

híradástechnika

1945 VOLUME LXIII. 2008

hírközlés ■ informatika



Korszerű hálózati technológiák

Interferenciák mobil hálózatokban

Mobil helymeghatározás

Szélessávú infrastruktúrák Magyarországon

2008/8

**A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata
a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács együttműködésével
és a Nemzeti Kulturális Alap támogatásával**

nka

Tartalom

BEKÖSZÖNTŐ

1

■ ÁTTEKINTÉS

Pap László, Imre Sándor

Az interferencia elnyomása mobil rádióhálózatokban

2

Sipos Attila, Jereb László

Kommunikációs hálózatok modellezése és tervezése a gyakorlatban

6

Vida Rolland, Cinkler Tibor

Hálózati helyzetkép

13

Takács György

Helymeghatározás mobiltelefonnal és mobil hálózattal

20

■ KUTATÁS

Czirkos Zoltán, Hosszú Gábor

Peer-to-peer alapú betörésérzékelés

29

■ TÁRSADALOM

Gál András, Kis Gergely

Helyzetkép a magyarországi szélessávú infrastruktúráról

37

Széger Katalin

E-learning és az online citizen

43

■ KÖNYV

Sipos László

Magyar Örökség – Laudációk könyve 1995-2000

48

Teller Ede: Üzenetek egy marslakótól

50

M-kormányzat, M-demokrácia

51

Védnökök

SALLAI GYULA a HTE elnöke és DETREKŐI ÁKOS az NHIT elnöke

Főszerkesztő

SZABÓ CSABA ATTILA

Szerkesztőbizottság

Elnök: ZOMBORY LÁSZLÓ

BARTOLITS ISTVÁN
BÁRSONY ISTVÁN
BUTTYÁN LEVENTE
GYŐRI ERZSÉBET

IMRE SÁNDOR
KÁNTOR CSABA
LOIS LÁSZLÓ
NÉMETH GÉZA
PAKSY GÉZA

PRAZSÁK GERGŐ
TÉTÉNYI ISTVÁN
VESZELY GYULA
VONDERVISZT LAJOS

Beköszöntő

szabo@hit.bme.hu

Szerkesztőbizottságunk és kiadónk küldetésének tartja, hogy rendszeresen bemutassuk egy-egy szakterület helyzetét és fejlődésének irányait, lehetőleg olvasóink minél szélesebb köre számára érthető és élvezhető módon.

Ennek megfelelően jelen számunk első részében négy áttekintő cikket ajánlunk olvasóink figyelmébe.

Pap László és Imre Sándor (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék) cikke a napjaink és a közeljövő közcélú mobil távközlő rendszereinek hatékonyságát alapvetően befolyásoló interferencia-jelenségekkel foglalkozik és áttekintí azokat a megoldásokat, amelyek segítségével jelentősen csökkenthető az interferencia hatása, s ezáltal olcsóbb és jobb minőségű szolgáltatásokat kínáló rendszereket építhetünk.

Sipos Attila és Jereb László (Magyar Telekom PKI és BME Nyugat-Magyarországi Egyetem) felvázolják a hálózattervezés és analízis ma jellegzetes gyakorlati kérdéseit és bemutatják azt a többrétegű hálózatmodellezési megoldást, amely az elmúlt években eredményesen volt felhasználható a Magyar Telekom széleskörű tervezési tevékenységében.

Vida Roland és Cinkler Tibor (BME Távközlési és Média-informatikai Tanszék) cikke áttekintést ad a hozzáférési- és gerinchálózatokban használt hálózati technológiák fejlődési mérföldköveiről és rámutat a hálózatok menedzselésének és vezérlésének kérdéseire is, amelyeknél egyre fontosabbá válik az a törekvés, hogy a hálózati struktúra heterogenitását a szolgáltatások szempontjából elrejtjük a felhasználók előtt.

Takács György (Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai Kar) összefoglalja és értékeli a mobil hálózatokban alkalmazható helymeghatározó módszereket, ismerteti a szabványosítás eredményeit, áttekintí a bevezetett helymeghatározási megoldások és szolgáltatások jellemzőit.

Számunk második részében a kettős arculatunk másik oldalát mutatjuk be *Czirkos Zoltán és Hosszú Gábor* (BME Elektronikus Eszközök Tanszék) új kutatási eredményeket bemutató cikkével. A szerzők egy új hálózati biztonsági eljárást mutatnak be, amelynél a működés

során a módszert megvalósító szoftveregységek a hálózaton egy egyenrangú (Peer-to-Peer) felépítésű alkalmazási szintű hálózatot hoznak létre, amelyen megosztják egymás között az általuk érzékelt betörési kísérletek adatait.

Lapunk időről időre szívesen ad helyet az infokommunikáció határterületi témáival foglalkozó, társadalmi vagy gazdasági vonatkozásait tárgyaló közleményeknek, mivel úgy gondoljuk, hogy ezeket is érdeklődéssel fogadják olvasóink. Jelen számunk harmadik részében két ilyen jellegű cikket adunk közre.

Gál András és Kis Gergely (GKleNET Internetkutató és Tanácsadó Kft.) cikke az internetezést és egyéb kapcsolódó szolgáltatásokat lehetővé tevő infrastruktúrával foglalkozik, amelyet minden településre el kell valamilyen módon juttatni és ennek segítése, ösztönzése kormányzati feladat. Ez az írás feltárja az állami ösztönzés lehetséges módjait, azok gazdasági vetületeit, felhívja a figyelmet az állami szerepvállalás koncepcionális átgondolására a szélessávú infrastruktúra-fejlesztések kapcsán.

Széger Katalin (Kurt Lewin Alapítvány) az e-learninggel foglalkozik, amelyet valamilyen szinten sokan ismernek és esetleg használnak is, azonban ahhoz, hogy valóban beválthassa a hozzá fűzött reményeket, szemléltetváltásra is szükség van. E cikk tárgya az e-learning (web 1.0 és 2.0 alapú) tanítási-tanulási folyamat társadalmi vonatkozásai: az új módszertan és munkaforma hatása a demokráciára, az állampolgári kultúrára, az esélyegyenlőségre, valamint az élethosszig tartó tanulást biztosító kulcskompetenciákra.

Számunkban helyet kaptak még *Sipos László* könyvajánlói, amelyek három, a közelmúltban megjelent érdekes, lapunk olvasóközönsége körében is bizvást érdeklődésre számot tartó kiadványra hívják fel a figyelmet. A szóbanforgó könyvek: Magyar Örökség – Laudációk könyve 1995-2000; Teller Ede – Üzenetek egy marslakótól; M-kormányzat, M-demokrácia.

Zombory László
a Szerkesztőbizottság
elnöke

Szabó Csaba Attila
főszerkesztő

Az interferencia elnyomása mobil rádióhálózatokban

PAP LÁSZLÓ, IMRE SÁNDOR

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék
{pap, imre}@hit.bme.hu

Kulcsszavak: interferencia, spektrális hatékonyság, szektorizálás, adaptív antennák

Napjaink és a közeljövő közcélú mobil távközlő rendszereinek hatékonyságát alapvetően befolyásolja a felhasználók jeleinek keveredése, amit interferenciának nevez a szakirodalom. Cikkünkben áttekintjük azokat a megoldásokat, amelyek segítségével jelentősen csökkenthető az interferencia hatása, s ezáltal olcsóbb és jobb minőségű szolgáltatásokat kínáló rendszereket építhetünk.

1. Bevezetés, alapfogalmak

Ahhoz, hogy megértsük az interferenciacsökkentő módszerek lényegét, ismernünk kell a rádiós vétel alapelvét, illetve a rendszerek minősítésére szolgáló mennyiséget, a spektrális hatékonyságot.

A rádiós vétel alapelve

A vevőantennára a rádiócsatorna által módosított adójel kerül, mely számos hatás eredményeképpen jön létre. A vevő az antenna jeléből megpróbálja helyreállítani az adójelben lévő eredeti modulációs tartalmat. Ez azonban csak akkor sikerülhet, ha az eredő vett jelben elegendően nagy a hasznos adójel szintje. Az „elegendő” itt azt jelenti, hogy minden vevőre definiálhatjuk: mekkora szintű jelre van szüksége a sikeres detektáláshoz, illetve, hogy mekkora lehet a vett jelben található hasznos adójel és egyéb zavaró jelek teljesítményaránya.

Spektrális hatékonyság

Korántsem közömbös, hogy egy felhasználó információjának továbbításához a szolgáltatónak mekkora sáv szélességre van szüksége, a frekvenciasáv használatáért ugyanis fizetni kell. Annak mérésére, hogy egy adott rendszer mennyire „takarékoskodik” a sáv szélességgel egy alkalmas mennyiséget vezettek be, ez az úgynevezett spektrális hatékonyság.

Definíció szerint ez vezeték nélküli rendszerekben az egy cellában egységnyi frekvencián átvihető hasznos információ mennyisége. Mértéke a bit/s/Hz/cella. Egy adott rendszer spektrális hatékonyságát számos tényező együttesen határozza meg, például a választott modulációs technika (azaz, hogy miként alakítjuk át a digitális információt az antennán kisugárzandó elektromágneses jellé), az alkalmazott többszörös hozzáférés módja, illetve rádiócsatornába érkező, más felhasználóktól származó interferáló jelek szintje.

Jelen cikkben először megvizsgáljuk az interferenciák típusait (2. szakasz), majd az interferencia-elnyomás klasszikus módszereivel foglalkozunk (3. szakasz), végül egyes újabb interferencia-elnyomási módszert mutatunk be a 4. szakaszban.

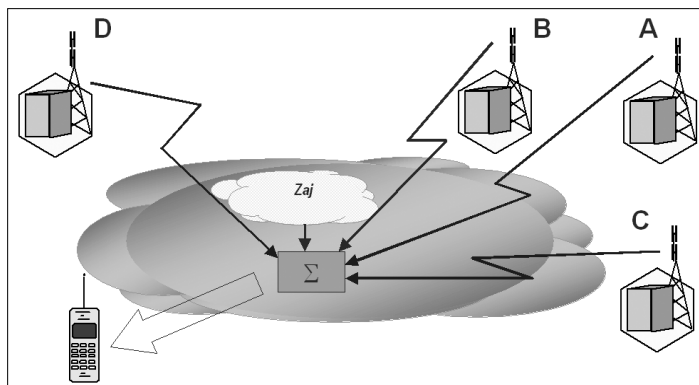
2. Az interferenciák típusai

A többszörös hozzáférési eljárások célja az, hogy az egyidőben működő különböző felhasználók jeleit elválassza egymástól a rádiócsatornában. Amennyiben ez nem sikerül tökéletesen, akkor a felhasználók jelei zavarani fogják egymást. A gyakorlatban alapvetően kétféle interferenciát különböztetünk meg.

2.1. Szomszédcsatornás interferencia

Az 1. ábrán látható rendszerben a jobb oldali **A** adóantennáról szeretnénk eljuttatni hasznos a jelünket a mobilkészülékbe. A hasznos jelhez a rádiócsatornában zaj és interferáló jel adódik, azaz példánkban a zaj mellett számolnunk kell három további felhasználó jelével is, akik közül a **B** és **C** jelű a saját adóban használttól eltérő frekvenciájú jeleket küld a rádiócsatornába. Feltételezzük tehát, hogy most a jeleket a frekvenciatarományban választjuk el egymástól, azaz frekvenciaosztásos többszörös hozzáférést alkalmazunk (FDMA, a mobilrendszerek egyik leggyakoribb megoldása). A felhasználók elvileg így nem zavarják egymást, a valóságban azonban a felhasználók jeleit a frekvenciatarományban sosem lehet tökéletesen elválasztani még úgynevezett védősávok beiktatásával sem, ezért a **B** és **C** jelű adóból származó jelek teljesítményének egy kis hányada

1. ábra Az interferencia típusai



bejut az **A** adó jelének a frekvenciasávjába. Ezt a jelenséget hívjuk *szomszédcsatornás interferenciának*, mivel a zavart a szomszédos frekvenciasávokból érkező jelek okozzák.

A szomszédcsatornás interferencia elleni védekezés egyik lehetséges módja az, hogy minden adó az antenán való kisugárzás előtt a saját jeléből a szomszédjai sávjába átnyúló komponenseket kiszűri. Mobilkörnyezetben ez sem ad tökéletes megoldást, mivel a Doppler-hatás miatt még ebben az esetben is létrejöhet frekvenciaeltolódás.

2.2. Azonos csatornás interferencia

Az 1. ábrán a vizsgált területen egy negyedik (**D** jelű) felhasználó is működik, de az ugyanazt a frekvenciasávot használja, mint az **A** jelű adó. Ennek eredményeképpen a vevőbe jelentős zavaró interferencia érkezik, hisz ez a jel közvetlenül összeütközik a hasznos jellel. Ezért is hívják ezt az interferencia típust *azonos csatornás interferenciának*. Mivel az azonos frekvenciasávban érkező jel lényegesen nagyobb zavaró hatást gyakorol a hasznos jelre, mint a szomszédcsatornás interferencia, és jóval nehezebb is csökkenteni a hatását, ezért a következőkben az azonos csatornás interferencia elnyomásával fogunk foglalkozni.

3. Az interferencia elnyomásának klasszikus módszerei

Mint azt az előző szakaszban láthattuk, az interferencia fő forrása az azonos csatornás interferencia. A következőkben áttekintjük, miként lehet ennek hatását olyan szintre csökkenteni, amely mellett már működő rendszereket tudunk építeni.

Az azonos csatornás interferencia csökkentésére kétféle lehetőség kínálkozik: a vevőbe jutó interferáló jelek szintjének a csökkentése és az interferáló adók által kisugárzott jel teljesítményének csökkentése. A következő két pontban mi is ezt a felosztást használjuk.

3.1. A vevőbe jutó interferáló jelek szintcsökkentése

Cellás struktúra

A mobil távközlő rendszerekben a szükséges terület rádiós ellátása általában az úgynevezett cellás elvre épül, függetlenül attól, hogy földi vagy műholdas rendszerről beszélünk. Ez azt jelenti, hogy az ellátandó területen bázisállomások hálózatát építjük ki. A bázisállomás egy adott környezetet lát el rádiófrekvenciás jelekkel – ezt a területet *cellának* nevezzük. Minden bázisállomás csak néhány részsávot használ a teljes *B* sáv szélességből. A bázisállomásokat vezetékes vagy mikrohullámú kapcsolat köti össze a kapcsoló központokkal.

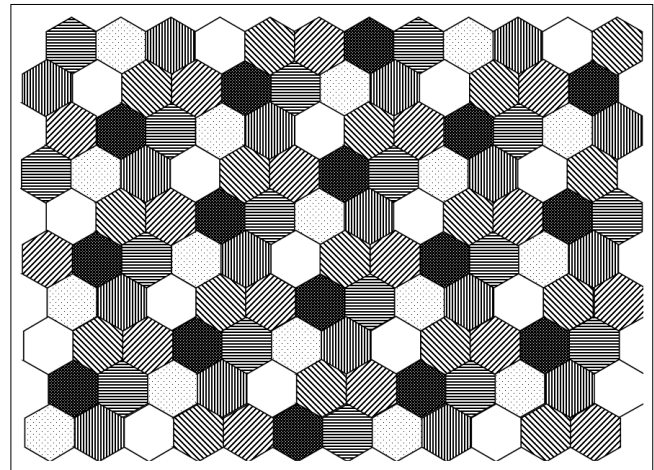
A mobil a hívás kezdeményezésekor a legkedvezőbb összeköttetést biztosító bázisállomással lép kapcsolatba, mely a rendszer többi elemét is felhasználva biztosítja a hívott féllel való összekapcsolást. A mobil mozgása során természetesen előbb vagy utóbb annyira

ra eltávolodik a bázisállomásától, hogy egy másik bázisállomással már kedvezőbb összeköttetést tud létesíteni. Ekkor a rendszer a mobilt átkapcsolja az új bázisállomásra. Ezt az átkapcsolási folyamatot hívja a szakirodalom hívásátadásnak, angolul *handover*nek.

A cellák alakja természetesen nagyon eltérhet egymástól a különböző domborzati és beépítettségi viszonyok miatt. Mivel ideális esetben egy bázisállomás kör alakú területet fed le (melynek épp a közepében áll), célszerűbb lenne köröket használni a szemléltetéshez. A körökkel azonban nem lehet hézagmentesen lefedni a síkot, ezért a szakirodalomban bevett szokás a cellás mobilrendszerek méhsejt-alakú cellákkal történő szemléltetése.

Miután cellákra osztottuk a lefedési területet, kijelölünk egy szomszédos cellákból álló csoportot és ezen a csoporton belül minden cellához más részsávokat rendelünk. Ezt a cellacsoportot a szaknyelv *klaszternek* nevezi. Ha ilyen klaszterekkel fedjük le a síkot, akkor garantálható, hogy az azonos részsávokat használó cellák fix távolságra lesznek egymástól, ezáltal az azonos csatornás interferencia is adott szint alatt marad bármelyik cellában.

2. ábra A klaszterek szemléltetése



A 2. ábrán hételemű klaszterekkel fedtük le a területet. A klaszterben minden cellának más az árnyékolása a használt frekvenciasávnak megfelelően. Láthatjuk, hogy egy klaszterben belül minden cella más-más árnyékolású, ami arra utal, hogy a klaszter minden cellájában más részsáv-csoportot használunk, és egyébként tipikus, hogy az egy klaszterhez tartozó cellák együttesen a teljes rendelkezésre álló frekvenciasávot felhasználják. A teljes síkot hételemű klaszterekkel lefedve látható, hogy bármely két azonos árnyékolású cella több mint négy cellasugárnyi távolságra van egymástól.

A klaszterek alkalmazása határozott előnyökkel jár. Mivel minden klaszterben a teljes *B* frekvenciasávot felhasználhatjuk, ezért annyszorosára nő a lehetséges egyidejű hívások száma, ahány klasztert alakítottunk ki. Vegyük észre, hogy mindehhez nincs szükség a felhasznált frekvenciasáv növelésére.

Ahhoz, hogy a síkot hézagmentesen lefedhessük klaszterekkel, nem lehet tetszőleges számú cellából alkotott klasztereket használni. A klaszterek K cellaszámára az alábbi igen egyszerű összefüggés érvényes, ahol i és j nulla vagy pozitív egész szám lehet:

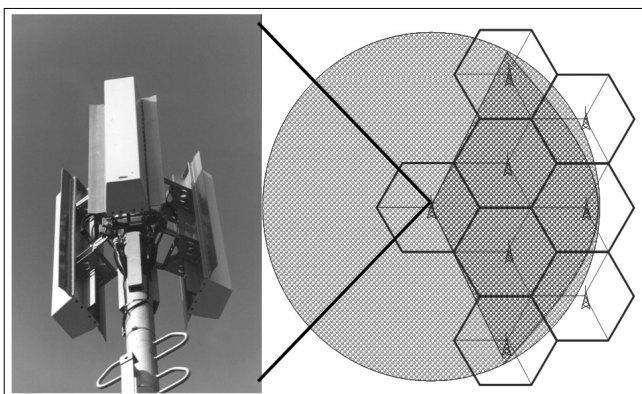
$$K = i^2 + ij + j^2.$$

Ebből K néhány lehetséges értéke: 1, 3, 4, 7, 9, 12, 13, 16, 19, 21,....

Szektorizálás, mikro- és pikocellák

Minden cella a számára kiosztott frekvencia részsávok számától függő felhasználót tud kiszolgálni, de ezek száma mindenképpen korlátos. Ezért ha nagy felhasználó-sűrűségű területet szeretnénk lefedni, akkor növelni kell az adott területen a cellák számát.

Ebből a célból fejlesztették ki a bázisállomások számára a *szektorizált antennákat*. Ezek lényege, hogy ezek nem körsugárzók, azaz a jeleket csak egy térszeletből veszik és nem minden lehetséges irányból. Ezáltal csökken az antennára jutó interferencia, a cellák közelebb hozhatók egymáshoz. A 3. ábrán egy körsugárzó és egy három szektorra bontott szektorizált antennát láthatunk az általuk vett interferencia illusztrálásával. Összefoglalva: a szektorizálás csökkenti a bázisállomás antennájába jutó interferáló jelteljesítményt.



3. ábra A szektorizálás hatása az adásra és a vételre

3.2. Az interferencia forrásának korlátozása

Az interferencia forrásának korlátozása egyszerűen azt jelenti, hogy a rendszerben működő rádióadók a lehetőségekhez mérten csökkentett teljesítménnyel adnak. Ez tipikusan három módon lehetséges.

Teljesítményszabályozás

Korábban láttuk, hogy a sikeres rádiós vételhez arra van szükség, hogy (a zajhoz és az interferenciához viszonyítva) elegendő hasznos jelteljesítmény jusson a vevőbe. Ezért például a mobilterminál adóteljesítményét úgy kell megválasztani, hogy a bázisállomástól legtávolabb eső pontról (cellahatár) is elég jelteljesítmény jusson a bázisállomás vevőjébe. Ha ezt állandó értéken tartanánk, akkor a bázisállomáshoz közeledve feleslegesen nagy adóteljesítményt használunk, ami többletinterferenciát okoz. Ezért célszerű a mobil teljesítményét a távolság függvényében szabályozni, mivel így folyamatosan biz-

tosítani tudjuk, hogy elegendő hasznos jel jusson a vevőbe, miközben nem okozunk feleslegesen interferenciát a többi mobilkészülék számára. Ezt a megoldást teljesítményszabályozásnak nevezzük.

Szakaszos adás

Ennél a megoldásnál azt használjuk ki, hogy a mobilterminálnak főlegesen jelet kisugároznia, ha a telefonbeszélgetés során átmenetileg szünetet tartunk. Jól ismert, hogy egy telefonbeszélgetés során az egyik fél átlagosan csupán az idő egyharmadában beszél, az idő kétharmadában a másik fél aktív, vagy éppen mindketten szünetet tartanak. A beszéd/nembeszéd intervallumok pontos arányát *beszédk aktivitási faktornak* nevezzük és azzal, hogy a szünetek alatt az adást megszakítjuk, hozzávetőlegesen egyharmadára csökkenthető a mobilterminál interferencia hatása.

Teljesítménykímélő üzemmód

Ezt a megoldást tipikusan vezeték nélküli lokális hálózatoknál alkalmazzák. Ha a mobilfelhasználó tudja, hogy adott ideig nem akar információt továbbítani, akkor a bázisállomással megegyezve erre az időre energiatakarékos üzemmódba vált, vagy kikapcsol. A bázisállomás tudja, hogy a mobil mikor van üzembeszáll, illetve kikapcsolt állapotban, ezért ha a kikapcsolt állapotú mobilkészüléknek továbbítandó információ érkezik hozzá, akkor kivárja, míg a mobil üzembeszáll állapotba kerül és akkor küldi el neki az üzenetet.

Szektorizált antennák

A szektorizált antennák alkalmasak a kisugárzott interferencia csökkentésére is. Ezek lényege, hogy mivel jelkibocsátásuk csak egy térszeletre terjed ki és nem minden lehetséges irányra, ezért interferencia-forrásként is csak bizonyos irányban fejtenek ki hatást. Ezáltal csökken az interferencia, a cellák közelebb hozhatók egymáshoz. A szektorizálás tehát csökkenti a bázisállomás antennája által kisugárzott interferáló jelteljesítményt is.

4. Korszerű interferencia-elnyomási módszerek

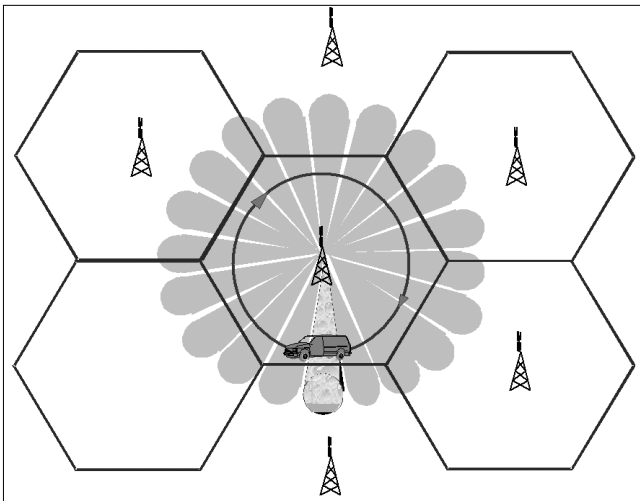
A technikai fejlődés során az interferencia elnyomásának újabb módszereit dolgozták ki. Ezek a módszerek lehetővé teszik azt, hogy hatékonyabb mobilkommunikációs rendszereket alakítsunk ki. Az új lehetőségek közül kettőt villantunk fel a továbbiakban.

4.1. Adaptív antennák

Mint azt a korábbi fejezetekben már tárgyaltuk, a szektorizált antennák alkalmazása csökkenti az azonos csatornás interferenciát (a bázisállomásba érkezőt és a bázisállomás által kisugárzottat egyaránt) és ez által csökkenteni lehet az azonos frekvenciát használó cellák közötti távolságot. A szektorizálás előnyeit tovább lehet növelni az úgynevezett *adaptív antennák* alkalmazásával. Ennek a módszernek két típusát mutatjuk be.

Kapcsolt nyalábú adaptív antennák

Általánosítsuk a szektorizálás módszerét úgy, hogy nem 3-4-6 szektort alakítunk ki, hanem sok keskeny szektort, úgynevezett nyalábot hozunk létre a 4. ábrának megfelelően és mindig arra a nyalábra kapcsolunk, amelyikben a mobilterminál tartózkodik. Ezzel a módszerrel nyilvánvalóan tovább csökkenthető az interferencia. Ezt a megoldást *kapcsolt nyalábú adaptív antennáknak* hívják (lásd az ábrát). Az elképzelés egyetlen, de annál komolyabb hátránya, hogy az antennák működését össze kell hangolni, megfelelően gyors kapcsolást biztosítva a nyalábok között. Szerencsére ma már elegendően gyors számítástechnikai eszközök (jelfeldolgozó processzorok) állnak rendelkezésre, melyek képesek megbirkózni a feladattal.



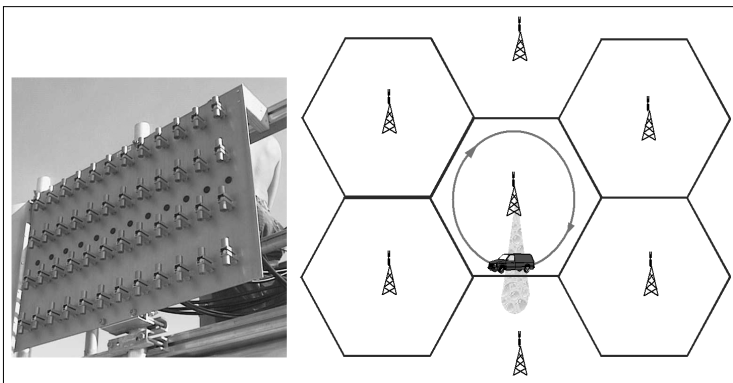
4. ábra Adaptív antennák – kapcsolt nyaláb

Forgatott nyalábú adaptív antennák

A kapcsolt nyalábú antennák egy továbbfejlesztett változata a *forgatott nyalábú adaptív antennarendszer*. Itt a sok nyaláb létrehozása helyett elegendő egyetlen nyalábot kialakítani és ezt úgy forgatni, hogy mindig kövesse a mobilterminál mozgását. A 5. ábra ezt a módszert illusztrálja.

A nyaláb forgatásához nem szükséges annak tényleges mechanikai forgatása. Elegendő csupán az ábra bal oldalán látható antennatömböt kialakítani, majd az

5. ábra Adaptív antennák – forgatott nyaláb



egyes antennaelemekről különböző késleltetésekkel levenni a jeleket, és összegezni azokat. A késleltetési értékek és az összegzés súlyozásának dinamikus változtatásával elérhető az antenna nyalábjának (szaknyelven karakterisztikájának) nagyon precíz forgatása. Ennek nyomán hívják ezt a megoldást forgatott nyalábú antennáknak.

Nyilvánvaló, hogy ha az antennanyalábot jelfeldolgozási módszerekkel forgatni lehet, akkor a nyaláb alakját is lehet formálni adaptívan úgy, hogy abból az irányból, ahonnan interferáló jelek érkeznek, elnyomja a vételt, a mobil irányában viszont nagy érzékenységet mutasson. Ezen tökéletesített változatot nevezzük általában *adaptív antennának*.

A szerzőkről

PAP LÁSZLÓ tanszékvezető egyetemi tanár a BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán szerzett diplomát 1967-ben. 1992-ben a műszaki tudomány doktora lett, 2001-ben az MTA levelező, 2007-ben pedig rendes tagjává választotta, 2008-tól az Academia Europaea tagja. 1994-től 2001-ig a Kar dékánja, 2001-től 2004-ig az Egyetem stratégiai rektorhelyettese volt. Főbb kutatási témái a hírközlés elmélete és a mobil kommunikáció. 1997-ben Eötvös-, 1999-ben Széchenyi-, 2004-ben Simonyi Károly-, 2005-ben Gábor Dénes-díjat vehetett át. 2005-ben megkapta a Magyar Köztársasági Érdemrend Tiszti keresztje kitüntetését is.

IMRE SÁNDOR Budapesten született 1969-ben. 1993-ban szerzett diplomát a BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán. 1996-ban dr. univ., 1999-ben PhD, 2007-ben MTA Doktora fokozatot szerzett. Jelenleg a BME Híradástechnikai Tanszékén docensi beosztásban vezeti a Mobil Távközlési és Informatikai Laboratóriumot, valamint a BME Mobil Innovációs Központjának tudományos kutatási igazgatója. Főbb kutatási területei a korszerű mobil infokommunikációs rendszerek rádiós és hálózati kérdései, valamint a kvantum alapú informatika.

Irodalom

- [1] Engelhart, A., Teich, W., Lindner, J., Jeney G., Imre S., Pap L.:
A Survey of Multiuser/Multisubchannel Detection Schemes Based on Recurrent Neural Networks. Wireless Communications and Mobile Computing, Vol. 2, Issue 3, May 2002, Wiley Publ., pp.269–284.
- [2] <http://www.etsi.org>
- [3] <http://www.3gpp.org>
- [4] Liu, Hui:
Signal Processing Applications in CDMA Communications. Artech House Publishers, 2001.
- [5] Ponnokanti, Seshaiiah:
An Overview of Smart Antenna Technology for Heterogeneous Networks. IEEE Communications Surveys, 4thQ 1999, 2, 4.
- [6] Prasad, R., Mohr, W., Konhauser, W.:
Third Generation Mobil Communication Systems. Artech House Publishers, 2001.
- [7] Verdú, Sergio:
Multiuser Detection. Cambridge University Press, New York, 2001.

Kommunikációs hálózatok modellezése és tervezése a gyakorlatban

SIPOS ATTILA

Magyar Telekom, PKI Fejlesztési Igazgatóság
sipos.attila@telekom.hu

JEREB LÁSZLÓ

BME Nyugat-Magyarországi Egyetem, Informatikai és Gazdasági Intézet*
jereb@inf.nyme.hu

Kulcsszavak: kommunikációs hálózatok, modellezés, tervezés, megbízhatósági analízis, teljesítőképesség

A gyorsan fejlődő kommunikációs hálózati technológiák és szolgáltatások olyan tervezési és analízis-eszközöket igényelnek, amelyek technológiafüggetlen modellezési megközelítésen alapulnak, ezért alkalmasak a gyors változások követésére. Cikkünk felvázolja a hálózattervezés és -analízis jellegzetes gyakorlati kérdéseit és bemutatja azt a többretegű hálózatmodellezési megoldást, amelyet az elmúlt években eredményesen használtak a Magyar Telekom széleskörű tervezési tevékenységében.

1. Bevezetés

A kommunikációs hálózatok tervezési módszereinek fejlesztése a hálózati technológiákban és szolgáltatásokban történt változások miatt, ismételten a szakmai érdeklődés előterébe került. A változások okai jól ismertek: a sáv szélességigény folyamatos növekedése, a mozgó kommunikációs igények kiszolgálása, a csomagalapú átviteli eljárások általános használata és a szolgáltatások területén jelentkező konvergenciák hatása együttesen új hálózattervezési módszerek fejlesztését és alkalmazását követelik meg. Az új hálózattervezési módszereknek támogatniuk kell az olyan új hálózati technológiák bevezetését, mint az újgenerációs hullámhosszosztásos fényvezető rendszerek és a nagyteljesítményű kapcsolók, routerek. Ezen új technológiák megjelenése szükségessé teszi az új hálózati architektúrák és funkciók bevezetésének vizsgálatát annak érdekében, hogy az egyre kritikusabb felhasználói igényeket hálózati elemek meghibásodása vagy nagyobb hálózati sérülések esetén is folyamatosan, az elvárt minőségben szolgáljuk ki. A tervezési tevékenység legfontosabb kérdései minden esetben a tervezett hálózati változatok létesítési és üzemeltetési költsége, forgalmi teljesítőképessége, valamint a szolgáltatások rendelkezésre állása.

A gyakorlatban az új technológiák, rendszerek, gyártmánycsaládok megjelenése folyamatos, ezért a tervezést segítő eszközeinkkel, tervezési módszereinkkel szemben egyrészt alapvető követelmény a gyártmánytól és rendszerektől független modellek alkalmazása annak érdekében, hogy a gyors változások időben követhetők legyenek. Másrészt a hálózatok modellezésében egyre nagyobb jelentőséget kap az üzemelő rendszerekből automatikusan kinyerhető információk felhasználása és a térinformatika alkalmazása, melyek segítségével a többretegű hálózatok leírásánál a fizikai réteg pontos megjelenítésével számos hálózatbiztonsági kérdés kezelhetővé válik.

2. NGN transzporthálózat tervezési feladatai

Napjainkban a kommunikációs hálózatok tervezése az újgenerációs (NGN) architektúrán alapszik, amelynek egyik jellemzője a közös IP alapú transzportréteg. Az alábbiakban az IP maghálózat és az IP transzportréteg fényvezető hordozóhálózatának tervezési feladatait foglalkozunk össze.

2.1. Forgalm mérés és -elemzés

A csomagalapú hálózatok jellemzője, hogy a hang-, videó- és internet-alkalmazások különböző hosszúságú csomagokba szervezve, eltérő módon veszik igénybe a hálózati erőforrásokat. Az IP-hálózatok erőforrásainak méretezéséhez szükséges szabályok megalkotásához az üzemelő hálózaton méréseket, statisztikai elemzéseket kell készíteni a forgalom jellemzőinek megismeréséhez. Ezek kialakításánál figyelemmel kell lenni arra, hogy a hálózat működését a mérésekkel ne zavarjuk és minél kisebb erőforrásokat vonjunk el az üzemelő hálózattól.

Elméletileg a mérési módszereket két nagy csoportra oszthatjuk. Az aktív mérések esetén mintauzeneteket küldünk rendszeresen a hálózat különböző pontjaira és ezen csomagok hálózaton történő áthaladását értékeljük. Az úgynevezett passzív mérések jellegzetesen a valós RTP és TCP/UDP csomagok fejlécének elemzésén alapulnak, amely statisztikai vizsgálatok kiterjedhetnek a hang- és videóforgalom mennyiségére, azok részarányára a teljes forgalomban, a csomagvesztésre, a csomagkésleltetés eloszlására, valamint ingadozására is. A gyakorlatban jellegzetesek a Netflow-mérések, amelyekből következtethetünk a TCP, UDP forgalom megosztására, irányultságára, mennyiségére és az átlagos csomagméretre, míg a Binnograph-alapú mérések a forgalom pillanatnyi értékét rögzítik és értékelhetjük a session-számot, a processzor terhelést és az IP-cím kihasználtságot is.

* A cikk eredményeinek döntő része a szerző BME Híradástechnikai Tanszékén végzett munkáihoz köthető.

2.2. Forgalomprognózis

A jövőbeni hálózatok tervezések egyik alapvető kiindulópontja a hálózaton átvinni tervezett forgalom mennyiségének és irányultságának meghatározása. Az integrált szolgáltatású hálózatok tervezése esetén az egyes IP kapcsolatok kapacitásigényét a különböző szolgáltatásokhoz tartozó alkalmazások forgalmi jellemzőiből, a tartalomszolgáltatók szervereinek földrajzi elhelyezkedéséből és az egyidejűleg igénybe vett alkalmazások darabszámaiból lehet származtatni. A forgalmi irányultságok meghatározásánál tekintettel kell lenni a hálózatban elhelyezkedő kiszolgáló szerverekre, amelyek a nem szerveralapú (peer-to-peer) kommunikációtípusú szolgáltatásoktól eltérő forgalmi viszonyokat eredményeznek.

Külön ki kell emelni a hálózatvezérlő és üzemeltést támogató jelzésátvitel kapcsán végzett forgalmi tervezést, amelynek elsősorban nem a forgalom mennyisége miatt van jelentősége, hanem a rendelkezésre állási és biztonsági követelményeik miatt kíván különös figyelmet.

