsége 1
  - Maximális érték 15 – végtelen érték 16
- Üzenetek – RIP hirdetések (advertisements)
  - A router távolságvektorokat küld a szomszédoknak
  - 30 másodpercenként, vagy közvetlen kérésre
  - UDP felett
- Szomszéd elérhetősége
  - 180 másodpercnyi csend után feltételezi
  - Poisoned reverse megoldással elterjeszti a rossz hírt

- Osztályalapú hálózatkezelés a RIPv1-ben
- Osztályalapú konfiguráció
  - A protokollal hirdető hálózatokat meg kell adni
  - A RIP-nél csak maszk nélkül adhatók meg hálózatok (osztályalapú címkezelés)
  - RIPv2-nél nem feltétlenül baj
- Automatikus összegzés (auto-summary)
  - Alapértelmezetten osztályalapon összevont címtartományokat hirdet
  - Baj lehet, ha egyébként osztály nélküli címkiosztást használunk



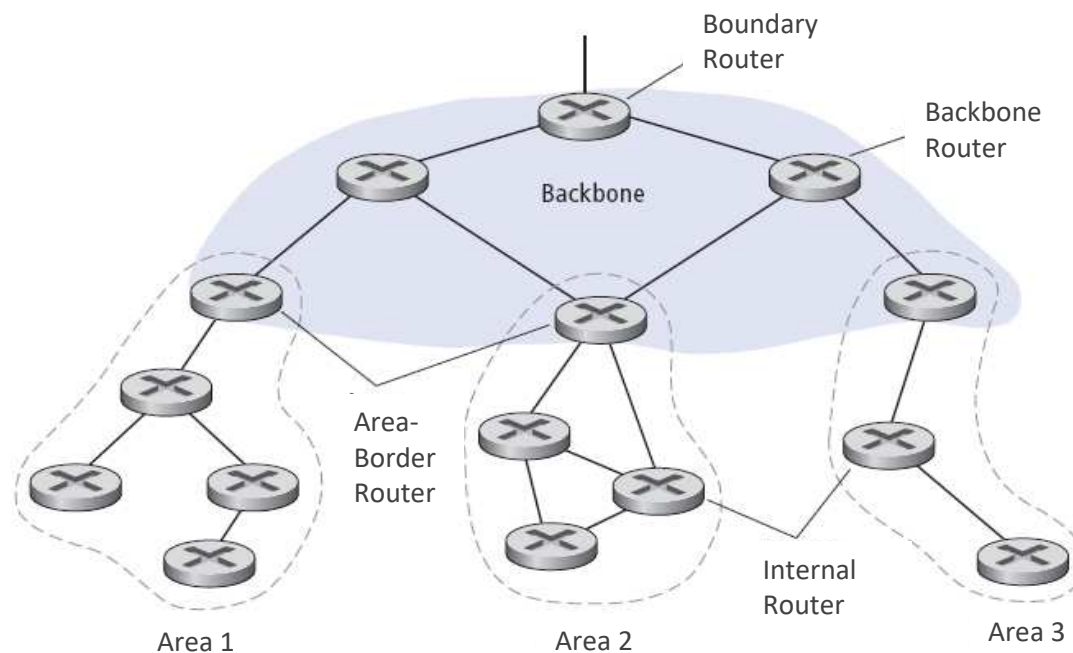
1. Hierarchikus routing
2. RIP
3. OSPF
4. BGP
5. Broadcast, Multicast

- Verziók
  - OSPFv2 – RFC 2328
  - IPv6 támogatás: OSPFv3 – RFC 5340
- „Open” – szabadon felhasználható
- „Shortest Path First” – legrövidebb út
- Támogatja az osztályfüggetlen címzést (CIDR)
  - Konfigurációkor a hálózatok hozzáadása maszkkal
  - Hirdetett információkban is
- Nincs osztályalapú összevonás (auto-summary)

