

Az internet ökoszisztémája és evolúciója

Tartalom

- A Border Gateway Protocol (BGP)
 - felépítése, működése, folyamatábra, BGP üzenetek és attribútumok, a BGP döntési mechanizmus
- Útválasztási preferenciák megvalósítása BGP-n
 - valley-free routing import és export szűrők konfigurálásával, BGP community-k szerepe

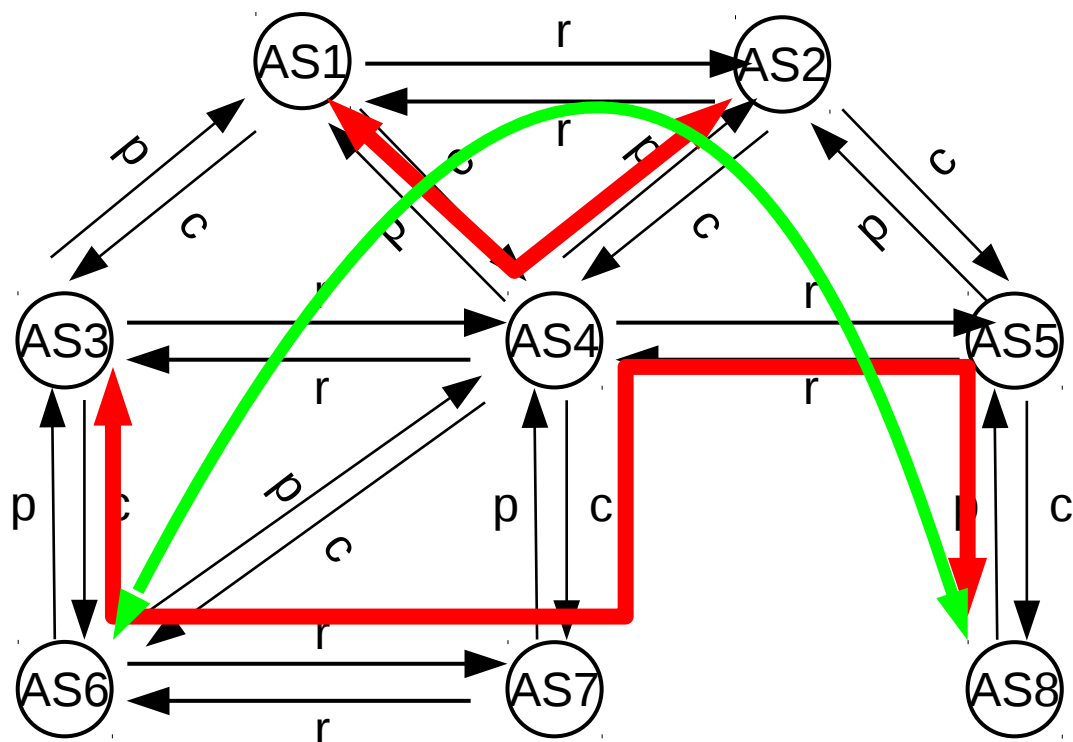
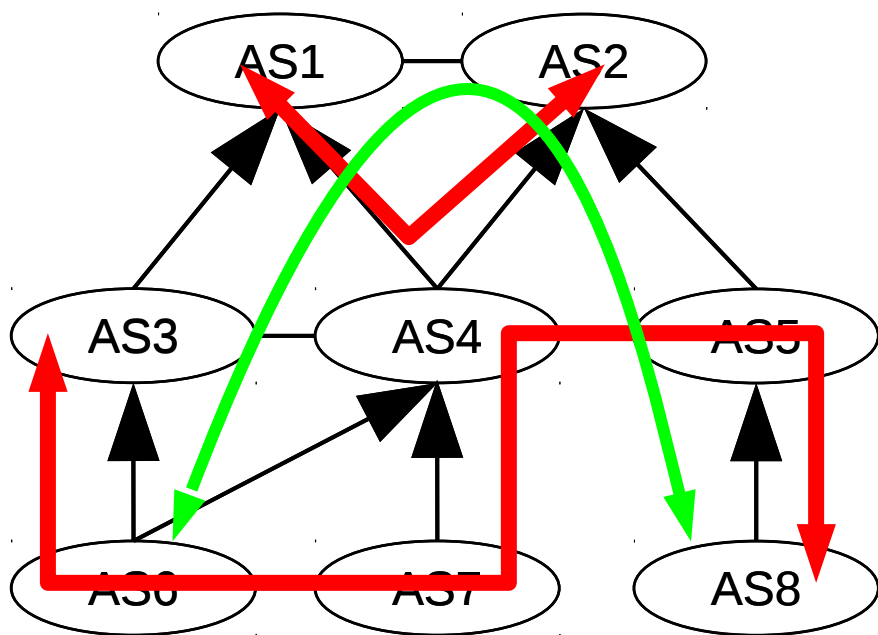
A Border Gateway Protocol

Ismétlés: AS kapcsolatok

- Két AS tipikusan vagy tranzit vagy peer kapcsolatot hoz létre
 - **tranzit:** globális internet-hozzáférés pénzért
 - **peer:** „ingyen” adatcsere két AS és azok összes előfizetője között
- Az interneten a forgalom arra halad(hat), amerre a cash-flow
- Tiltott és engedélyezett utak az AS–AS kapcsolatok függvényében: **valley-free routing**

Ismétlés: valley-free routing

- AS-szintű internet és gráfrepresentációja



- Egy útvonal valley-free, ha címkéinek sorozata illeszkedik a $p^*r^*c^*$ reguláris kifejezésre

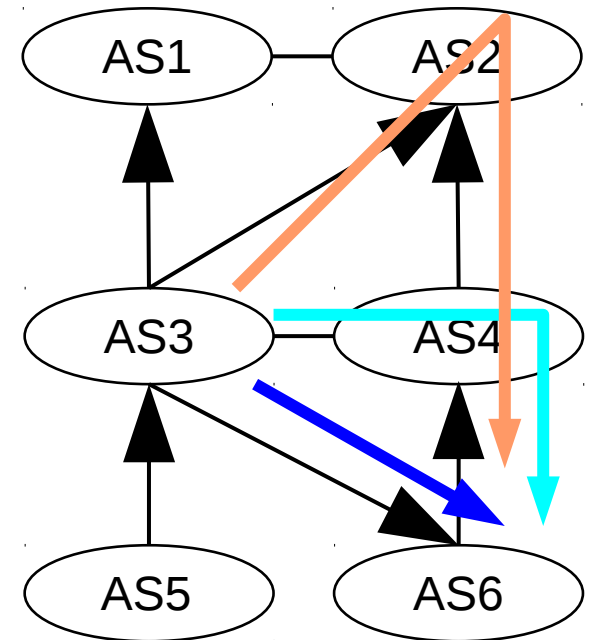
Ismétlés: útvonalak preferenciája

- Preferáljuk az előfizetőn keresztül útvonalakat: nem kerül pénzbe

- **Prefer customer szabály:**

$$P_c < P_r < P_p$$

- Azonosan preferált útvonalak közül a **rövidebbet** (kevesebb AS-en halad keresztül) választjuk



Inter-domain útvonválasztás

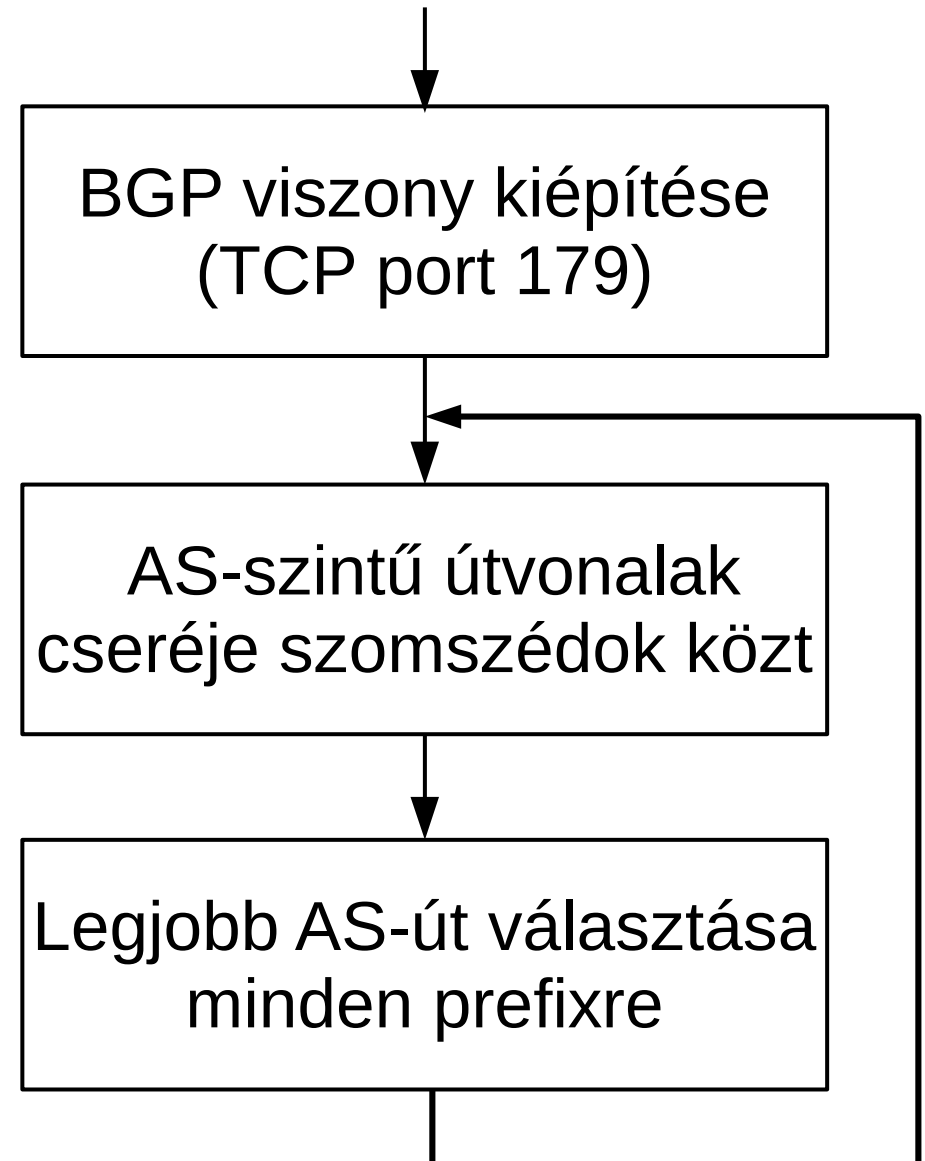
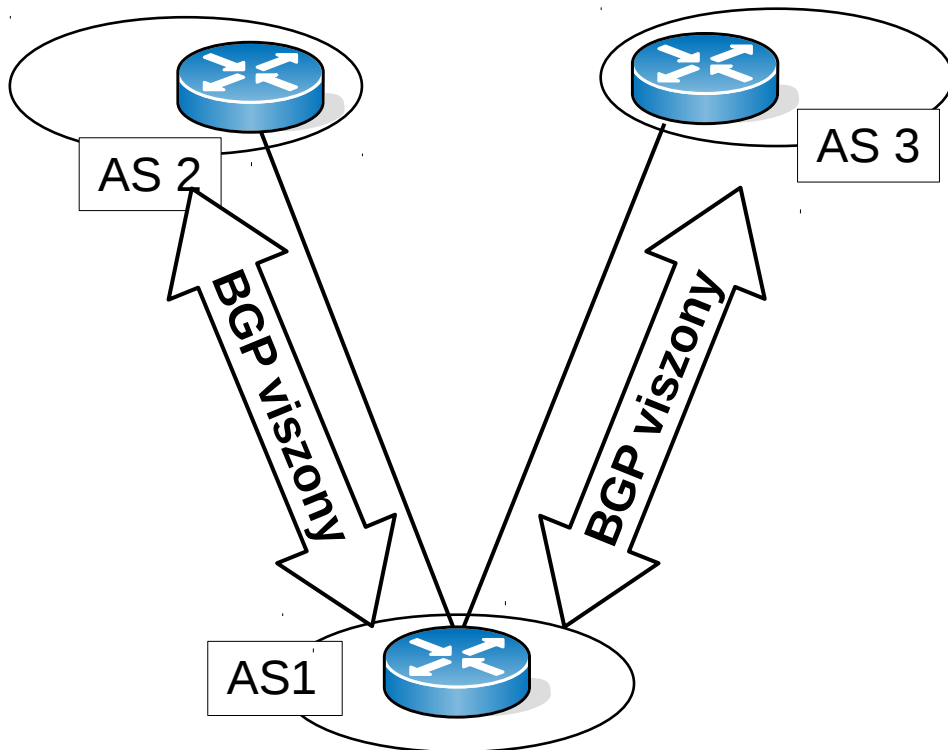
- A gráfrepresentáció csak modell: az Internet routerek nem használják (nem ismert a gráf!)
- Az Interneten használt útvonalakat autonóm szereplők alakítják: **elosztott útvonalválasztás**
- ASek önállóan érvényesítik útvonal-választási preferenciáikat: **path-vector protokoll**
 - nem használ „távolság-metrikát” (a link-state esetében kell, hogy az elosztott számítás konzisztens utakhoz konvergáljon)
- Az interneten használt EGP path-vector alapú

