



Budapesti Műszaki Egyetem
Távközlési és Médiainformatikai Tanszék

**Multimédia folyamok vizsgálata laboratóriumi
környezetben**

Készítette: Kulik Ivett

Budapest,
2011. március

Tartalom

1. Bevezetés.....	3
2. A térhatású megjelenítés egyes formái	5
3. A háromdimenziós videó átvitelre alkalmas rendszer	6
3.1 GPON alapú hálózat.....	6
4. A létrehozott rendszer tesztelése	9
4.1 Háromdimenziós videóátvitel tesztelése hibagenerálás nélkül.....	10
<i>WMV kiterjesztésű 3D-s videó tesztelése</i>	<i>10</i>
<i>AVI kiterjesztésű 3D-s videó tesztelése</i>	<i>12</i>
<i>MPG kiterjesztésű 3D-s videó tesztelése.....</i>	<i>13</i>
4.2 Háromdimenziós videóátvitel tesztelése hibagenerálással	15
<i>Késleltetés.....</i>	<i>16</i>
<i>Csomagvesztés.....</i>	<i>16</i>
<i>Csomagduplikáció</i>	<i>18</i>
<i>Csomagfelcserélődés</i>	<i>18</i>
4.3 Sávszélesség korlátozása	20
4.4 Eredmények feldolgozása, kiértékelése.....	21
5. Összefoglalás	22
Irodalomjegyzék	24

1. Bevezetés

Az Interneten áthaladó 3D videofolyamok forgalmának növekedése kihívások elé állítja az Internet szolgáltatókat. A szolgáltatásminőség (QoS) mindig fontos szerepet játszott, de az óriási multimédia tartalmak mellett mára már nem elégséges, és az élményminőség (QoE) vizsgálata is előtérbe került. A felhasználók szubjektíven érzékelik a különböző hálózati és multimédia jellemzők ráhatását a QoE-re. Az utóbbi években lényegesen fejlődött a 3D sztereoszkópikus technológia, és különböző módszerekkel végeztek sztereoszkópikus tartalom élményminőség vizsgálatokat. A mi eredményeink igazolják, hogy a Gigabit Passive Optical Network (GPON) hálózat megfelelő 3D multimédia tartalmak átvitelére, de a látvány minősége érzékeny a kézbesítési változásokra.

Az Internet óriási sikere vitathatatlanul megváltoztatta világunkat. A széles sáv szélességű átvitel térhódítása idején a multimédia tartalom exponenciális növekedése, ezen belül is a háromdimenziós lehetőségek megjelenése új kihívások elé állítja a szolgáltatókat. 3D-s videójátékok és filmek tömkelege kerül nap, mint nap a médiaszerverekre világszerte, amelyek megfelelő szolgáltatásminőség (QoS) mellett kell, hogy eljussanak a felhasználóhoz. Így a jövő Internetének fókuszálnia kell a háromdimenziós tartalmak átvitelére. A felhasználók oldalán a 3D-s tartalmat megjeleníteni képes televíziók, monitorok és mobiltelefonok mellett egyre nagyobb hangsúlyt kap az élmény minőségének a fejlesztése (QoE – Quality of Experience) is.

A világban több kutatás is folyik ebben a témában. Komoly terület a jövő 3D média Internetének a gondolata, ahol forradalmi változásokra van szükség olyan különböző tárgykörökben, amelyek összefüggenek a médiahálózattal [1]. A QoE vizsgálatnak két alaplómódját különböztetjük meg: a szubjektív és az objektív értékelést, majd következik a különböző módszerekkel megállapított eredmények kiértékelése [2]. A 3D-s TV technológiánál előtérbe kerül a sztereoszkópikus megjelenítés, ahol a tömörített tartalom kommunikációs csatornákon keresztül jut el a felhasználóhoz, bár a tömörítés és az átviteli hibák gyengíthetik a minőséget. A már említett szubjektív minőségértékelés a vizuális megjelenítés minőség meghatározásának a legpontosabb formája, úgy 2D folyamatok, mint 3D tartalmak esetében. A sztereoszkópikus tartalom esetében 4-féle torzulási faktor vizsgálatával foglalkoztak: Gauss-féle elmosódottság, JPEG tömörítés, JPEG 2000 tömörítés és fehér zaj [3]. Ebben az esetben a 2D folyamatokból jól ismert egyenlőtlenességi jellemző az objektum jobb és bal szemmel érzékelt különböző elhelyezkedéséből ered, és erősen befolyásolja a minőségi

képzékelést. Az eredmények alapján élvezhetőbb a tartalom, az egyenlőtlenség és az eredeti képinformáció megfelelő kombinációja mellett.

A 2010-es évben a szórakoztató elektronikai piac legnagyobb gyártói autosztereoszkópikus 3D-s televíziók fejlesztésébe kezdtek, ahol már nincs szükség szemüvegre. A globális 3D-s piac újhulláma a szemüveg nélküli szórakoztatás lesz, ami mindenképp új problémák és kihívások elé állítja a fejlesztőket és gyártókat. A szakemberek szerint a szemüveg nélküli 3D eleinte a mobiltelefonok kijelzőjén jelenhet meg, vagy más kisebb felületű kijelzőkön. Az első alkalmazások közé tartozik az ún autosztereó fotókeret, amelyhez egy mobiltelefon méretű kamerával a felhasználó saját 3D-s videókat készíthet.

A mi leírásunk a BME – TMIT laboratóriumában Gigabites Passzív Optikai Hálózat (GPON – Gigabit Passive Optical Network) technológián alapuló hálózaton egy médiaszerverről lekért különböző formátumú (WMV, AVI és MPG) 3D-s sztereoszkópikus videófolyamok TCP alapú átviteli és megjelenítési minőségvizsgálatával foglalkozik a felhasználói oldalon. Sztereoszkópikus tartalmak élményminőség (QoE) tesztelésével már eddig is foglalkoztak, aminek eredményei különböző publikációkban meg is jelentek [5] [7], miközben a mobiltelefonokon való megjelenítés is fontos [9]. A mi méréseink újdonsága, hogy a kiépített rendszer egy GPON egységeket tartalmazó hálózaton alapult, aminek egyes elemei szintén ismertettek vannak a cikkben. Tudatában vagyunk természetesen a kliens, tehát a megjelenítő számítógép konfigurációja fontosságának, de az eredmények értékeit erősen befolyásolhatják a kiépített átviteli hálózat elemeinek a paraméterei is. Az eredmények egy kliens használatával lettek lemérve, különböző minőségi és teljesítményi kritériumok beállítása mellett. Hibamentes hálózat, majd különböző eltérések, úgymint: késleltetés, csomagvesztés, csomagduplikálás és csomagfelcserélődés előidézése, végül pedig a rendelkezésünkre álló sávszélesség korlátozása voltak azok a kritériumok, amelyek mellett teszteltük a kiépített rendszert.

2. A térhatású megjelenítés egyes formái

Az emberi látás úgynevezett binokuláris látás, ami azt jelenti, hogy a két szemmel látott képet az agy olvasztja egybe. Tehát a két szemmel látott kép nem pontosan ugyanolyan, a mélységet agyunk a két kép különbségének alapján határozza meg.

A jelenlegi 3D-s technológia általában megköveteli a szemüveg használatát. A nem szemüveges változatú eszközök is léteznek, de még nem eléggé elterjedtek ahhoz, hogy tömeges bevezetésre kerüljenek.

A legrégebbi háromdimenziós megjelenítés az anaglif, vagy közismertebben a piros-kék szemüveges megoldás. Az anaglif kép a jobb és bal szem számára is tartalmaz információt, de a bal szemén lévő szűrő kiszűri azokat az információkat, amelyek a jobb szemre tartoznak és fordítva.

A polarizáció elvét kihasználva is lehet 3D-s képet megjeleníteni – ezek a polárszűrős szemüvegek. A használt szemüvegnek csak annyit kell tudnia, hogy két szem számára eltérő polarizáltságú képet vetítsen.

A 3DTV technológia óriási fejlődése mellett komoly helyre került a sztereoszkópikus képmegjelenítés [3]. Itt aktív záras folyadékkristályos szemüvegeket használnak. Ezzel a technológiával a jobb és bal szemre felváltva jut el a megfelelő kép, másodpercenként akár 120-szor blokkolva a szembe jutó képet. Ez már ma is általánosan használható formátumot jelent, tehát ez a jövő egyik komoly technológiája, még azzal a kis bosszúsággal is, hogy szemüveget kell hozzá viselnünk.

Autosztereoszkópikus megjelenítésnél már nincs szükség szemüvegre, mert itt a mélységérzetet a fény útjának precíz szabályozásával érik el. A kijelző felületét úgy alkotják meg, hogy egyes képpontokat az egyik, míg másokat a másik szemünk lát.