- Linkállapot alapú routing
  - Minden OSPF router a hozzákapcsolt linkekről gyűjt információt
  - Információk hirdetése minden OSPF routernek (**Link State Advertisement, LSA**)
    - Periodikusan
    - Változás esetén
- Az OSPF LSA-k közvetlenül az IP datagramba vannak csomagolva
  - Egy megfelelő (multicast) IP címre küldve jut el a többiekhez
- Az LSA-k alapján minden OSPF router megismeri a routereket és linkeket
  - A hálózat térképe (Topology Map) előáll a routerekben
  - Minden routerben ugyanaz
- Útvonalszámítás a Dijkstra algoritmussal
  - A routing táblába csak az első hop kerül be
  - Változás esetén (nem feltétlenül teljes) újraszámolás

- Biztonság: az OSPF üzenetekre előírható autentikáció
- Sávszélességfüggő, vagy kézzel állítható költség
- Egy célhálózat felé több azonos költségű alternatív útvonalat is képes előállítani és kezelni
  - Terhelésmegosztás
- A multicasting beépített támogatása
  - Multicast OSPF (MOSPF) ugyanazt a hálózattérképet használja fel
- Hierarchikus hálózatkezelés nagyobb AS-ek esetén

- Kétrétegű hierarchia
  - Pontosan egy **gerinchálózati körzet (backbone area)**, azonosítója: 0
  - Több, a gerincről leágó további körzet (local area)





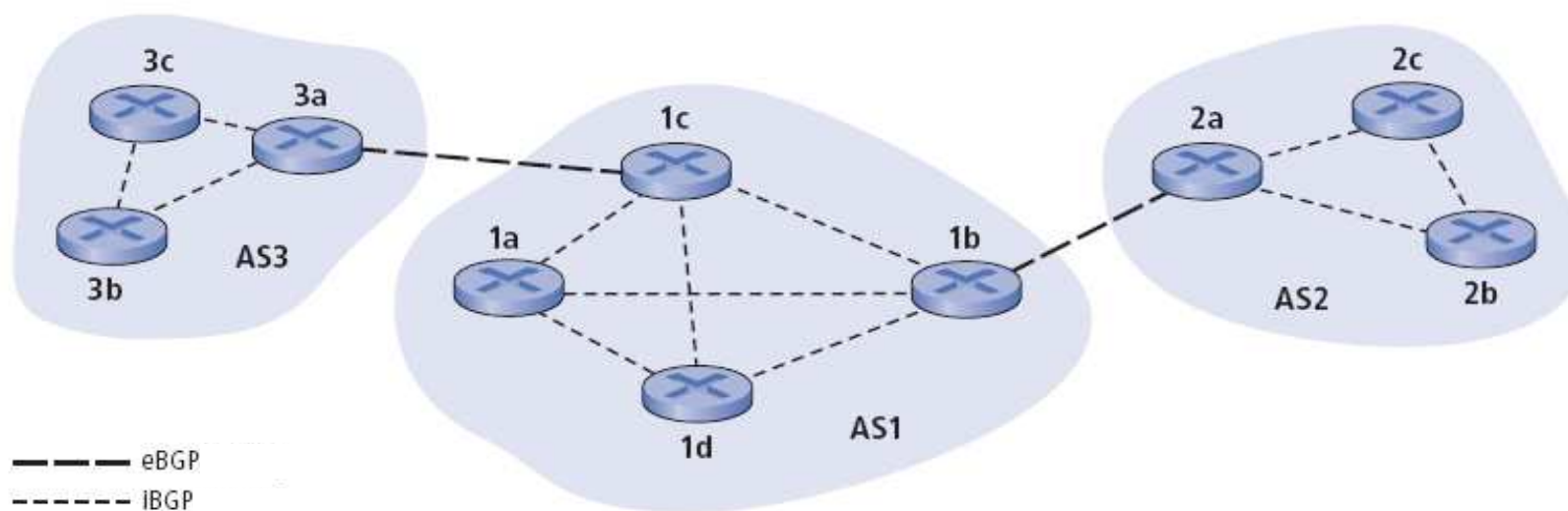
- LSA hirdetés korlátozása
  - Az LSA-kat csak az areán belül hirdetjük
  - Minden router ismeri a saját areájának a topológiáját
- Area-Border-Router (ABR)
  - A saját lokális areájában számított távolság-információkat összefogja
  - Az összefogott információkat hirdeti a gerinc-area felé
  - A gerinc-areából kapott összefogott információkat hirdeti a lokális areájában
  - Így végül minden router értesül a más areákban lévő hálózatokról is
- Routing
  - Areán belüli cél – intra-area
  - Másik areában lévő cél – inter-area
    - A gerincen keresztül
- Backbone-Router
  - A gerincben működteti az OSPF-t
- Boundary-Router
  - Kapcsolat más AS-ek felé – gateway

