híradástechnika

VOLUME LVIII.

2003/4

Április

E 870

8 000001 502536 FF

Mobil rendszerek fejlesztése

Hálózat tervezési módszerek

Információs társadalom

A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata

Tartalom

BUDAPEST MŰSZAKI FŐIMEDAGÁGTUDOMÁNYI EGYETEM Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár 2001

Recipe Ferrum (Április) 1

A távközlési verseny problémái
Beszélgetés Straub Elek elnök-vezérigazgató úrral 2

MOBIL RENDSZEREK FEJLESZTÉSE

Huszák Árpád, Kiefer Tamás, Simon Vilmos, Tilk Gergely László, Dr. Imre Sándor, Szabó Sándor
Mobilitás kezelés az IP alapú hálózatokban 4

Kersch Péter, Vajda Lóránt, Török Attila
IP mikromobilitási protokollok ad hoc kiterjesztése 14

Kersch Péter, Kürthy Lóránt, Simon Csaba, Vajda Lóránt
IP mikromobilitási protokollok ad hoc kiterjesztésének tesztelése 20

HÁLÓZAT TERVEZÉSI MÓDSZEREK

Lója Krisztina
Játékelméleti módszerek 29

Szabó Zoltán, Kenesi Zsolt, Molnár Sándor
Aktív tárolókezelő mechanizmusok hatása a TCP adaptivitására 35

Orincsay Dániel, Józsa Balázs Gábor
Távközlési hálózatok költséghatékony tervezése 39

Tapolcai János
Az optikai hálózatok jövője 46

INFORMÁCIÓS TÁRSADALOM

Pintér Róbert
A digitális szakadék fogalmáról 49

Mészáros Etelka
Yoshio Utsumi második periódusa az ITU élén (elnöki beszéd kivonata) 51

Dr. György Bazsa, Dr. László Keviczky
A Magyar Tudományos Akadémia a korszerű természettudományos közoktatásért 53

A hálózati azonosítás az elektronikus kormányzás alappillére 58

Címlap: Itt küzdöttek életre-halálra a gladiátorok

Főszerkesztő
ZOMBORY LÁSZLÓ

Szerkesztőbizottság
Elnök: LAJTHA GYÖRGY

BARTOLITS ISTVÁN
BOTTKA SÁNDOR
CSAPODI CSABA
DIBUZ SAROLTA
DROZDY GYŐZŐ
GORDOS GÉZA
GÖDÖR ÉVA
HUSZTY GÁBOR
JAMBRIK MIHÁLY
KAZI KÁROLY
MARADI ISTVÁN
MEGYESI CSABA
PAP LÁSZLÓ
SALLAI GYULA
TARNAY KATALIN
TORMÁSI GYÖRGY

Recipe Ferrum

(Április)

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár
2001

A gladiátori küzdelem végén, amikor az egyik már a földre került, a győztes felnézett Cézárra, vagy bármelyik császárra és várta, mit mutat hüvelykujjával. Ha úgy látta, hogy a vesztes csak pillanatnyi rossz helyzetfelismerése miatt került alulra, de ereje, képzettsége alapján még sok örömet okozhat a nézőknek, akkor felfelé mutatott a hüvelykujja és a vesztest engedte felállni, a felcserek pedig kezelésbe vették. Mindenki remélhette, hogy legközelebb ismét láthatják, és izgalmas küzdelemnek lehetnek tanúi.

Amikor viszont a császár lefelé mutatott hüvelykujjával és lekiáltott, hogy „recipe ferrum" – ragad meg a vasat és öld meg –, akkor a gyenge, súlyosan sebesült vesztest már csak holtan vihették ki az arénából.

Humanisták és filozófusok az egész játékot embertelennek és lélekrombolónak tartották. Erkölcsileg ennek a megállapításnak volt ugyan alapja, azonban pillanat alatt véget vetettek fájdalmának, kínlódásának és hihette, hogy a másvilágon jobb sora lesz.

Képzeljük viszont el, hogyha csak büntetést rónak ki a vesztesre és például levágják egy ujját, majd a második vereség után három ujját és látja, hogy egyre kevesebb esélye van arra, hogy később a győztesek sorába kerüljön, így teljesen megtörik. Ez a módszer valószínűleg a gladiátorok szempontjából még embertelenebb lett volna, mint az, amit a rómaiak alkalmaztak. Még hamarabb elvezetett volna a gladiátorok lázadásához.

A történet azért jutott eszembe, mert mindenfelé látni, hogy a kutatás és a fejlesztés a gazdasági élet nagy csatáiból sokszor vesztesként kerül ki. Ez nem is lehet másképp, hiszen, ha kiváló szakmai laboratóriumok egyaránt igyekeznek új módszereket, új eszközöket kidolgozni, akkor azoknak csak egy része hozhat jelentős új jövedelmet a tulajdonosoknak. Az a csapat, amelyik egyszer győzött, utána könnyen lehet vesztes és a befektetett pénzek egyik vagy másik évben nem térülnek meg, vagy legalábbis nem hoznak jelentős hasznot. Néhány vereség után napjaink Cézárai ilyenkor talán joggal mondják „recipe ferrum", és bezárják az intézetet, laboratóriumot vagy tanszéket. Jogosan támogatják ezzel egyidejűleg azokat, akik növelik sikereiket az üzleti életben.

A leírt folyamatnak, tehát megvannak a történelmi hagyományai és bizonyos fokig beláthatók a sokszor rövidlátónak, vagy embertelennek tűnő döntések. De van ennél rosszabb megoldás is: amikor levágják a gladiátor ujjait. Ami nem jutott eszébe a rómaiaknak, sokszor eszébe jut a mai tulajdonosoknak. Csökkentik a nem elegendően sikeres intézmény létszámát, visszafogják beruházásait, vagy megterhelik számukra idegen, nem vonzó feladatokkal. Csonka kézzel, csökkentett lehetőségekkel valószínűleg az eredmények tovább romlanak, s csak a legerősebbek képesek arra, hogy ilyen események után újra talpra álljanak, és a következő alkalommal már győztesként kerüljenek ki a szellemi csatározásokból. Ha ezt meg tudják tenni, akkor minden további tulajdonosi döntéstől függetlenül megérdemlik a közvélemény elismerését.

Jelen számunkban három mobil távközléssel kapcsolatos cikk jelenik meg. A harmadik generációs (UMTS) rendszerek eddig sok veszteséget okoztak azoknak, akik ebbe befektettek és szolgáltatási jogért licitáltak. Félő volt, hogy a korábban ragyogó pályát befutó mobil rendszerek megtorpannak és az ez irányú fejlesztések leállnak. Nem ez következett be, hanem a lecsökkent fejlesztési források ellenére az ottlévők minden erejűket megfeszítve új elképzelésekkel, új lehetőségekkel álltak elő.

A következő blokkban is olyan cikkeket találunk, melyek azt mutatják, hogy a távközlő hálózatok kihasználtságának alig észlelhető növekedése ellenére is igyekeznek új döntési, méretezési és tervezési módszereket kidolgozni. Idővel valószínűleg ezek is hasznot hoznak majd.

A kutatás-fejlesztés elhivatott szakemberei a legbátrabb rabszolgákkal mérhetők össze, de megfontolandó, hogy akik már bizonyítottak, azoknak szabad-e további ujjait levágni.

Lajtha György

A távközlési verseny problémái

Beszélgetés Straub Elek úrral, a Matáv Rt. elnök-vezérigazgatójával

SZERZŐ: DR. LAJTHA GYÖRGY

• Az elmúlt évek során nyilvánvalóvá vált, hogy a távközlés területén elképzelt verseny nem valósítható meg. Európában alig van olyan ország, ahol egyenrangú felek versenye bontakozott volna ki. A vesztesek az újonnan alakuló kis vállalatok, melyek nem érik el céljaikat és ezért a meglévő nagy szolgáltatót vádolják, mert nem férnek hozzá a kiépült infrastruktúrához.

Az elképzelt modell egyáltalán nem működik. Kezdetben egy szolgáltató volt, aki a két végpont között meghatározott tarifáért nemzetközileg rögzített minőségű szolgáltatást nyújtott. Azt hitték, hogy versenyre kényszerítve a monopol szolgáltatót, olcsóbb lesz a távközlés. Ennek érdekében úgy gondolták, hogy a végpontok közötti összeköttetéseket bontsuk fel szakaszokra, vigyük piacra a részeket, használják fel őket a kis szolgáltatók és az így összerakott rendszert vigyék a piacra.

Könnyen belátható, hogy ilyen elveken nem lehet olcsóbb a szolgáltatás. Ez olyan, mintha valaki venne néhány autót, szétbontaná őket alkatrészeikre, azt eladná, a vevő pedig összerakná az autót. Ez azonban semmiképp nem lehet olcsóbb, mint a gyári autó volt.

• Ha nem vagyunk tekintettel a verseny indításakor az árakra, sőt a verseny érdekében esetleg állami támogatást is kapnak az új szolgáltatók, akkor sem indulhat több vállalkozó a távközlési szolgáltatások piacán.

Műszakilag is problémák lesznek. A kiinduló állapotban az egyes elemek önmagukban nem piacképesek. Nincsenek kialakítva azok az interfészek, melyek lehetővé tennék az elemek egyszerű összekapcsolását. Nincsenek meg az új szolgáltatóknál azok a műszaki ismeretek, melyek segítségével az elemekből a nemzetközi előírásoknak megfelelő hálózatot létre tudnák hozni.

Problémát jelent ezen kívül, hogy az új szolgáltatónak az összerakás költségein kívül gondoskodnia kell arról, hogy az illesztetlen elemek együttese minőségileg feljavuljon, és értékesíthető legyen. Az értékesítéshez ki kell alakítania a marketing csapatát, új számlázási rendszert kell telepítenie és még ekkor is problémát jelent, hogy a hibákért, megszakadásokért ki lesz a felelős. Ha nincs felelős, akkor pedig a felhasználó gyengébb minőségű szolgáltatáshoz jut hozzá.

• Talán az merülhetett fel, hogy az inkumbens szolgáltatók profitja túl nagy és a versennyel le lehetne törni az árat, tehát a fent említett többletköltségek fedezhetők lennének változatlan tarifák mellett, az inkumbens profitjának csökkentésével.

Ezzel kapcsolatban több ellenvetésem van. Az első, hogy a profit ma már sehol nem túl nagy. A fix távközlési szolgáltatások iránti igény csökkent, tehát a felhasználók megtartása érdekében a tarifa reálértékben minden országban csökken. Ugyanakkor azt is meg kell említeni, hogy a nyereségből lehet kiépíteni az infrastruktúrát, a felhasználótól felhasználóig működő átviteli utak és kapcsoló-berendezések korszerű rendszerét.

Az újonnan piacra lépők sem terveznek beruházni, mert bizonytalan a réz- vagy fénykábel-hálózat jövője. Nehezen találnak tőkés partnereket, mert számukra sem vonzó pillanatnyilag a fix hálózat költségeit a csekély haszon mellett vállalni.

A problémák vitákat eredményeznek, ezek eldöntéséhez hatósági és bírósági szakértelem szükséges, ezért ezek finanszírozására is elvonnak pénzeket a szolgáltatóktól. Ez is csökkenti a profitot. A verseny gazdasági és műszaki háttere egyaránt bizonytalan, sőt azt merném mondani, hogy reménytelen.

• Ha a verseny nem segít azon, hogy a felhasználók jobb szolgáltatáshoz jussanak, akkor véleménye szerint mi a teendő?

A válasz tömören az, hogy az inkumbens kínáljon olcsó, minden igényt kielégítő szolgáltatásokat. Ha ez működik a Víz- és Csatornázási Művek területén, akkor működhetne a távközlésben is. Különösen most, amikor a mobil szolgáltatók már versenytársként lépnek fel, és a közvélemény kutatások szerint a felhasználók több mint 50 %-a szerint érdemes a magasabb tarifát kifizetni a jobb elérhetőség érdekében.

• Meg lehetne tartani a végtől-végig kiépítendő összeköttetések monopóliumát, de ugyanakkor lehetővé tenni, hogy ezen a hálózaton olyan új szolgáltatások létesüljenek, melyek szellemi tulajdonjoga, vagy gyakorlati kivitelezési lehetősége más kisvállalkozóké...

A szolgáltatások ára széles határok között változik, ugyanakkor a távközlés a tartalomtól függetlenül, adott távolságban, időegységenként ugyanolyan tarifát számol el.

Ebből látszik, hogy az Internet szolgáltatók (ISP-k) tudják pontosan, hogy kinek, mennyit kellene kiszámlázni. Ha a szolgáltatás ellenértékét tehát az ISP-k határozzák meg, akkor nekik kellene benyújtani a számlát, és ebből kifizetni a szolgáltatás jellegétől független távközlési tarifát, amelyet az ISP-k a végpont és a szolgáltatás idejének függvényében pontosan mérhetnek.

Ehhez saját számlázási rendszerre lenne szükségük, amelyet ki kell építeniük, és működtetniük kell. Többek között ez azt jelenti, hogy ők küldik ki a számlát és szedik be a díjakat. Ez viszont ismét az előfizetők számára lenne többletkiadás. A probléma az elmúlt időkben már felmerült, de most már tisztázódott az ISP-kel a kapcsolat és ezek működnek is.

Az új szolgáltatások bevezetése feltétlenül szükséges, de el kell kerülni azokat a csapdákat, melyek miatt ezek ára elérhetetlenül magas lenne. Tekintettel kell lenni a költségek minimalizálására, és el kellene kerülni minden folyamat megkettőzését.

Mindkét szempont alapján úgy látjuk, hogy a távközlési hálózat egységességét fenn kell tartani, és így kell a legújabb, vonzó szolgáltatásokat kínálni. Ez mindkét fél számára a legjobb megoldás.

• Lehetne-e a szélessávú hozzáférés érdekében szövetkezni a kábeltévés műsorszolgáltatókkal? Lehetne a MATÁV is egy nagy szolgáltató ezen a területen?

Jelenleg ezen a területen korlátozva vagyunk. Ez a korlátozás azonban 2004. január 1.-el megszűnik, tehát talán érdemes ezen gondolkodni. Problémát jelent ugyanakkor, hogy a jó minőségű koaxiális vagy fényvezetős hozzáférés kiépítése mekkora beruházást igényel. A jelenlegi hálózatok nem mindenütt teszik lehetővé a korszerű szélessávú hozzáférést.

• Mi a véleményed a kábeles műsorellátásra vonatkozó 1/6-os korlátozásról?

Szerintem ez lehetetlenné teszi egy gazdaságos hálózat kiépítését. Ennek hátterében valószínűleg az állt, hogy valamely tulajdonos ne biztosíthasson magának információs monopóliumot, és valamilyen filozófiai, politikai, vagy esztétikai szempontból egyoldalú műsorpolitikát kínálva előfizetőinek. Ez az elv azonban a területi megosztással nem valósítható meg. Tehát a törvényt módosítani kell, mivel az elfogadható és helyes cél megvalósítását nem segíti elő.

Előnyösebb lenne, ha programokat kellene megosztani egy adott szabálynak megfelelően, és ezzel minden lakásba olyan választék jutna el, ami a különböző nézetek széles spektrumát tükrözi. Azért sem előnyös ez a korlátozás, mert nem teszi lehetővé, hogy tőkeerős nagyvállalatok infrastruktúrát építsenek és ezen valóban jó minőségű műsorokat szolgáltassanak. Emiatt nem alakult ki ezen a területen sem igazi verseny.

• A problémák áttekintése után felmerül a kérdés, milyen módon lehetne a lakosság széles körét jó minőségű kábeltelevíziós és szélessávú Internet szolgáltatással ellátni?

Elsősorban új hírközlési- és médiatörvényre van szükség. Ezekben a törvényekben hasznosítani kellene az eddigi tapasztalatokat és egészen más alapokra helyezve kellene a felhasználók érdekeit megvédeni. Ebbe beleértem azt is, hogy a beruházások vonzóak legyenek.

Úgy látom, hogy a problémák túlnőnek Magyarország határain. Az FCC igazgatója egyik beszámolójában hangsúlyozta, hogy az AT&T feldarabolása és a Baby-Bellek létrehozása nem hozta meg a várt eredményeket. Nem alakult ki igazi verseny, sőt azok a szolgáltatók (General Electric, Western Electric), melyek a nyugati parton régebben eredményesek voltak, ma már nem szolgáltatnak. Érdekes az is, hogy ezeket a távközlési szolgáltatókat sok esetben nagy műsorszolgáltatók vásárolták fel, és ezzel ismét megjelentek a monopóliumok.

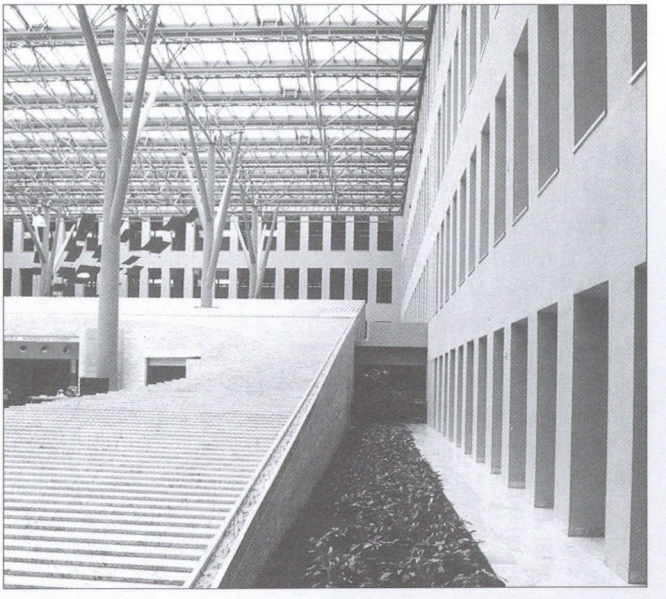
Az európai szolgáltatók sem érzik a verseny árcsökkentő és minőségjavító hatását. Csak remélni lehet, hogy az EU-ban az elmúlt 6-10 év rossz tapasztalatai után új törvények alakulnak majd ki.

• Lehetne-e a MATÁV és az új kisszolgáltatók közötti éles vitákat addig is csillapítani, amíg az új törvény meg nem jelenik?

Egy erősen szabályozott piacon a gazdasági problémákkal küszködő kisvállalkozók a hatóságnál igyekeznek eredményt elérni. Nem szeretnének beruházni kétséges jövőjű infrastruktúrába, hanem a meglévőt szeretnék olcsón igénybe venni. Nem reális tehát remélni, hogy a viták elcsendesednek.

Semmiképpen nem látszik jó megoldásnak, hogy az állam építsen új infrastruktúrákat, amikor a gerinchálózaton még igen nagy kapacitások állnak üresen, amelyeket ki lehetne használni. Ezeken a pontokon talán a korábban említett problémák sem merülnek fel, mert egy-egy szál vagy hullámhossz használata nem igényel új interfészeket, de természetesen a fenntartást is meg kell rendelni a kábel tulajdonosától.

Nagyon köszönöm, hogy a Híradástechnika olvasói megismerhették nézeteidet. Ezek után már csak remélni tudom, hogy az új Hírközlési Törvény még ebben az évben elkészül, és jövőre talán már jóváhagyja a Parlament. Jó lenne, ha az elmúlt évek tapasztalatai alapján olyan törvény készülne, melyet más európai országok is mintának tekinthetnek és a rosszul sikerült verseny helyett az előfizetők jó kiszolgálását tenné lehetővé.



Mobilitás kezelés az IP alapú hálózatokban

HUSZÁK ÁRPÁD – KIEFER TAMÁS – SIMON VILMOS – TILK GERGELY LÁSZLÓ,
DR. IMRE SÁNDOR – SZABÓ SÁNDOR

E-mail: micromob@mcl.hu; Tel.:463-3256
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Budapest 1117 Magyar tudósok körútja 2.
Híradástechnikai Tanszék, Mobil Távközlési és Informatikai Laboratórium

Az Internet mobil felhasználóinak speciális támogatásra van szükségük, hogy fennmaradjon az összeköttetés, annak ellenére, hogy változtatják a hálózathoz való kapcsolódási helyüket. Ezt segíti a mobilitás kezelés, melynek feladata a mobil felhasználó helyének ismerete, a neki címzett csomagok fogadása, illetve az általa küldöttek eljuttatása a címzetthez, továbbá különböző adminisztratív feladatok ellátása, mint például a hitelesítés. Míg a GSM rendszerben ezt a második rétegben oldották meg, addig az IP alapú mobil hálózatokban a harmadik (hálózati) rétegben valósítják meg ezeket a feladatokat.

Bevezetés

Az internetes forgalom exponenciálisan növekszik, okai a felhasználók számának növekedése valamint az újabb alkalmazások megjelenése [10].

A másik erősen növekedő ágazat a nagy kiterjedésű vezeték nélküli hálózatok világa, ahol a szolgáltatók újabb szolgáltatásokat, alkalmazásokat igyekeznek biztosítani a növekvő felhasználói tömegeknek. Jelenleg előrehaladott fejlesztések folynak adat-szolgáltatások biztosítására vezeték nélküli hálózatokban (WAP, GPRS, WLAN, stb.), és a végcél a mobil kommunikáció és az Internet teljes konvergenciája, a mobil Internet kifejlesztése [2].

A mobil kommunikáció eredetileg a vezetékes távközlési rendszerek egyik mellékágaként indult. Ilyen vezeték nélküli rendszerekkel egészítették ki a vezetékes távközlő hálózatokat olyan helyeken, ahova kábeleket fektetni nem gazdaságos. A mobil kommunikáció fejlődésének eddigi lépcsőfokai az első, második és harmadik generációs mobil rendszerek (1G – 2G – 3G). Az 1G rendszer analóg rádiós technikával működik. A 2G rendszer már digitális berendezésekkel, az 1G-hez hasonlóan cellás elven épül fel, és napjainkban éli fénykorát. A 2G rendszerekben kezdetben globális szabványok hiányában helyi irányzatok jöttek létre. A két fő irányzat az európai GSM (Global System for Mobile) és az észak-amerikai CDMA-TDMA (Code/Time Division Multiple Access) rendszer. A 2G rendszer nem igazán alkalmas vezeték nélküli adat-szolgáltatás biztosítására a kis adatátviteli sebessége miatt (10-12 kb/s). Ezt a problémát a 2.5G és 3G rendszerekben a HSCSD (High Speed Circuit Switched Data – 57,6 kb/s), a GPRS (General Packet Radio System – 115 kb/s) és az UMTS (Universal Mobil Telecom System – 2 Mb/s) hálózati technológiák, és az IP vezeték nélküli kiterjesztése hivatottak leküzdeni. Ezekkel a technológiákkal a fejlesztők reményei szerint megvalósulhat a mobil Internet.

A 3. generációs mobil hálózatoknak jelenleg két fő irányzata van. Az európai GSM rendszer továbbfejlesztésével GPRS alapokon kialakított rendszer, és az észak-amerikai CDMA alapokon létrehozott, új csomagkapcsolt hálózat.

Okulva a 2G nehézségein, a következő generációs mobil rendszerek kialakításakor nagy erővel koncentrálnak a szabványok egységesítésére. Ennek fényében a Nemzetközi Távközlési Egyesület Mobil Távközlési Részlege az ITU-IMT 2000 ajánlás keretében rögzítette a 3G rendszerek alapkövetelményeit. Ezek alapján a 3G rendszerek szabványos adatátviteli sebességei: 144 kb/s utazáskor, 384 kb/s séta közben, szabadtéri környezetben és 2Mb/s épületben, beltéri környezetben [1].

Továbbá 1998 végén az ITU IMT 2000 kezdeményezte két együttműködési csoport létrejöttét, melyek a két domináns mobil technológiai irányzatot (GSM és C/TDMA) képviselik, és a 3. generációs mobil rendszerek szabványain és azok harmonizációján dolgoznak. Az egyik csoport a 3GPP (3G Partnership Project), amely a GSM rendszer tovább fejlesztése révén, GPRS alapokon valósítaná meg az új 3G rendszert. A 3GPP tagjai Japán, Kína, Európa, Észak-Amerika, Korea. A másik egyesülés, a 3GPP2, az észak-amerikai CDMA rendszert terjesztené ki úgy, hogy egy új, szélesebb sávú adatátvitelre képes mobil hálózatot hozzanak létre. Ennek a csoportnak a tagjai Japán, Kína, Észak-Amerika, Korea.

A végcél természetesen a két rendszer konvergenciája és a globális, nyitott, vezeték-nélküli Internet architektúra kialakítása [1].

A mobilitás kezelés szükségessége

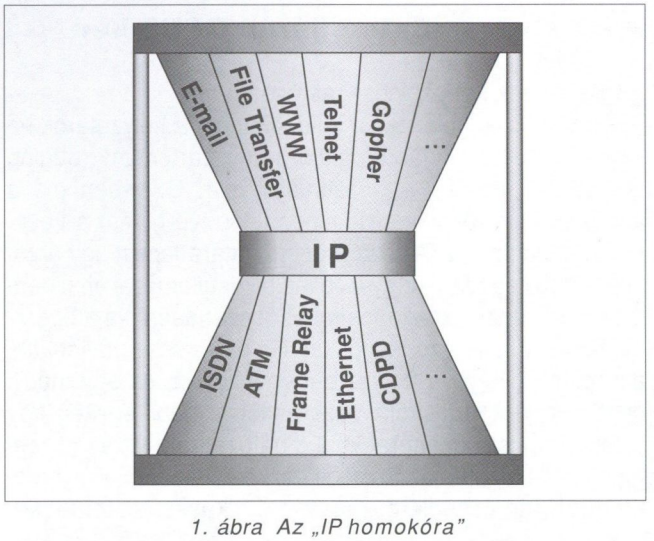
Az Internet mobil felhasználóinak speciális támogatásra van szükségük, hogy fennmaradjon az összeköttetés, annak ellenére, hogy változtatják a hálózathoz való kapcsolódási helyüket.

