

Amit egy egyetem látni és láttatni képes az IPv6-ból: gyakorlati tapasztalatok az IPv6 kutatási és oktatási területén

JENEY GÁBOR

BME Híradástechnikai Tanszék és BME Mobil Innovációs Központ
jeneyg@hit.bme.hu

Kulcsszavak: Internet Protokoll, IPv4, IPv6, UMTS/HSPA, ANEMONE-projekt

Az IPv6 az Internet Protokoll új verziója, amely hamarosan megjelenik az informatikai szolgáltatók és vállalkozások termékeiben, eszközeiben, szoftvereiben és hálózataiban. A cikk össze kívánja foglalni, hogy milyen hatások és kényszerek között jelenik majd meg az Internet új protokollja. Az IPv6-tal kapcsolatos hiedelmek és misztériumok és azok magyarázata szintén részei a cikknek. Rövid áttekintést ad a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Villamosmérnöki és Informatikai Karának IPv6 oktatásáról, illetve a BME Mobil Innovációs Központjának (BME-MIK) közelmúltbeli IPv6-hoz kapcsolódó projektjeiről. Külön hangsúlyt kap a BME-MIK laborban található, natív IPv6-képes UMTS/HSPA hálózat, amely a világviszonylatban is ritkaság.

1. Bevezető

Egy egyetem mindig fontos terjesztője az új ismereteknek és kiemelten fontos szerepet kap, ha egy olyan új technológiáról van szó, amelynek szerepe az elkövetkezendő évtizedekben meghatározó lesz. Az IPv6 bevezetése már a küszöbön áll, ezért egyértelműen ebbe a kategóriába sorolható. Az IPv6 esetében különösen fontos, hogy az egyetem már most megfelelő felkészültséggel és tudással felvértezett hallgatókat bocsásson ki a kapuján. Ez a cikk azért született, hogy bemutassa az IPv6 protokoll és bevezetésének általános helyzetét, szót ejtsen néhány, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen (BME) alkalmazott elméleti és gyakorlati oktatásról, illetve említést tegyen arról, hogy a BME néhány kutatási projektjében milyen szerep jut az IPv6-nak.

Az írás szerkezetét tekintve először az IPv6-ról ejtünk szót általánosságban, majd megfigyeljük, hogy vajon mi motiválta a megjelenését. Cikkünk első fele inkább „filozófiai” jellegű; olyan aspektusokból próbálja megvilágítani az IPv6 világát, amelyekből az olvasó ritkábban kaphat képet. Ezt követően a BME-n jelenlévő IPv6-oktatás és -kutatás világát tárjuk fel, külön hangsúlyt fektetve az európai projektekre, amelyek Magyarország versenyképességét is alapvetően befolyásolják. Talán sok olvasó hiányolni fogja a technikai részleteket, ám ez szándékosan hiányzik: ezúttal sokkal inkább egy olvasmányos írás közzlése volt a cél.

2. Az IPv6-ról általában

Az IP (Internet Protokoll) homokóra-effektusa jól ismert jelenség korunk számítástechnikájában: bár több hozzáférési hálózati technika is rendelkezésre áll (ami a homokóra aljának szélességére utal) és többfajta transzportprotokoll és alkalmazás is használatos (ami a homokóra tetejét szélesíti), a közös nyelv mindenütt az IP

(a homokóra szűkös közepe). IP-alapon szinte minden állomás tetszőleges más állomással szót tud érteni, függetlenül az aktuálisan használt hozzáférési hálózattól és az alkalmazásoktól. Jól mutatja az IP hegemoniáját, hogy az újgenerációs mobil hálózatok is IP-alapú gerinc- és hozzáférési hálózatot definiálnak transzportcélokra. Az IP tehát – tetszik, nem tetszik – kulcsprotokoll napjaink hálózatában, ezért mindenkinek (azon szakembereknek is, akik eddig vonakodtak tanulmányozni a hálózati réteg protokolljait) ismernie érdemes.

Az IP-nek jelenleg a 4-es verzióját használjuk (amit IPv4-ként írunk röviden), amelyet az 1981-ben megjelentetett RFC 791 definiál [1]. A 4-es verzió (ahogyan a szám is mutatja) nem az első volt a sorban; nem említve a korábbiakat, az IPv3 például 1978-ból való. Mivel az Internet elterjedésekor a 4-es verzió már elérhető volt, ez terjedt el vált általánosan használatossá.

Az IP verzió mezőjében az ötös szám egy streaming protokollra utal (ST2, RFC 1819) [2], amely már 1979 óta létezik (tehát az RFC korábbi, mint az IPv4-es RFC), ezért egy kicsit zavaró és félreértésre adhat okot említése. A 4-es verziót valójában a 6-os verzió követi (IPv6), amit szintén az IETF szabványosított. 1998 decemberében jelent meg az IPv6 alapjait leíró RFC 2460-as szabvány [3], amely a protokoll alapjait definiálja. Mivel az IPv6 funkcionalitásában jóval gazdagabb, mint elődje, számos RFC-t említhetnénk még, de nem tesszük, mivel olvasmányos cikkekre kaptunk felkérést és nem egy lexikon írására. Hasonlóképpen a technikai részleteket és újdonságokat csak később és kis hangsúllyal elemezzük, helyette a filozofikusabb leírásra törekszünk.

