



HÁLÓZATI RENDSZEREK
ÉS SZOLGÁLTATÁSOK
TANSZÉK

BMEVIHIMA00 Hálózati technológiák integrációja

Szolgáltatások minősége

1. Áttekintő kép

Jakab Tivadar
jakab@hit.bme.hu

Budapest,
2021.04.21.



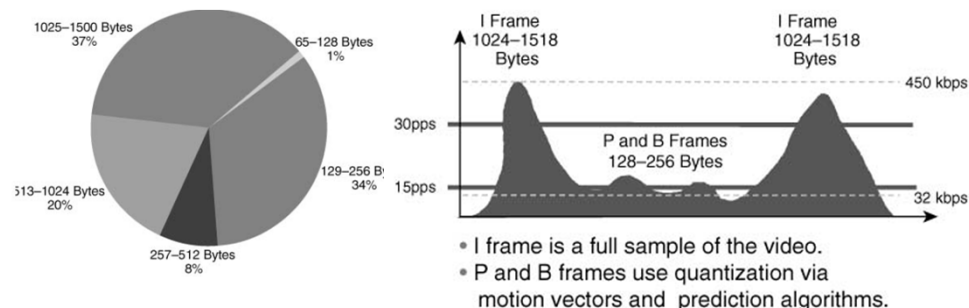
- Miért van szükség QoS szolgáltatásokra?
- A probléma, a megoldás és az elvi eszközkészlet
- Architektúrális megoldások: IntServ, DiffServ
- Hálózati megoldások

MIÉRT VAN SZÜKSÉG A HÁLÓZATBAN QOS KÉPESSÉGEKRE?

- Csomag alapú szolgáltatási platform
 - tárol és továbbít: pufferelés, feldolgozás
 - sorok, késleltetés, csomageldobás
- Alapesetben Best Effort szolgáltatás
 - Azonos kiszolgálás minden forgalmi komponensnek
 - Korlátozott hálózati erőforrások mellett
- Különböző alkalmazásokból származnak a forgalmi komponensek
 - Ezek eltérő szolgáltatási követelményekkel továbbítandók
 - Eltérő az egyes komponensek időbeli viselkedése (átlagérték, burstök mérete, hossza, stb.) – eltérő az erőforrásigényük egy adott QoS követelmény teljesítéséhez
 - Elasztikus (TCP: forgalomvezérlés, torlódásvezérlés) vagy bitfolyam (UDP) jellegű forgalom
- Megfelelő képességekre, architekturális megoldásokra van szükség az eltérő minőségi követelmények hatékony teljesítésére

• Interaktív videó

- adatvesztés <1%
- egyirányú késleltetés < 150 ms.
- jitter < 30 ms



• Streaming

- adatvesztés < 5%
- késleltetés < 4-5 másodperc (az alkalmazás képességeitől függően).
- Jitter: nincs szigorúan meghatározott követelmény

