

A TCP/IP protokollcsalád teljesítményvizsgálata ATM hálózatok felett

Mérési segédlet

Készítette: Seres Gergely



Budapesti Műszaki Egyetem
Távközlési és Telematikai Tanszék
1999.

1 Elméleti alapok

A következő alfejezetekben összefoglaljuk a mérés elvégzéséhez szükséges alapismereteket. Az egyes területek áttekintő jellegű ismertetése után csak a mérés során előkerülő témaköröket tárgyaljuk részletesebben.

1.1 ATM

A jövő nagy sávszélességű hálózatában nagyszámú szolgálatot kell egyesíteni. Ennek a hálózatnak támogatnia kell az alacsony sebességű szolgálatoktól kezdve a nagysebességű adatátvitelig minden jelenlegi szolgáltatást. A hálózatnak képesnek kell lennie a valós idejű szolgáltatásokkal egyidőben a valós idejű követelményeket nem támaztó forgalmat továbbítani.

A korábbi hálózati technológiákra az volt jellemző, hogy mindegyik rendszert egy bizonyos szolgáltatás igényeinek kielégítésére tervezték. Ennek megfelelően alakultak ki a telefonhálózatok, számítógép-hálózatok, kábeltelevízió-rendszerek. Egyik technológia sem képes a másik hálózat szerepének átvételére. A telefonhálózat nem képes megbirkózni a kapcsolatmentes nagysebességű adatátvitel igényeivel, mivel az állandóan lefoglalt erőforrások burstös forgalom esetén igen rossz kihasználtságot eredményeznek. Hasonlóan, a nem kapcsolt hálózatok nehezen képesek valós idejű követelményeknek megfelelni. Az eddigi rendszer egyik legfőbb hátránya, hogy a szolgáltatások között nem lehetséges az erőforrások megosztása.

A fenti problémákra adott egyik lehetséges válaszként fejlesztették ki az ATM szabványt. A technológia alapkonceptiója, hogy az eddigi és a jövőbeli szolgáltatásokat egyesíti egyetlen univerzális hálózatba. Ebből számtalan előny származik. Mivel minden szolgáltatást magába foglal, ezért csak egyetlen hálózatot kell kiépíteni és karbantartani, ezáltal csökkennek a hálózattal kapcsolatos költségek. A szolgáltatások között megvalósítható az erőforrás-megosztás, a hálózat hatékonyabb és rugalmasabb lesz, az új szolgáltatások bevezetésének ideje pedig jelentősen lerövidül. Azonban a különböző szolgálatok összevonása egy hálózatba csak akkor lehetséges, ha mindegyik szolgálat számára garantálni lehet az általa megkövetelt hálózati jellemzőket. Ezt szolgálatminőségi garanciáknak nevezzük (Quality of Service guarantee, QoS), amely az ATM technológia szerves részét képezi.

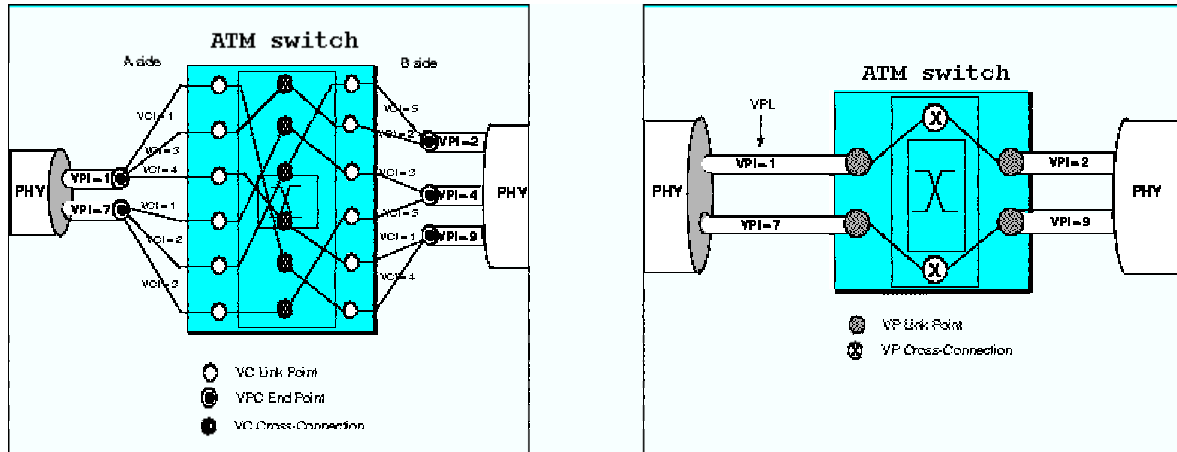
Az ATM egy speciális csomagkapcsolt átviteli mód, amely fix hosszúságú cellák kapcsolásán alapul. Minden cella fejrészből és adatrészből áll. A szabvány a cellák hosszát 53 byte-ban rögzíti, ebből 5 byte fejrész, a többi 48 byte adatrész.

Az ATM összeköttetés-orientált. A kapcsolat fennállásának időtartama alatt az összeköttetéshez azonosító tartozik, amelyet a fejrész tartalmaz. Az azonosító két komponensből áll, a virtuális útvonal-azonosítóból (Virtual Path Identifier, VPI) és a virtuális csatornaazonosítóból (Virtual Channel Identifier). Ezt a párost minden cella fejrésze tartalmazza, ez alapján különböztethetők meg a kapcsolatok egy adott vonalonszakaszon. A VPI/VCI páros azonban csak helyi érvényű, egy cella bármely ATM kapcsolón való áthaladáskor új VPI/VCI értéket kaphat. Egy forrás és egy nyelő közötti adatátviteli út tehát vonalszakaszonként más-más virtuális csatornán (Virtual Channel, VC) halad át. Ezen virtuális csatornák füzérét virtuális csatorna összeköttetésnek nevezzük (Virtual Channel Connection, VCC). A VPI azonosító azonos megválasztásával a virtuális csatornák egy vonalszakaszon virtuális útvonalakba kötegelhetők (Virtual Path, VP). Amennyiben két végpont között számos virtuális csatorna összeköttetés továbbítására van szükség, azok vonalszakaszonként egy virtuális útvonalba foghatók össze. Ezen VP-k sorozatát virtuális útvonal összeköttetésnek nevezzük (Virtual Path Connection, VPC).

Az ATM kapcsolók fő feladata a cellák térbeli és időbeli kapcsolása. A térbeli kapcsolás során a kapcsoló a bemenő vonalak egyikén érkezett cellát a kimenő vonalak egyikére irányítja. Mivel egy vonalon a hálózat több csatornát továbbít, időbeli multiplexelésre is szükség van. Ehhez a ATM

kapcsoló a kapcsolat VPI és VCI azonosítóit használja. Tehát a kapcsolás során a kapcsoló VPI/VCI azonosítói és a vonal száma, amin érkezett, egyértelműen meghatározza az új VPI/VCI értékpárt és a kimenő vonal számát. Egy cellaidőben több cella kerülhet ugyanarra a kimenetre. A torlódás feloldása érdekében az egy kimenet felé haladó cellák várakozási sorba kerülnek.

Az ATM kapcsolók táblázatokat tartanak fenn, amelyekben tárolják a [bemenő vonal, VPI/VCI] → [kimenő vonal, VPI/VCI] leképezéseket. Virtuális útvonal összeköttetés kapcsolása esetén elég a cellák virtuális útvonal-azonosítóját figyelembe venni. A virtuális útvonalak és a virtuális összeköttetések kapcsolásának folyamatát az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra. VC és VP kapcsolás

Beérkező kapcsolatparaméterek			Kimenő kapcsolat paraméterek		
Port	VPI	VCI	Port	VPI	VCI
A	1	1	B	9	4
A	1	3	B	2	2
A	1	4	B	9	1
A	7	1	B	4	3
A	7	2	B	2	5
A	7	3	B	4	5

1. Táblázat Az 1. ábra bal oldali kapcsolójának kapcsolási táblázata

A kapcsolókban a virtuális útvonal illetve virtuális csatornák kapcsolási táblázata kétféleképpen hozható létre. A hosszabb ideig fennálló kapcsolatokat (pl. bérelt vonal) állandó virtuális útvonal (ill. csatorna) összeköttetésnek nevezzük (Permanent Virtual Path/Channel Connection, PVPC / PVCC). Ezeket az ATM kapcsoló adminisztrátora hozza létre, állandó bejegyzésként a kapcsolási táblázatban. Az ATM az igény szerinti, dinamikus kapcsolat felállítását is támogatja jelzésprotokollok segítségével. Ezek a kapcsolt virtuális útvonal/csatorna összeköttetések (Switched Virtual Path/Channel Connection, SVPC / SVCC) az igény jelentkezésekor kerülnek bejegyzésre a kapcsolási táblába és a kommunikáció befejeztével törlődnek onnan.

