

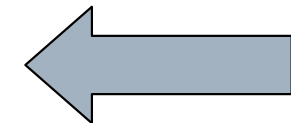
QoS IP-hálózatokban: *túl a Best Effort-on*

IntServ, DiffServ

Számítógép-hálózatok 2009

Multimédia IP-hálózatokban, összefoglalás

- *Feladatcsoportok és*
 - *jellegzetes protokollok*
- Médiakezelés
 - RTP, RTCP, RTSP (1. rész)
- Hívásvezérlés
 - SIP (2. rész)
- Szolgáltatásminőség-biztosítás
 - IntServ*, DiffServ*, RSVP (3. rész)
 - * *nem protokoll, hanem módszer*



Mi a QoS?

- QoS = végpontok közötti garanciák, adott időszakra és adott forgalom mellett, az alábbi és hasonló paraméterekre vonatkozóan:
 - Rendelkezésreállítás
 - Átviteli sebesség, „sáv szélesség”
 - Késleltetés, késleltetésingadozás
 - Veszteség

- A QoS biztosításának eszközei:
 - Forgalmi méretezés
 - Protokollválasztás
 - Hálózati architektúra megválasztása, hálózati biztonság
 - Tárhely menedzselése

A QoS biztosításának módszerei

- „Nyers erő” (over-provisioning)
- ATM
 - Összeköttetés-alapú kommunikáció (virtuális utak és áramkörök plusz felhasználó-hálózat közötti szerződés, beengedésszabályozás, erőforrás-menedzselés)
- Folyamankénti (per-flow) QoS-biztosítás
 - IETF’s Integrated Services (IntServ) módszer
- Forgalomosztály-alapú (class-based) QoS-biztosítás
 - IETF’s Differentiated Services (DiffServ) módszer
- MPLS (Multi-Protocol Label Switching)
 - Az MPLS önmagában nem QoS-módszer, csupán lehetőséget nyújt QoS-biztosításra azzal, hogy az IP-re összeköttetés-alapú képességet ültet
- LAN-okban
 - Virtuális LAN-ok (már volt erről szó)

QoS, összeköttetés-alapú hálózatban: ATM

- Az elv:
 - Minden ATM összeköttetéshez QoS-kategória kapcsolódik, és a hálózat garantálja a megállapodás szerinti QoS-t minden összeköttetés számára
- Megvalósítás:
 - A forgalom jellemzése, forgalomleírók
 - QoS-paraméterek készlete
 - ATM szolgáltatási kategóriák
 - Torlódásvezérlés
 - Preventív - Call admission control – beengedésszabályozás
 - Reaktív – ABR

ATM szolgáltatás-minőségek (QoS)

- CBR – continuous bit rate
 - Forgalomleírók: PCR, CDVT
 - QoS jellemzők: maxCDV, MaxCTD, CLR
- rt-VBR – real-time variable bit rate
 - Forgalomleírók: PCR, CDVT, SCR, MBS
 - QoS jellemzők: maxCDV, MaxCTD, CLR
- nrt-VBR – non-real-time variable bit rate
 - Forgalomleírók: PCR, CDVT, SCR, MBS
 - QoS jellemzők: CLR
- UBR – unspecified bit rate
 - PCR specifikálva van, de nem használja a CAC és a policing
 - Nincsenek QoS paraméterek jelezve

Módszerek a QoS biztosítására összeköttetés-mentes hálózatokban

- IP-alapú megoldások:
 - Integrated Services (IntServ)
 - QoS az egyedi csomagfolyamokra: „finom felbontású” módszer
 - Differentiated Services (DiffServ)
 - QoS folyamosztályokra: „durva felbontású” módszer
- Az ATM:
 - *önmagában finom felbontású módszer, ugyanakkor a QoS-t nem a hálózati rétegben valósítja meg, hanem az adatkapcsolati rétegben*

Integrated Services (IntServ)

- Az „Integrated Service Working Group”
 - 1995-97 szolgáltatás-osztályok specifikálása
 - az RSVP (Resource reSerVation Protocol) használata
- Több RFC-ben specifikálták: 1633, 2211, 2212, 2215, 2216
- A szolgáltatásosztályok:
 - Best Effort
 - Guaranteed Quality (RFC 2212):
 - garantált korlátok bármely csomag késleltetésére
 - Controlled-Load (RFC 2211):
 - függetlenít a többi forgalomtól, terheléstől, törekszik kb. ugyanolyan szolgáltatást nyújtására, mint amelyet a folyam kapna, ha terheletlenek lennének a hálózati csomópontok

Controlled-load service provides the client data flow with a quality of service closely approximating the QoS that same flow would receive from an unloaded network element, but uses capacity (admission) control to assure that this service is received even when the network element is overloaded. (RFC 2211)

Az alkalmazások igényei és az IntServ-szolgáltatások

1. „Elastic applications”

- nincs késleltetési vagy bármilyen korlát
- tipikus TCP/IP adat-alkalmazások

Best effort service

3 alosztály:

- interactive burst (pl. WEB)
- interactive bulk (pl. FTP)
- asynchronous (pl. e-mail)

ATM-analógia: UBR – unspecified bit rate

Az alkalmazások igényei és az IntServ-szolgáltatások (folyt.)

2. „Real-time tolerant (RTT)” alkalmazások

- gyenge késleltetéskorlátok, alkalmanként csomagvesztés megengedett
- pl.: tárolásos videóalkalmazások

Controlled load service

- átlagos késleltetés garantált
- mennyiségi biztosítékok nélkül

ATM analógia: nrt-VBR – non-real time variable bit rate

3. „Real-time intolerant (RTI)” alkalmazások

- min. késleltetés és késleltetés-ingadozás
- Pl.: beszéd, élő videókonferencia

Guaranteed service

- Átvitelisebesség- és késleltetéskorlátok

ATM analógia: rt-VBR, CBR (continuous bit rate)

Az IntServben használt mechanizmusok

- A forgalom és a kért szolgáltatásminőség leírása – *traffic descriptors az ATM-nél*
 - *itt: TSpec és RSpec, l. később*
- Erőforrás-foglalás jelzésátvitellel
- Beengedés-szabályozás - *admission control*
- A forrás forgalmának ellenőrzése és formálása - *traffic policing*
- Ütemezés - *scheduling*

Az IntServben használt mechanizmusok (1)

- A forgalom **leírása, kérése, engedélyezése**
 - a felhasználó (alkalmazás) specifikálja a forgalmát a hálózat számára
 - *ATM-nél: forgalomleírók – traffic descriptorok*
 - meghatározott szolgáltatást kér a hálózattól, melynek alapján a hálózat eldönti, hogy tudja-e ezt vállalni, beengedi-e az új folyamatot a hálózatba (*admission control*, beengedés-szabályozás)
 - *ATM-nél is van, kulcskérdés*

Az IntServben használt mechanizmusok (2)

- Foglалás, forgalom-ellenőrzés, ütemezés
 - információt cserélnek az erőforrás-foglalásról (jelzésátvitel, az IntServben az *RSVP-protokoll* segítségével)
 - *áramkörkapcsolt és összeköttetés-alapú hálózatokban a hívásvezérlő protokollok*
 - a hálózat gondoskodik arról, hogy a forrás forgalma ne térjen el a megadottól (*traffic policing*)
 - a hálózat meghatározza a csomagok sorbaállítását és kiszolgálását a csomópontokon (*scheduling, ütemezés*)

A csomagfolyam-specifikáció (flowspec)

□ Két eleme van:

- *TSpec*: leírja a folyam forgalmi jellemzőit, informálva ezzel a hálózatot a szükséges sávszélességről → lehetővé téve a döntést a beengedés-szabályozás részére

- *TSpec: a Traffic Specification-ből jön*

- *RSpec*: leírja az igényelt szolgáltatásminőséget

(pl. *controlled load*, vagy késleltetési korlát)

