

„A magas szintű technikák olyanok, mint a hegycsúcsok, melyeket köd borít. Te nem látod
őket, mégis ott vannak.”

Yip Man /kínai harcművész/

VoIP

(Internet Protokoll feletti Hangátvitel)

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	2
1.1.	A témaválasztás miértje?	2
1.2.	A kommunikáció hajnala	2
1.3.	Az analóg telefontól a VoIP-ig	4
2.	A csomag alapú hangtovábbítási rendszerek alapjai.....	7
2.1.	Csomag alapon működő hangtovábbításról általában.....	7
2.2.	A csomag alapú hangtovábbítási rendszerek felépítése.....	8
2.3.	A csomagkapcsolt hálózatokon megvalósuló kommunikáció	9
3.	Internet Protokoll feletti hangátvitel alapjai.....	14
3.1.	Miért a VoIP?.....	14
3.2.	A bemutatandó technikáról.....	15
3.3.	Internet Protokoll	15
3.4.	Szállítási protokollok	17
3.5.	Alkalmazásrétegbeli protokollok	19
3.6.	A H.323 rendszer	21
3.7.	SIP rendszer	24
3.8.	Szolgáltatásminőség.....	25
3.9.	Útvonal választási hibák	26
4.	Internet protokoll feletti hangátvitel.....	28
4.1.	VoIP hálózatok tervezése, kivitelezése.....	28
4.2.	VoIP kommunikáció	31
4.3.	VoIP rendszer egyéb szolgáltatásai	32
4.4.	VoIP hívások „védelme”, az SRTP protokoll.....	33
5.	A VoIP és a Magyar Honvédség	35
5.1.	A jelenlegi infrastruktúra	35
5.2.	A VoIP bevezetésének jelentősége és szükségessége.....	35
5.3.	VoIP rendszerek logisztikája	36
6.	VoIP rendszer építése és tesztelése	38
6.1.	Miért szükséges a teszt?	38
6.2.	A megépítéshez használt konfigurációk és szoftverek	38
6.3.	A hálózat felépítése.....	39
6.4.	A felhasznált szoftverek bemutatása.....	39
6.5.	A rendszer telepítése	40
6.6.	A rendszer tesztelése.....	41
6.7.	A tesztek konklúziója.....	44
7.	Összegzés	45
8.	Forrásjegyzék	46
8.1.	Felhasznált irodalom.....	46
8.2.	Felhasznált internetes forrás	46
9.	Rövidítésjegyzék	47

1. Bevezetés

1.1. A témaválasztás miértje?

Sokszor, sokfelől halljuk azt a szót, hogy VoIP vagy esetleg azt, hogy IP alapú telefonálás, IP telefónia. Sokan sejthetjük is, hogy ezek a fogalmak egy fogalomcsoporthoz köré tartoznak, mégpedig az internetes hálózatokon átvitt hangokéhoz. Vajon tudjuk-e, hogy mi a különbség egyáltalán az analóg telefon és az IP telefon között? Vannak-e köztük a technikai fejlődést szemlélve technikatörténeti állomások és egyáltalán jobb-e a VoIP technika, mint egy analóg telefon vagy csak divatos ma az interneten telefonálni? Továbbá, egy ilyen technika hasznos lehet-e a hadsereg, továbbmenve a Magyar Honvédség számára? Nos, a dolgozatomban ezekre a kérdésekre kívánok választ adni és annak érdekében, hogy ne csak száraz anyag legyen mindenki számára a művem, a végén szeretnék egy kis gyakorlatot is megvalósítani és leírni. Konkrétan egy működő VoIP rendszert kipróbálni és letesztelni. Magát a dolgozat elkészítését úgy tervezem, hogy csak kimondottan a VoIP rendszerekhez szükséges alapokból építkezem. Ezért a fejezetekben nem fejtem ki azoknak a moduloknak, protokolloknak a funkcióját, melyek nem a VoIP hálózatok részei, de mindenképp említést teszek a fontosabb modulokról a teljesség igénye nélkül.

A dolgozat kezeléséhez annyit szeretnék hozzáfűzni, hogy a hosszú fogalmak helyett mindenhol a rövidítéseiket használtam, azokat pedig a Rövidítésjegyzék című fejezetben bontottam ki. Továbbá megjegyzem, hogy azon képek, amelyeknél nem jelöltem meg forrást, azok a saját szerzeményeim.

1.2. A kommunikáció hajnala

Az ember még a beszéd kialakulása előtt kézjelekkel, hangutánzó szavakkal próbált kommunikálni társaival. A kezdeti nem-verbális kommunikációs formák, majd később a verbális beszéd és írás kialakulása segítette azt is, hogy a vadászó törzsek barlangjaitól eljussunk a mai nagyvárosi dzsungeléig. Ahogyan fejlődött a világ és az emberek is egyre több tapasztalatra és tudásra tettek szert, úgy egyre nagyobb kommunikáló csoportok is létrejöttek. Ezen csoportok kommunikációja helyhez volt kötve, ez magyarázatul szolgál arra, hogy miért is van ma a világon olyan sok nyelv. A fejlődés első szakaszaiban törzsekről beszélhetünk, később városállamokról, majd országokról, birodalmakról és napjainkban földrészekről.

Ma már az egész világot behálózzák a kommunikációs csatornák, melyek a világ több milliárd emberét kötik össze egészen a föld északi részén fekvő Európától a föld déli részén fekvő Ausztráliáig vagy a jeges Antarktisztól Afrikának tűzforró egyenlítői részéig. Vagyis ma már nem jelent akadályt az, hogy a világ egyik pontján élő bármely egyén kommunikálhasson egy másik egyénnel, aki a föld ellentétes végén él, feltéve, ha adott a közös csatorna és közös jelrendszert is használnak az információ cserére.

Hogyan is jutottunk el ide és milyen megoldások tették lehetővé azt, hogy elérjük ezt a fejlettséget? Először is úgy gondolom nem szükséges taglalnom a beszéd kialakulásától az első elektromos jelátvivő készülék megjelenéséig a történeteket. Maximum egy-egy mondat erejéig annyit elmondhatok, hogy az információ átvitelére egyre nagyobb és nagyobb távolságokat próbáltak őseink áthidalni. Ha a távolság-idő dimenzióról a fejlődés függvényében készítenénk egy grafikont, annak exponenciális alakja lenne. Kezdve a kiabáló ősembertől a füstjeleket használó indiánokon át egészen a postagalambokig.

A robbanásszerű változás az elektromosság megjelenésével kezdődött, amit a XVIII-XIX század környékére lehet tenni. Megjelenik Marconi találmánya a távíró készülék, majd Bell készüléke a telefon, mely már hang átvitelére volt képes. A fejlődési vonalban fontos megemlítenünk Puskás Tivadar telefonközpontját, mely kiküszöbölte az összekötések problémáit, mivel addig a telefonhálózatok teljes hálózati struktúrát követtek, vagyis minden telefon minden telefonnal direktben

volt összekötve (full meshed). Ezt követően inkább csak technológiai fejlődésről beszélhetünk, mely folytán megjelenik a rádió és a televízió is, közben lefolyik az I. és II világháború és következik a hidegháború időszaka, ahol a két szemben álló fél Amerika és a Szovjetunió hatalmas technikai fejlesztésekbe kezd. Persze ki más, ha nem mi magyarok! Amerikában Neumann János megalkotja a ma használt számítógépek elvi, logikai felépítését, Gróf András és csapata pedig a mikroprocesszort és megalkotják a ARPA-ban a számítógépek hálózatát is, melynek későbbi eredménye az Internet létrejötte. Kezdetben főleg kormányzati



1.1.1. ábra: A magyar származású Gróf Andrást, aki feltalálta a processzorokat és megalapította az INTEL céget 1997-ben az év emberévé választotta a TIME magazin.

Forrás:

<http://www.time.com/time/covers/0,16641,19971229,00.html> – 2011.08.05.

és katonai célokra használták az újonnan kifejlesztett dolgokat, majd jóval később a civil lakosság is beszerezhetette neki kialakított szolgáltatásokkal.

Végigtekintve az eddig említett mérföldköveket láthatjuk, hogy elég rögzös út vezetett a ma ismert digitális adatátvitelig. Ebben nagy szerepe volt az informatika fejlődésének, mivel olyan mértékű lépéseket tett, hogy húsz-harminc éve nem is gondolhattuk volna, hogy az addig ismert kommunikációs csatornáinkat felváltják a számítógépes hálózatok. Kezdve az egyszerű szöveges adatátviteltől a hangátvitelen keresztül egészen a kép, mozgókép átviteléig.

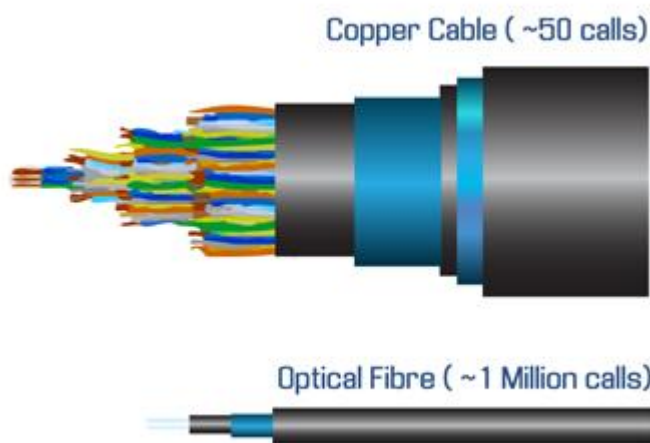
1.3. Az analóg telefontól a VoIP-ig

Az előzőekben említettem, hogy a feltalálók közül kinek milyen felfedező szerepe volt abban, hogy eljutottunk a ma ismert legmagasabb adatátviteli hegy csúcsára, de ne rohanjunk annyira előre, ereszkedjünk kicsit vissza arra a magaslatra, ahol a számítógépes hálózatok és a telefonos hálózatok elkezdtek egymásba fonódni. Ma már azt láthatjuk, hogy telefonálhatunk az interneten és internetezhetünk a telefonon. Még a kezdeteknél, mind a telefonos (crossbar), mind pedig a számítógépes (modemes) hálózatok kifejlesztésekor volt egy alapkoncepció, mégpedig az, hogy kapcsoljunk össze az eszközöket, eszközcsoportokat és így természetesen az embereket, embercsoportokat.

A telefonos hálózat és a hálózat részek majd kétszáz évvel korábbi találmányok, mint az internetes hálózat eszközei. Mivel az internetes hálózat a kezdetektől fogva digitális adatátvitel céljából volt kialakítva, már a fizikai rétegben eltért a telefonos hálózattól, mely analóg megoldásokra hagyatkozott és nem felelt meg az adatátviteli elvárásainak. Joggal feltehetjük azt a kérdést, hogy ma miért olvad szinte egybe a telefonos és internetes hálózat. Úgy vélem, hogy dolgozatom könnyebb érthetősége érdekében konkretizálni kellene azokat a dolgokat, melyet lehetővé tették azt, hogy ne legyen éles határvonal ma a két struktúra között és beszélni azokról az eszközökről, melyek elmosták ezt a határsávot. A telefonos hálózat alapkoncepciója szinte nem változott a feltalálása óta, de jelentek meg technológiai, technikai újítások. Főleg a központoknál figyelhető meg nagy fejlődés. A manuálisan emberek által kapcsolt vonalakat később elektronikus kapcsolóközpontok vették át (Crossbar, Rotary), majd a 80-as évek hoztak egy nagy méretcsökkentést és technikai újítást a digitális telefonközpontok megjelenésével, bár a tervek már akkor megvoltak az internet világméretűvé tételére.

Az internetes hálózatok megjelenése magával hozta az IP (Internet Protokoll) fogalmát, amivel a hálózatra csatlakozó végpontok címzését oldják meg. Az IP lehetővé tette a világ több millió internetes eszközének összekapcsolását, bár napjainkban kiderült, hogy az akkor megalkotott IPv4-es szabványnak korlátai vannak a ma megjelenő IP alapú eszközök mennyisége miatt, ezért kidolgoztak több címzési megoldást, melyből a legjobbat az IPv6 jelentette. Az internetes címzés e verziójának bevezetésének folyamata jelenleg aktuális, melyről még a későbbiekben szót ejtek.

A legnagyobb problémát a fizikai kiépítést szerencsére még az internet nagymértékű kiépülése előtt sikerült megoldani, mivel elég költséges munka lett volna behálózni a világot az internet kedvéért, éppen kapóra jött, hogy rendelkezésre állt már a telefonhálózat, csak egy híd kellett volna, ami összekösse a két hálózatot. Az első igazi hidat az ISDN megjelenése jelentette, amely egy olyan megoldás, ami integrálja magában az analóg és digitális adatátvitelt. Lényege, hogy különböző csatornákat tartalmaz, melyből az analóg hangátvitelt,



1.2.1. ábra: A réz kábel és az optikai kábel méret és kapacitásbeli összehasonlítása. A rézkábelen egy időben körülbelül 50 vonalat vihetünk át, míg az optikai szálon 1 millió vonalat.

Forrás: http://logout.hu/cikk/optikai_internet_ftth/jovo.html

míg a digitális adatátvitelt tesz lehetővé. Ezen a digitális sávon működik a telefonvonalon keresztüli internet is, de a telefonösszeköttetések megteremtéséhez szükséges jelzések is ebben a sávban közlekednek.

A távközlési hálózatok fejlődése, vagyis inkább a felhasználói igények és az egyre bővülő szolgáltatások, magyarul a hálózatipar diktálta, hogy nagyobb és nagyobb sávszélességet használjanak a kommunikációra. Eljutottunk odáig, hogy a hangot már digitális csatornán továbbítják, ennek az előnyéről a későbbiekben még ejtek néhány szót. Egyre-másra jelentek meg újabbnál-újabb fejlesztések egyik ilyen jelentős újítás, hogy az átviteltechnikai rendszereket lecserélték optikai adatátviteli rendszerekre, azaz a réz kábelek helyére üvegszálat húztak, mellyel együtt természetesen a hozzájuk tartozó átviteltechnikai egységeket is lecserélték. Ez mindenképp óriási mérföldkőnek számít, hiszem az üvegszálnak akkora a sávszélessége, hogy a mai adatátviteli megoldásokkal is csak töredékét tudjuk kihasználni. Ilyen technikai háttérrel adott, hogy mind a felhasználók, mind pedig a

szolgáltatók a digitális átvitelt részesítik előnyben. Az ISDN után a csomag alapú hang és adatátvitel szolgáltatások legjövedelmezőbb érdekházassága a VoIP (Voice over Internet Protokoll) lett, mely magyarul azt jelenti, hogy az eddigi internetalapú adatátviteli hálózatainkon beszédalapú szolgáltatásokat is használunk.

Dolgozatom első részében a VoIP rendszerek alapjait, szabványait, technikai megoldásait és biztonsági szolgáltatásait szeretném részletezni. A munkám tudásanyagát úgy kívánom megszerezni, hogy résszint mélyebben beleásom magam azokba a témákba, melyek szükségesek a választott témám megismeréséhez, résszint pedig a választott ahhoz közvetlenül nem kapcsolódó, de megértéséhez elengedhetetlenül fontos kérdésköröket kellő mélységig tanulmányozom. Vizsgálni szeretném a különböző rendszerek, protokollok működését. Természetesen a végén remélem választ kapok, így én is választ tudok adni, hogy miért jobbak a VoIP rendszerek, mint a jelenleg főként használt hagyományos ISDN telefonrendszerek. Megpróbálom megkeresni, hogy van-e egyáltalán olyan szabvány és szolgáltatásrendszer, amely alkalmas a Magyar Honvédség távközlési igényeinek kielégítésére illetve missziós környezetben való használatra. Foglalkozom majd a jelenlegi kezdeményezésekkel, illetve bemutatom a jelenleg használt rendszereket, közülük is kiemelkedően a Siemens HiPath és a Cisco IP telefon rendszerekkel szeretnék foglalkozni, mivel jelenleg ezek a rendszerek elterjedtek, illetve ezeknek a rendszerek tesztelése van folyamatban ma a Magyar Honvédségnél.