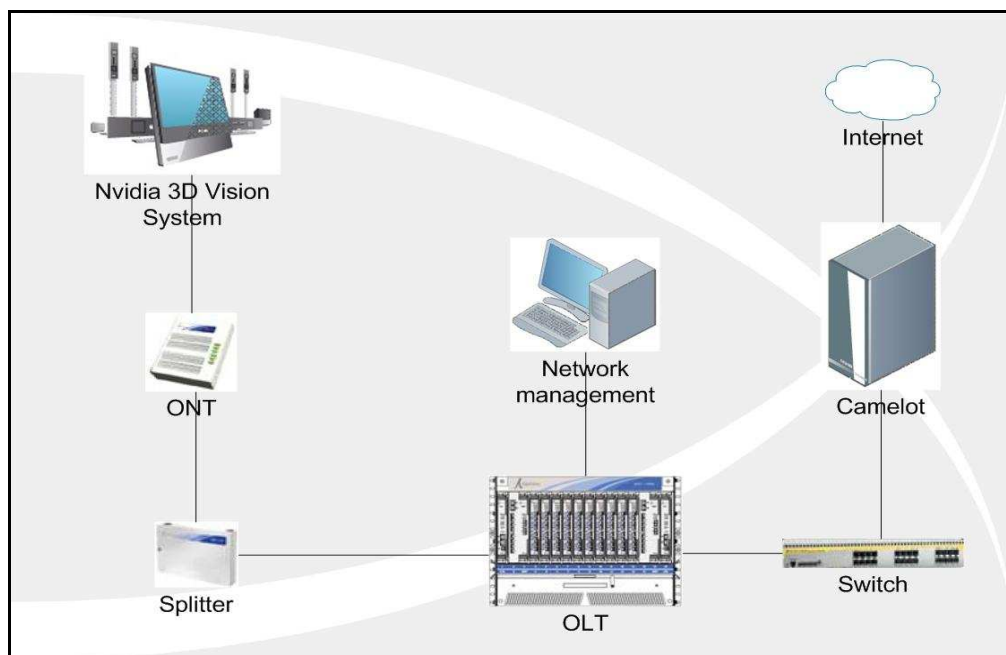
A térhatásos megjelenítés mindaddig egyszerű, amíg csak azt nézzük, hogy a bal és jobb szembe érkező képet szinkronban kell megjeleníteni. Azonban a két szemnek szánt képet már többféle módon is át lehet vinni a hálózaton, mint például egymás után felváltva, vagy hagyományos kép formájában, de egy úgynevezett mélységtérképpel.

3. A háromdimenziós videó átvitelre alkalmas rendszer

A 3D videófolyamok átvitelére alkalmas hálózat tervezése és megvalósítása előzte meg a folyamatok vizsgálatának fázisát. Olyan hálózatra volt szükség, amely megfelelő sávszélességgel bír, illetve olyan kliensre, amely képes a 3-dimenziós tartalom megjelenítésére, majd QoS paraméterek változtatása mellett a videófolyam minőségének és hibatűrésének a vizsgálatára.

3.1 GPON alapú hálózat

A 3-dimenziós videók átviteléhez nagy sebességű hálózatot kell biztosítani. Kódolástól, tömörítéstől függően a legtöbb videó adatsebessége 10Mbit/s körül van, de akár a 20Mbit/s-ot is könnyen meghaladhatja. A BME-TMIT laboratóriumában kiépített oktatási célú GPON hálózat képességei tökéletesen megfelelnek nagy sávszélességet igénylő videók átviteléhez (sebességek: letöltés - 2.5Gbit/s, feltöltés 1.5Gbit/s), így ezt terjesztettük tovább.



1. ábra: A 3D videó-folyamok átvitelére létrehozott rendszer

A 3D videó-folyamok átvitelére létrehozott hálózat (lásd 1. ábra) egyes elemei:

- Cambridge Industries Group (CIG) G25-E G-PON ONT

- SC/APC illetve SC/PC dugaszokkal szerelt monomódusú optikai kábelek
- ATL gyártmányú SC/PC aljzatokkal szerelt passzív optika elosztó (splitter)
- Siemens hiX5750 G-PON OLT berendezés
- Cisco Catalyst 3500-as Ethernet switch
- Hálózat menedzselő számítógép
 - Windows XP operációs rendszer
 - Siemens ACI LCT hálózatmenedzser
 - Cisco Network Assistant
- Camelot- IBM PC kompatibilis személyi számítógép
 - Linux – Debian 2.6.26 kernel
 - Samba szerver
- Nvidia 3D Vision system
 - Intel Core 2 Quad, Q8300, 2,5GHz alaplapú számítógép
 - NVIDIA GeForce GT 240 videokártya, 4GB RAM
 - Windows 7 operációs rendszer
 - Nvidia 3D Vision Video Player
 - 120Hz-es Samsung Syncmaster 2233RZ monitor
 - a shutteres elven működő 3D Vision szemüveg
 - a szemüveggel pontos szinkronizációt ellátó infrás érzékelő

A 3D videó-folyamokat megjelenítő számítógép paraméterei az 1. táblázatban:

	Komponens típusa, tulajdonsága	Megjegyzés
Processzor	Intel Core 2 Quad, Q8300, 2,5GHz	Az ajánlás szerint legalább Intel Core 2 Duo, vagy AMD X2 Athlon processzorra van szükség
Videókártya	NVIDIA GeForce GT 240	Az ajánlás szerint 8-as, 9-es, vagy 200-as sorozatú NVIDIA videokártyára van szükség.
Memória	4GB RAM	

1. táblázat: 3D megjelenítésre alkalmas számítógép paraméterei

Ez a konfiguráció a sztereoszkópikus megjelenítőkhöz tartozik.

A Camelot szerver a videótartalmak tárolásáért, illetve megosztásáért felelős, amit a VLC program biztosít - tehát a gép multimédia szerverként szolgál. A szerver paraméterei a 2. táblázatban:

	Komponens típusa, tulajdonsága
Alaplap	Asus P5B Deluxe
Processzor	Intel Core 2 Duo, 2,13 GHz
Memória	1 GB RAM
Operációs rendszer	Debian GNU Linux 2.6.26-os kernellel

2. táblázat: A Camelot multimédia szerver paraméterei

Egyik Gbit/s portja az OLT CXU-ra, a másik Gbit/s portja az egyetemi hálózatra van kötve. Az internetelérés NAT-olt VLAN-okon keresztül biztosított.

A GPON hálózat előfizetői oldalát lezáró berendezés a CIG G25-E típusú ONT (Optical Network Terminal). Felhasználói interfészeire fogyasztásra kész szolgáltatást

nyújtó végberendezések kapcsolhatók. Az OLT, valamint az ONT berendezések a Siemens EM-PX menedzser kliens segítségével vezérelhetők. Tehát ezeknek a berendezéseknek a rendszerbe helyezése, tesztelése/kezelése a Siemens EM-PX segítségével történik.

4. A létrehozott rendszer tesztelése

A háromdimenziós videófolyamok átvitelére és vizsgálatára létrehozott rendszer megfelelő konfigurálása után következett a rendszer vizsgálata. A rendszer tesztelésének célja, bemutatni, hogy a megvalósított rendszer a tervezés követelményeinek megfelel. Továbbá különböző minőségi és teljesítményi vizsgálatok segítségével újabb konzekvenciák vonhatók le a berendezések, illetve a hálózat működésével kapcsolatban.

A tesztelés két fő részből állt:

1. A 3D-s videófolyamok átvitele esetén hogyan terhelődik a rendszer: mekkora sávszélességet igényelnek a videók, hiba nélküli-e az átvitel, folyamatosan érkeznek-e be az adatok, jó-e a megjelenített kép stb. Ezen tesztek során hasonló paraméterű – nagy felbontású, jó hangminőségű, - de különböző formátumú, tömörítésű videók összehasonlítását végeztük.
2. Arra kerestük a választ, hogy mennyire hibatűrő az átvitel. Egyes eszközök túlterhelésének a szimulálása, illetve hibagenerálás mellett.

A 3D-s tartalmat internetről ingyenesen letölthető rövidebb videó-folyamok jelentették. Azonban a videó hossza a tesztelés céljából nem releváns, ugyanis az alkalmazott szoftver segítségével könnyen beállítható, hogy a lejátszás ne egyszeri, hanem ciklikus legyen, így a tesztelések hosszát egyedül a mérések során generálódott adatfájl nagysága határozta meg, amelyből az eredményeket kellett kiszűrni. Ez hosszabb mérés esetén a több gigabájtos méretet is elérhette, így minden mérés körülbelül 5 perces időtartamot ölelt fel - a feldolgozhatóság miatt.

A felhasználói oldalon menüből kiválasztható a videó. A kiválasztás után elindul az Nvidia 3D Vision Video Player alkalmazás, mely megjeleníti a tartalmat.

