

Minőségi szolgáltatások MPLS alapú IP hálózatokban

GÓDOR BALÁZS

balazs@in.pki.matav.hu

Reviewed

Az interneten elérhető (multimédiás) szolgáltatások legnagyobb problémája, hogy a szolgáltató legtöbbször nem vállal semmiféle garanciát. Bár az ilyen szolgáltatások legtöbbször ingyenesek, de megbízhatatlanságuk miatt mégsem népszerűek. Egy szolgáltatás igénybevételekor sokaknak fontosabb annak minősége, mint az ára. Ez egyben a korral lépést tartani kívánó szolgáltatók legfőbb feladatát is megfogalmazza: kiszolgálni a különböző felhasználók változatos igényeit, hatékony hálózati erőforrás-kihasználás mellett. A cikk az imént megfogalmazott feladat egyik lehetséges megoldását ismerteti, többszörös virtuális csatorna (Multi-VC) felhasználásával.

Bevezető

A legnehezebb feladat, hogy minden felhasználó más-más alkalmazást használ, melyeknek jellemzői eltérők. Elegendő csupán a beszédátvitel és az FTP közti különbségekre gondolni. A beszédforgalom igen érzékeny a késleltetésre és annak ingadozására is, míg az FTP forgalomnál ezeknek csekély a jelentősége. Ahhoz, hogy a felhasználók időzítésre érzékeny és erre érzéketlen forgalmakat is átvihessenek a hálózaton, a legszigorúbb feltételek szerint kell azt méreteznünk. Ez pazarló megoldáshoz vezet, hisz a felhasználók sokszor fölöslegesen foglalnak erőforrásokat.

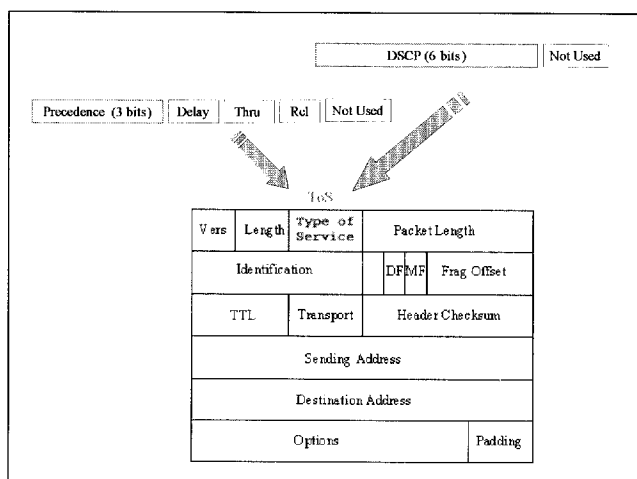
1. Minőségi szolgáltatás IP hálózatokban

A minőségi szolgáltatás (QoS) a megvalósítás szintjén annyit jelent, hogy bizonyos, a hálózat által nyújtott szolgáltatásoknak a minőségét jól jellemző paramétereket (pl.: csomagvesztési valószínűség, késleltetés, késleltetés ingadozás) rögzíteni kell, és azok kvantitatív értékét is meg kell adni. Ezek után nincs más teendő, mint úgy menedzselni a hálózatot, hogy ezek a követelmények teljesüljenek. Az IP QoS eszközrendszer felsorolásszerűen a következő összetevőkből áll:

- IntServ
 - RSVP-vel kiegészítve
- DiffServ
- ECN

A három közül a DiffServ filozófiáját érdemes részletesebben is megvizsgálni. Az IntServ architektúrával ellentétben (ahol a hálózati erőforrások lefoglalása az egyes alkalmazások által generált folyamatok részére történik) a DiffServ modellben forgalmi osztályok részére foglalják le az erőforrásokat. Ezt legegyszerűbben két

osztállyal lehet elképzelni: az egyikbe tartozó forgalmak nem részesülnek megkülönböztetett bánásmódban, azok az IP-ben eddig is érvényesülő best-effort szolgáltatáshoz jutnak. A másik osztályba tartozó forgalmak viszont kapnak bizonyos garanciákat a hálózattól (késleltetésre, csomagvesztésre stb.). A DiffServ modell esetén azt, hogy egy csomag melyik osztályba tartozik, a csomag fejlécszében (IP headerben) szokás jelölni. (Az IntServhez képest ez sokkal egyszerűbb, hiszen ott egy külön jelzőprotokoll kellett ahhoz, hogy tudassuk a útválasztókkal, melyik folyam milyen QoS osztályba tartozik, vagyis milyen bánásmódot igényel.) Ezt a jelet DSCP-nek nevezzük, mely az IP fejlécs ToS bájtnak első hat bitjén foglal helyet (1. ábra).



1. ábra IP header

A DSCP elméletileg 2^6 , azaz 64 osztály megkülönböztetését teszi lehetővé a csomag fejlécszében, azonban a gyakorlatban ennél sokkal kevesebbet használnak.