2.1. Gyakori félreértések az IPv6-tal kapcsolatban

Az IPv6-tal kapcsolatban számos félreértéssel találkozhatunk akár szakmai körökben is. Mielőtt részleteznénk ezeket, le kell szögeznünk, hogy az IPv6 nem a sáttán protokollja, nem az ördögtől való (helyette javasoljuk tanulmányozni az RFC 3514-et, ami az IPv4-es cso-

magban a „sátán bitjét” azonosítja [4]). Bár a verzióváltás kétségtelenül változásokat jelent, egy IPv4 ismeretekkel felvértezett szakember könnyen elsajátíthatja az IPv6-ot is. Az IPv6 ugyanazokkal a fundamentumokkal rendelkezik, ugyanazt az architektúrát követi és alapvetően azonos gondolkodásmóddal felépített protokoll, mint az IPv4 volt.

Az IP megértése nem nehéz. Működését az egyetemi órákon a postaszolgálathoz szoktuk hasonlítani, mivel a postai küldemények (csomagok) és az IP-csomagok hasonló módon jutnak a világ egyik pontjáról a másikra. A postaszolgáltatónak alapvető feladata a postai küldemények és csomagok célba juttatása. Az Internet Protokollnak hasonlóképp az IP-csomagok célba juttatásáról kell gondoskodnia. A postai küldemény esetében a menet közben érintett küldeményfeldolgozó központok (postahivatalok) hasonló feladatot végeznek, mint az IP-világ útvonalválasztói (routerei) az IP-csomagokkal. Az IPv4 és IPv6 címzési rendszerére jellemző hálózati cím + gépcím felbontás a postai küldemények irányítószám (vagy helységnevé) + utcaházzszám struktúrában is jól azonosítható. A postahivatalok először az irányítószámot olvassák, az alapján továbbítják a csomagokat a megfelelő irányba. Csak akkor foglalkoznak az utca+házzszám információval, ha saját irányítószámukat látják a címeztnél. Az IP-routerek is hasonlóképpen járnak el.

Sok helyütt hívják fel a figyelmet kutatók, fejlesztőmérnökök, hogy az IP-vel kapcsolatos hibák és sebezhetőségek csak a protokoll újragondolásával javíthatóak ki kielégítően. Ezért a távoli jövő Internet Protokollja talán már nem a postai csomagszállításhoz hasonlítható majd, ám az IPv6 egyelőre ugyanezt a koncepciót követi.

Az IPv6-ról sokan hiszik, hogy még egyáltalán nem terjedt el, pedig a szemfüles megfigyelő pont az ellenkezőjét tapasztalhatja. Az Európai Bizottság 2008. május 27-én jelentetett meg egy akciótervet [5], amelyben hároméves távlatban sorolta fel a tennivalókat. Ennek egyik pontja szerint a három év leteltével (azaz 2011 májusára) az IPv6 a felhasználók minimum 25%-a számára elérhető kell, hogy legyen. Másrészről az IPv6-ot 2010-ig minden internetszolgáltatónak be kell vezetnie. Ez pedig csak néhány hónap távolságnyra van. Ha valódi működő IPv6-hálózatot akarna valaki látni, akkor Európában számos példát talál. Több éve üzemel már a kutatói, pán-európai IPv6-gerinchálózat, a GEANT, amely Európa országait kapcsolja össze az új protokollal. Európában több szolgáltató is kínál IPv6-képes kapcsolatot felhasználói részére. A vezetékes szektorban Magyarországon elsőként 2009 májusában az Externet vezette be az IPv6 elérhetőségét minden ADSL-előfizetője számára [6], de a Magyar Telekom is rövidesen követi majd [7].

A vezetékes nélküli hálózati szegmensben egy kicsit komplikáltabb az IPv6 elérhetőségének biztosítása, Európában elsőként az SFR (a legnagyobb franciaországi mobil szolgáltató, a Vodafone-csoport tagja) vezette be mobil hálózatában az IPv6-támogatást, párhuzamosan a mi kutatólaborunkkal, a Mobil Innovációs Központtal (BME-MIK). De erről még később bővebben is szót ejtünk.

Sokan félnek attól, hogy az új verzió a régi verziót leváltja. Ez nem igaz. Az IPv6 nem kompatibilis az IPv4-gyel, azért egy újonnan installált IPv6-os eszköz közvetlenül nem tud kommunikálni egy IPv4-es eszközzel. Ebből fakadóan teljesen nem válthatja fel az új protokoll a régit, a kettőnek egy ideig (amit nagyon hosszú, több tíz évnél távolra becsülnek) még együtt kell élniük. Ezért az IPv4-es szakembereknek sem kell útilaput kötni a talpukra, ehelyett sokkal inkább arra lesz szükség, hogy az IPv4-et üzemeltető csapat mellett egy IPv6-os gárda is megjelenjen, illetve az IPv6-képes eszközök az IPv4-et is támogassák (amit dual stacknek nevezünk).