A tesztelt 3D-s videófolyamok főbb paraméterei a 3. táblázatban olvashatóak:

Paraméter neve	Paraméter értéke		
Kiterjesztés	WMV	AVI	MPG
Méret	477,8 MB	373,1MB	217,2MB
Hossz	00:02:21	00:06:57	00:02:58
Teljes bitráta (Videó + audió)	20219 kb/s	7498 kb/s	10112 kb/s
Felbontás	1920*1080	1920*1080	1920*720

3. táblázat: A tesztelt videófolyamok paraméterei

Az egyes típusokból többet is teszteltünk, de a hasonló eredmények miatt minden egyes tesztfajtaból csak egyet említünk.

4.1 Háromdimenziós videóátvitel tesztelése hibagenerálás nélkül

A hibagenerálás nélküli tesztkörnyezet felépítése nem tér el a megvalósított rendszertől, csak a Wireshark protokoll analízátor volt szükséges a mérések elvégzéséhez.

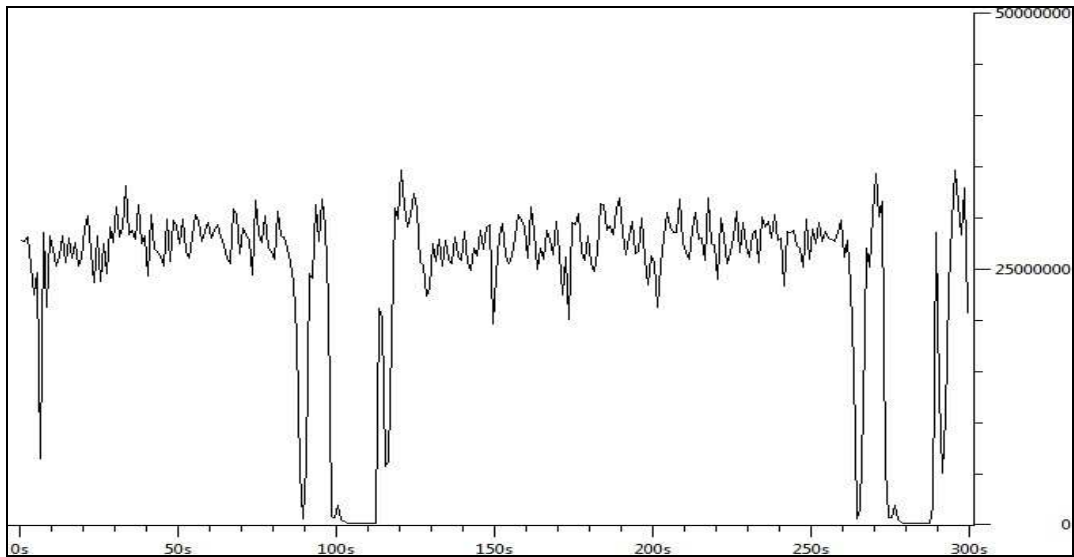
WMV kiterjesztésű 3D-s videó tesztelése

Az első teszt alanya a WMV (Windows Media Video) kiterjesztésű videófájl volt. A mérést elvégezve az alábbi összefoglaló adatokat kaptuk:

Traffic	Captured	Displayed	Marked
Packets	940708	940708	0
Between first and last packet	299,654 sec		
Avg. packets/sec	3139,312		
Avg. packet size	948,731 bytes		
Bytes	892478898		
Avg. bytes/sec	2978363,046		
Avg. MBit/sec	23,827		

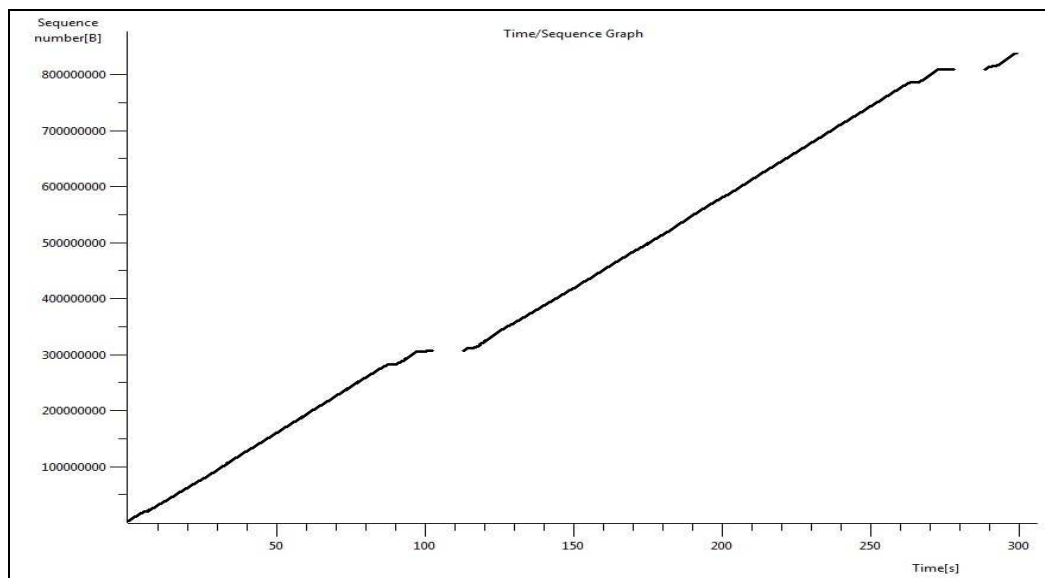
2. ábra: A WMV mérés statisztikai adatai

A mérés statisztikai adataiból látható, hogy a WMV formátumú videó átvitele egy nagy felbontású digitális adás sávszélességének a többszörösét igényli. Ezen videó nemcsak a hálózatot terhelte meg, hanem a kliens gép videófeldolgozó képességét is.



3. ábra: A WMV mérés bit/s grafikonja

A mérés bit/s grafikonján látható, hogy miként ingadozott a sávszélesség a WMV kiterjesztésű 3D-s videófolyam vétele során. Jól megfigyelhető a videolejátszás ciklusossága is. Ezt a hosszabb, viszonylag kevés adatot tartalmazó szakaszok mutatják a mérés 100-115s, illetve 170-190s intervalluma között.



4. ábra: A WMV mérés Time-sequence grafikonja

A 4. ábra grafikonja a TCP szekvencia-számok növekedését mutatja az idő függvényében. Ebből megállapítható, hogy a forgalom megszakítás nélkül, zavartalanul történt-e, vagy csomagvesztések esetleg késleltetések is megjelentek az átvitel során. A videózakaszokat határ választja el egymástól, vagyis a periodicitás nem volt folytonos.

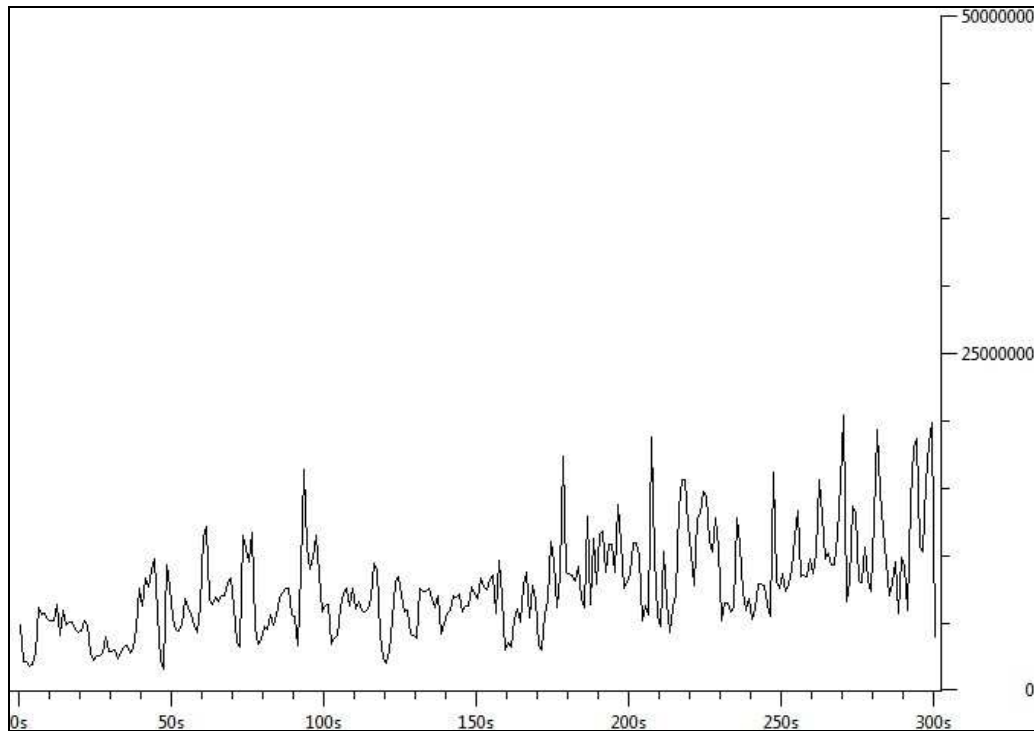
AVI kiterjesztésű 3D-s videó tesztelése

A második teszt alanya az AVI (Audio Video Interleave) kiterjesztésű videófájl volt.