A DSCP meghatározza, hogy a csomag, mely eljutott egy hálózati csomópontig, milyen bánásmódban részesüljön. Erre a továbbiakban PHB-ként hivatkozunk. Léteznek szabványok, ajánlások arra, hogy a csomópontokhoz érkezett csomagokkal mi történjék, de természetesen lehetőség van lokálisan definiált eljárások használatára is [1]. Érdemes megemlíteni néhányat a szabványos eljárások közül:

- Alapértelmezés (best-effort): nincs külön bánásmód.
- Akadálytalan továbbítás (EF): ezen osztályba sorolt csomagokat a csomópontok igyekeznek minimális késleltetéssel és veszteséggel továbbítani. Ezt úgy oldják meg, hogy az idetartozó csomagok számára biztosítanak egy olyan várakozási sort, melynél a csomagok kiszolgálási sebessége nagyobb azok érkezési sebességénél (RFC2598).
- Biztosított továbbítás (AF): a PHB-k egy halmaza, melynek elemeit AF_x-nal jelölik, ahol x jelöli a sort, melybe az adott csomagnak kerülnie kell, míg y az eldobási valószínűséget mondja meg. (Az egyes sorok kölcsönösen egyértelműen megfeleltethetők az egyes szolgáltatási osztályoknak.) Minél nagyobb az y értéke, annál nagyobb a valószínűsége annak, hogy torlódás esetén a kérdéses csomag eldobásra kerül. Az ajánlás szerint négy osztály van, egyenként három eldobási szinttel [1]. Az azonos AF osztályba tartozó csomagok (AF_{x1}, AF_{x2}, AF_{x3}) ugyanazon várakozási sorba kerülnek (RFC2597).

A DiffServ csak relatív módon biztosít minőségi szolgáltatást az egyes forgalmi osztályoknak, mert annyit garantál csupán, hogy a magasabb szolgáltatást igénybe vevő osztály jobb minőségi paraméterekkel kerül továbbításra, mint az alacsonyabb. Ez az IntServ által felkínált kvantitatív garanciákhoz képest gyöngébb megoldás, de nem feltétlenül rosszabb. Az IntServ által felkínált szolgáltatás igénybevételéhez szükségesek olyan alkalmazások, melyek számszerűen is meg tudják fogalmazni a hálózattal szembeni elvárásaikat. Igen sok olyan alkalmazás létezik, mely erre nem képes, ennek ellenére azokat is jó lenne működtetni a hálózatban. A DiffServ ezen alkalmazások számára biztosít lehetőséget minőségi hálózati csatlakozás igénybevételéhez.

A DiffServ technológia nem használ jelzőprotokollt, ezért skálázhatóbb, egyszerűbb a működése, azonban emiatt felmerül néhány probléma is!

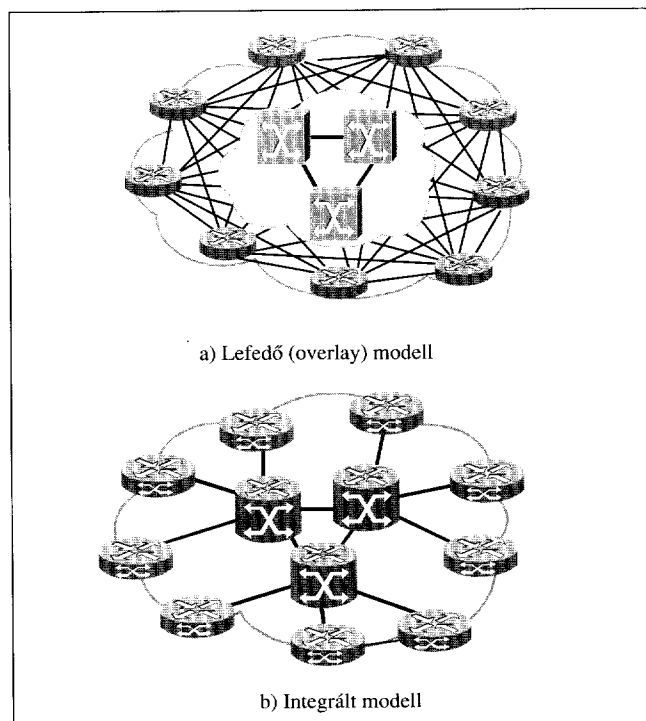
Mindenféle rendszabályozás (policing) ellenére is előfordulhat, hogy egy hálózatrész átmenetileg túlterhelődik. Tekintsük ugyanis azt az esetet, amikor egy nagyobb (de ugyanazon adminisztratív ellenőrzés alá tartozó) hálózattól a világ különböző pontjaira címzett csomagok ugyanazon a kimenő „perem-routeren” akarják elhagyni a hálózatot. Minthogy jelzőprotokoll hiányában az ilyen eshetőségekről az egyes folyamatok nem értesítik egymást, a problémának alapos realitása van. Ekkor a hálózat nem tudja garantálni a forgalmi szerződésben vállaltakat. Ha ezt kivédendő több erőforrást tervezünk a hálózatunkba, akkor viszont az erőforrásaink kihasználtsága nem hatékony [6].

2. MPLS alapú IP hálózatok

MPLS a hálózatok második és harmadik rétegei között alkalmazható. Gyakorlati megvalósításokban a harmadik rétegben az IP a domináns, a második rétegben pedig legtöbbször csomagkapcsolt (PoS, Ethernet stb.) vagy ATM technológia található. A továbbiakban olyan hálózatokat veszünk górcső alá, melyek második rétegében ATM, harmadik rétegében IP található, kettejük együttműködéséért pedig az MPLS a felelős. Az MPLS egy címkecserélésen alapuló csomagtovábbítási mechanizmust integrál a hálózati rétegbeli forgalomirányítással. Ettől a hálózati rétegbeli forgalomirányítás ár/teljesítmény arányának növekedését és annak jobb skálázhatóságát várták [2].