A hálózatokat üzemeltető szakemberek többsége tisztában van vele, hogy a felhasználók részéről soha nem jelentkezik az igény majd az IPv6-ra (vagy legalábbis nagyon kevesen fognak ilyen igénnyel előállni). Az IPv6 nem keresleti oldalról motivált fejlesztés. Integráns módon tartalmaz ugyan néhány szolgáltatást (pl. IPsec, IP-mobilitás támogatása), ám ezek az IPv4 kiegészítéseként jelenleg is rendelkezésre állnak. Jelenlegi ismereteink alapján kijelenthetjük, hogy az IPv6 a felhasználóknak nem hoz semmi újat, és fordítva is; amennyiben IPv6-képessé tesznek egy felhasználói hozzáférést és a felhasználó azt valóban IPv6-on használja, semmilyen különbséget nem fog tapasztalni. Az IPv6 nem jobb, nem gyorsabb és nem szebb, mint elődje.

2.2. Néhány IPv6-specifikum – technikai információk

Hogy ne csak irodalmi szinten beszéljünk az IPv6-ról, néhány IPv6-specialitást gyűjtöttünk össze ebben a szakaszban. Az unalomig ismételt 128 bit hosszú címek – szemben az IPv4 32 bit hosszú címeivel – egyenletesen szétszórva a Föld felszínén minden mikrométerszer mikrométernyi négyzetben több címet tesznek elérhetővé, mint amennyi az IPv4-ben összesen volt az egész világ számára. Érezhetően egy ekkora címtér sose fog ki, így címtér-problémákra az elkövetkezendő száz évben biztosan nem számíthatunk, még akkor sem, ha más planétákat is meghódítanánk...

Az IPv6-ban három címzési módot különböztetünk meg. Ezek közül az unicast és a multicast már az IPv4-ben is létezett: előbbi egyetlen állomás címzésére szolgál, utóbbi állomások egy halmazát címezi, amelyek földrajzilag akár eltérő helyeken is tartózkodhatnak. Egy TV-műsort, vagy rádióadást tipikusan multicast címre szokás küldeni, a többszörös unicast címzés helyett, ami nagy hálózati erőforrás pazarlással járna. Az IPv6-ban azonban megjelenik egy harmadik címzési módszer is, amit anycastnek neveztek el.

Az anycast címzésnek a lényege az, hogy állomások halmazából bárki lehet az (de csak egyetlen, tipikusan a legközelebbi állomás), amely megkapja az üzenetet. Gyakorlati jelentősége az, hogy bizonyos szolgáltatásokat (pl. DNS) így egyetlen címmel is címezni tudunk, ezáltal a szolgáltatások bárhol is azonos címen érhetőek el. Anycasting az IPv4-ben nem volt, és még IPv6-ban is várnunk kell egy pár évet elterjedésére, mivel jelenleg különböző technikai problémák megoldásán törik a fejüket a szakemberek.

Az IPv4 konfigurációja a DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol – Dinamikus Állomás Konfiguráló Protokoll) előtti időkben sok kínt és fáradságot jelentett a hálózatra csatlakozók számára. A DHCP megjelenésével azonban ez megszűnt. Az IPv6 szintén konfigurálni tudja magát DHCP-vel, ám itt egy további lehetőség is megjelent: az állapotmentes önkonfiguráció (stateless autoconfiguration). Az állapotmentes önkonfigurációval a hálózat állomásai önállóan be tudják állítani IPv6-címüket, anélkül, hogy erre a hálózaton egy dedikált szerver segítségét kellene igénybe venniük. Másképp megfogalmazva azokon a hálózatokon, ahol nincs DHCP-szerver telepítve, az állomások képesek magukat beállítani és használni a hálózati szolgáltatásokat. Ez egy hatalmas előrelépés az IPv4-hez képest.

Az IPv6 egy másik újdonsága, hogy nincs tördelés a hálózatban. De mi is az a „tördelés”? A legnagyobb terhelésű IPv4-es routerek a különböző MTU-val (Maximum Transfer Unit – Maximális Adatátviteli Egység) rendelkező linkek között helyezkednek el. A nagyobb MTU-s hálózatból érkező csomagokat ugyanis a kisebb MTU-jú hálózat számára szállíthatóvá kell tenniük, így tördelést (az eredeti csomag kisebb egységekre bontását) kell végezniük. Az IPv6-ban egyszerűen eltörölték ezt a funkcionalitást. Ha a csomag egy olyan linkre ér, ahova nem férne be, a router egyszerűen eldobja, továbbá egy megfelelő üzenettel tájékoztatja a küldőt arról, hogy kisebb csomagokkal próbálkozzon. Bár felhasználói szemmel nézve e változás visszalépésnek tűnhet, hálózat-üzemeltetői szempontból egy régóta létező probléma (ti. hogy mekkora számítási kapacitású routert kell telepíteni a kritikus pontokra) oldódott meg egy csapásra.

