

3.6. ATM, IP ATM felett, ATM-LAN és MPLS

Szerző: dr. Cinkler Tibor

Lektor: dr. Henk Tamás

Az ATM kifejtése: Asynchronous Transfer Mode, vagy magyarul: aszinkron átviteli mód.

Az ISDN technika kidolgozásánál az volt a cél, hogy a hagyományos távbeszélő hálózatok legdrágább és legkevésbé kihasznált részét, az előfizetői vonalt újrahasznosítsák. Ebből adódott az ISDN hátránya is - keskenysávú lett, ezért sokszor N-ISDN azaz keskenysávú (Narrow-band) néven emlegetjük. (A határt a keskeny és szélessávú vezetékes hozzáférésnél 2Mbit/s-ra teszik.) Az ISDN előnye viszont az volt, hogy viszonylag olcsón a távbeszélő szolgálat mellett adatátvitelre, videokonferenciára, jobb minőségű és gyorsabb fax küldésre illetve értéknövelt szolgáltatások nyújtására is lehetőség nyílt.

Ahhoz, hogy az egyre növekvő igényeket kiszolgálhassák, az ITU-T kezdett dolgozni a B-ISDN azaz szélessávú (Broad-band) ISDN ajánlásokon. Az elvárás az volt, hogy olyan szélessávú integrált szolgáltatású digitális hálózatot alakítsanak ki, ahol a pont-pont kapcsolatok mellett pont - több-pont illetve több-pont - több-pont összeköttetéseket is lehet létrehozni, illetve támogatja mind a kapcsolt mind az állandó összeköttetéseket, úgy mint az áramkör és csomagkapcsolt szolgáltatásokat is, illetve mind az egyirányú mind a kétirányú (szimmetrikus vagy asszimmetrikus) összeköttetéseket is.

A B-ISDN-hez az ITU-T definiált referenciamodellt, az ISDN-éhez hasonló jelzésrendszert, és az ATM-et találta legmegfelelőbbnek a B-ISDN követelményrendszerének kielégítésére.

3.6.1. Érvek az ATM mellett

A forgalom az adatátviteli és távközlő hálózatokban mind térben mind időben eloszlik. Nappal a munkahelyeken nagy a forgalom, munka után és hétvégén a lakóközrzetekben. Ha a különféle forgalmakat összefogjuk és egy hálózaton szállítjuk, akkor azok hatékonyabban kezelhetők. Így nem kell az adat, távbeszélő és

műsorszétoztó hálózatainkat mind csúcsforgalomra méretezni, hanem a térbeli és időbeli eloszlás miatt az erőforrásokat megosztjuk.

A korábbiakban alapvetően két hálózattípussal találkoztunk. Az áramkörkapcsolt hálózatok a távbeszélő hálózatokban bevált, elterjedt megoldás, míg a csomagkapcsolás a számítógép illetve adatátviteli hálózatokban használatos.

Áramkörkapcsolás esetén igény szerint létrehozunk egy adott kapacitású összeköttetést (áramkört) melyet csak az adott felek használnak. Miután véget ért az információátvitel az áramkört bontjuk, és az addig foglalt erőforrásokat átengedjük más összeköttetések számára. Ez lehetővé teszi a minőségi garanciák biztosítását (QoS: Quality of Service, pl. kis késleltetés, kis adatvesztés), feltéve., hogy az összeköttetés létrehozása nem ütközött erőforráskapacitás korlátba. Másrészt viszont, ha a rögzített sávszélességű lefoglalt csatornán csomós ("börstös") adatot küldünk az az idő jelentős hányadában kihasználatlan lesz, sőt lehet, hogy az átvitel kapacitás csak az egyik irányban lesz kihasználva.

Csomagkapcsolás esetén a helyzet a fordított, csak akkor küldünk csomagot, ha összegyűlt "elegendő mondanivalónk". Ezt várakozás nélkül tehetjük, de hogy biztosítsuk csomagunk célbajutását azt "megcímezzük", azaz hozzáteszünk egy fejlécszt. Így jobb erőforráskihasználást tudunk elérni ritkán de sokat küldő források esetén, ám minőségi garanciákat nem biztosít a hálózat.

Minőséget csak akkor tudunk biztosítani, ha lefoglaljuk a szükséges erőforrásokat ÉS ellenőrizzük, hogy forgalomforrásaink betartják-e e foglalást. Ezért az ATM ötvözi a fenti technikákat, és úgynevezett virtuális áramkörkapcsolást használ míg az információt kis, rögzített méretű csomagokba, cellákba tördeli.

Így lehetőség nyílik a determinisztikus multiplexelés kiváltására statisztikus multiplexeléssel. Ma az ATM az egyetlen technika mely QoS garanciák mellett jó erőforráskihasználást biztosít, mind a hozzáférői, mind a gerinchálózatban a 2 Mbit/s - 2.5 Gbit/s bitsebesség tartományban.

Az ATM legfontosabb előnyét, az együttes QoS biztosítást és hatékony erőforráskihasználást a rendszer bonyolultságával fizettük meg (lásd 4.2 fejezet). Az IP hálózatokban jelenleg az egyik legfontosabb törekvés a minőség biztosítás, elsősorban a valós idejű alkalmazások miatt, pl. beszédátvitel IP hálózat felett (VoIP:

Voice over Internet Protocol). Ezt csak úgy érhetik el, ha növelik a rendszer bonyolultságát a DiffServ illetve IntServ megoldások bevezetésével.

3.6.2. Az ATM jellemzői

Az ATM tömören az alábbiakkal jellemezhető:

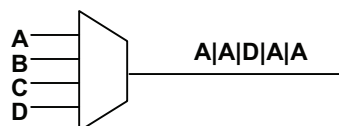
- Az ATM a B-ISDN (szélessávú ISDN) ajánlott átviteli technológiája.
- Cellakapcsolt, az adatok rögzített méretű, kis csomagokban továbbítódnak.
- Virtuális áramkör kapcsolást használ, ezért útvonal-választást csak egyszer kell végezni, utána csak a cellák egyszerű továbbítása szükséges.
- A kapcsolat hardverből történik, sem folyamatszabályozás, sem javítás nincs a csomópontokban, csak a hálózat peremén.
- Statisztikus multiplexelés révén tetszőleges sáv szélesség foglalható illetve használható az adott hozzáférési sebesség tartományban.
- Tetszőleges minőséget tud biztosítani jó erőforrás kihasználtsága mellett.

Tekintsük át az ATM-et megalapozó műszaki fogalmakat és megoldásokat, hogy fény derüljön a fenti jellemzőkre!

3.6.3. Műszaki alapok

Mitől *aszinkron* átviteli mód az ATM?

Multiplexeléskor különböző sebességű csatornák is összefoghatók, és a kimenten tetszőleges szabad időrést használhatnak az adategységek, azaz nincsenek egy keretszervezéshez szinkronizálva. De ahhoz, hogy vételi oldalon



szét tudjuk válogatni ezeket az egységeket mindegyiket felcímkezzük.

3.6.1. ábra. aszinkron nyalábolás

Hogyan épül fel az adatátvitel egysége a cella?

VPI		
VPI	VCI	
VCI		
VCI	PT	CLP
HEC		

48 oktet rakomány

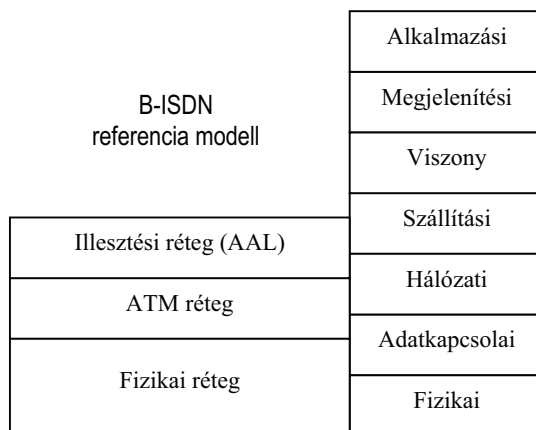
3.6.2. ábra. Az ATM cella felépítése

Az ábrán látható egy cella felépítése egy hálózati interfészen (NNI: Network to Network Interface). Az egyes sorok okteteket jelentenek, balról jobbra, majd fentről soronként lefelé haladva olvassuk ki tartalmát. Az első 12 bit a VPI (Virtual Path Identifier: virtuális út azonosító), mely azt jelzi, hogy az adott cella mely csoporthoz (VP-hez: Virtual Path) tartozik. A következő 16 bit a VCI mező (Virtual Channel Identifier: virtuális csatorna azonosító), mely a VPI értékkel jelölt csoporton belül azonosítja az összeköttetést. A három bites PT (Payload Type) mező a rakomány azonosításában illetve torlódásvezérlésben játszik szerepet, míg a CLP (Cell Loss Priority) mező jelöli, hogy az adott cella eldobható-e, azaz magas vagy alacsony prioritással dobható el ha a hálózatban torlódás keletkezik. A HEC (Header Error Control) mező funkciója kettős: egyrészt fejrészhiba észlelésére és javítására, másrészt a cellahatárok észlelésére szolgál. Az 5 oktetes fejrészt 48 oktet hasznos adat követi, így a cella teljes mérete 53 oktet.

Amennyiben nem hálózati interfészt, hanem felhasználó és hálózat közti interfészt (UNI) vizsgálunk akkor a cella első 4 bitje a GFC (Generic Flow Control) mező lesz melyet forgalomszabályozási funkciók megvalósítására terveztek.

Hogyan illeszkedik az ATM az ISO OSI referenciamodelljéhez?

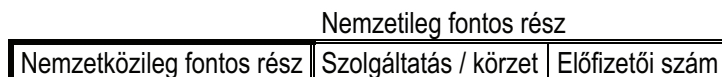
Az ATM az ITU-T által definiált B-ISDN referenciamodellnek felel meg, mely egy bonyolultabb háromdimenziós modell. Az ábrán csak egy dimenziót emeltünk ki. Az ATM-nél az ITU-T három réteget definiált csak. Látjuk, hogy az OSI referenciamodellhez képest az ATM fizikai rétege többet tud, és ez az elcsúszás a többi rétegnél is érzékelhető. Illesztési rétegből több féle van, legelterjedtebb az AAL5 (ATM Adaptation Layer 5) mely igen egyszerű, kevés funkciót valósít meg, elsődleges feladata a magasabb szintű adategységek tördelése az adásnál, illetve ezek újraegyesítése a vételnél. Az IP, FR illetve primér PDH fogalmata az illesztési réteg segítségével helyezük az ATM hálózatra.