Ezt segíti a mobilitás kezelés, melynek feladata a mobil felhasználó helyének ismerete, a neki címzett csomagok fogadása, illetve az általa küldöttek eljuttatása a címzetthez, továbbá különböző adminisztratív feladatok ellátása, mint például a hitelesítés. Míg a GSM rendszerben ezt a második rétegben oldották meg, addig az IP alapú mobil hálózatokban a harmadik (hálózati) rétegben valósítják meg ezeket a feladatokat.

Ennek a támogatásnak a transzparens működést kell biztosítania a mobil felhasználók számára és skálázhatónak kell lennie. A transzparens működés biztosítása azt jelenti, hogy a magasabb rétegű protokollokat nem érintheti a mobil támogatás bevezetése. A transzparens működést az optimális csomagirányítás és a hatásos hálózati eljárások teszik lehetővé. A mobil támogatásnak úgy kell skálázhatónak lennie, hogy lehetővé tegye a hálózat bővítését és a mobil terminálok számának növelését, valamint alacsony szinten tartsa a hálózati terhelést. A skálázhatóság kérdése nagyon fontos szempont egy olyan gyorsan bővülő globális hálózat számára, mint az Internet. Az IP mobilitás kezelése sokkal kiforrottabb és egységesebb, mint a GSM/GPRS-ben alkalmazott megoldás, ezért várhatóan ezt fogják alkalmazni a következő generációs mobil rendszerekben.

Az IP protokoll választásának indokai

Az info-kommunikációs hálózatok egységei szabványos protokollok segítségével kommunikálnak egymással. Az IP (Internet Protocol) a különböző hálózatok összekapcsolására alkalmas, inter networking protokoll. Az *1. ábrán* látható az úgynevezett „IP homokóra", ami jól demonstrálja az IP sokoldalúságát. Számos alkalmazás működhet TCP/IP illetve UDP/IP fölött, különböző alhálózatokat használva.



1. ábra Az „IP homokóra"

Az IP választása a vezeték nélküli adathálózatok hálózati protokolljának több okból is előnyös. IP alapú hálózatot használva, a vezetékes hálózatokra írt alkalmazások működhetnek a vezeték nélküli hálózatokon is. Költségmegosztás szempontjából is érdemes integrált vezeték nélküli és vezetékes hálózatokat építeni, menedzselni és használni az IP technológia előnyeinek felhasználásával, amelyek alkalmazhatóak a mobil hálózatokban is.

A feladat a következő generációs mobil eszközök mozgásának hatékony kezelése. A felhasználó mobilitásából adódóan változtatja helyét, ezzel csatlakozási pontját a hálózathoz. Olyan rendszert kell kifejleszteni, amely ezt kezelni tudja az előírt QoS paraméterekkel. A mobil eszköz lehet egy laptop, ebben az esetben a változások kezelése nem annyira időérzékeny, de lehet egy mobiltelefon is, amelynek gyorsan kell váltania az adótornyok között.

Az elképzelések szerint az összes mobilitással kapcsolatos funkció a 7 rétegű OSI modell 3. rétegében, a hálózati rétegben (IP réteg) kezelhető. Ez lehetővé teszi egy homogén, IP alapú hozzáférési hálózat kifejlesztését, ami független lehet a különböző vezeték nélküli csatlakozási felületektől („All IP" elv). A bázisállomásokon, amelyekkel az egyes mobil terminálok közvetlen kapcsolatban vannak csak kapcsolat-orientált a feldolgozás, ami megvalósítható az útvonalválasztó egységek (routerek) és a bázisállomások hálózati-réteg szoftverének kibővítésével.

Összegezve, a 3G mobil hálózatokban mind a gerinchálózat, mind a hozzáférési hálózatok IP alapúak, azaz a közeljövő mobil hálózatai teljesen IP alapúak lesznek.

Az európai GPRS alapú rendszer

Az Európai Távközlés Szabványosítási Intézet (ETSI) által javasolt GPRS (Generalized Packet Radio Service) alapú rendszerben az adat-kapcsolati réteg (OSI modell 2. rétege) és egy újonnan definiált felsőbb réteg kombinációja látja el a mobilitás kezelési feladatokat. A szabadtéri rádiós fokozat (air interface) végzi a regisztrációt, azonosítást, paging és handoff kezelést, valamint különböző csatorna hozzáférési eljárásokat adatcsomagok átviteléhez.

A rendszer gerinchálózatában a GPRS egy új csatorna-kezelési (tunneling) protokollt hoz létre az IP réteg fölött. Ez az új protokoll a GTP (Generic Tunneling Protocol) szolgál a készülék mobilitás kezelésére, valamint regisztrációs és azonosítási eljárások támogatására. Az adatcsomagok egy 48 bájtos GTP/UDP/IP fejléccel áramlanak a csatornában.

A szolgáltatás minőségi paramétereire vonatkozó (QoS) leírók rendelhetők minden egyes felhasználóhoz: ilyen QoS paraméterek lehetnek a prioritás, késleltetés, megbízhatóság és definiálhatóak felhasználói osztályok is.

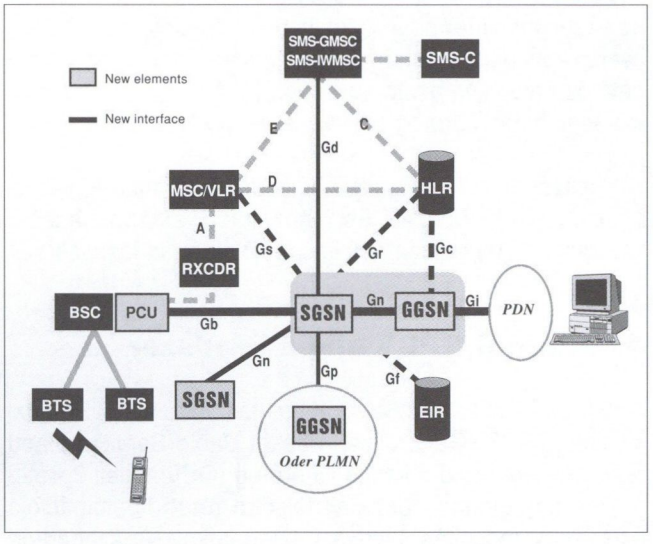
A GPRS-ben specifikált QoS hátránya, hogy az IP alapú QoS támogatások, mint integrált és differenciált szolgáltatások (IntServ, DiffServ) csak nehezen alkalmazhatóak [2].

A GPRS rendszer egységei

A rádiós interfész protokolljának alkalmazása a mobil terminál és a bázisállomás között történik. A GPRS csatornák, vagy GTP csatornák két GPRS Router Gateway között létesülnek, aminek egyik vége a Kiszolgáló GPRS Szolgáltató Csomópontban (SGSN – Serving GPRS Service Node) végződik, ez irányítja a csomagokat a megfelelő bázisállomásra link layer protokoll használatával,

míg a csatorna másik vége az Átjáró GPRS Szolgáltató Csomópontban (GGSN – Gateway GPRS Service Node) végződik, ez biztosítja a kapcsolatot az Internet felé *(2. ábra)*.

Amikor a terminál mozog a kiszolgáló csomópontok (SGSN) között, mindig új GTP csatornák épülnek fel a mobilitás biztosítására. Amikor az eszköz az egyes bázisállomások között mozog (egy kiszolgáló tartományon belül), akkor cellaváltás (handover) történik. Ezek kezelése adatkapcsolati réteg szinten történik.



2. ábra GPRS hálózati architektúra

A GPRS alapú rendszerekben az azonosítás, a regisztráció és a roaming támogatására a már létező GSM infrastruktúrát használják. Minden GPRS Kiszolgáló Csomópont egy Látogató Előfizetői Helyregiszterhez (VLR – Visitor Location Register) csatlakozik. Ez egy átmeneti adatbázis a kiszolgáló csomópont aktuális felhasználóiról. A Honos Előfizetői Helyregiszter (HLR – Home Location Register) egy állandó adatbázis, aminek bejegyzéseiben az adott mobil szolgáltató regisztrált felhasználóinak adatai vannak, valamint felhasználónként egy-egy pointer, ami a felhasználó tartózkodásától függő, éppen aktuális VLR-hez mutat.

Az idegen regiszterhez történő új felhasználó bejelentkezésekor a VLR kapcsolatba lép a felhasználó honos regiszterével, majd a kapcsolat az SS7 protokoll segítségével épül fel. A honos regiszterből a VLR azonosító információkat kap az új felhasználóról (azonosító adatok, titkos kulcsok, stb.).

Mobilitás kezelése GPRS-ben

A GPRS rendszerek a következő mobilitás kezelési feladatokat látják el. A hálózatba való belépésnél (a készülék bekapcsolásakor), a rendszernek tudnia kell azonosítani a mobil állomást (Mobile Station (MS): készülék + SIM kártya) és tudnia kell, hogy milyen szolgáltatások igénybevételére jogosult. Kilépésnél pedig a mobil állomás képes legyen fennakadások nélkül „elhagyni" a rendszert. Legfontosabb eleme a frissítés (update), mivel a rendszernek ismernie kell a mobil pillanatnyi helyét, hogy a készüléknek címzett csomagokat el tudja juttatni hozzá. A mobil állomás által küldött csomagoknál nincs ilyen útvonal keresési (routing) probléma, mert csak egy lehetséges út van mobil állomástól az SGSN-be, és szintén egy út lehetséges az SGSN-ből a GGSN-be. További szempont a tápegység és a rádiós sávszélesség gazdaságos használata, mivel downlinknél (a bázisállomástól a mobil felé irányuló összeköttetésnél) a paging, míg uplink-nél (mobiltól bázisállomás felé) a location update és paging válaszüzenetek igényelnek külön sávszélességet. A hálózat tájékoztatását a mobil felhasználó pillanatnyi helyéről location update-nek, míg a mobil felhasználó pontos helyének meghatározását a tartományon belül, paging-nek nevezi a szakirodalom.

Mivel a hálózatba való belépés illetve kilépés viszonylag ritkán történik, ezeket az eljárásokat nem is szükséges optimalizálni (általában a belépés reggel, a kilépés pedig este a leggyakoribb). Ám az igazi problémát a hálózatba való belépés utáni mobilitás kezelés jelenti. Egy angliai szolgáltató statisztikái szerint egy átlagos dinamikájú felhasználó átlagban 30-40 másodpercenként vált cellát (kb. 1000-szer a 8 órás munkaidő alatt). A GPRS uplink kapcsolaton történő adatátvitel jelentősen igénybe veszi a mobil készülék tápegységét, ezáltal a készenléti és beszélgetési idő lecsökken.

A location update eljárás GPRS-ben

A frissítésnek két szélsőséges esete van:

Egyik, ha a mobil akkor küld jelentést a helyzetéről, ha egy több cellát magába foglaló „nagy" tartomány (paging terület) határát lépi át, hasonlóan mint GSM-ben (ha a készülék nem aktív, vagyis nincs felépítve hívás) a Location Area váltásnál. A cellák közötti határátlépést úgy érzékeli a mobil egység, hogy a cellák bázisállomásai által periodikusan sugárzott azonosítókat összehasonlítja a bufferjében tárolt cella-azonosítókkal. Ha ez az összehasonlítás azt mutatja, hogy a helyzete megváltozott, és egy másik cellacsoport azonosítóit veszi, akkor a mobil egység egy location update üzenetet küld a hálózatnak. Ez az összefogott cellakezelés azon mobil eszközök számára jó, amelyek gyakran vannak mozgásban, de kevés adatot fogadnak.

Ennek a megközelítésnek előnye, hogy kevésbé veszi igénybe az akkumulátort, mivel a mobil kevesebb frissítési üzenetet küld. Így az uplink rádiós csatornát nem foglalják le annyira a mobilitás kezelési üzenetek (sávszélesség megtakarítás) és a mobil úgy mozoghat a területen belül, hogy arról a hálózat semmit se tud. Hátránya viszont, hogy az uplink rádiós csatornát paging válasz üzenetek terhelik, mert a mobil készülék helye nem ismert a területen belül, így minden egyes downlink csomag kézbesítéséhez szükség van a mobil felhasználó megtalálására (paging eljárás). Ez az adatátvitelben nagy késleltetést okoz, mivel az adatátvitel jelen esetben teljesen más jellegű, mint a GSM-beli beszédátvitel.

A másik szélsőséges eset, ha a mobil forgalmat bonyolít, ekkor minden cellaváltásnál frissíti a helyét. Ugyanúgy, mint GSM-ben, update location eljárás történik minden cellahatár átlépésnél. Olyan mobil állomás esetén jó ez a módszer, amelyhez sok adatcsomag érkezik és ritkán mozog. Előnye, hogy mindig lehet tudni, hogy a mobil egység éppen melyik cellában tartózkodik, és nincs szükség paging-re, vagyis a paging csatorna használaton kívül van. Ebből következőleg az adatcsomagok kézbesítése nagyon gyorsan történik, nincs szükség megvárni a paging válasz üzeneteket. Viszont ez a folyamatos cellafrissítés (update) lemeríti az akkumulátort és lefoglalja az uplink rádiós kapacitást.

A GPRS rendszer a két megoldás között egy észszerű kompromisszumot valósít meg.

GPRS és UMTS esetén egy Mobilitás Menedzselő (MM – Mobility Managemnent) véges állapotú automata működik az SGSN-ben és a mobil állomásban is, hogy leírja a mobil állomás mobilitási aktivitását. GPRS-ben az automata állapota lehet IDLE, STANDBY vagy READY. Ha a mobil hoszt nem aktív, csak akkor informálja a hálózatot, ha egy „nagy tartomány" határát lépi át. Ezt a tartományt GPRS-ben Routing Area-nak hívják (csomagkapcsolt szolgálati tartomány), ami része a GSM áramkörkapcsolt kiszolgáló tartományának. Ebben az esetben a mobil állomás STANDBY állapotban van és a mobil csatolva van a GPRS hálózathoz és vagy kilépést vagy location update eljárást kezdeményezhet, míg az SGSN paging eljárást indíthat a mobil felkutatására.

Ha a mobil állomás aktív, akkor a másik megközelítést alkalmazza, vagyis minden cellahatár átlépésnél küld update üzenetet. Ilyenkor a mobil READY állapotban van, és adatcsomagokat csak ebben az állapotban kézbesíthetnek neki. Aktív állapotban a hálózat ismeri a mobil egység pillanatnyi bázisállomásának helyét, ilyenkor a mobil tipikusan adatforgalmat bonyolít. A készenléti (STANDBY) állapotban a hálózat a terminál pillanatnyi bázisállomásának helyét csak megközelítőleg ismeri, ilyenkor a bázisállomások egy csoportjában, a paging területben tartózkodik. Készenléti állapotban (IDLE) a mobil egység nem ismert (nem elérhető) a hálózat számára.

STANDBY állapotból úgy kerülhet a READY állapotba, ha küld egy adatcsomagot az SGSN-nek, lehetőleg egy paging-re való válaszként. Ekkor elindul egy timer (időzítő). Innen úgy kerül vissza STANDBY állapotba, ha lejár a timer, mielőtt egy újabb adatcsomag (PDU: Packet Data Unit) kerülne átvitelre. A timer értékét egyedül az SGSN változtathatja. Ezekről a változtatásokról a mobil különböző üzeneteken keresztül értesülhet. Így az SGSN kikényszerítheti ezt az állapotváltást egyes rendellenességek esetén.

A Mobilitás Management (MM) egység mobilitási információkat tartalmaz a mobil állomásról, míg a Packet Data Protocol egység olyan adatokat tartalmaz, amelyek segítik a csomagok kézbesítését a mobil és a hálózat között. Így például az SGSN MM egység adatmezőiben szerepel az IMSI (előfizetői azonosító), mobilitás kezelési állapot (STANDBY, READY, IDLE), IMEI (mobil készülék azonosító), MSISDN (előfizetői telefonszám), routing area azonosító, előfizető számlázási adatai, titkosítási és hitelesítési információk, stb.

GPRS hálózatba történő csatlakozásnál az MM informálja a hálózatot a mobil eszköz kéréséről, miszerint aktív állapotba kíván váltani. Ekkor a hálózat leellenőrzi a mobil azonosítóját és letölti annak előfizetői adatait a HLR-ből az SGSN-re, ha az még nem rendelkezik ezekkel az információkkal. Majd egy frissítő üzenettel tájékoztatja az MSC/VLR-t a pillanatnyi helyéről.

A mobil pozíciójának frissítésének (Location Updatenek) két változata van: normális és periodikus. Normál eljárás akkor kerül végrehajtásra, ha a mobil eszköz érzékeli, hogy megváltozott a pozíciója. Periodikus eljárásnál akkor is történik címfrissítés, ha nem változik a mobil helyzete, vagyis a mobil egy időzítő vezérlésével periodikusan értesíti a hálózatot a helyzetéről. A megfelelő cím frissítési eljárás kiválasztása úgy történik, hogy a mobil egység összehasonlítja a régi és az új cellák rendszerinformációit. Ha a cellák ugyanabban a routing tartományban (Routing Area – RA) vannak, akkor esetlegesen csak cellafrissítésre (Cell Update-re) van szükség. Ha a cellák más routing tartományban vannak, akkor routing tartomány frissítésre (Routing Area Update-re) van szükség. Viszont ha más lokális tartományban (Location Area – LA) vannak – tehát az RA is változott, mivel 1 cella * RA * LA – , RA update hajtódik végre, valamint LA update is, ha a mobil a hagyományos GSM szolgáltatásokat is használja. Cellafrissítésnek használható a Cell Update üzenet, illetve bármelyik érvényes jelzésüzenet (MM, SM /Session Management/ jelzések, vagy LLC – Logical Link Control jelzések, vagy akár egy szelektív nyugta is felhasználható ilyen célra). Cellafrissítésre alkalmazható bármely uplink-en küldött adatcsomag, de itt felléphetnek gondok az adatcsomagok késleltetése miatt, mivel a felhasználói adatok alacsonyabb prioritásúak lehetnek, így nagyobb késleltetéseket szenvedhetnek, mint a jelzéscsomagok. Így ezek a helymeghatározások már nem aktuálisak a kézbesítés pillanatában.

A Routing Area update, amit RA váltásnál alkalmaznak, informálja a hálózatot, hogy melyik régi RA-ból érkezett a mobil felhasználó. De ilyen RA váltásnál a mobil átkerülhet egy másik SGSN-be, amiről ő nem értesülhet. Ilyenkor le kell kérdezni az aktív információkat a régi SGSN-ből, míg az új SGSN-nek pedig a HLR-ből kell letöltenie a mobil előfizetői adatait és az összes SGSN-t frissíteni kell, sőt a MSC/VLR-t is, ha igénybe veszi a konvencionális GSM szolgáltatásokat. Amikor LA-t vált a mobil egység, a kombinált RA és LA frissítést használják.

Áttérés UMTS rendszerre

Fontos kérdés még a GPRS/UMTS hálózatok közötti váltás, vagyis amikor egy GPRS/UMTS kettős módú mobil eszköz egy GSM/GPRS rádiós rendszerből átlép egy WCDMA (szélessávú kódosztásos többszörös hozzáférésű) rádiós rendszerbe. Ennek a váltásnak a támogatására olyan mechanizmusokat kell kidolgozni, hogy a te-

rület-azonosítókat (LA, RA és cella) illetve routing információkat egyik rendszerből le lehessen képezni a másik rendszerbe. A mobilitás kezelési funkciók jelentős részét, amelyeket GPRS-ben a maghálózat kezel, UMTS-ben az UTRAN-ba (UMTS Radio Access Network) kerültek át. Így ezeket a GPRS mobilitás menedzsment funkciókat jelentősen módosították, hogy minél jobban illeszkedjenek az UMTS-hez.

A mobilitás kezelés alap feladata, hogy az összes hálózati elem naprakész legyen a mobil készülék helyét illetően, úgy, hogy csak az éppen szükséges elemeket frissítse. A mobilitás menedzsment eljárásai alatt nem kell adatot küldeni, mivel az egyes adatcsomagok a régi hálózati elemekhez lesznek továbbítva (régi BSS, SGSN). Az elévült SGSN-hez küldött adatok továbbítódnak az újhoz, de a régi BSS-hez küldöttek viszont eldobásra kerülnek. Ez azért van, mert az SGSN addig tárolja a csomagokat, amíg nem kap nyugtát a mobil felhasználótól.

	Protokoll		
Szolgáltatás	GSM	GPRS	UMTS
Hang	•		•
SMS	•	•	
Pont – pont	•	•	•
Pont – multipont		•	•
Aszinkron forgalom	•	•	•
Szinkron forgalom	•	•	•
Hitelesítés	•	•	•
Titkosítás	•	•	•
Virtuális honos környezet			•
Személyi mobilitás	•	•	•
Globális mobilitás			•
Helyfüggő			•
Multimédia			•
QoS		•	•

1. táblázat GSM/GPRS/UMTS rendszerek szolgáltatásainak összehasonlítása

Mobilitás kezelés további 3G rendszerekben

A CDMA (Code Division Multiple Access) alapú rendszerben a mobilitás kezelés az adat kapcsolati réteg (link layer) és az IP réteg módszerek kombinációjával történik. Ebben a rendszerben is a rádiós intefész (air interface) azonos funkciókat lát el, mint a GPRS rendszernél. Ezek a funkciók a regisztráció, azonosítás, handoff, paging és csatorna hozzáférés kezelés. A CDMA elven működő adathálózat összes protokollja IP alapú.

A mobil terminál mozgása során a cellaváltásnál, soft handoff alatt akár több bázisállomással is kommunikálhat. Ennek következtében többszörösen is megérkezhetnek az adatkeretek a mobilhoz, így nő a valószínűsége a pontos vételnek. A Keret Választó Egység (FS – Frame Selector) veszi a duplázott adatkereteket, és azokat továbbítja, amelyeknek a legnagyobb a valószínűsége, hogy nem sérültek, és a többit eldobja. Az Együttműködő Egység (IWF – Interworking Function) fogadja az FS által továbbított kereteket, újra összerakja azokat IP adatcsomagokká, majd elküldi az Internet felé az IP gerinchálózaton keresztül.

Roaming esetén az IWF mint idegen ügynök (FA – Foreign Agent) is működhet. A mobilitás kezelés a bázis állomások között egy Keret Válaszó (FS) területén belül link layer technikával, az egyes FS területek között pedig Mobil IP-vel történik.

Az egyes adatcsomagok az otthoni ügynök (HA – Home Agent) és FA között az IP-in-IP csatornán keresztül áramlanak, csomagonként 20 byte-os fejléccel. A felhasználók azonosítása, regisztrációja és roaming kezelése a GPRS rendszerhez hasonlóan a HLR/VLR eljárással történik [2].

Az IP protokoll mobilitás kezelése

Ezekben a rendszerekben az IP mobilitási protokollok domain (tartomány) alapú osztályát alkalmazzák. A domain alapú megközelítés esetén feltételezik, hogy a legtöbb mozgás a domain szempontjából (adminisztratív szempontból) helyi mobilitásként kezelhető, azaz a tartományon belüli (Pl: pályaudvaron, épületen, stb. belüli) mozgások során nem szükséges felesleges jelzésekkel terhelni a rendszert és a hierarchia felsőbb szintjein lévő egységeket. Ezáltal a mobilitás kezelés két szintre tagozódik: mikro- és makromobilitásra. Ezzel az elvvel az adminisztratív domain speciális támogatást biztosít a mobilitás kezelésére.

A teljesen IP alapú hozzáférési hálózat internetes szabványokat használna, Mobil IP-t a mobil egységek makromobilitásának biztosítására, és például HAWAII-t (Handoff Aware Wireless Access Internet Infrastructure) vagy CIP-t (Cellular IP) a mikromobilitási funkciók biztosítására az aktuális vezeték nélküli hálózatok között.

A Mobil IP jól skálázható, globális hordozhatóságot biztosító megoldás. A mobil multimédiás alkalmazások fejlődése következtében megnőtt a felhasználók által igényelt sávszélesség, ami cellás rendszerek esetében a rádiós cellaátmérő csökkentésével, a rádiócsatornák nagyobb mértékű újrafelhasználásával valósítható meg. A cellaméret csökkenése azonban növeli a cellaváltások számát, amit a mobil IP csak jelentős késleltetéssel képes kezelni. A megoldást a fent említett mobilitás kezelés hierarchikus felosztása (makro- és mikromobilitás), valamint további szintek bevezetése (pl.: Hierarchikus Mobil IP, Regionális Regisztráció) jelenti.

A HAWAII protokoll a Mobil IP kiterjesztése. A Mobil IP egy létező szabvány a makromobilitás biztosítására az IP hálózatokban.

A HAWAII cellaváltás közben, a kapcsolat a mobil eszközzel ritkábban szakad meg, mint a Mobil IP esetén. Kevesebb frissítési üzenetet küld a mobil terminál otthoni ügynöke felé, így kevesebb jelzési üzenet terheli a rendszert. Továbbá tartalmaz paging támogatást, amivel haté-

konyabbá válik a mobil egység telepkihasználása, mert ekkor lehetőség van aktív, illetve készenléti üzemmódokra. A mobil megőrizheti a hálózati címét, amíg egy domainen belül mozog, ezzel a QoS támogatás leegyszerűsödik, különböző szolgáltatási profilokat definiálhatunk egyes felhasználókhoz.

Egy másik gyakori mobilitás kezelő protokoll a CIP (Cellural IP). Ez is domain alapú megközelítést használ, a hálózati elemek a CIP tartományban mobilitás kezelésre lettek fejlesztve. Egyes megvalósításokban általános IP routereket alkalmaznak mobilitás kezeléssel bővítve, továbbá ezek feladata a vezetékes IP forgalom lebonyolítása is.

