

# Mérési utasítás

Mérés neve: IP hálózatok QoS vizsgálata

Felhasznált eszközök: FLEXPLANET hálózattervező és –elemző rendszer

## A mérés célja

A mérés során a hallgatók megismerkednek az IP hálózatok forgalmának csomagszintű elemzésével és az ezzel megkapható jellemző mértékekkel. A vizsgálatok célja, hogy felfedezzük az összefüggéseket a hálózati eszközök paramétereit, illetve egy bekövetkezett hiba miatti átirányítás hatásait, és az adódó QoS értékek között.

## A mérés leírása

A forgalom csomagszintű vizsgálatát a hallgatók egy többretegű hálózaton végzik el. Az eredmények elemzésével meg kell határozni, hogy az egyes forgalmi osztályokra adott minőségi előírások milyen mértékben teljesülnek. Az elemzéseket megváltoztatott kiszolgálási konfiguráció illetve egy hálózati hiba miatt történő újraelvezetés esetén is el kell végezni. Teljes képet akkor kapnánk a hálózat robusztusságáról, ha az IPLINK réteg minden hibakonfigurációjára elvégeznénk az elemzést és az alapján vonnánk le a következtetéseket, erre azonban a mérésen nem kerül sor

## **Hálózatmodell**

A mérés során vizsgált hálózat egy többretegű, hipotetikus magyarországi hálózat. Bár az ország földrajza eléggé meghatározza a fizikai topológia kialakítását, sem ez, sem pedig a felsőbb rétegek összeköttetések és berendezéseinek halmaza nem feleltethető meg egyik szolgáltató hálózatának sem.

Rétegzett hálózati modell alatt egy olyan hálózati képet értünk, melyben különböző technológiai vagy logikai szintekre besorolható összeköttetések egymással kliens-szerver viszonyban állnak. Egy igény lebonyolítása több, különböző rétegbeli link segítségével történik, melyek a linkek hierarchiája alapján határozhatók meg. A rétegeket a FLEXPLANET terminológiában szintnek nevezzük és több, például a hálózatban hasonló szerepet betöltő szint halmazához egy kategóriát rendelhetünk.

A mérésben szereplő hálózat szintjei és kategóriái az alábbiak az egymásra épülés sorrendjében:

**OPTIKAI szint:** A legalsó szint, mely tartalmazza a kihúzott optikai szálakat, amik telephelyeket (site) kötnek össze. Ezek kapacitását a modellben végtelennek tekintjük.

**OMS kategória:** Minden optikai szálon egy optikai multiplex szakaszt építettünk ki. Ezen a kapcsolaton a hullámhossz-osztásos multiplexálás (WDM) segítségével több optikai csatornát vezethetünk. Az ilyen csatornákból felépített utat fényútnak (lightpath) nevezzük. Az optikai multiplex szakaszok olyan optikai eszközökben végződnek, melyeknél lehetőség van a megfelelő

csatornák leválasztásával a fényutak végződtésére. Modellünkben az egyszerűség kedvéért nem különböztetjük meg a hullámhosszakat, (ezzel hasonló modellhez jutunk, mintha egy fényút minden csomópontjában engedélyeztük volna a hullámhossz-konverziót).

**ETHERNET kategória:** Az Ethernet technológiájú összeköttetések útirányító eszközök (routerek) kártyáin lévő portokban végződnek. Az ilyen rendszerek kapacitása függ a konkrét technológiától.

**IPLINK szint:** Minden egyes EHTERNET link pontosan egy IP linket valósít meg (routolt Ethernet eset). Ezek az összeköttetések a router berendezésekben végződnek.

**IPIGENY kategória:** Az IP hálózaton többféle forgalmi igényt vezetünk el, melyek egy részénél egy véletlenszerűen generált, más részüknél központosított, részben központosított, illetve egyenletes átvindó kapacitás-mátrixot alkalmazunk. Értelemszerűen az útirányítók szerepelnek az igények végpontjaiként. Az igények egyirányúak, egyesadásúak (unicast) és kapacitásuk mértékegysége kilobit/sec (kpbs).

A hálózat telephelyei olyan csomópontok, melyekben a különböző berendezések találhatóak. A berendezések további részletezését csak az Ethernet eszközök esetében tartalmazza a hálózat. Megbízhatósági szempontok alapján egy halmazba tartozónak tekinthetünk számos berendezést, akár a berendezés működési komplexitásából következően, akár a konkrét gyártó és típus egyezése miatt. Az egy halmazban lévő eszközökhöz azonos sablont rendelünk.