2.3. IP-hálózati topológia- és linkkapacitás-tervezés

Az IP-hálózatok topológiájának és a szükséges linkkapacitásoknak a tervezése rendkívül összetett feladatot jelent. A technológia, a forgalmi viszonyok, a hálózati követelmények mindegyike drámai módon változik. Azért, hogy a feladat a gyakorlat számára is megoldható legyen, az IP-hálózatot célszerű berendezéseiben is és funkcionálisan is maghálózati (core) és aggregáló hálózati részekre szegmentálni. Az IP-hálózat szélén lévő (edge) routerek jelentik a kapcsolódást az aggregáló hálózat és az IP maghálózat között.

Jelen cikk keretében a transzportfunkciókra koncentrálván, elsősorban a hordozó fényvezető és az IP maghálózat modellezése és tervezése közti összefüggéseket vizsgáljuk, mivel ebben a hálózati szegmensben jelentkezik elsősorban a többrétegű hálózatok együttes tervezésének szükségessége.

A maghálózat rendelkezésreállási követelményét, teljesítményelőírásait úgy kell megtervezni, hogy a maghálózaton szállított valamennyi szolgáltatásra az erőforrások a kívánt mértékben rendelkezésre álljanak. Könnyű belátni, hogy a két technológiai réteg, a hordozó optikai hálózat és a kiszolgált IP maghálózat együttes méretezésével érhető el a hálózat költségoptimuma.

Figyelembe véve a két technológiai réteg jelenlegi adottságait, az IP rétegben kis kapacitások esetén a forgalom automatikus irányításával számos meghibásodás, nem várt forgalmi helyzet kezelhető. A Gigabit/sec kapacitású tartományban azonban ma a fényvezető rendszerek tartalékolása hatékonyabb. A fényvezető rendszerek vezérlése a közeljövőben a gyakorlati alkalmazás számára is elérhető lesz, így a mai hálózattervezési módszerekkel közelített statikus hálózati megoldásokat a szállítói rétegek automatikus vezérlése hatékonyabbá fogja tenni, s ezzel a nagyobb átviteli kapacitások tartományában is gazdaságosan megoldható lesz a nagy rendelkezésre állás biztosítása.

A két hálózati réteg együttes kezelése, mint látni fogjuk, a modellezésben megoldható, a tervezésben azonban meg kell elégedjünk a két réteg külön tervezésével és a tervezett hálózati változatok értékelése során tudunk visszacsatolásokat figyelembe venni a két réteg tervezésében. Az IP-hálózat tervezésénél meg kell határozzuk a routerek földrajzi helyét, kapacitását, a csomópontok közötti átviteli rendszerek kapacitását, forgalomirányítási szabályait, funkcionális követelményeit (QoS, multicast stb). Az eredményeknek olyan formában kell rendelkezésre állniuk, hogy a két réteg együttes értékelése elvégezhető legyen.

2.4. Fényvezetős hordozóhálózat tervezése

A fényvezetős hálózatok tervezése a WDM rendszerek újabb generációjának megjelenésével a csomagalapú transzport-hálózatok új alkalmazási lehetőségeit nyitotta meg, amelyek kezelésére a tervező rendszereinket is alkalmassá kell tenni. Az optikai regenerátorok, leágazó multiplexerek és kapcsolórendszerek egy új átviteli/transzport réteg megjelenését jelentik a routerek és fényvezető szálak, kábelek között.

A tervezés alapkérdése az, hogy a meglévő fényvezető kábelek mely irányait használjuk az IP-hálózat átviteli igényeinek kiszolgálására és hol alkalmazzunk leágazó, vagy több irányba elágazó rendszereket, kapcsolókat. A tervezéshez a meglévő kábeleinket kell figyelembe venni oly módon, hogy a nyomvonalon kötöttségekből származó összes információt figyelembe vehessük. A módszer része az optikai logikai topológiai változatok közül a számunkra legkedvezőbb elrendezés kiválasztása, azon körülmények között, hogy az igényeket alapvetően az IP-klienshálózat határozza meg.

A tervezési feladat hasonló az IP-réteg tervezéséhez abban a vonatkozásban, hogy ezen réteg esetén is meghatározzuk a rendszerek földrajzi elhelyezkedését és az átviteli kapacitások értékét. Természetesen a mérnöki tervezés része a hullámhosszkiosztás a fényvezető szálakon, a regenerátortávolság meghatározása és a kábelben elhelyezkedő fényvezető szál összerendelése a WDM berendezésekkel, valamint a WDM rendszerek alkotó elemeinek meghatározása.

2.5. Megbízhatósági és teljesítményelemzések

A megbízhatósági és hálózati teljesítőképességi elemzésekhez a berendezések és kábelek megbízhatósági értékeiből, a hálózati konfigurációkat figyelembe vevő adatokból, valamint a védelmi és tartalékolási előírásokból kell kiindulni. Az elemzéseket mind a tervezett, mind az üzemelő rendszerekre el kell tudni végezni. A meglévő rendszerekre vonatkozó információkat (például konfiguráció, az eszközök száma, kapacitása) a nyilvántartó rendszerekből kell kinyerni, amely felveti a nyilvántartó és tervező rendszerek modellezés szempontjából történő illesztését.

A tervezett hálózatok tervezési eredményeit olyan formában is meg kell jeleníteni, hogy alkalmas legyen a hálózat teljesítőképességét értékelő (rendelkezésre állási vagy QoS) számítások elvégzésére. A modellezés-

nél számításba kell venni az állapottér nagyságát és az elvárt becslések valószínűségi értékét. A számítások esetében az egyidejűleg bekövetkezett hibák valószínűségét és ennek hatásait is értékelnünk kell. Az eddigi tapasztalatokból látható, hogy a rendelkezésreállási számítások elfogadható időben történő végrehajtásához valamilyen nagyteljesítményű számítástechnikai környezetet is igénybe kell venni (például grid, klaszter).

2.6. A hálózatvezérlés és üzemeltetés tervezése

A hálózatvezérlés- és üzemeltetés-tervezést csak szorosan a témához kapcsolódóan említjük. A hálózatvezérlés információit, jelzéseit a tervezett hálózaton kell továbbítani és ahogyan már említettük, az információátvitel biztonságára megadott követelményeket kell kielégíteni. A hálózati elemek megbízhatósági értékeit a tervezés során az új eszközökre a gyártók által garantált meghibásodási értékek (MTBF – Mean Time Between Failures) figyelembevételével tervezzük. Üzemelő eszközöknél a hibastatisztikák értékelésével korrigáljuk a gyártói adatokat, becsléseket. Az üzemeltetés tervezésénél a hibaelhárítási időket az üzemvitel működési és folyamati szabályozásával összhangban kell meghatározni. Gyakori kérdés az automatikus tartalékolás vagy a hibajavítási időből eredő kapacitáskiesések hálózati hatásának értékelése.

3. Többrétegű hálózatok tervezési és megbízhatósági modellezése

3.1. Többrétegű hálózatok modellezési problémája

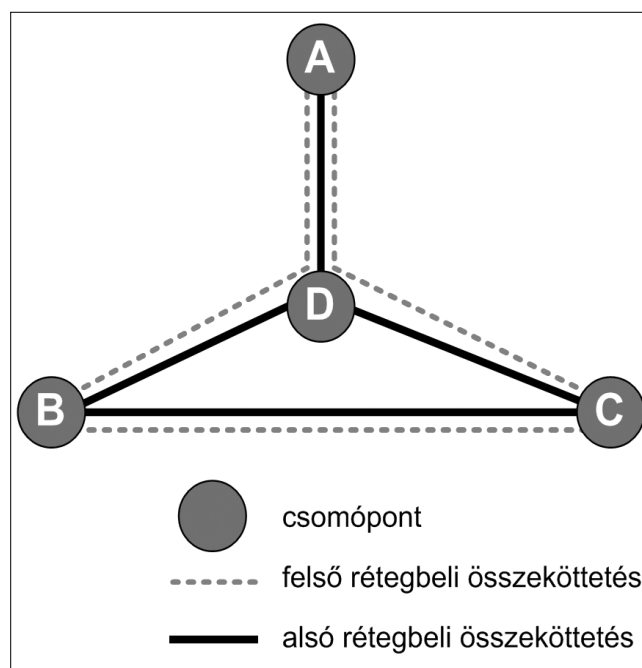
Az előző pontokban összefoglaltuk azokat a legfontosabb kérdéseket, amelyekkel a kommunikációs hálózatok tervezői a gyakorlati munkájukban találkozhatnak. Ebben a pontban e kérdések közül kettőt, a többrétegű technológiai környezetet és a megbízhatósági analízist emeljük ki és azokat a modellezési megoldásokat ismertetjük, amelyek lehetőséget adnak arra, hogy a hálózatok tervezésekor a gyakorlatban használható eredményeket lehessen szolgáltatni.

A hálózattervezés és analízis kritikus kérdése, hogy az alkalmazott sokféle technológia jellegzetesen nem külön-külön, hanem együttesen kerül alkalmazásra. Egy külső szemlélő számára ezek az összetett hálózati megoldások egyszerűen úgy értelmezhetők, hogy hálózati csomópontként vagy linkként pusztán a technológiai változatokból vagy modulméretekből adódó megvalósítási kérdésekkel kell számolni. Úgy tűnhet, hogy a hálózat egy gráffal viszonylag könnyen modellezhető, s bár a modularitásból adódóan a tervezési vagy analízis-feladatok elvégzéséhez szükség van speciális technikákra, azok elvégezhetők, majd a modell könnyen viszszafordítható az aktuális, bár összetett technológiai környezetre.

A probléma jellegét az 1. ábra egy egyszerű példával illusztrálja, amely mindössze négy csomópontot tartalmaz. Tegyük fel, hogy egy felső technológiai rétegben létezik az A-B, A-C és B-C összeköttetés, míg az

alsó rétegben csak az A-D, B-D, C-D és B-C linkek állnak rendelkezésre. A felső réteg linkjeit az egyszerűség érdekében tekintsük először kábeleknak, míg az alsó réteget alépítmény-összeköttetéseknek. Ilyen helyzet könnyen előállhat fizikai korlátok miatt, mikor például az A, illetve a B és C csomópontok egy folyó vagy vasúti összeköttetés két oldalán vannak és az adott akadály két oldala között a D pont biztosít átjárást.

1. ábra
Négy csomópontos egyszerű többrétegű illusztráció



Az 1. ábra több kérdésre is ráirányítja a figyelmet:

- Méretezési szempontból a felső rétegben a linkek „terhelése” közvetlenül rendelkezésre áll az adott rétegbeli összeköttetésekből, az alsó rétegben azonban a B-C link terhelése ugyan megegyezik a felső rétegbeli B-C link terheléssel és a B-D, C-D linkek terhelése megegyezik a felső rétegbeli A-B és A-C összeköttetésekkel, az A-D link terhelése azonban a felső rétegbeli A-B és A-C összeköttetések terhelésének összege lesz.
- Megbízhatósági szempontból a felső rétegbeli linkek kiesése csak az azokon realizált összeköttetések kiesésével jár, így mind az A-B, mind az A-C, mind pedig a B-C link kiesése esetén elvileg mód van a harmadik – rendre a B, C vagy A – csomóponton keresztül a kapcsolat helyreállítására. Könnyen felismerhető, hogy amennyiben az alsó rétegben a B-C, B-D vagy C-D linkek hibásodnak meg, akkor ez továbbra is kezelhető, az A-D link kiesése azonban az A-B és A-C összeköttetések védelmét egyaránt kizárja.

Hangsúlyoznunk kell, hogy a fenti példa két szempontból is csak illusztratív:

- a felső réteg lehetne például három viszonylag távoli pont közötti IP-összeköttetések rendszere, míg az alsó réteg jelenthetne fényhullámhosszon létesített optikai csatornákat is, amelyek a D pontban, egy optikai kapcsolóban találkoznak;

- az említett négy réteg (IP-rétegbeli összeköttetés, fényhullámhosszon létesített átviteli csatorna, fényvezető kábel, alépítmény) – és még számos további – a gyakorlatban nagyon gyakran együtt is előfordul úgy, hogy valamennyi felső és alsó réteg kapcsolatában a fenti problémák felmerülnek.

A hálózati modelltől ezért azt várjuk el, hogy képes legyen leírni

- összetett technológiai környezetben az együttesen előforduló technológiai változatokat;
- a létező és/vagy lehetséges hálózati erőforrásokat, azok aktuális felhasználását, a rendelkezésre álló szabad kapacitásokat;
- az egyes hálózatelemek megbízhatósági jellemzőit (meghibásodási gyakoriságát vagy kiesési időarányát), létesítési költségét, valamint
- a különböző rétegbeli linkek kiesése esetén az alkalmazott védelmi megoldásokat.

A gyors technológiaváltások következtében e célok csak egy olyan háttérrel érhetők el, amely minden tervezési és analízis eljárást technológiafüggetlenül specifikál és csak azok paramétereiként kezeli az egyes technológiák különbözőségeit. A továbbiakban először egy általános, technológiafüggetlen rétegelt modellt javasolunk, majd egy olyan megoldást ismertetünk, amely lehetővé teszi nagyméretű hálózatok megbízhatósági elemzését is.

3.2. Rétegelt hálózati modell

Egy adott transzporttechnológián belül a rétegek szerinti felosztás hosszabb ideje szokásos megoldás. Az egyes rétegek funkcionális jelentéssel bírnak és különböző logikai elemeket reprezentálnak. Az általunk kialakított módszer a rétegek szerinti hálózatleírást általánosítja úgy, hogy minden adott rétegbeli kapcsolat szakaszokra bomlik és az adott rétegbeli szakaszokat

egy náluk alacsonyabb hierarchiájú réteg realizálja úgy, ahogyan azt a 2. ábra egy leegyszerűsített képen mutatja.

A rétegelt modell meghatározó elemei a következők:

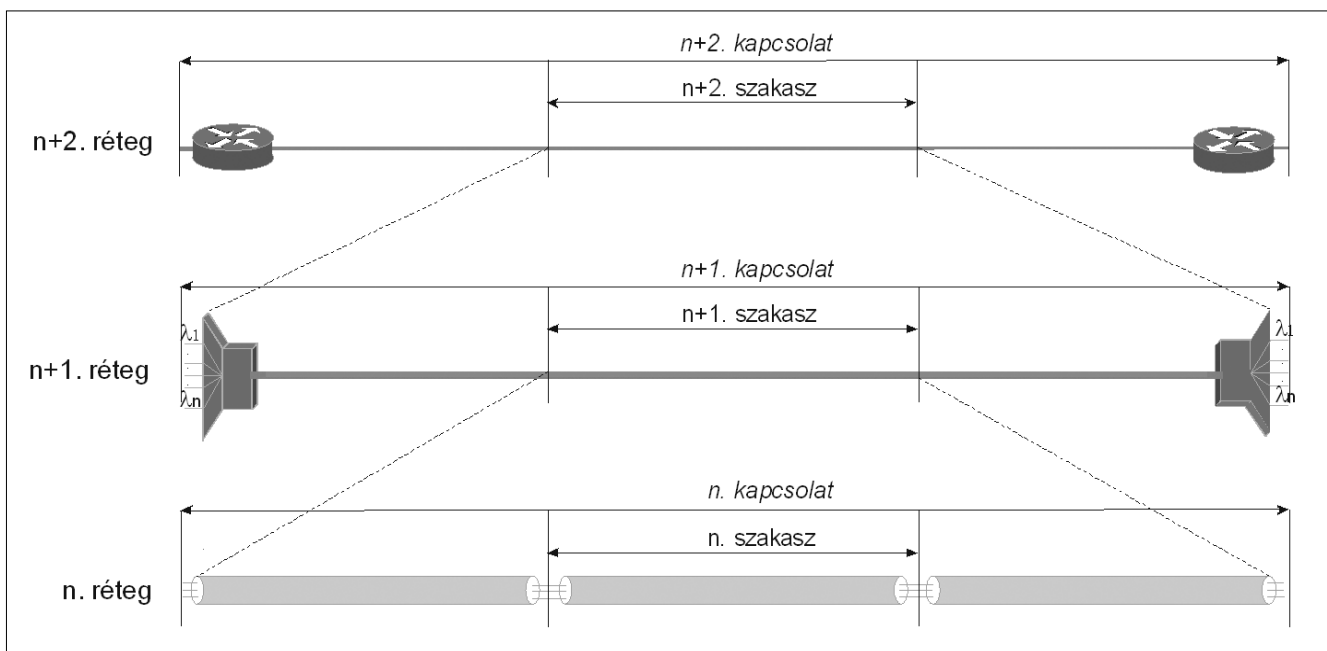
- A rétegek felülről lefelé, a logikai szintű forgalmi igényektől a kábelcsatornáig (N...1. réteg) rendezettek úgy, hogy a rétegek kliens-szerver kapcsolatban vannak egymással. Két – nem feltétlenül szomszédos – réteg esetén a logikai szinthez közelebb álló réteg a kliens és a fizikaihoz közelebbi pedig a szerver.

- Egy rétegben a csomópontpárok közötti kliensigények egy vagy több szakaszra bomlanak úgy, hogy a szakaszok végpontjában a szerverréteg egy-egy csomópontja helyezkedik el, míg a szakaszokat magukat a szerverréteg egy-egy linkje realizálja. Ezt folytatva, a szerverréteg kapcsolatait mint klienseket, mindig az alatta elhelyezkedő szerverréteg csomópontjai és linkjei valósítják meg úgy, hogy a szerverréteg kapcsolatai a kliensigények átviteli vagy forgalmi multiplexálását végzik kötött vagy kötetlen pozíciókkal.

- Az egyes rétegek csomópontjai és linkjei technológia-specifikus méretekkel és más fizikai jellemzőkkel rendelkezhetnek és fontos tulajdonságuk továbbá, hogy a tervezési és analízis-folyamatok számára hozzájuk költségek és megbízhatósági jellemzők is rendelhetők. Az egyes kapcsolatok közvetlenül megfeleltethetők létező vagy tervezett összeköttetéseknek és egyértelműen leírják azokat a megvalósítási viszonyokat is, amelyeket az 1. ábra bemutatott.

Az általános rétegelt modell alapján az optimalizálási folyamat csak a modelltől függ és közvetlenül nem függ a konkrét hálózattól, illetve az alkalmazott hálózati technológiáktól. A konkrét technológiai jellemzők csak a tervezési paramétereken keresztül gyakorolnak hatást a tervezési folyamatra. Minden rétegben különbö-

2. ábra A rétegelt modell illusztrációja három réteggel



ző tervezési-méretezési funkciók kerülnek végrehajtásra, amelyek megalapozzák az igények elvezetésének, multiplexálásának és az alkalmazott berendezések konfigurálásának részletes tervét is úgy, hogy az így kialakított komplex tervezési folyamatok alkalmasak a különböző rétegek egymásra hatásának figyelembevételére is.

E folyamatok egyaránt lehetnek „bottom-up” jellegűek, amikor először a legalacsonyabb rétegben történik meg az igények elvezetési nyomvonalának megtervezése, majd ezt követik a felsőbb rétegbeli tervezési lépések, vagy lehetnek „top-down” jellegűek, amikor a tervezési folyamat a felsőbb rétegek felől halad, de közben kezeli az alsóbb rétegbeli gráfok szerkezetét is. A gyakorlati esetek többségében önmagában egyik irány sem képes megfelelő eredményt szolgáltatni, hanem szükség van a tervezésben iteratív lépések beiktatására is.

3.3. Rétegelt hálózatmodellre alapozott teljesítőképességi analízis

A mai kommunikációs hálózatok esetén nem egyszerűen a hálózati infrastruktúra rendelkezésre állásának jellemzése szükséges, hanem gyakori követelmény az egyedi szolgáltatások rendelkezésre állásának garantálása is. A szolgáltató számára ezért alapvető az aktuális hálózat ismeretében a hálózat egészére, az egyes szolgáltatástípusokra, illetve az egyes igényekre vonatkozó jellemzők meghatározása is.

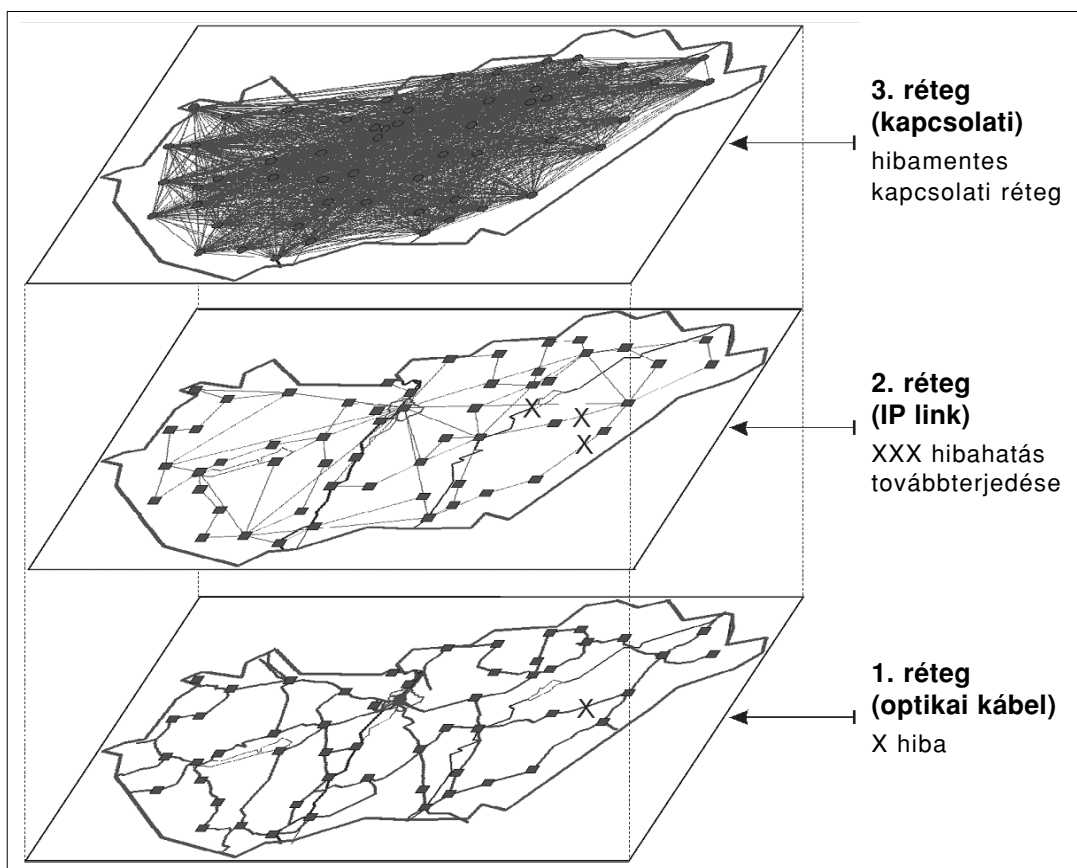
A rétegelt hálózatmodellre alapozottan és ahhoz illeszkedően ezért egy általános teljesítőképességi analízis-folyamatot hoztunk létre, mely folyamat főbb elemeit

– egy leegyszerűsített háromszintű példán – a 3. ábra illusztrálja. E rétegelt hálózatmodellre alapozott folyamatban a különböző elemek lehetséges meghibásodásai rétegről rétegre továbbterjednek a szerverrétegek felől a kliensrétegek felé azáltal, hogy

- a legalsó rétegben bekövetkezett kábelhibák (meghibásodott szerverkapcsolatok) megvalósíthatatlanná teszik az általuk realizált kliens kapcsolatokat;
- az adott rétegben vagy annak klienseiben aktivizálódnak a rétegben kialakított hibatűrési biztosító funkciók, amelyek megakadályozzák vagy megengedik a hibahatás továbbterjedését;
- az ábrán a 2. (a valóságban sokszor egy sokadik) réteg aktuális állapotában meghatározásra kerülnek a 3. (a valóságban sokszor magasabb kapcsolati) réteg megfelelő teljesítményjellemzői.

Az utóbbi lépésben meghatározó, hogy egyrészt a legfelső réteg valamennyi – hibamentes állapotban létező – kapcsolata vizsgálatra kerül. A bekövetkező meghibásodásoktól függetlenül megvalósítható kapcsolatok mennyisége jellemzi az alkalmazott hálózati architektúra, technológiák és védelmi megoldások hibatűrési hatékonyságát, azaz a hálózat teljesítőképességét, másrészt az egyes kapcsolatok külön is vizsgálhatók és ezzel az egyes kapcsolatok rendelkezésre állása egyedileg is értékelhető.

A kialakított általános folyamat fontos jellemzője, hogy nyitott mind az alkalmazott hálózati technológiá(ka)t, mind az alkalmazott hibatűrési megoldásokat, mind pedig a hálózat teljesítőképességét mérő jellemzőket te-



3. ábra
A teljesítőképességi
analízis
háromrétegű
illusztrációja

kintve. Gyakorlatilag tetszés szerinti szimulációs vagy analízis eszköz csatlakoztatható hozzá, legfeljebb a rétegelt hálózatmodellben eredményként kapott meghibásodások utáni hálózati képet kell transzformálni az adott teljesítményelemző eszköz bemenetére.

A gyakorlati megbízhatósági analízis esetén kritikus kérdés még a rendkívül nagy állapottér kezelése, ami lehetetlenné teszi valós hálózatok esetén a teljes állapottér elemzését. E probléma kezelésére olyan mintavételezési eljárásokat használunk, amelyek vagy az állapottér legvalószínűbb állapotait kezelik, vagy a mintákat speciális módon (stratified sampling), az egyhibás állapotra alapozottan állítják elő és lehetővé teszik az értékelhető pontosságú eredmények előállítását, szolgáltatását viszonylag kevés (akár néhány száz ezer) állapot elemzése esetén is. A néhány száz ezres szám nagynak tűnik, fontos azonban azt látni, hogy egy reális méretű hazai hálózatban jellegzetes a nagyságrendben 1000 hálózatelem (kapcsoló, router, link) figyelembevétele, ami 2^{1000} lehetséges állapotot jelent és ehhez képest a 106 nagyságrendű állapot elemzése mellett, kellő (néhány százalékos) pontosságú becslés rendkívül kedvező.

4. NGN transzport-hálózat-tervezés gyakorlati példája

Az előző szakaszokban részletesebben ismertetett tervezési és modellezési feladatok gyakorlati megvalósítá-

sának főbb építőköveit és adatbázis-kapcsolatait szemlélteti a 4. ábra.

A tervezési folyamatot négy különálló, egyenként is több alrendszerből álló tervezőmodul alkotja. A cikkünkben bemutatott tervezési feladatok, az IP és átviteli hálózati réteg tervezése, modellezése és megbízhatósági elemzése a FLEXPLANET tervezői csomag segítségével végezhető el.

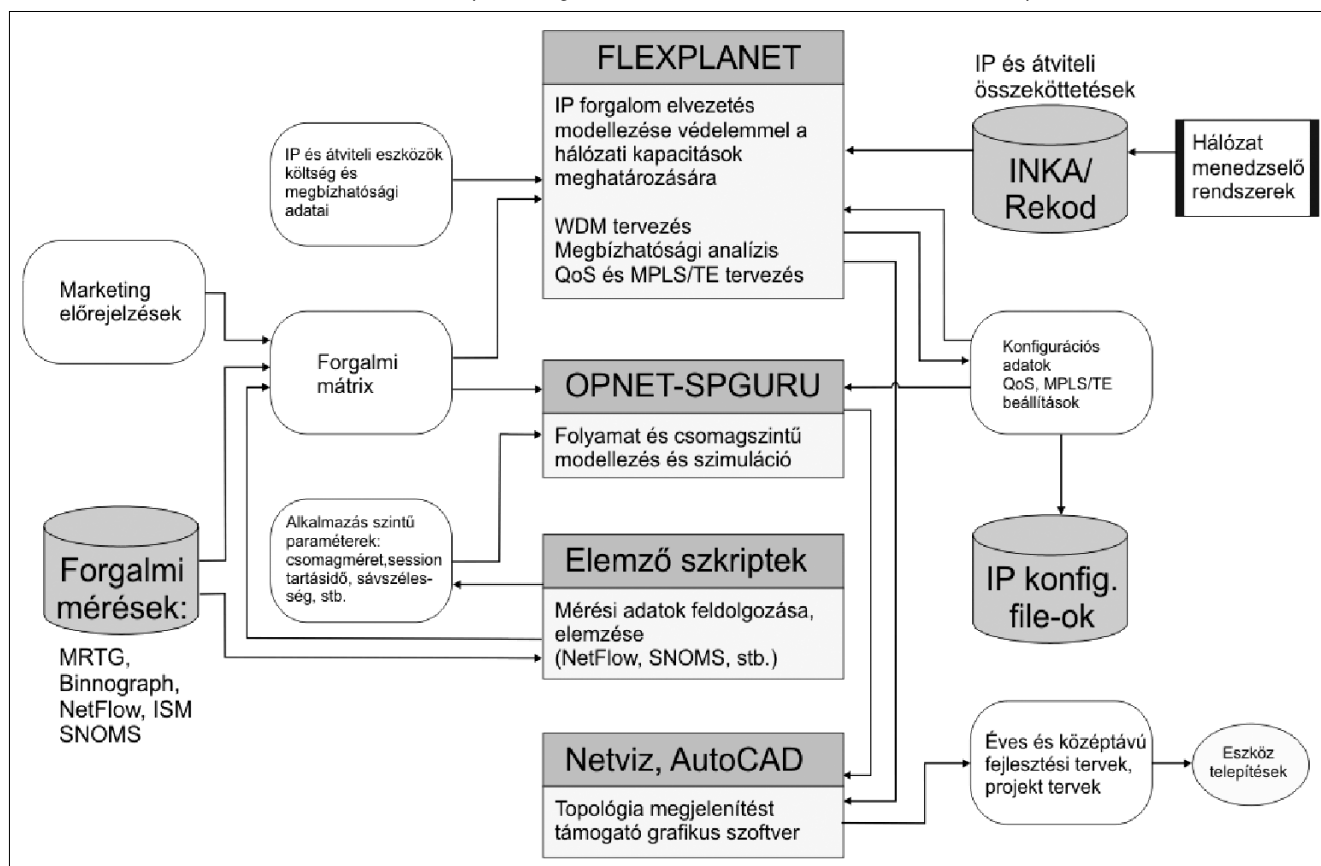
A tervező rendszer fejlesztése során a BME és PKI munkatársainak közös munkájában alkalmaztuk a fentebb ismertetett, többretegű hálózatok leírására alkalmas elvet, amely az új technológiák megjelenését követve alkalmas az új tervezési követelményeknek megfelelni. A tervező rendszerhez kapcsolódnak a Magyar Telekom nyilvántartási adatbázisai és a tervezést, üzemeltetést támogató egyéb rendszerek.

A tervezői és nyilvántartó adatbázis összekapcsolásának példáját mutatja a FLEXPLANET tervező és INKA/Rekod nyilvántartási rendszerek együttműködése. Az INKA/Rekod adatbázis tartalmazza a Magyar Telekom IP és WDM rendszereinek, valamint fényvezető kábeleinek adatait.

5. Tervezési tapasztalatok

Az ismertetett általános modell és tervezési alaplépések lehetőséget adtak arra, hogy az elmúlt 15 éves időszakban bevezetésre került kommunikációs technológi-

4. ábra Az NGN transzportrétegének fő tervezési elemei és adatbázis-kapcsolata



ákra (SDH, ATM, IP, WDM) alapozott hálózatok tervezését széles körben támogatni lehessen, mind a bevezetés, mind pedig az azt követő továbbfejlesztések során, és egyúttal számos tapasztalatot is eredményeznek a gyakorlati alkalmazások kapcsán.

A legutóbbi időben a többbrétegű hálózati elemzések egyrészt rámutattak a fizikai és logikai rétegek együttes kezelésének előnyeire és elősegítették a hálózat gyenge pontjainak meghatározását. Másrészt az IP és WDM rétegek együttes tervezése, a tartalékolási elvek összehangolt kezelése költségmegtakarítást eredményezett a megfelelő szintű hálózat-rendelkezésreállítás biztosítása során.

A technológia-független hálózatmodellezés lehetővé teszi a gyors technológiai változások tervezői módszertanban történő folyamatos követését. A hálózatnyilvántartó és tervező rendszerek összekapcsolásával ellenőrizhetővé válnak olyan nyilvántartási hiányosságok, amelyek csak nehezen fedezhetők fel és az üzemeltetés során hibás döntésekhez vezethetnek.

Végül megemlíthető, hogy az időszakos hálózatátrendezésekkel a hálózat kihasználtsága gazdaságosabbá tehető a folyamatosan felmerülő igények változatlan hálózati állapot szerint történő megvalósításához képest.

Összefoglalva megállapítható, hogy a technológia-független hálózatmodellezésre alapozott tervezési és analízis folyamatok lehetővé tették a gyors technológiai változások folyamatos követését és módot adtak a felmerülő gyakorlati feladatok hatékony megoldására.

A szerzőkről

SIPOS ATTILA a Budapesti Műszaki Egyetemen 1976-ban szerzett villamosmérnöki oklevelet. Az egyetem elvégzése után a Postai Tervező Intézetben távközlési rendszertervezőként, 1986-tól csoportvezetőként, 1990-től a Távközlési Rendszertervező iroda vezetőjeként dolgozott. 1991-ben a tervező és kutató intézet összevonása után a MATÁV Rt. PKI Távközlésfejlesztési Intézet hálózatfejlesztési igazgatóhelyettesévé nevezték ki. Részt vett a MATÁV hálózatának digitalizálásában és az országos fényvezető hálózat kiépítésének tervezésében. Jelenleg a Magyar Telekom PKI Fejlesztési Igazgatóság, Hálózatfejlesztési ágazatának vezetőjeként szervezi a Magyar Telekom fixhálózatának fejlesztését. Irányításával készülnek az országos IP és WDM transzport-hálózat, valamint az aggregációs hálózat fejlesztési és megvalósítási tervei. A távközlő hálózat gördülő tervezésének kidolgozása és bevezetése területén végzett tevékenységért 1994-ben Békésy emlékéremmel tüntették ki. A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület és a Mérnök-kamara tagja.

JEREB LÁSZLÓ a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán 1971-ben villamosmérnöki és mérnök-tanári oklevelet, 2004-ben MTA doktora címet szerzett. 1971-től 2005-ig a BME Híradástechnikai Tanszékének főállású oktatója, 2004 óta a BME, 2005 óta a Nyugat-Magyarországi Egyetem (NYME) főállású egyetemi tanára. Fő oktatási és kutatási területe a kommunikációs hálózatok tervezése, teljesítmény- és megbízhatósági elemzése. E témakörökben számos hazai és több külföldi egyetemi tantárgy kidolgozója és oktatója, hazai és nemzetközi kutatási-fejlesztési projektek vezetője. A 2002 óta a Sopronban beindított gazdaság-informatikus képzés szervezője, 2003-tól az NYME Informatikai, majd Informatikai és Gazdasági Intézetének igazgatója, 2008-tól a Faipari Mérnöki Kar dékánja. 1999-2004 között a Távközlési Mérnöki Minősítő Bizottság, majd az Informatikai és Hírközlési Szakértői Bizottság elnöke, az MTA Távközlési Rendszerek Bizottság (TRB) tagja, a Magyar Akkreditációs Bizottság informatikai és villamosmérnöki tudományok szakbizottság, a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács, valamint az OTKA Életlen Természettudományi Kollégiumának tagja.

Irodalom

- [1] L. Jereb, T. Jakab, M. Telek, A. Sipos, G. Paksy, "Planet: A tool for telecommunication network planning and its application in Hungary," *Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 12:7, 1994, pp.1261–1272.
- [2] L. Jereb, F. Unghváry, T. Jakab, "A methodology for reliability analysis of multi-layer communication networks," *Optical Networks Magazine*, Vol. 2, 2001, pp.42–51.
- [3] E. Babics, E. Csákány, T. Jakab, R. Konkoly, L. Szandi, "Operational database-related multi-layer network modeling to support network development at Magyar Telekom", in *NETWORKS 2008 – 13th Int. Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium*, Budapest, 2008. (elfogadott előadás)
- [4] Z. Zsóka, F. Unghváry, L. Jereb, T. Izsó, "FLEXPLANET, a flexible multilayer network design tool," in *NETWORKS 2008 – 13th Int. Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium*, Budapest, 2008. (elfogadott előadás)

Hálózati helyzetkép

VIDA ROLLAND, CINKLER TIBOR

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Távközlési és Médiainformatikai Tanszék
{vida, cinkler}@tmit.bme.hu

Kulcsszavak: hozzáférési hálózatok, gerinchálózat, heterogén hálózatok

Az utóbbi két évtizedet az infokommunikációs hálózatok rohamos fejlődése jellemezte. Az átviteli sebességek 5-6 nagyságrenddel megnövekedtek, a vezetékes fix hozzáférés mellett megjelentek és egyre inkább elterjednek a vezeték nélküli és mobil technológiák, és a szolgáltatások köre is egyre bővül. A korábbi „killer application”-nek számító web és e-mail mellett ma már egyre többen használják internetkapcsolatukat videokonferenciázásra vagy nagyfelbontású tévéműsorok megtekintésére. A felhasználók adatátviteli szükségleteinek kiszolgálására ma már számos különböző technológia és átviteli közeg (pl. réz érpár, koaxiális kábel, fényvezető szál, szabad tér) áll rendelkezésre. Cikkünk első részében igyekszünk ezért egy rövid áttekintést adni a hozzáférési- és gerinchálózatokban használt hálózati technológiák fejlődési mérföldköveiről. Mindemellett egyre fontosabbá válik az a törekvés, hogy a hálózati struktúra heterogenitását a szolgáltatások szempontjából elrejtjük a felhasználók előtt. Ezért a cikk második felében kitérünk a hálózatok menedzselésének és vezérlésének nehézségeire is.

