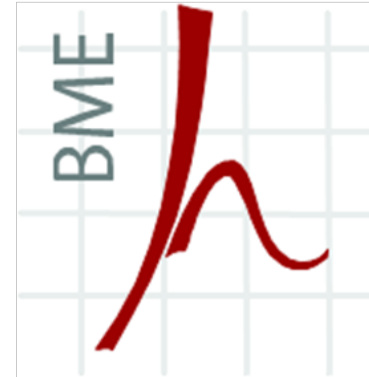




QoS IP-hálózatokban: túl a Best Effort-on

IntServ, DiffServ

Dr. Szabó Csaba Attila
egy. tanár

BME Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék
szabo@hit.bme.hu

2013. április 30.
Budapest

Mi a QoS?

- QoS = végpontok közötti garanciák
 - adott időszakra és adott forgalom mellett
 - alábbi paraméterekre:
 - Rendelkezésreállítás
 - Átviteli sebesség, „sávszélesség”
 - Késleltetés, késleltetésingadozás
 - Vesztes
- A QoS biztosításának eszközei:
 - Forgalmi méretezés
 - Protokollválasztás
 - Hálózati architektúra megválasztása, hálózati biztonság
 - Táruk 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
- Folyamunkénti (per-flow) QoS-biztosítás
 - IETF's Integrated Services (IntServ) módszer
- Forgalomosztály-alapú (class-based) QoS-biztosítás
 - IETF's Differentiated Services (DiffServ) módszer
- LAN-okban
 - WLAN: 802.11e „soft QoS”
- MAN-okban
 - 802.16 WiMAX: QoS osztályok, erőforrás-allokálás

QoS összeköttetés-alapú hálózatban: ATM

- Az elv:
 - **Minden ATM összeköttetéshez QoS-osztály** kapcsolódik
 - A hálózat garantálja a megállapodás szerinti QoS-t minden összeköttetés számára
- Megvalósítás:
 - A forgalom jellemzése, forgalomleírók
 - QoS-paraméterek készlete
 - ATM szolgáltatási osztályok
 - Torlódásvezérlés
 - Legfontosabb a preventív módszer – CAC (Call admission control) – beengedésszabályozás
 - Van reaktív mechanizmus is

Mi az ATM? (1)

- ATM – Asynchronous Transfer Mode
- Az ATM-et az ITU-T szabványosította 1988-ban, a B-ISDN átviteli módjaként
 - B-ISDN: a (keskenysávú) ISDN fejlettebb, „szélessávú” utódjának szánták
- Fő célkitűzések:
 - különböző típusú forgalmak átvitelére tervezték:
 - **beszéd**
 - **állókép, video**
 - **adat**
 - Tág átvitelisebesség-tartomány: néhányszor 64 kbit/s-tól egészen nagy sebességekig (2,4 Gbit/s-ig)
- *A B-ISDN nem valósult meg, az ATM-rendszertechnika azonban ma a távközlő hálózatokban több helyen használt, de a felhasználó általában nem „látja” (pl. 3G mobil rendszerek hozzáférési hálózatában, vagy ADSL-vezérlőegységben). Számunkra elsősorban egy nagyon hasznos példa a QoS-re.*

Mi az ATM? (2)

- *Az elnevezés magyarázata:*
 - „*Asynchronous*” a távközlésben addig egyeduralkodó, ún. *Synchronous Transfer Mode* (STM) ellentéte
 - „*Transfer Mode*” – átviteli mód, általános megjelölés
- Ami a mi számunkra most lényeges:
 - az ATM „**gyors csomagkapcsolási**” technika
 - gyors: **rövid csomagok („cellák”), nincs forgalomszabályozás, nincs linkenkénti hibajavítás**
 - ezek a rövid, fix hosszúságú adatcsomagok hordozzák az összes típusú adatot
 - **Összeköttetés-alapú** elven működik
 - **Minden összeköttetéshez specifikus szolgáltatásminőséget képes biztosítani**

ATM szolgáltatásminőségi (QoS) osztályok

- **CBR –continuous bit rate**
 - **Forgalomleírók:**
 - PCR (*peak cell rate*)
 - CDVT (*cell delay variation tolerance*)
 - **QoS jellemzők:**
 - maxCDV (*maximum cell delay variation*)
 - MaxCTD (*maximum cell transfer delay*)
 - CLR (*cell loss rate*)
- **rt-VBR – real-time variable bit rate**
 - **Forgalomleírók:**
 - PCR, CDVT
 - SCR (*sustained cell rate*)
 - MBS (*maximum burst size*)
 - **QoS jellemzők:**
 - maxCDV, MaxCTD, CLR

ATM szolgáltatás-minőségek (QoS)

▪ **nrt-VBR – non-real-time variable bit rate**

- **Forgalomleírók:**
 - PCR, CDVT, SCR, MBS
- **QoS jellemzők:**
 - CLR

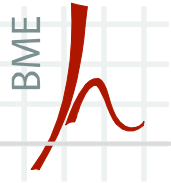
▪ **UBR – unspecified bit rate**

- PCR specifikálva van, de nem használja a CAC és a policing
- Nincsenek QoS paraméterek jelezve

- IP-alapú megoldások:
 - Integrated Services (IntServ)
 - QoS az egyedi csomagfolyamokra: „**finom felbontású**” módszer
 - Differentiated Services (DiffServ)
 - QoS folyamatosztályokra: „**durva felbontású**” módszer
- *Az ATM-ben kitalált forgalomosztályok, forgalomleírók, QoS-biztosítási módszerek itt visszaköszönnek*

Integrated Services (IntServ)

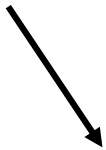
- Integrated Service Working Group
 - 1995-97 szolgáltatás-osztályok specifikálása
 - az RSVP (Resource reSerVation Protocol) használata
 - Nem protokoll, hanem módszer!
- Több RFC-ben specifikálták: 1633, 2211, 2212, 2215, 2216
- A szolgáltatásosztályok:
 - **Best Effort**
 - **Guaranteed Quality** (RFC 2212):
 - garantált korlátok bármely csomag **késleltetésére és a sávszélességre**
 - **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
 - beengedés-szabályozást használ
 - Ütemezés!