2. A csomag alapú hangtovábbítási rendszerek alapjai

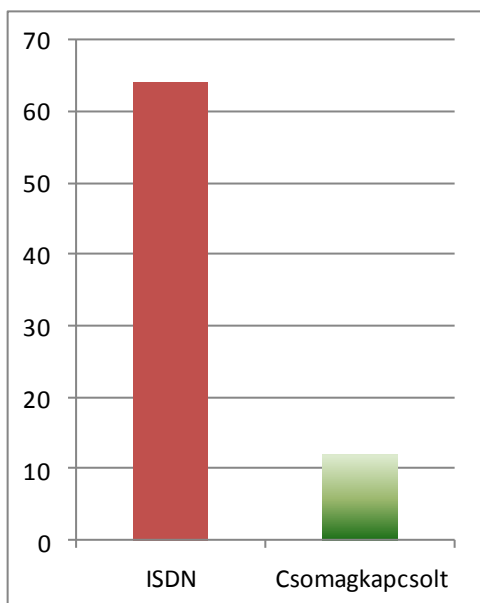
2.1. Csomag alapon működő hangtovábbításról általában

Egyre-másra születtek olyan digitális megoldások, melyek az analóg hálózatokat próbálták a legeredményesebben kihasználni adat, majd hangátvitel tekintetében. Közülük is a mai napig három kiemelkedő megoldást érdemes tárgyalni, ezek egyben, ahogyan nevük is mutatja a legelterjedtebb csomag alapú transzportálózatokon valósulnak meg, mely hálózatok az OSI modell szerinti adatkapcsolati és hálózati rétegek részei:

- FR: adatkapcsolati réteg adatátviteli protokollja, adatkapcsolati kereteket továbbít, használatához be kell állítani mind a fogadó mind pedig a küldő oldalon azonos átviteli sebességet.
- ATM: adatkapcsolati réteg adatátviteli protokollja, időosztásos multiplex átvitelt biztosít, minden időrésnek fix sávszélessége van.
- IP: hálózati réteg adatátviteli összeköttetésmentes protokollja, az adatokat apró csomagokra vágja a forráshelyen, a célhelyen pedig összeilleszti.

A nem laikusok közül joggal kérdezheti bárki, hogy az ismert transzport hálózatok, melyeknél léteznek gyorsabb átvitelt biztosító megoldások is, miért nem kerültek a felsorolásba. Ésszerű magyarázatként az szolgálhat, hogy az olyan hálózatok, mint T1/J1/E1 általában bérelt vonali fizikai rétegbeli hálózati megoldások. Ezekhez a megoldásokhoz tartozhatnak vezeték nélküli megoldások, melyek között lehet akár WLAN vagy műholdas adatátvitel. Az X.25 és VBR alapú átvitelek pedig az ATM-mel szoros kapcsolatban álló adatkapcsolati réteg átviteli formái. Az IP pedig a hálózati rétegében bármelyik alacsonyabb rétegbeli hálózatnak életképes hálózati protokollja. A három, általam kiemelt transzportálózat mindenképp vegyíthető, és a valóságban vegyül is az utóbb említett transzportálózatokkal. Így természetesen, azok alkalmasak hangátvitelre is. Egyébként általánosságban megfigyelhető, hogy egy vállalati vagy legyen az akár kormányzati szint, mindig költséghatékony megoldásokat próbálnak alkalmazni a hálózatok kiépítésénél.

A fent felsorolt transzportálózatok mindegyikére igaz, hogy a hangadatot ugyanabban a sávban továbbítják, mint a normál adatsomagokat. Mivel egy analóg csomag 64 kbit-es állandóan fenntartott másodpercenkénti sávszélességet igényel, addig a digitális adatsomag ennek töredékével is beéri, mely átlagosan 8-12 kbit másodpercenként és az analóggal ellentétben a csatornán hívás közben csak akkor küld adatot, ha van is információtartalma.



2.1.1. ábra: Az ISDN és a csomagkapcsolt hálózatok sávszélesség igénye

Mivel mindenképp teljes duplex kapcsolatról beszélünk és a szokványos kommunikációban egyszerre csak az egyik fél beszél, ezért az egyik csatornát már meg is spóroljuk. Így utána számolva egy csomag alapú átviteli rendszer, ha még nagyon szigorúak is vagyunk 12-16-szor hatékonyabb hangátvitel szempontjából, mint a hagyományos analóg rendszer, de elnézőbben véve ez a hatékonyság elérheti akár a 25-szörös értéket is. Gondoljunk csak bele mennyire is fontos ez olyan szervezeteknél, vagy vállalatoknál, ahol a kiadások nagy része telefonköltség és a telekommunikáció miatt nagyban függenek a telefonszolgáltatóktól, főleg olyan esetekben, amikor a telephelyek földrajzilag messze

esnek egymástól. Számolhatunk olyan esetekkel is, amikor az analóg csatornák számánál többre van szükség, mint amennyit képes biztosítani a rendszer két végpont között.

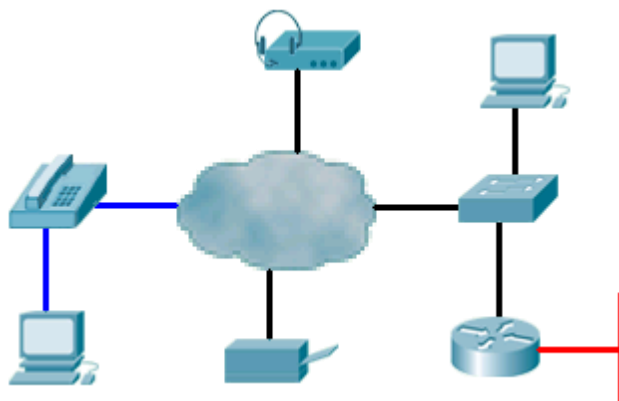
Természetesen a digitális rendszerekhez megfelelő infrastrukturális háttérre van szükség, ami egy elavult vagy alacsony fejlettségű telefonrendszereknél komoly fejlesztési költségeket jelent, mivel egy modern digitális hangátviteli rendszer csak megfelelő követelmények, előírások teljesítése mellett képes működni (QoS). Ezek hiányában romlik a felhasználói élmény és rossz hangminőséggel valamint állandóan megszakadó és zajos összeköttetéssel találkozhatunk. A csomag alapú átviteli rendszerek megfelelő technikai háttérrel rendelkeznek és képesek kielégíteni a hangátvitelhez szükséges igényeket.

2.2. A csomag alapú hangtovábbítási rendszerek felépítése

Egy rendszert elsőként mindig az határoz meg, hogy milyen technikai eszközökből épül fel, milyen paraméterekkel rendelkezik. A csomag alapú átviteli rendszerek felépítése hasonló a hálózatba szerveződő rendszerekhez, mint ahogyan arról már szó esett a meglévő hálózatokra épültek rá, ezért ezekhez a hálózatokhoz hasonló a hierarchiájuk. Nem célszerű visszamenni egészen az alap kommunikációs séma vázlatáig a csomag alapú hálózatok ismertetéséhez, ahol egy adóból egy vevőből és egy csatornából építkezünk, mivel ezek a

rendszerek sokadik generációt képzik, vagy sokkal magasabb fejlettségi szinten állnak azokhoz képest.

Azokat a hálózatokat, amelyek a végpontok között helyezkednek el és transzferként működnek általában egy kommunikációs felhőként jelenítjük meg. Ebben a felhőben különböző fejlettségű, kiterjedésű és felépítésű, hierarchiájú hálózatok lehetnek. Ennek megfelelően beszélhetnénk ATM, FR és IP alapú hálózatokról. A hálózatok



2.2.1 ábra: A hálózati felhő és a hozzá kapcsolódó végberendezések

szélein pedig Voice Agent-eket találunk, melyek küldik és fogadják a hálózat csomagjait. A felhőből a Voice Agent-eken keresztül érkeznek a végberendezésekhez a csomagok. A végberendezés, mivel hangkommunikációról beszélünk főként telefon vagy faxkészülék, de lehet bármilyen a hálózatra csatlakoztatható eszköz a hálózat szolgáltatásainak megfelelően, melyekről később még szót ejtek.

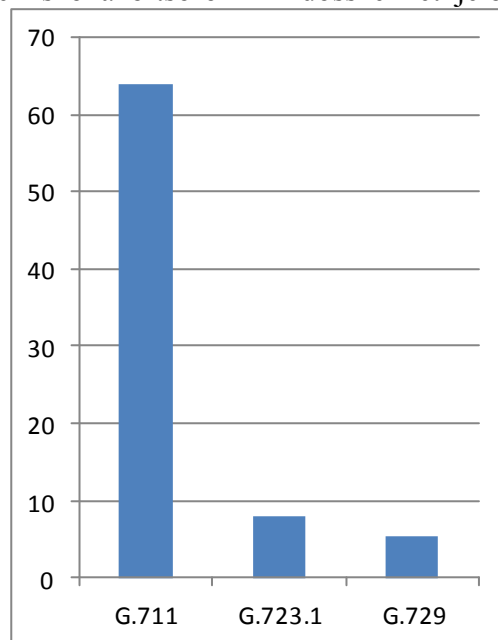
A hálózat hardveres felépítése után második rendszer meghatározó forma a rendszert vezérlő szoftverek. Fejlesztői berkekből kiindulva jól tudjuk, hogy a hardvert mindig egyszerű létrehozni főként azért, mert legtöbbször a rendszereken belül drasztikus mértékben csak egy-egy hardverelem fejlődik, de minden egyes hardverelemhez új szoftvert kell írni és ezen a szoftvereknek rengeteg funkcióját kell leprogramozni. Itt főleg azokra a szoftverekre, programokra, algoritmusokra gondolok, melyeket a hardverek chipjei tartalmaznak, de természetesen idetartoznak a hardverek háttértárain található vezérlő szoftverek, operációs rendszerek. A csomag alapú hálózatok szoftverei látják el a hangok kódolását, tömörítését, biztosítanak kényelmi funkciókat és a QoS előírásait.

2.3. A csomagkapcsolt hálózatokon megvalósuló kommunikáció

Egy digitális hálózaton, ahol csomag küldésére és fogadásra vannak felkészítve a rendszerek, nem tudunk analóg hangot átvinni. A digitális rendszerekben és ez már igaz volt az ISDN hálózatoknál is a végberendezések által vett hangot átalakítják digitális jelekké és természetesen az adó oldalon pedig visszaalakítják analóg jelekké. Ahhoz, hogy analóg hangból digitális jeleket tudjunk létrehozni természetesen a hangot másodpercenként több

ezer részre kell osztanunk, majd ezen osztásokat leírni különböző digitális jelekkel pillanatnyi amplitúdójuk nagysága szerint. Ezt az eljárást nevezzük mintavételezésnek. A mintavett jel digitalizálásának több szabványa is van, természetesen ezek nemzetközi megállapodásokban rögzített egységes szabványok. Digitális jelről lévén szó a bitsorok mindössze két jelből épülnek fel, melyek az áramkörben általában feszültségváltozással fognak megjelenni, a számítástechnikában ezt a két értéket „0” és „1” számjegyekkel különböztetjük meg egymástól.

Egyik nemzetközi kódolási szabvány a PCM kódolás, melynek szabvány neve a G.711, egy fix mintavételezési eljárás, amit az ISDN is használ. Itt 8000 jelet vesznek mintaként másodpercenként és 8 bites kódot használnak. Ha az értékeket összeszorozzuk, megkapjuk, hogy másodpercenként 64 kb-es sávszélességre van szükség az átviteléhez. Léteznek olyan szabványok is, amelyek alacsonyabb sávszélességet kívánnak, de ezeknél - mivel kevesebb bittel írják le a hangokat vagy kevesebb mintát vesznek másodpercenként - sokszor kapunk torzabb, nem valóság-hű hangot. Gondoljunk csak arra, hogy egy 8 bites jellel 256 féle amplitúdó nagyságot tudunk leírni, míg egy 4 bitessel már csak 16 félé, de az átvitelhez szükséges sávszélesség csak felére 32 kb/s-ra csökken.



2.3.1. ábra: Néhány hangtömörítő kodek összehasonlítása hatásfokuk alapján.

A G.711 egy tömörítetlen hangátviteli forma, ami kis sávszélességnél sok problémát okoz akkor, ha több csatornát szeretnénk egyszerre átvinni. Ennek orvoslására létrehoztak olyan szabványokat, amelyek a már mintavett és kvantált jelsorozatokat tömörítik így érve el sokkal alacsonyabb, az átvitelhez szükséges sávszélességet. A tömörítéssel akár 10-ed részére is tömöríthetjük a hangot a PCM kódoláshoz képest. Természetesen a mércét mindig az jelenti, hogy két ember között mennyire érthető az átvitt hang. A hangminőség mérésére létrehoztak egy mérési rendszert (MOS), mely 5-ös skálán értékeli az átalakított hangot. Ezen a skálán például a PCM 4.5-ös értéket ér el. Említésre méltó, hogy ugyanebben a rendszerben a G.723.1 vagy a G.729 más néven ACELP kimondottan beszéd tömörítésére használt kódolás 3.5-öt ért el és ez a szabvány a PCM-nél 16-szor kisebb sávszélesség mellett is érthető hangot képes átvinni.

A rendszer egyébként az értékeléseket a tömörítésből adódó hangminőség romlásán kívül a szabványok késleltetését is kiértékeli. A késleltetés nagyon fontos egy hangátviteli kapcsolatnál, mivel az összeköttetés minőségét és a felhasználói élményt nagymértékben befolyásolja. A késleltetés nagyságát főként két érték határozza meg, melyek ugyanúgy igazak a hagyományos telefonhálózatokra, mint a digitálisakra:

- jelterjedési késleltetés: a fentiekben említettem, hogy a hálózatokat felhőként képzelhetjük el, ebben a felhőben többféle hálózati megoldást találhatunk, így az átvitel során a hang többféle szerkezetű (optikai, réz), felépítésű és nagyságú, akár világ kiterjedésű hálózaton keresztül halad. Ezek a tényezők mind-mind késleltetik a jelterjedést.

- jelfeldolgozási késleltetés: Az egyes, főleg digitálishálózatok határán többször AD/DA átalakításra és ki-betömörítésre kerül a hangunk, melyek időigényes feladatok, főleg azokon a hálózati elemeken jelentkezik kritikus mértékben, melyek nem csak hang, hanem egyéb adatforgalommal is meg kell, hogy birkózzanak. Az OSI modell rétegeinek megfelelően több protokoll is lehet egymásba ágyazva, a hálózati eszközöknek ezen protokollok kibontása, kiolvasása valamint a hálózati eszközökön folytatott kommunikáció során a szétdarabolt részek összerakása is időigényes feladat.

Főként pszichológiai hatása van az emberekre telefonbeszélgetés közben a csatornából visszaérkező visszhangoknak, mivel ezek alapján bizonyosodhatnak meg arról, hogy vonalban vannak és nem szakadt meg a kapcsolat. Analóg rendszerekben a visszhang az alkatrészek analóg mivolta - gondolok itt főleg az áthallásról – lévén kialakul, de az ott megszokott visszhang egy olyan digitális rendszernél, ami nagyban védett a zajok ellen már nem hallható. Ezért ezeknek a visszhangoknak a létezéséért külön áramkörök felelősek, melyek vigyáznak arra is, hogy a visszhangot ne 25 ms-nál később halljuk, mert akkor átesünk a ló másik oldalára és az fog zavaróan hatni, hogy később halljuk vissza magunkat. Ezek az áramkörök alkalmasak arra is, hogy a kapcsolat számára valóban zavaró a vonal túlsó végéről többszörösen visszaverődő visszhangokat kiszűrjék.

Úgy vélem sikerült teljes képet adnom a hangátvitel transzport megoldásairól, illetve arról, hogy hogyan lesz a hangból tömörített digitális jel, de bizonytalanság lehet sokak számára az, és felmerülhet az a kérdés, hogy egy hálózat sokadik végpontja hogyan talál meg egy másik, általa célnak megjelölt végpontot? Végiggondolva a rendszert, rögtön arra a megoldásra juthatunk, hogy a végpontok közötti kommunikációhoz valamilyen jelzésrendszer használhatnak a rendszerek.