• Beszéd

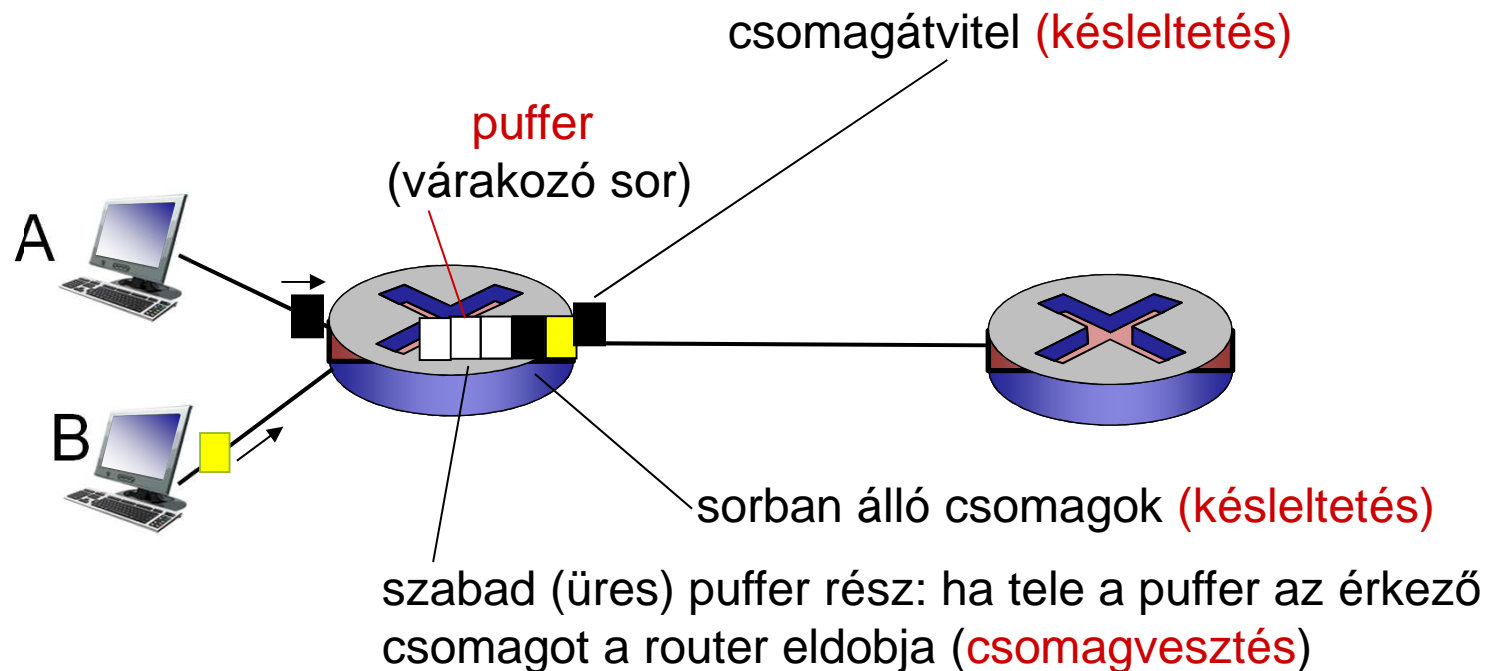
- adatvesztés <1%
- egyirányú késleltetés < 15 ms.
- jitter < 30 ms

• Data

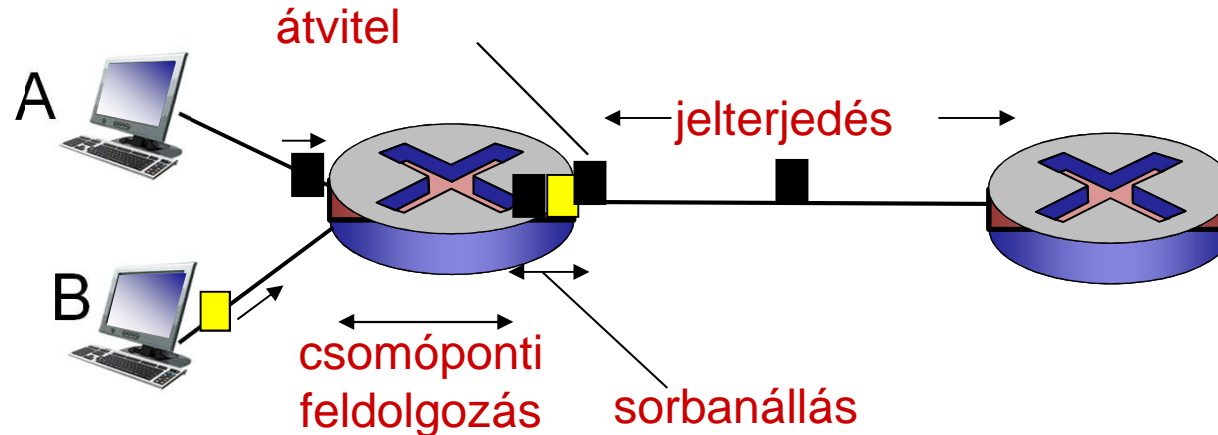
- az alkalmazási környezettől függően széles tartományban változó követelmények (pl. file transzfer vagy küldetéskritikus alkalmazás)

Csomagok tárolása a router pufferében

- az érkezési intenzitás (átmenetileg) meghaladja a kimenő interfész kapacitását
- A csomagok sor(ok)ban várnak a továbbításra



A késleltetés összetevői



$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

d_{proc} : csp. feldolgozási késl.