1.2 Hálózati erőforrás-gazdálkodás az ATM-ben

A hálózati erőforrás-gazdálkodás elsődleges célja a hálózat és a végberendezések védelme a torlódások negatív hatásaitól, másodsorban pedig a hálózat kihasználtságának maximalizálása. Az ATM hálózatot osztozó alkalmazások nagyon eltérő szolgáltatminőségi garanciákat várnak el a veszteségi valószínűségről, a beiktatott késleltetésről és a késleltetés-ingadozás terén. A szigorú késleltetési megszorításokat tevő alkalmazásokat másképpen kell kezelni, mint az adatvesztésre érzékeny alkalmazásokat.

1.2.1 Forgalomleírók, szolgáltatminőségi paraméterek

A szolgáltatminőség fogalma kulcsfontosságú szerepet kap az ATM-ben. Minden összeköttetéshez egy forgalmi szerződés tartozik, amelyet mind a kommunikáló felek, mind a hálózat elfogadott. A szerződésben benne foglaltatnak a felhasználó forgalmát leíró paraméterek és a hálózattól elvárt szolgáltatminőségi paraméterek.

A következő paraméterek megadását várja el a hálózat a felhasználótól:

- **PCR** (Peak Cell Rate) maximális adási sebesség;
- **SCR** (Sustainable Cell Rate) fenntartható átlagos adási sebesség;
- **MBS** (Maximum Burst Size) maximális börsztméret
Értelmezése: megadja a PCR sebességgel maximálisan kiküldhető cellák számát;
- **MCR** (Minimum Cell Rate) minimális adási sebesség.

Az ATM összeköttetések teljesítményét az alábbi szolgáltatminőségi paraméterekkel mérhetjük:

- **CLR** (Cell Loss Ratio) cellavesztési arány – az eldobott cellák számának és az összes vett cellák számának a hányadosa
- **maxCTD** (Maximum Cell Transfer Delay) a maximális beiktatott késleltetés – a forrás elhagyásának a pillanatától a nyelőbe érkezés pillanatáig
- **peak-to-peak CDV** (peak-to-peak Cell Delay Variation) a csúcstól csúcsig mért cellakésleltetés-ingadozás(a minimális és a maximális cellakésleltetési idők különbsége).

1.2.2 Szolgálati kategóriák

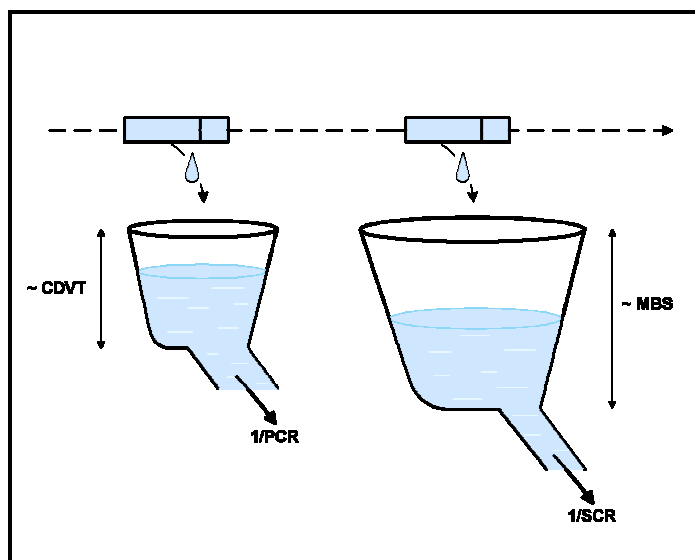
A különböző igényekkel rendelkező források számára az ATM szabványban öt szolgálati kategóriát definiáltak. Ezek segítségével már ATM szinten különválaszthatók az eltérő szolgáltatminőségi paramétereket igénylő összeköttetések és gondoskodni lehet azok megfelelő kezeléséről az ATM kapcsolókban.

- **CBR** (Constant Bit-Rate) konstans bitebességű
Azon kapcsolatok számára ajánlott, amelyek egy fix mennyiségű sáv szélességet igényelnek, ami a kapcsolat teljes élettartama alatt rendelkezésre áll. Ez a szolgálati kategória olyan valós idejű alkalmazások számára készült, amelyek nagyon szigorú megkötéseket támasztanak a cellakésleltetés-ingadozásra (pl. telefónia). A kategória forgalomleírója a PCR.
- **rt-VBR** (Real-Time Variable Bit-Rate) valós-idejű változó bitebességű
A kategória olyan valós idejű igényekkel rendelkező alkalmazások számára készült, amelyek késleltetésérzékenyek, de börsztes forgalmat generálnak (pl. tömörített hang ill. mozgókép átvitele). A kategória használatához szükséges forgalomleírók: PCR, SCR, MBS.
- **nrt-VBR** (Non-Real-Time Variable Bit Rate) nem valós-idejű változó bitebességű
Ez a kategória börsztes forgalmat generáló alkalmazások számára ajánlott. A forrás ez esetben a cellavesztési arányra tesz megkötéseket, nem a késleltetés-paraméterekre. (pl. banki tranzakciók, értéknövelt adatátviteli szolgálatok) A kategória használatához szükséges forgalomleírók: PCR, SCR, MBS.
- **GFR** (Guaranteed Frame Rate) garantált keret-sebességű
A legújabb szolgálati kategória, amely kifejezetten a csomagorientált átvitelt támogatja (pl. távoli LAN-ok összeköttetése). A forgalomszabályozási mechanizmus (lásd később) ez esetben csomagokon működik, nem cellákon. Még nem teljesen szabványosított.
- **UBR** (Unspecified Bit Rate) nem meghatározott bitebességű
A kategória olyan nem valós-idejű alkalmazások számára készült, amelyek beérik szolgáltatminőségi garanciák nélkül (best effort service). A kategória használatához nincs szükség forgalomleíróra, a PCR paraméter opcionálisan megadható.

- **ABR** (Adaptive Bit Rate) adaptív bitsebességű
Speciális szolgáltatási kategória, amelynél a forgalmi szerződésben rögzített forgalmi leírók változhatnak a kapcsolat élettartama alatt. Az adási sebességet a forrás adaptívan állítja a hálózat utasításai szerint, egy forgalomszabályozási protokoll segítségével. A kategória adaptív szállítási protokoll használata esetén javasolt, „best effort” jellegű szolgálat biztosításához. (pl. TCP). A kategória használatához szükséges kezdeti forgalomleíró: MCR – ez az a sebesség, ami alá nem mehet az adási sebesség.

1.2.3 Forgalmkorlátozás

Annak érdekében, hogy egy kapcsolat esetleges szerződésszegése ne befolyásolhassa a többi kapcsolat számára nyújtott szolgálat minőségét, a kapcsolat forgalmát egy ellenőrző mechanizmus figyeli. Ez a funkció a forgalmkorlátozás (traffic policing), vagy másik nevén UPC (Usage Parameter Control). Amennyiben a kapcsolat megsérti a forgalmi szerződésben rögzített forgalmi leírók bármelyikét, az érintett cellákat az ATM kapcsoló eldobhatja vagy átsorolhatja azokat az alacsony prioritású cellák közé. A forgalomleírók ellenőrzése a GCRA (Generic Cell Rate Algorithm) algoritmussal történik. Az ATM kapcsolók többsége a GCRA algoritmus „lyukas vödör” (leaky-bucket) verzióját implementálja. Az ATM kapcsoló minden újonnan felépített kapcsolathoz külön – annak szolgáltatási kategóriájától függően – egy, vagy két vödört rendel, amelyek csak az adott kapcsolat forgalmát figyelik. Az algoritmus lényegét a 2. ábra foglalja össze.