A hálózati modellben szereplő berendezéseket három sablonba soroltuk:

**OMS-AD sablon:** Az optikai add-drop multiplexerek funkciója a két kapcsolódó OMS összeköttetés egyes csatornáit ki- illetve bevezetni, míg a többi csatornát változatlanul továbbítani. Ilyen eszközöket a másodfokú optikai csomópontokban alkalmazhatunk.

**OMS-TM sablon:** Az optikai terminál-multiplexerek a kapcsolódó OMS linknek valamennyi csatornáját végződtesik. Ezek az eszközök nem túl drága építőelemei lehetnek a kettőnél többfokú optikai csomópontoknak. Minden irányhoz egy TM berendezést rendelve és az ezekben végződő csatornáknak tetszőleges összeköttetését megengedve hullámhossz-konverzióra képes optikai kapcsoló funkcióhoz jutunk. Az összeköttetést biztosító patch kábeleket a hálózati modell nem tartalmazza.

**ROUTER sablon:** Útirányító berendezéseket nem minden telephelyen találunk, de ahol van ilyen, ott mindenképpen kell legyen optikai eszköz is, hogy az Ethernet linkek megvalósíthatók legyenek a WDM hálózat felett. Az optikai és az útirányító eszközt összekötő patch kábel (vagy más összeköttetés) nem része a modellünknek.

A QoS analízishez négyféle igénytípust vezetünk be. Az alábbi felsorolásban megadjuk az őket tartalmazó hálózati szint nevét és azt, hogy milyen típusú hálózati forgalmat modellezünk vele, milyen jellegű forgalmi mátrixot feltételezve:

**PVIGENY szint:** Priorizált videóforgalom: 10 darab HD minőségű MPEG4 televíziós csatorna összforgalma (50 Mbps). Ilyen igények mennek Budapestről valamennyi további IP végpontba.

**NVIGENY szint:** Normál videóforgalom: 50 darab SD minőségű MPEG4 videó csatorna összforgalma (25 Mbps). Ilyen igények mennek Budapestről valamennyi további IP végpontba.

**VOIGENY szint:** Hangforgalom: PCM kódolású hangcsatornák összforgalma. A forgalmi mátrix két komponens összegeként adódik: minden IP útirányító pár között 200 csatorna (16 Mbps) és a vidék-főváros viszonylatokra mindkét irányban még további 200 csatorna.

**BEIGENY szint:** Best effort forgalom: fájlátvitel jellegű Internet hálózati forgalom. Az eredő sáv szélességként 0 és 20 Mbps közötti értéket generáltunk egyenletesen véletlenszerűen minden IP útirányító párra.

(Class info, pl. SumCap eredménylistában: PriVid, NorVid, VoIP, BestEff)

Az IP igényeket egyutas elvezetéssel vezetjük el az IP linkek felett. Egy link hibája esetén újbóli elvezetésre van szükség helyreállítás jelleggel.

### Forgalmi paraméterek

A fenti adatoknak megfelelően az igényfajtákhoz beállított csomag szintű jellemzőket foglalja össze az alábbi táblázat:

Szint	a csomag érkezési időköz			csomagméret			Autokorreláció	Prioritás
	Várható-érték	Relatív szórás-négyzet	Relatív szórásköb	Várható-érték	Relatív szórás-négyzet	Relatív szórásköb		
PV	0.04	0.1	0	200Kbit	0.5	0	0.8	0
NV	0.00125	0.1	0	50Kbit	0.5	0	0.8	1
VO	0.0005	0.1	0	8Kbit	0.1	0	1	2
BE	Viszonytól függ	2	0	20Kbit	2	0	0	3

A beállított értékekből látható, hogy a modellünkben inkább az alkalmazásoktól származó jellemző csomagmérethez hasonló méretekkel dolgozunk, holott valójában az Ethernet keretek méretéhez kellene illeszteni a paramétereket figyelembe véve a ráakott IP és Ethernet fejleceket is. Ez utóbbiak figyelmen kívül hagyását az indokolja, hogy egy nagyobb „felbontású” modell elemzése túlságosan hosszú ideig tartana. A szórásköbre beállított 0 érték egy alapértelmezett esetet fog generálni, ennek a momentumnak mélyebb hatásaival nem foglalkozunk.