1. Bevezető

Az utóbbi évtizedekben az infokommunikációs hálózatok elképesztő fejlődésen mentek keresztül. A '80-as évek végén még annak örülhettünk, ha a betárcsázós internetkapcsolaton keresztül néhány száz bit/s sebességgel el tudtunk küldeni egy szöveges üzenetet, ma viszont már nagyfelbontású videóanyagokat nézhetünk a telefonunkon utazás közben, több tízezerszeres átviteli sebességek mellett. Ebben a cikkben elsősorban ennek a hihetetlen fejlődésnek a különböző lépéseit szeretnénk bemutatni.

Az infokommunikációs hálózatokat elsősorban területi kiterjedésük alapján és az ezzel összefüggő funkcióik szerint szokták felosztani, hozzáférési-, metro-, illetve gerinchálózatokra. A hozzáférési hálózat az a jellemzően rosszul kihasznált része a hálózatnak, mely a felhasználókat csatlakoztatja a közvetlen (Internet-, telefon-, vagy műsorszórtó) szolgáltatójukhoz. Ezt a részt, elsősorban a telefonhálózatokból átvett terminológia alapján, előfizetői huroknak is nevezzük; a hagyományos rézhurok mellett ma már elterjedt az optikai vagy a vezeték nélküli helyi hurok kifejezések használata is.

A nagyvárosi vagy „metro”-hálózat a hálózat középső része, ahol a hozzáférési hálózatok forgalmát a jobb hálózatkihasználtság érdekében összefogják (aggregálják), rendszerezik, rendezik és kapcsolják. Ezáltal a forgalom egy részét a különböző hozzáférési szegmensek között, a többi pedig további metro-hálózatok felé irányítják (a gerinchálózaton keresztül). Végül a gerinchálózata az a szegmens, amely biztosítja az egymástól gyakran igen távol eső metro-hálózatok és az azokra csatlakoztatott felhasználók közti kommunikációt.

Ennek a rendszerezésnek megfelelően cikkünkben előbb bemutatjuk a különböző hozzáférési és aggregációs technológiákat, majd kitérünk a gerinchálózatok

fejlődésének fontosabb lépéseire. A hálózati technológiák bemutatásánál azonban nem lehet csak az átviteli megoldásokra korlátozódni, meg kell azt is vizsgálni, hogyan tudjuk ezeket a hálózatokat karbantartani, menedzselni, hogyan tudunk különböző szolgáltatásokat biztosítani felettük.

Manapság nagyon divatos a hálózatok és szolgáltatások konvergenciájáról beszélni. A cikk utolsó részében ennek megfelelően megpróbáljuk bemutatni a jelenlegi heterogén hálózati struktúra menedzselésének és vezérlésének nehézségeit, valamint egyes, a szolgáltatások szempontjából technológia-független és homogenizált, konvergens hálózati architektúra kialakítására irányuló törekvéseket.

2. Fejlődési trendek a hozzáférésben

Az Internet születése a '60-as évek végére tehető, amikor kezdetben négy amerikai egyetem (UCLA, Stanford, Santa Barbara és University of Utah) számítógépeit sikerült egy közös hálózatba kötni, az ARPANET projekt keretében. A létrejött hálózat egyre népszerűbbé vált, egyre több egyetem csatlakozott hozzá, habár a növekedés mai szemmel nézve elég lassú volt; 15 év kellett például ahhoz, hogy 1984-re a hálózat mérete elérje az 1000 számítógépet. Jelentős változás ebben a dinamikában a '90-es évek elején vált érzékelhetővé, amikor a kezdeti tudományos ARPANET hálózatot, mely nagyrészt egyetemi kutatóközpontok összekötését valósította meg, lassan felváltotta az otthoni előfizetők tízmillióit kiszolgáló kereskedelmi célú Internet.

Egyre több olyan szolgáltatás (kezdetben az e-mail, a web, majd az internetes (video)telefonía, a fájlcsere és a „triple play” alkalmazások – hang-, internet- és tv-átvitel) jelent meg, mely vonzóvá tette a technológiát

nem csak a kutatók, hanem az átlagember számára is. Ráadásul az emberek nem elégedtek meg az Internet munkahelyi használatával, saját otthonukban is szeretnek volna hasonló szolgáltatásokat. Ezzel elkezdődött a hozzáférési technológiák versenye.

A hozzáférési hálózatok a technológia típusától függően két nagy csoportba sorolhatóak: vezetékes, illetve vezetéknélküli hozzáférési hálózatok. Egy vezetékes hozzáférési hálózat kiépítésének legnagyobb költségét nem maguk a kábelek, vagy a különböző intelligens eszközök (modemek, kapcsolók stb.) jelentik, hanem a befektetett munka (árkok ásása, falak fúrása, kábelek vezetése). Kézenfekvő ötlet volt tehát, hogy a már meglévő, az előfizetők otthonáig terjedő, különféle célokra kialakított hálózatokat próbáljuk meg felhasználni az Internethez való hozzáférésre is, így elkerülendő az új kábelek lefektetésével, föld- és kőművesmunkával járó kiadásokat. Ilyen meglévő hálózatok például a telefon-, az elektromos-, vagy a kábeltévé-hálózatok.

A vezetékes telefonhálózatok két fontos építőeleme a „helyi hurok”, mely egy csavart réz érpáron keresztül a végfelhasználókat köti össze a legközelebbi helyi kapcsolóközponttal, és a törzshálózat, mely a kapcsolóközpontokat összekötő – jellemzően optikai – trónkökből tevődik össze. Kezdetben a hálózat teljesen analóg volt, ma viszont fokozatos az áttérés a digitális átvitelre, főleg a törzshálózatban. A beszédátvitelre egy 4 kHz-es beszédcsatornát használunk, a telefonközpontban elhelyezett szűrő pedig csak az ebben a frekvenciasávban kapott adatokat engedi át. Ennek megfelelően a kezdeti „betárcsázós” (dial-up) Internet szolgáltatáshoz is csak ezt a korlátozott sávszélességet lehetett biztosítani. A szolgáltatáshoz szükség volt egy „modemre” (mozaikszó a „modulator” és „demodulator” kifejezésekből), mely a számítógép digitális adatait moduláció segítségével analóg jellé alakította (D/A konverzió), illetve a telefonvezetéken érkező analóg jelet vissz irányba demodulálta és digitális tartalomként továbbította a PC felé (A/D konverzió).

Az első modemet az '50-es években az amerikai légvédelem használta katonai adatok küldésére a telefonhálózaton keresztül. Az első kereskedelmi forgalomban kapható modem 300 bit/s sebességű átvitelre volt képes (1962), a modemek fejlődésével azonban a sebesség jelentősen megnövekedett, egészen 56,6 kbit/s-ig (1990). Ezzel azonban el is értük a biztosítható felső sebességhatárt, mely a szűk beszédcsatornának és az A/D–D/A konverziók pontatlanságának (kvantálási zaj) volt köszönhető.

A dial-up megoldáshoz képest jelentős előrelépést jelentett az ISDN (Integrated Services Digital Network) technológia megjelenése, mely végponttól végpontig digitális átvitelt valósított meg. A beszédkódoló itt magába a telefonkészülékbe van beépítve, a szűk beszédcsatorna immár nem korlátozó tényező, ezáltal pedig jobb minőségű és nagyobb sebességű átvitelt lehet biztosítani. Az ISDN-hozzáférésnek két lehetséges konfigurációja volt leginkább használatos: az alapsebességű hozzáférésnél (BRA – Basic Rate Access) 128 kbit/s-os,

míg a primer sebességű hozzáférésnél (PRA – Primary Rate Access) akár 2 Mbit/s-os sebesség is elérhető volt.

Habár az ezredfordulón az ISDN volt a legelterjedtebb internet-hozzáférési technológia, az újabb szolgáltatások egyre nagyobb sávszélességigényét nem tudta kielégíteni, ezért már a '90-es évek végén megjelennek, majd egyre jobban elterjedtek a különböző DSL (Digital Subscriber Line) megoldások [1]. A DSL szintén a hagyományos telefonvezetéseket használja, kétoldali szűrők segítségével azonban szét tudják választani a beszédcsávot és az ADSL forgalmat. Így lehetővé válik az előfizetői hurok teljes kapacitásának kihasználása és megoldható a párhuzamos telefonálás és az internetezés.

A legnépszerűbb DSL megoldás ma az ADSL (Aszimmetrikus DSL), melyben az adatok letöltésére elkülönített sávszélesség jóval nagyobb a feltöltésekre szánt sávszélességnél. Gyakorlatilag ez a kezdeti ADSL szabványban (1999) lefelé irányban max. 8 Mbit/s, felfelé pedig 1 Mbit/s-os sebességet jelentett, 3 km-es hatótávolságon. Az ADSL2+ szabvány (2003) max. 16-24 Mbit/s-os lefelé irányuló sebességet tesz lehetővé, 1,5 km-es hatótávolságon, a VDSL (Very-high-data-rate DSL) szabvány (2004) pedig 52 Mbit/s lefelé és 16 Mbit/s felfelé irányuló sebességet biztosít, mindezt azonban csak néhány száz méteres távolságon. Éppen ezért a VDSL technológiát leginkább optikai hálózatok forgalmának épületeken belüli kiterjesztésére javasolják, mivel a szükséges számos hajlítás miatt a fényvezető szál ilyen környezetben előnytelen.

Az aszimmetrikus jellegű webforgalomra optimalizált hozzáférési technológiák mellett azonban fokozatosan megjelentek a szimmetrikus megoldások is, melyek jobban alkalmazkodnak a videotelefónia vagy a fájlcserelelő alkalmazások (pl. Kazaa, BitTorrent) forgalmi jellegzetességeihez. A szimmetrikus SHDSL (Symmetric High-speed DSL) szabvány (2001) mindkét irányban 2,3 Mbit/s-os sebességet biztosít 3 km-es körzeten belül, a legújabb VDSL2 szabvány (2005) pedig akár 100 Mbit/s-os szimmetrikus sebesség biztosítására is képes, mindezt azonban csak pár száz méteres távolságon. 2006-ban pedig már megjelentek az első tudományos cikkek a Gigabit DSL technológiáról, mely akár 1 Gbit/s-os sebességet tud biztosítani mindkét irányban, elsősorban az egymás mellett haladó réz érpárok közötti interferenciák csökkentésével, melynek köszönhetően jóval nagyobb frekvenciatartomány válik használhatóvá.

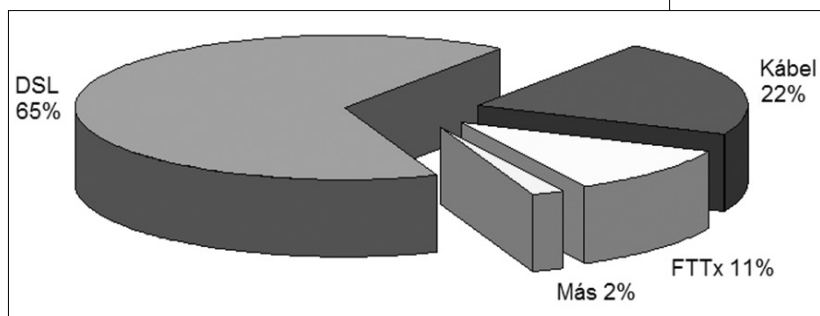
A vezetékes hozzáférés terén a DSL technológiák jelenlegi legnagyobb vetélytársa a kábeltévé-hálózatra épülő szélessávú internetszolgáltatás. A DSL-el ellentétben, ahol minden felhasználónak elkülönített sávszélességet tudunk biztosítani a saját csavart réz érpárján, a kábeles internet esetén a felhasználók közösen osztanak egy koaxiális kábelre, amely azonban jóval nagyobb sávszélességet biztosít. Míg a DSL-nél lényegében egyéni választás kérdése, hogy aszimmetrikus vagy szimmetrikus hozzáférést akarunk-e biztosítani, a kábeles internetezést technológiai megkötések (a tévécsatornák spektrumkiosztása, a le- és felirányú erősítők elhelyezése) teszik aszimmetrikussá. A kezdeti szabvá-

nyok a DSL-hez hasonló sebességeket tettek lehetővé, a legújabb DOCSIS 3.0 szabvány (2006) viszont már 300 Mbit/s lefelé és 108 Mbit/s felfelé irányuló sebességet biztosít, több átviteli csatorna összekapcsolásával (channel bonding).

Egy kevésbé elterjedt hozzáférési technológia az elektromos vezetékeken keresztül nyújtott BPL szolgáltatás (Broadband over Power Line). Az eredetileg csak a közép feszültségű vezetékeket használó technológiát speciális modulációs és hatékony zajszűrő megoldások segítségével ma már kiterjesztették az alacsony feszültségű vezetékekre is. A technológia előnye a szinte mindenütt jelenlévő elektromos hálózat kihasználása, viszont nagy hátránya, hogy a telefon- vagy kábeltévé-vezetékekkel ellentétben az elektromos vezetékek nincsenek leárnyékolva. Ennek köszönhetően a BPL nagyon érzékeny az interferenciákra és maga is komolyan zavarhatja a közelben levő többi technológiát, ebből kifolyólag pedig több országban komoly engedélyezési akadályokkal küzd.

1. ábra

Vezetékes szélessávú technológiák elterjedése a világban 2007 végén (Forrás: Point Topic)



Az egyre hatékonyabb átviteli technikák ellenére az új alkalmazások (pl. nagy felbontású digitális televíziózás – HDTV) folyamatosan növekvő sávszélességigénye csak nagyon korlátozottan biztosítható a már meglévő telefon-, elektromos- vagy kábeltévé-hálózatokon. Szükségessé vált tehát a gerinchálózatban jelen levő optikai kapcsolatok kiterjesztésére a hozzáférési részre is. Új épületek, új területek lefedésénél ez ráadásul nem is jelent plusz munkákat, hiszen kezdettől fogva lehet optikai kábeleket telepíteni.

Az FTTH (Fiber to the Home) és a VDSL végződésű kiterjesztett FTTC (Fiber to the Curb) megoldások egyelőre Délkelet-Ázsiában és különösen Japánban népszerűek, több mint 11 millió felhasználóval (2008. március). Az átviteli sebességet itt tulajdonképpen csak az optikai/elektromos átalakítók sebessége határozza meg, nem maga az átviteli közeg. A jelenlegi FTTH megoldások általában 100 Mbit/s szimmetrikus sávszélességet biztosítanak, de üzleti előfizetőknek lehetséges 1 Gbit/s-os hozzáférés nyújtása is.

A vezetékes hozzáférési megoldások azonban nem csak egymással kell megküzdenek, hanem egyre inkább a vezeték nélküli technológiákkal is. Napjainkban mind jobban elterjednek a vezeték nélküli kommunikációs eszközök, évente ma már több mint 150 millió lapto-

pot, 14 millió PDA-t és több százmillió intelligens mobil telefont adnak el a világban. Fontossá vált tehát az ezen eszközök internetcsatlakozását biztosító megoldások fejlesztése is [2].

Vezetéknélküli helyi hálózatok (Wireless Local Area Networks – WLAN) működtetésére több megoldást is javasoltak (például HiperLAN, HomeRF), de a versenyt egyértelműen az IEEE 802.11 szabvány nyerte. Ma már a szabvány és a szolgáltatás neve teljesen egybeesett és egyenértékűen használják őket. Az eredeti 802.11 szabvány (1997) viszonylag kis átviteli sebességet (1 vagy 2 Mbit/s) biztosított, az újabb verziók azonban már lényegesen gyorsabb hozzáférést tettek lehetővé. A 2,4 GHz-es szabad frekvenciasávban működő 802.11b változat (1999) – melyre először használták a Wi-Fi kifejezést (Wireless Fidelity) –, 11 Mbit/s-os sebességet biztosít a hozzáférési pont kb. 100 méteres körzetében, míg az 5 GHz-es sávban működő 802.11a szabvány (1999) akár 54 Mbit/s-os sebesség elérését is lehetővé teszi, igaz, kisebb hatótávolságon.

A 2001-ben szabványosított 802.11g változat a két elődje előnyeit próbálja ötvözni, szintén 54 Mbit/s-os maximális átviteli sebességet biztosítva a nagyobb hatótávolságot lehetővé tevő 2,4 GHz-es sávban. A 2009-re várható 802.11n szabvány viszont már akár 600 Mbit/s-os sebesség elérését is lehetővé teszi majd. Ugyanebből a szabványcsaládból végül érdemes még megemlíteni a szintén 2009-re várt 802.11p verziót, mely a nagy sebességgel közlekedő járművek kommunikációját is képes lesz majd biztosítani. A Wi-Fi hálózatok egyre jobban elterjednek a világ minden táján, jelenleg több

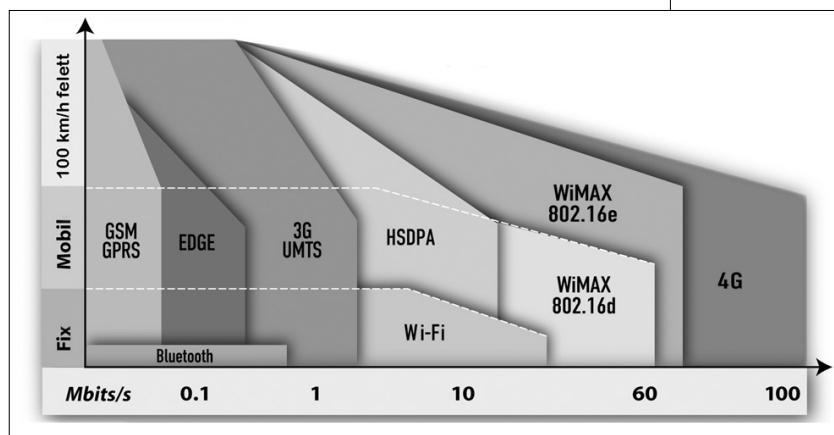
mint 300.000 nyilvános vezeték nélküli hozzáférést biztosító Wi-Fi „hotspot” működik reptereken, szállodákban, éttermekben, mindemellett pedig lakások millióiban internetezhetnek a felhasználók különböző WLAN megoldások révén.

Míg a Wi-Fi-t kifejezetten a felhasználók nomadikus mozgását (ugyanaz a felhasználó különböző időpontokban más és más területen lévő hozzáférési pontokhoz jelentkezik be) szem előtt tartva fejlesztették ki (eltekintve az előbb említett 802.11p verziótól), az IEEE 802.16 szabványnál (WiMAX) a vezeték nélküli fix hozzáférés („fixed-wireless”) biztosítása volt a cél, a Wi-Fi-hez képest jóval nagyobb területen. A 2003-ban elfogadott 802.16a szabvány ennek megfelelően elméletileg akár 70 Mbit/s-os sebességet is képes biztosítani, legfeljebb kb. 50 kilométeres körzetben, a gyakorlati megvalósítások azonban egyelőre jóval szerényebb eredményeket mutatnak.

Az eredeti WiMAX szabvány még nem támogatta a mobilitást (a 2005-ben elfogadott 802.16e változat már igen), a Wi-Fi pedig nagyon kis átmérőjű cellákat használ, melyek között elméletileg megoldható a cellaváltás, gyakorlatilag azonban ezek a cellák csak ritkán fedik át egymást és leginkább a forgalmas belvárosi helyekre koncentrálnak. Természetessé vált azonban az igény

egy olyan hozzáférési hálózatra is, mely globális lefedettséget biztosít és melyen keresztül a mozgó felhasználók megszakítás nélkül tudnak az Internethez csatlakozni vezeték nélküli eszközeiken. Erre a célra dolgozták ki a mobil telefonhálózatokra épülő különböző vezeték nélküli hozzáférési technológiákat. Míg a 2.5G-nek nevezett GPRS (General Packet Radio System) technológia viszonylag alacsony, tipikusan 30-80 kbit/s-os átviteli sebességet biztosított, a hatékonyabb modulációt használó EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution) rendszer már elméletileg 384 Kbit/s-es sebességet támogat. Ezek a sebességek azonban még távol állnak a WLAN vagy a vezetékes hozzáférési hálózatokon megszokott sebességektől.

A harmadik generációs (3G) megoldásnak számító UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) technológiát már 2 Mbit/s-os sebesség biztosítására tervezték, azonban a szolgáltatók közötti spektrumkiosztást szabályozó hatalmas koncessziós költségek ellenére sem terjedt el eddig a várt mértékben. Ennek ellenére újabb és újabb megoldások jelennek meg: a 3.5G-nek nevezett HSDPA (High Speed Downlink Packet Access, 14,4 Mbit/s lefelé) és HSUPA (High Speed Uplink Packet Access, 5,76 Mbit/s felfelé) technológia után már a 100 Mbit/s-es lefelé és 50 Mbit/s-os felfelé irányuló sebességet biztosító, Super-3G-nek is nevezett HSOPA (High Speed OFDM Packet Access) szabványon dolgoznak, az LTE (Long Term Evolution) project keretében.



2. ábra
Vezeték nélküli technológiák jellemzői
(Forrás: WiMAX Spectrum Owners Alliance)

Mint azt a bevezetőben már említettük, a hozzáférési hálózatok aggregálására és gerinchálózathoz való csatlakozására használják a nagyvárosi, metro-hálózatokat. Bármilyen vezetékes vagy vezeték nélküli hozzáférési technológiát is használnánk az „utolsó mérföldön” (az előfizetők közvetlen bekötésére), a szolgáltatói aggregációs hálózatban levő, a felhasználók kapcsolatát végződte hálózati eszközöket az Internethez való csatlakoztatás céljából általában optikai gyűrűk segítségével kötik össze. Ezen optikai kapcsolatokon a forgalom kezelése általában az Ethernet technológia segítségével történik, ezt takarja az egyre gyakrabban használt Metro-Ethernet kifejezés [3].

Az Ethernetet azonban nem csak az aggregációs hálózatokban lehet használni; a hagyományos csavart réz érpár vagy fényvezető szálak felett megvalósított Ethernet alapú hozzáférés végfelhasználóig való kiterjesztése is napirenden van, az EFM (Ethernet in the First Mile) szabvány elterjedését azonban egyelőre főként biztonsági megfontolások akadályozzák.

3. A gerinchálózatok fejlődése

Jelenleg valamennyi olyan infokommunikációs hálózat, ahol már több tíz kilométert szeretnénk áthidalni – vagy akár kisebb távolságot is, de nagy sávszélességgel – fényvezetős jelátvitelen alapszik. Ez a technológia biztosítja a legkisebb jelcsillapítást, hatalmas a rendelkezésre álló sávszélesség és az átvitel gyakorlatilag külső zavaró hatásoktól és áthallástól is mentes. Ezért ha metro-hálózatról vagy gerinchálózatról beszélünk, szinte kizárólagosan fényvezetős hálózatot értünk alatta, noha emellett még mikrohullámú (műholdas és földfelszíni), szatellit fény-átvitel és koaxiális kábel szakaszok is előfordulnak, de ritkábban.

A jelenleg használt fénykábelek tipikusan 40-1000 fényvezető szálal tartalmaznak, mindegyiken jellemzően 40-160 különböző hullámhosszon szállítják a jelet, hullámhosszanként 2,5, 10 vagy 40 Gbit/s bitsebességgel. Fényszálanként tehát akár 6,4 Tbit/s (10^{12} bit/s) sávszélességet is megvalósíthatunk, ami fénykábelenként akár 6,4 Pbit/s (10^{15} bit/s) is lehet. Ez a sebesség közel száz-ezer (94 118) teljes kétoldalas DVD (3-4 órás DVD minőségű film: 8,5 Gbyte adat) átvitelének felel meg másodpercenként!

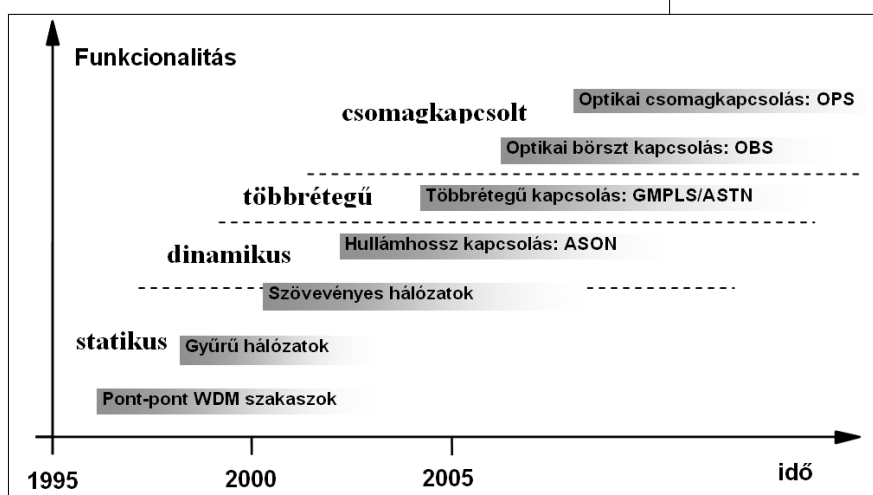
Az első optikai hálózatok a szó szoros értelmében nem is hálózatok, hanem csak *pont-pont szakaszok* voltak. A kezdeti fázisban telepített kábelek még kevés fényszálal tartalmaztak. A későbbiekben kapacitásuk költséghatékony növelésére, új kábel telepítése helyett *hullámhosszosztást* alkalmaztak, ami az átviteli közeg jobb (többszörös) kihasználtságát eredményezte. A hullámhosszosztás (WDM, Wavelength Division Multiplexing) ötlete az, hogy egy fényszálal belül egy helyett annyi különböző hullámhosszú jel-adó és -vevő által meghatározott párhuzamos csatornát alakítunk ki, ahányszor a korábbi szakaszkapacitást növelni kívánjuk.

A következő lépés a gyűrű volt, majd a különböző módon összekötött gyűrűk, végül az általános szövevényes topológiájú hálózatok következtek. Ezek továbbra is *statikusak* voltak, azaz nem lehetett a távbeszélő (telefon) hálózatokhoz hasonlóan igény szerint összeköttetések létrehozni és bontani. A gerinchálózatok további elemzéséhez említést kell tennünk az infokommunikációs hálózatok egy másik rendszerezési elvéről, nem a térbeli elhelyezés és kiterjedés, hanem egy há-

lőzat működtetéséhez szükséges funkciók alapján. E három sík: az „*adatsík*” (DP – Data (User) plane), a „*menedzsmentsík*” (MP – Management Plane) és a „*vezérlő*” (CP – Control Plane). Az „*adatsíkban*” továbbítjuk a felhasználói hasznos adatokat a kívánt végpontok közt, a „*menedzsmentsíket*” pedig a hálózat üzemeltetéséhez szükséges forgalom és funkciók képezik. Egy kezdeti statikus optikai gerinchálózat esetén a menedzsmentsík tette lehetővé a béreltvonal-jellegű statikus összeköttetések kialakítását, bontását, a hálózat felügyeletét, fenntartását. Ez a menedzsmentsík biztosította azt, hogy a hálózat üzemeltetője (jellemzően egy központból) követni tudja a hálózat pillanatnyi állapotát és egyszerűbb változtatásokat, átszervezéseket is tudjon kezdeményezni anélkül, hogy oda kellene mennie minden egyes esz-
közhöz, és a helyszínen megoldani ezeket.

már két, jellemzően különböző hálózati technikát használunk egymásra építve, azért, hogy a felsőbb rétegek finom granularitást biztosítsanak [4]. Erre az ASTN (Automatically Switched Transport Network: Önműködően kapcsolt szállítójárat) és a GMPLS (Generalised Multi-Protocol Label Switching: Általánosított többprotokollos címkekapcsolás) architektúrákat hozhatjuk fel példának, ahol lehet fényszál, hullámsáv, hullámhossz, időosztásos keretek vagy csomagok szintjén végezni a kapcsolást (azaz a kommunikáló felek összekötését) és mindezen rétegek akár egymásra is épülhetnek.

Azáltal, hogy a hálózatok már nem központilag menedzselték, hanem kapcsoltak, a vízszintes tagoltság is számos nyitott kérdést vet fel. A hálózat vízszintes tagoltsága alatt nem csak a hozzáférés-metro-gerinc tagolást értjük, hanem mindinkább a különböző szolgáltatók által üzemeltetett részhálózatokat, tartományokat. Gyakorlatban az IP (Internet Protocol) hálózatokban a BGP-4 (Border Gateway Protocol negyedik változata) terjedt el, mely minden egyes csomópontban csak az elérni kívánt csomópontok felé vezető legrövidebb út mentén következő szomszédját jelöli ki és noha lassan, de alkalmazkodik a hálózati topológia változásaihoz (pl. egy-egy szakaszmeghibásodás esetén). A korszerű hálózatoknál szükség van távolságinformáción kívül különböző forgalmi és minőségi paraméterekre is a hálózat jobb kihasználása és a minőségbiztosítás érdekében.



3. ábra
Az optikai hálózatok funkcionalitásának fejlődése

A hálózatok fejlődésével viszont nyilvánvalóvá vált az, hogy nem elegendő a statikusan konfigurált, több évre bérelt összeköttetések lassú (jellemzően több hé-
tig tartó) kialakítása; felmerült az igény egy *dinamikus* hálózatra, amelyben a felhasználó kezdeményezésére lehet másodpercek alatt teljes hullámhosszutat kialakítani és bontani. Ennek viszont magas az ára: a teljes hálózatot ki kell egészíteni egy „vezérlősíkkal”, mely jól definiált interfészekon keresztül jelzés-üzenetekkel való-
sítja meg a fent kitűzött célokat. Így érkeztünk el az ASON (Automatically Switched Optical Network) típusú hálózatokhoz.

Hamarosan felismerték azonban, hogy ezen ASON hálózatok a gyakorlatban nem fognak egyhamar elterjedni, hiszen a felhasználóknak rendkívül ritkán van szüksége egy teljes hullámhosszútra, melynek kapacitása jellemzően 2,5 vagy 10 Gbit/s. Ennél finomabb „szemcsézetséget” (granularitást) lehet elérni elektronikus időosztásos nyálábólással (TDM, Time Division Multiplexing), mindehhez viszont a hullámhossz-kapcsoló eszközöket ki kell egészíteni digitális időkapcsolásra képes eszközökkel. Így a három előbb említett sík mellett megjelenik a hálózat függőleges tagolódása is. Így alakulnak ki a *többretegű* hálózatok, azaz olyan architektúrák, ahol

A hagyományosnak tekinthető elektronikus kapcsolásnál előbb az úgynevezett „áramkörkapcsolást” (dedikált csatorna létrehozása a két kommunikáló fél között) használták, majd áttértek a bonyolultabb, ám jobb erőforrás-kihasználtságot biztosító „csomagkapcsolásra” (az adategységek csomagokban való továbbítása egy közös csatornán). Ehhez hasonlóan az optikai hálózatok is elindultak az áramkörkapcsolástól a csomagkapcsolt hálózatokhoz vezető hosszú út mentén, melynek egy ígéretes állomása az *optikai borszt-
kapcsolás* (OBS – Optical Burst Switching). Itt nem az egyes csomagokat kapcsoljuk egyenként, hanem egy-egy a hálózat peremén felgyülemlt csomagcsoportot továbbítunk egyszerre. Ezen megoldás különösen a kisebb kiterjedésű hálózatokban, elsősorban rövid ideig, kis válaszidővel nagy sáv-
szélességet igénylő (pl. GRID) alkalmazásokra előnyös.

Az *optikai csomagkapcsoláshoz* (OPS – Optical Packet Switching) vezető út azért hosszú, mert csomagkapcsolás nincs puffer nélkül, hiszen a puffer teszi hatékony-
nyá az erőforráskihasználást. Optikai puffer viszont jelenleg csak igen korlátozott formában áll rendelkezés-
re: elsősorban kapcsolt fényszálal késleltetővonalakat használnak ilyen célra, ahol a kívánt késleltetésnek megfelelő hosszúságú fényszálal alkalmaznak. E megoldás a csillapítás és a fényszál nagy mérete miatt nem elő-
nyös. Egy érdekes kutatási irány viszont az, hogy a fényt

„lelassítják” (Slow Light) speciális fotonikus kristályokban vagy gőzőkben, lehetővé téve állítható késleltetés elérését viszonylag kisméretű eszközök segítségével.

A másik akadály a tisztán optikai csomagkapcsolás előtt az, hogy az optikai (fotonikus) jelfeldolgozás még „gyerekcipőben jár”. A fejrészfelismerés, fejrészlecserelés már megoldott ugyan, de bonyolultabb műveleteket ellátó optikai hardver még nem áll rendelkezésre. Az optikai csomagkapcsolásnak egy optikai megvalósítás szempontjából egyszerűbb és ezáltal ígéretesebb iránya az optikai címkekapcsolás (Optical Label Switching) és annak egy válfaja, az optikai „felülcímkezés” (Optical Label Striping), melynél a hálózat peremén adategységünket több címkével látjuk el, a hálózati csomópontok pedig egy-egy címkét értelmezve továbbítják a csomagot, miután eltávolították az értelmezett címkét.

Mielőtt továbblépnénk a hálózatok üzemeltetésével kapcsolatos kérdésekre, még néhány érdekes irányzatot említenénk. Hasonlóan ahogy előbb a „sűrű” hullámhosszosztás (DWDM – Dense WDM) terjedt el és később, elsősorban metro-hálózatokban kezdték a technológiailag sokkal egyszerűbb és ezáltal sokkal olcsóbb „ritka” hullámhosszosztást (CWDM – Coarse WDM) használni és ahogy a költséges optikai rendezők és kapcsolók (Optical Cross-Connect, Optical Switch) helyett az egyszerűbb és olcsóbb átkonfigurálható leágasztatókat (ROADM – Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer) kezdték használni, hasonló „visszalépés” van folyamatban az áramkörkapcsolás-csomagkapcsolás terén is. A jobb granularitás elérése érdekében nem a hullámhosszcsatornák számát növelik tovább, nem is elektronikus nyalábolást (multiplexelést) használnak hanem az egyes hullámhosszcsatornáknál egyszerű optikai hardver segítségével szinkron optikai időosztást használva több digitális csatorna jelét fogják össze, illetve bontják. Ez a szinkronitás miatt nem csomagkapcsolás, hanem áramkörkapcsolás, ahol a kívánt sávszélesség állítható az együtt használt időrések számának állításával.

További fontos érv mely szólhat az optika mellett a „zöld hálózatok” („Green Networking”) trend. Ötlete, hogy mivel mára a kommunikáció energiaszükséglete és károsanyag kibocsátása elérte a légiforgalomét, eljött az ideje takarékoskodni. Optikai eszközök esetén jellemzően sokkal kisebb a hődisszipáció, ezáltal közvetlenül kevesebb tápáramra és közvetve kevesebb légkondicionálásra van szükség. Továbbá, ha optikai térkapcsolást, hullámhossz-, vagy időréskapcsolást végzünk, az eszközök áramfogyasztása nem, vagy csak kisebb mértékben függ a sebességtől. Ezzel szemben egy elektronikus kapcsoló esetén a sebesség növelése rohamosan növeli a memóriák, feldolgozó processzorok stb. fogyasztását.

4. Heterogén hálózatok menedzselési és üzemeltetési kérdései

Noha a szolgáltatóknak az az álma, hogy végponttól-végpontig egy vezérlő síkkal, egy egynemű (homogén) hálózaton keresztül alakíthassák ki összeköttetéseiket

vagy küldjék csomagjaikat, jelenleg a hálózatok mégis minden szempontból többneműek, heterogének. Egy hálózat felett számos különböző szolgáltatást valósítanak meg, melyek forgalmi és minőségi követelményei jelentősen eltérnek. A hálózatok több rétegből (függőleges tagolódás, hálózati technológia – ezáltal granularitás és funkcionalitás szerint) és több tartományból (vízszintes tagolódás, adminisztratív egységek – különböző szolgáltatók – és fizikai elhelyezkedés szerint) állnak. Mindemellett, számos szolgáltató és gyártó van jelen, melyek eszközei közt valamennyi hálózati protokollnak mindenféle körülmények közt zavartalanul kell működnie.

Ezen heterogenitás ellenére egyre nagyobb hangsúlyt helyeznek manapság a hálózatok konvergenciájára, azaz a heterogén hálózatok minél homogénebbé tételére. A hálózati konvergencia egyik legjobb példája a vezetékes és vezeték nélküli hálózatok közeledése (FMC – Fixed-Mobile Convergence), ahol az a cél, hogy például haza- vagy munkahelyünkre érve a mobil végberendezésünk ugyanúgy működjön (viselkedjen) a vezetékes hálózatra csatlakozva, mint tette azt a vezeték nélküli hozzáféréseken, a gerinchálózatban is biztosítva az ehhez szükséges átjárást a különböző hozzáférési hálózatok között.