A jelzésrendszerek tisztázása előtt a transzport modellek ismertetése elengedhetetlen. Azon transzportmegoldásokról beszélek, melyeket a hangátviteli rendszerek alkalmazhatnak. Az első és legegyszerűbb és a számítástechnikai vagy híradási modellekhez hasonló pont-pont közötti összeköttetés, melyet transzport modellnek nevezünk. A pontok alatt telefonközpontokat kell értenünk, mely telefonközpontok természetesen ismerik a hozzájuk kapcsolódó készülékeket. A telefonközpontok között csak kimondottan egymás felé kerülnek küldésre azok a hívások, melyek nem a telefonközponton belül valósulnak meg. A másik megoldásra szolgál - melyet szintén az informatikából vagy híradásból ismerhetünk - a transzlációs modell, ahol egy pont több ponthoz kapcsolódik. Ennél a megoldásnál fontos szerepet kapnak a Voice Agentek, ahogy arról már szó volt az ő feladatuk fogadni a hozzájuk tartozó csomagokat, illetve kiválogatni a hozzájuk tartozókat a felhőkből. A küldést végző Voice Agent egy 'telefonkönyv'-ből dolgozik, mely ismeri a hívandó számhoz tartozó útvonalat. A csomagokat úgy ismerik fel, hogy a hozzájuk érkező hangcsomagon kívül egy jelzés is érkezik, mely információt tartalmaz a fogadott hangadattal kapcsolatban. Ez az információ tartalmazza küldő és fogadó azonosítóit. A jelzéseknek két főcsoportját különböztetjük meg:

- külső jelzésrendszer: A végberendezés és a Voice Agent közötti kommunikációt valósítják meg. Mivel a végberendezések eltérőek lehetnek, gondolok itt LB, CB, Automata, Digitális és Analóg rendszerűekre is valamint a digitális rendszereknél az alkalmazásbeli protokolljaik jelzésrendszereire, ezért a Voice Agentek-től a végberendezésekig menő jelzések is mások. A jelzéseket a központokban lévő trónkkártyák valósítják meg, azoknak megfelelően tudjuk csatlakoztatni a központokhoz a fent felsorolt különböző technikai felépítésű végberendezéseket. Ha nincs olyan trónkkártya a központban, amilyen fejlettségű készüléket szeretnénk használni, akkor csak abban az esetben kapcsolhatjuk hozzá, ha a végberendezés tudja az alacsonyabb fejlettségű szolgáltatás jelzésrendszerét és természetesen a fejlettebb készüléket alacsonyabb szolgáltatáscsomagokkal tudjuk használni. A trónkkártyák szolgáltatásai is eltérőek lehetnek, ezért nem minden extra szolgáltatás vehető igénybe a végponti készülékeken.

- belső jelzésrendszer: A Voice Agent-ek egymás közötti kommunikációjában játszik fontos szerepet. Kiemelten fontos, hogy a Voice Agent-ek ugyanolyan szabványt használjanak a kommunikációban való részvételhez. Minden transzferhálózatnak megvan a saját jelzésrendszere, de mindegyik jelzésrendszer alapfunkcióban kell, hogy támogassa az összeköttetés vezérlést illetve folyamatosan információval rendelkezzen a hívás állapotával és

folyamatával kapcsolatban. Egy hívás alkalmával nincs folyamatos összeköttetés, mivel a hálózatok csak csomagokat küldenek egymásnak, de amennyiben nincs átviendő információ, - amikor egyik fél részéről sem kerül hang a csatornába - akkor is érkezik bizonyos időközönként állapot információ, nehogy a vonal megszakadjon. A jelzésrendszerek az egyes transzporthálózatokon az alap funkciójukon kívül rendelkezhetnek plusz funkciókkal.

3. Internet Protokoll feletti hangátvitel alapjai

3.1. Miért a VoIP?

A csomag alapú hálózatokon való hangátvitel a számítástechnika gyorsan fejlődő világában és rövidnek mondható történelmében viszonylag régi technikának számít. Elterjedése lassúnak mondható - bár ez igaz nagyon sok új hálózati megoldásra is - mivel az internetes hálózatok kiépítettségének foka és velük együtt az új fejlesztések térnyerése legtöbbször nem feltétlenül igény, hanem sokkal inkább pénz kérdése. Manapság legtöbb kormány, kormányzati egység, vállalat és ami nagyon fontos, a legtöbb internetszolgáltató IP alapú rendszereket használ, így leggyakrabban a beszéd átvivő rendszerek is a már kiépített hálózatokra települnek, arról nem is beszélve, hogy a piaci kínálatban szétnézve szinte csak IP alapú eszközökkel találkozunk. Ez azért nem szokatlan, mivel a hardvergyártó cégek is az ilyen képességű termékeiket gyártják olcsón, nagy tömegekben. Az otthoni felhasználók pénztárcakímélésének tekintetében vagy az otthoni internet felhasználók megnyerése érdekében még olyan megoldások is születnek, melyek számítógépes program segítségével egyfajta telefonklienssé alakítják a PC-t és így azok képesek hangátvitelt szolgáltatni, egyik legelterjedtebb ilyen alkalmazás a Skype nevet viseli, de a legtöbb nagy szoftvergyártó cégnek is van saját szoftvere erre a célra. Sőt olyan megoldások is születtek, melyek egy számítógépből képesek telefonközpontot varázsolni Linux alapú operációs rendszer formában, erre egyik nagyon jó példa az AsteriskNow rendszer. Pénztárcakímélő megoldást nyújt nem csak a magánemberek, hanem a kisköltségvetés cégek, vállalkozások számára. A Linux alapú rendszerek nagy előnye, hogy ingyenesek, továbbá az AsteriskNow egy böngészőben megnyitható GUI felületet is rendelkezésünkre bocsát, melyen keresztül egyszerűen és gyorsan beállíthatjuk a telefonközpontunkat.

Mindezeket összevetve úgy gondolom célszerű a VoFR és a VoATM hangátviteli rendszerek mellett a legelterjedtebb és legnépszerűbb, bár néhány paraméterében és néhány megoldásában gyengébb, egyes megoldásaiban viszont markánsan kitűnő hangátviteli rendszerről a VoIP-ról beszélni, ezért jelenlegi írományom további részében a VoIP azon infrastrukturális háttéréről fogok írni, mely ráépül az eddig általam ismertetett modellre. Az OSI modellt véve referenciának az eddig megismert fizikai és adatkapcsolati szintet továbbbontva, átlépek a sorban következő hálózati és átviteli szintekre, melyeken ténylegesen különbözik kiemelt két társától. Természetesen a hetedik szintig végigmenve elemezni

szükséges a rétegek protokolljainak sajátos ismérveit, mivel azok teszik egyedivé. Ezen egyéni sajátosságok miatt beszélhetünk egyáltalán VoIP rendszerről.

3.2. A bemutatandó technikáról

Az előző fejezetben a jelzésrendszerek tárgyalásánál nem említettem azokat az jelzésrendszereket, melyek az egyes hangátviteli rendszerek sajátosságait jelentik. A VoIP-ről kommunikációjának mélyebb megismerése előtt fontos megemlíteni a jelenleg tárgyalandó rétegek átviteli protokolljait, ez esetben az OSI modellnek megfelelően lentől felfelé haladva ETHERNET keretet, IP-t, UDP-t és a TCP-t. Majd ezek megismerése után a VoIP alkalmazásrétegbeli H.323-as, SIP, SCCP és CorNet-IP belső jelzésrendszer protokolljait, melyek a kompatibilis rendszerek alapjain túlmenve nyújtanak interoperabilitási megoldásokat nem csak audio, hanem ahogyan majd látjuk adat és valós idejű video átvitelre is. Szükséges tárgyalni a szolgáltatásminőségről valamint a routolási hibákról.

3.3. Internet Protokoll

Valójában az IP nem más, mint egy csomag, melyet az internet különböző szolgáltatásnál megvalósuló adatforgalomhoz használnak. Tudni kell, hogy az IP csomagot egy ETHERNET keret fogja közre, mely keretet az adatkapcsolati rétegben használnak az internetes eszközök. Minden ETHERNET eszköz rendelkezik egy MAC címmel, ami egy 12 hexadecimális számból álló egyedi azonosítója az eszköznek. A keret fejlécében található a küldő és a célállomás MAC címe. A láblécében pedig egy ellenőrző bejegyzést találunk, mely segítségével a fogadó oldal el tudja dönteni, hogy a kapott adat sérült vagy sem. A hálózatok eszközei különböző módon navigálják a csomagokat. Van, amelyik a MAC cím-et, van, amelyik az IP címet használja az irányításhoz, de ez természetesen a rétegektől is függ. A MAC cím a 2. rétegben, míg az IP a 3. rétegben látja el a navigációt.

Minden egyes hálózatban résztvevő önálló IP végberendezésnek rendelkeznie kell egy IP címmel ahhoz, hogy a kommunikációban részt vegyen. Magyarul az IP felelős azért, hogy a küldött adat célba érjen. Az IP cím, bár ez egy címet szemlélve ránézésre nem derül ki, de két részből áll. Egyik része azonosítja a hálózatot, másik része pedig a hosztot. Egy IP csomag több részből áll, ezek a részek különböző információkat tartalmaznak. Az IP tartalmaz egy fejléceket, amiben küldő és fogadó címét találjuk. Jelenleg a legelterjedtebb cím egy 32 bites

számsor és IPv4-nek nevezzük, a címek 8 bitenként vannak felosztva és decimális számként vannak kifejezve. Ebben a fejlécben találunk információt többek között a csomag méretére illetve azzal kapcsolatban is, hogy a csomag maximálisan hány routeren mehet keresztül. Ezt TTL-nek vagy hop-nak nevezzük, legkisebb értéke 255 lehet. Minden egyes routeren való keresztülhaladáskor az eszköz elvesz egyet az értékéből és annál a routernél, ahol ez a szám 0 a csomag nem kerül továbbküldésre, hanem az eszköz eldobja azt. Erre azért van szükség, hogy ha egy csomag nem ér célba egy redundáns hálózaton, akkor ne keringjen örökre a hálózaton. Mivel a forgalomirányítás hibája miatt végtelen ciklusba kerülhet. Az IP csomag a fejléce után az OSI modell soron következő szintjeinek protokolljait tartalmazza, egészen eljutva alkalmazási szintig, ami után már csak a ténylegesen küldésre szánt adatok helyezkednek el. Az IP-nél fontos tudni, hogy nem végez sem hibajavítást, sem pedig hibakeresést, ezeket a folyamatokat a felsőbb rétegbeli protokollokra bízta. Minden információval a fejrésztől az adatrészig egy IP csomag 512 kb nagyságú is lehet.

Az IPv4-et, amikor megalkotta az ARPANET az 1970-es években, még azt gondolták, hogy az a mennyiségű IP cím, melyet az biztosít bőven elég lesz arra, hogy akik a világon az internetet fogják használni, biztosítsa a hálózaton való részvételt. Azonban a rohamosan terjeszkedő és fejlődő internethálózat már nem képes boldogulni ilyen kevés címmel, ezért ahogy az a bevezetőben említettem a címrendszert jelenleg az IPv6 váltja, melynek a címezése már egy négyszer hosszabb 128 bites számsor, a címek 16 bitenként vannak felosztva és hexadecimális számként vannak kifejezve. Míg 4-es verzió 2^{32} -en számú címet képes szolgáltatni addig a 6-os verzió már 2^{128} -ont. Természetesen ezekből levonásra kerülnek a magán, a szórás, és a tesztelésre szánt IP címek csak úgy, mint elődjénél, de így is közel 10^{36} -on címet szolgáltat ellentétben a 4-es verzió a $4 \cdot 10^9$ -en címkészletével szemben. Újdonság, hogy a címből nem derül ki melyik hálózat részei vagyunk, hanem a cím egy konkrét végpontra vonatkozik, aminek egyszerre több IP címe is lehet. Nem csak a címezésben van változás az új verziónál, hanem a protokoll szerkezet fejlécében lévő információkra vonatkozó leírások is megváltoztak, mivel a címelfogyás által életre hívott új protokoll lehetőséget adott nagyon sok fejlesztésre elődjéhez képest. Például, ha a jövőben olyan új szolgáltatás kerül kifejlesztésre, melyhez a harmadik réteg protokolljában van szükség információ átvitelére, egyszerűen csak hozzáadjuk a fejlécéhez, mivel az abban lévő információknak nincs meghatározott állandó helye és szabadon bővíthető, így természetesen alkalmazkodni tud bármilyen változáshoz is, ezzel biztosítva nagyobb flexibilitást. A lényeg az, hogy a fogadó oldal értse az üzenetet. Ezzel egyúttal az IPv6 fejléce kisebb is lett, mint az

IPv4-e mivel nem tartalmazza azokat az információkat, melyekre az adott átvitelhez nincs szükség. Egy IPv6 csomag akár 4 GB nagyságú is lehet, de természetesen az alsóbb rétegekben lévő protokollok szétdarabolhatják kisebb méretekre a saját átviteli kapacitásuknak megfelelően. Találunk benne egy új szolgáltatást is, mely segítségével sáv szélességet tudunk előre lefoglalni épp a valós idejű (hang, videó) alkalmazások szolgáltatásainak akadálymentes átvitele miatt. Az IPv4 nem teljes egészében volt megfelelő multimédiás alkalmazások adatátvitelére, ezt az IPv6 teljes egészében kiküszöböli. A jó hír pedig az, hogy a technológia 2012-ben végre hivatalosan is útjáraindult és már csak hónapok vagy napok kérdése, hogy a szolgáltatók és a felhasználók mikor állnak át az új címzési rendszerre.

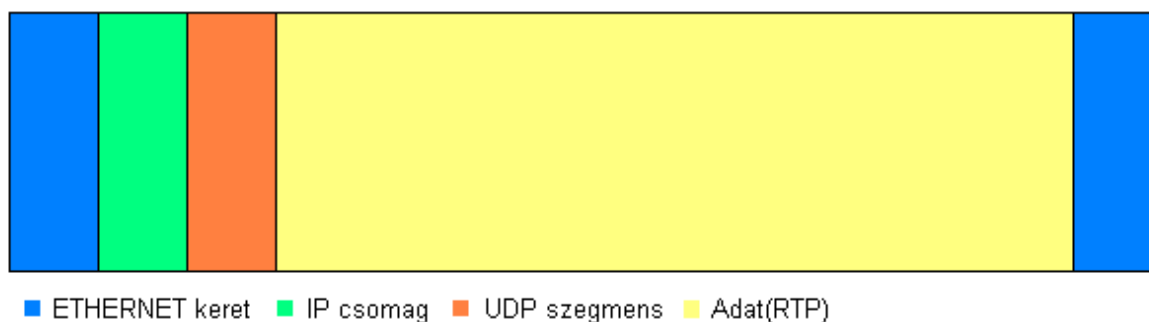
3.4. Szállítási protokollok

Az IP csomag felbontásakor találjuk az OSI modell szerinti következő, átviteli szinten az UDP protokollt a TCP, ICMP, SCTP, RTCP és az RTP protokollok mellett. A szállítási protokollokat tekinthetjük egyfajta szolgáltatónak is, mivel ezek biztosítják az alkalmazások számára a megfelelő átviteli lehetőségeket, illetve nyújtanak többlépcsős szolgáltatásokat az IP-nek, valamint az alsóbb rétegbeli protokollok számára vagy, ha úgy tetszik azokat kiegészítve. Ahogy ismertettem az ETHERNET keret MAC címmel dolgozik, az IP csomag IP címekkel a szállítási protokollok és a fölötté lévő protokollok mind-mind port címezéssel kommunikálnak. Kezdjük a legegyszerűbb viszonylag ritkábban használt mégis sok segítség nyújtó protokollal az ICMP-vel. Ez a protokoll főleg a hálózaton végzett diagnosztikában, tesztelésen van segítségünkre, de a végpontok is küldenek ICMP üzeneteket információszerezés céljából. Az egyik legkorábbi protokoll ezért már parancssori szinten is a legtöbb operációs rendszernél megtaláljuk. Szolgáltatásai között találjuk a csomagok útvonal listázását (traceroute), vagy annak ellenőrzését, hogy a csomag célba ér-e vagy sem (ping).