Traffic	Captured	Displayed	Marked
Packets	256326	256326	0
Between first and last packet	300,234 sec		
Avg. packets/sec	853,755		
Avg. packet size	1107,432 bytes		
Bytes	283863548		
Avg. bytes/sec	945475,660		
Avg. MBit/sec	7,564		

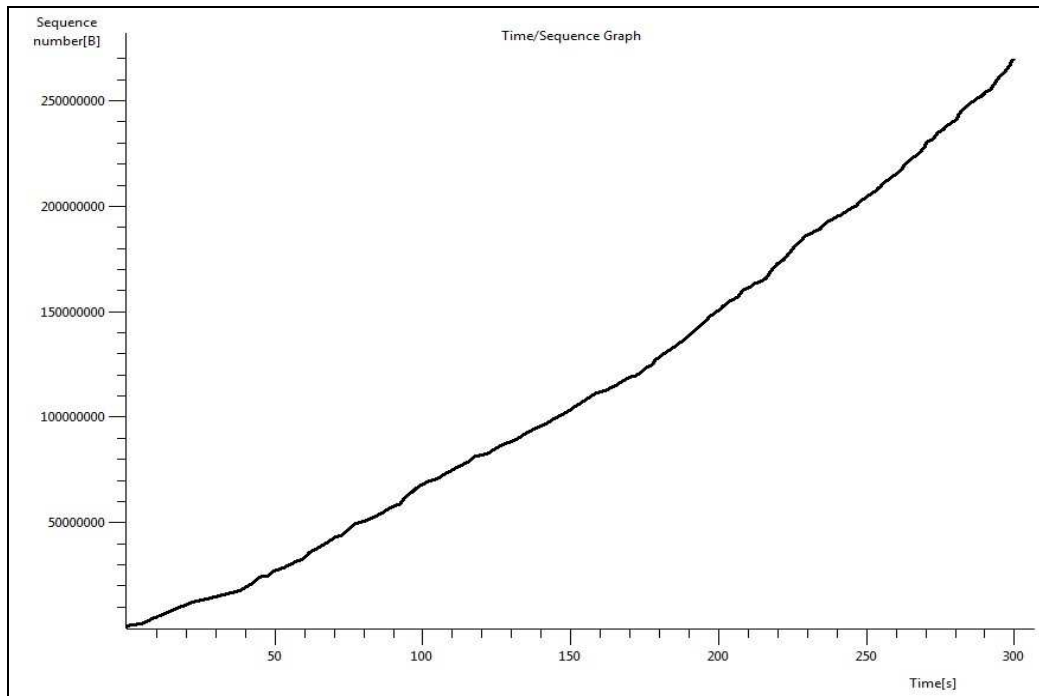
5. ábra: Az AVI mérés statisztikai adatai

Az AVI formátumú videó statisztikai adataiból kiolvasható, hogy a videóátvitel jelentősen megközelítette a nagy felbontású digitális tv-adás átviteléhez szükséges sávszélességet. A kép minősége ugyan gyengébb volt a WMV formátumú videóhoz képest, de ez a videó sem a hálózatot, sem pedig a kliens gépet nem terhelte meg.



6. ábra: Az AVI mérés bit/sec grafikonja

A bit/sec diagramon (6. ábra) látható az AVI videó sávszélesség igénye, illetve ingadozása. A sávszélesség jóval alatta marad a WMV formátumú videó sávszélesség igényének.



7. ábra: Az AVI mérés Time-sequence grafikonja

A 7. ábra grafikonja a TCP szekvencia számok növekedését mutatja az idő függvényében. Az adatátvitel forgalom-megszakítás, csomagvesztés, illetve késleltetés nélkül, vagyis zavartalanul történt.

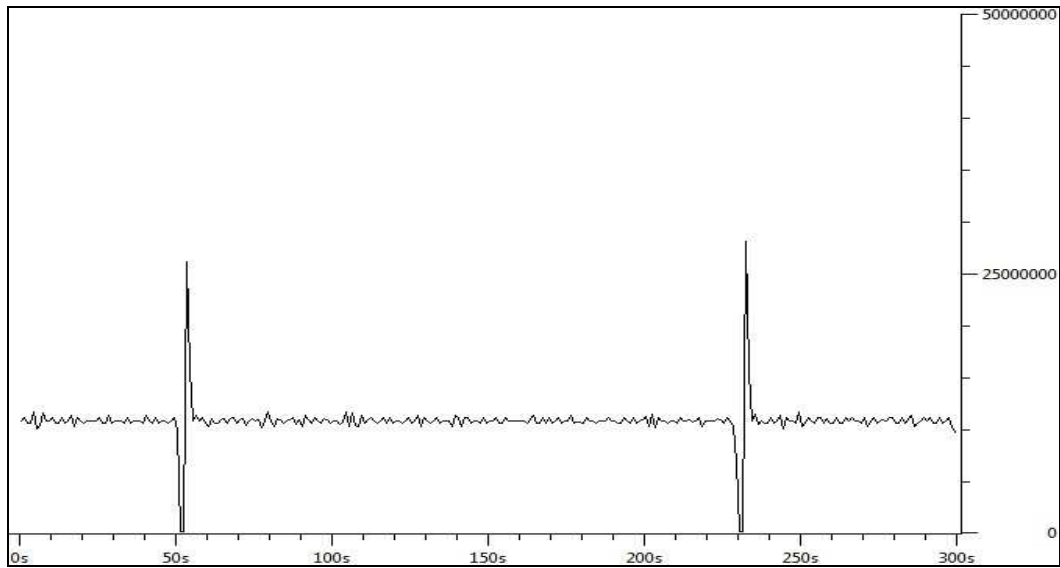
MPG kiterjesztésű 3D-s videó tesztelése

Végül MPG (Moving Picture Experts Group) kiterjesztésű videófolyamot vizsgáltunk.

Traffic	Captured	Displayed	Marked
Packets	345761	345761	0
Between first and last packet	299,873 sec		
Avg. packets/sec	1153,026		
Avg. packet size	1163,065 bytes		
Bytes	402142603		
Avg. bytes/sec	1341044,469		
Avg. MBit/sec	10,728		

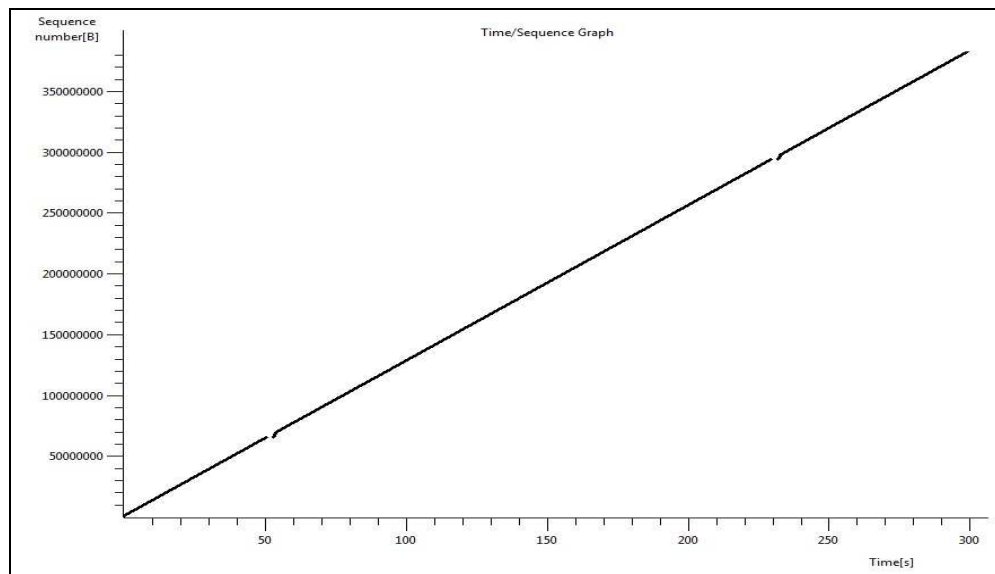
8. ábra: Az MPG mérés statisztikai adatai

Az MPG formátumú videó statisztikai adatai (lásd 8. ábra) mutatják, hogy az átvitel igényelt sávszélessége egy nagy felbontású digitális adás közel másfél, kétszerese. A kép minősége ugyan nem volt olyan tökéletes, mint a WMV formátum esetében, de ez a videó sem terhelte le a hálózatot, illetve a kliens gépet.