- bithibák ellenőrzése
- kimenő link meghatározása
- tipikus érték < msec

d_{queue} : sorbanállási késl.

- átvitelre várakozás a kimenő linknél
- a routeren fennálló tortódás mértékétől függ (sorhosszak)

d_{trans} : átviteli késl.:

- L : csomagméret (bit)
- R : link sávszélesség (bps)
- $d_{\text{trans}} = L/R$

d_{prop} : terjedési késl.:

- d : a link hossza
- s : jelterjedési sebesség ($\sim 2 \times 10^8$ m/sec)
- $d_{\text{prop}} = d/s$

Check out the online interactive exercises for more examples:

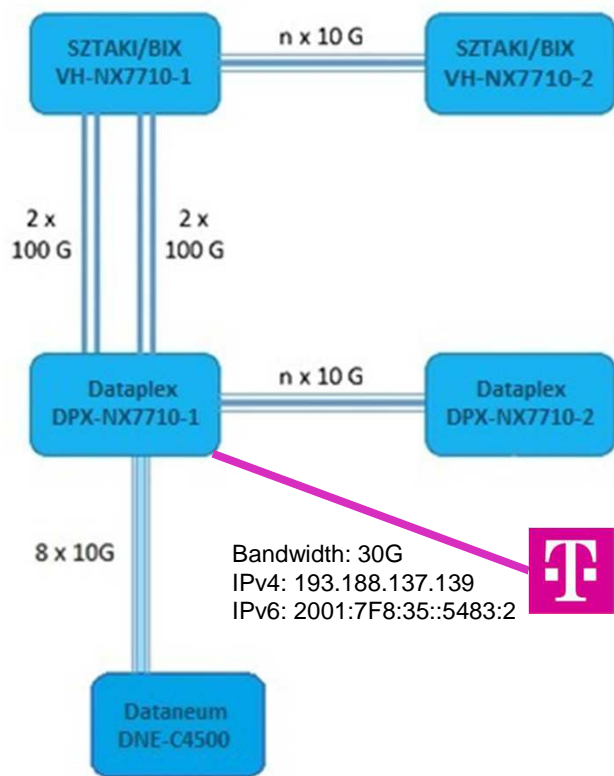
http://gaia.cs.umass.edu/kurose_ross/interactive/

*Check out the Java applet for an interactive animation on trans vs. prop delay

d_{trans} és d_{prop}
alapvetően
különböző

BIX Telekom linkterhelések

BIX topológia

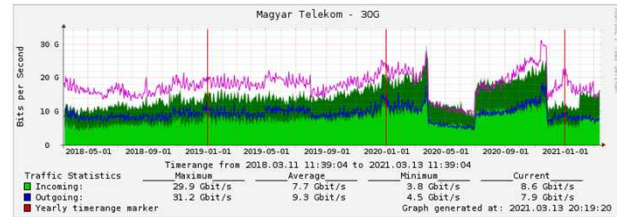
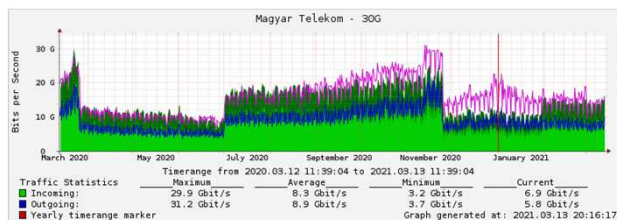
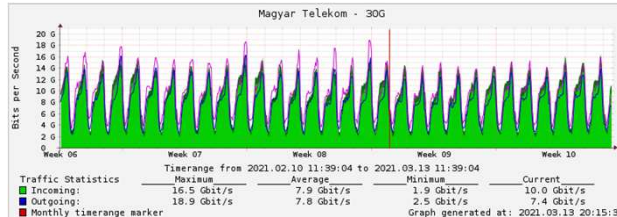
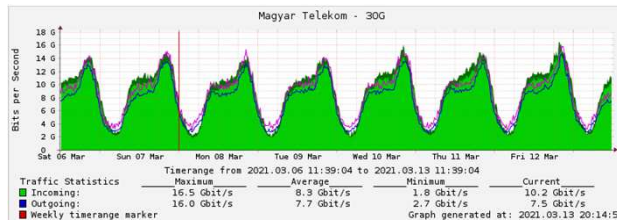
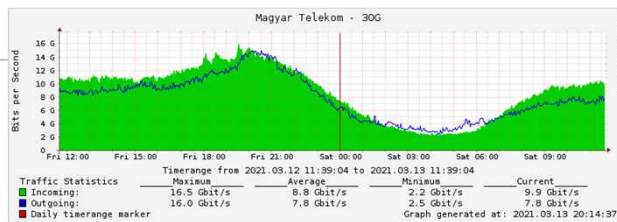