Az MPLS-ben tehát az adatkapcsolati rétegbeli kapcsolás és a hálózati rétegbeli forgalomirányítás egy speciális ötvözése valósul meg. A gyors, de kevésbé intelligens kapcsolás és a lassabb, de intelligensebb forgalomirányítás integrációjával ugyanis redukálni lehet a csomagok átviteléhez szükséges 3. rétegbeli feldolgozások számát, ami jobban kézben tartható hálózatot eredményez. Amennyiben ugyanis a hálózat belsejében csak 2. rétegbeli feldolgozásra kerül sor, akkor jelentősen csökken a tranzithálózat eszközeinek processzorteljesítmény-igénye, valamint az átvitel során fellépő késleltetés [3].

MPLS segítségével az IP- és ATM-réteg integrációja is hatékonyabban valósítható meg. Ez azért fontos, mert a legtöbb IP hálózat ATM-„felhőn” keresztül kapcsolódik össze egymással (PVC-ken keresztül), ami rosszul skálázható és nem is menedzselhető megoldás, különös tekintettel az OSPF-re, melyben nagy mennyiségű állapot információt (link-state updates) – és frissítést – kell feldolgozni.



2. ábra IP ATM felett

MPLS nélkül lefedő modell esetében (2/a ábra) az ATM hálózat átlátszó az IP hálózat számára (egy több csomóponton átmenő PVC, IP forgalomirányítás szempontjából ugyanúgy egy ugrásnyinak látszik, mint az egy csomóponton áthaladó PVC – klasszikus 'IP ATM felett' megoldások), így az ATM eszköz meghibásodása sok IP-s kapcsolat működésképtelenségét okozhatja. Az átlátszóság miatt a hibás ATM eszköz nehezen azonosítható.

Az integrált modellben viszont MPLS alkalmazásával az ATM kapcsolók is IP csomópontokként kezelhetők (2/b ábra), azok pontosan azonosíthatók, így nem csupán skálázhatóbbá, de megbízhatóbbá is válik a hálózat [4].

3 ATM alapú MPLS hálózatok

Az LSR-ek, melyek az MPLS hálózat csomópontjait alkotják, funkcionalitásuk szerint két, egymástól jól elkülöníthető részre bonthatók. Az egyik a vezérlősík, a másik pedig az adatsík, vagy továbbítási sík. Az adatsík feladata a csomagok továbbítása irányítási táblák alapján, míg a vezérlősík az irányítási táblákban található bejegyzések „frissességéért” felelős. Az ATM MPLS csomópont a funkcionalitásbeli kettősséget jól tükrözve, fizikailag is két részből áll: szükséges egy kisebb teljesítményű útválasztó (LSC) a vezérlési funkciók megvalósításához, és egy ATM kapcsoló a csomagok továbbításához. (Léteznek olyan eszközök is, ahol mindkét funkciót hardver valósítja meg. Az ilyen eszközökből kialakított hálózatok esetén lehetőség nyílik arra is, hogy különféle szolgáltatások integráltan, egy időben legyenek jelen ugyanazon fizikai hálózaton.)

Ez annyit jelent, hogy egy MPLS hálózatbeli ATM kapcsoló viselkedhet úgy, mint egy „hagyományos”, ATM jelzőprotokollokat értő és használó kapcsoló,

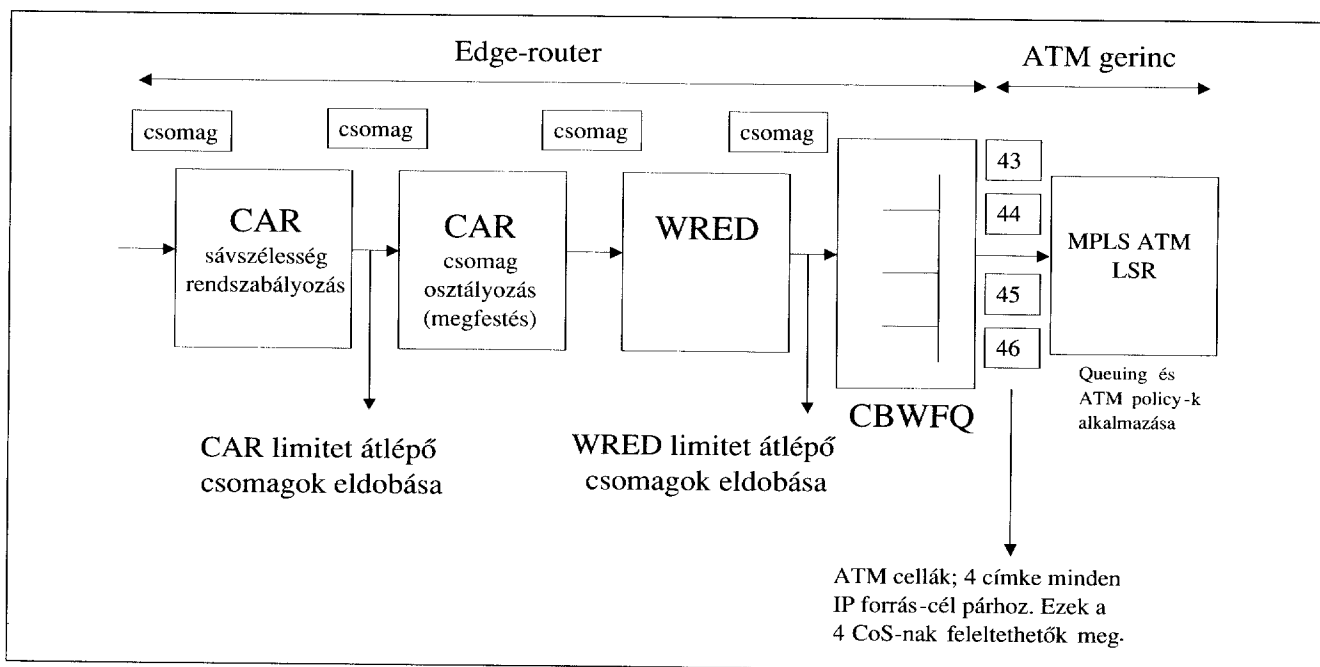
vagy mint egy MPLS hálózati csomópont. Ezáltal képes nagy sávszélesség és QoS mellett valós idejű szolgáltatások biztosítására is. Az útválasztó (LSC) és az ATM kapcsoló közötti interfészt (VSI) a Multiservice Switching Forum (MSF) szabványosította. A VSI segítségével képes az LSC az ATM VPI/VCI értékeket a címkeknek megfelelően cserélni, azaz vezérelni a kapcsolómezőt. A vezérlőegység (LSC) a VSI interfészen keresztül úgy látja az ATM kapcsoló MPLS-re (is) használt interfészeit, mintha azok a saját „külső” interfészei lennének [5].

