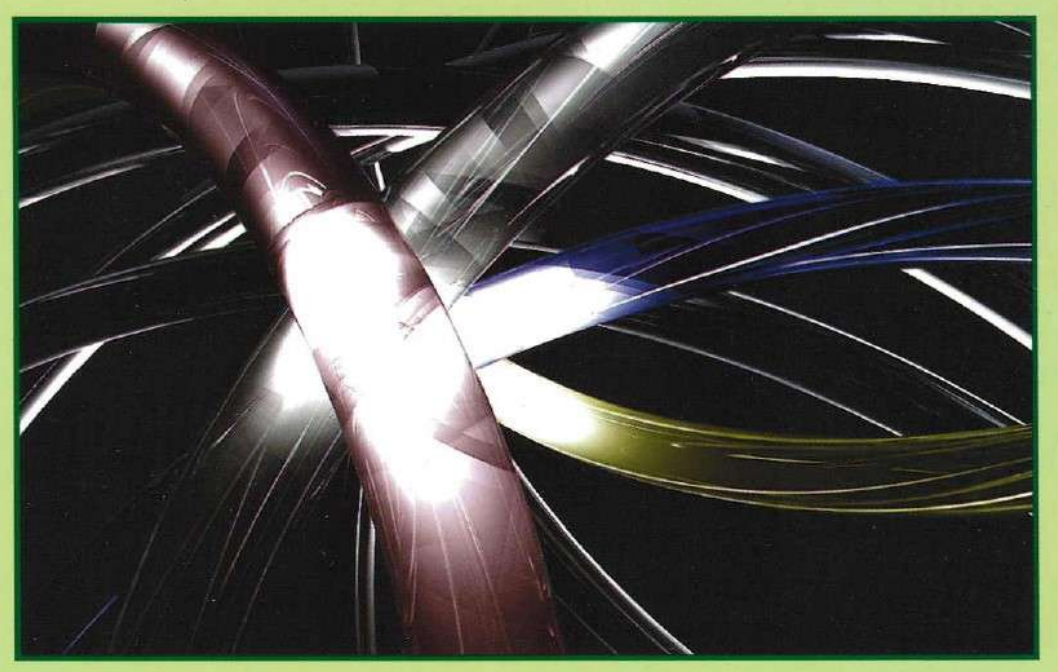
híradástechnika

1945 VOLUME LXII. 2007

hírközlés ▪ informatika



Újgenerációs hálózatok

Automatizált biztonsági tesztelés

Mikrohullámú térmérő szondák

2007/11

A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata
a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács együttműködésével

A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata

Tartalom

Beköszöntő

szabo@hit.bme.hu

Jelen számunk válogatás az utóbbi időszakban a lap számára beküldött és részben bírált cikkekből. Az első kettő a korszerű távközlés kérdéseivel foglalkozik az újgenerációs hálózatok (ez a magyar kifejezés van terjedőben az NGN – Next Generation Networks megfelelőjeként) és az ENUM – Electronic NUmber Mapping (ezt nem fordítjuk le...) kapcsán.

Az IMS alapú NGN multimédia szolgáltatásokat képes nyújtani szolgáltatói garanciákkal, különböző nagy adatátviteli sebességű elérési technológiákon. A változatos szolgáltatások tetszőleges kombinációja megköveteli a hálózat átviteli képességeinek dinamikus vezérlését, amelynek megvalósításához hatékony átvitelvezérlésre és vezérelt átviteli hálózatra van szükség. *Kanász-Nagy Lajos* cikke betekintést nyújt az NGN transzportvezérlő architektúrába és a megvalósítás egyes elveibe a témában megjelent szabványok tükrében.

Tétényi István és szerzőtársai az ENUM gyakorlati alkalmazhatóságával kapcsolatban foglalják össze azokat a szempontokat, amelyek szolgáltatói környezetben meghatározóak. Írásuk bemutatja azokat a módszereket, amelyekkel az ENUM technológia adta lehetőségeket mérésekkel lehet elemezni; majd összefoglalja a szerzők által készített méréseket és azok eredményeit.

Szabó Géza és Molnár Sándor a négy legnépszerűbb nagyon sok szereplős online szerepjáték (MMORPG) – World of Warcraft, Guild Wars, Eve Online és Star Wars Galaxies – átfogó skálázási analízisét mutatja be. Bemutatják a vizsgált játékok alapvető statisztikai tulajdonságait a korrelációs és skálázási tulajdonságokra fókuszálva. A cikk következtetése szerint a játékforgalmak különböző skálázási tulajdonságokat mutatnak, így nem lehet őket egy adott modellel jellemezni.

Kőszegi Gábor és szerzőtársai az általuk kifejlesztett automatikus biztonsági tesztelő keretrendszert, a Flindert és az annak segítségével az EU FP6 OpenTC projektben elvégzett teszteléses hibakeresési feladat eredményeit, valamint annak elvégzése során szerzett tapasztalatokat összegzik. A feladat méreteit jól mutatja az elvégzett több mint 130 ezer teszteset, melyek négy gépen körülbelül két hétnyi folyamatos futtatást vettek igénybe. Ennek eredményeként a tesztelés alanyát képező 250 ezer soros TSS implementációban számos – közöttük súlyos, kihasználható – biztonsági szempontból veszélyes hibát fedeztünk fel.

Folyóiratunk októberi számában az MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézetének 50 éves jubileuma alkalmából az intézet kutatói bemutatták az elektronikai szerkezetek, mikrotechnológiai, fényemittáló és fotovoltaikus eszközök fejlesztése terén elért eredményeiket. Több érdekes írás nem fért bele a számba, így például *Szentpáli Béla* cikke, amelyben egy újfajta, a nagyfrekvenciás és mikrohullámú villamos tér mérésére szolgáló térmérő szonda kifejlesztéséről számol be. Az eszköz minimális mértékben befolyásolja a tér eloszlását és főbb alkalmazási területei között találjuk a mobil telefonok okozta expozíció mérését, valamint a kisméretű zárttérű EMC vizsgálatok ellenőrzését.

Ide kapcsolódik a BME, az MTA-MFA és a Széchényi István Egyetem kutatói által jegyzett „Wavelet-transzformációs fraktálanalízis B-Spline-okkal” című munka is *Schuszter Miklós és szerzőtársaitól*. A fraktáldimenziót meghatározó módszerük a wavelet-analízis során kifejlesztett gyors transzformációs eljárást alkalmazza, egy szintetizáló skálázófüggvény szűrőegyütthatóival. A kapott integrálok a skálázófüggvény felbontási szintjével és a fraktáldimenzióval jól meghatározott módon skálázódnak, így alkalmasak dimenziószámításra.

Az hiszem, sokunk számára érdekes lehet *Heckenast Gábor* áttekintése a Magyar Rádió székházának történetéről, több érdekes korabeli képpel, vázolva a különböző időszakokban született terveket új székház építésére, illetve, hogy miért nem valósultak meg azok és mi várható a jövőben.

Végül, de nem utolsósorban e számunkban elkezdjük annak a – HTE vezetősége által kezdeményezett – tervünknek megvalósítását, hogy rendszeresen beszámoljunk *hazai és nemzetközi kutatás-fejlesztési projektek*ről. Célunk az, hogy minél több ilyenről hírt tudjuk adni, ezért valóban csak rövid, összefoglaló áttekintéseket fogunk közölni, szemben a cikkformátumú beszámolókkal, amelyekre korábbi számunkban már adtunk példát. Most két hazai és egy EU-projekt rövid ismertetését adjuk közre. Reméljük, hogy olvasóink ezt is szívesen fogadják majd és hasznosnak találják új kezdeményezésünket.

Szabó Csaba Attila
főszerkesztő

Átvitelvezérlés és vezérelt átvitel az NGN-ben

KANÁSZ-NAGY LAJOS

Magyar Telekom PKI Távközlésfejlesztési Igazgatóság
kanasz.nagy.lajos@t-com.hu

Kulcsszavak: NGN átvitel, átvitelvezérlés, NASS, RACS, hozzáférés-vezérlés, QoS-vezérlés

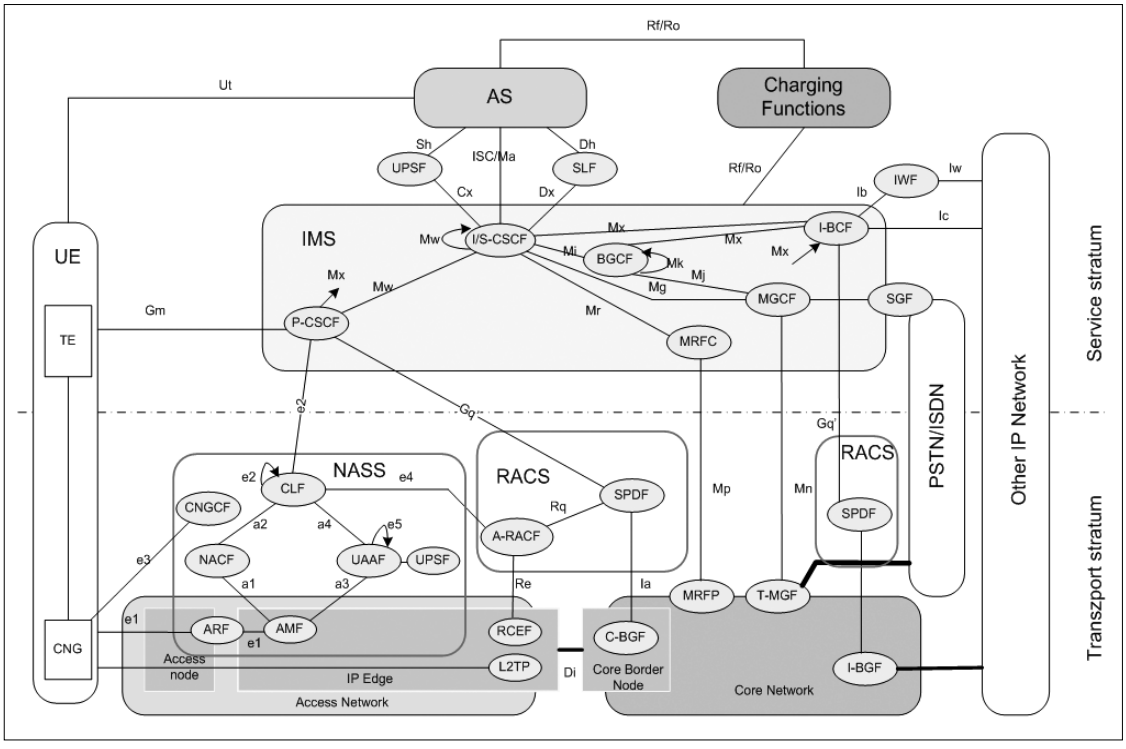
A teljes kiépítésű IMS alapú NGN multimédia szolgáltatásokat képes nyújtani szolgáltatói garanciákkal, különböző nagy adatátviteli sebességű elérési technológiákon. A változatos szolgáltatások tetszőleges kombinációja megköveteli a hálózat átviteli képességeinek dinamikus vezérlését. Ennek megvalósításához hatékony átvitelvezérlésre és vezérelt átviteli hálózatra van szükség. A cikk betekintést nyújt az NGN transzport vezérlő architektúrába és a megvalósítás egyes elveibe a témában megjelent szabványok tükrében.

1. Bevezető

Az NGN (Next Generation Network) több éve témája a szakmai sajtónak. Kezdetben a beszédátvitel IP hálózaton történő megvalósítása volt a fejlesztések célja. A távközlési szolgáltatók számára azonban az Internet, a mobil és a kábeltévé piac szorításában egy új, multimédiát, mobilitást, valósidejű alkalmazásokat is kiszolgáló, rugalmas szolgáltatás- és alkalmazásfejlesztést támogató rendszer vált szükségessé a kiépült nagy adatátviteli sebességű elérési hálózatokon. Az áttörést a 3GPP által szabványosított, az UMTS platformra fejlesztett IMS alrendszer jelentette. Az IMS vált az NGN általános célú szolgáltatásvezérlő alrendszerévé, mivel a fejlesztők célkitűzései megegyeztek TISPAN NGN fejlesztési céljaival, lehetővé téve a fix-mobil konvergenciát.

Az IMS alapú NGN több viszonylat (session) egyidejű felépítését nyújtja, melyek átviteli minőségét, biztonságát a transzportvezérlés biztosítja. Az NGN szolgáltatás és transzport vezérlő alrendszereivel, dinamikus erőforrás felhasználásával lehetővé teszi valamennyi ma ismert technológiafüggő szolgáltatás nyújtását (pl. 3Play), de azok kombinációit is egy-egy alkalmazáson belül. A variációs lehetőségek számát nehéz megbecsülni.

Az NGN-ben a *service stratum* (alkalmazási réteg, szolgáltatásvezérlés és a hozzájuk rendelhető felhasználói és üzemeltetési síkok) és a *transport stratum* (transzportvezérlés vagy más néven átvitelvezérlés, és a hozzárendelhető felhasználói és üzemeltetési síkok) elkülönülnek egymástól, külön fejlődési lehetőséget biztosítva a két stratum-nak.



1. ábra
TISPAN NGN architektúra
ES 282 007,
ES 282 003,
ES 282 004
felhasználásával

Rövidítések

AF	Application Function
AKA	Authentication and Key Agreement
A-RACF	Access-Resource and Admission Control Function
ASP	Application Service Provider
BGF	Border Gateway Function
BGS	Border Gateway Services
C-BGF	Core Border Gateway Function
CCI	Charging Correlation Information
CLF	Connectivity session Location and repository Function
CPE	Customer Premises Equipment (i.e. (routed) modem, residential gateway, integrated access device)
CSCF	Call Session Control Function
DiffServ	Differentiated Services
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
DSCP	Differentiated Service Code Point
EAP	Extensible Authentication Protocol
FR	Frame Relay
I-BCF	Interconnection Border Control Function
I-BGF	Interconnection Board Gateway Function
IETF	Internet Engineering Task Force
IMS	IP Multimedia Subsystem
L2TF	Layer 2 Termination Function
LSP	Label Switched Path
MPLS	Multi Protocol Label Switching
NA(P)T	Network Address and optional Port Translation
NASS	Network Attachment Sub-system
NAT	Network Address Translation
P-CSCF	Proxy-CSCF
PDF	Policy Decision Function
PPP	Point to Point Protocol
RACS	Resource and Admission Control Subsystem
RCEF	Resource Control Enforcement Function
RTCP	Real Time Control Protocol
RTP	Real Time Protocol
SBP	Service Based Policy control
SDP	Session Description Protocol
SIM	Subscriber Identification Module
SIP	Session Initiation Protocol
SPDF	Service-based Policy Decision Function
TCP	Transmission Control Protocol
TISPAN	Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking
UDP	User Datagram Protocol
UE	User Equipment
UNI	User-to-Network Interface
USIM	UMTS Subscriber Identification Module

Az NGN kibontakozásához, az NGN-hez fűzött elképzelések megvalósításához elengedhetetlen annak a transzportnak a megvalósítása, mely képes értelmezni és végrehajtani az alkalmazásokhoz szükséges, a szolgáltatásvezérlés által igényelt minőségű átvitelt. Ehhez szükséges az egy végponthoz kapcsolható párhuzamos kapcsolatok dinamikus QoS vezérlése. A TISPAN architektúrában *(1. ábra)* ezt a funkciót az RACS valósítja meg.

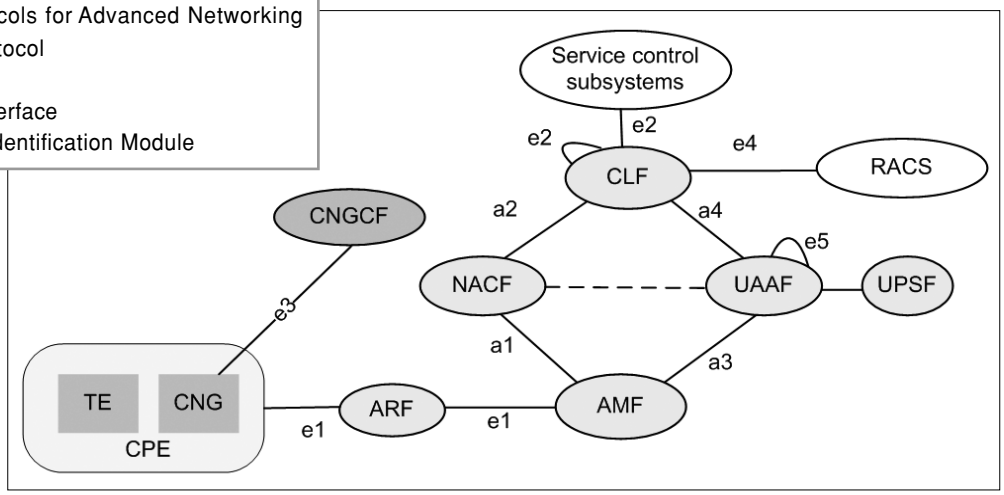
Az NGN multimédia képessége együtt jár azzal, hogy az NGN platform különböző felhasználói (user) igényeket elégít ki, ezért a felhasználókat profiljaik alapján meg kell különböztetni. A felhasználói profilok mind a transzport-, mind pedig a service stratum-ban eltérőek lehetnek, ennek megfelelően mindkét stratum-ban a felhasználókat, előfizetőket autentikálni, erőforrásokhoz való hozzáférésüket szabályozni szükséges. Az NGN transzport hozzáférés-vezérlését az NASS valósítja meg.

A cikk a transzport (átvitel)-vezérlés és a vezérelt transzport (átvitel) egyes megvalósítási elveibe kíván betekintést nyújtani a szabványosítás eddigi eredményei alapján.

2. Hozzáférés-vezérlés (NASS)

A hálózati erőforrások hozzáférésének ellenőrzése jelentős szerepet játszik az NGN-ben, hiszen az elérhető transzport képességek széles skálájához fér hozzá az a felhasználó, aki sikeresen regisztrált. Igen fontos, hogy ezt a többszörös képességekkel rendelkező transzport esetén hatékonyan tegyük.

Az NASS architektúrát több elérési technológia, a mobilitás, az említett multimédia képességek figyelembevételével fejlesztették *(2. ábra)*. A funkcióiba beletartozik az eszköz és a felhasználó autentikációja, a végberendezés transzporthálózati felhasználói profiljának kijelölése, a hálózati jogosultságainak megadása, konfigurálása. A NASS a végberendezés helyére, az access tulajdonságaira vonatkozó aktuális adatokat és (a felhasználó hálózati jogosultságait tartalmazó) profil adatokat ad át a szolgáltatásvezérlés (e2 interfész) és az RACS (e4 interfész) számára.



2. ábra
TISPAN NASS architektúra

A CLF adatok NACF és UAAF által történő feltöltésével az UE és a felhasználó transzporthálózati regisztrációja megtörténik. Az NGN működése és biztonsága szempontjából alapvető követelmény, hogy az NASS regisztráció után a felhasználónak csak szolgáltatásvezérlővel, esetleg alkalmazásszerverekkel való kommunikációra legyen jogosultsága.

Hívásfelépítésre, távközlési szolgáltatások igénybevételére csak a szolgáltatás szintű regisztráció után szerezhet jogosultságot. A szolgáltatás minőségéért és biztonságáért csak ezen az úton vállalhat garanciákat az NGN-szolgáltató.

2.1 Az NASS felépítése és működése

Access Relay Function (ARF)

Az ARF e1 interfészt valósít meg az UE felé. Helyi hálózati szintű információkat fűz be UE és az NASS kommunikációjába. Az UE rajta keresztül kap hálózati konfigurációs paramétereket. Részletes működését lásd később.

Access Management Function (AMF)

Az AMF menedzseli az UE autentikációs és hálózati konfigurációs folyamatait. Az AMF fordítja le az UE által kibocsátott kéréseket, melyek lehetnek IP-cím allokációs kérések az NACF felé, vagy autentikációs kérések az UAAF felé. Az UAAF azonosítása, majd engedélyezése alapján az AMF hálózati hozzáférést engedélyez az UE számára. A részletes működés később kerül tárgyalásra.

User Access Authorization Function (UAAF)

Az UAAF hajtja végre a felhasználó authentikációját, jogosultságának ellenőrzését. Az azonosítást a hálózati hozzáférést leíró felhasználói profilok alapján hajtja végre, melyeket a PDBF-ből (Profile Data Base Function) hív le. Az UAAF a PDBF rekordokból számlázási alapadatokat is megad a CLF számára (például magas havidíj esetén a forgalmidíj-számlázás súlyozása alacsonyabb lehet, mint alacsony havidíj esetén).

Az UAAF több authentikációs eljárást is támogat. Transzport szintű megvalósításából következően azon hordozó protokollok jöhetnek számításba, melyek L2 szinten működnek. Az a3 referenciaponton megengedhető a RADIUS [14] protokoll, az a4 ponton Diameter [15] implementálása szükséges.

Megjegyzés: az UAAF és PDBF lehetőséget ad a tanúsítványalapú azonosításra és feljogosításra [2,4].

Az authentikációs protokollok (EAP) képesek az egyed-tanúsítvány alapú azonosításának „lebonyolítására”. Minden egyed tanúsítványhoz hozzáfűzhető több attribútum-tanúsítvány [17], melyek érvényessége eltérő időkhöz kötött és elsősorban az entitáshoz rendelhető jogosultságokat írják le. Az attribútum-tanúsítványokat az egyed-tanúsítvány alapján a szolgáltatást nyújtó szervezet bocsáthatja ki. A PDBF attribútum-tanúsítványokban is tartalmazhatja azokat az információkat, melyek a felhasználó és végberendezése hálózati csatlakozását leírják. A megoldás kidolgozása a gyártókon múlik. Az [6] szabvány tárgyalja az attribútum-tanúsítvány és az egyed-tanúsítvány kapcsolatát.

Roaming esetén az UAAF proxy-ként működik.

Profile Database Function (PDBF)

A PDBF funkcionális egység tartalmazza a felhasználó authentikációs adatait (UID, a támogatott authentikációs eljárások listáját, kulcselemeket stb.) és információkat a hálózati elérés konfigurációjára, valamint díjazására vonatkozóan. Ezen információkat a felhasználó és a transzportszolgáltató közötti szerződés határozza meg. Mindezt felhasználói hálózati profilnak (User Network Profile) nevezi a szabvány.

Megjegyzés: A PDBF-UAAF interfész egyelőre nem szabványosított.

Network Access Configuration Function (NACF)

Az NACF felelős az IP címek UE-hez rendeléséért, lefoglalásáért, továbbá hálózati paramétereket is megad az UE részére, például a DNS szerverek IP címét, a jelzés proxy címét stb. Az NACF egyedi access hálózati azonosítóval látja el az UE-t.

Az NACF implementációja lehet DHCP vagy RADIUS szerver alapú, azzal a kiegészítéssel, hogy a szerver a felhasználó hálózati konfigurációs adatait Diameter protokollon legyen képes továbbítani a CLF felé. Mindazonáltal a távközlési berendezés szállítók dolgoznak az NASS feladataira optimalizált implementációkon. Az a1 referenciaponton megengedhető a RADIUS protokoll, a2 ponton azonban Diameter implementálása szükséges.

Connectivity Session Location and Repository Function (CLF)

A CLF rögzíti az UE-hez rendelt IP cím és a vonatkozó helyi hálózati információk kapcsolatát, például az elérési hálózati eszközök azonosítóit, IP port azonosítót stb., valamint a helyi hálózati információk (Line ID) és a földrajzi információk kapcsolatát (NACF-től kapott adatok).

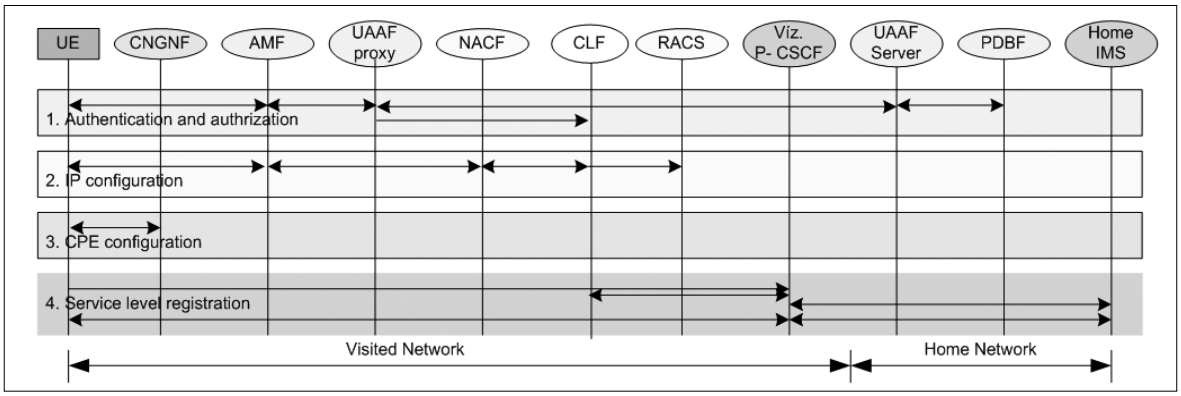
A CLF tárolja a jogosult felhasználó/UE azonosító adatait is, valamint hálózati QoS profilját és a felhasználó rögzített igényeit a helymeghatározó információkra vonatkozón (UAAF-től kapja). A CLF az NACF-től és az UAAF-től kapott információkat egy logikai elérési hálózati azonosító (Logical Access ID) alapján tudja összekapcsolni.

CNG Configuration Function (CNGCF)

A CNGCF-t a CNG inicializálását, illetve frissítését végzi. A CNGCF olyan konfigurációs információt nyújt a CNG-nek, mint például a CNG-n belüli tűzfal konfiguráció, vagy az IP csomagok QoS jelölésével kapcsolatos információk stb. Ezek az adatok különböznek az NACF által nyújtott hálózati konfigurációs adatoktól.

Az NASS működése

Az NASS működését a *3. ábrán* követhetjük végig.



3. ábra NASS és IMS regisztráció fő lépései

Az első fázis az autentikáció, az ütemdiagram a roaming esetén lejátszódó folyamatot ábrázolja. Miután a látogatott hálózatba bejelentkező eszköz autentikálta magát a honos hálózatban, a honos hálózat UAAF-je megküldi a látogatott hálózattal szerződésben egyeztetett, és a felhasználóra vonatkozó profil adatokat. A látogatott hálózat UAAF-je ezután bejegyzi a felhasználót a helyi CLF-be, majd nyugtát küld az AMF-nek és azon keresztül az UE-nek a hálózati konfigurációs fázis indítására. A hálózati konfigurációs fázis az UE és az NACF között zajlik az ARF és AMF közreműködésével. A CNG konfigurációjára, illetve szolgáltatás szintű regisztrációra csak az első két fázis után kerülhet sor.

2.2. Az NASS vezérlés végrehajtó elemei transzport eszközökben

Látható, hogy az ARF és az AMF része az NASS logikai rendszerének, megvalósítás szempontjából a transzporthálózat csomóponti elemeiben szerepelnek.

Az ismertetett NASS elemek hálózati eszközökben megjelenő elemei különböző elérési technológiákban más és más megvalósításban szerepelnek. Az NASS hálózati eszközökben megvalósítandó funkcionális elemeinek működését Ethernet-protokoll esetére vizsgáljuk.

Az e1 interfész szerepének áttekintése

Az TISPAN NASS architektúrája látogatott és honos hálózatra általánosan a *4. ábra* szerinti. A látogatott hálózat NASS kapcsolata a honos hálózattal az e5-ös interfészen lehetséges.

Az UE a hozzáférési hálózathoz e1 interfészen kapcsolódik. UE e1-en keresztül kérhet hitelesítést és jogosultságot a hozzáféréshez, valamint hálózati konfigurációt, azaz ezen keresztül kaphat IP címet és a hálózati kiszolgálók IP címeit (DNS, P-CSCF stb.). Az UE szemszögéből nézve az IP edge rendelkezik egy ARF funkcionalitással, ami az UAAF-el és az NACF-fel tart kapcsolatot az AMF-en keresztül. Valójában UE kéréseket (ARF-en keresztül) az AMF fogadja és ülteti át Diameter, vagy RADIUS protokoll elemekre.

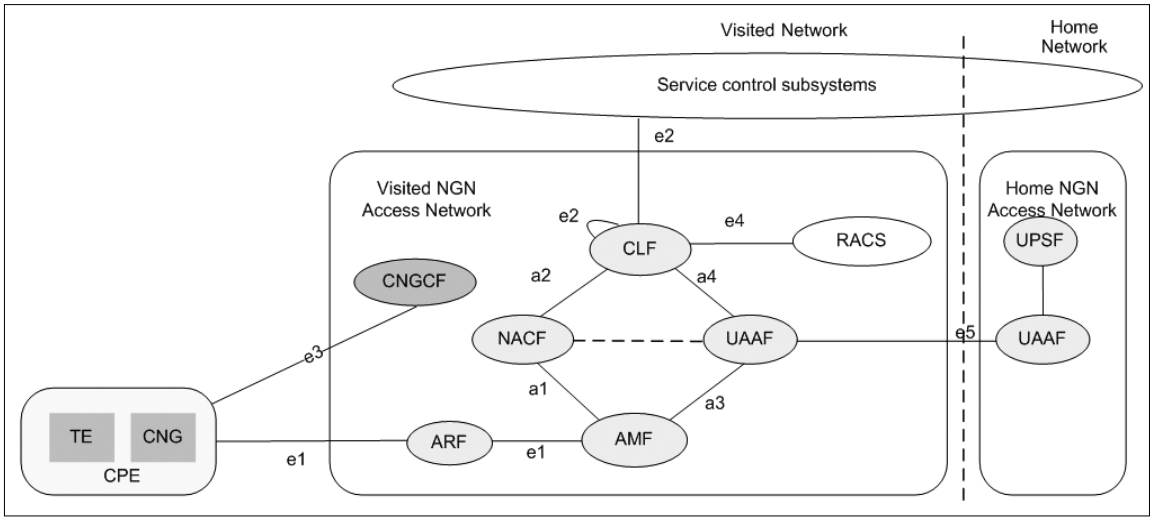
A TISPAN NGN architektúrában az ARF a helyi hurok információ megadásáért felelős. Nem módosítva az UE kérést, a helyi hurok információt beleszerkeszti a PPP vagy a DHCP protokollba. Az e1 interfészen történik az UE és a hálózat kölcsönös autentikációja. Sikeres autentikáció esetén az AMF engedélyezi, ellenkező esetben letiltja az UE hálózati elérését.

A következő fejezetek a 3. ábra szerinti folyamatokat tárgyalják Ethernet-hálózatokra.

2.2.1. Autentikációs fázis Ethernet elérési hálózatokban

Alapműködés

Az Ethernet-hálózatokban az autentikációs adatcserét lebonyolító protokollt az IEEE 802.1x szabvány írja le. Ez a protokoll az EAPoL (Extensible Authentication Protocol over LAN), ami az EAP üzenetek lebonyolítását végzi a hozzáférési hálózatban.



4. ábra NASS roaming eset

A 802.1x 3 olyan funkcionalitásokat definiál, amelyek az autentikációs és autorizációs eljárásokat végzik. Ezek a következők:

- **Supplicant:** ezt a funkciót abban az eszközben kell megvalósítani, ami a csatlakozni kíván a hálózathoz access-csomóponti eszközön keresztül. A Supplicant autentikáció esetén username/password, certificate, token stb. típusú „igazolvánnyal" (credentials) azonosítja magát a hálózatban.
- Az **Authenticator** funkciót az access node valósítja meg az access-vezérlés felügyeletével: engedélyezi, vagy visszautasítja a hálózati hozzáférést. Az elnevezés elgondolkoztató, mivel a funkció inkább a jogosultságkezeléshez áll közelebb, az autentikációs protokollokat sem ez a funkció végződteti, azokra transzparens. A használó felől viszont csak ez a funkcionalitás látható.
- Az **Authentication Server** pedig hitelesítéssel és a jogosultság engedélyezésével kapcsolatos döntéseket hozza meg. Az autentikációs szerver magában foglalja az eléréséhez szükséges proxy funkciókat is.

A TISPAN NGN architektúra elemeivel való kapcsolatot az *5. ábra* szemlélteti. Ahogy az ábrán látható, az UE és az ARF/AMF (Authenticator) közötti az EAP üzeneteket az EAPoL, míg az AMF és az UAAF közöttit RADIUS, vagy Diameter protokoll szállítja. Itt az Authenticator „csomagolja át" az UE-től EAPoL-on érkező EAP üzeneteket az UAAF-hez küldendő RADIUS vagy Diameter alapú EAP üzenetekké. A kapcsolatban több proxy is részt vehet.

RADIUS vagy Diameter

Mindkét protokoll hálózati elemek közötti biztonsági protokoll. A RADIUS-t Internet AAA szerverek elérésére fejlesztették ki, kliens-szerver kapcsolatot tesz lehetővé. Az AAA szerver-t RADIUS szerverként is nevezik.

Az NGN számára azonban korlátot jelent, hogy nincs visszaigazolás az üzenetekről és nem tud peer-to-peer üzemmódban működni. Ezért az NGN vezérlő rendszerében a hálózati eszközök közötti biztonsági kommunikációra a Diameter-t specifikálták kiküszöbölendő az említett hibákat.

Az NGN-ben csak azokon a helyeken engedhető meg a RADIUS alkalmazása, ahol a kliens-szerver típusú működés van. A RADIUS kapcsolatoknak ugyanakkor meg kell felelnie a távközlési hálózatokra előírt magas rendelkezésreállási igényeknek, ezért a RADIUS-t hordozó hálózatot jóval magasabb megbízhatóságúra kell méretezni, mint a Diameter alkalmazása esetén.

Az EAP-ról röviden

Az Extesible Authentication Protocol [10] jelentősége abban áll az NGN transzport szintű autentikációban, hogy a hordozó technológiától független, általános keretrendszert tud nyújtani az UE és az UAAF közötti autentikációs eljárásokban.

Rugalmassága lehetővé teszi, hogy több, magasabb rétegekben megvalósított hitelesítési eljárást is képes megvalósítani L2 szinten. Üzenetei könnyen átültethetők RADIUS vagy Diameter protokollra az AMF és UAAF/NACF között. Így ugyanazon eljárások alkalmazhatók transzport- és szolgáltatásvezérlés szintjén. Az EAP támogatja a kölcsönös autentikációt és a kulcscsere algoritmusokat.

Megvalósított EAP eljárások: EAP-SIM, EAP-PEAP/EAP-MSCHAPv2, EAP-TTLS/MS-CHAPv2, EAP-AKA, EAP-TLS. A lista nem korlátozó jellegű.

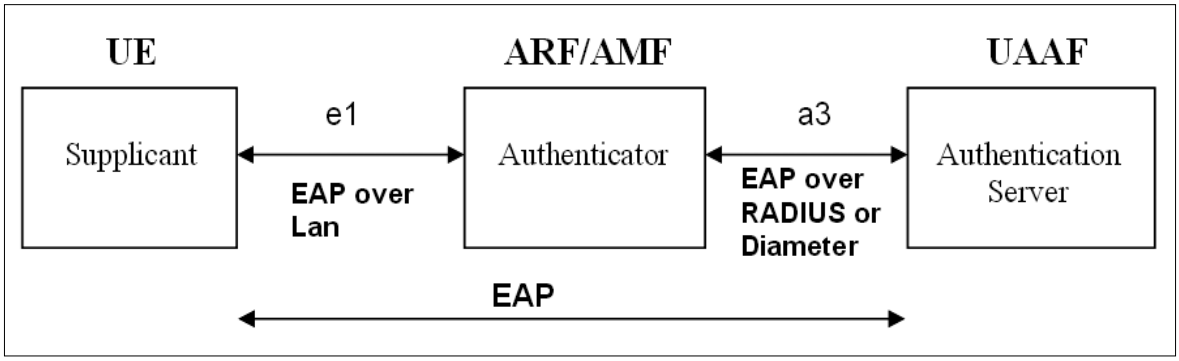
A *6. ábrán* a 802.1x alapú autentikáció folyamata látható.

Ha az UE-ben a 802 réteget valósították meg, akkor az UE egy EAPoL Start keret elküldésével indítja a folyamatot. Az Authenticator (ARF/AMF) veszi a keretet, majd válaszképpen egy azonosító iránti kérést küld az UE felé (EAP-Request). Ha a Supplicant (UE) támogatja az EAP autentikációs mechanizmust, akkor egy EAP-Response válaszban elküldi azonosító adatait.

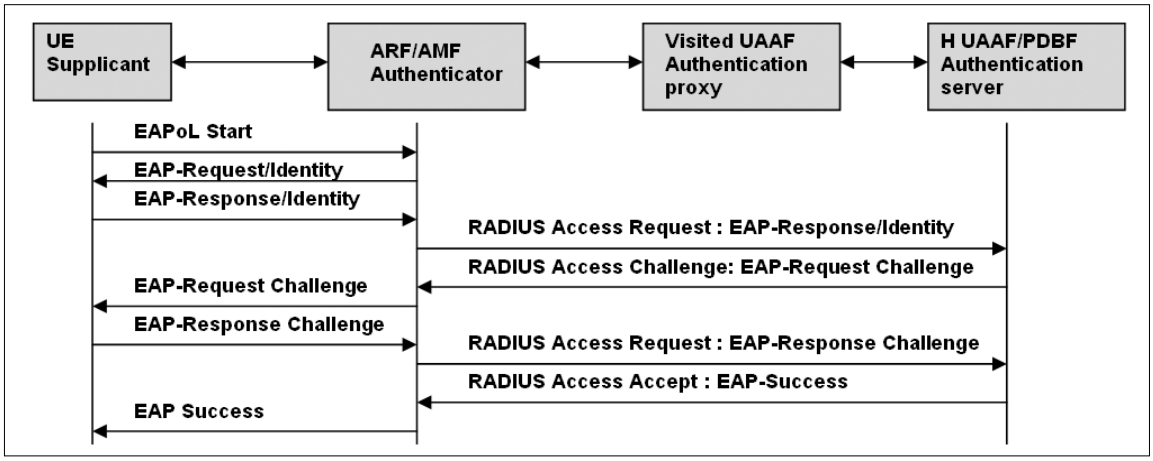
Megjegyzés: az azonosítónak általában két része van: username és realm.

A kettőt általában egy Network Access Identifierben (NAI) adják meg: username@realm. A második részét a honos hálózati autentikációs szerver azonosítására használja a látogatott hálózat. Ez persze feltételezi azt, hogy a látogatott hálózatnak van szerződése, kapcsolata a honos hálózattal. Ha ilyen nincs, akkor a látogatott hálózat nem ismeri a honos hálózatot és autentikációs hibát jelez az UE felé. Ebben az esetben az UE-nek, vagy egy másik NAI-vel kell próbálkoznia (más domain névvel), vagy ki kell építenie egy új NAI-t a látogatott hálózattal.

Ha ezek a próbálkozások is kudarcot vallanak, akkor az UE hálózati hozzáférését letiltja a vezérlés, vagy limitált hozzáférést engedélyez (Green garden) számára.