Bandwidth: 30G
IPv4: 193.188.137.139
IPv6: 2001:7F8:35::5483:2

Venues:

- [VH](#) H-1132 Budapest, Victor Hugo u. 18-22.
- [Dataplex](#) H-1087 Budapest, Asztalos Sándor u. 13.
- [Dataneum](#) H-1108 Budapest, Kozma u. 2.

Source: https://www.bix.hu/technologia/a_bix_infrastrukturaja



napi
5 min átlagok

heti
30 min átlagok

havi
2 órás átlagok

éves
1 napos átlagok

3 éves

Forrás: https://www.bix.hu/statisztika/magyar_telekom/a861b98f5e932a7cce5b3f60d1549883

Egy másik Telekom link (10G) https://www.bix.hu/statisztika/gts_hungary/Oa17f73632560b9a930f0d5c3da6e70

- a (szolgáltatási) környezet:
 - csomag/keret alapú továbbítás (store and forward)
 - a forgalmak a közös erőforrásokért versengenek
 - link sávszélesség
 - router erőforrások
 - feldolgozó
 - belső sín (backplane)
 - IF puffer
- nem kontrollált forgalom és továbbítás esetén időszakos erőforrás-szűkösség, a szolgáltatás minősége (csomagvesztés aránya, késleltetés, késleltetés-ingadozás) függ a pillanatnyi forgalomtól
- alapesetben BE szolgáltatás

KIINDULÁS: HOGYAN MŰKÖDIK A BE SZOLGÁLTATÁST NYÚJTÓ HÁLÓZAT?

- Mekkora a forgalom?
 - a felhasználói/kliens viselkedésétől függően változó
 - amennyi a felhordó linkeken át tud haladni
- Merre halad a forgalom a hálózaton (egyszerűsítés: egyetlen routing domain)?
 - IGP (adott metrikájú minimálutak húzóhatása, esetleg ECMP)
 - IGP adaptáció
- Hogyan viselkedik a forgalom?
 - van ami elasztikus, alkalmazkodik az éppen rendelkezésre álló sávszélességhez (TCP)
 - alkalmazásfüggő, nem sávszélesség függő
- Mit várhatunk el a kiszolgálótól?
 - az aktuális link sávszélességek és portsűrűség mellett HW-ben megvalósított/megvalósítható továbbítás

- explicit szolgáltatási követelmények (alkalmazásforgalom, felhasználás alapján: csomagvesztés, késleltetés, jitter)
- versengő forgalmak
 - eltérő követelményekkel
 - eltérő jellemzőkkel - időbeli lefolyás: átlagos mennyiség, pillanatnyi löketnagyság, lökethossz
- korlátozott erőforrások (csomag alapú szolgáltatási platform, tárol és továbbít, pufferek, csomóponti feldolgozás, link sávszélesség)
 - csomagvesztés: véges pufferméret
 - késleltetés: várakozási idő a sorban
 - késleltetés-ingadozás: széles tartományban változó sorhossz

Adott erőforrás-mennyiséggel és -konfigurációval hogyan teljesíthető teljesíthetők (hatékonyan) a követelmények?