Az MPLS címkézett összeköttetéseket (LVC) használ, melyek egy új kategóriát jelentenek a „hagyományos ATM-es” kapcsolt (SVC) és permanens (PVC) összeköttetések mellett. A megoldás előnye, hogy az ATM kapcsolók közötti trónkok sávszélessége tetszőlegesen megosztható az ATM PVC-k, SVC-k és az MPLS LVC-i között. [3]

Az ATM és IP rétegek integrációjában MPLS-en keresztül az egyik legfontosabb momentum az, hogy az MPLS forgalmak más várakozási sorokba kerülnek, mint az SVC, vagy PVC forgalmak. Ez azért jó, mert így az LSR funkcionalitású ATM kapcsolók a különböző prioritással érkező MPLS csomagokat azonnal a megfelelő bánásmódban részesítik, és elkerülhető az, hogy az ATM Forum szolgáltatási osztályokat mint közvetett translációs pontot használni kelljen. Ez volt többek között a klasszikus „IP ATM fölött” megoldásoknak is az egyik legnagyobb hátránya [4].

4. MPLS minőségi osztályok ATM alapú IP hálózatokban

ATM alapú IP hálózatokban az MPLS technológia alkalmazásakor az egyes szolgáltatási osztályokhoz külön-



3. ábra Többszörös LVC-k

külön címkecsoportot rendelnek. Ily módon egy csomagra ragasztott címkében kódolják azt is, hogy a csomag milyen szolgáltatási osztályba tartozik. Egy adott IP forrás-cél párhoz négy címke is rendelhető annak megfelelően, hogy ezen útvonal mentén milyen szolgáltatási osztályokat biztosítanak az erre haladó csomagok számára. A négy címke négy különböző szolgáltatási osztályt és az azoknak megfelelő négy párhuzamos LVC-t jelent. Ezen címkek felhasználásával a gerincbeli LSR-ek valamilyen sorban állási modellt használnak, hogy biztosítani tudják a megfelelő sávszélességet és tárolókat az egyes szolgáltatási osztályok számára. A cellák szolgáltatási osztályonként külön várakozási sorokba kerülnek, hogy a késleltetési garanciák jobban kézben tarthatók legyenek. Az egyes szolgáltatási osztályokhoz rendelt súlyok relatívák és nem abszolútak. Konkrét megvalósításokban lehetőség nyílik ily módon arra is, hogy ha egy magasabb prioritású forgalom nem használja ki a számára allokkált sávszélességet, és ezzel egy időben egy kisebb súlyú forgalom torlódik, akkor ez használhatja a nagyobb súlyú forgalom által szabadon hagyott sávszélességet. A 3. ábra az IP QoS szolgáltatás többszörös LVC-it szemlélteti.

A 3. ábrán látható CAR az egyes szolgáltatási osztályok megfelelő mennyiségű sávszélességével való ellátásáért felelős. Ekkor festik meg a csomagokat. Ez azt jelenti, hogy a sávszélességi rendszabályokat meg nem szegő IP csomagok fejrészében a ToS bájton belüli prioritás bitek megfelelő beállításával azok megkülönböztethetővé válnak. Ennek alapján a más-más osztályba