9. ábra: Az MPG mérés bit/s grafikonja

A 9. ábrán látható bit/sec diagram az MPG videó sávszélesség igényét ábrázolja. Az átvitel során itt sávszélességingadozás egyáltalán nem vehető észre. Továbbá a sávszélesség jóval alatta marad a WMV formátumú videó sávszélesség igényének. A videó szakaszokat éles eltérés, „tüske” választja el egymástól.

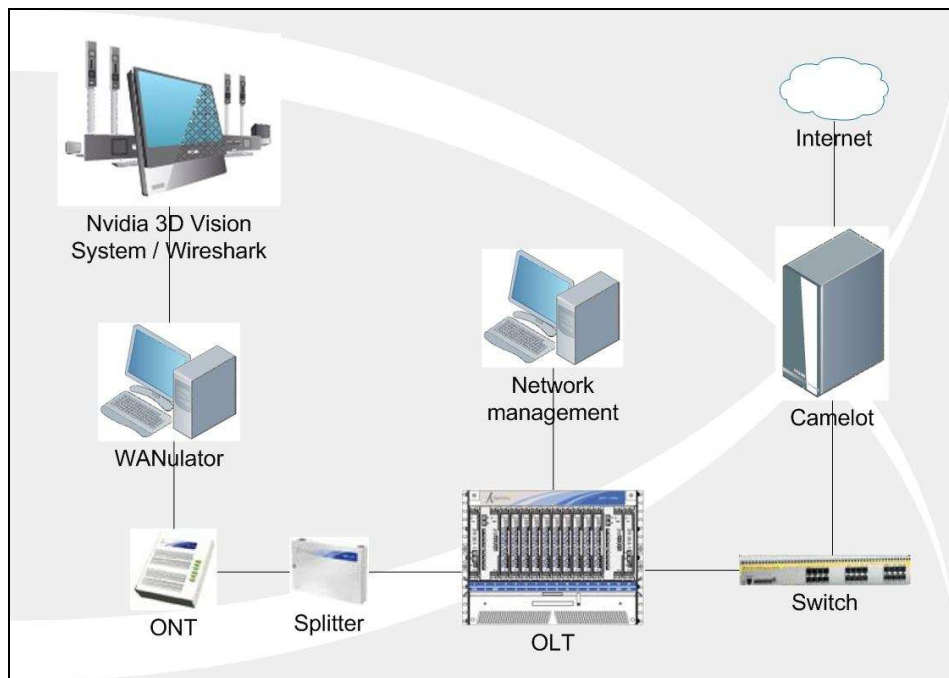


10. ábra: Az MPG mérés Time-sequence grafikonja

A TCP szekvencia-számok növekedését mutató diagramból az idő függvényében csomagvesztés nem vehető észre, de bizonyos helyeken a ciklusok között késleltetés történt.

4.2 Háromdimenziós videóátvitel tesztelése hibagenerálással

A megvalósított hálózatba egy hibagenerálásért felelős számítógépet kötöttünk, a WANulator hálózat szimulátor nevű eszközzel [1]. A bővített hálózatot a 11. ábra mutatja. A hálózaton keresztül haladó TCP folyamatok módosítására használtuk a WANulatort: csomagvesztés, -duplikáció, -felcserélődés és -késleltetés megjelenésére a hálózatban. Így egy hibásan működő hálózat, vagy egy rossz berendezés következtében a felhasználói oldalon eredményezett okozati jelenségek voltak megfigyelhetők. Ezzel a módszerrel a rendszer hibaérzékenysége vizsgálható. Minden teszt során a beállított hibagenerálás hatását a felhasználói oldalon mutatott kép és a mérési eredmények alapján állapítottuk meg.



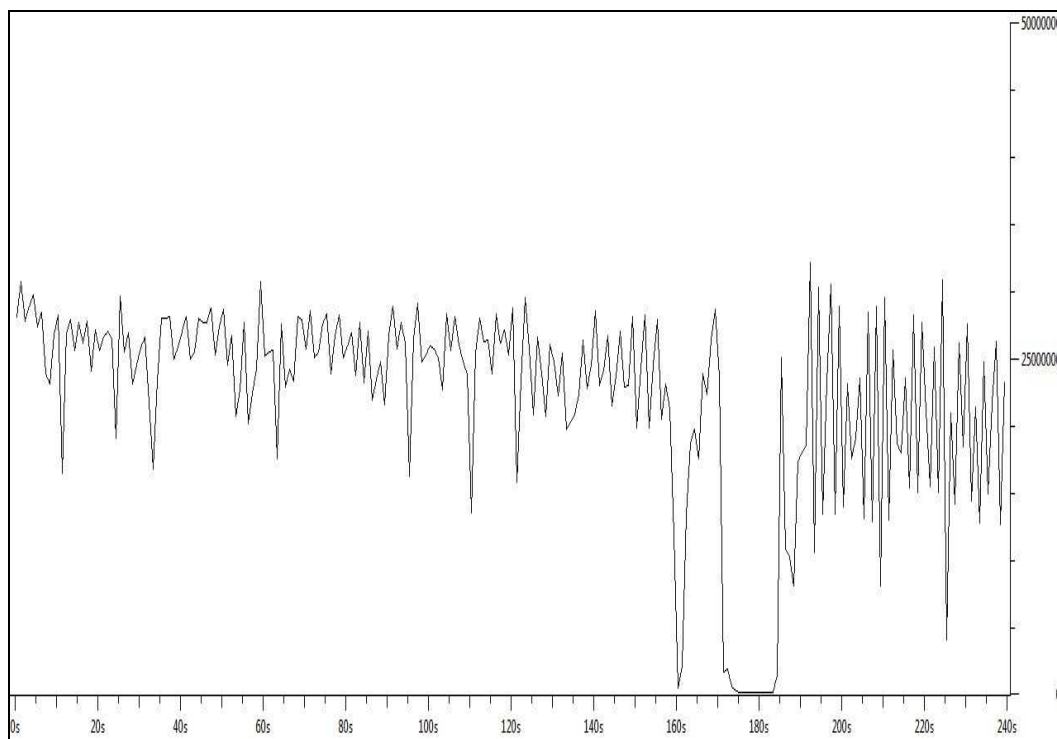
11. ábra: A hibagenerátorral ellátott tesztkörnyezet felépítése

A TCP egy megbízható folyamat-folyamat közti kommunikációt szolgál. Sorrendtartó és hibamentes átvitelt biztosít a TCP protokollt használó alkalmazási rétegnek. Tehát feladata az elveszett, megsérült, megduplázódott, nem helyes sorrendben érkezett csomagok érzékelése, és ezek kiküszöbölése. Ennek elérése érdekében minden egyes kiküldött oktetthez tartozik egy sorszám, és a fogadó oldalnak pozitív megerősítést kell adnia a beérkezett oktettekről. Ha egy bizonyos időn belül nem jön pozitív megerősítés, akkor a küldő oldal újraküldi az adatot. A sorszám arra is szolgál, hogy a fogadó oldal a nem helyes sorrendben érkezett csomagokat helyes sorrendbe rendezhesse és észlelje a duplázódásokat.

Mivel a tesztelési eredmények alapján mind a három formátumú videófolyamra a TCP alapú hibagenerálás ugyanolyan hatást gyakorolt, így csak a WMV formátumra vonatkozó teszteredményeket ismertetjük.

Késleltetés

A WANulator segítségével csak az összes csomag késleltetése lehetséges a megadott ideig. Tehát a megadott ideig nemcsak az adott csomagot tartotta fel, hanem az összes utána érkezőt. A WMV formátumú 3D-s videó tesztelése során az első percben nem jelentkezett késleltetés, később azonban a percenként 100, 200, és 500ms volt a másodpercenkénti késleltetés.