- legyen elegendő erőforrás a forgalommennyiséghez és a követelményekhez képest

vagy

- ne engedjünk be több forgalmat, mint amennyi a követelmények teljesítésével kiszolgálható

de

- többféle követelmény
 - Szükséges erőforrás-mennyiség a teljes forgalomra a legszigorúbb követelmények alapján?
 - Beengedés: mit dobjunk el?

továbbá

- Üzemeltethetőség (komplexitás, skálázódás), hatékonyság (erőforrás igény és felhasználás), gazdaságosság (üzleti szolgáltatás)

Hálózati nézet

- a hálózat minden pontján minden továbbítási lépésben (hop) biztosítani kell a megfelelő forgalomkezelést és az ehhez szükséges mennyiségű erőforrást

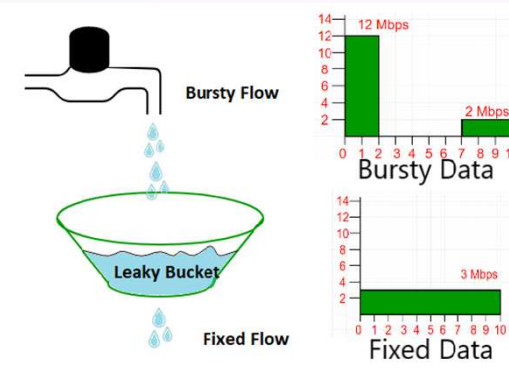
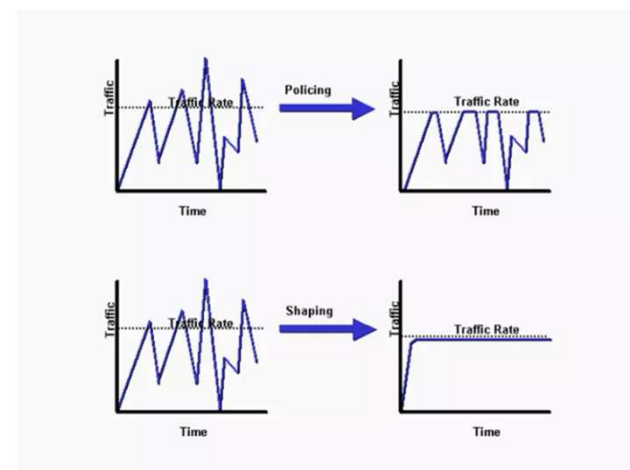
Felhasználói nézet

- adott alkalmazásforgalomra végpontok között teljesülnie kell a követelményeknek
- Hálózat
 - egy adott viszonylatban nyújtott szolgáltatásra, de
 - milyen útvonalon
 - továbbítási lépésként hogyan (e2e követelmények „felosztása” hopokra)

- megkülönböztetés (eltérő követelmények, külön osztályok)
- osztályon belüli elkülönítés (ellenőrizhetőség, ne rontsák le egymás szolgáltatási szintjét)
- hívásfelépítés (beengedés, csak annyi forgalmat, amennyi az adott előírások mellett kiszolgálható)
- osztályok feletti hatékonyság (a pillanatnyilag nem használt erőforrást más használhassa)