A heterogén hálózatok tervezése és üzemeltetése lényegesen bonyolultabb a hagyományos egyrétegű célhálózatokénál. A *hálózati erőforrásmenedzsment* (NRM – Network Resource Management) lényege az, hogy az újonnan felmerülő igényeknek minél hatékonyabban eleget tegyünk az adott hálózaton belül a hálózati erőforrások újraoptimalizálásával és újrakonfigurálásával. Példa erre egy-egy bérelt vonal és virtuális magán- vagy átfedő hálózat (VPN/VON – Virtual Private/Overlay Network) kialakítása, konfigurálása.

Amennyiben finomabb időskálán figyeljük hálózatunkat – ahol a vezérlő sík révén a felhasználói jelzés által állandóan érkeznek új, illetve szűnnek meg meglévő összeköttetések –, akkor már *útvonalválasztásról* (routing) és a hozzá tartozó *forgalomterelésről* (TE – Traffic Engineering) beszélünk. A forgalomterelés legegyszerűbb definíciója az, hogy szemben az erőforrás-menedzsmenttel, ahol az erőforrásokat tettük oda, ahol a forgalomnak kellett, itt a forgalmakat tereljük (tesszük) mindig oda, ahol van elegendő erőforrás [5].

Mindemellett nagyon fontos szempont egy hálózat üzemeltetésénél a rendelkezésreállítás biztosítása. E tekintetben a gyakran emlegetett, úgynevezett „öt kilenccs” kritérium azt jelenti, hogy az éves átlagot tekintve az idő 99,999%-ában rendelkezésre áll a hálózat, vagyis legfeljebb alig több mint 5 percet lehet üzemben kívül. Ennek elérésére kifinomult „védelmi technikák” szükségesek, melyek igen gyorsan (jellemzően kevesebb mint 50 ms alatt) áthelyezik a forgalmat a sérült hálózati erőforrásokról tartalékokra [6,7].

Mindezen funkciók egyszerűsítése érdekében a cél egy olyan egységes vezérlő sík kialakítása, amely révén a hálózat különböző részei között, tetszőleges rétegben, tetszőleges granularitással hozhatunk létre összekötte-

téseket. Erre jelenleg az IETF által javasolt GMPLS (Generalised MultiProtocol Label Switching) protokollcsalád tűnik a legígéretesebbnek [8].

További trendként kell említsük az előző fejezetben már említett-Ethernet technológia térhódítását, melyet eredetileg helyi hálózatok osztottközeg-hozzáférésére fejlesztették ki, de ma már kerettovábbítási és kapcsolási képességeit is használják metro-, sőt gerinchálózatokban is. További fontos hajtóerő a nagy felbontású videóműsorok szétszórása. A rohamosan megugrott sáv-szélességigények és a többesadás (multicast) technológia terjedése új feladatok elé állítja a mérnököket.

5. Összefoglalás

Cikkünkben a különböző hozzáférési és gerinchálózati kommunikációs technológiákat tekintettük át, ám nem kerülhettük el a hálózati architektúrák és e hálózatok nyújtotta szolgáltatások hatásának vizsgálatát sem. A hálózatok heterogenitásának szemléltetésére külön hangsúlyt fektettünk.

A hálózatok kialakításnál két vezérelvet kell követni. Egyrészt a szolgáltatók mindig a legegyszerűbb és legolcsóbb megoldást szeretnék kiválasztani: alacsony tőkeárfordítás (CAPEX – Capital Expenditure) és alacsony üzemeltetési költség (OPEX – Operational Expenditure) mellett egy homogén hálózatot, a heterogén hálózatok funkcionalitásával. Másrészt a végfelhasználók is olcsó de jó minőségű, a hozzáférési technológiától független szolgáltatásokat szeretnének. Ezért a hálózatok és szolgáltatások konvergenciáját figyelembe vevő általában bonyolult hálózattervezési és üzemeltetési megoldásokra van szükség.

A szerzőkről

CINKLER TIBOR 1994-ben szerzett villamosmérnöki oklevelet, majd 1999-ben PhD fokozatot a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen, ahol jelenleg egyetemi docens a Távközlési és Médiainformatikai Tanszéken. Kutatási területe az IP, MPLS, ngSDH, OTN és általában az optikai alapú GMPLS-vezérelt heterogén (többretegű, többtartományú) hálózatok optimalizálása (útvonalválasztás, forgalomterelés, tervezés, konfigurálás, méretezés, védelem stb.) Több, mint 180 bírált kutatási cikk és 4 szabadalom szerzője vagy társszerzője. Számos európai és hazai projektben vett részt, többek közt: ACTS METON és DEMON; COST 266, 291, 293; IP NOBEL I és II, valamint MUSE; NoE e-Photon/ONe, NoE e-Photon/ONe+ és NoE BONE; CELTIC PROMISE és CELTIC TIGER 2; NKFP, GVOP, ETIK. Tagja az ONDM, DRCN, BroadNets, AccessNets, IEEE ICC, IEEE Globecom, EUNICE, CHINACOM, Networks, WynSys, ICTON konferenciák programbizottságainak.

VIDA ROLLAND docens a BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszékén. Egyetemi diplomáját a kolozsvári Babes-Bolyai Tudományegyetemen szerezte 1996-ban, évfolyamelsőként. MSc disszertációját az Institut Nationale Polytechnique de Grenoble vendéghallgatójaként írta 1997-ben, PhD fokozatát pedig a párizsi Pierre et Marie Curie Tudományegyetemen szerezte 2002-ben. 2003 és 2005 között Békésy György, 2007-ben pedig Bolyai János Kutatási ösztöndíjat kapott. Az utóbbi öt évben több mint 30 nemzetközi konferencia szervezésében vett részt, dolgozott számos nemzetközi és hazai kutatási projektben, oktatott hálózatokkal kapcsolatos tárgyakat Magyarországon, Romániában és Szlovákiában. 2008-ban megválasztották a HTE Külügyi Bizottságának elnökévé.

Irodalom

- [1] P. Golden, H. Dedieu, K. Jacobsen, "Fundamentals of DSL Technology", Auerbach Publications, July 2004.
- [2] W. Stallings, "Wireless Communications and Networks", 2nd Edition, Prentice Hall, November 2004.
- [3] D. Minoli et al., "Ethernet-based Metro Area Networks", McGraw-Hill, January 2002.
- [4] T. Cinkler, "Traffic- and ?-Grooming", IEEE Network Magazine, March/April 2003.
- [5] M. Vigoureux et al., "Multilayer Traffic Engineering for GMPLS-enabled Networks", IEEE Communications Magazine, July 2005.
- [6] P. Vasseur, M. Pickavet, P. Demeester, "Network Recovery, Protection and Restoration of Optical, SONET-SDH, IP and MPLS", Elsevier, September 2004.
- [7] W.D. Grover, "Mesh-based Survivable Networks: Options for Optical, MPLS, SONET and ATM Networking", Prentice Hall, August 2003.
- [8] G. Bernstein, B. Rajagopalan, D. Saha, "Optical Network Control: Architecture, Protocols and Standards", Addison-Wesley, 2004.

Helymeghatározás mobiltelefonnal és mobil hálózattal

TAKÁCS GYÖRGY

Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai Kar
takacs.gyorgy@itk.ppke.hu

Kulcsszavak: helymeghatározási szolgáltatások, helyzetalapú szolgáltatások, mobil helymeghatározás

A helymeghatározáson alapuló szolgáltatások egyre terjednek. A mobil hálózatok is versenyképes megoldásokat kínálnak a mobil készülék helyének meghatározására. Ez a cikk összefoglalja és értékeli a mobil hálózatokban alkalmazható helymeghatározó módszereket, ismerteti a szabványosítás eredményeit, áttekinti a bevezetett helymeghatározási megoldások és szolgáltatások jellemzőit.

1. Bevezetés

A bekapcsolt mobiltelefon a hálózattal együttműködik, tehát a hálózat tudja, hogy hol van a készülék. Másként meg sem találná a mobiltelefont egy hívás. A mobiltelefonban is rendelkezésre áll a helyzetével kapcsolatban sok-sok információ. A helyzet ismeretét számos szolgáltatásra fel lehetne használni. Mit nem adna például egy aggódó szülő, ha tudná, hol van a gyermeke! Egy segélyhívásnál a vezetékes telefonhoz hozzá lehet rendelni egy pontos földrajzi helyet (ez könnyen lehetséges akár egy telefonkönyv alapján), de a mobilhívásnál is létezik műszaki megoldás. Jogi viták folynak még arról, hogy kinek és milyen feltételekkel adhatja ki a mobilhálózat üzemeltetője a mobiltelefon helyzetadatait, azt, amely nélkül nem is tudná ellátni alapfeladatát. A mobiltelefon használatának alapvető személyes adata, hogy hol tartózkodik éppen, ezért normál esetben ehhez senki másnak semmi köze. A helymeghatározás tehát eredendően egy érdekes műszaki kérdés, amelynek azonban komoly szabályozási, szabványosítási, jogi vonatkozások vannak.

Ebben a cikkben a műszaki megoldásokat foglaljuk össze, a további vonatkozásokra csak utalunk. Elsőként a helymeghatározás különböző lehetőségeit foglaljuk össze, majd a 3. szakaszban a mobiltelefonos helymeghatározás módszereit ismertetjük. Ezt követően a mobiltelefonos helymeghatározás hibáival, pontosságával foglalkozunk, az 5. szakaszban a szabványos rendszereket ismertetjük, végezetül pedig az alkalmazásokra adunk példákat.

2. A helymeghatározásról

A helymeghatározás témája különböző műszaki területeken bukkan elő. A szavakat és rövidítéseket is másként használják az egyes területek. Régóta érdekelt a helymeghatározásban a térinformatika, a térképészet, a haditechnika, a hajózás, a repülés és a közúti közlekedés is.

Vannak a helymeghatározó rendszerekben *fix pontok* (például az Északi Sarkcsillag, tájékozódásra alkalmas építmények, fák, háromszögelési pontok, tengerparti világítótornyok, helymeghatározó műholdak, helymeghatározási céllal telepített rádióadók) és vannak *vándorló objektumok* (földmérő szakemberek, kirándulók, elleneséges harci járművek, polgári repülőgépek, hajók, szárazföldi járművek). A vándorló objektumok nincsenek feltétlenül mozgásban, a helymeghatározás pillanatában vagy maguk kíváncsiak pillanatnyi helyzetükre, vagy irányítóik szeretnék ezt tudni és felhasználni.

A mobiltelefonok (végberendezések) és az egész földre kiterjedő mobilhálózat rendszere egyáltalán nem a korábbi globális helymeghatározó rendszerek szerves fejlődésének egy fejlettebb állomása, nem is erre jött létre, alapvető tulajdonságaiban sem egyezik azokkal. A *fix(??) rész naponta sok ezer bázisállomással gyarapszik* világméreteken, sőt át is rendezik azokat rendszeresen a forgalmi igények növekedése, a frekvencia-felhasználás korlátai miatt.

A *vándorló objektumok, mobiltelefonok száma ma kb. kettő milliárd* és felhasználóik átlagosan kevesebb, mint két esztendő alatt lecserélik őket egy szebbre és okosabbra. A mobiltelefonokban van rádióadó és -vevő is, pontos időtalon, a mérési adatok feldolgozására kellő számítástechnikai erőforrás, a megjelenítésre finom felbontású grafikus kijelző. Használóik nem jól képzett cserkészek vagy navigációs tisztok, hanem sokszor kisgyerekek, vagy iskolázatlan felnőttek, akiknek viszont a mobiltelefon sokoldalúan használható mindennapi eszközzé vált.

Ez a kétmilliárd mobiltelefon alkalmas arra, hogy az egyszerű felhasználóknak segítse az életét a helymeghatározó képességek okos felhasználásával.

Egy adott hely megadható hagyományosan a földrajzi hosszúság, szélesség és tengerszint feletti magasság *koordinátaival*. Ezt használják a térképészek, a tengerészek, a pilóták és manapság egyre terjedően a GPS vevővel felszerelt eszközök is (minden társaság a saját vonatkozási rendszeréhez ragaszkodik).

Helyinformáció címadatokkal: például Budapest, VIII. Práter u. 50/a. Alkalmos adatbázisokkal a helykoordináták, térképek és címadatok egyértelműen egymáshoz rendelhetők, a helykoordinátákkal jellemzett pont egy térképrészleten megjelölhető.

Helymeghatározási szolgáltatás (LoCation Service, LCS): megadja a felhasználónak vagy a hálózatüzemeltetőnek a mobiltelefon pillanatnyi helykoordinátáit vagy a tartózkodás címadatait a kívánt formában.

Helyzetalapú szolgáltatás (Location Based Service, LBS): a helyzetinformáció alapján kínál értéknövelt szolgáltatást a mobiltelefon használatjának, például hogyan jutok el innen, ahol most vagyok a megadott címre, vagy hol van a legközelebbi büfé, ahol magyar ételt is kapni.

A mobiltelefon-hálózatok alapfogalmainak felhasználásával írjuk le a mobil helymeghatározó rendszereket.

A helyzetalapú szolgáltatások új és változatos színeket hoznak a mobilpiac eddig sem szűkös palettájára. Számos hagyományos piaci szereplő új teret kap ezzel. Új piaci lehetőséget kapnak az adatbázisokkal rendelkezők (térképadatok birtokosai, telefonkönyvek kiadói, kereskedelmi, vendéglátói, idegenforgalmi, meteorológiai, forgalmi adatok birtokosai). A helyinformációval megtoldva lényegesen használhatóbbá és értékeesebbé válnak a kereső rendszerek (Google, Yahoo stb.) Többletértéket adnak, ezért több bevételhez juthatnak a mobilszolgáltatók. Új, értékeesebb mobiltelefonokat adhatnak el a gyártók (Sony-Ericsson, Nokia). Kultúraltabban adhatják el termékeiket a kereskedők, vendéglátók. Végül, de nem utolsó sorban sokat nyerhet a kétmilliárd felhasználó is: kevesebbet kell utazniuk, míg meglik azt, amit keresnek, esélyt kapnak, hogy elkerüljék a dugókat, könnyebben megtalálhatják elveszett gyermeküket és a mentők is pont abba a Kossuth Lajos utcába vonulnak ki, ahol a baleset tényleg bekövetkezett, pedig majdnem minden településen és kerületben akad ilyen nevű utca a Kárpát-medencében.

A helyzetalapú szolgáltatások újfajta szabványosítási igényt is jelentenek, hiszen számos, korábban függetlenül működő rendszer összehangolása vált szükségessé, méghozzá nemzetközi méretekben. Három szervezet is foglalkozik ezzel a területtel: a 3GPP (3RD Generation Partnership Project), az OMA (Open Mobile Alliance) és az IETF (Internet Engineering Task Force). A szabványszervezetek ma is folyamatosan dolgoznak azon, hogy egységes vagy legalább együttműködni képes megoldások terjedjenek el [4-8].

3. A mobiltelefonos helymeghatározás alapelvei

A mobil helymeghatározó rendszerek lehetnek végberendezés alapúak, hálózat alapúak és alapulhatnak a végberendezés és hálózat együttműködésén is.

A rádiós rendszereken alapuló helymeghatározásban alapkérdés, hogy fix elemek rádiójelét veszi a vándorló objektum és a fix résztől vett jeleket visszaküldi, vagy a vándorló objektum által kisugárzott jeleit veszi a fix rész

több alkalmas eleme. Előfordulhat még ezek kombinációja, de még az is, hogy ezekből kiindulva a helymeghatározás egészen más utakra tér.

3.1. Leszármaztatott autonóm helymeghatározás (DR – Dead Reckoning)

Tegyük fel, hogy a vándorló objektum (mobiltelefon) egy ismert helyről indul, amelyet például egy GPS módszerrel határozott meg. Az ismert kiinduló ponttól kezdve folyamatosan méri a mobiltelefon a pillanatnyi gyorsulásának nagyságát és irányát. A mozgás pillanatnyi gyorsulásából az eltelt idő alapján kiintegrálható az aktuális helyzet. Hasonlóan tovább az újabb és újabb helyzetek is meghatározhatók az idő múlásával. Ezt a módszert használták régen a hajósok sebességmérővel, iránytűvel és kronométerrel felszerelve a tengeri navigáció során. Az útvonalgörbét a mérési pontok között egyenes szakaszokkal közelítették. A mérési hibák halmozódnak ismétlődő továbbszámolásoknál.

A módszer óriási előnye, hogy a mobiltelefon akkor is tovább mérni és számolni képes helyzetét, ha elveszett a kapcsolata a GPS vagy mobil hálózattal (például egy vasbeton épület belsejében). Az újabb okostelefonok eleve rendelkeznek gyorsulásmérővel is, amely a mozgás nagyságát és irányát is érzékeli, pontos óra is van bennük, tehát ilyen elvű helymeghatározásra elvileg képesek.

3.2. Helymeghatározás bázisállomás-azonosítóik alapján (Cell-ID, Signal Signature)

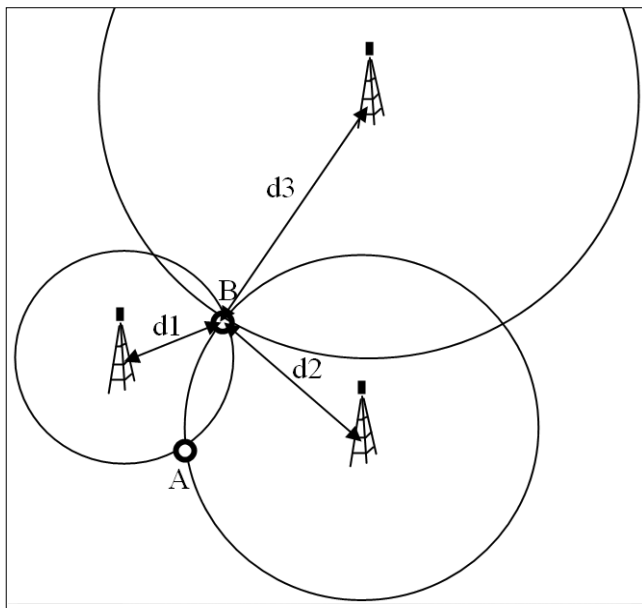
A bázisállomások azonosítóját (Cell-ID) az adó kisugározza, a mobiltelefon veszi és felhasználja működése során. A cellaazonosítóhoz a hálózatüzemeltető (figyelembe véve még az országkódot, a hálózat kódját és a terület LA kódját) hozzá tud rendelni egy olyan földrajzi koordinátát, amely az ellátott terület közepét jellemzi, ami persze nem szükségszerűen azonos a bázisállomás helyével. Ennél módszernél a helyváltoztatás során vett cellaazonosítók követésével tovább finomítható a helymeghatározás. Az adatsor alapján a mozgásirányt, mozgási sebességet is bele tudja kalkulálni a helymeghatározásba a rendszer és ezzel a cellaméretnél pontosabb becslés adható a pillanatnyi helyzetre. Nagyvárosokban és nagy forgalmú épületekben a cellaméret csak pár száz méter és a forgalomsűrűség növekedésével ez a méret szükségszerűen zsugorodik.

3.3. Helymeghatározás ívmetszéssel (Trilateration)

Ha meg tudjuk határozni két különböző bázisállomástól a tényleges távolságunkat, akkor helyzetünk két körív mentén adódik, amelyek rendszerint két pontban metszik egymást. Egy harmadik bázisállomástól távolságunkat meghatározva közülük már kiválasztható a valódi helyzetünket leíró pont (1. ábra).

3.3.1. Távolságmérés a vett jel szintje alapján

A távolságmérés alapulhat a jelerősség mérésén, mivel a vevő által vett rádiófrekvenciás jel szintje függ az adó és a vevő távolságától, az adó teljesítményétől, az adóantenna nyereségétől, iránykarakterisztikájától,



1. ábra

Helymeghatározás távolságmérés alapján ívmetszéssel

a vevőantenna nyereségétől és a terjedést befolyásoló tényezőktől. Városi környezetben az Okumura-Hata modellt használják a terjedési veszteség számítására. A képletben szereplő konstansok 200 MHz és 1500 MHz közötti tartományra érvényesek.

$$PL = 69,55 + 26,16 * \lg(f) - 13,82 * (h_t - h_r) - c(h_r) + (44,9 - 6,55 * \lg(h_t - h_r)) * \lg(d)$$

ahol:

PL – terjedési veszteség dB-ben,

f – frekvencia,

d – adó és vevő közötti távolság,

h_t – adóantenna magassága méterben,

h_r – vevőantenna magassága méterben,

$c(h_r)$ – korrekciós tényező, melynek értéke nagyvárosban:

$$c(h_r) = 3,2 * (\lg(11,75 * h_r))^2 - 4,97,$$

városban:

$$c(h_r) = (1,1 * \lg(f) - 0,7) * h_r - (1,56 * \lg(f) - 1,8),$$

elővárosban:

$$c(h_r) = 2 * \left(\lg\left(\frac{f}{28}\right) \right)^2 + 5,4,$$

nyílt területen:

$$c(h_r) = 3,2 * (\lg(f))^2 - 18,33 * \lg(f) + 40,94.$$

Mivel az aktuális adóteljesítmény aktuális értékét a bázisállomás megfelelően kódolva kisugározza, az adóantenna helye és magassága a hálózatüzemeltető számára ismert, a vevőantenna magassága 1-1,5 m, a vételi szintet a mobil készülék megméri és a beépítettség-től függő korrekciós tényező is meghatározható (akár egy durvább helymeghatározás, például Cell-ID alapján). A fenti összefüggésben minden változó értéke ismert a távolság kivételével, így a mobiltelefon helyzete ívmetszéssel meghatározható a hálózat és a végberendezés együttműködésével.

3.3.2. Távolságmérés a vett jel késleltetése alapján (Time of Arrival, TOA).

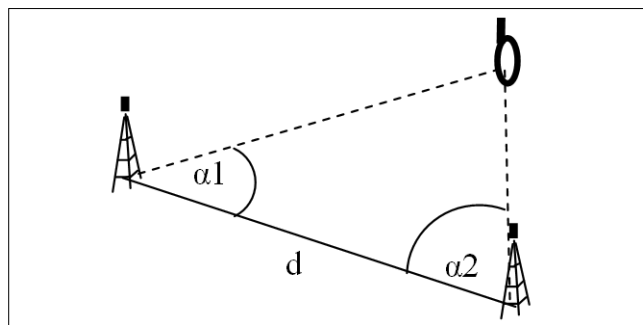
Szinkronizált adó és vevő esetén a vett jel késleltetése az adó és vevő távolságától függ (a terjedési sebesség ismert). A GPS rendszerben a szinkronizált adók a műholdakon vannak. A vevő órája eleve nem szinkronizált, ezért az ebből fakadó hibát egy ismert mérés-technikai fogással, a négy műhold alapján számolt egyenletekkel küszöbölik ki. A mobil rendszerekben semmilyen elvi akadály nincs annak, hogy egy bázisállomás utasítására a mobilkészülék felküldjön egy jelcsomagot, amelyet a bázisállomás vesz és a beérkezési idő alapján a távolság számolható. Több bázisállomástól mért távolságból a mobiltelefon helyzete ívmetszéssel meghatározható.

A harmadik generációs (3G) mobil rendszerekben alkalmazott terjedési idő mérésén és ívmetszésen alapuló helymeghatározó megoldások elterjedt nevei: AFLT – Advanced Forward Link Trilateration, valamint EFLT – Enhanced Forward Link Trilateration.

Abban a tekintetben, hogy a felmenő vagy a lemenő irányú terjedési ideje alkalmasabb a helymeghatározásra, számos műszaki, jogi és biztonságtechnikai megfontolás ad döntési alapot.

3.4. Helymeghatározás a háromszögelés elvével (Triangulation, AOA – Angle Of Arrival)

Ez a rádióállomások (például kalózkodók) bemérésének hagyományos módszere. Különböző helyeken (esetünkben különböző bázisállomásokon) megméri, hogy a keresett adó (esetünkben a mobilkészülék) jele milyen irányból érkezik. Elvileg két méréssel a helyzet meghatározható (2. ábra), a háromszög egy oldalának és két szögének ismerete alapján. Több méréssel a meghatározás hibája csökkenthető. Több, egymás melletti vevőantennát antennavektorként használva, az iránymérés az időkülönbségek alapján kifinomultan megoldható.



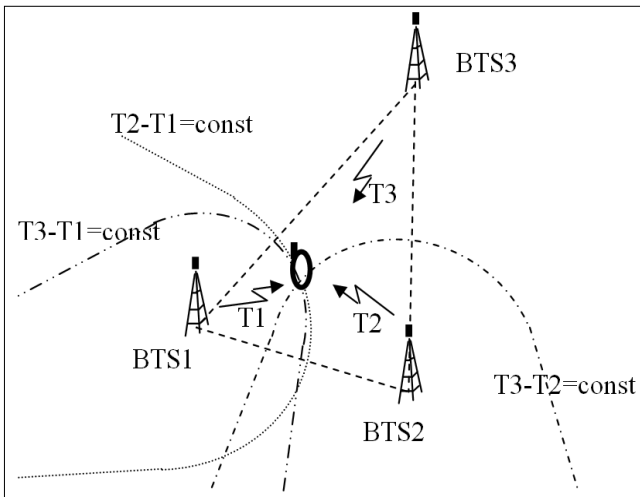
2. ábra

Helymeghatározás elve a vett rádiójelnek iránya alapján háromszögeléssel

3.5. Helymeghatározás elve az észlelt időkülönbség mérése alapján (OTD – Observed Time Difference)

Tegyük fel, hogy a bázisállomások órái szinkronizáltak működnek. A mobilkészülékhez egy egyszerre elküldött jelsorozat a távolságtól függő időkésséssel érkezik (a 3. ábrán T_1 , T_2 , T_3). A mobiltelefon saját pontos,

de nem szinkronizált órája alapján ugyanazt a jelsorozatot generálva korrelációs módszerrel azt tudja kellő pontossággal mérni, hogy különböző bázisállomásokról egyszerre küldött kódsorozatot milyen időeltéréssel veszi (T_3-T_1 , T_3-T_2 , T_2-T_1). A bázisállomások helye a hálózatüzemeltető számára ismert. Azok a pontok, amelyeknek távolságkülönbsége egy bázisállomás-pártól állandó, egy hiperbola mentén helyezkednek el. A mobilkészülék helye tehát a hiperbolák metszéspontjában van (3. ábra).



3. ábra

Helymeghatározás elve a bázisállomásokról egyszerre küldött jelsorozat észlelt vételi időkülönbsége alapján

Az időkülönbségek meghatározhatók fordított irányú terjedés alapján is. A mobiltelefonból kisugárzott rádiójelet a különböző bázisállomások különböző időpontban veszik. A rendszer meg tudja határozni az időkülönbségeket és ebből a mobiltelefon helyzetét. Ez a megoldás a TOA módszer rokona, ezért elterjedt neve TDOA.

3.6. Helymeghatározás műholdas rendszerekkel

A műholdas helymeghatározó rendszerek között igen elterjedt a GPS és kibontakozóban van a Galileo. Ezek egyrészt elég ismertek, másrészt sokféle szintű és részletességű forrás áll rendelkezésre az érdeklődők számára [1,2]. Azért érdekes itt, mert számos újabb mobiltelefon eleve tartalmazza a GPS vevőt. A mobiltelefon ebben az esetben, mint egy hordozható számítástechnikai erőforrás kapcsolódhat a GPS vevőhöz, de a teljes hálózat képességei is bevonhatóak a GPS-alapú helymeghatározásba.

3.7. Mobil rendszerekkel segített GPS (A-GPS, Assisted GPS)

A mobilhálózattal segített GPS arra szolgál, hogy az eredeti rendszer több hiányosságát segítse kiküszöbölni. A hagyományos GPS rendszer egyik problémája ott jelentkezik, ahol a vételi viszonyok kedvezőtlenek (például nagyvárosok magas épületekkel

beépített szűk utcáiban vagy fák alatt, ahol gyengén és sok visszaverődéssel zavartan érkezik a jel). További probléma, hogy bekapcsolás után percekig eltarthat, míg a vevő összekapcsolódik a rendszerrel, különösen kedvezőtlen vételi viszonyok esetén.

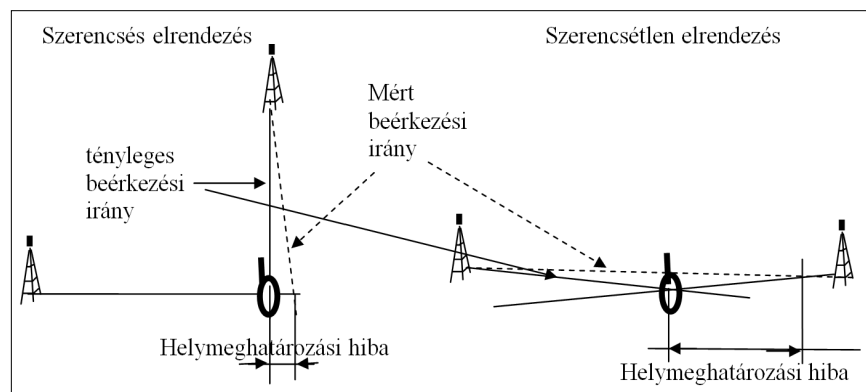
Az A-GPS rendszerben a mobilhálózat Assistance Server (AS) egysége többféle módon segíti a helymeghatározást.

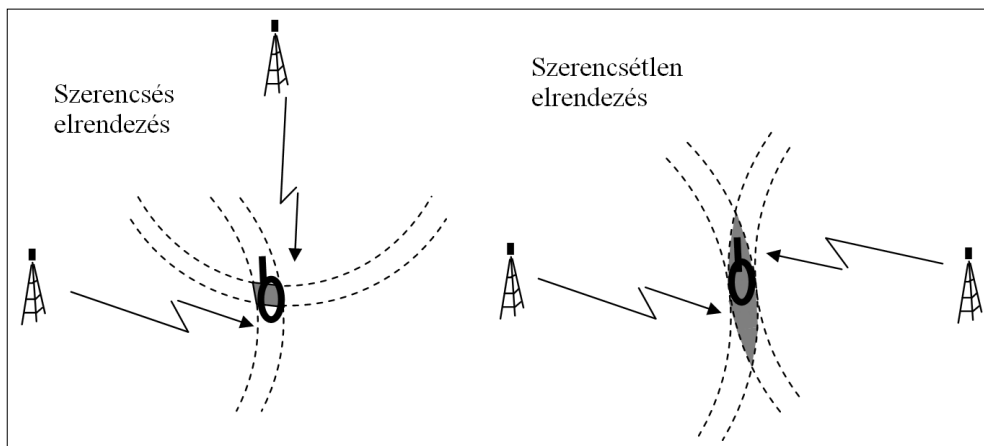
- A szerver jó közelítéssel tudja a telefon helyzetét a Cell-ID alapján.
- Az AS-nek vannak jó vételi helyen elhelyezett vevői, az ott vett adatokból pontosan tudja a GPS holdak aktuális pozícióját, ezt le tudja küldeni a mobiltelefonnak, amely ezek ismeretében könnyebben, gyorsan felkapcsolódhat.
- A pontosan bemért helyzetű mérővevői által vett jelek alapján hibakorrekcióhoz is tud adatokat szolgáltatni.
- A szerverben hatalmas számítási erőforrások állnak rendelkezésre, így pontosabban és gyorsabban elvégzi a helymeghatározáshoz és hibakorrekcióhoz szükséges számításokat, mint a mobiltelefon, s ezzel a telepét is kíméli. A kiszámolt pontos adatokat pedig leküldi a mobiltelefonnak.

4. Hibaforrások a mobiltelefonos helymeghatározásban

Geometriai eredetű hibaforrásokat szemléltet a 4. ábra a háromszögelésen alapuló és az 5. ábra az ívmetszésen alapuló helymeghatározás esetén. Vannak szerencsés és eleve nagy hibát eredményező elrendezések. Ahol ritkábban lakott területen nagyforgalmú egyenes út halad, ott a bázisállomásokat a főutak, autópályák közelében szokták elhelyezni. Célszerű ez az engedélyeztetés, az építés, az üzemeltetés és a forgalomkiszolgálás szempontjából is. A helybéli lakosok is kevésbé tiltakoznak ezek ellen, mint a települések központjában elhelyezett bázisállomások esetén. Ugyanakkor pont ez az elrendezés kedvezőtlen a helymeghatározás szempontjából.

4. ábra
A háromszögelés alapú helymeghatározás hibája különböző geometriai elrendezéseknél azonos szögmérési hiba esetén





5. ábra
Az ívmetszés alapú helymeghatározás hibája különböző geometriai elrendezéseknél, azonos távolságmérési hiba esetén. A szaggatott körívek a hibával meghatározott távolság várható minimális és maximális értékeit jelzik, a módszerrel meghatározott helyzet a szürke területre esik.

Helymeghatározási hibát eredményez az időmérés hibája is, ha a távolságmérés időmérésre vezetődik vissza. A rádióhullámok terjedési sebessége kb. 300.000 km/s. Ezért az 50 méteres helymeghatározási hibához az időmérés hibájának kb. 167 nanoszekundum értékénél kisebbnek kell lennie. A mobiltelefon órahibája ebbe a nagyságrendbe esik, de akár az OTD alapú időkülönbség-méréseknél, akár a TOA vagy TDOA alapú méréseknél csökkenthető az órahiba hatása, ha több adó-vevő párt vonunk be a helymeghatározásba. Ezért annak kiválasztása, hogy a felmenő irányú vagy a lefele irányú terjedés időmérésére alapozzuk a helymeghatározást, nem hibaszámolási, hanem inkább rendszertechnikai kérdés, és az is, hogy a mobiltelefonban, vagy a hálózatban összpontosítjuk-e az adatáramlás és feldolgozás irányítását. Ez utóbbi szempont a jogi és biztonsági kérdések szempontjából fontos.

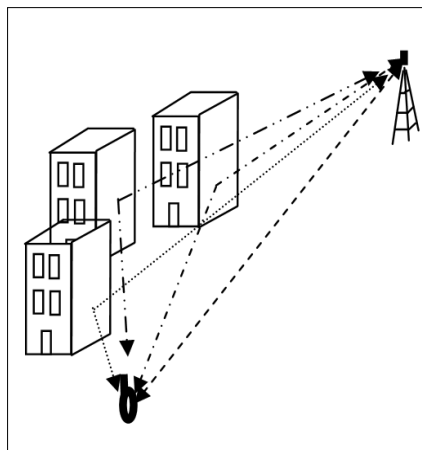
Helymeghatározási hibát eredményeznek a méréshez felhasznált frekvenciát használó távolabbi cellából érkező jelek és az egyéb zajok is. Ezekkel mindig számolni kell rádiós rendszerekben. Megvannak persze a korszerű megoldások még távolról érkező gyenge és zavart jelek alapján is pontosabb időmérésre, de ezért hosszabb mérési idővel és nagyobb processzor-igénybevétellel (egyben nagyobb telepfogyasztással) kell fizetnünk.

A rádiós összeköttetések mumusa, a fading, a helymeghatározásban is hibát, zavart okoz. Ez részben csökkenthető a nem kívánatos hullámok elnyomásával.

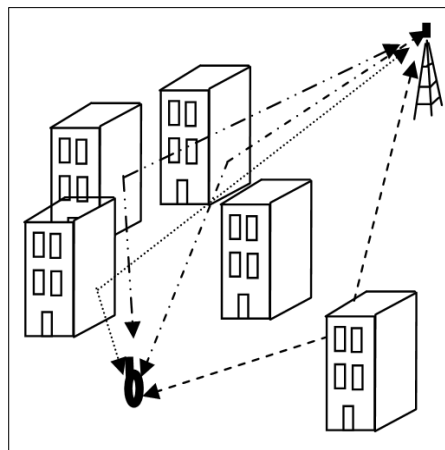
A többutas terjedés jelenti a legmakacsabb hibaforrást az esetek többségében mind a háromszögelésen, mind az ívmetszésen alapuló helymeghatározásnál, hiszen megzavarja a rádiójelnek mind az észlelt érkezési szögét, mind az észlelt terjedési idejét, mind pedig az észlelt jelszintjét a közvetlenül érkező rádióhullámhoz képest, amint azt a 6. ábra példája mutatja. Ebben az esetben elvileg szűrhetők a visszavert hullámok, de az igen összetett eljárás után is marad hiba. Jellemző eset nagyvárosban, hogy egyáltalán nem terjed közvetlen rádióhullám a mobiltelefon és a bázisállomás között, ennek példája látható a 7. ábrán. Ebben az esetben eleve és kiküszöbölhetetlenül hibával terhelt a hullámterjedésre alapozott helymeghatározás. A többutas terjedésből fakadó hibák ugyanúgy fellépnek a mobiltelefontól küldött és a bázisállomásra küldött hullámok esetén is.

A bemutatott alapelvek sokféle szempont szerint rendszerezhetőek. Az 1. táblázat annak figyelembe vételével rendszerez, hogy a mobiltelefon, a hálózat, vagy ezek együttműködése vállal-e lényeges szerepet a helymeghatározásban. A 2. táblázat összeveti az ismertetett módszereket aszerint, hogy milyen jellemzőt mér, milyen hálózat, milyen mobilkészülék kell a helymeghatározáshoz és mekkora a helymeghatározás szokásos hibája. Végül a 3. táblázat példákat sorol fel arra, hogy az USA területén az egyes hálózatüzemeltetők melyik hálózatban melyik műszaki megoldáson alapuló helymeghatározó technológiát vezették be [9].