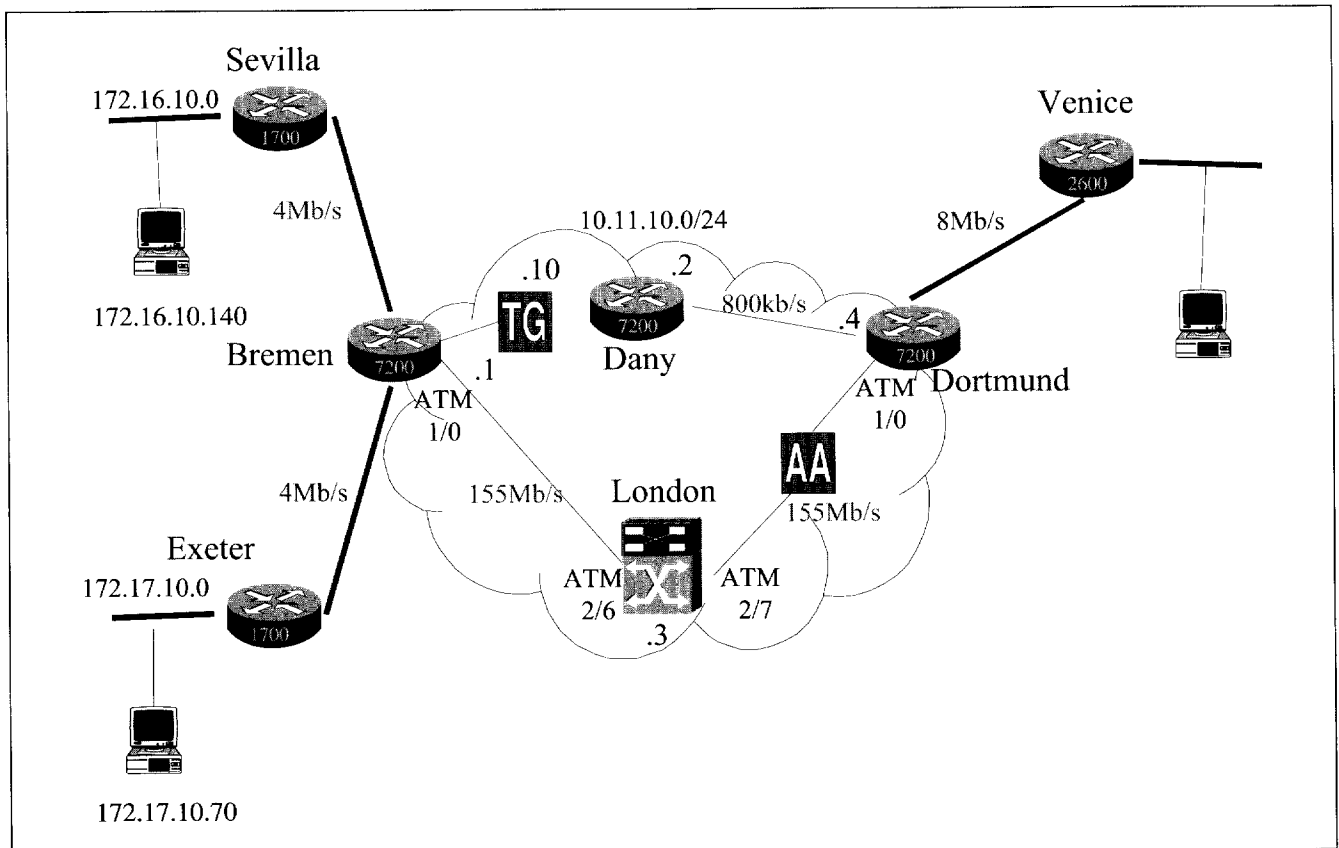
tartozó (különböző „színű”) csomagok eltérő bánásmódban (más-más PHB – ld.: DiffServ) részesüljenek.

Különböző paraméterek (pl. ACL-ek) felhasználásával a CAR-ban feltételek fogalmazhatók meg és meghatározható az is, hogy mi történjék azokkal a csomagokkal, melyek nem teljesítik a megszabott feltételeket (eldobhatók, visszaminősíthetők stb.). WRED segítségével a gyorsan telítődő (de még meg nem telt) várakozási sorokból csomagok dobhatók el, amivel megakadályozható a torlódás kialakulása [7]. A szolgáltatási osztályt az IP prioritás bitek határozzák meg (ATM alapú MPLS esetében csak négyféle lehet). Ennek megfelelően négy párhuzamos LVC épül ki az IP forrás és cél között, melyeken belül az ATM fejrészben található CLP bit segítségével két-két alosztály hozható létre. Összesen tehát ezzel a módszerrel 8 szolgáltatási osztály különböztethető meg.

5. Esettanulmány – QoS az ATM alapú MPLS gerinchálózatban

A bevezetés lépéseit a QoS ATM alapú gerinchálózatba a következő esettanulmányon lehet végigkövetni. A 4. ábrán egyes hálózati szakaszokra írt szám az adott szakasz maximális kapacitását jelöli, a nevek nem szakaszt, hanem irányítási pontot jelentenek.

A demonstrációs hálózat összeállításával az elsődleges cél a Multi-VC működőképességének ellenőrzése volt, azaz annak vizsgálata, hogy miként lehet garanciát



4. ábra Az esettanulmány hálózata

vállalni az ATM alapú MPLS gerinchálózatok szolgáltatásaira. Míg a vizsgálat során egy ATM PVC-n működő MPLS esetében a PVC mérete 155 Mb/s-ról szinte tetőszéles méretűre csökkenthető, addig a forrás és cél IP címek között kiépülő többszörös LVC-k mérete sáv szélesség tekintetében sem együttesen, sem pedig külön-külön nem csökkenthető. Ez azért nehezítette meg a méréseket, mert a demonstrációs hálózatban a CE útválasztókhoz (Exeter, Sevilla, Venice) vezető bérelt vonalakon maximálisan 8 Mb/s volt konfigurálható, ami a gerincbeli 155 Mb/s-nél lényegesen kisebb. Ez nem szerencsés, mert nyilván a CE szakaszokról vezetünk be forgalmakat a gerincbe, és ott vizsgáljuk ezen forgalmak egymáshoz képesti viselkedését torlódás esetén. A hangsúly itt az „egymáshoz képest” szókapcsolaton van, mert a forgalomgenerátor (a 4. ábrán: TG) által a gerincbe irányított nagy sáv szélességű (~155 Mb/s) forgalmak és a CE szakaszokról a gerincbe érkező (max. 8 Mb/s-os) forgalmak közötti arányok vizsgálatok a nagyságrendi eltérések miatt jó eséllyel lehet pontatlan eredményhez jutni. Több forgalomgenerátor felhasználásával látványosabb, pontosabb eredmények mutathatók fel. A Multi-VC működéséhez a következő beállítások szükségesek:

A Bremen és a Dortmund PE útválasztók ATM 1/0 interfésznél a következő konfigurációt kellett megadni a Multi-VC működéséhez:

```
interface ATM1/0.1 tag-switching
ip unnumbered Loopback0
service-policy output LLQ3 ! policy torlódás esetére
mpls label protocol ldp ! LDP legyen a címkezésőstő protokoll
tag-switching atm multi-vc
tag-switching atm vpi 10-15 vci-range 33-65535
tag-switching ip
```

A gerincbe tartó csomagokat illetően ez (ATM 1/0) egy kimenő interfésznek tekinthető, így a torlódások kezelésére itt célszerű a policyt (a policy megadhatja, hogy torlódás esetén mennyi legyen az a garantált sáv szélesség, amit biztosítani kell az adott forgalmi osztályoknak) definiálni. Most azonban nem csupán itt adható meg, hogy torlódás esetén milyen arányban osztozzanak az egyes forgalmak, hanem a London LSR-ben is:

```
tag-switching atm cos available 91
tag-switching atm cos standard 1
tag-switching atm cos premium 3
tag-switching atm cos control 5
```

A London LSR-ben az ATM2/6-os és ATM2/7-es interfészekhez beírt fenti sorokkal megadható, hogy az egyes szolgáltatási osztályok a teljes sáv szélesség hány százalékát kapják. A premium, standard és available kulcsszavak egy-egy forgalmi osztályt jelentenek, melyek esetünkben rendre a beszédnek, a magas prioritású adatforgalomnak, ill. az extra védelmet nem élvező, alacsony prioritású adatforgalomnak (best-

effort) feleltethetők meg. Ezeket beszéd, magas és alacsony osztálynevekkel illettük.

Azért éppen ennyi osztály került implementálásra, mert ezzel a hárommal egy átlagos vállalat hálózati forgalma teljes egészében lefedhető. Az alkalmazottak legtöbbször tipikusan telefonbeszélgetéseket folytatnak, e-maileket, faxokat küldenek/fogadnak és interneteznek (alacsony). Biztosítható továbbá egy magasabb prioritású adatforgalom (magas) továbbítása, mely a cégvezetés és a menedzsment számára is hasznos lehet időérzékeny tranzakciók lebonyolításához. A fent említett három osztályba tartozó forgalmakat az IP fejrészükben található prioritás bitek megfelelő beállításával különböztetjük meg.

Az imént bemutatott két konfigurációs részlet beírásával, helyes forgalomirányítással az egyes forrás- és cél címek között kiépülnek a párhuzamos LVC-k (Multi-VC mód). A hálózat tehát működőképes, és alkalmas minőségi szolgáltatások nyújtására.

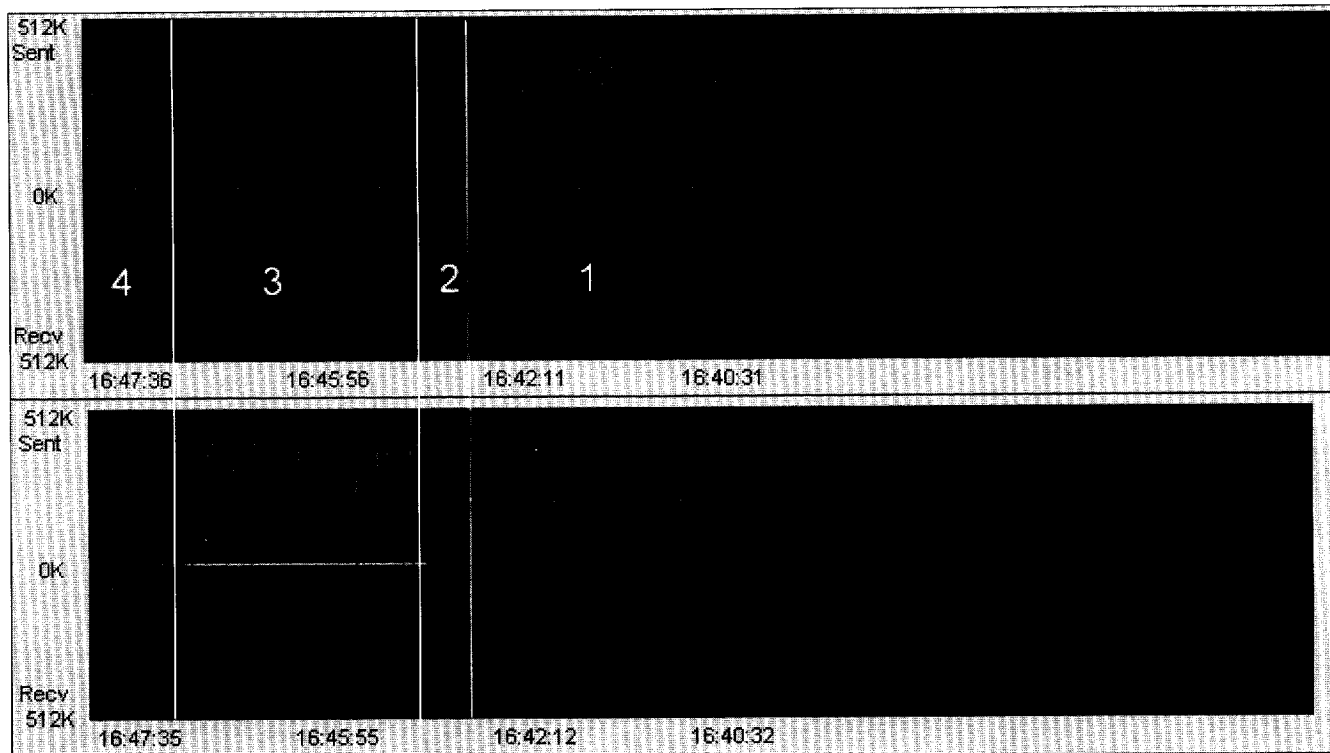
A továbbiakban más-más szolgáltatási osztályokba tartozó forgalmak egyidejűleg lesznek jelen a hálózatban, azonban „különféle kiszolgálásban” (Differentiated Service) részesülnek. Az ATM alapú IP gerinchálózatban a DiffServ modell megvalósításához eszközként Multi-VC-t használunk. A következő példa segítségével végigkövethető, hogy ez mit jelent.