- *RSpec: a Reservation vagy Request Specification-ből*

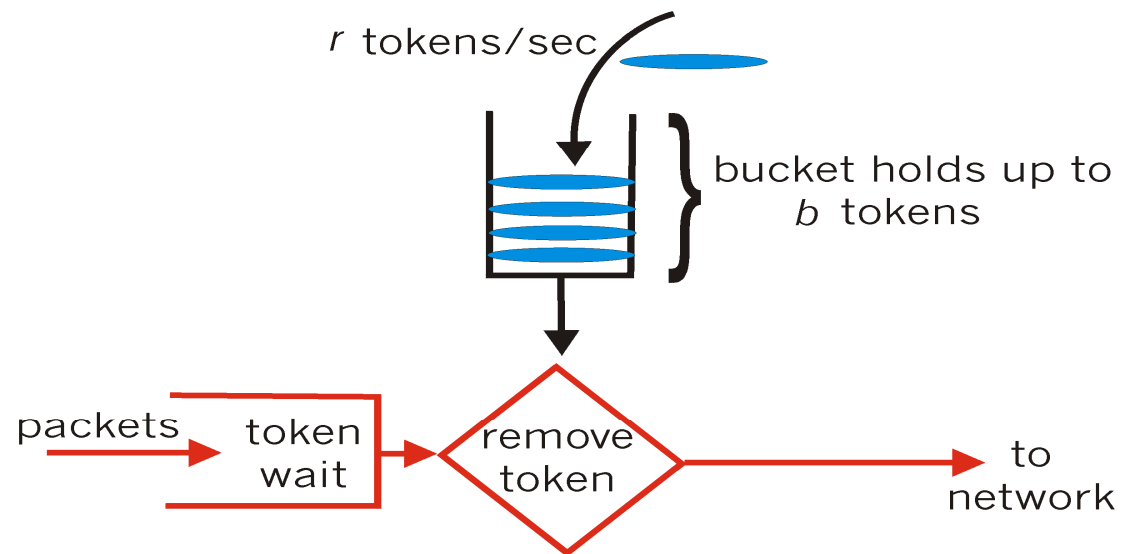
Forgalomleírás és policing

A policing és a forgalomleírás eszköze: a token bucket
(token vödör)

A vödör formálja (szűri) a forgalmat: küldhetünk b méretű
börstöt, de az átlagsebesség csak r lehet

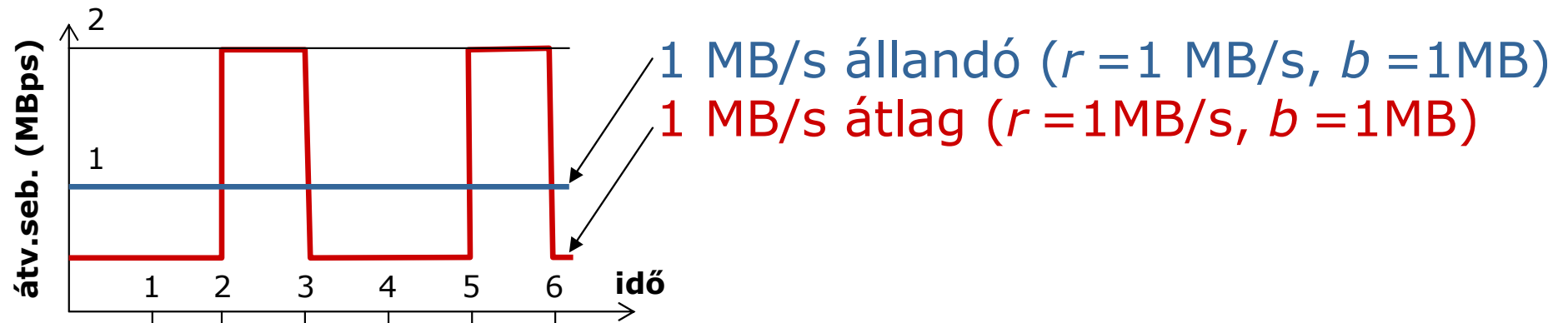
Ezeket a paramétereket (is) használjuk a TSpec-ben

- A vödörbe r sebességgel töltődnek a tokenek
- Legfeljebb b token lehet benne, ha már tele van, a beérkező tokenek elvesznek, túlszordulnak
- Ha egy n hosszú csg érkezik, kivesz n token a vödörből (ha van annyi) és továbbításra kerül
- Ha nincs: ...



Token Bucket (TB) az IntServben

- Az IntServ b -t byte-ban,
 r -et pedig byte/sec-ban méri
 - Igen tág határok a b -re és az r -re
- A TB elég „sajátos” forgalom-specifikáció



Beengedés-szabályozás (admission control)

- Megvizsgálja a forgalomleírást (*TSpec*) és a QoS-igényt (*RSpec*), ezután dönt az igényelt szolgáltatás teljesíthetőségéről
- Eltérő a *Controlled Load* és a *Guaranteed*:
 - Az előbbi esetén heurisztikus is jó lehet:
 - Például eddig a hasonló esetek jók voltak, engedjük meg most is, vagy korábban hasonló esetben már nem felelt meg a kiszolgálás, ezért tagadjuk meg
 - *Guaranteed* esetben ennél sokkal szigorúbb vizsgálat szükséges
- Az admission control konkrét módszerei nem képezik az IntServ specifikáció részét