Az IPv6-ban minden olyan megoldás beépített, amit az IPv4-hez csak utólag tudtak hozzáfűlni. Például a multicast-csoportok menedzsmentjét szolgáló IGMP (Internet Group Message Protocol – Internet Csoport Üzenet Protokoll) be van építve az ICMPv6-ba (Internet Control Message Protocol – Internet Vezérlő Üzenet Protokoll), hasonlóképpen, mint az ARP (Address Resolution Protocol – Címfeloldó Protokoll), amely az IPv4-es hálózatokban a busztopológiájú linken (helyben) történő felderíthetőséget és címezhetőséget segítette. A biztonságos kommunikációra kitalált IPsec és a felhasználói mobilitást támogató protokollok szintén integrálva vannak az IPv6-ban.

3. Mi volt előbb: a tyúk vagy a tojás?

Az IPv6 bevezetését kezdetben erős ellenállás gátolta. A felhasználók nem igényelték a bevezetését, mert nem volt egyetlen olyan alkalmazás (úgynevezett killer application) sem, amely indukálta volna az IPv6 iránti igényt. Csak a megszállott, vagy szakmai érdeklődő felhasználók jelentkeztek igénnyel, ám ezek száma elhanyagolható volt a teljes felhasználói populációhoz képest. A másik oldalról az eszköz- és szoftvergyártóknak nem volt érdekük az IPv6-képes készülékek/programok fejlesztése, hiszen nem volt érzékelhető igény a piacon

és a fejlesztés nagy anyagi áldozattal járt volna. Az internetszolgáltatók pedig – két tűz, vagy inkább két „jég” között – sem kereslettel, sem kínálatl nem álltak elő.

Minden gazdasági értelemben sikeres termék feltétele a kereslet és a kínálat egyidejű megléte: ahol a kereslet és a kínálat összehalmozik, az a kapcsolódó termék piaca. Egy titánalkatrészekből készült autó több százmillió forintért aligha lehetne sikeres, mivel ilyen drágán nem lenne rá kereslet. És fordítva: mindenki szívesen venne olyan autót, ami csak egy litert fogyaszt száz kilométerenként, ám ilyen autó nincs a piacon (nincs kínálat, de lenne kereslet). Ha a két (kereslet és kínálat) tényező egyike megvan, akkor a piac kialakulhat úgy, hogy a kereslet igazodik a kínálatához, vagy a kínálat igazodik a kereslethez. Könnyű kiegészíteni a fenti példát, hogy alátámasszuk ezen érvelésünket. Így kezdetben egyetlen tényező is elegendő lehet egy sikeres piac kialakulásához.

Az IPv6 bevezetésénél viszont egy érdekes helyzet állt elő: sem kereslet, sem kínálat nem jelentkezett a piacon, ahogy korábbi érvelésünkben jeleztük. Mégis megjelentek az IPv6-képes termékek, szoftverek, szolgáltatások – nem tudni miért. Amikor már volt kínálat, akkor már megjelenhetett a kereslet és fordítva: az IPv6 ma már sikeres piacot tudhat magáénak. Bár a szemünk előtt játszódott le a folyamat, nem tudjuk, hogy a kereslet, vagy a kínálat jelent-e meg először: ha jobban figyeltünk volna, akkor talán a tyúk, vagy a tojás problémáját is meg tudnánk válaszolni...

Ma már szinte minden eszköz- és szoftvergyártó támogatja az IPv6-ot, az egyetlen piaci szegmens, ahol érezhetően alacsonyabb a támogatottság az ADSL-routerek piaca. Ez azért furcsa, mert a legtöbb ADSL-routerben nyílt forráskódú operációs rendszerek (pl. Linux, *BSD) és szoftverkomponensek vannak, amelyekben már hosszú évek óta rendelkezésre áll az IPv6-támogatás. Az IPv6 az internetszolgáltatóknál is megjelenőben van (lásd Externet, SFR stb.), bár kétségtelen, hogy a felhasználók továbbra sem igénylik a megjelenését.

3.1. IPv4 → IPv6 átmenet

Ahogy az korábban jeleztük, az IPv4-ről az IPv6-ra való átmenet egy hosszú folyamat, amelyben hosszú ideig együtt fog élni egymás mellett az IPv4-es és az IPv6-os világ. Az átmenetre többfajta forgatókönyv képzelhető el, amelyek taglalása e cikknek nem témája. Egy azonban biztos: a legtöbb helyen dual-stack módon terjed majd el az IPv6, azaz a legtöbb IPv6-képes termék, szoftver, berendezés egyszerre tartalmaz majd IPv4- és IPv6-os protokoll-stack-et. Az IPv4 pedig nem szűnik meg, hanem együtt él majd az új hálózati protokollal. Egyes szakmabeliek szerint legalább 20 évig megmarad az IPv4 is az IPv6 mellett és leginkább azért tűnik majd el, mert nem lesz olyan termék, szoftver, berendezés, vagy szolgáltatás, amihez szükséges lenne. Emelkezünk vissza az IPX protokoll fénykorára: 12-15 évvel ezelőtt a leggyakrabban használt hálózati protokoll volt, ma pedig már alig találkozhatunk vele. Az IPX példája alapján megfelelőnek tűnhet a 20 éves becslés.

