

VLAN címke alapú cross-connect funkció a videóhálózatokon

SZEGEDI PÉTER

MATÁV PKI Fejlesztési Intézet
szegedi.peter3@ln.matav.hu

Kulcsszavak: digitális stúdió, Ethernet, NG-SDH, transzport hálózat, címke-kapcsolás

Az utóbbi tíz évben rohamléptekkel fejlődő digitális jelfeldolgozás egyre jelentősebb szerepet tölt be a modern televíziózás területén. A digitalizálás nem csak a végfelhasználók készülékeit érinti, hanem a teljes videóprodukciónak a lánc egészét is. Ahogy a digitális stúdiótechnika egyre nagyobb teret hódít, a műsorszolgáltatók szeretnék tisztán digitális formátumú audió- és videófolyamjaikat csomagkapcsolt transzport hálózatokon továbbítani. A stúdiók közötti digitális programcsere, illetve a stúdiók és a műsorszétesztő pontok közötti csomag-alapú videótranszport igények kiszolgálásához az újgenerációs SDH berendezésekbe integrált Ethernet funkciók kínálnak új lehetőségeket. A következő oldalakon a VLAN (Virtual LAN) címke alapú cross-connect funkció alkalmazásának motivációit és előnyeit igyekszünk bemutatni egy hipotetikus, hazai videótranszport szolgáltatói hálózat architektúrájában.

1. Bevezetés

Napjainkban a legtöbb televíziós stúdió már digitális technológiát alkalmaz. A digitális kamerák, vágóasztalok, keverőpultok, rögzítő és archiváló berendezések valamint számtalan egyéb professzionális eszköz lehetővé teszi olyan új audió- és videószerkesztési megoldások alkalmazását, mint a virtuális 3D stúdió, vagy a speciális videó effektek.

A modern stúdiókban helyi hálózatokon (LAN) keresztül jön létre a kapcsolat a digitális stúdió-berendezéseken futó, együttműködő alkalmazások között. Mivel a helyi hálózatok zömében Ethernet technológiát használnak, kézenfekvőnek tűnik az audió- és videófolyamok kezelése Ethernet formátumban. A jelenlegi fejlődési irányokat követve megállapítható, hogy a Gigabit Ethernet technológia nem csupán transzport megoldást kínál, hanem a jövő újgenerációs digitális videó hálózatának (Next-Generation Digital Video Network) alapja is lehet.

2. Motivációk

A hagyományos, szinkron audió- és videórendszerek valamint a csomagkapcsolt, aszinkron adathálózatok között definiált átjárás megvalósítása érdekében kidolgoztak egy nyílt szabványú fájlformátumot. Az MXF (Material eXchange Format) fájlformátum lehetővé teszi az audió- és videófolyamok szegmensenként való továbbítását az Ethernet hálózatokon. A folyamatokhoz adat és metaadat jellegű információ is társítható annak érdekében, hogy a fájl alapú együttműködés a különböző professzionális stúdiótechnikai alkalmazások között megvalósítható legyen.

A különböző fájlok továbbítása független azok tartalmától (például az alkalmazott videótömörítési eljárás-

tól), továbbá a nyílt felhasználásának köszönhetően nem szükséges gyártóspecifikus berendezések vagy egyéni transzport megoldások költséges telepítése sem [1].

A szabványosítást célzó törekvésekkel párhuzamosan a legtöbb gyártó egyedi termékskálát is fejlesztet. A piacvezető cégek legújabb sorozatú professzionális kamerái már Ethernet interfészekkel is rendelkeznek, valamint olyan digitális videórögzítők is piacra kerültek, amelyek támogatják a valós idejű felvételeknél akár ötször gyorsabb, nagyfelbontású videófolyamok transzportját Gigabit Ethernet interfészekon keresztül, vagy az MXF fájlformátum továbbítását 100BASE-T hálózati kapcsolatokon. A valós idejű videótranszport lehetőséget áttekintve láttuk, hogy a *Level 3 Connections* mérnökei sikeresen továbbítottak 30 illetve 50 Mb/s-os stúdió minőségű, tömörített, digitális, videó szegmenseket helyi hálózati infrastruktúrára [2].