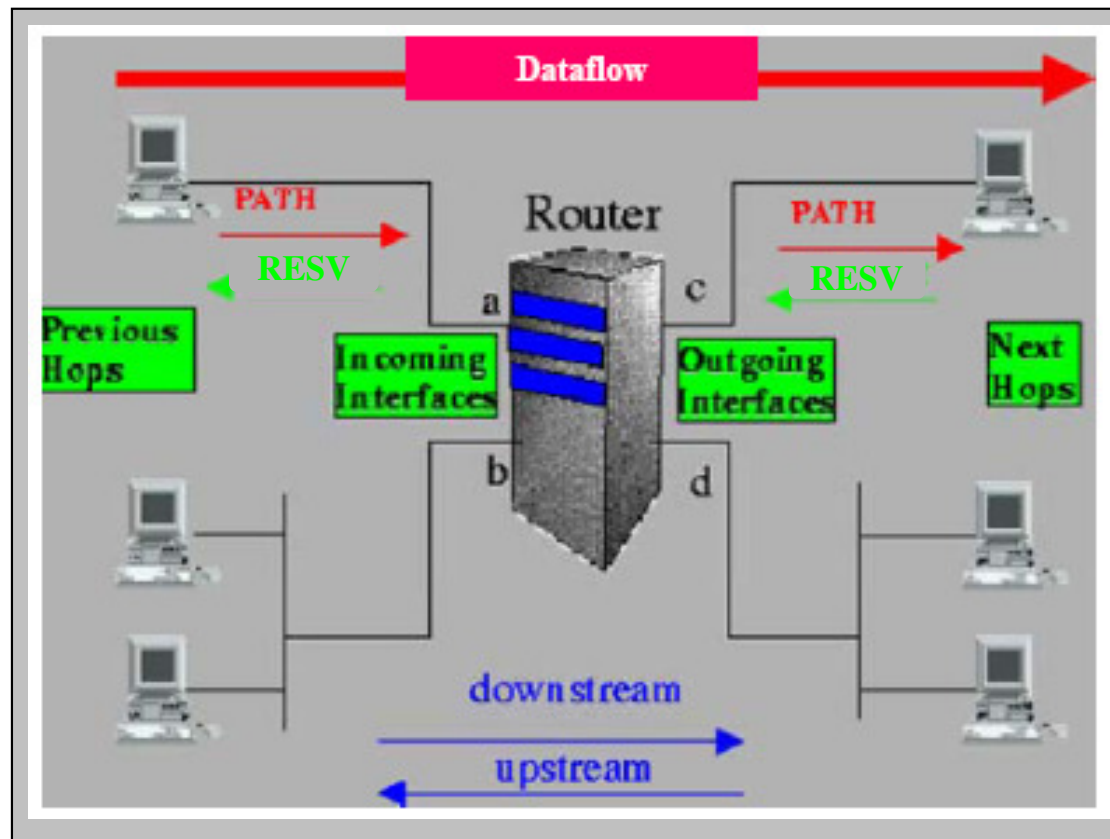
Jelzésátvitel – az RSVP

- **Resource ReSerVation Protocol**
 - *R.S.V.P.: "Répondez/Réservez s'il-vous-plaît"*
- **Lényeges jellemzői :**
 - **Vevőoldali erőforrás-foglalás:**
 - Nem az adó „erőlteti” a képességeit, hanem a vevő foglalja le azt az **igényei** szerint *
 - „Soft state”: igények „elhalnak”, ha nem ...
 - nem igényli a session explicit lezárását **
 - viszont időnként „frissíteni” kell a foglalást
- **Eredmény: robusztusság**
 - * kedvező a multicast-címzés esetén
 - ** megkíméli a hálózatot a végberendezések hibáitól
- **Specifikáció: az RFC 2210-ben**
- **Az RSVP-t nemcsak az IntServ használja (említettük a H.323-nál is)**

RSVP: a foglalás

- A vevő általi foglalásból következően:
 - egyirányú (szimplex) csatorna

adó



vevő

RSVP – alapvető jellemzők, lépések

□ Alapötlet:

- a vevőnek ismernie kell, hogy az adó milyen forgalom generálására képes → tudnia kell az adó *TSpec* jellemzőjét, valamint
- tudnia kell a forgalom (csomagok) útját, és
- így erőforrást foglalhat az út mindegyik csomópontjánál

1. Az adó *PATH* üzenetet küld, benne a *TSpec*

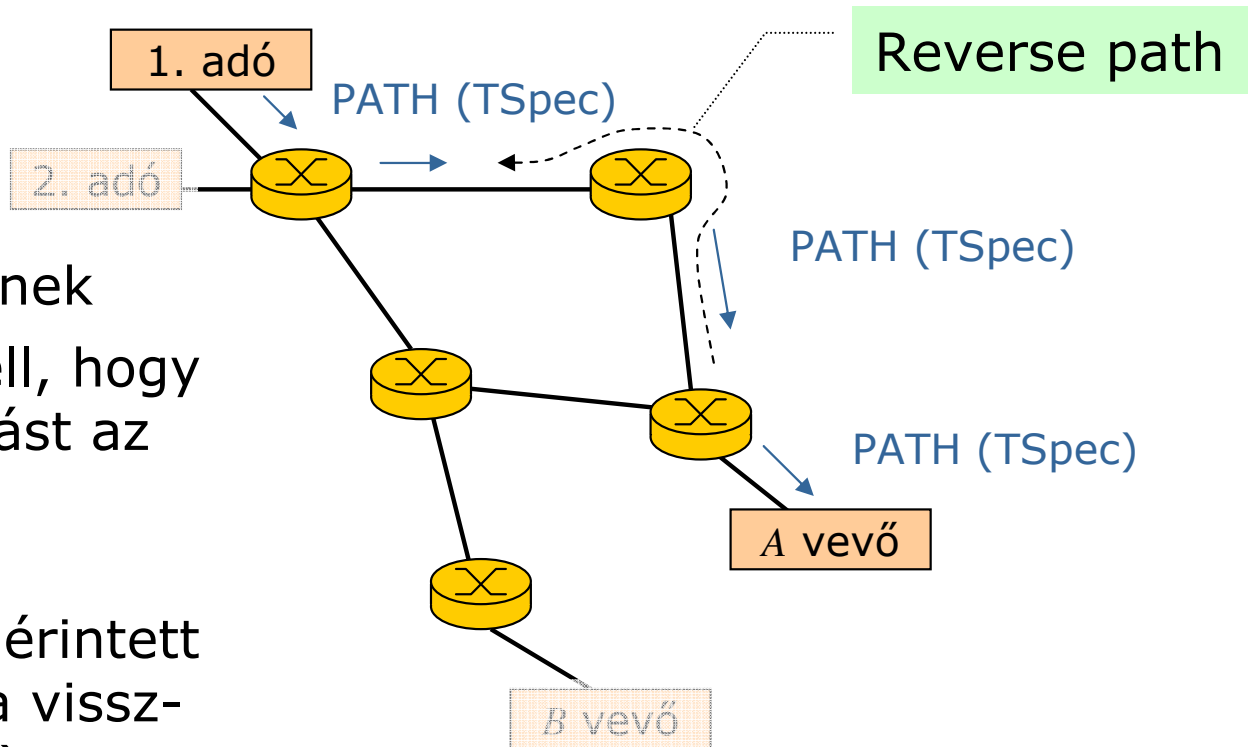
- az úton lévő valamennyi csomópont feljegyzi

2. A vevő *RESV* üzenettel foglal, benne *RSpec*

RSVP – „út”: egy adó ⇔ egy vevő

□ Első fázis:

- a vevőknek ismerni kell az adó jellemzőit (**TSpec**)
- PATH üzenet a vevőknek
- a vevőknek tudnia kell, hogy hol foglaljon erőforrást az általa kívánt szolgáltatáshoz
- a PATH üzenet által érintett routerek feljegyzik a vissz-irányt (reverse path)



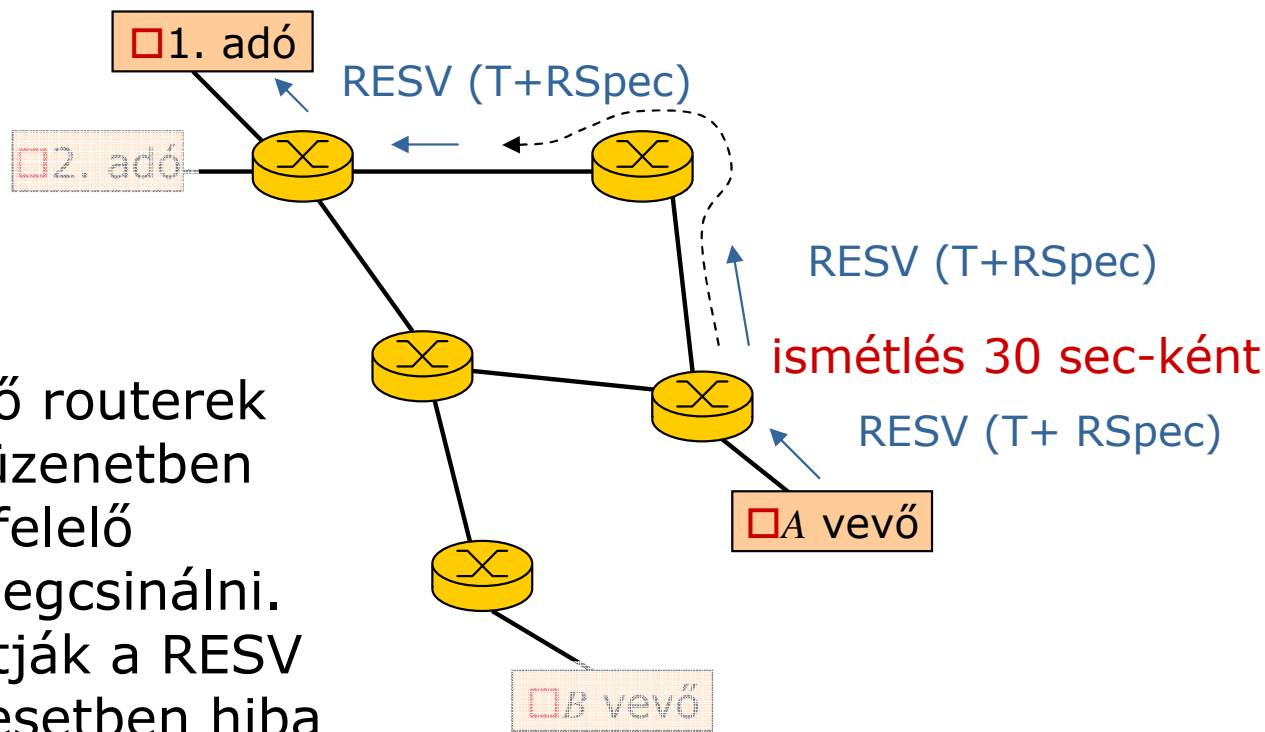
RSVP – "foglalás": egy adó ↔ egy vevő

□ 2. fázis:

□ amikor a vevő kap egy PATH üzenetet, visszaküld egy RESV választ, benne **TSpec és RSpec**

□ a reverse pathon lévő routerek megkísérik a RESV üzenetben lévő RSpec-nek megfelelő erőforrás-foglalást megcsinálni. Siker esetén továbbítják a RESV üzenetet. Ellenkező esetben hiba a vevőnek.

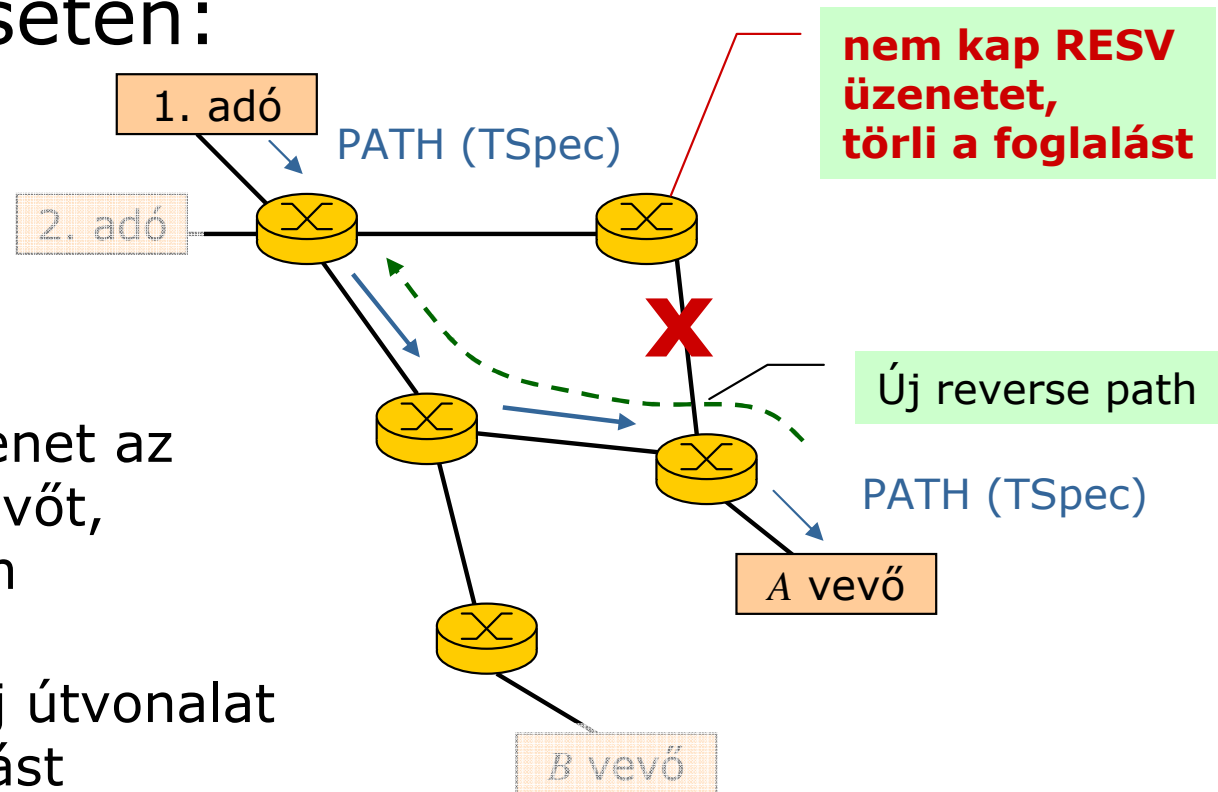
□ ameddig a vevő fenn kívánja tartani a foglalást, 30 sec-ként meg kell ismételje a RESV üzenetet („soft-state”)



RSVP – „hiba”: egy adó ⇔ egy vevő

□ Hálózati hiba esetén:

- élő útvonalon történő kommunikáció közben kieső link vagy router esetén a routing új útvonalat keres
- az ismétlődő PATH üzenet az új útvonalon eléri a vevőt, közben új reverse path képződik
- a vevőtől a RESV az új útvonalat követve végzi a foglalást
- a régi útvonalon lévő routerek nem kapnak tovább RESV üzenetet, lejár az időzítés, és törlik a foglalást (soft state)



RSVP: egy adó \leftrightarrow több vevő

Új vevő csatlakozása:

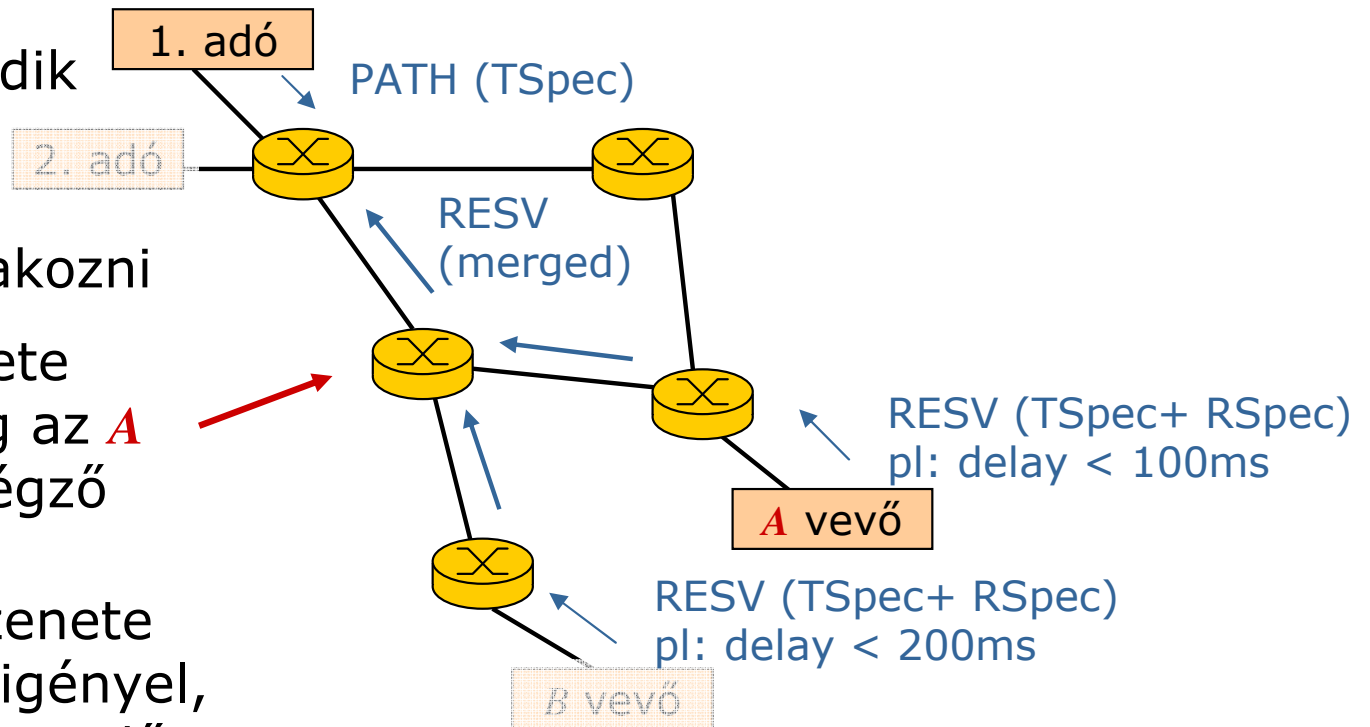
- az **A** vevő már működik egy ideje

- a **B** vevő kíván csatlakozni

- a **B** vevő RESV üzenete valahol találkozni fog az **A** vevő kiszolgálását végző „fával”