3.6.3 ábra. Az OSI és B-ISDN referenciamodellek összevetése

Milyen címezést használnak ATM hálózatokban?

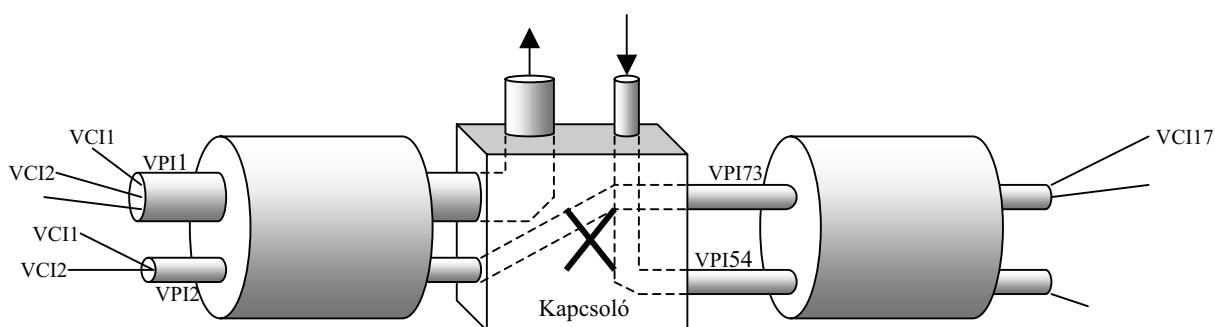
Nyilvános ATM hálózatokban a távbeszélő hálózatokban is használatos ITU-T E.164 ajánlást használják. A magánhálózatokban használatos címezés ettől eltér.



3.6.4 ábra. ATM címezés

Milyen "összeköttetések" vannak ATM hálózatokban?

Egy adatforgalmat szállító összeköttetés két végpont között egy "látszólagos áramkör" vagy tükörfordításban egy "virtuális csatorna összeköttetés" (VCC). Ez a VCC több szakaszon keresztül több VP-t (látszólagos utat) használva valósul meg.



3.6.5 ábra. VP és VC kapcsolás, illetve rendezés

Egy virtuális csatorna összeköttetés lehet állandó (PVC) vagy kapcsolt (SVC). Míg a PVC konfigurálással hálózat- vagy hálózati elem menedzsment rendszer révén hozható létre, az SVC-t az előfizető kezdeményezésére jelzésrendszer révén hozzák létre.

A pont - pont összeköttetések mellett az ATM támogatja a pont - több-pont összeköttetéseket is, sőt ATM-beli összeköttetések felett összeköttetés mentes alkalmazások is megvalósíthatók.

Forgalommenedzsment

Az ATM hálózatoknak kiváló forgalommenedzsmentje van. Mint említettük, az ATM egyetlen olyan megoldás, mely tetszőleges minőségi garanciák biztosítása mellett jó erőforráskihasználást valósít meg.

Az ATM forgalommenedzsment specifikációk *forgalmi* és *minőségi* igényeik alapján több csoportba sorolja a forrásokat. Ezek közül a 4.1 fejezet többet részletez, itt csak felsoroljuk:

- CBR: Constant Bit Rate:
 - o Állandó bitsebesség jellemzi, példaként a bérelt vonalat említhetjük.
- rt-VBR: Variable Bit Rate, vaklós idejű változó bitsebességű forrás.
- nrt-VBR: nem valós idejű VBR
- ABR: Available Bit Rate: rendelkezésre álló bitsebességű forrás, ahol az adási sebesség a hálózat forgalmi terheltségének függvényében visszacsatolással szabályozható
- UBR: Unspecified Bit Rate. Forrás, ahol nincsenek minőségi paraméterek megadva.
- GFR: Guaranteed Frame Rate: Olyan forrás, mely nagyobb méretű keretek továbbítását igényli. Itt a cellákra tördelt keretek összefüggését nyilvántartják.

A forgalmi és minőségi paraméterek alapján történik az erőforrásfoglalás és betartásukat a felhasználó, illetve a hálózat részéről felügyelik az összeköttetés teljes időtartama alatt.

3.6.4. Hogyan lehet ATM fölött számítógép-hálózatot kialakítani?

Ennek több módja van:

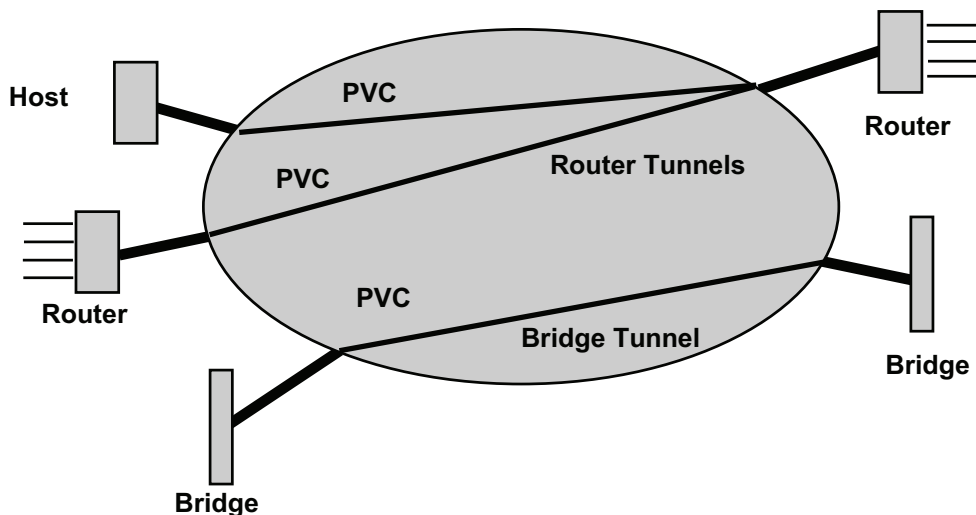
1. Több-protokollos beágyazás (multi-protokoll encapsulation) (IETF RFC 1483)
2. Hagyományos IP ATM felett (Classical IP over ATM, CLIP) (IETF RFC 1577)

3. LAN emuláció (LAN Emulation over ATM Version 1.0) (ATM Forum LANE 1.0)
4. ATM alkalmazásprogramozó interfész (ATM Application Programming Interface) (ATM API)
5. Hagyományos IP és címfeloldás ATM felett (Classical IP and ARP over ATM) (IETF RFC 2225)
6. Több protokoll ATM felett (Multi-Protocoll over ATM) (ATM Forum MPOA)
7. LAN emuláció 2.változata (ATM Forum LANE 2.0)
8. Többprotokollos címkekapcsolás (MultiProtocol Label Switching) (IETF MPLS)

E technikák csoportosíthatók az alapján, hogy mire van kiélezve. Míg a 3., 6. és 7. módszert elsősorban LAN keretek szállítására dolgozták ki, addig a 2, 5, és 8 módszereket elsősorban az IP csomagok közvetlen szállítására. Az 1. módszer mind LAN mind IP keretek szállítására alkalmas. Ennek megfelelően a LAN jellegű megoldások a közegehozzáférés függvényében kisebb távolságok áthidalására, míg a közvetlen IP csomagok szállítását célzó megoldások nagyobb távolságok áthidalására szolgálnak.

3.6.5. Több-protokollos beágyazás (IETF RFC 1483)

Ez az első megoldás, mely lehetővé tette az IP alapú kommunikációt ATM hálózatok felett. A megoldást az IETF dolgozta ki, alapjait az 1993 júliusában elfogadott RFC 1483 tartalmazza. A megnevezésben azért szerepel a *többprotokollos*, mert több különböző LAN keret és protokoll oszt egy PVC-t. Az egyetlen használt beágyazás az LLC (Link Layer Control) beágyazás. Az RFC 1483-ban rögzített megoldás csak PVC-eket, azaz állandó virtuális csatornákat használ. Így minden, a kommunikációban résztvenni kívánó félnek állandó csatornát alakítunk ki, függetlenül, hogy az szállít-e adatot vagy sem. Ezeket a PVC-eket alagutaknak (tunnel) nevezzük, hiszen ez csak egy biteket szállító cső. Egy hálózatban 2 munkaállomás noha tud közvetlenül kommunikálni, a teljes PVC-szövevény elkerülése érdekében jellemzően bridge vagy router segítségével kommunikál egymással. Egy alagút vagy hidak (bridgek), vagy útválasztók (routerek) összekötését szolgálja, de mindkettőt egyidőben nem.



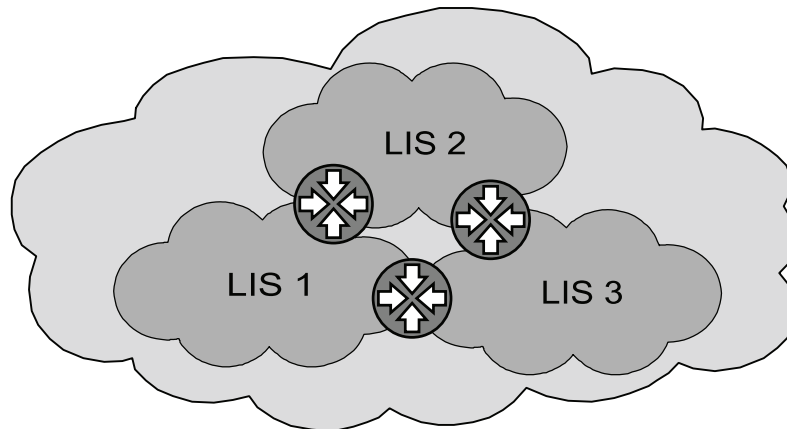
3.6.6 ábra. "Alagutak" a többprotokollos beágyazásnál.

E megoldás egyik hátránya, hogy az állandó VC-k (PVC-k) állandóan lefoglalják az erőforrásokat, beleértve a VPI/VCI címet is. Másrészt figyelmen kívül hagyja az ATM VC-kapcsoló (SVC) és útvonalválasztási képességeit.