Az egyes igény szintekhez minőségi követelményeket rendeltünk az alábbiak szerint:

Szint	Maximális csomagvesztési arány	Maximális késleltetés
PV	2%	10ms
NV	2%	10ms
VO	5%	50ms
BE	60%	-

### Csomóponti konfigurációk

Az útirányítók portjai jelentik az Ethernet linkek végpontjait és ezeken a hálózati csomópontokon figyeljük meg tulajdonképpen a csomagok áthaladását. Akárcsak a legtöbb csomagokat továbbító valós berendezésben, modellünkben is kimeneti puffereket alkalmazunk. Ez azt jelenti, hogy az egy porton (interfészen) kilépő és egy prioritáosztályba tartozó forgalmakból származó csomagok az irányítás után egy

pufferbe kerülnek és ott várákznak mindaddig, míg valamennyi előttük álló csomag át nem jut a kapcsolódó linken és meg nem kezdődik az átvitelük.

A prioritási osztályok közül pontosan egyet megadhatunk rögzítetten legmagasabbnak (strict priority), vagyis amíg ilyen osztályú csomag várákzik egy linkre, a többi osztály csomagjainak kiszolgálása nem jöhet szóba. A további három megadható osztály kiszolgálására egy arányrendszert (egy 1 összegű súlyrendszert) kell megadnunk, melynek jelentése a rögzített prioritású forgalom mellett a linken megmaradó sávszélesség statisztikus felosztási aránya. Az ilyen súlyozott kiszolgáló rendszereket WFQ (Weighted Fair Queueing) kiszolgálóknak hívjuk. A csomagok ilyen rendszerű ütemezése a nem rögzített prioritású forgalmakat egyszerre szolgálja ki a súlyozásnak megfelelően, értelemszerűen minél nagyobb a súly, annál sűrűbben jutnak át a linken az adott osztály csomagjai.

A hálózat minden egyes Ethernet berendezéséhez (IP routerek) az alábbi táblázatban található értékeket állítottuk be az egyes prioritásosztályokhoz (ebben az esetben a portok megöröklik ezeket a mértékeket):

Prioritás	Pufferméret	WFQ súly	Megcélzott várákzási idő az adott puffernél
0	100	-1 (rögzített)	0.0001
1	200	0.5	0.0001
2	200	0.2	0.0001
3	400	0.3	0.0001

A WFQ alkalmazásával sokkal jobban hangolható kiszolgálást kapunk, mintha csak rögzített prioritásokat használnánk. A csomagalapú továbbítással pedig linkeket a lehető legjobban használjuk ki, hiszen nem lesznek feleslegesen lefoglalt sávszélességek, melyeken az idő kisebb-nagyobb részében nem megy forgalom, hanem ha van várákozó csomag, akkor mindenképpen forgalmaz a link (munkamegőrző, work conserving rendszer). A véges méretű pufferek miatt azonban az ilyen rendszerekben is előfordulhat csomagvesztés (egy érkező csomag nem fér be a pufferbe). A csomagoknak a sorokban töltött ideje, várákzása ugyanakkor késleltetést okoz, ami szintén minőségi problémát jelenthet.

### A csomagszintű elemzési eredmények

A vizsgálat alapját a (Markov láncok segítségével modellezett) prioritásos kiszolgálókon alapuló sorban-állási hálózatok jelentik. Az elméleti alapú elemzéssel az alábbi jellemzőket állítjuk elő. Zárójelben megadtuk az egyes elemekhez kapcsolódó FLEXPLANET információ nevét is:

- igényekre
  - a csomagvesztés valószínűsége (*QoSan:loss*)
  - a várható késleltetés (*QoSan:ew*)
  - a késleltetés relatív szórásnégyzete (*QoSan:cw2*)
- linkekre prioritásosztályonként (*po*) és irányonként (*di: fw* vagy *bw*)
  - a csomagvesztés valószínűsége (*QoSan:loss\_po\_di*),
  - várható sorhossz (*QoSan:en\_po\_di*),
  - várható várákzási idő (*QoSan:ew\_po\_di*),
  - a várákzási idő relatív szórásnégyzete (*QoSan:cw2\_po\_di*),

- a megcélzott várakozási időnél rövidebb várakozás valószínűsége (*QoSan:distr\_po\_di*),
- relatív terhelés (*QoSan:util\_po\_di*).

A hálózatmodellben szereplő csomópont és link objektumok jellemzőik jellemzők az **allinfo.bat** windowsos batch file futtatásával is listázhatók:

- a batch file-t a listázni kívánt hálózatmodellt tartalmazó könyvtárban kell indítani (command prompt: allinfo.bat), benne van a pathban
- az eredmények két tabulált text file-ban keletkeznek (allinfoL.xls és allinfoN.xls, decimális szeparátor a pont), ezek Excelbe betöltésénél célszerű figyelni az általános cellatípus miatt előálló megjelenítési zavarokra (pl. bizonyos értékű tizedes törtek dátumként értelmezése)

## **A FLEXPLANET rendszer**

A feladatok elvégzéséhez a FLEXPLANET hálózattervező és elemző szoftver egyes funkcióit kell felhasználni. A *FlexFrame* keretrendszer csak egyszerű, beszédes nevű listázó, konvertáló, illetve hálózatmodelljeink kezelését és a tervezést megszervező funkciókat valósít meg.