A nagyvárosi (MAN) és gerinchálózatok (WAN) széleskörűen elterjedt hullámhosszosztásos WDM infrastruktúrára kialakított SDH transzport technológiát alkalmaznak. Ahogy a stúdiókban belül a videótranszport megoldások az Ethernet és Gigabit Ethernet technológia irányába tolódnak kézenfekvőnek tűnik, hogy a műsorszolgáltatók Ethernet Private Line vagy Ethernet Virtual Private Line [3] szolgáltatásokat igényeljenek a távoli helyszíneken lévő stúdiók és a kihelyezett közvetítőkocsik között.

A transzport szolgáltatóknak ezért olyan Ethernet konnektivitásokat kell biztosítaniuk a meglévő SDH/WDM gerinchálózatukon, amelyek megfelelnek az egyedi követelményeknek. Az újgenerációs SDH berendezések (NG-SDH) legújabb fejlesztései már részleges Ethernet funkciókkal rendelkeznek, az így kialakított – harmadik generációs SDH (TG-SDH) [5] – eszközökből felépített szolgáltatói hálózatok optimális infrastruktúrát jelenetnek a videótovábbítás számára.

3. Új kliensoldali követelmények

A műsorszolgáltatók előre egyeztetett SLA-nak (Service Level Agreement) megfelelő transzport szolgáltatásokat igényelnek az Ethernet keretezésű tömörített vagy tömörítetlen videófolyamjaik számára a szolgáltatói MAN vagy WAN hálózaton keresztül. Az audio- illetve videófolyamok továbbítása aszinkron, csomagkapcsolt hálózatokon szigorú csomagvesztési, késleltetési és késleltetés ingadozási követelményeket támaszt. A kliensek szolgáltatási követelményei:

- A megbízható videófolyam továbbítás.
- Garantált sávszélességű szolgáltatás.
- Az SLA-ban lefektetett minőség biztosítása.
- Az MXF fájlformátum továbbítása.
- Közel valós idejű (Just in Time) szolgáltatás.

Az új típusú televíziós alkalmazások (mint például a körzeti híradók, országos interaktív vetélkedők, regionálisan célzott reklámblokkok stb.) nagyobb rugalmasságot követelnek meg a hálózati kapcsolatok kialakításában. Főként kliensek által vezérelhető, Just in Time jellegű kapcsolat felépítés szükséges az egyes stúdiók között.

A különböző SLA-k definiálása lehetővé teszi a műsorszolgáltatók számára, hogy flexibilisen skálázhassák a transzport szolgáltatásokat az aktuális igényeiknek megfelelően. Példaként említhető, hogy élő közvetítések műsoranyagának továbbítása központi stúdióba, vagy közvetlen adótoronyba szigorúbb követelményeket támaszt, míg a tárolt műsoranyagok stúdiók közötti cseréjéhez elegendőek a kevésbé költséges, nem védett Ethernet kapcsolatok is.

4. Hálózati funkciók és architektúra

A transzport szolgáltatók szempontjából a tisztán kapcsolt Ethernet alapú szolgáltatói hálózatok jól ismert hiányosságokkal rendelkeznek a garantált sávszélesség, a QoS biztosítás valamint a gyors (<50 ms) védelmi/helyreállítási mechanizmusok alkalmazása terén. Másfelől azonban az Ethernet technológia alkalmazásának előnyös tulajdonságai (egyszerű telepítés és üzemeltetés, jó skálázhatóság és granularitás, VLAN alapú biztonság, alacsony költségek, stb.) jól kiaknázzhatóak lennének a szolgáltatók számára. Ezért a tisztán kapcsolt Ethernet alapú megoldások hátrányainak kiküszöbölése mellett a technológia adta előnyök maximális kihasználása érdekében a hálózatüzemeltetők Ethernet funkciókkal ellátott újgenerációs SDH berendezéseket telepítene a hálózataikba.