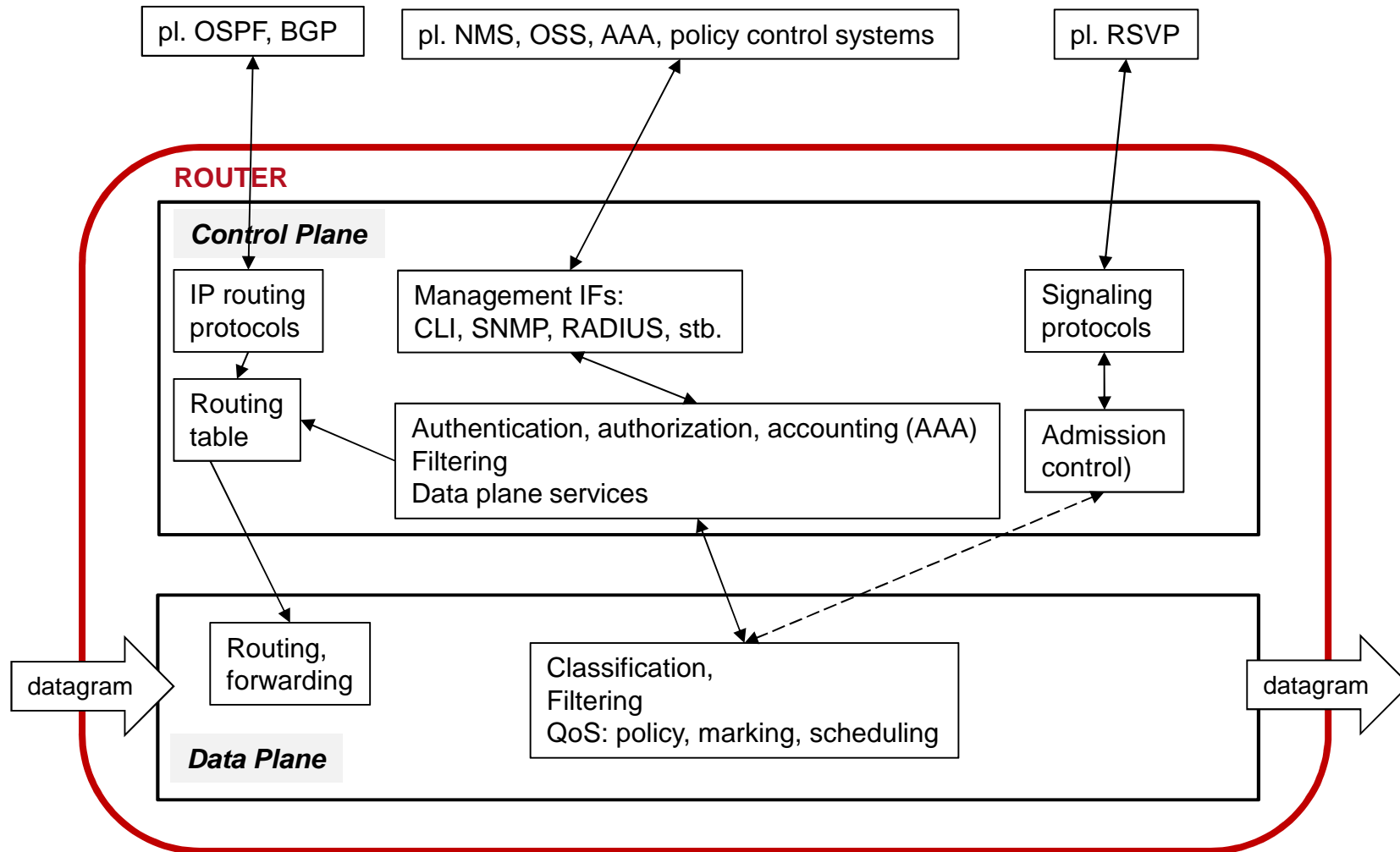
ESZKÖZKÉSZLET A QOS MEGVALÓSÍTÁSÁHOZ: FUNKCIÓK

- Csomagok megkülönböztetése (osztályozása alkalmazás, szolgáltatás, célcím, stb. alapján))
- Elkülönítés (különböző sorok, ütemezés)
- A kiszolgálandó forgalom korlátozása a rendelkezésre álló erőforráskészlet figyelembevételével: hívásfelépítés (beengedés, csak annyi forgalmat, amennyi az adott előírások mellett kiszolgálható, erőforrás-lefoglalás)
- Policing, shaping
- Feltétel alapú explicit utak (IP/MPLS TE) arra menjen a forgalom, ahol van elegendő erőforrása a követelményeinek megfelelő kiszolgálására
- KPI-s (Key Performance Index) monitorozás, vezérlés
- Felügyelt (operátor) vagy automatikus beavatkozások (off-line/on-line Traffic Engineering: utak, paraméterek hangolása) a szolgáltatás működtetése során



Források: <https://media.geeksforgeeks.org/wp-content/uploads/leakyTap-1.png>
<https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/quality-of-service-qos/qos-policing/19645-policevsshape.html>

ESZKÖZKÉSZLET A QOS MEGVALÓSÍTÁSÁHOZ: ROUTER



- Tartalom alapján
 - IP cím, MAC cím,
 - pl. source/dest port
- A forgalom statisztikus viselkedése alapján
 - érkezési intenzitás
 - session jellemzők (pl. idő)