A közeljövő Internet protokollja a 6-os verziójú IP (IPv6). Az új protokollt az IPv4 (HAWAII, CIP) hiányosságainak kiküszöbölésére tervezték, hiszen az IPv4 egyik fő problémája a címterület szűkössége. A mobil Internet fejlődésével több millió vezeték nélküli mindig bekapcsolt (always on) mobil terminál jelenik meg a rendszerben, és ezt az IPv4 nem képes rugalmasan lekezelni, így az IPv6 hivatott biztosítani a szükséges cím területet. További technikai előnyök IPv4-el szemben az új protokoll jobb csomag feldolgozó támogatása, a mobilitás és az autokonfiguráció.

MIPv6 előnyei

• Az autokonfiguráció lehetővé teszi, hogy sokkal kisebb energia-befektetésessel adjanak a hálózathoz új eszközöket, módosítsák beállításaikat, vagy megváltoztassák a hálózat topológiáját.

• Ebből a változásból a felhasználók szinte semmit sem érzékelnek, még akkor sem, ha éppen adatforgalmat bonyolítanak.

• Az Anycast címzési mód hatékonyabbá teheti hálózat kihasználását.

• Az egyszerűsített IPv6 csomaglánc struktúra hatékonyabbá teheti az útvonal választó szoftvereket.

• Hatékonyabb, és jobban menedzselhető Internet használatot tesz lehetővé a biztonság és a minőségi paraméterek kezelése. A biztonsági kiterjesztések (IPSec) megteremtik a védelem lehetőségét, a szolgáltatások erőforrásainak védelmét.

A következőkben a Mobil IPv4 és a Mobil IPv6 mobilitás kezelését hasonlítjuk össze, majd ismertetjük a makro-, mikro- illetve a többszintű mobilitás kezelési megoldásokat.

Mobil IPv4

Ennél az elképzelésnél a mobil állomásoknak létezik egy otthoni hálózata. Ezen a link-en az egyik router tölti be a mobil állomás otthoni ügynökének szerepét. Ha a mobil eltávozik otthoni link-jéről és egy másik link-re csatlakozik, akkor ott keres magának egy idegen ügynököt. Ennél bejelentkezik, közölve vele, hogy mi az ő IP címe és ki az ő otthoni ügynöke. Bejelentkezését az idegen ügynök továbbítja az otthoni ügynök felé, aki eldönti, hogy jogosult-e a hálózat használatára A fenti folyamatot regisztrációnak hívjuk. A regisztráció során tehát a mobil állomás közli új tartózkodási helyét az otthoni ügynökkel. Az otthoni ügynök ezután minden a mobil állomásnak küldött csomagot elkap, becsomagolja egy másik IP csomagba, elküldi az idegen ügynöknek, aki kicsomagolja és átadja azt a mobil állomásnak.

Az mobil állomás tartózkodási helyét egy (pillanatnyi) IP cím (Care-of Address – CoA) jelzi, mely jelen esetben a távoli ügynök IP címe.

Mobil IPv6

Az IPv6-nak már integrált része a mobilitás kezelés. Minden mobil egységet az otthoni címe (Home Address) azonosítja. Ez alapján minden egységet el lehet érni, ugyanis az ezen a címen elérhető otthoni ügynök ismeri a mobil aktuális elérhetőségét, és továbbítja a csomagokat a pillanatnyi címére.

Amint a mobil eszköz érzékeli, hogy egy új linkre csatlakozott, új címet kell kapnia. Ez lesz az új Care-of-Address. A mobil küld egy Binding Update üzenetet az otthoni ügynöknek, tudatva az új címét. Válaszként egy Binding Acknowledgement-t kell kapnia az ügynöktől. Bár a mobil egységet az otthoni címén keresztül bármikor el lehet érni, ez a megoldás túl nagy késleltetéshez vezet, hiszen ahelyett, hogy közvetlenül kommunikálna a két fél, az otthoni címen elérhető otthoni ügynökön is keresztül kell haladnia a csomagoknak (Háromszög routing – Triangle routing). Ennek kiküszöbölésére további egy-

	MIPv4	MIPv6
Címtartomány	32 bites	128 bites
Fejlécméret	20 byte	40 byte
Fejlécfeldolgozás	gyorsabb	lassabb
Routing - háromszög probléma	van	Binding miatt
Idegen ügynök	van	nincs
Szomszéd felderítés	nincs	van
Cím autokonfiguráció	nincs	van
Biztonsági funkciók	saját biztonsági mechanizmus	Ipsec
Csomagtovábbítás (MS nincs otthon)	becsomagolás	tunneling
HA felderítés	irányított broadcast üzenet	IPv6 anycast üzenettel
HA felderítés – üzenetszám	sok	Egy

2. táblázat Mobil IPv4 és Mobil IPv6 összehasonlítása

ségekkel is ismertetjük a mobil egység pillanatnyi címét (CoA-t). Ebben az esetben azonban valahányszor a mobil megváltoztatja a Care-of Address-ét, tudatni kell azokkal, akik esetleg a régi címen keresnék. Tehát a mobil egységnek egy Binding Update List-ben kell tárolnia, hogy mely egységeknek küldött Biding Update üzenetet.

Valós idejű alkalmazások esetén ez a rendszer nem működik megfelelően. A gondot az okozza, hogy túl sok üzenetváltásra van szükség a mobil eszköz, az otthoni ügynök és a közreműködő további egységek (Correspondent Node) között. Ez pedig komoly késleltetésekhez vezet, amely valósidejű hang és videó alkalmazásokban érthetetlenné, élvezhetetlenné teheti az adást.

A cél tehát ezen üzenetek számának csökkentése. Erre ad megoldást a Regionális Regisztráció (RegReg), valamint a hierarchikus Mobil IPv6 (HMIPv6).

Az alapötlet mindkettőnél ugyanaz: el kell rejteni a mobil egység mozgását. Olyan területeket kell létrehozni, amelyen kívül a mozgás nem látszik, így azon kívül nem kell az új címet terjeszteni [7].

Ez esetben az otthoni ügynök által ismert Internet cím nem tartalmazza a mobil pontos csatlakozási helyét, viszont információt ad az átjáró (gateway) céméről, amelyhez több hálózati csatlakozási pont is tartozik. Amikor a mobil eszköz megváltoztatja helyét (kapcsolódási pontot vált), és az új lokális címe ugyanahhoz az átjáróhoz tartozik, nem szükséges az otthoni ügynököt értesíteni.

A hierarchikus megközelítésnek a jelzések számának minimalizálásán kívül másik előnye, hogy a cellaváltások lokális kezelése miatt felgyorsul a cellaváltás valamint csökken a csomagveszteség. A hierarchikus architektúra topológiáját nagyban befolyásolja a mobil felhasználók földrajzi elhelyezkedése, mozgása. Egy felmérés szerint a felhasználók mozgásának 69%-a saját lokális területén belül zajlik le. Ezért is fontos olyan mobilitás menedzsment architektúra tervezése, amely a lokális mobilitást optimalizálja.

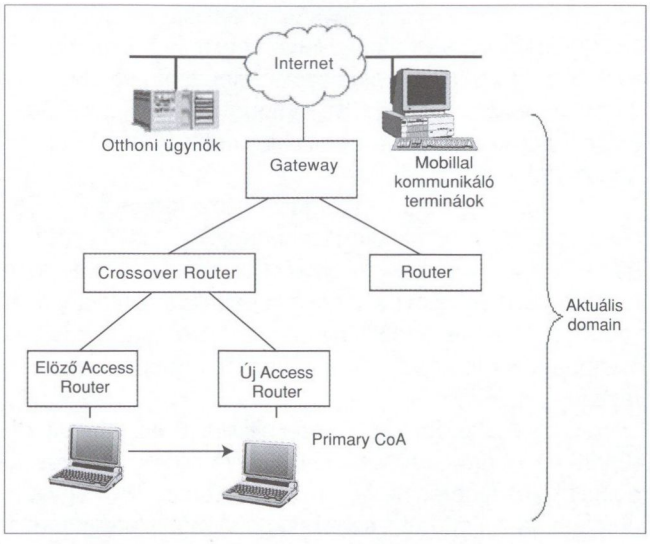
Több szempontot is figyelembe kell venni a mobilitás menedzsment tervezésénél, ezek a következők:

- a cellaváltás alatt a kommunikációban fellépő törés minél rövidebb legyen
- csomagvesztés minimális legyen
- a jelzéstöltés késleltetés idejének csökkentése
- skálázhatóság (használható legyen, ha csupán egy illetve ha sok mobil van jelen)
- kompatibilitás más Internet protokollokkal

A Regionális Regisztráció

Ez a megoldás a Mobil IPv6 szabványban szereplő lehetséges kiegészítés. A mobil eszköz és az otthoni ügynök távolsága sokszor túlságosan nagy, ezért ilyenkor az üzenetváltás sok időt vesz igénybe. A regionális regisztráció egy lehetséges megoldást kínál erre a problémára.

Ez a módszer arra az elképzelésre épít, hogy amíg a mobil eszköz egy területen belül mozog, a domain-en kívül semmiféle változtatásra ne legyen szükség. Így elérhető, hogy a Regional CoA ritkán változzon meg. Domain-en



3. ábra Regional-aware Router-ek hierarchiája

belül azonban a routereket fel kell készíteni a regionális regisztráció kezelésére. A mobilnak természetesen ismernie kell a Mobil IPv6 ezen kiterjesztését.

Minden domain-ben, amelyben lehetőség van regionális regisztrációra, a Router Advertisement üzeneteiben ezt egy flag-ben jelzi. Mikor a mobil eszköz belép egy ilyen tartományba, első feladata, hogy regisztrálja magát. Ezután kérheti a regionális regisztráció alkalmazását. A következő lépésben kér egy regionális címet (Regional Care-of-Address-t), amelyet egy listából választ ki, amely a Router Advertisement-hez van csatolva. Az így megszerzett címe a domain-en kívüli pillanatnyi címe lesz, vagyis a meglátogatott domain-en kívül ezzel lehet őt közvetlenül, az otthoni ügynököt megkerülve elérni. Ezért, ha a domain-en kívülre küld üzenetet, ezt a címet fogja megjelölni Care-of-Address-ként.

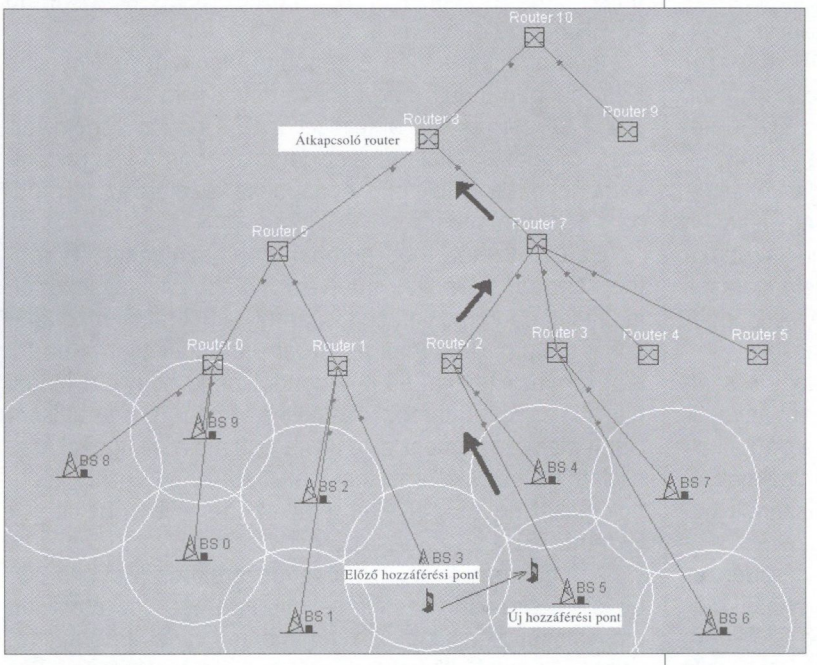
A mobil eszköznek Binding Update üzeneteket kell küldenie, mert az új címet ismertetnie kell az otthoni ügynökkel és azokkal, akik a korábbi címért ismerték (Correspondent Nodes). A mobilnak van egy elsődleges pillanatnyi címe (Primary Care-of-Address), amely a domain-en belüli kommunikáció esetén használatos. Ez a cím gyakran változik, de erről az otthoni ügynököt nem kell értesíteni.

Egy új domain-területre lépéskor a mobil eszköznek Binding Update üzenet kell küldenie az otthoni ügynökének. A Binding Update-tel együtt egy Regional Binding Update-t is küld. Így lépésről-lépésre halad felfelé a regionális regisztrációra képes routerek hierarchiájában addig a routerig, amelyik a regionális címeket kezeli. A csomagok esetleg a regionális regisztrációt nem támogató routeken is keresztülhaladhat.

A Regional Binding Update-t fogadó router feladata, hogy a saját Regional Binding Cache bejegyzését módosítsa, majd az Update-t továbbküldje a hierarchiában felette lévő routernek. A bejegyzésben tárolják a otthoni címet és egy pillanatnyi címet, ami nem más, mint annak a routernek a címe, amelytől a Regional Binding Update-t megkapta. A Regional Binding Update az úgynevezett átkapcsoló routerig (Crossover Router) halad. A Regional Binding Update eljáráshoz tartozhat még egy alopció

(Previous Access Router Sub-option), amely azonosítja a mobil eszköz korábbi routerét (Previous Access Router-t). Ennek segítségével minden router eldöntheti, hogy ő Crossover Router-e. Mégpedig úgy, hogy a mobil az új Access Router-en keresztül elküld egy Regional Binding Update üzenetet Previous Access Router segéd opcióval kiegészítve, ami routerről-routerre halad felfelé. Az első olyan router, amely felismeri, hogy a Previous Access Router az ő leszármazottja, a hálózatban bejegyeztetheti magát Crossover Routerként.

A regionális regisztráció használatához, a mobil egységnek és a tartomány routereinek ismerniük kell azokat a módosításokat, ami megkülönbözteti a protokollt a Mobil IPv6-tól. A területen kívül semmiféle módosításra nincs szükség. Az a tartomány, ahol a regionális regisztráció lehetőségét megvalósították természetesen ugyanúgy kezelni tudja a hagyományos Mobil IPv6 működést [6].



4. ábra Regional Binding Update üzenet útja a Crossover (Átkapcsoló) Routerig

HMIPv6

A hierarchikus Mobil IPv6 protokoll (HMIPv6) mobilitás kezelési feladatokat ellátó szervereket használ a két vagy több szintes hierarchia támogatására. Ezen kiszolgálók a különböző címek tárolására valamint csomagok fogadására illetve továbbítására szolgálnak. A legegyszerűbb megvalósítás kétszintű hierarchia támogatására szolgál (pl. egy mikromobilitási protokoll és a Mobil IP).

Amikor egy mobil egy új tartományba érkezik, egy globális (Virtual Care-of-Address – VCoA) és egy lokális (Physical Care-of-Address – PCoA) címet kap. Abban az esetben, ha a mobil a tartományon belül változtatja meg a helyét, csak a lokális címe változik meg, a globális állandó marad. A mobil globális címének küldött csomagok eljutnak a tartományba, ahol a mobilokat kiszolgáló egység (Mobile Server – MS) befogja, majd továbbítja azokat a lokális címe által definiált mobil eszköz aktuális helyéhez. Ez a művelet lehetőséget ad a mobil szerverek cseréjére a globális cím megváltoztatása nélkül.

A mobil szervert az adott domain-ben található mobilitás hálózat (Mobility Network – MN) alá telepítik, amely hálózat egy helyi hálózat (LAN), ami helyet biztosít a tartományon belül barangoló mobil egységek címeinek. Egy MN több MS-ből is állhat. Az MN-t célszerű a tartomány átjárójához (gateway router) csatlakoztatni, mivel így a csomagok rövid időn belül a mobilitás hálózathoz kerülnek. Az MS az átjáró helyett az MN-ben történő telepítésének fő előnyei, hogy egyszerű a telepítése, és jobban skálázható, ezáltal nem terheli további feldolgozási feladatokkal az átjárót. Ugyanakkor az MS az átjárón belül is implementálható, amennyiben ez szükséges.

A hierarchia két szintje további szintekre tagolható al-tartományok (Sub-domain-ek) alkalmazásával. A fa-szerűen elrendezhető mobil szerverekre és mobilitás hálózatokra minden szinten szükség van. Ilyen esetben a tartományon belüli (intra-domain), azaz al-tartományok közötti mozgások esetén a regisztrációs fázisban a mobil terminálnak meg kell keresnie a hierarchia szintben a legalsó, megváltozott MN-t az aktuális helyétől a legfelső MN-ig. Ez az eljárás a minden faágon megtalálható, és a legfelső MN előző csatlakozási pontjához kapcsolódó MN és a mobil szerver információs opciója által közzétett MN-ek összehasonlításán alapul.

Regisztrációnál a mobil eszköz bizonyos esetekben megkerülhet néhány MN-t (például ha a mobil nem túl gyakran változtatja a helyét, a lokális címét közvetlenül a legfelső MN-nél regisztrálhatja anélkül, hogy a közbülső MN-eknél is regisztrálódna, így a mobilnak küldött csomag a legfelső MN-től egyenesen a mobil eszközhöz jut el.)

Jelen és a jövő

A közelmúltban regionálisan megtörtént a leendő 3. generációs mobil rendszerek frekvenciáinak kiosztása, hatalmas összegeket mozgattak meg az egyes mobil társaságok a nagy üzlet reményében. Ám napjaink globális gazdasági recessziója csökkentette a fejlődés ütemét. A kezdeti lelkesedés alábbhagyott, és a fejlesztések is lelassultak, de a szolgáltatóknak be kell tartani a szerződésekben vállaltakat, így például Németország és Észak-Amerika egyes területein, ha kis régióban ugyan, de kiépült és működik 3G mobil rendszer. Japánban már hosszabb ideje működnek hasonló 3G-s rendszerek. 2004-2005 körül várható, hogy Európában nagyobb területeken is beindulnak a következő generációs mobil rendszerek. Ám a szolgáltatókat mostanában még nagy óvatosság jellemzi, hiszen nagyon meg kell fontolniuk beruházásaikat, hogy a kiépített rendszer elemei a 3G utáni hálózatokba is bevonhatók legyenek.

Egy teljesen új 3G rendszer kiépítése jóval többe kerülne, mint egy előző generációs hálózat felszerelése. A fejlesztések tehát abba az irányba haladnak, hogy minél több eszközt tudjanak üzemben hagyni az új rendszerek kiépítésekor. Sok szolgáltató úgy látja, hogy az EDGE (Enhanced Data Rates for GSM/Global Evolution) az első kulcsfontosságú lépés a 3. generációs rendszerek kiépítése során, és napjainkban már több mint 50 millió előfizető vehet igénybe GSM/EDGE alapú szolgáltatásokat [12].

A közeljövőben a GSM/EDGE rendszer lehetővé teszi a szolgáltatóknak 3G szolgáltatások biztosítását a nagyon drága 3G licencek megvásárlása nélkül. Hiszen a GSM/EDGE megfelelő kapacitást és minőséget biztosít, valamint a legmegfelelőbb technika keskeny frekvenciasávok esetén (mivel ez tűnik a legjobb rádiós technikának a jelenlegi frekvencia tartományban). Többen elképzelhetőnek tartják a GSM/EDGE és a WCDMA technikák együttes alkalmazását.

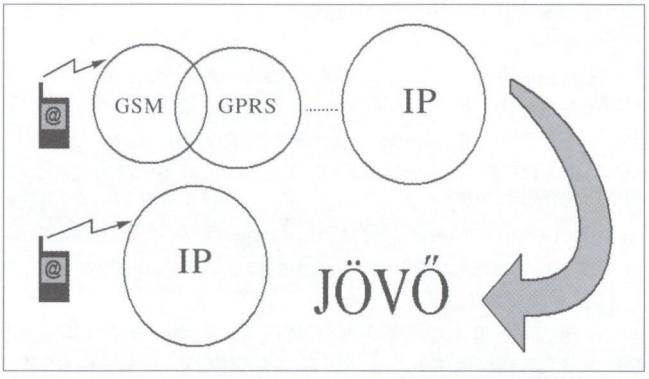
A WCDMA-t választó szolgáltatatók frekvencia spektrumbeli kihívások elé néznek, míg az EDGE rendszer megvalósítható új frekvencia sávok igénybevétele nélkül. Továbbá a GSM hálózatok kiterjesztéseként az EDGE képes kiszolgálni a hálózat összes mobil állomását, amelynek megvalósítása nem igényel nagyobb járulékos költségeket. Az EDGE egy új GSM kiterjesztés és nem egy teljesen új hálózat. Hang és adatátviteli sebessége 3-4-szer nagyobb a GSM rendszerénél, amivel már 3G szolgáltatások is biztosíthatóak, úgymint video-telefonálás, web böngészés, valamint további audió és videó alkalmazások.

Ám a fogyasztókat legjobban az érdekli, hogy e szolgáltatások mind mobilok és nagymértékben szabványosíthatóak legyenek. A személyre szabott („on-the-go") alkalmazások megjelenésével az EDGE a szolgáltatóknak új és jövedelmező forrásokat biztosít a 3G rendszereik bevételéből.

A szolgáltatóknak nagyon fontos kérdés a rendszer tömeges telepítése. 1999 óta forgalomban vannak már EDGE kompatibilis bázis állomások (de a létező GSM egységek továbbra is alkalmazhatóak, ám a későbbiekben új hardver telepítésekor csak a 3G képes GSM/EDGE eszközöket érdemes rendszerbe állítani).

Az EDGE rendszerek kereskedelmi szintű szállítást az egyik legnagyobb rendszerszállító 2001 végén kezdte meg 800 és 1900 MHz-es egységekkel, míg 2002 elejétől 900 és 1900 MHz-es egységekkel jelent meg a piacon. Ezeket az egységeket napjainkban a GSM/GPRS forgalom bonyolításában alkalmazzák, amíg az EDGE kiterjesztést egy szoftverfrissítéssel kívánják megoldani 2003 második felétől. A következő mérföldkő az EDGE képes GSM/GPRS terminálok megjelenése lesz 2003 elején.

Ezek alapján láthatjuk, hogy az európai mobil távközlés fejlődése a GSM – GPRS – „All IP" irányba halad, hiszen az IP alapú (hálózati rétegben történő) mobilitás kezelés jóval kifinomultabb mobilitás kezelési megoldásokat és szabványos, egységesebb rendszer kialakítást tesz lehetővé. Ugyanakkor a 3G rendszerek óriási költségei miatt a hálózatok megvalósítását a költségkímélőbb GSM (GPRS)/EDGE technológiák segítségével fogják a közeljövőben kiépíteni.



5. ábra A mobil Internet kialakulása

A tervek szerint ez év második negyedévétől Európában kaphatóak lesznek olyan 3G-s mobil készülékek, amelyek mind a harmadik generációs UMTS hálózatokban, mind a jelenleg nagy népszerűségnek örvendő GPRS hálózatokban is használhatóak lesznek.

Idén március elején Európában elsőként az Egyesült Királyságban indult meg kereskedelmi célú 3G rendszer. Bár a 3G terminálok érkezése csak a hónap végén várható, mindezek ellenére a szigetországban óriási reklámkampányba kezdtek már hónapokkal ezelőtt az új rendszer népszerűsítésére.

Ez év őszétől, több európai mobil szolgáltató (Vodafone Group, T-Mobile) is tervezi 3G szolgáltatásainak elindítását, de van olyan cég is, amely a 3G mobil megoldásokat túlontúl drágának és ezzel párhuzamosan nem túl hatékonynak találja, és úgy gondolkodik, hogy azt ki kell hagyni, és mihamarabb 4G-re kell váltani. E cég (Visant Strategies) egyébként olyannyira optimista az üggyel kapcsolatban, hogy elképzelhetőnek tartja, hogy a 4G technológiákat egyes helyeken már az idei évben be fogják vezetni [13].

A 3. generáción túli mobil rendszerekben (Beyond 3G) túl az egyszerű vezeték nélküli Internet hozzáférésen megvalósul a teljesen zökkenőmentes mobil Internet (4. Ábra), kibővített IP hálózati technológiákkal, integrálva a jelenlegi és jövőbeli rádiós rendszereket [3].

A három alapelv, amit a következő generációs vezeték nélküli rendszereknek teljesíteni kell:

– Integrált hálózat kezelés révén, az IP technológiával rugalmasabb hálózati konstrukció hozható létre, amellyel heterogén vezetékes és vezeték nélküli technológiáknál innovatívabb alkalmazásokat tesz lehetővé, olcsóbb a rendszertelepítés és gyorsabb a technológiai befogadóképesség.
– Integrált rádiós erőforrás/spektrum menedzsment.
– Kibővített szolgáltatások, tartózkodási helyfüggő és QoS szolgáltatások.

További követelmény, hogy a rendszernek Plug-and-play hálózat kezeléssel kell működnie. Az IPv6, új verziós Internet protokollnak a Beyond-3G hálózatkezelésnél kulcsszerepe lesz, és a régebbi IPv4 és az újabb fejlesztésű IPv6-os alkalmazásoknak együtt kell tudni működniük.

A Beyond-3G hálózatokban a RAN (Radio Access Network) és a BS (Base Station) egyből csatolhatóak lesznek

az IPv6-os infrastruktúrához, amihez nem szükséges szokványos mobil-távközlési gerinchálózat.

Végezetül, megemlítenénk még egy jövőbe mutató elképzelést, nevezetesen az ITU nemzetközi Internet telefonszám összerendelési protokollját, az ENUM-ot, amely a közeljövő hálózataiban alkalmazott címzési eljárás egy alternatívája lehet az IPv6 mellett.