A szabványban rögzített GFP, VCAT és LCAS funkciók [6] megteremtik a műszaki alapot a kliensoldali követelményeknek eleget tevő transzport szolgáltatások kialakításához. Az NG-SDH alapú hálózati architektúra felett megvalósított Ethernet Private Li-

ne és Ethernet Virtual Private Line [3] transzport szolgáltatások a tradicionális bérelt vonali megoldásokkal egyenértékű szolgáltatási szintet garantálnak a felhasználók számára.

A klasszikus NG-SDH berendezések időrés alapú cross-connect (XC) funkcióval rendelkeznek, amely egy időrés számára lehetővé teszi, hogy az egyik fizikai interfészről a másikra kapcsolják. Ahogy az Ethernet szolgáltatások száma növekszik az SDH hálózatokban, egyre sürgetőbbé válik, hogy keret alapú cross-connect funkció is integráljanak az NG-SDH berendezésekbe [4]. A megoldás lényege, hogy minden Ethernet szolgáltatás egyedi VLAN címke alapján azonosítva van a hálózatban. A keret alapú cross-connect funkció a VLAN címkék információját használja fel a fizikai interfészek közötti továbbítás megvalósítása érdekében. Az integrált, VLAN címke alapú XC funkció alkalmazása a következő előnyökkel jár:

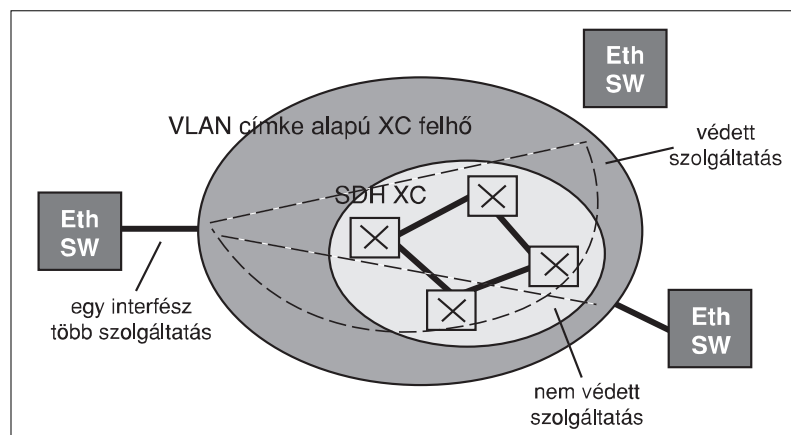
Több Ethernet szolgáltatás is megjelenhet egyetlen fizikai interfészen (VLAN címkével megkülönböztetve), így a kliensoldali Ethernet berendezések gazdaságosabb módon csatlakozhatnak a szolgáltatói oldalt képviselő, VLAN címke alapú XC felhőhöz (1. ábra).

Több Ethernet szolgáltatás osztozhat az SDH hálózat erőforrásain (sávszélességén), nevezetesen több pont-pont jellegű VLAN összeköttetés multiplexálható egyetlen virtuálisan összefűzött SDH konténerbe.

Statisztikus nyereség realizálható az SDH erőforrások felett kialakított virtuális Ethernet kapcsolatok között, azaz egyes Ethernet kapcsolatok maximális bitsebessége bizonyos időablakokban meghaladhatja az átlagot.

Mivel nem szükséges fizikai interfész alapján megkülönböztetni a szolgáltatói hálózat Ethernet hozzáférési pontjait, akár egy nagyságrenddel is csökkenthető a szükséges portok száma. A beruházási költségek csökkentése mellett az egyetlen interfészen reprezentálható több Ethernet szolgáltatás csökkenti az egységre jutó üzemeltetési költséget. A kliensek egyetlen interfészen keresztül több, különböző SLA-nak megfelelő transzport szolgáltatással is elérhetőek, így előfizetőnként nagyobb bevétel realizálható a hozzáférési infrastruktúra fejlesztése nélkül.