5. ábra 802.1X funkcionális egységek



6. ábra 802.1x alapú autentikáció RADIUS protokoll felett

Az Authenticator kicsomagolja az UE-től érkező EAP üzenetet, majd becsomagolja azt az UAAF felé menő RADIUS, vagy Diameter üzenetbe. Az EAP és a 802.1x egy keretrendszert ad az UE és az UAAF közötti autentikációhoz, ami architektúrájában és működésében is megfelel az NASS-nek. Az EAP autentikáció pozitív eredményéről EAP-Success, negatív eredményéről EAP-Failure üzenetet küld az Autentikációs szerver.

802.1x esetén az ARF és az AMF mindig egybeépített funkcionalitások. (TS 183 019). Az AMF az Authenticator funkciót valósítja meg, amit egy L2 hop-on belül kell megvalósítani a Supplicant (UE-ben található) funkcióval.

Annak érdekében, hogy a valós felhasználói adatok ne kerülhessenek más birtokába, mint a honos hálózatéba (4. ábra), a kezdeti azonosító cserében az UE használhat általános (default) user nevet, mint például „anonymus”, vagy „user”. PEAP és TTLS esetén tunnel alakul ki az UE és a honos UAAF között, így más számára láthatatlanná válnak a felhasználói adatok.

Tanúsítvány alapú kölcsönös autentikáció adja a legbiztonságosabb hitelesítési eljárást. A látogatott hálózatnak ebben a fázisban nincs szüksége a használó azonosítására, csak a honos hálózat nevére. Mindazonáltal a sikeres autentikáció után a látogatott hálózatnak meg kell kapnia a honos hálózattól a díjazási és számlázási azonosítókat, adatokat. Ezeket a honos hálózat generálja a látogatott hálózattal való elszámolás céljából. Az azonosítót tehát csak a honos UAAF-el kell közölni.

802.1x az xDSL/FTTx elérési hálózatban

Hogyan működik az előbbiekben leírt eljárás xDSL/FTTx esetén?

Az xDSL/FTTx access legalább egy access node-ot (DSLAM, MSAN, OLT a GPON rendszerben) tartalmaz, ami az UE számára hozzáférést biztosít az aggregációs hálózat erőforrásaihoz.

Az UE 802.1x Supplicant szerepkörben működik, az access node-ban, vagy azzal összekapcsolva valósul meg az Authenticator funkció, míg az Authentication server az UAAF. Ha az UE tartalmazza a CNG-t és a vonatkozó előfizetői hálózati eszközöket, akkor az 802.1x szerinti Supplicant funkciót a CNG-ben kell megvalósítani annak érdekében, hogy eleget tegyünk a 802.1x azon követelményének, hogy a Supplicant és az Authenticator távolsága nem lehet több egy L2 hop-nál.

Megjegyzés: A fenti korlát azt is jelenti, hogy azok a felhasználók, akik terminál szinten azonosíthatók és a CNG-hez kapcsolódnak, nem autentikálhatók a NASS-el. Ez a probléma a NASS és CNG specifikáció továbbgondolását igényli.

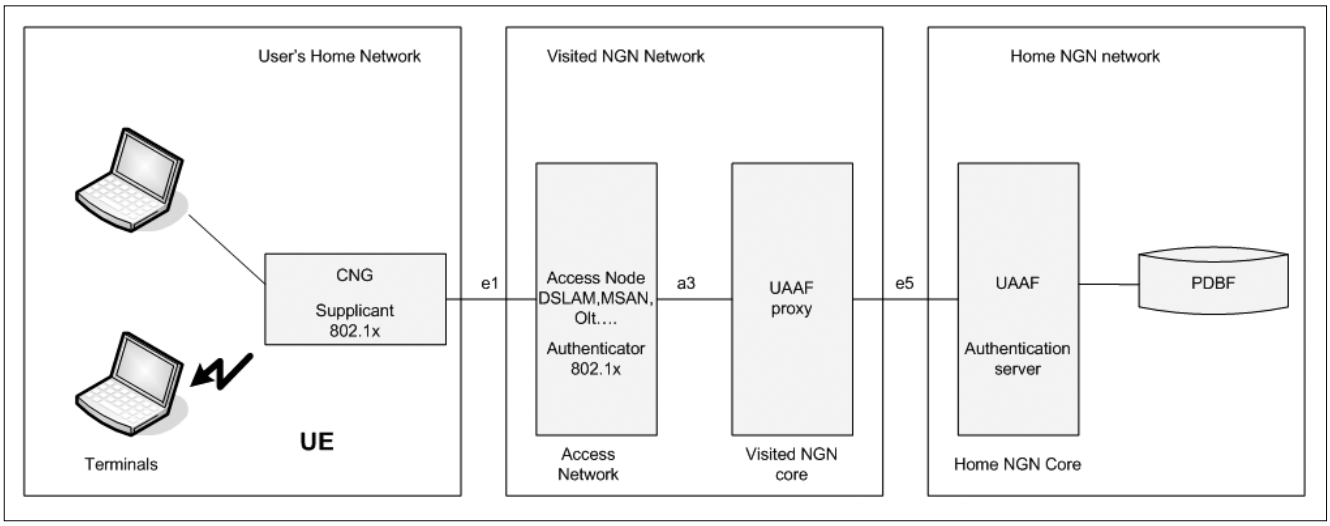
802.1X a WLAN elérési hálózatban

A WLAN elérési hálózatban is legalább egy Access Point van, ami rádiókapcsolatot biztosít a WLAN UE-k számára. A hozzáférési hálózat, vagy a core (mag-)hálózat tartalmaz egy vezérlőt (AC, Access Controller), ami képes menedzselni az AP-kat.

WLAN esetén a mobil UE valósítja meg a 802.1x szerinti Supplicant funkciót, az AP az Authenticator és az Authenticaton Server-t pedig az UAAF.

WLAN hozzáférés esetén az autentikációs folyamat a következő:

1. UE 802.11 AP-t keres és connection request-et generál. Az AP, mint Authenticator válaszul elkéri az UE azonosító adatait.
2. Az AP autentikáció kérésben továbbítja az UE adatait a helyi UAAF felé. Ezt az Access Controller-en (AC) keresztül teszi. Az AP és az AC együtt valósítják meg az ARF és AMF funkciókat.
3. Ha az UAAF proxy tudja autentikálni az UE-t, akkor azt helyben megteszi. Ha nem, akkor az UE nevében található domain név alapján továbbítja azt a honos hálózatnak.
4. A honos hálózati UAAF autentikál az UE-vel, például EAP protokollon, a honos PDBF adatai alapján. Az UAAF az autentikáció eredményét és egy viszonylati kulcsot küld vissza a látogatott UAAF-nek és az AP-nak, mivel azok eddig ki voltak zárva az egyeztetés folyamatából. Ahhoz, hogy az AP-n keresztül UE biztonságosan csatlakozhasson a hálózathoz, AP-nak ismernie kell a viszonylati kulcsot.
5. Az AP konfigurálja a viszonylati kulcsot az adatkapcsolati rétegben és jelzi, hogy UE sikeresen autentikált. Eddig a pillanatig az AP-nak miden UE csatlakozási, címszerzési kísérletét blokkolnia kell.



7. ábra NGN transzportszintű hozzáférés 802.1x alapú vezetékes hozzáférési modellje

2.2.2. Hálózati konfigurációs fázis

Mint korábban látható volt, az NASS architektúrában az NACF felelős a hálózati konfigurációért. A sikeres autentikációs fázis után az AMF-en keresztül lebonyolított DHCP kérésre az NACF IP címet ad vissza az UE-nek, amennyiben megkapta az UE vonali és/vagy áramköri információit.

Az ARF szerepe DHCP esetén

Az ARF-nek RFC 2131-nek megfelelő DHCP v4 Relay Agent-et kell megvalósítania, ami pedig megvalósítja a DHCP Relay Agent Information kiterjesztést (Option 82).

Amikor az ARF az első üzenetet veszi egy adott MAC címről, akkor azt össze kell tudnia kapcsolni azokkal az előfizetői transzport erőforrásokkal (felhasználói áramkör, vonal azonosító stb.), ahonnan az üzenet érkezett. Az NACF által ezen előfizetői erőforrásokhoz rendelt IP címet az ARF-nek össze kell kapcsolnia a MAC címmel, és a kapcsolatot belül tárolnia kell. Ezzel megállíthatja minden olyan csomag továbbítását az NGN felé, ahol az IP cím és a MAC cím nincs összekapcsolva (antispoofing), például WLAN elérés esetén.

Az AMF működése DHCP kérés esetén

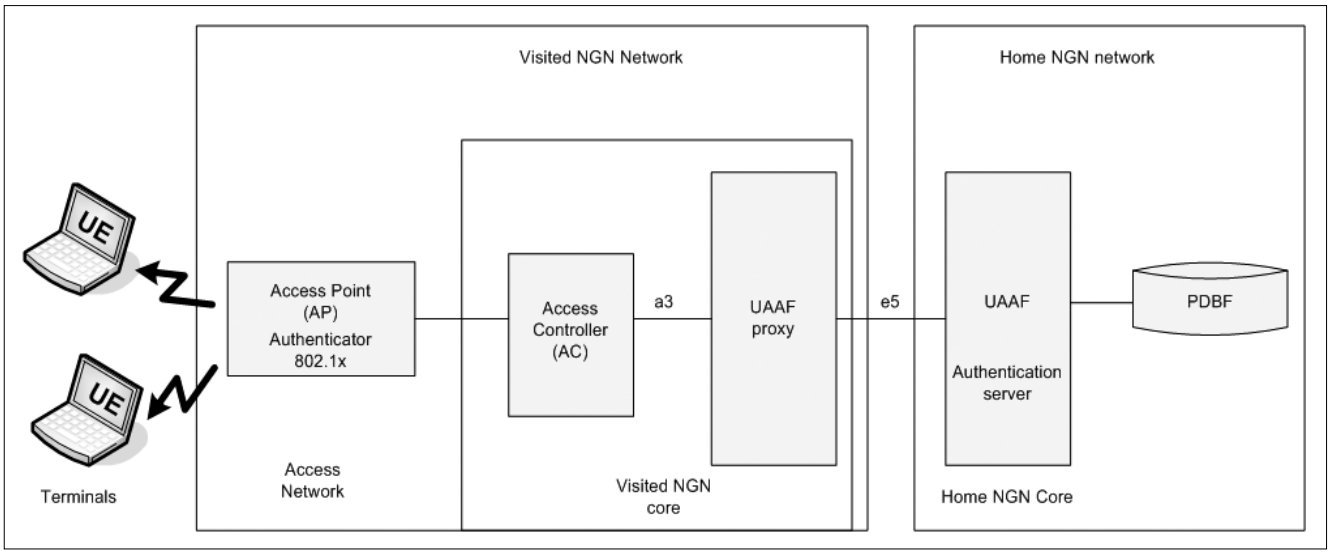
Az AMF-nek DHCP kérés esetén csak ismétlő funkciója van az UE és az NACF között és viszont. Az ismétlő funkcióba beletartozik, hogy a kérést RADIUS, vagy Diameter protokollra helyezi és továbbítja az NACF felé. Az AMF szerepe PPP esetén jelentősebb: végződteti a protokollt, menedzseli az autentikációs és a hálózati konfigurációs fázist. A PPP tárgyalására terjedelmi okokból itt nem térünk ki.

Ethernet hozzáférési hálózat és aggregáció esetén az ARF-nek a DSLAM-ban kell megvalósulnia, hiszen ott állnak rendelkezésre vonali és áramköri információk, míg az AMF a BRAS szintjén is implementálható.

IPv6 alapú elérési hálózatok

IPv6-alapú hozzáférési hálózatban az UE-nek, az ARF/AMF-nek és az NACF-nek RFC 3315 szerint (sor-

8. ábra NGN hozzáférés 802.1x alapú WLAN access-modellje



rendben) DHCPv6 klienst, DHCPv6 ismétlőt és DHCPv6 szervert kell megvalósítania. Az RFC 3315 valamennyi kiterjesztését támogatnia kell (TS 183 019 v2.2.0).

3. QoS vezérlés az NGN transzporthálózatban – RACS

Az NGN architektúrában a Resource and Admission Control Subsystem (ETSI nevén RACS, ES 282 003; ITU nevén RACF, Y.2111) egy döntési szerepben működő alrendszer a QoS-t megvalósító transzportfunkciók és a szolgáltatásvezérlő alrendszerek között. Az RACS által végzett eljárás alapú döntési funkció (Policy Decision Function) transzport előfizetésen (NASS-től kapott használói profil), szolgáltatás szintű megállapodásokon, hálózati eljárási szabályokon, szolgáltatás-prioritásokon [Y.2171], transzporterőforrás-státuszon és a használattal kapcsolatos információkon alapszik.

A szolgáltató számára az RACS képességek teszik lehetővé, hogy beléptetésvezérlést (admission controll) és megfelelő hordozószolgálati eljárásokat tudjon nyújtani multimédiás alkalmazások számára, ellentétben az Internettel, ahol ez csak automatikus szabályozással (TCP), best effort minőségben van megoldva és az alkalmazásoknak nincs hatásuk a transzportra.

Az RACF egy absztrakt megközelítését adja a transzporthálózati infrastruktúrának az AF felé és leveszi a szolgáltatók válláról a transzport részletes ismeretének terhét (hálózati topológia, hálózati elemek közti kapcsolat, erőforrás-használat és QoS mechanizmusok, illetve technológiák stb.) Az RACS együttműködik az AF-el és a transzportfunkciókkal számos alkalmazás érdekében (SIP alapú hívásfelépítés, videoátvitel), melyek igénylik a transzporterőforrás vezérlését, úgymint QoS vezérlés, NAT/firewall vezérlés és NAT címadaptáció (NAT traversal).

Az RACS az AF kérése alapján policy alapú transzporterőforrás-vezérlést valósít meg, transzporterőforrás rendelkezésreállást határoz meg, beléptetéssel kapcsolatos döntéseket hoz és a helyi döntési szabályok végrehajtásához vezérlést ad a transzporterőforrásoknak. A hálózati képességek megvalósítása érdekében az RACS együttműködik a transzport egyes funkcionális egységeivel és vezérli azokat. Ilyen a sávszélességlefoglalás és -hozzárendelés, csomagszűrés, forgalom osztályba sorolása, színezése, szabályozása (policing), prioritás kezelés, NAPT és firewall vezérlés.

Az RACS képes együttműködni más NGN szolgáltatók alkalmazás- és szolgáltatásvezérlőivel.

3.1. Felépítés és működés

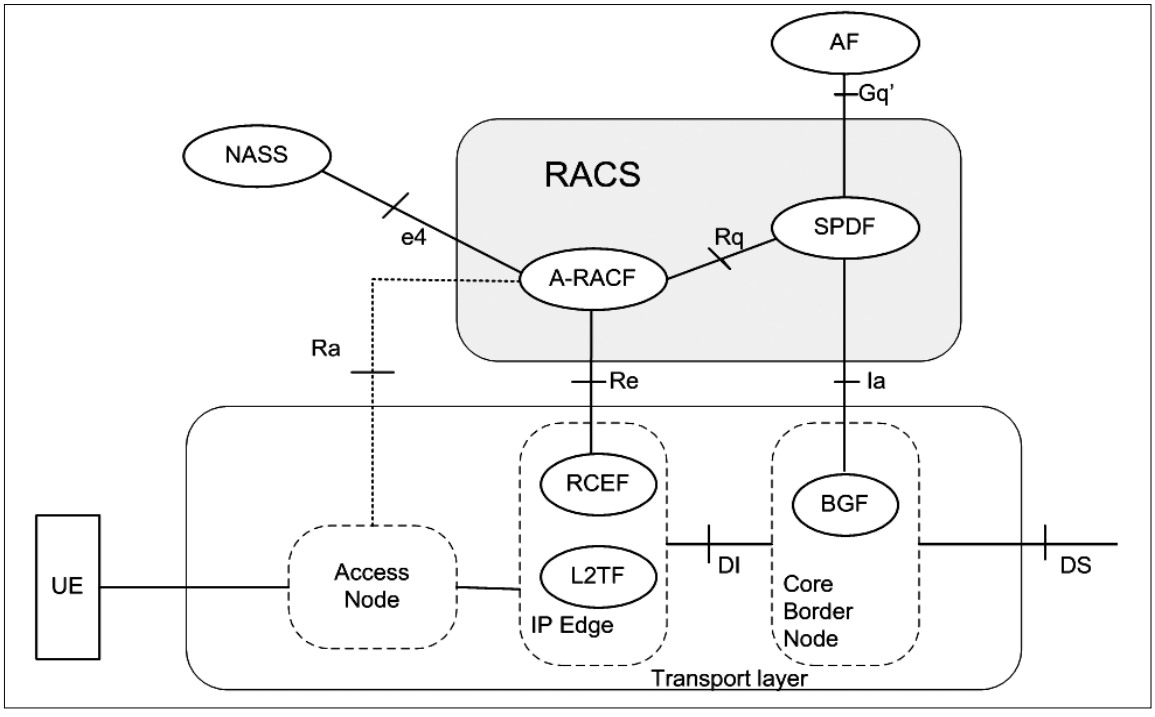
Az RACS két fő eleme az xRACF (Recource Admission Control Function) és az SPDF (Session Decision Function), melyek az Rq [10] interfészen állnak egymással kapcsolatban. Az RACF két verzióját specifikálták, az Access (A-RACF) és a Core (C_RACF) változatot.

Az RACS a Gq' interfészen kap erőforrásvezérléssel kapcsolatos információt az alkalmazásoktól, szolgáltatásvezérlő alrendszerektől, IMS esetén a P-CSCF-től, vagy az I-BGCF-től.

Az RACS e4 Diameter alapú interfészen kap felhasználói profil adatokat az NASS-től.

Megjegyzés: Az RACS architektúra TISPAN változata látható a *9. ábrán*. A szabványosítási testület egyértelműen az A-RACF felügyeletére bízza az NASS adatokat azzal a meggondolással, hogy annak ellenőriznie kell a használói profilban megadott QoS igények kielégítésének lehetőségét.

Az ITU más filozófiát vall az NASS csatlakoztatásával kapcsolatban, ők az SPDF-nek (PD-FE) megfelelő funkcionalitáshoz kapcsolják az NASS-t e4 inter-



9. ábra
TISPAN RACS architektúra (ES 282 003)

fészen. A két entitás az Rq (ES 283 026) referenciaponton cserél információt, így bármelyik megkaphatja a profil adatokat, ha szükséges.

Az RACS a transzporteszközökbe épített RCEF és BGF funkciókon keresztül fejti ki hatását a transzportra. A vezérlés szempontjából ezen funkcionalitások interfészei (Re, Ia) meghatározók. Működésüket lásd később.

SPDF

Az SPDF (Service-based Policy Decision Function) döntési pontot képez az AF és a transzport, azon belül a BGF (Border Gateway Function) között. A BGF-et az Ia referenciaponton vezérli, ami a maghálózat határán működik.

Az SPDF az adott domain-ben az utolsó döntési pont, ahol a helyi hálózati viszonyokhoz illeszkedő eljárási szabályoknak megfelelő döntést lehet hozni, engedélyezni vagy tiltani a média folyamot. Képes együttműködni szomszédos adminisztratív domain-ekben működő SPDF-fel erőforrás-foglalás céljából. Az SPDF a helyi operátor által meghatározott szolgáltatási policynak megfelelően hoz döntéseket. Az AF-től, vagy más együttműködő SPDF-től kapott kéréshez köthető szolgáltatásközpontú policy például a következő információs elemeken és azok kombinációján alapulhat: kérelmező entitás neve (Requestor Name), szolgáltatási osztály (Service Class), szolgáltatás prioritása (Service Priority), foglalási osztály (Reservation Class) stb., melyeket egy „transport control request message" -ben kap.

Az SPDF rejti el a hálózati topológiát az AF és az együttműködő SPDF elől. Funkciójából következően egy általános hálózati képet és használati módot mutat az AF (P-CSCF, I-BGF, más domain-ben működő SPDF) felé, függetlenül az alatta működő transzporthálózattól.

Vezérli a közeli és a távoli NA(P)T-t (NAPTC), továbbá nyitja és lezárja az átjárási pontot a maghálózat felé (GC, Gate Control).

Leképezi az AF-től vagy más SPDF-től érkező szolgáltatási QoS követelményeket és prioritásokat a hálózati QoS paramétereknek (pl. az ITU Y1541szerintieknek) és prioritásoknak. Ez a funkciója közös az A-RACF hasonló funkciójával.

Dönt a csomag és az IP folyam prioritásainak megváltoztatásáról, valamint a bitfolyam adatátviteli sebességének határairól. Az SPDF ezen funkciója az L3/L2 forgalomi policy egyik paraméterét adja az A-RACF számára.

Az SPDF az Rq referenciaponton Diameter alapú interfészen kommunikál az A-RACF-al. Ezen keresztül (Initial Reservation for a session) egy adott session részére erőforrást foglal az A-RACF segítségével. A session paramétereit képes módosítani (Session Modification) és lezárni (Session Termination).

A-RACF

– Az RACF tárolja az előfizetői profilt, miután a felhasználót autentikálta és regisztrálta a NASS, és adatai megjelentek a CLF-ben. Ez a funkció a TISPAN architektúrában jelenik meg, és mint azt az előzőekben jeleztük az ITU architektúrában az SPDF (PD-FE) fogadja a felhasználóiprofil-adatokat.
– Erőforráskérés esetén azonosítja az igénylő folyamat erőforrásigényét, ellenőrzi, hogy a felhasználói profilban megadott access elvárások illeszkednek-e a helyi access képességéhez. Ha igen, akkor jóváhagyja az erőforráskérést.
– Azonosítja és engedélyezi a felhasználó folyamat igényét, ellenőrzi a felhasználói profilban rögzített erőforrásigény illeszkedését az access képességeihez. Ellenőrzi a QoS rendelkezésreállást.
– Az SPDF kérése alapján erőforráslefoglalást hajt végre, L3/L2 forgalmi policy-t határoz meg és állít be.
– Az NGN QoS paramétereket illeszti a technológiafüggő hálózati QoS paraméterekhez.
– Technológiafüggő és erőforrás-rendelkezésreálláson alapuló döntéseket hoz adott folyamat engedélyezéséről vagy tiltásáról.
– QoS jelzésrendszeren kapott erőforrásigény esetén dönt a prioritások átrendezéséről az erőforrások foglaltsága függvényében.
– Képes az adatfolyam-prioritások kezelésére az SPDF-től kapott erőforráskérés alapján
– Megfelelteti az AF-től vagy SPDF-től érkező szolgáltatási QoS követelményeket és prioritásokat a hálózati QoS paramétereknek (pl. az ITU Y1541szerintieknek) és prioritásoknak.
– Dönt a csomag és az IP folyam prioritásainak megváltoztatásáról, valamint a bitfolyam adatátviteli sebességének határairól.
– Képes kiválasztani az aktuális médiafolyam számára – figyelembe véve a helyi hálózati eljárási szabályokat – a kért átviteli osztályt, a minőségi követelményeket és a hálózati erőforrás státuszát, valamint jelezni a kiválasztott útvonalat az RCEF-nek.
– Az A-RACF képes forgalommméréssel összefüggő elszámolási információkat adni „Request/Modify/Release/Abort" parancsok esetén.

3.2. CPE-k QoS osztályai

Az ITU és az ETSI QoS vezérlés szempontjából osztályozza a CPE-ket. Az ITU Y.2111 szerint három típus lehetséges:

• **Type 1:** A CPE nem rendelkezik QoS jelzésképességgel sem a service-, sem a transport-stratum felé. A CPE képes együttműködni a service-stratummal, de nem tud QoS- igénnyel fellépni. Ebben az esetben az NGN szolgáltatáshoz a hálózat rendeli hozzá a hálózati QoS-t és minden alkalommal eljár a CPE érdekében (Proxy).

• **Type 2:** A CPE képes QoS egyeztetésre a service-stratummal (pl. SIP telefon SDP-vel RFC 4566), de nincs QoS jelzésképessége a transzport felé. Ebben az esetben a szolgáltatásvezérlés a kapcsolati

egyeztetés során a jelzésekből (SDP-Session Description Protocol) kinyeri QoS igényt, és azt végrehajtatja a transzporthálózattal.

• **Type3:** A CPE QoS egyeztetési képességekkel bír a transzporthálózattal (pl. UMTS telefon) és közvetlenül kér QoS kiszolgálást. Az RACS-nek ebben az esetben is képesnek kell lennie az access forgalmi viszonyainak megfelelő döntés meghozatalára.

Ennek megfelelően két erőforrásvezérlési módot különböztetünk meg

– *Push mód:* ebben az esetben az RACS adja meg a jogosultságot, döntését a helyi eljárási szabályok alapján önállóan hozza meg és utasítja a transzportot annak végrehajtására.
– *Pull mód:* ebben az esetben a CPE transzport szintű QoS jelzésképességgel rendelkezik és kér kiszolgálást. A RACS adja meg a jogosultságot, de figyelembe veszi a helyi eljárási szabályokat, a használat mértékét, ennek megfelelően módosíthatja a kérést, majd vezérli a transzportot a módosított kérés végrehajtására.

3.3. A vezérelt transzport elemei

Az NGN jelenlegi hálózati protokollja az IP. A kapcsolódó folyamatoknak az átvitellel kapcsolatos QoS-t IP-n kell érzékelnie (QoE, Quality of Experience). A QoS megvalósítása az alsóbb rétegekben is megtörténhet (L2 QoS mechanizmusok), vagy a két rétegben működő mechanizmusok összehangolásával (L2/L3 QoS mechanizmusok). Az NGN szempontjából elérendő cél a dinamikus QoS, melyre a transzport eszközökben az BGF és RCEF lesz hatással.

BGF

A BGF (Border Gateway Function) csomagkapcsolt hálózatok közötti átjáró (gateway) a felhasználói sík média forgalmának kezelésére. A BGF policy végrehajtási és NAT funkciókat lát el az SPDF vezérlése mellett a hálózat valamennyi szegmensében: hozzáférési, aggregációs és maghálózati szinten.

A BGF a micro-flow (egy adott alkalmazás sessionhöz tartozó önálló csomag folyam) szinten működik. A BGF policy végrehajtó funkciója tulajdonképpen az átmenet vezérlése: blokkolja az „önjáró” és átengedi a jogosult adatfolyamokat.

Az iránytól független micro-flow paramétereit az SPDF határozza meg az úgynevezett szabványos adat-ötössel: forrás IP cím, cél IP cím, forrás port, cél port, protokoll. Azokat az adatfolyamokat (micro-flow), melyeknek paraméter ötösét nem ismeri az SPDF, azt nem engedi át a BGF.

Ha már engedélyezte az adatfolyamot, az SPDF utasíthatja a BGF-et, hogy forgalomszabályozást alkalmazzon (pl. traffic conditioning filter), ami korlátozza az áteresztő képességet az SPDF által meghatározott szinten. Például új session-t indít a szolgáltatásvezérlés, és a beszédátvitel folyamatossága érdekében kisebb átviteli sebesség mellett, erősebb beszédtömörítő eljárást kell alkalmazni, hogy az új szolgáltatás számára elegendő sávszélességet biztosítsunk.

A BGF-nek a következő szolgáltatások végrehajtását kell vezérelnie: NAT, helyi cím illesztés (NAT traversal), csomagprioritások aktualizálása (QoS marking), átviteli sebesség szabályozása, forgalommérés, erőforrásallokáció „micro-flow” szinten, a kimenő és bemenő forgalom kapuzása (gate control) az SPDF-től kapott információk alapján.

RCEF

Az RCEF (Resource Enforcement Function) az elérési hálózat felépítésétől függően az IP Edge vagy Access csomópontokban helyezkedik el. Az RCEF a transzport-processzhez tartozó logikai egység, amin keresztül az RACS érvényesíteni tudja a helyi forgalmi szabályokat és ezzel az erőforrás optimális használatát.

Az RCEF szabványosítása még a kezdeteknél tart, gyártói megközelítésekről csak műhelytitok szinten hallhatunk információkat.

Az RCEF hajtja végre a transzport erőforrásokra vonatkozó eljárási szabályokat technológiafüggő aggregációs szinten (VLAN, VPN and MPLS). Funkcióit pusztán transzportkapcsolati információk alapján (pl. VLAN/VPN ID, and LSP Label) is működtetheti. Az RCEF képességekhez sorolják az LSP-vel kapcsolatos sávszélesség-módosítást, vagy az ATM forgalmi paramétereinek beállítását, mint például a cellasebesség, vagy a burst-méret.

Ha „QoS push” módban működik az RCEF, akkor az RACF által előzőleg beállított policy-t hajtja végre az adott adatfolyamra. „QoS pull” módban ugyancsak a policy-t hajtja végre abban az értelemben, hogy a transzport eszközöktől veszi az átviteli igényt (QoS signalling), erőforrást kér az RACF-től, majd az RACF-től kapott átviteli policy alapján kezeli az erőforrást.

Az Acces node-ban, vagy az IP edge node-ban helyezkedik el.

Az RCEF-be beállított forgalmi szabályok L2 és/vagy L3 szintű QoS eljárásokban végződnek. Ilyen eljárások lehetnek:

– Egyszerű L2 QoS mechanizmus, például VP/VC alapú ATM hálózatokban, DLCI alapú FR hálózatokban, vagy VLAN tag az Ethernet hálózatokban.
– Közbenső L2/L3 QoS mechanizmus, pl. MPLS.
– Egyszerű L3 QoS, például DiffServ.
– L2 feletti L3 QoS mechnizmus, például DiffServ over ATM, vagy DiffServ over FR.
– Közbenső L2/L3-ra épülő L3 QoS mechanizmus, például DiffServ és MPLS integrációja.

Az RCEF-nek alapvetően a következő szolgáltatások végrehajtását kell helyileg vezérelnie: csomagprioritások aktualizálása (QoS marking) az access-erőforrások használatának figyelembevételével, átviteli sebesség szabályozása, erőforrás-allokáció, a forgalom kapuzása (gate control) az A-RACF-tól kapott információk alapján.

3.4. Az NGN vezérlés hatása az IP eszközökben alkalmazott QoS mechanizmusokra

Internet elérés esetén nincs lehetőség az átviteli minőség és a session-ba való belépés szabályozására, ezért a szolgáltatások minőségére nem lehet garanciát vállalni, ami valós idejű szolgáltatások esetén kritikus.

Az NGN transzport- és szolgáltatásvezérlése több oldalról is kézben tartják az NGN átvitelt. Az előbbiekből láthattuk, hogy a transzportvezérlés a hálózati csatlakozás előtt többek között felhasználó hitelesítést, profilbeállítást, az erőforrások lefoglalását, a felhasználói profil access képességekkel való összevetését végzi el, majd a session indítását a rendelkezésre álló erőforrások és helyi policy függvényében engedélyezi. Szükséges mindez ezért, mert a multimédia folyamok egymás konkurenseként működnek az access-ben.

Csomagkapcsolt hálózatokban az átvitel minőségét az adott session-re vonatkoztatott hálózati áteresztő képesség (throughput), csomagkésleltetés (packet delay), késleltetés-ingadozás (jitter) és az eldobási arány határozza meg. A multimédia igényeket kielégítő NGN átviteli hálózatnak és vezérlésének ezen paraméternégyes alkalmazásonkénti fenntartását kell felvállalnia minden adatfolyamra végponttól végpontig. Az egyes médiák által igényelt átviteli minőséget több szabvány tárgyalja [pl. ITU Y.1541].

Az NGN transzport vezérelt QoS eljárásai L2 mechanizmusokra (VP, VC, VLAN stb.) és a professzionális IP QoS menedzsmentnél megismert L3 mechanizmusokra épülnek. Ezek a „classification”, a „DiffServ”, a „congestion management”, a „queue management”, „link efficiency”, „traffic shaping” és „traffic policing”, melyek tárgyalása túllépné a cikk kereteit.

4. Összefoglalás

Az NGN többcélú, minőségi átvitelt garantáló, IP alapú távközlési szolgáltatói hálózat, amely dinamikus alkalmazásfejlesztési, szolgáltatás megvalósítási lehetőségeket kínál.

Ahhoz, hogy az NGN több egyidejű, dinamikusan felmerülő, különböző minőségű (VoIP, videotelefon, IPTV, videokonferencia, white board, SMS stb. szolgáltatásokhoz tartozó QoS) átviteli követelménynek képes legyen eleget tenni, fejlett *átvitelvezérléssel* és azt végrehajtani képes *vezérelt átviteli hálózattal* kell rendelkeznie.

A cikk összefoglalta az NGN átvitelvezérlés főbb elemeit, azok szerepét az NGN erőforrásokhoz való hozzáférésben, a hozzáférés forgalmának helyi policy szerinti kontrolljában.

Irodalom

[1] ETSI ES 282 001 v1.1.1
NGN Functional Architecture Release 1 (08/2005)

[2] ETSI ES 282 004 v1.1.1
Network Attachment Sub-System (NASS) (06/2006)

[3] ETSI ES 282 003 v1.1.1
Resource and Admission Control Sub-system (RACS); Functional Architecture (06/2006)

[4] ETSI ES 282 007 v1.1.1
IP Multimedia Subsystem (IMS); Functional architecture

[5] IEEE Std 802.1x-2001
Port-Based Network Access Control

[6] ITU X.509 The Directory:
Public-key and attribute certificate frameworks (8/2005)

[7] ETSI TS 183 019 v.1.1.1
Network Attachment;
Network Access xDSL and WLAN Access Networks; Interface Protocol Definitions (12/2005)

[8] ETSI TS 183 019 v.2.2.0
User-Network Interface Protocol Definitions (07/2007)

[9] IETF RFC 3748
Extensible Authentication Protocol (EAP)

[10] ETSI ES 283 026 v.1.1.1
Resource and Admission Control; Protocol for QoS reservation information exchange between the Service Policy Decision Function (SPDF) and the Access-Resource and Admission Control Function (A-RACF) in the Resource and Protocol specification.

[11] ITU Y.2171
Admission control priority levels in NGN (9/2006)

[12] ITU Y.2111
Resource and admission control functions in NGN (09/2006)

[13] ITU-T Y.1541
Network performance objectives for IP-based services (05/2002)

[14] IETF RFC 3579
RADIUS (Remote Authentication Dial in User Service) Support For Extensible Authentication Protocol (EAP)

[15] IETF RFC 4072
Diameter Extensible Authentication Protocol (EAP) Application.

[16] IETF RFC 4187
Extensible Authentication Protocol Method for 3rd Generation Authentication and Key Agreement (EAP-AKA).

[17] Kanász-Nagy Lajos:
„Biztonság a távközlésben”
PKI közlemények 48. kötet,
Matáv Rt., Budapest, 2004, pp.141–153.

[18] Kanász-Nagy Lajos:
Nyilvános kulcsú rendszerek a jövő távközlési hálózatában (konferencia kiadvány),
PKI Tudományos Napok 2005.
Magyar Telekom Rt., Budapest, 2005.

ENUM a mindennapi gyakorlatban: álom vagy lehetőség?

TÉTÉNYI ISTVÁN, SZABÓ GYULA, KISS ANDRÁS, TÓTH ANDRÁS

MTA-SZTAKI, Internet Technológiák és Alkalmazások Központ
tetenyi@sztaki.hu

Lektorált

Kulcsszavak: újgenerációs hálózatok, távközlés, Internet, ENUM

A cikk az ENUM (Electronic Number Mapping) gyakorlati alkalmazhatóságával kapcsolatban foglalja össze azokat a szempontokat, amelyek szolgáltatói környezetben meghatározóak. Bevezetőnkben elhelyezzük a témát, majd röviden tárgyaljuk a legfrissebb tendenciákat, amelyek az ENUM körül zajlanak. A középső részben bemutatjuk azokat a módszereket, amelyekkel az ENUM technológia adta lehetőségeket mérésekkel lehet elemezni; majd összefoglaljuk az általunk készített vizsgálatokat és ezek eredményeit, zárásképpen pedig az ENUM-ot körülvevő tendenciák és a mérések eredményei alapján általánosított eredményeket ismertetjük.

1. Bevezetés

Az ENUM egy olyan szabványos eljárás, amely a telefonszámok – E.164 értelemben – és az Internetben használt, úgynevezett domain nevek egyértelmű hozzárendelését biztosítja. Az ENUM nagyon röviden arra tesz kísérletet, hogy a telefonszámok megjelenhessenek a domain nevek között és erre alapozva lehessen szolgáltatásokat építeni. Az ENUM tehát egyike azoknak a technológiáknak, amelyek a konvergens távközlési szolgáltatások illetve az újgenerációs hálózati szolgáltatások (NGN) irányába mutatnak.

Az IETF ENUM munkacsoport 1999-ben alakult meg. Az ENUM, mint szabványt az RFC 2916 (2000), illetve az RFC 3761 (2004) határozzák meg. A legfrissebb szabványfejlesztések az alábbi irányokba mutatnak:

– a DNS szolgáltatás nyújtotta lehetőségek szélesebb körű alkalmazhatósága,
– a szabványosan definiálható, ENUM alapú szolgáltatások DNS deklarációja,
– a felhasználói és szolgáltatói ENUM szétválasztása.

Az E.164 telefonszám-formátum biztosítja azt, hogy egy létező telefonszám bárhol elérhető legyen, sőt emeltszintű szolgáltatások például SMS, MMS is nyújthatóak. Egy Internet-es domain név, illetve általánosabban egy univerzális erőforrás azonosító (URI) hasonlóképpen az Internetre kapcsolt számítógépek közötti kommunikációt teszi lehetővé. Az ENUM elképzelés alapja, hogy a két világ még hosszabb ideig egymás mellett fog élni és ezért szükség van a szabványos átjárhatóságra a hagyományos „telefon”, illetve a hagyományos „Internet” között. Az ENUM önmagában azonban csak egy – a DNS-re épülő – „ragasztó” a két világ között. A konvergens szolgáltatásokat az alkalmazások nyújtják. Közismert, hogy az első VoIP-alapú hangátvitel a kilencvenes évek közepén valósult meg. A szabványos Internetes jelzésrendszer az 1999-ben definiált SIP (RFC 2546, RFC 3261) protokoll volt.

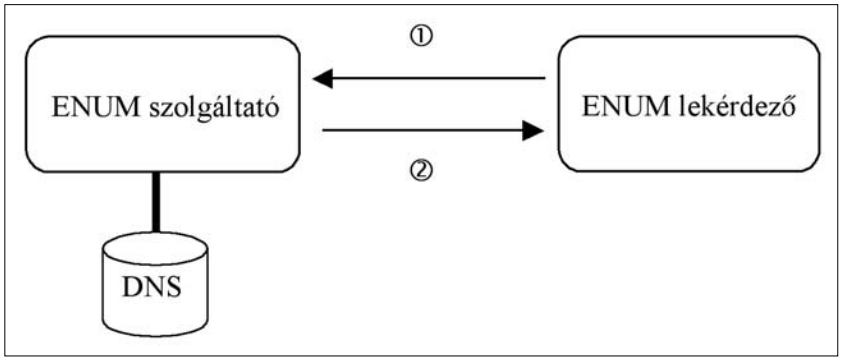
2007-ben a szolgáltatási platformok konvergenciája valóban realitás, mégis a szakmában egy sor fenntartás él bizonyos műszaki megoldások alkalmazhatóságával kapcsolatban. A Nominum cég 2005 márciusi sajtóbejelentése szerint [1] a cég ENUM célú DNS kiszolgáló terméke kiemelkedően jó eredményeket mutat. A SUN Microsystems 2005 májusi nyilvános dokumentuma [2], amely a SUN DNS elképzeléseit összegzi, egyértelműen a Nominum DNS kiszolgáló szerver kiváló teljesítményparamétereit összegzi. Több USA-beli Internet-szolgáltató DNS szolgáltatását elemző tanulmány [3] szerint 2006 márciusában lényeges minőségi kifogások voltak a DNS szolgáltatások színvonalával kapcsolatban.