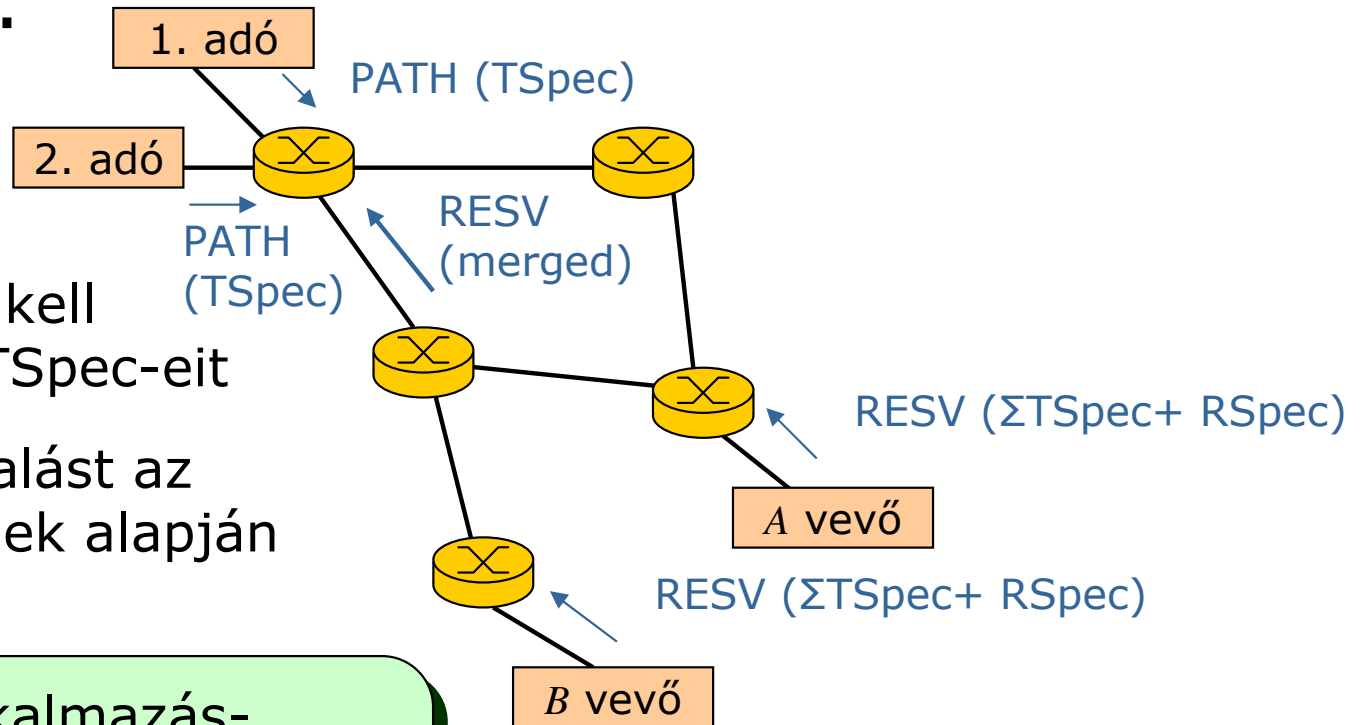
- ha a **B** vevő RESV üzenete kevesebb erőforrást igényel, mint **A**, akkor nincs teendő

- ellenkező esetben (pl delay < 50 ms) az új foglalást tovább kell küldeni, amely azonban mindenképpen összevont (merged) lesz



RSVP: több adó <-> több vevő

□ Konferencia:



- a vevőknek össze kell gyűjteni az adók TSpec-eit
- a vevőknek a foglalást az összesített TSpec-ek alapján kell kialakítani

A TSpec-ek alkalmazás-specifikusak:
Az **RSVP** különböző foglalási „stílusokkal” működik

Visszatekintés: az IntServ-ben használt mechanizmusok

- a felhasználó (alkalmazás) specifikálja a forgalmát a hálózat számára (**TSpec**)
 - *ATM-nél: forgalomleírók – traffic descriptor-ok*
- meghatározott szolgáltatást kér a hálózattól (**RSpec**), melynek alapján a hálózat eldönti, hogy tudja-e ezt vállalni, beengedi-e az új folyamatot a hálózatba (*admission control*, beengedés-szabályozás)
 - *ATM-nél is van, kulcskérdés*
- információt cserélnek az erőforrásfoglalásról (jelzésátvitel, az IntServben az **RSVP-protokoll** segítségével)
 - *áramkörkapcsolt és összeköttetés-alapú hálózatokban a hívásvezérlő protokollok csinálhatják*
- a hálózat gondoskodik arról, hogy a forrás forgalma ne térjen el a megadottól (*traffic policing*)
- a hálózat meghatározza a csomagok sorbaállítását és kiszolgálását a csomópontokon (*scheduling*, ütemezés)
 - *megnéztük az általános módszereknél*

Az IntServ csomagkezelése

1. Csomagminősítés (*packet classification*):

- mindegyik csomagot hozzá kell rendelni az arra vonatkozó foglaláshoz
- vizsgálva a **source address, destination address, protocol number, source port, destination port** értékeket
- Ezzel meghatározzuk a csomag kezelését a csomópontokon

2. Csomagkezelés (*packet scheduling*) a sorokban:

- Guaranteed service esetén:
 - Weighted Fair Queue (egy WFQ folyamónként) biztosítani fogja a végpontok közötti késleltetést
- Controlled-load kiszolgálásnál egyszerűbb módszerek is megfelelnek

IntServ scalability (skálázhatóság, bővíthetőség, „növekedési” képesség)

- Bár az IntServ nagyon jelentős előrelépés a *best effort* kiszolgáláshoz képest,
- nem teljesíti az Internet egyik alapvető célkitűzését: a növekedési képességet
 - *best effort* kiszolgálásnál nincs folyamhoz kötött állapot-nyilvántartás a routereknél
 - így a hálózat növekedésével elég, ha a routerek a linkek sebességének növekedésével lépést tudnak tartani
- Az IntServnél: lényegében összeköttetés-alapú szolgáltatást csináltunk
 - annak minden nehézségével együtt,
 - de anélkül, hogy annak előnyét, a lokális címzést kihasználtuk volna

Az IntServ

bővíthetősége, kiterjeszhetősége

- Például 64 kbit/s beszédcsatornák egy „STM-16” (2,5 Gbit/s) összekötésen:
$$2.5 \times 10^9 / 64 \times 10^3 = 39000$$
 - mindegyik foglalás igényel valamennyi memóriát,
 - valamint periodikus frissítést.
- Mindegyik folyamat osztályozni, ellenőrizni és sorbaállítani kell (*classification, policing, scheduling*)
- *Admission control* döntés kell mindegyik igényre
- Meg kell akadályozni indokolatlanul hosszú foglalást
- Mindezek a feladatok együtt akadályát jelentik az „Integrated Service” növekedési képességének
- **Olyan módszer kell, amely nem egyedi folyamatokat kezel!**

Differentiated Services (DiffServ)

A DiffServ alapötlete (1)

- A gerinchálózatra kell megoldást találni, ahol nagy volumenű, aggregált forgalmat viszünk át
- A DiffServ módszer **kiszámú forgalomosztály**hoz rendel erőforrásokat:
 - osztály, pl.:
 - *Premium*
 - *Regular*
- Ahelyett, hogy külön jelzésekkel (pl. RSVP-vel) értesítsük a routereket egy folyam pl. *Premium* igényéről,
- egyetlen bit a csomagfejben megteheti ezt!