1. ábra Szolgáltatói hálózat architektúrája

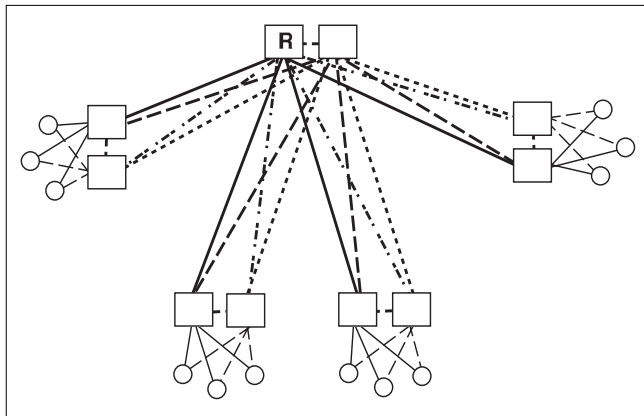


A szolgáltatók számos garantált sávszélességű, pont-pont VLAN kapcsolatot igyekeznek felépíteni az NG-SDH hálózatukon, így a megfelelő flexibilitás és Just in Time jellegű szolgáltatás érdekében a VLAN kapcsolatok automatikus menedzselése lényeges követelmény. A kapcsolatok felépítését és az Ethernet rétegben érvényes VLAN címkék adminisztrálását a GVRP (Generic VLAN Registration Protocol) támogatja. A protokoll automatizálja a hálózatban érvényes VLAN-ok dinamikus karbantartását, az Active Filtering Database információinak frissítésével és terjesztésével. A GVRP protokollt eredetileg nem a tisztán pont-pont VLAN kapcsolatok menedzselésére fejlesztették ki (a VLAN-ok valójában egy feszítőfa részfájára hasonlítanak), de megfelelő átalakításokkal [7] alkalmazható a szükséges funkciók ellátására.

5. Alkalmazási példa

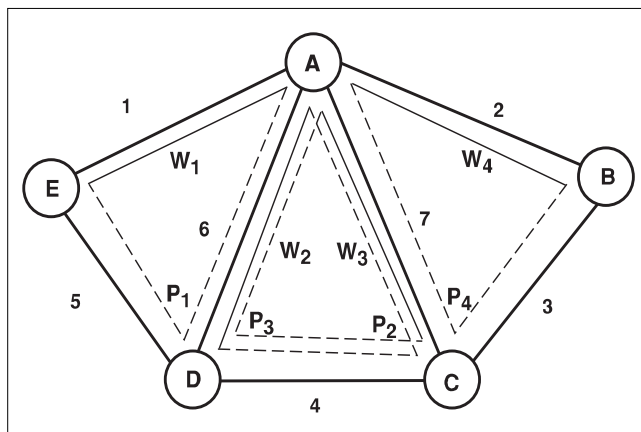
Az integrált VLAN alapú XC funkcióval ellátott NG-SDH hálózati architektúra előnyeinek illusztrálása érdekében egy hipotetikus magyarországi videótranszport hálózatot feltételeztem, öt nagyobb megyeszékhely között. A hálózati architektúra funkcionálisan egy Ethernet és egy SDH réteget tartalmaz.

Ethernet szinten a kisebb regionális stúdiók redundáns kapcsolatokkal csatlakoznak a megyeszékhelyeken elhelyezett, szintén duplikált Ethernet kapcsolókhoz. Az öt helyszín kettős csillag topológiájú logikai hálózattal van összekötve az Ethernet rétegbeli egyszerű hibák elleni védelem érdekében (2. ábra). A logikai hurkokat az STP algoritmus eliminálja.