Cikkünkben azt vizsgáljuk, hogy az ENUM alapú szolgáltatások bevezetésével kapcsolatban felvetett néhány alapvető, az ENUM teljesítményével összefüggő kifogás megállja-e a helyét.

2. Az ENUM mérések leírása

Az ENUM-ra épülő szolgáltatások szabványos DNS kéréseket tesznek fel, majd a válaszokat értelmezik.

1. ábra A mérési elrendezés



		BIND 9.3.2			BIND 9.4.0.rc1			NSD 3.0.4		
Fájlnév	#oR	qps	mem	cpu%	qps	mem	cpu%	qps	mem	cpu%
1-1-1	10^2	42278	70340	74.12	55798	74664	71.68	65860	20976	10.78
2-1-1	10^3	41795	70340	74.78	55079	75632	72.10	59423	23140	12.07
3-1-1	10^4	41792	71660	74.71	54313	77048	72.21	53250	23676	13.12
4-1-1	10^5	40657	86180	75.28	53267	90384	73.31	46945	85804	14.51
5-1-1	10^6	39824	232048	76.06	51917	234720	74.08	40440	645908	15.66
6-1-1	10^7	33033	1542756	79.81	48958	1663488	75.41	*nem futott le*		

3. ábra ENUM feloldás különböző DNS szerverekkel

A mérésben tehát részt vesz az ENUM lekérésekre válaszoló DNS szerver, illetve a kéréseket kibocsátó lekérdező szerver. A mérésben alapesetben egy kétprocesszoros Dell 1855 penge-szerver szerepelt és az egyik penge volt a szolgáltató, illetve a másik penge volt a lekérdező. A penge-szerverek redundánsan voltak hálózati szempontból összekapcsolva, de ennek a mérés szempontjából nincs jelentősége, mivel a hálózati forgalom relatíve alacsony, a penge-szerverek gigabites kapacitású hálózati interface sebességéhez képest. A penge szerverek 2 Gbyte RAM memóriával és Intel 3.2 GHz-es dual, hyper-threading processzorral voltak felszerelve, az operációs rendszer Linux volt, 2.6-os kernellel.

DNS szerverként, egy teszt kivételével a BIND9-es [4] változatát használtuk. Az ENUM-lekérdezést biztosító szerver számítógép a Nominum cég DNS tesztalkalmazása a *dnsperf* volt [5]. A mérés szempontjából ennek azért van jelentősége, mivel így el tudjuk kerülni a tesztelő szoftverek eltérésből származó hibákat.

A méréseknél különböző rekordszámú és különböző, az ENUM szempontjából eltérő szerkezetű DNS zóna fájlokat generáltunk egy saját fejlesztésű programmal.

A mérések alapvető célja annak meghatározása volt, hogy:

– amennyiben egy adott ENUM struktúrával rendelkező generált zónafájlból véletlenszerű lekéréseket végzünk, akkor másodpercenként hány kérésre érkezik megfelelő válasz;
– milyen egyéb paraméterektől függ a másodpercenként kiszolgált DNS kérések száma.

3. ENUM-teljesítménymérések

3.1. DNS kiszolgálás a rekordszám függvényében

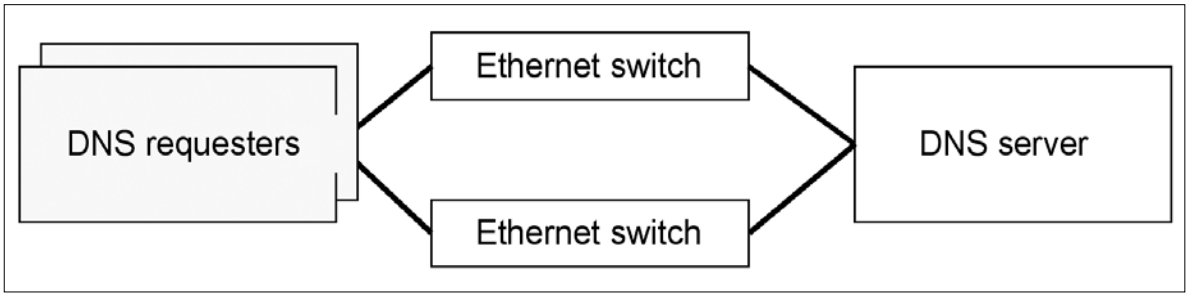
A rekordok egyszerű szerkezetűek voltak, azaz semmi ENUM-specifikus bejegyzést nem tartalmaztak. A mérés azt mutatja, hogy 1 millió DNS rekord esetén is a másodpercenként kiszolgált kérések száma meghaladja a negyvenezret. A Nominum bejelentés és a [2] cikk alapján ennél lényegesen rosszabb teljesítményértékekre számítottunk.

#oR	qps
10^1 (0-1)	43770
10^2 (0-2)	43274
10^3 (0-3)	42909
10^4 (0-4)	42854
10^5 (0-5)	42732
10^6 (0-6)	42221
10^7 (0-7)	40412

2. ábra
DNS teljesítmény, növekvő rekordszám mellett

3.2. ENUM rekordok feloldása különböző DNS szerverek esetén

A BIND névszerver a verziókon kívül abban is különbözött, hogy gyári előrecsomagolt szoftver-e, vagy helyben optimalizálva fordított. Az NSD [6] az úgynevezett root névszerverek nyilvánosan hozzáférhető szoftverváltozata. A mérésből látszik, hogy a NAPTR rekordok számának növekedésével a másodpercenként kiszolgálható kérések száma csökkenő tendenciájú. Az NSD és a BIND 9.4.0 nagyjából azonos teljesítményt mutat, de az NSD szoftver nem tudta betölteni a 10 millió rekordos állományt.



4. ábra
Mérési elrendezés

A mérés legfontosabb tanulsága, hogy szabványos ENUM rekordok kiszolgálása esetén a DNS szerverek teljesítménye eléri a 40000-es határt. A DNS szerverek kihasználták a több processzoros modern kernel és a több szálas futtatás lehetőségét. A 10 millió rekordhoz tartozó memória igény jelzi, hogy a DNS szerver méretezése során elegendő memóriát kell a szerverbe biztosítani.

3.3. A párhuzamos lekérdezés hatása a DNS teljesítményre

Ebben a mérésben két kéréseket kibocsátó teszter küldte a kéréseket a DNS szervernek és vizsgáltuk, hogy csökken-e a teljesítmény. A szerver ugyanazokat az ENUM adatokat szolgálta ki, mint az előző mérésben. A mérési adatokból látszik, hogy a szerver függetlenül kezeli a kéréseket, és a teljesítmény nem változik.

Fájlnév	#oR	qps1	qps2	mem	cpu%
1-1-1	10^2	21276	21264	68968	74.91
2-1-1	10^3	21185	21152	69172	75.15
3-1-1	10^4	21021	20953	70492	75.36
4-1-1	10^5	20703	20670	85012	75.78
5-1-1	10^6	19894	19879	107072	76.45
6-1-1	10^7	16693	16633	249344	80.66

5. ábra Kettős terhelés kiszolgálása

3.4. Nem létező rekordok DNS lekérése

Ebben a mérésben azt vizsgáltuk, hogy amennyiben nem létező rekordokat kérünk a DNS-től, akkor miképpen alakul a teljesítmény.

A mérésből megállapítható, hogy nincs érezhető teljesítménykülönbség a nem létező rekordokra vonatkozó választeljesítmény szerint.

6. ábra Nem létező rekord lekérdezésének a hatása

Fájlnév	#oR	qps	cpu%
1-1-1	10^2	47041	72.89
2-1-1	10^3	46606	73.67
3-1-1	10^4	45276	74.27
4-1-1	10^5	44862	74.69
5-1-1	10^6	40186	77.33
6-1-1	10^7	34664	80.65

3.5. EDNS0 vizsgálata

A mérés első fele „hamis”, mivel a mérés során n*em kaptuk vissza* az összes rekordot, csak annyit, amennyi az első UDP csomagba belefért, ez a szabvány szerinti működést jelenti.

A lekérdezések során a szerver oldalon növeljük az egy domain névhez tartozó rekordok számát. Azaz szimuláljuk, hogy egy telefonszámhoz több `sip://`, `mailto:`, `IM` stb. mező tartozik. Vizsgáljuk, hogy a válasz mérete milyen hatással van a DNS szerver teljesítményére.

A DNS lekérdezésekre adott válasz mérete az eredeti protokoll tervezésekor az UDP csomagok maximális méretéhez lett igazítva, ami alapesetben 512 byte. A DNS szolgáltatás különböző feladatokra való felhasználása miatt ez a korlát alacsonynak bizonyult. A protokollal foglalkozók két megoldást találtak a problémára. Az egyik a TCP használata, UDP helyett, amivel gyakorlatilag bármekkora mennyiséget át lehet vinni, de sokkal lassabb és bonyolultabb. A TCP alapú DNS nem skálázható teljesítmény igényeket támaszt. Ezért is definiálták az EDNS0 kiterjesztést. Ez esetben a kliens a kérésébe egy úgynevezett OPT rekordot is beletesz, jelezve, hogy képes az EDNS0 használatára (dnsperf esetén -e, dig esetében pedig a +dnssec kapcsoló). A szerver ezt észlelve válaszként 512 byte helyett 4096 byteos UDP csomagot használ. Méréseink során 6 rekord volt a határ, ami még belefért a 512-es csomagba *(7. ábra)*.

Fájlnév	mem	cpu%	qps (EDNS0 nélkül)	qps (EDNS0)	resp_size (byte)
5-1-1	216112	76.49	39607	36774	149
5-1-2	264316	77.23	39272	35825	210
5-1-3	341016	77.58	38077	34608	271
5-1-4	370132	78.54	36873	34117	332
5-1-5	430564	78.96	36529	33551	393
5-1-6	470260	79.24	35819	32883	454
5-1-7	525376	80.19	***35168***	32530	515
5-1-8	562648	79.56	***35581***	31885	576
5-1-9	623440	79.47	***35255***	31298	637

Ezt a három mérési eredményt befolyásolta az EDNS0 mentes

7. ábra A DNS válasz méretének hatása a teljesítményre

A mérésből megállapítható, hogy a hosszabb válaszcsomag körülbelül 10%-kal lassítja a DNS szerver működését (EDNS0 opció), azonban az elvárható igényeknek ez is messze megfelel.

3.6. A processzor teljesítmény hatása a DNS teljesítményre

A szervert egy viszonylag kis teljesítményű gépen futtatjuk *(8. ábra)*. A 6-1-1 (tízmillió domain név) mérést nem lehetett elvégezni, mivel memória korlátba ütközött indulásnál a szerver. Azért látunk csökkenő CPU terhelést, mert a többi rendszerhívásokat szolgált ki, amelyből egyre több lett.

Fájlnév	#oR	qps	cpu%
1-1-1	10^2	975	73.05
2-1-1	10^3	982	72.56
3-1-1	10^4	974	71.54
4-1-1	10^5	929	69.89
5-1-1	10^6	914	69.82

8. ábra
Alacsony teljesítményű DNS szerver adatai

A hatodik mérés tanulsága, hogy alacsony teljesítményű DNS szervert nem célszerű üzembe állítani. Másfelől jelzi azt is, hogy miért jelentett akadályt a hazai Internet hálózat fejlődésének útjában a régi BIND névszerver és az alacsony teljesítményű gépek együtt.

3.7. A DNS szerver válaszának hosszától való függés

A dns szerver *válaszának méretét* növeljük a határokig és vizsgáljuk a DNS szerver teljesítményének alakulását.

Az **DNS Response Size Issues** internet-draft bevezetője:

1.1. The DNS standard (see [RFC1035 4.2.1]) limits message size to 512 octets. Even though this limitation was due to the required minimum UDP reassembly limit for IPv4, it is a hard DNS protocol limit and is not implicitly relaxed by changes in transport, for example to IPv6.

1.2. The EDNS0 standard (see [RFC2671 2.3, 4.5]) permits larger responses by mutual agreement of the requestor and responder. However, deployment of EDNS0 cannot be expected to reach every Internet resolver in the short or medium term. The 512 octet message size limit remains in practical effect at this time.

1.3. Since DNS responses include a copy of the request, the space available for response data is somewhat less than the full 512 octets. For negative or positive responses, there is rarely a space constraint. For positive and delegation responses, though, every octet must be carefully and sparingly allocated. This document specifically addresses delegation response sizes.

Idézet a **RFC1035 4.2.1 Domain Implementation and Specification** RFC-ből:

2.3.4. Size limits

Various objects and parameters in the DNS have size limits. They are listed below. Some could be easily changed, others are more fundamental.

Labels	*63 octets or less*
Names	*255 octets or less*
TTL	*positive values of a signed 32 bit number*
UDP messages	*512 octets or less*

Amit vizsgálunk tehát az, hogy miként változik az egy telefonszámhoz tartozó bejegyzések számának növelésével a sikeres lekérdezések száma másodpercenként.

Két mérést végeztünk; az elsőben 100 telefonszám, a másodikban pedig 100.000 telefonszám volt a DNS-ben.

Tulajdonképpen a

*szumma(telefonszám(i)*számosság(NAPTR(i)))*

szorzat egy metszetét vizsgáltuk.

A mérési tartomány 1-től 65 rekordig terjed, a 66. rekord felvételekor a válaszcsomag meghaladja a 4096 byte-ot, azaz az EDNS0 kiterjesztés már nem használható.

A *9. ábrán* a **resp_size** mutatja a DNS válasz méretét byte-ban.

A második méréssorozatban az 5-1-x zónákat használjuk, azaz 100.000 telefonszám van a rendszerben. A zone-5-1-33-at a BIND már nem képes betölteni: „File too large”. A fájlt így kettévágva és a main konfigurációban két include-ként lett összeállítva. Az egyes fájlok mérete 1,1 G.

Az 5-1-41 jelzésű zóna használatakor már szükség volt a swap igénybevételére, a zóna már nem fért el a 2G fizikai memóriába.

9. ábra
A DNS szerver teljesítményének változása az ENUM rekordok számának függvényében

			N=100	N=100000	
Fájlnév	#oR	Resp_size	qps	qps	cpu%
1-1-1	1	141	38722	36861	76.54
1-1-9	9	629	32789	31307	81.15
1-1-17	17	1124	29315	27386	83.54
1-1-25	25	1620	24427	21238	82.35
1-1-33	33	2116	20962	20033	83.97
1-1-41	41	2612	19255	18046	84.97
1-1-49	49	3108	17053	16274	84.99
1-1-57	57	3604	16049	14379	85.59
1-1-65	65	4068	14760	Out of memory	

A mérést értékelve látszik, hogy ha egy bejegyzéshez növeljük a NAPTR rekordok számát, akkor még kis rekordszám esetén is csökken a teljesítmény. Azonban az egy bejegyzéshez tartozó NAPTR rekordok számától való függése a teljesítménynek jelentősebb, mint a zóna teljes méretétől. A mérés rávilágít arra, hogy ha bonyolult és hosszú ENUM rekordstruktúrát alkalmazunk, akkor ennek teljesítmény ára van.

3.8. DNS bejegyzés frissítés és ENUM

A mérés célja a DNS szerver vizsgálata, hogy milyen teljesítményérték várható dinamikus zóna változtatás esetén. Ebben az esetben az update/second – **ups** egységet használjuk a mérés során.

A DNS listafájlokban 5000 véletlenszerűen kiválasztott telefonszám van, amelyekhez a mérés során dinamikusan hozzáadunk egy-egy NAPTR rekordot. Mérjük a másodpercenként elvégezhető frissítést a telefonszámok számának függvényében.

		Bind 9.3.2			Bind 9.4.0.rc1		
Fájlnév	#oR	ups	cpu%	iow	ups	cpu%	iow
1-1-1	10^2	11468	25.45	1.82	12942	24.28	1.49
2-1-1	10^3	7382	15.98	9.88	11504	23.18	2.53
3-1-1	10^4	26	0.10	23.78	39	0.13	24.03
4-1-1	10^5	24	0.22	23.78	21	0.08	24.02
5-1-1	10^6	23	0.08	23.97	20	0.08	24.05
6-1-1	10^7	23	0.05	23.95	19	0.10	24.05

10. ábra A DNS szerver update teljesítményének mérése

A mérés során tapasztalni lehetett, hogy a mérés kezdetekor a kis számú rekord esetén is alacsony volt az ups teljesítmény, a másodpercenkénti update műveletek száma. A mérés során valószínűleg beindult egy cache folyamat, ami miatt megnőtt a teljesítmény. A magasabb rekordszámú méréseknél ez az effektus nem volt megfigyelhető.

A mérés során az IO wait paraméter értéke növekedett meg, mivel a BIND egy journal fájlban tárolja a változtatásokat, a rendszer ennek a fájlnak az írásával volt elfoglalva.

A BIND 9 verziónak az DNS NAPTR rekordokat feldolgozó teljesítménye nem kifejezetten az erőssége. Ettől függetlenül, mivel a rekord bejegyzések ritkán változnak, ez a teljesítmény igény elegendőnek tűnik a hazai felhasználásra. Nem szabad elfelejtkezni arról, hogy mindez a *dinamikus update* teljesítmény, amelynek a felhasználását valószínűleg a már konszolidált IMS roaming során fognak a felhasználók tömegesen használni. Tekintettel azonban arra, hogy a hazai roaming mennyiség illetve a külföldről Magyarországra látogató felhasználói roaming nem túl jelentős, így a mért *ups* érték megfelelőnek tűnik.

3.9. A mérési eredmények összehasonlítása nyilvános forrásokkal

Az alábbiakban összehasonlító mérési adatokat foglalunk össze.

1. Az NLnetlabs 2005 októberében publikálta a Bind 9-cel kapcsolatos mérési eredményeit [7]. A mérés során elért eredmények nagymértékben hasonlítanak az általunk elvégzett mérésekre. Az NLnetlabs legfontosabb tanulsága: modern 2.6-os Linux operációs rendszer kernelen kell futtatni a Bind kódot.
2. Különböző nemzetközi sajtóorgánumok 2006 nyarán több helyen megjelent, hogy a DNS szerverek lassúsága okoz az Interneten lassuló szolgáltatásokat. Véleményünk szerint az egész mögött a Nominum média kampánya állhat, amely arra irányult, hogy a Nominum DNS előnyeire felhívják a figyelmet. Egy ausztrál fórumon teljesen egyértelműen válaszolnak a Nominum kampányára [8]. Ahogyan azt tanulmányunk korábbi részében bemutattuk, a DNS mechanizmus eleve nagyon tartalékolt és jól skálázható. A Nominum szoftver reális alternatívája a hétköznapi méretű ügyfélszámú ISP-k esetében a BIND. Méréseinkből az következik, hogy a határ a ~10 milliós bejegyzés.
3. Végül nézzük meg az eredeti Nominum bejelentést 2005-ből [9]:

Running on commodity hardware, Nominum's Foundation Authoritative Name Server (ANS) answered to 45,000 queries per second against 200M NAPTR records with an average latency of 2 milliseconds. Nominum's ANS outperformed by as much as four times all other tested software. The company is also hosting a demonstration of its ENUM solution and benchmarks during the VON Conference in San Jose, California.*

** DNS servers were running on the following configuration: Red Hat Enterprise Linux 3.0, Intel Pentium XEON 2.4 GHz, 2 GB RAM, 160 GB Raid 5 Disk array, Gigabit Ethernet Interface.*

A bejelentés, az adott hardware-software környezetben egyértelműen a Nominum előnyét mutatja. Ami miatt azonban a teljesítmény ennyire kedvezőtlennek mutatkozik az a 2.4-es RedHat kernel, és a valószínűleg nem optimalizált BIND. A tanulmányban bemutatott mérések egyértelműen igazolják, hogy a BIND egy adott rekordszám esetén a Nominum 2005-ös teljesítményét hozza!

4. Érdemes részletesen tanulmányozni a Nominum ENUM-ra vonatkozó bejelentését [10]. Ebből egyértelműen kiderül, hogy a Nominum DNS (ANS) szerver update teljesítménye körülbelül 30 update/sec, ami nem különbözik jelentősen az általunk mért és lényegében hangolatlan 24 update/sec értéktől.

For example, Nominum tested the Navitas server with a load representative of production carrier environments: 200 millions records, 30 updates/sec serving simultaneous queries.

5. Végül egyértelműen meg kell adni azokat a jól látható műszaki előnyöket, amelyekben a Nominum szoftver jobb:

– jóval kevesebb memóriát igényel, kifejezetten nagy zónafájlok betöltéséhez.
– a DNS EPP protokoll támogatása
– várhatóan beépített „policy" ágens van, amely különféle extra VoIP társszolgáltatói kapcsolat (peering) megvalósítása esetén előnyösebb.

4. ENUM DNS méretezési szempontok

Az ENUM DNS méretezésének elsődleges szempontja, hogy a telefonhívások illetve az általános értelemben vett ENUM szolgáltatások biztosításához a névfeloldáshoz szükséges időt egy adott késleltetési küszöb érték alá célszerű szorítani.

A tényleges névfeloldási idő komponensei:

a) DNS kérést kibocsátó program feldolgozási késletetése
b) DNS kérés tranzit ideje – az idő amíg a kérés elér a szerverhez,
c) DNS kérés feldolgozási ideje
d) DNS válasz tranzit ideje – az idő, amíg a válasz visszaér a szervertől
e) DNS válasz feldolgozási ideje, késleltetése

A „c" pontra vonatkozó ENUM teljesítmény adatokat a korábbiakban ismertettük. „a" és „e" teljesen a partnerektől függ, erre vonatkozóan semmiféle befolyása nincs a távközlési szolgáltatóknak. Feltételezhető azonban, hogy „a"+„e" < 2-5 msec.

A tranzit időket elsősorban a globális IP hálózatok késleltetése korlátozza, erre azonban szintén nincs a szolgáltatóknak befolyása.

11. ábra

A DNS kérés+válasz együttes tranzitideje	
Európán belül	kb. 50 msec
Amerika keleti partja	kb. 100 msec
Amerika nyugati partja	kb. 180 msec
Ausztrália	kb. 200 msec
Dél-Amerika	kb. 250 msec
Japán	kb. 300 msec

Lényeges szempont tehát az, hogy *milyen közel* van a potenciális 3 Md telefonszámhoz tartozó ENUM bejegyzés. Erre ad megoldást a későbbiekben röviden ismertetett „anycast" DNS.

4.1. A DNS szolgáltatás modernizálása

Az utóbbi években az úgynevezett root DNS szerverek rendszerében jelentős változások zajlottak le. Összesen továbbra is 13 root névszerver van, azonban ezek mellé „anycast" csoportokat szerveztek. Az erre vonatkozó információk több helyen megtalálhatók [11].

Amennyiben az e164.arpa, illetve az ie164.arpa domain-ben biztosítani kell az auditált és authoritív globális telefonszámok ENUM rekord bejegyzéseit, akkor ehhez a jelenlegi „anycast" DNS-hez hasonló mechanizmus fog majd működni. Az „anycast" DNS szerverek tulajdonképpen azonos IP címmel rendelkező szerverek, amelyeket egy adott autonóm rendszerből hirdetnek. A lekérdező „helyétől" függ az, hogy melyik „anycast" root név szerver kópiát éri el. Ehhez hasonló mechanizmusra lesz szükség az ENUM rekordok tekintetében is.

Ettől függetlenül azonban működnek a cache szerverek és a secondary zónák, amelyek módot adnak arra, hogy egy authoritív zónának több secondary vagy „cache only" kópiája legyen. Ez a mechanizmus azonban, tipikusan a „kis" környezetre vonatkozik majd.

Ha Magyarországon az NHH elindítja a szolgáltatói ENUM bevezetést, illetve próbát, akkor a jelenlegi számhordozáshoz hasonló központi adatbázist fog nyújtani a hordozott számok tekintetében, amelyet az ENUM rekordok kezelésére kell használni. Az NHH, illetve egy a nevében eljáró szervezet fogja felügyelni, hogy a számhordozott számok esetében ki jogosult a megfelelő ENUM zónafájlokat kezelni.

- Magyarországon a konvergens szolgáltatások miatt óhatatlanul lesz egy „anycast" típusú és az ie164.arpa vagy az átmeneti e164.arpa zóna „tetejét" tartalmazó anycast szerver. Ezzel biztosítható, hogy az ENUM feloldás kezdeti fázisa gyors legyen.
- Erre is építve kell a hazai szolgáltatóknak kialakítaniuk a hazai ENUM DNS infrastruktúráját.

5. A magyarországi telefonszolgáltatás ENUM teljesítmény igénye

Ennek a vizsgálatnak az a célja, hogy a hazai telefonforgalom nyilvános adataiból meghatározza az ENUM felhasználásra vonatkozó *telefonhívás/másodperc* alapértéket. A kiinduló adatok forrása a KSH 2006 III. negyedévre vonatkozó nyilvános jelentése [12].

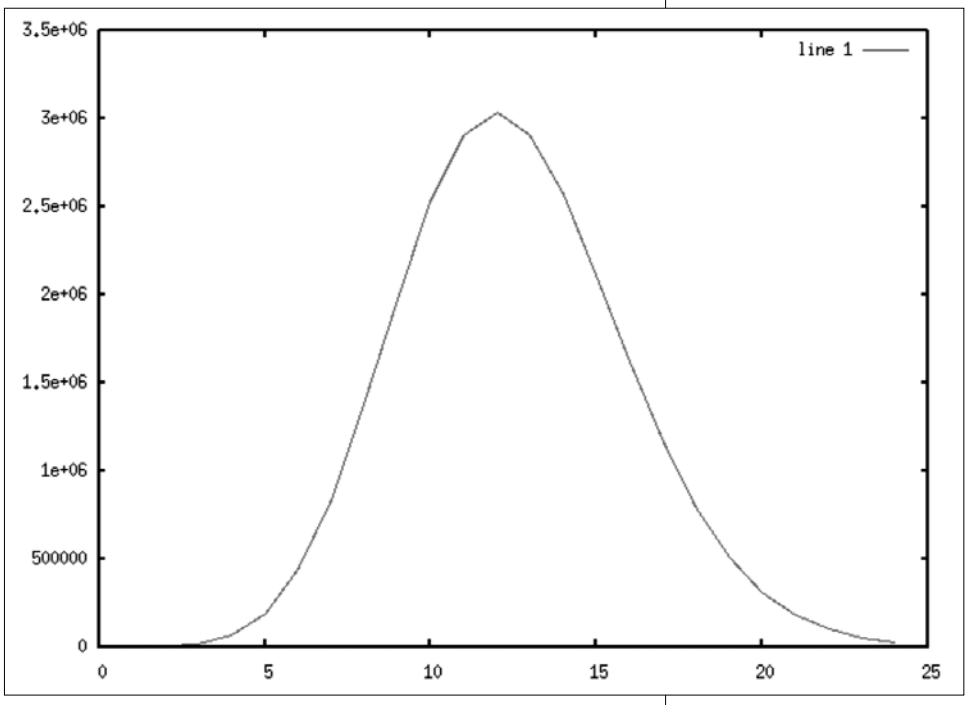
Ebben az időszakban:
Az összes vezetékes kimenő hívás száma: 640 millió
Összes mobil hívás száma: 1724 millió
Összes kimenő hívás száma összesen: 2364 millió
Az időszak hossza: 92 nap
Egy napra jutó átlagos hívások száma: 25,696 millió
Egy mp-re jutó átlagos hívások száma: 297,40 db

A statisztika nem tartalmaz információkat a hívások eloszlásáról, ezért a távközlési statisztikákban a napi forgalom elemzésére gyakran használt Poisson eloszlást alkalmazzuk:

$$x = [0;23] \quad \Lambda = 13{,}7$$

(ezzel az értékkel a 0-23 tartomány az összes görbe alatti terület 99,915%-át adja, a hívási valószínűség 10-15 óra között a legnagyobb)

A kapott valószínűségeket mindenütt 25,696 millióval (az összes napi hívás – a görbe alatti terület) beszorozva a *12. ábrán* látható görbét kapjuk.



12. ábra

Amint látható, csúcsidőben (11 órakor) 3 millió hívás/óra adódott, ami **833,33 hívást** jelent másodpercenként. Azonban a hét napjain nyilvánvalóan nem azonos a terhelés.

– Egy, a napi átlagot háromszorosan meghaladó terhelés esetén (ugyanazt a görbét tekintve): 2500,33 hívást jelent másodpercenként.
– Egy, a napi átlagot tízszeresen meghaladó terhelés esetén: 8333,3 hívást jelent mp-ként.

A fentiek alapján megállapítható, hogy országos méretekben a maximális másodpercenkénti hívás szám 800 és 8000 közé esik. Mivel ez nagyon sok szolgáltató rendszerének az összessége, gyakorlatilag ez a terhelés szolgáltatónkként elosztva jelentkezik.

A fenti statisztika alapján biztosra vehető, hogy a magyarországi populációhoz tartozó hívásszám és az ehhez majd potenciálisan tartozó ENUM (DNS) igények kielégítése már a jelenleg ismert számítógép és szoftver lehetőségekkel kényelmesen kielégíthetőek, valamint a bevezetőben felvetett műszaki problémák Magyarországon nem képeznek akadályt az ENUM bevezetésének kapcsán.

6. Összefoglalás

Cikkünkben összefoglaltuk azokat a mérési eredményeket, amelyeket az egyes ENUM implementációk vizsgálata során nyertünk.

Meghatároztuk azokat a paramétereket, amelyektől egy E.164 telefonszám, illetve az E164.ARPA bejegyzés közötti leképzés – domain név feloldás – sebessége függ. Ennek alapján a következő lényeges eredményeket találtuk: az elvárható névfeloldási sebességet a jelenleg kapható egyszerűbb PC kategóriájú számítógépek teljesítményével és nyilvánosan hozzáférhető szabad szoftverekkel is biztosítani lehet egy magyarországi telefonos populáció számára; az ENUM-hoz szükséges névfeloldás idejét a hívó és a hívott telefonszám közötti földrajzi távolság határozza meg elsődlegesen, ugyan a névfeloldó szerverek teljesítménye a kiszolgált populáció méretétől függnek, ez azonban fürtözési technikákkal kompenzálható.

Az ENUM bevezetéshez szükséges műszaki feltételek és gyakorlati tapasztalatok már rendelkezésre állnak, azaz az új konvergens szolgáltatások bevezetésére hamarosan sor kerülhet.

Irodalom

[1] http://www.nominum.com /popupPressRelease.php?id=338 *(letöltve 2007. július 26.)*
[2] http://www.sun.com /solutions/documents/white-papers/te_dns.pdf *(letöltve 2007. július 26.)*
[3] http://www.lionbridge.com /competitive_analysis/reports/nominum/ Nominum_2006_03_DNS_Survey_v3.1.pdf *(letöltve 2007. július 26.)*
[4] http://www.isc.org/index.pl?/sw/bind/
[5] http://www.nominum.com/testing_tools.php *(letöltve 2007. július 26.)*
[6] http://www.nlnetlabs.nl/nsd/
[7] http://www.nlnetlabs.nl /downloads/bind9-measure.pdf
[8] http://www.nik.com.au/archives/2006/08/19/346/
[9] http://www.nominum.com /popupPressRelease.php?id=338
[10] http://www.nominum.com /getFile.php?file=nominum_wp_enum.pdf
[11] http://root-servers.org/ http://en.wikipedia.org/wiki/DNS_root_zone
[12] http://portal.ksh.hu /pls/ksh/docs/hun/xftp/gyor/tav/tav20609.pdf

Nagyon sok szereplős online szerepjátékok skálázási tulajdonságainak vizsgálata

SZABÓ GÉZA, MOLNÁR SÁNDOR

{szabog, molnar}@tmit.bme.hu
BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszék

Lektorált

Kulcsszavak: játék forgalom, MMORPG, skálázódási vizsgálat, forgalom modellezés

Cikkünk a négy legnépszerűbb nagyon sok szereplős online szerepjáték (MMORPG) – World of Warcraft, Guild Wars, Eve Online és Star Wars Galaxies – átfogó skálázási analízisét mutatja be. Mind a szerver, mind a kliens forgalmat részletesen megvizsgáljuk. A korrelációs és skálázási tulajdonságokra fókuszálva bemutatjuk a vizsgált játékok alap statisztikai tulajdonságait. Habár mindegyikük a MMORPG típusába tartozik és az olyan alapstatisztikák, mint az átlagos csomagküldési sebesség, ennek szórása, vagy az eloszlás torzultsága hasonló nagyságrendbe esnek, ennek ellenére forgalom-karakterisztikájuk különböző. Úgy találtuk, hogy bár vannak hasonlóságok a vizsgált játékok skálázási tulajdonságaiban, mégis különböző skálázási tulajdonságokat mutatnak, így nem lehet őket egy adott modellel jellemezni.

1. Bevezetés

A mai Internet a szórakoztató ipar térnyerését is elősegíti. A hagyományos adattovábbítás mellett (web, P2P), jelentős az online játékok által generált forgalom. Az online játékok közül is a legnépszerűbbek napjainkban a nagyon sok szereplős online szerepjátékok, amelyek nagyszámú játékost vonzanak a virtuális világban való egyidejű játékra.

A korábbi munkák az akkoriban népszerű játékokra fókuszáltak. Ilyen típusúak a belső nézetű lövöldözős játékok, mint a Counterstrike, amit [1]-ben vizsgáltak meg. Manapság a játékforgalom jelentős részét a nagyon sok szereplős online szerepjátékok generálják, így az ezzel a forgalomtípussal foglalkozó munkák is megjelentek. Chen és szerzőtársai egy közepes méretű, Taiwanon kereskedelmi forgalomba hozott MMORPG-t vizsgáltak [2]. Ezt egészítették ki [3]-ban, ahol már foglalkoztak a játékforgalom skálázási tulajdonságaival is. A kapott eredményeket úgy magyarázták, hogy egy ON-OFF modellt lehetne konstruálni a vizsgálati eredmények alapján, ahol az ON és OFF periódusok a játékosok aktív és tétlen állapotaival vannak valamilyen indirekt kapcsolatban. A [4] szerzői a Lineage II-t vizsgálták, ami egyike volt a legnagyobb MMORPG-knek az egyidejűleg online játékosok számát tekintve. [5]-ben a Ragnarok Online-t vizsgálták és a bot-ok által generált forgalmat viszonyították egy emberi játékos által generált forgalomhoz képest, [6] szerzői pedig a Crossfire-t – egy nyílt forrású MMOG-ot – használtak a saját teljesítmény-modellük validálására.

Manapság a helyzet megváltozott. A [7]-en található információk szerint a World of Warcraft messze a legtöbb játékossal bíró MMORPG. Az aktív előfizetők száma négyszerese a Lineage II-nek. A [7] diagramjain szereplő játékok közül a következőket vizsgáltuk meg: World of Warcraft, Eve Online, Star Wars Galaxies és Guild Wars. Döntésünk hátterében egyrészt ezen játékok népszerűsége áll, a másik pedig az, hogy ezek kereskedelmi forgalomban kapható játékok és eddig nem volt lehetőség ezek forgalmát lemérni annélkül, hogy megvásároltuk volna őket, ám lehetőség nyílt ingyenes próbaperiódusok alatt mérni ezeket a forgalmakat. A harmadik ok az volt, hogy a korábbi vizsgálatok az ázsiai piacon népszerű játékokat vizsgálták, de európai és amerikai hálózatok forgalmában ezekkel alig találkozunk.

Munkánk motivációja az, hogy megértsük a forgalom jellemzőit és különös tekintettel az MMORPG-k által generált forgalom skálázási tulajdonságait. Habár a forgalmi ráták, amiket a kliensek generálnak, meglehetősen alacsonyak más alkalmazásokhoz képest, de a szerveroldali aggregációjuk már jelentős lehet a nagyméretű játékos-populáció miatt. Az Internet-forgalom skálázási karakterisztikája, figyelembe véve a növekvő játékforgalmat, nagy hatással lehet a hálózati teljesítményjellemzőkre és hálózat tervezésre.

2. Mérések

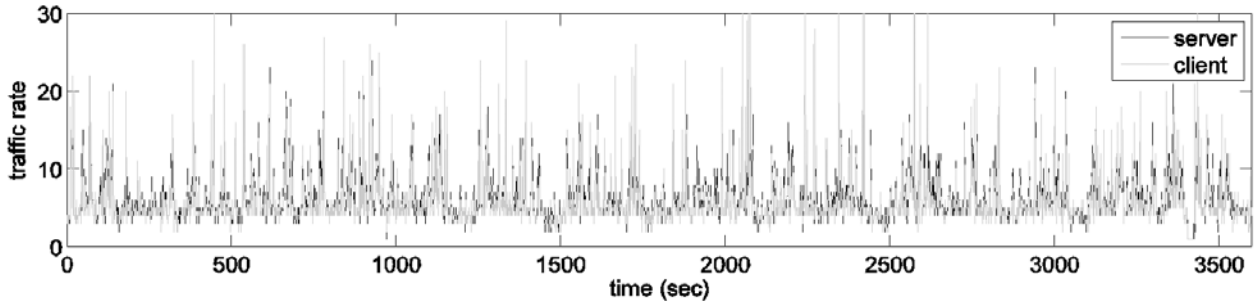
A méréseket egy egyetemi hálózatra kötött kliens gépen végeztük, ami 100 MB FDDI-vel csatlakozik az internetre. A kapcsolat hálózati paraméterei jóval meghaladják azoknak a hálózatoknak a képességeit, amikre ezeket a játékokat tervezik, így feltételezhetjük, hogy nem kell semmilyen játékforgalom-paraméter változásával számolnunk, ami a hálózat elégtelenségéből származhatna. A mérési konfiguráció előnye az, hogy a kliens hálózati forgalmát csomagvesztéstől és hálózati késleltetéstől eltekintve lehet mérni. A méréseket a 19-20 órás periódusokban végeztük hétköznapokon, 2007 januárjában. Mind a kliens felé lejövő forgalmat (amit ezentúl szerverforgalomnak fogunk hívni), mind a klienstől a szerver felé menő forgalmat (kliensforgalom) mértük. A játékforgalmat a kliens gépen a Wireshark-kal mértük microsecundumos pontossággal. A különböző játékok szerver és kliens által generált forgalmát láthatjuk az *1-4. ábrákon.*

Mivel a cikkben bemutatásra kerülő statisztikai vizsgálatok feltételezik az idősor stacionaritását, ezért az ábrák alatt jelezzük, mely mérési szakaszok szolgálnak a további vizsgálataink alapjául.