Forgalomgenerátor (TG) segítségével nagy sáv szélességű (155 Mb/s = 20 MB/s) alacsony (0-s prioritású) forgalmat generálunk, melynek célállomása a Dany volt. Hogy ide eljussanak a csomagok, át kellett haladniuk a gerincen. Ily módon a gerincet le lehetett terhelni annyira, hogy ideális feltételek legyenek ott a torlódáshoz. Nem terhelődik le továbbá ezzel a kis sáv szélességű Dortmund-Venice CE szakasz, ami azért előnyös, mert a Sevillától és Exetertől érkező magas és beszédforgalmak (4-4 Mb/s sebességgel, melyek célja Venice) azáltal, hogy összegezve éppen a Dortmund-Venice szakasz méretét adják ki, itt biztosan nem fognak torlódni. Így a Venice PC-n futó analízátor szoftver segítségével valóban a gerincben kialakult arányok figyelhetők meg.

	%	[kB/s]	[kb/s]
Alacsony	71	14129	112677
Magas	1	199	1587
Hang	3	595	4761

A fenti táblázat azt mondja tehát meg, hogy a különböző osztályok forgalmi a gerincben maximálisan mennyi sáv szélességet foglalhatnak el. Ezen feltételek mellett a következő eredmény született (a függőleges skála [KByte/sec] léptékű, a felső képrészen látható a beszéd az alsón a magas forgalom).

Az 5. ábra 1. szakaszán látható, amikor a magas 1%-ot kapott, a beszéd pedig 3-at. Az 500 kB/s-mal érkező magas forgalom teljesen kitöltötte a torlódás esetén számá-



5. ábra Forgalmi arányok a gerincben

ra fenntartott ≈ 200 kB/s-os sávszélességet (hiszen torlódik). Az ábra első szakaszán a magas forgalom 200 kB/s-os maximális gerincbeli sebessége (egyenes határvonal) a QoS rendszabályozás helyes működését támasztja alá.

A beszéd esetében nincs torlódás, hisz annak ≈ 600 kB/s volt fenntartva, azonban maximálisan csupán 500 kB/s-mal érkezhett. Így szép egyenes határvonalat nem láthatunk itt, csak egy „cakkos” görbét, melyről az olvasható le, hogy éppen mennyi volt az a maximális sebesség, amivel a hangforgalom haladni tudott.

A 2. szakaszon a hangforgalmat nem generálunk, csak magasat. A háttérben természetesen ekkor is, mint az 5. ábra mérésszakaszainak mindegyikében, háttérforgalomként 20 MB/s-os alacsony forgalom folyik a gerincben. A 2. szakaszban tehát csak alacsony és magas forgalom van a gerincben és egyenes (200 kB/s körüli) értéket mutat a grafikon, mely ismételtelen a helyes működést igazolja.

Az ábra 3. és 4. szakaszában (hogy meggyőződjünk arról, hogy eredményeink valóban a helyes működést tükrözik) felcseréltük a magas és beszédforgalmak szerepét a policy-mapben. Az eredmény szemmel láthatóan ugyanaz ezeken a szakaszokon is, csak fordított szereposztásban. A Multi-VC működése tehát megfelelő.

Az imént bemutatott megoldás alkalmazásakor figyelembe kell venni, hogy minden egyes ATM kapcsoló, mely Multi-VC alkalmazása előtt n számú VC-t kapcsolt, a Multi-VC engedélyezésével $4n$ számú VC-t kell, hogy kapcsoljon. Ez adott esetben probléma lehet, mert a legtöbb ATM kapcsoló kb. 16 000 VC kapcsolására képes, ami Multi-VC használata esetén negyedannyi összeköttetést jelent (hisz minden összeköttetés 4 VC-ből áll).