3.6.6. Hagyományos IP ATM felett (IETF RFC 1577 és RFC 2225)

Ez már egy bonyolultabb, de egyben rugalmasabb megoldás is, mely a kapcsolt VC-k (SVC-k) előnyeit is képes kihasználni. Hátránya viszont, hogy csak az IP-t támogatja, egyéb hálózati protokollokat nem. Mint a nevéből is kiderül a TCP/IP csomagok ATM hálózaton való átküldését és a címmegfeleltetést tartalmazza. Alapjait az IETF (Internet Engineering Task Force) által specifikált RFC 1577 illetve 2225 rögzítik.

Az IP csomagok tördelését az adási oldalon illetve ezek újraegyesítését a vételi oldalon az AAL5 illesztési réteg végzi. E technika mind PVC mind SVC alapú összeköttetéseket támogat.



3.6.7 ábra. Logikai IP alhálózatok és kapcsolatok.

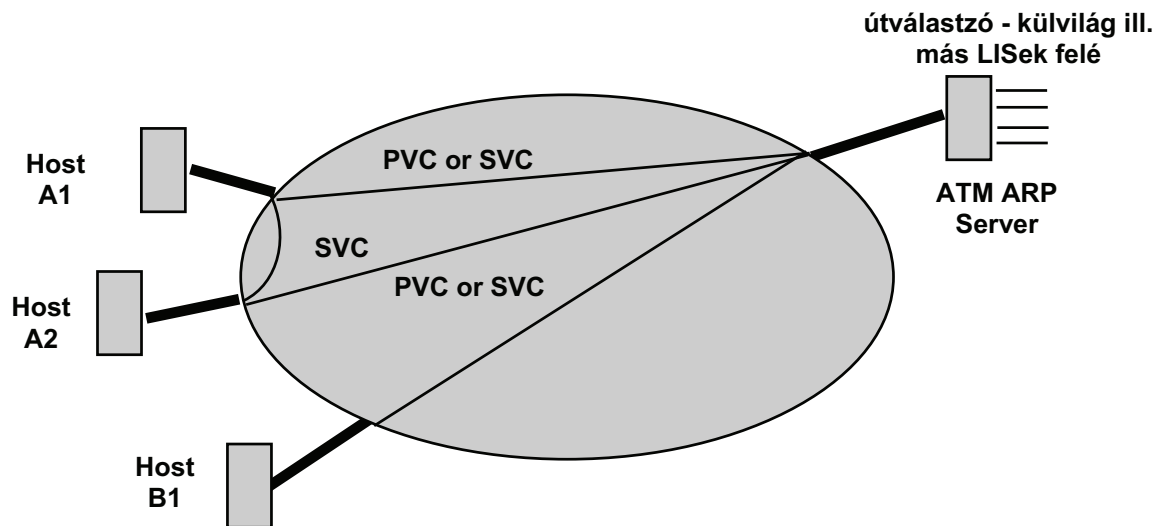
Azon gépeket melyek egymással közvetlenül kell kapcsolatot létesítsenek logikai IP alhálózatokba soroljuk (LIS: Logical IP subnet). Három ilyen LIS-t szemléltet a fenti ábra. Míg a LIS-en belüli munkaállomások képesek közvetlen ATM összeköttetést (SVC) kialakítani egymás között, addig a különböző alhálózatba tartozók csak több SVC-n keresztül útválasztók (routerek) segítségével érik el egymást.

A továbbiakban az egyes LIS-eken belüli kapcsolat kiépítését vizsgáljuk. Minden IP munkaállomás melyet szeretnénk hálózatba kötni ATM hálózat felett, kell rendelkezzen egy ATM címmel. Amennyiben PVC-t használunk (például ha a hálózat nem támogat jelzésrendszert), minden munkaállomásnak van saját címfeloldási táblázata, azaz minden IP címnek megfelel egy adott VPI/VCI címke. Amennyiben SVC-t használunk minden LIS-en belül kell legyen egy címfeloldó szerver (ARP: Address resolution Protocol).

Nézzük, hogyan épül ki egy IP folyam.

Először is a kliens kiépít egy összeköttetést az ARP szerver felé, mely vagy egy külön munkaállomáson, vagy gyakrabban egy ATM kapcsolón "fut". Az ARP szerver címe konfigurálható, vagy dinamikusan lekérhető. Ezt követően az ARP szerver egy inverz ARP kéréssel lekéri a csatlakozó munkállomás ATM címének megfelelő IP címet is. Így tartja karban az ARP szerver a címmegfeleltetési táblázatot. Ezt követően, ha például az A1 munkaállomás az A2 munkaállomást szeretné elérni annak IP címe alapján, akkor megnézi a saját ideiglenes címmegfeleltetési tárában, ha ott nem találja az ARP szervertől lekéri A2 ATM címet, majd egy ATM SVC-t épít ki A2 felé. Ezt adatátvitel követi, majd hosszabb

átvitelmentes időszak után az SVC bontódik. Ha rövidesen A1 ismét szeretné elérni A2-t, helyi címmegfeleltetési tárában ezúttal megtalálja annak ATM címét, ezzel is gyorsítva a kapcsolatkiépítést, illetve csökkentve az ARP szerver terhelését.



3.6.8 ábra. Hagyományos IP ATM felett: egy LIS.

Amennyiben A1 egy olyan munkaállomást (pl. B1) szeretne elérni mely nem ugyanabban a LIS-ben van, akkor ezt routeren keresztül teheti csak meg. Ábránkon az ARP szerver és útválasztó egybeesik, de ez a gyakorlatban nem feltétlenül valósul meg így.

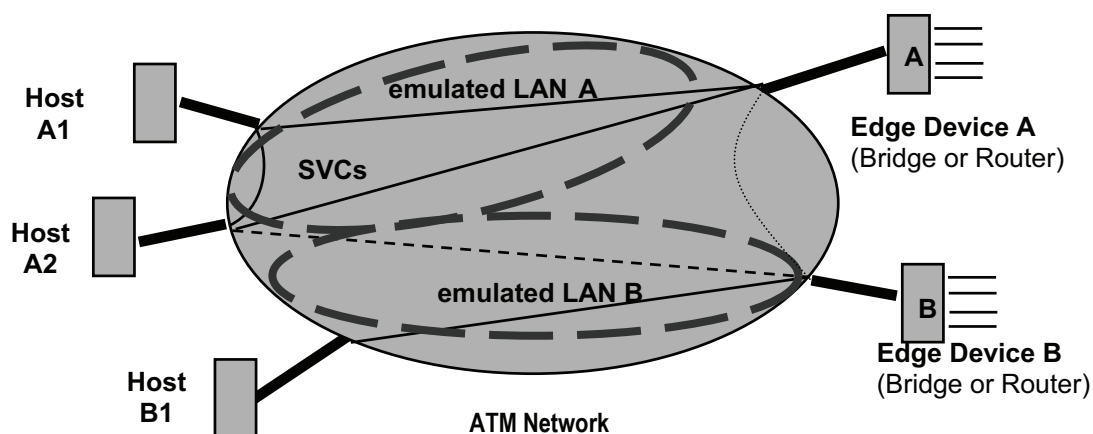
A pont - több-pont összeköttetéseket a hagyományos IP ATM felett nem támogatta. E funkciót úgy valósították meg, hogy minden csomópont kialakított egy pont-többpont összeköttetést az összes többi felé. Ennél erőforráskímélőbb megoldás a szétosztó-szerver (MCS: MultiCast Server) használata, ahol a szerver bármely csomóponttól kapott üzenetet szétküldi minden végpontnak. Ehhez egy IP multicast csoport címhez több ATM címet feleltet meg.

Az RFC 2225 több, adatbázisaikat egymással állandóan szinkronizáló ARP szerver használatát javasolja, mely meghibásodások ellen védettebbé teszi a hálózatot.

A hagyományos IP ATM felett megoldás előnye, hogy az IP hálózat számára is lehetőség nyílik az ATM biztosította minőségi garanciák kihasználására.

3.6.7. LAN emuláció (ATM Forum LANE 1.0 és LANE 2.0)

A LANE emuláció, szemben a CLIP megoldással, nem csak az IP forgalom átvitelére szolgál, hanem, mint neve is mondja LAN-t (pl.Ethernet-et vagy Token Ring-et) emulál, így minden 3. rétegbeli protokoll változtatás nélkül használható, például IPX, DecNet, Novell Netware Client, NetBEUI, stb.



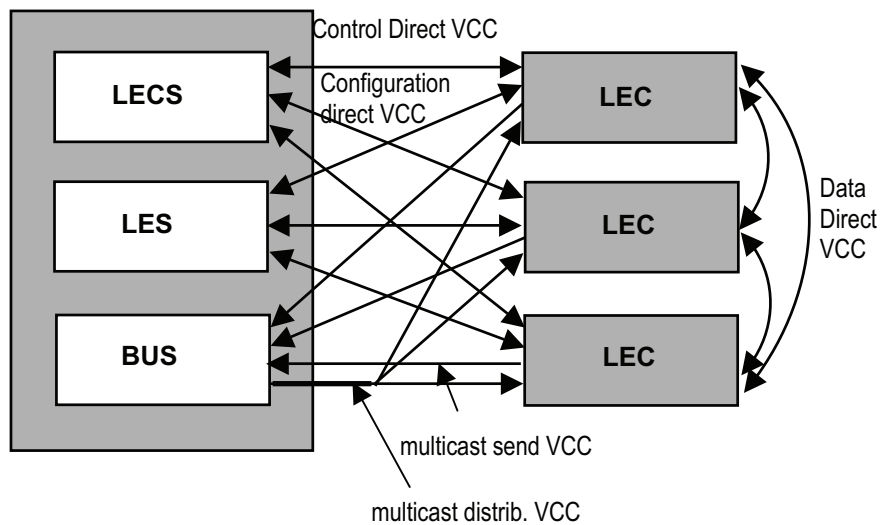
3.6.9 ábra. Emulált LAN-ok és viszonyuk LANE-ban.

Egy ATM hálózat felett létrehozhatunk emulált vagy virtuális LAN-okat (ELAN-okat), melyekbe ATM interfészkártyával rendelkező munkaállomásokat vagy ATM interfésszel rendelkező bridgek révén egész alhálózatokat csatlakoztathatunk. Itt is, egy adott ELAN-ba tartozó munkaállomások közvetlenül, SVC-ken keresztül kommunikálnak egymással, míg külön ELAN-okba tartozó állomások csak routereken keresztül képesek erre, ahol a routerek közti összeköttetés is egy ATM kapcsolókon/rendezőkön áthaladó ATM összeköttetés. E megoldás másik hátránya, viszont, hogy nincs lehetőség minőségi garanciák biztosítására, hiszen olyan LAN-t emulálunk mely maga sem képes erre.