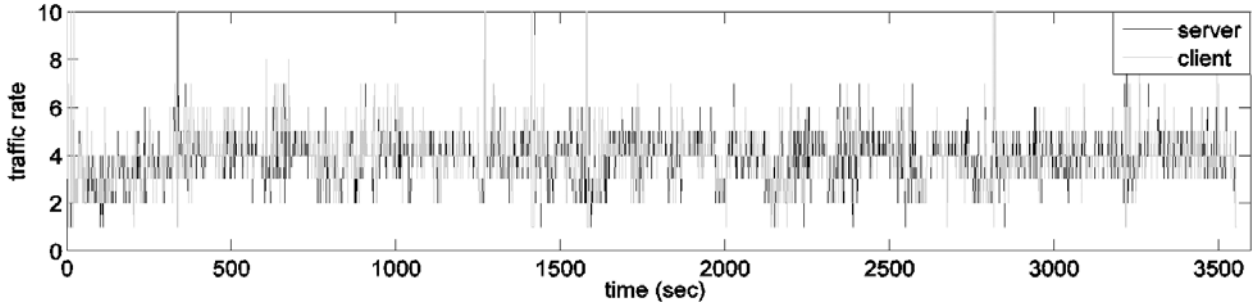
3. Forgalmi alapstatisztikák

A klienstől a szerver felé menő csomagok érkezési időköz-eloszlását vizsgálva találhatunk nagyon jellemző értékeket. Ez a játék-kliens belső működési mechanizmusából adódik, mivel a mérés során nem adódott semmilyen késleltetés a kliens által generált forgalomhoz. A vizsgált játékoknak a 200 msec-es csomagérkezési időköz körül van egy jellemző értéke. Ez egy érthető tervezési ok miatt van, ugyanis az MMORPG-ket úgy tervezik, hogy még 1250 msec-es hálózati késleltetés esetén is a játszható szinten tartják a játékot, így a 200 msec-es periódus még egy újraküldési fázisba is belefér. A World of Warcraft és Guild Wars-nak 300 msec-nél van egy csúcsuk, amíg a Star Wars Galaxies-nak 140 msec-nél. Ez az alacsonyabb érték azzal magyarázható, hogy ez a játék UDP protokollt használ, rengeteg kis méretű csomagot generálva, így a kommunikációs modellje ennek a játéknak más mint a többinek. Az Eve Online nagyon ritkán generál csomagot a többi játékhoz képest.

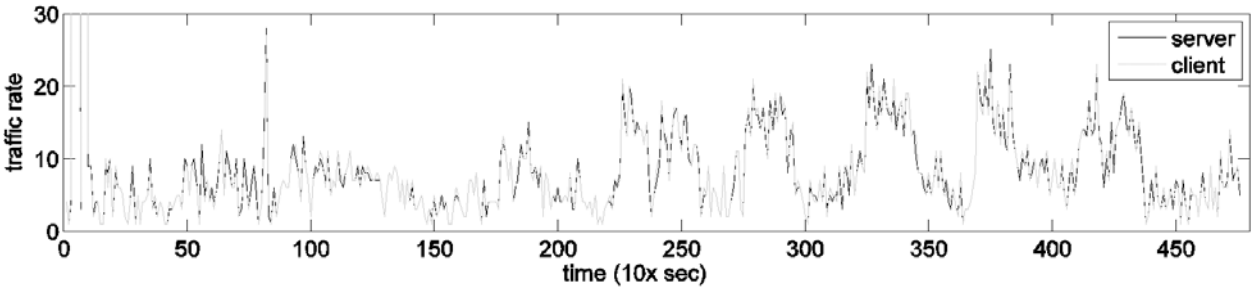
1. ábra World of Warcraft csomaggenerálási intenzitás (csomagszám/másodperc), vizsgált intervallum: 1100-2000



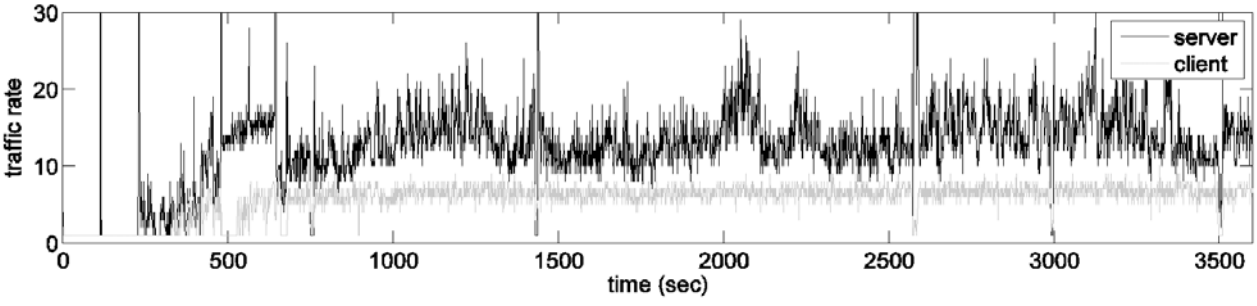
2. ábra Guild Wars csomaggenerálási intenzitás (csomagszám/másodperc), vizsgált intervallum: 1600-2800



3. ábra Eve Online csomaggenerálási intenzitás (csomagszám/másodperc), vizsgált intervallum: 50-450



4. ábra Star Wars Galaxies csomaggenerálási intenzitás (csomagszám/másodperc), vizsgált intervallum: 1500-2000



1. táblázat A vizsgált forgalmak alap-statisztikai jellemzői

		World of Warcraft	Guild Wars	Eve Online	Star Wars Galaxies
	Hossz	900	1200	4000	500
Szerver	Csomagszám	5756	4516	3391	6129
	Átlagos csomagszám/sec	6.39	3.76	0.84	12.26
	Átlagos csméret (bytes)	220.25	183.19	261.18	156.47
	Méret (bytes)	1267766	827319	885680	959036
	Átlagos kbits/sec	11.01	5.38	1.73	14.98
Kliens	Csomagszám	5582	4597	3429	3169
	Átlagos csomagszám/sec	6.21	3.83	0.86	6.34
	Átlagos csméret (bytes)	71.12	57.58	64.41	77.25
	Méret (bytes)	39990	264705	220870	2448806
	Átlagos kbits/sec	3.45	1.72	0.43	3.82

A szerveroldali csomag érkezési időkülönbségeket megvizsgálva több kiugró értéket is találhatunk. A nagyon alacsony érték a csomagdarabolás miatt van. A jellegzetes csomagérkezési időkülönbség értékek jól használhatóak forgalomosztályozásra.

A csomagméret-eloszlásokat megvizsgálva azt találjuk, hogy a zéró és más kis méretű csomagok gyakoriak mind a kliens mind a szerver oldalon. Egyik oka ennek, hogy a TCP csomagokat le kell ACK-olni akkor is, ha az adott fél adatot nem is akart küldeni. Másik ok, hogy a játékprotokoll még ráépül a TCP protokollra, mint például a World of Warcraft esetén a szerveroldali csomagok 4 byte WoW fejlécet, a kliens oldaliak 6 byte WoW fejlécet hordoznak minden csomagban, így bármelyik fél bármilyen adatot küld a fejlécen kívül, ezek a csomagok legalább ekkorák lesznek. Korábbi munkákat megerősíthetünk, melyek a kliens által küldött csomagok kisebbek a szerver által küldött csomagoknál, mivel a kliens által küldött csomagok csak egy játékos információit tartalmazzák, míg a szerver oldaliak a környező játékosok és szörnyek információit.

Összehasonlítva a szerver- és kliensoldali csomag generálási sebességet láthatjuk, hogy azoknak a játékoknak, melyek a TCP-t használják kommunikációra, hasonló a forgalomráta-eloszlásuk. A Star Wars Galaxies esetén, ami viszont az UDP-t használja, eltérő abban az értelemben, hogy a szerver által generált forgalomráta magasabb, mint a kliens általi. Egyéb forgalmi alapstatisztikákat mutatunk be az *1. táblázatban*.

4. Hosszútávú összefüggőség vizsgálata

Egy forgalomfolyamnak a hosszútávú összefüggőségi tulajdonsággal rendelkezésére az autokorrelációs függvény nagy időkülönbségeknél lassú lecsengésének vizsgálata alapján deríthetünk fényt:

$$r(k) \sim c|k|^{2H-2}, k \to \infty, H \in (0.5,1)$$

és c konstans. A lecsengés mértékét a Hurst-paraméter (H) határozza meg. Intuitívan, a hosszútávú összefüggőség méri a folyamat memóriáját. A hosszútávon összefüggő folyamat autókorrelációs függvénye lassan cseng le, míg egy rövidtávon összefüggő folyamaté gyorsan (exponenciálisan).

A különböző módszerek közül, amit a hosszútávú összefüggőség vizsgálatára lehet alkalmazni [10] mi a periodgram analízist, az R/S analízist, a reziduumok szórását, a szórásidő-görbét és a Whittle-becslőt alkalmaztuk, illetve a wavelet-transzformáción alapuló logscale-diagrammal [8] verifikáltuk az eredményeinket.

A hosszútávú összefüggőségi analízis eredményeiből láthatjuk, hogy a World of Warcraft forgalom erősen hosszútávon összefüggő a szerver forgalmat tekintve. A statisztikai pontatlanság miatt ugyanez nem mondható el a kliens forgalomról. A Guild Wars kliensforgalma hosszútávú összefüggőséget mutat, de a szerverforgalomra a vizsgálatok pontatlanok amiatt, hogy a magasabb időskálákon kevés adat van. A Star Wars Galaxies szerver forgalma is hosszútávú összefüggést mutat H=0.75 paraméterrel. A kliens forgalom nem becsülhető hasonló okokból kifolyólag, mint a Guild Wars szerverforgaloma. Az Eve Online szerverforgalom esetében a magasabb időskálákat nem lehet használni hosszútávú összefüggőségi paraméter becslésére az ebben az időskálán található kevés adat miatt. Ugyanez a helyzet a kliens forgalom esetén. A *2. táblázatban* a forgalmak hosszútávú összefüggési vizsgálatának eredménye található.

5. Skálázódási vizsgálat

A forgalom skálázódási tulajdonságait hatékonyan lehet a multifraktál-analízis, speciálisan a wavelet-alapú módszerek segítségével vizsgálni [8].

A diszkrét idejű wavelet-transzformáció az n hosszú X adatsort a j-edik skálázódási szinten egy wavelet koefficiens-csoporttal ábrázol $d_X(j,k), k=1,2,...n_j$, ahol $n_j=2^{-j}n$. Definiáljuk a q-adik rendű Logscale diagramot (q-LD) a log-lineáris görbéjével a becsült q-adik momentumnak

$$\mu_j(q) = \frac{1}{n_j}\sum_{k=1}^{n_j}|d_X(j,k)|^q$$

a j oktáv függvényében. Az LD-k linearitása a különböző q-adik momentumoknál az idősor skálázódási tulajdonságaira utal, például $\log_2\mu_j q = j\alpha(q)+c_2(q)$, ahol $\alpha(q)$ a skálázódási exponens és $c_2(q)$ konstans. Teszt eredményeinkben $y_j=\log_2\mu_j(q)$-t q=2-re ábrázoljuk, amit a másodrangú logscale diagramnak hívunk. $\alpha(q)$ ábrázolása q függvényében megmutatja a skálázódás típusát [9].

2. táblázat A forgalmak hosszútávú összefüggési vizsgálatának eredménye

		World of Warcraft	Guild Wars	Eve Online	Star Wars Galaxies
Szerver	Arby-Veitch	0.84	-	-	0.71
	Periodogram	0.89	-	-	0.72
	R/S	0.86	-	-	0.80
	Rezidumok szórása	0.89	-	-	0.85
	Szórás-idő görbe	0.85	-	-	0.75
	Whittle becslő	0.81	-	-	0.70
	Átlagos Hurst paraméter	0.86	-	-	0.75
Kliens	Arby-Veitch	-	0.78	-	-
	Periodogram	-	0.85	-	-
	R/S	-	0.79	-	-
	Rezidumok szórása	-	0.80	-	-
	Szórás-idő görbe	-	0.78	-	-
	Whittle becslő	-	0.75	-	-
	Átlagos Hurst paraméter	-	0.79	-	-

A monofraktál skálázódásnál $\alpha(q)$ lineárisan változik q-val, míg a multifraktáloknál a változás nem lineáris. Ahhoz hogy ezt a viselkedést vizsgáljuk, a lineáris multiscale diagramot (LMD) hatékonyan használhatjuk, amit a $h_q=\alpha(q)/q-1/2$ definiál.

A **World of Warcraft** logscale diagramja *(5. ábra)* közel lineáris az egész tartományt nézve, az LRD tulajdonságot sugallva, amit LRD tesztek is mutattak. Mivel a linearitás fennáll az egész vizsgált tartományra, így lehetséges statisztikai önhasonlóságot is mutat ezeken a időtartományokon. A lineáris multiscale diagram *(13. ábra)* megerősíti ezt a megfigyelést. A World of Warcraft LMD-je gyorsan felvesz egy stabil értéket $h_q= -0.16$ körül, ami a $H=0.84$ becslőt adja, mivel $H=h_q+1$ minden q-ra önhasonló forgalmak esetén.

A becsült érték megegyezik a LRD tesztek esetén kapottakkal. Levonhatjuk a következtetést, hogy a World of Warcraft szerverforgalma nem csak LRD, de a statisztikailag önhasonlóság egy jó modell erre a forgalomra a vizsgált időskálákat tekintve. A vizsgált időskálák azért lettek ezek, mivel számottevő rátafüggvény nincs az 1 másodperces időskála alatt, így a forgalom alacsony csomagküldési rátája alsó korlátot jelent a vizsgálat során. A magasabb időtartományokat tekintve, a lehető leghosszabb stacioner részeit igyekeztünk kiválasztania forgalomnak, de még ezzel a módszerrel sem lehet több mintát szerezni a magas időtartományokból, mint amennyit mi ebben a munkában felhasználtunk.

Más viselkedés figyelhető meg a World of Warcraft kliensforgalmánál. A logscale diagramot *(6. ábra)* vizsgálva csak a $j=1$ és $j=4$ (1 sec-16 sec) tartományokon lehet skálázódást megfigyelni. A multiscale diagram *(14. ábra)* megmutatja a skálázási tulajdonságot ezen a tartományon: a nem lineáris LMD alapján ez multifraktális tulajdonságú. A multifraktális viselkedés gyakran együtt szerepel a ráta eloszlásának nem-Gaussi peremeloszlása miatt. Ebben az esetben is ez a helyzet. A forgalomráta nem Gauss-eloszlású. A csúcsosság (13,53) és torzultság (2,89) mértéke nagyon eltér egy Gauss-szerű eloszlástól (Egy Gauss-eloszlás csúcsosság és torzultság értéke 3 és 0). A magasabb időtartományokra (16 másodperc felettiekre) nem jellemző skálázódási tulajdonság. Fontos megjegyezni, hogy az önhasonlóság egy karakterisztikus tulajdonsága az 50-100 msec-nél magasabb időtartományoknak, például a TCP RTT-je esetében is. Ez alatt a korlát alatt, a fraktál-tulajdonság figyelhető meg, de a mi esetünkben a kliens multifraktális tulajdonsága figyelhető meg még az olyan nagy időskálákon is, mint az 1-16 másodperces.

A **Guild Wars** szerverforgalmának logscale diagramja *(7. ábra)* két tartományra osztható: $j=1–4$ (1 sec-16 sec) és $j=4–6$ (16 sec-1 min), ahol a skálázódási tartományt csak alacsonyabb tartományokban lehet detektálni. Lerajzolva az LMD-t *(15. ábra)* az 1-4 tartományokban, azt láthatjuk, hogy végig ugyanaz az értéke a vizsgált momentumoknak. Így levonhatjuk a következtetést, hogy a Guild Wars szerverforgalmát egy monofractal modellel lehet leírni $h=0.63$ skálázási paraméterrel ezeken az időskálákon.

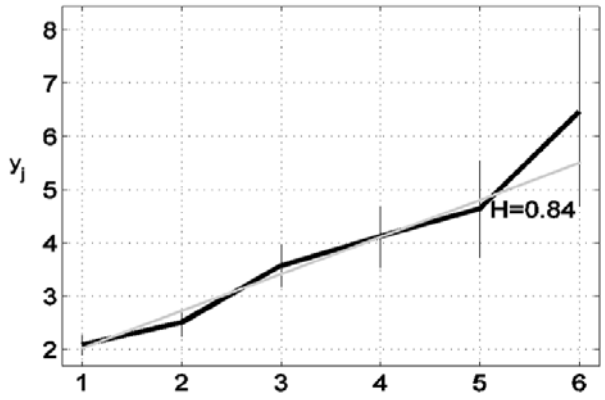
Megvizsgálva a *8. ábrát* láthatjuk, hogy a logscale diagramja a Guild Wars kliens forgalmának lineárisnak becsülhető, önhasonlóságot mutatva a vizsgált időtartományokon. Az LMD *(16. ábra)* azt mutatja, hogy a Guild Wars kliensforgaloma valóban önhasonló. A becsült $H=0.78$ paraméter az LD-diagramról egybeesik a becsült $H=0.79$ paraméterrel, amit az LRD-tesztekből kaptunk.

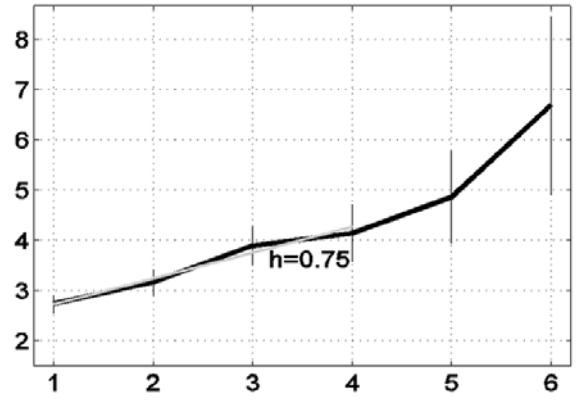
Az önhasonló skálázódás miatt Gauss-szerű rátaeloszlást várunk. Mind a rátafüggvény alakja, mind a becsült csúcsosság (3,09) és torzítottság (0,04) megerősíti, hogy a várakozásunknak megfelelően alakultak a kapott értékek.

Az **Eve Online** szerverforgalmának logscale diagramját *(9. ábra)* két tartományra oszthatjuk, ahol a skálázódási tulajdonságot vizsgáljuk: 1-3 (10 sec-80 sec) és 3-5 (80 sec-5 percen is túl). A 3-5 közötti tartomány nagyon kevés adatot tartalmaz, így a becslők meglehetősen pontatlanok ebben a tartományban. Az 1-3 közötti tartományt vizsgálva a multiscale diagrammal *(17. ábra)*, azt láthatjuk, hogy a számolt skálázási paraméter 0.54 körül van, ami azt sugallja, hogy nincs skálázódási (zajszerű) tulajdonság. Mindebből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az Eve Online forgalmának az egész tartományban nincs skálázódási tulajdonsága.

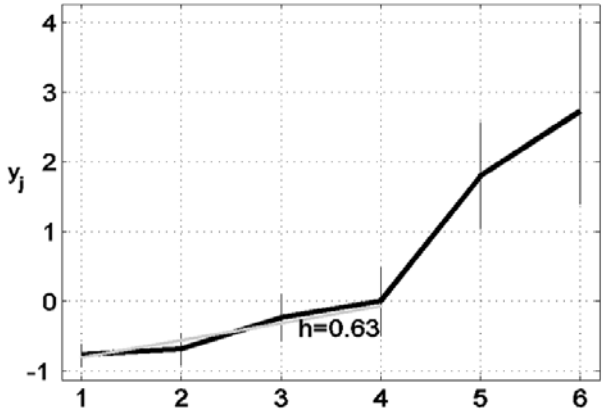
Hasonló a helyzet a kliensforgalom esetén *(10. és 18. ábra)*: a skálázási paraméter 1-3 (10 sec-80 sec) között $h=0.52$, a 3-5 (80 sec-5 min) közötti tartományon pedig

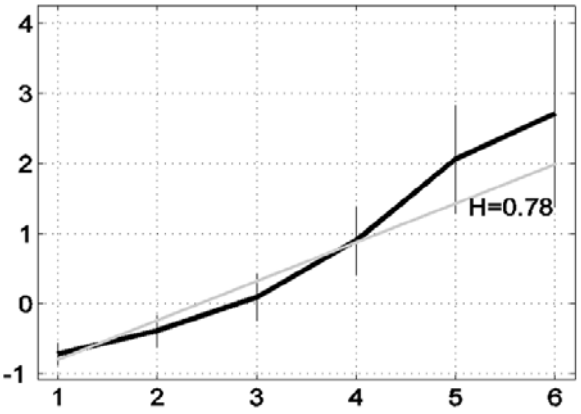
5. és 6. ábra World of Warcraft szerver és kliens logscale diagram az 1 sec-1 perc időtartományokban



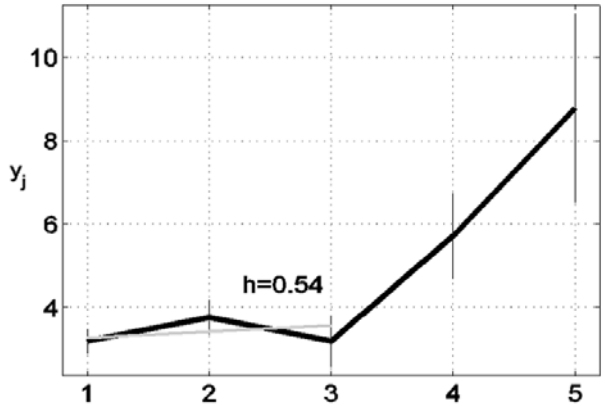


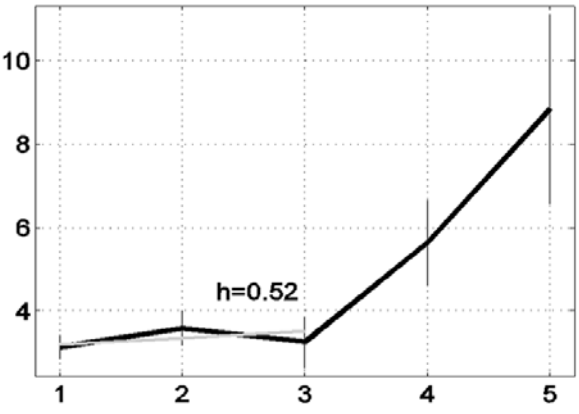
7. és 8. ábra Guild Wars szerver és kliens logscale diagram az 1 sec-1 perc időtartományokban



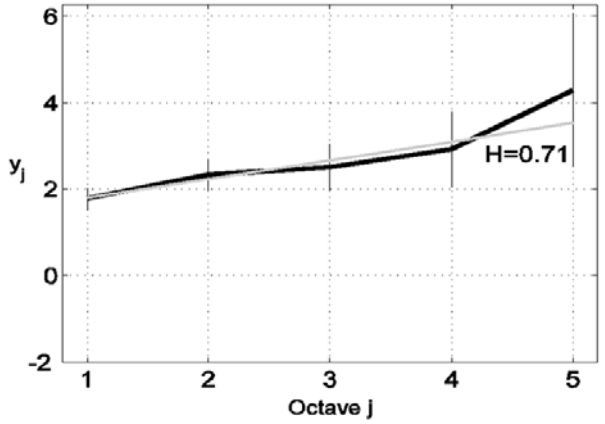


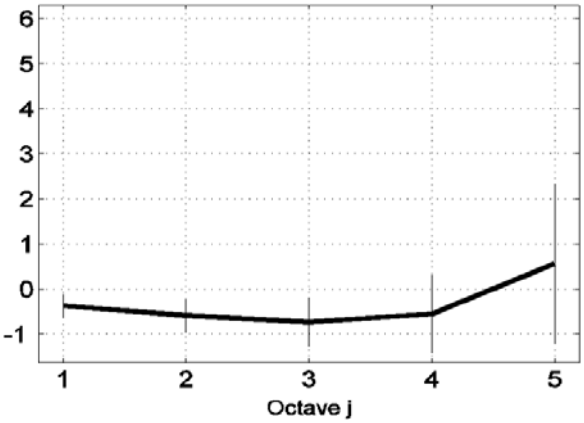
9. és 10. ábra Eve Online szerver és kliens logscale diagram az 10 sec-1 perc időtartományokban



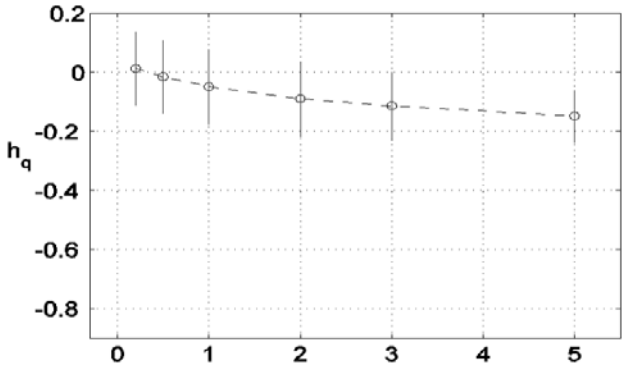


11. és 12. ábra Star Wars Galaxies szerver és kliens logscale diagram az 1 sec-32 sec időtartományokban

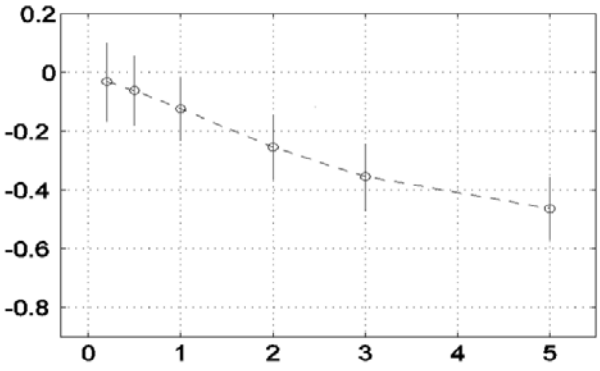




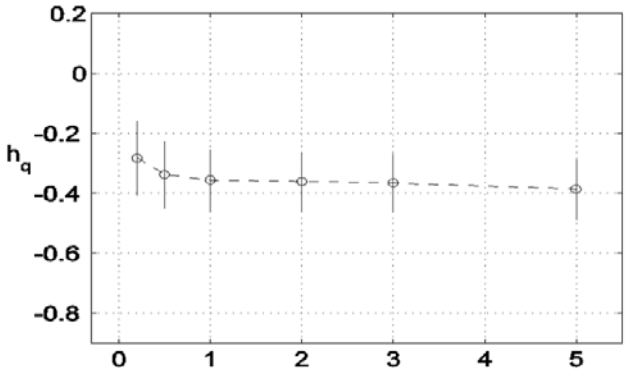
13. ábra World of Warcraft szerver multiscale diagram az 1 sec-1 perc időtartományokban



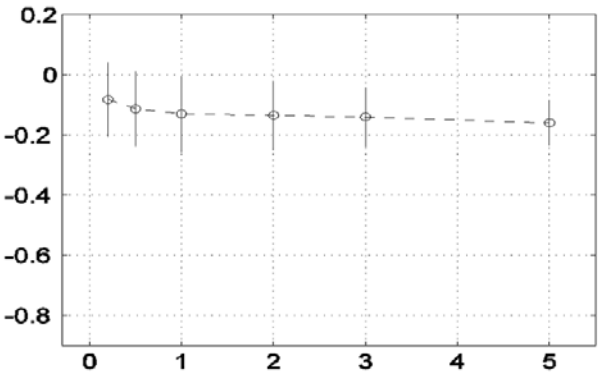
14. ábra World of Warcraft kliens multiscale diagram az 1 sec-16 sec időtartományokban



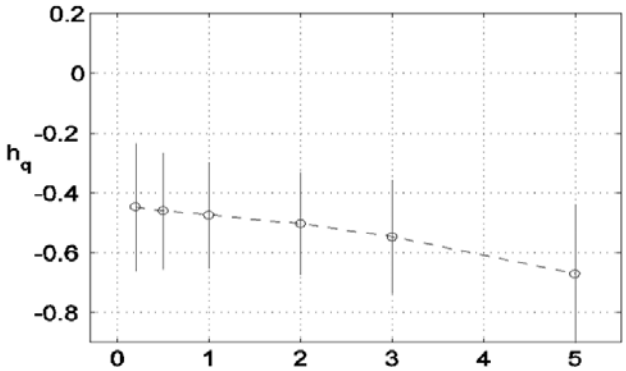
15. ábra Guild Wars szerver multiscale diagram az 1 sec-16 sec időtartományokban



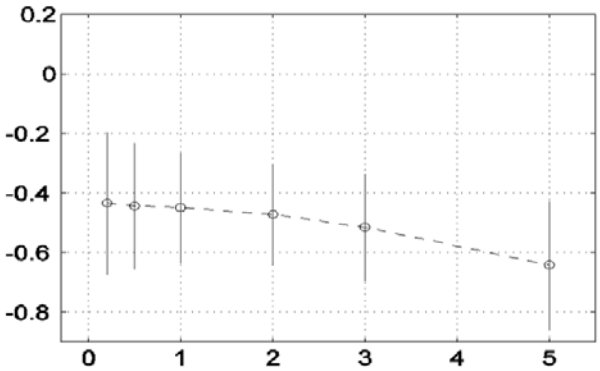
16. ábra Guild Wars kliens multiscale diagram az 1 sec-1 perc időtartományokban



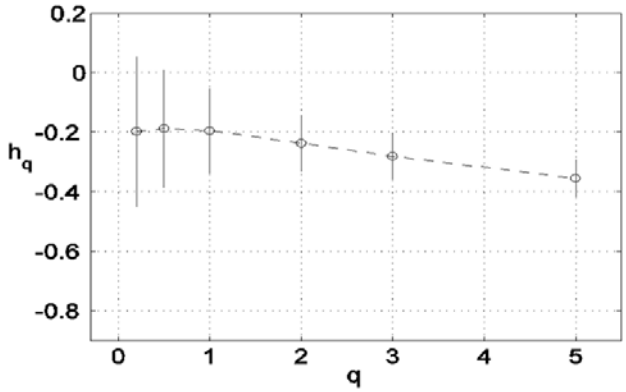
17. ábra Eve Online szerver multiscale diagram az 10 sec-1 perc időtartományokban



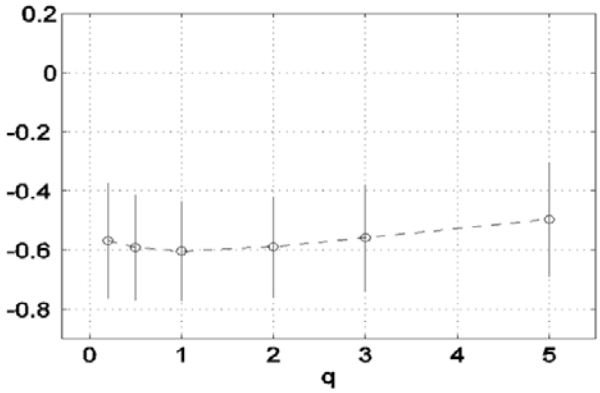
18. ábra Eve Online kliens multiscale diagram az 1 sec-1 perc időtartományokban



19. ábra Star Wars Galaxies szerver multiscale diagram az 1 sec-32 sec időtartományokban



20. ábra Star Wars Galaxies kliens multiscale diagram az 1 sec-8 sec időtartományokban



	Server	Client
World of Warcarft	önhasonló H=0.86 (1 sec–1 perc)	multifraktál (1 sec–16 sec), nincs skálázódás (16 sec fölött)
Guild Wars	monofraktál h=0.63 (1 sec–16 sec), nincs skálázódás (16 sec–1 perc)	önhasonló H=0.79 (1 sec–1 perc)
Eve Online	nincs skálázódás	nincs skálázódás
Star Wars Galaxies	önhasonló H=0.75 (1 sec–1 perc)	nincs skálázódás

3. táblázat
A forgalmak skálázódási vizsgálatának összefoglalt eredménye

kevés adatot tartalmazott, így azt a következtetést vonhatjuk le, hogy nincs skálázási tulajdonsága az Eve Online forgalomnak az egész időtartományon.

Megvizsgálva a **Star Wars Galaxies** szerverforgalmát, azt láthatjuk a logscale diagramon *(11. ábra)*, hogy többnyire lineáris az egész tartományon és az LMD diagramból *(19. ábra)* kiolvasható, hogy h_q=0.29. Így a Star Wars Galaxies forgalmát modellezhetjük statisztikailag önhasonló folyamattal, ahol H=0.71 paraméter becslését az LD diagramból kapjuk. Ez a becslés megegyezik a H=0.75 paraméterrel, amit az LRD tesztek alapján számoltunk. Az önhasonló tulajdonság a Gauss-féle eloszlásokat is indukálja, amit a ráta eloszlás görbékből és a becsült csúcsosság (3,23) és torzítottság (0,45) értékekből is láthatnánk.

A Star Wars Galaxies kliensforgalmának logscale diagramját tanulmányozva *(12. ábra)* két részre lehet osztani a tartományokat, ahol a skálázási tulajdonságot vizsgálhatjuk: 1-3 (1 sec-8 sec) és 3-5 (8 sec-1 min). A 3-5 közötti tartomány olyan kevés adatot tartalmaz, hogy a becslők nagyon pontatlanná válnak ebben a tartományban. Megvizsgálva az 1-3 közötti tartományokat a multiscale diagrammal *(20. ábra)*, azt láthatjuk, hogy a számolt skálázási paraméter 0.5 körül van, ami azt jelenti, hogy nincs skálázódási (zaj jellegű) tulajdonsága. Azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a Star Wars Galaxies kliens forgalmának az egész tartományban nincs skálázódási tulajdonsága.

A *3. táblázatban* található a forgalmak skálázódási vizsgálatának összefoglalt eredménye.

6. Összefoglalás

Ebben a munkában megvizsgáltunk négy népszerű játék esetén mind a kliens, mind a szerver forgalmát. Bemutattuk ezeknek a játékoknak a fontos statisztikai karakterisztikáit, megvizsgálva azokat a hosszú távú összefüggőség és a skálázódási tulajdonságok szempontjából, wavelet-alapú módszerek segítségével.

Más-más skálázódási tulajdonságokat találtunk a vizsgált MMORPG-knél. A World of Warcarft szerver forgalma statisztikailag önhasonló 0.86-os Hurst paraméterrel, a kliens forgalma pedig multifraktál jellegű a 16 secos időskála alatt. A Guild Wars kliens forgalom statisztikailag önhasonló 0.79-es Hurst-paraméterrel, a szerverforgalom ebben az esetben monofraktál skálázási tulajdonságokat mutat az alacsony időskálákon. A Star Wars Galaxies szerverforgalom önhasonló tulajdonsággal bír 0.75-os Hurst paraméterrel, ennek a játékforgalomnak nincs skálázódási tulajdonsága a másik irányt tekintve. Végül, az Eve Online-nál sem a kliens, sem a szerver forgalma nem mutat skálázási tulajdonságot.

Ugyan vannak hasonlóságok a skálázási tulajdonságokban, ennek ellenére a játékoknak alapjában véve eltérőek a skálázási tulajdonságai. Az eredményekből azt a következtetést lehet levonni, hogy az MMORPG-k forgalmát nem lehet egy adott modellel általánosan leírni, hanem az éppen domináns játék határozza meg az Interneten mért játékforgalom karakterisztikáját.

A továbbiakban szeretnénk megvizsgálni és modellezni játékforgalom-aggregátumokat is. További tervünk a játékforgalmak hálózati teljesítményjellemzőkre gyakorolt hatásának vizsgálata.

Irodalom

[1] W. Feng, F. Chang, W. Feng, J. Walpole: Provisioning on-line games: A traffic analysis of a busy Counter-strike server. SIGCOMM Internet, Measurement Workshop, Marseille, France, 2002.

[2] K. Chen, P. Huang, C. Huang, C. Lei: Game traffic analysis: an MMORPG perspective. NOSSDAV'05, NY, USA, 2005.

[3] K.-T. Chen, P. Huang, C.-L. Lei: Game traffic analysis: An MMORPG perspective. Computer Networks, 51(3), 2007. (Article in Press)

[4] J. Kim, J. Choi, D. Chang, T. Kwon, Y. Choi, E. Yuk: Traffic characteristics of a massively multi-player online role playing game. NetGames'05, NY, USA, 2005.

[5] K. Chen, J. Jiang, P. Huang, H. Chu, C. Lei, W. Chen: Identifying MMORPG bots: A traffic analysis approach. ACM SIGCHI ACE'06, LA, USA, June 2006.

[6] M. Ye, L. Cheng: System-performance modeling for massively multiplayer online role-playing games. IBM Syst. Journal, 45(1):45–58, 2006.

[7] http://www.mmogchart.com

[8] P. Abry, D. Veitch: Wavelet analysis of long-range-dependent traffic. IEEE Transactions on Information Theory, 44(1):2–15, 1998.

[9] P. Abry, P. Flandrin, M. Taqqu, D. Veitch: Wavelets for the analysis, estimation and synthesis of scaling data. Self Similar Network Traffic Analysis and Performance Evaluation, K. Park and W. Willinger, Eds., 1999.

[10] J. Beran: Statistics for long-memory processes. Chapman And Hall, One Penn Plaza, 1995.

Automatizált biztonsági tesztelés tapasztalatai Trusted Computing területen

KŐSZEGI GÁBOR, TÓTH GERGELY, HORNÁK ZOLTÁN

BME Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék, SEARCH Laboratórium
{gabor.koszegi, gergely.toth, zoltan.hornak}@mit.bme.hu

Lektorált

Kulcsszavak: OpenTC, Trusted Computing, automatikus biztonsági tesztelés, Flinder

Ez a cikk egy esettanulmány: a SEARCH Laboratórium által fejlesztett automatikus biztonsági tesztelő keretrendszert, a Flindert és a segítségével az EU FP6 OpenTC projektben elvégzett teszteléses hibakeresési feladat eredményeit, valamint annak elvégzése során szerzett tapasztalatokat összegzi. A feladat méreteit jól mutatja az elvégzett több mint 130 ezer teszteset, melyek négy gépen körülbelül két hét folyamatos futtatást vettek igénybe; melynek eredményeként a tesztelés alanyát jelentő 250 ezer soros TSS implementációban számos – közöttük súlyos, kihasználható – biztonsági szempontból veszélyes hibát fedeztünk fel.

1. Bevezetés

A manapság használatos szoftverekkel kapcsolatos biztonsági lyukak jó részét – az egész rendszerhez mérve – egészen apró hibák okozzák, amelyek bárhol előfordulhatnak, ezért kiszűrésük nehéz feladat. Szerencsére a legtöbb gondot okozó, tipikus esetekben (például buffer overflow, integer overflow, printf format string bug) ez a feladat nem reménytelen. A leggyakroribb hibák felderítésében ugyanis alkalmazhatóak automatikus, vagy fél-automatikus módszerek, amelyek a hibák túlnyomó többségét képesek hatékonyan felismerni.