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 IntServ-ben használt mechanizmusok

- A forgalom és a kért szolgáltatásminőség leírása
 - a ***Tspec*** és ***Rspec*** paraméterekkel
- **Erőforrás-foglalás jelzésátvitellel**
- **Beengedés-szabályozás** - *admission control*
- A forrás forgalmának ellenőrzése és formálása - ***traffic policing***
- **Ütemezés** - *scheduling*

Az IntServ-ben használt mechanizmusok (1)

- A forgalom **leírása, kérése, engedélyezése**
 - a felhasználó (alkalmazás) specifikálja a forgalmát a hálózat számára
 - meghatározott **szolgáltatást kér** a hálózattól
 - ez alapján a **hálózat eldönti**, hogy tudja-e ezt vállalni
 - beengedi-e az új folyamatot a hálózatba (beengedés-szabályozás)

Az IntServ-ben használt mechanizmusok (2)

- **Foglalás, forgalom-ellenőrzés, ütemezés**
 - információt cserélnek az erőforrásfoglalásról
 - jelzésátvitel
 - IntServ-ben az **RSVP-protokoll** segítségével
 - az összeköttetés-alapú hálózatokban ez a hívásvezérlő protokollok feladata
 - 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**

Flowspec: csomagfolyam specifikáció

- Két eleme van:
 - **Tspec:**
 - leírja a folyam forgalmi jellemzőit, informálva ezzel a hálózatot a szükséges sávszélességről
 - lehetővé téve a döntést a beengedés-szabályozás részére
 - **token bucket** algoritmus
 - *TSpec: a Traffic Specification-ból jön*
 - **Rspec:**
 - leírja az igényelt szolgáltatásminőséget
 - *Pl. controlled load (soft QoS), vagy guaranteed (késleltetési korlát)*
 - *RSpec: a Reservation vagy Request Specification-ból*

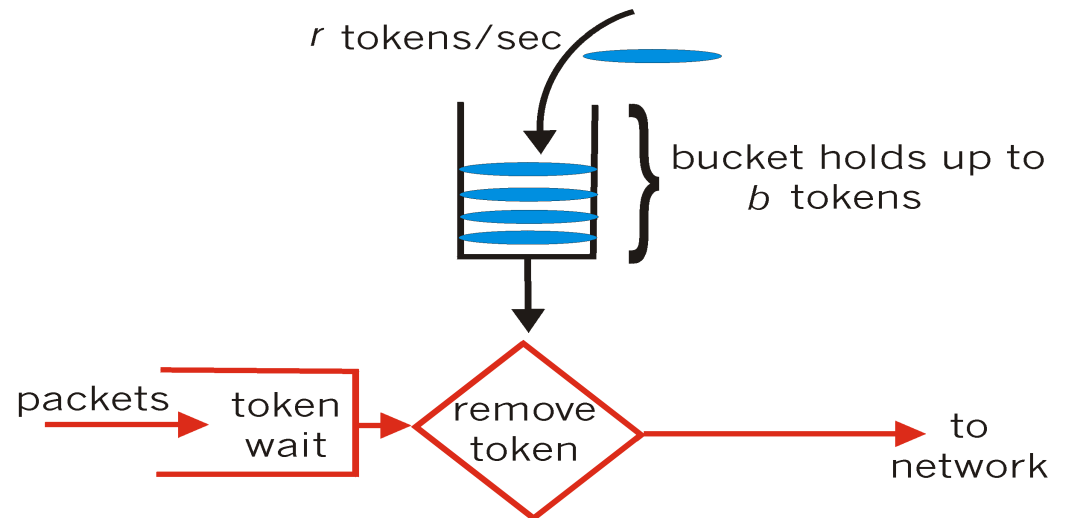
Forgalomleírás és policing

A policing és a forgalomleírás eszköze: a **token bucket** (tokenvödör)

A vödör formálja a forgalmat: küldhetünk b méretű borsztöt, de az átlagsebesség csak r lehet

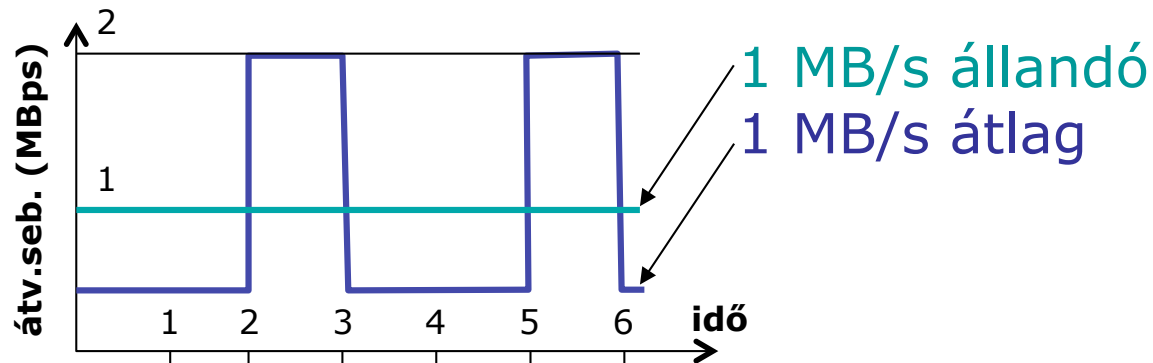
Ezeket a paramétereket (is) használjuk a TSpec-ben

- A vödörbe **r sebességgel** töltődnek a tokenek
- Legfeljebb **b token** lehet benne, ha már tele van, a beérkező tokenek elvesznek, túlcsoordulnak
- Ha egy n hosszú csg érkezik, kivesz n token a vödörből (ha van annyi) és továbbításra kerül
- Ha kevesebb mint n token van: nem kerül kiszolgálásra



Token Bucket (TB) az IntServ-ben

- Az IntServ *b*-t byte-ban, *r*-et pedig byte/sec-ban méri
 - Igen tág határok a *b*-re és az *r*-re
 - 1 byte...250 Gbyte és 1 byte/s...40 Tbyte/s
- A TB hatása:



Példa tokenvödörre

- Két különböző forgalomtípus: CBR videó és beszédátvitel
- CBR videó: 75 keret/s, 10 csomag/keret
 - TSpec: token ráta 750 Hz, a vödör mélysége 10
- Beszéd TSpec:
 - Kisebb tokenráta
 - mivel a beszéd közötti szüneteket nem viszik át
 - De nagyobb vödörmélység: börsztösebb átvitel

Börsztös átvitel: könnyebben okoz torlódást!

Beengedés-szabályozás (admission control)

- Minden csomópont megvizsgálja
 - forgalomleírást (*Tspec*) és a
 - QoS-igényt (*Rspec*)ezután dönt az igényelt szolgáltatás teljesíthetőségéről
- Eltérő a *Controlled Load* és a *Guaranteed*:
 - *Controlled Load*: heurisztikus is jó lehet
 - Pl. 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 végkészülék esetleges hibáitól
- Specifikáció: az RFC 2210-ben
- Az RSVP-t nemcsak az IntServ használja (említettük a H.323-nál is)