A LAN-emuláció megvalósításhoz kliensekre (LEC: LAN Emulation Client) és 3 modulból álló kiszolgálóra van szükség. E három modul a:

- **LECS:** LANE konfiguráció szerver (LANE Configuration Server)
- **LES:** LANE szerver (LANE Server); fő funkciói a tagok nyilvántartása (azonosítás, vezérlési funkciók) illetve a címfeloldás.
- **BUS:** Ismeretlen célcímű és szórt küldésre szolgáló szerver (Broadcast and Unknown Server); Ez olyasmi mint az MCS a CLIP-nél. Fő funkciója a szórás megvalósítása (pont-többpont). Amennyiben ismeretlen célcímű csomagot küldünk az osztott közeget emulálja, és míg nem jön létre közvetlen VCC a két végállomás között a kommunikáció is erre folyik.

A LEC és a LANE szolgálatot megvalósító server közti interfész a LUNI (LAN Emulation UNI).



3.6.10 ábra. A LANE kliensek és a LANE-t megvalósító server elemei.

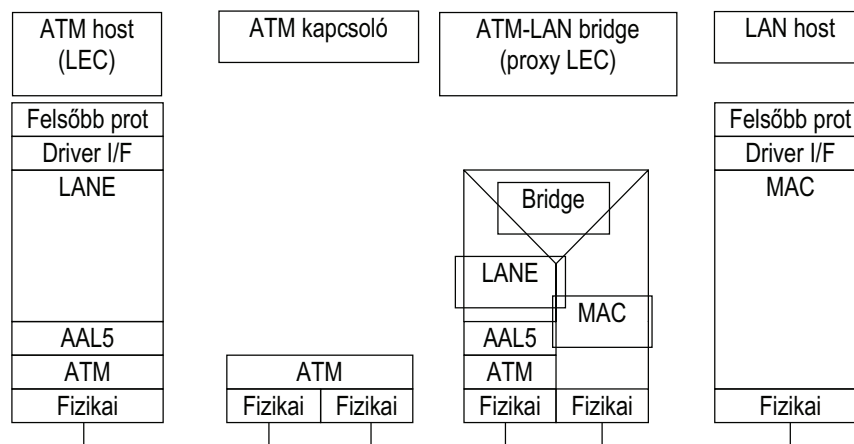
Nézzük, hogyan működik a LANE. Az adatátvitelt üzembehelyezés, illetve az adatátvitelhez szükséges összeköttetések kiépítése előzi meg jelzésüzenetek révén.

A LEC először a LECS-hez fordul konfigurációs információért. Ehhez egy ideiglenes "Configuration Direct VCC"-t hoz létre, majd egy "Control Direct VCC"-t hoz létre a címbejelentés, illetve címmegfeleltetés céljából a LES felé. Ezt követően egy egyirányú "Multicast Send VCC"-t hoz létre a BUS felé, a BUS viszont létrehoz egy multicat forward vagy distribute egyirányú pont-többpont összeköttetést a LEC-ek felé.

Ezt követően, ha egy LEC küld egy üzenetet/csomagot a LUNIn keresztül először egy táblázatban megnézik, hogy van-e már VCC az adott MAC (Media Access Control) cím felé. Ha igen arra küld, ha nem, akkor az adott MAC cím alapján kér a LES-től egy ATM címet, majd kiépít egy "Data Direct" VCC-t. Míg kiépül e VCC a csomagok küldhetők a BUS-on keresztül is. A használatlan összeköttetések "lejárnak" és megszűnnek. A használatlan MAC cím szintén lejár. Ekkor ellenőrzik, és ha nem találják meg a megfelelő LEC-et akkor meg is szűnik. Ez teszi lehetővé a LEC-ek mozgását egy ATM hálózatban.

Vegyük észre, hogy itt kettős címmegfeleltetésről van szó: a hagyományos IP cím - MAC cím, illetve a MAC cím - ATM cím megfeleltetéséről, ahol csak az utóbbi a LANE feladata.

Az alábbi protokollverem ábrán látni, hogy hogyan csatlakoztathatunk egy ATM hálózati kártyával rendelkező munkaállomást (bal oldal), illetve egy LAN (pl. Ethernet) hálózatot vagy LAN kártyával ellátott munkaállomást (jobb oldal) egy ELAN-hoz.



3.6.11 ábra. A LANE protokollverme proxy-LEC-cel

A LANE szintén az AAL5 illesztési réteget használja. A proxy LEC teszi lehetővé LAN munkaállomások illetve teljes LAN alhálózatok csatlakoztatását ELAN-hoz.

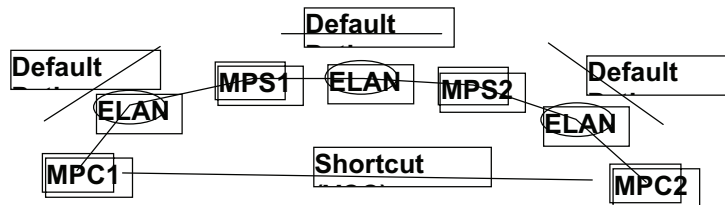
A LANE 2.0 változata néhány továbbfejlesztést tartalmaz: Lehetőség van több szerver használatára egy ELAN-on belül, a magasabb rétegek hozzáférnek az ATM nyújtotta QoS lehetőségekhez, jobb a multicast kommunikáció, több magasabb rétegbeli folyam osztható egy VCC-n, és támogatja az MPOA megoldást is.

3.6.8. ATM API

ATM alkalmazásprogramozó interfész használata olykor indokolt, ha szeretnénk saját ATM feletti alkalmazást megvalósítani, vagy fejleszteni a meglévőket. Az ATM hálózati interfész gyártók kártyáikhoz függvénykönyvtárakat adnak, melyek segítik a fejlesztést. Ez egy tudás- és időigényes megoldás. Pl. a Linux-ATM projektet meg kell említeni, mely a Linux operációs rendszert használó munkaállomások ATM alapú hálózatba kötését fejleszti.

3.6.9. Több protokoll ATM felett (ATM Forum MPOA)

Míg LANE esetén a nem azonos ELAN-ba tartozó kliensek nem képesek közvetlen összeköttetés kialakítására, erre az MPOA lehetőséget nyújt. Az MPOA eredetileg a Newbridge kezdeményezésére indult, de részben beépült a LANE 2.0-ba.



3.6.12 ábra. Összeköttetés kiépítés MPOA-ban.

Mint az ábrán is látható, ha különböző ELAN-ba kapcsolt munkaállomások szeretnének egymással közvetlen kapcsolatba lépni, előbb több MPOA serveren (MPS) keresztül veszik fel a kapcsolatot, majd az IP címnek megfelelő ATM címét visszakapván egy áthidaló VCC (shortcut) épül ki. E feladat megvalósításához ki kell terjeszteni a címfeloldást, az NHRP (Next-Hop Resolution Protocol) útvonalválasztási protokoll segítségével.

A LANE-hoz hasonlóan az MPOA is kliens-szerver architektúrán alapszik. A rendszer lefelé kompatibilis a LANE-val, így az MPC (MPOA kliens) tartalmazza a LEC funkcióit is, míg az MPS (MPOA server) a LANE szolgálatot biztosító funkciókat.

3.6.10. Többprotokollos címkekapcsolás (IETF MPLS)

Mint láttuk, ATM hálózat felett több módon lehet IP hálózatot kialakítani, azonban az egyszerűbb megoldások lehetőségei korlátozottak, míg a bonyolultabb rendszerek túl bonyolultak. Az ATM szerepe is döntően az IP forgalom szállítására korlátozódott. Így felmerült a kérdés, hogy szükséges-e két útvonalválasztási technikát, két címezési módszert, különböző jelzésrendszereket bonyodalmak árán megfeleltetni, vagy inkább ötvözzük e technikákat? A döntés az "ötvözés" mellett szólt. A mai MPLS implementációk jellemzően ATM hardvert használnak, megőrizték a címkézett cella alapú információtovábbítást virtuális áramkörök mentén (ezt LSP-nek nevezik: Label Switched Path), ám az útvonalválasztás és címezés az IP hálózatokban használatos megoldásra támaszkodik.

Az MPLS előnye a hagyományos IP hálózatokkal szemben, hogy az LSP-k révén egyenletesebben osztja el a forgalmat a hálózatban ami jobb kihasználtsághoz vezet. Dinamikus forgalommenedzsmenttel lehet terelgetni a forgalmat, lehet erőforrást foglalni és minőséget biztosítani, illetve nem kell minden egyes csomagnál útvonalválasztási döntést hozni, hanem folyamanként csak egyszer, ez után csak címkealapú csomagtovábbítást végzünk.

Előzményképpen említhető a Toshiba 1994-ben javasolt CSR: Cell Switching Routerre vagy az Y cég 1996-ban javasolt IP switching megoldása. Az IBM szintén 1996-ban javasolta az ARIS (Aggregated Route Based IP Switching) megoldást. Végül a mai MPLS-hez illegközelebbi megoldás az 1996-ban a CISCO által javasolt Tag Switching. Valamennyi megoldás a fenti szempontokra alapozott.

Az MPLS-nek több fejlődési stádiuma van. Kezdetben az LSP-k rögzítettek, míg a fejlődés során igény szerint dinamikusan létrehozhatókká és bonthatókká válnak, teljes, ATM-éhez hasonló forgalommenedzsmenttel. Az MPLS nem csak ATM-re képes építeni, hanem egyéb, pl. Ethernet, Frame Relay, Token Ring és egyéb technikákra is, de az ATM alapú megoldása a gyakorlatban a legelterjedtebb. Többprotokollosnak viszont azért nevezzük, mert felette nem csak IP hanem általánosan beszéd, video, multimédia és adatátviteli alkalmazások egyaránt megvalósíthatók.