2. ábra Ethernet logikai topológia

Az SDH transzport réteg fizikai topológiája él független elvezetéseket szolgáltató a redundáns Ethernet összeköttetések számára. Az Ethernet réteg STP algoritmus csak az adott rétegben bekövetkező hibák ellen véd. A fizikai link hibák ellen az SDH réteg 1+1-es útvédelme nyújt megfelelő biztonságot (3. ábra), mivel az STP algoritmus konvergencia ideje nem kielégítően gyors a kliensoldali követelmények teljesítéséhez. A fizikai linkhibákat az SDH védelem elrejtje az Ethernet réteg előtt.



3. ábra SDH fizikai topológia

A regionális stúdiókban a különböző videófolyamok továbbításához igényelt összeköttetések a GVRP protokoll által kiosztott különböző VLAN címkéket kapnak. A VLAN-ok ezután a megfelelő méretű virtuálisan összfeszített VC-4-es SDH konténerekbe kerülnek.

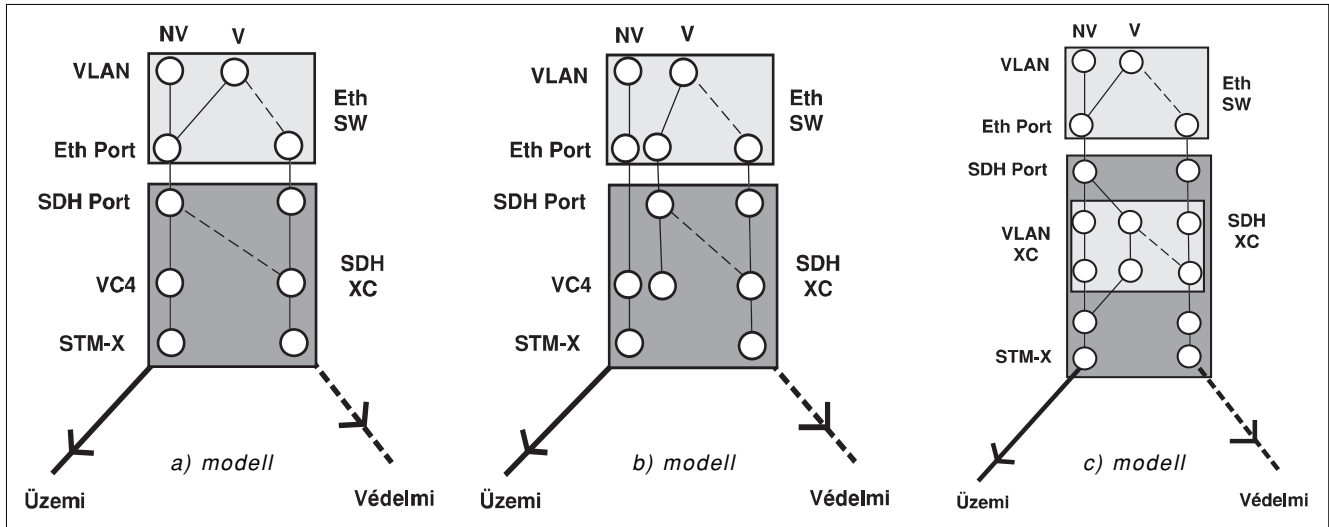
A szolgáltató által kínált különböző SLA-k alapján védett és nem védett, pont-pont VLAN összeköttetések igényelhetők a videófolyamok továbbításához. Az SDH réteg optimális erőforrás-kihasználtsága érdekében csak a védett VLAN igények számára célszerű gyors reagálású, 1+1-es védelmet nyújtani az SDH rétegben, ezért szükség van a hálózatban használt VLAN-ok azonosítására és csoportosítására. A VLAN alapú XC funkció hiányában a különböző VLAN-ok azonosítása csak az összetevő oldali interfészek alapján valósítható meg, míg az itt javasolt megoldásban a VLAN-ok egyedi címkéik alapján, közös interfészen is azonosíthatóak.