2. ábra: A leaky-bucket algoritmus működése

Az ábra egy VBR kapcsolat paramétereinek ellenőrzése példáján mutatja be az algoritmus működését. A kapcsolat forgalomleírói a PCR, CDVT, SCR és MBS paraméterek. A CDVT paraméter a cellakésleltetés ingadozásának azt a legnagyobb értékét adja meg, amit még a fogadó alkalmazás elvisel. A forgalom viselkedésének figyelésére két vödört definiál az algoritmus. Az első vödör a PCR és a CDVT paramétereknek való megfelelést vizsgálja, a másik vödör pedig azt ellenőrzi, hogy az összeköttetés átlagos sebessége nem haladja-e meg az SCR-t, illetve a bősztösség az MBS értéke alatt marad-e.

Minden – az adott kapcsolaton – érkező cella egy egységnyi vizet önt mindkét vödörbe. Az első vödörből időegységenként $1/PCR$ mennyiségű víz folyik ki (ezzel a csúcssebességet figyeljük), míg a második vödörből $1/SCR$ mennyiségű víz távozik (ez az átlagos küldési sebességet ellenőrzi). Mivel a két vödör működése ekvivalens, csak más paramétereket ellenőriznek, a továbbiakban az átlagos sebességet és a bősztösséget ellenőrző vödörré koncentrálunk. Amennyiben a cellák az átlagos sebességnek pontosan megfelelően érkeznek, a vízszint a vödörben állandó marad, hiszen

ekkor a töltés sebessége megegyezik az ürítés sebességével. Amennyiben a cellák ennél gyorsabban érkeznek, a vízszint emelkedni kezd, mivel az ürítés már nem tudja kompenzálni a töltést. Amennyiben a cellák az átlagos sebességnél lassabban jönnek, a vödör vízszintje ennek megfelelően csökkenni fog.

A vödör mélysége az MBS paraméterrel arányos. Ez biztosítja azt, hogy a vízszint növekedése nem folytatódhat a végtelenségig, hanem a szerződés megszegésének pillanatában a vödör túlfolyik. Ekkor a szerződészegő cellát az ATM kapcsoló eldobhatja, vagy megjelölheti, a hálózat üzemeltetőjének döntése szerint. A megjelölés során a cella prioritása megváltozik, alacsony lesz. Torlódás esetén pedig az alacsony prioritású cellákat dobja el először az ATM kapcsoló. A PCR, CDVT párost ellenőrző vödör működése ekvivalens, itt a vödör mélysége a CDVT-vel arányos.

A két vödör egyszerre működik, és bármelyik túlcordulása esetén a kapcsoló hálózat üzemeltetőjének döntése szerinti intézkedést fogantatosítja a cellán.

1.3 TCP/IP ATM felett

A TCP/IP protokollcsalád ATM hálózatok feletti működésére számos megoldást dolgoztak ki. Ezek egy része a legelterjedtebb hálózatok interfészét emulálja ATM felett, ilyen a LAN Emulation és az MPOA (Multi-Protocol Over ATM). Ez a két megoldás az Ethernet és a Token Ring hálózatok MAC rétegét valósítja meg az ATM adaptációs rétege felett. A meglévő alkalmazások így változtatás nélkül működhetnek, hiszen az ATM hálózatot az emuláció elfedi előlük. A MAC réteg emulálása az ATM hálózat szempontjából szükségtelen, csak rontja a kommunikáció határfokát egy újabb protokoll beiktatásával.

Az Internet Engineering Task Force egy hatékonyabb megoldást dolgozott ki azon az áron, hogy csak a TCP/IP protokollcsaládot támogatja. A Classical IP over ATM (CLIP) protokoll beépül az IP réteg alá és közvetlenül ATM virtuális összeköttetéseken továbbítja a csomagokat. Az CLIP lényegében egy logikai IP alhálózatot (Logical IP Subnetwork, LIS) hoz létre az ATM hálózat felett. A „klasszikus” elnevezés arra utal, hogy az így létrejövő hálózat a hagyományos IP LAN-okkal megegyező tulajdonságokkal rendelkezik.

A CLIP definiálja a címfeloldást és az IP csomagok beágyazásának (encapsulation) módját az ATM feletti továbbításhoz. A címfeloldás funkciója az IP címek ATM címekké való leképezése, valamint ennek a fordítottja. Az ARP címfeloldási protokoll a hagyományos hálózatokban (pl. Ethernet) broadcast segítségével találja meg a keresett célállomás adatkapcsolati szintű címét. Az ATM kapcsolat-orientáltsága miatt nem támogatja a broadcast funkcionalitást. A CLIP egy ATM feletti címfeloldó protokoll létrehozásával kerüli meg a problémát. Minden logikai IP alhálózatban lennie kell egy ATM címfeloldó szervernek, (ATMARP server), amely az alhálózat minden állomásával kapcsolatban áll, így ismeri minden állomás ATM és IP címét. Amennyiben egy állomás kommunikálni szándékozik egy általa még nem ismert ATM című géppel, az ATM címfeloldó szervertől megtudhatja azt az ATMARP protokoll használatával. Így elkerülhető a broadcast használata. Amennyiben az ATM hálózat, vagy valamelyik végberendezés nem támogatja az ATM jelzésrendszer használatát, a végberendezésben statikus IP-ATM VPI/VCI leképezés is megadható PVCC-k konfigurálásával.

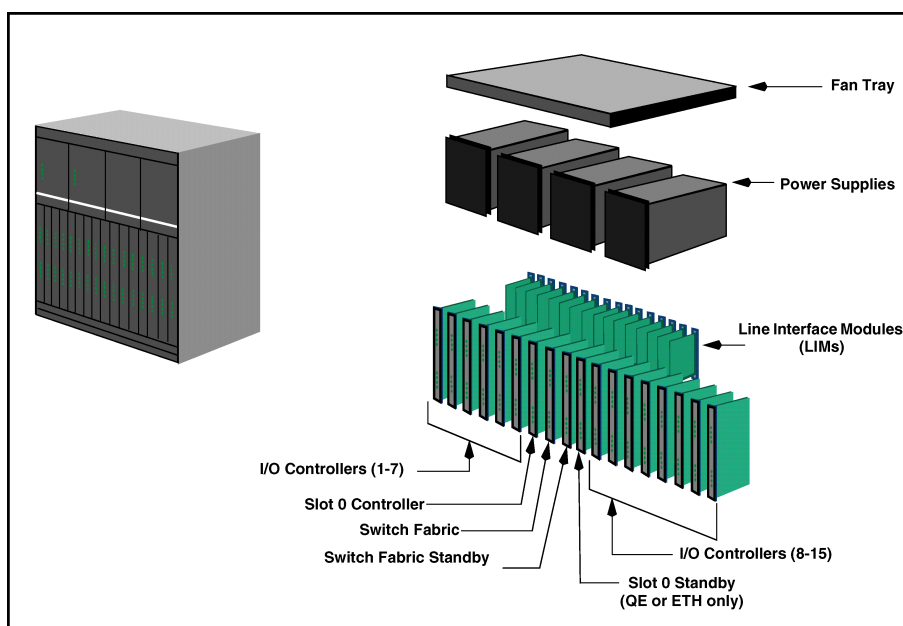
Egy CLIP hálózatban minden kommunikáló állomáspár között fel kell építeni egy ATM kapcsolatot, mielőtt az adatátvitelre sor kerülhetne. Az IP-ATM címlekepezés és az ATM összeköttetés felépítése tehát minden esetben megelőzi az adatcserét. A kapcsolatok felépítése alapértelmezés szerint jelzésrendszer használatával történik. Amennyiben ez nem lehetséges, a hálózat üzemeltetőjének feladata az összes kommunikáló állomás között a PVCC-k felállítása. Az adatcsere során egy állomáspár közötti ATM szint feletti kapcsolatok egy ATM SVCC-be illetve PVCC-be multiplexálódnak.