Az ENUM lehetőséget nyújt a közcélú vezetékes telefon-hálózatokban (PSTN) és az Internet világában alkalmazott különböző címzési rendszerek integrálására. Az elképzelés szerint egy számsorozat segítségével többféle terminál és szolgáltatás – telefon, fax, email, személyhívó, mobil telefon, SIP (VoIP) telefonszám, egy weblap, stb. – lenne hozzáférhető a felhasználók számára. Az IETF-el együttműködve fejlesztett ENUM a tervek szerint zökkenőmentes együttműködést tenne lehetővé a különböző hálózatokat, különböző címzéseket alkalmazó kommunikációs eszköz között. A kommunikációs berendezések hálózati címeihez egy számsorozat hozzárendelésével az Internetes név kiszolgálókon (DNS) keresztül történik a cím hozzárendelés [14].

	GPRS(GSM)	IP
Címzés	fix címmel	dinamikus címmel
adminisztráció	HLR-VLR	HA-FA
mobilitást kezelő réteg	L2 (adatkapcsolati)	L3 (hálózati)
mobilitás kezelés	additív	integrált

3. táblázat Mobilitás kezelés GPRS és IP alapú rendszerekben

Konklúzió

Az előzőek alapján megállapítható, hogy a következő generációs mobil hálózatokban az IP alapú mobilitás kezelés a GSM/GPRS rendszerekéhez képest jóval kiforrottabb és egységesebb megoldást jelent (3. táblázat), és a közeljövő mobil hálózataiban az „All IP" elv egyre erőteljesebben és sikeresebben fog érvényesülni.

Irodalom:

[1] Girish Patel (Nortel Networks), Sven Denneth (Motorola): The 3GPP and 3GPP2 Movements Toward All-IP Mobile Network (IEEE Personal Communications, 2000/8)

[2] Ramachandran Ramjee, Thomas F. La Porta, Luca Salgarelli, Sandra Thuel and Kannan Varadhan, Bell Labs, Lucent Technologies, Li Li, Cornell University: IP-Based access network Infrastructure for Next- Generation Wireless Data Network (IEEE Personal Communications, 2000/8)

[3] Motorola Labs: IPv6-based Beyond-3G Networking

[4] Kolin Péter: WAP – a mobil internet trendjei (Magyar Távközlés 2000/6)

[5] Yi-Bing Lin: Mobility Management: From GPRS to UMTS

[6] Jari T. Malinen, Charles E. Perkins: Mobile IPv6 Regional Registrations (draft-malinen-mobileip-regreg6-00.txt)

[7] W. Fritsche, F. Heissenhuber: Mobility Support for the Next Generation Internet (White Paper)

[8] Claude Castelluccia: HMIPv6: A Hierarchical Mobile Ipv6 Proposal

[9] Anrew T. Campbell, Javier Gomez-Castellanos: IP Micro-Mobility Protocols

[10] Stephen Hayes – IPv6 in the 3GPP Core Network

[11] http://www.ericsson.hu/operators/3g.shtml

[12] http://www.nokia.com/

[13] http://terminal.hu

[14] http://www.itu.int/newsarchive/press_releases/2001/18.html

Hírek

Technológiai újdonságokkal ünnepelte fennállásának 75. és az első kereskedelmi forgalomba kerülő mobiltelefonjának 20. évfordulóját a **Motorola**. Az idei év mobiltelefon-újdonságai között megtalálhatjuk az első 3G telefont, az A830-at. A CeBIT-en mutatkozott be a Motorola A760, amely a világ legelső Java és Linux kompatibilis mobiltelefonja. Ez a készülék egy PDA szolgáltatásait nyújtja, továbbá digitális kamerával, videólejátszóval, MP3 lejátszóval, kihangosítóval, üzenetkezelési funkciókkal és internet eléréssel rendelkezik.

A Motorola számos új Tetra-alkalmazást is bemutatott: Bluetooth alkalmazások és automatikus gépjármű-lokalizáló szoftverek integrációját Tetra-hálózatokba, analóg és digitális rendszerek összehangolását ismerhették meg az érdeklődők.

A Motorola Automotive, a cég autós elektronikai részlege bemutatta az első, kereskedelmi forgalomba került integrált Bluetooth autós kommunikációs rendszert, amelyet egy Audi A8 személyautóban próbáltak ki a hannoveri vásáron.

IP mikromobilitási protokollok ad hoc kiterjesztése*

KERSCH PÉTER – VAJDA LÓRÁNT – TÖRÖK ATTILA

kpeti@sch.bme.hu – vajda@ttt-atm.ttt.bme.hu – torok@ttt-atm.ttt.bme.hu

A cellás rádiós hálózatok ma már napjaink szerves részét képezik, és speciális alkalmazási területeken kezdenek megjelenni az ad hoc hálózatok [6] is. Számos előnyös tulajdonsággal jár a két architektúra ötvözése, amikor egy cellás hálózathoz, több ugrás távolságról is csatlakozhatunk. Ez a cikk egy ilyen megoldás elméleti hátterét mutatja be. A cikkben elemzett architektúra konkrét megvalósítását, valamint a kísérleti alkalmazás vizsgálati eredményeit a [9] tanulmány mutatja be.

1. Bevezető

Katasztrófa sújtotta területeken különösen előnyös lehet a részlegesen megsemmisült távközlési infrastruktúra ideiglenes pótlása gyorsan telepíthető mobil egységekkel. Ugyancsak gazdaságos megoldás jelenthet a rendelkezésre álló fix infrastruktúra hasonló kibővítése rendezvények idejére. Ennek megvalósításához két teljesen különböző hálózati architektúra, az ad hoc valamint a cellás hálózatok együttműködését kell biztosítani.

Egy **ad hoc hálózat** [6] mobil állomások összessége, amelyek egy dinamikusan változó hálózatot alkotnak minden előzetesen kiépített infrastruktúra és központi adminisztráció felhasználása nélkül. Mivel egy ilyen hálózat nagyon gyorsan telepíthető és nem igényel előzetes konfigurációt, az ad hoc hálózatok alkalmazása különösen előnyös katasztrófa sújtotta területeken, ahol a természeti csapások miatt megsemmisült távközlési infrastruktúrát helyettesíthetik a mentési munkálatokhoz. Szintén hasznos lehet időleges távközlési hálózat gyors kiépítésére, pl. konferenciák, vagy egyéb rendezvények céljára. Továbbá, egy gyors és egyszerű bővítési lehetőség valamely adott hozzáférési hálózat lefedettségi területének megnövelésére. Egy ad hoc hálózatban minden mobil állomásnak egyben útvonalválasztó szerepe is van, és egy ad hoc útvonalválasztási protokoll segítségével biztosítja a csomagok célba juttatását több ugráson keresztül.

Egy IP alapú **cellás rádiós hálózat** minden egyes celláján belül a mozgó/mobil állomások kiszolgálását egy bázisállomás látja el. A hozzáférési hálózat mobilitást kezelő protokollja biztosítja, hogy a mobil állomások felé irányuló csomagok eljussanak a mobil egység kijelölt bázisállomásához. Annak érdekében, hogy a mobilitás kezeléshez szükséges jelzésforgalom minimális legyen, és a cellaváltások a lehető legkisebb késleltetést okozzanak, a hozzáférési hálózatot általában nagyobb egységekre (ún. tartományokra) osztják fel, amelyeket több szomszédos cella alkot. Külön protokoll kezeli a tartományon belüli, illetve a tartományok közti cellaváltásokat. Előbbit mikromobilitási, utóbbit pedig makromobilitási protokollnak nevezzük.

A napjainkban elterjedt cellás rádiós hozzáférési hálózatban a mobil állomás mindig egy ugrás távolságra van aktuális bázisállomásától, azaz közvetlen összeköttetés van köztük. Számos olyan alkalmazási terület van, ahol előnyös lenne, ha a mobil állomás más mobil útvonalválasztókon/állomásokon keresztül több ugrás távolságból is kapcsolódni tudna a bázisállomáshoz. Ezáltal ötvözni lehetne az ad hoc hálózat előnyös tulajdonságait a cellás hálózat által nyújtott hozzáférési infrastruktúrával. Ehhez a cellás hálózat architektúrájához egy ad hoc hálózatot kell illesztenünk, és biztosítanunk kell az ad hoc útvonalválasztó protokoll és a hozzáférési hálózat mikromobilitási protokolljának együttműködését. (Mivel egy nagy méretű ad hoc hálózat hatékony megvalósítása számos nehézségbe ütközik, itt most csak tartományon belüli ad hoc kiterjesztésre fókuszálunk, azaz makromobilitással nem foglalkozunk)

Napjainkban a harmadik generációs (3G) mobil hálózatok piaci bevezetés előtt állnak, miközben a kutatók már a harmadik generáción túli rendszerek kidolgozásán dolgoznak. Általánosan elfogadott vélemény, hogy ezek a rendszerek a különböző hálózatotokat IP szinten fogják összekötni. Erre jó példa az, hogy egy adott IP alapú hozzáférési hálózathoz egy rádiós, ad hoc hálózatot kapcsoljunk. Ilyen elgondolással már más kutatók is foglalkoztak.

A japán NTT DoCoMo szolgáltató kutatói elsősorban a 802.11b *hot spotok* [1] kiterjesztéseként építettek egy nem nyilvános teszthálózatot [12]. Európai kezdeményezésre a gyártók létrehozták a Nemzetközi Vezetéknélküli Kutatási Fórumot [10]. Ennek az erőfeszítésnek a része a Nemzetközi Vezetéknélküli Kezdeményezés [11], amelynek célja a jövőbeli 3G utáni hálózati megoldások kidolgozása. Jelenleg a munka még kezdeti fázisában tart.

Az Európai Unió IST (Information Society Technologies) kutatási programjához tartózó MIND [2] projekt a jövő mobil-mozgó felhasználóknak szánt szélessávú multimédiaszolgáltatások, és alkalmazások fejlesztésének elősegítését tűzte ki céljául. A MIND projekt a BRAIN [1] projektre épült, amely kidolgozta a két programban használt

* *Ezt a munkát az IST-2000-28584 számú IST MIND project keretében végeztük, melyet részben a Siemens AG, British Telecommunications PLC, Agora Systems S.A., Ericsson AB, France Telecom S.A., King's College London, Nokia Corporation, NTT DoCoMo Inc, Sony International (Europe) GmbH, T-Systems Nova GmbH, University of Madrid és Infineon Technologies AG cégek munkatársainak tevékenysége támogatott.*

hozzáférési hálózat alapjait. A BRAIN és a MIND hálózati architektúra IP technológián alapszik. A MIND projekt vizsgálta az architektúra elemeinek rádiós interfészét, valamint a hálózat menedzsmenthez, a mobilitás menedzsmenthez, és a szolgáltatásminőséghez (Quality of Service – QoS) kapcsolódó kérdéseket. A projekt keretén belül a szerzők együttműködtek Mozgó Ad Hoc Hálózatok, valamint járművekbe telepített mozgó hálózatok MIND architektúrába való integrálásában. Továbbá, egy vegyes külés beltéri teszthálózat építettek, a Mozgó Ad Hoc Hálózatok megvalósíthatóságának bizonyítására, valamint az architektúra teljesítményének mérésére.

Lényegesnek tartjuk megjegyezni, hogy ezen projektek célja a tulajdonképpeni kutatás mellett a szabványosítási munkában való aktív részvétel. Ennek érdekében külön munkacsoport feladata, hogy az IETF, ITU és a 3GPP szervezeteknél elősegítse ezeknek a megoldásoknak az egységesítését. Fontosnak tartjuk, hogy nem csak architektúrákra teszünk javaslatot, hanem egy prototípus megvalósításon végzett mérésekkel igazoljuk az architektúra életképességét [2] [9].

A cikk következő részében bemutatjuk a MIND projekt által használt hozzáférési hálózatot. A harmadik részben ismertetjük azokat a lehetséges architekturális változatokat, amelyek megoldást kínálnak a problémánkra. A negyedik részben bemutatjuk az ad hoc hálózatban használt útvonalválasztó protokollt. Az ötödik részben ismertetjük az általunk választott megoldás részleteit. Végül a hatodik részben összefoglaljuk a cikk eredményeit.

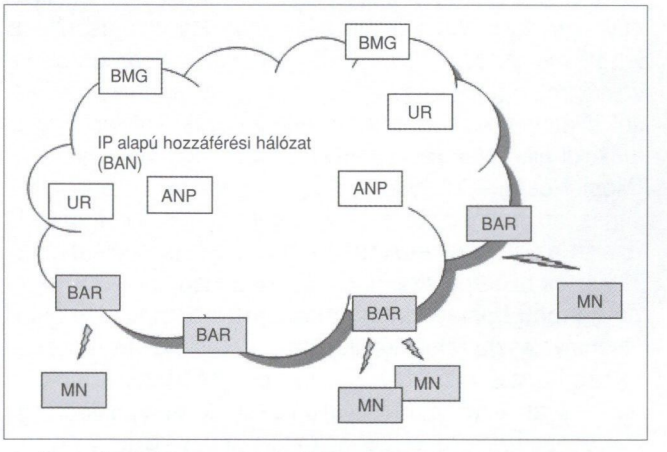
2. A BCMP mikromobilitási protokoll

A BCMP (Brain Candidate Mobility Protocol) egy IP alapú mikromobilitási protokoll, amelyet az IST BRAIN [1] és MIND [2] programjában kidolgozott rádiós hozzáférési hálózathoz fejlesztettek ki. Jelen leírásban csak vázlatosan mutatjuk be a BCMP mikromobilitási protokoll architekturális felépítését, és működését. A BCMP protokoll részletes specifikációját, az üzenetváltások részletes leírását, valamint pontos szekvencia diagrammjait [3] tartalmazza.

A BCMP protokoll hozzáférési hálózata egy közönséges IP alapú hálózatra épül. A BCMP funkciókat ellátó hálózati elemek közt tetszőleges számú IP útvonalválasztó *(router)* helyezkedhet el, és bármilyen útvonalválasztó protokollt használhatnak. A *BRAIN hozzáférési hálózatot* (BRAIN Access Network – BAN) az *1. ábra* szemlélteti. A BAN az IP gerinchálózathoz több *átjárón* (BRAIN Mobility Gateway – BMG vagy GW) keresztül csatlakozik. Egy tartomány szélén elhelyezkedő útvonalválasztókra jellemző feladatokon kívül a BMG feladata a lokális, mobilitással összefüggő jelzések elrejtése. A BAN rádiós interfészeit a mobil állomások felé a BRAIN Hozzáférési Útvonalválasztók (BRAIN Access Router – BAR) tartalmazzák. A BAR-ok kezelik a mobil állomásokkal kapcsolatos jelzéseket, illetve közvetítik a fix és mobil hálózat közti adatforgalmat. Csak az engedélyezett a mobil állomásokhoz tartozó csomagokat engedik át. Ennek érdekében egy ún. *kontextust* tartanak fent minden egyes állomásról, amely mobilitással, azonosítással és biztonsággal kapcsolatos információkat tárol. A BAR feladata ezeknek a kontextus-információknak a frissítése, valamint hívásátadáskor a kontextusok továbbítása. A mozgó állomások azonosítását, a kontextusok létrehozását szolgálja a *Felhasználók Kiszolgálója* (User Registry – UR). Az UR egy jelzési szerver, kezeli a be- és kijelentkezéseket és azonosítja minden csatlakozott mozgó állomás csatlakozási adatait (teljes kontextusát).

Az 1. ábrán látható egy másik szerkezeti egység is, az ANP (Anchor Point). Minden BAN-hoz csatlakozott mobil állomás egy ANP-hoz van rendelve, és az IP címét ennek az ANP-nek a címtartományából kapja. Az ANP pedig minden hozzá tartozó mobil állomáshoz felépít egy IP *alagutat* a mobil egység aktuális *hozzáférési útvonalválasztójával* (BAR). Így az alagút végpontját módosítva egyszerűen megoldható, hogy a mobil állomásnak címzett csomagok mindig ahhoz a BAR-hoz jussanak el, amelyikhez az állomás éppen csatlakozik.

A mobil állomások (*mobil nodes* – MN) olyan mozgó eszközök, amelyek rádiós interfésszel és megfelelő protokoll implementációval rendelkeznek, és a hozzáférési hálózatot felhasználva csatlakoznak a fix IP gerinchálózathoz.



1. ábra A BCMP protokoll hálózati referencia modellje [3]

A BCMP protokoll a hálózatmenedzsment és jelzésüzenetek átvitelére UDP csomagokat használ. A legfontosabb BCMP üzenetváltások a következők:

- Bejelentkezés a hálózatba
- Frissítés
- Kijelentkezés a hálózatból
- Hívásátadás
- ANP váltás (IP címváltás)

Ahhoz, hogy egy mobil állomás csomagokat küldhessen, vagy fogadhasson, be kell jelentkeznie a hozzáférési hálózat egyik hozzáférési útvonalválasztójához (BAR). A mobil állomás a bázisállomások által periodikusan kisugárzott *broadcast beacon* üzenetek alapján szerez tudomást az

[1] *Hot spotnak az olyan területeket nevezzük, ahol sok potenciálisan nagy kommunikációs igénnyel rendelkező ember fordul meg, pl. repülőterek, campusok, konferenciaközpontok. Ezeken a területeken különösen gazdaságos nagy sávszélességű rádiós hozzáférési hálózatok telepítése.*
[2] *Az architektúra-javaslatot ebben a cikkben olvashatjuk, míg a rendszer prototípus-megvalósítása ill. annak tesztelése a [9] cikkben található.*

elérhető hozzáférési útvonalválasztókról. Ezen üzenetek alapján választhatja ki a mobil egység a megfelelő bázisállomást, amelyhez csatlakozni fog (pl. a *beacon* csomag jel/zaj viszonya alapján).

A mobil állomás mozgása során eltávolodhat az aktuális BAR-tól. Adott távolságon túl romlanak a vételi viszonyok. Ezért a MN folyamatosan figyeli az általa észlelhető beacon üzeneteket, és ebben az esetben kiválaszt egy jobb vételi viszonyokkal rendelkező BAR-t. A mobil állomás *hívásátadási üzenetváltással* csatlakozik az új BAR-hoz.

Amint láthattuk, a BCMP protokoll csak arra a problémára ad megoldást, amikor a mobil állomások közvetlenül csatlakoznak a hozzáférési hálózat (BAN) hozzáférési útvonalválasztóihoz (BAR). Ezzel szemben felmerülhet olyan igény is, hogy nem egy mobil állomás, hanem egy ad hoc hálózat csatlakozzon a BAN-hoz. Erre azonban a BCMP protokoll nincs felkészítve. Ezt a kiterjesztést dolgoztuk ki a Budapesti Műszaki Egyetem Távközlési és Telematikai Tanszékén egy Európai Uniós Projekt keretein belül.

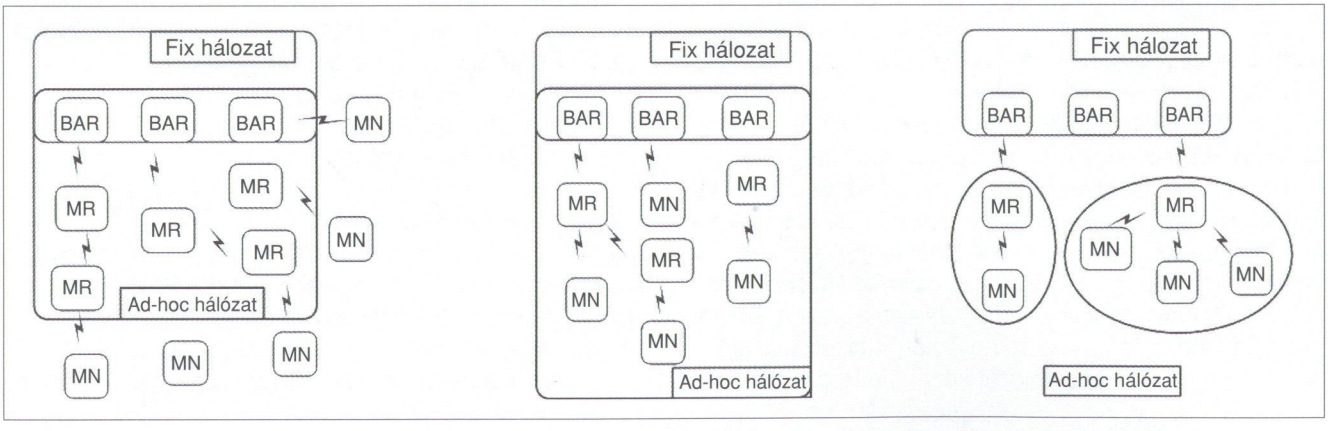
3. Lehetséges architektúrák az ad hoc kiterjesztéshez

Amint már a fentiekben említettük, a *BRAIN hozzáférési hálózat* (mint minden cellás hozzáférési hálózat) csak az egy ugrásnyira levő mobil állomások kiszolgálását teszi lehetővé. Ahhoz, hogy a mobil állomások több ugrás távolságból is kapcsolódni tudjanak az ad hoc kiterjesztéssel ellátott hozzáférési hálózathoz, szükség van egy új funkcionális elemre, amelyet *mobil útvonalválasztónak* (Mobil Router – MR) nevezzük. Munkánk során több lehetséges ad hoc kiterjesztés architektúrát is kidolgoztunk. Ezeket az architektúrákat az előbb említett mobil útvonalválasztók szerepe szerint csoportosíthatjuk:

A **mobil bázisállomás architektúrában** minden mobil útvonalválasztó rendelkezik a hozzáférési hálózathoz csatlakozó hozzáférési útvonalválasztók (BAR) teljes funkcionalitásával, azaz a mobil állomások szempontjából egy MR egyenértékű a cellás hálózat bármely BAR-jával. Ez azt jelenti, hogy ez az architektúra a mobil állomások szempontjából teljesen transzparens, azaz a mobil állomásokon semmiféle változtatást nem kell végezni (még az ad hoc útvonalválasztó protokollt sem kell futtatniuk). A fix BAR-ok és a mobil BAR-ként működő mobil útvonalválasztók egy ad hoc hálózatot alkotnak. Mivel egy ad hoc állomás definíció szerint képes önmagát felkonfigurálni, ezért ki kell dolgozni egy protokollt, amely alapján a mobil BAR képes lekérdezni és frissíteni a konfigurációs adatait. Egyszerűbbé teszi a rendszert, ha a mobil BAR-ok önmaguk is a hozzáférési hálózatba bejelentkezett kliensek, ezért ez a BAR konfigurációs protokoll célszerűen a hozzáférési hálózat mikromobilitási protokolljának kiegészítése. *(2. ábra)*

A **mobil útvonalválasztó architektúrában** az MR-ek nem rendelkeznek bázisállomás funkciókkal csupán útvonalválasztóként funkcionálnak. Vagyis az MR-ek egyetlen feladata az, hogy az ad hoc útvonalválasztó protokoll segítségével továbbítják a fix BAR-ok és a mobil állomások közt a jelzés- illetve adatforgalmat. Ez a megoldás a fix BAR-on nem igényel jelentős változtatást, csupán az ad hoc útvonalválasztó protokoll futtatását. A mobil állomásoknak és útvonalválasztóknak viszont az ad hoc útvonalválasztó protokoll ismeretén túl biztosítaniuk kell a hozzáférési hálózat mikromobilitási protokolljának és az ad hoc útvonalválasztó protokollnak az együttműködését is (részletesebben lásd az 5. fejezetben). A mobil útvonalválasztó architektúrában szintén célszerű, ha minden mobil útvonalválasztó egyben a hozzáférési hálózatba bejelentkezett kliens is egyben. Így nem kell külön foglalkozni a mobil útvonalválasztók felkonfigurálásával. *(3. ábra)*

A **mobil közvetítő architektúra** funkciójában és megvalósításában is jelentősen eltér az előző kettőtől. Az architektúra lényege, hogy olyan mobil eszközöknek is hozzáférést biztosít a hálózathoz, amelyek nem ismerik a hozzáférési hálózat mikromobilitás protokollját. Ilyenkor a mobil útvonalválasztó egy a hozzáférési hálózatba bejelentkezett kliens és ezt a hálózati kapcsolatot osztja meg a hozzá ad hoc módon csatlakozó eszközökkel. (ehhez természetesen a mobil útvonalválasztó és a hozzá csatlakozó kliensek közt kommunikációhoz külön protokollra van szükség). Példaként említhetnénk a GPRS telefonhoz infra porton csatlakozó laptopot, ahol a GPRS telefon a mobil útvonalválasztó, a laptop pedig egy hozzá csatlakozó kliens. *(4. ábra)*



2. ábra
Mobil bázisállomás architektúra

3. ábra
Mobil útvonalválasztó architektúra

4. ábra
Mobil közvetítő architektúra

A mobil közvetítő és a mobil BAR architektúrának már számos megvalósítása létezik [13], mobil útvonalválasztó architektúra megvalósítás azonban jelenleg még nem ismeretes. Ez az oka annak, hogy mi ezzel a típusú ad hoc kiegészítéssel foglalkoztunk, és a továbbiakban egy ilyen architektúra megvalósítását részletezzük.

A konkrét kivitelhez a BCMP (Brain Candidate Mobility Protocol) mikromobilitási protokollt használtuk fel, ezen kívül szükség volt egy ad hoc útvonalválasztó protokollra is. Mivel az ad-hoc kiterjesztésben gyakorlatilag minden mobil állomás csak egy útvonalat használ (az aktuális bázisállomása felé vezető útvonalat), ezért felesleges lenne, hogy minden mobil egység a teljes ad-hoc hálózat kapcsolat állapotait tárolja. Így az *„on demand"* típusú ad hoc útvonalválasztó protokollok használata mellett döntöttünk, ezek közül is az AODV (Ad hoc On Demand Vector routing protocol) [7][8] mobil útvonalválasztó protokollt használtuk fel az ad hoc kiterjesztésünk megvalósításához.