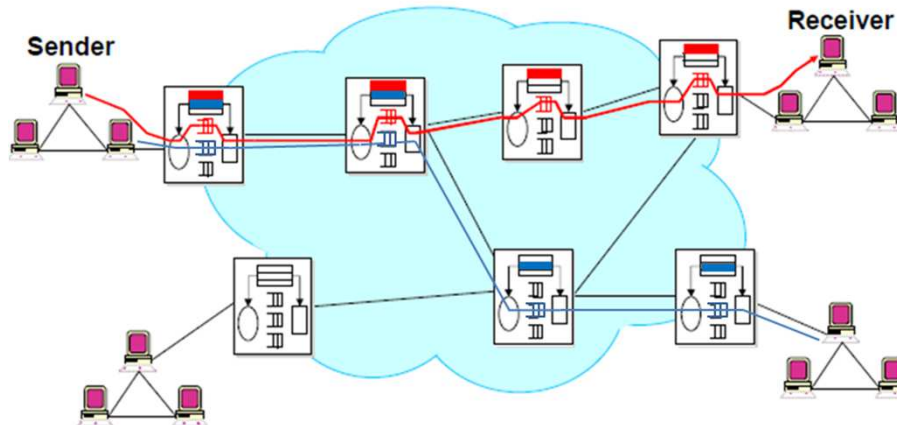
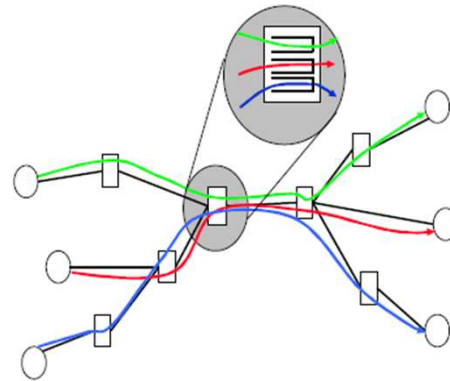
- Hagyományos alapelvek és alapalgoritmusok
 - FIFO
 - Priority Queuing
 - Fair Queuing
 - Weighted Fair Queuing
 - Wighted Round-Robin Queuing (=Class Besd Queuing)
 - Deficit Wighted Round-Robin Queuing
- Ütemezések a gyakorlatban
 - HW alapú megvalósíthatóság
 - alkalmazásorientált (milyen hálózatban, milyen célokra)
 - gyártófüggő a fentiek alapján

- viszonylat alapú
- lefoglalt erőforrások: routerenként menedzselt erőforrás-állapotok (szabad/foglalt)
- hívás (session) felépítés: egy új flownak le kell foglalnia a szükséges erőforrásokat routerenként
 - routerenkénti CAC (lefoglalási verseny, koordináció)
 - forgalomjellemezés és QoS specifikáció
 - Rspec: meghatározza a kapcsolat által megkövetelt QoS-t
 - Tspec: a forgalom jellemzőinek meghatározása (küldött vagy fogadott)
 - hívásfelépítés
 - a sessionhoz tartozó Rspec és Tspec eljuttatása az érintett routerekhez (RSVP)
 - Sessiononkénti CAC: az egyes routerek döntenek a session fogadásáról

- IntServ forgalmi osztályok
 - Best Effort
 - Controlled Load: QoS a terheletlen hálózaton, a terhelés növekedésével gyors degradálódás következhet be
 - Guaranteed Service: szigorú késleltetési korlátok fenntartása
- RSVP szerepe:
 - forrásnál, nyelőnél, routerekben
 - erőforrásigényt/kérést visz
 - szakaszonkénti CAC és foglalási állapot jelzés a kérő felé (foglalási állapot: soft state)
- IntServ jellemzők összefoglalása
 - flow alapú (matematikai garanciák)
 - routerenkénti CAC (RSVP alapon)
 - komplexitás (RSVP alapú működés, soft state)
 - skálázhatóság (jelzésforgalom, routerenként fenntartott erőforrás állapotok száma)