A TCP protokollról sokat hallhatunk internetezéssel kapcsolatban. Felelős azért, hogy a küldendő adatokat szétdarabolja, IP csomagba tegye majd a fogadó részen kicsomagolja, összeillessze. Természetesen a kiküldött csomagok különböző útvonalakon juthatnak el a célig, ezért a protokoll feladata a datagrammok sorszámozása, sorba rendezése is. Mivel a TCP protokoll folyam alapú, így a hálózaton elveszett vagy megsérült csomagokat a fogadó oldalon újrakéri, majd erre a kérésre a küldő oldalon újraküldi. Valójában ez úgy működik, hogy a csomagküldés után egy nyugtázást tartalmazó üzenetet vár a küldő oldalon,

amennyiben egy bizonyos idő eltelte után nem érkezik meg ez az üzenet a csomagot újraküldi. Képzeljük el, hogy egy honlapot töltünk le és a csomagok fele elveszne letöltés közben, csonka információkból elég nehéz lenne tájékozódni. Igaz az is, hogy a TCP jelentősége a mai korszerű nagy megbízhatóságú hálózatokon egyre kisebb, de nem szabad arról sem megfeledkezni, hogy összeköttetési hibák kialakulhatnak, a lassabb átvitelt biztosító vagy túlterhelt eszközökön torlódhatnak, eldobásra kerülhetnek vagy a vezeték nélküli hálózatokon az összeköttetés megszakadása miatt nem érnek célba az egyes csomagok, melyek pótlására a megoldás csakis a TCP lehet.

Az UDP nem sorszámozza a csomagokat, így a fogadó helyen nem is állítja őket sorba. Az UDP protokoll jellegéből adódóan nem folyamat alapú, hanem burst jellegű, ezért a fogadó oldal nem nyugtázza a fogadást, így az elveszett csomagok újraküldése sem valósul meg. A TCP protokoll ismertetése után könnyebb beszélni az UDP protokollról, mivel nagyon sok tekintetben szöges ellentéte a két protokoll egymásnak. Míg a TCP kiválóan alkalmas szolgáltatásai lévén nem valós idejű alkalmazások adatátvitelére, addig az UDP szöges ellentétben vele teljesen alkalmatlan erre, viszont ő pont a valós idejű alkalmazások adatátvitelében jeleskedik.



3.4.1. ábra: A csomagalapú adatátvitel felépítése a protokollok tükrében RTP segítségével

Általában azok az alkalmazások részesítik előnyben, ahol apró részletekben elégséges az adatokat átküldeni, nem probléma, ha elveszik a csomagok egy része, de a megmaradó csomagok is gyorsan a célhoz érnek. Erre a legjobb példa a valós idejű hanghívás – telefonhívás. Egy másodperc alatt a rendszer átküldhet több tíz csomagot és az egyik valamilyen úton-módon nem érkezik célba, akkor is a hanghívásunkból kevesebb, mint egy tizedmásodperc fog kiesni. Vagy épp két csomag felcserélődik és nem sorrendben egymás után fog megérkezni. Ezekben az esetekben a visszahallott hang nem sokat torzul az eredeti hanghoz képest is jó hangminőségben lesz hallható.

Újabb fejlesztések, a rohamosan fejlődő valós idejű és jó minőségű adatok átvitele céljából hívták életre az SCTP és az RTP protokollokat. Legtöbb esetben az UDP hiányosságainak kiküszöbölésére használják. Természetesen a legújabb rendszerekbe ezek a protokollok is be vannak építve és a Voice Agentek tudják őket alkalmazni. De nem csak egycélú forgalmat tudunk bonyolítani a segítségükkel, hanem az egyszerre több IP címre küldés lehetőségét is támogatják a protokollok, ami alatt a klasszikus csoportos címzéshez hasonló valós idejű műsorszórást kell értenünk. Ahol csak az lesz a csoport tagja, aki kéri.

Az SCTP egyesíti az TCP és UDP protokollokat. Főleg azokban a multimédiás szórakoztató rendszerekben alkalmazzák, melyek kifejezetten multimédiás anyagok szórására vannak kihegyezve. A küldő oldal sorszámozza a csomagokat a fogadó oldal pedig eldönti, hogy sorba rendezi azokat vagy sem, természetesen ez alkalmazás függő. Kimondottan telefon-szerű adatátvitel miatt lett kifejlesztve. Egyszerre több digitális csatornát használ az adatok átvitelére. Egyik csatornáján történik a hangátvitel a többit pedig a jelzések átvitelére használja.

Az RTP-t kimondottan a hang és videó átvitel miatt alkották meg. A hálózatokon az RTCP-vel együtt lett kifejlesztve. Az RTP a hang és video adatokat szállítja, míg az RTCP a csatorna jelzéseit, de az RTCP nem lehet nagyobb a csatorna forgalmának 5%-ánál. Egyik nagy előnye, hogy a többi protokollnál fellépő késleltetéseket lecsökkenti, amit a csomagok küldése közötti idő lefaragásával ér el. Főleg videokonferencia-beszélgetések lebonyolításához használják. Az RTCP kiválóan alkalmas egy időben több résztvevős kommunikáció, így akár konferenciahívások létrehozására.

3.5. Alkalmazásrétegbeli protokollok

A VoIP technológia egy eléggé szerteágazó főleg jelzésrendszereiben változatos hangátviteli megoldás lett. A változatossága azzal magyarázható, hogy a különböző gyártók közel egy időben fejlesztettek, alakítottak át IP alapú rendszereket hangátviteli céllal. Így mai napig nagyon sok megoldás létezik, ezek közül a legelterjedtebbekkel célszerű megismerkedni. Közülük is a H.323-as és SIP nemzetközi protokollokkal, melyeket a VoIP rendszerek egységesítéséért születtek vagy a Cisco saját SCCP és a Siemens saját CorNet-IP protokolljaikkal. Ezek a protokollok természetesen életképesek minden az eddig általam ismertetett fizikai rétegbeli protokolltól egészen a szállítási protokollokig azok tetszőleges

vegyítése esetén. Azt mindenképp látnunk kell, hogy ezek a protokollok jelzéseket szállítanak egyik végponttól a másikig, így a központok szolgáltatásait ők fogják ellátni.

Elsőként ismerkedjünk meg a H.323-as protokollal. Illetve nem is egészen csak egy protokollról van szó, mivel a H.323 név nem csak egy protokollt, hanem a hálózati eszközöktől megkezdve alkalmazási protokollokig egy teljes multimédiás rendszer nevét jelenti, mely lehetővé teszi a különböző gyártók eszközeinek interoperabilis együttműködését. (H.323 umbrella recommendation). Továbbá megfelelő minőségi paraméterekkel látja el azokat a hálózatokat, melyek nem képesek hang és video átvitelére így támogatva az internetes telefonálást és konferenciabeszélgetést, videokonferenciát. A protokoll lehetővé teszi a pont-pont közötti és a pont-többpont közötti kommunikációt. Önmagában az alkalmazásrétegbeli protokoll jelzésátvitelre szolgál, kommunikációs feladatokat lát el. Több alösszetevője van, melyek a különböző médiaformátumok átvitelét kezelik, illetve a tömörítésért felelnek. Magát a teljes H.323 rendszert és annak eszközeit egy későbbi fejezet részben ismertetem részletesen.

Másodikként pedig ismerkedjünk a SIP protokollal, mely kimondottan egy kommunikációs protokoll és nagyon hasonlít a web böngészők HTTP protokoll kérés-válasz modelljéhez, mivel ez is egyszerű szöveg alapú illetve kimondottan UTF-8 kódolást használ. A főerőkifejtése pedig a pont-pont kapcsolatok létesítésére összpontosul. A protokollt természetesen így magában nem is lehet telefonálásra használni a hangátvitelét az RTP protokoll biztosítja. Sokkal egyszerűbb és 'butább' protokoll, mint a H.323, mégis egyre népszerűbbé kezd válni, mivel a VoIP rendszerek jelentős napjainkban gyártott része ezt használja, talán pont túlzott egyszerűsége miatt, ami nem csak az átviteltechnikájára vonatkozik, hanem beállíthatóságára és telepítésére is.

A nagy gyártók legtöbb esetben próbálják hadititokként kezelni protokolljaik működését, így van ezzel a Cisco és a Siemens is. Kevés nyilvános információt lehet megtalálni protokolljaikról az interneten, a szakkönyvekben pedig általános leírásokat találunk az eszközeik működéséről. Ezért felhasználtam a Wireshark nevű számítógépes hálózatmonitorozó programot és a Cisco valamint a Siemens központokból rögzítettem adatfolyamokat, melyekből világosan kiderül, hogy a cégek bármennyire is rejtegetik, vagy illetik más néven protokolljaikat azok mögött, bár kicsi finomításokkal a már jól bevált H.323 és SIP protokollok dolgoznak. Sikert a gyártók honlapjain található leírásokból megtudnom, hogy a Siemens CorNet-IP protokollját HFA fantázianéven is megtaláljuk. ISDN vonalon, annak a D csatornáin viszi át a jelzésinformációit és teljes mértékben kompatibilis a SIP rendszerekkel. A Cisco tekintetében pedig ugyanez a kompatibilitási mérték elmondható a

H.323-as protokollal. Megfigyelhető egyébként, hogy azok a részek, amelyek nem mutatnak kompatibilitást, a gyártó specifikus többlétszolgáltatások körében mutatkoznak meg.

3.6. A H.323 rendszer

A H.323 protokoll specifikációját a Nemzetközi Telekommunikációs Szakszervezet (International Telecommunication Union) a digitális telekommunikációs rendszerek egységesítésért hozta létre. A protokoll, ahogy azt már ismertettem a kommunikációs réteg része és a belső jelzésrendszer megvalósításáért felel. A belső jelzésrendszer önmagában nem tudna különböző telefonrendszerbeli szolgáltatás megvalósítani, ezért több olyan eszközt tartozik hozzá, melyekkel egységes rendszert alkot. Vigyázni kell viszont, mert nem feltétlenül lesz minden H.323-at használó rendszer minden szolgáltatásában interoperabilis, mivel a H.323 protokoll tartalmaz egyéni bővítési lehetőséget, amelyet a gyártók általában ki is használnak. Így előfordulhat az, hogy két különböző gyártótól származó eszköz, sőt ugyanattól a gyártótól származó két különböző típusú eszköz nem fog ugyanazzal a szolgáltatáscsomaggal rendelkezni. Szót ejtettem arról is, hogy azokon a hálózatokon jelent megoldást, melyek nem rendelkeznek megfelelő minőségi paraméterekkel. Mivel nem foglalkozik más alsóbb rétegbeli protokollokkal, így a hálózati architektúrájába bármilyen olyan eszköz beilleszthető, melynek alkalmazásrétegbeli protokollja a H.323 lehet. Ilyen módon bármely csomagalapú adattovábbítási rendszerben használható.

A H.323 rendszernek egész architektúrája van, melyhez nem csak az alkalmazásbeli protokoll tartozik, hanem hardverelemek is. A protokollhoz tartozó hálózati eszközök között található terminál, gateway, gatekeeper és a pont-többpont kapcsolat létrehozását lehetővé tevő egységek. Ezek a rendszerelemek vesznek részt a kommunikációban és a vezérlésben. Illetve egy H.323 rendszerben a H.323 protokoll mellett dolgoznak még a H.245 és a H.225.0 protokollok is. Ezek lehetővé teszik a pont-multipont kapcsolatokat is a pont-pont kapcsolatok mellett illetve alkalmasak arra, hogy a konferenciabeszélgetéseket ne egy végberendezés vezérelje, hanem osztozzanak az erőforrásokon.

Ismertettem a csomagkapcsolt hálózatoknál a Voice Agentek szerepét a H.323 rendszerben ezeket termináloknak nevezik, nevük változása ellenére feladatuk nem változik, vagy csak annyiban, hogy a neki megfelelő végponton átjárókkal és többponti összeköttetésért felelős eszközökkel kommunikálhat. A terminálok képesek hang, hang-adat, hang-videó kommunikációkra. A következő elemekkel mindenképp rendelkeznie kell egy terminálnak:

- H.245 protokoll, mely ellátja a hívás közbeni teendőket állandó sávszélesség lefoglalás, csomagkezelés, tulajdonképpen a csatorna minőségi paramétereirel felelős.
- Q.931 hívásfelépítésért és vezérlésért felelős jelzésprotokoll.
- RAS protokoll, mely a gatekeeperrel való kommunikációt valósítja meg.
- RTP/RTCP protokollok, ahogy már szó volt róluk adat és video szállításért felelnek, illetve azok átviteléhez szükséges jelzéseket szállítják.

Vannak olyan szolgáltatások is, melyeket nem feltétlenül tartalmaz egy H.323-as rendszer csak opcionálisan beépíthető, ahogy említettem, ezek miatt lehet szolgáltatásaiban eltérő két H.323 eszköz:

- Video kodekek: Segítségükkel a video átvitel sávszélesség-igényét tudjuk lecsökkenteni, többféle kódoló eljárást használhat a videók méretének csökkentése céljából.
- T.120 adatkonferencia protokoll: a multimédiás tartalmak valós idejű átvitelét biztosítja, főleg itt a video és hang együttes szinkronban való átvitelére gondolok.
- MCU-val való kommunikációs képesség: Több résztvevős központosított konferenciabeszélgetések céljából.
- Gateway: más hálózatokba való átjárást illetve a különböző protokollok, kommunikációs eljárások és kodekek közötti átalakítást, átjárást teszi lehetővé.

Az IP rendszereknél általában a végberendezést kell felkonfigurálni ahhoz, hogy részt vegyen a kommunikációban, nem pedig a központról fogja betölteni a kommunikációban való részvételhez a paramétereket, viszont a szolgáltatásokat a központtól fogja kapni, ezeket pedig egy H.323-as rendszerben a gatekeeper fogja szolgáltatni, abban az esetben, ha a rendszer tartalmazza, mivel nem kötelező eleme egy H.323 rendszernek. A gatekeeper más eszközről, esetleg szoftveresen is megvalósítható. Bármilyen megoldás is legyen a szolgáltatások, melyeket biztosan megtalálunk egy ilyen eszközben a következők:

- Címfordítás: Egy egyszerűbb, vagy egységesített fix hívószámra fordítja IP címünket, mely fordításokat adatbázisában tárolja és egy összeköttetés felvétele esetén onnan olvassa ki.
- Kérések vezérlése: A hálózaton lévő VoIP eszközök kéréseit azonosítja és eljuttatja a kérésnek megfelelő eszközhöz.

- Sáv szélesség vezérlés: a minőségi hangátvitelhez szükséges sáv szélesség lefoglalását vezérli.
- Területkezelés: Az eddig említett szolgáltatások érvényesítésére szolgál a hálózat többi elemén.

Ahogy a termináloknál ugyanúgy a gatekeeper funkciót betöltő eszköznél is igaz, hogy a szolgáltatásokban lehet eltérés, mivel itt is vannak opcionálisan beépíthető funkciók:

- Hívásirányítás-jelzés: Főleg egy bonyolultabb hálózaton általában eleme szokott lenni a H.323-as rendszernek. Feladata a jelzésrendszer biztosítása.
- Jogosultság kezelés: Segítségével többféle jogosultsági tényezőt beállíthatunk, így érvénybe léptethetünk, mind összeköttetésbeli, mind időbeni és mind prioritásbeli korlátozásokat.
- Sáv szélesség kezelés: Több összeköttetés esetén, ahol lecsökken a szabad sáv szélesség vagy eleve alacsony sáv szélességű hálózaton a nagyobb prioritású hívásoknak ad megfelelő minőségű vonalat vagy ennek megfelelően korlátozza az alacsonyabb prioritású összeköttetések létrejöttét.
- Híváskezelés: Egy adatbázist hoz létre, mely a folyamatban lévő hívásokat tartalmazza, ez alapján tud a hálózat foglalat jelzést adni, vagy hívásban lévő csatornabeli funkciókat kezelni.

A felsorolt szolgáltatásokon kívül természetesen léteznek még szolgáltatások, de ezek gyártó specifikusak vagy csak ritkábban használjuk őket.

A H.323 rendszer fontos része a konferenciahívást biztosító egység (MCU), melyre igazából csak akkor van szükség, ha a konferenciabeszélgetést központilag szeretnénk vezérelni, mivel más a H.323-al együttműködő protokollok képesek az osztott konferenciabeszélgetés létrehozására.