4. Az AODV útvonalválasztó protokoll

Az AODV [7] egy *„on-demand"* alapú ad hoc útvonalválasztó protokoll. Ez azt jelenti, hogy a csomópontok nem tartják nyilván a hálózat aktuális állapotát és az útvonalválasztó táblában nem szerepel a hálózatból elérhető összes állomás felé vezető útvonal. Ha egy elküldendő csomag célcíméhez nincsen bejegyzés az útvonalválasztó táblában, akkor elindul egy útvonalkereső algoritmus, és az AODV az útvonal kiépüléséig tárolja a kiküldendő csomagokat.

A protokoll *route_request/route_reply* kérdezési ciklusokkal építi fel az útvonalakat. Amikor egy forrás-állomás útvonalat keres egy cél-állomásig, amelynek az útvonalával még nem rendelkezik, elküld egy *broadcast route_request (RREQ)* csomagot a hálózatra. Az RREQ csomag tartalmazza a forrás-állomás IP címe mellett az aktuális csomag sorszámát, a *broadcast ID*-t, és a legutolsó, a célállomásra vonatkozó sorszámot, amelyről a forrás-állomás tud.

Ha a RREQ csomagot vevő állomás a cél-állomás, vagy ismer olyan útvonalat a cél-állomás felé, melynek a sorszáma egyenlő vagy nagyobb, mint amit az RREQ csomag tartalmazott, akkor visszaküld a forrás-állomásnak egy *route_reply (RREP)* csomagot. Ellenkező esetben üzenetszórással továbbküldi az RREQ csomagot a hatótávolságában lévő többi állomásnak. Az állomások tárolják a forrás IP címét és az RREQ csomag broadcast ID-jét. Ha egy már továbbított RREQ csomagot vesznek, akkor azt nem küldik tovább.

Ahogy a RREP csomag terjed vissza a forrás-állomáshoz, az egyes állomások felvesznek egy útvonalat az útvonalválasztó táblájukba a célállomás felé. Amikor a forrás állomás megkapja az RREP csomagot, elkezdheti az adatküldést a cél felé. Ha a későbbiekben a forrás kap egy RREP csomagot, amelynek sorszáma nagyobb vagy egyenlő az előzőével, de az ugrásszám a célig kisebb, akkor frissíti az információit erre a jobb útvonalra.

Az AODV addig tart fenn egy útvonalat, ameddig van csomagforgalom a forrás- és a cél-állomás közt, azaz amíg az útvonal aktív. Amikor a forrás már nem küld több adatot a cél felé, meghatározott idő elteltével a vonal időzítése lejár és az útvonal törlődik a forrás, valamint a köztes állomások útvonalválasztási táblájából. Ha egy útvonal megszakad, miközben az útvonal aktív, a legközelebbi állomás egy *route_error (RERR)* üzenetet küld a forrás-állomás felé, informálva őt a cél elérhetetlenségéről. Miután az RERR csomagot a forrás megkapja, újraindíthatja az útvonal-felderítési algoritmust, ha továbbra is kíván csomagokat küldeni az adott célállomás felé.

5. Az ad hoc kiterjesztés megvalósítása

Mivel a BCMP mikromobilitási protokoll tervezésekor az IP világ nagy része még az IPv4-en alapul, a megvalósítás során nem használtuk fel az IPv6 által nyújtott lehetőségeket.

A hozzáférési útvonalválasztó (BAR) és a mobil állomás közt több ugrás távolság is lehet, emiatt a következő megoldandó problémák merültek fel:

A mikromobilitási protokoll biztosítja, hogy egy mobil állomásnak címzett csomagok mindig ahhoz a BAR-hoz jussanak el, amelyhez az állomás éppen csatlakozik. Egy hagyományos cellás hálózatban, ahol a mobil egység közvetlen adatkapcsolati összeköttetésben áll a BAR-al, az állomás által küldött (továbbiakban *uplink*) csomagok szintén ezen a BAR-on fognak keresztülhaladni. Amikor azonban a BAR és a mobil állomás közt több ugrás távolság van, az ad hoc útvonalválasztó protokoll önmagában egyáltalán nem garantálja, hogy a mobil állomás által küldött csomagok ezen a BAR-on keresztül lépjenek be a *hozzáférési hálózatba (BAN)*, így ezt más módon kell biztosítani. (5.1 alfejezet: Alagutazás)

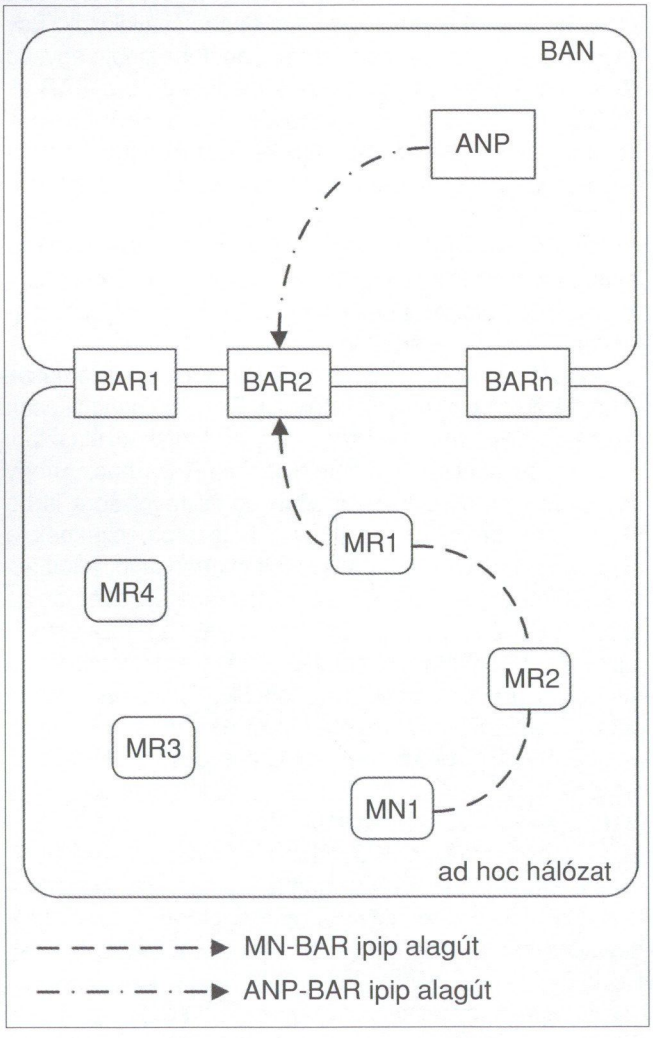
A BCMP mikromobilitási protokollban a mobil állomások a hozzáférési útvonalválasztók (BAR) által periodikusan kisugárzott *beacon* csomagok alapján tudják kiválasztani csatlakozás előtt a legmegfelelőbb BAR-t. Ahhoz, hogy egy BCMP kliens a BAR-tól több ugrás távolságra is be tudjon jelentkezni a hozzáférési hálózatba, ezeknek a beacon csomagoknak el kell jutniuk minden mobil állomáshoz. A beacon csomagok *broadcast* üzenetek, ezért az ad hoc útvonalválasztó protokoll nem alkalmas a továbbításukra (Az AODV nem továbbítja a broadcast csomagokat, hiszen ez a csomagok exponenciális sokszorozódását okozná, ami már egy egészen kicsi hálózatot is könnyen megbénítana). Ezért a beacon üzenet továbbítására szintén egy külön mechanizmust kellett kidolgozni. (5.2 alfejezet: Beacon üzenetek továbbítása...)

A mobil állomások IP címüket dinamikusan, a bejelentkezési eljárás során kapják meg a hozzáférési hálózatban lévő ANP-től. Ez azt jelenti, hogy a bejelentkezési üzenetváltás során még nem rendelkeznek ezzel a címmel. Ha a BAR és a mobil állomás közvetlen adatkapcsolati összeköttetésben állnak egymással, akkor ez nem jelent problémát, mivel a bejelentkezési üzenetváltás ilyenkor

adatkapcsolati szintű címek használatával megoldható. Amikor azonban több ugrás távolságra kell IP alapon továbbítani a bejelentkezési üzeneteket, ezt külön meg kell oldani. (5.3 alfejezet: Üzenetváltás bejelentkezéskor)

5.1 Alagutazás

Az előbbi fejezetben említett első problémára hatékony megoldást jelent az alagutazás *(5. ábra)*. Minden mobil állomás egy IPIP alagutat [4] épít ki hozzáférési útvonalválasztójához miután bejelentkezett a hálózatba. Ez az alagút lesz az alapértelmezett bejegyzés a mobil állomás útvonalválasztó táblájában. Az alagút végpontját az ad hoc kiterjesztés mobil egységen futó szoftvere hívásátadáskor mindig az új BAR IP címére módosítja. Ezáltal biztosítjuk, hogy minden olyan csomag, amely az ad hoc hálózaton kívülre irányul, a mobil állomás aktuális bázisállomásán keresztül lépjen ki az ad hoc hálózatból. Az 5. ábrán feltüntettük az ANP illetve a mobil állomás aktuális hozzáférési útvonalválasztója közt kiépített IPIP alagutat is. Ez az alagút az eredeti BRAIN hozzáférési hálózat esetén is kiépül. Feladata az, hogy a mobil állomásnak küldött (továbbiakban *downlink*) csomagok mindig a mobil állomás aktuális hozzáférési útvonalválasztójához érkezzenek meg.



5. ábra Az ad hoc kiterjesztés architektúrája

Az alagutazást eredetileg arra fejlesztették ki, hogy olyan tranzit hálózatokon keresztül is továbbíthassunk csomagokat, amelyeknek a hálózati rétege nem tud együttműködni az általunk használt hálózati réteggel. Jó példa erre, amikor két különálló IPv6 sziget egy-egy csomópontja kommunikál egymással az (egyelőre) IPv4 protokollra épülő Interneten keresztül.

Ezért az alagutak általában kétirányúak. Az ad hoc kiterjesztésben kiépített alagút azonban az általános modellel *(6. ábra)* szemben egyirányú: csak az *uplink* csomagok továbbítása történik az alagúton keresztül (*downlink* irányban a BAR-okon futó ad hoc útvonalválasztó protokoll már könnyedén megtalálja az *ad hoc hálózatban* lévő mobil állomást az IP címe alapján.)

A másik fontos különbség az alagutazás általános modelljéhez képest az, hogy az MN-BAR alagút egyik végpontja nem más, mint a forrás-állomás (Ez felvetett néhány problémát a gyakorlati megvalósítás során, aminek megoldását lásd [9]).

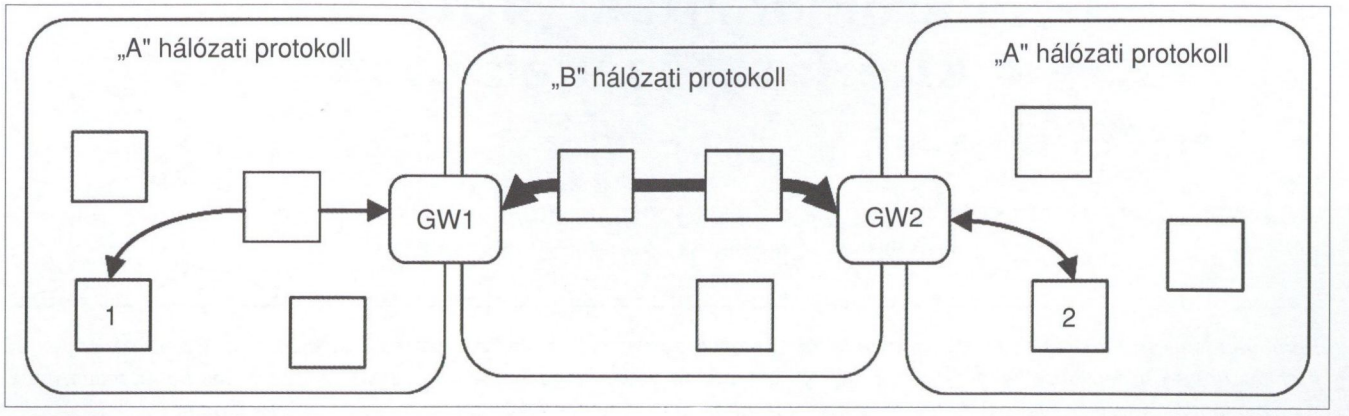
5.2 Beacon üzenetek továbbítása korlátozott elárasztással

Ahogy azt a megvalósítás során felmerülő problémák közt említettük, a mobil útvonalválasztóknak (MR) továbbítaniuk kell a BAR-ok által periodikusan sugárzott beacon üzeneteket. Mivel azonban ezek a csomagok *broadcast* üzenetek, üzenetszórásos továbbítás esetén a beacon csomagok ping-pong labdaként pattognának az egyes állomások közt addig, amíg a *„lendületük"* (azaz a TTL) el nem fogy, exponenciálisan megsokszorozva önmagukat. Ezt a legegyszerűbben a beacon üzenetek sorszámozásával tudjuk elkerülni. Minden mobil útvonalválasztó nyilvántart egy táblázatot, amely a BAR_IP – beacon sorszám információ-párokból áll. Minden BAR esetén csak azokat a beacon csomagokat továbbítja a mobil útvonalválasztó, amelyeknek a sorszáma nagyobb, mint a táblázatban szereplő legnagyobb sorszám. Így exponenciális csomagsokszorozódás helyett egy beacon üzenet csak annyiszor kerül újraküldésre, ahány mobil útvonalválasztót tartalmaz az ad hoc kiterjesztés.

5.3 Üzenetváltás bejelentkezéskor

Ahogy a felmerülő problémáknál említettük, a mobil állomás a bejelentkezési üzenetváltás során még nem rendelkezik a hozzáférési hálózat által kiosztott IP címmel. Ennek következtében az üzenetváltáshoz szükséges csomagokat csak MAC cím alapján lehetne továbbítani. Ez tökéletes megoldás, ha a bázisállomás és a mobil állomás közvetlen adatkapcsolati összeköttetésben állnak egymással. Több ugrás távolság esetén azonban komoly elvi és gyakorlati problémákba ütközik:

A MAC cím alapú továbbításhoz elengedhetetlen lenne, hogy a több ugráson keresztül történő csomagtovábbítás során a köztes állomások ne cseréljék le a csomag eredeti forráscímét saját címükre. Erre azonban a megvalósításhoz felhasznált 802.11b hálózati kártyák (biztonsági okokból) nem képesek. Másrészt ez a megoldás nem



6. ábra Az alagutazás általános modellje

egyeztethető össze azzal a bevezetőben is említett általános véleménnyel, hogy a különböző hálózatok együttműködését IP szinten kell biztosítani.

A legegyszerűbb megoldás erre az ideiglenes IP cím használata. Léteznek algoritmusok, amelyek lehetővé teszik, hogy egy ad hoc hálózat mobil egysége automatikusan kiválaszthasson magának egy IP címet *(stateless autoconfiguration)* [5].

6. Összefoglalás

Ebben a cikkben a mobil hozzáférési hálózatok és mobil ad hoc hálózatok kombinációjaként létrehozott új hálózati architektúrát mutattunk be. Az Európai IST program keretén belül futott BRAIN, illetve annak folytatása, a MIND projektek által javasolt hozzáférési hálózatot vettük kiindulási alapul. E hálózatot vezető európai távközlési cégek együttműködésével tervezték és több új elemet ötvözött. A hálózat többszörös rádiós technológiát használt (pl. IEEE 802.11, HiperLAN2, GPRS/GSM) és az elemek egységes rendszerbe foglalását IP szintű mobilitás protokollok segítségével oldották meg. Ez egyben bizonyította a hierarchikus mobilitás létjogosultságát a mobil IP hálózatokban.

A cikkben ismertettük a hozzáférési hálózat lehetséges ad hoc kiterjesztéseit. A kiterjesztések abban különböztek egymástól, hogy a több ugráson keresztül történő hozzáférést biztosító új hálózati elemek, a mobil útvonalválasztók milyen feladatot látnak el. A mi javaslatunk azt a megoldást választotta, ahol a mobil útvonalválasztók nem látnak el bázisállomás funkciókat, viszont nem csak a mobil útvonalválasztók, hanem a mobil állomások, és a BAR-ok is futtatják az ad hoc hálózat útvonalválasztási protokollját. Nem jelent hátrányt az, ha a BAR-okon is működik az ad hoc útvonalválasztó protokoll, mivel annak igen kicsi hardverigénye van. Igen fontos előny az is, hogy a BAR-t működtető szolgáltató központilag karbantarthatja, frissítheti a protokollt és megfelelő biztonsági szintet tarthat fent.

A mi javaslatunk egy új megoldás a hálózati elérés meghosszabbítására. Ez a megoldás skálázható és a csomagtovábbítási teljesítmény csak az útvonalválasztó protokolltól függ. Amint már több helyen is említettük, a munkának az első fázisa volt a hálózati architektúra kidolgozása. Ennek az architektúrának az elméleti alapjait tartalmazza az itt bemutatott leírás. A gyakorlati megvalósítást, validálást és teljesítményvizsgálatot a [9] cikk tartalmazza.

Irodalom

1 Az IST-BRAIN projekt honlapja, http://www.ist-brain.org/
2 Az IST-MIND projekt honlapja, http://www.ist-mind.org/
3 Cs. Keszei et al., „BRAIN Candidate Mobility Protocol Specification", IST-MIND document, November 2001
4 C. Perkins, „IP Encapsulation within IP", IETF RFC 2003, October 1996
5 C. Perkins et al., „IP Address Autoconfiguration for Ad Hoc Networks", IETF Internet Draft (folyamatban levő munka), draft-perkins-manet-autoconf-01.txt, November 2001.
6 M. S. Corson et al, „Internet Based Mobil Ad hoc Networking", IEEE Internet Computing, July 1999
7 Charles E. Perkins et al, „Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing", draft-ietf-manet-aodv-12.txt, November 2002
8 Uppsala Egyetem, AODV megvalósítás honlapja, http://user.it.uu.se/~henrikl/aodv/
9 Kersch Péter, Kürthy Lóránt, Simon Csaba, Vajda Lóránt, „IP mikromobilitási protokollok ad hoc kiterjesztésének tesztelése", Hiradástechnika, Április 2003.
10 Az IST-WSI projekt honlapja, http://www.ist-wsi.org.
11 A Nemzetközi Vezetéknélküli Kezdeményezés honlapja, http://www.wireless-world-research.org.
12 Ken Ohta, Takashi Yoshikawa, Tomohiro Nakagawa, Yoshinori Isoda, Toshiaki Sugimura, „Ubiquitous Internet Access via Ad hoc Network", IPSJ SIGNotes MoBiLe Computing and Wireless Communications, No.020, 2001.
13 Timothy J. Kniveton, et. al., „Mobile Router Support with Mobile IP„, draft-kniveton-mobrtr-01.txt

IP mikromobilitási protokollok ad hoc kiterjesztésének tesztelése*

KERSCH PÉTER – KÜRTHY LÓRÁNT – SIMON CSABA – VAJDA LÓRÁNT

kpeti@sch.bme.hu – lorant@real-net.sk
simon@ttt-atm.ttt.bme.hu – vajda@ttt-atm.ttt.bme.hu

Korábban ismertettünk [5] egy olyan architektúrát, amelyik egy cellás és egy ad hoc hálózat ötvözése. Ez a cikk ennek az architektúrának a gyakorlati megvalósítását írja le, ismertetve azokat a gondokat, amelyek a megvalósítás során felmerültek. A megvalósítás segítségével validáltuk az architektúrát, valamint elvégeztük annak a teljesítményelemzését.

1. Bevezetés

Vészhelyzetben, valamint ideiglenes hálózatok gyors kiépítéséhez előnyösen alkalmazhatók a minden előzetesen kiépített infrastruktúra és konfiguráció nélkül is működőképes, a változásokhoz dinamikusan alkalmazkodó ad hoc hálózatok. Ugyanakkor számos területen előnyt jelent, ha ötvözzük a hagyományos cellás és az ad hoc hálózatok előnyeit. Egy ilyen ad hoc kiterjesztés elméleti alapjait és implementációját részletesen bemutattuk [5]-ben. A kísérleti alkalmazás megvalósításhoz a BRAIN Európai Uniós projekt [6] keretein belül kifejlesztett rádiós hozzáférési hálózatból indultunk ki, amelyben a mobilitást a BCMP mikromobilitási protokoll [7] kezeli. Ehhez a cellás hozzáférési hálózathoz az AODV ad hoc útvonalválasztó protokoll [8] segítségével illesztettük az ad hoc hálózatot.

A megvalósított hálózati elemekkel felépített teszthálózattal elsősorban az architektúra működőképességét, létjogosultságát bizonyítottuk. Azonkívül a megvalósítás során nyert tapasztalatot visszacsatoltuk az architektúra meghatározásába, hatékonyabbá téve azt. Végül értékeltük a megvalósítás teljesítményét. A teljesítményvizsgálat célja az volt, hogy megállapítsuk, hogyan befolyásolta az ad hoc kiterjesztés létrehozása az eredeti hozzáférési hálózat átviteli jellemzőit. Ennek érdekében különböző vizsgálati forgatókönyvek során mértük a csomagvesztési arányt, csomagkésleltetést, jittert (késleltetés-változás) az átviteli sebesség, csomagméret illetve a forgalom típusa (TCP/UDP) függvényében.

A cikk második részében bemutatjuk a teszthálózatot, azokat az új elemeket, amelyek lehetővé tették az ad hoc kiterjesztés megvalósítását. A harmadik részben ismertetjük a mérési elrendezést, valamint a mérési eredményeket. Végül a negyedik részben összefoglaljuk a megvalósítás és a mérések során nyert fontosabb tapasztalatokat.

2. A megvalósított teszthálózat

Ebben a részben bemutatjuk a mérési környezetet, a használt hardver és szoftver elemeket, valamint az általunk kidolgozott egyéb segédeszközöket.

2.1 Hardver elemek

A mérésekhez a túloldali, *1. ábrán* látható kísérleti hálózatot használtuk.

Az 1. ábrán látható egységek különböző funkciókat töltenek be a rendszerben. Ezeket az elemeket és az általuk betöltött funkciókat láthatjuk az alábbi felsorolásban:

- 5 db. Fujitsu-Siemens laptop,
  802.11b WaveLAN kártyával (Lucent Orinoco)
  - *MN1, MR1, MR2, MR3* (BCMP funkció: BCMP kliens)
  - *Test_Controller:* BCMP funkciót nem valósít meg, csak a *mérési környezetet* (lásd később) vezérli
- Egy BRAIN hozzáférési hálózat az alábbi elemekkel:
  - 1 db. központi szerver (nfs, dns, bootp, dhcp): *IR0*
  - 2 db. PC
    - *ANG0* (tűzfal, címfordítás, BCMP funkció: Border Mobility Gateway)
    - *ANP0* (BCMP funkció: Anchor Point, User Registry)
  - 2 db. diskless PC
    - *AR1, AR2* (BCMP funkció: Access Router)

A mérések során az ANG0 vezetékes, és az MN1 mobil állomás közt generáltunk adatforgalmat és mértük az átviteli jellemzőket különböző forgatókönyvek során. A mérési eredmények szempontjából közömbös, hogy vezetékes állomásként az ANG0-t vagy pedig egy külső hálózaton lévő számítógépet választunk, mivel a vezetékes hálózaton fellépő csomagvesztés és késleltetés elhanyagolható. Továbbá, a vezeték nélküli kapcsolat alacsony sávszélessége miatt a forgalom generálás által okozott terhelés nem befolyásolja jelentősen az ANG0 teljesítményét. Választásunk azért esett az ANG0 állomásra, mert a teszteléshez használt hozzáférési hálózat lokális címeket használ, és a címfordítás a tesztelés során problémákat okozott volna (pl. a DBS [1] mérőprogram használata során).

2.2 Szoftver elemek

A teszthálózat megvalósításkor a jelentősebb fejlesztések az ISO-OSI modell adatkapcsolati és hálózati (MAC és IP)

* *Ezt a munkát az IST-2000-28584 számú IST MIND project keretében végeztük, melyet részben a Siemens AG, British Telecommunications PLC, Agora Systems S.A., Ericsson AB, France Telecom S.A., King's College London, Nokia Corporation, NTT DoCoMo Inc, Sony International (Europe) GmbH, T-Systems Nova GmbH, University of Madrid és Infineon Technologies AG cégek munkatársainak tevékenysége támogatott.*

szintjén történtek. Így természetes, hogy a szoftverkomponensek kiválasztása és megvalósítása volt a munka jelentősebb része. Ebben a részben a kiválasztott alap szoftverek (operációs rendszer, mások által már megírt protokollok) bemutatása után következnek az általunk fejlesztett szoftver modulok.

2.2.1 Alapszoftverek

A hozzáférési hálózat és az ad hoc hálózat minden egységén Debian GNU/Linux 3.0 operációs rendszer [12] futott 2.4.19 verziószámú kernellel. Erre az operációs rendszerre az alábbi szoftver elemeket telepítettük:

- BCMP [7] implementáció: BCMP 2.2 verzió (Ericsson Magyarország)
- AODV implementáció [9]: aodv-uu 0.5 (Uppsala University)
- Az ad hoc kiterjesztés általunk készített szoftvere [10]

A rendszer teljesítményvizsgálatához két forgalomtípust használtunk: TCP és UDP. Mindkét típusú csomagforgalom generálásához és a forgalmi paraméterek méréséhez a *DBS (Distributed Benchmark System)* [1] mérőprogramot használtuk.