A paraméterek megadásához saját grafikus felülettel rendelkező tervezőlépések (pluginok) a *Tervezés* gombbal előhívható listából választva érhetőek el és ezek használatakor érdemes az aktuális *Help*-ben leírtakból kiindulni. A konzolfelületen keresztül elérhető listázási funkciókról részletes leírást találunk a mellékelt *FPCom.pdf* fájlban.

Egy kiválasztott hálózatnak a *Megjelenítés* gombbal előhívható grafikus megjelenítésekor használható funkciókat a megjelenítő ablak (*FlexPlanDraw* program) *Segítség/Billentyűzet kiosztás* menüpontjával listázhatjuk.

A keret és a megjelenítő egyes funkcióiról bővebb leírást talál a program felhasználói leírásának kivonatában, az *FPMankiv.pdf* fájlban.

## Feladatok

### **1. feladat**

Indítsa el a *FlexFrame* alkalmazást és ismerkedjen meg a *refQoS* referenciahálózattal, amely a fent vázolt eszközöket és összeköttetéseiket tartalmazza! Használja a grafikus megjelenítőt (*Megjelenítés* gomb) a hálózatelemek és információik megnézésére! Ellenőrizze, hogy a QoS elemzéssel összefüggő (forgalmi és sorkezelési) adatok megfelelnek-e a fent leírtaknak! Az IP igényeket egyelőre elvezetetlenül tartalmazza a hálózat. Mivel a referencia hálózatot nem lehet módosítani, készítsen róla tervezhető másolatot (jobb gomb: *Betöltés*, majd *Mentés* *tervként*).

### **2. feladat**

Vezesse el az igényeket és végezze el a csomagszintű QoS elemzést!

A megoldáshoz alkalmazza a **RouSet** elemzőlépést, majd a **QoSan** elemzőlépést és a konzol felület **sumcap** parancsát. A csomagszintű elemzésnél ne felejtse el beállítani az igények halmazát és a kiszolgálásra vonatkozó információk neveit (az alapértelmezett érték csak két osztályt ad meg)! A **QoSan** az IP linkekre tett információkban adja vissza az elemzésnek a sorokra vonatkozó eredményeit. Az igényekre vonatkozó eredményeket szintén információként találjuk meg. Ezek közül a **QoSan:loss** és a **QoSan:ew** adatra lesz szükségünk.

- Melyik forgalmi igényre adódott a legnagyobb csomagvesztési arány?
- Az egyes igényszinteken a forgalom hány százaléka nem felelt meg a kikötött minőségi feltételeknek?
- Melyik link a legkihasználtabb?

### **3. feladat**

A best effort igények kárára növelje meg a hangforgalom súlyát a jelenlegi kétszeresére minden berendezésben! Ezek után végezze el ismét a csomagszintű elemzést!

A **WFQ** súlyok változtatásához indítsa el a *Fájl/Konzol* menüponttal a parancssoros listázó felületet és használja az *info upd* parancsot azokra a csomópontokra, melyeknek sablonja **ROUTER**!

- Tapasztalt-e változást az egyes igényszinteken a nem megfelelő minőségű forgalom arányában?
- Milyen hatással volt a változtatás a best effort igények csomagvesztésére, illetve a hangforgalom késleltetésére?

### **4. feladat**

Vizsgálja meg annak hatását, hogy meghibásodik a legkihasználtabb IP link!

A feladat megoldásához először törölje a referenciahálózat másolatából a megfelelő IP linket (a konzol *erase* parancsáról bővebb információt talál az *FPCom.pdf* leírásban). Vezesse el újra az igényeket és végezze el az elemzést!

- Mennyit változott az egyes igényfajtáknál az átlagos késleltetés és a veszteség?
- Az egyes igényszinteken a forgalom hány százaléka nem felelt meg a kikötött minőségi feltételeknek?

## Beadandó eredmények

A mérési jegyzőkönyvet a feladatokhoz kapcsolódóan kell elkészíteni a helyszínen. A mérés végén a jegyzőkönyvet a mérésvezetőnek be kell mutatni és elektronikus formában az általa megadott helyre (címre) el kell juttatni.

#### Háttéranyagok

- <http://webspn.hit.bme.hu/~telek/notes/sokfelh.pdf>
- FPCom.pdf
- FPMankiv.pdf

Készítette: Zsóka Zoltán, 2016. március 3.