Az MCU-nak két része van az MC és az MP. Az MC feladata a 3 vagy annál több résztvevős hívások irányítása, de feladata nem csak a hangátvitelre, hanem a konferencia-videó átvitelére is kiterjedhet. Valójában ő azt a folyamatot irányítja, amit az MP feldolgoz számára. Az MP nemcsak központilag feldolgozza a konferencia adatait, hanem párosítja az audio, adat és video csomagokat, illetve információt szolgáltat a csatornák kiépülésével kapcsolatban.

Arról szó volt, hogy a video átvitel opcionális része a rendszernek röviden csak annyit szeretnék bemutatni, hogy milyen minőségű video átvitelére alkalmasak az egyes kodekek. A legalacsonyabb felbontás, amivel rendelkeznie kell egy video átvitelre alkalmas H.323 rendszernek az 128x96 pixel és 30 képet kell tartalmaznia másodpercenként, ezt nevezzük SQCIF-nek. A videó átvitelét a H.261 és H.263 nevű kodek végzi. A kodekek egyébként nem teljes képet viszik át, mindig csak annyit belőlük, ami az előző mintához képest különbség. A legnagyobb átvihető kodekek által biztosított formátum a 16CIF, melynek felbontás 1408x1153 pixel, ez méreteiből is látszik, hogy elég robosztus és nagy sávszélesség kell az átviteléhez. Az alap video formátumot CIF-nek nevezzük, ezt mindkét kódolás ismeri, felbontása 352x288 pixel.

A H.323 protokoll tanulmányozása után annyit sikerült megállapítanom, hogy bár sokkal összetettebb és kevésbé népszerű, mint a SIP, de valójában egy egész rendszert alkot, mely nemzetközileg egységes és nagyon jól ráépíthető a már meglévő számítógépes hálózatok rendszerekre is akár. Kiválóan alkalmas különböző képességű készülékek közötti konferenciabeszélgetések létrehozására és megfelelő telefonrendszerbeli szolgáltatások biztosítására.

3.7. SIP rendszer

Csakúgy, mint a H.323 rendszernek a SIP rendszernek is megvannak az építő elemei, bár jóval kevesebben vannak és jóval egyszerűbbek, mint a nagy testvére. Maga a SIP rendszer is legalább olyan egyszerű, mint a szöveg alapú protokollja. Magában a protokollban is mindössze háromféle állapotüzenet csoport van. Ezek a hívás létrehozására, módosítására és befejezésére irányulnak.

A SIP kommunikációban résztvevő eszközök:

- user agent (UA): a végberendezés. Lehet konkrét fizikai IP telefon vagy softphone kliens. Magába foglal két szolgáltatást is az egyik, melyen keresztül kiküld kéréseket a szervernek, a másik, pedig ami fogadja és válaszol a szerver kéréseire.
- SIP proxy szerver: ezzel a modullal kommunikálnak a kliensek, és ebből kifolyólag ismerik a hálózaton azoknak a helyét (location service). Két típusát különböztetjük meg, az egyik tárol állapotüzenetet, míg a másik nem.

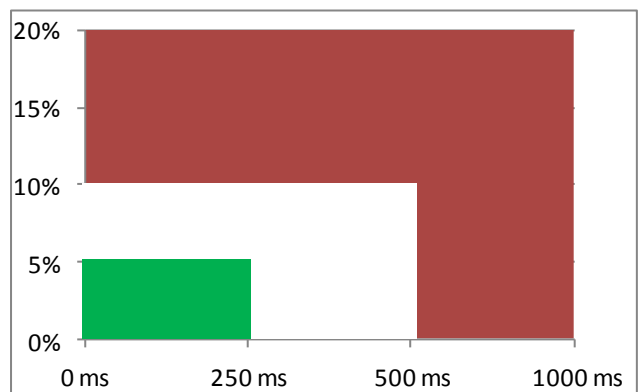
- redirect szerver: a domainek közötti kommunikációnál van szerepe a SIP proxy szerverekhez kapcsolódik közvetlenül.

A SIP mindennemű kommunikációjának átvitelére UDP/RTP protokollt használ és természetesen a megfelelő átviteli minőséget itt is az RTCP protokoll biztosítja a hálózatokon.

A hívás felépítésnél a SIP kliens egy „INVITE” üzenetet küld a hívandó kliens nevével a proxy server felé, majd a server a hívandót értesíti és a hívónak egy „100 TRYING” üzenete küld, azzal egy időben, hogy a hívott klienst tárcsázza egy „180 RINGING” üzenettel. Amint a hívott kliens „200 OK” üzenettel válaszol, a kapcsolat létrejön. A hívás bontásakor a bontást kezdeményező egy „BYE” üzenetet küld az a másik félnek, majd erre a másik fél kliens egy „OK” üzenettel szintén kiszáll a kapcsolatból.

3.8. Szolgáltatásminőség

Hivatkoztam már több ízben arra, hogy a protokolloknak képesnek kell lenniük egy megfelelő szintű minőséget nyújtani az alkalmazások zavartalan működéséhez, amely nem csak az IP hálózatokon igaz, hanem az összes csomagkapcsolt átvitelt megvalósító hálózaton. A megfelelő szintű minőség pedig nem jelent mást, mint a megfelelő sávszélesség biztosítást, mely csatornánként minimálisan 7-8 kbit/s, de az ajánlott 15 kbit/s. Természetesen a késleltetés mérete is egy minőségi követelmény, melynek a mértéke két végpont között nem szabad, hogy meghaladja a negyed vagy maximálisan fél másodperces időt. Nagyon fontos még az is, hogy a valamilyen úton-módon elvesző csomagok mértéke az összesen elküldött csomagok mértékének 10%-a alatt maradjon.



3.7.1. ábra: A QoS minőségi határai a késleltetés és a csomagvesztés arányában.

Van egy bizonyos jitter érték, amiről még nem esett szó. A jitter magyarul késleltetés-ingadozást jelent. Az apró mintákat a hálózati eszköz egy mesterségesen késleltetett mechanizmussal fogja csomagokba szervezni. Több mintát pufferel egymás után és megadott időközönként a mintákat egy csomagba rendezve küldi tovább. A megfelelő szolgáltatásminőség eléréséhez ennek az időköznek a nagysága 30 ms körül kell, hogy

mozogjon. A nagyon nagy eltérés mind negatív, mind pozitív irányban okozhat akadozást a csatornában.

A fent felsorolt tényezők természetesen konstans berendezéstől függő tényezők, de a szolgáltatás minőségét befolyásolja nagyban a hálózatok aktuális állapota, pillanatnyi hálózati forgalom nagysága és a csomagok torlódása, valamint nagyon fontos, hogy lehetnek irányítási hibák is.

A QoS (RFC 3714) előírásainak megfelelően összességében arra következtethetünk, hogy egy adott szolgáltatásnak megfelelő sávszélesség és jitter érték mellett akkor mondható egy csatorna jó minőségűnek, ha abban a csomagvesztés mértéke 5% alatt és a késleltetés mérete 250 ms alatt van. Az ilyen minőségű csatornák kiválóan alkalmasak kormányzati és vállalati és így a Magyar Honvédség telekommunikációs igényeik kielégítésére, melyek a laktanyákon, hivatalokon belüli és azok közötti hívások kiszolgálását tennék lehetővé. A következő határvonalat a minőségbiztosításban a 10% csomagvesztés és az 500 ms-os késleltetés adja. Az ilyen minőségű csatornák megfelelőek a hétköznapi magánbeszédnek lebonyolítására. A jelenlegi analóg rendszerek hangminőségét vizsgálva elmondhatjuk, hogy akár ezen értékek is megfelelhetnek a honvédségi használat igényeinek. Az e fölötti értékekkel rendelkező csomagalapú átvitelt biztosító rendszerek csatornái nem alkalmasak beszéd átvitelre.

A QoS rendelkezik egy RSVP nevű saját szállítási rétegbeli protokollal, mely a többi azonos rétegszinten lévő protokollal ellentétben nem tartalmaz felsőbb rétegbeli protollokat, így természetesen adatokat sem küldhetünk segítségével. Ez a protokoll egy jelzésprotokoll, mely a végpontok között sávszélesség és puffer foglalatást végez a routereken és a switcheken. A protokoll az erőforrás lefoglalások állapotüzeneteit - amennyiben az összeköttetés él - meghatározott időnként, periodikusan küldi. Az eszköz, amin a foglalás történt ugyanilyen időközönként törli a foglalást. Ezért nem fordulhat elő az, hogy ha már megszakították a hívást, akkor is megmarad a lefoglalás. Természetesen a protokoll lehetővé teszi azt is, hogy azok az eszközök, melyeken a lefoglalás megtörténik, ellenőrizzék a jogosultságot.

3.9. Útvonal választási hibák

A QoS nem tudja kezelni a routereken, azok feldolgozási képességeikből fakadó késleltetést, de mindenképp figyelembe kell vennünk, mivel az általam szemléltetett hálózati

felhőben nagyon sok olyan eszköz lehet, mely a csomagokat irányítja és ezek a berendezések többféle struktúrában kapcsolódhatnak egymáshoz, vagy többféle módon lehetnek felkonfigurálva, így a csomagküldés pillanatában nem is tudhatjuk, hogy egy-egy általunk küldött csomag milyen útvonalon fog eljutni a célig. Nagyon sok esetben történik meg az, hogy csomagunk nem a legrövidebb utat használja.

Előfordulhat olyan hiba, hogy egy virtuális hurok képződik és az általunk küldött csomag nem jut el a célig, hanem valamilyen úton visszakerül a saját helyi hálózatunkba. Esetleg a virtuális hurok routerről-routerre küldi körbe-körbe a csomagunkat egészen addig, amíg az IP csomag ugrási értéke 0 nem lesz és eldobásra kerül a csomag.

Mivel a különböző rétegekben a különböző protokollok más-más csomagmérettel dolgoznak, így előfordulhat, hogy a megfelelő csomag összeállítása után a router az IP csomagunk egyik felét „A” irányba másik felét pedig „B” irányba küldi el. Általában ezt azért teszi, mert nem feladata a csomagok helyes sorrendben való küldése, annál inkább feladta a hálózat terhelésének csökkentése. Így ezzel a módszerrel osztja meg portjain a terhelést. A nem valósidejű alkalmazásoknál ez észrevehetetlen, viszont a valósidejű alkalmazásoknál sajnos növeli a késleltetést.

Gyakran olyan hiba is előfordul, hogy a routerek a két végpont felől nem azonos útvonalakon küldik a csomagokat, így aszimmetriát okozva a hálózatokon. Ez azért lehet problémás, mert míg az egyik oldalon normális minőséget tud produkálni a hálózat, addig a másik oldalon a csomagok nagyobb késleltetéssel fognak megérkezni. Ilyenkor a két beszélő fél nem egyforma minőségben fogja egymást hallani.

Még hibát okozhat a routerek szempontjából az, amikor a routerek nem állandó útvonalon küldik a csomagokat, hanem azokat változtatják saját routing protokoll értékeiknek megfelelően, arra vonatkozóan, hogy mikor melyik hálózat melyik porton érhető el hamarabb. Nagy általánosságban egy hívás alkalmával a csomagok kevés kivétellel, de ugyanazon az útvonalon „közlekednek”.

4. Internet protokoll feletti hangátvitel

4.1. VoIP hálózatok tervezése, kivitelezése

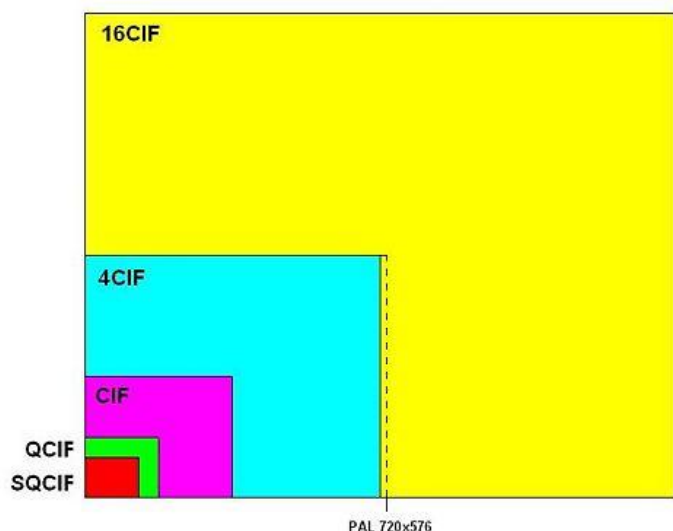
Amikor VoIP hálózatot tervezünk, elsőként azt kell megállapítanunk, hogy milyen célra fogjuk használni, ennek megfelelően milyen minőséget kell produkálnia a rendszerünknek, majd ezek után pedig a felhasználható keretből kell ennek a célnak megfelelően gazdálkodnunk. Fontos az elején azt is tudni, hogy hány felhasználója lesz a hálózatunknak. Illetve ha már kiépített telefonrendszerünk van, akkor érdemes azt is kiszámolnunk, hogy a ráfordítás mennyi időn belül térül meg.

A fent felsorolt kérdéseket igazából át kell fordítanunk technikai paraméterek kérdéseivé. A minőségi követelményekhez a rendszerünknek biztosítania kell a QoS előírásait. Egy komolyabb rendszerhez, mint amelyet a Magyar Honvédség is megkövetel kiváló minőségű csatornát kell biztosítanunk. Ahogyan a minőségi paramétereknél részleteztem egy ilyen csatornához maximum 250 ms-os késleltetést engedhetünk meg. A végponttól a Voice Agentig, illetve a központi rendszerig való eljutása a hangnak, illetve a vonal másik végén a központi rendszertől a Voice Agenten keresztül a végpontig összesen 50 ms-os feldolgozási késleltetést jelent. Ehhez kell hozzáadnunk a vezetékeken való terjedést, de mivel vagy egy lokális hálózatról beszélhetünk manapság, vagy egy olyan országról, ahol a jel egy nagysebességű hálózaton halad, így ez az érték elhanyagolható. Az igazán számottevő késleltetés akkor adódik, ha a forgalmunk egy nagy többféle szegmensből álló hálózaton halad és ott az áthaladás miatt többször kerül ki-és becsomagolásra a hálózatok saját protokolljainak megfelelően. Esetleg műholdat használunk, ahol a késleltetés két műhold között 250-400 ms. Ekkor viszont bajban lehetünk, mivel könnyen túlléphetjük a maradék 200 ms-ot, amiből még gazdálkodhatunk a kiváló minőségű csatornához.

Figyelnünk kell arra is, hogy milyen tömörítést fog a hálózatunk használni, mivel a megfelelő tömörítési algoritmussal, kodekkel nagy sávszélességet spórolhatunk. Egy primer 2 Mb/s-os vonalon 32 db 64 kb/s-os csatornánk lehet. Mely tömörítés nélküli VoIP vonalnak felel meg azzal a különbséggel, hogy az ISDN-nél 64 kb-es sávszélesség állandóan fenn van tartva a jelzésátvitelre. Ez úgy alakul, hogy egy ISDN vonal 30 fix beszédcsatornával rendelkezik. Egy csatorna a teljes 2MB-os adatfolyam szinkronjeleit hordozza, egy csatorna pedig a hívások jelzésátvitelére szolgál. Elvileg ez olyan, mintha a beszédcsatornákon az RTP protokoll adatai folynának csak, a D csatornán pedig az alkalmazásszintű protokolloknak megfelelő jelzések.

Amennyiben viszont a legtöbb VoIP rendszerben elérhető G.729 kódoló algoritmust használjuk, akkor 8 kb/s-ra csökkenthetjük csatornánk méretét, ami 8-ad része egy ISDN csatornának. Az átalakítás pedig 10 ms-mal növeli csak a késleltetést. Ettől az algoritmustól létezik lényegesen jobb és rosszabb értékekkel bíró is. A G.726 például csak 32 kb/s-ra képes tömöríteni, de a késleltetést mindössze csak egyetlen 1 ms-mal növeli. A másik véglet a G.723.1, amit már megemlítettem a csomagkapcsolt hálózatról szóló résznél. Ez az eljárás 5.3 ms-ra képes lecsökkenteni a sávszélesség igényét az átvitelre szánt hangnak, viszont a késleltetést 30 ms-mal növeli, ez helyi hálózatokon való alkalmazásra kiváló. Természetesen minél nagyobb sávszélességet nyerünk, annál rosszabb hangminőséget tudunk produkálni a másik oldalon, ezért célszerű úgy megválasztani a kodeket, hogy ne legyen rossz a hangminőség, a felhasználandó sávszélesség is elég legyen, illetve a késleltetés se növekedjen nagymértékben.