DiffServ alapötlete (2)

- Két kérdés az előző ötlethez:
 - Ki állítsa be a „premium” bitet, és mikor?
 - történjék a beállítás az „**adminisztratív**” **határon**
 - Mit csinál a router **másképpen**, ha egy olyan csomagot kap, ahol ez a bit be van állítva?
 - különféle router-viselkedéseket **követ**, meghatározta az *IETF DiffServ WG*
- Előbb nézzük meg, hogyan működik a DiffServ!

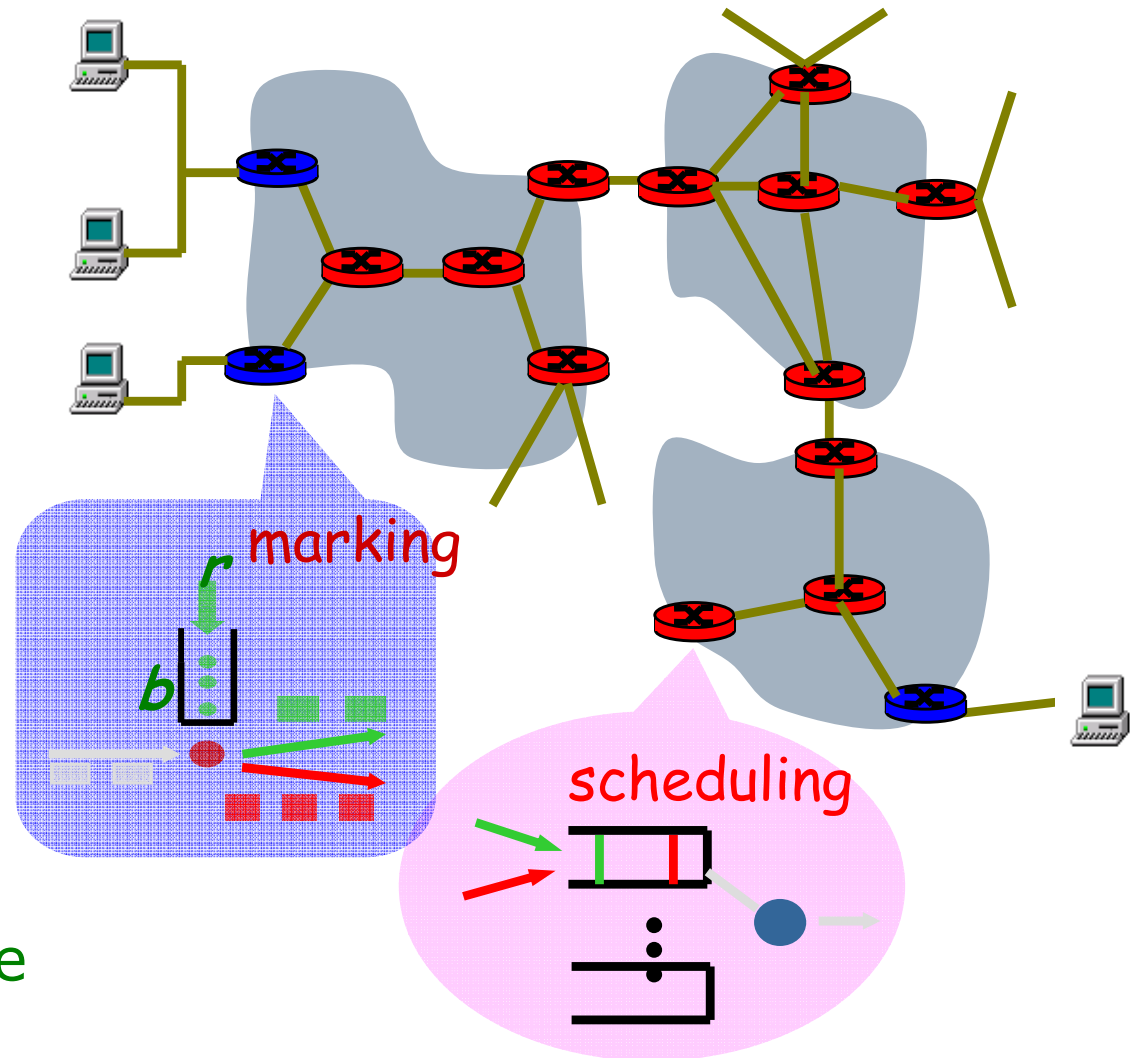
A DiffServ működése

Edge router:

- folyamankénti forgalom-menedzselést végez
- megjelöli a csomagokat **in-profile** ill. **out-profile** -ként

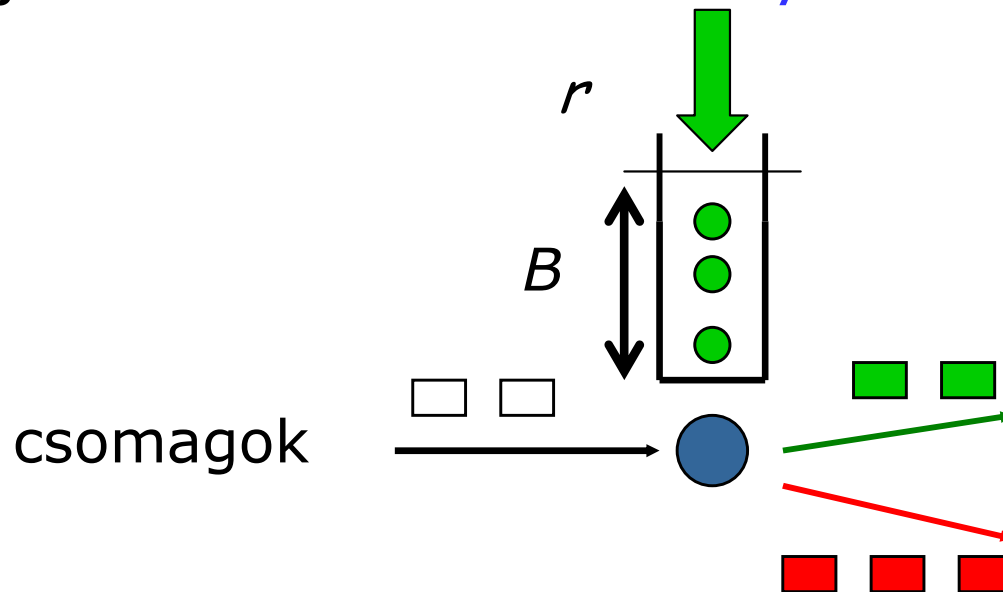
Core router:

- osztályonkénti forgalom-menedzselést végez
- puffereelés és ütemezés a széleken történt **megjelölésnek** megfelelően
- elsőbbség adása az **in-profile** csomagoknak



A csomagok megjelölése az edge-routerben

- **profile:** egyeztetett r sebesség és B vödörméret
- a csomagok megjelölése a széleken a **folyamonkénti** profil szerint