1. Hierarchikus routing
2. RIP
3. OSPF
4. **BGP**
5. Broadcast, Multicast

- 4. verzió: BGP-4 – RFC 4271
  - Az Internet de-facto szabványa az Inter-AS routingra
- Lehetővé teszi, hogy
  - Megismerjük a szomszédos AS-ekben lévő hálózatok elérhetőségi információit
  - Ezeket az információkat keresztüljutassuk a saját AS-en
  - Útvonalakat határozzunk meg egy távoli hálózat felé
    - Az elérhetőségtől függően
    - Az alkalmazott **politikának (policy)** megfelelően
  - Saját hálózataink elérhetőségét más AS-ek felé hirdessük
    - Prefixek: hálózat, vagy összefogott hálózatok

- BGP-t futtató routerekből párokat képzünk (**BGP-Peers**)
  - A párok információkat cserélnek egymás között
  - Kommunikáció TCP felett megvalósított BGP-viszony(lat)okkal (**BGP session**)
  - Azonos AS-ben lévő routerek esetén belső BGP viszony: internal BGP session (**iBGP**)
  - Eltérő AS-ben lévő routerek esetén külső BGP viszony: external BGP session (**eBGP**)
- A BGP viszonyok nem feltétlenül egyetlen fizikai linknek felelnek meg
- Egy prefix hirdetésével az adott AS „megígéri”, hogy az abba tartozó célcímű datagramokat továbbítja
- A másik AS-ből kapott prefixeket aggregálva is tovább lehet hirdetni

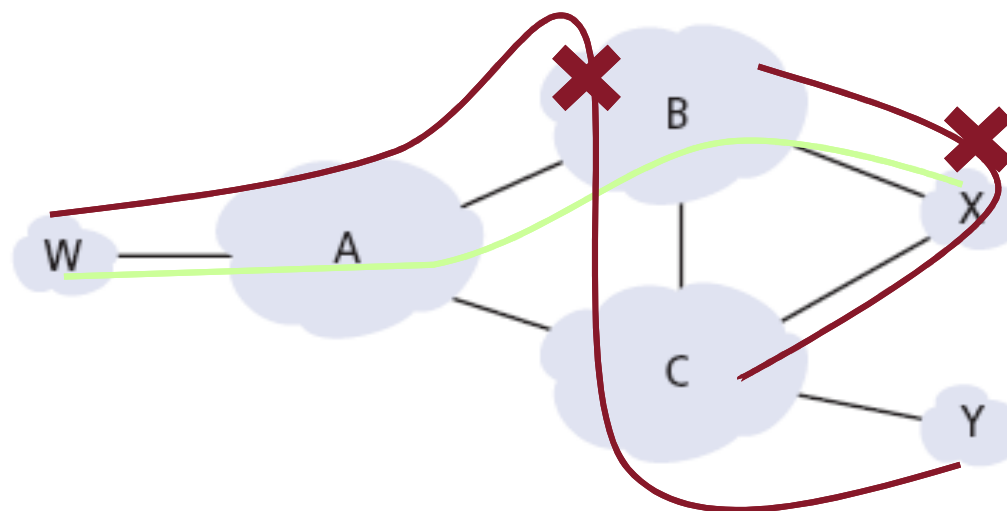
- AS3 hirdeti az elérhető prefixeket a 3a és 1c közötti eBGP viszonyon keresztül
- Az 1c iBGP viszonyokat használ, hogy elterjessze ezeket AS1-ben
- Az 1b továbbhirdeti a prefixeket AS2 felé az 1b és 2a közötti eBGP viszonyon keresztül