6. ábra
A többutas terjedés megváltoztatja az eredő hullám észlelt érkezési szögét, terjedési idejét és jelszintjét a közvetlen hullámhoz képest



7. ábra
A közvetlen utas terjedést nem tartalmazó rádiós kapcsolat eleve hibával terhelt helymeghatározást eredményez valamennyi ismertetett módszernél



	Cell-ID	Cell-ID + TOA	EFLT	AFLT	AOA	TDOA	ODT	GPS	A-GPS
Hálózatalapú					•				
Együtműködés-alapú			•			•	•		•
Mobiltelefon-alapú	•	•		•				•	•

1. táblázat

Az ismertett helymeghatározó megoldások rendszerezése annak alapján, hogy mely rendszerelemek vállalják a lényeges szerepet a helymeghatározásban

5. Szabványos helymeghatározó rendszerek, architektúrák

A 3GPP LCS koncepciójában specifikálja a szükséges hálózatelemeket, azok működését, az interfészeket, az üzeneteket [4-6]. Nem specifikálja viszont a helymeghatározásra alapuló szolgáltatásokat és alkalmazásokat, a segélyhívások azonban ebben kivételt képeznek. A 3GPP a kereskedelmi, a hálózat belső működéséhez szükséges, segélyhívási és a törvényes lehallgatáshoz kapcsolódó helymeghatározási szolgáltatásokat külön kategóriákban kezeli. A szolgáltatást kezdeményezheti a mobil előfizető vagy a hálózat.

A LCS szabványosításban kiemelt szerepet kapott a szigorúan személyes adatnak számító helyzetinfor-

máció kezelése. Alapvetően az előfizető szabja meg, hogy ki jogosult a helyzetinformációja megszerzésére és tudomására kell hozni azt is, ha helyzetét meghatározták.

A jogosultság felelőse a mobil szolgáltató, alapesetben a felhasználói alapadatok között nyilvántartott elemek (HLR) alapján végzi a vizsgálatot. Kivételt képeznek a segélyhívások és a törvényes lehallgatás esetei. Ha az előfizető elbarangolt más hálózatba, a helymeghatározási szolgáltatásnak akkor is működnie kell a szabványnak megfelelően.

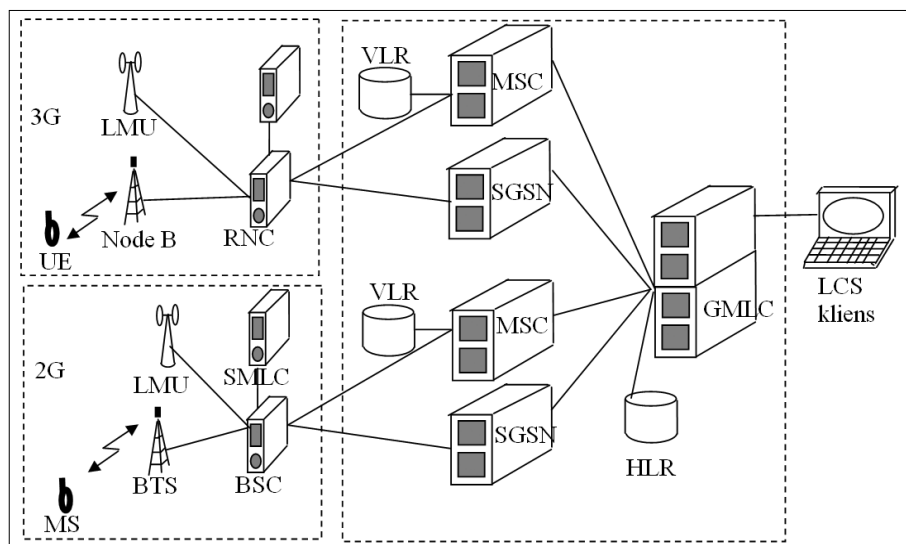
A helymeghatározás adatait frissítheti maga a mobiltelefon és szükség esetén jelentést küld a hálózatnak, kezdeményezheti a hálózat is és az adatokat üzenetváltással tudatja a mobiltelefonnal.

2. táblázat Az ismertett helymeghatározó eljárások rendszerezése

	Mért jellemző	Hálózat	Mobiltelefon	Pontosság
Cell-ID	A jelzőcsatorna vételével a Cell-ID kód	minden	minden	100 m – 3 km a cellamérettől függően
Cell-ID + TOA	A jelzőcsatorna vételével a Cell-ID kód + időkésléltetés mérése	GSM	minden	500 m
EFLT	Időkésléltetés mérése	3G	minden	250 – 300 m
AFLT	Időkésléltetés mérése	3G	speciális	50 – 200 m
AOA	Szögmérés a hálózattal	minden	minden	50 – 200 m
TDOA	Hálózat méri az érkezési időkülönbségeket	minden	minden	50 m
ODT	Mobiltelefon méri az érkezési időkülönbségeket	GSM	speciális	50 – 200 m
GPS vagy A-GPS	Mobilkészülék veszi a műholdak jeleit, illetve esetleg a mobilhálózat segítő és hibacsökkentő többletinformációit	minden	speciális	5 – 30 m

3. táblázat
AZ USA területén
bevezetett
helymeghatározó
technológiák

Hálózatüzemeltető	Hálózat	Technológia
T-Mobile	GSM	ODT
AT&T	GSM/3G	ODT
Sprint-Nextel	3G	A-GPS, AFLT
Verzion	3G	A-GPS, AFLT
QWEST	3G	A-GPS, AFLT
Alltel	3G	A-GPS, AFLT



8. ábra
A 3GPP szerinti szabványos
LCS architektúra

A helymeghatározásra építhetők az előfizetők számára további hasznos mobil szolgáltatások és alkalmazások:

Hálózatelemek a 3GPP LCS koncepcióban:

- **GMLC (Gateway Mobile Location Center)** továbbítja és tárolja a helymeghatározási igényt és adatokat;
- **SMLC (Serving Mobile Location Center)** vezényli a méréseket, adatokat cserél a szükséges hálózatelemekkel, kiszámolja a koordinátákat, lehet egy különálló egység vagy integrálható a BSC, MSC egységekbe;
- **LMU (Location Measurement Unit)** a helymeghatározási módszertől függően szükséges stabilan telepített referencia mérőegység a hálózattal összekapcsolva.

A hálózatelemek kapcsolatát a 8. ábra mutatja a második és harmadik generációs hálózatok közös esetére.

A szolgáltatások (LBS) szintjén a felhasználói sík működési leírására szép példát ad az OMA MLS (Mobile Location Service) architektúra, amelyet a 9. ábra szemléltet [7,8,10].

6. Alkalmazások

A segélyhívások többsége már mobiltelefonról érkezik mind Amerikában, mint Európában. Az FCC szabályozta a segélyhívások kezelését a segélyszolgálatok jobb működése érdekében. Előírta a helymeghatározást mobil segélyhívásoknál olyan pontossággal, hogy a hívások kétharmad részénél ennek hibája kisebb legyen 125 méternél (E911). Az Európai Unió hasonlóan megfogalmazta követelményeit (E112) [3,11,12].

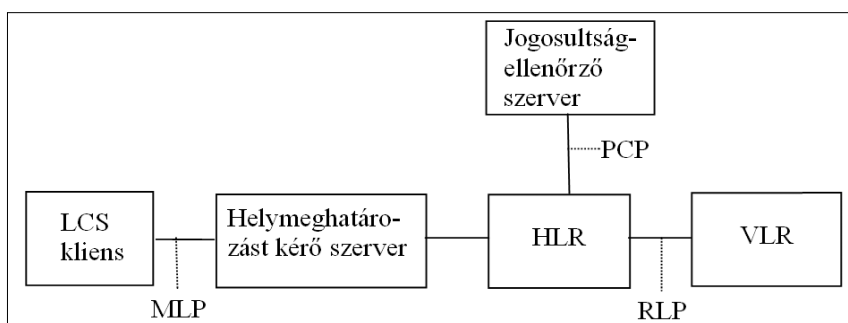
- A nálunk „sárga angyal” néven ismert autós segélyszolgálat is hatékonyabban működhet, ha országúton pontos helyinformációt tud megadni a bajba jutott autós.
- A mobiltelefonos helymeghatározásra alapozva követni lehet a gyerek, az autó, bármilyen vagyontárgy, vagy akár egy egész járműflotta helyzetét.
- A helymeghatározás lehetővé teszi a mobiltelefon alapú navigálást, útvonaltervezést.
- Alapozható rá a pontos használatnak megfelelő útdíj, parkolás díj megállapítása.
- Kiadható segítségével riasztás egy adott területen tartózkodók számára.
- Kiküldhető célzott reklám egy adott területen tartózkodóknak, ha előre engedélyezik a reklám fogadását. Összetárolkozhatunk barátainkkal, ha egymás közelébe kerülünk, bár nem látjuk egymást.

A hálózatüzemeltetőknek is számos érdekes alkalmazás kínálkozik. Bevezethető például mobil hálózatban is a távolságfüggő tarifa. Jobban kezelhető a túlterhelt cellák forgalma. Ha egymás közelében van két előfizető, akkor akár közvetlenül is összekapcsolódhatnak a hálózat felügyeletével és nem kötnek le drága erőforrásokat.

Példák bevezetett szolgáltatásokra, alkalmazásokra:

- A Sprint Navigation ugyanúgy elnavigálja az autósokat a mobiltelefonjukkal, mint egy GPS alapú eszköz. Grafikusan kirajzolja a vezetési útvonalat, vagy akár szó-

9. ábra
A helyzetalapú szolgáltatások
folyamatait tartalmazó MLS architektúra.
Az MLP (Mobile Location Protocol)
szerint lép kapcsolatba az LCS kliens
a helymeghatározást kérő szerverrel,
az RLP (Roaming Location Protocol)
lép működésbe, ha az előfizető
elbarangolt más hálózatrészbe,
és a PCP (Privacy Check Protocol)
ellenőrzi a kérés jogosságát.



beli utasításokkal segít a vezetésben [16]. Ha elront valamit a vezető, újratervezi a javasolt útvonalat. Meghatározott mobiltelefon típusokkal működik.

- A Verizon Wireless olyan szolgáltatást is kínál, melynél a szülő akár a mobiltelefonjával, akár egy webes szolgáltatással akár mikor akár honnan követheti, hogy gyermeke az engedélyezett területen belül tartózkodik-e, vagy riasztást tud adni, ha onnan távozik [17]. A szolgáltatás meghatározott területen működik és a szoftverre adott készüléktípusokra tölthető le.

- A DoCoMo új szolgáltatásokat vezetett be helyzetinformációkra alapozva i-area néven. A szolgáltatások rendelkezésre állnak az i-mode képességekkel rendelkező valamennyi mobiltelefonon [18]. Helymeghatározást, útvonaltervezést, navigálást kínálnak GPS mintára.

Magyarországon bevezetett szolgáltatások példái:

- A „Célravezető” a T-Mobile helyfüggő szolgáltatása, amelynek segítségével könnyedén, tartózkodási helyének megadása nélkül könnyen megtalálhatja például a legközelebbi benzinkút, bankautomata, étterem, patika vagy T-Mobile üzlet információit (címét, telefonszámát). A szolgáltatást a T-Mobile előfizetéses és Domino kártyás ügyfelei egyaránt használhatják, a keresett információkhoz SMS-ben és WAP-on keresztül is hozzájuthatnak [13]. A kategória találatainak lekérdezéséhez a 400-as hívószámra a „kulcsszót” (pl. benzinkutak) kell elküldeni. Az érvényes kulcsszavakról tájékoztatás kapható a 400-as hívószámra küldött „LISTA” szó alapján.

- A „Navigátor” a Pannon GSM szolgáltatása, amellyel a mobiltelefon gyorsan és egyszerűen teljes értékű mobil navigációs rendszerre alakítható át. A mobiltelefonra telepíthető útvonaltervező és navigációs szoftver segít a térképpen tájékozódni, megadott címre eltalálni, útvonalat tervezni [14].

- A „Flottakövetés” szintén a Pannon GSM szolgáltatása, amellyel aktuális információ kapható egy cég alkalmazottainak vagy gépjárműveinek belföldi tartózkodási helyéről [15].

7. Összefoglalás

A bemutatott működési elvek, szabványosítási folyamatok, megjelent különféle külföldi és hazai piaci alkalmazások tükrében jól látható, hogy a mobiltelefon rendszerek ténylegesen felhasználhatók helymeghatározásra is. Ezt is, mint mindent, lehet az ember javára vagy kárára felhasználni. Sokan dolgozunk azért, hogy minden rendes embernek tegye szebbé, értékesebbé, hasznosabbá mindennapjait a mobil helymeghatározásban rejlő óriási lehetőség kiaknázása.

A szerzőről

TAKÁCS GYÖRGY okleveles villamosmérnök, MBT, a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai Karának egyetemi docense. Távközlési és mérés-technikai tárgyak oktatója, beszédtechnológiai és mobil alkalmazástechnikai kutatási témák vezetője. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem címzetes egyetemi docense. Korábban a Hírközlési Hatóság távközlési igazgatója, az Ericsson Magyarország munkatársa és a MATÁV kutatója, kutatási vezetője volt.

Irodalom

- [1] Pap László:
A technika új csodája: a globális helymeghatározás,
<http://www.mindentudas.hu/mindentudasegyeteme/pap/20030623papaszlo.html>
- [2] Ádám–Bányai–Borza–Kenyeres–Krauter–Takács:
Műholdas helymeghatározás,
Műegyetemi Kiadó, Budapest 2004.
- [3] F. Gustafsson, F. Gunnarsson:
“Mobile positioning using wireless networks: possibilities and fundamental limitations based on available wireless network measurements,”
IEEE Signal Processing Magazine,
Vol. 22, No. 4, 2005, pp.41–53.
- [4] Functional stage 2 description of Location Services (LCS) in GERAN,
3GPP TS 43.059 V8.0.0 (2007-11).
- [5] Stage 2 functional specification of User Equipment (UE) positioning in UTRAN,
3GPP TS 25.305 V8.0.0 (2007-12).
- [6] Services and System Aspects;
Functional stage 2 description of Location Services (LCS), UserPlane Location Protocol Draft v.2.0,
24 May 2008.
- [7] Open Mobile Alliance
OMA-TS-ULP-V2_0-20080524-D
http://member.openmobilealliance.org/ftp/Public_documents/LOC/Permanent_documents/
- [8] Secure User Plane Location Architecture Draft v.2.0,
21 May 2008, Open Mobile Alliance
OMA-AD-SUPL-V2_0-20080521-D
- [9] Shu Wang, Jungwon Min, Byung K. Li:
Location Based Services for Mobiles:
Technologies and Standards IEEE ICC 2008 Beijing.
- [10] Yilin Zhao:
Standardization of Mobile Phones Positioning for 3G Systems,
IEEE Communications Magazine,
July 2002, pp.108–116.
- [11] A.H. Sayed, A. Tarighat, N. Khajehnouri:
“Network-based wireless location: challenges faced in developing techniques for accurate wireless location information,”
IEEE Signal Processing Mag., Vol. 22, No. 4, 2005, pp.24–40.
- [12] Göran Swedberg:
Ericsson’s mobile location solution,
Ericsson Review, No. 4, 1999, pp.214–221.
- [13] <http://www.t-mobile.hu/egyeni/szolgaltatasok/hasznos/celravezeto.shtml>
- [14] http://www.pannon.hu/uzleti/uzleti_megoldasok/helyfuggo_szolgaltatasok/navigator/
- [15] http://www.pannon.hu/uzleti/uzleti_megoldasok/helyfuggo_szolgaltatasok/flottakovetes/
- [16] <http://navigation.sprint.com>
- [17] <http://products.vzw.com>
- [18] <http://www.nttdocomo.co.jp/english/service/gps/>

Peer-to-peer alapú betörésérzékelés

CZIRKOS ZOLTÁN, HOSSZÚ GÁBOR

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Elektronikus Eszközök Tanszék
hosszu@nimrud.eet.bme.hu

Lektorált

Kulcsszavak: P2P, betörésvédelem, NIDS, átfedő (overlay) hálózat

Cikkünkben egy új hálózati biztonsági eljárást mutatunk be. A működés során a módszert megvalósító szoftveregységek a hálózaton egy egyenrangú (Peer-to-Peer, P2P) felépítésű alkalmazási szintű hálózatot hoznak létre, amelyen megosztják egymás között az általuk érzékelt betörési kísérletek adatait. Az összegyűlt tapasztalatok az összes résztvevő biztonságát növelik. A rendszer teljesen decentralizált, ezért instabil hálózat esetén, valamint több gépet egyszerre érő támadások során is működőképes marad. A rendszer megvalósítására a Kademlia P2P átfedőt találtuk a legalkalmasabbnak. Ennek megbízhatóságát, illetve a felette megvalósított broadcast üzenetküldő algoritmust is elemezzük.

1. Bevezetés

Több olyan biztonsági program létezik, amelynek különböző gépeken futó példányai egymással kapcsolatot tartanak [3,4]. Az általunk kidolgozott szoftver új-donsága az, hogy az egyes gépeken futó egységek az Interneten egy egyenrangú (Peer-to-Peer, P2P) átfedő (overlay) hálózatot hoznak létre. A szerveződés önműködő, felhasználói beavatkozást nem igényel. Ez a hálózati felépítés nagy stabilitást biztosít, amelyre az egyes egységek között a tapasztalatok gyors, megbízható átadása miatt van szükség. A rendszer felépítéséből adódóan a hálózati hibák és a támadások miatt megbízhatatlan hálózaton is működőképes marad.

A szoftvert *Komondornak* neveztük el, hiszen feladatkörében sok mindenben hasonlít a házörzésben híresen kiváló kutyafajtára.

A cikk a szakirodalom jelenlegi állásával foglalkozó második szakaszában általánosságban bemutatja a P2P átfedőket, valamint a két legelterjedtebb elosztott betörésérzékelő rendszert. Ezekután ismertetjük az általunk kidolgozott Komondor rendszer tervezési szempontjait és működését. A negyedik szakasz az alkalmazott Kademlia átfedő felépítését magyarázza el. A részletek ismertetése után igazoljuk, hogy az átfedő alkalmas az érzékelő rendszer megbízható megvalósítására, végül pedig összefoglaljuk a cikkben közölt állításokat, valamint a Komondor rendszer működésével és hatékonyságával kapcsolatban összegyűlt eddigi tapasztalatokat.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A P2P átfedők és típusaik

Az egyenrangú (P2P) közlési modellen alapuló alkalmazási szintű átfedő (overlay) hálózatok lehetnek strukturáltak és nem strukturáltak. Az utóbbi csoportba tartozó átfedőknél egy-egy egyenrangú (peer) könnyen

nélkülözhető, a hálózat rugalmasan kezeli a kilépéseket és a meghibásodásokat. Az alkalmazásoknál szokásos keresést is az egyes egységek maguk végzik el, a keresési kéréseket egymásnak továbbítva [7]. Ilyen nem strukturált hordozók a *Gnutella*, a *Freenet* és a *Fast-Track* [2].

Az átfedők másik csoportja az úgynevezett *elosztott hash táblázatok* (Distributed Hash Table, DHT). Ezek a hálózatok kulcsérték-párokat tárolnak és egy adott kulcshoz tartozó érték, adat gyors megkeresését teszik lehetővé. A nem strukturált hálózatokkal szemben itt az egységek közötti kapcsolatok meghatározottak; a hálózat topológiája pontosan definiált. Minden eltárolt adat (fájl) meghatározott helyre, adott egységhez kerül. Az egységek egy nagy értékkészletből választott, például 160 bites *csomóponti azonosítóval* (Node Identifier, NodeID), rendelkeznek. Hasonlóan az egyes adatokhoz (fájlokhoz) is hozzá van rendelve kulcs, ami például a fájl nevének hash értékéből képzett, a NodeID-vel azonos bit-számú (példánkban 160 bites) *fájlazonosító* (File Identifier, FileID). Minden egység azokat a kulcsérték-párokat tárolja, amelyek kulcsának valamilyen hash függvény szerinti értéke legközelebb van a saját csomóponti azonosítójához. A NodeID bitjeinek száma megegyezik az egységek által használt hash függvény kimeneti bitjeinek számával. Így az egyes értékekről a kulcs ismeretében könnyen eldönthető, hol kell keresni azokat. Ezt az eljárást *consistent hashing*nek nevezik [8,9].

Az egyes strukturált hálózatok a kapcsolatok szervezésében, az átfedőn belüli útválasztás algoritmusában, két azonosító közötti távolság függvényben különböznek egymástól.

2.2. Az elosztott betörésérzékelés

A manapság széleskörűen használatos elosztott betörésérzékelő rendszerek általában centralizáltak és csak adatgyűjtésre szolgálnak [4]. A valódi, decentralizált és beavatkozásra is képes alkalmazások csak az utóbbi időben jelentek meg.

A PROMIS nevű védelmi rendszer (és elődje, a Net-biotic) a részben centralizált hálózatot építő JXTA keretrendszert használja az érzékelt támadások adatainak megosztására [12]. A PROMIS rendszerbe beépülő egységek a többiekől információt kapnak az érzékelt gyanús események számáról és az alapján automatikusan állítják az operációs rendszer és a rendszerben telepített Web-böngésző biztonsági szintjét. Ez az eljárás általános védelmet ad a károkozó programok ellen, de egyben csökkentheti is a használhatóságot. A megközelítés hasonló a hétköznapi életből ismert járványok megelőzéséhez.

A Spamwatch nevű levélszemét (spam) szűrő rendszer a Tapestry hálózatra épül [13]. A program egy levelező alkalmazásba épülő bővítmény. Az egyes, felhasználók által levélszemétként megjelölt levelek adatait a rendszer a DHT-ben tárolja; más felhasználóknál így ugyanaz az üzenet automatikusan törölhető. A DHT alkalmazása miatt a lekérdezés gyors és csak kis hálózati forgalmat generál.

3. A kifejlesztett rendszer

A Komondor rendszerben a betörések érzékelését az egyedek elosztottan végzik, egy Kademia alapú DHT segítségével [1]. A rendszer tervezésekor a következő célokat tartottuk szem előtt:

- stabil átfedő hálózat építése a tapasztalatok megosztására;
- az átfedőn a támadások hírei a lehető leggyorsabban terjedjenek;
- a rendszer decentralizálása, az egyedek nélkülözhetőségének biztosítása;
- a tapasztalatok alapján az egyes egyedek biztonsági réseinek elfedése.

A Komondor szoftver különböző gazdagépeken futó példányai látszólagos, alkalmazási szintű, úgynevezett átfedő (overlay) hálózatba szerveződnek. A tapasztalatok megosztásának sebessége nagyban függ az alkalmazott hálózati modelltől. A decentralizáció és a megbízhatóság biztosításához célszerű a rendszert egyenrangú szoftver egyedek együttműködését megvalósító P2P átfedőre építeni [11], szemben a nagyobb meghibásodási kockázatot jelentő ügyfél-kiszolgáló (client-server) rendszerekkel.

A Komondorban a gyanús események rögzítésére strukturált átfedőt, vagyis egy DHT-t alkalmazunk. A kúcsok a támadók IP címei, az értékek pedig a támadások adatai. Adott támadóról szóló jelentések a közös hash függvény használata miatt egy pontban összegződnek. Ha egy adott Komondor egyed, a hozzá beérkező jelentések elemzése alapján úgy dönt, hogy a jelentésekben szereplő IP címen egy támadó tevékenykedik, akkor szórt üzenetet (broadcast) indít az átfedőn, hogy jelentse a támadás tényét az összes többi Komondor egyednek. Mindenkinek érdeke ugyanis, hogy a felismert támadó ellen védekezni tudjon. A PROMIS rendszertől eltérően a Komondorban a védekezés célzott, csak az adott támadó ellen irányul.

A több helyen történő érzékelés és az adatok összevetése igen hatékony lehet. Tekintsük a következő példát. Adott egy támadó, aki levélszemét (spam) küldése céljából keres helytelenül konfigurált SMTP kiszolgálókat. Eljut egy alhálózatra, amelyen belül több géphez is megpróbál kapcsolódni azért, hogy feltérképezze, hol fut egyáltalán levelező szerver. A támadó által kezdeményezett TCP kapcsolatok a nyitott portok felé felépülnek, aztán meg is szakadnak. Egyetlen felépülő és megszakadó TCP kapcsolat nem jelent önmagában támadást, utalhat hálózati hibára, vagy egy felhasználó által megszakított levélküldésre is. Ha azonban ez a jelenség az alhálózat többi gépén, például a szomszédoknál megismétlődik, az már gyanúra ad alapot. A Komondor rendszerben a támadók IP címe alapján dől el, hogy melyik Komondor egyed lesz felelős a támadó azonosításáért, ezért a hálózati szintű támadások érzékeléséhez a gyanús eseményekről szóló jelentéseket meg kell osztani.

Kutatásunk fő célja a Kademia P2P átfedő megbízhatóságának vizsgálata és a P2P alapú betörésérzékelés lehetőségeinek megismerése. A jelenleg megvalósult, Linux és Microsoft Windows alapú Komondor implementációk az érzékeléshez a Snort-ot és az operációs rendszer naplófájljait használják; beavatkozáshoz pedig az adott számítógépen működő tűzfalat. A jövőbeli fejlesztések során a felsoroltakon kívül más érzékelő és beavatkozó modulok is elképzelhetők a Komondor rendszerben.

4. A Kademia átfedő alkalmazása a Komondorban

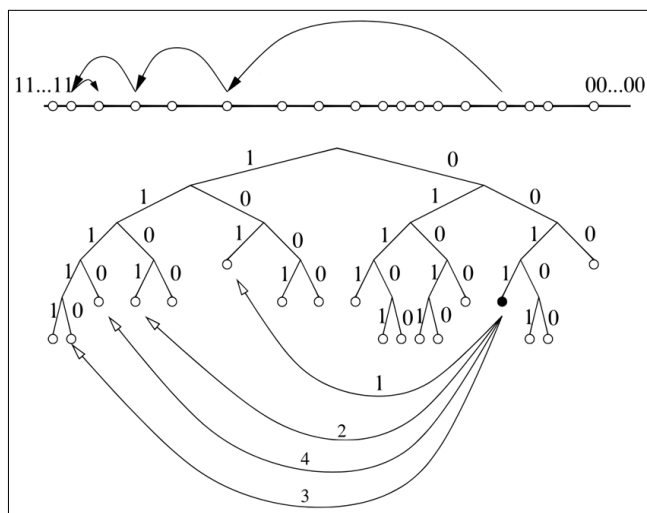
4.1. A Kademia átfedő felépítése

A Kademia átfedő megbízhatóságának vizsgálatához és az üzenetszóró algoritmusok bemutatásához ebben a részben vázlatosan ismertetjük a Kademia átfedő felépítését és működését.

A Kademia elosztott hash táblázatokat (Distributed Hash Table, DHT) használ, az ilyen típusú átfedő hálózatokat gyakran DHT-knek nevezik. A Kademia DHT-ben egyedek alkalmazási hálózatbeli címeik szerint egy bináris fával ábrázolhatók [5]. A Kademia egyedek minden távoli részfából ugyanannyi kapcsolati lehetőséget (IP hálózati címet, port számot) tartanak nyilván; ezeket a listákat *k-vöröknék* nevezik. A listák mérete egy *k* szám, amely rendszerszintű konfigurációs paraméter. Egy nagy hálózat esetén a nagyobb részfákban jóval több egyed van, mint *k*, vagyis a fának a távoli részeiről egy egyednek arányaiban kevesebb tudása van, míg a hozzá legközelebbi egyedekről teljes képe.

Az útvalasztás az 1. ábrán látható módon történik. (Azokat a részfákat, amelyek csak egyetlen egyedet tartalmaznak, a Kademia irodalmában nem szokás különként ábrázolni, csak levélként. A példában ettől függetlenül az összes egyed azonosítója 5 bites.) Ha a 00110 című egyed az 11100 címűnek üzenne, nem kell mást tennie, mint küldeni egy üzenetet *bármelyik* az 1-es

sel kezdődő részében, akik már jobban fogják ismerni az 11-gyel kezdődőek részét stb. A lekérdezések sorrendjét a számozott nyilak mutatják. Az üzenetküldés láthatóan $O(\log n)$ lépésben megvalósul. Az egyedek két azonosító távolságát (hálózati címek vagy hálózati cím és kulcs) a *kizáró* vagy függvényrel számolják. Minél nagyobb helyiértéken találunk a távolságban 1-est, annál távolabbi részében van a keresett egyed. Ezért ábrázolható a hálózat bináris fával; ez az XOR topológia. A művelet szimmetriája miatt egy adott egyed szempontjából a bejövő és a kimenő üzenetek eloszlása azonos. Az egyedek útválasztási táblája így az üzenetek hatására automatikusan frissül; a hálózat önmegerősítő.



1. ábra Útválasztás a Kademlia átfedőben

Más DHT rendszerekhez képest szokatlan tulajdonsága a Kademliának az egyedek nagyfokú szabadsága. Az adott kulcs tárolásához a tároló egyed az üzenetet nem „útjára indítja”, hogy majd a megfelelő egyedhez eljutva az érték tárolódjon, hanem ő maga keresi fel az adott kulcshoz legközelebbi egyedet. Ez leegyszerűsíti a replikáció (replication, másodlatolás) kezelését. Egy adott kulcs-érték párt eltárolni szándékozó egyed nem a kulcshoz legközelebbi egyednek, hanem a legközelebbi k darab egyednek küldi el az üzenetet. Ezzel a k szám megválasztása hatással van egyrészt az átfedő hálózat stabilitására van hatással. Azonban, mint az az alábbiakban látni fogjuk, ha $k > 1$ az eltárolt kulcsok elérhetősége is javul. A Kademlia protokoll tulajdonságaiból adódik ugyanis, hogy egy adott egyed az alkalmazási szintű címtartomány megfelelő részeiből igyekszik legalább k darab másik egyedet ismerni. Az elérhetőségeket szükség szerint óránként frissíti; a k számot úgy kell megválasztani, valószínűtlen legyen, hogy az összes k darab ismert egyed egy órán belül elhagyja a hálózatot.

A hálózatot elhagyó egyedek a Kademliában *nem küldik el* az eltárolt kulcsaikat a szomszédjaiknak. Vagyis ha az egyik egyed eltűnik a hálózatról, akkor a benne tárolt kulcsok is vele együtt eltűnnének, hacsak nem tárolták azt is több helyen. Vegyük észre, hogy egy DHT-ben egy adott azonosító elérhetősége azonos egy adott

kulcs elérhetőségével. Vagyis a replikáció fokának érdemes ugyanazt a k számot választani, amit a fentiekben a stabilitás fokának választottunk. Így gyakorlatilag csak erre az egyetlen egy rendszerszintű konfigurációs paraméterre van szükség.

4.2. A Kademlia átfedő megbízhatósága

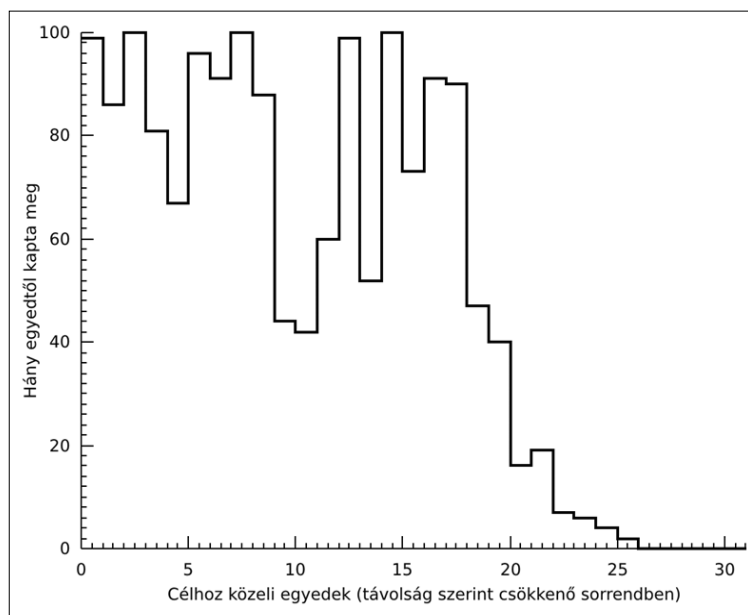
A Komondor rendszerben az átfedőt egy módosított Kademlia protokoll hozza létre. Így a Komondoron végzett mérések egy része a Kademlia tulajdonságait is leírja. A Komondor eddigi futtatásai bebizonyították, hogy a Kademliában a másodlatolásnak jóval nagyobb a szerepe, mint más típusú átfedőkben. Ugyanis az egyes Kademlia egyedek esetenként nem érik el egymást csomagvesztés, csomagszűrés, címfordítás vagy hasonló okok miatt. Ezért lehetséges, hogy egy adott, egyetlen egyednél eltárolt kulcsot egy másik egyed nem képes elérni, mivel nem tud hozzá csatlakozni.

A replikáció részben megoldást ad a problémára. Ha nem egy konkrét egyednél, hanem a Kademlia egyedek egy tartományában (k számú egyednél) tároljuk el a kulcsot, a több egyed közül nagyon valószínű, hogy lesz legalább egy elérhető. Illetve, ha nincs is teljesen egyforma tudomásuk az egyes egyedeknek az adott kulcshoz közeli másik egyedekről, a másodlatolás által kiválasztott intervallumok átfedése biztosítja ezt. (A strukturált hálózatokban a gyakran ki- és belépő egyedek miatt szokott előállni ez az eset; a jelenség neve a *high churn* [10].)

Az előbbi állítás bizonyításához készítettünk egy *Kadsim* nevű szimulátor programot. Bár az elvégzett szimulációk főként a Komondor igényeit tartották szem előtt, de a kapott eredmények általánosak, így minden egyéb Kademlia protokollra épülő átfedő hálózatra is érvényesek. A *Kadsim* lényege, hogy adott számú egyedhez létrehoz egy kapcsolati mátrixot, amely tulajdonképpen a kapcsolódási lehetőségek gráfjának szomszédsági mátrixa.

Adott egy üzenet, amely csupán egy véletlenszerűen kiválasztott azonosító; a Komondor rendszerben ez a támadó IP címének hash-elt értéke. A Komondor kifejezett igénye, hogy legyen az átfedőben egy olyan egyed, ahol erről az adott támadóról szóló jelentések összefutnak. Ezért a *Kadsim* azt az esetet modellezi, amikor az átfedőben lévő összes egyed érzékel az adott helyről érkező támadást. Mindenki megkeresi azt a másik egyedet, akinek a címe legközelebb van a hash-elt értékhez, nem számítva azokat, amelyek nem elérhetőek. A szokásos, fájl tárolásra használatos DHT alkalmazások esetén ez ugyanígy történne; egy adott kulcsot kell megkeresni a kulcshoz közeli egyedek szűk környezetében.

A szimuláció végeztével a program a kulcstól való távolság szerint növekvő sorba rendezi az egyedeket és grafikonon ábrázolja, hogy melyikük hány üzenetet kapott. Ideális esetben, ha minden kapcsolat működik, a grafikon egy lépcső: a kulcshoz legközelebbi k darab egyed az összes üzenetet megkapja, a többieknek pedig nem küldenek semmit. Hálózati hibák esetén a görbe ellaposodik és kiszélesedik (2. ábra).



2. ábra

Kulcsok tárolása a Kademlia átfedőben,
replikáció: 16-szoros, hibás kapcsolatok: 20%

Például, ha a másodlatolás foka $k=16$, és az egyik egyed nem éri el a 12. és a 15. legközelebbi egyedet, akkor üzenetet fog küldeni a 16. és 17. legközelebbihez is.

Ha a hálózati hibák eloszlása egyenletes, akkor nem lesz a hálózatnak olyan pontja, ahol az összes támadási jelentés összegződik, bármilyen magasra választjuk is a replikáció fokát. Ilyen esetben a Kademlia kifejezetten rossz választás lenne. A valóságos hálózatok, így az Internet is, viszont szerencsére nem ilyenek: a hibák általában nem egyenletesen oszlanak el. Például vannak olyan számítógépek, amelyek publikus IP címmel rendelkeznek, azokhoz közvetlenül lehet kapcsolódni; akik pedig címfordító mögött vannak, azokhoz nem. Az eloszlás sokféle lehet, a Kadsim egy hatványfüggvény szerinti hibaeloszlást modellez. Nem egyenletes eloszlás esetén a célhoz közeli egyedek közül lesz olyan is, aki képes fogadni üzeneteket.

A szimuláció azt mutatja, hogy már a nem túl nagyfokú, például $k=8$ -as replikáció is igen nagy valószínűséggel biztosítja, hogy van olyan egyed, amelyiknél az összes jelentés összegyűlik (3. ábra). Ez száz egyedhez képest talán soknak tűnik a megszokott P2P alkalmazásokban, de az egyedek számának növelésével nincs szükség a növelésre. A kiválasztott egyedek közül nagy valószínűséggel lesz olyan, amelyik mindenki által elérhető.

4.2.1. A hálózati hibák matematikai modellezése

A DHT-kben az egyes egyedek a hálózathoz csatlakozáskor véletlenszerűen választanak maguknak egy azonosítót az igen nagy címtartományból, illetve a hash függvények kimenete is véletlen számnak tekinthető. Ezért az eltárolandó adatokhoz látszólag véletlenszerűen választ a hálózat felelős egyed. Ez a tulajdonság lehetővé teszi az átfedő egyszerű matematikai modellezését.