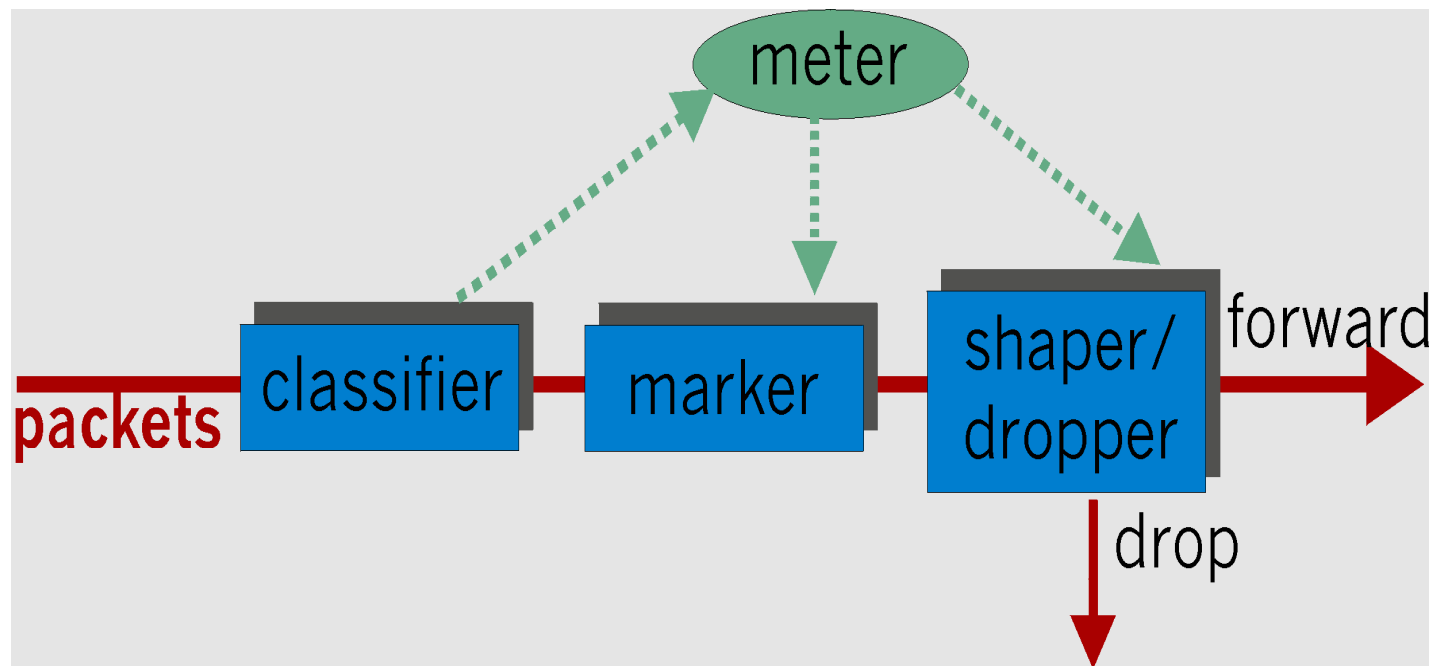


Megjelölés:

- osztály szerinti: a különböző osztályokhoz tartozó csomagokat eltérően jelöljük
- osztályon belüli: a folyam **konform** (a profilnak megfelelő) és **nem konform** részei eltérő jelölést kapnak

Mérés, osztályozás, megjelölés, és „kondicionálás”

- megfigyeljük a forgalmat (meter) és a nem konform csomagokat
 - formáljuk (shaping)
 - eldobjuk (dropping)

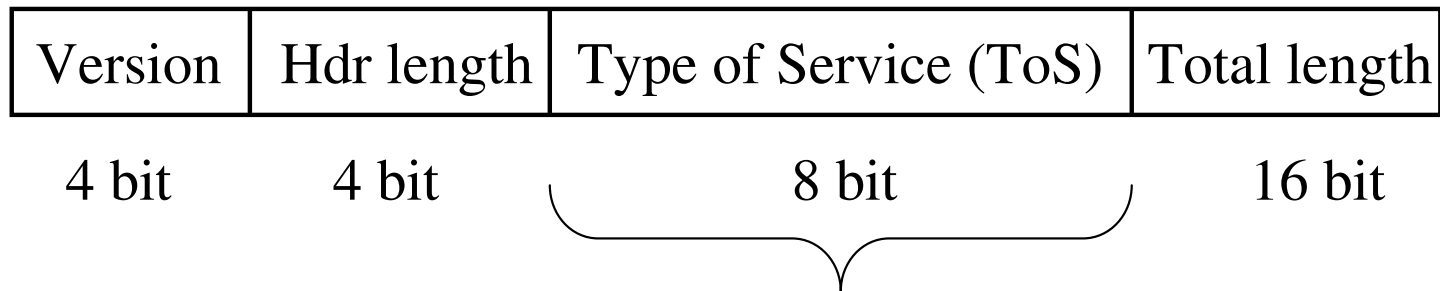


DiffServ – csomópontok viselkedése

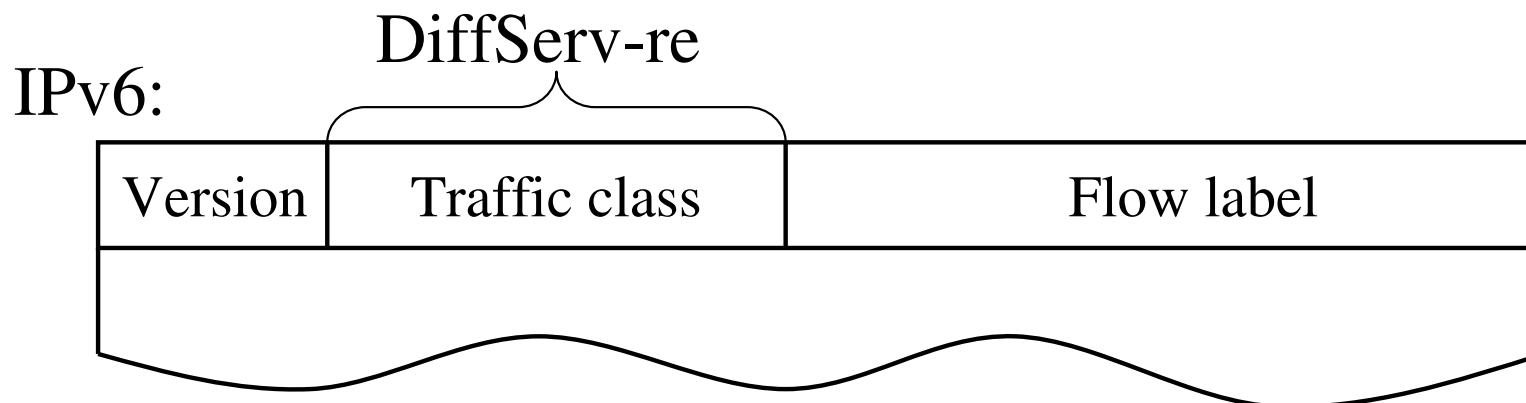
- A különböző szolgáltatásokat a DiffServ különböző csomóponti viselkedéssel *PHB* = *Per-Hop-Behavior*) éri el, és
- **nincs együttműködés a végpontok között, mint az IntServnél**
- A különböző PHB-k kiválasztására az IP fejléc ToS mezőjében 6 bit szolgál (az IPv4-nél)
- Ez a 6 bit a "DiffServ Code Points" (DSCP)
- Két alapvető PHB:
 - „*expedited forwarding*” (EF)
 - „*assured forwarding*” (AF)

A "DiffServ Code Points"-ok (DSCP-k) elhelyezése

IPv4:



6 bit DiffServ-re:
64 különböző PHB



DiffServ – *expedited forwarding* (EF)

- Ez a legegyszerűbb PHB:
 - a csomagok továbbítása
 - minimális késleltetéssel
 - kis csomagvesztéssel történik
- Célszerű ha az EF-forgalom érkezési ütemét csak a csomópontok link-sebessége korlátozza
- Az EF („expressz” továbbítás) más típusú forgalommal szembeni prioritással garantálható (valósítható meg)
- Alkalmazások: beszéd, videó

DiffServ – *assured forwarding* (AF)

- A legnépesebb osztály: 12 elemmel (**AF_{xy}**)
 - 4 csoportban, az x ($1 \div 4$) sort választ
 - ezekben 3 – 3 elem, y ($1 \div 3$) „eldobást”
- Így az összesen 14 kiszolgálás közül a DSCP mező 6 bitje választja a megfelelőt:
 - - *Assured Forwarding* DSCP: a köv. tábl. szerint
 - - *Expedited Forwarding* DSCP: 101 110
 - - *Best Effort*
- Prioritásos sorok és eldobási jellemzők valósítják meg a megfelelő kiszolgálást

Assured forwarding (AF) alosztályok

<i>Drop Precedence</i>	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
<i>Low</i>	010 000	...	...	...
<i>Medium</i>	...	...	...	...
<i>High</i>	...	...	...	...