Bár technikailag megoldható, hogy csak IPv6-os interfésszel rendelkező alkalmazások, vagy berendezések teremtsenek kapcsolatot az IPv4-es világgal, mégis véleményünk szerint kevés hálózat lesz kizárólag IPv6-alapú. Inkább kísérleti célhálózatokban, vagy olyan hálózatokban fordulhat ez elő, ahol nem szükséges a felhasználói igények maradéktalan kielégítése.

3.2. IPv6: amit a felhasználók nem vesznek majd észre

Ha valaki meginterjúvolna egy Externet-felhasználót, hogy milyen változást okozott az életében az IPv6-támogatás megjelenése az Externet hálózatában, valószínűleg egy vállrándítás lenne a válasz. Nem is csoda, hiszen az IPv6 bevezetése után nem érzékelhető igazán semmiféle különbség. Ez egyaránt jó és rossz. Jó, mivel a konzervatív felhasználóknak nem kell elszenvedniük semmiféle változást, így nem lesznek elégedetlenek. Rossz viszont olyan szempontból, hogy az újsághíren túl semmilyen egyéb reklámértéke nincs az IPv6 bevezetésének. Nem lesz gyorsabb, vagy bármilyen szempontból jobb a hálózati hozzáférés, nem lesz megbízhatóbb a kapcsolat, alapvetően ugyanazt a felhasználói élményt nyújtja, mint amit eddig megszokhattak az előfizetők. A szolgáltató szemszögéből azonban már nem ilyen egyszerű a helyzet. Az IPv6 bevezetése néhol egyszerűbb, másutt bonyolultabb feladatokat jelent. Összességében kezdetben biztosan több munkát ró a szolgáltatóra, már csak azért is, mert az IPv4 mellett fut, így az IPv4-es és az IPv6-os hálózatot is karban kell tartania a szakembereknek.

4. IPv6 a BME Villamosmérnöki és Informatikai Karának oktatásban

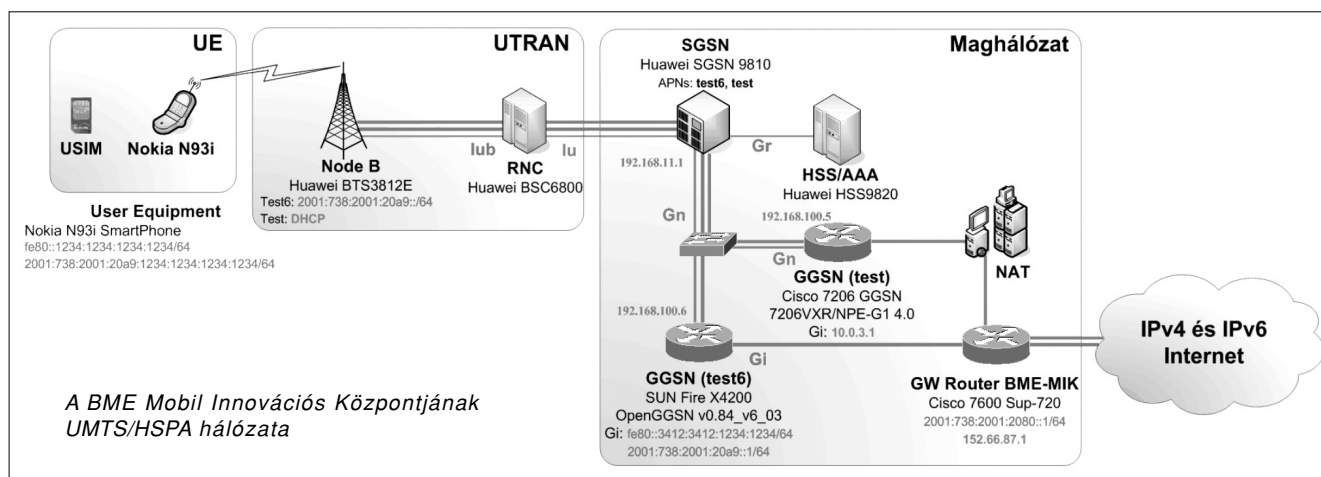
Minden magyarországi egyetem (így a BME) oktatásában ma már háromszintű képzési rendszer működik: durván három év után BSc-diplomát szerezhetnek a hallgatók, majd (akinek van hozzá kedve) újabb két év múlva MSc-fokozatot szerezhetnek. Végül, akinek ez sem elég, a PhD-fokozatért további három évet tanulhat, hogy doktori fokozatot szerezhessen. Karunkon villamosmérnök, mérnök informatikus, valamint egészségügyi mér-

nök oktatás zajlik. Az előbbi kettő szempontjából kritikus az IPv6-hoz kapcsolható tudás, ezért kizárólag ezekről ejtünk szót a következőkben.