A forgalmi paraméterek méréséhez szükség van a mérőegységek órájának pontos szinkronizációjára. Ehhez a szinkronizációhoz az *NTP (Network Time Protocol)* [2] protokollt használtuk. Megjegyzendő, hogy az egyes forgatókönyvek (pl. hívásátadás, hálózati topológia megváltozása) során bekövetkező csomag-késleltetés változások az NTP protokoll működését zavarják, ami maga után vonhatja az órajelek drasztikus deszinkronizációját. Ezen oknál fogva a mérések idejére az NTP protokoll működését leállítottuk. A leállítás nem vonta közvetlenül maga után a deszinkronizációt mivel rövidtávon (néhány percig) a mérőeszközök órajelei még szinkronban maradnak.

Hogy minden mérési eredmény pontosan nyomon követhető legyen, a mérések során a *mérési környezetet* (lásd 2.2.3 alfejezet: Elérhetőség változás emulálása) vezérlő mobil egységen *(Test Controller)* a rádiós hálózat teljes csomagforgalmát regisztráltuk a *tcpdump* [4] segédprogram segítségével.

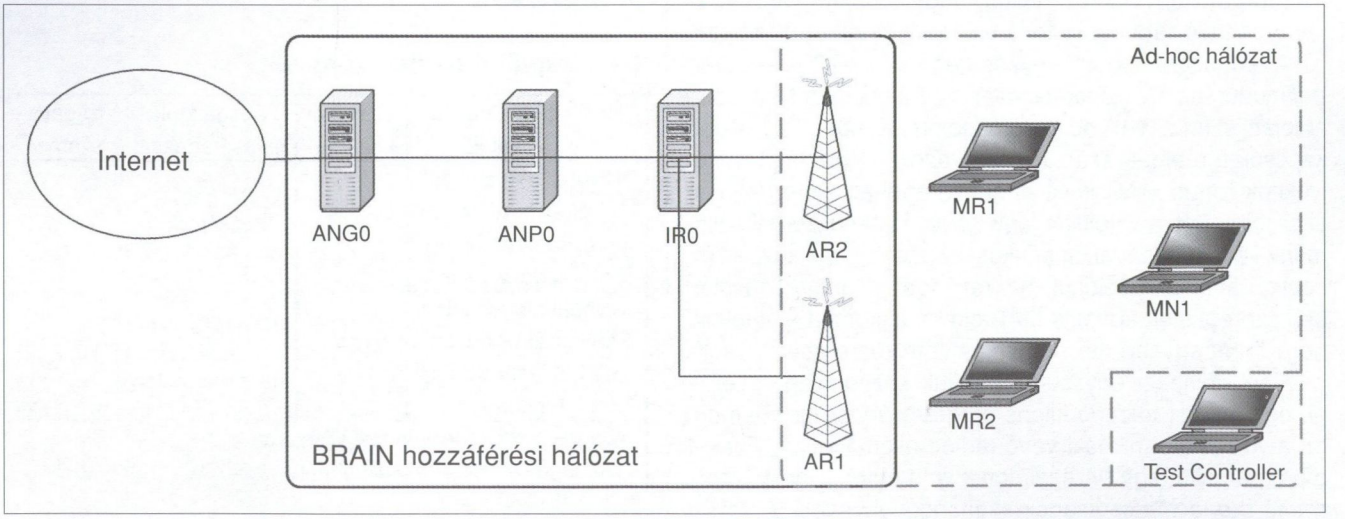
2.2.2 Az ad hoc kiterjesztés szoftvere, és a megvalósítás során felmerülő problémák

A BRAIN hozzáférési hálózat fix *hozzáférési útvonalválasztókon* (továbbiakban BAR, a *BRAIN Access Router* rövidítéseként) csak az AODV protokollnak kellett futnia. A mobil útvonalválasztókon és a mobil állomásokon viszont szükség volt egy segédprogramra [10], amely a BCMP protokoll kliens részét összehangolta az ad hoc útvonalválasztó protokollal. Az [5]-ben bemutatott ad hoc kiterjesztés architektúrából adódó funkciók mellett a segédprogrammal meg kellett oldanunk néhány technikai jellegű problémát is:

A hagyományostól eltérően az általunk használt alagút egyirányú, valamint a küldő fél és az alagút egyik végpontja ugyanaz [5]. Így a mobil állomás az egyirányú alagutat megvalósító virtuális *tunnel* interfészen keresztül küldi a csomagokat, a mobil állomásnak címzett csomagok viszont egy valós, fizikai interfészre érkeznek. A *Linux* operációs rendszer azonban alapértelmezés szerint – biztonsági okokból – eldobja az olyan csomagokat, amelyekre a válasz nem ugyanarról az interfészről érkezik meg, amelyre elküldte azt. Ezt a csomagszűrést *„reverse path filtering"*-nek nevezik, és Linux alatt a /proc virtuális állományrendszeren keresztül kapcsolhatjuk ki a *kernelben*.

Az AODV *„on demand"* protokoll, azaz csak akkor keres és vesz fel egy útvonalat az útvonalválasztó táblába, ha arra a célcímre csomagot kell továbbítani. Amennyiben az útvonal nincs használatban, akkor a bejegyzés kiöregedik. Architektúránk esetében minden külső hálózatba irányuló csomagot az aktuális fix BAR-hoz kell irányítani. Ezért a fix BAR-hoz vezető útvonalat célszerű folyamatosan fenntartani. Ennek érdekében a BCMP protokoll frissítés periódusát rövidebbre állítottuk, mint egy útvonal elévülési ideje.

Az ad hoc hálózatokban, alapesetben cím, és nem címtartomány alapján történik az útvonalválasztás. Architektúránkban a vezetékes hálózatba irányuló csomagot az alapértelmezett átjáróként kijelölt fix BAR-hoz kell továbbítani és nem a fogadó címe alapján kell útvonalat keresni. Azonban az ANP-k által az ad hoc hálózatok állomásai részére kioszthatók címtartományokon belül (azaz az



1. ábra Kísérleti hálózat

ad hoc hálózaton belülre küldött csomagok esetében) továbbra is az AODV protokollnak kell útvonalat keresnie. Tehát ahhoz, hogy az AODV el tudja dönteni, hogy egy adott célcímhez új utat keressen, vagy a fix BAR-hoz továbbítsa a csomagot, meg kell határozni az ad hoc hálózat címtartományait. A *beacon* üzenetekből az összes olyan hozzáférési útvonalválasztó IP címe kinyerhető, melyek az ad hoc hálózaton keresztül elérhetők. Ezért a beacon üzenetekből kinyerhető alhálózatokat be kell vezetni az útvonalválasztó táblába.

Az általunk felhasznált eredeti AODV megvalósítás [8] nem volt felkészülve arra, hogy a rádiós interfész címe megváltozhat, pedig bejelentkezéskor és ANP váltáskor ez történik. Az AODV indulásakor eltárolja az összes helyi hálózati adapter IP címét. Ha a kapott csomagok nem ezekre az IP címekre *érkeznek* (hanem például a saját új IP címére), akkor eldobja azokat. Ezért módosítani kellett a programot, hogy minden egyes ellenőrzés előtt frissítse az interfészek IP címeit. Ha közben címváltozás történt, akkor a program arról időben tudomást szerez.

Az eredeti BCMP implementációban a mobil állomások jel-zaj viszony alapján választották ki, hogy melyik bázisállomáshoz csatlakozzanak. Mozgó ad hoc hálózaton keresztül történő kapcsolódás esetén a vett beacon üzenet magas jelszintje nem biztos, hogy a legközelebbi hozzáférési *útvonalválasztóra* utal. Sokkal több információt hordoz az, hogy hány ugráson keresztül érkezett meg a beacon üzenet. A kísérleti alkalmazásunkban minden beacon üzenet kezdeti TTL értékét 10 ugrásra állítottuk, ezért a beacon csomag aktuális TTL értékét felhasználhattuk arra, hogy a legkevesebb ugrásnyira levő BAR-t válassza a mobil állomás.

2.2.3 Elérhetőség változás emulálása

Az ad hoc kiterjesztés tesztelésének megkönnyítéséhez kidolgoztunk egy *mérési környezetet*. Ez a környezet lehetővé teszi, hogy központilag vezéreljük a *láthatósági mátrixot*. A láthatósági mátrix határozza meg, hogy melyik mobil állomások, mobil útvonalválasztók ill. BAR-ok vannak egymás közvetlen rádiós vételkörzetében. Így gyorsan és jól reprodukálható módon hajthatjuk végre az egyes tesztforgatókönyveket, anélkül, hogy több tíz vagy száz méteres távolságokat kellene bejárni a mobil eszközökkel.

A rendszer központi egysége egy *MacKill* [3] nevű *kernel* modul, amely *adatkapcsolati* (továbbiakban MAC) *cím* alapján szűri a vett adatcsomagokat. A modul a felsőbb kapcsolati rétegek számára csak azokat továbbítja, amelyeknek forrás MAC címe nem szerepel az előre definiált tiltólistán. Ezt a tiltólistát egy */proc* fájlrendszerbeli állomány változtatásával dinamikusan, azaz mérés közben is, konfigurálhatjuk. Például, ha két mobil állomás tiltólistáiban szerepelnek egymás MAC címei, akkor azt emuláljuk, hogy a két egység nincs egymás vételkörzetében.

Hogy mindezt egyszerűen tudjuk központilag vezérelni, egy mérést vezérlő kliens program *(macfilter daemon)* fut a vizsgálatban részt vevő rádiós állomásokon. Ezeket a programokat egy (vizsgálaton kívüli) mobil állomás MAC szintű *broadcast* csomagok segítségével vezérli. A vezérlő csomagok két MAC címet és egy műveleti kódot tartalmaznak. A vizsgálatban résztvevő állomás mérést vezérlő kliens programja közvetlenül a rádiós interfészről beolvas minden olyan csomagot, amely a vezérlő protokoll azonosítóját tartalmazza, és a csomagban szereplő MAC címeket összehasonlítja saját MAC címével. Ha valamelyik címnél azonosságot észlel, akkor a műveleti kódtól függően hozzáadja, vagy eltávolítja a tiltólistáról a vezérlőcsomagban szereplő másik MAC címet. Ezáltal központilag vezérelhetjük a kétirányú kapcsolat létrejöttét, ill. megszűnését.

Az előbbiekben bemutatott tesztkörnyezet jóval többet nyújt, mint egy szimulációs vizsgálat, hiszen nem egy modellezett, hanem egy valós, működő hozzáférési hálózatot vizsgálhatunk. Így a valós környezetben végzett tesztelés nagy részét kiválthatjuk, azonban teljes egészében nem helyettesíthetjük. Ennek az az oka, hogy a mérési környezet által megvalósított elérhetőségi viszonyok csak közelítik a két mobil egység közti rádiós terjedési viszonyokat. A főleg a kültéri használat során felmerülő visszaverődések miatt megtörténhet, hogy két állomás egymás vételi körzetéből ki-be lépeget, ezzel megzavarva az architektúra teljesítményét. Ezek a visszaverődések nehezen ellenőrizhetőek és ismételhetőek a vizsgálatok során, emiatt a vizsgálatok (és a mérhetőség) szempontjából előnyösebbnek találtuk a mérési környezetünk használatát. Továbbá úgy értékeljük, hogy kültéri telepítésnél a helyi viszonyok mindig különböznek.

Ennek modellezése túlmutat vizsgálati céljainkon. Ráadásul egy kültéri rendszer telepítésénél amúgy is szükséges a helyi terjedési viszonyok felmérése és az ahhoz alkalmazkodó BAR telepítési stratégia kiválasztása, ez a kérdés pedig a szolgáltató társaságok feladata és hatásköre. Módszerünk másik sajátossága, hogy a tesztkörnyezetben az összes rádiós állomás egymás fizikai vételkörzetében van. Így a résztvevő egységek osztoznak a rendelkezésre álló sávszélességen. Ennek eredményeként a tesztkörnyezetben elérhető átbocsátóképesség hosszabb (több ugrásos) útvonalak esetén kisebb lehet, mint valós környezetben, és a *jitter* is nagyobb lehet az átviteli közegért történő versengés miatt.

3. Mérések

3.1 Vizsgálati forgatókönyvek

Hívásátadás nélküli vizsgálatok	Vizsgálat száma	Vizsgálatok hívásátadással	Vizsgálat száma
Útvonal módosulás a MN és BAR között ugrásban mért távtól függően	HN.1	Normál hívásátadás (soft handover)	HL.1
Útvonal módosulás a MN és BAR között HELLO intervallumtól függően	HN.2	Kényszerített hívásátadás (hard handover)	HL.2
Átlagos csomagkésleltetés vizsgálata csomagméret és ugrásszám függvényében statikus állapotban			K.1

1. táblázat Vizsgálati forgatókönyvek összefoglalása

A teszthálózat bemutatása után rátérünk a méréseink és az eredményeink ismertetésére. Ezen mérések során több forgatókönyvet állítottunk össze és mértünk le. A különböző forgatókönyvek azt jelentik, hogy számos hálózati elrendezésben változó paraméterű forgalomtípusokkal mértük a rendszer működési paramétereit. A forgatókönyveket röviden az *1. Táblázatban* ismertetjük.

A teszt forgatókönyvek során a mobil útvonalválasztók és a mobil állomások egymáshoz, illetve a BAR-okhoz képest történő különböző elmozdulásait szimuláltuk azáltal, hogy a rádiós összeköttetéseket változtattuk a mérési környezettel. Az ad hoc kiterjesztés működése szempontjából a forgatókönyveknek három típusát különböztethetjük meg:

- Az első esetben a mobil állomásnak az elmozdulás miatt BAR-t kell váltania, ezért hívásátadást hajt végre. Ebben az esetben a hívásátadás során az ad hoc útvonalválasztó protokoll, a hozzáférési hálózat mikromobilitás protokollja és az ad hoc kiterjesztés egyaránt szerephez jut.
- A második esetben nem történik hívásátadás, csupán az aktuális BAR felé vezető útvonal módosul. Így kizárólag az ad hoc útvonalválasztó protokoll működése határozza meg a rendszer teljesítményét.
- A harmadik eset a legegyszerűbb, itt nem történik hívásátadás, és a MN és a BAR közti útvonal sem változik. Így sem az ad hoc útvonalválasztó protokoll, sem a mikromobilitás protokoll és az ad hoc kiterjesztés szoftvere sem befolyásolja a forgalmi paramétereket. Azért vizsgáltuk ezt a statikus esetet is, mert a hívásátadás, valamint útvonal-módosulás előtti illetve utáni statikus állapot jellemzőit (pl. csomagkésleltetés) befolyásolja az ugrásszám, illetve a csomagméret.

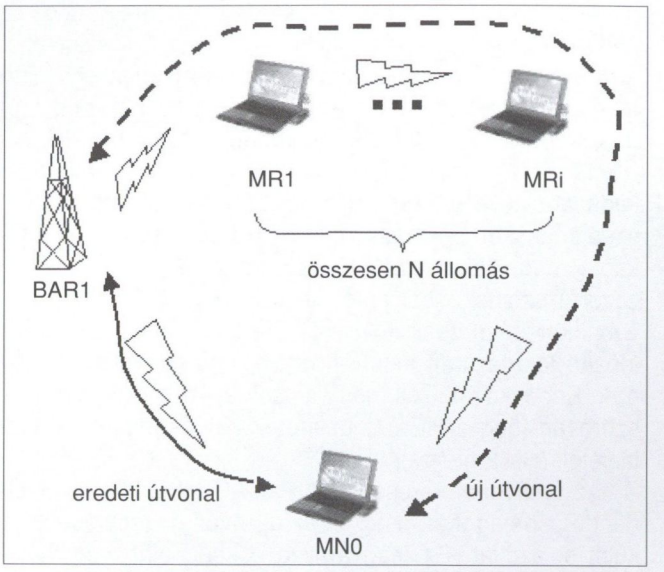
3.2 Hívásátadás nélküli vizsgálatok

3.2.1 Általános mérési elrendezés

Az ad hoc kiterjesztéssel ellátott hozzáférési hálózatban a mobil állomások mozgása során gyakran csak az aktuális BAR-hoz vezető útvonal változik meg és nincs szükség hívásátadásra. Ennek legegyszerűbb példája, amikor a mobil egység és a BAR között megszűnik a közvetlen rádiós kapcsolat, és az új útvonal a BAR felé egy mobil útvonalválasztón keresztül vezet.

A *2. ábrán* azt az általánosabb esetet szemléltetjük, amikor a mérésben résztvevő mobil állomás (MN0) eredetileg közvetlen csatlakozik az aktuális BAR-hoz, és onnan úgy mozdul el, hogy csak N állomáson (azaz N+1 ugráson) keresztül éri el ugyanazt a BAR-t. Az új, N+1 ugrás hosszúságú útvonal megtalálása az AODV útvonalválasztó protokoll feladata. Fontos, hogy a BAR ugyanaz maradjon, ezáltal elkülönítve tudjuk vizsgálni az útvonalválasztás által okozott teljesítményváltozást.

A hívásátadás nélküli vizsgálataink során a 2. ábra elrendezését használtuk, paraméterként az ugrások számát adva meg. Ez a szám az új útvonal hosszát jelöli, ennek alapján lehet a résztvevő mobil állomások (az ugrások számánál egyel kevesebb MRi) számát megállapítani.



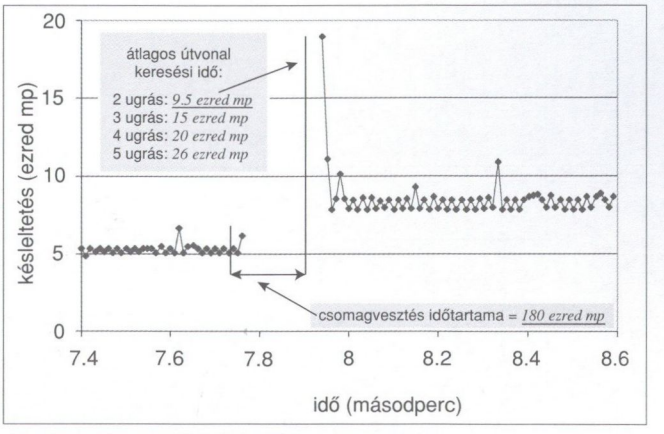
2. ábra Hívásátadás nélküli általános vizsgálati elrendezés

3.2.2 HN.1 vizsgálat

A vizsgálat célja a csomagforgalom szünetelési időtartamának mérése az új útvonal kiépülése során. Továbbá vizsgáltuk, hogy mekkora a csomag késleltetés az útvonalválasztás előtt és után.

A méréshez a 2. ábra elrendezését használtuk 2 ugrásra paraméterezve. A tesztelés során az AODV protokoll HELLO üzeneteinek periódusideje 0.1 másodperc volt. A vizsgálat alatt változtattuk az adatátvitel sebességét, valamint a forgalom irányát is. A vizsgálatot végül megismételtük több ugrás-értékre is. Ahogy várható volt, a mérési eredmények szerint az átviteli paraméterek nem függenek jelentős mértékben sem az adatátvitel irányától, sem az adatátviteli sebességtől.

A *3. ábrán* egy 100 kBs adatátviteli sebességű *uplink* UDP folyammal (1024 byte-os csomagmérettel) elvégzett mérés során ábrázoltuk a csomagkésleltetést az idő függvényében. Az ábrán jól látszik, hogy a BAR és az MN0 állomás közti közvetlen kapcsolat megszakadását követő 180 ezred másodpercben elvesztek a mobil állomás által küldött csomagok. Az ábrán az is szembetűnő, hogy az új útvonalon elküldött első néhány csomag az átlagosnál nagyobb késleltetéssel érkezik meg.



3. ábra Csomagkésleltetés a BAR felé vezető útvonal módosulása esetén

A csomagvesztésnek az a magyarázata, hogy az AODV útvonalválasztó protokoll nem kap visszajelzést arra vonatkozóan, hogy adatkapcsolati szinten egy csomagküldés sikeres volt-e vagy sem. Így csak a szomszédos állomások által periodikusan sugárzott HELLO üzenetek kimaradása alapján tud a kapcsolat megszakadására következtetni: amennyiben egy állomás szomszédjának két egymást követő HELLO csomagját nem kapja meg, akkor az AODV protokoll úgy tekinti, hogy ezzel a szomszéddal megszakadt a kapcsolat. Az új útvonal keresése csak a HELLO üzenetek érkezésére váró időzítő lejárta után indul el, addig minden csomag elveszik. Ebből következik, hogy a csomagvesztés időtartama szorosan függ a HELLO üzenetek küldésének periódusidejétől. (HN.2 mérés)

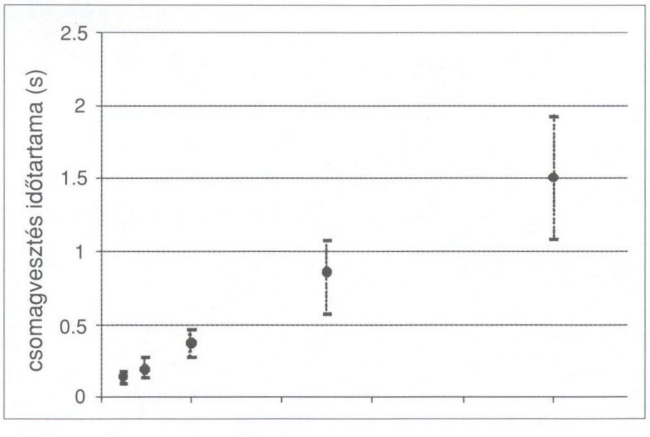
Az új útvonal keresése alatt az AODV tárolja az elküldendő csomagokat, és csak az új útvonal kiépülése után küldi el azokat. Ez magyarázza a kapcsolat megszakadásának észlelését követően elküldött első néhány csomag átlagosnál nagyobb késleltetését. Ezt a többletkésleltetést tehát az útvonal keresési idő határozza meg, aminek átlagos értékét növekvő útvonalhosszak esetén szintén a 3. ábrán tüntettük fel (a mérési környezetünk legfeljebb 5 ugrás távolság vizsgálatát tette lehetővé).

Mivel a távolság egy ugrással történő megnövelése eggyel növeli a RREQ és RREP csomagok úthosszát, ezért nem meglepő a közel lineáris összefüggés az útvonal keresési idő és az úthossz között.

3.2.3 HN.2 vizsgálat

A mérés során az AODV HELLO üzenetek küldés periódusidejének hatását vizsgáltuk az útvonalválasztás alatt bekövetkező csomagforgalmi szünet időtartamára, valamint a csomagkésleltetésre. A vizsgálati elrendezés a 2. ábrán bemutatott általános elrendezés, 2 ugrásra paraméterezve.

A *4. ábrán* látható a csomagvesztés időtartamának maximális, minimális illetve középértéke a HELLO üzenetek gyakoriságának függvényében. Az ábrán jól megfigyelhető, hogy az összefüggés közel lineáris, és a csomagvesztés időtartama a HELLO periódusidő illetve annak kétszeres közt változik (+ egy rövid konstans időtartam).



4. ábra Csomagvesztés a HELLO periódusidő változásának függvényében

A HN.1 mérés értékelésénél említettük, hogy a kapcsolat megszakadásának észlelése 2 AODV HELLO üzenet kimaradás utána történik meg, ezért várható volt a lineáris összefüggés a csomagvesztés időtartama és a HELLO periódusidő közt: HELLO periódusidőhöz közeli csomagvesztési időt akkor kapunk, ha a kapcsolat éppen kicsivel egy HELLO üzenet elküldése előtt szakad meg, ennek kétszeresét pedig akkor, ha a kapcsolat megszakadása éppen kicsivel egy HELLO üzenet elküldése után történik. Az ezekhez hozzáadódó kis konstans érték annak köszönhető, hogy a hálózat börsztös terhelését elkerülendő az AODV protokoll a HELLO üzenetek periódusidejéhez egy kis *jittert* is hozzáad, és ezt figyelembe veszi az elveszett üzeneteket figyelő időzítők beállításánál is.

A HELLO periódusidő csökkentésével tehát kisebb lesz a csomagvesztés. Ugyanakkor a periódusidő csökkentésével megsokasodó *broadcast* üzenetek külön terhelést jelentenek a hálózat számára (különösen akkor, ha az sok egységből áll). Ez a terhelés jelentős mértékben csökkentheti a hálózat átbocsátóképességét. Ha a mérést 5 ugrásos elrendezésben végeztük el és a HELLO periódusidőt 50 ezred másodpercnél kisebbre állítottuk, akkor a hálózatot telítették a broadcast üzenetek, aminek a következtében a *hasznos adatforgalom* teljesen leállt.

3.2.4 Általános mérés-alapú következtetések

A 4. ábrán észlelt és kielemzett csomagvesztési időtartamot csökkenthetnénk, illetve elvileg teljesen meg is szüntethetnénk, ha az útvonalválasztó protokoll az adatkapcsolati réteggel közvetlen kapcsolatban állna. Így, ha az útvonalválasztó protokoll az adatkapcsolati rétegtől viszajelzést kapna, hogy sikeres volt-e egy csomagküldés vagy sem, akkor nem kellene kivárnia a két HELLO üzenet újraküldésének, illetve elvesztésének az idejét, hanem sikertelen csomagküldés esetén azonnal új útvonal keresését kezdeményezhetné.

Ennek a módszernek azonban több hátulütője is lehet: egyrészt ehhez módosítani kell a hálózati interfész meghajtó programját (ez a visszajelzés a meghajtó programok többségében nem áll rendelkezésre), másrészt pedig a sikertelen csomagküldésnek nem csak az lehet az oka, hogy a két állomás között megszűnik a rádiós kapcsolat; okozhatja egyszerűen a hálózat túlterheltsége is. Ilyenkor pedig kimondottan hátrányos tovább terhelni a hálózatot egy (felesleges) útvonalkereséssel.

A probléma leghatékonyabb megoldása az lenne, ha az ad hoc útvonalválasztó protokoll már a rádiós kapcsolat leromlásakor elkezdené az új útvonal keresését, mielőtt még az eredeti útvonal megszakad. Ehhez természetesen az útvonalválasztó protokollnak szüksége lenne a rádiós kapcsolat minőségének mérőszámaira (pl. jel-zaj viszony) minden szomszédos állomás esetén [11].