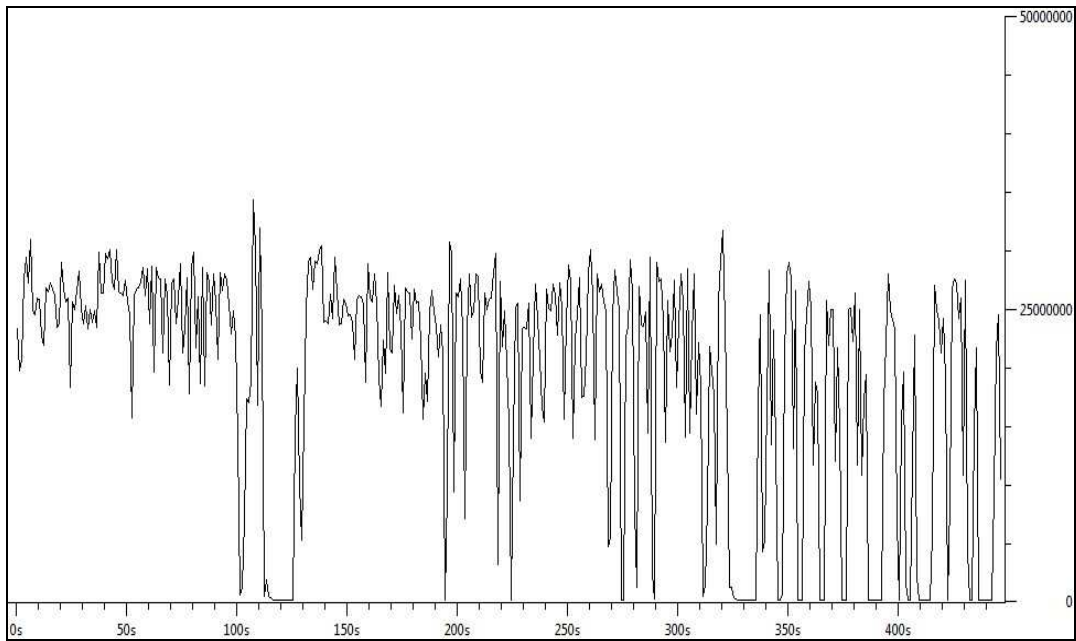


12. ábra: Késleltetés bit/sec grafikonja

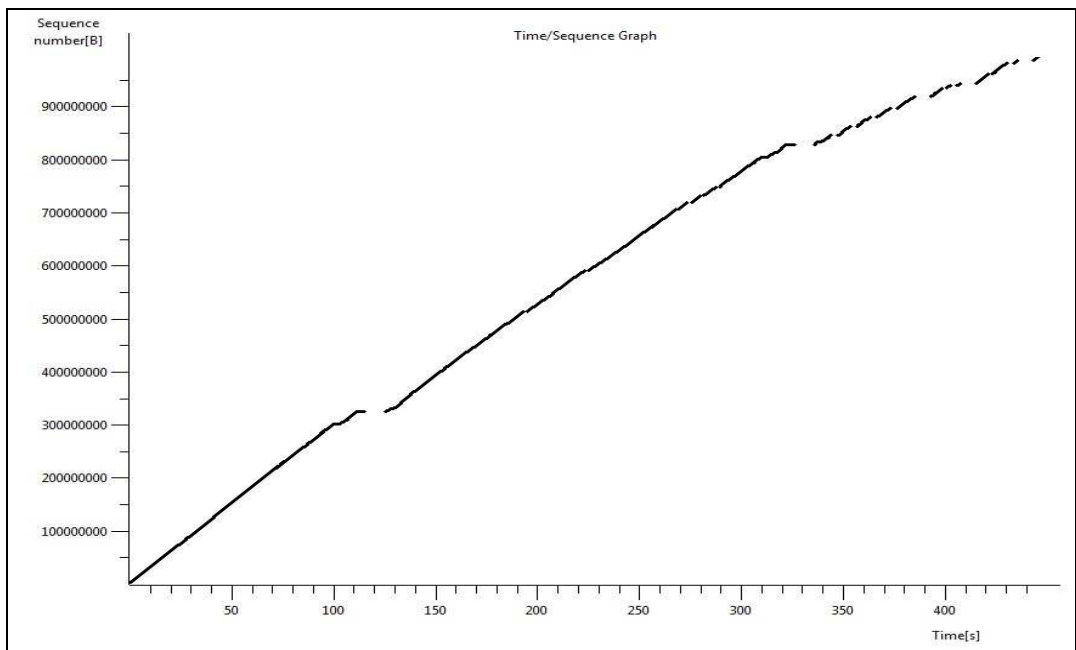
Ahogy a 12. ábra grafikonján is látható, a harmadik percig, vagyis a 200ms-os késleltetésig a rendszer mindezt jól tűrte, azonban a különösen nagy, 500ms-os késleltetés esetén már erős sávszélességingadozás, a megjelenő képen pedig akadozás mutatkozott.

Csomagvesztés

Ezen tesztelés során 0-tól kezdve percenként 1-gyel növeltük a csomagvesztések számát. Ehhez a normál mérésből megállapított másodpercenkénti csomagszámra is szükségünk volt, melynek értéke kb 3200 csomag/sec.



13. ábra: Csomagvesztés bit/sec grafikonja

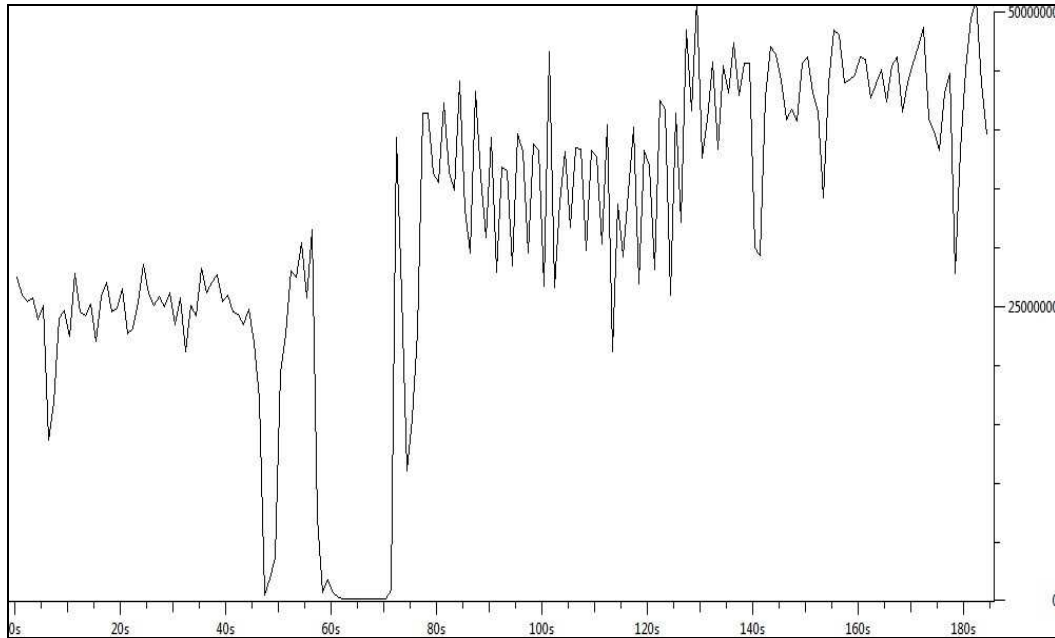


14. ábra: Csomagvesztés Time-sequence grafikonja

A 13. és 14. ábrából kiolvasható, hogy körülbelül a 180. másodpercig 0, 1, illetve 2 volt a másodpercenkénti TCP csomageldobás, nem volt lényeges hiba az adatátvitelben. Három csomag eldobálásánál már a megjelenő kép már akadozott, továbbá látható a sávszélesség erőteljes ingadozása, néha közel nullára csökkenése. Az 5. illetve 6. percben, amikor 4, illetve 5 csomagot dobtunk el, akkor az átvitt videó képe teljesen szétesett, élvezhetetlenné vált. Mindez jól láthatóan megmutatkozik a grafikonokon is, egy-egy rövidebb adatátviteli szakaszt hosszabb üresjárat követ.

Csomagduplikáció

A TCP duplikációnak elvileg nem szabad hatással lennie a fogadott folyamra. Ezért viszonyításképpen először nulla csomagot, majd másodpercenként 3200 csomagból annak felét, majd a 3. percben minden csomagot dupláztunk.