Az eddigi értékek produkálása valamilyen mértékben függött attól, hogy mennyi pénzt fektetünk bele a hálózatunk kiépítésébe. Az viszont igaz, hogy egy kisebb olcsóbb helyi hálózaton könnyebb jobb értékeket produkálni, mint egy több telephellyel rendelkező nagyvállalati vagy kormányzati hálózaton. Egy nagy hálózatba minél többet befektetünk, később annál többet spórolhatunk. Egy nagy hálózat tervezésénél fontos először a hálózati struktúra megtervezése, majd a hálózati eszközök helyének meghatározása. A VoIP hálózatok teljes mértékben megegyeznek a LAN hálózatokkal, annyi különbséggel, hogy lehet egy-két kiegészítő eszköz, amely a VoIP alkalmazásszintű protokolljait fogja szolgáltatni. A LAN hálózatokon a nagy hálózatok közötti forgalomirányítást a routerek fogják ellátni a routerekhez, switchek fognak csatlakozni, melyekre viszont a végberendezések csatlakoznak. A tisztán VoIP hálózatokon a Voice Agent-ek szerepét a végberendezések fogják betölteni, viszont ahol analóg készülékek is csatlakoznak a hálózathoz, vagy olyan hálózatba kerül továbbításra a hang, ahol analóg módon kerül továbbításra, szükség van Voice Agentre is. A hálózati eszközök ára változó, egy komoly rendszernek az elemei általában drágák, de azokból jól működő egységes rendszert tudunk kialakítani.



Formátum	Video felbontás
SQCIF	128 × 96 px
QCIF	176 × 144 px
CIF	352 × 288 px
4CIF	704 × 576 px
16CIF	1408 × 1152 px

4.1.1. ábra: A CIF video különböző formátumainak felbontása.

Forrás:
http://ru.wikipedia.org/wiki/Common_Intermediate_Format

Természetesen tarthatunk igényt video átvitelére is, ez természetesen plusz sávszélességet igényel. Az ismertetett CIF formátumok közül egy normális video minőséget érhetünk el, ha az alap CIF formátumot használjuk. Amennyiben rendelkezünk elég sávszélességgel és kiváló minőségű videót szeretnénk produkálni a csatorna mindkét oldalán, használhatjuk a 16CIF formátumot is. Egy CIF video forgalomhoz 128 kb/s állandó sebességre van szükségünk, míg egy 16 CIF-hez már 2 Mb/s-ra. Amennyiben egy olyan cégnek tervezünk, ahol mindennaposak a videokonferenciák és a legkiválóbb minőségű videót szeretnék transzportálni, ott számolnunk kell legalább egy szinkron 6-8 Mb/s-os internetkapcsolat költségével is ahhoz, hogy ki tudjuk ezt a fogalmat szolgálni a külső hálózatokba. Belső hálózatokon bizony nem probléma, mert a napjainkban gyártott eszközök biztosítják ezt a sávszélességet. Ha már sávszélességnél tartok, akkor meg kell említenem, hogy a hanghívások külső hálózatba küldésére és fogadására egy normális forgalmú, megfelelő hangminőségű, körülbelül 30 hanghívást egy időben bonyolító hálózatnak elegendő a szinkron 2 Mb/s-os átviteli sebesség.

Az elektromos hálózatot együtt kell terveznünk az adat-hang átviteli hálózattal, mivel a digitális hálózat nem működik táplálás nélkül. Manapság gyártanak olyan switcheket, melyek támogatják a PoE funkciót, így nem kell külön tápot működtetnünk végberendezésünkhöz. Nagyméretű hálózat esetén a központosított hálózat nagy hőt termel, így annak egy légkondicionált szerver szobát célszerű kialakítanunk. Valamint az elavult elektromos hálózatot célszerű korszerűsíteni. Továbbá érdemes a kiemelten fontos hálózati elemeket szünetmentes tápegységekkel, illetve a központi helyeket aggregátorral is támogatni.

Mivel VoIP-ről beszélünk és hangforgalomról, meg kell említenem, hogy lehetőségünk van a hálózatunkat virtualizálni oly módon, hogy csak egy külön virtuális

hálózaton (VLAN-on) engedjük a hangforgalmat, ezzel megfelelő infrastruktúrát, illetve rendelkezésre állást teremteni a szervereken, hogy ne szenvedjenek nagyobb késleltetést a többi adatforgalom miatt.

Figyelembe kell vennünk azt is, ha már van kiépített számítógépes hálózatunk, mivel kis fejlesztéssel VoIP kommunikációra alkalmas hálózatot teremthetünk, és ha nagy kényelmi igényeink nincsenek, nem kell a végberendezéseket sem megvásárolnunk, mert egy átlagos számítógép konfigurációra telepített softphone-nal – ami gyakorlatilag egy emulált telefon - is kommunikálhatunk. A központot pedig egy fizikai eszközzel vagy akár egy a már általam említett AsteriskNow operációsrendszerrel, vagy ahhoz hasonló VoIP szerverrel kiváltó rendszerrel kivitelezhetjük.

A hálózat tervezésénél semmiképp sem szabad azt elfeledni, hogy a hálózatunkon a jövőben nagyobb forgalom bonyolódhat, vagy újabb végponti felhasználóink lehetnek, ezért gondolnunk kell mindenképp a jövőbeli bővítésekre is, oly módon, hogy magát a hálózatot ennek megfelelően, ennek megfelelő eszközökkel építjük ki és az erőforrásokat úgy állítjuk be, hogy a rendszernek legyenek kellő tartalékai. Ez egyébként egy nehezen terhelt időszakban is meggátolhatja a hálózat túlterhelését, esetleg összeomlását.

4.2. VoIP kommunikáció

Miután ismertettem a legfontosabb elemeit a VoIP kommunikációnak, illetve nagyvonalakban szót ejtettem a VoIP hálózatok tervezéséről, nem maradt más hátra, mint a VoIP kommunikáció létrejöttét ismertetnem. Laikusan: Mi történik, ha felveszem a kagylót és „tárcsázok” egy számot?

A végberendezések megfelelő konfigurálása után – mely a központ eléréséhez és a regisztrált felhasználó bejelentkezéséhez szükséges adatok felkonfigurálását jelenti -, az alkalmas lesz, hogy a megfelelően konfigurált központra bejelentkezzen. A hálózatra és a hívásra vonatkozó szabályokat a központ tartalmazza. Amennyiben beütök egy számot, azt általában TCP protokoll segítségével egy csomagot küld a központhoz a hívás felépítéséhez szüksége paraméterekkel. Innen két eset lehetséges az első, amikor a központ egy adatbázisból kikeresi a megfelelő számhoz tartozó IP címet és azt visszaküldi a végberendezésnek, ami a már kiosztott IP címmel fog továbbiakban kommunikálni. A másik eset, amikor szintén eljut a központig a kérés, de a központ csak visszajelez, hogy elérhető vagy sem a szám és a továbbiakban ő közvetíti a kommunikációt saját magán keresztül.

Mindkét esetben az üzenettovábbítás RTP protokollon keresztül fog megtörténni a jelzéseket természetesen az RTCP és UDP protokollok fogják biztosítani és olyan információk átvitelére, melyek elengedhetetlenek a csatorna fenntartására természetesen a TCP protokollt fogják használni a berendezések. Ezek a protokollok nem csak a hívás folyamatot fogják biztosítani, hanem a hívás közben használt szolgáltatásokat is irányítják. Egy H.323 rendszerben, ahol konferenciahívást szeretnénk kezdeményezni ott, az általam már ismertetett módon a gatekeeper-ek fogják biztosítani az összeköttetéseket. Amennyiben analóg készülékünket szeretnénk csatlakoztatni a hálózatra, szükségünk van egy Analóg Telefon Adapterre (ATA), mely képes a végponti címzések és beállítások felvételére, valamint arra, hogy a jelzéseket a végberendezés felé eljuttassa és természetesen a végberendezés felőli jelzéseket átalakítsa, majd a központ felé eljuttassa.

A hálózatban található gateway-ek, pedig az RSVP protokollokat fogják automatikusan terjeszteni azon az útvonalon, ahol a hívás halad, hogy ne legyen minőségi problémája a hívásnak.

4.3. VoIP rendszer egyéb szolgáltatásai

A VoIP rendszer főként a hang és a hozzá tartozó jelzésinformációk átvitelére szolgál, de élvezhetjük egyéb szolgáltatásait is, csakúgy, mint egy normál analóg telefonnak.

Egyik lényeges szolgáltatása a számlázás. Fontos egy vállalatban belül vagy egy szolgáltatónak tudnia, hogy a nem belső hálózati irányú, nyilvános telefonhálózatba irányuló hívások kihez tartoznak és ezért mennyit kell a nyilvános telefonszolgáltatást adó cég felé elszámolni, hogy tudják egyáltalán, hogy mennyi az a hálózati kapacitás, a mit a felhasználó igénybe vett és ennek az árát meg tudják fizettetni a vele. A rendszer egyik eleme egy számlázó szerver, mely egy adatbázist kezel. A számlázó kliens a gateway és/vagy gatekeeper eszközökön fut, mely folyamatosan kommunikál a számlázó szerverrel. A szerver tartalmaz tarifa adatbázist is, melyen beállíthatunk többféle számlázási szabályt, mely vonatkozhat célhálózatra vagy időszakra. Általában web felületes grafikus hozzáférést biztosítanak a beállításokhoz, de a felületen keresztül lehetőségünk van a számlák nyomtatására is. A számlázási rendszereken beállíthatunk feltöltő kártyás fizetési rendszert is, mely annyit tesz, hogy a felhasználónak előre kell fizetnie a szolgáltatásokért és addig használhatja, amíg a felöltött keretéből telik.

A VoIP mellett sokszor hallunk a FoIP-ről. A FoIP nem más, mint a VoIP fax szolgáltatása, mely kétféle módszert használ a faxok továbbítására. Az egyik a valós idejű küldés, mely hasonlóan a hívásokhoz a hálózat maximális késleltetési idején belül érkezik meg a fax üzenetünk egy csomagja. Erre az átvitelre jelenleg a G3-as típusú faxok alkalmasak, melyek közvetlen összeköttetést felvéve oldalankénti szinkronizálással juttatják el az ellen végberendezésre az adatokat. A másik módszer a tárol- és továbbít, amikor is a faxüzenetünk a végberendezésen tárolódik TIFF formátumú állományként egészen addig, amíg a hálózat erőforrásai fel nem szabadulnak a megfelelő átvitel eléréséhez. Ez az idő akár 1-2 óra is lehet. A fax üzenetekről annyit érdemes tudni, hogy általában a belső hálózatokon nem használatos, inkább a távoli nagy kiterjedésű hálózatokban használják, ahol a forgalma elérheti akár a hang forgalmának 40%-át is.

A hangposta szolgáltatás minden telefonhálózatnak eleme, így van egy a VoIP tekintetében is. A Call Centeren beállítható, hogy foglaltság esetén a hangposta szolgáltatást érvényesítse. A hagyott üzeneteket egy mail szerveren WAV formátumban tárolja, mely természetesen a nem VoIP hálózatokhoz hasonló lekérési szolgáltatásokat nyújt, illetve jelzést a számhoz tartozó végberendezésen, hogy üzenete érkezett.

Kevésbé használt szolgáltatás, de a lehetőség adott. A végberendezésünk segítségével írhatunk egy sima szöveg alapú e-mail üzenetet, amit a hangposta szolgáltatást is kiszolgáló mail szerverünk fog továbbítani.

4.4. VoIP hívások „védelme”, az SRTP protokoll

Az egyszerűen átvitt hanghívásunk csomagjait sajnos nem védi semmi attól, hogy a hálózatra csatlakozó nem mezei felhasználók összehalásszák és összeillesszék, természetesen ezt a VoIP protokolljainak megalkotása után nem sokkal is realizálták és ezért megalkották az RTP protokoll titkosított fajtáját az SRTP-t. Természetesen ennek a protokollnak is létezik egy kisöccse, aki biztosítja a megfelelő minőséget a felhasználók számára ez pedig az SRTCP protokoll. A protokollok képesek a két végponti titkosításra és azonosításra. AES kódolás biztosítja csomagjaink védelmét, mely alapesetben 128 bites titkosítást tesz lehetővé. Elégge szokatlan, hogy az alpból titkosított mobilhálózatokon 3G/UMTS/4G/LTE is találunk SRTP protokollt, viszont itt úgynevezett „null kód”-dal látják el a kódolást, magyarul a kódszó valójában egy „0”, így gyors a kódolás és visszafejtés. A hívó fél küldi a mesterkulcsot a

hívás megkezdésekor, és azzal a kulccsal lesz végig lekódolva a hívás, de elengedhetetlen az elküldése, mert a hívott kliens csak azzal tudja visszafejteni a kapott csomagokat.

5. A VoIP és a Magyar Honvédség

5.1. A jelenlegi infrastruktúra

A Magyar Honvédség berkein belül jelenleg 2 Mb/s-os trónkőkön valósul meg a telekommunikáció. A trónk rendszer a rendszeresített mikrohullámú antennák és az ISDN telefonrendszer sávszélességére épül. A kommunikációs stratégiában fontosabb helyek között több ilyen trónk vonal van kiépítve. Példának okáért Székesfehérvár és Budapest között 17 trónk, ami 34 Mb/s-os sávszélességet jelent és abban az esetben ha csak ISDN vonalakkal számolunk, akkor összesen 17x30 azaz 510 vonalat használhatunk, de ne feledjük, hogy ugyanezen a hálózaton folynak a VTC, intranet és internet forgalmak is. Jelenleg a Magyar Honvédségnél az IP telefon rendszerek nincsenek rendszeresítve, csak kísérleti jelleggel vannak használatban.

5.2. A VoIP bevezetésének jelentősége és szükségessége

A VoIP bevezetése jelentősen könnyítené a híradó és informatikai állomány munkáját. Egyrésztől némileg csökkenthető lenne a jelenleg a végberendezések és a központok közötti duplikált infrastruktúra, mely alatt gondolok az internet- és telefonvonalakra. Valamint nagyon sok helyen fölöslegesen van kiépítve a 2Mb-s trónk, mivel alkalmi jelleggel maximálisan egy időben 3-4 vonalat használnak. Továbbá az ISDN használatakor a központok között dedikálni kell a telefonvonalakat abban az esetben is, ha azokat pillanatnyilag nem használjuk. Így az egyéb forgalmakat másik mikrohullámú trónkón kell átjuttatni.

Másrészt a VoIP-ra való átállással az olyan kritikus helyeken, ahol fontos a nagy sávszélesség, de mégsem létezik hozzá a megfelelő infrastruktúra fokozni lehetne a hatékonyságot a vonalak számának növelésével. Gondolok itt főleg a missziós területekre, ahol drágán béreljük az alacsony sávszélességet. Példának okáért Afganisztánban jelenleg 0,5 Mb/s-os műholdas kapcsolatot bérlünk iszonyat drágán! Ez a sávszélesség rövid számolgatás után kiderül, hogy ISDN esetében 7 vonal átvitelére alkalmas és akkor már nem lehet használni az internetet, míg VoIP forgalom esetében a sávszélesség fennmaradó felét internetre használva a G.729 kodekkel akár 30-40 VoIP hívást is bonyolíthatunk egyszerre. Sokszor sajnos ilyen esetekben olyan kényszermegoldást kell alkalmazni, hogy csak 2-3 vonalat tartanak fenn az internet kapcsolat mellett. VTC kapcsolat használata mellett pedig maximum 1 vonal marad bekapcsolva, az is a protokoll alapján előírt parancsnoki vonal.

Természetesen ezek a kapcsolatok, mind az említett műholdon keresztül a honi hálózathoz csatlakoznak.

Mindezen szolgáltatások mellett nagyon sok lehetőség kiaknázzható a Magyar Honvédség számára a VoIP rendszerben. Kezdve a fax szolgáltatás teljes digitalizálásától egészen akár az Outlook rendszerre érkező hívásinformációkig.