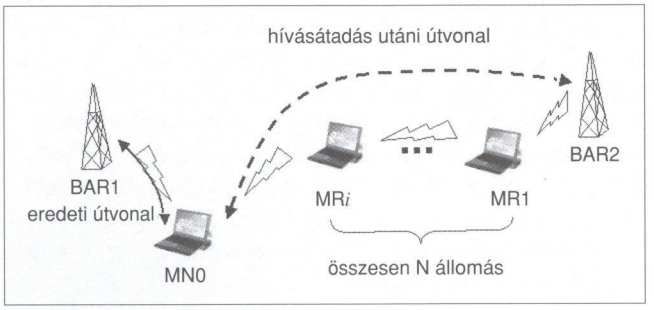
3.3 Hívásátadásos vizsgálatok

3.3.1 Általános mérési elrendezés

Abban az esetben, ha a mobil állomás elmozdulása miatt az ad hoc hálózat mobil útvonalválasztóin keresztül nem tudja elérni aktuális BAR-t, a mobil egységnek hívás-

átadást kell kezdeményeznie. A hívásátadás kezdeményezésének akkor is meg kell történnie, ha van olyan hozzáférési útvonalválasztó, amelyhez rövidebb út vezet az ad hoc hálózaton keresztül, mint az aktuális BAR-hoz. A hívásátadásos vizsgálatok során a hívásátadás által okozott csomagvesztést illetve késleltetést mértük.

A vizsgálatok során használt mérési elrendezést az 5. ábrán ismertetjük. Az előző részben ismertetett elrendezéssel szemben itt két BAR közül választhat a vizsgált mobil állomás (MN0). A vizsgálat elején a BAR1-en keresztül csatlakozik a vezetékes hálózathoz, majd egy hívásátadás után az MRi-n keresztül a BAR2-t használja a vezetékes hálózat elérésére. Az előző vizsgálatok során tanulmányozott útvonalválasztás miatti késleltetés itt is megjelenik. Az új BAR felé vezető útvonal keresése akkor indul, amikor az állomás elküldi a hívásátadást kezdeményező üzenetét az új BAR felé. Az előző részhez hasonlóan az *ugrások száma* paraméter most is a vizsgált állomás és a BAR2 közötti ugrások számát jelöli az új útvonal esetén.



5. ábra Mérési elrendezés a hívásátadásos vizsgálatokhoz

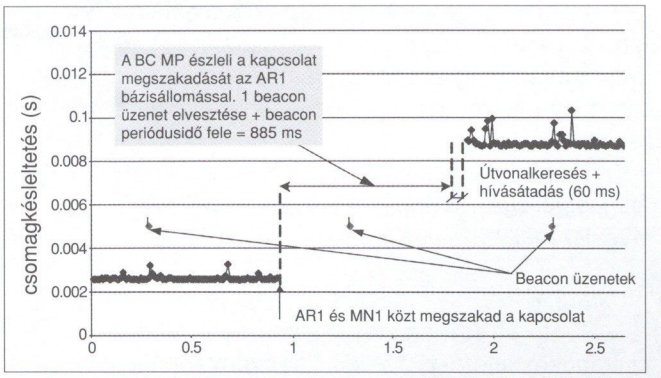
A hívásátadásoknak *(handover)* két fő típusa van: *előkészített hívásátadás (soft handover)* és *kényszerített hívásátadás (hard handover)*. Hard handover esetén a mobil állomás csak akkor csatlakozik új BAR-hoz, amikor az eredeti BAR-ral már teljesen megszakadt a kapcsolata. Soft handover esetén viszont még akkor megtörténik a hívásátadás, amikor a mobil állomás még az eredeti BAR-ral is kapcsolatban van.

3.3.2 HL.1 vizsgálat

A mérések során azt vizsgáltuk, hogy milyen csomagvesztést illetve csomagkésleltetést eredményez, ha a mobil állomás mozgása során megszakad a kapcsolat az aktuális BAR-ral és a mobil állomásnak több mobil útvonalválasztón keresztül egy új BAR-hoz kell csatlakoznia. A vizsgálat során a mobil állomás és a BAR közt a kapcsolat még azelőtt megszakadt, hogy a hívásátadás megtörtént volna (hard handover).

A mérési elrendezés az 5. ábrán látható általános elrendezés volt 3 ugrásra paraméterezve. A beacon üzenetek periódusideje 1 másodperc volt, és a BCMP-t úgy állítottuk be, hogy 1 beacon üzenet elvesztése után tekintse megszakadtnak a kapcsolatot. A teszteléshez 100 kBs intenzitású downlink UDP adatfolyamot használtunk.

A *6. ábrán* a mért csomagkésleltetést ábrázoltuk az idő függvényében. Az ábrán jól látszik, hogy hívásátadás után megnőtt az átlagos csomagkésleltetés, ami annak köszönhető, hogy míg hívásátadás előtt közvetlenül csatlakozott a mobil egység a hozzáférési hálózathoz, hívásátadás után már két mobil útvonalválasztón keresztül vezet az út a BAR felé. Ugyancsak szembetűnő az a hosszú időtartam (885 ezred másodperc) ami alatt minden csomag elveszik a hálózatban.



6. ábra Késleltetés hard handover esetén

Hard handover esetén a mobil állomás a BAR-ok által periodikusan sugárzott beacon üzenetek eltűnése alapján észlelik, hogy megszakadt a kapcsolat az aktuális BAR-ral. A mobil állomás csak ezután kezdeményez hívásátadást és csatlakozik egy másik BAR-hoz. Emiatt azonban a beacon üzenetek periódusidejével arányosan jelentős idő telhet el a kapcsolat megszakadása és annak észlelése közt (meg kell várni, míg egy adott számú beacon üzenet nem érkezik meg), ennek köszönhető a hosszú csomagvesztési idő.

Ezt a csomagvesztési időintervallumot három részre oszthatjuk (lásd 6. ábra):

1. A kapcsolat megszakadás észlelésének ideje. Ez a beacon üzenetek és a kapcsolat megszakadásának egymáshoz viszonyított idejétől függően a beacon periódusidő fele illetve másfélszerese közt változik.
2. Útvonalkeresés az új BAR felé, illetve az új BAR-tól a mobil állomásig.
3. Hívásátadási üzenetváltás ideje (a HOFF_REQ üzenet elküldése és a HOFF_ACK üzenet megérkezése között eltelt idő).

A *tcpdump*-al regisztrált teljes csomagforgalom vizsgálatával külön-külön is meghatározhatjuk ezeknek az időintervallumoknak az értékét. A 6. ábrán jól látszik, hogy az útvonalkeresés és a hívásátadás ideje együttesen is elhanyagolható az első tényezőhöz képest. A kapcsolat megszakadásának észlelését gyorsíthatjuk ugyan a beacon üzenetek gyakoriságának növelésével (mint az AODV esetén a HELLO üzenetek sűrítésével), azonban ez jelentősen lerontaná a hálózat átbocsátóképességét. Sokkal jobb eredményt érhetünk el a következő fejezetben ismertetett soft handover segítségével.

3.3.3 HL.2 vizsgálat

Az előbbi esettel ellentétben, *soft handover* esetén a hozzáférési hálózat mikromobilitás protokolljának ad hoc kiterjesztése folyamatosan figyeli a beacon üzenetek jelszintjét és TTL-jét. Ha az összeköttetés minőségét jellemző jel/zaj viszony egy bizonyos határ alá süllyed, vagy

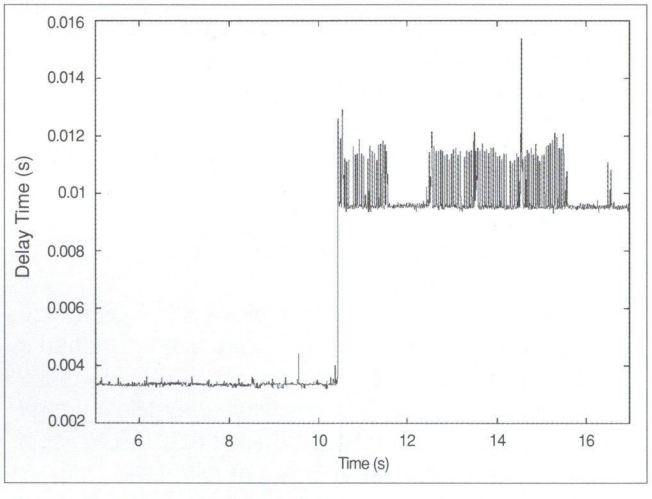
túl sok ugrásból áll a BAR felé vezető útvonal (ez utóbbira a beacon üzenetek TTL-jéből lehet következtetni), még azelőtt hívásátadást hajt végre, mielőtt az eredeti BAR-ral megszakadna a kapcsolat.

A mérési elrendezés és paraméterek a hívásátadás jellegét kivéve megegyeztek az előző, HL.1 vizsgálat paramétereivel (5. ábra).

3.3.3.1

A *7. ábrán* soft handover során ábrázoltuk a csomagkésleltetést az idő függvényében. A grafikonon jól látszik, hogy egyáltalán nem volt csomagvesztés, és útvonalkeresésből adódó többletkésleltetés sem.

A csomagvesztés és a többletkésleltetés eltűnése annak köszönhető, hogy soft handover esetén a hívásátadás még azelőtt megtörténik, hogy a régi BAR-ral megszakadna a mobil egység kapcsolata. Így megszűnik a beacon üzeneteken alapuló hosszadalmas kapcsolat megszakadás észlelési idő, és az új BAR felé vezető útvonal keresése valamint a hívásátadás ideje alatt a régi BAR-on keresztül zavartalanul kommunikálhat a mobil egység. Az átlagos késleltetés valamint a jitter megnövekedése hívásátadás után ugyanúgy az BAR2 felé vezető útvonal ugrásszámának növekedésének köszönhető, mint hard handover valamint a hívásátadás nélküli forgatókönyvek esetén.

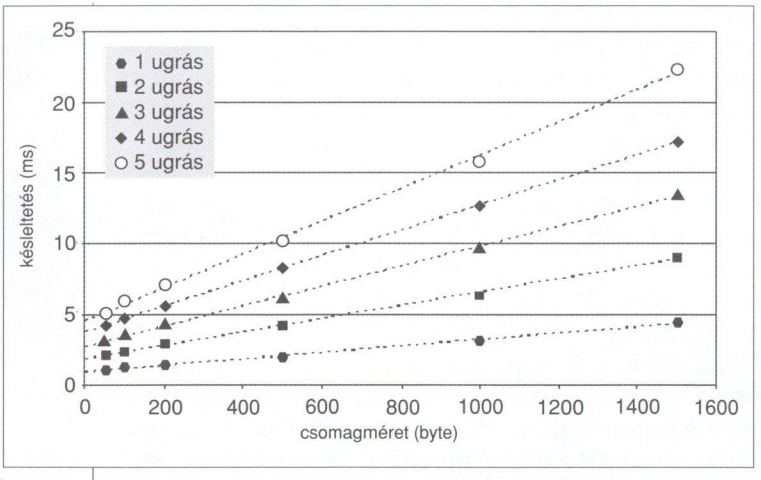


7. ábra Késleltetés hívásátadáskor (downlink 100 kBs UDP folyam, 1024 Byte csomagméret)

3.4 Vizsgálat K.1

A mérés során az átlagos csomagkésleltetést vizsgáltuk statikus állapotban (azaz amikor nincs hívásátadás, és a mobil egység és az aktuális BAR közti útvonal sem változik) a mobil állomás és a BAR közti ugrásszám, valamint a csomagméret függvényében. Amíg csomagforgalom nem közelítette meg a hálózat átbocsátóképességét, az összes többi paraméter (csomagküldési gyakoriság, adatfolyam iránya, stb.) nem befolyásolta a késleltetés értékét.

A méréseket UDP forgalommal végeztük. TCP folyamok esetén nincs hasznos információértéke annak, hogy



8. ábra Átlagos késleltetés a csomagméret és az ugrásszám függvényében

a csomagméret függvényében vizsgáljuk az átviteli paramétereket. Ebben az esetben ugyanis a késleltetés értékét a BAR-hoz vezető útvonal hossza mellett a TCP forgalomszabályozó mechanizmusa határozza meg. Az útvonalhosszak megváltozása az ad hoc hálózatban okozhatja a TCP időzítők lejárását és így nagyobb késleltetések is megjelenhetnek. Ugyanakkor ezt a jelenséget bármikor előidézheti a rádiós hálózatokban sokkal gyakoribb csomagvesztés, illetve a vezetékes hálózatban megszokottnál jóval nagyobb jitter is. Ezt az észrevételt a mérési eredmények is alátámasztották.

Az átlagos csomagkésleltetést a csomagméret és ugrásszám függvényében a *8. ábrán* ábrázoltuk. A várakozásoknak megfelelően a mérési eredmények közel lineáris összefüggést mutatnak az átlagos csomagkésleltetés és az ugrásszám, illetve a csomagméret közt. Mindez természetesen csak addig igaz, amíg a hálózat nincs túlterhelve.

4. Összefoglaló

Ebben a cikkben egy olyan architektúrának a kísérleti megvalósítását ismertettük, amelyik ötvözi az IP alapú cellás mobil és ad hoc hálózatok előnyeit. Kiépített infrastruktúraként a BRAIN rádiós hozzáférési hálózatot, mikromobilitási protokollnak a BCMP-t használtuk. Ehhez a hálózathoz az AODV útvonalválasztó protokoll segítségével illesztettük az ad hoc hálózatot. Az illesztéshez szükséges szoftverelemeket mi valósítottuk meg.

A kiépített teszthálózat segítségével bizonyítottuk az architektúra működőképességét. Elvégeztük a megvalósítás teljesítményvizsgálatát, mérve az ad hoc kiterjesztés befolyását az eredeti hozzáférési hálózat átviteli jellemzőire.

A BCMP mikromobilitás protokoll ad hoc kiterjesztésében megvalósított soft handovernek köszönhető hívásátadás során egyáltalán nem történik csomagvesztés. A csomagkésleltetést kizárólag a BAR és a mobil állomás közt kiépült útvonal ugrásszámban mért hossza, valamint az ad hoc hálózat terheltsége befolyásolja. Ez az érték

még a reálisan megvalósítható maximális ugrásszámok (kb. 5 ugrás) esetén is nagyon kedvező és lehetővé teszi akár valós idejű hálózati multimédiás alkalmazások használatát is.

A BAR-hoz vezető útvonal megváltozása esetén már nem ilyen kedvező a helyzet: kompromisszumot kell kötnünk a hálózat átbocsátóképességének növelése és a csomagvesztés minimalizálása közt. Az adatkapcsolati szintű visszajelzés jövőbeli megvalósításával azonban várhatóan az AODV protokoll esetén is hasonló javulást remélünk, mint amit a hívásátadások során a soft handover bevezetésével értünk el.

Irodalom

[1] Distributed Benchmark System (DBS) fejlesztői honlapja, http://www.kusa.ac.jp/~yukio-m/dbs/index.html

[2] Network Time Protocol (NTP) fejlesztői honlapja, http://www.eecis.udel.edu/~ntp

[3] A MacKill kernel modul disztribúció, http:// www.docs.uu.se/~henrikl/aodv/mackill-0.1.tar.gz

[4] A tcpdump fejlesztői honlapja, http://www.tcpdump.org/

[5] Kersch Péter, Simon Csaba, Vajda Lóránt, „IP mikromobilitási protokollok ad hoc kiterjesztése", Hiradástechnika, Április 2003.

[6] Az IST-BRAIN projekt honlapja, http://www.ist-brain.org

[7] Cs. Keszei et al., „BRAIN Candidate Mobility Protocol Specification", IST-MIND document, November 2001.

[8] Charles E. Perkins et al, „Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing" draft-ietf-manet-aodv-11.txt.

[9] Uppsala University, AODV megvalósítás honlapja, http://user.it.uu.se/~henrikl/aodv

[10] Ad hoc kiterjesztés mikromobilitás protokollokhoz: http://home.sch.bme.hu/~kpeti/ad-hoc-extension

[11] A.Török, I. Moldován, Cs. Simon, „Improving TCP Performance in Mobile Ad Hoc Networks Using Mobility Prediction„, IEEE MWCN 2001, Recife, Brasil.

[12] Linux Debian disztribúció honlapja, http://www.debian.org

Hírek

2003. május 16. és 18. között tartják meg a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen a Magyar Villamosmérnök-hallgatók Egyesületének és a Schönherz Kollégium Számítástechnikai Körének szervezésében, a Fornax Rt. Támogatásával a **III. BME Nemzetközi Nyílt 24 órás Programozói Csapatversenyt**.

A 4000 euró összdíjazású verseny háromfős csapatok között zajlik, és pontosan 24 óráig tart. A számos részfeladat egy probléma köré épül, melynek megoldása széles körű informatikai ismereteket igényel, ideértve a programtervezést, kódolást, hálózati ismereteket, valamint a mesterséges intelligenciát is. Az alapszintű ismeretek készségszintű használata létkérdés, ugyanakkor a verseny ideje alatt a rendelkezésükre bocsátott írott anyagok önálló feldolgozásával új ismereteket is el kell sajátítaniuk. A fejlett problémamegoldókészség szintén nélkülözhetetlen.

A csapatok a verseny ideje alatt tetszőleges fejlesztőeszközöket és segédanyagokat használhatnak, a feladatot a helyszínen üzembe helyezett, saját számítógépeiken oldják meg úgy, hogy természetesen semmilyen külső segítséget nem vehetnek igénybe. Internet és mobiltelefon nem használható.

Az informatika világában általános gyakorlat, hogy olyan versenyt írnak ki, ahol adott idő alatt kell valamilyen feladatot megoldani. Ritkaság azonban a jelenlegihez hasonló versenykiírás, hiszen a 24 órás megállás nélküli programozás során nem csak a tudás, a programozói tehetség számít, hanem az is, hogy a résztvevők mennyire bírják a fokozott fizikai és pszichikai igénybevételt.

A három éve indult kezdeményezés egyre jelentősebb eseménnyé nőtt: a szervezők idén először nemzetközi szinten hirdették meg a versenyt. A várható fokozott érdeklődés miatt április 12-én előválogatóra került sor az Interneten keresztül, amelyet követően a legjobb 40 csapat vesz részt a budapesti versenyen.

Hírek

Február utolsó hetében a szoftverletöltések száma átlépte a tízmilliós határt az **[origo]** oldalain működő Szoftverbázison. A három és fél éve működő oldalon a napi 8-10 ezer felhasználó átlagosan 15 ezer szoftvert tölt le a jelenleg elérhető 6,5 ezer különböző ingyenes programot tartalmazó választékból. A toplista változatos képet mutat: a legnépszerűbb szoftverek között vírusirtó, böngésző, játék, térkép és képernyővédő egyaránt megtalálható. A nevezetes, tízmilliomodik letöltés az AIDA32 v3.30 magyar nyelvű változata volt.

•

A Nemzetközi GSM Szövetség Cannes-ban megrendezett 2003. évi díjátadó gáláján a legjobb mobil fogyasztói szolgáltatás kategóriájában a Vodafone kapta a mobiltelefon-ágazat legnagyobb elismerést jelentő díját. A **Vodafone live!** szolgáltatással egy beépített kamerával ellátott telefonról – könnyen kezelhető színes menüből – színek, hangok és képek küldhetők. Az ügyfelek képeket rögzíthetnek és küldhetnek, letölthetik és lejátszhatják a legújabb mobiltelefonos játékokat, csengőhangokat, beszéd- és szöveges üzeneteket, valamint e-maileket.

•

Az adattárház megoldások Magyarországon az utóbbi két évben jelentek meg, Nyugat-Európában és a tengerentúlon azonban már több, mint fél évtizede elterjedt a használatuk. A **META Group** szerint az adattárházas adatbázis-kezelő rendszerek (DBMS-ek) eladásai 2003-ra elérik a 8 milliárd dollárt, mely eredmény mögött elsősorban a cégek ügyfélkapcsolat-kezelő (CRM), üzletintelligencia- és üzleti-teljesítmény-kezelő rendszerei állnak. Az adatok integrált kezelése, és az ezekből az adatokból készülő jelentések és elemzések a cégeknek bevételnövekedést és egyben költségcsökkenést hoznak. Bár nagyon nehéz az adattárak megtérülését mérni – mivel igencsak eltérő célúak és eltérő forrásokból táplálkozóak lehetnek – a független felmérések átlagosan négyszeres ROI mutatóról beszélnek, mint a technológia létjogosultságának egyik fő jellemzőjéről.
Az adattárházak költséghatékony építéséhez jelentős mértékben járul hozzá az Oracle új üzleti intelligencia platformja. Az Oracle9i DBMS azáltal, hogy magába olvasztja a multidimenzionális elemzések, az adatbányászat és az adatkivonatolás, transzformáció és adatbetöltés (ETL) támogatását, alacsonyabb szoftver költséget eredményez. Ugyanakkor – mivel az on-line elemzés és az adatbányászat az adatbázisban tárolt adatokon történhet –, szükségtelenné válik az adatinterfészek megírása ezen funkciók alkalmazásához.

•

Az **Oracle és a Nokia** a mobil megoldás kifejlesztésével kívánja biztosítani a vállalaton belüli hangposta, e-mail, előjegyzésnaptár, fájlkezelés és tartalomkeresés elérhetőségét. A dolgozók egyetlen integrált, egységes környezetet használhatnak különböző mobil eszközökről és platformokról. A program a tervek szerint Nyugat-Európában indul, de tervezik a megállapodás kiterjesztését a két amerikai kontinensre, Délkelet-Ázsiára és a csendes-óceáni térségre is.

•

Az **Oracle9i** alkalmazáskiszolgálót használó ügyfelek száma a 2002-es üzleti év során Európa, a Közel-Kelet és Afrika térségében (EMEA) 69 százalékkal emelkedett. Az Oracle9i alkalmazáskiszolgálót megvásárlók száma rávilágít arra, hogy a vállalatok becsülik az Oracle köztessszoftvereket, amelyek könnyen integrálhatóak az e-business termékvertikumba.

Játékelméleti módszerek

LÓJA KRISZTINA DOKTORANDUSZ

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Távközlési és Telematikai Tanszék
loja@math.bme.hu

Reviewed

A kialakuló távközlési verseny modellezésének egyik lehetséges eszköze a játékelmélet. A cikk célja, hogy áttekintést nyújtson az alapvető játékelméleti módszerekhez, néhány egyszerű távközlési példán is szemléltetve azok működését.

A távközlés liberalizálódásával oligopol piac alakul ki mind a vezetékes, mind a mobil távközlésben. Míg monopólium esetén a beruházónak egy jól definiált függvényt kell maximalizálnia, oligopol helyzetben a többi résztvevő döntéseit is figyelembe kell venni. Ennek a problémának a modellezésére nyújt alkalmas eszköztárat a nem-kooperatív játékelmélet. Nem-kooperatívnak azokat a játékokat tekintjük, melyben a résztvevők nem tudnak betartatható megállapodásokat kötni.

Először a játékelmélet központi fogalma, a Nash-egyensúly kerül bevezetésre, az első rész a tiszta Nash-egyensúlyokkal kapcsolatban felmerülő problémákra világít rá. Ezután kevert stratégiák bevezetésével definiáljuk a kevert Nash-egyensúlyt.

A harmadik szakaszban a statikus játékokra alkalmazható, Nash-egyensúlyt adó módszert, a dominált stratégiák eliminációját ismertetjük, a negyedikben dinamikus játékokra mutatunk olyan módszert, amely a Nash-egyensúly egy finomításához vezet. Ezután egy példát említünk kaotikus jelenségek megjelenésére, végül a nem teljes információs játékokra alkalmazható Harsányi-transzformációt ismertetjük.

1. Nash-egyensúly

Legyen $n \geq 2$ természetes szám a játékosok száma és legyen A_k a k-adik játékos stratégiáinak halmaza. A stratégia egy- vagy többlépéses döntés, amely a játék során előforduló összes lehetséges szituációban meghatározza a játékos viselkedését. A játékosok egymástól függetlenül döntenek, a k-adik játékos az $a_k \in A_k$ stratégiát választja, és ezzel haszna $\pi_k(a_1, \ldots, a_k, \ldots, a_n)$ valós szám. A játékosok egy stratégia-együttese Nash-egyensúlyt alkot, ha egyiküknek sem érdemes egyoldalúan eltérni az egyensúlyi stratégia-együttesben szereplő saját stratégiájától. Legyen $a_{-k}=(a_1, \ldots, a_{k-1}, a_{k+1}, \ldots, a_n)$ az $a=(a_1, \ldots, a_k, \ldots, a_n)$ vektor k-adik elemének elhagyásával keletkező vektor. Ekkor az $(a_1^*, \ldots, a_n^*)$ stratégia-együttes (gyenge) Nash-egyensúlyt alkot, ha $\pi_k(a_k^*, a_{-k}^*) \geq \pi_k(a_k, a_{-k})$ minden $a_k \in A_k$ stratégiára (k=1, 2, ..., n). Szigorú egyenlőtlenségek esetén a stratégia-együttes erős Nash-egyensúlyt képez.

Az $a_k^* \in A_k$ stratégia a k-adik játékos legjobb válasza a többi játékos valamilyen $a_{-k} \in A_{-k}$ stratégia-együttesére, ha $a_{-k} \in A_{-k}$ esetén a_k^* maximalizálja a k-adik játékos hasznát. A Nash-egyensúly tehát azt jelenti, hogy minden játékos (nem feltétlenül egyértelmű) legjobb választ ad a többiek egyensúlyi stratégiájára.