2 A General DataComm APEX-DV2 ATM kapcsoló kezelése

A General DataComm (GDC) cég az Advanced Packet Exchange (APEX) családdal képviselteti magát az ATM kapcsolók piacán. Ezek közül az APEX-DV2 (Data, Voice and Video) kapcsoló rendelkezik a legnagyobb hálózati adaptációs interfész választékkal. Az APEX-DV2 elsősorban hozzáférési kapcsolónak készült, vállalati környezet számára. Kisebb intézményi hálózatokban azonban a gerinchálózati kapcsolók feladatát is el tudja látni. Rugalmas bővíthetősége, megbízhatósága és jó hibatűrő képessége alkalmassá teszi a fenti feladatok ellátására.

2.1 Rendszerfelépítés

Az APEX-DV2 kapcsolómezőt, vezérlőkártyákat, adaptációs vezérlőkártyákat, vonalillesztő modulokat, valamint tápegységeket tartalmaz. A rendszer megbízhatóságát és hibátűrését garantálja, hogy a kritikus elemekből (kapcsolómező, rendszervezélő kártya) tartalék is telepíthető, és az, hogy mindegyik modul üzem közben cserélhető. Ezenek felül az intelligens terhelésmegosztással és a tápegységek hőmérsékletének figyelésével is növeli a rendszer biztonságát



3. ábra A GDC APEX-DV2 ATM kapcsoló felépítése

A rendszer magja a kapcsolómező, amelynek feladata a cellák szállítása a vezérlőkártyák között. A kapcsolómező típusától függően a vezérlők közötti átviteli sebesség 200 Mbit/s illetve 400 Mbit/s lehet mindkét irányban, ami a maximális 16 vezérlőkártya esetén összesen 3.2 Gbit/s, illetve 6.4 Gbit/s.

Az APEX család vezérlőkártyáinak (slot controller) két típusa van:

A tisztán ATM funkcionalitású vezérlőkártyák az ATM cellák feldolgozását végzik, feladataik közé tartozik a VPI/VCI értékek konverziója és a forgalomkorlátozás. Ilyen vezérlőkhöz kapcsolódnak az ATM interfésszel rendelkező eszközöket csatlakoztató vonalillesztő modulok.

Az adaptációs vezérlőkártyák egy ATM vezérlőkártyából, és az adaptációs funkciót betöltő kiegészítő kártyából állnak. Ezek a vezérlők alakítják át az egyéb hálózati technológiák forgalmát az ATM hálózaton való szállításhoz. Az APEX-DV2 a következő technológiákat képes ATM-hez illeszteni:

- Ethernet - az MS típusú adaptációs kártyával,
- E1, T1, E3, T3 - az áramköremulációs kártya segítségével,
- Frame Relay - a DXDOC típusú adaptációs kártyával,
- és szélessávú VIDEO forgalom illesztése a videoemulációs kártyával.

A 0. számú kártyahelybe (slot0) helyezett vezérlő speciális feladatokat lát el, ezen keresztül konfigurálhatók a kapcsoló egészére vonatkozó beállítások, és ez tárolja a PVCC és PVPC kapcsolási táblát. Bármelyik vezérlőkártya alkalmas a slot0 vezérlő szerepének betöltésére.

A vonalillesztő modulok illesztik a fizikai közegeket a vezérlőkártyákhoz. Ezen a téren az APEX-DV2 rendkívül széles választékot kínál: európai és amerikai digitális hierarchia interfészei, AUI, SDH/SONET (OC-3c) és TAXI optikai interfészek monomódusú és multimódusú üvegszálakhoz, videojelek interfésze.

A kapcsoló elosztott pufferelést alkalmaz. Minden vezérlőkártya tartalmaz bemeneti és kimeneti puffert. Ezek ketté vannak osztva, a kisebb rész (63 cella) a magas, a nagyobb rész (1151 cella) az alacsony prioritású forgalom számára. A kapcsolómező bemenetén egy 4 cella hosszúságú puffer található, amely a bemeneti pufferelés miatt fellépő sorleji blokkolást hivatott megakadályozni. Ez a pufferelési rendszer rugalmasságot ad a rendszernek, mivel egy új vezérlőkártya hozzáadásakor nő a rendszerben levő puffer mérete.

2.2 A felhasználói felület kezelése

A GDC APEX kapcsoló felhasználói felülete hierarchikus menürendszeren alapul. A 4. ábra a menedzsment felület kezdőképernyőjét mutatja.

```

PILOT BACKBONE SWITCH: Slot 0      Root Menu      4.1.0 /Rev D-04
Slot 00: Active  up   down down down   Received datacells   = 8419199
Slot 01 : Active  stop up                Transmitted datacells = 9765945
Slot 02 : Active  stop up
Slot 03 : Active  up   down             Received configcells  = 4655754
Slot 04 : -----                       Transmitted configcells= 20568
Slot 05 : Active  down down
Slot 06 : -----
Slot 07 : -----
Slot 08: -----                       User: root
Slot 09 : -----                       From: local
Slot 10 : -----
Slot 11 : -----                       Slot 0 Redund. available: No
Slot 12 : -----                       Slot 0 Redund: Main In-serv
Slot 13 : Active  stop stop              Sys. Ref.: Non-CF LIM
Slot 14 : Active  up   stop              SVCs Connected: 0
Slot 15 : -----                       PVCs Connected: 1
                                           File transfer: Inactive

Select option: █
TCB status, Diagnostics, Events, File system, Gateway to 040,
Internal status, Load file, Manage configuration, PSI management,
self Restarts, Screen switch, Telnet, User name, sVc routing,
Warm start, Zap cell interface

```

4. ábra A GDC APEX ATM kapcsoló menedzsment felülete

A képernyő legfelső sorában jelzi a rendszer az aktuálisan konfigurált vezérlőkártya azonosítóját (itt Slot 0), valamint az aktuális menü elnevezését (itt Root Menu). A képernyő középső része az adott

menüponthoz tartozó információkat jeleníti meg. A képernyő alsó részén található az aktuális menüben értelmezett parancsok. Egy parancs kiválasztása a parancs nevében szereplő vastag betű leütésével történik. A parancs ekkor vagy egy új menübe visz át, vagy paramétereiket kér és végrehajtja a nevében foglalt feladatot. A menük hierarchiájában a magasabb szintre visszalépés jellemzően az `exit` paranccsal lehetséges.

Bejelentkezéskor a kapcsoló 0. vezérlőkártyájának Root menüpontja jelentkezik. Amennyiben más vezérlőkártyát szándékozunk konfigurálni, a `Telnet` paranccsal léphetünk be a kapcsoló többi vezérlőkártyájára. Amennyiben a 0. vezérlőkártyáról már telnettel beléptünk egy másik vezérlőkártyára, célszerű visszalépni a 0. vezérlőkártyára, mielőtt újabb kártyákra lépnénk át. Az aktuális vezérlőkártya beállításai a `Manage configuration` menüpontban találhatóak.

A menedzsment interfész sajnos gyakran hibázik a képernyő frissítése közben, így sokszor szükség van a képernyő többszöri újrarajzoltatására. Ez a `CTRL+R` kombinációval érhető el.

2.3 Állandó virtuális összeköttetések létrehozása

Az állandó virtuális összeköttetések kapcsolási táblázatát a 0. vezérlőkártya tárolja. A PVC illetve PVP létrehozása a következő lépésekkel történik:

- 1) Lépünk a **Root** menübe a 0. vezérlőkártyán és válasszuk ki a `Manage configuration` menüpontot. Ekkor megjelenik a **MIB Display and Management** képernyő.
- 2) A PVC Configuration/Status sor számát beütve a **PVC Configuration/Status** képernyőhöz jutunk.
- 3) A **PVC Configuration/Status Table** menüpont számát kiválasztva a kapcsolási tábla jelenik meg.
- 4) Az Add parancsot kiadva a következő adatokat kéri a rendszer
 - Cél vezérlőkártya száma
 - Cél port száma
 - Cél VCI
 - Cél VPI
 - Forrás vezérlőkártya száma
 - Forrás port száma
 - Forrás VCI
 - Forrás VPI

PVC létrehozásakor minden paramétert meg kell adnunk, míg PVP létrehozását a VCI azonosító 0-nak választásával jelezzük a rendszernek. A művelet sor elvégzése után egy inaktív bejegyzés kerül a kapcsolási táblába. Mielőtt az összeköttetést ténylegesen létrehoznánk a kapcsolómátrixban, meg kell adni a kapcsolat forgalomleíróit, szolgálati kategóriáját és rendelkezni kell a forgalomkorlátozás felől (5. ábra). Ehhez a kapcsolási táblában ki kell jelölni az imént létrehozott sort (vagy beírjuk a számát és soronkénti nézetre váltunk, vagy soronkénti nézetre váltunk az `Extra detail` paranccsal és az `Up` és `Down` parancsokkal megkeressük az összeköttetésünket).