Egy adott m azonosítójú egyedhez tartozó hálózati hibák $h(m)$ számát a következő, (1) függvény adja meg:

$$h(m) = c \cdot \left(\frac{m}{n}\right)^\alpha, \quad (1)$$

ahol n az összes lehetséges egyedek száma ($0 \leq m < n$). α a hálózati hibák eloszlását határozza meg, $\alpha=2$ négyzetes eloszlás esetén. c a legnagyobb hálózati hibaarányt megadó állandó. Ezeket a paramétereket a modellezett átfedő alapját képező fizikai hálózaton végzett mérések alapján lehet meghatározni.

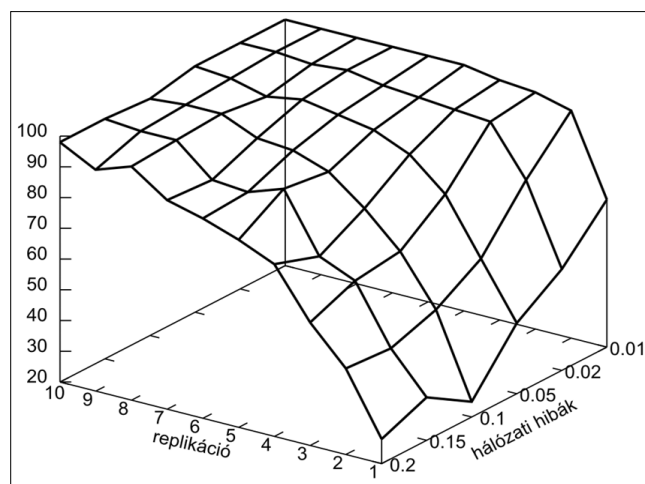
Az (1) a hibák valódi számának becslését adja és értéke nem feltétlenül egész szám. Ezzel szemben az egyedek hibáinak valódi száma, vagyis $n \cdot h(m)$ nyilvánvalóan csak egész szám lehet. Nagyobb számú hibák esetén az ebből adódó különbség elhanyagolható. Az (1) alapú becslés azonban nem alkalmazható kevés szá-

mú hiba esetén, vagyis abban az esetben, ha $n \cdot h(m)$ az értelmezési tartomány jelentős részén majdnem 0. Ugyan- is a valóságban nincsen például 0,3 hiba, csak 0 vagy 1.

Mivel az átfedő a hibákkal teletűzdelt Interneten működik, nem várhatjuk el tőle, hogy tökéletes legyen. Meghatározhatunk viszont egy számszerűen megfogalmazott igényt, például elvárjuk az átfedőtől, hogy az esetek 99%-ában kikereshető legyen az eltárolt adat. Ha adott a megengedhető hibák $\beta=1\%$ aránya, a kikeresés sikerének valószínűsége $1-\beta$, ha a $h(m) \leq \beta$ egyenlőtlenség fennáll a kiválasztott egyedre. Ezek azok az egyedek, akik az előírt aránynál több helyről elérhetőek.

A szokásos 128 vagy 160 bites azonosítók nagy száma miatt a címtartomány folytonosnak tekinthető. Mivel az egyedek véletlenszerűen kiválasztott azonosítókkal rendelkeznek, illetve a hash függvények kimenete is látszólag véletlenszerű és egyenletes eloszlású, m/n tulajdonképpen egy $[0,1)$ intervallumból sorsolt véletlen számnak vehető. Ha az egyenlőtlenséget megoldjuk m/n -re, megkapjuk azon egyedek számát, amelyek megfelelnek a (2) kritériumnak.

3. ábra
Sikeres kikeresések százaléka a Kademlia átfedőben



$$\frac{m}{n} \leq \sqrt{\frac{\beta}{c}} \quad (2)$$

Legyen egy adott kikeresés sikerének valószínűsége P' . Mivel $0 \leq m/n < 1$, és véletlenszerűen kiválasztott, a (3) egyenlőség fennáll P' -re.

$$P' \leq \sqrt{\frac{\beta}{c}} \quad (3)$$

Ha az átfedő másodlatolást (replikációt) is alkalmaz, az adatok k különböző helyen tárolódnak. Vagyis k -szor választhatunk egy $[0,1]$ közötti véletlen számot. Ha a k alkalomból legalább egyszer teljesül a fenti egyenlőség, a kikeresés sikeres. Kiszámítva az összes kikeresés sikertelenségének valószínűségét és azt 1-ből kivonva kapjuk (4)-et.

$$P = 1 - (1 - P')^k \quad (4)$$

A (4) képlet azt a valószínűséget adja meg, hogy egy adott kikeresés sikeres lesz, a megadott számú hálózati hibák ellenére. Behelyettesítve a hibák számát és a kikeresések elvárt helyességének arányát, meghatározható belőle a szükséges replikáció mértéke.

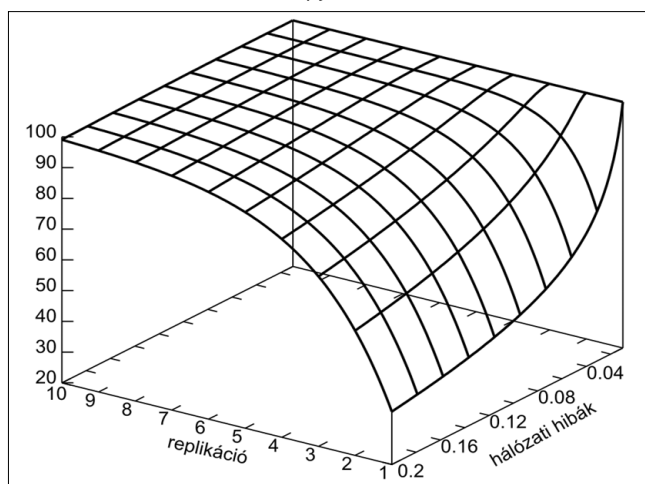
A 4. ábra adott hibaarány és replikáció mérték függvényében mutatja a kikeresés helyességének valószínűségét 1%-os megengedett hiba mellett. Látható, hogy még magas, 10%-os legnagyobb hibaarány esetén is elegendő a $k=5$ -ös replikáció, hogy nagy valószínűséggel ($P=80\%$) biztosítsuk a helyes működést. Ha az átfedőt csak néhány tíz egyed alakította ki, akkor a $k=5$ nagy számnak tűnhet, de nem szabad elfelejteni, hogy a meghatározott k érték bármilyen nagyszámú egyedre érvényes. A képlet a szimulációhoz hasonló eredményeket ad. Igen kis hibaarányok esetén mutatkozik eltérés, ahogyan az várható is volt az (1)-beli egyszerűsítés miatt.

4.3. Broadcast üzenetek P2P átfedőkben

A broadcast (egyőtől mindenkinek típusú) üzenetek küldése a P2P átfedőkben ritka, a résztvevő egyedek nagy száma miatt. Általában nem is terveznek olyan al-

4. ábra

A sikeres kikeresések aránya a Kademlia átfedőben az alkalmazott becslés alapján számítva



goritmust, amely az ilyen típusú üzenetek szórását hivatott megoldani, mivel ez ellentmond az egyik fő tervezési szempontnak, a skálázhatóságnak. Vannak viszont olyan alkalmazások is, amelyek igénylik ezt az üzenettípust. Ide tartozik a Komondor is. Amikor egy egyed egy adott támadóról megfelelő számú jelentést gyűjtött, egy broadcast típusú, szórt üzenetet kell útjára indítson a hálózaton. Másik gyakori alkalmazás a tetszőleges típusú keresések megvalósítása az átfedőkben; a DHT-nek ugyanis ez nem alapszolgáltatása (például fájlcsere esetén csak pontos fájlnévre tud keresni, részlegesen nem).

A strukturált átfedők beépített topológiája, szervezete lehetőséget biztosít az ilyen üzenetek gyors és hatékony küldésére. Mindenképpen célszerű a meglévő topológiát használni erre a célra. Ennek egyik oka, hogy a meglévő topológián általában logaritmusos lépésben elérhető bármely egyed, vagyis a broadcast üzenet is logaritmusos időben el fog jutni minden egyedhez. Másik oka pedig, hogy az üzenet küldése közben nem szükséges új kapcsolatokat kialakítani, vagy kikereséseket indítani. Gyakorlatilag a topológia egy *implicit többszörös faként* használható (implicit multicast tree).

A Komondor is egy olyan alkalmazás, ahol fontos a minél gyorsabban történő üzenetszórás. Általában egyszerűen megoldható, hogy csomag újraküldés segítségével megbízható kommunikációt építsünk egy megbízhatatlan közlérszére. A csomagvesztés érzékeléséhez azonban időre van szükség. Méréseink szerint csomagvesztés nélkül ez az algoritmus néhány másodpercen belül képes biztosítani az üzenetszórás; egy csomagvesztés érzékeléséhez önmagában is szükség van ennyi időre. Ha nem próbáljuk meg újraküldeni a csomagokat, akkor a szimuláció segítségével megkaphatjuk azt a legrövidebb időt, amennyi alatt az algoritmus képes elvégezni az üzenetszórás. A replikáció támogatásával ez sokkal rövidebb lehet, mint a csomagvesztés észleléséhez szükséges idő. Az újraküldés nélküli szimulációval megkapjuk azt az arányt is, ahány százalékában az eseteknek képes garantálni a legrövidebb idő betartását.

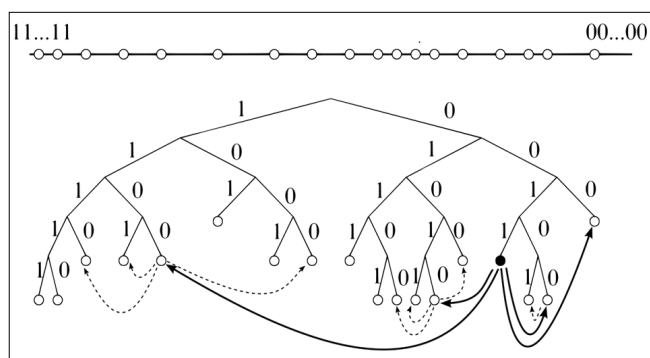
A szórt üzenet küldésére a Kademlia átfedőben háromféle megoldást dolgoztunk ki.

4.3.1. Szórt üzenetek elárasztással

Az első, legegyszerűbb megoldás esetén minden egyed az összes általa ismert egyednek továbbítja az üzenetet. Mivel ilyenkor egy adott üzenetet egy-egy egyed többször is megkaphat, az üzenetek azonosítók-kal kell ellátni. Az ismert adatcsomagokat az egyedek eldobják, nem továbbítják és nem is dolgozzák fel többször. Ez a megoldás egyszerű, de igen nagy forgalmat generál különösen, ha a k -vödrök nagyok. Gyakorlati haszna nincsen, leginkább egy referenciaként használható; egy ilyen üzenetszórás szimulálva egy adott Kademlia átfedőn belül ugyanis megkaphatjuk, hogy mekkora az üzenetszóráshoz szükséges legkisebb idő. Ha az üzenet az összes lehetséges úton közlekedik, akkor a legrövidebb utat is bejárja.

4.3.2. Szórt üzenetek küldése a topológia kihasználásával

A második megoldásban az egyes részfákhoz felelőket jelölünk ki, akik az adott részfán belül tovább szórják az üzenetet (5. ábra). Az ábrán a 00110 című, fekete ponttal jelölt egyed indítja a szórt üzenetet azért, hogy elküldi minden vödreből egy-egy szabadon választott egyednek, a folytonos nyíl szerint. Ezek az 11000, a 01010, a 00100 és a 00000. Az üzenetet fogadó egyedek a saját részfájukon belül (amelyek rendre az 1***, 01***, 000** és 0010* részfák) felelősek az üzenet tovább szórásáért, mégpedig a szaggatott nyílak szerint. Az üzenet szórása így logaritmikus időn belül lezajlik.



5. ábra Az üzenetszórás lépései a Kademia átfedőben

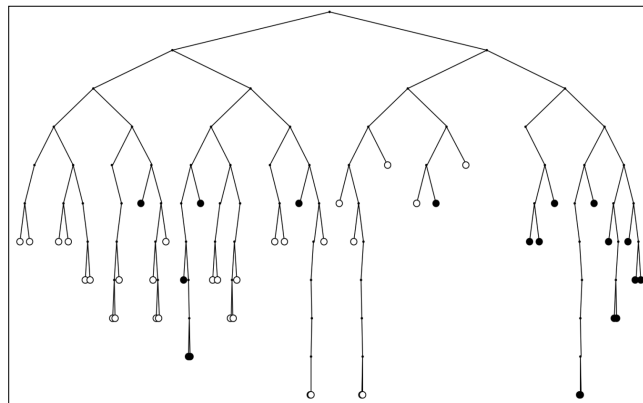
Az üzenetek továbbküldéséhez az egyedeknek tudniuk kell, hogy ők melyik részfáért felelősek. Ezért minden broadcast üzenet mellé szükséges még egy kis egész számot is csatolni, amely a bitek számát jelöli; hogy hány kezdő bitben kell megegyeznie a következő címzetteknek a fogadó egyed címével. Mivel az egyes részfákhoz tartozó egyedeket minden esetben tartalmazzák a k -vödrök, az üzenet szórásához kiegészítő útválasztási információra nincs szükség. Az üzenet továbbítását a megadott és annál kisebb részfákba végzi el minden egyed:

```

broadcast (üzenet szövege, magasság)
    ciklus i=magasságtól a címbitek számáig
        ha az i. vödör nem üres, akkor
            i. vödörből egyed választása
                véletlenszerűen
            üzenet küldése az egyednek,
                tartalma: üzenet szövege, i+1
        feltétel vége
    ciklus vége
  
```

Az algoritmus igen takarékos, minden egyed csak egyszer kapja meg az üzenetet. Az üzenetek száma exponenciálisan növekszik, vagyis az üzenetküldés logaritmikus időben lezajlik. Problémák csomagvesztés esetén lépnek fel, ugyanis egy-egy eltűnt csomag esetén nem egyetlen egyed, hanem részfák maradnak ki az üzenetszórásból. Az üzenetek tulajdonképp részfáknak szólnak: az eredeti feladó elküldi a másik fél részfának az üzenetet, illetve felel a saját fél fájáért. Elküldi a saját fáján belül az egyik negyednek, és maga felel a másik negyedért. Elküldi egy nyolcadnak, és ma-

ga felel a másik nyolcadért stb. Viszont minden ilyen részfának csak egy felelőse van. A 6. ábra egy szimuláció eredményét mutatja. Fehér körök jelzik azokat az egyedeket, akik megkapták az üzenetet, a feketék pedig a kimaradókat. Láthatóan az átfedőben találhatók teljesen fekete részfák is.



6. ábra

Az implicit fás üzenetszórás hibái a Kademia átfedőben

Könnyen előfordulhat az is, hogy egy olyan üzenet veszik el, amelyet egy sok csomópontot (magas részfát) kezelő egyednek szántak. Általánosságban elmondható, hogy az üzenetet meg nem kapó egyedek száma, a csomagvesztés arányától függetlenül akár az összes egyed felénél is több lehet szerencsétlen esetben. Bár a hálózat decentralizált, ez az algoritmus nem követi a decentralizálás filozófiáját, ugyanis az egyes üzenetek fontossága eltérő. A fontosságuk itt attól függ, hogy milyen magas részfáért felelős egyednek küldik azokat. A kiinduló egyednél akár a legmagasabb fa is lehet.

4.3.3. Szórt üzenetek küldése a topológia kihasználásával, replikációval

A fenti probléma kivédésére használható a harmadik, javított módszer, amely tulajdonképpen az első két ötözése. Az algoritmus lényege megegyezik a második módszernél bemutatottal; minden egyre kisebb részfából kijelölünk egy-egy egyedet, hogy azon belül végezze el az üzenet további szórását. A különbség az, hogy nem egy, hanem több egyednek is elküldjük az üzenetet, ezzel próbálva meg kivédeni a csomagvesztések hatását. Így hatványozottan csökken annak az esélye, hogy egy adott részfa kimarad az üzenetszórásból. Mivel ebben az esetben is lehetséges többszörös kézbesítés, az üzeneteket nem csak a részfa magasságával, hanem egy kvázi-egyedi azonosítóval is el kell látni. A replikáció kétszerestől a k -vödrök méretéig terjedhet. A replikáció nélküli eset az előző algoritmust adja vissza.

4.4. Az üzenetszórási algoritmusok összehasonlítása

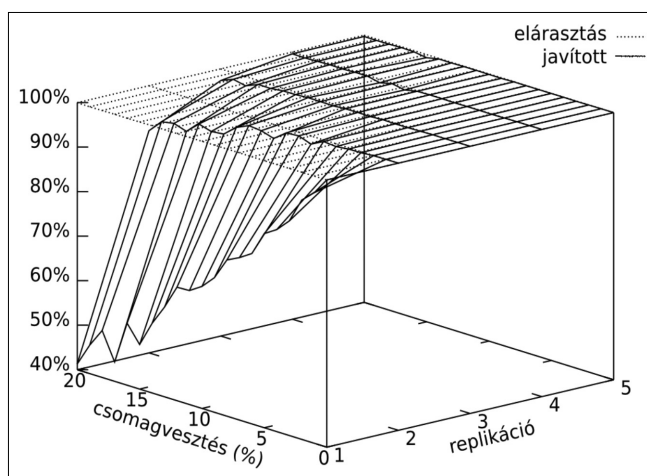
A fent ismertetett algoritmusok tesztelésére és összehasonlítására készítettünk egy szimulátor programot. A program a szimuláció során a következő adatokat jegyzi fel:

- küldött üzenetek száma,
- az üzenetek átlagos száma egyedenként,

- szórt üzenetet megkapó egyedek száma, aránya,
- az időpont,
amikor az összes egyedhez eljutott a szórt üzenet,
- az üzenet késleltetések
minimum, átlagos és maximum értéke.

Az üzenetek számát tekintve az elárasztással történő szórás adja a legrosszabb eredményt. Az egyedenkénti üzenetszám az egyedszámmal és a replikáció mértékének növelésével is gyorsan növekszik. Az implicit fás megoldás értelemszerűen konstans egy üzenet/egyedet ad. A harmadik, javított algoritmus üzenetszáma a replikáció növelésével gyorsan nő, az egyedszám növelésével viszont kevésbé változik, 100 egyednél 7, 1000 egyednél is csak 9 körül adódik, ötszörös replikáció esetén.

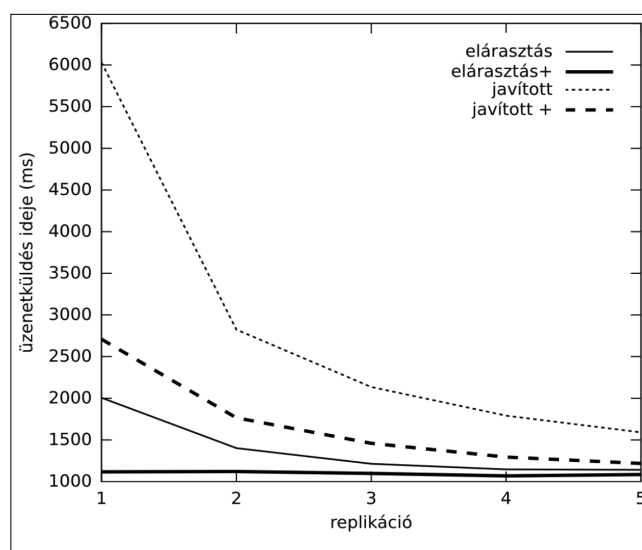
Az üzenetszórások sikerességét egy 200 egyedtel számoló átfedő szimulációjával vizsgáltuk. A csomagvesztés 0% és 20% között, a replikáció 1 és 5 között változott. Az elárasztás minden esetben szinte tökéletes eredményre vezetett; az igen kis hibaarány a 7. ábrán a vonalvastagságba olvad. Ez betudható az elküldött üzenetek az előző mérésben tapasztalt igen nagy számának. A javított algoritmus megbízhatósága természetesen $k=1$ esetén az implicit fás eredményt adja vissza, ezért az utóbbit nem is ábrázoltuk külön. Viszont $k=2$ használatával már átlagosan 90% körüli eredményt mutat még a szokatlanul magas, 20%-os csomagvesztés esetén is, $k=3$ -ra pedig 97% adódik.



7. ábra
Az üzenetszórás sikeressége különböző algoritmusok esetén

Az üzenetszóráshoz szükséges időt elsősorban a k -vödrökben tárolt elérhetőségek felé a fizikai hálózat késleltetése határozza meg. Ha az eredeti Kademlia ajánlással szemben nem a régóta ismert egyedeket tartalmazza a k -vödrök, hanem olyanokat, akik felé a hálózati kapcsolat gyors, a kikeresések és az üzenetszórások ideje is jelentősen lecsökken. A késleltetéseket az egyedek legegyszerűbben PING üzenetekkel mérhetik, de néhány adat ismeretében becslhető is [6]. A program által szimulált esetben 2,5-szeres a gyorsulás; ez az arány nyilvánvalóan függ a mérhető késleltetések eloszlásától.

A leggyorsabbnak természetesen az elárasztás bizonyul (8. ábra), lévén a mindenfelé elküldött üzenetek a legrövidebb útvonalat is bejárják. A replikáció a nem válogatott sebességű kapcsolatok esetén gyorsít az üzenetszóráson, a rendezett esetben természetesen nem. Az implicit fás megoldás merevsége miatt a leglassabb (ezt nem ábrázoltuk, mert megegyezik a javított algoritmus $k=1$ -es esetével). A javított algoritmus az előbbi kettő között teljesít; replikáció esetén gyorsabb lehet, mint a merev implicit fás megoldás válogatott kapcsolatokkal. Ez is annak tudható be, hogy az üzenetek több lehetséges útvonalat bejárva hamarabb eljuthatnak a távoli egyedekhez. Az ábrán „+” jellel jelöltük azt a szimulációt, amelyben az egyedek kiválasztották a gyors hálózati kapcsolatokat.



8. ábra Az üzenetszóráshoz szükséges idő

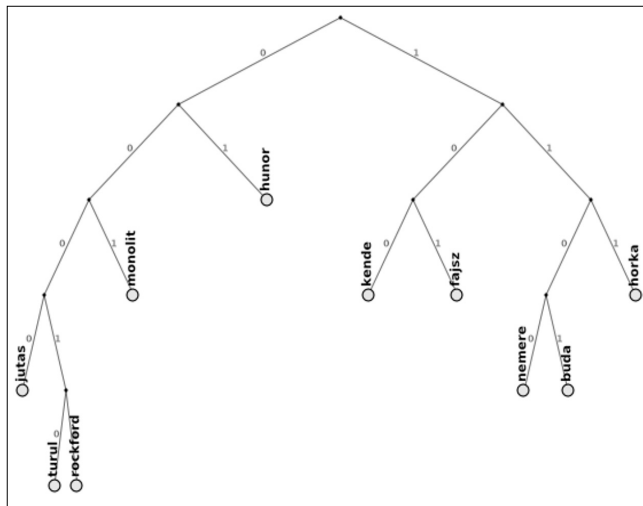
A mérés 100 üzenetszórás átlagolt idejeit mutatja. A leggyorsabb kapcsolat késleltetése a mérésekben 15 ms körüli, az átlagos késleltetés 0,5 s, a legnagyobb pedig 1,3 s körül volt.

5. Összefoglalás

A cikkben bemutatott DHT alapú biztonsági alkalmazás az eddigi tapasztalatok alapján alkalmas az egyes résztvevők védelmének erősítésére. A P2P kommunikációs modell alkalmazó strukturált átfedővel történő megvalósítás miatt az érzékelés elosztottan történik, mégis kis terhelés többletet jelent az egyedek és a hálózat számára. A működéshez használt két alapvető szolgáltatás, az üzenetküldés és az üzenetszórás megbízhatósága is tetszőleges mértékben növelhető a replikáció segítségével, amelynek mértéke a szerzők által kidolgozott módszerek segítségével előre meghatározható.

A 9. ábra egy kisebb, működő Komondor hálózatot mutat, a bemutatott bináris fa szerinti elrendezésben. A hónapokon keresztül tartó működés alatt a rendszer több betörési kísérletet is érzékelt, illetve akadályozott meg, miközben az átfedő kellően stabilnak bizonyult. A több

egyed által hasznosítható adatok jelentős része SSH, illetve HTTP alapú támadásokról szóló jelentések voltak. Az érzékeléshez használt Snort program sok olyan eseményt is rögzített, amelyek megosztása nem bizonyult hasznosnak; főként a vírusok aktivitása, azok ugyanis nem célzottan, kitartóan támadnak. Az ezek elleni védekezésre inkább a PROMIS rendszer használható [12].



9. ábra A Komondor működő átfedője

További kutatásaink témája éppen a megosztandó adatok vizsgálata. El kell különíteni az érzékelt támadások közül azokat, amelyekkel érdemes egy elosztott rendszerben is foglalkozni. Különös tekintettel arra az esetre, amikor az egyes Komondor példányok más típusú operációs rendszereket és alkalmazásokat védenek. A heterogenitás növelheti a biztonságot, könnyebb érzékelni a támadást, ha a rendszer ellenáll egy adott típusú támadásnak. Az adatok újrahasonosíthatóságát azonban nehezíti; a védelmet mindig az adott környezethez kell igazítani.

A későbbi kutatások egy másik iránya a rosszkaratú beépülő egyedek elleni védelem kialakítása lehet. Könnyen elképzelhető ugyanis, hogy egy ilyen egyed hamis tapasztalatok megosztásával szolgáltatás megtagadást indít jogosult felhasználók ellen. Ilyen problémára sajnos bármelyik elosztott érzékelő rendszer esetén számítani kell.

A szerzőkről

CZIRKOS ZOLTÁN a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem doktorandusz hallgatója. Fő érdeklődési köre a betörésvédelem és a peer-to-peer kommunikáció. 2005-ben részt vett a Tudományos Diákköri Konferencián a „P2P alapú biztonsági szoftver fejlesztése” című munkájával, amellyel második díjat nyert. Több szakmai cikket jelentetett meg és társszerzőként könyvfejezetek írásában is részt vett az elosztott betörésvédelem témakörében.

HOSSZÚ GÁBOR a műszaki tudomány kandidátusa, docens a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Elektronikus Eszközök Tanszékén. Szakterületei az internetes médiakommunikáció, a többesadás, az alkalmazási szintű hálózatok, a hálózat-alapú betörésvédelem, valamint a karakterkódolás kérdései. 2001-ben jelent meg az „Internetes médiakommunikáció”, 2005-ben pedig „Az internetes kommunikáció informatikai alapjai” című könyve. Kutatási eredményeit több mint száz publikációban jelentette meg.

Irodalom

- [1] Czirkos Z.: P2P alapú biztonsági szoftver fejlesztése, TDK dolgozat, BME Tudományos Diákköri Konf. (II. helyezés), Budapest, 2005. november 11.
- [2] Gnutella honlap: <http://www.gnutella.org/> (Letöltés ideje: 2008. május 26.)
- [3] Snort – the de facto standard for intrusion detection/prevention, <http://www.snort.org/> (Letöltés ideje: 2008. május 26.)
- [4] OSSEC – Open Source Host-based Intrusion Detection System, <http://www.ossec.net/> (Letöltés ideje: 2008. május 26.)
- [5] P. Maymounkov, D. Mazieres: Kademlia: A Peer-to-peer Information System Based on the XOR Metric. In Proc. of IPTPS02, Cambridge, USA, March 2002. <http://www.cs.rice.edu/Conferences/IPTPS02/>
- [6] F. Dabek, R. Cox, F. Kaashoek, R. Morris: Vivaldi: A Decentralized Network Coordinate System. In Proc. of the ACM SIGCOMM'04 Conference, Portland, OR, August 2004.
- [7] Hosszú G.: Az internetes kommunikáció informatikai alapjai, Novella Kiadó, Budapest, 2005.
- [8] D. Karger, E. Lehman, F. T. Leighton, M. Levine, D. Lewin, R. Panigrahy: Consistent hashing and random trees: Distributed Caching Protocols for Relieving Hot Spots on the World Wide Web. In Proc. of the 29th Annual ACM Symposium on Theory of Computing, pp.654–663, May 1997.
- [9] I. Stoica, R. Morris, D. Karger, M. F. Kaashoek, H. Balakrishnan: Chord: A Scalable Peer-to-peer Lookup Service for Internet Applications. Technical Report TR-819, MIT, March 2001.
- [10] S. Rhea, D. Geels, T. Roscoe, J. Kubiawicz: Handling Churn in a DHT. In Proc. of USENIX Technical Conf., June 2004.
- [11] Hosszú G., Czirkos Z.: „Network-Based Intrusion Detection” chapter in book, Encycl. of Internet Technologies and Applications. Editors: Mário Freire and Manuela Pereira, Information Science Reference, Hershey, USA, 2007, ISBN: 978-1-59140-993-9, pp.353–359.
- [12] Vasileios Vlachos, Diomidis Spinellis: A Proactive Malware Identification System based on the Computer Hygiene Principles. Information Management and Computer Security, 15(4):295–312, 2007.
- [13] Feng Zhou, Li Zhuang, Ben Y. Zhao, Ling Huang, Anthony D. Joseph, John Kubiawicz: Approximate Object Location and Spam Filtering on Peer-to-peer Systems, In ACM Middleware 2003.

Helyzetkép a magyarországi szélessávú infrastruktúráról

GÁL ANDRÁS, KIS GERGELY

GKleNET Internetkutató és Tanácsadó Kft.; BCE, E-Business Kutatóközpont
{andras.gal, gergely.kis}@gkienet.hu

Kulcsszavak: szélessávú infrastruktúra, szélessávú térkép, állami szerepvállalás

Magyarország politikai vezetői már a 2002-2006 közötti kormányzati ciklusban is intézményesített¹ célként jelölték meg a „szélessávú Internethez” való hozzájutás lehetőségének megteremtését. Az elérendő cél abból a feltételezésből indul ki, hogy az információkhoz, elektronikus ügyintézéshez való gyors hozzáférés mindenki számára elérhető lehetőség kell, hogy legyen. Az internetezést és egyéb kapcsolódó szolgáltatásokat lehetővé tevő infrastruktúra elemekre ugyanúgy kell hát tekintenünk, mint az áramszolgáltatásra: minden településre el kell valamilyen módon juttatni és ennek segítése, ösztönzése kormányzati feladat.² A négy részből álló tanulmányunk – melyekből ez az első, bevezető írás – célja, hogy feltárjuk az állami ösztönzés lehetséges módjait, azok gazdasági vetületeit és felhívjuk a figyelmet az állami szerepvállalás koncepcionális átgondolására a szélessávú infrastruktúra fejlesztések kapcsán.

1. Bevezetés

Jelen értekezésünkben a magyarországi „szélessávú alapinfrastruktúráról” és azok tulajdonviszonyairól fogunk körképet mutatni, a fellelhető információk alapján. Tesszük ezt annak érdekében, hogy a soron következő tanulmányaink alapjául szolgáló háttérinformációk pontosak és hivatkozhatók legyenek, így teremtve meg a közgazdasági elemzések lehetőségét.

2. A szélessáv és a szélessávú internet definíciós problémái

Mielőtt a magyarországi infokommunikációs infrastruktúra kérdéseit kezdenénk el tárgyalni, egy kis kitérével vissza kell nyúlnunk a szélessávhoz kötődő definíciók problémájához. Bár a kérdéskör látszólag nem kapcsolódik a hálózatépítés műszaki megvalósítási kérdései köré, de a politikai érvelésekben, sőt egy adott ország IKT infrastrukturális viszonyainak megítélésénél is a „szélessávú kapcsolatok aránya az összes háztartás viszonyában” a leginkább használt, országokénti IKT infrastrukturális fejlettséget mutató „mérőszám” és egyben számos félreértés vagy esetleges (szándékos) csúsztatás alapja.

A „szélessáv” kifejezésre pontos definíció jelenleg nem létezik, a fogalmat jóformán országonként és/vagy érdekcsoportonként eltérő módon definiálják. Európában a statisztikai mérhetőség érdekében az OECD jelenleg a 256 kbit/s letöltési és 64 kbit/s feltöltési sebességet definiált 2004-ben³, bár ez a meghatározás egyre inkább elmarad a felhasználói „szélessáv” igényektől. Jól példázza mindezt, hogy a szolgáltatói ajánlatok már nem tartalmaznak ilyen kis sebességű csomagot, sőt lassan az 1 Mbit/s sebességű csomagokat is tervezik kivonni a vezetékes szélessávú ajánlatok köréből. Nem véletlen, hogy az Amerikában független szervezetként működő Szövetségi Kommunikációs Bizottság – az FCC⁴ – 2008 májusában elsőként tette közzé új „szélessávra” vonatkozó kategóriáit [1].

Ez az állásfoglalás egyben az első hivatalos dokumentumnak is tekinthető, amely a „szélessáv” fogalmát osztályozza, egyben lehetővé téve az összehasonlítható mérést is. Kérdés persze, hogy az FCC besorolását átveszik-e, vagy csak módosítva fogadják majd el az egyes statisztikai besorolásokat felügyelő szervezetek. Bármilyen is lesz a várható vita végeredménye, a szélessávú hozzáférésről annyit biztosan kijelenthetünk, hogy állandó hozzáférést kell, hogy biztosítson (always on) és hogy a keskenysávhoz (analóg modem) képest széles [2].

1 Az internet infrastrukturális fejlesztése ugyanakkor sem korábban, sem a jelenlegi fejlesztési tervekben (Új Magyarország Fejlesztési Terv – UMFT) nem került be az állami/önkormányzati alapfeladatok közé. Ez megmutatkozik például abban is, hogy a szélessávú infrastruktúra bérbeadása nem képezi a közbeszerzés tárgyát (nincs koncessziós jog). Mint állami „alapkövetelmény” más európai országok fejlesztési stratégiáiban sem jelent meg eddig a szélessávú infrastruktúra fejlesztése, mint közmű.

2 Született már gazdasági elemzés arra vonatkozóan, hogy az IKT ágazat termelékenysége mennyiben befolyásolja a GDP növekedést (például Nemzeti Szélessávú Stratégia 2005), de a makroszintű statisztikai vizsgálatokon túlmenően konkrét, mérési is tartalmazó kutatások, hatástanulmányok a magyarországi IKT alapinfrastruktúra fejlesztések vizsgálatára még nem születtek. Ezt a hiányt a szerzők pótolni kívánják, melynek eredményeiről szintén a cikksorozat folytatásaiban fognak beszámolni.

3 Néhány kiragadott példa jól érzékelteti a jelenséget: az EuroStat 2004-ben aszimmetrikus, letöltési irányban 144 kbit/s sebességet definiált szélessávúként; ugyanezen évben az FCC 200 kbit/s-ot, míg az OECD 256 kbit/s-ot (ugyancsak aszimmetrikus megoldás mellett). Egy évvel később (2005-ben) Svédországban a svéd IT Bizottság a szélessávot 5 Mbit/s szimmetrikus hozzáférésként értelmezte, a svéd kormány 2 Mbit/s-ot határozott meg (szintén szimmetrikus), míg a legnagyobb svéd távközlési szolgáltató (a Telia) pedig 500 kbit/s-ot értelmezett szélessávúként (mely ugyancsak szimmetrikus).

4 FCC – Federal Communication Commission

Az előfizetőnél mért letöltési sebességeknek – így a szélessáv-definíciónak is – kiemelt szerepe van viszont a fejlesztéspolitika kialakítása szempontjából, lévén az Európai Unió előírásai megkövetelik a technológia-szemlegesség elvét. Műszaki szempontokat figyelembe véve ez ugyan sok szempontból vitatható⁵, de az infokommunikációs infrastruktúrafejlesztésekre vonatkozó pályázatok kiíróinak⁶ mégis tekintettel kell lenniük az elvárhatatlanságára. Ez a gyakorlatban azt is jelenti, hogy az államilag támogatott projekteknél csak trükkös megoldásokkal lehet elérni, hogy egy korábban még „szélessávval lefedetlen” településen előremutató (optikai) hálózati infrastruktúra épüljön. Ehhez azonban szükség van a kiíró személyének elkötelezettségére és hozzáértésére.