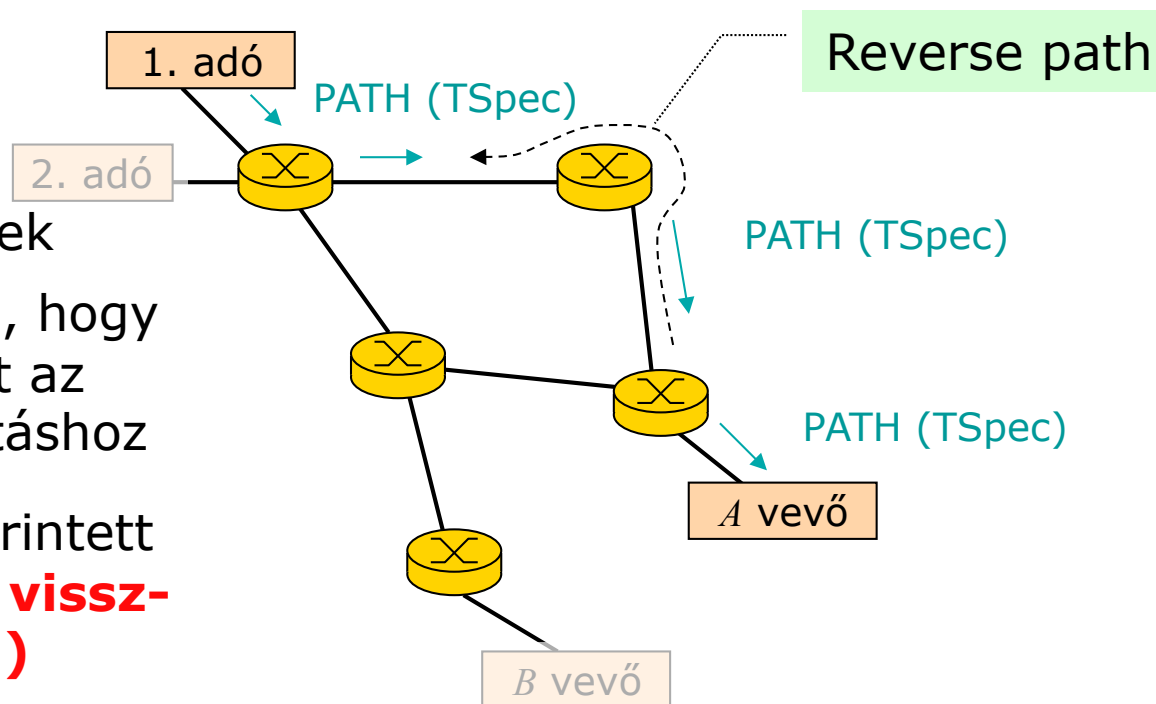
RSVP – alapvető jellemzők, lépések

- 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)**



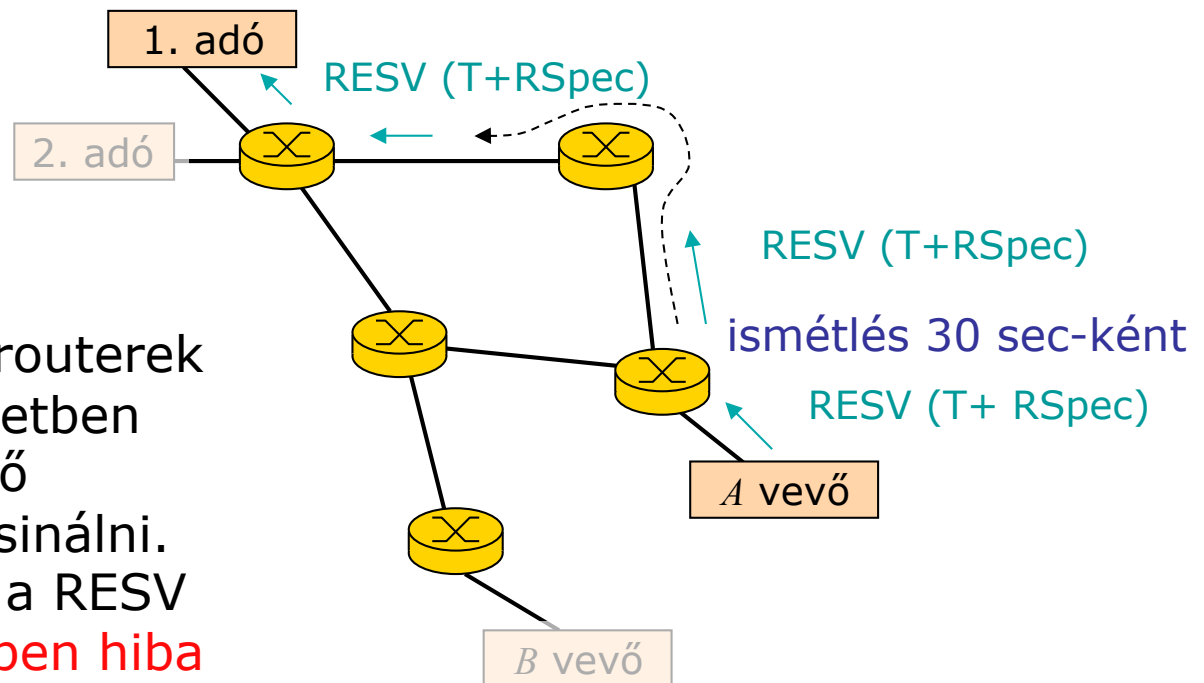
RSVP – "foglalás": egy adó <-> egy vevő

■ 2. fázis:

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

- a reverse path-on lévő routerek megkísérlik 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

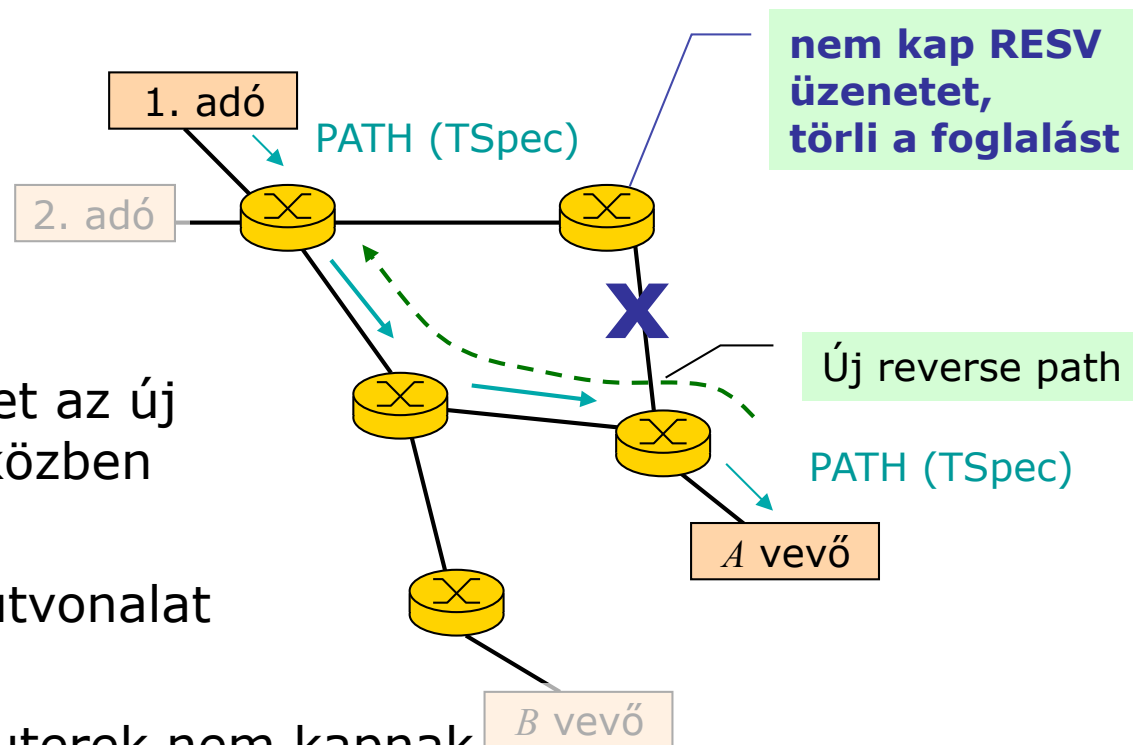
■ Hálózati hiba esetén:

- 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

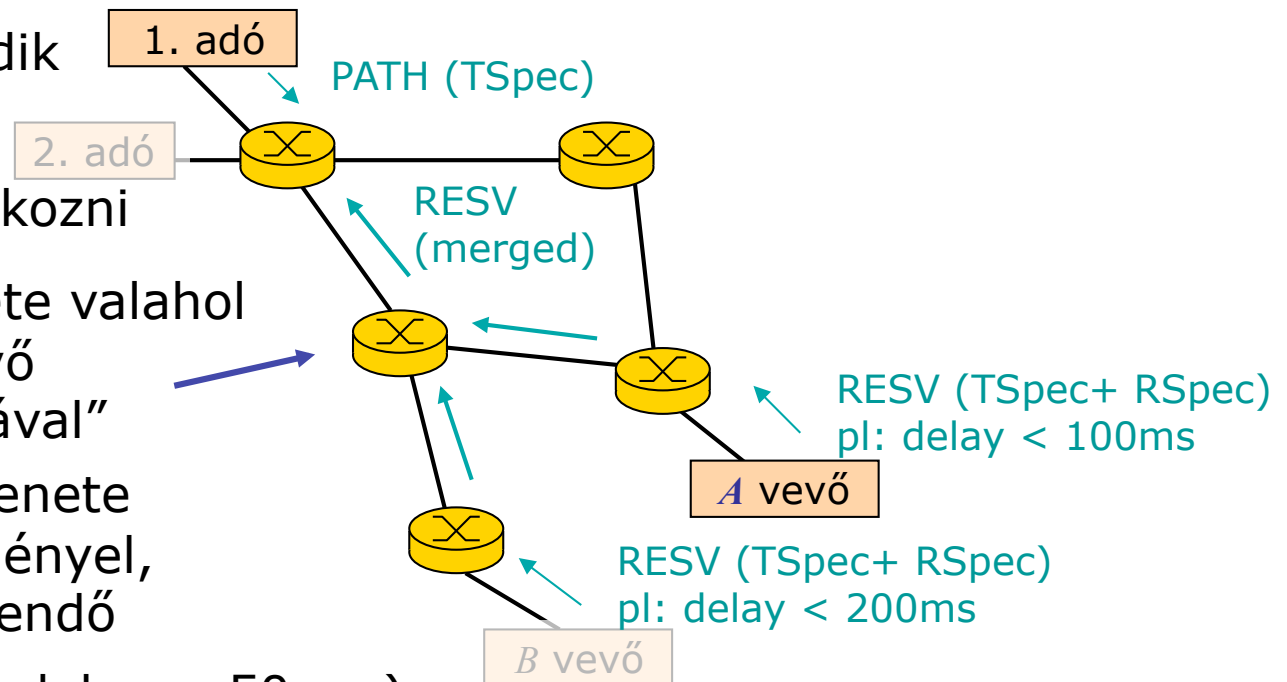
- a régi útvonalon lévő routerek nem kapnak tovább RESV üzenetet, lejár az időzítés, és **törlik a foglalást** (soft state)



RSVP: egy adó <-> 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

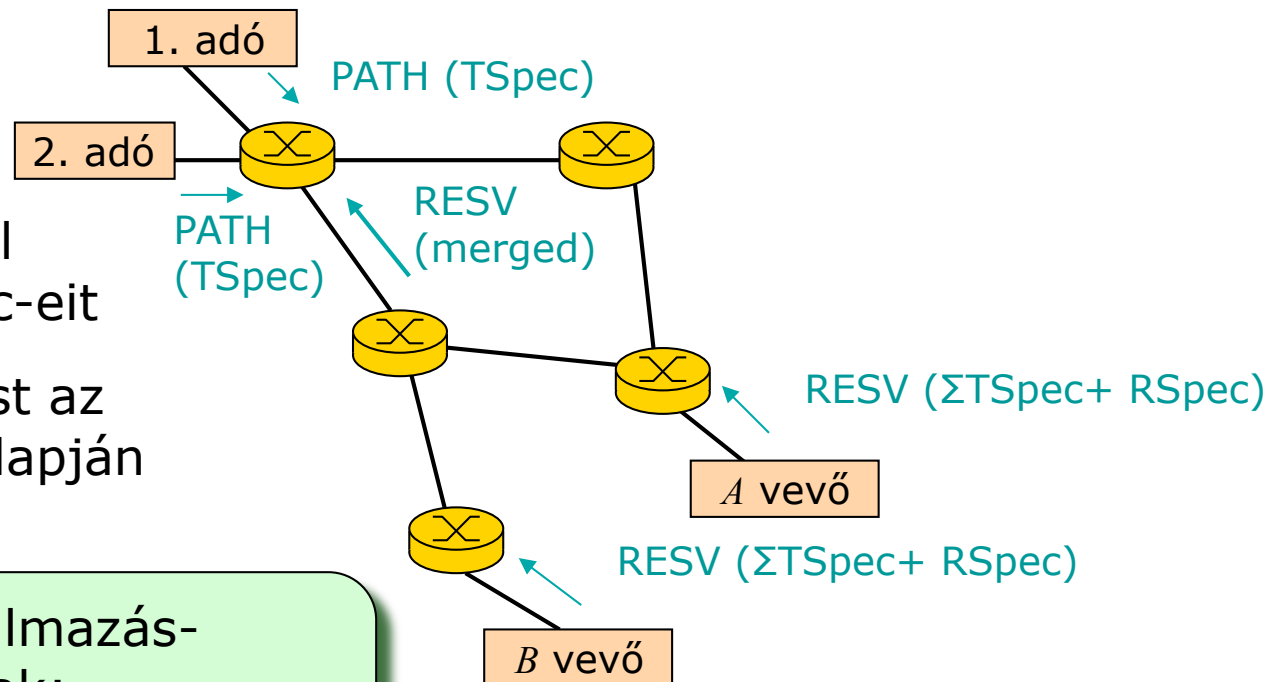


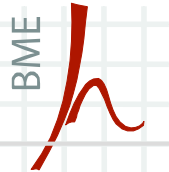
RSVP: több adó <-> több vevő

■ 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**)
- meghatározott szolgáltatást kér a hálózattól (**RSpec**)
 - melynek alapján a hálózat (csomópontonként!) eldönti, hogy beengedi-e az új folyamatot a hálózatba (*admission control*, **beengedés-szabályozás**)
- információt cserélnek az erőforrásfoglalásról
 - IntServ-ben az **RSVP-protokoll** segítségével
- a hálózat gondoskodik arról, hogy a forrás forgalma ne térjen el a megadottól (**traffic policing**)
- a hálózat meghatározza a csomagok sorbaállítását és kiszolgáltatását 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 biztosítani fogja a végpontok közötti késleltetést
- Controlled-load kiszolgálásnál egyszerűbb módszerek is megfelelnek