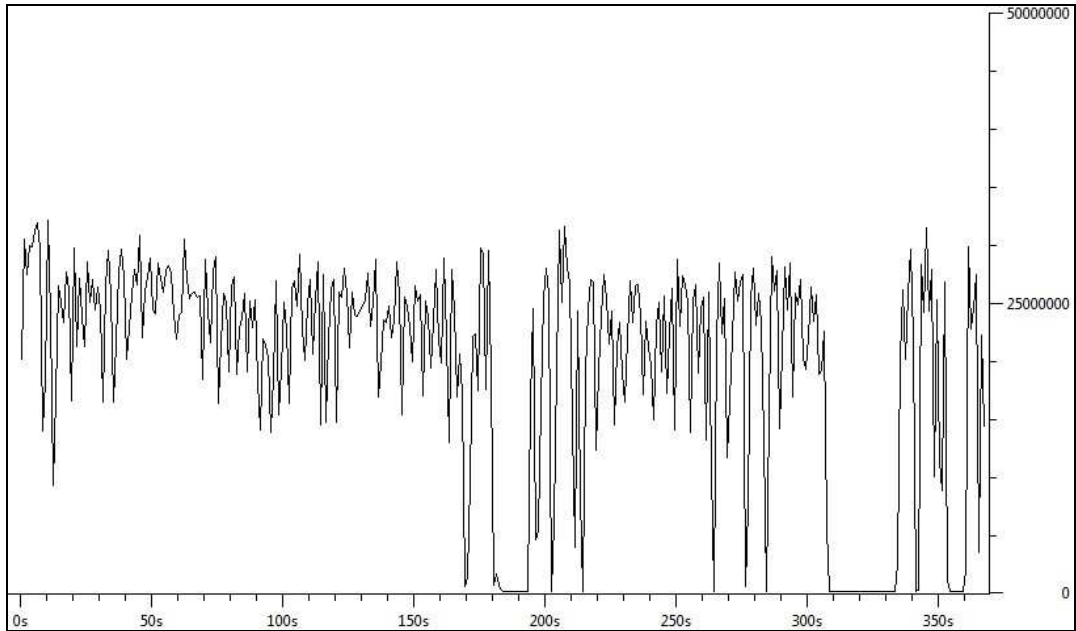
15. ábra: Duplikáció bit/sec grafikonja

Az első percben a hibamentes mérésben tapasztalt sávszélességen ment az átvitel. Majd lényegében minden második csomag duplikálása mellett, már jelentősebben nőtt a sávszélesség igény. Az utolsó percben a minden csomagot megduplázó hibagenerálás esetén a sávszélesség változása is megfigyelhető. A duplikáció a megjelenítésben a várt eredményt hozta - nem okozott minőségi hibát.

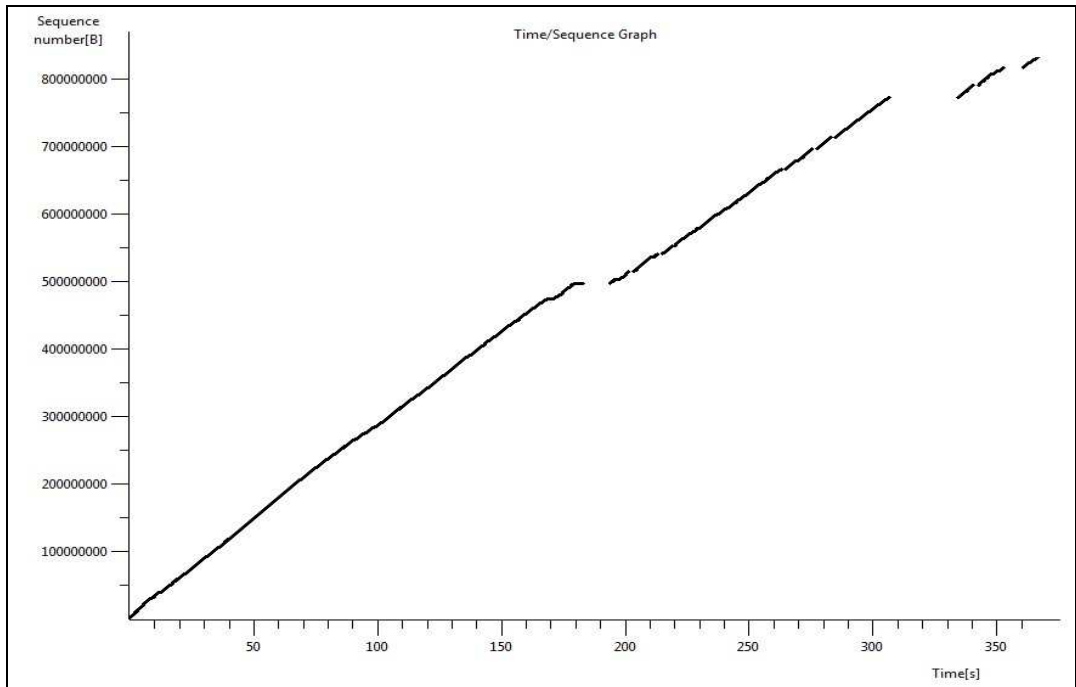
Csomagfelcserélődés

A csomagfelcserélődés során szintén másodpercenként generáltunk hibákat. A mérés során be lehetett állítani a burst nagyságát, vagyis hogy mennyi egymás utáni csomagot szeretnénk későbbre helyezni, illetve hogy mennyi csomagtavolságra helyezük el a felcserélni kívánt csomagokat. Ha a burst hossza kettő, a távolság pedig három, és a sorrend eredetileg így nézett ki: 0-1-2-3-4-5, akkor az 1-es csomagnál bekövetkező hiba esetén a sorrend a következőképpen módosult: 0-3-4-5-1-2. A mérésekből kiderült, hogy a burst nagysága volt a meghatározó tényező. Tehát ha a hibagenerálás során másodpercenként, vagyis 3200 csomagoként 0-tól kezdve percenként növeltük a burst

nagyságát egészen 5-ig, és minden csomagot 10 hellyel később tettünk vissza az adatfolyamba, a 16. és 17. ábrán látható eredményeket kaptuk.



16. ábra: Sorrendhelytelenség bit/sec grafikonja



17. ábra: Sorrendhelytelenség Time-sequence grafikonja

Megállapítható, hogy a rendszer hasonlóképp reagált, mint a csomagvesztés esetében. Vagyis minél nagyobb volt a burst nagysága, annál jobban ellehetetlenült a videófolyam nézése a felhasználói oldalon. Ez először a sávszélesség erőteljes

ingadozásában, helyenként a minimumra csökkenésében mutatkozott meg, majd az átvitel szinte teljesen szétesésében. Ekkor már a videó képe többször lefagyott, mint folyamatosan ment.

4.3 Sáv szélesség korlátozása

A sáv szélességkorlát TCP alapú 3D videófolyamok átvitelre gyakorolt hatását szintén megvizsgáltuk. A mérések elvégzéséhez a videókat megjelenítő kliensen a NetLimiter mérőprogramot alkalmaztuk, amellyel Windows környezet alatt többek között egyes programok aktuális forgalma vizsgálható, illetve szabályok bevezetésével limitálható a további forgalom.

A mérés első részeként a lefelé irányuló forgalmat mértük, majd limitáltuk a sáv szélességet 2Mbit/s-re.

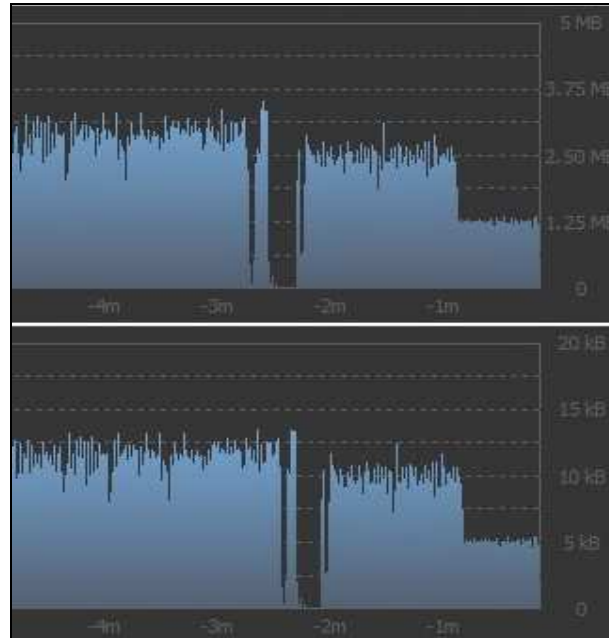


18. ábra: TCP downlink limitálás

A 18. ábrán található felső mérési grafikon a lefelé, míg az alsó a felfelé történő adatforgalom mértékét mutatja. (Az adatfolyamban lévő hosszabb szünet a videólejátszás automatikus újraindítása miatti késleltetésből ered.) Leirányban a 2MB/s sáv szélességű videóátvitelt 2Mbit/s-re korlátoztuk. A csökkenő TCP forgalom miatt

kevesebb nyugtacsomagra volt szükség, így a felfelé irányuló adatforgalom is lecsökkent. A videóátvitel minősége pedig rosszabbodott, a megjelenítés során akadozás lépett fel.

A mérés második részeként a felfelé irányuló adatforgalmat korlátoztuk le, hogy kiderüljön, hatással lesz-e a videóvételre. A mérési eredményeket a 19. ábra mutatja (felül a lefelé, míg alul a felfelé irányuló adatforgalom mértéke).



19. ábra: TCP uplink limitálása

A kezdetben 12kbit/s körüli felfelé irányuló sávszélességet a videólejátszás újraindulása után 10kbit/s-ra, majd 5kbit/s-ra korlátoztuk. A grafikonból jól kivehető, hogy az uplink sávszélességének a csökkentésével a downlink forgalma is csökkent. Tehát a nagy letöltési sávszélesség ellenére a felirányú szűk sávszélesség befolyásolja a TCP ACK nyugtacsomagok átvitelét, és a videófolyam átvitele is csökken. Így nem tudjuk kihasználni a rendelkezésre álló sávszélességet.