Az ok amiért régebben kevés figyelmet szenteltek az ilyen hibák kiküszöbölésének az az, hogy a szoftverekben maradó programozói hibáknak, csak egy része válik biztonsági szempontból kritikussá és még ezeknek is csak kis hányada az, ami valós veszélyt hordoz magában, azaz a rendszer ellen történő támadás során kihasználható. A programhibák ezen kis hányada tette lehetővé azonban a legtöbb „kártevő” megjelenését: a mai vírusok és a férgek mind ennek köszönhetik létüket. A feltört gépekből szervezett „botneteknek” nevezett hálózatok felelősek a social enineeringre alapuló spam és phishing támadásokért.

A teszteléses hibafelderítés népszerűsége azért is növekedhetett, mert egy komplexebb rendszer teljes egészének formális verifikációja gyakorlatilag kivitelezhetetlen feladat mind időigényessége mind nagyon magas költsége miatt.

A projekt során használt Flinder keretrendszer a dinamikus teszteléses hibafelderítés módszertanát alkalmazza: ezért gyors és hatékony detektálási eszközt jelent a leggyakoribb biztonsági hibák feltárásában.

Jelen cikk egy ilyen automatizált biztonsági teszteléses feladat eredményeit és tapasztalatait foglalja össze: az EU 6. keretprogramjában indított Open Trusted Computing (OpenTC) projekt során a SEARCH Laboratórium tesztelte az Infineon által elkészített Linux alapú TSS implementációt.

2. Trusted Computing

A Trusted Computing leginkább bizalmi számítástechnikának fordítható – a felhasználó számítógépébe vetett bizalomról szól; a számítógép olyan módon történő működtetéséről, hogy a gép tulajdonosa megbizonyosodhasson rendszere integritásáról vagy adatai biztonságáról. Hasonlóan szükséges, hogy egy szoftvergyártó is megbizonyosodhasson arról, hogy a programjait nem módosítják, vagy használják az adott gépen illetéktelenül.

Az újdonság az architektúrában, hogy célhardverrel támogatott (TPM, Trusted Platform Module), amely chipek már néhány éve megtalálhatók a piacon és beépítésük néhány laptop típusba és asztali PC alaplapra már megtörtént. (2006-ban világszerte 60 millió TPM chipet adtak el, 2007-re pedig az IDC szerint a prognózis 120 millió, míg 2010-re 260 millió.)

A chip feladata a biztonsági alapszolgáltatások biztosítása, mint például:

– valódi véletlenszám-generálás,
– aszimmetrikus kulcsok generálása,
– rendszer integritás ellenőrzés,
– kulcsok biztonságos tárolása,
– nyilvános kulcsú tanúsítványok tárolása,
– kriptográfiai algoritmusok (RSA, SHA-1, AES stb.)
– biztonságos interfész,
– bontás ellenálló tokozás.

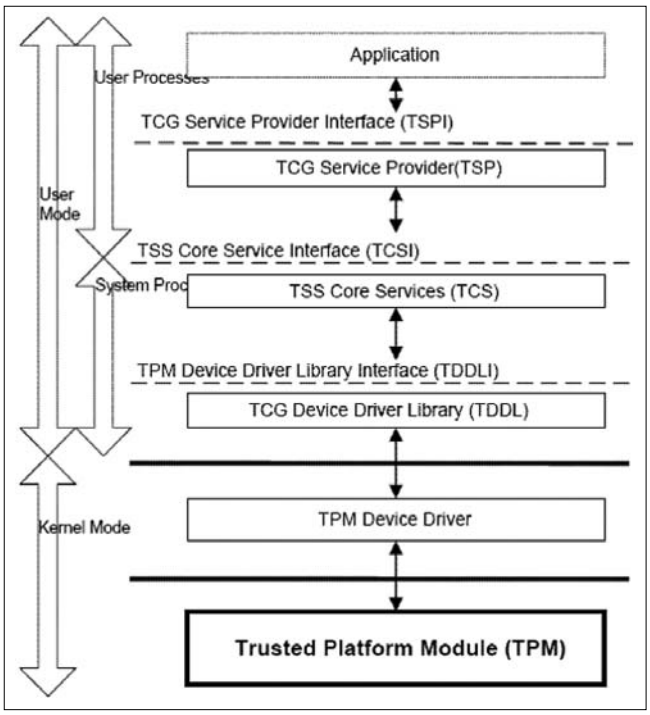
Ezekre a műveletekre épülő rendszer-szoftverek feladata pedig a chip szolgáltatásainak megosztása a párhuzamosan futó folyamatok között, valamint szoftveresen megvalósított többlet-szolgáltatások nyújtása.

3. OpenTC

Az Open Trusted Computing projekt célja a TCG által specifikált platform nyílt forráskódú megvalósítása. A projekt 2005 végén indult és 2008-ra nyilvános Linux disztribúciókba integrált Trusted Computing megoldásokat

fog kidolgozni. Az OpenTC projekt a teljes Trusted Computing architektúrán dolgozik, mind alacsony szintű eszköz-meghajtó programokat, mind felhasználói programokat is fog készíteni.

Elsőként azonban a projekt az alap Trusted Computing funkciókat készítette el.



1. ábra Trusted Software Stack

Az *1. ábra* a TCG platform szoftverének rétegzett felépítését mutatja be, ezen jól látható, hogy a különböző rétegek eltérő jogosultságokkal futnak.

A SEARCH Laboratórium által elvégzett tesztelés legfőbb célpontját képező Core Services (TCS) réteg az összekötő kapocs a felhasználói módban futó programok és az eszköz-meghajtó programok között, ennek megfelelően ennek a rétegnek rendszergazdai jogokkal kell futnia. Emellett, funkcionalitását tekintve ez az egész architektúra legösszetettebb modulja és tulajdonképpen egy hálózati szolgáltatást valósít meg. E tényezőket figyelembe véve, megállapítható, hogy ennek a rétegnek a legszélesebb a támadhatósági felülete, így a programozói hibáktól való mentesítése különösen kritikus a rendszer biztonsága szempontjából.

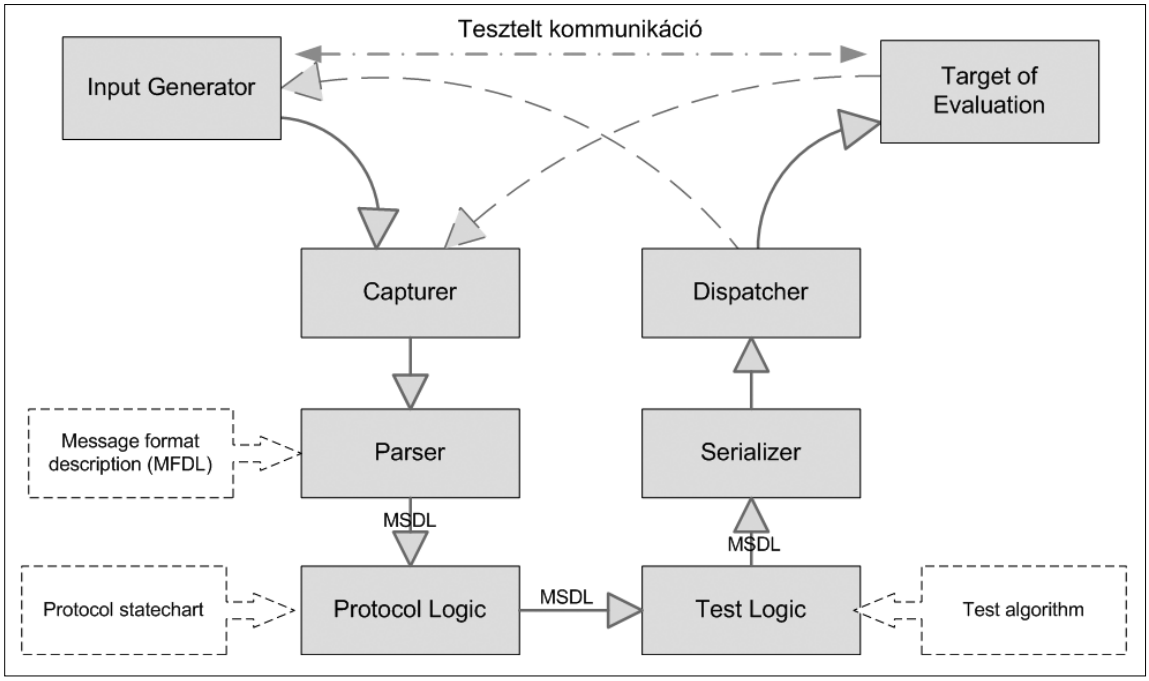
A fenti indokok miatt került sor az Infineon által elkészített implementáció szisztematikus, automatizált tesztelésére.

4. Flinder

A Flinder a SEARCH Laboratóriumban fejlesztett automatikus biztonsági tesztelő keretrendszer, célja a vizsgált rendszerben található biztonsági szempontból kritikus, tipikus programozói hibák (buffer overflow, integer overflow, printf format string bug) megtalálása, mellyel lehetővé teszi a hibák kijavítását, ami által növelhető a tesztelt megoldások minősége és biztonsági szintje.

A feladat elvégzéséhez a tesztelés célpontjának működését dinamikusan, annak futtatásával vizsgálja. A dinamikus tesztelés témakörén belül képes white-box és black-box tesztelésre is, az első módszer a forráskód módosításával történő, függvény szintű hibainjektálást tesz lehetővé, míg a black-box módszer a program bináris kódját használja csak – a belső működések figyelembe vétele nélkül – a szoftvert egészében vizsgálja, hogy az a különböző manipulált bemenetek hatására produkál-e valamilyen nem várt működést (kilép, lefagy stb.).

Hálózati protokollok és programok tesztelésére egyaránt alkalmas paraméterezhető általános célú programmodulokat tartalmaz, ezekből a kívánalmaknak megfelelően építhető fel egy tesztcsomag a konkrét feladat-



2. ábra A Flinder architektúrális felépítése

hoz. A könnyebb alkalmazhatóság érdekében beépítetten támogat sokféle kriptográfiai, tömörítési és kódolási eljárást. Az input/output adatok kezelése könnyen kiegészíthető extra funkciókkal, Python nyelvű szkriptek segítségével.

A tesztelés általános eljárása a következőképpen épül fel a Flinder rendszerben *(2. ábra)*:

- A tesztelés alapjaként szükség van egy legális bemenetre, vagy egy programra, ami ilyeneket képes előállítani (Input Generator).
- Ezután a Capturer által fogadott/elkapott bemenő adatok feldolgozása következhet.
- A Parser modul egy leíró fájl (Message Format Descriptor) alapján dolgozza fel a bemenetére érkező adatokat. Ez a leíró fájl tartalmazza az input adatok formátumának, struktúráinak részletes leírását.
- Miután a Parser átalakította a bementet egy a keretrendszer által értelmezhető általános belső adatszerkezetté (Message Structure Description Language), a Protokol Logic az üzenet tartalma alapján lépteti a vizsgált protokoll működését leíró állapotgépet (Protocol statechart).
- Ezután a Test Logic különböző változtatásokat végezhet az üzenet adatain, (például egész értékek átírása, bufferek hosszának, tartalmának változtatása) annak érdekében, hogy a módosított értékek a tesztelt programban a futás során előidézze a tipikus hibák szimptómáit.
- Ezt követően a Serializer elkészíti a belső adatreprezentációs szerkezet alapján a tesztüzenetet, mely tartalmazza a Test Logic által eszközölt módosítást is.
- Az így előálló üzenetet a Dispatcher modul küldi el a vizsgált programnak (ToE, Target of Evaluation), aztán figyeli annak viselkedését: sikeresen lefut-e, hibaüzenetet küld, lefagy (az operációs rendszer jelez, hogy hiba történt), majd ezek alapján értékeli a teszteset kimenetelét.

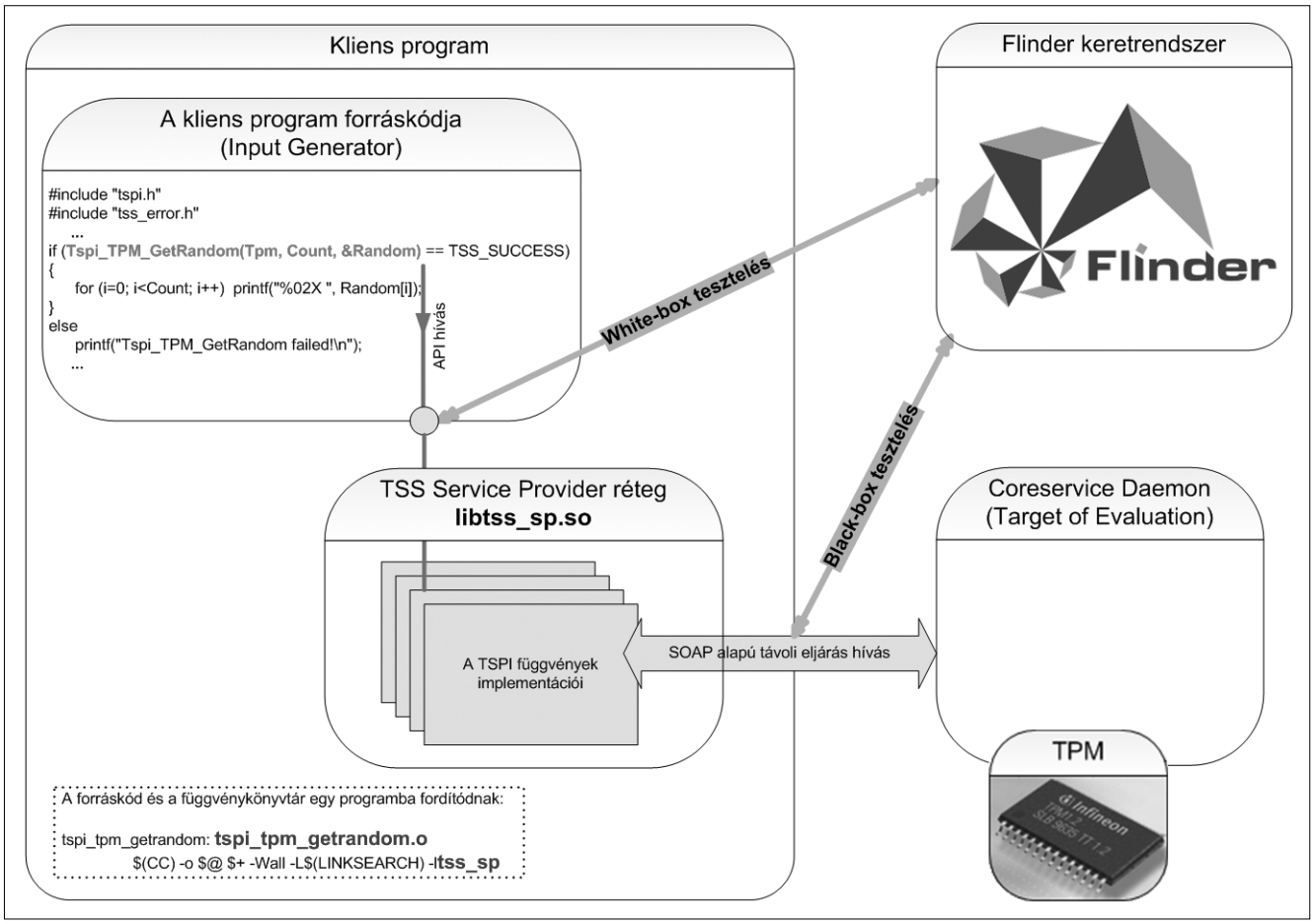
White-box tesztelés

A tesztelés módszere megegyezik mind white-box, mind black-box esetben, különbség a Capturer és Dispatcher modul működésében van.

Forráskód alapú tesztelés esetén a modulok egy részét a tesztelendő programhoz kell fordítani. Ezen modulok célja, hogy a white-box tesztelés során módosítani kívánt belső adatstruktúrát (például egy függvény paramétereit, egy objektum példányt stb.) közvetlenül a Flinder által kezelt MSDL formára konvertálják, majd a módosításokat tartalmazó, Flindertől érkező MSDL alapján az adatstruktúrát módosítsák.

Természetesen az egész tesztrendszert nem szükséges hozzáfordítani a tesztelt programhoz, hiszen az előbb említett modulok a folyamatok közti kommunikációval (IPC) kapcsolódnak a Flinder keretrendszerhez.

3. ábra
A black-box és a white-box tesztelés elhelyezkedése a tesztkörnyezetben



5. Tesztelés végrehajtása

Az OpenTC Infineon TSS implementációban a hibakeresést két különböző szinten valósítottuk meg: első megközelítésben a TCS interfészének black-box típusú tesztelése történt meg, amely a valóságban tulajdonképpen egy távoli-eljáráshívást megvalósító SOAP (Simple Object Access Protocol) alapú protokoll.

Második megközelítésben, minthogy a rendszer funkcióit TSPI szinten egy programozói függvénykönyvtár implementálja, kézenfekvő volt a forráskód alapú tesztelés végrehajtása is, amit a platform tesztprogramjainak módosításával vittünk véghez. Így a Core Services réteg felett elhelyezkedő TSP réteg vizsgálata is lehetővé vált, azáltal, hogy a hibáknak a rendszerbe történő injektálása e réteg interfészén keresztül történt.

A két megközelítés tesztelési környezetben való elhelyezkedését szemlélteti a *3. ábra*.

6. A tesztelés eredményei és tanulságok

Összesen 135 237 teszteset végrehajtására került sor. E hatalmas mennyiségben azonban mindössze 403 bizonyult olyannak, ami a szolgáltatásban hibát okozott.

Az előbb látott két adat között három nagyságrendnyi különbség van; a tesztesetek kevesebb mint 0,3 százalékában volt hiba. Ez egy nagyon fontos eredmény, hiszen ebből világosan megállapítható, hogy kézi teszteléssel lehetetlen lett volna ezeknek a hibáknak a megtalálása – a feladat szó szerint egyenértékű egy tű keresésével a szénakazalban.

Azonban a tesztelt 65 függvényből és 36 SOAP üzenetből 3 függvényben (4,6%) és 4 üzenet feldolgozásában (11%) találtunk hibát, ami jól mutatja azt is, hogy még egy ilyen biztonság-kritikus rendszer fejlesztése közben sem zárhatók ki teljes bizonyossággal a típushibák.

Ezen eredmények is igazolják az automatizált biztonsági tesztelési módszerek fontosságát: a szoftvergyártó más módon nem küszöbölhette volna ki ezeket a hibákat a végső termékéből, melyek bármelyike alkalmas lehetett volna különböző támadások kivitelezésére az egyszerű szolgáltatás-megtagadásos támadásoktól (denial of service, DoS) kezdve egy tetszőleges kód rendszergazdai jogosultságokkal való futtatásáig.

Egy nyilvános EU FP6 kutatás-fejlesztési projekt jó alkalom a biztonsági tesztelés eredményeinek bemutatására, melyek ipari megrendelések esetén szigorú titoktartási nyilatkozatok hatálya alá esnek. A tesztelés során az alábbi három fő tanulság szűrhető le:

- Még a mai biztonság-kritikus alkalmazásokban is követnek el tipikus programozói hibákat, bár ezeket 15 éve ismeri a szakma.
- A most látott TSS implementációhoz hasonló nagy bonyolultságú szoftverek manuális módszerekkel történő hibakeresése a gyakorlatban reménytelen feladat.
- Azonban az automatizált módszerek (biztonsági tesztelők) hasznos eszközök a tipikus hibák elleni védekezésben. Segítségükkel szisztematikusan tesztelhető a célrendszer funkcionalitása, kiküszöbölhetők a tipikus hibák és ezáltal nagyban növelhető a rendszerek biztonsági szintje és minősége.

Irodalom

Flinder whitepaper & test metodology
http://www.flinder.hu/library/index.html
Trusted Computing Group
http://www.trustedcomputinggroup.org
OpenTC
http://www.opentc.net
Buffer overflow
Aleph1, Phrack Magazine (Vol.7, Issue 49, File 14)
http://www.phrack.org./archives/49/p49-14
Heap overflow
Matt Conover, w00w00 Security Team
http://www.w00w00.org/files/articles/heaptut.txt
Integer bugs
Phrack Magazine
(Vol. 0x0b, Issue 0x3c, Phile #0x0a)
http://www.phrack.org./archives/60/p60-0x0a.txt
Exploiting format string vulnerabilities
scut, team teso
http://julianor.tripod.com/teso-fs1-1.pdf

Wavelet-transzformációs fraktálanalízis B-Spline-okkal

SCHUSZTER MIKLÓS, DEMCU ANNA, MOJZES IMRE
BME Elektronikai Technológia Tanszék, mojzes@ett.bme.hu
DOBOS LÁSZLÓ[1], NAGY SZILVIA[2]
[1]*MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet, dobos@mfa.kfki.hu*
[2]*Széchenyi István Egyetem, nagysz@sze.hu*

Lektorált

Kulcsszavak: vegyület-félvezetők, fém vékonyrétegek, fraktáldimenzió, wavelet-analízis

A vegyület-félvezető fémkontaktusok felületén hőkezelés közben kialakult mintázatok fraktálmatematikai analízise több új eredményre vezetett, összefüggésekre mutatott rá anyagi jellemzők és a morfológia között. A wavelet-analízis egy speciális transzformációja, mint általánosított lefedés megtartja a kialakult mintázat önhasonlóságát, így annak geometriai analízisére alkalmazható. A kontaktusról készült elektronmikroszkópos felvételen tárolt információ, mint kétváltozós függvény bonyolultsága információt ad azokról a kémiai változásokról, melyek a kontaktus-ellenállást befolyásolják.

1. Bevezetés

A vegyület-félvezető technológia fontos lépése a hőkezelés. E folyamat során alakulnak át a kontaktusok Schottky-típusúról ohmossá, miközben a kontaktusellenállás és több mechanikai jellemző (mint a hordozóhoz való kötési képesség és adhézió) jelentős változáson megy keresztül [1].

A hőkezelés során a kontaktusként alkalmazott fém vékonyrétegek morfológiája módosul, a kapott szerkezet jellemző lesz a felhasznált anyagokra, a felvitel, illetve hőkezelés körülményeire. A mintázatok egy része önhasonló, fraktál tulajdonságokat mutat [2], melyek analízisére a hagyományos, dobozlefedéses módszereken túl egy, a wavelet analízis témakörébe tartozó módszer is alkalmas [3-6].

2. Wavelet-analízis

A wavelet-analízist, másnéven változó felbontású analízist (multiresolution analysis, MRA) az adatfeldolgozás és -tömörítés számos területén alkalmazzák, szeizmikus jelek vizsgálatától kezdve képtömörítésen (JPEG2000) át a meteorológiai előrejelzésig számos tudományágban. A változó felbontású analízis során a függvényeket különböző felbontási szinteken vizsgáljuk: az f függvény j-edik szinten történő közelítése a következő [7,8]:

$$f^{[j]}(x)=\sum_{\ell\in Z} c_{j\ell}\varphi_{j\ell}(x), \tag{1}$$

ahol a sorfejtés együtthatója előáll, mint

$$c_{j\ell}=\int f(x)\tilde{\varphi}_{j\ell}(x)dx, \tag{2}$$

a φ_{jl} skálázófüggvény (és annak duálisa; $\tilde{\varphi}_{jl}$ is) egyetlen speciális alakú függvénynek a nyújtásával és egy rácson való eltolásával keletkezik:

$$\varphi_{j\ell}(x)=a^{-j/2}\varphi\left(a^{j}x-\ell b\right). \tag{3}$$

A nyújtási konstans általában a=2 szokott lenni, míg az eltolási állandó b=1, eszerint a j-edik felbontási szinten a skálázófüggvények kezdőpontja 2^{-j} rácsállandójú rácsot alkot. Minden skálázófüggvény pontosan kifejthető a nála finomabb felbontási szinteken, így érvényes az alábbi, úgynevezett finomítási egyenlet (refinement equation):

$$\varphi_{j\ell}(x)=\sum_{k=0}^{N} g_k\varphi_{j+1\ k+2\ell}(x). \tag{4}$$

Az egyenletben szereplő g_k együtthatók egyértelműen megadják a bázisrendszer típusát, ebből a néhány számból az egész rendszer felépíthető. A waveletek biztosítják a felbontási szintek közötti átjárást; egy durva felbontási szintű skálázófüggvény-kifejtés és ugyanazon felbontás wavelet-sora megadja az eggyel finomabb felbontású sorfejtés eredményét:

$$\begin{aligned} f^{[j+1]}(x)&=\sum_{\ell\in Z} c_{j+1\ell}\varphi_{j+1\ell}(x)= \\ &=\sum_{\ell\in Z} c_{j\ell}\varphi_{j\ell}(x)+\sum_{\ell\in Z} d_{j\ell}\psi_{j\ell}(x), \end{aligned} \tag{5}$$

ahol a d_{jl} wavelet-együtthatók a skálázófüggvényhez hasonlóan

$$d_{j\ell}=\int f(x)\tilde{\psi}_{j\ell}(x)dx, \tag{6}$$

alapján állnak elő. A j-edik szint waveletjei is felírhatók a j+1-edik szint skálázófüggvényeinek lineáris kombinációjaként:

$$\psi_{j\ell}(x)=\sum_{k=0}^{N} h_k\varphi_{j+1\ k+2\ell}(x). \tag{7}$$

Az (5) egyenlet utolsó kifejezésében a j-edik szintű skálázófüggvény-kifejtés szétbontható j–1-edik szintű skálázófüggvény- és wavelet-sorra, amelyek közül az előbbi tovább bontható j–2-edik szintbeli összegekre, s így tovább. Látható, hogy egy függvény finom, j-edik felbontású közelítése többféleképpen adható meg: egyrészt a j-edik felbontási szint skálázófüggvény-együtthatóival, másrészt bármely durva, $j_0<j$ felbontási szint skálázófüggvény-együtthatóival és az összes j_0 és j–1 közötti szint wavelet-együtthatóval:

$$f^{[j]}(x)=\sum_{\ell\in Z}c_{j_0\ell}\varphi_{j_0\ell}(x)+\sum_{\eta=j_0}^{j-1}\sum_{\ell\in Z}d_{\eta\ell}\psi_{\eta\ell}(x), \quad (8)$$

Két-, illetve háromdimenziós függvényeknek is létezik (1)-hez (illetve (8)-hoz) hasonló közelítése. A többdimenziós skálázófüggvények előállnak például az egyváltozósok direkt szorzatként, így a függvény *j*-edik szintű közelítése két dimenzióban például

$$f^{[j]}(x,y)=\sum_{\ell,k\in Z}c_{j\ell k}\Phi_{j\ell k}(x,y)=\\ =\sum_{\ell,k\in Z}c_{j\ell k}\varphi_{j\ell}(x)\varphi_{jk}(y), \quad (9)$$

ahol az együtthatók a következő, kétváltozós integrállal állnak elő:

$$c_{j\ell k}=\int f(x,y)\tilde{\Phi}_{j\ell k}(x,y)dxdy. \quad (10)$$

Ha a vizsgált *f* függvény önhasonló, azaz fraktál tulajdonságokkal bír, akkor ezt a különböző szintű c_{jlk} együtthatók skálázódásán is nyomon követhető: ha a fraktáldimenzió *D*, akkor az integrálás a szokásos *dxdy* Lebesgue-mérték helyett *dμ*(*xy*) Lebesgue–Stiltjes-mérték szerint történik, amely ~2^{Dj} szerint skálázódik *j* változtatásával. Ennek következtében maguk az együtthatók – így azoknak a teljes képre vonatkozó átlaga is – ~a^{Dj} skálázódást fognak mutatni. A (6) transzformáció felfogható úgy, mint általánosított boxlefedés: érzékeny az adott mintázat lokális tulajdonságaira, ezért népszerű a fraktálanalízisben. A skálázófüggvény, illetve bizonyos esetekben a wavelet [4], mint egy általánosított ablak végigpásztázza az érdekes területet, numerikusan könnyen kezelhető információt adva annak lokális tulajdonságáról. Érdemes megjegyezni, hogy a mérték skálázódása miatt tetszőleges, a (3) szerint skálázódó függvényeket használva a (2), illetve (10) integrálban $\tilde{\varphi}(x)$, illetve $\tilde{\Phi}(x)$ helyett, igaz lesz, hogy c_{jl}~a^{Dj}, illetve c_{jlk}~a^{Dj}.

3. Az általánosított ablak kiválasztása

A legegyszerűbb skálázófüggvényt Haar Alfréd írta le először [9], két nem nulla együtthatója $g_0=g_1=1/2$. A $\varphi(x)=\tilde{\varphi}(x)$ Haar-függvény a [–0,5; 0,5] intervallumon 1 értéket vesz fel, egyébként 0. A B-Spline-ok is véges számú, igen egyszerű g_k együtthatóval rendelkeznek. Definíciójukat tekintve a Haar-függvény konvolúciós értelemben vett hatványalakjaként értelmezhetők:

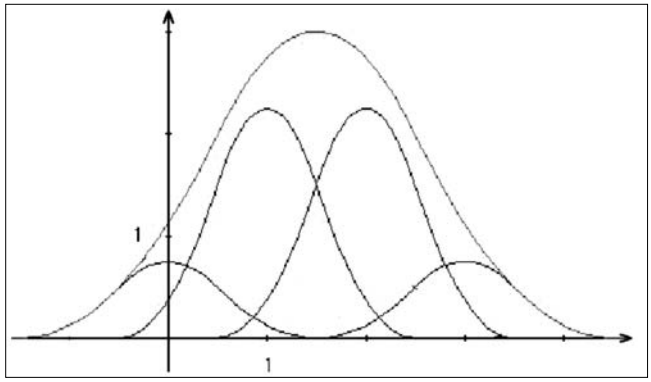
$$\varphi^{(n)}(x)=\varphi^{(n-1)}(x)*\varphi(x), \quad (11)$$

A $\varphi(x)$ önmagával vett konvolúciói egyre simább függvények: második hatványa, a háztető-függvény folytonos, a harmadik deriválható stb. Az eljárás $n\to\infty$ határesetben a Gauss-görbét adja, emiatt a Gauss-függvény végtelenül sima természetes ablaknak tekinthető. A módszer a Haar-transzformáció egyszerűségét kombinálja a Gauss-görbe által adott numerikus stabilitással. A B-Spline-ok megtartják az önhasonlóságot, a (4) képzési szabály együtthatóit minden esetben a Pascal-háromszög egy-egy sora adja ($2^{-1/2}$-nel szorozva).

A harmadik iterált még elég egyszerű, de már kellő numerikus stabilitást biztosít, képzési szabálya (3) és (4) felhasználásával

$$\varphi^{(3)}(x)=\varphi^{(3)}\left(\frac{x}{2}\right)+ \quad (12)$$
$$+3\cdot\varphi^{(3)}\left(\frac{x-1}{2}\right)+3\cdot\varphi^{(3)}\left(\frac{x-2}{2}\right)+\varphi^{(3)}\left(\frac{x-3}{2}\right)$$

A képzési szabály az *1. ábrán* szemléletesen látható: a vastag vonalú görbék összege (a (12) jobb oldala) kiadja a vékony vonalú görbét.



1. ábra
A harmadik B-spline képzési szabályának szemléltetése

A kétdimenziós esetben az eljárás hasonlóan adható meg:

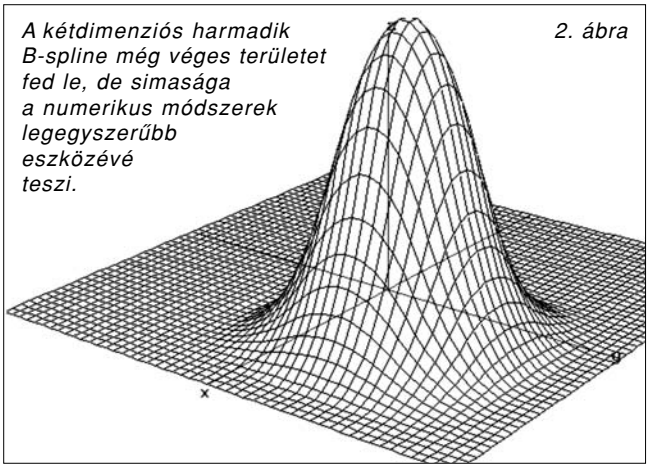
$$\Phi^{(3)}_{(j+1)\ell k}(x,y)=\sum_{\ell,k=0}^{3}G_{mn}\Phi^{(3)}_{j(2\ell+m)(2k+n)}(x,y) \quad (13)$$

ahol a G_{mn} mátrix a $g_m\cdot g_n$ képzési szabály szerint

$$G_{mn}=\begin{bmatrix}1&3&3&1\\3&9&9&3\\3&9&9&3\\1&3&3&1\end{bmatrix}. \quad (14)$$

A kétdimenziós harmadik B-Spline a *2. ábrán* látható.

A kétdimenziós harmadik B-spline még véges területet fed le, de simasága a numerikus módszerek legegyszerűbb eszközévé teszi.

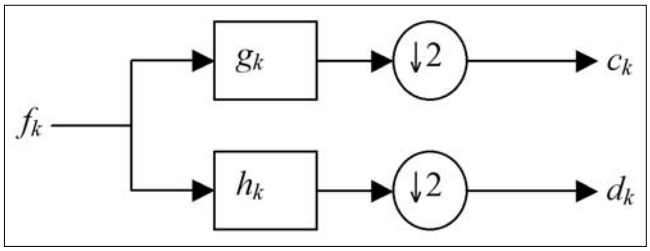


2. ábra

Diszkrét f_k jelekre a sorfejtési együtthatók (2) és (6) előállítása, avagy a jel analízise egyszerű konvolúció és alulmintavételezés (downsampling) lesz:

$$c_\ell=\sum_k f_k g_{2\ell-k} \qquad d_\ell=\sum_k f_k h_{2\ell-k} \quad (15)$$

A változó felbontású analízis kevésbé matematikus megközelítésben tehát felfogható úgy, mintha az *f* függvény által leírt jelet egy g_k állandókkal rendelkező aluláteresztő szűrőre és egy h_k együtthatójú felüláteresztő szűrőre engednénk: a skálázófüggvény-együtthatókat az előbbi, míg a wavelet-együtthatókat az utóbbi kimenetén kaphatjuk meg, amint azt a *3. ábra* mutatja.



3. ábra
A wavelet-analízis, mint g_k együtthatós aluláteresztő és h_k együtthatós felüláteresztő szűrő hatása.

A körök az ábrán a 2-vel történő alulmintavételezést jelképezik, melyek azért szükségesek, hogy a sorozatok összelemszáma ne nőjön a transzformációk során, ez tükröződik (15) egyenleteinek jobb oldalán a *2l* indexben is. A felső ág kimenete újabb, a 3. ábrán láthatóhoz hasonló szűrőkettősre és alulmintavételezőre kapcsolható, s így tovább, míg végül megkaphatjuk az f_k sorozatnak a (8) egyenlettel analóg felbontását. A gyakorlatban a képek sem folytonos kétdimenziós függvények, hanem mátrixok, amelyeknek a skálázófüggvény-sorfejtését is kétdimenziós konvolúcióra lehet visszavezetni. A transzformációt végző mátrixok a (4) finomítási egyenlet g_k, illetve (7) h_k együtthatóiból épülnek fel.

Legyen a kép mátrixa P_{kl}, az ebből kapott *j*-edik szintű skálázófüggvény együtthatókat pedig nevezzük P^j_{lk}-nek (fraktáldimenzió megállapításához a wavelet-együtthatók nem szükségesek). A finomabb szintű együtthatókból a durvábbakat az alábbi formula szerint kaphatjuk meg:

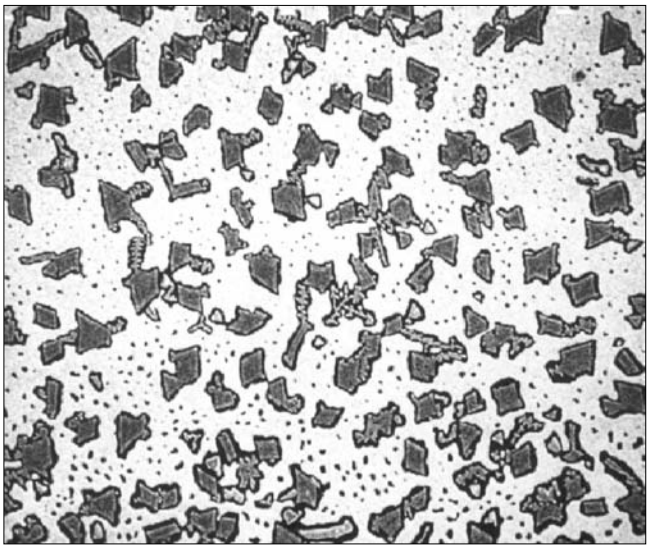
$$P^j_{\ell k} = \sum_{\ell,k=0}^{3} \Gamma_{mn} P^{j+1}_{(\ell+2m)(k+2n)} \qquad (16)$$

a $$\Gamma_{mm} = \frac{1}{16} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 & 1 \\ 3 & 9 & 9 & 3 \\ 3 & 9 & 9 & 3 \\ 1 & 3 & 3 & 1 \end{bmatrix} \qquad (17)$$

együttható-mátrixszal.

4. Eredmények és értékelésük

A hőkezelés során keletkezett mintázatok fraktáldimenziója jellemző azokra a folyamatokra, amelyek végbementek a művelet során, szoros kapcsolatba hozható az ohmos kontaktus megjelenésével. GaAs vegyületfélvezető felületére növesztett Au/Pd fém vékonyréteg igen érdekes morfológiai változást mutat: a hőkezelés után trapezoid jellegű alakzatok jönnek létre, amelyek a *4. ábrán* láthatók.

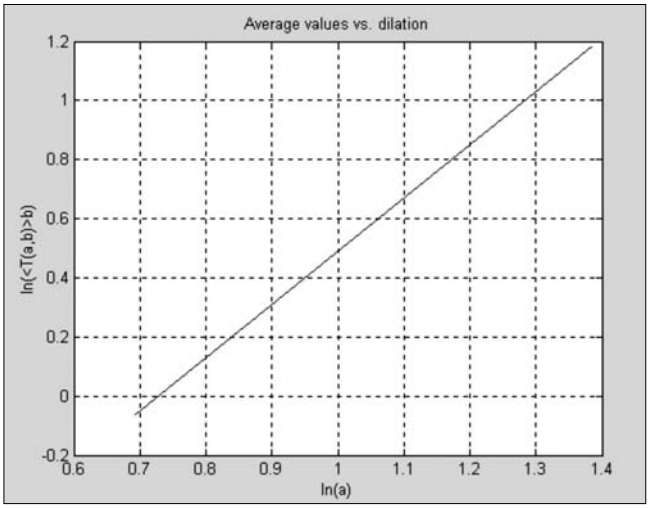


4. ábra
Trapéz jellegű mintázat hőkezelt Au/Pd/GaAs rendszerben

A mintázat fraktáldimenziója a harmadik B-Spline-okkal az alábbi képlet alapján számítható:

$$T\left(a = 2^j, b\right) = \int \Phi^{(3)}_{j\ell k}(x,y)\, d\mu(x,y) \sim a^D \qquad (18)$$

Ha a $T(a,b)$ számokat a *b* szerint átlagoljuk, akkor $\langle T(a,b)\rangle_b$ az *a* függvényében log-log skálán egyenest ad, melynek meredeksége a fraktáldimenzió. Az *5. ábrán* a 4. ábra mintájának $\langle T(a,b)\rangle_b$–a grafikonja látható: a görbéhez illesztett egyenes meredeksége alapján a fraktáldimenzió 1,62.