A definíciós problémák csoportjába sorolható továbbá, hogy az Európai Unió tagállamaiban a kormányzati szélessávú infrastruktúrafejlesztési akciótervekben⁷ sokszor keveredett a „szélessávú infrastruktúra” és a „szélessávú internet” fogalma. A „szélessávú internetről” folyó vitákban, elvben szakértői tanulmányokban gyakran olyasmis is belekeveredett a téma tárgyalásába, ami nem internet, tehát nem a globális IP címtartomány – a globális internet „felhő” – fix végponti vagy mobil előfizetői eléréséről szól. Eklátáns példája ennek a 3play (internet, TV/IPTV, és VoIP telefon egy csomagban való értékesítése), aminek csupán egyetlen eleme az „internet”⁸. A „szélessávú internet” tehát egy késztermék, amely a következő „elemekből” áll össze:

- passzív infrastruktúra (L0)
(lehet: csavart rézérpár, koax kábel, vezeték nélküli kommunikáció frekvenciái és optika – vagyis üvegszál –, ill. egyéb passzív eszközök);
- aktív adatkommunikációs infrastruktúra (L1+L2)
(elérési + aggregációs + gerinc hálózat), amely magát az adatforgalmat irányítja, bonyolítja;
- IP kommunikáció (L3)
(szolgáltatói, belföldi és nemzetközi peering).⁹

3. Információhiány a magyarországi döntéshozatalban

A távközlési szolgáltatókat a KSH adatokon túlmutató, szakágazati adatközlésre Magyarországon egyetlen szer-

vezet, a Nemzeti Hírközlési Hatóság (NHH) kötelezhet. A távközlési alapinfrastruktúrákkal kapcsolatos információk ugyanakkor csak részben álltak rendezett formában rendelkezésre az NHH-nál¹⁰, amikor az első távközlési infrastruktúrafejlesztési pályázatokat a korábbi Informatikai és Hírközlési Minisztérium (IHM) 2003-ban kiírta (HHÁT-2 és HHÁT-3) és ez nem sokat változott a későbbi programok (GVOP 4.4.1 és GVOP 4.4.2¹¹) során sem. Az IHM munkatársainak tehát úgy kellett döntést hozniuk szélessávú infrastruktúrafejlesztési támogatásokról, hogy nem állt rendelkezésükre a „szélessávú” IKT infrastruktúráról térkép.

A problémát jól jellemzi egy párhuzam, ami az úthálózat fejlesztésekkel állítható fel elvi síkon: képzeljünk el egy olyan térképet, amelyeken ismerjük a városok földrajzi elhelyezkedését, illetve lakosainak számát, de nem tudjuk, hogy az egyes településeket – a két végletet tekintve – autópályák vagy földutak kötik-e össze, ha összekötik egyáltalán. Az egyéneknek meglévő tapasztalatokból valamilyen következtetéseket le lehet vonni, de az amúgy igen költséges útépitést csak a helyszínek konkrét feltérképezése, illetve a műszaki tervek elkészülte után lehet elindítani. Ha egy ilyen esetben csak az útépitést végző piaci szereplők rendelkeznek a terepviszonyokról, illetve a már létező utakról információval, akkor a költségvetési forrás nagy valószínűséggel nem a leghatékonyabb módon lesz felhasználva és nem zárható ki annak lehetősége sem, hogy olyan célra is biztosítanak forrást, ami egyébként nem lenne indokolt (például azért, mert már volt betonút a két település között). Magyarországon az útépitések kapcsán ilyen problémával szerencsére nem szembesültek a kormányzati intézmények az úthálózat fejlesztésekor, ugyanakkor az infokommunikációs infrastruktúra fejlesztések esetében pontosan ilyen helyzet alakult ki.

A párhuzam egyik további érdekessége, hogy az IHM megszüntetésével az infokommunikációs infrastruktúrafejlesztési pályázatokkal kapcsolatos teendők a Gazdasági és Közlekedési Minisztériumba (GKM) kerültek át, ahol egy másik főosztályon foglalkoztak az úthálózati fejlesztésekkel is. 2008-ban a GKM egy újabb átszervezést követően több részre lett feldarabolva, így többek között az informatikával, távközléssel foglalkozó területek főosztályai is megint különböző minisztériumokba

5 A „technológia-szemlegesség” kritériumának megfelelően az IKT kérdésekben döntő EU és nemzeti szakapparátusoknak nem is kell a forrásfelhasználási célok megjelölésekor távközlési szakmai részletekkel foglalkozniuk. A megvalósítási részleteket tehát a versenypiacra bízzák, ami viszont azt is jelenti, hogy jellemzően nincs valódi, klasszikus iparpolitikai tartalma az EU IKT programjainak, szemben például a távol-keleti hasonló programokkal (Japán, Dél-Korea, Kína).

6 Európai Unió források felhasználásával viszont nem minden EU tagországban írtak ki IKT hálózati infrastruktúrafejlesztésre vonatkozó pályázatokat, Lengyelországban például 2008. nyaráig még egyetlen egy sem jelent meg.

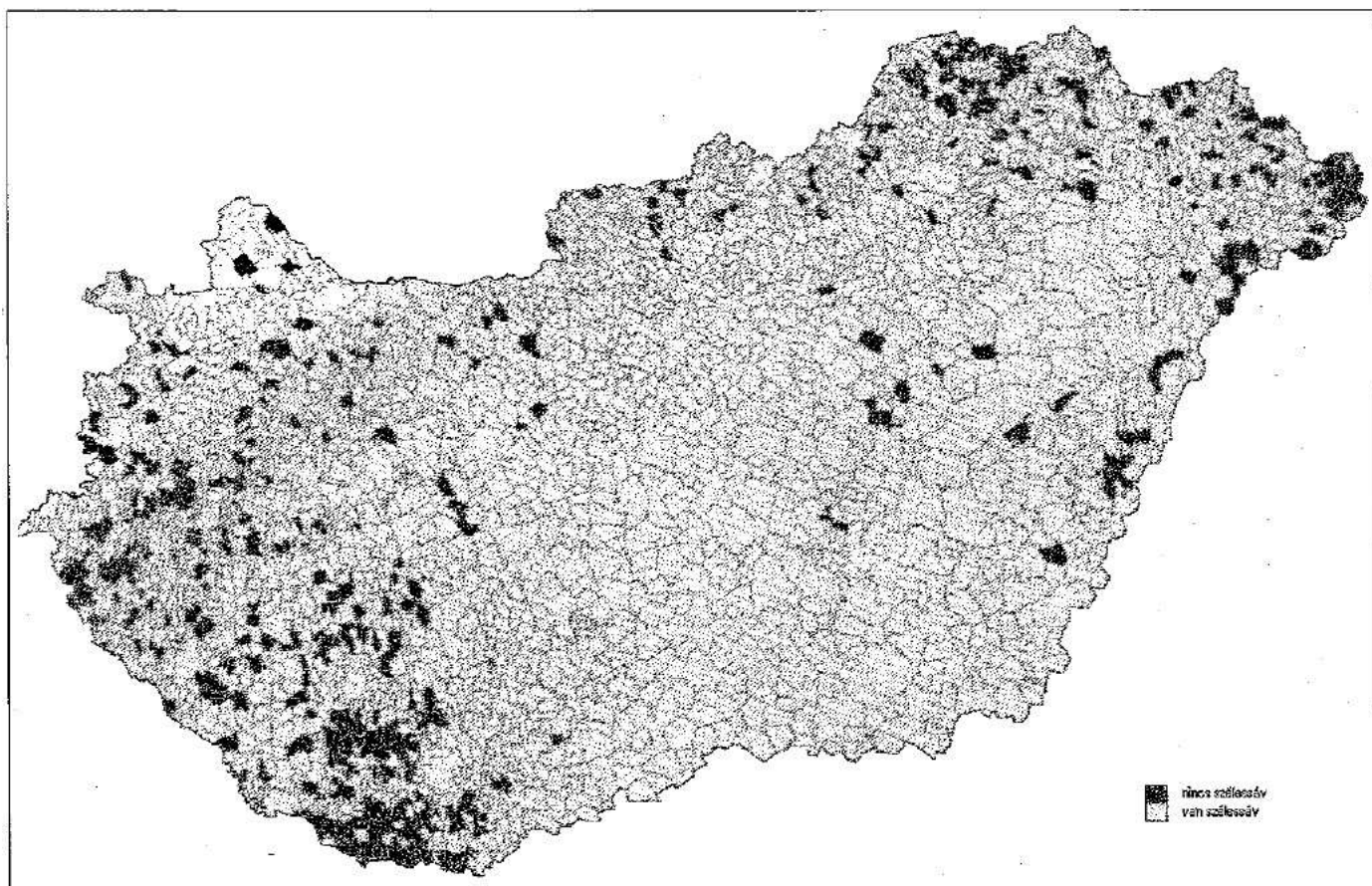
7 Az Európai Bizottság az eEurope akcióterv részeként kérte fel az uniós tagállamokat, hogy 2003 végéig dolgozzák ki szélessávú nemzeti stratégiájukat az uniós és tagállami törekvések összehangolása érdekében. Ezt a kötelezettséget Magyarországnak is teljesíteni kellett a 2004. május 1-i csatlakozás után, melynek eredményeként született a Nemzeti Szélessávú Stratégia (NSzS) 2005-ben. Az egyes stratégiai tervek részét képezik az IKT infrastruktúrafejlesztési feladatok, akciótervek is.

8 A másik két elem szolgáltatásmenedzselési és üzleti szempontból a távbeszélő hálózat illetve KTV jellegű műsortovábbítás, technikailag pedig nagyrészt független a globális IP cím tartománytól. Ez persze a későbbiekben minden bizonnyal meg fog változni.

9 A távközlési alapinfrastruktúra minden létező és jövőbeli IKT szolgáltatás hálózati jeltovábbítási, adatkicserélési funkciójának alapköve, így ebben a minőségében kell rá tekinteni. Az IKT szolgáltatásokon belül az internet-hozzáférés technikai értelemben csupán egy a sok közül, ami nem mond ellent annak, hogy a jelentőségét tekintve az internet-hozzáférés alighanem az első számú, legmagasabb prioritással kezelendő hálózati szolgáltatás az IKT szektoron belül.

10 Cikkünkben ennek okait nem célunk feltárni.

11 A GVOP 4.4.1 pályázatnál kis- és középvállalkozások, míg a GVOP 4.4.2 pályázat esetében önkormányzatok juthattak támogatásokhoz szélessávú infrastruktúra fejlesztésére.



1. ábra Szélessávú térkép (Forrás: GKleNET)

kerültek.¹² Ráadásul a felosztás az intézmények között sokszor személyi alapokon valósult meg, és nem tematikai besorolás szerint, amit bizonyít, hogy az átszervezés során a szélessáv fejlesztése nem az NFGM Telekommunikációs szakállamtitkárságához került (amihez az NHH is tartozik), hanem a korábbi témafelelős vihet-e tovább a területet immáron a Miniszterelnöki Hivatal keretein belül.

A távközlési infrastruktúra fejlesztések kapcsán kiemelt feladat kellene, hogy legyen az országos gerinchálózatok (SDH gyűrűk) kritikus infrastruktúrává való nyilvánítása. 2004-ben, még az IHM fennállása alatt ennek előkészítése elindult, de a szolgáltatói ellenérdek miatt a folyamat elhalt¹³. Mindez azt is jelenti, hogy a VÁTI Kht. által működtetett Területfejlesztési és Területrendezési Információs Rendszer (TelR) adatbázisba az elektromos-, víz-, gáz-, csatorna- és közúthálózatok mellé nem került be feladatként az IKT alpinfrastruktúra nyomvonalainak nyilvántartása.

Az NHH ugyanakkor rendszeresen végez a távközlési szolgáltatók önbevallására építve felmérést az IKT alpinfrastruktúra állapotára vonatkozóan. Ennek hibája viszont éppen maga a módszer: a szolgáltatók egyes esetekben ellenérdekeltek a pontos adatok közlésében,

vagy a saját nyilvántartásuk pontatlanságai miatt nem is tudják megmondani, hol és milyen módon tudnak internet elérést biztosítani. A GOP 3.1.1-es¹⁴ pályázati konstrukció előkészítéséhez viszont a döntéshozóknak pontos információkra volt szüksége. A probléma feloldására 2007-ben a GKM Infokommunikációs Főosztálya egy pályázatot írt ki, melynek célja a magyarországi szélessávú „helyzetkép” kutatási módszerekkel történő felmérése a végpontok felől nézve. Ez utóbbi szempontnak igen nagy a jelentősége, lévén a felmérést lakossági/vállalati/önkormányzati információk alapján volt szükséges elvégezni. A pályázati kiírást a GKleNET Kft. nyerte meg, e munka alapján jött létre Magyarország első „szélessávú térképe”, amely települések szintjén mutatta meg, hol van, illetve hol nincs szélessávú internetezésre lehetőség.

A felmérés módszertani okai miatt a térkép 98%-os biztonságú volt. Az adatbázis a KSH NUTS5 szintű település besorolása alapján (3152 magyarországi önkormányzattal kalkulálva) összesen 537 esetben mutatta, hogy az adott településeken élők számára a szélessávú internet elérés lényegében lehetetlen, nem számolva a műholdas megoldásokkal, de közel 30 település esetén a jelezték, hogy a fejlesztések folyamatban vannak.

¹² A IKT pályázatok kiírási feladata a Miniszterelnöki Hivatalba (MEH), az IKT szabályozókkal való kapcsolattartás, a kormányzati gerinchálózat koordinálása, illetve a Közháló programmal kapcsolatos feladatok pedig a Közeledési, Hírközlési és Energiaügyi Minisztérium (KHÉM) alá sorolódtak.

¹³ A tanulmány íróinak egyike – Gál András – ezt a folyamatot még az IHM munkatársaként követte végig.

¹⁴ A pályázati konstrukció célja az egyetemes szélessávú hozzáférés biztosítása, vagyis a kiíró olyan településekre kívánt eljuttatni többek közt szélessávú internet elérést is biztosítani képes IKT alpinfrastruktúrát, ahol üzleti alapon 2007 nyaráig egyetlen szolgáltatónak sem érte meg a beruházás.

A háztartások szélessávú lefedettségéből eredő statisztika a végpontok felől mutat képet a szélessáv elterjedtségéről, vagyis legjobb esetben is az előfizetői oldalon használt hozzáférési módokat (xDSL, koaxiális kábel stb.) láttatja. A last mile műszaki megoldásaira ebből részben következtetni lehet, bár a statisztika sok esetben eleve torzít¹⁵.

A GKM munkatársai a felmérést követően nyilvános vitára bocsátották a településlistát, illetve egy független szervezettel végeztették el a validálást¹⁶. A pályázat kiírásakor figyelembe vették, hogy valamely település a „szürke” kategóriába tartozik, vagyis csak a település egy részén érhető el szélessávú internet. A GOP 3.1.1-es kiírás végül valamivel kevesebb, mint 600 települést tartalmazott, akik számára lehetőség volt a pályázat elkészítésére. A kiírás megjelenése után azonnal „támadások” érték a településeket tartalmazó listát a szolgáltatói ellenérdekek miatt, így többszöri módosítást, egyeztetést követően végül 504 település maradt az adatbázisban. Ezzel megközelítőleg az eredeti 537 településhez jutott vissza a kiíró, amennyiben a fejlesztést éppen megvalósító településeket levonjuk (összesen 6 település esetében adódott eltérés).

4. Következtetések a szélessávú infrastruktúra állapotára

A végpontok felőli megközelítési mód a szélessávú „hozzáférés” feltérképezésére gyors és költséghatékony megoldás egy térkép összeállításához. A IKT alapinfrastruktúráról, vagyis a nyomvonalakról viszont lényegében semmilyen információt nem mutat. Ennek feltérképezésére merőben más módszereket szükséges alkalmazni, s a szolgáltatóktól való adatkérés elkerülhetetlen. Következtetéseket viszont néhány kötelező jelleggel publikált adatból is le lehet vonni: ilyen a referencia helyi hurok átengedésére vonatkozó adatsor (RUO), amelyek közzétételére az NHH kötelezi a távközlési szolgáltatókat.

A Magyar Telekomra (MT) vonatkozó (MARUO) mellékletében egy részletes táblázat olvasható, amelyen a 2007-es adatszolgáltatás alapján 2434 település van feltüntetve [3]. Az adatokból kivehető, hogy az említett településeken¹⁷ 979 esetben van egy vagy több betelepülési hely (Point of Presence, PoP), 1457 településen pedig egyáltalán nincs a Magyar Telekom részéről. Az

infrastruktúra előzetes „megbecsléséhez” a kérdés az, hogy hány olyan település van Magyarországon, ahol van betelepülés, de nincs fényvezetős körzethálózati csatlakozás, illetve ahol nincs betelepülés, de van fényvezetős körzethálózati csatlakozás. Egy további lehetőség, ha a településen áthalad a fényvezetős körzethálózat, de helyben nincs „kifejtve”.

A GKleNET adatai alapján megközelítőleg 200-300 lehet azon települések száma, ahol van betelepülés, de nincs fényvezetős körzethálózati csatlakozás és ugyanennyire azokat, ahol nincs betelepülés, de van fényvezetős körzethálózati csatlakozás, illetve a településen áthalad a fényvezetős körzetháló de helyben nincs „kifejtve”. A további becsléshez érdemes átlagolni a 200-300 közötti számosságot, vagyis 250 településsel számolhatunk. Ebben az esetben az alábbi számokat kapjuk (1460 településsel számolva):

- A) Van betelepülési helyszín, van optika:
730 db települést érint. Az „A” kategória települései a „fekete” kategóriába tartoznak, vagyis minden szempontból lefedettnek tekinthetők.
- B) Nincs betelepülési helyszín, van optika:
250 db települést érint. A „B” kategóriába sorolható települések a „fehér” kategóriából egy lépésben kerülhetnek át a „feketébe”. Ezek a helyeken az inkumbens szolgáltató helyközi optikai nyomvonala adott (megfelelő megállapodás esetén helyben kifejtendő), a last mile aktív eszközei számára szükséges csupán az alkalmas (belső) elhelyezést biztosítani a szolgáltatás elindításához¹⁸.
- C) Van betelepülési helyszín, nincs optika:
250 db települést érint. A „C” kategória MT szempontból nézve „szürke”, vagyis a települések csak részlegesen tekinthetők lefedettnek szélessáv szempontjából.
- D) Nincs betelepülési helyszín, nincs optika:
1210 db települést érint. MT szempontból a „D” kategória¹⁹ „fehér”, vagyis ezeken a településeken egyáltalán nincs jelen a MT infrastruktúrával. Más szolgáltatóknak ezen települések egy részén lehet „szürke” (p-p mikrohullámú technológiával megvalósított) vagy „fekete” (saját fényvezetős helyközi hálózati szakasszal megvalósított) szélessávú internet szolgáltatásuk.

A két becslést szám tehát: 980 db településen van MT optika, 1460 db településen pedig nincs MT optika.

¹⁵ A felmérések készítésekor például általános probléma, hogy az internethez hozzáférők a kérdőíves megkérdezéskor a Wi-Fi-t (802.11a, b, g stb. szabványok) is távközlési technológiának tekintik, és egyszerűen csak „vezetéknélküli hozzáférési” módként tüntetik fel – összekeverve így az adatokat például a mobilhálózatokon keresztül történő hozzáféréssel.

Ennek legjellemzőbb példája a KSH negyedévente megjelenő Távközlés, internet című kiadványában a vezetéknélküli internet terjedését elvben mutató adatsor, ami egyértelműen téves internethozzáférési adatokat mutat.

¹⁶ A GKleNET felmérésével párhuzamosan az NHH is végzett a szolgáltatók körében adatbekérést, melynek eredményei viszont 100-as nagyságrendű eltérést mutattak a települések száma tekintetében a GKleNET adatokhoz képest. A GKM végül a GKleNET adatbázisát fogadta el a pályázati konstrukció előkészítéséhez.

¹⁷ A településszám félvezető lehet, amennyiben a KSH adatsorokban használt NUTS5 szintű (jelenleg összesen 3152 db település közigazgatási határát mutató) településlistával akarjuk összevetni. A távközlési cégek adatbázisai jellemzően több „települést” tartalmaznak, mint a NUTS5 közigazgatási határok, s az eltérés 100-as nagyságrendű is lehet a szolgáltató méretétől függően.

¹⁸ Ahol a „B” kategórián belül GSM RLL településről van szó (vagyis ahol nincs inkumbens rézhálózat, de fényvezetős helyközi hálózati nyomvonalon vagy annak közelében van a kistelepülés), ott az ADSL helyett más last mile technológiát szükséges alkalmazni (HFC/DOCSIS, EoC, WiMAX, BPL stb.). Minde mellett megvizsgálva a Magyar Telekom nyilvánosan elérhető fejlesztési terveit, látható, hogy elkezdődött ezen települések bevonása is.

¹⁹ A „D” kategórián belül alighanem dominálnak az úgynevezett egységes helyi hálózatba kapcsolt kistelepülések. Ezek a helyeken az inkumbens szolgáltatónak túlnyomórészt nincs megfelelő beltéri helyszíne.

Mindebből láthatóvá válik a fényvezetős helyközi hálózati hiátus nagyságrendje a MT területein. Más szolgáltatók ugyanakkor kétségtelenül fejlesztettek, létrehozva fényvezetős helyközi hálózatokat a MT területein, de nagyjából ugyanannyira becsülhetjük az Invitel (elsősorban a korábbi HTCC/Pantel) és EMITEL területeken meglévő fényvezetős „körzethálózati” hiátust: Magyarországon körülbelül 1400-1500 településre nincs kiépítve a fényvezetős helyközi hálózat.

Ha meg akarjuk becsülni egy az egész országot lefedő optikai hálózat létrehozásának kilométerben mért mértékét, településenként átlag 6-8 kilométer közötti helyközi nyomvonal hosszal kalkulálhatunk. Mindez azt jelenti, hogy megközelítőleg 9 ezer és a 12 ezer kilométer között lehet a fényvezetős körzethálózati fejlesztési igény minimális nyomvonal hossza (kis redundanciájú körzethálózati topológiával számolva), amennyiben cél egy minden magyarországi településre eljutó optikai megoldásokon alapuló hálózat létrehozása. E cikkünkben nem célunk annak bemutatása, hogy egy ilyen cél mellett melyek a pro és kontra érvek, ezért ezt egy későbbi írásunkban fogjuk csak tárgyalni.

5. Összegzés

Magyarországon ma nem minden településen érhető el korszerű, országos, szélessávú infrastruktúra, s elsősorban a fényvezetős körzethálózat gyenge lefedettségű. Az optikai nyomvonalak hiánya alapvetően korlátozza az egyre nagyobb sáv szélességet igénylő alkalmazások terjedését, de hiányában a 3. generációs mobiltelefonias sem valósítható meg az egész ország területét lefedő módon.

A hiátus oldásában az állami intézmények munkáját alapvetően megnehezíti, hogy nincsen pontos térkép a magyarországi szélessávú alpinfrastruktúra egészéről (gerinc-, körzet- és helyi hálózatokról), pedig hosszú távon a folyamatos fejlesztési igények nyomkövetéséhez egy, az összeköttetés technológiáját is tartalmazó térkép létrehozása elkerülhetetlen, hiszen ennek segítségével a településeken várható szűk keresztmetszeteket dinamikusán lehetne értelmezni. A dinamikus értelmezés szükségessége, melyet szintén későbbi cikkünkben fogunk részletesebben kifejteni, az elvárt sáv szélességek folyamatos fejlődéséből adódik.

A szerzőkről

GÁL ANDRÁS a GKleNET partnere. 2004-ben végzett a Budapesti Corvinus Egyetemen, elvégezte a Cisco Akadémiát. Meghívott előadóként oktat a Corvinus és Műszaki Egyetemen is. Egyetemi tanulmányai alatt pályázati-róként dolgozott, 2004-től az Informatikai és Hírközlési Minisztérium piacelemzője, majd az IBCnet Hungary üzletviteli tanácsadója. 2006-tól a GKleNET partnere, számos projektet vezetett magyarországi szélessávú infrastuktúrafejlesztéssel kapcsolatban.

KIS GERGELY tanársegéd és doktorjelölt a Budapesti Corvinus Egyetem (BCE) E-business Kutatóközpontjában. 2002-ben végzett a Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetemen, ösztöndíjjal külföldön két alkalommal járt (Michigan State University és London), 2002-től Ph.D. állami ösztöndíjas a BCE Gazdálkodási szakán, magyar és angol nyelven oktat hálózatokkal kapcsolatos tárgyakat. 2007-ben az Év Oktatójának választották a Corvinus Egyetemen. Egyetemi tanulmányai megkezdése előtt rendszergazdaként dolgozott, majd az IBM Österreich-nél informatikai tanácsadó. Egyetemi tanulmányai alatt 1997-től a GKI Gazdaságkutató Intézet munkatársa, 2001-ben GKleNET Internetkutató és Tanácsadó cég alapító tagja, 2006-tól pedig partner, ügyvezetője.

Irodalom

- [1] Federal Communication Commission:
Report and Order and Further Notice of
Proposed Rulemaking,
http://hraunfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/FCC-08-89A1.doc – 11. old.
(Letöltés ideje: 2008. június 12.)
- [2] Tétényi István:
Szélessávú trendek Magyarországon és külföldön,
Budapest, IIR Konferencia, 2007. június 2.
- [3] Nemzeti Hírközlési Hatóság:
A Magyar Telekom Nyrt. helyi hurok és helyi bitfolyam
átengedésére vonatkozó referenciaajánlatának
jóváhagyására irányuló eljárás,
<http://www.nhh.hu/index.php?id=hir&cid=4790>
(Letöltés ideje: 2008. július 3.)

Hírek

A Cisco Visual Networking Index (VNI) előrejelzése a 2007-2012 közötti időszakra vonatkozóan foglalja össze a fogyasztói és vállalati, illetve intézményi IP-hálózatokkal kapcsolatos főbb trendeket. A Cisco saját, valamint független elemzőinek előrejelzése alapján készített tanulmánya szerint a legmarkánsabb folyamatok hajtóerői a videoalapú tartalmak illetve a Web 2.0-ás közösségi hálózatok és a csoportmunka-alkalmazások egyre dinamikusabb terjedése. A Cisco VNI előrejelzése az IP-forgalom összetett éves növekedési rátáját (CAGR) 2007 és 2012 között 46%-ra taksálja, ami annyit jelent, hogy a forgalom két évente közel megduplázódik. Az ilyen volumenű hálózati sávszélesség-igény hozzávetőlegesen 522 exabájt, ami meghaladja a fél zettabájtot (egy zettabájt ezermilliárd gigabájt, 1000 exabájt, azaz mintegy 250 milliárd DVD).

Az online video-alapú kommunikáció és szórakoztatás, valamint a közösségi hálózatok megjelenése rendkívül nagymértékben növelik az internetes adatforgalmat. 2012-ben az internetes videoforgalom önmagában véve 400-szorosa lesz az Egyesült Államok 2000-ben mért teljes gerinchálózati forgalmának. Ezt a trendet erősíti az a tény is, hogy míg az internetes videoforgalom 2006-ban a teljes nemzetközi magánfelhasználói forgalom 12%-át tette ki, addig 2007-ben ez az érték már 22%-ra emelkedett. Az előrejelzések szerint az igény szerinti (on-demand) videó, az IP-televíziózás, a peer-to-peer (végpontok közötti közvetlen kapcsolaton alapuló) videó és az internetes videotartalmak 2012-re a teljes fogyasztói forgalom közel 90%-át teszik majd ki.

A vállalati és intézményi IP-forgalom ugyancsak erőteljesen bővül, így az összetett növekedési ütem az előrejelzések szerint a 2007-2012 közötti időszakban évente 35% lesz. Az üzleti IP-forgalom bővülésének két motorja a szélessávú technológia térhódítása a kisvállalati szegmensben, illetve a fejlett videokommunikációs alkalmazások elterjedése a vállalkozások körében. Az üzleti IP-hálózati forgalom legdinamikusabb növekedése a feltörekvő piacokon, illetve az ázsiai és csendes-óceáni térségben várható. A 2012-ig tartó időszakban a forgalom volumene továbbra is Észak-Amerikában lesz a legnagyobb; amit az ázsiai és csendes-óceáni térség követ majd Nyugat-Európával karöltve.

NETWORKS 2008

13th International Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium



„Convergence in Progress”

DANUBIUS HEALTH SPA RESORT MARGITSZIGET
BUDAPEST, HUNGARY

September 28 – October 2, 2008

www.networks2008.org

E-learning és az online citoyen

SZÉGER KATALIN

Kurt Lewin Alapítvány
szeger.katalin@kla.hu

Kulcsszavak: e-learning, demokrácia, élethosszig tartó tanulás, web 1.0, 2.0

A tanulmány tárgya az e-learning (web 1.0, 2.0 alapú) tanítási-tanulási folyamat társadalmi vonatkozása: az új módszertan és munkaforma hatása a demokráciára, az állampolgári kultúrára, az esélyegyenlőségre, valamint az élethosszig tartó tanulást biztosító kulcskompetenciákra. Digitális polgárosodásra van szükség ahhoz, hogy az e-learning nyújtotta lehetőségek valósággá váljanak.

1. Bevezetés

Az e-learning nem reformpedagógia és nem tervasztalon született oktatási modell, hanem egy, a technikai fejlődés és életvitelbeli változás metszéspontjában létrejövő tanulásmódszertani lehetőség. Nem pusztán eszköz, hanem közeg, melyben alapjaiban változik meg a tanulásszervezés és információkezelés. Ahhoz azonban, hogy az e-learning valóban beválthassa a hozzá fűzött reményeket – élethosszig tartó tanulás, készségek és kompetenciák rugalmas, egyéni jellemzőkön alapuló, differenciált fejlesztése, motiváció növelése, közösségépítés – szemléletváltásra is szükség van.

Ebben a cikkben Bessenyei István átfogó munkájára¹ építve azokat a társadalmi vonatkozásokat vizsgáljuk, melyeket általában mint oktatásszervezési, módszertani jellemzőket kezelünk, eltávolítva magunktól ezáltal a terület kényes, saját felelősségünket és szerepünket firtató tartalmát.

Az általános ismertetőt (fogalommagyarázat, e-learning 1.0, 2.0) követően arra teszünk kísérletet, hogy társadalmi keretrendszerében is megvilágítsuk az e-learning adta lehetőségeket.

2. Az e-learning meghatározása

Az e-learning fogalmának meghatározása egyre nagyobb problémát jelent a témával foglalkozók számára. Ez örvendetes, hiszen minden fejlődő jelenség esetében ez a definíciós kérdés legalább kétszer felvetődik. Egyszer, mikor még nem lépi át azt a kritikus szintet, amikor nyilvánvalóvá válik, hogy különálló entitásról van szó, ami sem jelentősége, sem jellemzői miatt nem rendelhető egyetlen korábbi kategóriába sem. Valamint akkor, mikor az egy alkalommal már megelégedve körülhatárolt

és biztonsággal kezelt fogalom kinövi a számára teremtetett kereteket és új területek meghódításába kezd. Mindez az e-learning esetében sincsen másképp.

Annyi mindenesetre bizonyos, hogy egy technológiával támogatott tanulási módszerről van szó², még hozzá számítógép segítségével történő tanulásról, melyben maga a tananyag is digitális. Ez lehet CD-ROM vagy bármilyen online tartalom.

Létezik azonban ennek a rendszernek egy másik meghatározása is, mely kizárólag online, internet vagy intranet alapú tanulási módszert jelöl. Ez a meghatározás magába foglalja a távoktatás egyre elterjedtebb lehetőségét is.

„Más módszert kell használnunk, ha az elsődleges cél a távolság leküzdése (pl. virtuális osztályterem, videokonferencia), megint mást, ha tanulóink időbeosztásához igazodó, rugalmas oktatást szeretnénk biztosítani (pl. e-book-ok, interaktív tananyagok, vagy fórumok segítségével). Elektronikus tananyagokat használhatunk hagyományos face-to-face oktatás esetében is, szemléltetés céljából. Az önálló elektronikus tanulást, és a hagyományos tantermi képzéseket ötvöző módszert blended (vegyes) learning-nek nevezzük.” – olvasható Cake Baly Olivio cikkében³ a SzocHáló portálon.

Mielőtt a módszer elméleti kereteit és a lehetőségeket boncolgatnánk, érdemes arról is szót ejteni, hogy hol használható az e-learning? Az ugyanis nem csak a hagyományos oktatásban, azt kiegészítve vagy helyettesítve van jelen, hanem a felsőoktatásban és a szakképzésben, továbbképzésben, egyéni önképzésben is, a használati területek különbözőségéből adódóan minden esetben más többlettartalommal, szolgáltatási értékkel.

„Valóságos e-learning ipar van kialakulóban, az Európai Unió e-learning kezdeményezése nyomán 2000

¹ Bessenyei István: Tanulás és tanítás az információs társadalomban – Az eLearning 2.0 és a konnektivizmus, http://kubus.net/moodle/bes/12_Bessenyei-magyar.pdf (Letöltve: 2008. január 10.), p.2.

² Az E-learning – <http://ip.gallup.hu/elearning/index.htm> (Letöltve: 2008. április 24.)

³ Cake Baly Olivio: Az E-learning Magyarországon – az elektronikus tanulás szerepe a felnőttoktatásban, http://www.szochalo.hu/hireink/article/114062/737/?no_cache=1&val=4 (Letöltve: 2008. április 11.)

óta fokozatosan az oktatás és képzés új koncepcióját hordozza ez a kifejezés, ez pedig az új alapkészségeket kifejlesztő és azokra építő, mindenki számára elérhetővé tett, egész életen át tartó tanulás programja és lehetősége.”⁴

3. Az e-learning társadalom-, oktatás- és foglalkoztatáspolitikai környezete

Az e-learningról szóló bármely bemutató elemzésnek fel kell tennie pár alapvető kérdést: miért is válik napjaink egyik meghatározó oktatási módszerévé az e-learning, mi a baj a hagyományos oktatási módszerekkel, mi többet tud adni a hálózati társadalom, mint hagyományos társa? Illetve valóban többet ad-e egyáltalán vagy csak új?

3.1. Oktatás

A premodern és részben a modern társadalmakban is a hagyományos szocializációs ágensek – otthon, iskola, társadalmi szervezetek, egyház stb. – szolgáltak az autonóm életvezetéshez szükséges minden hasznos tudás és készség elsajátítás eszközéül. Ez igaz volt minden életkorra, melyek szabályosan el is határolódtak egymástól. A lokális szükségletekre, ismeretekre ez meg is adta az egyik lehetséges – és egyben az egyedül üdvöztetőnek vélt – választ. A merev keretek, az egyetemes igazságok, a helyes erkölcs pedagógiáinak időszakáról van szó, mely elvezet a Herbart-i pedagógia fénykorához. Cél: a hasznos, individuális, érdeklődő állampolgár kialakítása. Ebben a struktúrában a hangsúly egyértelműen a pedagóguson van, aki „gyerekanyag”⁵ dolgozik.

A modernitás során az iskolai oktatás is egyre inkább multifunkcionálissá vált⁶: feladata lett a gyermekmegőrzés, az alapvető ellátás biztosítása, a fizikai egészség fenntartása, az esélyegyenlőség elősegítése, a társadalmi mobilitás lehetőségének megteremtése, szorgalmazása, a felnőtt életben használható korszerű tudás átadása, a kulturális hagyományok és a műveltség ápolása, az erkölcsi nevelés, a jogok és kötelességek rendszerének elsajátítása, a munkaerő-piaci igényeknek való megfelelés.

A gyermeknevelés/oktatás szerves része lett a szociális, egészségügyi és foglalkoztatási szakpolitikáknak.

A jóléti társadalom keretei azonban meggyengültek, a globális társadalmi, politikai és gazdasági folyamatok eddig soha nem látott módon elterjedtek, a horizontális bővüléssel együtt pedig vertikális szinten is mind kisebb sejtjeiig értek a társadalomnak, átalakítva ezáltal a struktúra kereteit.

A mai iskoláknak olyan életre és tudásalkalmazásra kell felkészíteniük a diákokat, melyet ma még nem is tudunk elképzelni. A klasszikus műveltség elsajátítása és az arra épülő átfogó ismeretelméleti modell és kognitív struktúra megváltozik.⁷ A felnövekvő generációk számára a kognitív és motivációs önszabályozás, a rugalmasság, az adaptivitás, a kommunikáció, az együttműködés és a kritikus, konstruktív gondolkodás lesznek azok a tulajdonságok, készségek és képességek, melyek társadalmi tökévé transzformálhatók. Az oktatásszervezésnek transzferábilissá, (bemenet és kimenet tekintetében egyaránt) többcsatornássá, multifunkcionálissá kell válnia.

3.2. Politika

Mindezen változás, mint már említésre került, a (szak-)politikai irányelvekben is leképeződik. A neokapitalista gazdaságpolitika térnyerésével a munkaerő-piaci igények és maga a foglalkoztatás is megváltozott. Ennek (is) kifejeződése és politikai irányelvben való megjelenése a Lisszaboni stratégia.

„Ahhoz, hogy más nagyhatalmakkal versenyképes legyen, az EU-nak modern és hatékony gazdaságra van szüksége. 2000 márciusában Lisszabonban tartott találkozójukon az EU politikai vezetői új célt tűztek ki az EU számára: az Uniót egy évtizeden belül „a világ legversenyképesebb és legdinamikusabb tudásalapú gazdaságává kell tenni, mely több és jobb munkahely teremtésével és nagyobb szociális kohézióval képessé válik a növekedés fenntartására.

Az EU vezetői az e cél eléréshez szükséges részletes stratégiában is megállapodtak. A „lisszaboni stratégia” többek között a kutatás, oktatás, képzés, internet-hozzáférés és online tranzakciók területét fedi le. A stratégia ezen kívül az európai szociális védelmi rendszerek reformjával is foglalkozik, amelyeket fenntarthatóvá kell tenni annak érdekében, hogy az e rendszerek nyújtotta előnyöket a jövő generációi is élvezhessék.