BGP: a path-vector EGP

- **Border Gateway Protocol version 4: BGP**
 - path-vector alapú policy routing protocol
 - de facto szabvány EGP az interneten
 - a protokoll egyszerű, a konfigurációja nehéz
- 15 éves evolúció eredménye:
 - 1989 : BGP-1 [RFC 1105]
 - 1995 : BGP-4 [RFC 1771]: CIDR támogatás
 - azóta minimális változtatás

BGP: működés

- Szomszédos routerek **BGP viszonyt** építenek ki egymás közt



BGP: a path-vector EGP

- A BGP-ben a **célpontok** a meghirdetett IP alhálózati **prefixek**
 - egy prefix → egy útvonal
 - prefixen belül az összes IP címre azonos út
- Útválasztás az **AS-szintű útvonalak** alapján
 - útvonal állomásai ASek, élei AS–AS linkek
 - a címkéket (p, c, r) a protokoll nem ismeri és nem terjeszti (hiszen ez üzleti titok!)
 - egyedül a szomszédos ASek felé ismert a kapcsolat típusa (tranzit/peer)

BGP: path-vector EGP

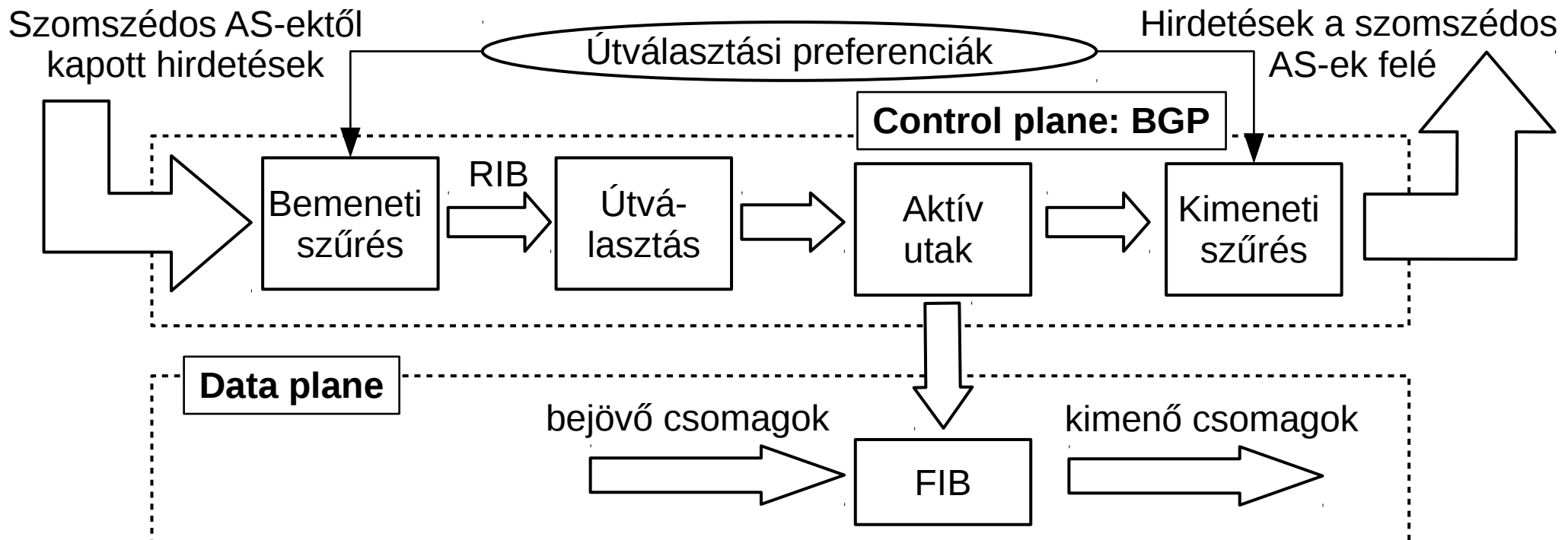
- Minden AS közli a szomszéd ASekkel az általa ismert legjobb utat egy-egy prefixre: **hirdetés**
 - leírja az útvonalhoz tartozó ASek sorozatát
 - plusz néhány egyéb attribútumot
- A szomszéd AS számára átadott útvonalakra **kimeneti szűrés (export filter)** alkalmazható
 - hirdetések visszatarthatók vagy átírhatók
- A szomszéd AS-től kapott útvonalakra **bemeneti szűrés (import filter)**
 - nem kell minden hirdetést elfogadni

BGP: path-vector EGP

- A hirdetések egy AS-útvonal-adatbázisban gyűjtjük: **BGP RIB** – természetesen a bemeneti szűrés után
- Az adatbázisból minden prefixre **kiválasztjuk a legjobb útvonalat: aktív út** adott prefixre
 - az AS saját útválasztási preferenciái szerint
 - pl.: „valley-free routing” + „prefer customer”, döntetlen esetén „legrövidebb AS-útvonal”
 - gyakorlatilag tetszőleges preferencia érvényesíthető

BGP útválasztás: folyamatábra

- **BGP konfiguráció:** BGP viszonyok leírása + hirdetett prefixek + import/export szűrők
- Az útválasztás szűrőkkel befolyásolható



BGP: üzenetek

- **Open:** BGP viszony létrehozása két router közt
 - BGP viszonyban levő két router általában fizikailag is szomszédos (link van köztük)
 - de lehet BGP viszony több routeren keresztül
- **Keep Alive:** viszony frissítése periodikusan
- **Notification:** viszony lezárása
- **Update:** útvonal frissült
 - **Announce (hirdetés):** új útvonal egy prefixre
 - **Withdraw (visszavonás):** meghirdetett útvonal visszavonása

BGP: hirdetés

- BGP hirdetés = prefix + attribútumok
- BGP attribútumok:

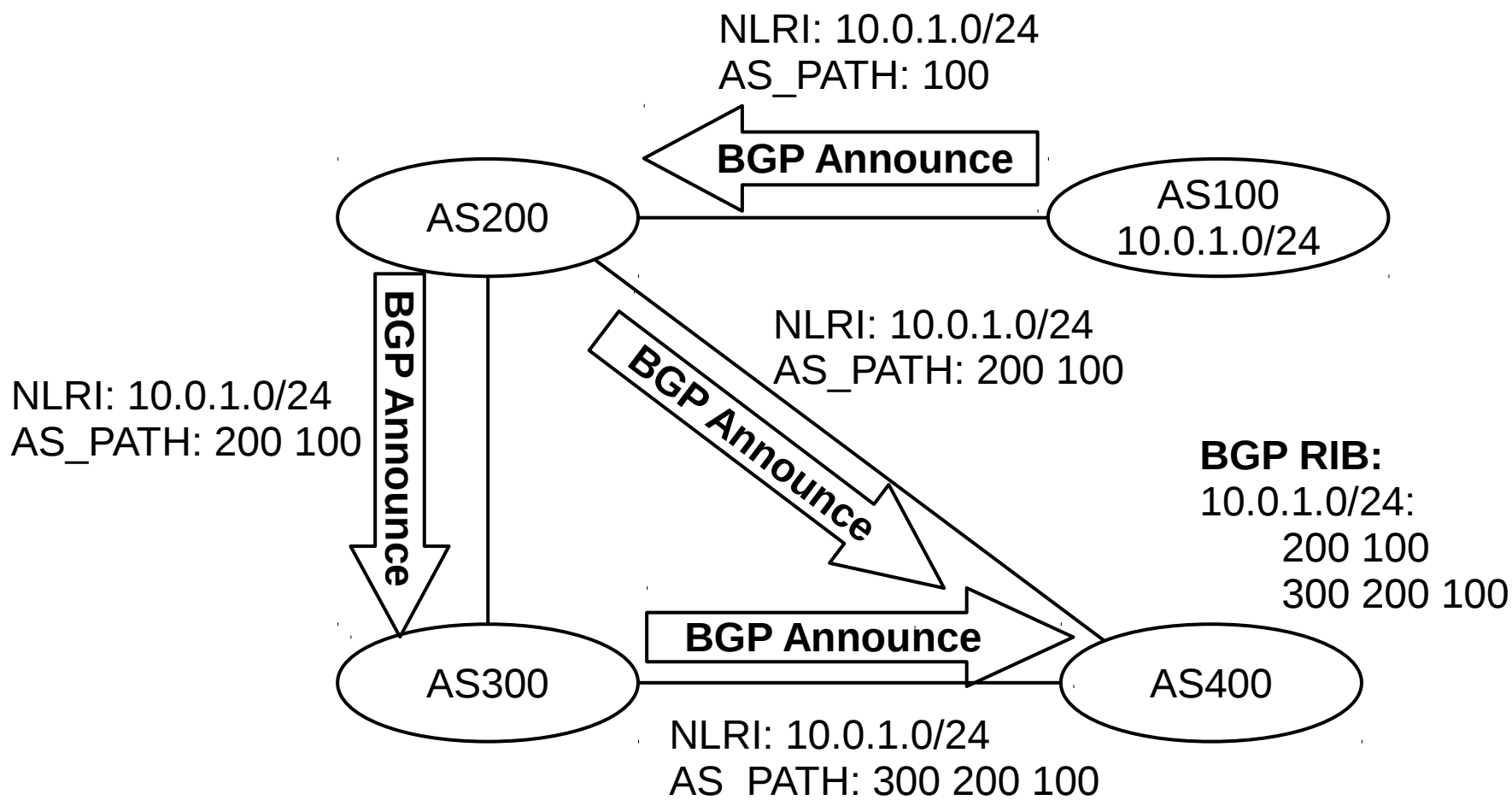
Value	Code	Reference
...		
2	AS_PATH	[RFC1771]
3	NEXT_HOP	[RFC1771]
...		
5	LOCAL_PREF	[RFC1771]
...		
8	COMMUNITY	[RFC1997]
...		
16	EXTENDED COMMUNITIES	[RFC4360]
...		
255	reserved for development	

BGP hirdetés: NLRI

- **Network Layer Reachability Information (NLRI):** mely prefixre vonatkozik a hirdetés
 - alapesetben egyetlen IP prefix: pl. `10.0.1.0/24`
 - több prefix is belefoglalható egy hirdetésbe
 - ekkor a meghirdetett attribútumok az összes prefixre vonatkoznak
 - IPv6 cím is belekódolható (sőt, multicast címek is, stb.)

BGP attribútumok: AS_PATH

- AS-útvonal a prefix felé: AS számok listája



BGP hirdetések: illemszabályok

1)BGP hirdetés generálása egy prefixre: az AS garantálja az egész Internet számára, hogy ő a prefix jogos felhasználója

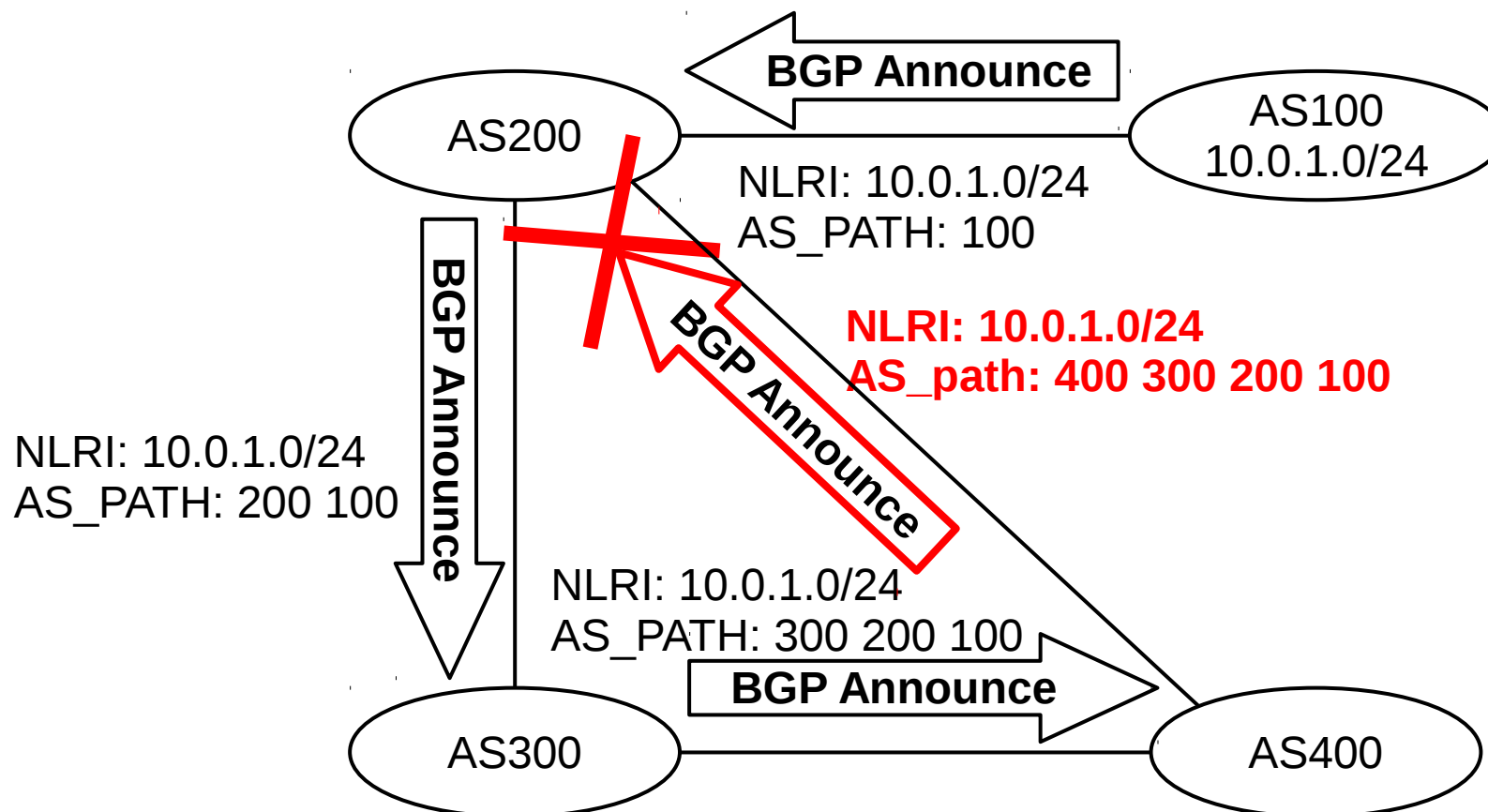
- a hirdetés az összes Internet routerhez eljut
- de ezt senki sem ellenőrzi: prefix hijacking