5. ábra
GaAs hordozóra növesztett Au/Pd vékonyrétegben hőkezelés után kialakult struktúra fraktáldimenzióját meghatározó görbe.

5. Következtetések

A fraktáldimenziót meghatározó módszerünk a wavelet-analízis során kifejlesztett gyors transzformációs eljárást alkalmazza, egy szintetizáló skálázófüggvény szűrőegyütthatóival. A kapott integrálok a skálázófüggvény felbontási szintjével és a fraktáldimenzióval jól megha-

tározott módon skálázódnak, így alkalmasak dimenzió-számításra. A B-spline-ok olyan skálázófüggvények, melyek egyesítik a Haar-függvény és a Gauss-függvény előnyös tulajdonságait: kevés számú szűrőkoefficienssel (így véges tartóval) rendelkeznek, ugyanakkor folytonosak.

A vegyület-félvezetőkre növesztett Au/Pd-vékonyrétegek hőkezelés során trapézszerű morfológiájú felületté alakulnak, amely önhasonló, s a struktúra fraktáldimenziója jelentős szerepet játszhat a fém-félvezető kontaktus jóságának meghatározásában.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Pécz Bélának, Schipp Ferencnek és Máté Lászlónak a segítségükért és támogató ötleteikért.

A munkát az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA), T046868, T046758 számú kutatási pályázatai támogatták.

Irodalom

[1] G.Y. Robinson, In: C.W. Wilmsen (Ed.), Physics and Chemistry of III-V Compound Semiconductor Interfaces, Plenum, New York, 1985.
[2] L. Dávid, L. Dobos, B. Kovács, I. Mojzes, B. Pécz, J. Mater. Science : Mater. Electron 17, p.321., 2006.
[3] I. Mojzes, S. Kökényesi, I. A. Szabó, I. Iván, B. Pécz, Nanopages 1, p.85., 2006.
[4] F. Argoul, A. Arneodo, J. Elezgaray, G. Grasseau, Phys. Rev. A 41, p.5537., 1990.
[5] F. Schipp, W. R. Wade, Transforms on Normed Fields, Leaflets in Mathematics Janus Pannonius University, Pécs, 1995.
[6] J. F. Muzy, E. Bacry, A. Arneodo, Int. J. Bifurc. Chaos 4, p.245., 1994.
[7] I. Daubechies, Ten Lectures on Wavelets, CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics (61), SIAM, Philadelphia, 1992.
[8] C. K. Chui, An Introduction to Wavelets, Academic Press, San Diego, 1992.
[9] A. Haar, Math. Ann. 69, p.331., 1910.

Hírek

Magyarországon először mutatták be élőben a NEC Computers képviselői azt a világszerte egyedülálló, multimédiás képességekkel is felruházott virtuális PC rendszert (VPCC), amelynek alkalmazásával rövidtávon és jelentősen redukálhatók a cégek számítógépes hálózatának üzemeltetési költségei, az áramfelhasználási kiadások pedig már az első évben akár 60%-kal csökkenthetők.

Az IDC előrejelzése szerint 2010-re a munkaállomások 12%-a virtuális PC felépítésű lesz. A NEC hazai hivatalos képviselője, a Szinva Net Kft. jelentős értékesítési eredményeket vár a VPCC hazai megjelenésétől 3 éven belül, hiszen a virtuális PC megoldás iránt itthon is élénk érdeklődés mutatkozik az oktatási, a kormányzati, az egészségügyi, a banki és a munkaügyi szektorból.

A „virtuális PC" kategóriába sorolt megoldások lényege, hogy a számítógépes erőforrásokat egy nagyteljesítményű központi szerver nyújtja, amelyhez hálózaton (vezetékes vagy vezetéknélküli interneten, illetve helyi hálózaton) keresztül egy minimális kiépítettségű eszközzel („újgenerációs vékony klienssel") csatlakoznak a felhasználók. A hardveres erőforrásokat, az operációs rendszert, valamint az alkalmazásokat úgy biztosítja a központi szerver, hogy minden egyes felhasználó egymástól elkülönítetten, a saját rendszerkörnyezetében dolgozhat.

Az eddig elterjedt megoldások képés hangminősége elmaradt a hagyományos számítógépek által nyújtott minőségtől, a NEC egyedülálló multimédiás képességekkel felruházott Virtuális PC Centere többek között ezen a területen hozott áttörést. A rendszer kivételesen jó minőségű képmegjelenítést és hangátvitelt tesz lehetővé (alkalmazásával videokonferencia is szervezhető), ezzel új felhasználási területeket is megnyit a virtuális PC-k felhasználói számára – például az oktatásban, a banki és biztosítási szektorban, a könyvtárakban vagy akár a szórakoztatóiparban. Az egyszerűen megoldható internetes telefonálás pedig újabb költségcsökkentési lehetőséget kínál a vállalatoknak.

A NEC legújabb fejlesztésében, ha a VPC legalább 2 központi virtuális szerverrel működik, akkor hiba esetén – a duplikáció eredményeként – a rendszer automatikusan átvált a szabad kapacitással rendelkező szegmensbe. Mivel a felhasználók a rendszergazda által beállított szoftverhasználati és adatkezelési jogosításokkal rendelkeznek, mindenki csak a számára engedélyezett alkalmazásokhoz és adatokhoz férhet hozzá. A központi szerveren tárolt adatok biztonsága garantált, mivel az újgenerációs vékony kliens eszközök nem rendelkeznek adattárolóval.

A jelenleg használatos vékony kliens architektúrájú hálózatokhoz képest a NEC VPCC beszerzési költségei mintegy 30%-kal kedvezőbbek, hároméves ciklusra számított üzemeltetési költségei pedig több mint 15%-kal alacsonyabbak. A hagyományos PC-khez viszonyítva három év alatt közel 40%-kal kevesebb kiadással kell számolni a beruházónak. Ugyanakkor a hagyományos asztali PC-k 3-4 éves avulási idejével szemben a NEC eszközei 6-7 évig is vezető technológiának számíthatnak. A gazdaságosabb üzemeltetési költségekből származó közvetlen előnyök már a második évben érezhetők. A több-telephelyes nagyvállalatoknál a kiadás-csökkentés tovább fokozható, mivel a központi szerverek menedzselését egyetlen rendszergazda is képes elvégezni.

Mikrohullámú térmérő szondák

SZENTPÁLI BÉLA

MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutatóintézet
szentpali@mfa.kfki.hu

Lektorált

Kulcsszavak: E-tér szonda, nagyfrekvenciás térmérés, nagyellenállású tápvonal, térszonda kalibráció

Újfajta térmérő szondát fejlesztettünk ki a nagyfrekvenciás és mikrohullámú villamos tér mérésére. Az eszköz minimális mértékben befolyásolja a tér eloszlását. Megoldottuk a szonda bevizsgálását, kalibrációját. Főbb alkalmazási területek: a mobil telefonok okozta expozíció mérése és a kisméretű zártterű EMC vizsgálatok ellenőrzése.

1. Bevezetés

A rádiófrekvenciás és mikrohullámú alkalmazások terjedése több oldalról is felkelti az igényt a nagyfrekvenciás elektromos tér térbeli eloszlásának a mérésére. Ilyen például a téreloszlás meghatározása egy adóantenna közelterében, zártterű EMC vizsgálatok kalibrálása, illetve ellenőrzése, valamint a téreloszlás vizsgálata biológiai anyagokat, testszöveteket szimuláló modellekben, ellenőrizendő a rádiófrekvenciás és mikrohullámú expozíciók (mobil telefonok, orvosi terápiák stb.) okozta hatásokat.

A szabadtéri terjedés vizsgálatára kidolgozott módszerek ezekre a feladatokra nem alkalmazhatók, mert a mérőműszerekről (kalibrált vevőantenna és mérővevő készülék) visszaverődő jel befolyásolná a téreloszlást. E célokra a címben szereplő térmérő szondákat alkalmazzák. Ezek konstrukciója megegyezik abban, hogy az érzékelő elem jelét a mérőműszerhez az elektromágneses térrel minimális mértékben kölcsönható vezeték csatlakoztatja. Az érzékelő elem dipólantenna a talppontjára szerelt detektor diódával, esetleg termisztorral, vagy termopár oszloppal [1].

Az elvezetés nagyellenállású vezetékpár, erősen rezisztív tulajdonságú tápvonal, amely három funkciót teljesít:

– Elhanyagolható mértékre csökkenti a nagyfrekvenciás jel direkt vételét, azaz nem juttat a dióda jelet. Itt arról van szó, hogy – különösen a miniatűr antennák esetén – az elvezetés akár százszor hosszabb is lehet az érzékelő dipólnál, tehát akár százaléknyi aszimmetria az elvezetés geometriájában a dipól jelével azonos nagyságrendű különbségi jelet adna az érzékelő elemre, ha az elvezetés mentén a rádiófrekvenciás jel nem csillapodna erősen. Ugyan ez a helyzet állna elő, ha az elvezetéssel párhuzamos elektromos tér a két vezeték mentén különbözne, ami erősen inhomogén terekben várható.
– A reflexiója kicsi, azaz elhanyagolható mértékben befolyásolja a téreloszlást.
– Aluláteresztő szűrőként viselkedik.

A teljesség kedvéért megjegyezzük, hogy léteznek optikai elven működő szondák is, ezeknél az érzékelő elem olyan kristály, mely külső elektromos térben kettős törővé válik. Az alkalmas alakúra csiszolt kristályt üvegszálra szerelik és az üvegszálon becsatolt, majd a kristályból reflektálódó fény polarizációs síkjának elfordulásából lehet a tér nagyságára következtetni [2]. Ezek a szondáknak az érzékenysége általában kisebb, mint az antennás detektoroké a felépítésük viszont sokkal bonyolultabb. A dipólantennák helyett elvben hurokantennát is lehetne használni [3], ezzel azonban az a probléma, hogy az elektromos térre is érzékeny lesz ha a tér változása a hurok mentén jelentős, illetve a detektor aszimmetrikusan helyezkedik el e hurokban. Ilyen szenzorokat általában alacsonyabb frekvenciás tartományokban használnak és a méretűk sem miniatűr.

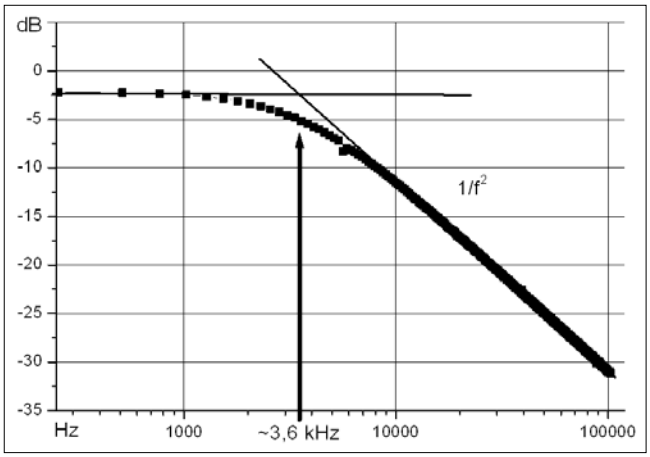
Ebben a dolgozatban csak a diódás detektorral működő térszondákról lesz szó, az MTA MFKI-ban, majd MFA-ban több mint tíz éve folyó munkákat foglaljuk röviden össze.

2. A nagyellenállású tápvonal

Az eszköz kulcseleme a nagyellenállású tápvonal. Kezdetben erre a célra szigetelő hordozóra párologtatott fémrétegből kialakított µm-nél vékonyabb és keskeny vezetékeket használtak, ezek ellenállása maximum 0,1 ...1 kΩ/m lehetett [1]. Később a National Breau of Standards (USA) kifejlesztett speciális korommal adalékolt teflon huzalokat erre a célra; a 0,76 mm átmérőjű huzalok ellenállása 65,6 kΩ/m volt. Vastagréteg technológiával lényegesen nagyobb, akár 1...10 MΩ/m ellenállású vezetékek is nyomtathatók, sőt a paszták megfelelő keverésével és a nyomtatási szélesség és vastagság változtatásával az ellenállás jól reprodukálható módon változtatható.

Kuster csoportja az ETH Zürich egyetemen, illetve spin-off cégük ilyen módon készíti a miniatür szondák kivezetéseit kerámia hordozón [4]. A vékony kerámia lapokat aztán teflon prizmára szerelik fel és üvegcsővel hermetikusan lezárják. Ezek a szondák a mobil telefo-

nok hatásának a vizsgálatára szolgálnak. Az MTA MFA-ban (korábban MFKI) készített szondák hordozóanyaga 125 µm vastag, hajlékony poliészter fólia. Erre az anyagra nyomtatható szénpaszták is léteznek, mégpedig kisebb és nagyobb ellenállású is. Ezek keverhetők, a szénpaszta rétegellenállása széles tartományban változtatható. A technológia kidolgozása diplomamunka keretében történt [5] a BME Elektronikai Technológia tanszékén Ripka Gábor tanszéki konzulens vezetésével.



1. ábra
38 cm hosszú 411 kΩ/m ellenállású nyomtatott vezetékpár átviteli karakterisztikája

A nagyellenállású vezetékpár átviteli karakterisztikája az *1. ábrán* látható. A spektrum tipikus Lorentz-görbe 3.6 kHz-nél 3 dB-töréssponttal és az $1/f^2$ szerinti levágással. Ennek alapján 1 GHz frekvenciára extrapolálva a csillapítás körülbelül 0.3 dB/mm.

Azt, hogy az alkalmazott nagyellenállású vezetékpár mennyire befolyásolja a teret egy GTM cellában vizsgáltuk meg. Egy rövid monopol antennát készítettünk oly módon, hogy egy félmerev koaxiális kábel egyik végéről a külső vezetékét 12 mm hosszan eltávolítottuk. Ezt az antennát adott polarizációs irányban rögzítettük a Piramis 1.8 típusú GTM cellában, az antenna jelét a félmerev kábellel, fix geometriával vezettük a cella átmenő csatlakozójához. Megmértük a transzmissziót a GTEM cella betáplálási pontja és a monopol antenna közt, ezt a spektrumot eltároltuk. Ezután behelyeztük a GTEM cellába a monopol közelébe a nyomtatott nagyellenállású vezetéket és újra megmértük a transzmissziót. A két transzmissziós spektrum különbségét tulajdonítottuk a behelyezett tárgy teret módosító hatásának. A vizsgálatot a monopol antenna különböző helyzeteiben végeztük el, az IEC 61000-4-20-as előírás szerint 5 mérési ponton egy 0,5x0,5 m^2-es felületen belül. A mérést természetesen valamennyi mérési pontban megismételtük különböző polarizációk esetén is a monopol antenna három egymásra merőleges elhelyezésével.

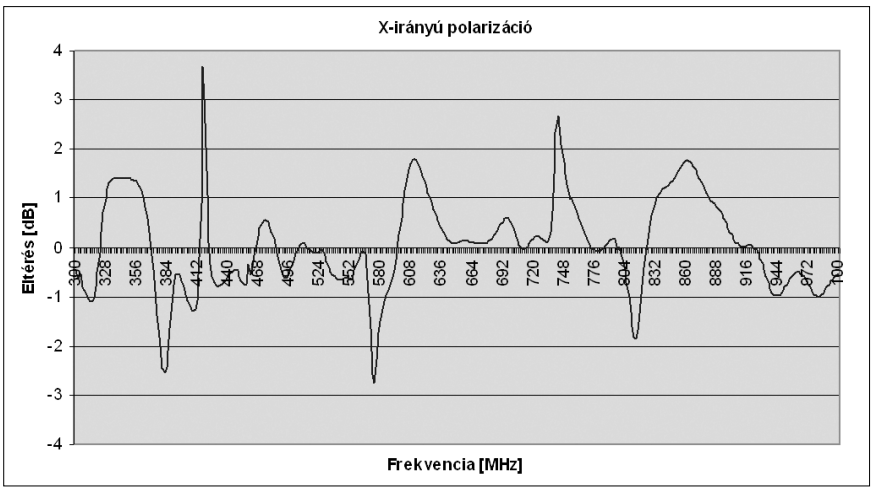
Az *2. ábra* mutat egy tipikus mérési eredményt.

A számos vizsgálat eredménye úgy összegezhető, hogy a szóban forgó nyomtatott vezetékek tértorzító hatása valamennyi helyzetben és polarizációnál mindig 1 dB alatt maradt, a 300 MHz...3GHz frekvencia tartományban. Ugyanakkor fémes vezetékeket helyezve a GTEM cellába minden esetben legalább egy frekvencián a hatás elérte a 6 dB-t, sok esetben meghaladta azt, 10...15 dB eltérés is előfordult a két mérés közt. Ez így volt még a kereskedelmi forgalomban kapható legvékonyabb (1,8 mm külső átmérő) koaxiális kábel esetén is. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy olyan tárgyak esetén, melyeknek minden méretük hullámhossznál lényegesen kisebb (adapter stb.) a hatás szintén 1 dB alatti.

A tér torzítóhatás tesztelésének egy gyakorlati módja az, hogy egy működő térmérő szonda közelébe, hozzáérintve elhelyezünk egy másik hasonló szondát. Ezeket a kísérleteket különböző geometriai elrendezéseknél megismételve nem találtunk érdemi változást. Azt azért meg kell jegyezni, hogy az ilyen jellegű térmérések gyakorlati pontossága, reprodukciója gondosan végzett mérések estén is csak ritkán jobb, mint 3 dB.

3. A detektor

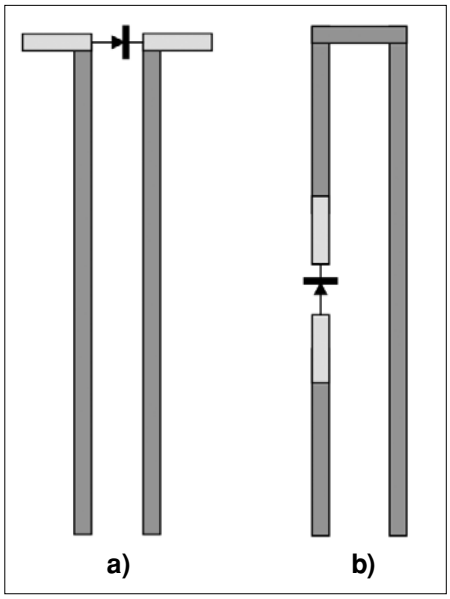
A szondák legérzékenyebb érzékelő eleme az úgynevezett „zero-bias” detektor dióda. Az alacsony potenciálgátú Schottky-diódákat (például p típusú Si-on készített fém-félvezető átmenetek), esetleg az adalékolással modulált potenciálgátú többségi töltéshordozós eszközöket, úgynevezett planárisan adalékolt átmeneteket nevezik így. Ennél bonyolultabb, érzékenyebb megoldás, például előfeszített Schottky-detektor, vagy heterodin vevő a nagyellenállású vezetékek miatt nem használható. Kis jelek esetén az úgynevezett „négyzetes karakterisztika” tartományban detektorok kimenő fe-



2. ábra
GTEM cellában mért transzmissziós spektrumok különbsége: az 1. ábrán szereplő nyomtatott nagyellenállású, vezetékek hatása. Az ábrázolt mérés 300 MHz...1 GHz frekvenciatartományban történt.

szültsége a villamos tér négyzetével arányos, nagyobb jelek esetén az érzékenység csökken. Ezért a kis jelek tartományában az analóg összegzés a villamos tér komponenseinek négyzeteit adja össze és így vektoriálisan helyesen határozza meg a tér nagyságát, illetve annak négyzetét.

A rövid dipól antennák iránykarakterisztikája élesen levág az antennára merőleges irányban, az antennával párhuzamos maximum környékén nagyjából izotróp. Egydimenziós szondákat mutat a *3. ábra*. Az ábra szerinti egydimenziós szondák esetén a nagyellenállású vezeték antenna hatása az „a” elrendezés esetén közös módusú jelet szállít a diódára, ettől legfeljebb a fent már említett erősen inhomogén tér esetén lehet eltérés, ha a tér különbözik a két vezeték mentén. A „b” esetben a nagyellenállású vezeték véges csillapítása miatt az antenna effektív hossza nő.



3. ábra
Egydimenziós szondák:
a) transzverzális
b) longitudinális

A rajzon a sötétebb vonal a szénpasztával nyomtatott nagyellenállású vezeték, míg az ezüstpasztával nyomtatott antennák a világosabbak.

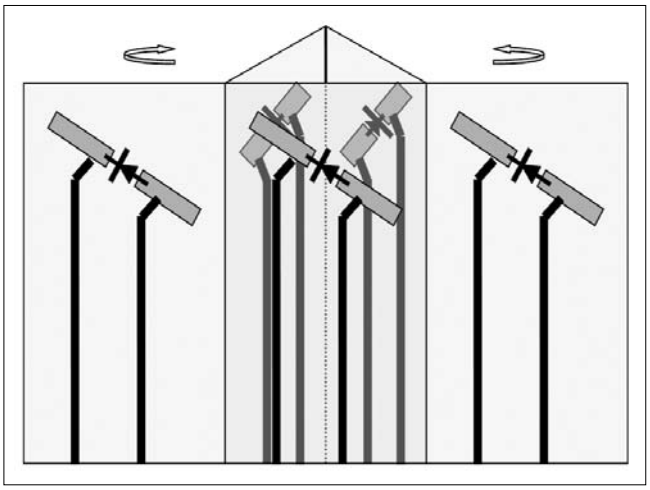
A legtöbb esetben azonban izotróp szondára van szükség, azaz a tér abszolút nagyságát kell mérni függetlenül a polarizáció irányától. Ehhez három egymásra merőlegesen elhelyezett egydimenziós szondát kell alkalmazni, ezek néhány lehetséges elrendezését mutatja a *4. ábra*.

Azért mert az elvezetés egyirányú, a szondák közül legalább kettőt, vagy mind a hármat ferdén érne el a nagyellenállású vezeték, itt fellép az a probléma, hogy valamilyen mértékben az elvezetés is antennaként viselkedne, ahogy azt fentebb már kimutattuk a nagyellenállású vezeték mm nagyságrendű szakaszon nem csillapít lényegesen. Ezt elkerülendő a szondákról merőleges szakasszal kell elvezetni a jelet. Ennek a rövid szakasznak a csillapítása elég nagy (pl. ~30 dB) kell, hogy legyen ahhoz, hogy a nem egyforma hosszúsággal csatlakozó további elvezetésen képződő különbségi jel elhanyagolható mértékben kerüljön a diódára. Ezért ennek a szakasznak az ellenállása jóval nagyobb, mint az elvezetésé.

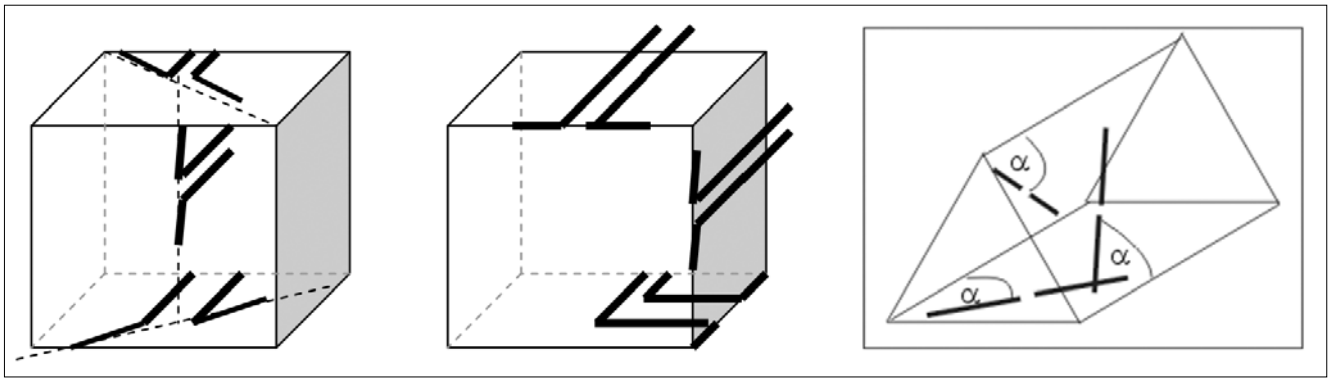
Kezdetben a rövid merőleges szakaszt csip ellenállások beültetésével oldottuk meg, később kidolgoztuk ennek a nagyellenállású pasztával való nyomtatását és egyúttal a fólia másik felére nyomtatott folttal a vezetékek közti kapacitást is növeltük [6]. A további (hosszú) elvezetés fajlagos ellenállása ekkor már lehet kisebb, ami a zaj szempontjából előnyös, és ahogy a 2. ábra mutatja a tér perturbálása szempontjából is még megfelelő. Az elvezetésen képződő nagyfrrekvenciás jelet elválaszthatjuk a detektortól kisméretű csip alkatrészekből épített RC szűrővel is.

A miniatűr szondák céljára általában a háromszög elrendezést használtuk. Ennek összeállítását rajzát mutatja az *5. ábra*.

5. ábra
A háromszög keresztmetszetű szonda három egymás melletti egyforma szonda összehajtogatásával készül.

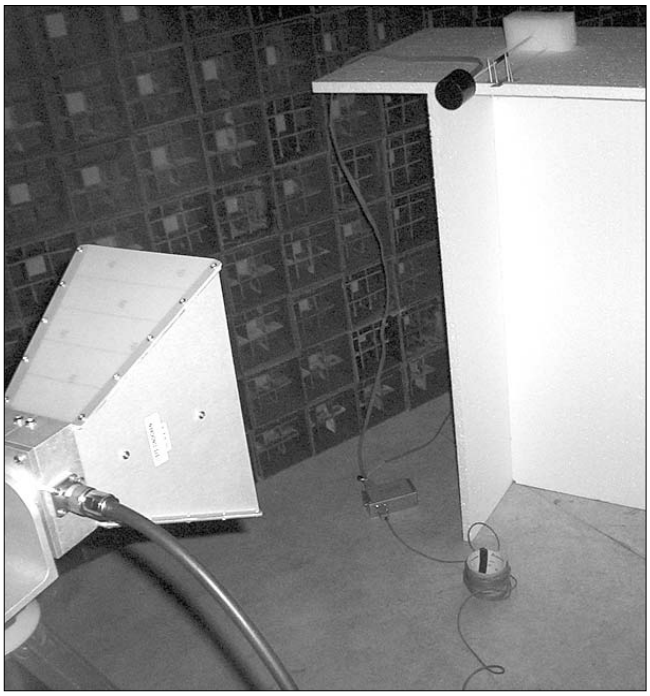


4. ábra Három egymásra merőleges szonda néhány lehetséges elrendezése izotróp szondához. α=54,74°



A szitanyomtatás egyszerre történik egy nagyobb lemezen. Az antennák hajlásszöge a szonda hossztengelyéhez képest 54,74°.Három egymás melletti szondát kivágunk és az elgyengített (perforált) élek mentén szabályos háromszög keresztmetszetre hajtjuk össze, ekkor a három dipól kölcsönösen egymásra merőleges helyzetbe kerül. A rögzítés a hordozóból kialakított ráhajló peremmel és ragasztással történik, a szigetelés után a végső lezárást és rögzítést rámelegített zsugorcső biztosítja.Az egész szerkezet öntartó, merev, de nem törékeny, mint az üvegcsőbe szerelt kerámiahordozós szonda. A szonda belseje üres, ezért folyadékba mártva (lásd később, az alkalmazásoknál) a folyadék bejut a szonda belsejébe. A szonda vastagsága mindössze 0,25...0,3 mm (hordozó + zsugorcső). Így a téreloszlást a szonda eltérő dielektromos állandója a kis térfogat miatt minimális mértékben befolyásolja akár levegőben, akár folyadékban.

6. ábra
Szonda érzékenységének mérése
az MFA reflexiómentes helységében kalibrált antennával.



4. A bevizsgálás

A szondák bevizsgálása széles frekvenciasávban mikrohullámú reflexió mentesített helységben („unechoic chamber") kalibrált antennával történik síkhullámként terjedő térben. Egy ilyen mérési elrendezés fényképét mutatja a *6. ábra*.

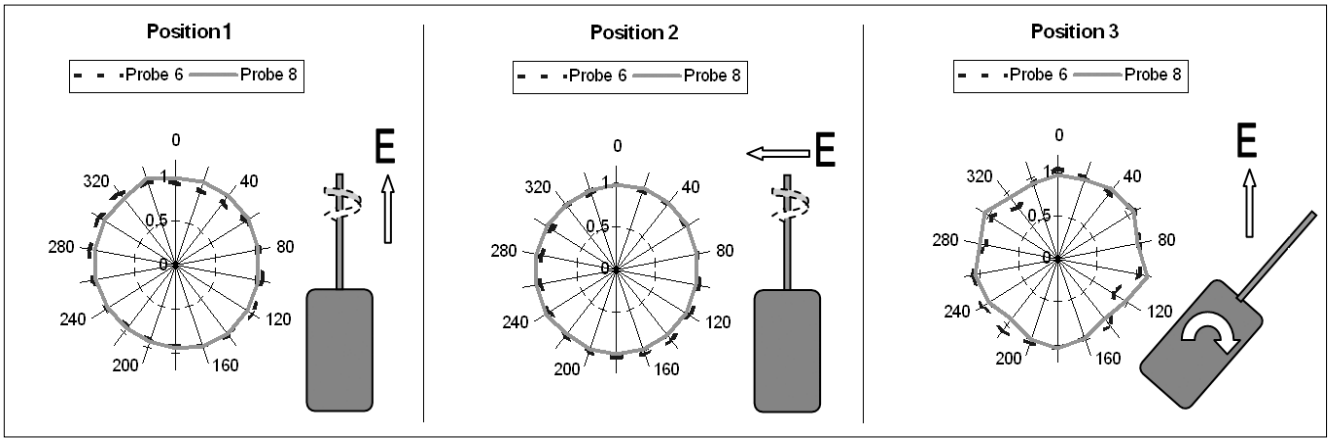
Az izotrópiát a szonda és a villamos tér irányának relatív változtatásával lehet vizsgálni [7]. A *7. ábra* mutatja két ilyen mérés eredményét egy miniatűr, 7 mm széles, 30 cm hosszú háromszög konstrukciójú izotróp szonda esetén. A mérések 900 MHz frekvencián 40 V/m térerősségnél történtek. A három detektor jelét erősítés után analóg összegző áramkörre vezettük és ennek kimenetét ábrázoltuk. A két bemutatott szonda az egy sorozatban készült négy példány közül izotrópia szempontjából a legjobb (8. jelű) és a leggyengébb (6. jelű).

Az 1. pozicióban forgatva a szondát tulajdonképpen mind a három dipól változatlan helyzetben van a térhez képest, ezért ez a mérés inkább a mérés körülményeire (tér homogenitása, forgatás egytengelyűsége) jellemző, mint a szondára (például ha egy vagy akár két szonda nem működne, akkor sem észlelnénk változást a forgatás közben).

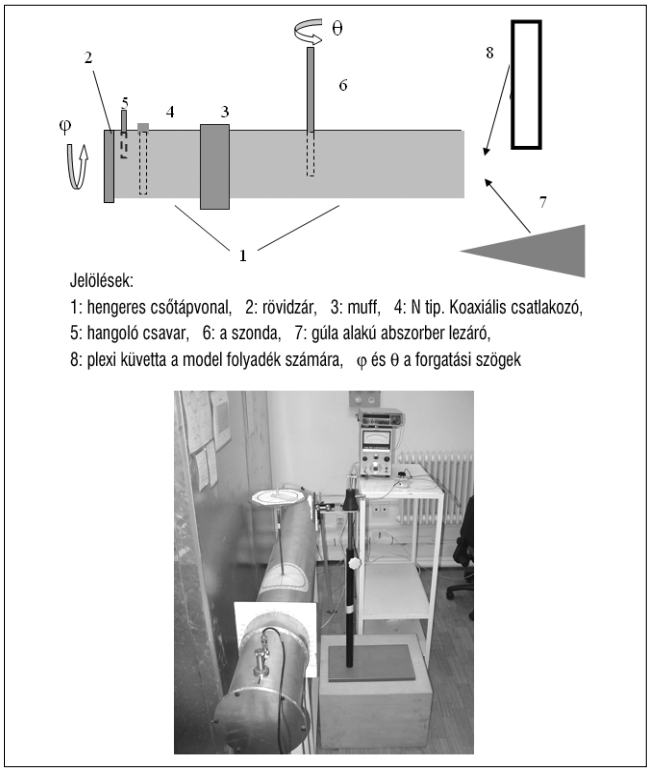
A 2. pozícióban viszont a szondák felváltva kerülnek minimális és maximális pozícióba, itt az izotrópia mértéke a szondák egyformaságát jellemzi. Mindegyik szonda egymagában nyolcas alakú görbét eredményezne a polárdiagrammon. A harmadik pozíció a legkritikusabb, ekkor az előző hatáshoz hozzáadódik a nagyellenállású vezeték esetleges antennahatása és szabad téri mérés miatt a jelfeldolgozó elektronika teret torzító hatása is (ebben jelentős fémtágy lehet a telep). Az itt bemutatott esetben a gyengébb szonda esetén is a legnagyobb eltérés az átlagtól 20%. Az eltérés alakja nem a várható nyolcas alakú görbe, sőt egyáltalán nem látszik szabályosság az eltérésben. Ezért ennél a mérésnél tapasztalt hibát elsősorban a mérési körülmények bizonytalanságának az elektronikát tartalmazó doboz szóró hatásának tulajdonítjuk.

Itt meg kell jegyezni, hogy ezek a szondák a később ismertetendő mobil telefon expozíciómérésekhez készültek, ahol az elektronika az erősen abszorbeáló mo-

7. ábra Két miniatűr szonda izotrópiájának a vizsgálatra reflexiómentes környezetben.



dell folyadékon kívül, a jelforrással ellentétes oldalon helyezkedik el gyakorlatilag térmentes helyen, tehát az itt gyanított reflexió a felhasználást érdemben nem befolyásolja.



8. ábra
A szonda kalibrálására épített hengeres csőtápvonal sematikus rajza és fényképe

Egy másik lehetőség a szondák bevizsgálására a tápvonalban történő mérés [8]. Ekkor remélhető a szabad téri bizonytalanságok csökkentése. A *8. ábra* mutatja az erre a célra készített hengeres csőtápvonal rajzát és fényképét.

A csőtápvonal végén lévő betáplálási szakasz elforgatható, a jó elektromos kontaktust a forgó és az álló rész közt széles muff alá szerelt rugalmas vezető anyag biztosítja, Ezen a forgatható csonkon egy hangoló csavar is beépítésre került, amivel a betáplálási ponton a reflexió minimalizálható, ilyen hangolással $S_{11} \leq 30$ dB érhető el. Az álló részt egy prizma alakú nyelő zárja le. A forgatható tartóra szerelt miniatűr szonda egy lyukon keresztül nyúlik be a henger közepébe. Mód van a folyadékban történő mérésre is, ekkor a nyelő prizmát eltávolítjuk és egy lapos téglatest alakú plexi küvettát szerelünk az álló rész végére, ennek oldalfala 4 mm vastag, a folyadékréteg pedig 12 mm. Természetesen ekkor a szonda nem a tápvonalba, hanem a folyadékkal töltött küvettába kerül. A cső belső átmérője 218 mm, így a TE_{11} alapmódus frekvenciasávja: 808,6 MHz...1056 MHz. (A felső határ a következő TM_{01} módus alsó határfrekvenciája.) A TE_{11} módus esetén elektromos és mágneses tér komponenseit hengerkoordináta rendszerben az alábbi egyenletek írják le [9]:

$$E_z = 0 \tag{1}$$

$$E_\varphi = j \cdot H_0 \cdot Z_o \cdot \frac{\lambda_c}{\lambda_o} \cdot J_1'(2\pi r / \lambda_c) \cdot \cos\varphi \tag{2}$$

$$E_r = j \cdot H_0 \cdot Z_o \cdot \frac{\lambda_c}{\lambda_o} \cdot J_1(2\pi r / \lambda_c) \cdot \sin\varphi \tag{3}$$

$$H_z = H_0 \cdot J_1(2\pi r / \lambda_c) \cdot \cos\varphi \tag{4}$$

$$H_\varphi = j \cdot H_0 \cdot \frac{\lambda_c}{\lambda_g} \cdot \frac{\lambda_c}{2\pi r} \cdot J_1(2\pi r / \lambda_c) \cdot \sin\varphi \tag{5}$$

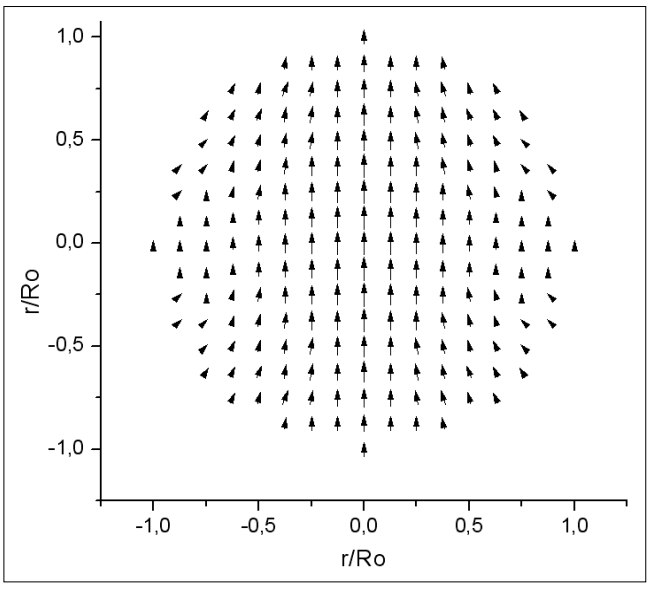
$$H_r = -j \cdot H_0 \cdot \frac{\lambda_o}{\lambda_g} \cdot J_1'(2\pi r / \lambda_c) \cdot \cos\varphi \tag{6}$$

ahol *z* a cső tengelyébe esik. J_1 és J'_1 az elsőrendű Bessel-függvény és annak deriváltja, Z_o = 377 Ω. A H_0 amplitudó dimenziója A/m. λ_c=1.71*D a határhullámhossz, ahol *D* a cső belső átmérője, λ_g és λ_0 a hullámhossz a tápvonalban és a szabad térben:

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1 - \lambda_0 / \lambda_c}} \tag{7}$$

E_r és E_φ meglehetősen homogén a cső középpontja körül. A *9. ábra* mutatja ezt az eloszlást, míg az *1. táblázat* számszerűen foglalja össze a maximális eltéréseket a középpont körüli 10% és 20%-nyi tartományokban.