Az MPLS elvet általánosították hullámhosszirányítású hullámhosszosztásos (WR-DWDM) hálózatokra ahol a címke helyett a hullámhosszinformációra támaszkodnak. Ez az MPLambdaS, ahol a lambda a hullámhossz információra utal. Így MPLS/MPLambdaS kombinációval hatékonyabb kétrétegű hálózatokat lehet kialakítani, vagy tovább általánosítani GMPLS-re ahol 4-5 hálózati technikát (réteget) helyeznek egymásra. A GMPLS a generalised, azaz általánosított MPLS rövidítése, ami arra utal, hogy az üvegszálkapcsolt rétegre hullámsávkapcsolt, vagy közvetlen hullámhosszkapcsolt réteget helyeznek. Ezt követi az időosztásos nyálábolt réteg nagyobb időkeretekkel (pl. SDH-szerű keretézssel) majd erre épül a csomag- vagy cella-kapcsolt felső réteg.

3.7. Minőségi szolgáltatások IP hálózatokban

Szerző: Szabó Róbert

Lektor: dr. Réthy György

3.7.1. A szolgáltatás minőség meghatározása

A *szolgáltatás minőség* (Quality of Service – QoS) nyújtás meghatározása nem egyszerű feladat, legtöbb esetben azonban tekinthetjük a szolgáltatást nyújtó (réteg, hálózati elem stb...) azon *képességének* melyek által meghatározott *szolgáltatásokat* nyújtanak a felhasználóknak (felsőbb rétegek, vég-felhasználók stb...) úgy, hogy az elvárt *menyiségi* és *minőségi* követelmények (valószínűségi vagy determinisztikus alapon) találkozzanak, amennyiben a felhasználó a forgalmi szerződés keretein belül marad. Az előbbi meghatározás célja, hogy magába foglalja mind a különböző hálózati rétegek közötti szolgáltatás minőséget mind pedig a tartományi határelemek vagy végpont-végpont közötti szolgáltatás minőséget, ha ezeket úgy tekintjük mint hálózati rétegek egyenrangú (peer-to-peer) kommunikációját. Természetesen, maga az elvárt QoS megfogalmazása alkalmazásonként nagyon eltérő lehet.

3.7.2. QoS támogatás fejlődése

A hagyományos Internet kizárólag egyfajta szolgáltatás minőséget biztosított a felhasználóknak amelyet *best-effort* szolgáltatásnak neveztek el. Maga a best-effort találoan kifejezi, hogy a hálózat nem biztosít semmilyen minőségi szolgáltatást, azonban mindent megtesz a lehető legjobb szolgáltatás nyújtásáért. Látható, hogy az előző egy gumi definíció, amit nem lehet számon kérni és nem lehet rá alapozni. A fenti működésből adódóan a felhasználók közötti megkülönböztetés tipikusan a hozzáférési technológiában jelent meg, mely által különböző szolgáltatás minőséget lehetett észlelni (pl. analóg, modemes vagy ISDN hozzáférés, betárcsázás vagy állandó bérelt vonali hozzáférés [3.7.2]). Az elmúlt években azonban az egyre újabb és újabb alkalmazások és az általuk támasztott másfajta szolgáltatási igények megjelenésével az Internet szolgáltatók (Internet Service Providers – ISPs) részéről felmerült az igény az általuk nyújtott szolgáltatások differenciálásának technikai

alapjainak megteremtésére. A fenti folyamatot tovább erősítette, hogy a hajdani szlogen miszerint „IP minden felett” napjainkra úgy változott, hogy „minden IP felett”, ami ha lehet még jobban kikezdte a 60-as évekhez visszanyúló IP-s alapokat.

Éppen a fenti folyamatok miatt lehet mondani, hogy a felmerült igényekkel teljes összhangban az elmúlt évtizedben az Internettel kapcsolatos kutatások jelentős része olyan metódusok, protokollok és architektúrák kutatásával foglalkozott, melyek kielégíthetik a jelenlegi illetve a jövőben várható felhasználói és alkalmazási igényeket.

A fejezet továbbiakban az alkalmazások által támasztott QoS osztályozásával foglalkozik majd pedig a QoS bevezetésével foglalkozó kutatások eredményeit összegezi röviden.

3.7.3. QoS az alkalmazások szempontjából

Teljesen nyilvánvaló, hogy az örökké megújuló alkalmazások adják a hajtóerőt a hálózati szolgáltatások fejlesztéséhez, hiszen a hálózat van az alkalmazásért és nem fordítva. Az alkalmazásokat általában kétféle szempont szerint osztályozzák: i) az előre becsülhető átviteli sebességük alapján ill. ii) késleltetési vagy késleltetés ingadozási (delay jitter) toleranciájuk alapján [3.7.1].

Az átviteli sebességnek (i) megfelelően a következő kategóriákat használják:

Egyenletes (Stream)	Előre becsülhető és közel konstans sebességű átvitel (constant bit rate – CBR). Az alkalmazások ebben a kategóriában fix csúcsebesség (peak rate) korláttal rendelkeznek. Tipikus példaként említhetjük a videó alkalmazásokat vagy az IP feletti telefóniát.
Ingadozó (Burst)	Az átviteli sebesség előre nem becsülhető és erősen ingadozik időben. Tipikusan adatblokkok kerülnek átvitelre, melynél sebességi felső korlátot csak a fizikai átviteli kapacitások adnak. Jellemző példaként a fájl átvitelt említhetjük.

Az alkalmazások késleltetési toleranciáját (ii) a következő képen osztályozhatjuk:

Aszinkron (asynchronous)	Elastikus alkalmazás bármilyen késleltetési elvárás nélkül. (Pl.: elektronikus levelezés, fájl átvitel...)
--------------------------	--

Szinkron (synchronous)	Flexibilis alkalmazások minimális időzítési kritériumokkal. (Pl.: web-szörfözés)
Interaktív (interactive)	Olyan alkalmazások, melyeknél a felhasználhatóság és vagy a funkcionalitás nem függ, azonban a felhasználói elégedettség valamennyire függ az észlelt késleltetési karakterisztikától. (Pl.: telnet, web-szörfözés)
Egyidejű (isochronous)	Felhasználhatóságot erősen befolyásolja az észlelt késleltetési karakterisztika. (Pl.: IP telefonia)
Feladat-kritikus (Mission-critical)	Használhatatlan, ha a késleltetési elvárások nincsenek kielégítve. (Pl.: PSTN minőségű IP telefonia)

3.7.4. QoS Megközelítések

A hálózatok a fent részletezett alkalmazási igényekhez igazodóan fejlődtek és fejlődnek ma is. A technológia legelső fázisában kizárólag sáv szélesség biztosításának lehetősége nyújtotta a beavatkozás lehetőségét. Az átviteli kapacitások állandó növelésével minden alkalmazási igény kielégíthető. Ezt a megközelítésmódot nevezzük *túlméretezésnek*. Természetesen vannak olyan nézetek, melyek szerint a hálózat teljes egészében soha sem képes elegendő átviteli kapacitást biztosítani, ezért az alkalmazási elvárások változásával olyan intelligens módszerek bevezetésére és kutatására van szükség, mellyel biztosítható az alkalmazások megkülönböztetett kezelése. Ezen törekvések első zászlóshajóját az *integrált szolgáltatású* (integrated services – IS) hálózatok megjelenése jelentette. Ezen megközelítésmód erős hasonlóságot mutatott az ATM-ben használt erőforrás menedzselési módszerekkel. Az IS azonban – ahogy az ATM is – megbukott a széleskörű elterjedésben a nagyfokú komplexitása és az ebből adódó skálázhatósági problémái miatt. Tanulva a hibákból, napjainkban azon irányvonalak erősödnek, melyek az egyszerűséget, a skálázhatóságot és ezáltal az erőforrások prioritizálását szemben az erőforrások individuális foglalásaival részesítik előnyben. Ezen megközelítési módot differenciált szolgáltatásoknak (differentiated services – DS) nevezzük.

A QoS teljességéhez tartoznak még olyan nem elhanyagolható faktorok mint az együttműködési kérdések, megfelelő menedzsment, hitelesítés és számlázási keretek kidolgozása stb... Ezen funkciók azonban túlmutatnak jelen összefoglaló keretein; az integrált szolgáltatású és a differenciált szolgáltatású hálózati architektúra a következőben részletesen ismertetésre kerül.

3.7.5. Integrált szolgáltatások

Hordozó Szolgáltatások (Bearer Services)

A már létező ún. best-effort szolgáltatáson fölül az IETF meghatározott további két hordozót a *Guaranteed Quality of Service* [3.7.11] és a *Controlled Load Quality of Service* [3.7.12] szolgáltatásokat. Mindkét fent említett szolgáltatás erőforrás-foglalást és kontrollált késleltetést ill. csomagvesztést biztosít és mindkettő feltételez egy háttérben lévő hívásengedélyező folyamatot (admission control) valamint lyukas vödör (leaky-bucket/token bucket) forgalomleírást [3.7.13].

A két hordozó azonban számottevően különbözik is egymástól:

A *Guaranteed QoS* hálózati elem *QoS* szempontból ZÉRÓ puffereelési csomagvesztést biztosít és határozott felső korlátot a puffereelési késleltetésre mindaddig amíg az adatmennyiség az előre egyeztetett határokon belül van [3.7.11]. Ez azt is jelenti, hogy ezen szolgáltatás NEM kontrollálja sem a minimális sem az átlagos késleltetést sőt a késleltetés ingadozását sem; kizárólag csak a maximális késleltetés értékét biztosítja. Mivel azonban ez egy laza felső korlát – legrosszabb esetben is teljesül – különböző tanulmányokban kimutatták [3.7.11], hogy az adatfolyam nagy többsége sokkal kisebb késleltetést szenved mint a felső korlát. A szolgáltatás megvalósítása hívásengedélyezést (Call Admission Control - CAC) feltételez, melyhez *token bucket* (lásd alább) forgalomleíró paraméterek használatát szabványosították. A teljes körű szolgáltatás nyújtásához valamennyi közbenső elemnek támogatnia kell a szolgáltatást; mely hiányában a fenti erős garanciák nem biztosíthatóak. Azonban részleges támogatás esetén is jelentős szolgáltatás minőségi javulás érhető el (pl.: ha a torlódott hálózati elemek támogatják a szolgáltatást, míg a túlméretezettek nem).