2)BGP hirdetés továbbítása: az AS vállalja a szomszéd AS számára, hogy a meghirdetett prefix forgalmát továbbítja a cél AS felé

- lehetőleg módosítás/lehallgatás nélkül
- egyébként: forgalmi fekete lyuk (black-hole)

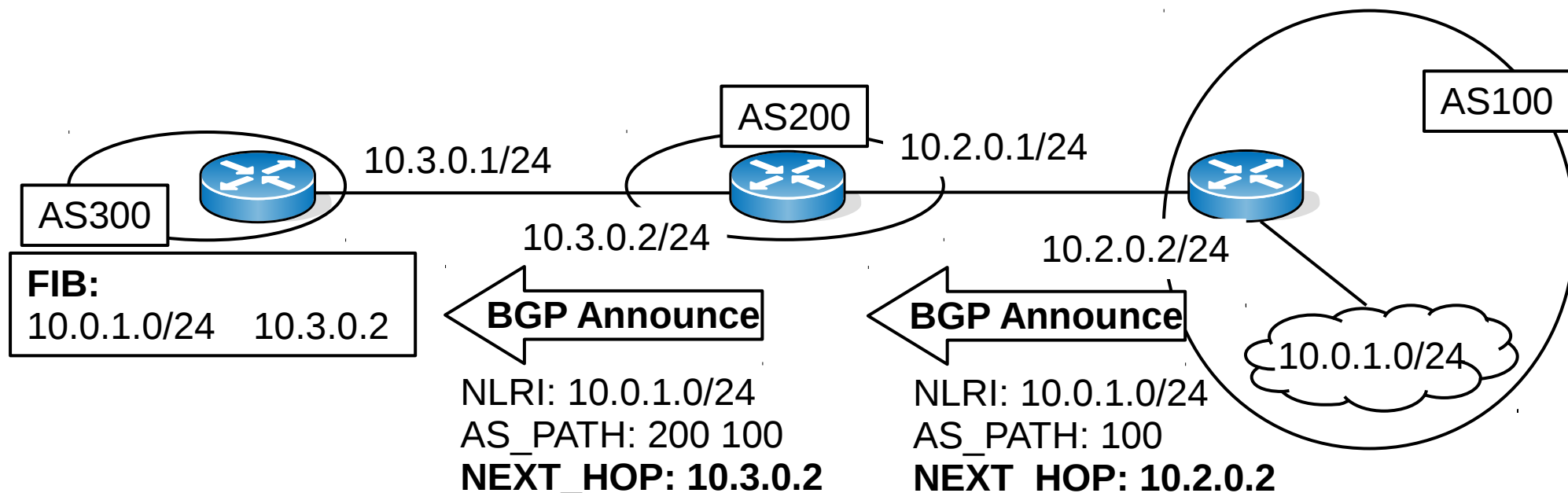
BGP: hurkok elkerülése

- **Szabály:** a BGP routerek nem fogadják el olyan hirdetést, melyben az AS_PATH attribútumban megtalálják a saját AS számukat



BGP attribútumok: NEXT_HOP

- A meghirdetett AS útvonalhoz tartozó next-hop
 - a hirdetést elfogadó router ezt a next-hop címet rendeli a prefixhez a FIBjében
 - továbbításakor a saját IP címére állítja



További BGP attribútumok

- **LOCAL_PREF (Local Preference, lokális preferencia):**
 - az egyik legfontosabb BGP attribútum
 - melyik hirdetést preferáljuk egy prefixre
- Leggyakrabban az AS útválasztási preferenciáinak BGP konfigurációkra való lefordítására használják (lásd később)
- **COMMUNITY/EXTENDED COMMUNITIES:** egyes hirdetésekhöz „címkéket” rendelhetünk

BGP hirdetés: példa

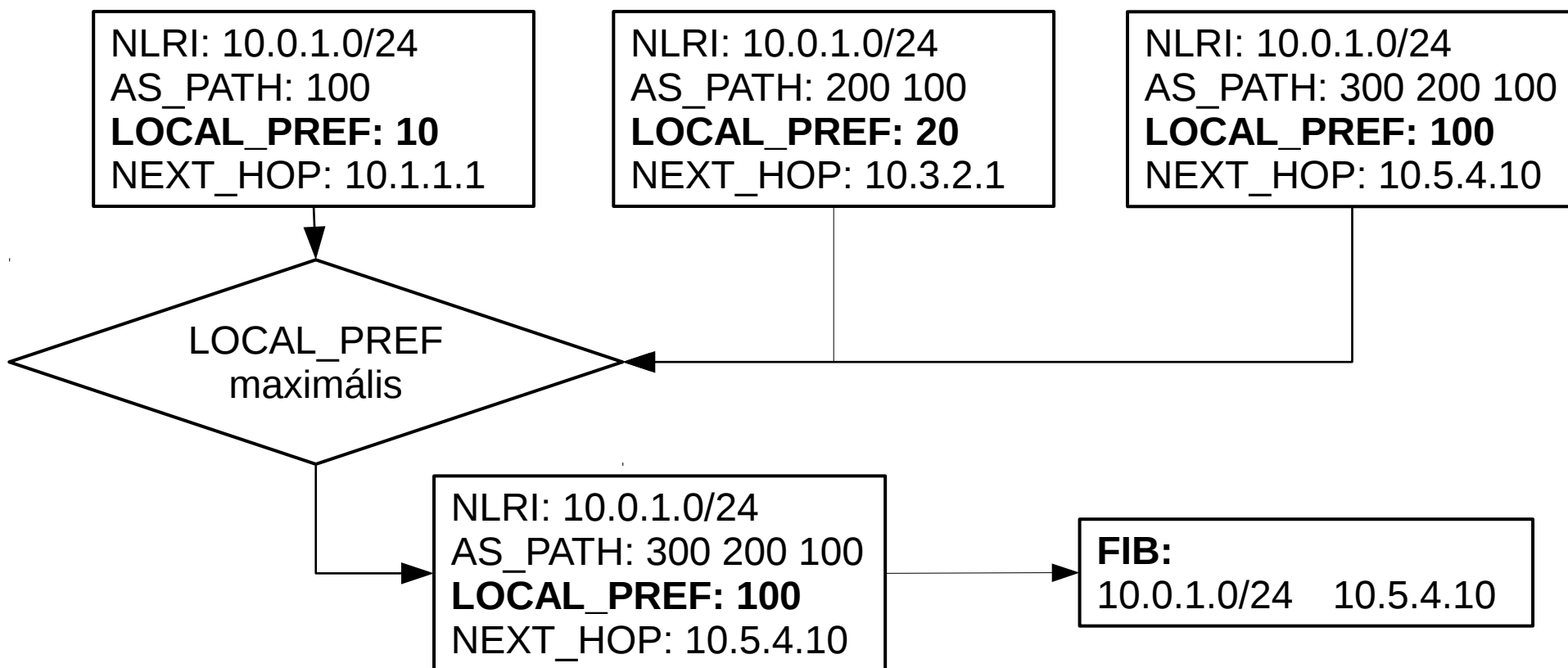
```
Internet Protocol Version 4, Src: ... Dst: ...
Transmission Control Protocol, Src Port: 58463
(58463), Dst Port: 179 (179), Seq: 84, Ack: 84,
Len: 52
Border Gateway Protocol - UPDATE Message
  Marker: ffffffffffffffffffffffffffffffffffffffff
  Length: 52
  Type: UPDATE Message (2)
  Withdrawn Routes Length: 0
  Total Path Attribute Length: 25
  Path attributes
    Path Attribute - ORIGIN: IGP
    Path Attribute - AS_PATH: 200 100
    Path Attribute - NEXT_HOP: 10.3.0.2
    Path Attribute - MULTI_EXIT_DISC: 0
  Network Layer Reachability Information (NLRI)
    10.0.1.0/24
```

BGP döntési mechanizmus

- Láttuk, hogy egy BGP router több hirdetést is kaphat egy adott prefixre
- A BGP **döntési mechanizmusa** dönti el, melyik lesz az aktív út, amely bekerül a FIBbe:
 - **bemenet:** az összes hirdetés adott prefixre
 - **kimenete:** az aktív út a prefixre → FIB
 - a döntési mechanizmus a hirdetések attribútumait hasonlítja össze
- A döntési mechanizmus fix, az útválasztási preferenciákat közvetetten érvényesíthetjük

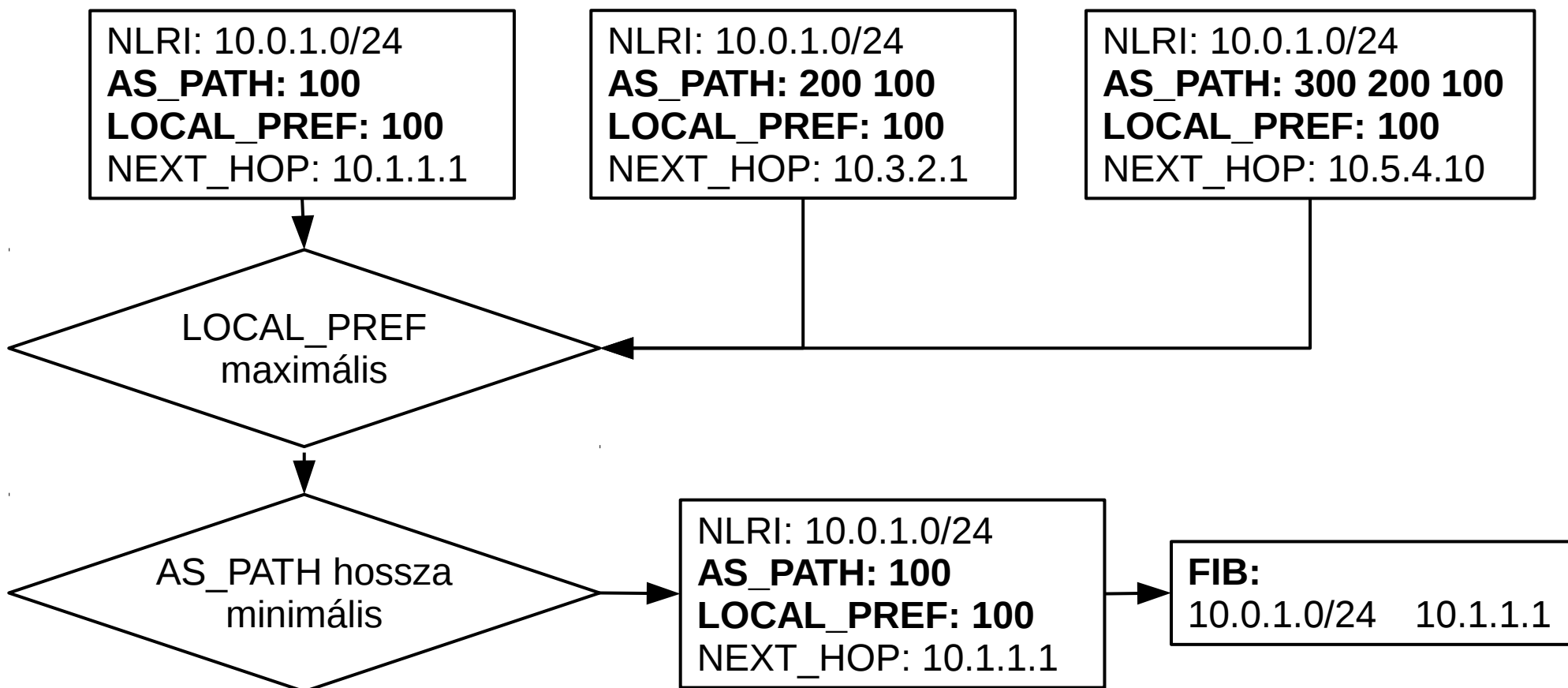
BGP döntési mechanizmus

- Elsőként azt a hirdetést fogadjuk el, amelynek **LOCAL_PREF attribútuma a legnagyobb**
- Akkor is, ha a hozzá tartozó AS út hosszabb!