Az IPv6 alapjait már a BSc-képzésben tanulják a hallgatók, villamosmérnök szakon csak szakirány tárgyakban, mérnök-informatikus szakon már az alapozó tárgyakban előkerül ez az ismeretanyag. Ha a hallgató megfelelő szakirányt választott, akkor bizonyosan hall az IPv6-ról. Szerencsére minden infokommunikációhoz köthető szakirányban szó esik az IPv6 alapjairól, ezért meggyőződés, hogy e terület jól reprezentált a BSc-oktatásban. Kétségtelen azonban, hogy sajnos kevés gyakorlattal támogatják az elméleti ismeretek mélyítését, illetve a specifikusabb (mélyebb) IPv6-os ismeretek összegyűjtésére csak a választható tárgyakon keresztül van lehetősége a hallgatóknak. A specifikusabb IPv6-tudás megszerzéséhez megfelelő szakirányt kell választani, vagy ha az nem lehetséges, választható tárgyak keretében tanulhatnak róla a hallgatók. A választható tárgyak a későbbiekben, az MSc, esetleg a PhD tanulmányok során is rendelkezésre állnak. Összesen 19 olyan tárgyat találunk a Kar honlapján, ahol valamilyen formában oktatják az IPv6-tal kapcsolatos ismereteket [8].

4.1. A szent és a keze

A saját választható tárgyunkat emelném ki [9], amelynek Mobil Internet a címe és alapvető célja az IPv6-mobilitástámogatással kapcsolatos funkcióinak oktatása. A tárgy oktatása 3+1-es kiépítésben történik, ami a hallgatóságnak hetente három előadás és heti egy gyakorlat terhelést jelent. A gyakorlatokat célszerűségi okból összevontan tartjuk a félév során összesen négyszer. A tárgy tematikája felöleli az IP-mobilitás támogatással kapcsolatos legfontosabb területeit: az IPv6-mobilitás támogatását, a hálózati mobilitás (NEMO) támogatását, az MCoA (multihoming) megoldásokat és a felsőbb szintű protokollokkal biztosítható mobilitást (mint pl. HIP, DCCP, SCTP és SIP). A tárgy gyakorlatait a Mobil Innovációs Központ (BME-MIK) laboratóriumában tartjuk, ahol az IPv6-képes UMTS/HSPA hálózatunk és egyéb IPv6-alapon működő hálózati szegmensek (tipikusan Wi-Fi) között végezhetnek élőben hálózatváltást (szakszóval handovert) a hallgatók.



A BME-MIK-ben saját natív IPv6-képes UMTS/HSPA hálózatát az előző oldali *ábra* mutatja be. Hálózatunk különleges, mert natív módon (tehát nem alagutazással) oldja meg az IPv6-os kapcsolatok kiszolgálását. Európában csak egy hasonlóról tudunk (a korábban említett SFR esetében). Egy pár héttel ezelőtt az egyik vezető magyarországi mobil szolgáltató szakemberei is méréseket végeztek a hálózatunkban. Céljuk az volt, hogy IPv6-os ismereteket gyűjtsenek az IPv6 saját hálózatukon történő bevezetése előtt. Mi több, megrendeltek tőlünk egy ugyanolyan entitást (az ábrán: test6 GGSN-t), amely hálózatunkat különlegessé teszi, és amelynek segítségével pilóthálózatukban közvetlenül is kísérleteket végezhetnek. Szervermegoldásunk már náluk is üzemel.

4.2. IPv6 a kutatásban és fejlesztésekben

Az európai projektek esetében elmondható, hogy minden, az Európai Bizottság által támogatott projektben már régóta kötelező IPv6-ot használni, vagy támogatni. Az Európai Bizottság így próbálta az IPv6 irányába tolni a fejlesztők és kutatók figyelmét. Csapatunk minden nem az Európai Bizottság által támogatott, de európai projektben szintén IPv6-ot használt. Egy példa a Celtic-típusú BOSS projekt [10], amely tömegközlekedési eszközök fedélzetén intelligens videófelügyeleti rendszert épített ki. A projekt elsődleges célja az volt, hogy az utasok biztonságát növelje. A projekt eredményeként egy olyan prototípus rendszer jött létre, amely kevesebb emberi erőforrás (operátor) bevonásával, pusztán számítástechnikai megoldások alkalmazásával, nagy hatékonysággal fel tudja ismerni azokat a tipikus incidenseket, amelyek befolyásolják az utasbiztonságot. A mozgó jármű és a földi állomás között IPv6-tal kellett megoldani a kommunikációt, amelyben mi is részt vállaltunk.

Több hatos (FP6) és hetes (FP7) keretprogrambeli projekt köthető a laborunkhoz. Az FP6-IST projektek közül a IST-Phoenix [11] és a IST-ANEMONE [12] projekteket emelném ki. Az FP7-es ICT-Optimix projekt [13] jelenleg is tart. IPv6 szempontból az ANEMONE-projekt kiemelkedő jelentőségű, ezért erről egy kicsit bővebben is szövekszik a továbbiakban.

4.3. Az IST-ANEMONE projekt [12]

Az ANEMONE-projekt célja egy pán-európai teszhálózat létrehozása, amelyben minden IPv6-alapú mobilitástámogatási megoldás rendelkezésre áll. Teszhálózatunk Európa négy országában, négy helyszínen lett kiépítve és jelenleg is üzemképes. Az Európai Bizottság azért támogat egy ilyen projektet, mert európai szinten olcsóbb egyetlen központi infrastruktúrát kiépíteni, ahol mindenki kedvére kísérletezhet, mint minden cégnek megvalósítania egy saját tesztbedet. Teszhálózatunk a szoftver- és hardverfejlesztőknek is hasznos lehet, ha nem akarnak áldozni egy saját kiépítésre, ugyanakkor alkalmazásukat, vagy eszközüket szívesen kipróbálnák mobil környezetben. A tesztbed használata ingyenes.