A *Controlled Load Network Element szolgáltatás* egy olyan *QoS* minőséget nyújt megközelítőlegesen, mint amelyet ugyanezen szolgáltatás kapna terheletlen hálózat esetén. Mint látható, ez a meghatározás nem tartalmaz konkrétumokat, viszont nagyon egyszerű. És tulajdonképpen pont ez volt a célja az IETF-nek ezen szolgáltatási osztály meghatározásánál [3.7.12].

A szolgáltatás meghatározását értelmezve, egy alkalmazás, amely a *Controlled Load* szolgáltatást veszi igénybe a következőket várhatja el: i) nagyon

nagy valószínűséggel az átvendő csomagok sikeresen megérkeznek, ii) a késleltetés a csomagok túlnyomó részénél nem haladja meg jelentősen azt a minimális késleltetést amelyet bármely sikeresen átvitt csomag elszenvedett. Tehát virtuálisan veszteségmentes és késleltetés ingadozás szempontjából pedig terheletlen hálózatnak megfelelő kiszolgálást kap ezen szolgáltatás. Hasonlóan a Guaranteed QoS szolgáltatáshoz, hívásengedélyezés szükséges (CAC) a szolgáltatás biztosításához. Forgalomleíróként a már előzőekben említett token-bucket forgalomleírót használják.

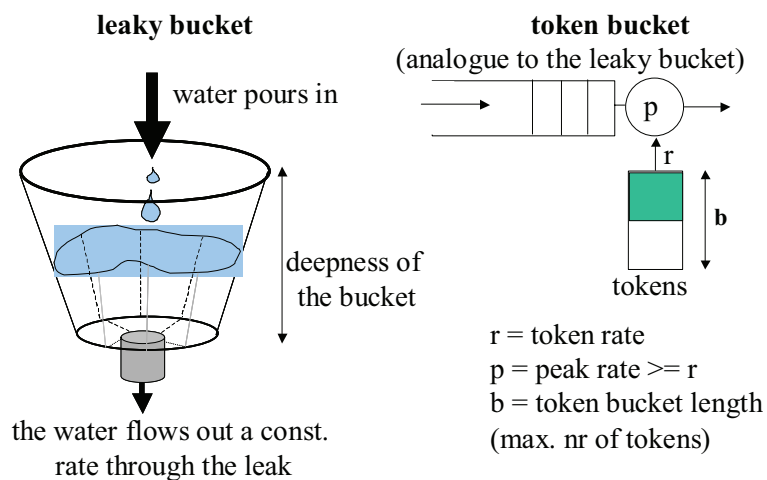
Forgalom szabályozás (Traffic Policing)

Az erőforrás-foglalás következményeként a hálózat garantálja az igényelt hordozó szolgáltatást a lerögzített QoS paraméterekkel, feltéve ha a forrás adatmennyisége a forgalmi szerződés keretein belül marad. Az előbbi szerződés ellenőrzését a határcsomópontok végzik.

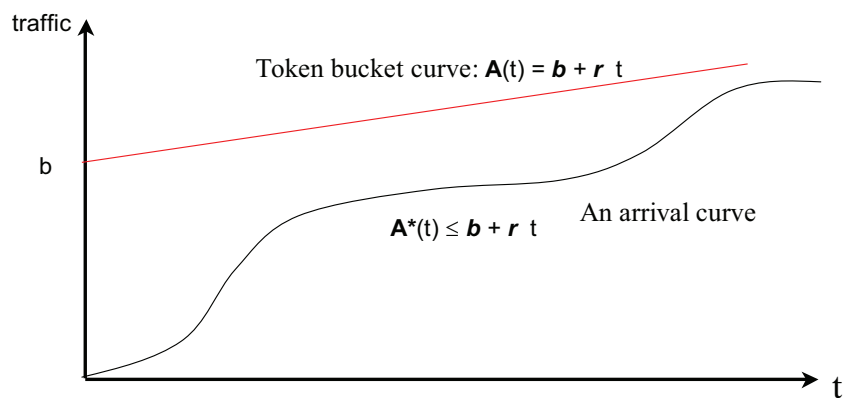
A felhasználó jogosultsága az erőforrás-foglalás igénybevételére szintén vizsgálat tárgya.

Általánosságban elmondhatjuk, hogy a forgalom szabályozás legfontosabb célkitűzése az átviteli sebesség korlátozása ill. ellenőrzése. Ez leggyakrabban a hálózati határcsomópontokban kerül vizsgálatra, ahol azon forgalmi rész mely a megállapodott határokon belül marad változatlanul kerül továbbításra míg a többlet forgalom vagy eldobásra kerül vagy pedig a prioritási szint (dobás vagy késleltetés) megváltoztatásával kerül továbbításra.

A leggyakrabban használt forgalom szabályzó és ellenőrző a jelzés vagy lyukas vödör (token, leaky bucket) (lásd 1. ábra). Ezen jelzés vödrök tipikusan három paraméterrel kerülnek jellemzésre, melyek a jelzés generálás sebessége (r), a jelzés vödör mélysége (b) és a kimeneti csúcssebesség (p). A kimeneti csúcssebességet gyakran elhagyják amennyiben $p \gg r$, mely esetben végtelennek feltételezzük. A jelzés vödöröt használhatjuk mind a forgalmunk újraformázására mind pedig szabályzásra mely szerint eldobjuk vagy prioritásilag hátrább soroljuk a többlet forgalmat. A.2. ábra egy jelzés vödör paramétereknek megfelelő forgalmat mutat be.



3.7.1. ábra. Lyukas és jelzés vödör

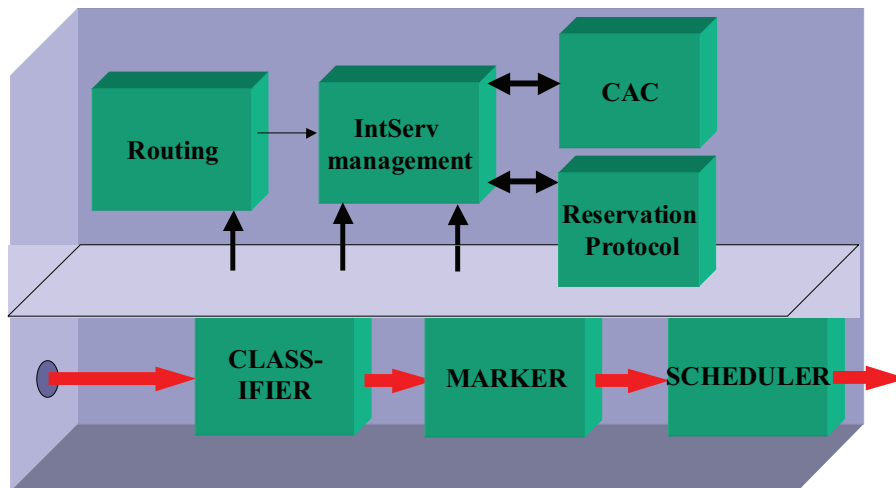


3.7.2. ábra. Jelzés vödör formázott forgalom

Forgalom vezérlés (Traffic Control)

Forgalom vezérlésnek hívjuk mindazokat a funkciókat, melyek által a hálózati eszközök (útvonalválasztók) megkülönböztetett (különböző) minőségű szolgáltatást tudnak nyújtani.

A megvalósítandó vezérlést forgalom vezérlésnek (traffic control) nevezik és alapvetően a következő funkciókat kell ellátnia [3.7.14]: csomagok ütemezését (packet scheduler), csomagok osztályozását és jelölését (packet classifier and marker) és hívásengedélyezési funkciókat (call admission control) (lásd. 3 ábra).

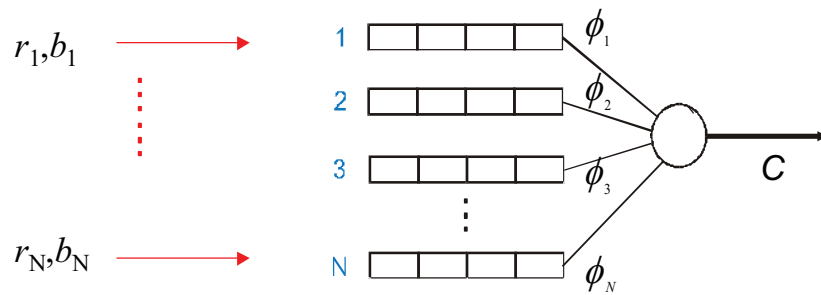


3.7.3. ábra. egy IntServ csomópont

Csomagütemezés

Csomagütemezés az egyik legfontosabb komponens a minőségi szolgáltatás biztosításában, hiszen ezáltal biztosított a kimenetre várakozó csomagok közötti megkülönböztetés lehetősége. Az integrált szolgáltatású hálózatok egyik ilyen ütemezője a súlyozott igazságos sorbaállítás vagy közismertebb nevén a *weighted fair queueing* (WFQ). WFQ ütemezők jellemző tulajdonsága, hogy a különböző kapcsolatokat egymástól elkülönülten kezeli és számukra sáv szélességen alapuló erőforrás allokációt biztosít úgy, hogy a rendszerben fennmaradó többlet sáv szélességet a kapcsolatokhoz rendelt súlyok alapján igazságosan szétosztja. További előnye, hogy tetszőleges jelzés vödörök által meghatározott forgalmi együttes $(\{r_i, b_i\}; i=1, \dots, N)$ számára kapcsolatonként biztosítani tudja a maximálisan elszennvedett késleltetés felső korlátját $(D_i = b_i * \sum r_j / C * r_i; i=1, \dots, N)$, ahol C a szerver kapacitás, valamint csomagvesztés mentes továbbítást amennyiben az egyes kapcsolatokhoz rendelt pufferek (B) nagyobbak mint a hozzájuk tartozó jelzés vödör mélység $(B_i > b_i; i=1, \dots, N)$. A fenti megállapítás természetesen csak stabil rendszerben értelmezhető $(\sum r_j < C; i=1, \dots, N)$ (lásd .4 ábra). Általánosabb esetben az egyes kapcsolatokhoz a fentiektől eltérő súlyok (φ) is rendelhetők.

Fontos megjegyeznünk, hogy a fenti példából is láthatóan az integrált szolgáltatású struktúra folyamonti puffereket kíván a hálózatban a nagyon szigorú (garantált QoS szolgáltatási elem) minőségi elvárások teljesítésének érdekében (lásd .4 ábra). Ezen tulajdonsága miatt, rossz skálázhatóság, gerinchálózati megvalósításoknál nemigen kerülhet szóba.