Az Európai Tanács minden tavasszal találkozót tart a lisszaboni stratégia megvalósításában elért eredmények felülvizsgálatára.”⁸

2000 márciusára tehát felállt azon feltételek és lehetőségek rendszere, melyben egy adaptív, rugalmas, piaci alapú és piaci szükségletű tudás elsajátítására alkalmas oktatási, képzési, továbbképzési rendszerre már nem csak mint lehetőségre, hanem mint szükséges munkaformára tekint a hálózatiságot is használók közössége.

4 Az E-learning – <http://ip.gallup.hu/elearning/index.htm> (Letöltve: 2008. április 24.)

5 E kifejezés és szemlélet a 21. században is sok iskola sajátja.

6 Bessenyei István: Tanulás és tanítás az információs társadalomban – Az eLearning 2.0 és a konnektivizmus, http://kubus.net/moodle/bes/12_Bessenyei-magyar.pdf (Letöltve: 2008. január 10.), p.2.

7 A szerző nem ért egyet azokkal, akik ennek teljes eltűnéséről beszélnek és temetik a „hajdanvolt kultúrát”. Minden kornak saját ismeretrendszerre és ehhez tartozó kognitív struktúrára van szüksége.

8 <http://europabolt.hu/magyar/dictionary-l.php4> (Letöltve: 2008. február 2.)

4. Az e-learning 1.0

Hatalmas figyelem és energiaráfordítás kíséri az élet-hosszig tartó tanulás adta kihívások és lehetőségek kapcsán a szektorközi együttműködést és a csoportmunka adta lehetőségeket; sokat beszélünk a megfelelő információáramlás jelentőségéről. Az e-learning 1.0 és az e-learning 2.0 lehetőséget teremt ennek gyakorlati megvalósítására anélkül, hogy hétvégéket kellene különböző városok különböző szállodáinak konferenciatermeiben tölteni távol a családuktól.

Ennek a rendszernek szüksége van tehát magára a technikai háttérre⁹ – számítástechnika, internet, fejlődő adattárolási és adatforgalmi kapacitás –, tanulási adatbázisra, az e-portfólió lehetőségére, a kortárs- és intergenerációs csoportok tapasztalatcsere-hálózatára, a tanításban potenciálisan résztvevő személyeket vagy intézményeket nyilvántartó referenciaszolgáltatásra, valamint egy, mindezen lehetőségekre nyitott, bővülő és a használati profitot érzékelő piaci bázisra.

Ezt szolgálta az e-learning 1.0-s változata. Már elnevezése is implikálja a nálánál fejlettebb rendszert, mindazonáltal fontosnak tartjuk pár szóban jellemezni az e-learning ezen módozatát is. Az e-learning 1.0-s változatában elérhetővé, használhatóvá (lelőhetővé) váltak a legkülönbözőbb információszolgáltató tartalmak akár cikk, tanulmány vagy könyv terjedelemben, képek vagy népszerű multimédiás szolgáltatások. Adatbázisokat, honlapokat lehetett létrehozni, melyekhez bárki hozzáférhetett.

Noha mint múltbéli jelenségről beszélünk, természetesen ezek a típusú tartalmak és alkalmazási módok ma is meglévő és az online felhasználás területén leggyakrabban használat típusok. Az így szerzett információ feldolgozásra kerül, a tematikus honlapok, majd az ezeket egybegyűjtő tartalomszolgáltató rendszerek – például a lap.hu típusú oldalak – tovább specifikálták, differenciálták a hálózati működést és gondolkodásmódot. Ez utóbbi fejlemény kiemelten fontos, hiszen a megváltozott tartalomszolgáltatás – akárcsak a TV megjelenését követő vizuális kultúráváltás – befolyással volt a gondolkodási, információfeldolgozási mechanizmusok változására is.

„Megjelentek az olyan online tanfolyamok, amelyek a hagyományos oktatási algoritmusokat utánozva, akkurátus modulokba és leckékbe szervezve kerültek fel a világhálóra. Egységesített, időkorlátos, lineáris kurzusok keletkeztek, tutorokkal és formalizált, automatikusan is ellenőrizhető feladatokkal. Ez a forma – az eLearning 1.0 – nem más, mint a hagyományos tudáelosztási formák technológiai megtagatása, a tankönyvek és az osztálytermi tanulás virtuális kiterjesztése. A tanulás ebben a közegben

is jórészt passzív, felülről és kívülről irányított folyamat maradt. Az ipari társadalmak formalizált, centralizált, bürokratikus oktatási világa nyert meghosszabbítást digitális környezetben.”¹⁰

Ez a modell voltaképpen alig volt több, mint a hagyományos – nagyrészt frontális – oktatásszervezés elektronikus változata. Egy újabb motivációs eszköz a pedagógusközpontú oktatási rendszerben. Útjára indított azonban valamit, ami kimozdította sarkaiból az oktatásszervezést, hiszen az információk közötti tájékozódás elsajátítása már önmagában is a posztmodern kor tudáselvárásainak a része. A digitális tartalmak technikai és kognitív kezelése elengedhetetlenné tette a kritikus felhasználói attitűd megerősödését, az „egy igazság” demisztifikálását. Az e-learning behálózta a pedagógusi katedrát is, az oktatási rendszer szerves részévé, egyenrangú szereplőjévé téve az eladdig irányító, oktató-nevelő tanárt.

Nem a tudás és szakértelem megkérdőjelezéséről van tehát szó, mindössze súlyponteltolódásról – immár a diák irányába. E változás minden érintett számára (pedagógus, diák, szülő) felelősséget jelent: fel kell ismeri és meg kell érteni a változást, s miként a britek mondták: amely folyamatot nem tudunk megállítani, annak az élére kell állni.

5. Az e-learning 2.0

5.1. Az e-learning 2.0 jellemzői

Miben más a 2.0-s változat és mi köze a web 2.0-hoz? Értelmeszerűen a web 2.0 teremtette meg a lehetőséget az e-learning 2.0-hoz, akárcsak a web1.0 esetében is. Az e-learning 2.0 esetében egy aktív és interaktív, egyszerre tartalomhasználó és létrehozó „felhasználó-közösségről” beszélünk, miközben az 1.0-hoz használt technikai háttér a „rég” maradt. A lényegi változás tehát az, hogy nem egyszerűen az internet vagy online hálózatosodás „fejlődött”, hanem a posztmodern kor elvárásai, valamint a tanulók szükségletei, motivációi, jelenvalósága (a posztmodern diszkurzív működést talán ez a filozófiai fogalom fedi le leginkább) hozta létre a 2.0-s e-learninget.

„A korábban kriminalizált fájlcsereelő az a hitet erősítik, hogy az információk nem eltitkolásra, hanem továbbadásra valók. Az információk szerkesztését, válogatását is egyre fejlettebb eszközök segítik, a kifinomult keresőgépektől kezdve a Wikipédián keresztül a jól szervezett vita- és tudásportálokig. A világhálón reprezentált információkból lehetségessé vált egyéni igényekhez igazodó, egyénileg reflektált tudást konstruálni.”¹¹

⁹ Bessenyei István: Tanulás és tanítás az információs társadalomban – Az eLearning 2.0 és a konnektivizmus, http://kubus.net/moodle/bes/12_Bessenyei-magyar.pdf (Letöltve: 2008. január 10.), p.3.

¹⁰ Bessenyei István: Tanulás és tanítás az információs társadalomban – Az eLearning 2.0 és a konnektivizmus, http://kubus.net/moodle/bes/12_Bessenyei-magyar.pdf (Letöltve: 2008. január 10.), p.3.

¹¹ Bessenyei István: Tanulás és tanítás az információs társadalomban – Az eLearning 2.0 és a konnektivizmus, http://kubus.net/moodle/bes/12_Bessenyei-magyar.pdf (Letöltve: 2008. január 10.), p.4.

Az e-learning 2.0 terei az online naplók, blogok, a wikipedia típusú interaktív tudástárak, a file-cserélő rendszerek, a hírcsoportok, a csevegési portálok és a technikai háttérbázis (például MSN, Skype), valamint a direkt hálózatba szerveződés lehetőségei (például az iwiw típusú site-ok).

5.2. Tanár és diák viszonya

Tovább nő a távolság a diákok és a tanár kognitív és motivációs rendszere között.

Kritikus pontok¹²: az online tananyagokat, digitális forrásokat kezelő diákok nagyszámú információt dolgoznak fel gyakran párhuzamos rendszereket alkalmazva. Egyidejű szervezési módszerek segítségével, a szöveges tartalmaktól különböző forrásokat is használva (kép, hang, videó, játék), hálózatokba rendeződve dolgoznak. A pedagógus feladata, hogy megértse és alkalmazza ezen jellemzőket az oktatásszervezés során. Irányítói posztját koordináló, szakértőire hangolja, nevelési tevékenységében a többpólusú együttműködés adta lehetőségeket is kihasználja.

5.3. A változás oktatási és társadalmi vonatkozásai

- Az így születő és mozgásban lévő információ már nem központosított, szakértővé válik a gyámkodó bölcs;
- Mentessé válik a hatalmi viszonyoktól, hiszen nincs előre válogatva, szűrve, ellenőrizve az információ;
- Az értékek polarizálódása ebben a rendszerben nem csak eszme, hanem gyakorlat is egyszerre;
- A tudás és a kompetencia relativizálódik, megnő és egyben meg is változik a kritikus gondolkodás szerepe, jelentősége;
- A statikus szemlélet helyett megerősítést nyer és jelentésmódosuláson megy keresztül a tanulás konstruktivista és dinamikus folyamata;
- A kapcsolatteremtés, az elméletek ütköztetése, az egymástól tanulás kerül a középpontba;
- A résztvevő, noha hálózatban él, mégis autonóm marad;
- Megnő a metakognitív és a metamotivációs tudás szerepe;
- Lehetőség nyílik immár a struktúra által arra, hogy demokratizálódjon az oktatási-tanulási folyamat;
- Megváltozik az intézmények szerepe;
- Tovább nő a szolgáltató funkció jelentősége;
- Erősödik a verseny;
- Megnő az esélye a korcsoporti vagy társadalmi státuszcsoportonkénti elkülönülés megszűnésének/csökkenésének;
- Felerősödik a digitális esélyegyenlőtlenség jelentősége;
- Az esélyegyenlőség, a demokratikus működési mechanizmusok lehetőségei magukban az alkalmazási módszerekben, a struktúrában vannak lefektetve. (Ez persze nem jelenti azt, hogy

ne lenne lehetőség a hatalommal, az adatokkal való visszaélésre, antidemokratikus irányítási mechanizmusokra. Mindössze annyit jelent, hogy nagyobb a szabadságfokkal bír az online közösség, ezzel együtt természetesen saját magára nézve a működtetés felelőssége is fokozottabb lesz.);

– Az internet ebben a viszonyban már nem eszköz, hanem társadalmi közeg.

6. A gyakorlat buktatói, az online citoyen esélye

A Kurt Lewin Alapítvány *Munka Világa* című szociális szakemberek számára készült e-learning továbbképzése érdekes tapasztalatokkal szolgált. A képzésen együtt tanulhat mindenki, aki a szakma iránt érdeklődik. Egy közösségben dolgozhat pszichológus, szociális munkás és újságíró, az ország bármely pontjáról. A feladatok megoldása közben minden résztvevő véleményt cserélhet, segítséget nyújthat a többieknek, nem utolsósorban pedig megismerheti, beépítheti tudásába a saját közegétől eltérő problémakezelési, értelmezési módokat. A tanulók partnerekké válhatnak. Erre azonban csak akkor van lehetőség, ha a közösség minden tagja felismeri ennek értékét. Ha a továbbképzés nem főnöki utasításra végrehajtott feladat vagy akkreditációs pontokért elviselt többletterhelés; ha sem a kurzus vezetője, sem a résztvevők számára nem képernyőre vetített katedra az online keretrendszer.

A hálózati oktatás és tanulásszervezés nem csak új lehetőségeket hoz magával, de új felelősséget is. Mint arról már volt szó, a tanári szerep ebben az esetben alapvetően megváltozik: koordinátora a közösségnek.

Az ismeretadáson kívül azonban továbbra is jelentős feladatai vannak az oktatásnak például a személyiségfejlődés, motiválás, egyéni differenciálás területein is, mely területekkel az e-learning szerelmeseinek is kezdeni kell valamit. Érdemes elgondolkodni azon, hogy milyen új módszerek alkalmazását teszi ez szükségessé?

- Mit jelent az egyéni differenciálás szempontja egy 2.0-ás e-learning közösségben, ahol eleve egyéni a felhasználási mód, a személyiség soha nem látott szabadságot kap?
- Hogyan határozható meg a célok, melyekhez eszközt rendelünk?
- Hol vannak a képzés határai és mit tekintünk sikernek?
- Hogyan és kinek áll módjában értékelni, visszajelezni a sikeres és fejlesztendő területekről?
- Képesek vagyunk-e kritikusan gondolkodni, ha megszűnik a hatalmi szempontrendszer?

Az e-learning lehetőséget teremt a nagyobb szabadságot és felelősséget egyszerre vállaló „online citoyen” számára.

¹² Bessenyei István: Tanulás és tanítás az információs társadalomban – Az eLearning 2.0 és a konnektivizmus, http://kubus.net/moodle/bes/12_Bessenyei-magyar.pdf (Letöltve: 2008. január 10.), pp.5–6.

Minden felhasználó saját és egyszerre közösségi felelőssége, hogy valóban autonóm digitális állampolgárokká tudjunk válni. Hiába beszélünk élethosszig tartó tanulásról és a folytonos megújulás és rugalmasság szükségéről, ha az e-learning kurzusok szerkezetükben, módszertanukban és a résztvevők kommunikációjában nem gerjesztik a szemléletváltást. Szemléletváltó feladat az iskola sokszor antidemokratikus, félfeudális szerepeit hátrahagyva csatlakozni az online társadalomhoz.

7. Összefoglalás

„Minden politika!” – Az emancipálódott digitális világ is erre figyelmeztet bennünket. Az e-learning értelmezése nem állhat meg a szakmódszertan kérdéseit boncolgatva, az online tanulás, a közösségi tartalomhasználat társadalmi együttélésünk szerves része, törvényei és modalitása a résztvevő egyéneken múlik. Ne csak használjuk, hanem alkalmazzuk is az oktatási lehetőségek immár korlátlan lehetőségeit!

Az e-learning tanítási-tanulási folyamata közös esély, hogy felelős állampolgáraivá váljunk digitális társadalomunknak, struktúrája és működése pedig tálcán kínálja a kiegyensúlyozott, egyenlőségen alapuló, autonóm és demokratikus részvétel lehetőségét.

A szerzőről

SZÉGER KATALIN 1980-ban született Budapesten. A Kurt Lewin Alapítvány munkatársa, az oktatási programok vezetője. 2006-ban bölcsészettudományi diplomát szerzett az Eötvös Loránd Tudományegyetemen magyar nyelv és irodalom szakon, melyhez tanári képesítéssel is rendelkezik. Jelenleg ötdéves politológus hallgató az Eötvös Loránd Tudományegyetem Társadalomtudományi Karán. Szakterületei: az esélyegyenlőség, a demokráciára nevelés, valamint a vállalatok társadalmi felelősségvállalása, mely területeken tréningeket tart és kutatásokat végez.

Irodalom

- [1] Agent Portál – Miből lesz a 3.0?
<http://index.hu/tech/net/net3424/>
(Letöltés ideje: 2008. január 28.)
- [2] Barabási Albert-László:
Behálózva. A hálózatok tudománya,
Magyar Könyvklub, Budapest, 2003.
- [3] Bessenyei István:
Tanulás és tanítás az információs társadalomban –
Az eLearning 2.0 és a konnektivizmus,
http://kubus.net/moodle/bes/12_Bessenyei-magyar.pdf
(Letöltés ideje: 2008. január 10.)
- [4] Cake Baly Olivio:
Az E-learning Magyarországon –
az elektronikus tanulás szerepe a felnőttoktatásban,
http://www.szochalo.hu/hireink/article/114062/737/?no_cache=1&val=4
(Letöltés ideje: 2008. április 11.)
- [5] E-learning – Internet és pedagógia,
Magyar Gallup Intézet,
<http://ip.gallup.hu/elearning/index.htm>
(Letöltés ideje: 2008. április 24.)
- [6] <http://europabolt.hu/magyar/dictionary-l.php4>
(Letöltés ideje: 2008. február 2.)
- [7] Nyíri Kristóf:
Virtuális pedagógia – a 21.sz. tanulási környezete,
<http://www.oki.hu/oldal.php?tipus=cikk&kod=2001-07-it-Nyiri-Virtualis,2006>.
(Letöltés ideje: 2008. április 24.)

Magyar Örökség – Laudációk könyve 1995-2000

Minden nemzet tagjának nagyon fontos feladata a kultúra, a hagyomány gondozása. Ez az az örökség, melynek megismerése nélkülözhetetlen ahhoz, hogy értsük a jelent és tervezhessük a jövőt. Az 1995-ben létrehozott *Magyar Örökség Díj* célja, hogy a jelen és a jövő számára megkönnyítse és elősegítse a múlt értékeinek megőrzését, különösen a mai, gyorsan fejlődő világunkban. A Dr. Hámosi József akadémikus által vezetett bíráló bizottság állampolgári javaslatok alapján hozza meg döntését, korunk és a II. világháborút megelőző időszak legjelentősebb magyar teljesítményeinek megnevezésére. A magyar örökség részévé megválasztottak valamennyien bekerülnek a Magyar Örökség Aranykönyvébe, méltatásukat negyedévente a Magyar Tudományos Akadémia dísztermében tartandó díjátadó ünnepségen ismerhetjük meg.

Rövid írással a Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület szakosztályok és területi szervezetek tagságának és vezetőinek figyelmébe szeretném ajánlani az interneten is elérhető *Magyar Örökség – Laudációk könyve 1995-2000* című dokumentumgyűjteményt, valamint azt, hogy az egyesületünktől is jó szívvvel fogad el javaslatot az említett jelzett bizottság.

1996-ban, szabadalmi rendszerünk alapításának centenáriumi évében a budapesti Közlekedési Múzeum adott otthont a Szellemi Tulajdon Nemzetközi Kiállításnak. Az egyik nap felkerestem a 20. század magyar géniuszainak emléket állító tárlatot. Belépve először egy omnibusz ülésin elhelyezett, a saját területükön marandót alkotó, alábbi kiválóságaink szobrai pillantottam meg:

építészet: Kós Károly (1883–1977);
zene: Bartók Béla (1881–1945);
művészet: Csontváry Kosztka Tivadar (1853–1919);
tudomány: Szent-Györgyi Albert (1893–1986);
sport: Gerevich Aladár (1910–);
irodalom: Ady Endre (1877–1919);
feltalálás: Gábor Dénes (1900–1979);
előadóművészet: Latinovits Zoltán (1931–1976).

Az omnibusz leghátsó ülésén „kicsit mellőzötten” a kicsinyített formátumú „Magyar Édesanya” szobra bűjt meg. Visszagondolva a tizenkét éve elém tárult képre, rájöttem, milyen sokrétű fogalmat takar a szellemi vagy, az örökségünk meghatározó része.

Gondolataimat, a Magyar Távirati Iroda egyik 2001. szeptember 13-i, szívet melengető jelentésének közreadásával folytatom: Az ENSZ Nevelésügyi, Tudományos

és Kulturális Szervezete (UNESCO) felvette Tihanyi Kálmán mérnök-fizikusnak a modern televíziózás alapját lefektető 1926-os eredeti szabadalmi bejelentési iratait a Világörökség program mellett működő Világ Emlékezte (Memory of the World) listájára. A Világ Emlékezte program célja az egyetemes értékkel bíró szellemi alkotások ápolása, széleskörű tudatosítása és azok digitális megőrzésének szorgalmazása.

Tihanyi Kálmán képfelvévőcsöve mellett ugyan még nincsenek a védett listán, de a világon sokan ismerik az alábbi magyar alkotásokat: Neumann János tárolt-program-vezérlésű számítógépét, Heller László és Forgó László hűtőtornyát, Gábor Dénes hologramját, vagy Szilárd Leó és Wigner Jenő atomreaktorát –, hogy csak az ismertebbeket említsem.

Aki bizonyítékot szeretne kapni arra, hogy a magyar mérnökök milyen értékek felmutatására képesek, az tekintse meg a Nemzetközi Elektrotechnikai Bizottság (International Electrotechnical Commission) honlapját (http://www.iec.ch/about/history/techline/techline_entry.htm).

A genfi székhelyű testület fennállásának századik évfordulója alkalmából 2006-ban elkészített egy, az emberiség történetének legfontosabb gondolkodóit bemutató időszalagot. A „dicsőség-albumban” közölt 130 tudós életrajza között az alábbi hét magyar géniusz méltatását is ott találjuk:

Bay Zoltánt, a radarkísérletekért,
Kandó Kálmánt, a villamos-vontatásért,
Puskás Tivadart, a telefonközpontért,
Tihanyi Kálmánt,
a televízió kifejlesztésében végzett munkájáért,
Bláthy Ottó Tituszt, *Déri Miksát* és *Zipernowsky Károlyt*
a transzformátor megalkotásáért.

A helyi és a globális világörökség között találhatók a magyar nemzet örökségei, melyek ápolásával éppen tizenkét éve foglalkozik egy alapítvány keretében néhány lelkes ember. Farkas Balázs, Fekete György belsőépítész és Makovecz Imre építész javaslatára 1995-ben jött létre a *Magyarorszáért Alapítvány*, amelynek kurátorai kezdtek foglalkozni az örökségünk számbavételével. A Magyarorszáért Alapítvány 1995-2002 között adta ki a Magyar Örökség Díjat azon magyar alkotóknak, intézményeknek, illetve csoportoknak, akik hozzájárultak a magyar kultúra, gazdaság, sport, tudomány, egészében a magyar társadalom erkölcsi, szellemi és életminőségének a felemeléséhez.

Ezek a személyek alkotják a Magyarság Szellemi Múzeumát. A díj gondozását 2003 tavaszán vette át a *Magyar Örökség és Európa Egyesület*. A Magyarországiért Alapítvány által fenntartott Magyar Örökség Díjbizottsága a Kuratórium döntése alapján 2003. február 28-án felfüggesztette működését, ugyanakkor a Magyar Örökség és Európa Egyesület ügyvezető alelnöke felkérte a Díjbizottság elnökét, Dr. Hámori József professzort és a Bizottság tagjait, hogy munkájukat immár a Magyar Örökség és Európa Egyesület keretén belül folytassák. Az egyesület célja a Magyar Örökség Díj gondozása, ennek keretében a magyar kultúra múltbeli és jelenkori kiemelkedő teljesítményeinek népszerűsítése és a magyarság közös értékeinek ápolása.

A Magyar Örökség kitüntető címre bárki tehet javaslatot, határon innen és túl. A beérkező állampolgári javaslatok bekerülnek az úgynevezett Ezüstkönyvbe. Inkább „kitüntető cím”-ről beszélhetünk, mert ez az erkölcsi elismerést példázza, nem társul hozzá anyagi juttatás.

A Magyar Örökség Díjat, az írásban beérkezett javaslatok alapján titkos szavazással ítéli oda a Bírálóbizottság az arra érdemes személynek, együttesnek vagy intézménynek. Évente négy alkalommal, hét-hét díjazott neve kerül be az Aranykönyvbe, melynek első kötete a szintén Magyar Örökség díjjal elismert Magyar Nemzeti Múzeumban megtekinthető.

A negyedévi díjátadásokra természetesen minden alkalommal hosszas előkészítő munka után kerül sor: az ünnepi díjkiosztás előtt a Magyar Örökség Díj Bírálóbizottsága kétszer ül össze; egyszer a szavazásra, egyszer pedig a laudációk meghallgatása után a végleges döntésre. Minden alkalommal az adott szakterület egy-egy kiváló ismerőjét, szakértőjét kéri fel a méltatás megírására. A laudációk rövid változata hangzik el az ünnepélyes díjátadáson, míg a hosszabb változatok a *Laudációk Könyvében* olvashatók. A gyűjtemény első kötete – amely interneten is elérhető (<http://digitus.itk.ppke.hu/magyar-orokseg>) – tartalmazza az első öt év díjazottait és a méltatások hosszabb változatát.

A Magyar Örökség kitüntető címet bizonyító oklevelek ünnepélyes átadására a napfordulók és a napéjegyenlőségek időpontjához közel eső szombaton kerül sor valamely jeles intézmény dísztermében. A díjkiosztó ceremóniát a laudációk felolvasásán kívül a díjazottak „profiljához” illeszkedő műsor színesíti.

A díjazottak Vincze László papírmerítő mester jóvoltából, bársony tokban, szépen tervezett és különleges papírra nyomott, nemzetiszínű szalaggal ráfűzött pecséttel díszített oklevelet és a díj emblémáját formázó, pici arany kitűzőt kapnak. Az ünnepség végén hagyományosan az egyik díjazott szól néhány szót a kitüntetettek nevében.

Néhány példa az eddig díjazott magyar mérnökök, tanárok és építészek köréből: *Bay Zoltán, Békésy György, Neumann János, Simonyi Károly, Teller Ede, Kandó Kálmán, Pungor Ernő, Csonka János, Mikola Sándor, Budó Ágoston, Rátz László, Makovecz Imre, Lechner Ödön, Zielinski Szilárd, Wigner Jenő és Kós Károly.*

Bizonyára olvasóink is észrevették, – mivel még nem jelölték, így – hiányzik a felsorolásból: *Puskás Tivadar, Tihanyi Kálmán, Kolossváry Endre, Kozma László, Hollós József, Magyar Endre, Nemes Tihamér* stb.

Végezetül egy felhívás: Mindannyiunk öröksége, a Magyarság Szellemi Múzeumának „feltöltése” és megóvása közös feladatunk. A Bíráló Bizottság várja a javaslatokat, melyeket elektronikusan Kiss Melitta titkár (melitta@ana.sote.hu) címére kell eljuttatni, vagy levélben a Magyar Örökség és Európa Egyesület, 1094 Budapest, Tűzoltó u. 58. postai címre.

A könyv megrendelhető az alábbi címen:
<http://digitus.itk.ppke.hu/magyar-orokseg>

Sípos László

Teller Ede: Üzenetek egy marslakótól – válogatott tanulmányok

Teller Edétől származik az alábbi idézet: „Kármán Tódornak nagyszerű érzéke volt a humor iránt. Ő vallotta be a nagy titkot: mi öten nem is vagyunk magyarok. Mi marslakók vagyunk. De marslakókat nem fogadnak be az emberek, ezért szükséges volt, hogy valahogy földinek tűnjünk. Amerikaiak próbáltunk lenni, de tisztességes (amerikai) angolul soha nem tudtunk beszélni. Ezért elhatároztuk, hogy magyarnak valljuk magunkat. Magyarok voltunk, magyarok leszünk, és magyarok maradunk az emberek emlékezetében.”

Az öt marslakó – Neumann János, Wigner Jenő, Szilárd Leó, Kármán Tódor és Teller Ede – igazán jelentős szerepet vállalt a 20. század történelmének alakításában is. Érdekes minél többet megtudni róluk...

Teller Ede (1908-2003) vegyészmérnök, az egyetemes és a magyar tudomány egyik nagy alakja, a kvantummechanika és számos tudományág kivételes tekintélyű művelője is Budapesten született. Elsősorban a magfizika, a termionukleáris folyamatok elméletében elért kutatási eredményei voltak jelentősek.

Teller Ede születésének 100. évfordulóján, a Magyar Tudományos Akadémián rendezett emlékülésen mutatták be az *Üzenetek egy marslakótól – Válogatott tanulmányok* címet viselő könyvet. Körmeny-Rácz János, a LiLLi Kiadó vezetője vállalkozott a 300 oldalas mű megjelenítésére. Tóth Eszter és Sükösd Csaba szerkesztők jól ismerték Teller Edét, így rá emlékezve válogattak a Fizikai Szemlében 1989 és 2001 között megjelent írásokból. A szándékuk a kötettel az volt, hogy akik a ke-

zükbe veszik, azok értőbben tájékozódjanak a világban azáltal, hogy Teller kristálytisza logikáját és az erkölcsi tépelődéseit megismerik.

A Fermi-díjas világhírű atomfizikus az anekdotáival fizikatörténetet, világtörténelmet tanít és segít magyarságunk tartalmasabb megélésében is. A közölt tanulmányokban vannak ismétlődő részletek is. Olyan gondolatok, emlékek, amelyeket Teller különösen fontosnak érzett, amelyeket több alkalommal is szükségesnek tartott felidézni. A szerkesztők az ismétlődéseket nem szüntették meg, hiszen Teller Ede minden írása egy jól felépített, logikus gondolatmeneten alapult, így bármely rész elhagyása az eredeti gondolatmenet sérülését okozhatta volna.

A Teller-tanulmányok után epilógusként, Marx György: Teller Ede 90 és Tóth Eszter: Személyes emlékek című írásait közli a Kiadó. E két személy volt az, akiket élete utolsó évtizedében Teller Ede nagyon közel engedett magához.

Az olvasmányos kiadványt tanulmányozva, nemcsak Teller Edét ismerhetjük meg jobban, hanem a természettörvényeket, az emberi döntések mozgatórugóit és a barátság biztonságot adó élményét is.

**A könyv megrendelhető az alábbi címen:
LiLLi Kiadó – www.lilli.hu
Kedvezményes ár: 2800 Ft + postaköltség.**

S.L.



M-kormányzat, M-demokrácia – mobilkommunikáció a közigazgatásban

Hogyan használhatjuk a mobiltechnológiát? Miként intézhetjük mobiltelefonon hivatali ügyeinket és milyen szerepet játszik a mobil a civil szervezetek kommunikációjában? E kérdésekre ad választ az Akadémiai Kiadó gondozásában megjelent, világviszonylatban is úttörőnek számító mobil-közigazgatási szakkönyv, amely a mobil kommunikáció és a mobilipar közigazgatási premierje. Az ajánlott kötet egyben egyetemi tananyag is ebben a témában, és nem fordítás: magyar szakemberek válasza a régió lehetőségeire és kihívásaira.

A könyv szerzői (Budai Balázs Benjamin, a Budapesti Corvinus Egyetem oktatója és Sükösd Miklós, a Közép-Európai Egyetem docense) mögött az E-Government Alapítvány szakmai keretében a Budapesti Corvinus Egyetem Államigazgatási Karának E-Government kutatócsoportja áll. Az új közigazgatás-tudományi szakterület a Miniszterelnöki Hivatal Elektronikus Kormányzati Központ és a Pannon GSM támogatásával a világ élvonalát képviseli.

A szerzők bemutatják a mobiltechnika által kiszolgált tudástársadalmat, a mobilpiacot, a mobilkommunikáció technológiai jellemzőit, a mobilkormányzat jogi hátterét, a készenléti rendszereket, a mobilközség-építési lehetőségeket, nemzetközi példákat, a regionális mobil közigazgatás távlatait, a helyi önkormányzati alkalmazásokat, a politika és a mobil interaktivitás konvergenciáját.

A könyv a mobilkommunikáció közigazgatási, társadalmi, politikai lehetőségeinek állapot-keresztmetszetét is nyújtja, valamint ajánlásokat fogalmaz meg. Az aján-

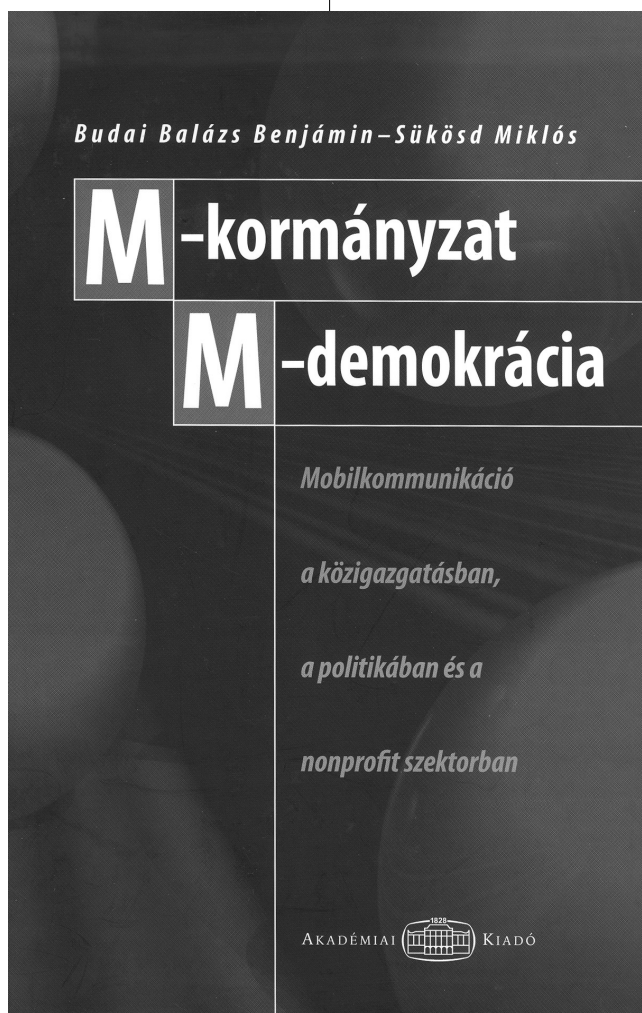
lások és az új terület rendszerezése egyrészt hasznos tudnivaló az államigazgatás és az önkormányzatiság azon gyakorló műszaki és nem műszaki szakembereinek, akik a közigazgatás modernizációja iránt elkötelezettek; másrészt a jövő köztisztviselőinek és közalkalmazottainak is nélkülözhetetlen, hogy a jövőben speciális műszaki előképzettség nélkül is megszerezni tudják a mobilkommunikációs technikák közigazgatási al-

kalmazási lehetőségeit és rálátásuk legyen a közeljövő elvárásainak megfelelő m-kormányzati eszközrendszer területére.

Ezekhez nyújt segítséget ez a ma még világviszonylatban is egyedülálló szakkönyv.

Akadémiai Kiadó,
Bolti ár: 4350 Ft,
Internetes (-25%) ár:
3262 Ft
Megrendelhető:
www.akkrt.hu

Sipos László



Interference reduction in mobile systems

Keywords: cellular systems, interferences

Efficiency of state of the art cellular mobile systems are strongly influenced by unwanted signals arriving to the receivers, called interference in the literature. This paper provides a brief survey of interference reducing techniques applied in order to build cheaper systems offering better QoS.

Modeling and practical design of telecommunication networks

Keywords: communication networks, modelling, planning, reliability analysis, performability

The rapidly evolving communication technologies and services require planning and analysis tools based on technology independent approaches that makes it possible to follow the one after the other changes. The paper first presents the actual practical issues of network design and analysis and then describes the multi-layer network modeling solution that has been successfully applied in the widespread network planning activities of Hungarian Telekom.

Telecommunication networks – the state of the art

Keywords: access networks, core network, heterogeneous networks

The last two decades were characterized by a serious progress of the networking technologies. The communication speeds increased with up to six orders of magnitude, besides the fixed wired access there is a dramatically increasing demand for wireless and mobile solutions, and the range of applications and services is continuously widening as well. Besides the web and the e-mail, which were previously considered as killer applications, there are more and more people that use their internet connection for videoconferencing or for watching high definition TV programs. In the first part of this paper we provide a short survey of the currently used different access and core network technologies that are able to support the needs of this new range of applications.

On the other hand, it is increasingly important for the different services to hide the heterogeneity of the underlying network architecture from the users. Therefore, in the second part of the paper we also analyze the difficulties residing in network management and control.

Positioning based on mobile networks and devices

Keywords: positioning, location based services, mobile positioning

Location-based services are becoming more and more popular. Mobile networks provide competitive so-

lutions for positioning of the users. Methods for positioning in mobile networks, the standardisation, the introduced positioning solutions and services are summarised and evaluated in this paper.

Peer-to-Peer based intrusion detection

Keywords: P2P, intrusion detection, NIDS, overlay, Kademlia

This article presents a novel security method. The software entities utilizing this method create a peer-to-peer application level network, which is then used to share information about intrusion attempts detected. Data collected this way is then used to enhance the protection of all participants. The system is completely decentralized, thus it remains functional over an unstable network or when many peers are attacked at once.

The Kademlia P2P overlay is found to be the most suitable to create such a network. The stability of the overlay, and the broadcast algorithms are both analyzed in this article.

Overview of

Hungary's broadband infrastructure

Keywords: broadband infrastructure, broadband map, governmental commitment

Hungary's political leaders set access to the "broadband internet" as an institutional goal as early as in the 2002-2006 government cycle. The goal was defined on the basis of the assumption that rapid access to information and electronic interaction with government offices should be within reach for everyone. In this sense, the elements of the infrastructure allowing internet access and other related services must be viewed like electric power service: it must reach every populated area in some way, and helping and promoting that is a government responsibility.

Our four-part study (of which this is the first, introductory piece) is aimed at surveying the possible ways of government help and the economic aspects thereof, drawing attention to the importance of forming a conceptual framework for the government's role in the development of broadband infrastructure.

E-learning and the online citizen

Keywords: e-learning, e-democracy, lifelong learning, web 1.0, web 2.0

In the following study the author introduces some social aspects of e-learning process. The main question is: 'How does it affect democracy, civil culture, equal opportunities and key competences attaining lifelong learning?'. The article concludes digital embourgeoisement is necessary so that opportunities of e-learning become reality.