

Hálózati Technológiák és Alkalmazások

Vida Rolland
Moldován István
BME TMIT

2016. október 21.



Routing - Router



- **Routing (útválasztás)**
 - Folyamat, mely során a hálózati protokollok csomagjai a célállomáshoz jutnak
 - A routing tábla és a megvalósított protokollok szerint a routerek meghatározzák a beérkező csomagok útvonalát
- **Router (útválasztó)**
 - Útválasztást végző csomópont
 - Egymással kommunikálnak
 - A szomszédoktól szerzett információkat gyűjtik és tárolják
 - **Útválasztó táblákat** hoznak létre és tartanak karban
 - Tartalmuk: <célcím, kimenő interfész> párok



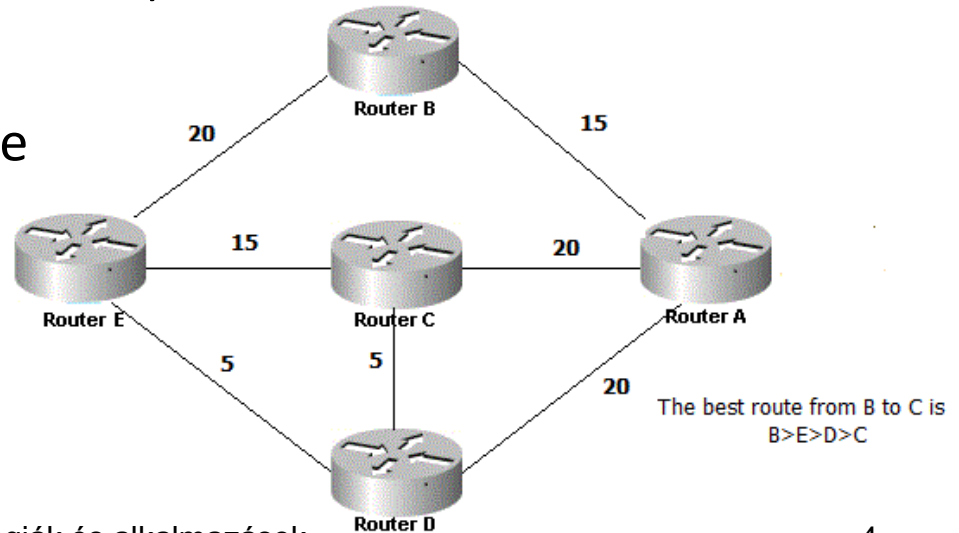
Router

- Router lehet
 - operációs rendszer routing modulja
 - dedikált eszköz (nem csak szoftver, hanem hardver támogatottsággal is rendelkezik) - gyorsabb
 - Cisco, Juniper, Alcatel-Lucent, HP, Huawei, NEC, etc.
- Router kapacitása
 - hány csomagot képes továbbítani időegység alatt (packet/s - PPS)
 - Pl. HP 8800 router – 864 Mpps (2012)



Routerek feladata

- Az optimális útvonal kiválasztása az adott csomag számára
- Alábbi szempontok (metrikák) szerint:
 - az út hossza (hány linken vezet át)
 - költség
 - az adott útvonal terheltsége
 - sávszélesség
 - megbízhatóság
 - Késleltetés



IP Routing – útvonal keresés

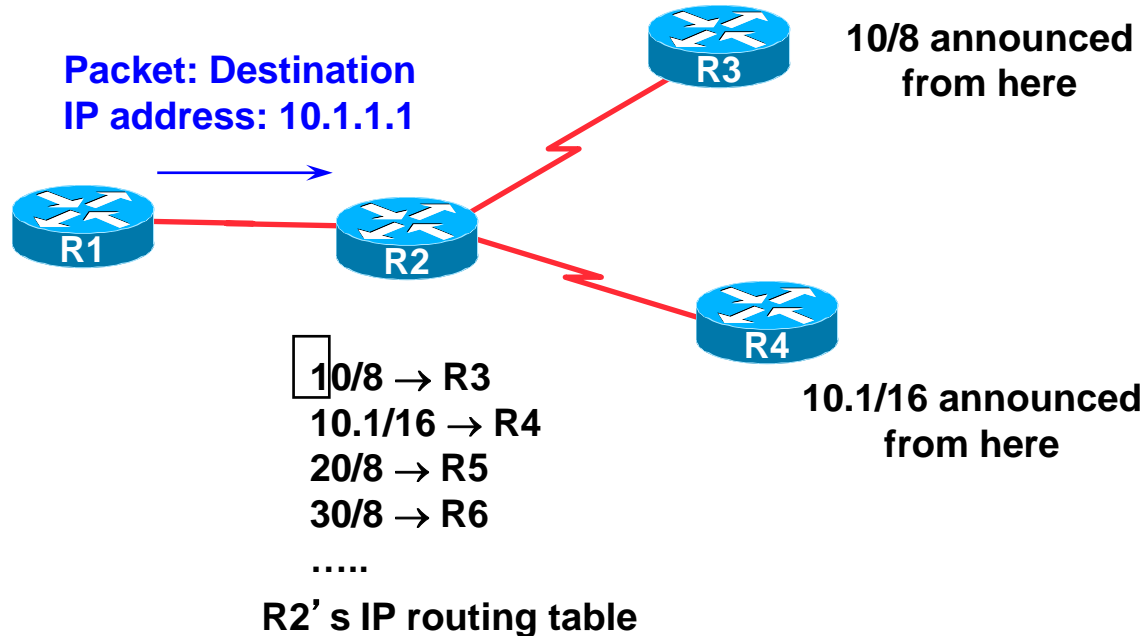
- Routing protokoll által gyűjtött információk alapján
- Több alternatív útvonal lehet
 - A legjobb útvonal tárolva a **forwarding** táblában
- A döntéseket periodikusan frissíti, vagy ha változik a topológia (event driven)
- Döntések:
 - topológia, szabályok és metrikák (hop count, filtering, delay, bandwidth, etc.)