BGP döntési mechanizmus

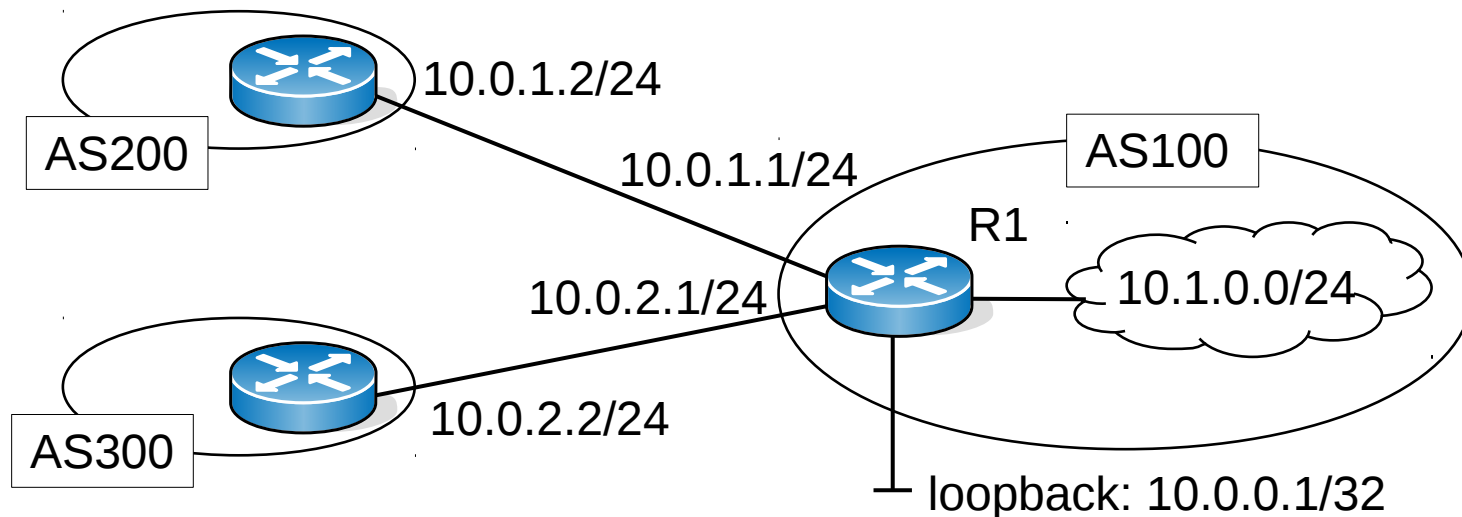
- Csak ha a lokális preferencia azonos több hirdetésen: **legrövidebb AS útvonal**
- Ha több opció maradt: további attribútumok



BGP konfiguráció: alapok

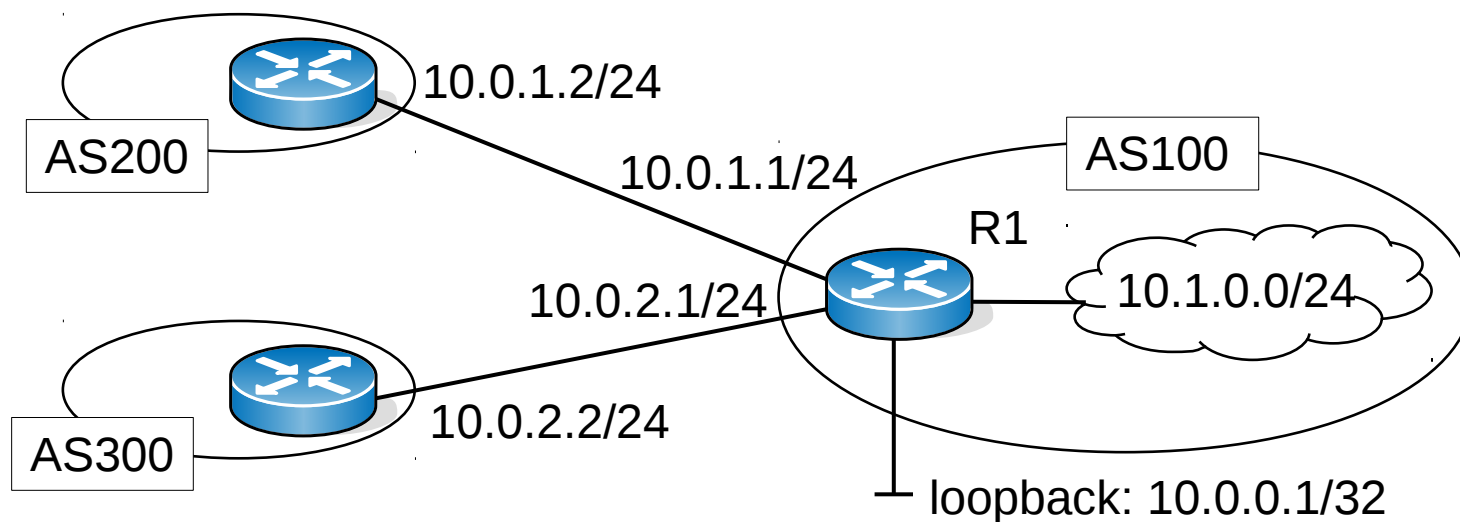
- Az alábbi konfiguráció adott, interfész IP címek beállítva az ábrán látható módon
- R1-en BGP router indítása és konfigurációjának kezdete: `router bgp <AS-szám>`

```
router bgp 100
```



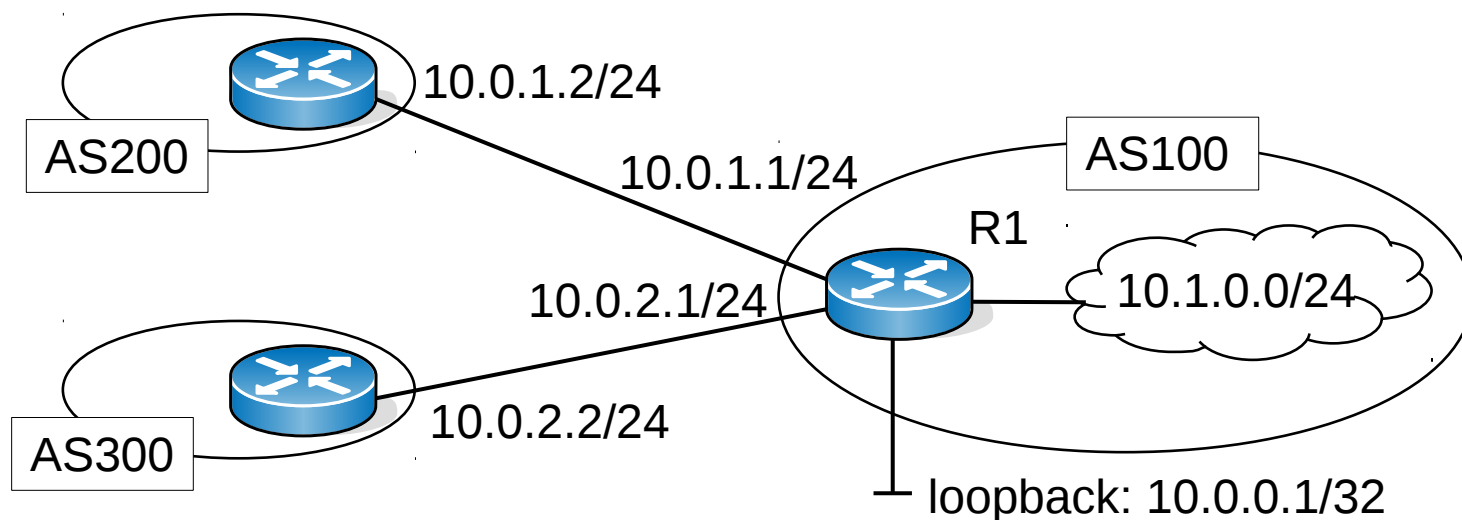
BGP konfiguráció: alapok

- A BGP routereket érdemes egyedi azonosítóval ellátni, különben nincs egyedi IP cím, amivel hivatkozhatnánk rá/címezhethetnénk
- Legtöbbször a loopback interfész címe
`bgp router-id 10.0.0.1`



BGP konfiguráció: alapok

- R1 a `10.1.0.0/24` címtartományt hirdeti:
`network 10.1.0.0/24`
- Ha egy AS egy prefixet hirdet az interneten, garantálnia kell, hogy tényleg az övé!

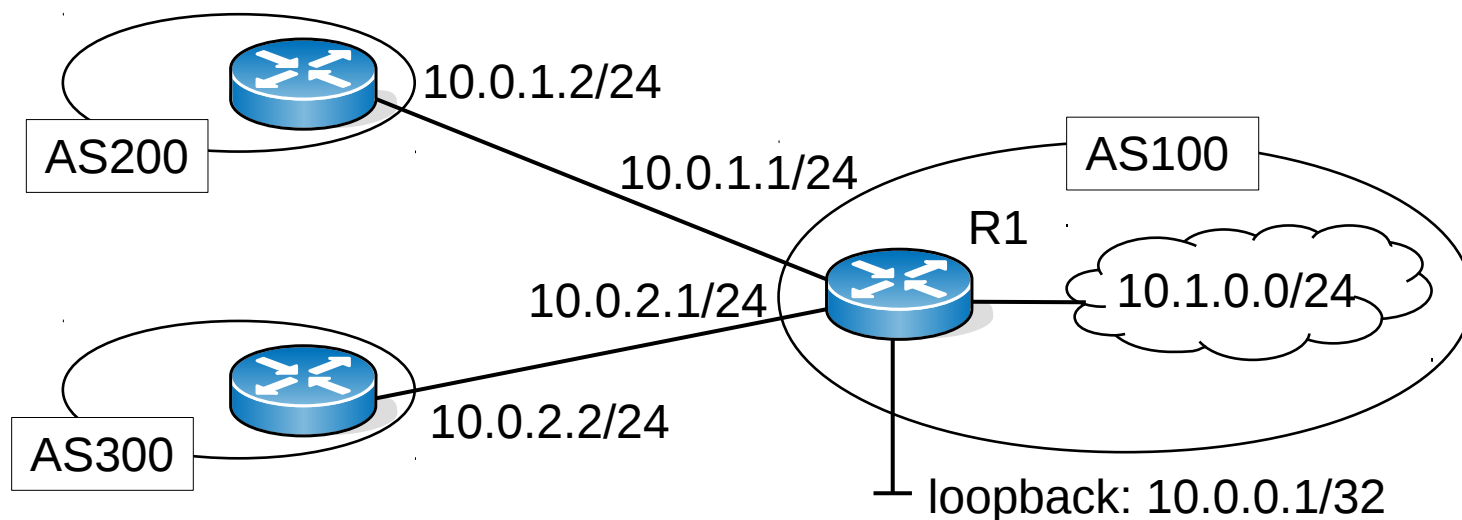


BGP konfiguráció: alapok

- A szomszédok címei és AS-számai, amelyekkel BGP kapcsolatot létesítünk:

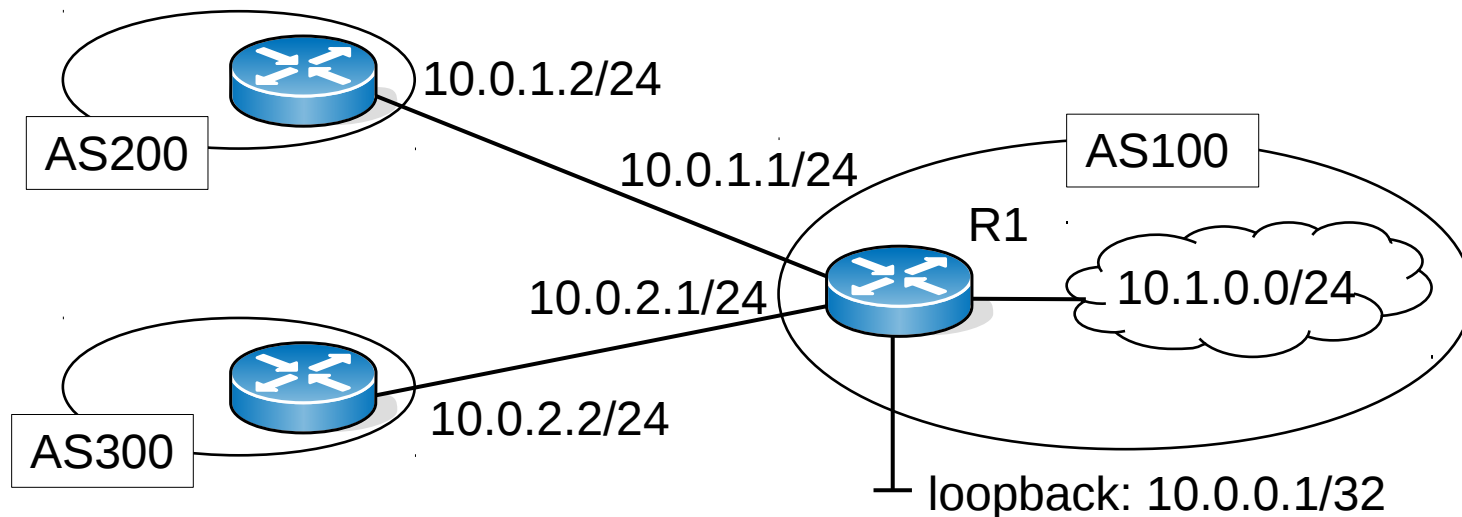
```
neighbor 10.0.1.2 remote-as 200
```

```
neighbor 10.0.2.2 remote-as 300
```



BGP konfiguráció: alapok

```
router bgp 100
  bgp router-id 10.0.0.1
  network 10.1.0.0/24
  neighbor 10.0.1.2 remote-as 200
  neighbor 10.0.2.2 remote-as 300
```



Útválasztási preferenciák megvalósítása BGP-n

Policy routing BGP felett

Hogyan lehet azt elérni, hogy a BGP az általunk preferált útvonalakat válassza?