A mi esetünkben (D=218 mm) a belső 10%-nyi tartomány is már jóval nagyobb, mint a miniatűr szonda mérete. Tehát a 8. ábra szerinti forgatások során a szonda detektora homogén térben történik.

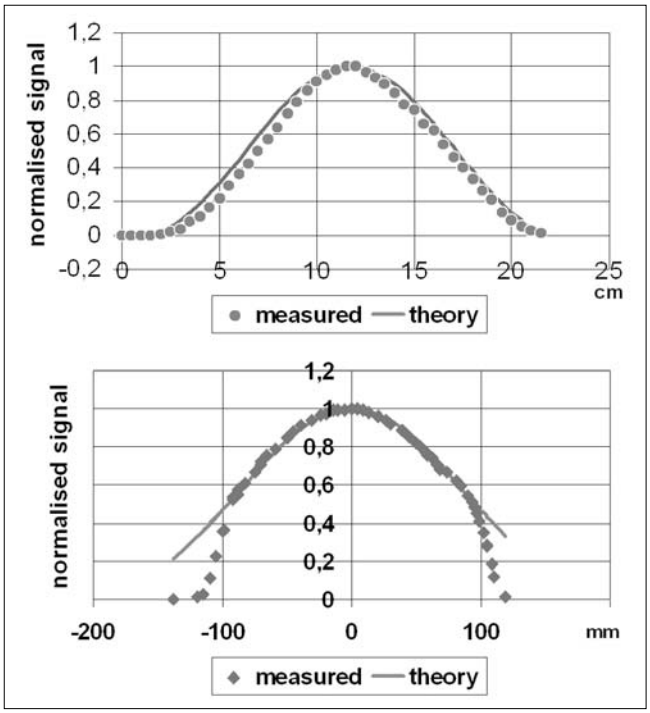


9. ábra
A villamos tér eloszlása a tápvonal keresztmetszete mentén

Tartomány	|E maximális eltérése a középvonali értéktől|	Maximális szögeltérés φ [fok]
$r \leq 0.1*R_0$	1.27%	0.24
$r \leq 0.2*R_0$	5%	0.98

1. táblázat

Ezt a tényt mérésekkel is igazoltuk, az eredmények a *10. ábrán* láthatók. A 3/a. ábrán bemutatott szondával E_φ^2, míg a 3/b. ábrán látható szondával E_r^2 volt feltérképezhető.



10. ábra
A villamos tér eloszlásának mérése a tápvonalban
fent: $E_\varphi^2(r, \varphi=0)$; lent: E_r^2

A módszer gyengéje, hogy csak a csőtápvonal alapmódusának sávjában használható, más frekvenciatartományra más méretű csőtápvonal kell, a magasabb frekvenciákon pedig már a cső átmérője úgy lecsökken, hogy a $r \le 0.1*R_0$ méret kisebb lesz a szonda detektoránál.

A *11. ábrán* látható egy háromszög konstrukciójú izotróp szonda detektorainak mérése a hengeres csőtápvonalban. Ebben az esetben is a 6. ábra 3. pozíciójának megfelelő forgatás esetén van a legnagyobb különbség a szondák közt, de itt az eltérés szabályos szögfüggést mutat, az egyes detektorok különböző érzékenységével magyarázható, illetve korrigálható.

5. Alkalmazások

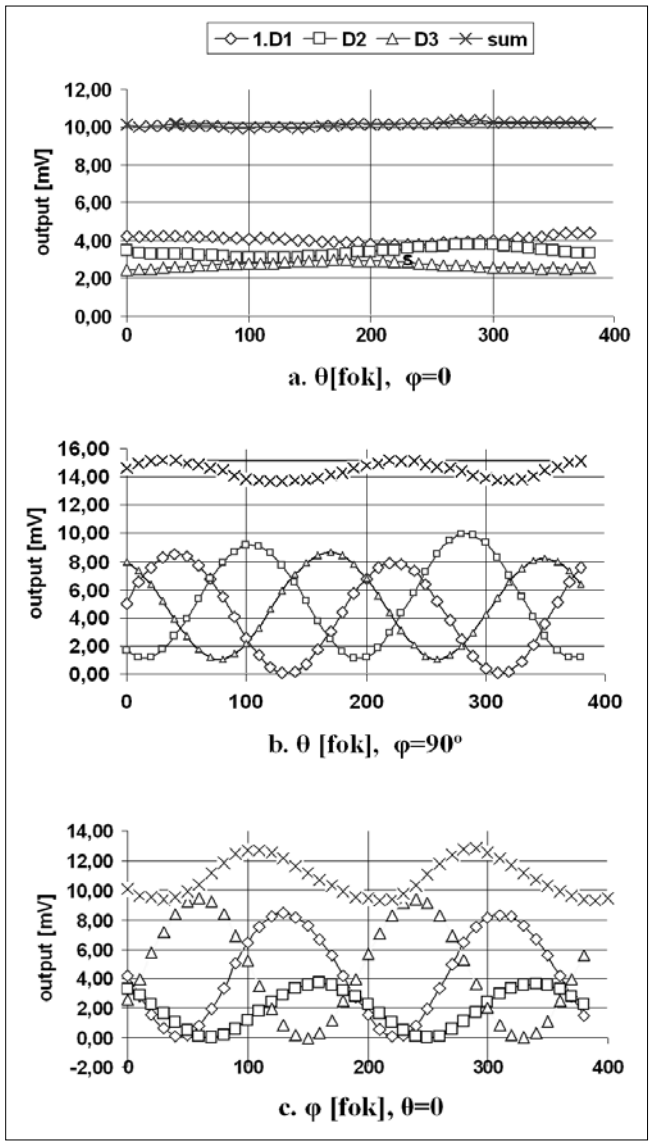
A miniatűr szondák a mobil telefonokkal kapcsolatos nagyfrekvenciás expozíció vizsgálatára szolgáltak. Erre a vizsgálatra a CENELEC a modellben, úgynevezett fantomban való mérést ajánlotta. Ez az eljárás később európai, majd magyar szabvánnyá vált [10].

A fantom egy jól leírt emberi fej formájú üveg, vagy műanyag edény, melyet az emberi agyvelővel azonos dielektromos állandójú és vezetőképességű folyadékkal töltenek meg. E folyadékok paraméterei és összetételük is elő van írva [10], mivel a dielektromos állandó és különösen a vezetőképesség függ a frekvenciától minden a mobil telefóniában használt frekvenciasávra külön oldatot kell készíteni. A preparált, ismert teljesítménynyel működő mobil telefont előírt helyzetekben kell a fantom füléhez igazítani és mérni kell a nagyfrekvenciás villamos tér eloszlását a fantom belsejében a telefon közelében. A mért térerősség értékekből az úgynevezett fajlagosan elnyelt teljesítményt (FET) kell meghatározni:

$$FET = \frac{\sigma E^2}{\rho}\left[\frac{W}{kg}\right] \qquad (8)$$

ahol E, σ és ρ rendre a villamos tér nagyságát, a vezetőképességet és a sűrűséget jelentik. A mérést az európai szabvány szerint 10 g folyadékot magába foglaló kocka alakú térfogatban kell átlagolni és a megengedett határérték 2 W/kg. Az USA előírások ugyan ilyen mérési eljárást írnak elő, de az átlagolási térfogat csak 1 g folyadékot tartalmaz és a határérték 1,6 W/kg. Tekintettel arra, hogy a villamos tér igen erősen csillapodik a fantom belseje felé haladva az átlagolásokba igen kis értékek is beleszámítanak. Ezért a kisebb kocka lényegesen szigorúbb feltétel az amerikai előírásoknál,

11. ábra
Háromszög konstrukciójú izotróp szonda egyes detektorainak mérése a hengeres csőtápvonalban

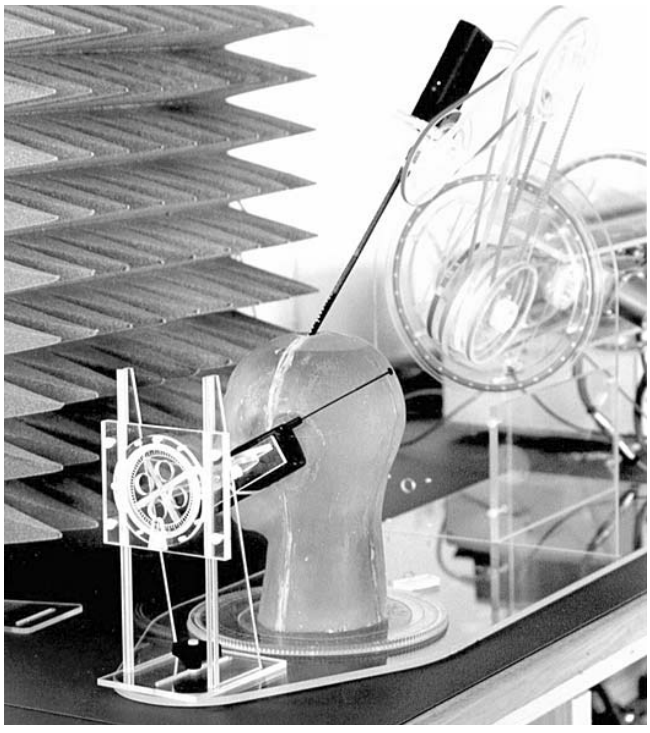


mint az alacsonyabb határérték. Összességében az USA előírások körülbelül háromszor kisebb expozíciót engednek meg, mint az európaiak. Ezt az alacsonyabb határértéket az NADC rendszerek jobban teljesítik, mint az Európában használatos GSM rendszerek.

A szonda szempontjából a miniatürizálás azért fontos, hogy a körülbelül 2, illetve 1 cm élhosszúságú tartományon belül minél több mérési pontot lehessen felvenni. (A mért E^2 értékeket a három detektor súlypontjához rendeljük.) Az intézetben kétféle háromszög konstrukciójú szondát készítettünk; 7 mm és 4,5 mm szélességűeket, hosszuk 300 mm körül volt. A keskenyebb szonda a rövidebb dipól miatt értelemszerűen kisebb érzékenységű. A legkisebb – 3,2 mm-es élhosszúságra elkeskenyedő – szondát Molnár Ferenc Balázs készítette a diplomamunkája során [11].

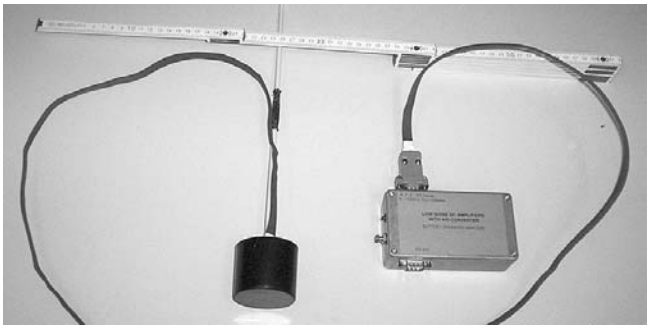
A 7 mm széles szonda tipikus érzékenysége 900 MHz-es fantom folyadékban 20 mV/(W/kg), 1800 MHz-es fantom folyadékban pedig csak 9 mV/(W/kg). Az érzékenységek különbségét az okozza, hogy a magasabb frekvenciájú fantom folyadék vezetőképessége nagyobb, ezért ugyanakkora FET értékhez kisebb villamos tér tartozik. Ha a FET megközelíti, vagy éppen meghaladja a 2 W/kg határértéket, akkor a dióda (különösen, ha a polarizáció az egyik antennával párhuzamos) már nem a négyzetes detektálási tartományban működik, itt már az érzékenysége csökken és a fenti értékkel számolva kisebbnek mérnénk a FET-et a valódinál. Ezért célszerű a mérést csökkentett mobil telefon teljesítménynél végezni, ami azzal az előnnyel jár, hogy a hőhatások elhanyagolhatóak lesznek. Nem melegszik a folyadék olyan mértékben, hogy az elektromos paraméterek változását figyelembe kelljen venni, illetve nem indulnak meg turbulens áramlások. Az analóg leolvasás 1...2 Hz sávszélességnek felel meg, ebben a tartományban a szonda zajfeszültsége tipikusan 0,3 $\mu V/Hz^{1/2}$ nagyságrendű, a tangenciális érzékenység így mW/kg körüli érték, tehát körülbelül százszoros dinamika tartomány még nagy pontossággal biztosítható korrekció nélkül is. Szükség esetén a dinamika tartomány tovább szélesíthető, ha a mérést nem állandó mobil teljesítménynél végezzük, hanem azt célszerűen változtatjuk, ez a módszer a mikrohullámú technikában szokásos és a mobil telefonok elektronikája is alkalmas a kimenő teljesítmény változtatására. Egy ilyen mérés fényképét mutatja a *12. ábra*.

12. ábra FET mérés a SARTEST Ltd.-nél



A mérés az angliai SARTEST Ltd. laboratóriumában történt a tőlünk vásárolt szondával és saját fejlesztésű mozgató robottal és kiértékelő szoftverrel.

Egy másik alkalmazás a térmérés kis térfogatú zárt EMC mérőhelyeken. Számos esetben szükség van fejlesztés során EMC immunitási és emissziós próbára. A nyíltterű, vagy a nagyméretű reflexió-mentesített mérőhelyekhez való hozzáférés drága, előre tervezett módon vehetők igénybe. Ezért szükség van kisméretű mérőhelyekre is, melyek lehetnek gyengén reflexió-mentesített (hozzávetőlegesen -10 dB reflexiójú falakkal határolt) kis helységek, vagy inkább csak dobozok, TEM, vagy GTEM cellák. Ezekben a terekben rezonanciák alakulhatnak ki és ezért bizonyos frekvenciákon a tér eltér a várttól. Bonyolítja a helyzetet, hogy a kis méret miatt a rezonancia frekvencia függhet a vizsgált tárgy méretétől, elhelyezkedésétől is. Ezért a közvetlen térmérés jelentősen növeli az ilyen vizsgálatok megbízhatóságát. Természetesen ismét fontos szempont, hogy maga a térmérő szonda ne befolyásolja a téreloszlást. Erre a célra fejlesztett készülék fényképét mutatja a *13. ábra*.



13. ábra
Az EMC vizsgálatokhoz készített szonda az 1,7 m hosszú hajlékony elvezetéssel és a jelfeldolgozó elektronikát tartalmazó dobozzal.

A mérőfej ebben az esetben a 4/b. ábra szerinti elrendezésű, a nagyellenállású tápvonal hossza pedig 1,7 m [12]. Az elvezetés nincs háromszög elrendezésben összeillesztve, így a vezetékek hajlékony. A szonda a mérőrendszer tartozéka, bárhova helyezhető a tér érdemi befolyásolása nélkül. Az EMC vizsgálatoknál szükséges nagy sávszélesség (80 MHz...18 GHz) itt már szükségessé teszi, hogy a frekvencia szerint változó érzékenységekkel korrigáljuk a méréseket. Ezért ennél a szondánál már az erősítő után digitalizáljuk a jelet és számítógépbe vezetjük. WINDOWS alatt futó célprogramot fejlesztettünk ki, ami a mérési adatokat gyűjti, át-

lagolja, a begépelt frekvencia szerinti érzékenységet veszi figyelembe és a nagy tereknél fellépő érzékenységcsökkenést korrigálja, a detektor diódán mért feszültség alapján. A mérést a kezelő a grafikus felületen az egérrel mozogva vezérli, klikkelléssel indítja. Csupán a fájlnevet kell begépelni adott szintaxis szerint, úgy, hogy az tartalmazza a frekvenciát is.

6. Összefoglalás

Számos esetben szükség van a nagyfrekvenciás, illetve mikrohullámú villamos tér közvetlen mérésére oly módon, hogy az a tér eloszlását ne befolyásolja. Erre a célra térmérő szondákat fejlesztettünk ki. A szondák rövid dipól antennába szerelt zero-bias detektor diódákkal érzékelik teret, a detektorok kimenő egyenfeszültségét nagyellenállású tápvonallal vezeti tovább a feldolgozó elektronikához. Az általunk kifejlesztett szondák speciális tulajdonsága az, hogy a hordozó hajlékony műanyag fólia, ami egyaránt lehetővé teszi a flexibilis elvezetést és az önhordó, merev, de nem törékeny kivitelt. Az alkalmazott anyagok minimalizálják a szonda térfogatát, így annak eltérő dielektromos állandója sincs érdemi hatással a tér eloszlására. Folyadékban történő mérések esetén a szondát kívül-belül körbeveszi a folyadék. Mind egy-polaritású, mind izotróp szondák építése lehetséges ezzel a technikával.

Bemutattuk, hogy a szonda teret torzító hatása 1 dB-nél kevesebb, jellemzően néhány tized dB. A szondák bevizsgálását széles frekvenciatartományban reflexiótól mentesített helységben kalibrált antennák definiált terében végezzük. Az érzékenység és az izotrópia precíz vizsgálatára hengeres csőtápvonalból alakítottunk ki keskeny sávú mérőberendezést.

A főbb alkalmazási területek:

– A mobil telefonok okozta mikrohullámú expozíció mérése. A szondák alkalmasak a szabvány szerinti vizsgálatok megfelelő pontosságú kivitelezésére.
– Kisméretű zárt terű EMC vizsgálatoknál a tér ellenőrzése.

Köszönetnyilvánítás

Ezek a munkák kisebb-nagyobb részben részesültek az alábbi pályázati támogatásokból:
MTA AKP 96/2-604 2,3 szám alatti projektje (1996-1997)
EU COPERNICUS „MEMSWAVE” projekt (1998-2001)
Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium fejezeti kezelésű előirányzatának a támogatása (1999)
OTKA M 036828 sz. műszer beszerzési projekt (2001)
OTKA M 045352 sz. műszer beszerzési projekt (2004)
GVOP-3.1.1.-2004-05-0354/3.0 sz. projekt (2004-7)
Természetes személyek közül igen sokat köszönhetek Ripka Gábornak, aki a szondák előállításával foglalkozó diplomamunkások munkáját irányította.
Kezdetben, amikor még nem épültek ki a saját bevizsgáló méréseink, mérési lehetőséget és segítséget kaptam G. Neubauer-től és G. Schmid-től az osztrák Forschungcentrum Seibersdorfban, majd hasonló segítség, illetve tartós együttműködés alakult ki M. Manning-gal az angliai SARTEST Ltd.-nél.
A szondák fantom anyagban való kalibrációját Prof. O. Gandhi volt szíves elvégeztetni tanszékén, a University of Utah-on (USA).

Irodalom

[1] H. Bassen, G.S. Smith, Electric Field Probes – A Review, IEEE Trans. on Antennas and Propadgation, Vol. AP-31, pp.710–718., 1983.
[2] W. Schwedt, J. Berger, B. Schüppert, K. Peterman, Integrated optical Eéfield sensors with a balanced detection scheme, IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, 39., pp.386–389., 1997.
[3] H. Whiteside, R.W.P. King, The Loop Antenna as a Probe, IEEE Trans. on Antennas and Propadgation, Vol. AP-12, pp.291–297., 1964.
[4] T. Schmid, O. Egger, N. Kuster, Automated E-Field Scanning System for Dosimetric Assessments, IEEE Trans. on Microwave Theory and Technique, 44., pp.105–113., 1996
[5] Németh Adrián, Nagyfrekvenciás térmérő szonda gyártástechnológiájának kidolgozása, BME diplomamunka, 1997.
[6] Harasztosi Zsolt, Polimer vastagrétegek a mikroelektronikában, BME diplomamunka, 2001.
[7] B. Szentpáli, Vo V. Tuyen, G. Thúróczy, Novel E-Field Probe for Measurements in Phantoms, Proc. of 10. MICROCOLL, March 21-24, Budapest, pp.453–456., 1999.
[8] B. Szentpáli, G. Thúróczy, Circular waveguide for calibration of miniature E-field probes, Proc. of 11. MICROCOLL, September 10-11, pp.189–192., 2003.
[9] Istvánffy Edvin, Tápvonalak, antennák és hullámterjedés, BME egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, 1985.
[10] MSZ EN 50361
[11] Molnár Ferenc Balázs, A GSM rendszerű rádiótelefonok élettani hatásának vizsgálatához mérőszonda fejlesztése, BME diplomamunka, 2002.
[12] B. Szentpáli, I. Réti, F.B. Molnár, J. Farkasvölgyi, K. Kazi, Z. Mirk, A. Sonkoly, Z. Horváth, E-field probe for closed space EMC measurements, Proc. of the Mediterranean Microwave Symposium, 14-17 May, Budapest, pp.89–92., 2007.

Rádiószékház-tervek tegnap. És ma?

HECKENAST GÁBOR
heckenast@chello.hu

A világon egyedül a Magyar Rádió volt abban a szerencsés helyzetben, hogy megindulásakor nem kellett stúdióházat építenie, hanem elég volt az immár több, mint harminc éve működő Telefonhírmondó Rákóczi út 22. sz. alatti stúdióinak kibővítése és korszerűsítése. Rövidesen kiderült azonban, hogy ez az első pillanatra szerencsésnek látszó szituáció a gyorsan fejlődő rádiózás számára mégsem jelent végleges megoldást, és sürgősen új elhelyezést kellett keresni...

A műsorszolgáltatási koncessziót elnyert Magyar Telefonhírmondó és Rádió Rt, a műszaki berendezéseket üzemeltető Magyar Postával egyetértve, a Sándor Főherceg utca (ma Bródy Sándor utca) 7. sz. alatti épületben, és a hozzá tartozó telekben vélte a Rádió végleges otthonát megtalálni. 1927 őszén merült fel az új stúdióépület létesítésének a gondolata. Ez a gondolat már hosszabb ideje részét képezte annak a nagyszabású tervnek, hogy a Magyar Távirati Iroda és társvállalatai, amelyek közé tartozott a Magyar Telefonhírmondó és Rádió Részvénytársaság is, közös székházat kapjanak. Erre a célra a konszern rövidesen megvásárolta a már említett Sándor u. 7. szám alatti ingatlant. Ez a környék akkor Budapest csendes, elegáns negyede volt, s központi fekvése miatt ideálisnak látszott arra, hogy helyet adjon a Magyar Távirati Irodának, a Magyar Film Irodának, a Magyar Hirdető Irodának és a Rádiónak. Az ingatlanon kétemeletes, szolíd épület állott, két hátranyúló oldalszárnnyal, és tágas udvarral. A meglévő épületre két újabb emeletet húztak, és teljesen új, kétemeletes épületet emeltek a belső udvar déli oldalán. Ez az épület lett a Rádió otthona. Az épület egy nagy és egy kis stúdiót foglalt magában *(1. ábra)*.

A Rádió az új otthonát meglehetősen gyorsan kinőtte. Az 1928-ra elkészült „Rádióépület” két ütemben kibővítésre került. Először 1932-34 között, amikor is megépült a mai 2., 3. és a 6. stúdió. Ebben az első építési szakaszban még további hét, kisebb stúdióval, vagy stúdiójellegű teremmel (pl. próbateremmel) bővült a székház. Majd 1939-40 között erre a részre, tehát a 2. és 3. stúdió fölé további két emeletet húztak még fel. Ekkor egy új studió létesült. A bővitést szükségessé tette az egyre változatosabbá váló műsor, és a műsoridő növekedése, főleg a második műsor (Budapest II.) megindulása.

A Rádiónak ezen épületeit a következő évtizedek során számtalanszor átépítették, modernizálták, az egyes helyiségek funkciója gyakran változott, olykor megszűnt.

A háború utáni évek, körülbelül 1949-50-ig, a háborús károk elhárításával, az újjáépítéssel teltek el. A kommunista hatalomátvétel után az új kormányzat számára igen fontossá vált a Rádió, mint a leghatékonyabb agitációs- és propagandaeszköz. Azonnal hozzá is kezdtek fejlesztéséhez. Még 1949-ben megszerezték a Szentkirályi utca 25/a sz. alatti lakóépületet a külföldre irányuló, rövidhullámú (RH) adások szerkesztőségei számára. És még ugyanabban az évben elkezdődött egy új stúdióépület építése a Szentkirályi u. 25/b alatt. Ezt az új épületet stúdiócélra tervezték, tehát nem meglévő épület átalakításáról van szó. Ez az első olyan része a Rádiónak, ahol a stúdiók eleve a decentralizált technikát figyelembevéve kerültek kialakításra, tehát minden stúdió mellé technikai helyiség épült, amelynek egy vagy két hangszigetelt áttekintő ablaka volt a stúdió felé. Itt épültek a stúdiók első ízben „ház a házban” elven, tehát kettős falakkal, padlózattal és mennyezettel, hogy az épületszerkezet által kívülről vagy belülről felvett úgynevezett testhangok és az egymás közötti áthallás ellen is szigetelve legyenek.

1. ábra
A Rádióépület a Sándor utcai kapualjból nézve

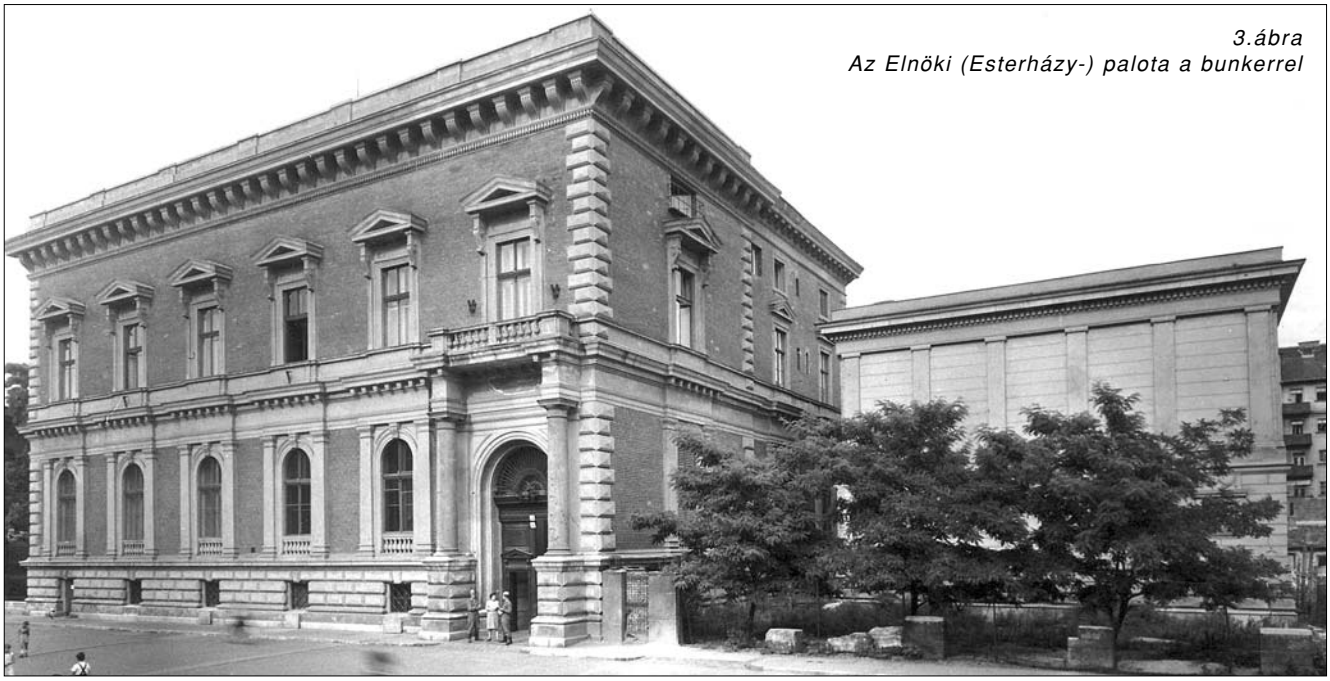
2. ábra
Szentkirályi u. 25/b alatti stúdióépület

Az épület sajnos két szakaszban épült. Az első szakaszban – 1949-50 között – valószínűleg pénzügyi okokból csak a földszint és az első emelet épült meg, de olyan szerkezettel, amely lehetővé tette a későbbiekben további három emelet ráépítését. Ebben az épületrészben négy kis és két közepes stúdió létesült. A második ütemben (1957-59) további két kisebb és két nagy stúdió épült *(2. ábra)*.

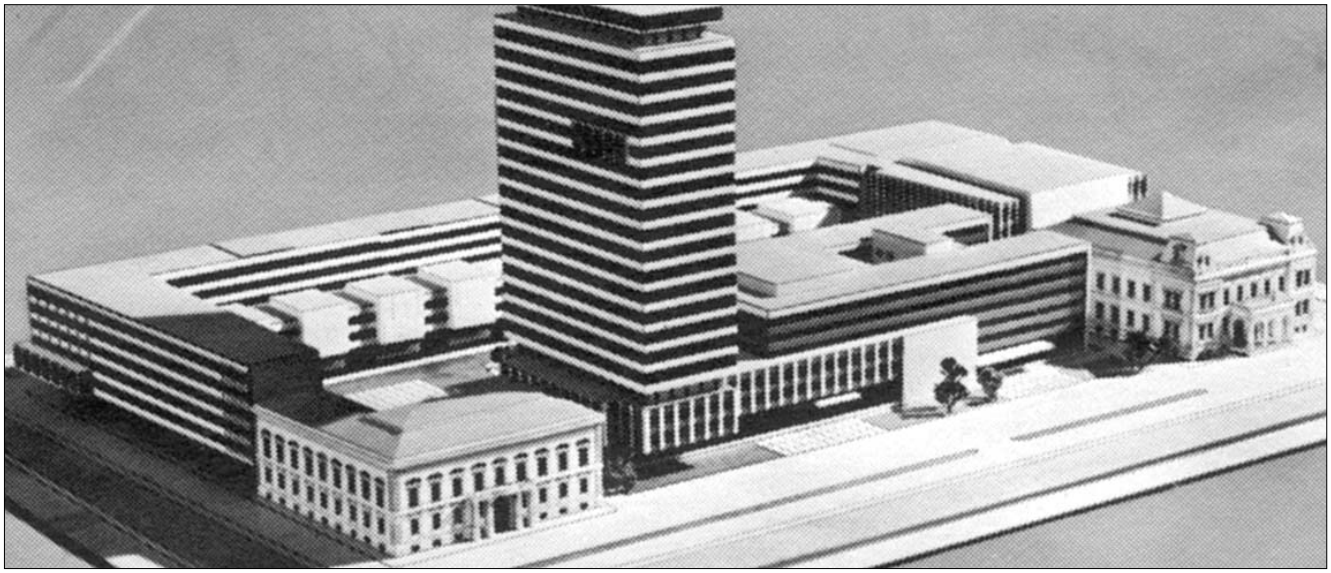
Közben, a köztársasági elnöki poszt megszűnése után, 1950-ben, a Rádió akkori elnöke, Szirmai István megszerezte a Rádiónak a megüresedő volt Elnöki Palotát, a Pollák Mihály térre néző egykori Esterházy palotát. (Ebben van a nyilvános adásoknál sokszor használt Márványterem.) A palota melletti üres telken 1952-ben rekordgyorsasággal két stúdiót magába foglaló vasbeton légó bunkert építettek *(3. ábra)*.

Az eddig elmondottakból is érzékelhető, hogy a Rádió épületállománya már az ötvenes évek végén is meglehetősen heterogén volt. Egyes épületek még a 19. században épültek, mások az 1920-30-as években, és ismét mások az 50-60-as évtizedben. Ennek ismeretében joggal merülhet fel az a kérdés, hogy soha nem gondolt senki arra, hogy a Rádió más helyen, egy teljesen új központot, székházat kapjon, vagy hogy legalább a soron következő bővítések, átalakítások, esetleges új épületrészek valamilyen egységes távlati koncepcióhoz igazodva kerüljenek megvalósításra? A válasz egyszerű: dehogynem. Tudjuk például, hogy a Magyar Telefonhírmondó és Rádió Rt. még a háború előtti években megvásárolt a Vadaskerti úton, a Hűvösvölgy közelében egy telket a leendő Televizió számára. Arról, hogy volte valami szándék arra, hogy a Rádió, vagy annak valamelyik részlege is ide költözzék majd, nincs tudomásunk. De nem is lett volna különösen indokolt akkor a Rádió jövőbeli elhelyezésével foglalkozni, hiszen az éppen befejezett bővítésekkel az akkor felmerülő igények hosszabb időn át kielégíthetőnek látszottak.

Az új telephely gondolata a 60-as évek elején, Herman László műszaki igazgatósága alatt vetődött fel. A szóbajövő terület a Petőfi híd budai hidfőjétől az összekötő vasúti híd felé eső terület lett volna, ahol most az új egyetemi épületek állnak. Akkor még a teljes terület beépítetlen volt. Alternatívaként szóba jött az Alkotás út sarkán, a Novotel Szállóval szemben ma is beépítetlenül álló telek is, de erre még tanulmányterv sem készült.



3.ábra
Az Elnöki (Esterházy-) palota a bunkerrel



4. ábra A nánási terv makettje

A hatvanas évek második felében a Magyar Televízió számára is létkérdéssé vált egy új székház építése. Elkezdődött a helykeresés. Szóba jött az Árpád híd budai hídfője, a Hajógyári-sziget, ragyogó elhelyezési lehetőség adódott volna az Örs vezér tér Kőbánya felé eső oldalán, de ezt a HM képviselője az azóta megszűnt Finommechanikai Vállalat közelsége miatt megvétózta.Végre sikerült megállapodni a fővárossal az óbudai Arany-hegyen egy olyan terület kijelölésében, mely elég nagy volt ahhoz, hogy egy későbbi időpontban a Rádió is új stúdióházat építhessen fel ott. Ez a hely sem a televíziós összeköttetések szempontjából, sem közlekedésileg nem volt igazán kedvező, és elfogadása csak kompromisszumok árán volt lehetséges. A Televízió épületére tervpályázatot írtak ki, amelyen az első díjat Virág Csaba építészmérnök pályaműve nyerte el. Gyönyörű terv volt, predesztinálva arra, hogy első díjat nyerjen, de arra is, hogy soha ne épüljön fel. Nem is lett belőle semmi. Ugyanis a Főváros által megkövetelt közműfejlesztés (út, víz, csatorna, villany, gáz) önmagában olyan összegbe került volna, amit az akkor egy céget alkotó Magyar Rádió és Televízió nem tudott vállalni.

Valamikor a hatvanas évek végén, valahol, felső szinten aztán olyan döntést hoztak, hogy a Rádió fejlesztését a meglévő épületekhez csatlakozva, az ezeket az épületeket is magába foglaló tömbben kell megoldani. Ennek alapján a Rádió 1968-69-ben Nánási Sándort és munkatársait (ÁÉTV) megbízta egy, az egész épülettömbre kiterjedő terv elkészítésével. Közben elkészült az ugyancsak Nánási által tervezett négyemeletes új Irodaház, amely jótékonyan beburkolja a már említett, lebonthatatlan bunkert is. Az egész tömbre vonatkozó Nánási-terv elkészült, sőt a makettje is, aminek fényképe sokáig díszítette az elnöki tanácsterem falát, a Rádió vezetősége annyira bízott akkor a megvalósulásában *(4. ábra)*. Ezt a tervet azonban a Fővárosi Tanács 1970-ben nem tartotta elfogadhatónak, részben talán azért, mert az ő bevonásuk nélkül készült, részben tényleges hiányosságai miatt. A terv az Esterházy-palota lebontásával számolt, s ezen a helyen egy toronyépületet kivánt volna létesíteni, ami városképi szempontból, a Nemzeti Múzeum mögött felnyúlva, valóban nem lett volna szerencsés megoldás. Ezért a Rádiót arra kötelezték, hogy a háztömb egészére, a Fővárosi Tanáccsal, az Építésügyi és Városfejlesztési Minisztériummal és a Magyar Építőművészek Szövetségével közösen nyilvános tervpályázatot írjon ki. Ehhez természetesen először is fel kellett mérni, milyen rendeltetésű, méretű és számú helyiségre lesz szüksége a Rádiónak a következő néhány évtizedben. Ez annál is nehezebb feladat volt, mert nem létezett egy hosszú időre érvényes műsorpolitikai-fejlesztési koncepció. Több hónapi munka után elkészült a pályázati kiírás.

A meghirdetett pályázatra elég sok pályamű érkezett be. A zsűri 1971 decemberében hirdetett eredményt. Első díjat Gulyás Zoltán és Patonai Dénes (Iparterv) pályaműve nyert, ezenkívül kiadták a második díjat, két pályaművet pedig megvásároltak. Az rögtön világos volt, hogy egyik terv sem valósítható meg teljes egészében, főleg a szükséges bontások miatt. Az azonban a pályázat nagy eredménye volt, hogy a Fővárosi Tanács a nyertes pályaművet távlati beépítési tervként elfogadta, így az első egy-két lépés megtételének megvolt a szabályos, hivatalos alapja.

Első lépésként a szabad területek beépítését kellett célul kitűzni. 1972-ben a Rádió megbízást adott Gulyás Zoltánnak, illetve az Ipartervnek, hogy tervezze meg a nagyzenekari stúdió épületegyüttesét, s a terv 1975-re el is készült. Egyetlen baj volt csupán: a beruházás olyan összegbe került volna, hogy az egyébként is szűkös költségvetési keret beruházásokra fordítható része azt nem tudta volna fedezni. Nem maradt más hátra, mint megváltoztatni az eredeti elképzelést, és első lépésként az Esterházy-palota melletti területre felépíteni az úgynevezett Üzemépületet.

Az Üzemépület a Rádió nagyon sok és különböző jellegű gondját volt hivatva enyhíteni. Ilyen volt például a szalagtár, az archívum. A másik ilyen mostoha té-

ma volt a Rádióban az étterem. Végül, a stúdiókapacitást is szerettük volna valahogy növelni, és az akkor már 20 éves, elavult központi kapcsolóterem kiváltásához is kellett valamilyen helyről gondoskodni.

A terveket a KÖZTI-ben Fekete Lajos, majd Schilling Zsolt készítette. A tervezés 1979-ben kezdődött, a kivitelezés pedig 1980-ban. Végül is az épületben a következő egységek létesültek: a földszinten konyha, az 1. emeleten az étterem, a 2. emeleten szalag- és hanglemeztár, a 3. emeleten a dokumentációs részleg feldolgozó szobái, katalógustára, a szalagkölcsönzés helyiségei, az adáselőkészítő, különböző irodák stb. A 4. emeleten 6 db műsorstúdió-komplexum, az új kapcsolóterem és az ott dolgozók tartózkodó helyiségei épültek. Maga az épület 1984-ben lett kész, de az egyes emeletek a bonyolult technológiai szerelések miatt csak egymás után, a rákövetkező években kerültek használatba. Az új központi kapcsolóterem pedig csak 1993 elején vette át az üzemet a régitől.

Már az 1971-es tervpályázat is számolt azzal, hogy a Rádió a tömbben található idegen épületeket, vagy azoknak legalább egy részét a saját céljaira igénybe veheti. Most irodákra volt szükség, és erre a célra a legalkalmasabbnak a Szentkirályi utca 27. alatti lakóház látszott, mert abban csupán 21 bérlemény volt. A bérlők számára a Rádiónak kellett cserelakásról gondoskodni. Az épületet az új feladatnak megfelelően át kellett építeni, illetve tatarozni. Végre 1984-re az épület kiürült, és1990-ben beköltözésre készen állott.