DiffServ – *előnyök*

- ❑ Mivel a DiffServ módszer a 3. rétegben működik, bármely 2. rétegbeli - IP-re alkalmas - infrastruktúrán működhet változtatás nélkül
- ❑ Nem igényel jelzést valamennyi csomóponton
- ❑ Megszünteti a gerinchálózati csomópontokon a csomagfolyamonkénti állapot-nyilvántartást
- ❑ Az elkerülhetetlenül szükséges bonyolultságot a hálózat szélére (hozzáférési rész) tolja

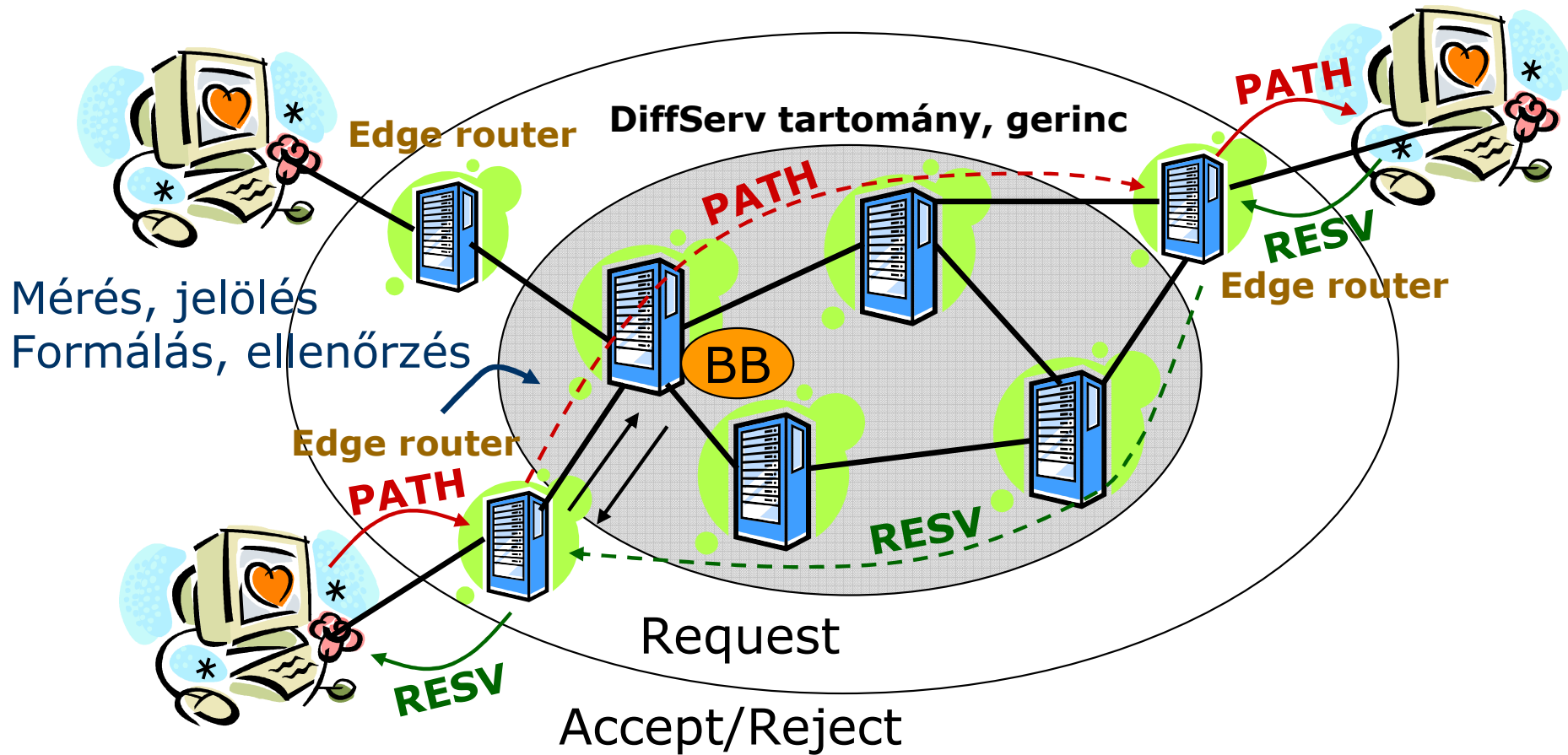
Problémák:

- ❑ önmagában nem biztosít végpontok közötti QoS-t
- ❑ nem DiffServ-képességű csomópontok az útban

Az IntServ és a DiffServ összehasonlítása

jellemzők	IntServ	DiffServ
Szolgáltatási különbségek koordinálása	Végpont Elérési hálózat	(lépésenkénti) Gerinc-hálózat

DiffServ és IntServ: IntServ szolgáltatás DiffServ-hálózaton



DiffServ és IntServ (folytatás)

1. Az adó PATH üzenete eljut a vevőhöz
2. A vevő RESV válasza megérkezik az adóoldali *Edge router*-hez
3. Ez a router a DiffServ *Bandwidth Broker*-éhez fordul egy igénnyel
4. Ha a *BB* elfogadja, akkor értesíti az adót (RESV)
5. Az adó megkezd a csomagküldést, az *Edge router* jelöli a csomagokat a megfelelő DSCP (*differentiated services code point*) értékkel
6. Az *Edge router* ellenőrzi az adó forgalmát: megfelel-e a szolgáltatási szerződésnek (SLA - *service level agreement*). „Kilógó” csomagokat vagy eldobja, vagy alacsony prioritásúnak jelöli.
7. A *Core routerek* csak a DSCP-t nézik, végzik a PHB-t

QoS-biztosítási módszerek összefoglalása

- QoS összeköttetés-alapú hálózatokban
 - ATM
- QoS összeköttetés-mentes hálózatokban (módszerek a hálózati rétegben, az IP-protokoll alapján)
 - IntServ: folyamatonkénti QoS-biztosítás, az összeköttetés-alapú megoldásokhoz hasonlóan, nem jól skálázható
 - DiffServ: osztályonkénti QoS-biztosítás, alkalmas gerinchálózati megvalósításra
 - A végpontok közötti (end-to-end) QoS-hez mindkét módszerre szükség van
- Legközelebb: az IP hatékony kombinálása az összeköttetés-alapú elvvel, a címkekapcsolással: MPLS (Multi-Protocol Label Switching)

Multimédia IP-hálózatokban, összefoglalás

- *Feladatcsoportok és*
 - *jellegzetes protokollok*
 - Médiakezelés
 - RTP, RTCP, RTSP (1. rész)
 - Hívásvezérlés
 - SIP (2. rész)
 - Szolgáltatásminőség-biztosítás
 - IntServ*, DiffServ*, RSVP (3. rész)
- * *nem protokoll, hanem módszer*