- A router egy prefix hirdetésekor útvonal-attribútumokat is küld
  - A BGP terminológiában  
prefix + attribútumok = route
- Fontos attribútumok
  - AS-PATH
    - Azon AS-ek listája, amiken a prefix hirdetése keresztülment
    - Minden továbbhirdetéskor kiegészül
  - NEXT-HOP
    - Két AS akár több gateway páron keresztül is össze lehet kötve
    - Egyértelművé kell tenni, hogy melyik irányból jött a hirdetés
    - Ez alapján lehet meghatározni a kilépési linket és az irányt
- A kapott hirdetések kezelése a beállított politikától függ

- Útvektor alapú
  - Nem ismert a teljes topológia
  - Ismert a cél felé vezető AS-ek listája
- Csak a politikának megfelelő hirdetésekkel kell foglalkozni
- Több irányból is behirdetett prefixek esetén választani kell
  - Legrövidebb AS-PATH
  - Legközelebbi NEXT-HOP
  - Egyéb paraméterek

- A,B,C szolgáltatói hálózatok (provider network)
- X,W,Y a szolgáltatók klienseinek hálózatai
  - Az X két szolgáltatóhoz is be van kötve (dual homed)
- X nem szeretne B-ből C-be menő forgalmat átvinni
  - A C felől jövő hirdetések nem küldi tovább
- B sem szeretne Y-ból W felé küldött forgalmat továbbítani
  - Nem hirdeti az A-tól kapott AW utat C felé
  - X felé viszont hirdeti tovább BAW útként



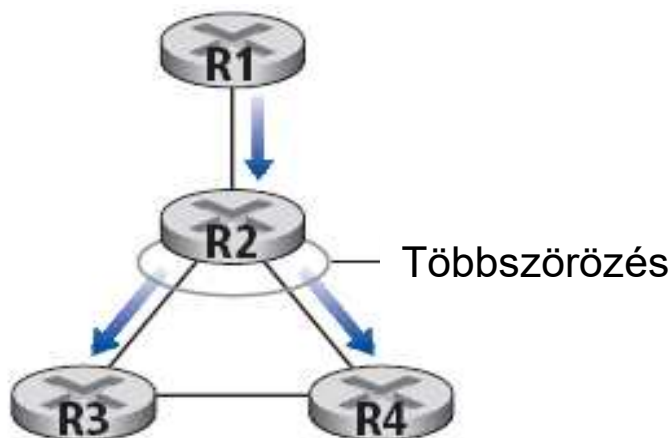
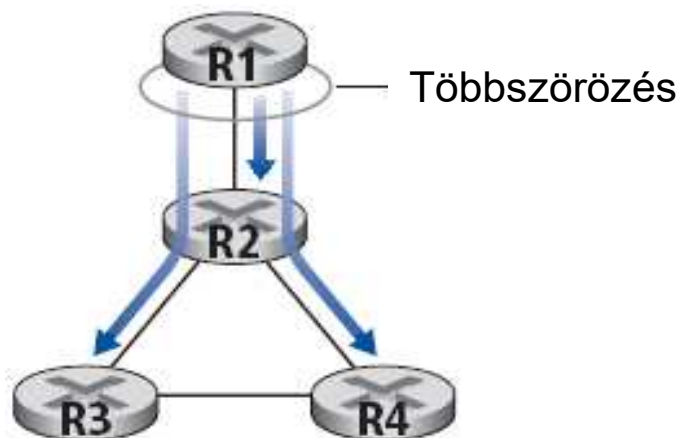