IP route „lookup”-a legjobb útvonal kiválasztása

- Cél IP cím alapján történik
- “longest match” routing
 - A pontosabb (hosszabb prefix-el rendelkező) útvonalat választja
 - **Példa:** ha a cél IP 10.1.1.1/32, akkor inkább annak a routernek küldjük aki 10.1/16 prefix-el jelentette mint annak aki 10/8-al.

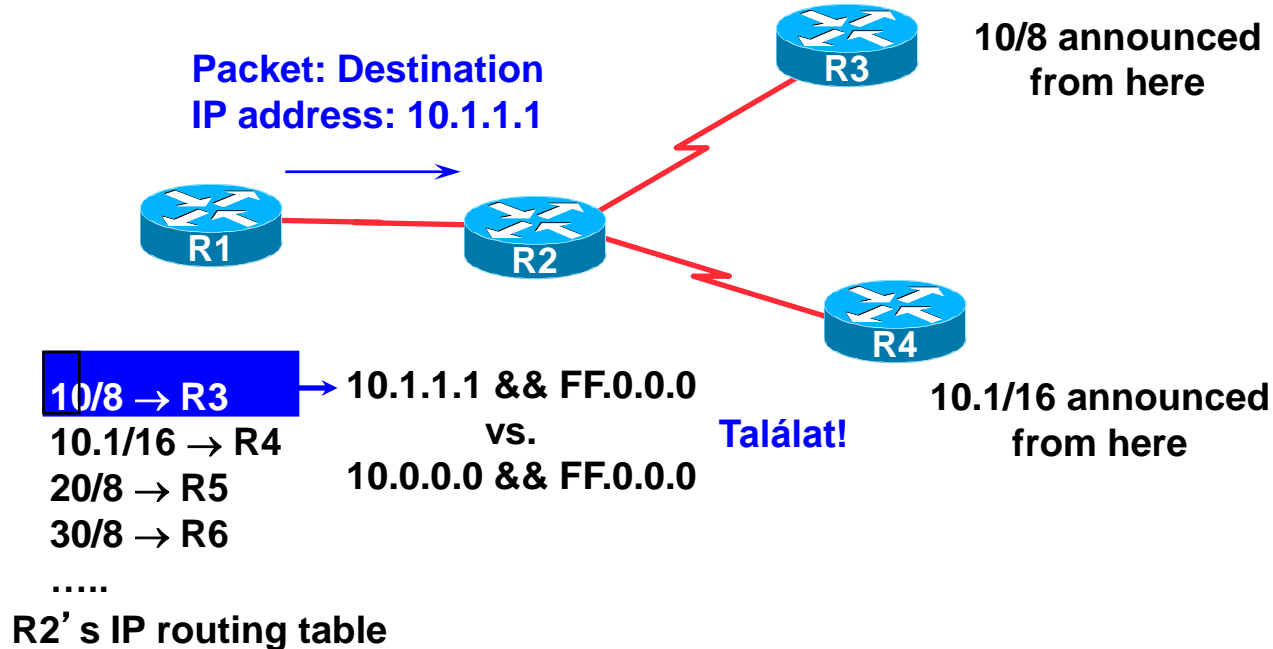
IP route lookup

- Cél IP cím alapján



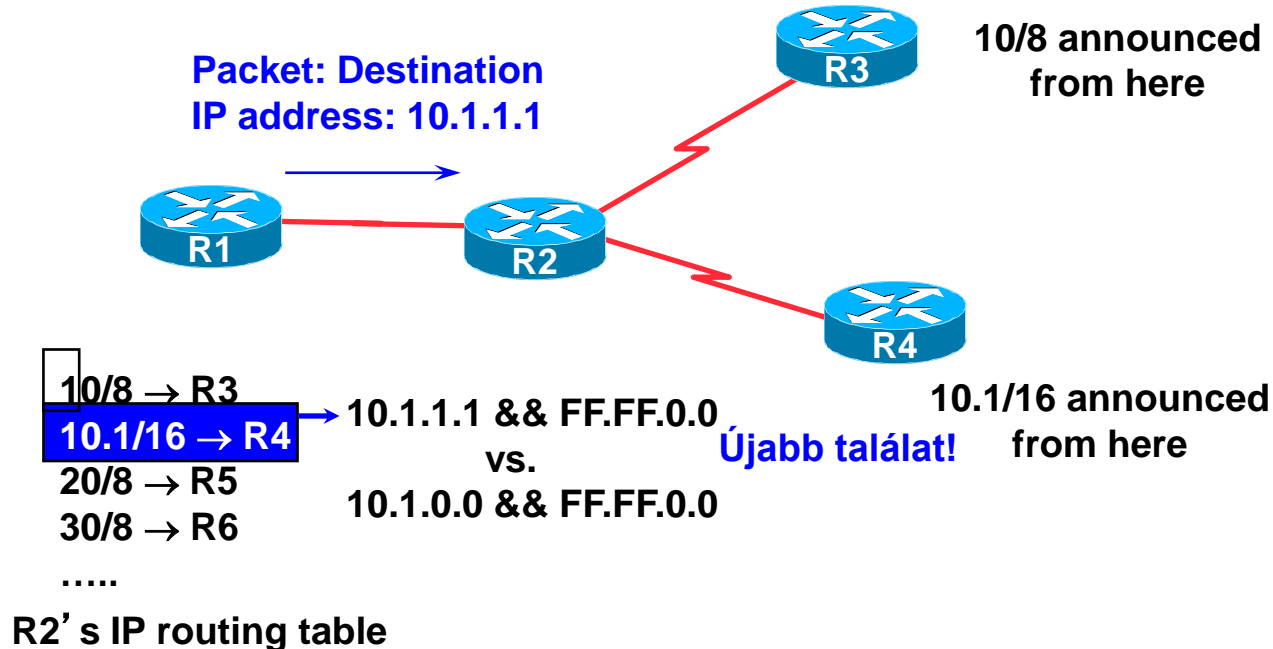
„leghosszabb találat” routing

- Cél IP cím alapján



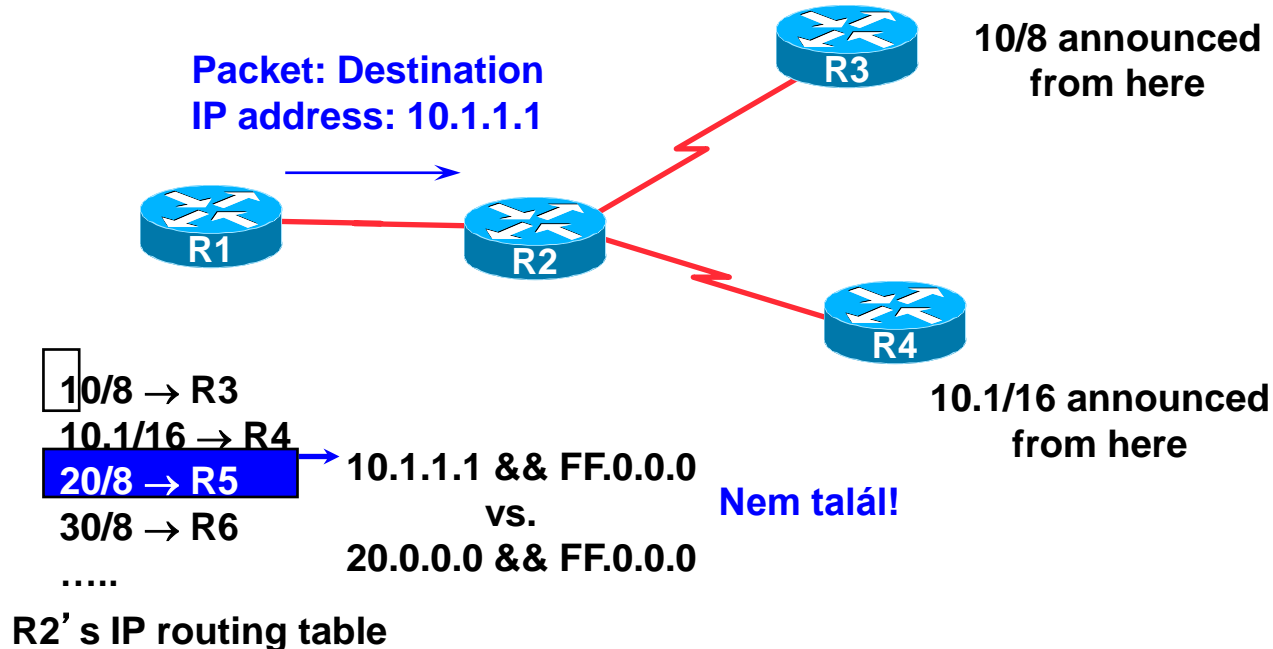
„leg hosszabb találat” routing

- Cél IP cím alapján



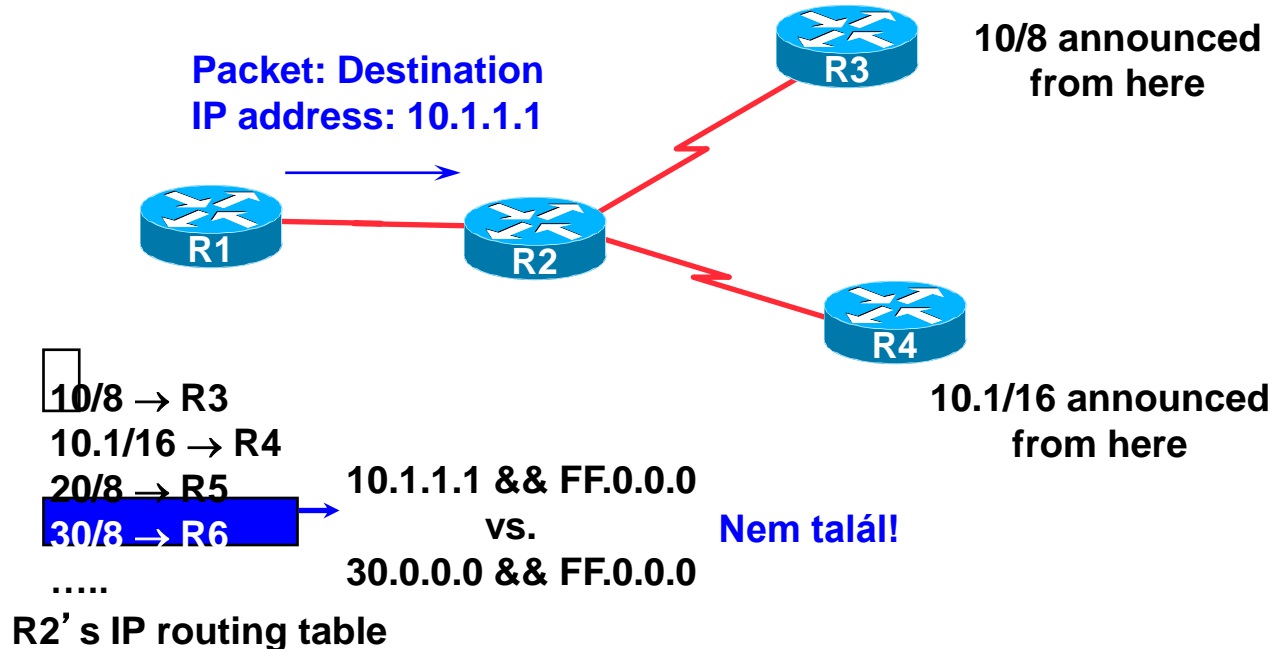
„leghosszabb találat” routing

- Cél IP cím alapján



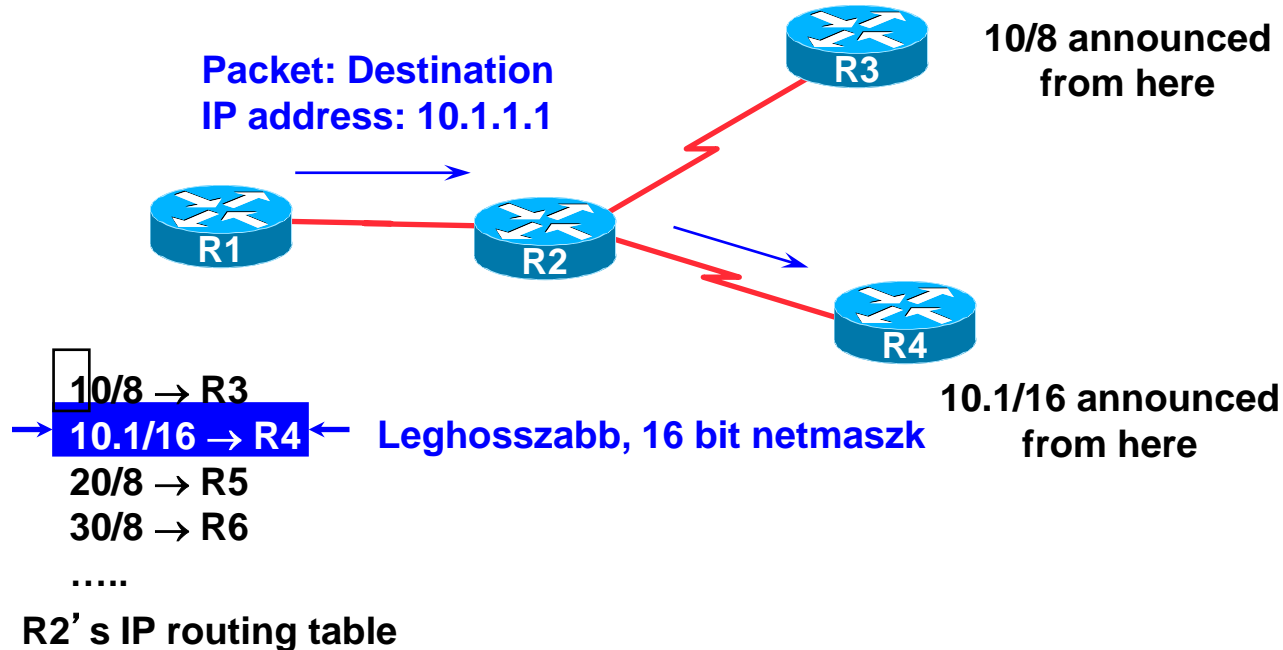
„leghosszabb találat” routing

- Cél IP cím alapján

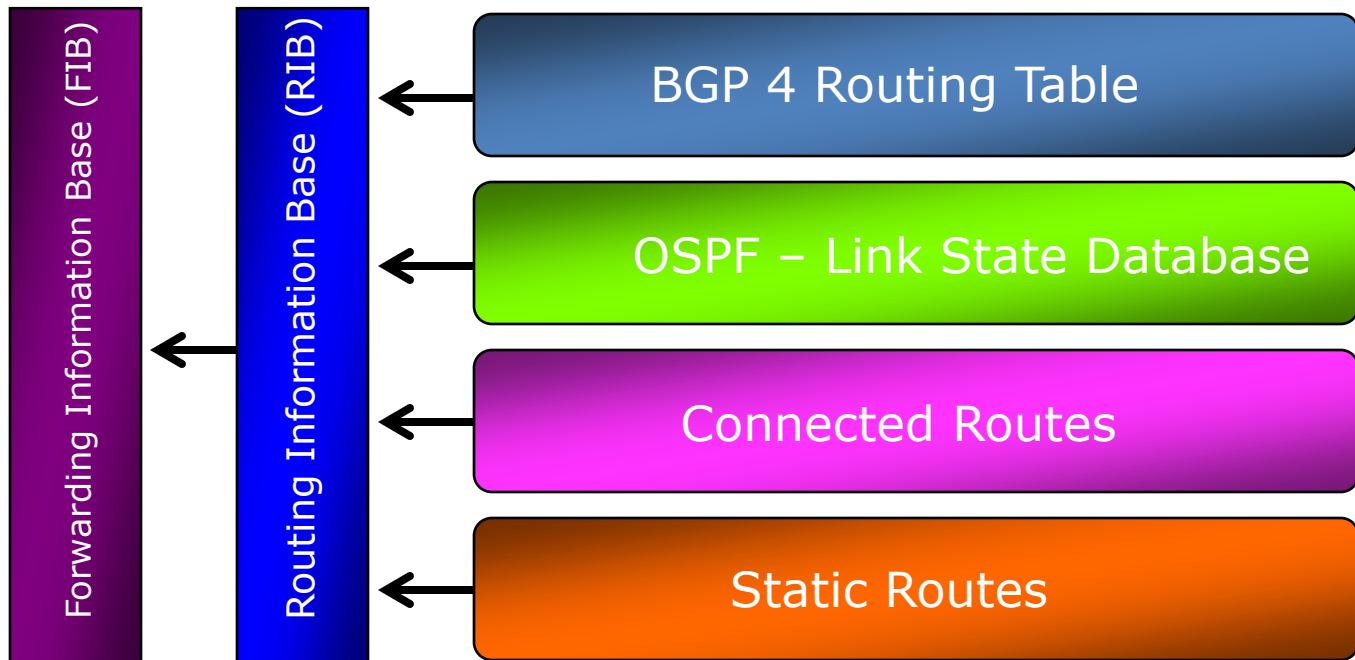