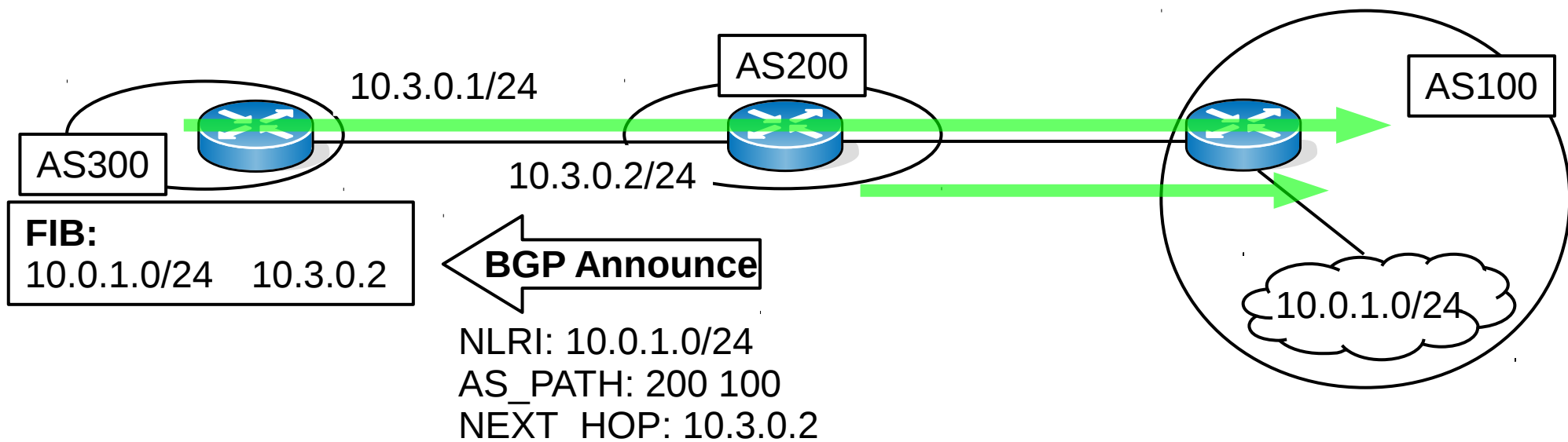
- Alapértelmezetten a BGP nem választ valley-free utakat, hiszen a koncepció nincs „bekódolva” a BGP döntési mechanizmusába
- Ha a BGP eltér az útválasztási preferenciáktól, az hatalmas anyagi veszteséget okozhat
- Például olyan forgalmakért is fizetünk egy szolgáltatónak, amelyeket ingyen is átvihattünk volna egy előfizetőn keresztül

Valley-free routing BGP felett

- Első körben azt vizsgáljuk, hogyan lehet elérni, hogy a BGP valley-free utakat válasszon
- Kihaszználjuk azt, hogy egy AS csak azok közül az utak közül választhat, amelyeket valaki meghirdet számára
- Ha nem hirdetünk egy útvonalat egy szomszédnak, az nem is használhatja (elvileg)
- Ki kell választanunk, milyen utakat hirdetünk
- **BGP konfiguráció:** import/export szűrők segítségével

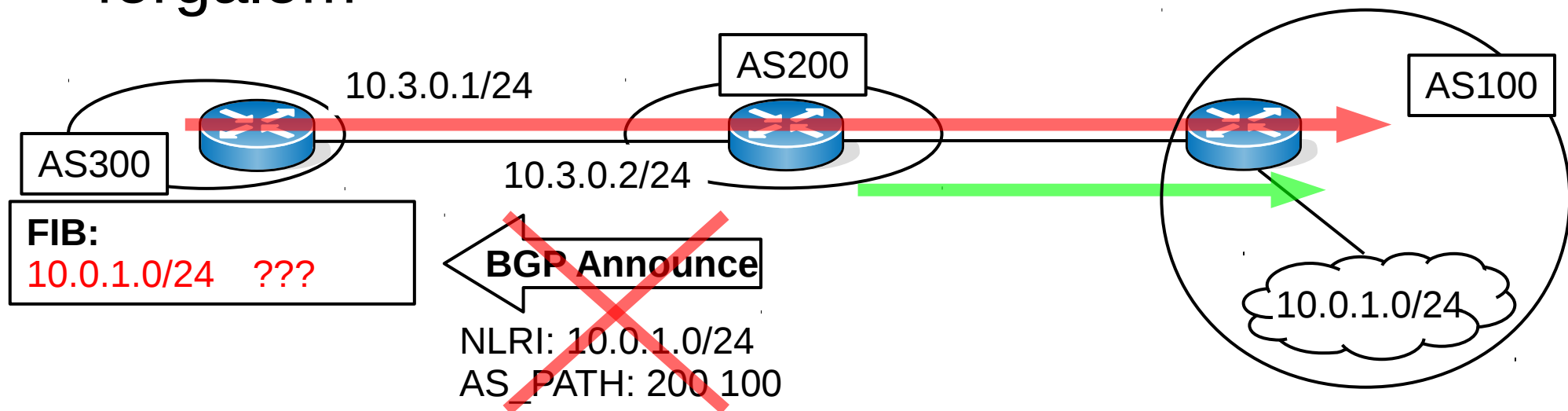
BGP hirdetés = tranzit

- Ha egy AS egy másik számára hirdet egy utat
- Vállalja, hogy annak forgalmát átviszi az úton
- **Példa:** AS200 meghirdeti AS300 számára a $10.0.1.0/24$ prefixet, akkor vállalja, hogy továbbít az $AS300 \rightarrow AS200 \rightarrow AS100$ úton



BGP hirdetés visszatartása

- Ha visszatartja a hirdetést: a másik AS nem tud az útról, vagyis nem használhatja
- **Példa:** AS200 nem hirdeti tovább AS300 számára a $10.0.1.0/24$ prefixet, így az $AS300 \rightarrow AS200 \rightarrow AS100$ úton nem haladhat forgalom

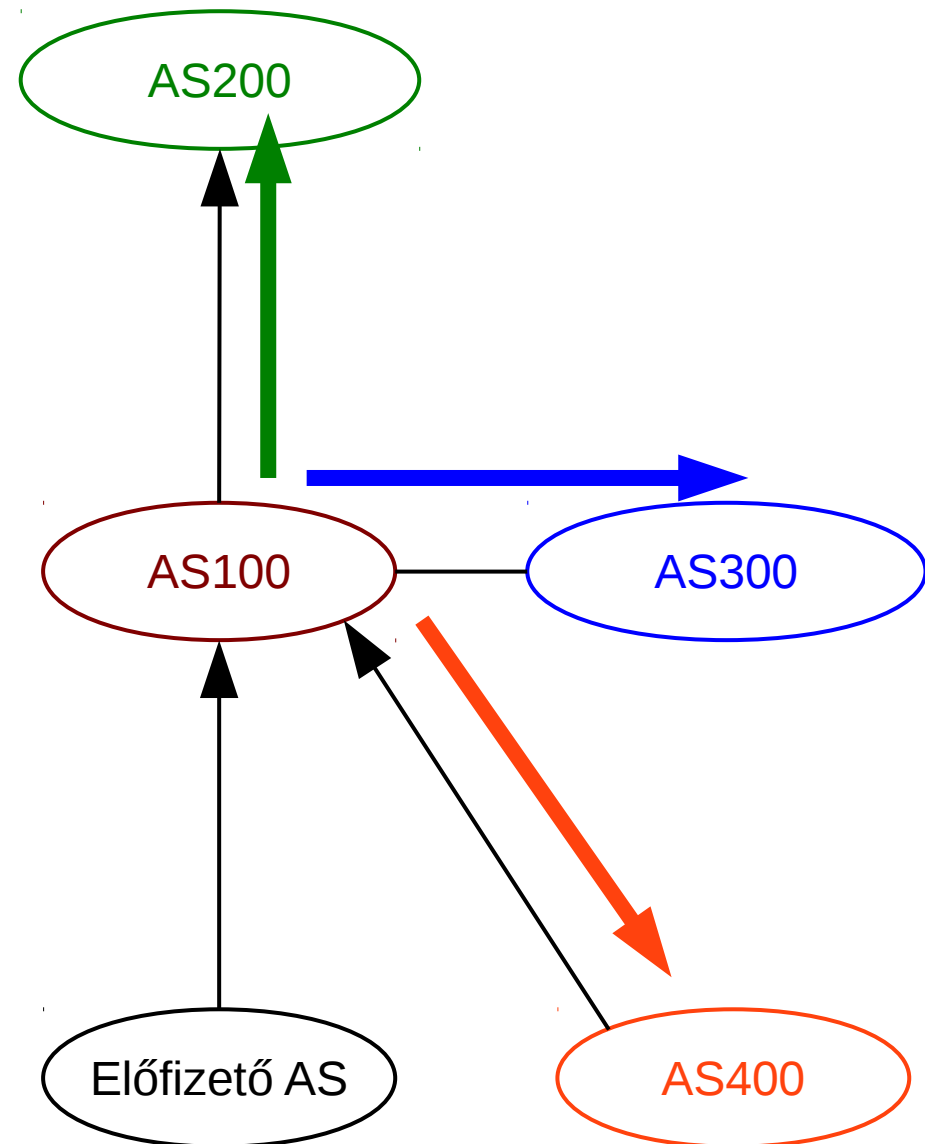


BGP hirdetések: szűrés

- **Feladat:** állítsuk be úgy a BGP import/export szűrőket, hogy a szomszéd AS csak valley-free utakról kapjon BGP hirdetést
- Másképp kell a útvonalakat/hirdetéseket szűrni attól függően, hogy azokat
 - milyen AS-AS kapcsolaton kaptuk (előfizetőtől, peer-től, vagy szolgáltatótól)
 - milyen AS-AS kapcsolaton küldjük (előfizető felő, peer felé, vagy szolgáltató felé)

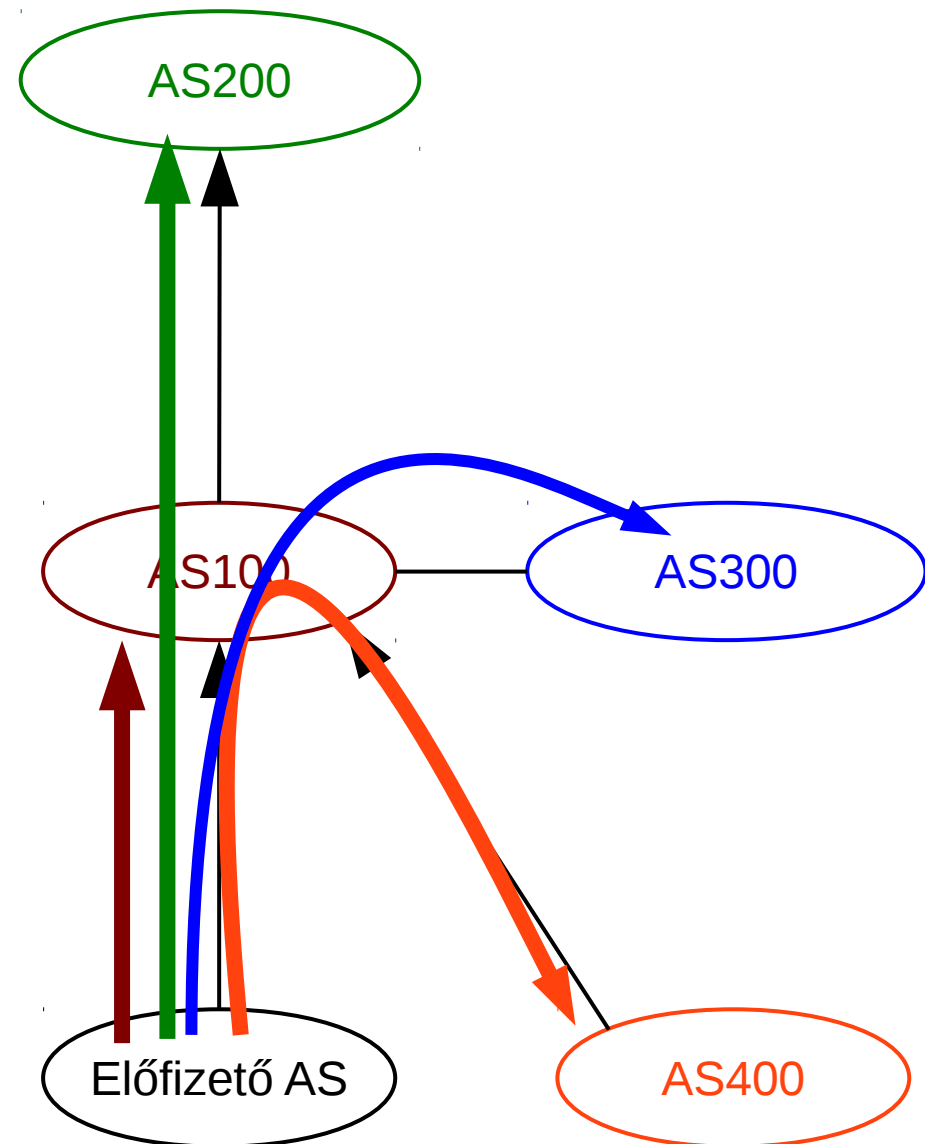
Szűrés előfizető felé

- AS100 útvonalai 4 csoportra oszthatók az első AS-AS linkjük típusa alapján:
 - előfizetőn keresztül
 - peer-en keresztül
 - szolgáltatón keresztül
 - saját prefixre vonatkozó
- Melyeket exportálja az Előfizető AS számára?