5.3. VoIP rendszerek logisztikája

Elsőként a rendszer elemeinek biztosítását kell megteremteni, majd a személyi állomány kiképzését kell biztosítani. A kiképzést két részre kell bontani, egyrészt azt az állományt kell kiképezni, akik a végberendezéseket fogják használni, legalább alapszintű beállítások megtételére. Másrészt azokat, akik a rendszer többi elemével tartanak napi kapcsolatot, itt főleg a karbantartói és kezelői állományra gondolok.

Mint minden technikai eszköznek és ez nem csak a Magyar Honvédségre igaz biztosítani kell többszintű technikai kiszolgálást, azon túlmenően, hogy ki kell képezni a kezelő és karbantartó személyzetét, illetve megteremteni az infrastrukturális hátterét.

A Magyar Honvédségnél 6 elemű Egységes Fenntartási Rendszert használnak annak megállapítására, hogy milyen szinten milyen karbantartást végezhetnek az eszközökön. Mind a végberendezések használói mind pedig a rendszer mérnökei végrehajtják az 1-es számú technikai kiszolgálást azzal, hogy ellenőrzik, hogy a készülékek működnek-e, megvizsgálják az állapotjelző ledek, folyadékkristályos kijelzők állapotát, a csatlakozásokat. A 2-es számú technikai kiszolgálás kicsit összetettebb a rendszer működését vizsgálják olyan szinten, hogy arról kiderüljön a használhatósága. Továbbá a rendszerekre telepített operációsrendszereket, beállításokat. A 3-as számú technikai kiszolgálás kicsit összetettebb és nem feltétlenül tudja egy végfelhasználó végrehajtani. Ez az elem már tartalmazhat akkumulátor cserét, újratelepítést vagy kábelezési műveleteket, de nem jár az eszköz megbontásával. A 4-es számú technikai kiszolgálás már járhat a rendszer megbontásával, eszköz, modul vagy kártyacserével. Itt mindenképp meg kell jegyezni, hogy a 3-as 4-es számú technikai kiszolgálás a fent említetteket csak elméletben tartalmazza, mivel a Magyar Honvédségnek sajnos nincsenek alegységszinten olyan képességei, mellyel a technikai kiszolgálást képes lenne megvalósítani, illetve igazából nem is a képességekkel van a probléma, hanem az eszközökhöz való modulokkal, alkatrészekkel, melyek nem állnak a csapatok rendelkezésére. Természetesen azokhoz a feladatokhoz, amiket nem tudnak ellátni helyi szinten megfelelő

külső technikai támogatást kell biztosítani, mert bármilyen szintű hosszabb idejű meghibásodás, vagy leállás további bonyodalmakat és költségeket jelenthet főleg egy ilyen kommunikációs rendszernél. Amennyiben az első 4 elem végrehajtása után a rendszer eleme nem működik sikeresen, akkor már nem a karbantartó személyzet foglalkozik a karbantartással, hanem akkor az 5-6 számú technikai kiszolgálás keretében kerülnek végrehajtásra. Ez főleg az eszközök nyomtatott áramkörein végzett munka, illetve a belső moduláris rendszer megbontása és javítása lehet, de mindenképp olyan feladatok, amit az első 4 elem nem tartalmaz.

Beszélni kell valamilyen szinten a költségekről is. Nagyon szép, beszélni a VoIP rendszerről, csodálni az asztalunkon tetszelgő LCD kijelzős VoIP végberendezést, de azt sose felejtsük el, hogy ezek a készülékek sokkal drágábbak és nem utolsó sorban az sem feledendő, hogy az állomány felkészítése is hosszabb időt igényel, illetve bonyolultabb a beállításuk. Problémát okoz az is általában, hogy olyan eszközöket, általában trónkkártyákat is be kell szereznünk hálózatunkhoz, melyek képesek más, főleg az analóg hálózatokkal kommunikálni. Továbbá nagyon sokszor van olyan feladat a Honvédségben, amikor tábori körülmények közé kell kitelepíteni mind a központot, mind pedig a végberendezéseit. Ilyen esetben ismét csak a végberendezések sérülékenységet vagy gyenge terepállóságát tudom megemlíteni negatívumként, illetve azon túlmenően a magas fogyasztásukat kiemelni, mely egy megfelelően felszerelt vezetési pont esetén eléggé megnöveli az aggregátor fogyasztását.

6. VoIP rendszer építése és tesztelése

6.1. Miért szükséges a teszt?

A rendszer tesztelése több szempontból is szükséges. Egyrészt, hogy megállapíthassuk azt, hogy megfelelően számoltunk-e elméletben a rendszerben rejlő képességekkel valamint arra is, hogy rámutasson olyan rejtett számításba nem vett dolgokkal aktív terhelés közben, amiket egy számítás alatt nem vettünk figyelembe, vagy direkt elhanyagoltunk. Másrészt jó lehetőség arra, hogy még az eszközök beszerzése előtt csak néhány fontosabb eszközzel tesztek végzzünk, hogy valóban megéri-e az előző rendszerünkről áttérni az újra. Gondolok itt arra, hogy a jelenlegi ISDN rendszerről a számításink szerint valóban érdemes-e áttérni az VoIP alapú rendszerre. Mindezen kérdésekre az alábbi tesztekkel próbálom válaszolni.

6.2. A megépítéshez használt konfigurációk és szoftverek

1. konfiguráció (telefonközpont)

Operációsrendszer: AsterixNow 1.8 (Linux alapú)

Hardver: VIA Epia m10000 1,3 GHz; 1 GB DDR2; 64 GB SSD; 10/100 Intel Ethernet NIC

2. konfiguráció (figyelő gép)

Operációsrendszer: Microsoft Windows 7

Hardver: Toshiba Portegé R830 - Intel Core i5 2,6 GHz; 4GB DDR3; 128 GB SSD;
10/100/1000 Intel Ethernet NIC

3. konfiguráció (WAN emuláló)

Operációsrendszer: Windows XP

Hardver: Intel DP35DP - Intel Core 2 Duo E6700 2,66 GHz; 4 GB DDR2; 2 TB; TP-Link 10/100/1000 NIC; 10/100 Intel NIC

4. konfiguráció (Kliens 1)

Operációsrendszer: Windows 7

Hardver: Toshiba Portegé R500 – Intel Core 2 Duo 1,6 GHz; 2 GB DDR2; 80 GB;
10/100 Intel Ethernet NIC

5. konfiguráció (Kliens 2)

Operációsrendszer: Windows XP

Hardver: Toshiba Portégé R500 – Intel Core 2 Duo 1,6 GHz; 2 GB DDR2; 80 GB;
10/100 Intel Ethernet NIC

6. Hálózat

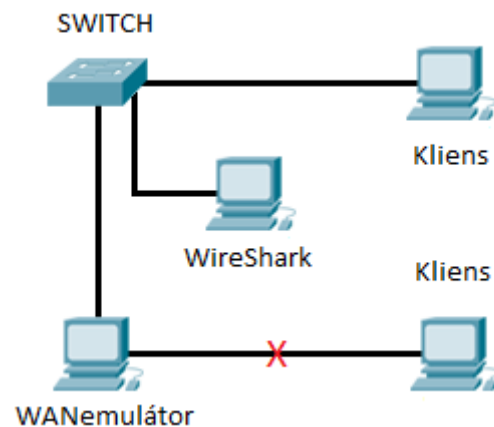
D-Link DES-1005D 10/100 Fast Ethernet Switch

A számítógépek összekötésére CrossWired a többi hálózati eszköz összekötésére pedig Patch kábelek.

7. Egyéb eszközök: mikrofon, hangszóró, MP3 lejátszó, 3.5-es jack kábelek

6.3. A hálózat felépítése

A rendszert úgy terveztem meg, hogy a lehető legegyszerűbb legyen a felépítése. A hálózat egyik meghatározó pontja a WANemulátor, melyben két hálózati kártya található és így a két hálózatok végpontjain lévő klienseket fizikailag is ez az eszköz köti össze, mellyel így egyszerűen emulálható egy nagy hálózat. Hálózati eszközként a gépek összekötéséhez egy switchet használtam. Tekintettel arra, hogy ennek a hálózati eszköznek nincs DHCP szolgáltatása a hálózat minden egyes eszközének az IP címét és alhálózati maszkját kézzel állítottam be.



6.4. A felhasznált szoftverek bemutatása

1. Wireshark: Hálózati diagnosztizáló eszköz, mellyel a csatlakozott hálózatban közlekedő csomagokat rögzíthetjük és azok forgalma alapján diagramokat, statisztikákat készíthetünk.
2. SIPP: Egy SIP-es forgalomgeneráló program, mellyel egyszerre akár több hívás forgalmát is tudjuk generálni.

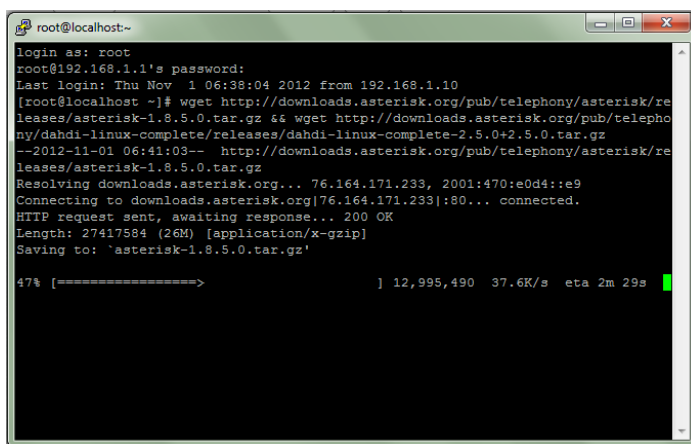
3. WANem: Egy LAN, de akár egy WAN hálózat emulálására is alkalmas szoftver, melyen beállíthatunk a sebességen és a kiterjedésen túl akár hálózati hibákat is.
4. AsterixNow: Linux alapon futó telefonközpont alkalmazás, melyhez grafikus felhasználói felületet is telepíthetünk. Folyamatosan kapcsolatot tart a hozzá csatlakozott készülékekkel és segítségével többféle funkciót beállíthatunk, sőt lehetőség van vezetéshálózati vagy GSM trónk telepítésére is.
5. Jitsi: Egy többcélú kommunikációra alkalmas több operációsrendszerre (Windows, Linux) is telepíthető szoftver, mely alkalmas SIP hívások lebonyolítására is.
6. PuTTY: A szoftver lehetővé teszi a távoli szerverek elérését Telnetes vagy SSH kapcsolaton keresztül.

A szoftverek mindegyike freeware az internetről ingyenesen letölthető.

6.5. A rendszer telepítése

A rendszer telepítése elsőre egyszerűnek tűnt, viszont többször felleptek bonyodalmak főleg a Linux alapú központ telepítésénél. Ehhez természetesen az is hozzájárult, hogy korábban nem foglalkoztam Linux alapú rendszerekkel. A második nagyobb gondot az AsteriskNOW grafikus felületén a központ elsőre bonyolultnak tűnő beállításai adták. A trónkok beállítása, a hívásssabályok és a felhasználók hozzáadása jelentette.

A Windowsok telepítése illetve a hozzájuk tartozó szoftverek feltelepítése és beállításai nem okoztak különösebb gondot, viszont a WANem és az AsterixNOW grafikus felhasználói felületeinek elérése csak a Windows tűzfal letiltása után vált lehetővé.



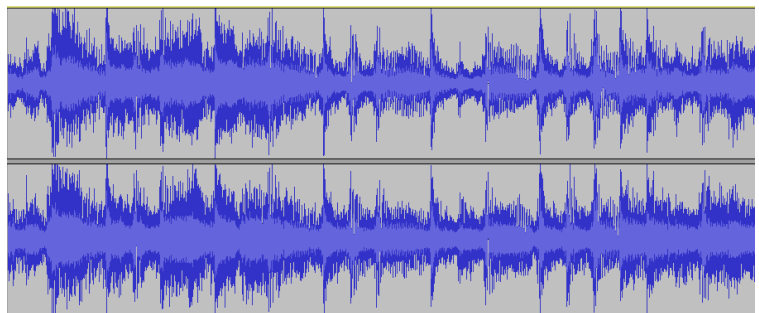
```
root@localhost:~  
login as: root  
root@192.168.1.1's password:  
Last login: Thu Nov  1 06:38:04 2012 from 192.168.1.10  
[root@localhost ~]# wget http://downloads.asterisk.org/pub/telephony/asterisk/re  
leases/asterisk-1.8.5.0.tar.gz && wget http://downloads.asterisk.org/pub/telepho  
ny/dahdi-linux-complete/releases/dahdi-linux-complete-2.5.0+2.5.0.tar.gz  
--2012-11-01 06:41:03--  http://downloads.asterisk.org/pub/telephony/asterisk/re  
leases/asterisk-1.8.5.0.tar.gz  
Resolving downloads.asterisk.org... 76.164.171.233, 2001:470:e0d4::e9  
Connecting to downloads.asterisk.org[76.164.171.233]:80... connected.  
HTTP request sent, awaiting response... 200 OK  
Length: 27417584 (26M) [application/x-gzip]  
Saving to: 'asterisk-1.8.5.0.tar.gz'  
  
47% [=====>] 12,995,490 37.6K/s eta 2m 29s
```

5.4.1. ábra: Az AsteriskNOW összetevőinek telepítése
Telneten keresztül

6.6. A rendszer tesztelése

A tesztek végrehajtása minden esetben úgy került végrehajtásra, hogy egyik végpont meghívta a másikat, majd egy hálózatba kötött harmadik eszközzel különböző forgalmakat generáltam, mely befolyással volt a létrejött összeköttetésre. Ezen összeköttetés „zavaró” tényezők kerültek a tesztek alkalmával megmérésre. A számítógépes mérésen kívül objektív hangminőséget is ellenőriztem és feljegyeztem a tesztek alkalmával. A tesztek összeállítása pedig szisztematikusan történt minden egyes része az előző vizsgálatra épül, célja az érthető hang átvitele, valamint a rendszer korlátainak kutatása, illetve a tesztkörnyezet vizsgálata.

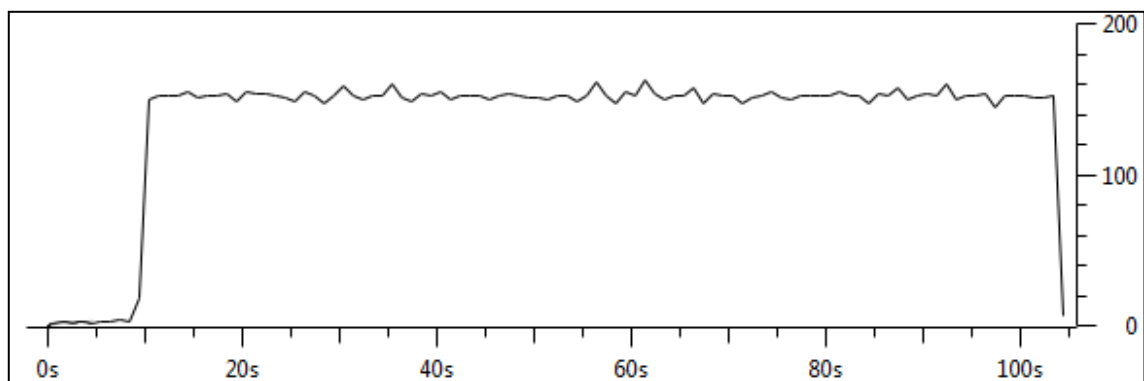
A teszthez a végpontokon minden egyes alkalommal egy az általam többféle hangból (zene, beszéd) összevágott sztereohangzású médiafájl játszottam le, mely 256 kb/s-os 44100 Hz-es mintavételi frekvenciájú, tehát sokkal jobb minőségű hangot tartalmaz, mint amelyet egy VoIP protokoll képes szállítani.



Az alapbeállítások: A WANem egy T1-es hálózatot szimulál. A SIPP-el pedig nem generálunk hívásforgalmat. A két végponton nem használunk titkosítást. Minden egyes hálózati eszközön a forgalmat az IPv4-es protokoll irányította. (Itt külön megjegyzem, hogy kimondottan csak az IPv6-os protokollal, vagy vegyítve a hálózati eszközökön a két protokollt is készíthetnénk méréseket, de az sokkal bonyolultabb és összetettebb méréseket feltételez. Természetesen erre a hálózati eszközöknek is alkalmasaknak kell lenniük.)