- BGP vagy IP hijacking
  - Hibás hirdetések miatt magára húzza a forgalmat egy szervezet
  - Rossz konfiguráció katasztrofális hatással
- Például
  - 1997 április 25
    - "AS 7007 incident"
    - A MAI RIP információkat küldött szét BGP-vel
    - Fekete lyukká vált (black-hole)
  - 2006 január 22
    - A Con-Edison az Internet forgalom nagy részét elterelte
  - 2008 február 24
    - Pakisztán blokkolni akarta a bejövő youtube forgalmat
    - Az egész youtube-ot elérhetetlenné tette egy órára
  - 2017 augusztus 27
    - A Google hibája miatt sok szerver elérhetetlenné vált Japánban
    - BGP route leak – RFC 7908

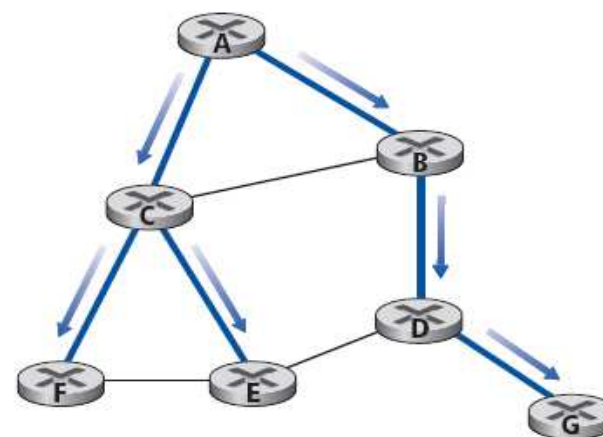
- **Politika**
  - **Inter-AS**  
Egy szervezet kontrollálni szeretné, hogy milyen forgalom és hogyan mehet át az AS-en
  - **Intra-AS**  
Saját forgalom, saját adminisztráció, nincs szükség politikai döntésekre
- **Nagyságrend**
  - A hierarchikus routing csökkenti a táblabejegyzéseket és a routing hirdetési forgalmat
  - Inter-AS – Kritikus
  - Intra-AS – Nem annyira kritikus
- **Teljesítmény**
  - Inter-AS  
A politika fontosabb a teljesítménynél
  - Intra-AS  
Koncentrálhat a teljesítményre

1. Hierarchikus routing
2. RIP
3. OSPF
4. BGP
5. Broadcast, Multicast

- Ugyanazt a datagramot kell eljuttatni az összes hoszthoz
- Egy LAN-on belül – data link rétegben kell megoldani
- Több hálózat esetén – a routerben szükséges a duplikálás
- Hol többszörözzünk?
  - A forráshoz közel – nem hatékony, és kérdés, hogy kik a célok
  - A közbeeső routereknél – az összesnél?



- Alapmegoldás: **elárasztás (flooding)**
  - Minden router minden irányba másolatot küld
  - Nyilván felesleges terhelést jelent
  - Vihar broadcast storm alakulna ki – a többszörözött datagramot is többszörözzük...
- Korlátozott elárasztás
  - Csak a még nem látott datagramokat duplikálja és küldi tovább a router
  - Azonosított datagramok, vagy
  - Azonosított irányok
    - Csak a forrás felől jövőt fogadjuk el  
**Reverse Path Forwarding, RPF**
- **Feszítőfa (spanning tree)** alkalmazása
  - Csak kiválasztott linkeken mehet a forgalom



- Egy datagramot több végponthoz kell eljuttatni
  - Például média-folyamok, videókonferencia
- IP esetén speciális címre küldjük
  - IPv4 : 224.0.0.0 / 28 tartomány (D osztály)
  - IPv6 : FF00::/8 tartomány
  - A cím egy csoportot jelöl ki, aminek tagjai fogadják az „adást”
- A csoporthoz csatlakozás és leiratkozás
  - **Internet Group Management Protocol (IGMP)**
  - A routernek tudnia kell, hogy van-e olyan hoszt akit rajta keresztül kell elérni, és tagja a csoportnak
- Elérés **feszítőfa** segítségével
- Útvonalak meghatározásához külön routing protokollok kellhetnek, vagy az unicast irányítást használjuk fel (**Protocol Independent Multicast, PIM**)



HÁLÓZATI RENDSZEREK  
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK  
TANSZÉK