Az egyik teszthelyszín Budapesten található, a BME-MIK laboratórium területén. Az ANEMONE-projektben mi voltunk az egyetlen partner, aki UMTS-hálózatot is üze-

meltet és ezzel hajlandó mások számára is nyitott játszóteret biztosítani. Az UMTS-en kívül Magyarországon rendelkezésre áll még Ethernet-, Wi-Fi-és Bluetooth-csatlakozási lehetőség. Az egyetlen szűk keresztmetszeti tényező esetünkben az, hogy csak a laboratórium területére korlátozódik a lefedettség. Külföldi kollégáink nagyobb (campusokat, vagy városokat lefedő) szolgáltatási területtel csábítják a kísérletező kedvű cégeket.

4.4. ANEMONE-rendezvények – magyar vonatkozások

Az ANEMONE-projekt keretében magyar partnerként nem csak a hálózati kiépítésében vállaltunk vezető szerepet. Mivel egy tesztbed iránti érdeklődést alapvetően befolyásol a népszerűsítésre (marketingre) fordított energia, a BME-s kollégák igyekeztek a lehető legtöbb rendezvényen megjelenni.

A Tridentcom konferencián, 2008. március 17-20-ig egy saját standdal jelent meg az ANEMONE-projekt, ahol mi egy „rich call2” demóval népszerűsítettük a tesztbed használatát [14]. A rich call egy olyan szolgáltatás, ahol először sima hanghívásként indul a kommunikáció, majd a felhasználói igényeknek megfelelően a szolgáltatás különböző egyéb funkciókkal bővül. Esetünkben egy mozi jegyfoglaló rendszerét képező call centert implementáltunk. A betelefonáló ügyfél igény szerint megtekinthette saját telefonja képernyőjén az egyes filmekhez rendelt trailereket, majd a látottak alapján dönthetett arról, hogy kíván-e jegyet venni és ha igen, hova. Ez az egyszerű alkalmazás azt próbálta szemléltetni, hogy egy szoftvert (jelen esetben egy jegyfoglalórendszert) gyártó cég hogyan tudja tesztelni alkalmazását az ANEMONE teszhálózatán, mobil környezetben.

A projektet Budapesten is népszerűsítettük: a budapesti ANEMONE Nyílt Napot (Promotion Day-t) 2008. április 22-én rendeztük meg [15], ahol nagy számban jelentek meg különböző hazai vállalatok és érdeklődők. A demonstrációnk során egy életmentő csipet csapatot mutattunk, ahogy akcióban a BME Z. épülete felől az R. épületbe érkezik. A helyszínválasztás nem véletlen: korlátozott teljesítményű UMTS hálózatunk e két épület között még használható, az épületeken belül pedig mindkét helyen Wi-Fi lefedettség van.

A történet szerint a háromtagú mentőcsapat egyike (a tűzszerező) a Manamana című oktatófilmen tanulmányozza a bomba hatástalanításának módszerét mozgás közben. A csapat kapitánya folyamatos hangkapcsolatban volt a központi állomással (a teremmel, ahol egy kivetítőn a vendégeink is követhették az eseményeket). Amennyiben a sávcsatlakozás lehetővé tette (a Wi-Fi-s hotspotok területén) a hanghoz kép is járult. A csapat földrajzi pozícióját és a csapat mozgó hálózatának RTT (Round Trip Time – kétutas késleltetési idő) értékét, valamint az egyes hozzáférési hálózatok elérhetőségét a közönség folyamatosan követhette. Bár a csapat több hálózatváltást is elszenvedett, kapcsolatuk egyszer sem szakadt meg, hála a háttérben lévő mobilitás támogató protolloknak.

A BME gárdája az ICT 2008 lyoni rendezvényén is szerepelt, amely 2008. november 24-27-ig tartott. Itt szín-

tén a rich call demót mutattuk be (lásd a Tridentcom konferenciánál). A konferencia méretének megfelelően itt jóval nagyobb számban találkoztunk érdeklődőkkel.

Végül, de nem utolsósorban 2008. szeptemberétől többször is tartottunk bemutatót a hazai távközlési piacnak natív IPv6-képes UMTS-hálózatunkról [16]. Valamennyi magyarországi mobil szolgáltató munkatársa megjelent a meghirdetett alkalmak legalább egyikén. Mivel egy olyan technikai megoldásról beszélhetünk, amely a világon is csak néhány helyen érhető el, ezért külföldi érdeklődőkre is számíthatunk. Mindennek értékét jól mutatja, hogy a Google keresőben a „native IPv6 UMTS” kifejezésre a mi leírásunk jelenik meg első találatként [17].