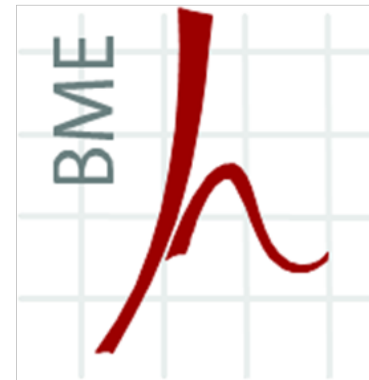
Filterspec: csomagminősítés*

- **Filterspec:** definiálja a csomagok mely halmazára vonatkozik az adott **flowspec (TSpec, RSpec)**
- E szelekció a csomag attribútumaitól függ, pl. IP cím, portszám
- RSVP foglalási stílusok:
 - **Fix filter** – adott folyamhoz foglal erőforrásokat
 - **Explicit osztás** – több folyamhoz foglal erőforrásokat, ezen osztoznak
 - **Wildcard filter** – egy általános folyamtípusnak foglal erőforrásokat, mindannyian ezen osztoznak a típuson belül
- RSVP RESV kérés: **flowspec + filterspec = flowdescriptor.**

IntServ 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 IntServ-nél: lényegében összeköttetés-alapú szolgáltatást csináltunk
 - annak minden nehézségével együtt,
 - de anélkül, hogy annak előnyét, a lokális címezést kihasználtuk volna

- Pl. 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 kell és sorbaállítani (*classification, policing, scheduling*)
- *Admission control* döntést kell végezni 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)

2013. április 30.
Budapest

A DiffServ alapötlete (1)

- A gerinchálózatra kell megoldást találni, ahol nagy volumenű, aggregált forgalmat viszünk át
- A DiffServ módszer **kisszámú forgalomosztály**-hoz rendel erőforrásokat:
 - osztály, pl.:
 - *Premium*
 - *Regular*
- Ahelyett, hogy külön jelzésekkel (pl. RSVP-vel) értesítenénk 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!

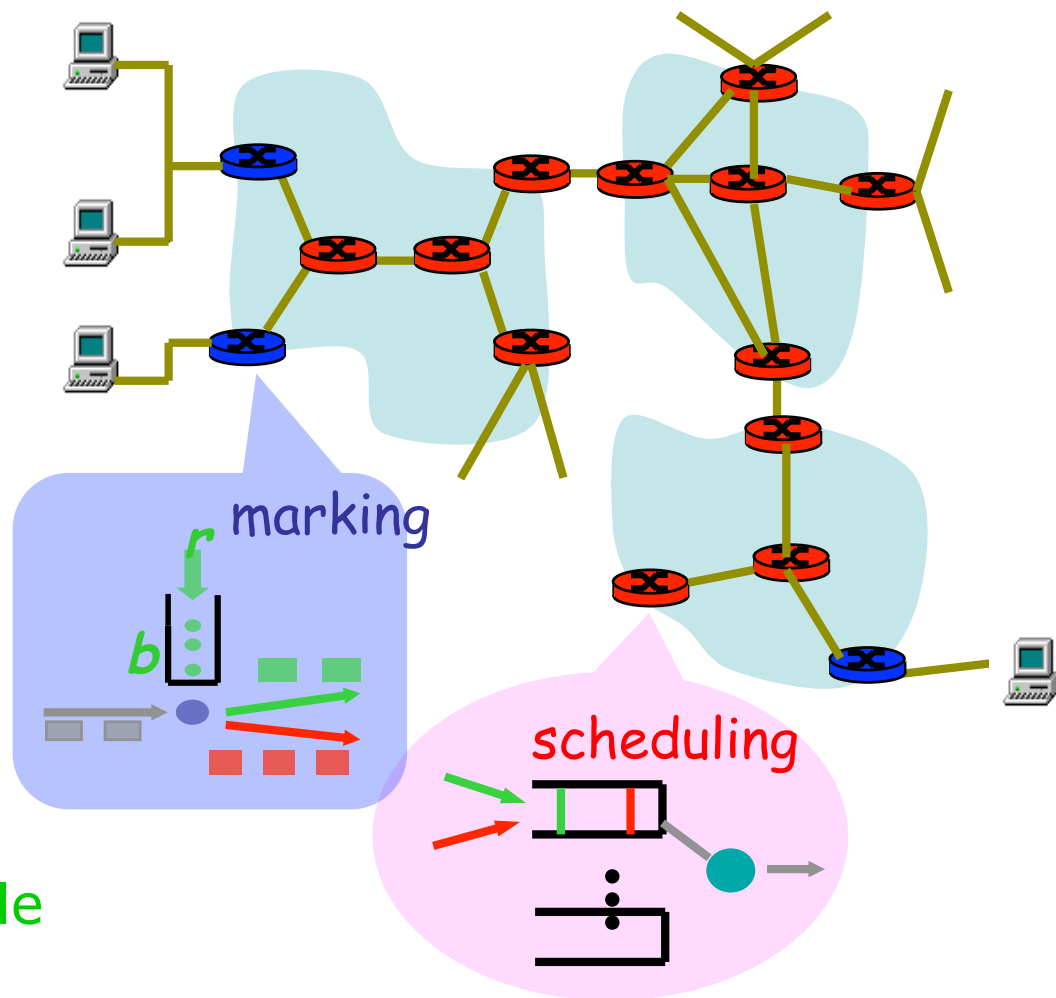
A DiffServ működése

Edge router:

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

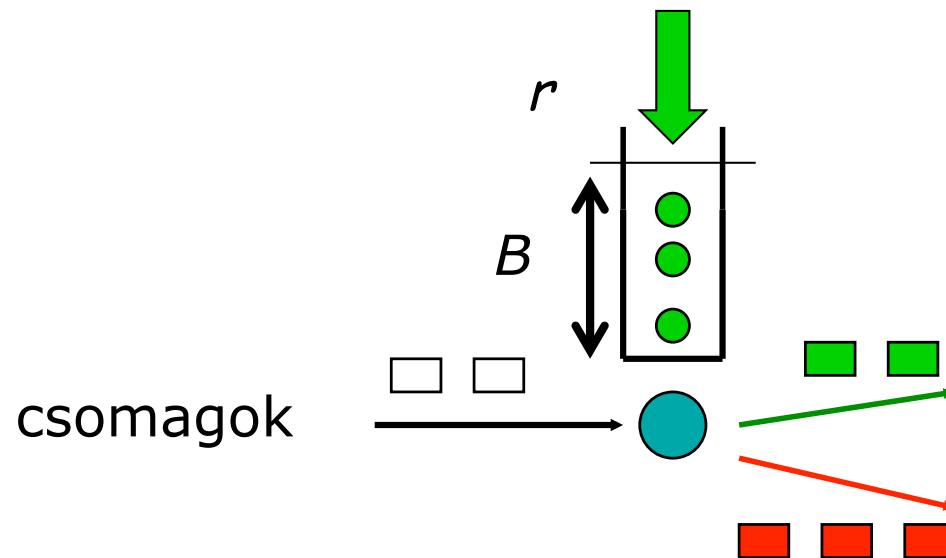
Core router:

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



A csomagok megjelölése az edge-routerben

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

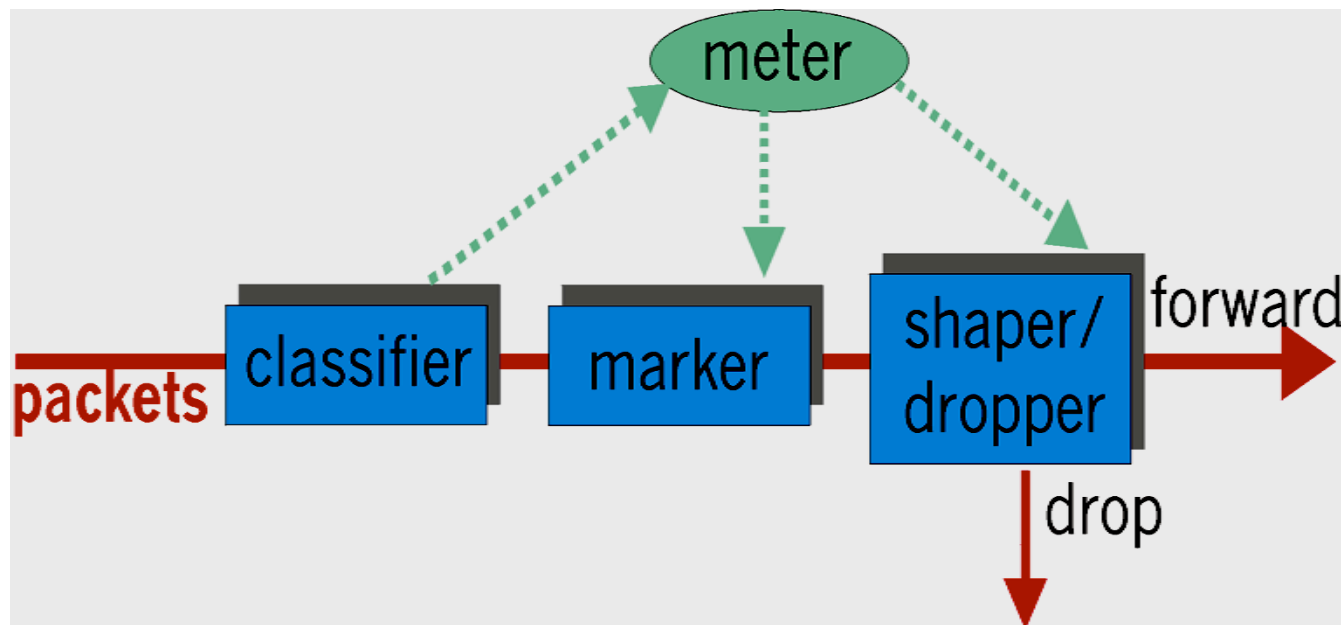


Megjelölés:

- 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)

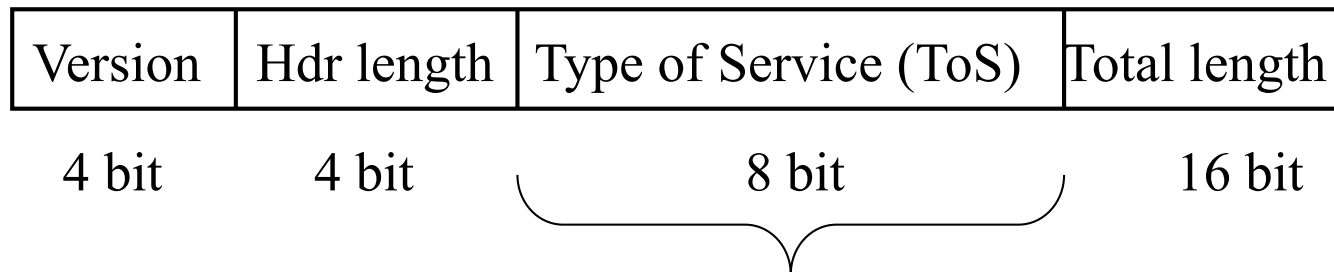


DiffServ – a csomópontok viselkedése

- *Természetesen nem csak 2 osztály van*
- **Per-Hop-Behavior (PHB):** a forgalomosztályhoz tartozó csomagtovábbítási elveket definálja
- **Nincs együttműködés a végpontok között, mint az IntServ-nél**
- A különböző PHB-k megadására:
 - IPv4-nél: IP fejrész ToS mezőjében 6 bit
 - IPv6-nál: ugyanaz Traffic Class néven
- Ez a 6 bit: “DiffServ Code Points” (DSCP)
 - A mező további 2 bitje: Explicit Congestion Notification (torlódásjelzés)
- Két alapvető PHB-típus:
 - **“expedited forwarding” (EF)**
 - **“assured forwarding” (AF)**
- Plusz default PHB: **best effort**
 - minden idekerül ami nem felel meg a fenti kettőnek

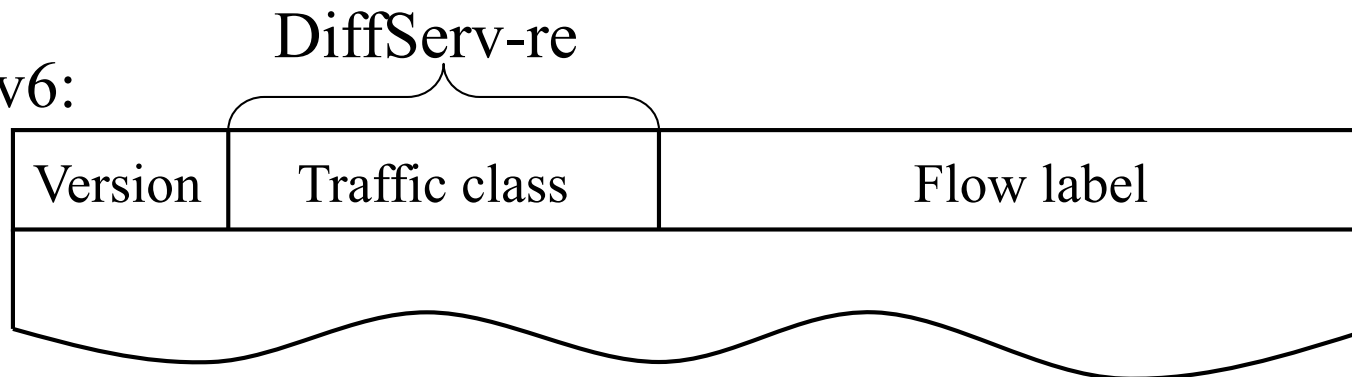
A “DiffServ Code Points”-ok (DSCP-k) elhelyezése

IPv4:



6 bit DiffServ-re:
64 különböző PHB

IPv6:



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
 - **Ütemezőben: olyan sorhoz rendeljük hozzá, amelynek a kiszolgálási üteme legalább a csomagok beérkezési ütemével egyezik meg**
 - Ezért elhanyagolható lesz a késleltetés és csomagvesztés
- Az EF („expressz” továbbítás) más típusú forgalommal szembeni szigorú prioritással garantálható
- Alkalmazások: beszéd, videó

DiffServ – *expedited forwarding* (EF)

- Gond az EF-fel: túl nagy EF forgalom **sorbanállási késleltetést okoz**
- Osztályon belül: késleltetés és jitter leromlása
- Szigorú beengedés-szabályozás kell erre az osztályra!
- A szolgáltató korlátozza, pl. max. 30%-a lehet a link kapacitásának

DiffServ – *assured forwarding* (AF)

- A legnépesebb osztály: 12 elemmel (**AF_{xy}**)
 - 4 csoport, az x ($1 \div 4$) sort választ
 - ezekben 3 – 3 elem, y ($1 \div 3$) „eldobási stílust” határoz meg
- 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 (Default PHB)*: 000000
- **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>	...	...	...	...

Osztályok közötti torlódás: az osztály prioritása dönti el

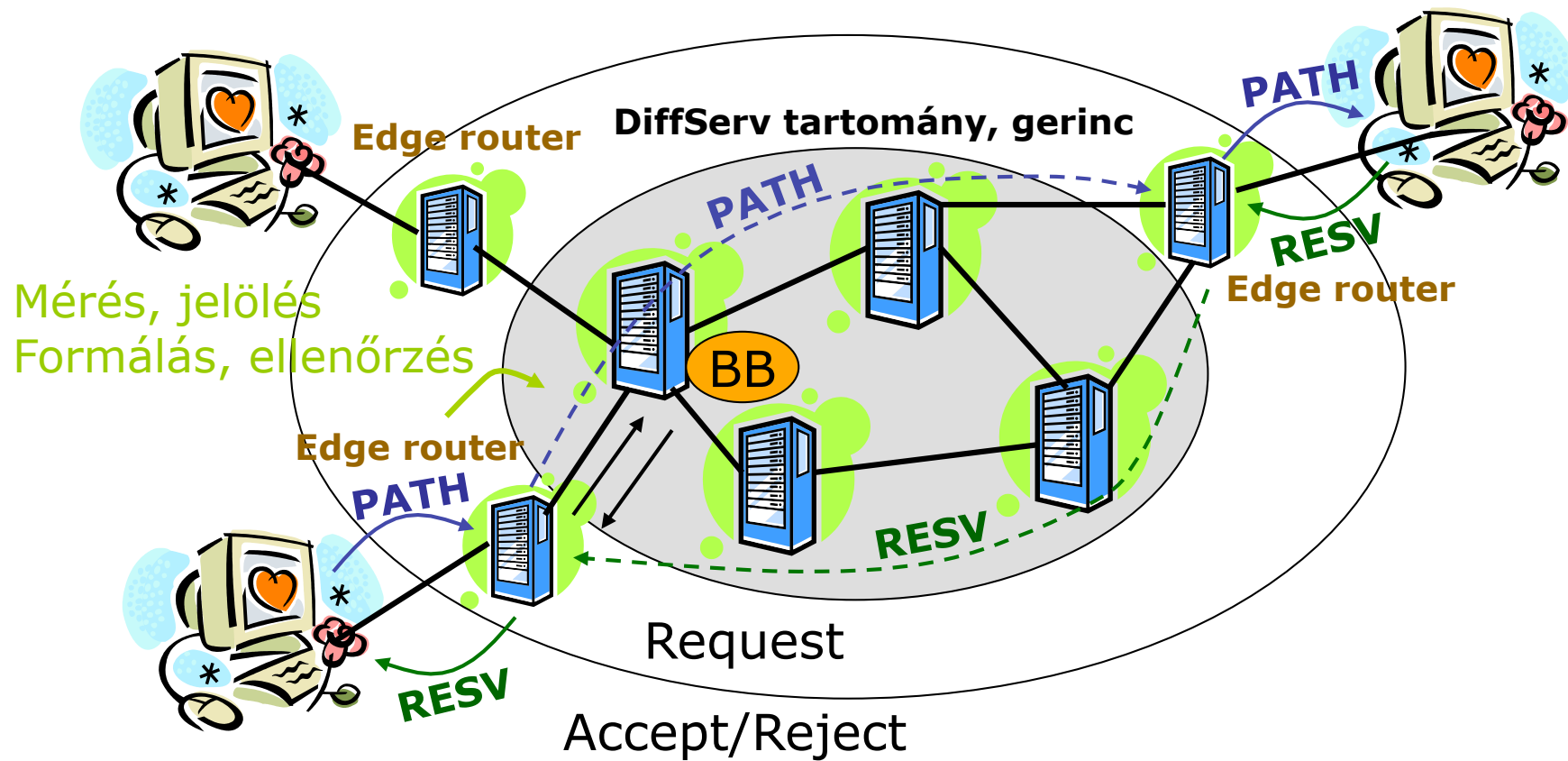
Osztályon belüli torlódás: a legkisebb eldobási valószínűségű élvez előnyt

Eldobási valószínűség szolgáltatónál: elég alacsony mindegyik eleinte, amelyik csomagok túllépik a „szerződött” átviteli rátát, azoknál növelik

Az IntServ és a DiffServ összehasonlítása

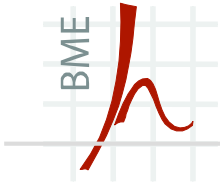
Jellemző	IntServ	DiffServ
Szolgáltatások kezelési módja	Végpontok közötti	Helyi (lépésenkénti)
Szolgáltatások kezelésének hatóköre	Egyedi- vagy többes-című út	Bárhol a hálózatban
A skálázhatóság (scalability) korlátja	Csomagfolyamok száma	Szolgáltatás-osztályok száma
Számlázás alapja	Forgalom- és QoS jellemzők	Forgalmi osztály használat
Forgalommenedzsment fajtája	Hasonló, mint az áramkörkapcsolt	Hasonló, mint az IP hálózaté
Megvalósítás helye	Hozzáférési hálózat	Gerinchálózat

DiffServ és IntServ: IntServ szolgáltatás DiffServ-hálózaton



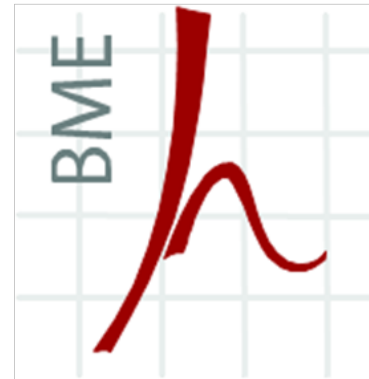
DiffServ és IntServ (folyt.)

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 megkezdí 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



Hol, milyen eszközökben valósítják meg az IntServ-et és a DiffServ-et?