3.7.4. ábra. Weighted fair queueing (WFQ)

Erőforrás-foglalás RSVP-vel

Az RSVP (resource ReSerVation Protocol) az egy végpont-végpont közötti erőforrás menedzselő protokoll [3.7.15]. Az RSVP támogat egyedi erőforrás foglalásokat vagy filter által meghatározott folyamatok közös erőforrás menedzselését; egyirányú foglalást valósít meg kizárólag a nyelőből indulva; támogatja a pont-többpont kommunikációt a kérések hatékony összevonásával. Mint ahogy említettük, az RSVP egyirányú foglalásokat kezel, azonban bármelyik fél párhuzamos kezdeményezheti ezen foglalásokat. Ha az ISO-OSI rétegbeli elhelyezkedését tekintjük, akkor tipikusan az átviteli (transport) rétegben található, annak ellenére, hogy valós adatfolyamot ez a protokoll nem szállít, hanem azok erőforrás szükségleteit menedzseli. Néha feltételezik, hogy az RSVP a kommunikációs útvonalakat is menedzseli, ez azonban nincs így. Az RSVP teljesen független az útvonal-választástól, amivel egy jól meghatározott interfészen keresztül kommunikál biztosítva a különböző útvonalválasztókkal az együttműködést.

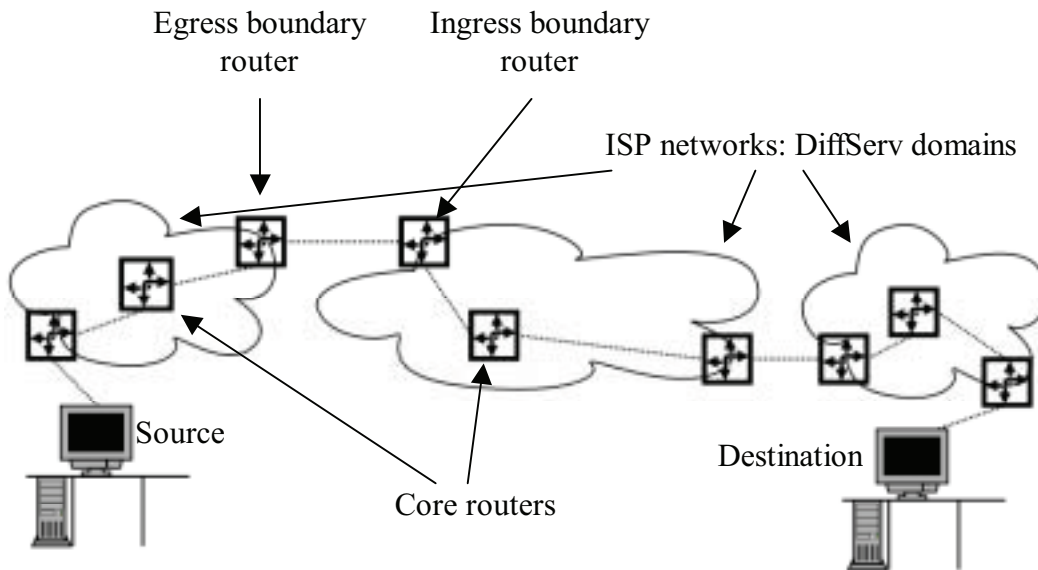
Az RSVP az erőforrás-foglalásokat ún. „soft” állapotokként kezeli, mely szerint az RSVP protokollnak periodikusan frissíteni (megerősíteni) kell az állapot információkat különben azok lebontódnak [3.7.15].

3.7.6. Differenciált szolgáltatások

A differenciált szolgáltatású modell (DS) azon az egyszerű alapelven működik, hogy minden a hálózat határán belépő forgalom egy osztályozón és kondicionálón halad keresztül, mely által minden csomaghoz hozzárendelődik egy *globális tulajdonság* (behavior aggregate – BA) és ezen keresztül egy DS kód bejegyzés (DiffServ Code-Point – DSCP) az IP fejlécben. A tartomány/hálózat belsejében ezután a csomagok a csomópontokhoz hozzárendelt *csomóponti tulajdonság* (per-hop behavior – PHB) alapján továbbítódnak amelyek a már fent említett DSCP alapján működnek. Egy DS hálózat legkisebb önálló egysége a DS tartomány (domain),

amelyen belül a szolgáltatások teljes szintje egyeztetett. Egy ilyen tartomány tipikusan kétfajta csomópontot tartalmazhat: határcsomópontot és hálózat belső csomópontot (core). A hálózat belső csomópontok jellemzően nem vesznek részt a kapcsolódó jelzésekben, kondicionálásban és egyéb komplex funkciókban hanem kizárólag nagy sebességgel továbbítják a csomagokat. Az így létrehozott architektúra jelentősen jobb skálázhatósági paraméterekkel rendelkezik mint az előbbiekben említett IS struktúra, hiszen a komplex funkciókat kizárólag a tartomány határán elhelyezkedő eszközök végzik. Természetesen a DS mező az IP fejlécben tartalmazza mindazon szükséges információkat melyek a megfelelő puffereelési, kiszolgálási és csomageldobási mechanizmus meghatározásához kellene; az előbbi funkciókat hívjuk PHB-nek. A szolgáltatás meghatározása szempontjából pont ezek a PHB-k a meghatározóak. Ezzel szemben a felhasználókat tipikusan nem a belső szolgáltatási definíciók érdeklik, hanem az általuk elérhető szolgáltatások. Ezen gondolatmenet alapján a felhasználóknak a szolgáltatás igénybevétele előtt meg kell egyezniük a szolgáltatóval az igényelt szolgáltatás paramétereiről. Ezek a megegyezések a *szolgáltatási szintű megállapodások* vagy *service level agreements (SLAs)*. Az SLA a technikai meghatározáson kívül – melyet *szolgáltatási szintű specifikációnak* vagy *service level specifications (SLS)* hívnak – tartalmaz még fizetési feltételeket, szolgáltatási időket stb... Technikai szempontból az SLS legfontosabb része a *forgalom kondicionálási specifikáció* (traffic conditioning specification – TCS) mely magába foglalja a részletes szolgáltatási paramétereket mint: igényelt átviteli sebesség, csomagvesztési arány és vagy késleltetés, az a forgalom profil amire a szolgáltatás megkötetik valamit, hogy a profilon kívül eső plusz forgalom hogyan kezelődjön.

Természetesen ahhoz, hogy végponttól-végpontig működő szolgáltatást nyújthassunk az egyes tartományoknak együtt kell működniük. Ez annyit jelent, hogy azon tartományokban melyhez a felhasználó közvetlenül nem kapcsolódik a szomszédos tartománynak kell megkötnie a megfelelő megállapodásokat (SLA) az ügyfelet képviselve. Az ilyen, együttműködő tartományok halmazát hívják DS régióknak. Egy ilyen régiót mutat az .5 ábra. [3.7.17]



3.7.5 ábra. Differenciált szolgáltatású architektúra

A szolgáltatás teljesítése alatt vagy a végpont vagy pedig az első határcsomópont beállítja a csomag DS mezőjét az előre egyeztetett megállapodásnak megfelelően.

Az IETF differenciált szolgáltatású munkacsoportja meghatározta mind az IPv4-es (.6 ábra) mind pedig az IPv6-os (.7 ábra) DS mezőt [3.7.3]. Az IPv4-ben a régi *type of service* (ToS) mező került átdefiniálásra, míg az IPv6-ban a *traffic class* nyolcas (octet/byte) hordozza ezen információt. Ezen 8 bites DS mezőkből jelenleg 6 bit van használatban míg a maradék kettő fönntartott későbbi használatra és a csomópontok a működés szempontjából figyelmen kívül hagyják. [3.7.17]

Version	IHL	Type of Service	Total Length	
Identification			Flags	Fragment Offset
Time To Live	Protocol		Header Checksum	
Source Address				
Destination Address				

3.7.6 ábra. IPv4 fejléc formátum

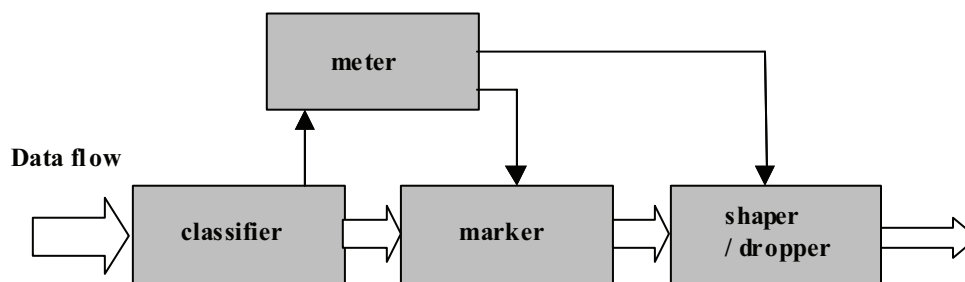
Version	Traffic Class	Flow Label		
Payload Length		Next Header	Hop Limit	
Source Address				
Destination Address				

3.7.7 ábra. IPv6-os fejléc formátum

A DS kódpont kiosztásoknál természetesen ügyeltek az IPv4-es korábbi ToS mezőkkel való kompatibilitásra is [3.7.3].