„leghosszabb találat” routing

- Cél IP cím alapján



Routing Táblák alapján tölti fel a továbbító táblákat



RIB és FIB

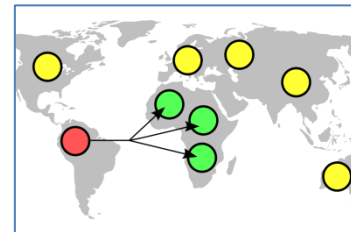
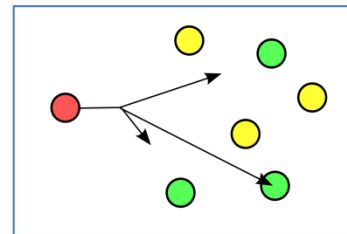
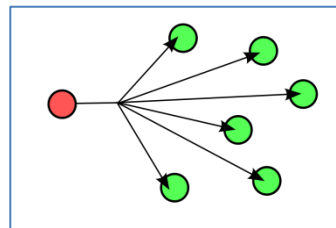
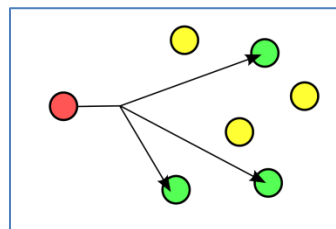
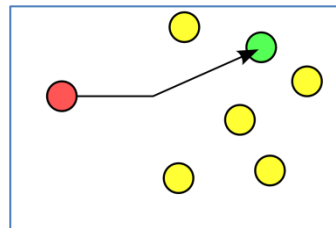
- FIB = Forwarding Table
 - Interfészek, lokális hálózatok
 - Segít a routernek eldönteni hová küldje a csomagot
 - Néha nem különböztetik meg a routing táblától
 - Gyors (gyakran hardveres) keresés
- RIB = Routing Table
 - Cél alhálózat címek és a hozzájuk tartozó next hop bejegyzések – egyéb információkkal
 - Egy cél – több next hop is lehet
 - Csak a legjobb kerül a FIB-be

Egy host routing táblája

| Network Address | Netmask | Gateway Address Gateway | Interface IP Address | Metric | Purpose |