A részletes nézetben a következő paraméterek kitöltése szükséges:

- **QoS Class,** szolgálati kategória
- **CBR,** a szabvány szerinti CBR kategóriának felel meg
- **VBR-high,** a szabvány szerinti rt-VBR kategóriának felel meg
- **VBR-med,** a szabvány szerinti nrt-VBR kategóriának felel meg
- **VBR-low,** a szabvány szerinti UBR kategóriának felel meg
- **Pk Fd Rate,** PCR a forrás cél irányban, [cella/s] egységben
- **Pk Fd Size,** CDVT a forrás cél irányban, [cella] egységben

- **Pk Fd Mode, off** a forgalomkorlátozás működési módja kikapcsolva
- **clp0 disc** magas prioritású cellafolyam figyelése, szerződésszegő cellák eldobása
- **clp1 disc** alacsony prioritású cellafolyam figyelése, szerződésszegő cellák eldobása
- **clp01 disc** aggregált cellafolyam figyelése, szerződésszegő cellák eldobása
- **Sd Fd Rate,** SCR a forrás cél irányban, [cella/s] egységben
- **Sd Fd Size,** MBS a forrás cél irányban, [cella] egységben
- **Sd Fd Mode, off** a forgalomkorlátozás működési módja kikapcsolva
- **clp0 disc** magas prioritású cellafolyam figyelése, szerződésszegő cellák eldobása
- **clp1 disc** alacsony prioritású cellafolyam figyelése, szerződésszegő cellák eldobása
- **clp01 disc** aggregált cellafolyam figyelése, szerződésszegő cellák eldobása
- **clp0tag** magas prioritású cellafolyam figyelése, szerződésszegő cellák lefokozása alacsony prioritásra
- **clp01tag** aggregált cellafolyam figyelése, szerződésszegő magas prioritású cellák lefokozása alacsony prioritásúra, alacsony prioritásúak továbbengedése

A **Bd** középtagú paraméterek ekvivalensek, csak a cél forrás irányra vonatkoznak.

PILOT BACKBONE SWITCH: Slot 0 Configuration/Status Table				New Event
Detail of PVC Configuration/Status Table entry 2				
Dest Slot : 13	08	Sd Fd Mode: clp0 tag	24	QOS Class : vbr med
Dest Link : 0	09	Sd Bd Rate: 38200	25	Status : valid
Dest VCI : 211	10	Sd Bd Size: 1500	26	Multicast : no
Dest VPI : 2	11	Sd Bd Mode: clp0 tag		Intern VPI: -
Src Slot : 1	12	AP Fd Rate: 0		Intern VCI: -
Src Link : 1	13	AP Fd Size: 0		Num Leaves: -
Src VCI : 202	14	AP Fd Mode: off		
Src VPI : 1	15	AP Bd Rate: 0		
00 Pk Fd Rate: 353207	16	AP Bd Size: 0		
01 Pk Fd Size: 19	17	AP Bd Mode: off		
02 Pk Fd Mode: clp01 disc	18	AS Fd Rate: 0		
03 Pk Bd Rate: 353207	19	AS Fd Size: 0		
04 Pk Bd Size: 19	20	AS Fd Mode: off		
05 Pk Bd Mode: clp01 disc	21	AS Bd Rate: 0		
06 Sd Fd Rate: 38200	22	AS Bd Size: 0		
07 Sd Fd Size: 1500	23	AS Bd Mode: off		
Select option: █				
Add entry, Down, Enter entry number to edit, Goto row, Kill entry, Move entry, Press ^J for extra help on this item, Summary, Up, eXit				

5. ábra A virtuális összeköttetés paraméterei

Az összeköttetést a felparaméterezés után már érvényessé lehet tenni, azaz a kapcsolómátrixban ténylegesen létre is lehet hozni. Ez a **Status** mező megváltoztatásával érhetjük el. Egy újonnan létrehozott összeköttetést a **start PVC** opció kiválasztásával lehet aktiválni. Egy aktív összeköttetést az **invalid** állapotra váltással lehet törölni, míg a **valid** opcióval inaktív állapotba hozható. Ez utóbbi állapotban az összeköttetésen cellatovábbítás nem történik, de a bejegyzés nem törlődik a táblából.

2.4 Összeköttetések forgalmi statisztikája

A kapcsolatokról nyilvántartott statisztikai adatok azokon a vezérlőkártyákon kerülnek tárolásra, amelyeken a kapcsolat áthalad. A kapcsolatot kezelő vezérlőkártyába telenetelve a **Root** menüből válasszuk ki a **Manage Configuration** parancsot! Innen a **Virtual Circuit Status** majd a **Virtual Circuit Status Table** menüpontot kiválasztva megjelenik a vezérlőkártyán áthaladó aktív kapcsolatok táblázata (6. ábra).

ATM SWITCH:Slot 2 SYSVirtual Circuit Link B Status Table						New Event
No	VPI	VCI	TXed Cells	TX Cells (CLP1)	RXed Cells	Excess Cells
0	0	5	116177	0	10358	0
1	0	16	77	0	19	0
2	0	120	52286	0	6164049	0
3	0	121	6164049	0	52286	0

Select option: █
Enter entry number to edit, Extra detail, Goto row,
Press ^J for extra help on this item, Right, eXit

6. ábra A kapcsolatokról vezetett statisztikák

3 A HP Broadband Series Test System kezelése

A Hewlett-Packard Broadband Series Test System (BSTS) egy moduláris mérőműszer, amelyet szélessávú hálózatok vizsgálatára fejlesztettek ki. A műszer egy UNIX munkaállomást valamint számos speciális funkciójú mérőmodult és mérőszoftvert foglal magába. A modulok feladatuk szerint vonali interfészkartyákra és magasabb szintű analízist végző processzorkartyákra csoportosíthatók. A modulok funkcionalitásuk jelentős részét hardverben végzik, így a rendszer alkalmas valós-idejű vizsgálatokhoz. A magasabb szintű protokollok kikódolását, emulálását és a bonyolultabb tesztek az opcionális szoftvermodulok végzik.

3.1 A BSTS rendszer felhasználói interfésze

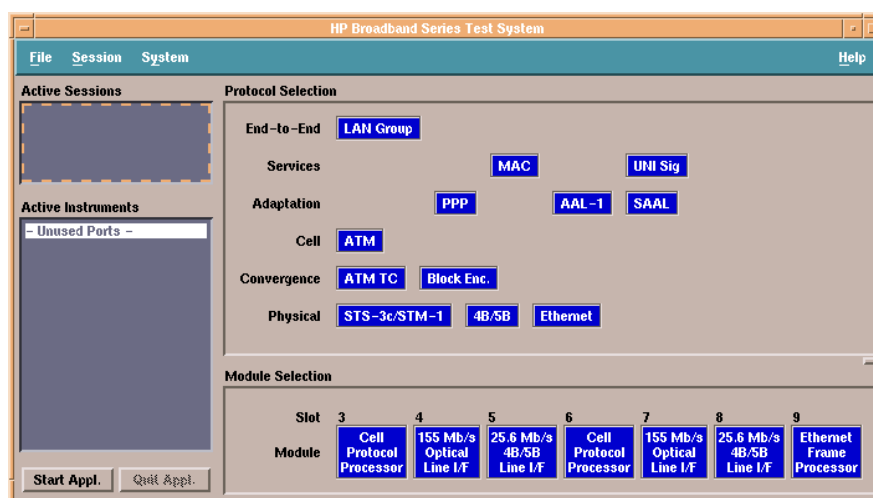
A UNIX alapú munkaállomásnak köszönhetően a mérőműszer összes funkciója X Windows alapú grafikus felületről érhető el (HP Visual User Environment, VUE). A műszerre való bejelentkezés után a teszt szoftver a vezérlőpulton található BSTS ikonra kattintással indítható (jobbról az ötödik, lásd 7. ábra).