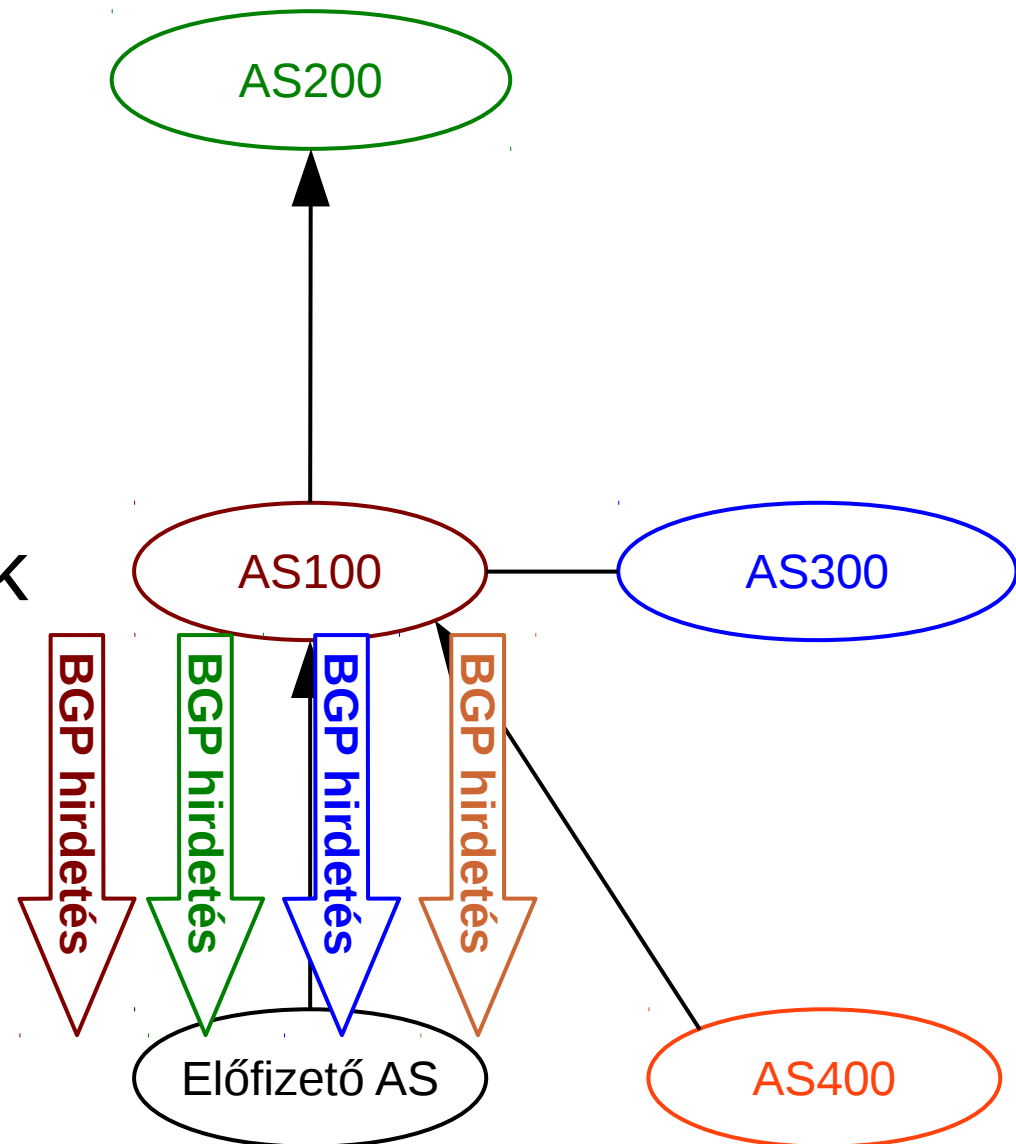
Szűrés előfizető felé

- Kaphatunk-e tiltott utat, ha **AS100** útjait kiegészítjük
Előfizető AS felé?
- **Észrevétel:** előfizető AS felől érkező minden út valley-free
- Az **AS100**-ba érkezők is



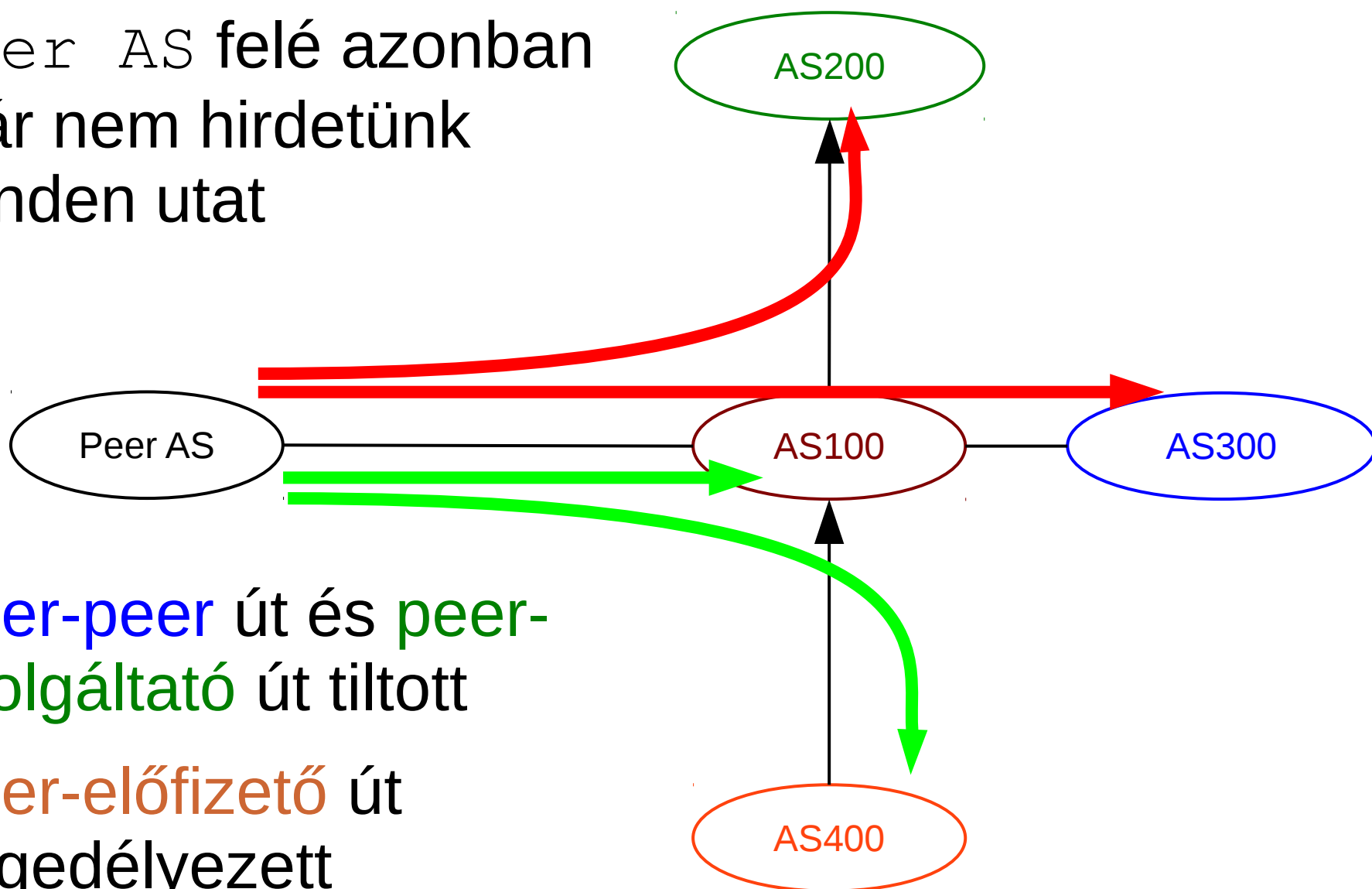
Szűrés előfizető felé

- Szabály: előfizető AS felé minden útvonal exportálható
- Szolgáltatóktól, peer-ektől és más előfizetőktől kapott utak
- AS100 a saját prefixeit is meghirdeti az előfizetőinek
- Előfizető felé nincs szűrés!