|-----------------|-----------------|----------------------------|-------------------------|--------|---------------------------|
| 0.0.0.0 | 0.0.0.0 | 157.55.16.1 | 157.55.27.90 | 1 | Default Route |
| 127.0.0.0 | 255.0.0.0 | 127.0.0.1 | 127.0.0.1 | 1 | Loopback Network |
| 157.55.16.0 | 255.255.240.0 | 157.55.27.90 | 157.55.27.90 | 1 | Directly Attached Network |
| 157.55.27.90 | 255.255.255.255 | 127.0.0.1 | 127.0.0.1 | 1 | Local Host |
| 157.55.255.255 | 255.255.255.255 | 157.55.27.90 | 157.55.27.90 | 1 | Network Broadcast |
| 224.0.0.0 | 224.0.0.0 | 157.55.27.90 | 157.55.27.90 | 1 | Multicast Address |
| 255.255.255.255 | 255.255.255.255 | 157.55.27.90 | 157.55.27.90 | 1 | Limited Broadcast |

Útválasztási szemantika

- **Unicast** – csomag küldése egy adott célcsofópontnak
- **Anycast** – csomag küldése bárkinek (pl. a legközelebbi csomópontnak) egy adott csoportból
- **Multicast** – csomag küldése egy csoportnak
- **Geocast** – csomag küldése egy adott földrajzi területre
- **Broadcast** – csomag küldése minden csomópontnak a hálózatban



Az Internet felépítése

- ISP-k, nagyobb hálózati entitások
 - Autonomus System-ek
- Összekapcsolásuk:
 - „Carrier-ek” – nagybani szolgáltatók: globális gerinc
 - Pl. Telia Carrier
 - „Peering” – ISP-k között
 - Példa: BIX
- Szabályok – Policy-k
 - Peering forgalomra

Routing működés

- Az ISP-k lehetnének közvetlen kapcsolatban
 - Nem skálázható
- Inkább az elérhetőségüket tudatják a környező routerekkel
 - A lokális IP registry-től kapott IP cím tartomány információkat
 - Aggregáltan
- Ezeket az információkat tovább terjesztik a routerek – „route hirdetés”

Routing Protokollok

- A Routers “routing protokollokat” használnak az információcserére
 - IGP –t használnak a saját hálózatukon belül
 - EGP-t használnak a különböző ISP-k között
 - AS-ek között

Mi is az IGP?

- Interior Gateway Protocol
- egy Autonomous System-en belül
- Belső infrastruktúráról terjeszt információkat
- Gyakrabban használt IGP-k:
 - OSPF
 - ISIS
 - RIP (-R.I.P.)

Minek az IGP? Nem lenne elég csak 1 szint?

- Az ISP-k közötti hálózat skálázhatóságát javítja
 - Hierarchia
 - A hálózati hibák lokálisak maradnak
 - Csak az ISP-k **infrastrukturájának** adatait osztja meg, felhasználói információkat nem
 - **Minimizálja** a hálózati prefixeket hogy növelje a skálázhatóságot (és gyorsabb is lesz)

Mi az EGP?