Forgalom osztályzás és kondicionálás

Amennyiben az SLS megegyezés megszületett, a szolgáltatónak feladata, hogy a határ csomóponti forgalom kondicionálóit megfelelően beállítsa. A forgalom kondicionálása szükséges ahhoz, hogy a szolgáltató megfelelően menedzselhesse a hálózatot ill. hogy biztosítani tudja az előre megalkudott szolgáltatási minőséget. Ezzel együtt jár a nem megegyezés szerinti forgalom kiszűrése esetleges eldobása is [3.7.4]. A forgalom osztályozási elvek határozzák meg a forgalom azon részét, amely a differenciált szolgáltatásban részesül azáltal, hogy egy vagy több kódpontnak megfelelően beállítódik a fejléc. A forgalom osztályozók az IP fejlécben hordozott információ alapján működnek. Két alaptípusuk létezik, az egyik a BA osztályozó mely kizárólag a DS kódpont alapján működik, míg a többmezős (multi-field) osztályozók a fejléc összetettebb részeit is használják mint a forrás és célcím, DS mező, protokoll azonosító, forrás- és célpont stb... [3.7.4]. Az osztályozók döntései alapján különböző feldolgozási útvonalra kerülnek a csomagok. A forgalom kondicionálás a fentiekén felül *forgalom mérést* (metering), *forgalom formázást* (shaping), és/vagy *újrjelölést* (re-marking) végez, hogy a hálózatba belépő forgalom a forgalom profilnak megfelelő legyen ami a TCS-ben került meghatározásra (lásd .8 ábra). A fenti kondicionálás alapján a forgalom vagy profilon belüli vagy profilon kívüli (in-profile/out-profile) lesz. A profilon kívüli forgalom vagy várakozik amíg profilon belüli lesz (formázás), vagy eldobásra kerül, vagy új kódpont beállítást kap vagy akár változatlanul továbbításra is kerülhet plusz díj ellenében. Amennyiben új kódpont hozzárendelés történik, úgy az új kódpont szolgáltatás minőségileg alacsonyabb osztályt kell hogy meghatározzon. [3.7.17]



3.7.8 ábra. Forgalom kondicionálás DS csomópontban

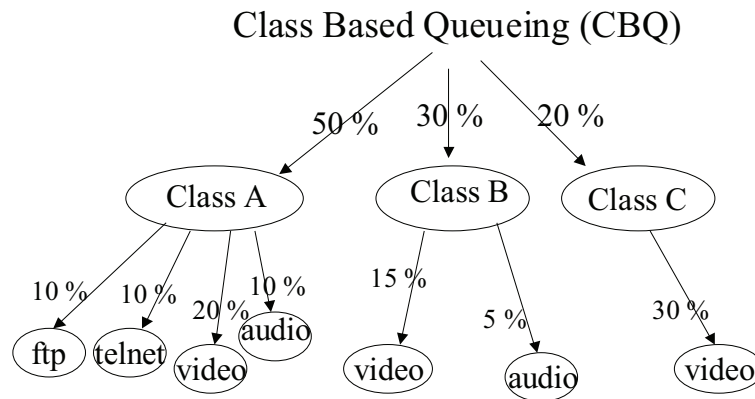
DiffServ ütemezés és puffer menedzsment

Ellentétben az integrált szolgáltatású megközelítéssel a differenciált szolgálatú hálózatok meghatározásánál az ütemező struktúra nem került lerögzítésre hanem egyedüli követelményként a különböző forgalmi osztályok megkülönböztetett kezelésének biztosítása szükséges. Ezáltal a megvalósítási lehetőségek a gyártók kezébe kerülnek nagyobb szabadsági fokot adva az újításoknak. Mindezek ellenére mondhatjuk, hogy van egy olyan ütemezési eljárás amely sikeresen pályázhat differenciált szolgáltatású hálózatokban az ütemező eljárás megvalósítására, mégpedig az osztály alapú sorbaállítás vagy közismertebb nevén a *class based queueing* (CBQ). CBQ ütemezőt úgy képzelhetjük el mint egy hierarchikus WFQ vagy WRR (weighted round robin) amely nem folyamatokon hanem forgalmi osztályokon működik. Fontos, hogy a súly szerinti megkülönböztetésen felül a CBQ támogatja az egyes szinteken belüli prioritásos megelőzőséget is. Továbbá minden leszármazott osztály korlátozható erőforrás hozzáférésben vagy számára másoktól szabadon maradt erőforrás leosztható. A .9 ábra egy ilyen lehetséges leosztást mutat a hozzárendelt súlyokkal. Megfigyelhető, hogy ugyanazon forgalmi típusok megjelenhetnek különböző helyein a hierarchikus fának, természetesen különböző minőségi paramétereket biztosítva.

DS szolgáltatások osztályozása

A DS tartomány által felajánlott szolgáltatásokat *minőségi* vagy *mennyiségi* szolgáltatásként osztályozhatjuk. A mennyiségi szolgáltatás fix garanciákat nyújt amely megfelelő mérési eljárással ellenőrizhető más párhuzamos szolgáltatásoktól függetlenül. A minőségi szolgáltatások a fentiekkel szemben nem biztosítanak semminemű garanciát hanem relatív kiszolgálási sorrendet biztosít más szolgáltatási osztályokhoz mérten. Ez utóbbi szolgáltatás nehezen ellenőrizhető explicit

módszerekkel, kizárólag más szolgáltatási osztályok összehasonlításával számszerűsíthető.



3.7.9 ábra. class based queueing (CBQ)

A fentiekén túl egy másikatfajta szolgáltatási megközelítést ismertet az [3.7.5,6] cikk, melyben az osztályozás alapját a felajánlott QoS adja. [3.7.17]

Szolgáltatási szabványok

Jelenleg 4 szolgáltatás van szabványosítva a DS-en belül, ezek: i) az alapértelmezett best-effort PHB, ii) a kompatibilitási osztály-választó csoport, a iii) biztosított továbbítási (assured forwarding) PHB osztály valamint a iv) gyorsított továbbítási (expedited forwarding) PHB csoport. Az alapértelmezett osztálynak jelen kell lennie minden DS hálózatban [3.7.3] és működését [3.7.7]-ben rögzítették. A [3.7.3]-ban a '000000' kódpontot ajánlják az alapértelmezett osztály számára és minden az adott tartomány számára értelmezhetetlen kódpontot szintén erre a kódpontra kell átállítani. A kompatibilitási osztály-választó csoport valósítja meg a visszamenőleges támogatást az eredeti ToS definícióknak megfelelően. Ennek megfelelően minden kódpont mely a 'xxx000' értéket tartalmaz az eredeti ToS meghatározáshoz legközelebb eső támogatott DS kódpont szerint kezelendő. A biztosított továbbítási osztály két további paramétert használ: (x) amely meghatározza az elsőbbségi sorrendet (prioritást) és (y) mely a csomageldobási elsőbbséget határozza meg (AFxy). A előzőeknek megfelelően AF11 és AF12 valószínűleg ugyan abba a kiszolgálási sorba kerül, de AF12-nek magasabb csomageldobási arányt kell tapasztalnia torlódás esetén. (A megvalósítás használhat különböző sorokat de a sorrendhelyességet meg kell őriznie.) A rendelkezésre álló

12 AF kódpont 4 AF osztályra van felbontva és mindegyiken belül 3 csomageldobási sorrendre [3.7.8]. Végezetül, a gyorsított továbbítási osztály biztosítja a fix mennyiségi garanciákat, vagyis alacsony csomagvesztést, alacsony késleltetést és késleltetés ingadozást valamint átviteli sebességet a megalkudott mértékig [3.7.9]. Ez a szolgáltatás egy virtuális bérelt vonalként jelenik meg a felhasználók felé. [3.7.9]-nek megfelelően, ha abszolút prioritással rendelkezik ezen osztály akkor az összes erőforrás-felhasználását korlátozni kell azért, hogy a többi szolgáltatási osztály „kiéhezését” megakadályozzuk. [3.7.17]

Sávszélesség ügynökök (Bandwidth Broker-BB)

Sávszélesség ügynökök (BB) végzik a dinamikus menedzselését a DS hálózatok erőforrásainak. Ezen funkciók magukba foglalják a hívásengedélyezést, az útvonalválasztók beállítását, az erőforrás foglalások jelzését és felhasználói hitelesítést. Továbbmenve, a BB-k felelősek az egyes tartományok közötti erőforrás menedzselésért is. Ezen megközelítés szerint a BB-k olyan ügynökök, amelyek eldöntik, hogy a felhasználó kérés kielégíthető-e, és amennyiben igen, úgy a felmerülő erőforrás menedzselési funkciókat ellátják. Tipikusan DS tartományonként legalább egy BB található.

Irodalomjegyzék

[3.7.1] Stardust Forums, Inc.: "The Need for QoS", White paper, <http://www.qosforum.com/>, 1999.

[3.7.2] K. Nichols, S. Blake, F. Baker and D. Black: "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers", Internet RFC 2474, December 1998

[3.7.3] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang and W. Weiss: "Architecture for Differentiated Services", Internet RFC 2475, December 1999

[3.7.4] H. Saito, Cs. Lukovszki, I. Moldován: "Local Optimal Proportional Differentiation Scheduler for Relative Differentiated Services", IEEE International Conference on Communication and Computer Networks, 2000, Las Vegas, Nevada, USA

[3.7.5] C. Dovrolis, P. Ramanathan: "A case for relative differentiated services and the proportional differentiation", IEEE Network, September/October 1999, pp. 26-34

[3.7.6] F. Baker: "Requirements for IP Version 4 Routers", RFC1812, June 1995

[3.7.7] J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss and J. Wroclawski: "Assured Forwarding PHB Group", Internet RFC2597, June 1999

[3.7.8] V. Jacobson, K. Nichols and K. Poduri: "An Expedited Forwarding PHB", Internet RFC2598, June 1999

[3.7.9] Weibin Zhao, David Olshefski and Henning Schulzrinne, "Internet Quality of Service: an Overview," Columbia University, New York, New York, Technical Report CU-CS-003-00, Feb. 2000.

- [3.7.10] S. Shenker, C. Partridge, R. Guerin, "Specification of Guaranteed Quality of Service", RFC 2212, September 1997., <ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc2212.txt>
- [3.7.11] J. Wroclawski, "Specification of the Controlled-Load Network Element Service", RFC 2211, September 1997., <ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc2211.txt>
- [3.7.12] S. S. Sathaye, "Traffic Management Specification Version 4.0", The ATM Forum Technical Committee, ATM Forum/95-0013R10, February 1996
- [3.7.13] R. Braden, D. Clark, S. Shenker, "Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview", RFC-1633, June 1994
- [3.7.14] R. Braden, L. Zhang, S. Berson, S. Herzog, S. Jamin, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification", RFC-2205, 1997
- [3.7.15] R. Neilson, J. Wheeler, F. Reichmeyer, S. Hares, "A Discussion of Bandwidth Broker Requirements for Internet2 Qbone Deployment, Version 0.7", Internet2 Qbone BB Advisory Council, 1999. August
- [3.7.16] Császár András, "Differentiated Services for Voice Communication", Master's Thesis, Budapest University of Technology and Economics, 2001