1. teszt:

- **Művelet:** A két végpont között hívást hozunk létre, úgy, hogy a hálózaton más



1. teszt: Az elküldött csomagok forgalmának diagramja (idő-csomag függvényében)

forgalmat nem viszünk át, viszont hangforgalmat csak a hívó fél felől bonyolítunk.

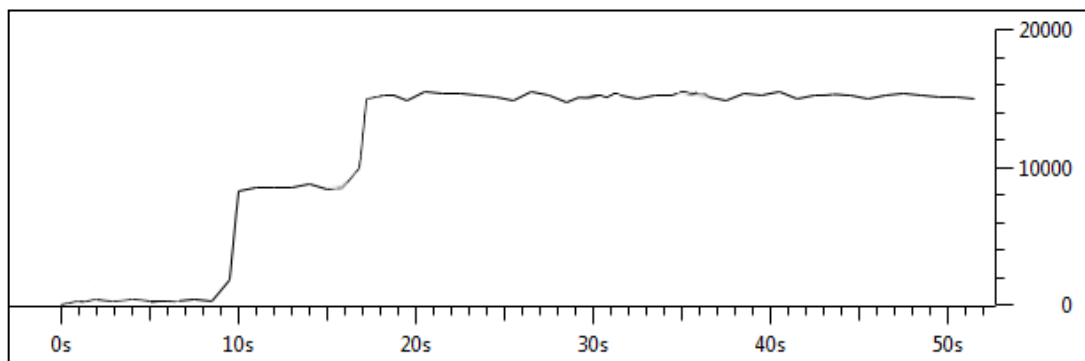
- **Megfigyelés:** A hangfájlhoz képest a várt értékeknek megfelelően romlott a vonal másik végén a hang, de VoIP rendszeren ez a minőség kiválónak tekinthető. A terhelés nélküli rendszeren a hang csomagvesztés nélkül ment át. Az 1 perc 44 másodperces megfigyelés alkalmával 14821 csomag forgalma bonyolódott a hálózaton, ez másodpercenként 143 csomagot jelent, melyeknek az átlagmérete 170,5 byte volt. Hívásunknak 0,195 MBit/-os sávszélességre volt szüksége. A protokollok 98%-a UDP volt és azon belül is 95%-a RTP.

2. teszt:

- **Művelet:** A két végpont között hívást hozunk létre, úgy, hogy a hálózaton más forgalmat nem viszünk át, ebben az esetben mindkét fél felől ugyanazt a forgalmat generáljuk.
- **Megfigyelés:** Az első teszthez képest mondhatjuk, szinte a teszt értékeinek dupláját kaptam, a protokollok arányaiban is megegyeznek. Csomagvesztést a jelenlegi tesztnél sem tapasztaltam. A sávszélesség igény összességében duplájára nőtt a WireShark szerint, a gépeken a küldött adat mennyisége nem változott, viszont a fogadott adat mennyisége azonos lett a küldött adatával a kliensgépek hálózati kártyáin.

3. teszt:

- **Művelet:** A két végpont között hívást hozunk létre és egy központ átlagos hívásforgalmát generáljuk a SIPP segítségével mindkét kliensről, ami jelen esetben 50 egyidejű hívás.



3. teszt: első 50 másodperce: 10 másodpercnél az első Kliens gép, majd 17 másodpercnél a második Kliens gép SIPP-pel emulált forgalma is megjelenik a hálózaton. (idő-csomag függvényében)

- **Megfigyelés:** Hívásunkkal kapcsolatban az első tesztben észlelt megfigyelések semmit sem változtak. Természetesen a WireShark-ban megfigyelhető a sávszélesség magasabb kihasználtsága, de természetesen nem volt semmilyen hatással a hívásunk minőségére. Csomagvesztés itt sem tapasztaltam. Tekintettel a SIPP-en generált egyenletes forgalomra az értékeket az első tesztben mértekhez képest adtam meg. A teszt végén mért értékek nagyságrendileg valóban az 50 szeresét adták a szimpla vonalon mért értékeknek.

4. teszt:

- **Művelet:** A SIPP által generált forgalmat bekapcsolva hagyva és a generált forgalom számára a maximális sávszélességet kiszámolva, mely jelen esetben az első tesztnél számított 0,195 kbit/s-al számolva a ki- és bemenő kapcsolatomban 19,5 Mbit/s-os

4. teszt: A WANem(ulátor) sávszélességét mindkét NIC portján 20Mbit/s-ra állítottam

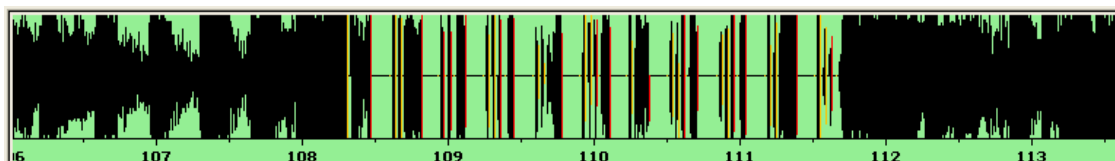
sávszélességre van szükségem. Magyarul a WANemulátor sávszélességét a kimenő kapcsolatnak 20 Mbit/s-ra állítom.

- **Megfigyelés:** Az adott sávszélességen a SIP adatok probléma nélkül átmentek, nem volt fennakadás, viszont amikor frissítettem a WANem GUI felületét a csomagok késleltetése nem számottevően, de nőtt, mivel a megnyitott alkalmazás maximálisan kihasználta a sávszélességet. Az átvitt forgalom csomagvesztéséget nem produkált. Az ellenoldalon hallott hangon minőségromlás vagy csúszás nem volt észlelhető.

5. teszt:

- **Művelet:** A WANem-on a mind a bejövő, mind a kimenő sávszélességet felére csökkentettem a 4. tesztéhez képest.
- **Megfigyelés:** A vonalukon jelentős torzulás és csomagvesztés volt észlelhető. A csomagok körülbelül 40%-a elveszett amelelt, hogy a késleltetés mértéke is 25ms-ot

nőtt átlagosan. Az átvitt hang csak szaggatottan volt hallgató. A sávszélesség kihasználása maximális volt.



5. teszt: A torzultan hallható hang grafikonja (ido-amplitudó)

6.7. A tesztek konklúziója

Végiggondolva a tesztek az tisztán látszik, hogy tesztkörnyezetben saját magunk alakíthatjuk a hálózat tulajdonságait, viszont így nem ér mienket meglepetés azokkal a megfigyelésekkel kapcsolatban, amit egy-egy próbánál tehetünk. Külön megelégedésre szolgál minden egyes mérés alkalmával, hogy a rendszerek nem okoznak külön meglepetéseket.

Végezetül válaszolva a megfogalmazott kérdésekre. A számításaink helyesnek bizonyultak. Így minden egyes általam leírt tényező igazolódott. Továbbá megállapítható, hogy az általam leírt feltételek mellett a Magyar Honvédség, vagy bármely nagyvállalat számára érdemes a jelenleg használt ISDN technika infrastruktúrájára ráépíteni az IP alapon működő hangátvitelt.

7. Összegzés

Ami a VoIP technológiát illeti, úgy gondolom a VoIP technológiáról sikerült megfelelő alapot bemutatnom, el kell mondanom az is, hogy a maga az IP telefónia nagyon sok réttű és amellet, hogy napjainkban nagyon sokat hallunk róla, az tisztán látszik, hogy a jelenlegi telefonrendszereket ez a technológia hivatott leváltani.

Ami a Magyar Honvédséget érinti, úgy vélem mindenképp a mi szervezetünknek kell, még ha kormányzati szintről is beszélünk élenjárónak lennie a technika bevezetésében. Részemről mindenképp az általam említett hibrid technikát részesítem előnyben, tekintve annak terepalkalmasságát. Ahogyan a világ fejlődik, és a hadsereg továbbra is megköveteli a legmagasabb rendszerkövetelményeket, rendelkezésre állási mutatókat, úgy kell áttérnünk a megfelelő modern megbízható rendszerekre nekünk is. Jelenleg Magyar Honvédségnél a VoIP technika teljes bevezetésében úgy érzékelem, hogy nincsenek viták, sokkal inkább az terem megválaszolatlan kérdéseket, hogy a Cisco vagy a Siemens rendszert és vele együtt termékeket használjuk-e? A döntés nem könnyű természetesen ebben a vitában is megvannak mindenkinek a pro és kontraí és jelenleg nekem sem tisztem eldönteni ezt a kérdést.

Ami a TDK munkám illeti, a dolgozat megírása elején úgy gondoltam, hogy majd arról írok, hogy hogyan működik a VoIP aztán a két nagy gyártó a Siemens és a Cisco eszközeinek működését elemzem, összehasonlítom. Megfelelő forrásmennyiség állt rendelkezésemre angol nyelvű Cisco könyvekben, sok rész anyanyelvi megértési szinthez közelítő volt. Kicsit tartottam is attól, hogy elég Cisco specifikus lesz a TDK dolgozat, ezért elkezdtem más könyvek után is kutatni. Az igazi fordulatot jelentett ennek az íznek a javításán, amikor a Tanenbaum könyvön keresztül kicsit jobban megismerkedtem az OSI modell rétegeivel, majd kiderült, hogy az előbb felsorolt két cég nem tárja a nyilvánosság elé a protokolljaik mechanizmusát. Ezért eredeti elképzelésemet úgy változtattam meg, hogy protokollsintenként építem fel a VoIP működését. Igazából úgy gondolom ezen a felépítésen keresztül egy szélesebb, jobban átlátható képet sikerült festenem a VoIP rendszerről. Nagyon jó részkiegészítő magyarázatokat kaptam internetes forrásaimból. Arról nem is beszélve, hogy a közben megismert Wireshark programot pedig nagyon jól tudtam gyakorlati feladat megvalósítására használni. Természetesen minden egyes fejezethez nagyon jó tanácsokat kaptam konzulensemtől. Mindkettőnknek volt elképzelése azzal kapcsolatban, hogy hogyan lehetne a rendszert bemutatni, így az Ő útbaigazításai sokat segítettek a dolgozatom kiteljesedéséhez.

8. Forrásjegyzék

8.1. Megjegyzés

A dolgozatok forrásait többnyire a rendszer megértéséhez használtam. Így azokat nem lehet elkülöníteni élesen egy-egy fejezethez. Egyedül a Protokollok feldolgozásához valamint a VoIP szolgáltatásaihoz ragaszkodtam a 8.2.[2]; 8.2.[3]; 8.2.[4] és 8.2.[5] könyvekben leírtakat hűen feldolgozni.

8.2. Felhasznált irodalom

- [1] Dárdai Árpád: Mobil Távközlés, Mobil Internet (A mindennapok kommunikációs technikája) - ISBN: 9789634409960 - 2003 - Computerbooks
- [2] Andrew S. Tanenbaum: Számítógép-hálózatok - ISBN: 9635453841 - 2004 - Panem Kiadó
- [3] Jim Doherty, Neil Anderson: Internet Phone Services Simplified (VOIP) - ISBN: 9781587201622 - 2006 - Cisco Press
- [4] Wendell Odom: CCNA Exam #640-607 Certification Guide - ISBN: 1587200554 - 2002 - Cisco Press
- [5] Charles L. Hedrick: Bevezetés az Internet Protokollokba – Egyetemi Jegyzet - 1987 - SCFG Rutgers New Jersey Állami Egyetem

8.3. Felhasznált internetes forrás

- [1] Packet Voice Networking Reference Guide - Letöltve: 2012.09.11. - http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/rt/mc3810/prodlit/pvnet_in.pdf
- [2] VoIP-info.org anyagainak felhasználása /Többek között: H.323; SIP; QoS; Asterisk címszavak alatt található anyagok/ - Letöltve: 2012.08. 10. - 2012.10.22. - <http://www.voip-info.org/>
- [3] Wireshark Wiki anyagainak felhasználása - Letöltve: 2012.08.10. - 2012.10.22. - <http://wiki.wireshark.org/>
- [4] Asterisk Wiki anyagainak felhasználása - Letöltve: 2012.08.10.02 - 2012.10.22 - <http://wiki.asterisk.org/>

9. Rövidítésjegyzék

Rövidítés	Natív jelentés	Magyar jelentés
3G / 4G	3th /4th Generation Mobile Network	3. / 4. generációs mobilhálózat
16CIF	16 times Common Intermediate Format	16-szoros közös közvetítő formátum
ACELP	Algebraic Code Excited Linear Prediction	G.729 kodek
AD/DA	Analog-Digital/Digital-Analog transformation	Analóg-digitális/digitális-analóg átalakítás
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Aszinkron átviteli mód
CB	Central Battery	Központi táplálás
CIF	Common Intermediate Format	Közös közvetítő formátum
CorNetIP	Corporate Network IP	Céges Hálózat IP
FoIP	Fax over Internet Protocol	Internet protokoll feletti faxátvitel
FR	Frame Relay	Keret relézés
GUI	Graphical Unit Interface	Grafikus felhasználói felület
GSM	Global System for Mobile Communication	Mobil Kommunikációs Világméretű Rendszer
HFA	HiPath Feature Access	HiPatch funkció hozzáférés
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol	Gyors Szöveg Átvitel Protokoll
ICMP	Internet Control Message Protocol	Internetes vezérlő üzenet protokoll
IP	Internet Protocol	Internet protokoll
IPv4	Internet Protocol version 4	Internet protokoll 4-es verziója
IPv6	Internet Protocol version 6	Internet protokoll 6-os verziója
ISDN	Integrated Service Digital Network	Integrált szolgáltatású digitális hálózat
LAN	Local Area Network	Helyi hálózat
LB	Local Battery	Helyi táplálás
LCD	Liquid Crystal Display	Folyadékkristályos kijelző
LTE	Long Term Evolution	4. generációs mobiltechnológia
MAC	Media Access Control	Media hozzáférés Irányítás

MC	Multipoint Controller	Többponti irányító
MCU	Multipoint Control Unit	Többponti irányító egység
MOS	Mean Opinion Score	Átlagos megítélés pont
MP	Multipoint Processor	Többponti feldolgozó
OSI	Open System Interconnection	Nyílt rendszerek összekapcsolása
PC	Personal Computer	Személyi számítógép
PCM	Pulse Code Modulation	Impulzuskód-moduláció
PoE	Power over Ethernet	Ethernet feletti táplálás
QoS	Quality of Service	Szolgáltatásminősége
RAS	Remote Access Service	Távoli hozzáférésű szolgáltatás
RSVP	Resource Reservation Protocol	Erőforrás lefoglaló protokoll
RTCP	RTP Control Protocol	RTP irányító protokoll
RTP	Real-time Transport Protocol	Valós idejű átviteli protokoll
SCCP	Skinny Call Control Protocol	Sovány hívás irányító protokoll
SCTP	Stream Control Transmission Protocol	Adatfolyam Irányító Átviteli Protokoll
SRTP	Secure RTP	Biztonságos RTP
SSH	Secure Shell	Biztonsági hozzáférés
SIP	Session Initiation Protocol	Hívás kezdeményező protokoll
SQCIF	Sub Quarter Common Intermediate Format	Negyed alatti közös közvetítő formátum
TCP	Transmission Control Protocol	Átvitelt irányító protokoll
TIFF	Tagged Image File Format	Cimkézett képfájl formátum
TTL	Time to Live	IP csomag élettartama
UDP	User Datagram Protocol	Felhasználói adatcsomag protokoll
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System	Univerzális Mobil Telekommunikációs Rendszer
UTF-8	UCS Transformation Format 8 bit	8 bites UCS átviteli formátum
VBR	Variable Bit Rate	Változó bitsebességet biztosító átvitel
VoATM	Voice over ATM	ATM feletti hangátvitel

VoFR	Voice over FR	FR feletti hangátvitel
VoIP	Voice over Internet Protocol	Internet protokoll feletti hangátvitel
VLAN	Virtual Local Area Network	Virtuális helyi hálózat
VTC	Video Tele-Conferencing	Video Tele-Konferencia
WAV	Waveform Audio	Tömörítetlen digitális hanghullám
WLAN	Wireless Local Area Network	Vezeték nélküli helyi hálózat