6. Hálózati és csomópont modellek

Az integrált VLAN alapú cross-connect funkció alkalmazásának vizsgálatához a megfelelő funkciókat azonosító, részletes csomóponti modellek szükségesek.

Az első csomóponti modell (a. modell) azt a referencia esetet mutatja (4. ábra), ahol minden pont-pont VLAN összeköttetés (védett és nem védett) egyaránt kap SDH védelmet. A VLAN-ok közös interfészen érkeznek az SDH berendezésbe (SDH XC), amely a VLAN alapú cross-connect funkció hiányában nem képes szelektív védelmet biztosítani külön a védett VLAN-ok számára.

Ha ennek ellenére csak a védett VLAN igények számára kívánunk SDH védelmet garantálni (b. modell), a VLAN-okat interfészek (portok) alapján kell csoportosítani az Ethernet kapcsolóban (Eth SW). A külön porton jelentkező VLAN-ok külön VC-4v konténerekbe tehetőek, így már biztosítható szelektív védelem az SDH rétegben. A kevesebb erőforrást igénylő szelektív SDH védelem ára tehát a több port a kliens oldali Ethernet kapcsoló és a szolgáltatói NG-SDH berendezés között.



4. ábra Ethernet – NG-SDH csomóponti modellek (a, b)

Amennyiben a védett (V) és a nem védett (NV) pont-pont VLAN igények sávszélessége (VLAN), az Ethernet interfészek mérete (GbE) és a virtuális SDH konténer összefűzés egysége (VC4) ismert, a következő formulákkal írható le a csomópontonként szükséges interfész szám (#port), valamint az SDH üzemi és védelmi kapacitás szükséglet (#Ü_VC4, #V_VC4).

a) modell: Nincs szelektív védelem

$$\#port_{1a} = \left\lceil \frac{\sum VLAN_P + \sum VLAN_{NP}}{GbE} \right\rceil + \left\lceil \frac{\sum VLAN_P}{GbE} \right\rceil$$

$$\#\ddot{U}_{VC4}_{1a} = \left\lceil \frac{\sum VLAN_P + \sum VLAN_{NP}}{VC4} \right\rceil$$

$$\#V_{VC4}_{1a} = \left\lceil \frac{\sum VLAN_P + \sum VLAN_{NP}}{VC4} \right\rceil$$

b) modell: Port alapú szelektív védelem

$$\#port_{1b} = 2 \times \left\lceil \frac{\sum VLAN_P}{GbE} \right\rceil + \left\lceil \frac{\sum VLAN_{NP}}{GbE} \right\rceil$$

$$\#\ddot{U}_{VC4}_{1b} = \left\lceil \frac{\sum VLAN_P}{VC4} \right\rceil + \left\lceil \frac{\sum VLAN_{NP}}{VC4} \right\rceil$$

$$\#V_{VC4}_{1b} = \left\lceil \frac{\sum VLAN_P}{VC4} \right\rceil$$

A második csomóponti modell (c. modell) (5. ábra) már tartalmaz az NG-SDH berendezésbe integrált VLAN címke alapú cross-connect funkciót (VLAN XC). A kliens oldali VLAN-ok az a) modellel megegyező módon, közös interfészen keresztül jutnak az SDH berendezésbe, ahol a VLAN címke alapú XC funkciónak köszönhetően az SDH réteg képes szeparálni a védett VLAN-okat a nem védettektől, így képes szelektív védelmet biztosítani csak a védett VLAN-ok részére is.

5. ábra

Integrált VLAN címke alapú, XC funkciót tartalmazó csomóponti modell (c)

Ez a megoldás kevesebb interfészt igényel, mint az a) modell, továbbá a statisztikus nyereségnek köszönhetően az b) modellnél is kevesebb az SDH erőforrás szükséglete.