- Exterior Gateway Protocol
- Autonomous System-ek közötti információcserére szolgál
- Független az IGP-től
 - De felhasználhatja az összegyűjtött információkat
- Jelenleg az EGP szerepét a BGP protokoll játssza

Routing protokollok osztályozása

- **Statikus:**
 - a routing tábla manuális kitöltése
 - automatikusan soha nem frissítődik
- **Dinamikus:**
 - a routerek egymás között kommunikálva a hálózat topológiájának megfelelően állítják elő az útvonalválasztó táblát
- **Egyutas:**
 - minden célpont felé csak egy utat tárol
- **Többutas:**
 - minden célpont felé több (esetleg minden) utat tárol.
 - Ezek a protokollok képesek load balancing-ra (terhelés megosztás)

Routing protokollok osztályozása

- **Lapos (flat):**
 - minden router minden célpontról tud
 - Régebben (kisebb hálózatok)
- **Hierarchikus:**
 - a router-ek nem minden célpont felé ismerik az utat
 - egy ismeretlen címzettnek szánt csomagot egy előre meghatározott irányba (default route) küldenek
 - ez routing információk egy szélesebb körével rendelkezik
 - routing táblák mérete kezelhető marad
- **Intra-domain**
 - valamely területen (domain) belüli útvonalválasztásért felelős
- **Inter-domain**
 - a területek (domain) közötti útvonalválasztásért felelős

Routing protokollok osztályozása

- **Hop-by-hop:**
 - minden router autonóm módon határozza meg a továbbítás irányát
 - ezen elven működő routerek csak olyan utakat hirdetnek (szomszédjaiknak), melyeket maguk is használnak
- **Source routing:**
 - a feladó határozza meg az útvonalat (pl. IP fejléc)
 - a routerek csupán az elérhetőségi információkat terjesztik
 - magukat a csomagokat a csomagba beleírt útvonal szerint kapcsolják
- A két megoldás között léteznek átmenetek

Routing protokollok osztályozása

- **Távolság vektor (distance vector) protokollok**
 - csak a szomszédos routerek kommunikálnak
 - minden router elmondja összes szomszédjának:
 - mekkora költségű utat ismer egy adott célponthoz
 - arról nem szól, hogy az út merre vezet
 - a routerek begyűjtik szomszédaiktól ezeket a hirdetéseket és kiválasztják, hogy ki hirdette a legolcsóbb utat az adott célpontokhoz
 - a megfelelő csomagokat a legkedvezőbb irányba továbbítják
 - saját költségüket a legkedvezőbbekhez hozzáadva ők is hirdetik az adott célponthoz vezető utat

Routing protokollok osztályozása

- **Kapcsolat állapot (link state) protokollok**
 1. feltérképezik a hálózat topológiai gráfját
 2. ebben a gráfban keresik a legrövidebb utat.
 - A routerek egymás között csak saját interfészeik állapotát beszélik meg
 - Kik a szomszédjaim, milyen költségük van a linkeknek közöttünk
 - Ezeket az információkat minden, a hálózatban lévő routerrel kicserélik
 - Ebből építi fel mindenki a saját (de egymással megegyező) topológiai gráfját

Distance-Vector Protokollok

Bellman-Ford protokollok

Klasszikus Bellman-Ford algoritmus

d_{ij} := i - j link költsége (végtelen, ha nincs link)

- Tényleges ár, késleltetés, csomagvesztési ráta, stb.

Következmény: **additivitás**

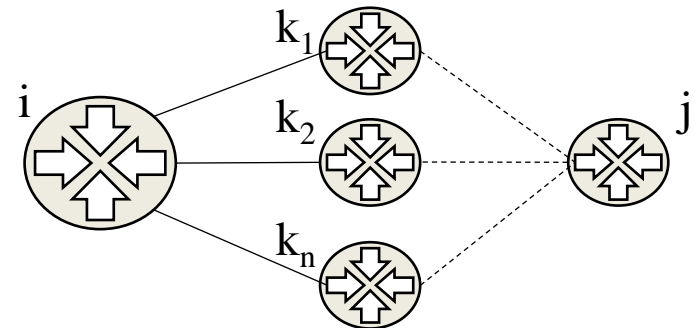
- egy útvonal költsége az azt alkotó linkek költségének összege

D_{ij} := minimum költség i és j között

Bellman egyenlet:

$D_{ii} = 0$, minden i -re

$D_{ij} = \min_k \{d_{ik} + D_{kj}\}$



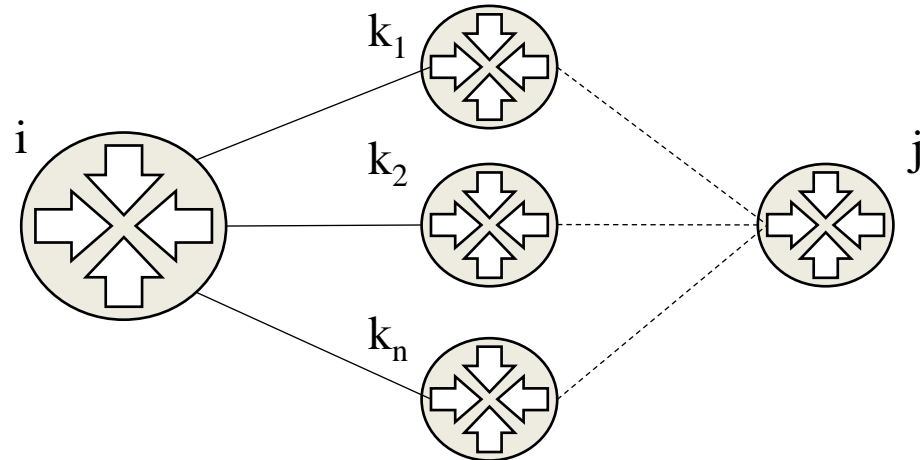
Elosztott Bellman-Ford Algoritmus

$D_{kj}^i(t)$ = minimális távolság k -tól j -ig, melyet i router lát a t időpillanatban

$D_{ii} = 0$, minden i -re

$D_{ij}(t) = \min_k \{ d_{ik} + D_{kj}^i(t) \}$

- önállóan működhet az algoritmus a routerekben



Distance-vector protokollok

- RIPv1 (RFC 1058, '88)
 - Routing Information Protocol
 - Rest In Pieces 😊
- RIPv2 (RFC 2453, '98)
- RIPv6 (RFC 2080, '97)
 - IPv6-os verzió

- EIGRP
 - Enhanced Interior Gateway Routing Protocol
 - Cisco proprietary szabvány

Distance Vector protokollok

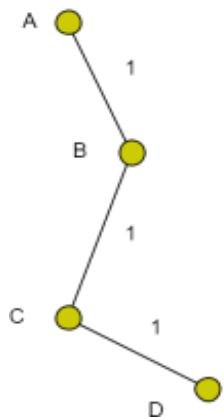
- Távolságvektorokat tárol az útvonalakról
 - Adathármasok:
 - Cél (mi a célállomás)
 - Költség
 - Következő csomópont (merre küldje)
 - Rendszeresen frissítik adataikat a közvetlen szomszédok
 - Frissítő üzenet (2 részből áll):
 - Cél, költség
 - Ha a router ilyenkor jobb utat talál egy célhoz, frissíti tábláját 2 ok miatt:
 - Kisebb költségű utat talál
 - Szomszéd költsége megváltozik

Jellemzők

- Egyszerű, de nem tökéletes:
 - A kapcsolatok ára változhat
 - Kapcsolatok meg is szakadhatnak
 - Egy megszakadt kapcsolat ára végtelen
 - Egy olyan egész érték, mely nagyobb bármilyen lehetséges valós értéknél (RIP-nél jellemzően 16)
 - A routerek topológia változás esetén nem egyszerre frissítik táblázataikat
 - Periodikus időközönként (pl. 30 s) frissítő üzenet
 - Ha 6 frissítés elmarad, az ár végtelen
 - A szomszédok is frissítik a bejegyzéseiket
 - **Konvergál, de lassan**
 - Csak kis hálózatokban használható

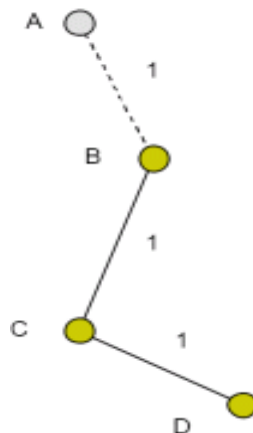
Végtelenig számolás

- A routerek a célcím költségek hirdetésekor végtelenig inkrementálhatnak



| B | C | D |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |

Távolság A felé



| B | C | D |
|---|---|---|
| 3 | 2 | 3 |

| B | C | D |
|---|---|---|
| 3 | 4 | 3 |

| B | C | D |
|---|---|---|
| 5 | 4 | 5 |

Megakadályozás

- **Split horizon módszer**
 - ha C B-től megismer egy utat, akkor az azt kiterjesztő utat B-vel már nem közli
- **Poisoned Reverse módszer**
 - Végtelen elérhetőség hirdetése az adott linken elérhető csomópontokhoz
 - ha C B-től megismer egy utat, akkor az azt kiterjesztő utat B-nek végtelen költségű útként jelzi

Egy kis animáció...

- <https://www.youtube.com/watch?v=TWDUIypHq5o>