7. ábra A HP VUE vezérlőpultja

A megjelenő Test Session Manager programban (8. ábra) kell meghatározni a mérés során használandó modulokat. Az **Unused Ports** felirat kiválasztása után a szabad modulok kék színnel jelennek meg, az ablak alsó részében. A mérőmodulok kiválasztása után lehet kijelölni a felhasználandó szoftvermodulok kombinációját. A vonali interfészkartyákkal csak az alsóbb rétegek vizsgálatára van lehetőség, a magasabb protokollrétegek analíziséhez egy protokollfeldolgozó kártya igénybevétele is szükséges.

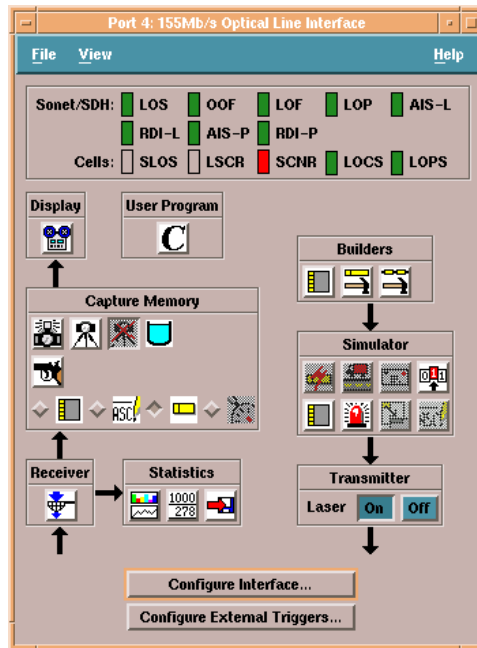
A **Start Appl** feliratú gomb megnyomásával elindulnak a mérőmodulok. A folyamat befejeztével a modulok ikonjai aktiválható állapotba kerülnek, rájuk kattintva az adott mérőmodulhoz tartozó vezérlőszoftver ablaka nyílik ki.



8. ábra a Test Session Manager alkalmazás

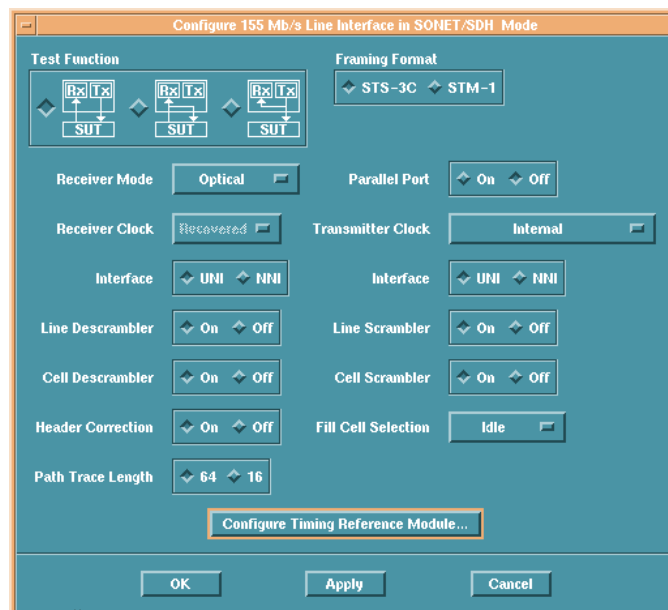
3.2 A 155Mbps-os optikai vonali interfész modul

A modul az SDH vagy SONET digitális hierarchia 155Mbps-os szintjén hordozott ATM forgalom vizsgálatát teszi lehetővé. A vezérlőszoftver ablaka négy fő részre osztható. Az ablak felső sávjában a hordozó fizikai réteg állapota követhető nyomon. A LOS (Loss Of Signal) indikátor vörös színnel jelzi, ha az optikai vonalon a jel nem észlelhető. A többi indikátor ismerete a mérés elvégzéséhez nem szükséges. Az ablak középső része bal oldalon a vételi irány logikai láncolatát jelképezi, míg a jobb oldalon az adási irány láncolatát találhatjuk. Végezetül az ablak alsó részén az interfész fizikai konfigurációjához szükséges gombok találhatók.



9. ábra. A 155Mbps-os vonali interfészártya vezérlőfelülete

Az alkalmazás indításakor első lépésként a vonali interfész fizikai rétegét kell felprogramozni. Ezt a **Configure Interface** gombra kattintással tehetjük meg. A megjelenő ablakban (9. ábra) először az interfész hálózatra csatlakozásának módját kell meghatározni.

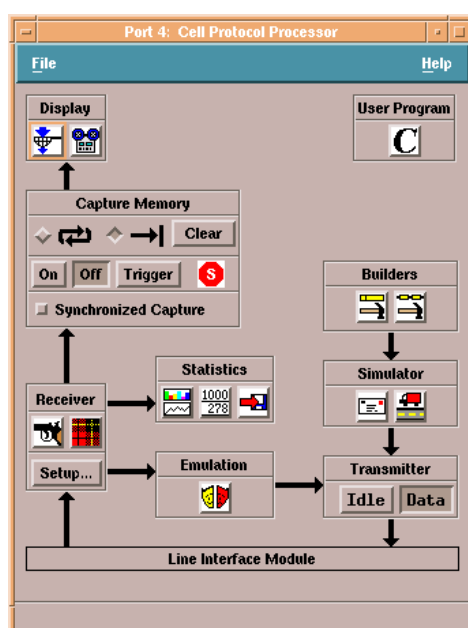


10. ábra A fizikai réteg beállításai

Terminal módban az adóág a modul forgalomgenerátorából kapja az elküldendő adatokat, míg a vételi ág a hálózatról érkező forgalmat a modul analízátora veszi. *Repeater* módban a vett cellákat a modul azonnal visszaküldi az adóágon, eközben pedig a cellákat az analízátor rögzíti. A *Near end loopback* (közelvégi visszahurkolás) mód a modul forgalomgenerátora által létrehozott cellákat kiküldi az adóágon és egyben rögzíti is azokat az analízátorral. A mérés során a hálózat forgalmát csak megfigyeljük, be nem avatkozunk, így a *Repeater* módba kell kapcsolnunk. A vevő és az adó további paramétereit nem szükséges átállítani. A modul vezérlőablakába visszatérve a fizikai réteg konfigurálását a lézeres adóegység bekapcsolásával fejezhetjük be.

3.3 A Cella Protokoll Feldolgozó modul

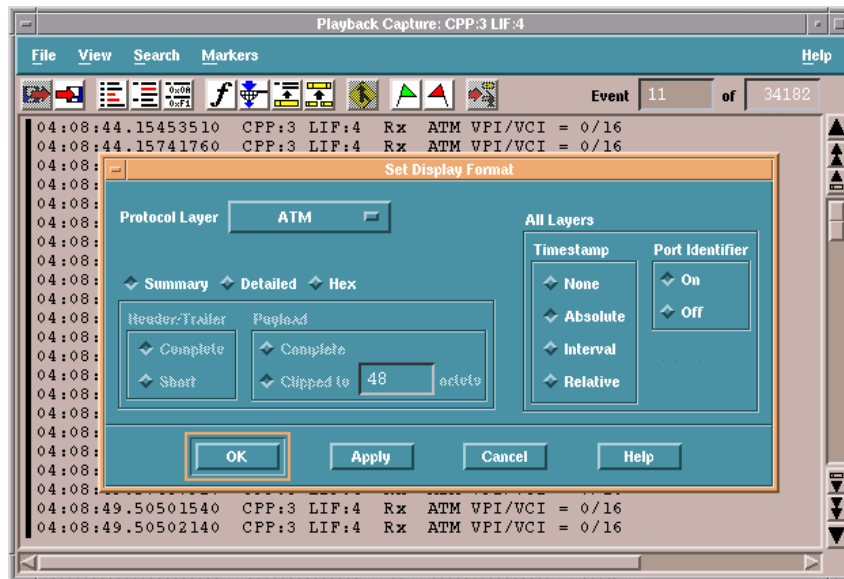
A modul a magasabb szintű protokollok (jelzésrendszer, LAN és WAN protokollok) dekódolására illetve emulálására ad lehetőséget. Önállóan nem használható, mindig egy vonali interfész modullal kell együtt működtetni. A vezérlőalkalmazás ablakának felépítése hasonlít a 155Mbps-os vonali interfészéhez, ezt is vevő illetve adóoldali funkciók láncolatára osztották.