Az alábbiakban következő formulák leírják a szükséges Ethernet-SDH interfészek számát (#port), és az SDH üzemi és védelmi kapacitás mennyiségét (#Ü_VC4, #V_VC4).

c) modell: VLAN címke alapú szelektív védelem

$$\#port_2 = \left\lceil \frac{\sum VLAN_P + \sum VLAN_{NP}}{GbE} \right\rceil + \left\lceil \frac{\sum VLAN_P}{GbE} \right\rceil$$

$$\#W_{VC4}_2 = \left\lceil \frac{\sum VLAN_P + \sum VLAN_{NP}}{VC4} \right\rceil$$

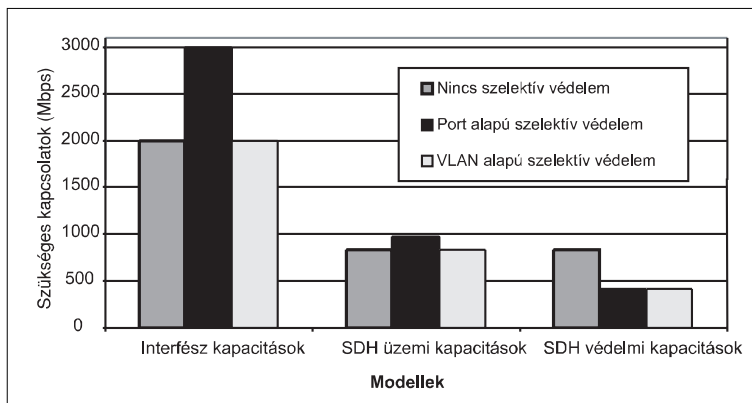
$$\#P_{VC4}_2 = \left\lceil \frac{\sum VLAN_P}{VC4} \right\rceil$$

7. Esettanulmány, eredmények

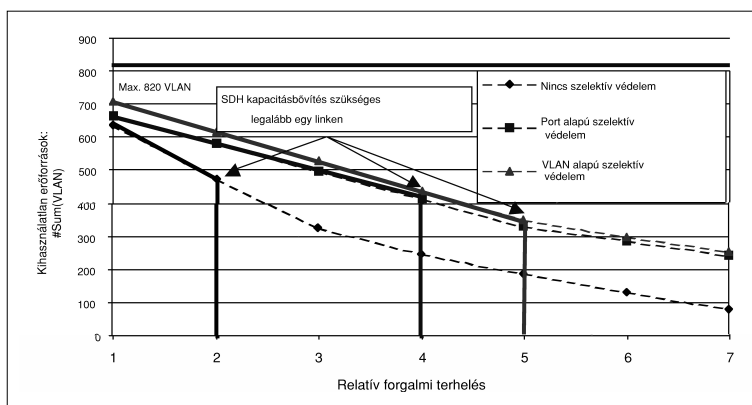
A bemutatott esettanulmány elemzéséhez egy feltételezett igénymátrixot használtam. A forgalmi mátrix a regionális stúdiók közötti pont-pont VLAN igények (különböző videófolyamok) számát tartalmazza.

Egy VLAN-ba kerülő stúdió minőségű, tömörítetlen videófolyam (IEC-601) sávszélessége 165 Mb/s. Az SDH virtuális konténer összefűzés alapegysége a VC-4-es konténer (139,264 Mb/s), mivel az alacsonyabb rendű (például VC-12-es) konténerekből maximálisan csak 64 darab fűzhető össze, amelyek együttes mérete így még kicsinek bizonyul [6].

Referencia esetben (a. modell) egy VLAN egy VC-4-2v összefűzött konténert igényel, a port alapú szelektív védelem megvalósítása érdekében (b. modell) viszont két különböző transzport szolgáltatást igénylő VLAN számára már egy VC-4-4v konténer lefoglalása



6. ábra Szükséges interfész és vonali kapacitások



7. ábra Kihasztnalatlan erőforrások száma a relatív terhelés függvényében

szükséges (2xVC-4-2v). A VLAN címke alapú XC funkcióval kiegészített architektúrában (c. modell) egy VLAN szintén egy VC-4-2v konténer igényel, de két különböző VLAN számára elegendő egy VC-4-3v virtuális konténer lefoglalása is, mivel a kapcsolatok VLAN címkejük alapján azonosíthatók.