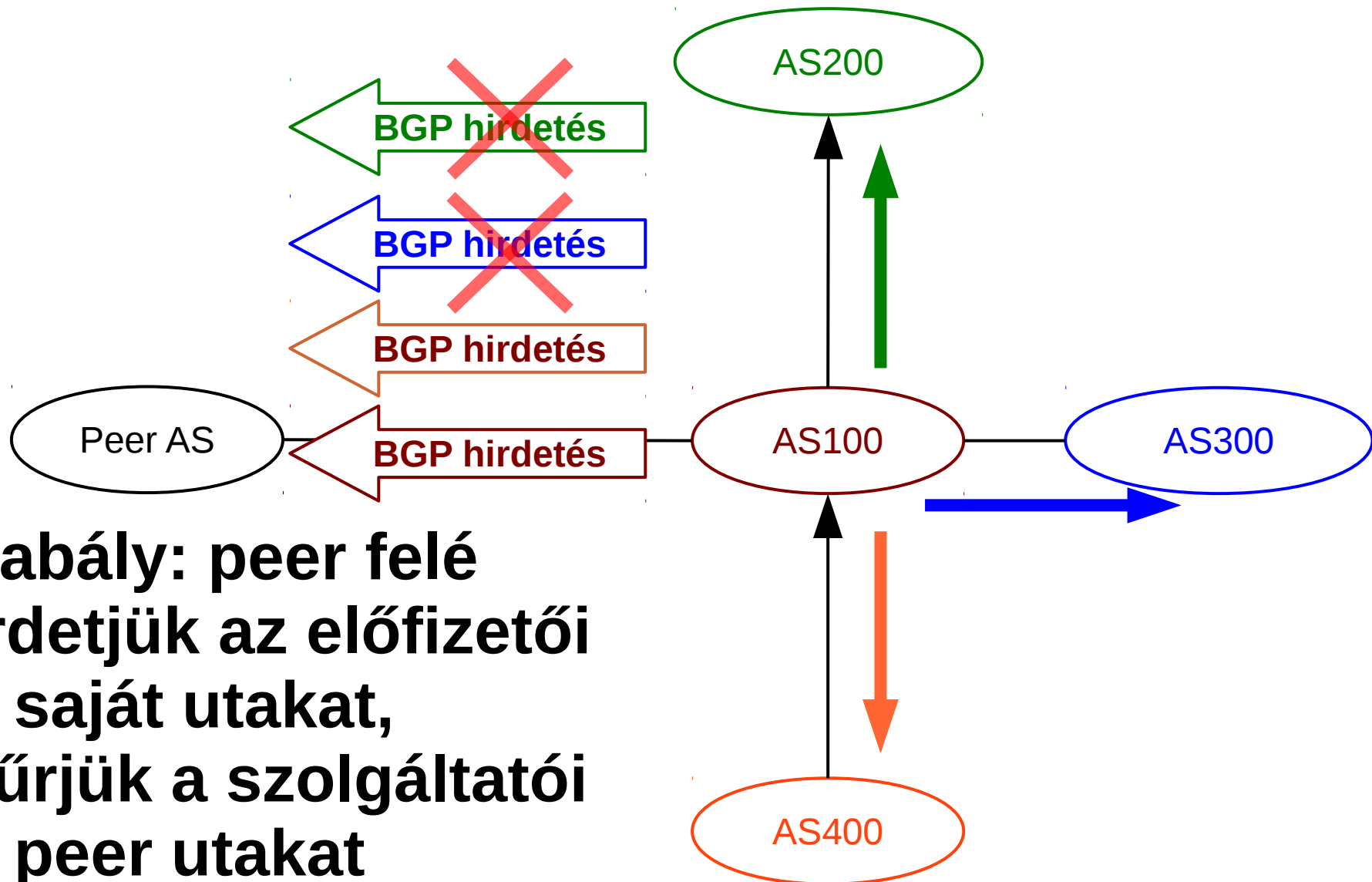
Szűrés peer felé

- Peer AS felé azonban már nem hirdetünk minden utat



- Peer-peer út és peer-szolgáltató út tiltott
- Peer-előfizető út engedélyezett

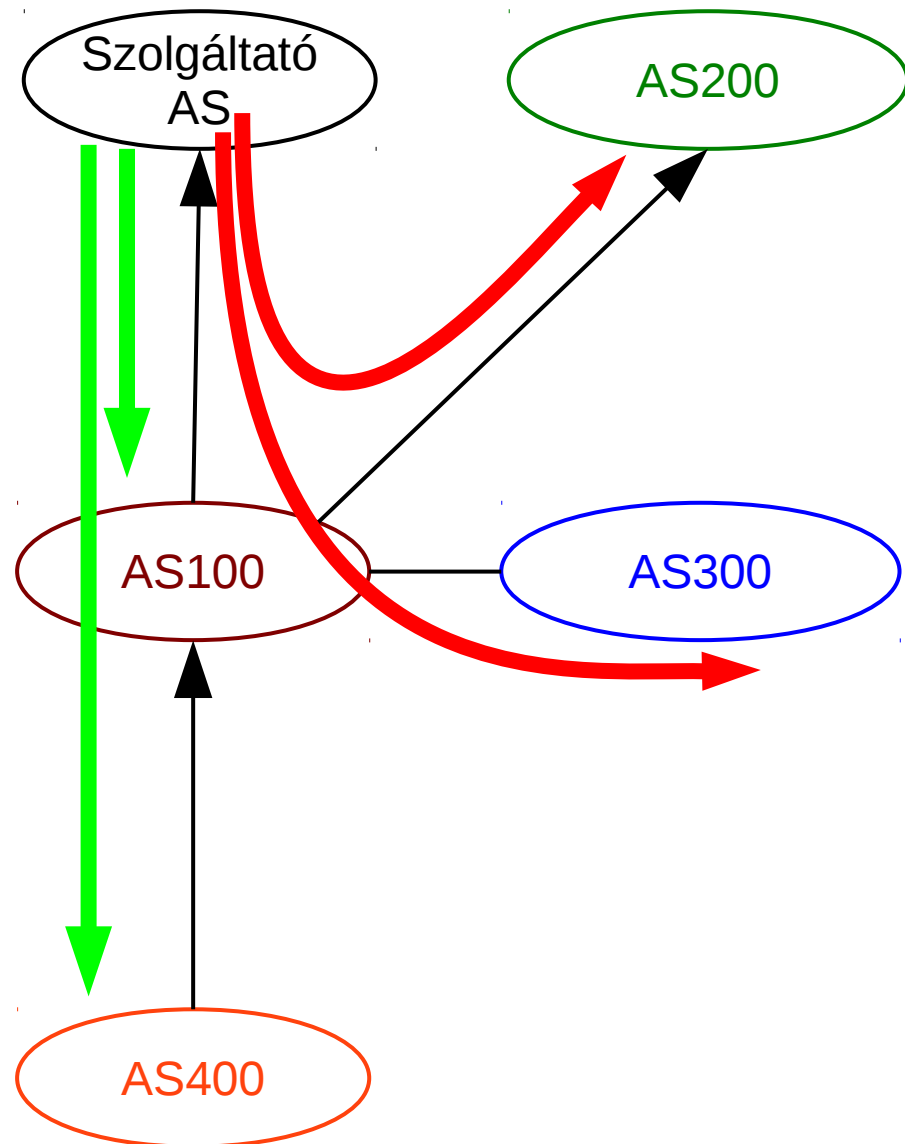
Szűrés peer felé



- **Szabály: peer felé hirdetjük az előfizetői és saját utakat, szűrjük a szolgáltatói és peer utakat**

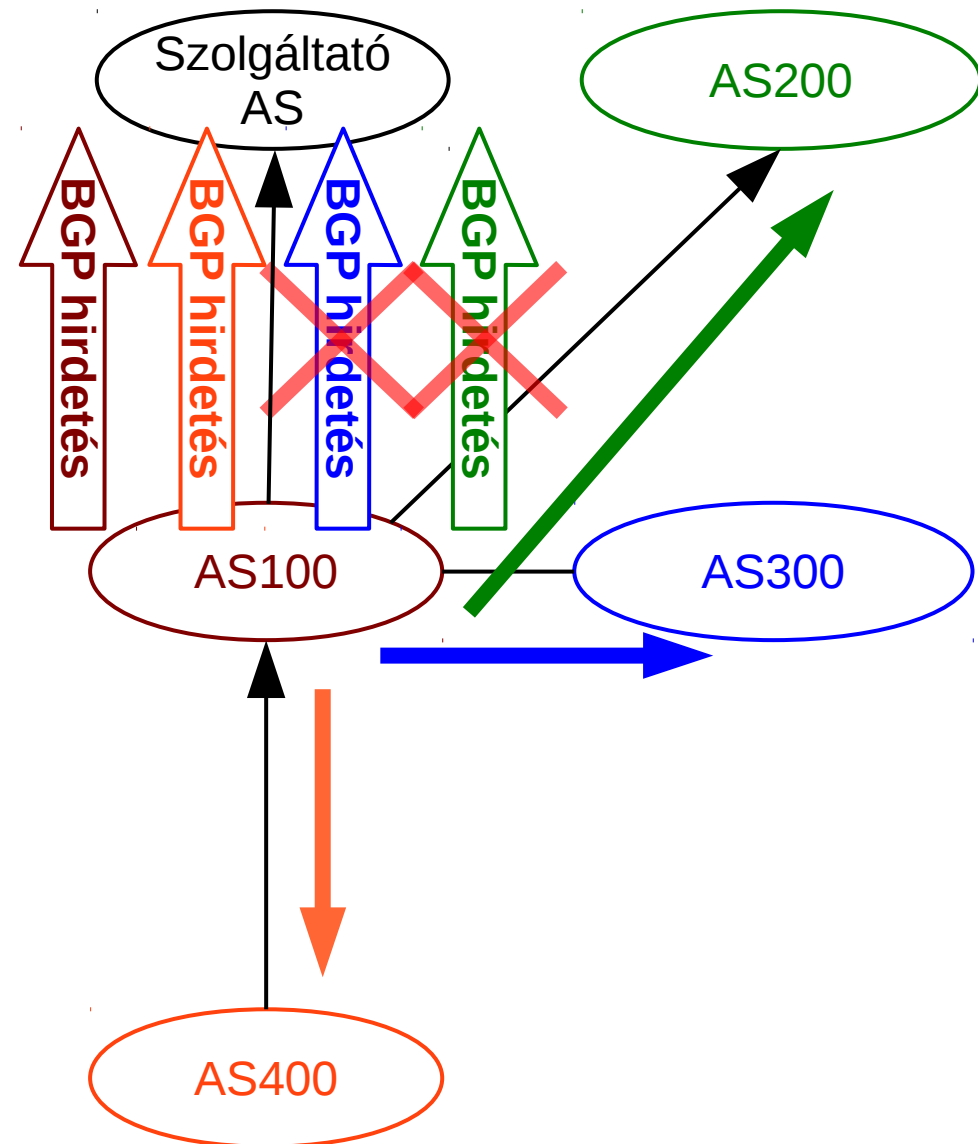
Szűrés szolgáltató felé

- **AS100** a szolgáltatótól induló útvonalak között is szelektál
- Nem visz át forgalmat két **szolgáltató** között, és tiltott a **szolgáltató** → **peer** útvonal is
- De a **szolgáltató** → **előfizető** és a **szolgáltató** → **AS100** utak megengedettek

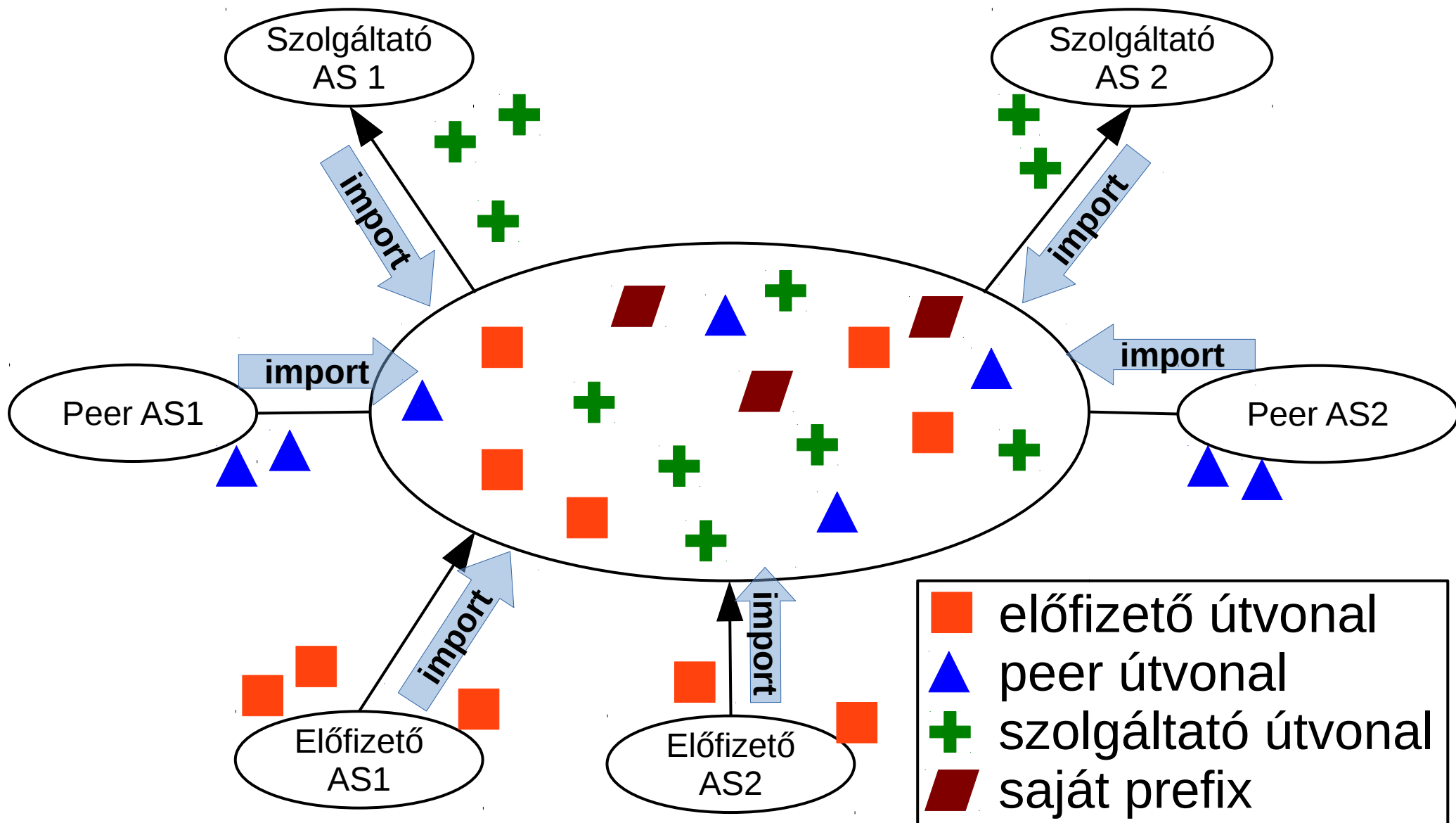


Szűrés szolgáltató felé

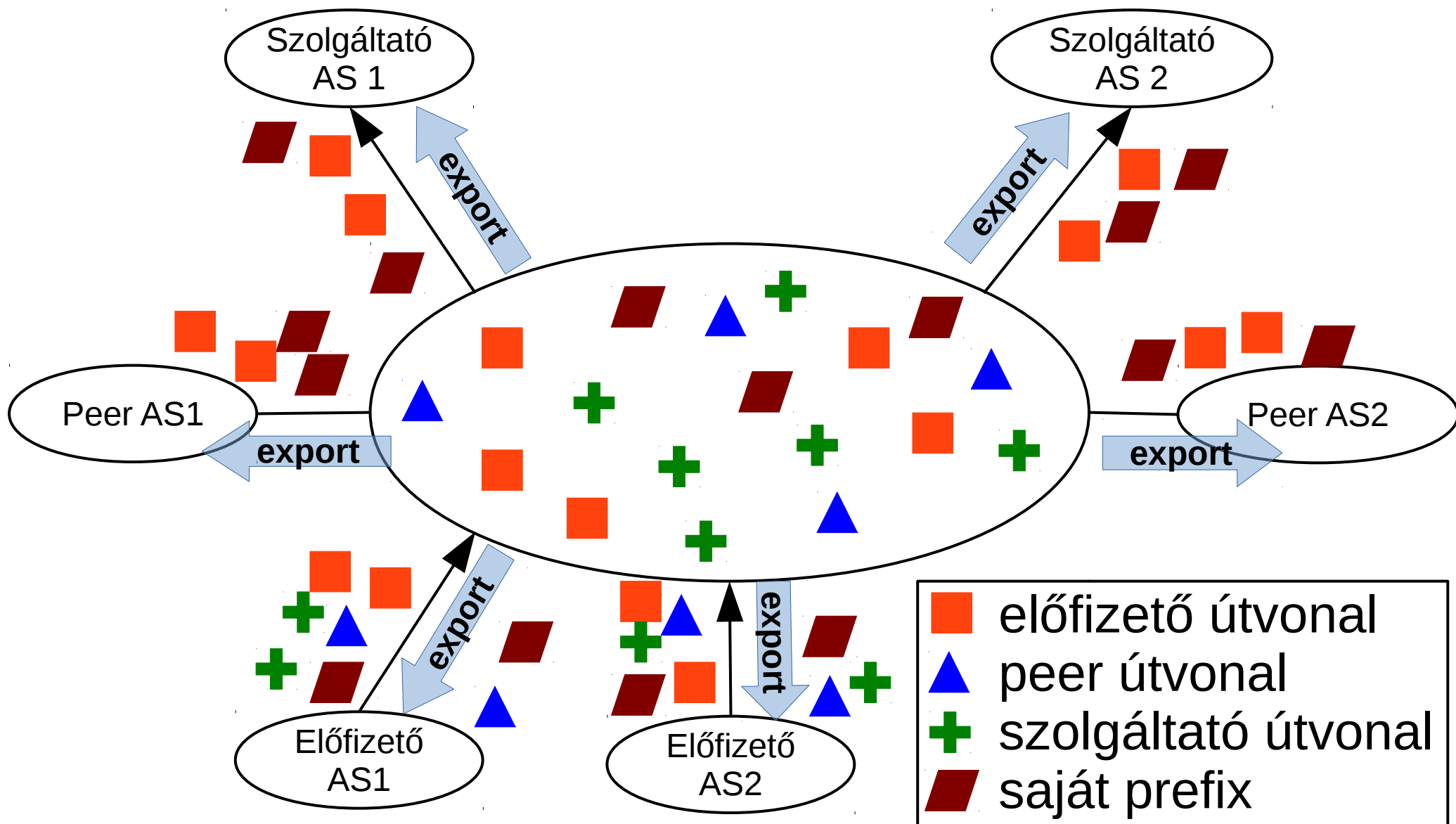
- **Szabály: szolgáltató felé hirdetjük az előfizetői és saját utakat, szűrjük a más szolgáltatókon és peer-eken áthaladó útvonalakat**
- Ugyanaz a szűrési feltétel, mint a peer esetében