11. ábra A cella protokoll feldolgozó modul vezérlőprogramja

A vevő oldalán a **Setup** gombra kattintva határozhatjuk meg, hogy a láncban feljebb elhelyezkedő funkciókhoz mely cellák juthatnak el. Az így definiált szűrővel mintát vehetünk az optikai szálon közlekedő forgalomból. Erre szolgálnak a Capture Memory feliratú szekció gombjai. Először meg kell határoznunk a rögzítőtár feltöltésének módját: egyszeri töltés és automatikus megállás, vagy rekurzív felülírás és manuális megállás. Az **On** gombra kattintva megkezdődik a forgalom rögzítése. A mintavétel megállítása után a Display szekcióban további szűrőfeltételeket fogalmazhatunk meg a rögzítőtár tartalmára, majd a visszajátszás ikonra kattintva megjelenik a társzűrt tartalma.

A kijelzett listában alapértelmezés szerint minden cellaérkezési esemény szerepel, időbélyeggel ellátva, rövidített formában kiírva. A megjelenítés formátumát az f ikonra kattintással módosíthatjuk. Itt beállíthatjuk a cellák prezentációjának részletességét, választhatunk teljes, 53 byte-os kijelzés, csak fejrész részletezése és rövidített formátumok között. Szintén megválaszthatjuk az időbélyeg formátumát: abszolút idő, érkezések közötti idő illetve adott eseményhez képest relatív idő kijelzésére. A legtöbbször az érkezések közötti idő vizsgálata a célszerű.



12. ábra A rögzítőtár megjelenítési formátumának megválasztása

A rögzített forgalom minta elmentésére is lehetőséget ad a program. A **Save As** menüponttal meghatározhatjuk a keletkező file formátumát. A külső programokkal való feldolgozás megkönnyítése végett célszerű a szöveges formátumot választani, azonban előtte gondoskodni kell a rövidített, egysoros megjelenítés beállításáról.

4 Solaris és FORE ATM hálózati konfigurációs alapismeretek

A Solaris a Sun Microsystems System V alapú operációs rendszere. Ez a fejezet összefoglalja a hálózati interfészek konfigurálásának alapjait, kiegészítve a FORE Systems SBA-200 típusú ATM kártyájának beállításával.

4.1 Interfészek és konfigurálásuk

Egy számítógépben minden hálózati kártyához egy vagy több hálózati interfész tartozik. Az interfész egy logikai absztrakció, amely egy hálózati csatlakozási pontot egyértelműen azonosít. Az interfész azonosításához meg kell adni annak eszközsintű nevét, az IP címét és a hozzá tartozó (al)hálózatnak a címét, amelynek a gép tagja. Egy hálózati kártyához több interfész is tartozhat, amennyiben a fizikai hálózat felett több IP (al)hálózat is definiált. Az `ifconfig -a` paranccsal listát kaphatunk az adott gép interfészeitől.

```
sengchuan:~>ifconfig -a
lo0: flags=849<UP,LOOPBACK,RUNNING,MULTICAST> mtu 8232
    inet 127.0.0.1 netmask ff000000
fa0: flags=863<UP,BROADCAST,NOTRAILERS,RUNNING,MULTICAST> mtu 9188
    inet 152.66.193.1 netmask ffffffff broadcast 152.66.193.255
    ether 0:20:48:6:12:97
le0: flags=863<UP,BROADCAST,NOTRAILERS,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 152.66.246.118 netmask fffffff0 broadcast 152.66.246.255
qaa0: flags=863<UP,BROADCAST,NOTRAILERS,RUNNING,MULTICAST> mtu 9180
    inet 152.66.86.97 netmask fffffff0 broadcast 152.66.86.255
    ether 0:20:48:6:12:97
qaa1: flags=842<BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 9180
    inet 0.0.0.0 netmask 0
    ether 0:20:48:6:12:97
qaa2: flags=842<BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 9180
    inet 0.0.0.0 netmask 0
    ether 0:20:48:6:12:97
qaa3: flags=842<BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 9180
    inet 0.0.0.0 netmask 0
    ether 0:20:48:6:12:9
```

A fenti példából kiolvasható, hogy a sengchuan nevű gép le0 (Ethernet) interfészének IP címe 152.66.246.118 a 152.66.246.0/24 hálózaton.

A FORE SBA-200 típusú ATM kártyához tartoznak a szabványos Classical IP over ATM interfészek qaa0, qaa1, qaa2, qaa3 elnevezéssel, és az fa0 FORE ATM interfész (amely FORE-specifikus). Ezek mellett lehetőség van LAN Emulációs (LANE) interfészek létrehozására is, 'el' prefixszel. A qaaX interfészek mindegyike csatlakozási pontként szolgál egy-egy ATM feletti logikai IP alhálózathoz.

Az interfészek beállításainak megváltoztatására is az `ifconfig` parancs szolgál. Szintaxisa:

```
ifconfig interfész-név inet IP-cím netmask mask
```

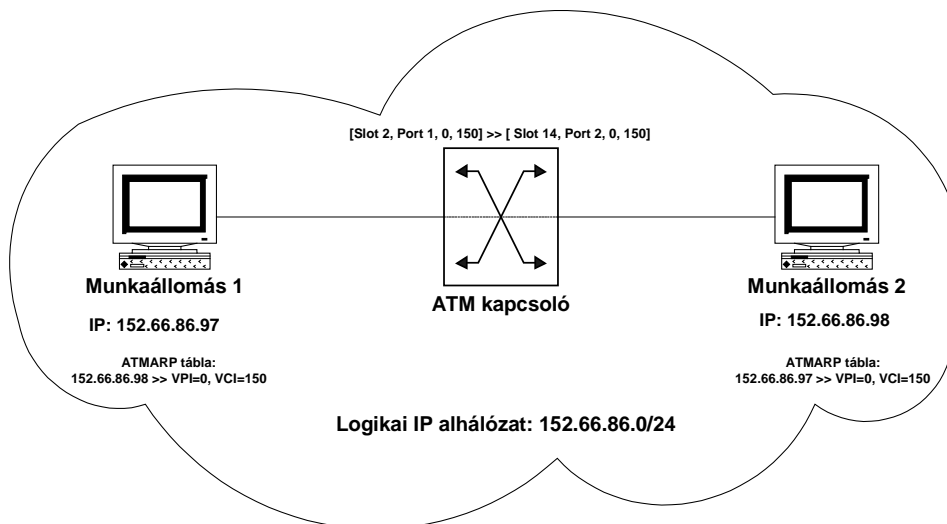
4.2 Logikai IP alhálózat létrehozása

A következőkben bemutatjuk egy logikai IP alhálózat létrehozásának menetét két gép között (13. ábra). Az elméleti bevezetőben leírtak szerint mindkét számítógépben meg kell határozni, hogy a másik gépet melyik állandó virtuális összeköttetésen keresztül érhetjük el. Az 'IP cím' → 'ATM VPI/VCI' leképezés meghatározása után az ATM kapcsoló(k)ban is létre kell hozni a két végpont közötti ATM összeköttetést.