Összefoglalás

A szolgáltató garanciái a forgalmi osztályokra vonatkozhatnak, és az erőforrások is az osztályok számára allokálódnak. Ezekben az erőforrásokon osztoznak később az osztályokba tartozó folyamatok. Többek között ezért sem alkalmas a DiffServ valós idejű forgalmak továbbítására (nem célszerű pl. egy atomerőművet DiffServ hálózaton keresztül vezérelni). Amennyiben ilyen jellegű forgalom továbbítása a feladat, mindenképp szükséges előzetes erőforrás-foglalás az útvonalon. Mindezek ellenére DiffServ mégis az egyik legnépszerűbb QoS modell (a fenti esettanulmányban is DiffServ került megvalósításra). Népszerűségét elsősorban egyszerűségének (nem szükséges addicionális jelzőprotokoll) és skálázhatóságának köszönheti, de nem univerzális megoldás a QoS technikák körében.

Irodalomjegyzék

1. Bruce Davie, Yakov Rekhter: MPLS Technology and Applications. Academic Press, 2000, USA ISBN 1 55860 656 4
2. Ivan Pepelnjak, Jim Guichard: MPLS and VPN architectures. Cisco Press, ciscopress.com
3. Dr. Varga Balázs, Gécz Csaba, Onder Zoltán: IP platform értéknovelt szolgáltatások kialakítására, 2000. 06. 27. Budapest, Matáv PKI
4. Gáspár Csaba, Láposi Levente, Tapolcai János, Laborci Péter: Címkek az Interneten, Híradástechnika, LVII. évf. 2002/2. szám, HU-ISSN 0018-2028
5. Gécz Csaba, dr. Varga Balázs: MPLS study, 1999. 10. 29. Budapest, Matáv PKI

6. Laurent Mathy, Christopher Edwards, David Hutchinson, The Internet: A Global Telecommunications Solution? IEEE Network, July/August 2000, 0890-8044/00
<http://www.comp.lancs.ac.uk/computing/users/laurent/papers/full/ieeenetwork00.pdf>
7. Margaret M Parraz: Quality of Service (QoS) Networking, Cisco Systems Inc. Internetworking Technology Overview, Chapter 46 June 1999
- 8-10. RFC-k: (<http://www.ietf.org>)
 2597 PHB Group. Assured Forwarding J. Heinanen, F. Baker, W. Weiss, J. Wroclawski. June 1999. (Updated by RFC3260) (Status: PROPOSED STANDARD)
 2598 V. Jacobson, K. Nichols, K. Poduri. An Expedited Forwarding June 1999. (Obsoleted by RFC3246) (Status: PROPOSED STANDARD)
 3270 F. Le Faucheur, L. Wu, B. Davie, S. Davari, P. Vaananen, R. Krishnan, P. Cheval, J. Heinanen. Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Support of Differentiated Services. May 2002. (Status: PROPOSED STANDARD)

Rövidítések

ACL	Access Control List	Hozzáférés-vezérlő lista
AF	Assured Forwarding	Biztosított továbbítás
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Aszinkron-átviteli mód
b/s	bit per seconds	Másodpercenkénti bitek száma
B/s	byte per seconds	Másodpercenkénti bájtok száma
CAR	Committed Access Rate	Biztosított hozzáférési arány
CBWFQ	Class-Based Weighted Fair Queuing	Osztályalapú súlyozott igazságos sorbaállás
CE	Customer Edge	Előfizetői hálózatszél
CLP	Cell Loss Priority	Cellavesztési prioritás
CoS	Class of Service	Szolgáltatásosztály
DiffServ	Differentiated Services	Megkülönböztetett szolgáltatások
DSCP	DiffServ Code Point	DiffServ kódpont
ECN	Expressed Congestion Notification	Kifejezett torlódásjelzés
EF	Expedited Forwarding	Akadálytalan továbbítás
FTP	File Transport Protocol	Fájltviteli protokoll
IntServ	Integrated Services	Integrált szolgáltatások
IP	Internet Protocol	Internetprotokoll
LDP	Label Distribution Protocol	Címkeszétosztó protokoll
LSC	Label Switch Controller	Címkekapcsolt vezérlő
LSP	Label Switched Path	Címkekapcsolt útvonal
LSR	Label Switch Router	Címkekapcsolt útválasztó
LVC	Label Virtual Connection	Címkezett virtuális kapcsolat
MPLS	Multiprotocol Label Switching	Többprotokollos címkekapcsolás
OSI	Open System Interconnection	Nyílt rendszerek összekapcsolása
OSPF	Open Shortest Path First	Nyisd a legrövidebb utat először
PE	Provider Edge	Szolgáltatói hálózatszél
PHB	Per Hop Behaviour	Ugrásonkénti viselkedés
PoS	Packet over Sonet	Csomagok Sonet felett
PVC	Permanent Virtual Connection	Állandó virtuális kapcsolat
PVP	Permanent Virtual Path	Állandó virtuális útvonal
QoS	Quality of Service	Szolgáltatás minősége
RED	Random Early Detection	Véletlenszerű korai detektálás
RSVP	Resource Reservation Protocol	Erőforrás-foglalási protokoll
SVC	Switched Virtual Connection	Kapcsolt virtuális kapcsolat
ToS	Type of Service	Szolgáltatás típusa
VCI	Virtual Channel Identifier	Virtuális csatornaazonosító
VPI	Virtual Path Identifier	Virtuális útvonal-azonosító
VSI	Virtual Switch Interface	Virtuális kapcsoló interfész (határfelület)
WRED	Weighted RED	Súlyozott RED