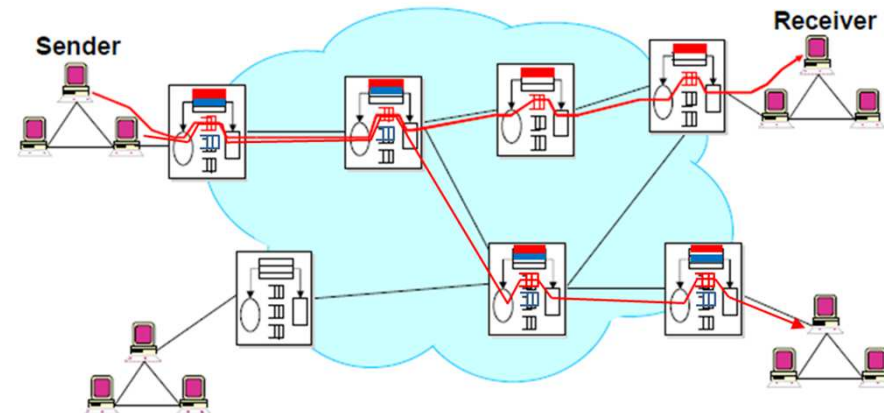
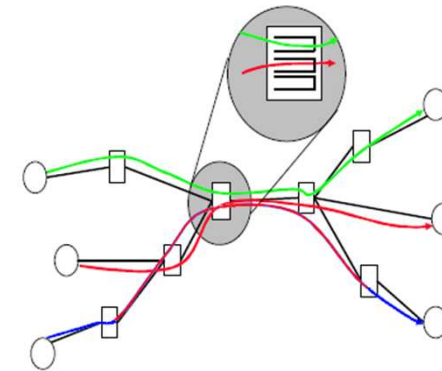
IntServ: per-flow QoS

- Egyedi alkalmazásforgalmankénti (flow) erőforrás lefoglalás a routerekben, ismétlődő állapotmegújítások (soft states)
- Garantált (hard) QoS (routerenkénti CAC az erőforrás lefoglalásakor, matematikai – tömegkiszolgálási - összefüggésekre alapozott garanciák: milyen forgalomnak milyen követelményekre mennyi erőforrás)
- Komplexitás, skálázódás



DiffServ: per-class QoS

- Aggregált alkalmazásforgalmankénti (class) erőforrás lefoglalás a routerekben
- Statisztikus (soft) QoS (forgalmi prognózison és tervezési megfontolásokon alapul)



- funkcionális elemek
 - Edge: forgalom osztályozása és jelölése, forgalomjellemzők mérése és fenntartása (shaping, dropping)
 - Core: szeparálás (osztályok), szakasz alapú kezelés (Per-Hop Behavior)
- PHB példák
 - adott osztály adott időintervallumban a kimenő link 15%-át
 - Class A magasabb prioritású mint Class B
- Expedited Forwarding
 - a meghatározott csomagtovábbítási arány teljesül függetlenül a többi osztály viselkedésétől (=kb. minimális garantált link sávszélesség)
- Assured Forwarding
 - négy osztály, mindegyiknek minimális garantált erőforrások
 - minden osztályban további három eldobási kategória
- DiffServ jellemzők összefoglalása
 - osztály alapú (statisztikus)
 - jobb skálázhatóság
 - erőforrások osztályokhoz rendelése a forgalmi osztályok forgalmának ismerete (mennyiség, irányultság) alapján

- Overprovisioning
 - forgalmak megkülönböztetése nélkül
 - minden fogalom kiszolgálása a legszigorúbb előírások alapján (ez elvileg olyan paraméterhalmazt is jelenthet, ami csak részenként van az előírások között)
- Erőforrás-szeperálás (link vagy hálózati szinten)
 - versenyzők szétválasztása, a forgalmak megkülönböztetésén alapul, a szétválasztás routing alapján
 - erőforrás-hatékonyság, gazdaságos méret
- QoS képes hálózat
 - QoS és BE forgalmak aránya
 - IntServ, DiffServ
 - Diffserv-aware IP/MPLS TE
 - constraint based path computation, explicit routing, admission control
 - Különböző modellek és stratégiák a sávszélesség menedzselésére
- L3-L2 viszonyok
 - QoS képes IP kapcsolt L2 felett
 - L2 linken több IP link forgalma versenyezhet
 - L2 szintű forgalomszétválasztás, ütemezés is szükséges