A gépek címfeloldási táblázatát az `atmarp` paranccsal manipulálhatjuk. Új bejegyzést a következő módon készíthetünk:

```
atmarp -c IP-cím/gépnév interfész_név vpi vci 0 [max sávszélesség kbps].
```

A 'max sávszélesség' opcionális paraméter megadásával az ATM kártya fogalomformázási képességét aktiváljuk, ekkor a virtuális összeköttetésen áthaladó forgalom átviteli sebességét a gép a megadott korlát alatt tartja. A kapcsolatok törlése a `-r` paraméter megadásával történik: az `atmarp -r IP-cím/gépnév` parancs hatására a megadott címhez tartozó bejegyzés törlődik.



13. ábra Logikai IP alhálózat két számítógép között

Az ábra bal oldali számítógépének konfigurálása a következő módon történhet:

```
sengchuan:~>atmarp -c 152.66.86.98 qaa0 0 150 0
sengchuan:~>atmarp -a
Outgoing connections:
qaa0: herakles-atm (152.66.86.98): vpi.vci=0.150 aal=5
      ATMaddress=-
      flags=(Classical IP PVC) encapsulation=LLC_ROUTED peak rate=(unlimited)
```

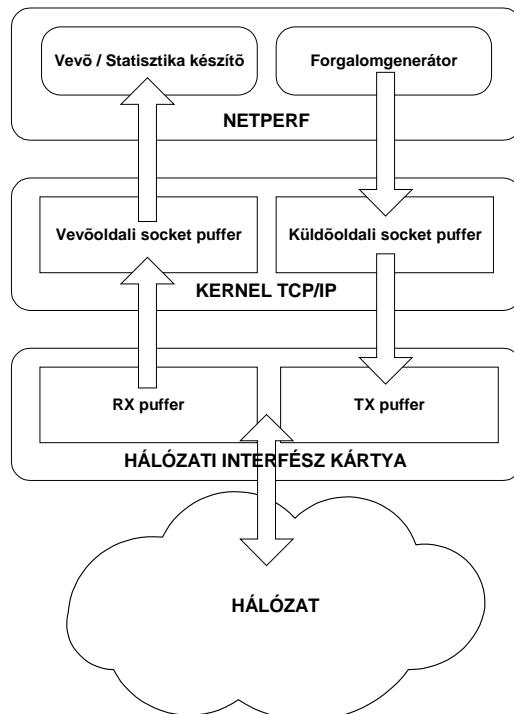
5 A Netperf program használata

A Netperf egy hálózati teljesítményanalizáló program, amelyet a Hewlett Packard fejlesztett ki. A Netperf architektúrája a kliens-szerver modellen alapul. A rendszerben a kliens kezdeményezésére a kliens és a szerver között az indításkor meghatározott protokollal és forgalomtípussal adatátvitel kezdődik, amelynek teljesítményéről a mindkét fél statisztikákat gyűjt. A Netperf által támogatott teljesítménymérések széles skálájából a mérés során csak a TCP és UDP protokollok felett történő folyam (stream) típusú tesztek használjuk. A folyam-típusú vizsgálatoknál a kliens állandóan adásra kész állapotban van, így a mérés végeredménye a számítógép és a hálózat teljesítményét tükrözi. A mérés felfedheti a számítógép teljesítőképességének korlátait is, ha a hálózatban nagyobb sávszélesség áll rendelkezésre, mint amennyit a teszt végeredménye mutat. A mérés során generált forgalom jellege egyirányú, csak a kientől a szerver felé történik a tesztadatok átvitele.

A szerver indítása: `netserver -p port_szám`

A kliens indítása: `netperf paraméterek`

- H szerver név vagy IP cím
- l teszt hossza [s]
- t teszt típusa (TCP_STREAM, UDP_STREAM)
- s kliens küldő- és vevőoldali socket puffer mérete
- S szerver küldő- és vevőoldali socket puffer mérete
- m, M kliens illetve szerver által küldött üzenetek mérete



14. A Netperf működése

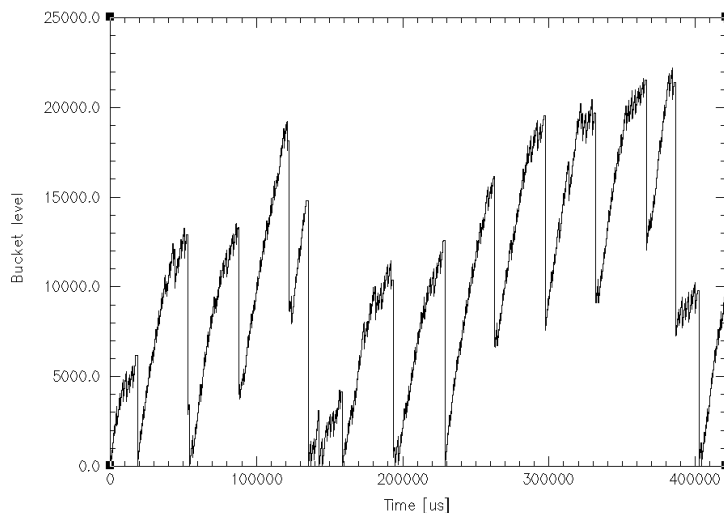
Az s, S és az m, M paraméterek értelmezését a 14. ábra mutatja. A socket pufferek az alkalmazástól már átvett, de még ki nem küldött adatok átmeneti tárolására szolgálnak. Megbízható átvitelt nyújtó protokollok használatakor – mint a TCP – a socket puffer addig tárolja az alkalmazástól kapott adatot, amíg annak sértetlen megérkezéséről nyugtát nem kap. A socket puffer alapértelmezés szerinti méretét operációs rendszer szinten lehet beállítani, ez az érték rendszerint 8 kbyte. A Netperf üzenetméret-paramétere határozza meg, hogy a socket puffert mekkora adatblokkokkal töltsse. A TCP protokoll esetében minél nagyobb a socket puffer méret / üzenetméret hányados, annál hatékonyabban képes a protokoll forgalomszabályozása működni. A socket puffer ürítését az IP protokoll maximálisan az MTU paramétere által meghatározott blokkokkal végzi. Ez a paraméter a fizikai közeg által támogatott legnagyobb csomag méretét jelzi (Maximum Transmission Unit, MTU), amely CLIP hálózatokban 65550 byte, de az ajánlott érték 9180 byte. Összehasonlításképpen az Ethernet hálózatokban e paraméter értéke 1500 byte.

6 Leaky Bucket analízis az UPC programmal

Az UPC program a GCRA algoritmus „lyukas vödör” típusú implementációja, amely a Solaris operációs rendszeren fut. A program segítségével a HP BSTS által rögzített forgalmmintákon elemezhetők a forgalomkorlátozó algoritmus különböző beállításai. Funkcionalitás szempontjából megegyezik az ATM kapcsolóban található implementációkkal, azonban a program lehetőséget ad a virtuális puffer vízszintjének a kirajzoltatására az idő függvényében. Ezen függvény birtokában nem csak a cellavesztési arány kiszámítására nyílik lehetőség, hanem a vesztési folyamat lefolyásáról lényegesen több információt kapunk.

A program bemenete a forgalm minta file neve és a GCRA algoritmus paraméterei, a PCR, SCR, és MBS számhármassal. Kimenatként egy file-t kapunk, amely a cellaérkezési időpontokban megadja a virtuális puffer vízszintjét.

Amennyiben az MBS paraméter értékét nem adjuk meg a programnak, akkor a virtuális puffer vízszint-növekedésének nem adunk felső korlátot. Ha ekkor a kapcsolat átlagos adási sebességét helyesen állítottuk be, a vízszint növekedése korlátos lesz. A börsztök ideje alatt ugyan növekedni fog a vízszint, de a köztes szünetek elendő időt hagynak arra, hogy a vízszint a kezdeti értékre csökkenjen. Ekkor a forgalm minta megfigyelése alatt elért legnagyobb vízszintből következtethetünk a forgalom börsztösségének mértékére, azaz becslést adhatunk az MBS paraméterre. Ez a módszer jól használható, ha az ATM hálózatot használó forrás tulajdonságairól nincs elegendő információnk. A 15. ábra egy TCP kapcsolat ATM feletti viselkedését ábrázolja, a forgalomkorlátozó algoritmus szemszögéből nézve.



15. TCP kapcsolat által okozott vízszintváltozások