Valley-free routing: import



Valley-free routing: export



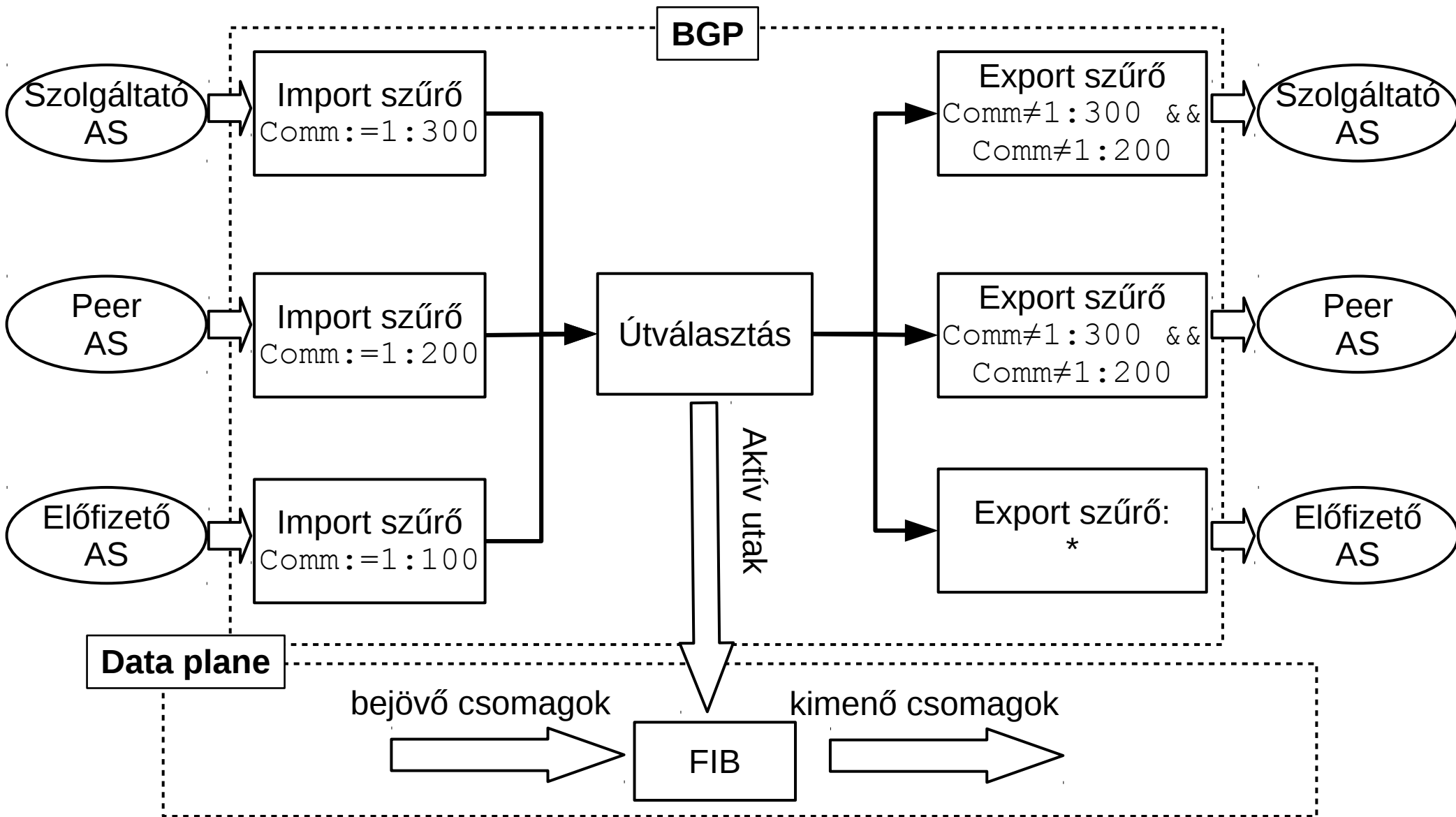
Valley-free routing: BGP konfiguráció

- A fenti logikát le kell képeznünk a BGP konfiguráció nyelvére
- A kapott hirdetések az **import szűrőkön** felcímkézzük: **BGP COMMUNITY** attribútum
- Így a hirdetés már leírja, hogy kitől kaptuk:
 - előfizetőtől kapott hirdetés: 1 : 100
 - peertől kapott hirdetés: 1 : 200
 - szolgáltatótól kapott hirdetés: 1 : 300
 - saját prefixre vonatkozó hirdetést szűrés nélkül exportálunk: nem kap címkét

Valley-free routing: BGP konfiguráció

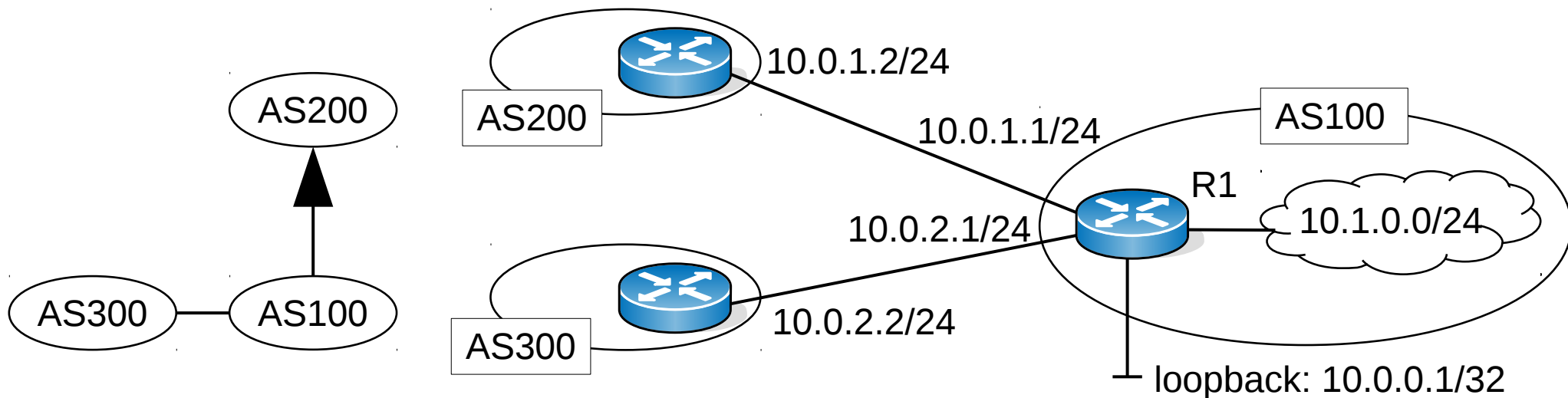
- Az **export szűrőkön a Community érték szerint szűrünk**
- Előfizető felé minden hirdetést átengedünk
- Peer és szolgáltató felé
 - átengedjük az előfizetőtől kapott (`Comm=1:100`) és saját prefixre vonatkozó hirdetéseket
 - szűrjük a peer-től kapott (`Comm=1:200`) és a szolgáltatótól kapott (`Comm=1:300`) hirdetéseket

Valley-free routing: BGP konfiguráció



Valley-free routing: import szűrő

- Tegyük most fel, hogy AS200 szolgáltatója, AS300 pedig peer-je AS100-nak
- Import szűrő az AS300 hirdetéseinek jelölésére
`route-map rm-peer-set-cm permit 20`
`set community 1:200`

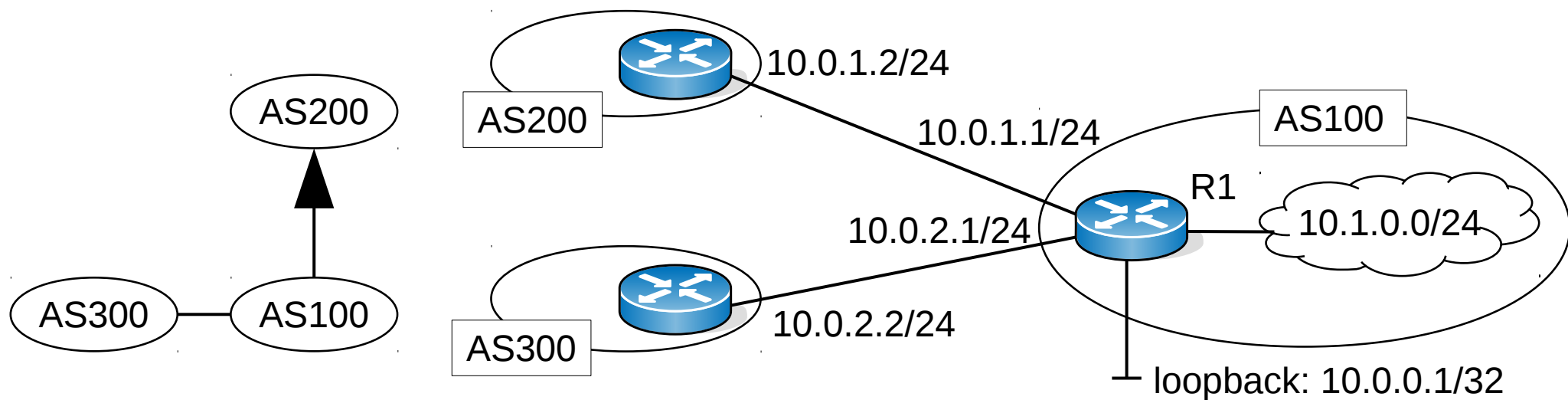


Valley-free routing: import szűrő

- A szűrőt az AS300-hoz rendeljük

```
neighbor 10.0.2.2 route-map rm-peer-set-cm in
```

- Hasonlóan definiálunk import szűrőt AS200 hirdetéseinek az 1:300 szolgáltatói community-vel való jelölésére



Valley-free routing: export szűrő

- AS300 peer és AS200 szolgáltató felé szűrni kell a szolgáltatói és a peer hirdetések
- Ehhez először definiáljuk a kiszűrendő community-k listáját
- Illeszkedik (1:200 VAGY 1:300) community-kre (mert permit és külön sorokból áll)
- 1:200 ÉS 1:300 community-re illeszkedő lista:

```
ip community-list standard cm-no-export permit 1:300
```

```
ip community-list standard cm-no-export permit 1:200
```

```
ip community-list standard cm-list permit 1:200 1:300
```

Valley-free routing: export szűrő

- Az első `route-map` kiszűri az `1:200` és `1:300` `community`-ket tartalmazó hirdetéseket

```
route-map rm-no-export deny 10  
  match community cm-no-export
```
- `deny`: az illeszkedő hirdetések eldobódnak
- A nem illeszkedő hirdetések is eldobódnának (a `route-map`-ek alapértelmezett kimenete `deny`)
- Kell egy üres, az elsőnél alacsonyabb prioritású `route-map`, ami mindent átenged

```
route-map rm-no-export permit 20
```

Valley-free routing: példa

```
!!! BGP router konfigurációja
!!! Comunity-k:
!!!     1:100: előfizető
!!!     1:200: peer
!!!     1:300: szolgáltató
router bgp 100
  bgp router-id 10.0.0.1
  network 10.1.0.0/24
  neighbor 10.0.1.2 remote-as 200
  neighbor 10.0.1.2 route-map rm-prov-set-cm in
  neighbor 10.0.1.2 route-map rm-no-export out
  neighbor 10.0.2.2 remote-as 300
  neighbor 10.0.2.2 route-map rm-peer-set-cm in
  neighbor 10.0.2.2 route-map rm-no-export out

!!! folytatás a következő oldalon
```

Valley-free routing: példa

```
!!! import szűrők
route-map rm-prov-set-cm permit 10
  set community 1:300

route-map rm-peer-set-cm permit 10
  set community 1:200

route-map rm-cust-set-cm permit 10
  set community 1:100

!!! export szűrők
ip community-list standard cm-no-export permit 1:200
ip community-list standard cm-no-export permit 1:300

route-map rm-no-export deny 10
  match community cm-no-export

route-map rm-no-export permit 20
```