Ezzel az egyszerű példával szemléltetve belátható, hogy a bemutatott részletes hálózati és csomóponti modellek alapján számtalan, egyszerű és komplex esettanulmány analizálható. A 6. ábra azt mutatja, hogy a VLAN címke alapú cross-connection funkció implementálásával kevesebb SDH védelmi kapacitás és kevesebb fizikai Ethernet-SDH interfész segítségével valósíthatók meg a kliensoldali követelményeket optimálisan kielégítő transzport szolgáltatások.

A modellek lehetővé teszik összetettebb hálózati szintű elemzések elvégzését is. Hálózati szinten a szükséges erőforrások összessége helyett a transzport szolgáltatók számára lényegesebb kérdés a hálózatban található kihasztnalatlan erőforrások mennyisége, illetve a szükséges kapacitásbővítések várható időpontja. A bemutatott hálózatmodellre alapozottan a következő diagram (7. ábra) adott linkkapacitások mellett a kihasztnalatlan erőforrások számát, illetve a legalább egy linken szükséges kapacitásbővítés időpontját szemlélteti a relatív forgalmi terhelés függvényében.

Ahogy látható, a port alapú szelektív védelem (b. modell) lényegesen kitolja a kapacitásbővítés várható időpontját a teljes védelmet kínáló megoldáshoz ké-

pest (a. modell), ahogy az várható is volt. A diagramról azonban az is leolvasható, hogy a VLAN címke alapú XC funkciót tartalmazó architektúra alkalmazása (c. modell) további erőforrás nyereséget realizál (még jobban kitolja a kapacitásbővítés időpontját), mindemellett lényegesen kevesebb interfészt igényel, mint a port alapú szelektív védelem megvalósítása.

A referencia modellel (a. modell) összehasonlítva a javasolt hálózati architektúra (c. modell) azonos hozzáférési hálózat felett (azonos interfész szám mellett) jobb SDH erőforrás kihasználást, jobb hálózati teljesítőképességet és a port alapú szelektív védelmet megvalósító modellnél (b. modell) alacsonyabb összköltséget garantál.

8. Összegzés

A modern, digitális stúdiótechnika által motivált, Ethernet alapú videótranszport szolgáltatások optimális kielégítése érdekében az újgenerációs SDH transzport hálózatokat célszerű kiegészíteni integrált Ethernet funkciókkal. A bemutatott csomóponti modellek alapján az integrált VLAN címke alapú cross-connect funkció előnyei egyszerűen analizálhatók a transzport hálózat erőforrás szükséglete, kihasználtsága, port költsége és összköltsége szempontjából.

Irodalom

- [1] EBU Technical Review – B. Devlin: MXF – the Material eXchange Format, 2002.
- [2] Sony Press Release – Sony and Level 3 transfer broadcast video segments across Ethernet network directly from tape playback, 2003. <http://news.sel.sony.com/pressrelease/4035>
- [3] Appian Communications – Carrier-class Ethernet: A service definition, 2001. <http://www.appiancom.com/solutions.htm>
- [4] Marconi – G. W. Rees: Physical integration of SDH switching and Ethernet switching – Analyzing the opportunities and constraints, 2002.
- [5] Heavy Reading – The future of SONET/SDH, Vol. 1, No. 6, Nov. 14, 2003.
- [6] ITU-T G.7041/Y.1303 GFP, ITU-T G.707 VCAT és ITU-T G.7042/Y.1305 LCAS
- [7] F. V. Quickenborne, F. De Greve, P. V. Heuven, F. De Turck, B. Vermeulen, S. V. den Berghe, I. Moerman, P. Demeester: Tunnel set-up mechanisms in Ethernet networks for fast moving users, 2004.