- IntServ: végponti eszközökben és az edge routerekben
- DiffServ: valamennyi routerben
 - Pl.: a Cisco IOS része
- Alkalmazás a szolgáltatóknál:
 - Eleinte, amíg van elég kapacitás, nemigen
 - Később, a forgalom növekedtével, egyre inkább

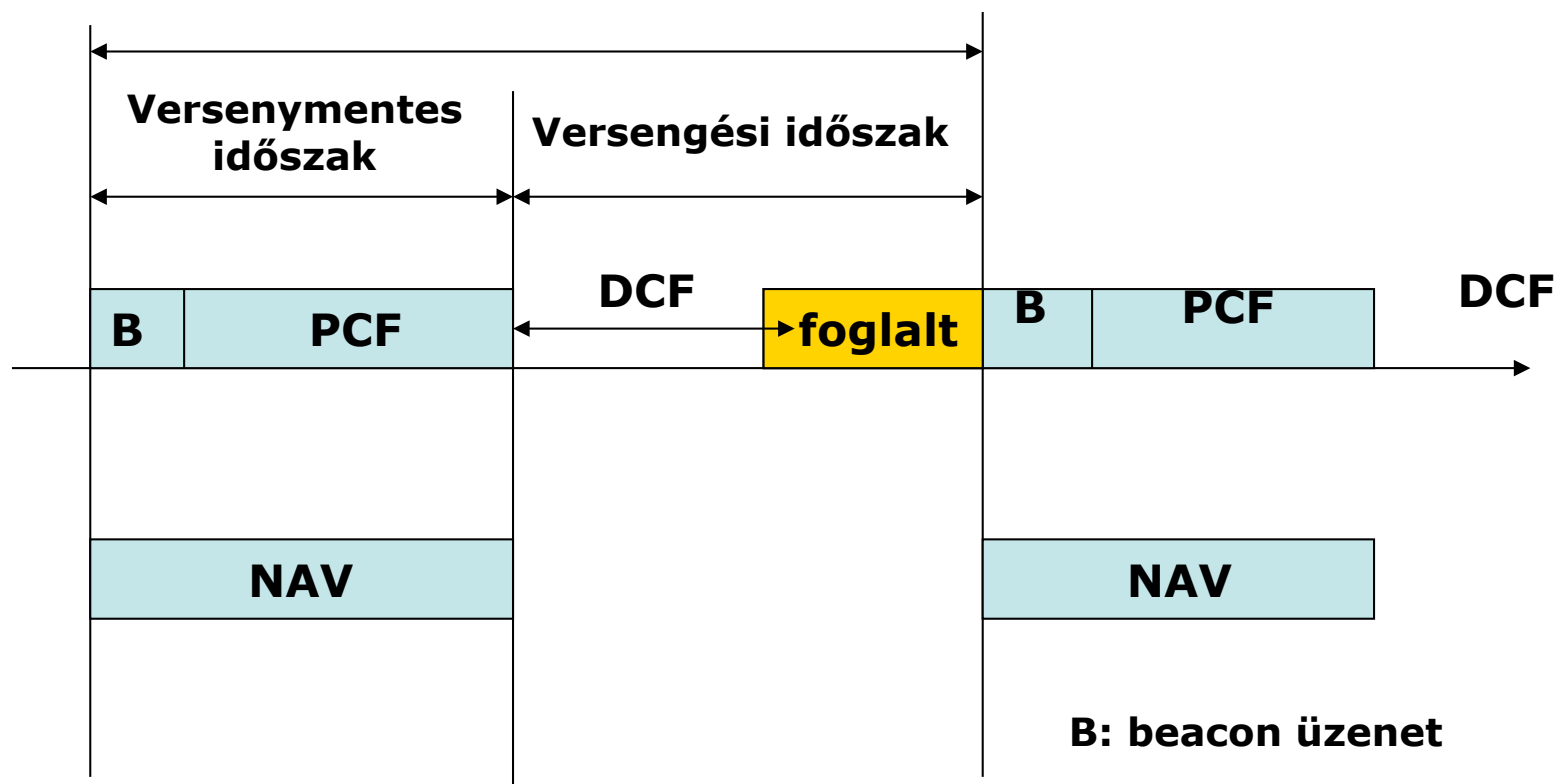


Röviden a QoS-biztosításról a vezeték nélküli LAN-okban és MAN-okban

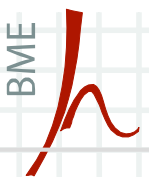
2013. április 30.
Budapest

WLAN: a PCF lehetőséget ad QoS biztosítására

Mi is volt a PCF – Point Coordination Function?



Általában nem implementálják, csak a DCF-et...



Szolgáltatásminőség biztosítása (QoS) a WLAN-okban: a 802.11e szabvány

- **HCF – Hybrid Coordination Function**
- Kétféle MAC-módszer, DCF-PCF analógia
- Forgalmi osztályok (Traffic Category): pl. e-mail alacsony, Voice over WLAN magas prioritású
 - **EDCA – Enhanced Distributed Channel Access**
 - Versenyzés: prioritásos kevesebb ideig vár
 - Van itt is versenymentes idő: hang és videó számára
 - **HCCA – HCF Controlled Channel Access**
 - Mint PCF, de AP bármikor elrendelhet versenymentes periódust, egyébként EDCA verseny
 - Előre veszi a magasabb prioritású osztályt (per-session service)
 - Legbonyolultabb CF, állomásokon DCF felett is működhet, AP-n új ütemező kell, ritkán valósítják meg

WiMAX: a MAC rétegben “igazi” QoS

Alkalmazások, QoS-osztályok és QoS-paraméterek

QoS Category	Applications	QoS Specifications
UGS Unsolicited Grant Service	VoIP	• Maximum Sustained Rate • Maximum Latency Tolerance • Jitter Tolerance
rtPS Real-Time Polling Service	Streaming Audio or Video	• Minimum Reserved Rate • Maximum Sustained Rate • Maximum Latency Tolerance • Traffic Priority
ErtPS Extended Real-Time Polling Service	Voice with Activity Detection (VoIP)	• Minimum Reserved Rate • Maximum Sustained Rate • Maximum Latency Tolerance • Jitter Tolerance • Traffic Priority
nrtPS Non-Real-Time Polling Service	File Transfer Protocol (FTP)	• Minimum Reserved Rate • Maximum Sustained Rate • Traffic Priority
BE Best-Effort Service	Data Transfer, Web Browsing, etc.	• Maximum Sustained Rate • Traffic Priority

QoS- osztályok és paraméterek

<i>Paraméter</i>	QoS osztály			
	UGS	rtPS	nrtPS	BE
MIR	(✓)	(✓)	✓	✓
CIR	✓	✓	✓	
CT		✓	✓	✓
Tolerated jitter	✓			
Maximum latency	✓	✓		
Traffic priority			✓	✓
Unsolicited grant size	✓			

QoS-biztosítási módszerek összefoglalása

- QoS összeköttetés-alapú hálózatokban
 - ATM
- QoS összeköttetésmentes hálózatokban
 - módszerek a hálózati rétegben, az IP-protokoll alapján
 - **IntServ**: folyamankénti 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

- *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*