1990 után a Rádió épületállománya már nem bővült tovább. Ez az épülettömb látható a Google Earth szatellitfelvételén *(5. ábra)*. Megjegyzendő, hogy a 65 év alatt végrehajtott bővítések közül csupán a Szentkirályi utcai stúdióépület és az Üzemépületnek mintegy fele szolgálta a Rádió műszaki kapacitásának növelését, a többi irodáknak és kiszolgáló részlegeknek biztosított helyet.

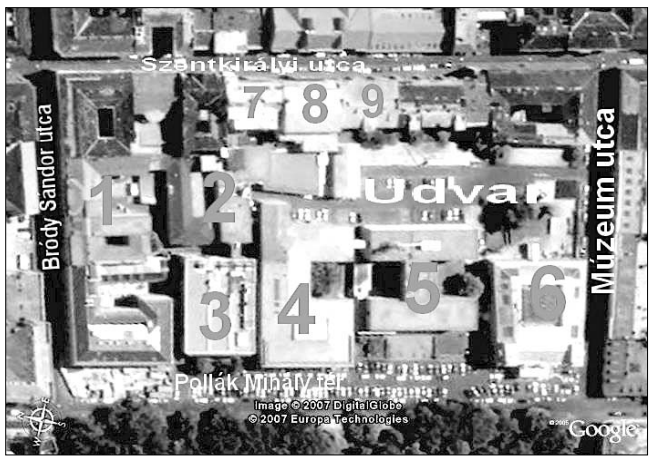
Az új székház építésének gondolata azonban nem került le a napirendről. 1990 után ismét, többször felmerült a Rádió elköltöztetésének gondolata. A korábbi próbálkozások óta azonban hosszú idő telt el, ami alatt a műsorszolgáltatás technikájában, a rádiózás jogi szabályozásában, társadalmi szerepében olyan mélyreható változások következtek be, amelyek a székházépítés egész kérdéskomplexumának újbóli átgondolására késztetnek. A rádió mellett megjelent a televízió földi sugárzással, műholdakon és kábelen, bevezetés alatt van a mobil telefonokon való műsorterjesztés. A földfelszíni digitális adások felkínálják a műsorcsatornák megtöbbszörözésének a lehetőségét. A CD és DVD lemezeken kínált műsorok, valamint az Internet is jelentős versenytársa lett a rádiónak. Megszűnt a közszolgálati rádió monopolhelyzete, és a Médiatörvény alapján kereskedelmi rádiók sokasága kezdte meg működését. Megváltoztak a rádióhallgatási szokások, eltolódtak a csúcsidők. A rádiózás mobilizálódott és megnőtt a személyes jellege. A rádióvevő ma már nem családokhoz, háztartásokhoz kötődik, hanem kisméretű, személyes, hordozható vevő. Érdemes tehát néhány kérdést megvizsgálni.

Az első, és legfontosabb, hogy a megváltozott körülmények ellenére továbbra is szükség van-e a közszolgálati médiumokra? Erre a kérdésre kétféle válasz adható, amely egyben eldöntheti, hogy egyáltalán érdemes-e a további kérdéseket feltenni. Ha valaki úgy gondolja, hogy a közszolgálati rádió feladata ugyanaz, mint egy kereskedelmi rádióé, tehát, hogy profitot termeljen, akkor világosan ki kell mondani, hogy ilyen, a kereskedelmi rádiókkal versenyző közszolgálati rádióra nincs szükség. Nem érdemes a kereskedelmi rádiók számának további szaporítása egy közszolgálati köntösbe bujtatott csatornával, így ezzel az egész eszmefuttatást be is lehet fejezni.

Ha azonban valaki úgy gondolja, mint e sorok írója is, hogy soha nagyobb szükség nem volt igazi értékeket sugárzó, tárgyilagos és megbízható tájékoztatást adó rádióra, mint most, akkor a válasz erőteljes igen. Igen, szükség van a közszolgálati rádióra, mert annak feladatait egyetlen kereskedelmi adó sem vállalja, vállalhatja fel, mert az nem nyereségtermelő tevékenység. Azt pedig, hogy mik a közszolgálati rádió feladatai, pontosan meg kell határozni. Végre egyértelműen és hosszú távra érvényesen definiálni kell a közszolgálatiság fogalmát és meg kell határozni a közszolgálati rádiónak nemcsak a feladatait, de azt is, hogy mik nem tartoznak feladatkörébe. Egyértelműen tisztázni kell finanszírozásának módját is, hogy ne kényszerüljön szellemi prostitúcióra. Mindezt pedig törvényben kellene rögzíteni. Erre jó lehetőséget adhat a jelenleg érvényben lévő, de teljesen elavult Médiatörvényt előbb-utóbb csak felváltó új törvény.

A második kérdés, hogy milyen legyen ez a közszolgálati rádió? Először is tudni kell, hogy hány műsort akarunk sugározni? Fog-e élni a közszolgálati rádió a digitalizálás adta lehetőséggel, és kibővíti-e műsorkínálatát? Akar-e és tud-e új, tematikus műsorokat indítani? Vagy esetleg még meglévő műsorai közül meg akarja-e valamelyiket szüntetni?

5. ábra
Műholdfelvétel a Rádiót magában foglaló háztömbről.
1. Bródy-épület,
2. Rádióépület a 6-os stúdióval és a Pagodával,
3. Üzemépület, 4. Elnöki palota, 5. Irodaház,
6. „Olasz" épület, 7. Szentkirályi u. 25/a. irodák,
8. Szentkirályi u. 25/b. stúdióépület, 9. Szentkirályi u. 27.



A nagy nemzeti rádiók törekedtek arra, hogy a közszolgálati rádiók feladatait saját apparátusukkal el tudják látni. Majdnem minden ilyen rádiónak volt és van saját zenekara, amely a nemzetközi porondon is kiemelkedő teljesítményt nyújt. Sok esetben a rádiónak van kórusa, esetleg könnyűzenei együttese. Van saját hírszolgálata, számos belföldi és külföldi tudósítóval. Rendez nyilvános adásokat, vetélkedőket, telefonos műsorokat. Van saját dramaturgiája, gyermek- és ifjúsági szerkesztősége, sportrovata sportriporterekkel. Van idegennyelvű hírszolgálata, amely esetleg külön szervezetként működik. Ilyen volt a Magyar Rádió az ötvenes években, amikor még saját népi zenekera és színtársulata is volt. És bizonyos mértékig ilyen ma is.

De elképzelhető egy olyan rádió is, amelynek kevés számú, de magasan kvalifikált állandó munkatársa van, viszont nagyon sok külsős dolgozik be a műsorok létrehozásába. Bizonyos mértékig így működött a Magyar Rádió a háború előtt. Ma ez tovább fokozható, mert külső cégektől komplett, adáskész műsorok rendelhetők, persze megkövetelve a Rádió által előírt minőségi paraméterek betartását. Napjaink egyik csodaszere a gazdaságtalan működés felszámolására az „outsourcing", az alaptevékenységhez nem szorosan kapcsolódó munkák „kiszervezése". A hazai vállalatoknál, intézményeknél erre bő lehetőség nyílt, mert a szocializmus erőltetett centralizációs gazdaságpolitikája egyszerűen rákényszeritette őket az önellátásra, az autarchiára. A kis vállalatok megszűntek, vagy szövetkezetekbe tömörülve kisebb munkákat nem vállaltak el, az import pedig bonyolult bürokratikus és pénzügyi akadályokba ütközött. A kiszervezés a Rádiónál részben már megtörtént, de még további lehetőségek vannak. Természetesen arra vigyázni kell, hogy ne minden kívülről kerüljön be a műsorba. Ahogy minden jobb étteremnek van saját konyhája, amelynek specialitásai vonzák a vendégeket, úgy a Rádiónak is kell néhány olyan szerkesztőség, műhely, amely az egyéni hangvételt biztosítja.

Lehet így is, lehet úgy is jó rádiót csinálni! De azt mindenképpen el kell dönteni, hogy milyen típusú rádiót akarunk, mert ettől függ, hogy milyen épületre van szükségünk. Az épületet illesszük a Rádióhoz, és ne a Rádiót egy épülethez.

A következő kérdés, amit vizsgálnunk kell, az, hogy van-e valamilyen alapvető, vagy speciális indok, érdek arra, hogy a Rádió székháza a jelenlegi helyén maradjon: A kategorikus válasz: nincs. Fel lehet hozni érvnek, hogy nagyon jó a tömegközlekedése, ez ellen szól viszont az, hogy nehézkes az autós megközelítése és a Pollák Mihály téren végre elkészülő mélygarázs ellenére nem megoldott a parkolás. Ez tehát nem perdöntő érv. Az egyetlen komoly ellenérv az lehet, hogy a jelenlegi Rádió székház megvan, létezik és működik. És ez nem kevés.

A most következő kérdés hasonló az előbbihez: van-e valamilyen alapvető, vagy speciális indok, arra, hogy a Rádió jelenlegi helyéről elköltözzék? A kategórikus válasz itt is: nincs. Felhozható érvként, hogy az épületállomány egy része elöregedett, nem igazán alkalmas jelenlegi feladatára, hogy az egyes épületek nem optimálisan kapcsolódnak egymáshoz stb. És ez mind igaz is. De egy ügyes építész, részleges bontások, szanálások, átépítések árán, ezen bajok nagy részének orvoslására a jelenlegi helyen is találna megoldást. Persze pénz is kell hozzá, de valószínűleg nem annyi, mint egy új székház megépítéséhez.

Persze, ha ehhez a kérdéshez hozzáfűzzük azt is, hogy vajon feltétlenül a Főváros egyik legértékesebb részén kell a Rádiónak majdnem egy teljes háztömböt elfoglalnia, akkor erre is egyértelmű nemmel válaszolhatunk.

Ez a terület, a három műemlék épület kivételével, akár szanálás útján, más célra jó áron értékesíthetővé válhat. Itt tehát bizonyos érdekek is abba az irányba hathatnak, hogy a Rádió elköltözzék. Azt természetesen alaposan meg kell vizsgálni, hogy a jelenlegi épületek és telkek értékesítéséből befolyó összeg fedezné-e egy új, korszerű székház építésének és műszaki berendezéseinek bekerülési költségét. Meg kell találni azt a pénzügyi konstrukciót is, amely az új székház költségeit megelőlegezi. Az ugyanis nyilvánvaló, hogy először meg kell építeni az új központot, s azután lehet leállítani a régit. Ez az átmeneti időszak valószínűleg nem lenne rövid, mert a technológiai szerelési munkák várhatóan több időt igényelnek, mint maga az építkezés.

A Rádió működése nincs egy meghatározott helyhez kötve. Természetesen nem telepíthető akárhová, vagy legalább is nem célszerű nagyon távoli, nehezen elérhető, vagy nagyon zsúfolt, zajos vagy szennyezett környékre vinni. Törekedni kell arra, hogy leendő helye ne legyen szorosan körülépítve, hogy legyen elegendő hely későbbi elképzelések megvalósítására. De jó szándékkal, gondos mérlegeléssel biztosan lehet Budapesten megfelelő helyet találni.

Ha minden szerencsésen alakul, akkor talán lehetséges, hogy a százéves születésnapjához közeledő Rádió végül mégis csak kap egy új székházat?

Irodalom

[1] A Magyar Rádió öt esztendeje 1925-1930.
A Rádióélet kiadása, 1930.
[2] A tízéves Magyar Rádió 1925-1935.
Reprint kiadás, Ajtósi Dürer Kiadó, 1995.
[3] Rádióhallgatók Lexikona.
Vajda-Wichmann kiadása, Budapest, 1944.
[4] A Magyar Rádió és Televízió kézikönyve.
MR és MTV kiadása, 1958.
[5] Lévai-Szabó:
Rádió-Televízió Anno. RTV Minerva Kiadó, 1985.
[6] 70 éves a Magyar Rádió 1925-1995.
Magyar Rádió kiadása, 1995.
[7] Heckenast-Horváth:
A stúdiók világa. Ajtósi Dürer Kiadó, 1995.

DEX

Dramatizált elektronikus könyvszerkesztő és hangoskönyv-konvertáló program látássérültek számára

NÉMETH GÉZA

BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszék

K+F projektek

A súlyosan látássérült, vak vagy gyengénlátó emberek a hétköznapi életben a legtöbb szempontból komoly hátrányban vannak látó embertársaikkal szemben, olvasni is csak speciális segédeszközök segítségével tudnak. Ilyen segédeszköz lehet a számítógép, az olvasótévé, illetve egy másfajta megoldást jelentenek a felolvasott hangoskönyvek, azonban a szakszerű felolvasás és a stúdiómunka is rendkívül idő- és pénzigényes, ezért az így elérhető művek száma erősen korlátozott.

A számítógépes felolvasás a modern beszédszintézis-szoftverek segítségével kényelmesen megoldható. Ráadásul nagyon sok könyv elérhető elektronikus formában is legálisan – gondoljunk csak a Magyar Elektronikus Könyvtár választékára –, ezek mobil használhatósága azonban máig megoldatlan volt. A megoldás a számítógépes felolvasás rögzítése mp3 formátumban, amely kényelmesen meghallgatható az elterjedt lejátszók segítségével. A T-Online támogatásával az „Informatika a látássérültekért" Alapítvány által, a BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszékkel együttműködve kifejlesztett szoftver célja a számítógépen egy ilyen megoldás megvalósítása, azaz szöveges, HTML, Rich Text formátumú vagy TXT szövegfájlból mp3 formátumú hangfájl létrehozása.

A Windows XP operációs rendszer alá készült alkalmazás felhasználói felülete optimálisan együttműködik a látássérült felhasználók által használt képernyőolvasó és képernyőnagyító programokkal és tartalmazza a BME TMIT Profivox fantázianevű szövegfelolvasó rendszerének külön erre a célra kifejlesztett verzióját.

A program nem csupán az automatikus konverziót támogatja, hanem a hangzást befolyásoló szerkesztési lehetőségeket is nyújt, így megválasztható és menet közben is módosítható a beszélő hangkaraktere, valamint a dokumentum bármely pontján módosítható a beszéd sebessége, hangereje és hangmagassága és sok más tulajdonsága is. A beszédparaméterek széleskörű állíthatóságának köszönhetően párbeszédes, illetve dramatizált hangfelvételek is előállíthatóak. Az Előnézet funkció segítségével az éppen szerkesztett szöveg kijelölt része hallgatható meg úgy, hogy a felolvasás figyelembe veszi a felolvasott szövegre vonatkozó dramatizáló utasításokat is. A kijelölt szöveg ugyanúgy lesz felolvasva, ahogy az a konverzió után mp3-ban hangzik majd, ami jól használható a dramatizáló utasítások kipróbálásához.

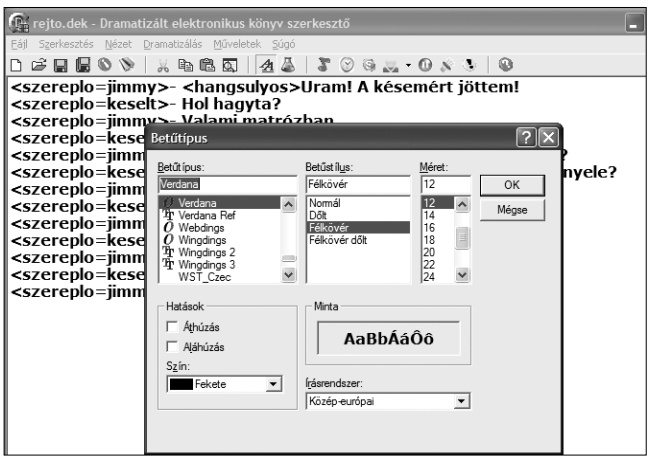
A megfelelő menüpontokon keresztül kezdeményezhető a szerkesztőmezőben található szöveg konverziója mp3 formátumba. Az mp3 fájl a Profivox beszédszintetizátor hangján felolvasva tartalmazza majd a szerkesztett szöveget, amelyet az *ábrán* látható dramatizálási lehetőségek segítségével lehet irányítani. Beállíthatóak az mp3 fájlokban tárolható címkék (ID-tagek), azaz a mű címét, szerzőjét stb. megadó szöveges információk is.

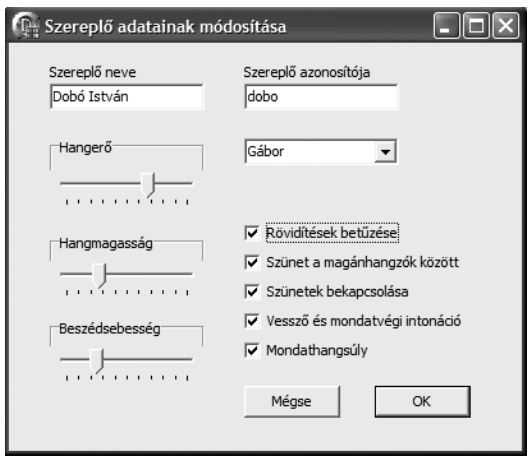
A fájlokat adott időegységenként darabolni lehet. A szoftver segítségével nem csak egy mp3 fájl készíthető, amelynek mérete egy hosszabb szöveg (pl. nagyregény) esetén túl nagy lehet, hanem több, kisebb darabból is állhat. A darabolás a felolvasási idő alapján, a felhasználó által megadott időegységenként történik.

A szoftvert kizárólag látássérült felhasználók használhatják. A program működéséhez telepített JAWS for Windows képernyőolvasó vagy MAGic képernyőnagyító program szükséges (bármelyik szoftver demo-verziója is elegendő a program működésének ideje alatt).

A program letöltési címe:

http://www.infoalap.net/dex_setup.exe





Az IST-Phoenix projekt

JENEY GÁBOR

BME Híradástechnikai Tanszék

K+F projektek

Az IST-Phoenix projekt az Európai Bizottság (European Commision, EC) által meghirdetett 6. keretprogram (6th Framework Programme, FP6) információs társadalom technológiái (Information Society Technologies, IST) területén egy irányított kutatási projekt (Specific Targeted REsearch Project, STREP), mely három éves időtartamú; 2004. január 1-én indult és 2006. december 31-én ért véget. Teljes költségvetése több, mint 5,5 millió euró, amelyből az Európai Bizottság hozzájárulása 3,3 millió euró volt. A projekt időtartama alatt a partnerek összesen 527 emberhónapnyi munkát végeztek.

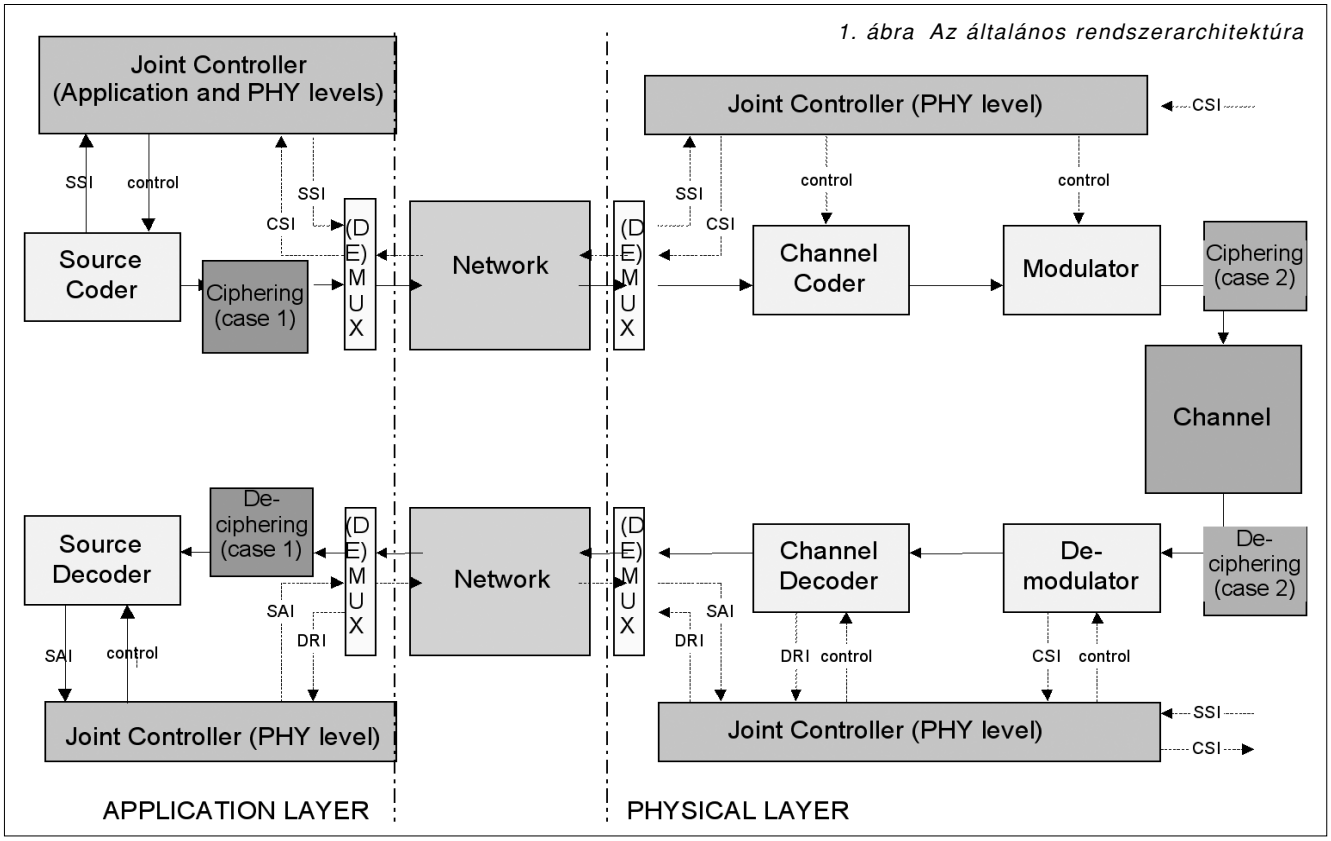
A projekt konzorciuma nyolc partnerből állt, amelyek a következők voltak: THALES Communications – Párizs, aki egyúttal a konzorcium vezetője (koordinátora) is volt, SIEMENS – München, VTT kutatóintézet – Oulu, Finnország, WIND távközlési szolgáltató – Róma, CEFRIEL kutatóintézet – Milánó, Southamptoni Egyetem – Anglia, CNIT kutatóközpont – Bologna és Magyarországról a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.

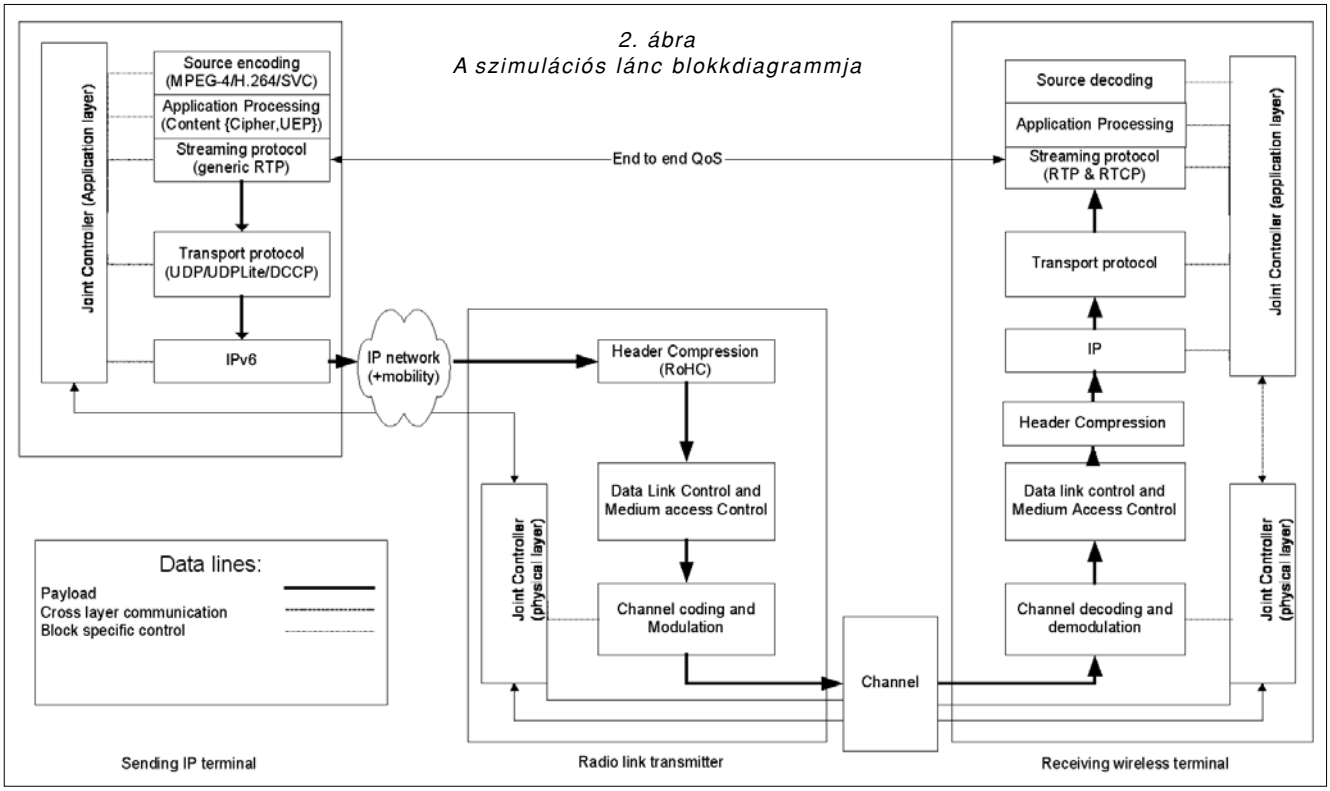
A kommunikációs rendszerek bonyolultak és összetettek. Megértésükhöz az egyes funkciókat külön-külön érdemes tárgyalnunk. Egy modellezési lehetőség az ISO/OSI 7 rétegű modellje. A hagyományos ISO/OSI 7 rétegű modellszemléletben minden rétegnek saját, diszjunkt feladata van. Napjaink kommunikációs rendszerei is az ISO/OSI modellt követik. A projekt célja az volt, hogy túllépje a 7-rétegű modell szabta kereteket, megvizsgálva, hogyan lehetséges a rétegek közötti határokat elhalványítani, a rétegeket összemosni. Egy olyan rendszerarchitektúrát hoztunk létre, amelyben a rétegek beszélgetni tudnak egymással, ezáltal hatékonyabban tudnak működni. A multimédia alkalmazásokra hegyeztük ki vizsgálatainkat, az elnevezés is ezt tükrözi: együttesen optimalizált multimédia átvitel IP-alapú vezetéknélküli hálózatokon (Jointly optimising multimedia transmissions in IP based wireless networks).

Hogy miért lehet hasznos a rétegek közötti „beszélgetés”? Íme két példa, amely jól mutatja, hogy a forrás-(de)kódolók (alkalmazási réteg) és a csatorna(de)kódolók (fizikai réteg) hatékonyan összedolgozhatnak:

– Az adóoldal forráskódolójának fontos információit – például mozgókép esetén az I kereteket – erősen (nagy redundancia alkalmazásával) védheti a csatornakódoló, a kevésbé fontosakat pedig gyengébben. (A leírt alapelv egy korai példája a GSM rend-

1. ábra Az általános rendszerarchitektúra





2. ábra
A szimulációs lánc blokkdiagrammja

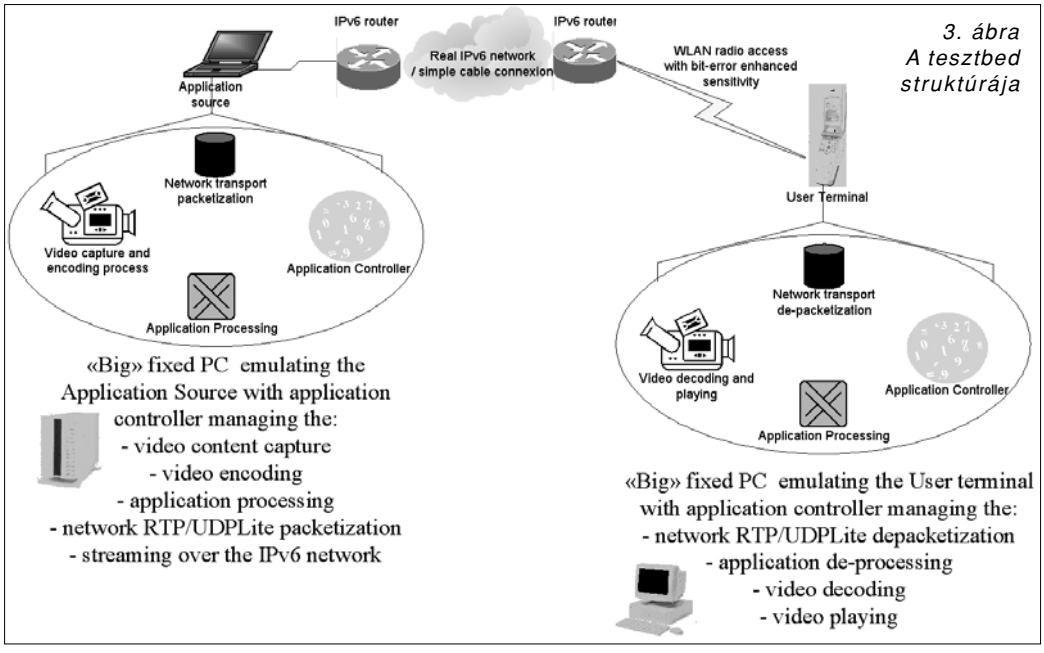
szerekben már működött. Igaz, ez kisebb rugalmasságot engedett meg, ám jobb minőségű hangátvitelt biztosított.)

– Gyenge rádiós csatorna esetén a csatornadekódoló értesítheti az adó forráskódolóját, hogy alacsonyabb minőségre (bitsebességre) kapcsoljon.

A BME feladata a projektben többek között az volt, hogy megvizsgálja a harmadik generációs UMTS mobil rendszerekben az alapelv alkalmazhatóságát, illetve a többesküldés (multicasting) hatását. Rengeteg apró, ám fontos komponens elkészítését is a BME vállalta magára. A projekt motorját jelentő csomagkezelő könyvtár, az IP mobilitást modellező blokk a végső demóban a WLAN eszköz átprogramozása is a BME munkája volt. Az UMTS szimulátor teljes egészében Budapesten készült. Összességében elmondható (és a projektpartnerek visszacsatolása alapján bizton állítható), hogy a BME megállta a helyét a nemzetközi porondon.

A projekt eredményeképpen kapott újfajta rendszermodell életképességét szimulációval és (a rendelkezésre álló játéktér szűkösségével dacolva) egy élő demóban is (tesztbeden) megmutattuk. A rétegek közötti kommunikáció ugyan plusz információ átvitelét követeli meg és ezáltal nagyobb sávszélességre van szükség a rádiós csatornán, de ezt bőven kompenzálja az a nyereség, ami a rétegek közötti kapcsolat miatt a hatékonyabb és gazdaságosabb adatátvitelben nyilvánul meg.

Elméletünket a szimulációban és a tesztbedben is mozgóképekkel támasztottuk alá, amelyeken a szubjektív megfigyelő is azonnal látja a különbséget. A kapott eredmények alapján az ipari partnerek jelezték, hogy kereskedelmi termékeikben is hasznosítani kívánják a projekt ötleteit.



3. ábra
A tesztbed struktúrája

A Magyar Referencia Beszédadatbázis
és alkalmazása orvosi diktálórendszerek kifejlesztéséhez

VICSI KLÁRA

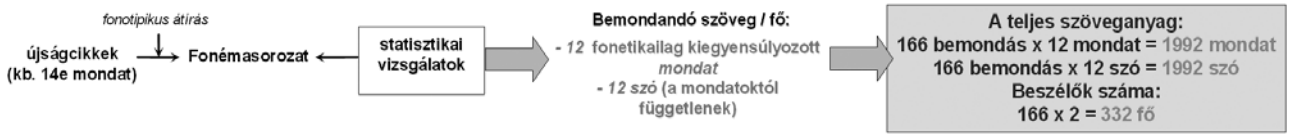
BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszék

K+F projektek

Az alábbiakban röviden ismertetésre kerülő projektet az IKTA támogatta (IKTA-00056/2003), a konzorcium tagjai a BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszék Beszédakusztikai Kutatólaboratóriuma és az MTA-SZTE Mesterséges Intelligencia Tanszéki Kutatócsoportja voltak. A projekt célkitűzése egy általános magyar nyelvű folyamatos beszédfelismerési technológia kidolgozása volt, valamint egy ahhoz tartozó nyelvi modell elkészítése, amelynek segítségével a rendszer alkalmas orvosi leletek diktálásakor a lelet automatikus lejegyzésére. Az elért eredményeket az alábbi két boxban mutatjuk be.

A Magyar Referencia Beszédadatbázis

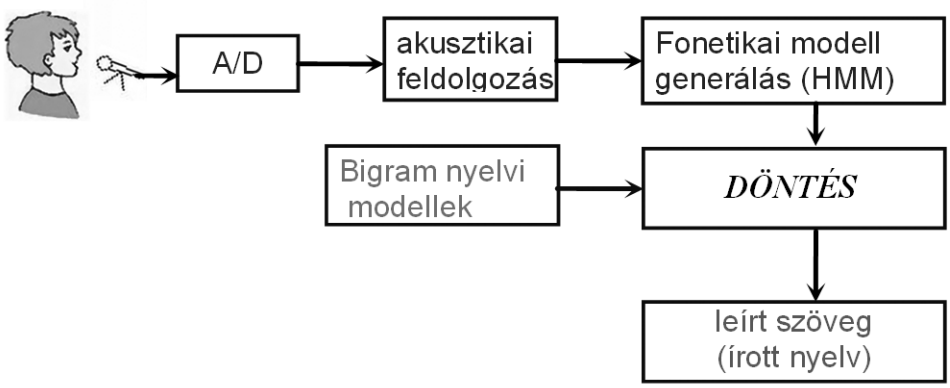
Az adatbázis szöveganyagának megtervezése:



Endoszkópos, pajzsmirigy-scintigráfiás, hasi ultrahang leletek diktálása

Kifejlesztésre került egy Windows XP alatt működő beszédfelismerő fejlesztői környezet, amely alkalmas különböző *középszótáras 1000-10000 szavas* szövegek betanítására és felismerésére.

A felismerő a statisztikai alapon működő HMM akusztikai fonémamodellekkel, valamint a statisztikai alapú bigram nyelvi modellel működik, nemlineáris simítást használva. Az *akusztikai* modelleket az MRBA beszédadatbázissal tanítottuk.



A *nyelvi betanításhoz* a budapesti SOTE II. sz. Belgyógyászati Klinikájától és a Szegedi Orvostudományi Egyetemről gyűjtött korábbi leletanyag korpuszt használtuk. Ezen szövegkorpusz alapján elkészítettük el a *teljes szóalakszótárat*, amely 14331 szót tartalmaz, a kiejtési szótárat és ezek téma szerint osztott kisebb szótárait, valamint a korpusz alapján *morfémaszótárat* is készítettünk, amelynek nagysága 6824 morfémaelem.

A felismerő optimális működését az akusztikai és nyelvi modellek változtatásával állítottuk be. Lényegében a nyelvi modellhez bi-gram modelleket használtunk, de az egyik megoldásban a hagyományos szóalakok az alkotó elemek, a másik megoldásban viszont a morfémák.

Transport control and controlled transport in NGN

Keywords: NGN transport, transport control, NASS, RACS, policy control, access control, QoS control

The fully developed IMS based NGN can deliver broadband multimedia services with provider guarantees over multiple types of access networks. The NGN will provide a large variety of services in an arbitrary combination demanding dynamic control of the transmission parameters in the access. To reach these objectives, the NGN needs to develop efficient transport control and controlled transport networks. This paper gives an overview of the NGN transport control and presents some principles of implementation based on new standards.

ENUM in the everyday practice: dream or opportunity?

Keywords: Next Generation Network, Internet, telecommunication, ENUM

The focus of this article is the Electronic NUmber Mapping (ENUM) technology. The introduction shows the role of ENUM at an overview level. In the middle part an ENUM measuring method is introduced, and several determining parameters were identified and show how these influence the performance of ENUM. The closing part shows overall ENUM and DNS performance parameters, apart from the DNS server raw performance. Finally, as a sanity check the Hungarian voice communication profile is compared with the measured ENUM performance.

Scalability analysis of Massively Multiplayer On-line Role Playing Games

Keywords: gaming traffic, MMORPG, scaling analysis, traffic modelling

In this paper a comprehensive scaling analysis of the traffic of the four most popular Massively Multiplayer On-line Role Playing Games (MMORPG) is presented. The examined games are World of Warcraft, Guild Wars, Eve Online and Star Wars Galaxies. Both server and client generated traffic are analyzed in details. Our study reveals the basic statistical properties of the investigated games focusing on the correlation and scaling behavior. Although the examined games are all from the same genre and such basic statistics such as the mean packet rate, variation of the packet rate, skewness of the packet rate distributions fall into the same magnitude, the games exhibit diverse traffic characteristics. We have found that in spite of the fact that some similarities can be found among the scaling characteristics of these games they show versatile scaling properties and the games can not be treated with one common model.

Case study: automated security testing on the Trusted Computing Platform

Keywords: OpenTC, Trusted Computing, Flinder, automated security testing

This article is a case study summarizing the experiences gained during the execution of automated security testing with the Flinder framework within the EU FP6 OpenTC project. The size of the task can well be demonstrated by the following figures: more than 130 thousand tests have been carried out on the 250-thousand-line TSS implementation needing more than two weeks continuous operation on four machines revealing several security-relevant programming bugs and even some remotely exploitable vulnerabilities.

A wavelet fractal analysis with B-splines

Keywords: compound semiconductors, thin metallic layers fractal dimension, wavelet analysis

Thermal treatment of metallized compound semiconductors can generate Ohmic contacts. During the heat treatment morphology changes occur on the surface, some elements of the metallic layer diffuse into the semiconductor phase or evaporate. These processes result in fractal-like patterns which are studied using the toolbox of wavelet analysis. A special transform of the wavelet framework used as generalized box-counting keeps the self-similarity of the pattern, thus it can be used for analyzing the geometry and the fractal properties. Scanning electron microscopy pictures of the samples are studied using the above mentioned method. The properties and the fractal dimension of the scans give information about the chemical processes took place during the thermal treatment and which have influence on the quality of the Ohmic contacts.

Microwave E-field probes

Keywords: E-field probe, high-frequency fields, resistive waveguide, probe calibration

A new type of microwave E-field probes has been developed. The probe influences the distribution of the high-frequency field in the slightest degree. The testing and the calibration of the probe are also accomplished. The main applications are the measurement of the exposition from mobile phones and the control of EMC tests performed in small boxes.

Summaries • of the papers published in this issue