5. Összefoglalás

Remélhetőleg e rövid cikk rávilágít arra, hogy az IPv6 egy megkerülhetetlen alternatíva. Az Európai Bizottság is erőlteti a bevezetését, szinte az összes gyártó termék támogatja. Bár a felhasználók nem igénylik különösebben, bevezetni mindenkinek muszáj: a jövőbeli igények könnyebb adaptálása érdekében még ma minden szolgáltatónak lépnie érdemes.

Az IPv6 nem fogja lecserélni egyik napról a másikra az IPv4-et, ehelyett sokáig együtt fognak még élni és hosszú időszakon keresztül számíthatunk arra, hogy az IPv4 és IPv6 világ párhuzamosan, egymást kiegészítve létezik majd. Az IPv4 teljes eltűnése csak több mint húsz éves távlatban valószínű. Az IPv6 már megjelent az oktatásban is, a végzős villamosmérnököknek és informatikus hallgatóknak legalább alapszinten ismerniük kell, hiszen abszolút kulcsprotokollja lesz a jövő hálózatainak, így meggyőződésem szerint minden hálózatos szakembernek megfelelően magas szinten ismernie kell. Az IPv4-et ismerőknek jó hír, hogy minimális energia befektetésével elsajátíthatják az új ismereteket, hiszen koncepcionálisan semmi sem változott a két verzió között, az IPv6 kritikusai pedig éppen e koncepcionális váltás hiányát róják fel a protokoll legnagyobb hibájának.

Ahogy az említett (nyilván nem kimerítő) példák jól mutatják, az IPv6 régóta a kutatás és fejlesztés eszköze és célja is egyben. Az Európai Bizottság minden általa támogatott projektben megköveteli az IPv6 használatát, az európai kutatóvállalatok, egyetemek és intézetek pedig IPv6-centrikusan próbálják közelíteni a nyitott problémákat. A dolog hozadéka például az IPv6-mobilitási tesztbed a BME Mobil Innovációs Központjában, ahol szívesen várjuk a kísérletező kedvű fejlesztőket és kutatókat.

A szerzőről



JENEY GÁBOR 1998-ban szerzett okleveles villamosmérnöki diplomát a BME-n, majd a Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetemen végzett mérnök-közgazdászként (2002). A BME Híradástechnikai Tanszékén 2005-ben szerezte meg Ph.D. fokozatát. A Mobil Innovációs Központban, valamint a Híradástechnikai Tanszék Mobil Távközlési és Informatikai Laboratóriumában (MC2L) dolgozik kutatóként. Az IEEE és a HTE tagja. Kutatási területeihez tartozik a mobil távközlés és számítástechnika, az IPv6, valamint különböző rádiós kérdések mobil környezetben.

Irodalom

- [1] Jon Postel (szerk.), "Internet Protocol: DARPA Internet Program Protocol Specification," RFC 791, 1981. szeptember, <http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt>
- [2] L. Delgrossi, L. Berger (szerk.), "Internet Stream Protocol Version 2 (ST2)," RFC 1819, 1995. augusztus, <http://www.ietf.org/rfc/rfc1819.txt>
- [3] S. Deering, R. Hinden (szerk.), "Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification," RFC 2460, 1998. december, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt>
- [4] S. Bellovin, "The Security Flag in the IPv4 Header," RFC 3514, 2003. április, <http://www.ietf.org/rfc/rfc3514.txt>
- [5] Action Plan for the deployment of Internet Protocol version 6 (IPv6) in Europe, 2008. május 27, http://ec.europa.eu/information_society/policy/ipv6/docs/european_day_communication_final_27052008_en.pdf
- [6] Megérkezett az IPv6 Magyarországra, 2009. május, <http://www.exnet.hu/megerkezett-az-ipv6-magyarorszag-23.html>
- [7] Próbaidőszak a Magyar Telekomnál, 2009. november, http://www.telekom.hu/ipv6/probaidoszak_a_magyar_telekomnal
- [8] A BME Villamosmérnöki és Informatikai Karának tantárgyi adatlapjai, <https://www.vik.bme.hu/kepzes/targyak/>
- [9] A Mobil Internet című tárgy tantárgyi adatlapja, <https://www.vik.bme.hu/kepzes/targyak/VIHIAV72/>
- [10] A Celtic-BOSS projekt hivatalos honlapja, <http://www.celtsic-boss.org>
- [11] Az IST-Phoenix projekt hivatalos honlapja, <http://www.ist-phoenix.org>
- [12] Az IST-ANEMONE projekt hivatalos honlapja, <http://www.ist-anemone.eu>
- [13] Az ICT-Optimix projekt hivatalos honlapja, <http://www.ict-optimix.eu>
- [14] Tridentcom 2008 ANEMONE-demonstráció leírása, http://www.ist-anemone.eu/index.php/Tridentcom_2008
- [15] Budapest ANEMONE Promotion Day leírása, http://www.ist-anemone.eu/index.php/ANEMONE_Promotion_Day:_Budapest%2C_22nd_April_2008
- [16] A BME Mobil Innovációs Központjának meghívói a natív IPv6 alapú UMTS hálózat bemutatására, <https://www.mik.bme.hu/home/ipv6%20workshop/Meghivok/>
- [17] <http://www.google.hu/search?hl=hu&source=hp&q=native+ipv6+umts>