4.4 Eredmények feldolgozása, kiértékelése

A megfelelően konfigurált BME TMIT laboratóriumi GPON hálózaton keresztül egy felhasználói kliensen teszteltük a 3D-s videófolyamok megjelenítésének minőségét és teljesítményét - hibamentes és hibás (WANulator szimulátorral generált eltérések) hálózati átvitel mellett.

Három különböző formátumú (WMV, AVI, MPG), hasonló paraméterekkel rendelkező 3D-s videófolyamok átvitelét teszteltük. A WMV formátumú videó adta a legélesebb képet, azonban ~24Mb/s-os sávszélesség igényével a hálózatot is, de főleg a megjelenítő számítógépet jelentősen terhelte. Ezzel szemben az AVI formátumú videó csak 7,5Mb/s, míg az MPG videó átvitele 10,7Mb/s sávszélességet igényelt. Bár ennél a két utóbbi videónál megjelenő kép nem volt olyan éles, de a HD felbontású adáshoz képest alig igényeltek több sávszélességet.

A hibagenerálás eredményét a WMV formátumú háromdimenziós videón mutattuk be, mivel kódolástól függetlenül, a TCP alapú átvitel határozta meg a hibagenerálás hatását. Az átvitel érzékeny volt a nagyobb, 500ms-os hálózati késleltetésre. A csomageldobást a rendszer a másodpercenkénti 2 TCP csomag elvesztéséig jól tűrte, azonban nagyobb számú csomag elvesztése során akadozást, majd teljes megállást mutatott a megjelenítés során. A csomagduplikáció azonban nem volt hatással a kép megjelenítésére. A csomagfelcserélődés akkor okozott problémát, ha a mérés során 5, vagy annál több csomag került későbbre a TCP folyamatban. Ilyen probléma például eltérő átviteli út használata során jöhet létre. A lefelé irányuló sávszélesség korlátozása szintén akadozást eredményezett a videó megjelenítésében, mivel hiába volt elegendő letöltési sebesség, a felfelé irányuló sebesség korlátozása eredményeként ritkult a TCP ACK csomagok átvitele, ami miatt csökkent a leírányú sebesség is. Így nem volt jól kihasználható a rendelkezésre álló leírányú sávszélesség.

5. Összefoglalás

A vizsgálatokat egy klienssel végeztük. A rendszer bővíthető további háromdimenziós videófolyamokat megjeleníteni képes számítógépekkel. A multimédia szerveren jelenleg található videófolyamok pedig a VLC streaming szerver segítségével könnyen beállítható a többszörös alapú tartalomszórás. Így további hatékonyabb tesztelesek végezhetőek a QoE - élmény nyújtotta minőségi paraméterek vizsgálatára 3D-s videófolyamok műsorszórásos átvitele mellett.

A jövő Internete számára a háromdimenziós multimédia tartalmak már előmlesztik a világhálót, és a TV-adások is 3D technológiával készülnek majd, így ezentúl nemcsak magára a tartalomra és a szolgáltatásminőség paramétereire kell nagy hangsúlyt fektetni, de más kutatási irányok is előtérbe kerülnek, úgymint: hatékonyabb

tartalomkézbesítési architektúra, gazdaságosabb keresés és böngészés, valamint minél jobb élményminőség (QoE) biztosítása [1]. A tartalomátvitel és megjelenítés mellett komoly hangsúlyt kell fektetni magára a háromdimenziós képek, filmek, tartalmak létrehozásának a technológiájára is. Jó minőségű 3D-s filmek felvételéhez nyújt segítséget a Stereoscopic Analyzer (STAN) [6]. Az elkészített felvétel valósidejű analizálásával a rendszer meghatározza a kamerák optimális állását, detektálja és korrigálja a felvételen létrejött egyenlőtlenségeket és torzulásokat. Mivel a közeli és távoli tárgyak pontos pozícióját is megállapítja a felvett jelenetből, ez elősegíti az optimális sztereó alapkonfiguráció beállítását. A sztereoszkópikus megjelenítés összehasonlítva az autosztereoszkópikus típussal „vizuális kényelmetlenséggel” is járhat. A zavaró jelenségek meghatározásához szubjektív és objektív mérések elvégzésére és kiértékelésére is szükség van [8]. A 3D-s sztereoszkópikus megjelenítés korlátait kiküszöbölő megoldásokat kereső kutatások is folynak napjainkban. Ezek közé tartozik a „fényező elmélethez” (light-field theory) kapcsolódó megközelítés, ahol a kijelzőt egy ún. „térfogatos fényforrás” (volumetric light source) váltja fel [4]. Másik megközelítés a mozgások és megjelenítési mélységek érzékelésének vizsgálata a minőség tükrében.

A háromdimenziós megjelenítés nemcsak a mozifilmek és videótartalmak világában, hanem a 3D-s teleimmerzív együttműködést megvalósító valósidejű rendszerek fejlődésében is fontos szerepet kap. A fő hangsúly a valósidőben (30 ms alatt) létrehozott megfelelő háromdimenziós környezet létrehozásán van – a [10] található kutatási eredmények bizonyítják, hogy az újszerű adatábrázolás és a kifejlesztett gyors 3D-s rekonstrukció algoritmus, flexibilis, pontos, és gyors eredményt biztosít. A Európai Unió 7. Keretprogramban futó „2020 3D Media” kutatási projekt [11] fő célja a sztereoszkópikus és immerzív tartalmak magas színvonalú megjelenítése. A kutatási területek: a workflow és térbeli média a hálózatban – ahol fontos szerepet kap a meta-adatok definiálása és megfelelő tömörítése, új generációs kamerák fejlesztése, amelyek tökéletesebben rögzítik a mélységeket – háromféle megközelítésben folynak a kutatások a „time of flight” a „trifocal” és a „structure-light” elvekre építve. A már felvett 3D anyagok minőségének utómunkálatokkal való javítása a következő terület, végül egy olyan hálózat-centrikus elosztó rendszer kifejlesztése, amely megfelelő módon, formátumban és sebességgel lesz képes a 3D-s és immerzív tartalmakat a szórakoztatóközpontokba és a felhasználók otthonába továbbítani.

Irodalomjegyzék

- [1] Zahariadis T., Daras P., Laso-Ballesteros I. „Towards Future 3D Media Internet” Network & Electronic Media – Summit, St. Malo France, October 2008.
- [2] Casas P., Belzarena P., Vaton S. „End-2-End Evaluation of IP Multimedia Services, a User Perceived Quality of Service Approach” 18-th ITC Specialist Seminar of Quality of Experience, Karlskrona, Sweden, May 2008. pp. 13-23
- [3] Mrak M., Grgic M., Kunt M. High-Quality of Visual Experience, Chapter 3. You J., Xing L., Perkis A. „Quality of Visual Experience for 3D Presentation – Stereoscopic Image” Signals and Communication technology, 2010, I, pp. 51-77
- [4] Kroeker L. Kirk „Looking Beyond Stereoscopic 3D’s Revival” Communications of the ACM, Volume 53 Issue 8, August 2010, pp. 14-16
- [5] Xing L., You J., Ebrahimi T., Perkis A. „Estimating Quality of Experience on Stereoscopic Images” ISPACS 2010 – International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems, Chengdu, December 2010
- [6] Zilly F., Müller M., Eisert P.,Kauff P. „The Stereoscopic Analyzer – An Image-Based Assistance Tool for Stereo Shooting and 3D Production” ICIP 2010 – IEEE International Conference, Hong Kong, September 2010
- [7] Häkkinen J., Kawai T., Takatalo J., Leisiti T., Radun J., Hirsaho A., Nyman G. „Measuring Stereoscopic Image Quality Experience with Interpretation Based Quality Methodology” IS&T/SPIE’s International Symposium on Electronic Imaging, San Jose, California USA, January 2008
- [8] Lambooij M., IjsselsteijnW., Heynderickx I., „Visual Discomfort in Stereoscopic Displays: A Review” Journal of Imaging Science and Technology - May/June 2009, Volume 53, Issue 3, pp. 030201-(14)
- [9] Shibata T., Kurihara S., Kawai T., Takahashi T., Shimizu T., Kawada R., Ito A., Häkkinen J., Takatalo J., Nyman G. „Evaluation of stereoscopic image quality for

mobile devices using Interpretation Based Quality methodology” Proc. SPIE, Vol. 7237 (2009)

[10] Vasudevan R., Zhou Z., Kurillo G., Lobaton E., Bajcsy R., Nahrstedt K. „Real-time stereo-vision system for 3D teleimmersive collaboration” Multimedia and Expo (ICME), IEEE International Conference, Suntec City, July 2010, pp. 1208 - 1213

[11] Fort S. „2020 3D Media: New directions in Immersive Entertainment” SIGGRAPH 2010 – International Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques, Los Angeles, USA, July 2010