Példaként tekintsünk egy duopol piacot, melyben a két vállalat döntést hoz a hálózat méretére vonatkozóan [1]. Tegyük fel, hogy az első vállalat három, a második négy lehetőség közül választhat, a növekvő sorszámú lehetséges stratégiákhoz mind nagyobb hálózatméret tartozik, és kifizetéseik az *1. táblázatban,* a kifizetési mátrixban feltüntetett értékek (az egyes cellákban az első szám az első vállalat haszna, a második a másiké).

		2. vállalat			
		1.	2.	3.	4.
1. vállalat	1.	2, 6	1, 7	1, 6	0, 5
	2.	3, 5	**2, 6**	1, 5	0, 4
	3.	3, 4	1, 5	1, 4	-1, 2

1. táblázat Példa Nash-egyensúlyra

Ha mindkét cég a második lehetőséget választja, akkor alakul ki a Nash-egyensúly, az első cég haszna 2, a másodiké 6, és ezt egyikük sem tudja egyoldalú változtatással növelni. (A Nash-egyensúlyhoz tartozó hasznokat itt és a későbbiekben is vastagított számok jelzik a mátrixban.)

Nash-egyensúly az oligopol piacok Cournot-egyensúlya és Bertrand-egyensúlya is, az ár, illetve a termelt mennyiség meghatározása oly módon, hogy attól egyik cégnek sem éri meg eltérnie.

A Nash-egyensúllyal kapcsolatban több probléma is felmerül. Van olyan játék, aminek egyáltalán nem létezik (tiszta)[1] Nash-egyensúlya. Erre példa a kő-papír-olló játék *(2. táblázat).* A két játékos egyszerre választ követ, papírt vagy ollót, az azonos választás döntetlent eredményez mindkét játékosnak 0 haszonnal, különböző választás esetén az olló a papírral, a kő az ollóval, a papír a kővel szemben nyer, a nyertes haszna 1, a vesztesé -1. Könnyen látható, hogy a két játékos nem tud olyan együttes döntést hozni, amitől valamelyiküknek ne érné meg eltérni, tehát ennek a játéknak nincs (tiszta) Nash-egyensúlya.

[1] *A tiszta stratégiák fogalmát a 2. pontban tisztázzuk.*

2. táblázat Kő-papír-olló		2. játékos		
		Kő	Papír	Olló
1. játékos	Kő	0, 0	-1, 1	1, -1
	Papír	1, -1	0, 0	-1, 1
	Olló	-1, 1	1, -1	0, 0

3. táblázat Nemek harca		Feleség	
		Meccs	Balett
Férj	Meccs	**4, 3**	2, 2
	Balett	1, 1	**3, 4**

4. táblázat Fogolydilemma		2. fogoly	
		Tagad	Vall
1. fogoly	Tagad	-1, -1	-10, 0
	Vall	0, -10	**-8, -8**

5. táblázat Fogolydilemma- változat		2. játékos	
		Önzetlen	Önző
1. játékos	Önzetlen	3, 3	0, 4
	Önző	4, 0	**1, 1**

Olyan játékra is adható egyszerű példa, ahol ugyan létezik Nash-egyensúly, de az nem egyértelmű. Ilyen a nemek harca játék. Két játékos van, a férj bokszmeccsre szeretne menni, a feleség balettra. Mindkettejüknek fontosabb, hogy együtt legyenek, mint hogy egyéni preferenciájukat érvényesítsék, de nincs lehetőségük egyeztetni. A kifizetési mátrix a *3. táblázatból* olvasható ki. Látható, hogy az is Nash-egyensúly, ha mindketten bokszmeccsre, és az is, ha mindketten balettra mennek.

Természetesen életszerűbb példák is adhatóak hasonló kifizetési mátrixszal. Például ilyenek a szabványosítási kérdések. A gyártó cégeknek fontosabb termékeik kompatibilitása, mint egyéni érdekeik. Nash-egyensúlyt ebben az esetben azok a döntés-együttesek képeznek, melyben valamely céghez alkalmazkodik a többi, így minden cég annak gyártmányával kompatibilis terméket állít elő.

A valódi probléma nem is az, ha több egyensúly van, hanem az, ha nem tudunk közülük választani. Adható példa számtalan Nash-egyensúllyal rendelkező játékra, ahol a játékosok számára valamelyik egyensúlyi döntés-együttes mégis kiválasztható valamilyen elv alapján.

Ilyen a Kreps [2] által javasolt játék, melyben két résztvevő kap egy városokat tartalmazó listát, amelyből mindkettejüknek ki kell választaniuk egy részhalmazt egy-egy előre megadott elemmel. Ha a két lista pontosan particionálja az eredetit, akkor mindketten kapnak egy pénzösszeget, egyébként semmit. Ebben a játékban minden partíció Nash-egyensúly, ezek játékelméleti szempontból teljesen egyenértékűek, de a két játékos mégis ki tud egyet választani előzetes megbeszélés nélkül, például politikai vagy földrajzi szempontok alapján.

Azokat az egyensúlyokat, melyeket a több létező Nash-egyensúlyból, játékelméleten kívüli megfontolások segítségével tudnak a játékosok előzetes egyeztetés nélkül kiválasztani, fókuszpontnak nevezzük.

Ha létezik Nash-egyensúly, és az egyértelmű is, akkor sem biztos, hogy az optimális. A legismertebb ilyen példa a fogolydilemma *(4. táblázat)*.

A történet a következő: két gyanúsítottat egy bűncselekmény közös elkövetésének vádjával letartóztat a rendőrség, de nincs ellenük elég bizonyíték. Külön cellába zárják őket, és a következő lehetőségeket ajánlják fel nekik: Ha mindketten tagadnak, csak egy-egy évet kapnak, ha mindketten beismerő vallomást tesznek, akkor nyolc-nyolc évet. Ha azonban az egyikük vall, a másik tagad, akkor az előbbi szabadlábra kerül, a másik tíz évet kap.

Látható, hogy ez esetben egyértelmű Nash-egyensúly létezik, csakhogy az nem optimális.[2] Az egyensúly az, ha mindketten vallanak, így mindkét fogolynak nyolc évet kell leülnie, holott egy-egy évvel is megúszhatták volna.

A probléma leírásának egy másik lehetséges módja a következő *(5. táblázat)*. Mindkét játékos arról dönthet, hogy ő kapjon 100 dollárt, vagy a másik 300 dollárt. Ha mindkét játékos önzetlenül viselkedik, mindkettejük haszna 300 dollár. Azonban a Nash-egyensúly szerint mindkettejük haszna 100 dollár. A játék teljesen ekvivalens a 4. táblázatban leírt játékkal.

A fogolydilemmához hasonló szerkezetű problémával találkozunk, ha két cég a reklámozás mértékéről dönt egy duopol helyzetben. Tegyük fel, hogy mindkét cégnek két választása van, vagy sokat költenek reklámra, vagy keveset. Ha az egyik sokat reklámoz, a másik keveset, akkor a piac nagyobb részét az ismertebb vállalat nyeri majd el. Legjobban úgy járnak, ha mindketten visszafogják a reklámra fordított kiadásaikat. Mégis az a Nash-egyensúly, és a gyakorlatban is az történik, hogy mindketten sokat költenek erre a célra, bár ez nem térül meg nekik.

A fogolydilemma játékban tehát egy olyan Nash-egyensúly adódik, ami nem optimális, de érdemes a játékosoknak azt választani, mert a másik bármely döntésére legjobb választ ad.

Olyan játék is konstruálható, ahol az egyértelmű Nash-egyensúlyt valószínűleg egyetlen játékos sem választja. Ilyen a következő, Kreps [2] által felvetett szituáció. Két játékos van, mindkettőnek az X és az Y betűk közül kell egymástól függetlenül választania. Ha mindketten Y-t választják, mindketten 1 dollárt kapnak, ha egyikük X-et, a másik Y-t, egyikük sem kap semmit, ha mindketten az X-et választották, akkor a játék második szintjére lépve mindkettőnek függetlenül és egyidejűleg egy-egy pozitív egész számot kell megneveznie. Amelyikük a nagyobb számot mondja, 250 dollárt kap, a másik 100-at. Ebben az esetben az egyetlen Nash-egyensúly az (Y, Y) döntés-együt-

[2] *A Nash-egyensúly ebben az esetben Pareto-értelemben nem optimális, azaz van olyan stratégiapár, mellyel mindkét játékos haszna nagyobb.* ***A szerk. megj.:*** *Minden esetben, ahol a Nash-egyensúly és a Pareto-optimum nem esik egybe, érdemes megvizsgálni a problémafelvetés jogosságát vagy realitását. Ez látszik a reklám esetében is, ahol figyelembe kell venni, hogy a bevétel nincs lineáris kapcsolatban a reklámmal.*

tes, amit feltehetően nem fognak választani a játékosok, hiszen az (X, X) választás mindkettejüknek legalább 100 dollár hasznot hoz.

A kevés hasznot adó (Y, Y) azért áll elő egyértelmű Nash-egyensúlyként, mert az (X, X) választást követő játéknak nincs Nash-egyensúlya. Ha az (X, X) döntés-együtteshez (100, 100) kifizetés tartozna további döntés nélkül, akkor (X, X) lenne a játék másik (Pareto-optimális) Nash-egyensúlya.

2. Kevert Nash-egyensúly

Az eddigi példákban a játékosok kiválasztottak egy stratégiát, amit 1 valószínűséggel követtek. Ezt hívjuk tiszta stratégiának. Neumann János vezette be a kevert stratégiákat, ahol az egyes lehetőségek közötti választás a véletlenen alapszik. Legyen P_i egy valószínűségeloszlás az *i.* játékos stratégiahalmazán. Legyen $p_i(a_j) \geq 0$ valós szám az a_j stratégia választásának valószínűsége. Az egyszerűség kedvéért legyen csak két játékos. Ekkor az *i.* játékos nyereményének várható értéke a P_1 és P_2 valószínűségeloszlásoktól függ.

$$\pi_i(P_1, P_2) = \sum_{a_1 \in A_1} \sum_{a_2 \in A_2} p_1(a_1) p_2(a_2) \pi_i(a_1, a_2)$$

Az *i.* játékos (i=1, 2) Neumann-Morgenstern-féle hasznosságfüggvénye a következő:

A Nash-egyensúly természetes módon kiterjeszthető kevert stratégiákra is. A korábban ismertetett kő-papír-olló játéknak például (aminek tiszta Nash-egyensúlya nincs) egyértelmű kevert Nash-egyensúlya van: a p_i(kő)= p_i(papír)=p_i(olló)=□, (*i*=1, 2), azaz mindkét játékos □ valószínűséggel választja mindhárom lehetséges döntését.

Ahogy a következő tétel mutatja, Nash-egyensúly meglehetősen általános feltételek mellett létezik. Nash tétele szerint minden *n*-személyes játéknak létezik legalább egy tiszta Nash-egyensúlya, ha az A_k stratégiahalmaz nem-üres, konvex és kompakt halmaza egy véges-dimenziós euklideszi térnek minden *k*-ra, és a *k*-adik játékos $\pi_k(a_1, \ldots, a_k, \ldots, a_n)$ haszna folytonos minden változójában és kvázikonkáv[3] a_k-ban (*k*=1, 2, ..., *n*).

Nash kevert stratégiákra vonatkozó tétele szerint, ha az eredeti (tiszta) stratégia-halmazok végesek, akkor a kevert stratégiák alkalmazásával létre jövő bővített stratégiahalmazokon definiált játéknak van legalább egy kevert Nash-egyensúlya.

3. Dominált stratégiák eliminációja

Dominált stratégiák iterált eliminációja

Legyen $a_1^* \in A_1$ és $a_1 \in A_1$. Azt mondjuk, hogy a_1^* gyengén dominálja a_1-et, ha minden $a_2 \in A_2$ stratégia esetén az 1. játékos haszna a_1^*-ot alkalmazva legalább akkora, mint ha a_1-et választaná, azaz $\pi_1(a_1^*, a_2) \geq \pi_1(a_1, a_2)$ minden $a_2 \in A_2$ esetben, és létezik olyan $a_2' \in A_2$, melyre $\pi_1(a_1^*, a_2') > \pi_1(a_1, a_2')$. Az a_1^* erősen dominálja a_1-et, ha $\pi_1(a_1^*, a_2) > \pi_1(a_1, a_2)$ minden $a_2 \in A_2$ esetben. Például a fogolydilemma esetében a tagadást erősen dominálja a vallomástétel; ha a másik vall, az első fogoly tagadással 10, míg vallomástétellel csak 8 évet kap, ha a másik tagad, tagadással 1 évet kell leülnie az első fogolynak, míg vallomástétellel egyet sem.

A játékelméletben általános feltevés, hogy a szereplők racionálisak, így feltesszük, hogy olyan stratégiát, amely minden esetben rosszabb, mint valamely másik, nem választanak, tehát a dominált stratégiákat elhagyhatjuk a vizsgált játékból. Az így kapott játékból szintén elhagyhatjuk a dominált stratégiákat. Ezt az eljárást folytatva előfordulhat, hogy egyetlen döntés-együttesünk marad. Ekkor az biztosan Nash-egyensúly.

		2. játékos		
		x	y	z
1. játékos	u	6, 3	1, 5	0, 6
	v	1, 7	**2, 8**	2, 6

6. táblázat Iterált elimináció

Példaként tekintsük a *6. táblázatban* ábrázolt játékot. Mivel y dominálja x-et, feltehetjük, hogy a 2. játékos nem fogja választani x-et. Ha az x stratégiát kizárjuk, a megmaradt lehetőségeket tekintve v dominálja az u stratégiát. Ha u-t is kizárjuk, y dominálja z-t. Tehát a (v, y) stratégia-együttes marad, ami a játék egyetlen Nash-egyensúlya.

Ez a módszer azonban nem mindig alkalmazható. Vannak játékok, amelyekben az eljárás leszűkíti ugyan a vizsgálandó játékot, de nem vezet egyetlen döntés-együtteshez, és olyan példa is könnyen adható, melyben egyik stratégia sem dominálja a másikat. Ilyen a nemek harca is. Ott két tiszta (és egy kevert) Nash-egyensúly van, és az ezek közötti választást ez a módszer sem könnyíti meg.

		2. játékos	
		u	v
1. játékos	x	**1, 1**	0, 0
	y	0, 0	**10, 10**

7. táblázat

A *7. táblázatban* vázolt játék esetében, bár szintén két Nash-egyensúly van, az ezek közötti választást segíti a két egyensúlyhoz tartozó hasznosságok közt lévő jelentős különbség. Ez alapján a játékosok az (y, v) döntés-együttest választják, de a dominált stratégiák iterált eliminációja nem vezet erre a megoldásra, ugyanis ennek a játéknak nincs dominált stratégiája, y nem dominálja x-et és v sem u-t.

Ha csak az erősen dominált stratégiákat hagyjuk el, akkor, ha létezik egyensúly, az egyértelmű. Nem ez a helyzet a gyengén domináns stratégiák iterált eliminációjával. Erre ad példát Rasmusen [3] a következő játékkal *(8. táblázat).*

[3] *Egy $f: R^n \to R$ függvényt kvázikonkávnak hívunk, ha egy $x \subseteq R^n$ konvex halmazon van értelmezve és minden $\{x \in X: f(x) > t\}$ felső szinthalmaza konvex*

		2. játékos		
		o_1	o_2	o_3
1. játékos	s_1	**2, 12**	1, 10	**1, 12**
	s_2	0, 12	0, 10	0, 11
	s_3	0, 12	0, 10	0, 13

8. táblázat

Ebben a példában különböző sorrendben eliminálva a gyengén dominált stratégiákat más eredményt kapunk. Ha az eliminált stratégiák sorrendje s_3, o_3, o_2, s_2, akkor az (s_1, o_1) stratégia-együttest kapjuk eredményül, ha azonban a sorrend o_2, s_2, o_1, s_3, akkor az (s_1, o_3) stratégiapárt.

Dominált stratégiák egy-lépéses eliminációja

Gyengén domináns egyensúlynak hívjuk azt a stratégiakombinációt, melyet úgy nyerünk, hogy töröljük a játékból az egyes játékosok összes gyengén dominált stratégiáját.

Mivel ez esetben az elimináció egy lépésben történik, (így nincsenek olyan stratégiák, melyeket azért tudunk eliminálni, mert valamely másik stratégiát már töröltük), ezzel az eljárással végül legalább annyi stratégia megmarad, mint az iterált esetben, például az előző játékban a két Nash-egyensúlyhoz tartozó stratégiák.

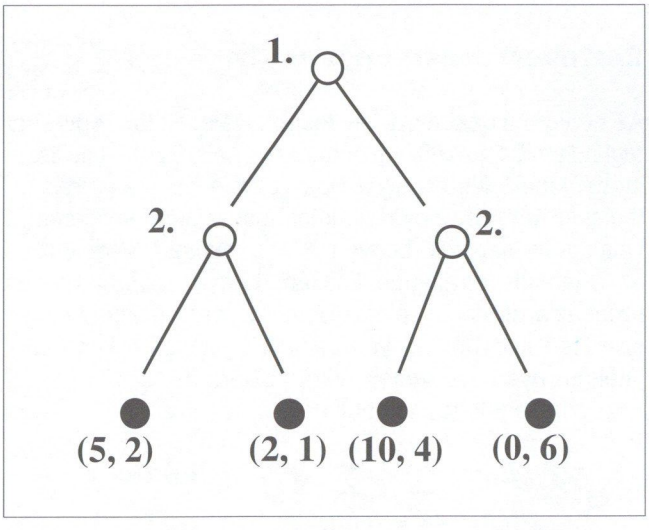
4. Dinamikus játékok

Az eddigi példákban a játékok mátrixos alakját, a normálformát használtuk. Ez elterjedt ábrázolási módja az olyan játékoknak, melyben a játékosok egyidejűleg döntenek. A másik lehetőség a játék fa struktúrájú ábrázolása, az extenzív forma, amit főleg szekvenciális (dinamikus) játékokra alkalmaznak, tehát olyankor, mikor a játékosok bizonyos sorrendben döntenek a többiek addigi lépéseinek ismeretében.[4]

A következő példában két játékos van, mindkettő két lehetőség közül választhat, vagy jobbra, vagy balra lép. Először az első játékos lép, majd döntésének ismeretében a második. Az ábrán az üres körök jelzik az egyes döntési pontokat, a fekete körökkel jelölt végpontok alatt láthatóak a kifizetések.

A hátráló indukció[5] alkalmazása során először az utoljára döntést hozó játékost tekintjük, és feltesszük, hogy minden döntési pontban a játék azon kimenetelét választja, amely nagyobb haszonnal jár a számára. Az utolsó előttiként döntést hozó játékos már csak ezeket a kimeneteleket veszi figyelembe és így dönt. Ily módon a játék végéről visszafelé haladva kirajzolódik a játék menete, ami egy Nash-egyensúlyt eredményez.

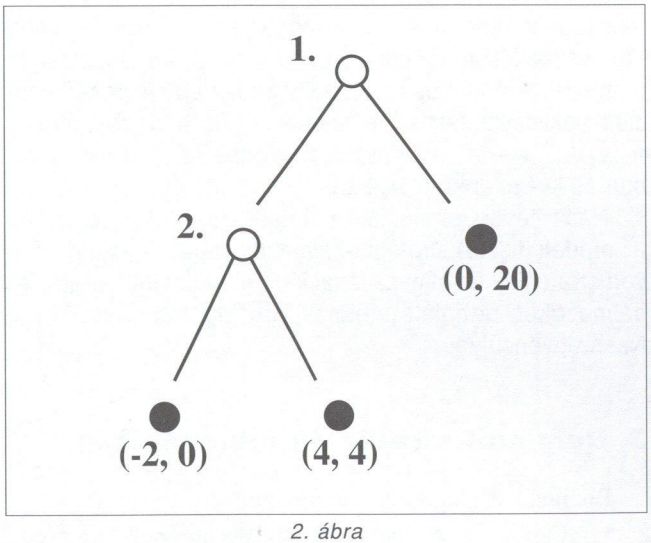
Az *1. ábrán* látható példában, ha az első játékos jobbra lép, akkor a másik nyeresége jobbra lépve 6, balra 4, ezért feltesszük, hogy ebben a döntési pontban jobbra lép. Ha az első játékos balra lép, akkor a másik nyeresége 2, ha balra lép és 1, ha jobbra. Feltesszük ezért, hogy balra lép. Mindezt végiggondolva az első játékos balra fog lépni és ezután szintén balra lép a második, így nyereségük (5, 2). Így eljutottunk a játék egyetlen Nash-egyensúlyához, ami ugyan nem Pareto-optimális, mert a (jobb, bal) stratégiapár a (10, 4) kifizetést eredményezné, tehát mindkét játékos haszna duplája lenne, de ez a megoldás nem stabil, mivel a második játékosnak megéri eltérni így 6-ra növelve a hasznát.



1. ábra

Ezzel az eljárással általában hatékonyan megoldható egy szekvenciális játék. Természetesen ennek a módszernek is vannak korlátai. Egy játék fája lehet például végtelen, amikor ezt az eljárást el sem tudjuk kezdeni.

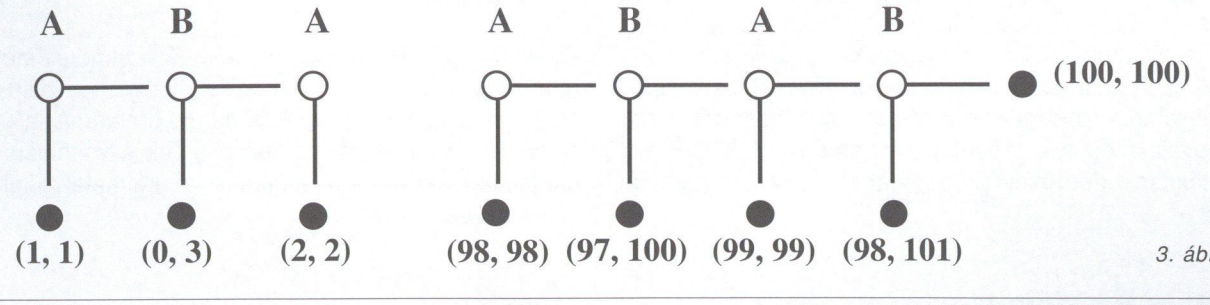
Olyan játék is van, ahol elvileg ugyan alkalmazható a hátráló indukció, de gyakorlatilag megvalósíthatatlanul bonyolult. Ilyen például a sakk, aminek a fája véges, mégsem tudjuk az optimális stratégiát ezzel az eljárással meghatározni.



2. ábra

[4] *Az eddig ismertetett statikus játékok szintén ábrázolhatóak extenzív formában, de akkor a játékosok nem mindig tudják, hogy a fa mely pontjában vannak döntéseik meghozatalakor, ezért szükség van az ún. információs halmaz bevezetésére. Valamely játékos információs halmaza a játék adott pontján azon döntési pontok halmaza, melyek közül a játékos nem tudja meghatározni, hogy melyik az aktuális döntési pont.*

[5] *Egyes irodalmakban erre a módszerre Kuhn-algoritmus néven hivatkoznak.*



3. ábra

A módszer előnye, hogy kizárja a hiteltelen fenyegetéseket. Tekintsük a következő példát *(2. ábra)*: egy duopol piacon két játékos van, az inkumbens és egy potenciális új belépő. Ez utóbbi legyen az 1. játékos, ő lép először, két választása van, vagy belép a piacra, vagy nem. Ha nem lép be, a játéknak vége, a haszna 0, a monopolistáé 20. Ha belép, e döntés ismeretében a 2. játékosnak, a monopolistának két választása van. Ha a monopolárat a duopol piacnak megfelelően lecsökkenti, mindkét cég nyeresége 4 lesz.

A monopolista másik lehetősége, amit a belépő elrettentéseként kilátásba helyez, hogy irracionálisan alacsony árat vezet be, úgy hogy haszna 0-ra csökken és a másik cég tönkremegy, haszna -2. Az 1. játékosnak tehát számolnia kell a csőd veszélyével. Az inkumbens vállalat fenyegetése azonban hiteltelen, ha a belépés már megtörtént, saját hasznát maximalizálja, és nem vezet be a duopolárnál alacsonyabb árat. Ennek figyelembevételével az új cég a hátráló indukciót alkalmazva belép a piacra.

A Nash-egyensúly finomításaként szekvenciális játékokra alkalmazható egyensúly-koncepció a Selten nevéhez fűződő aljáték-tökéletes egyensúly, ami kizárja a hiteltelen fenyegetést. Egy játék aljátéka a már megkezdett játék azon megmaradó része, amely egy olyan döntési pontban kezdődik, aminek a döntési fában elfoglalt helye minden játékos számára ismert, és tartalmazza ezen a döntési ponton kívül az ezt követő döntési pontokat és a megfelelő kifizetéseket.

Az aljáték tehát egy minden játékos által ismert, végpontokig terjedő részfa. Egy stratégia-együttes aljáték-tökéletes (Nash-) egyensúly, ha Nash-egyensúlya az egész játéknak, és megfelelő döntései bármely aljáték Nash-egyensúlyát adják. A hátráló indukció adja a konstruktív bizonyítást az aljáték-tökéletes egyensúly létezésére.

A duopol piacok Stackelberg-egyensúlya is aljáték-tökéletes egyensúly. Ebben az esetben két cég egymást követően határozza meg a termelt mennyiséget úgy, hogy mindkettő döntése legjobb válasz a másikéra.

Konstruálható olyan játék, amely esetében a hátráló indukció által előrejelzett megoldás ugyancsak megkérdőjelezhető. Rosenthal nevéhez fűződik a következő, *3. ábrán* ábrázolt játék, a százlábújáték.

A játék fája véges és mindkét játékos (A és B) által ismert, tehát alkalmazható a hátráló indukció. Az utolsó pontban (ha a játék addig eljut) a B játékos lefele fog lépni, mert ennek nyeresége számára 101, míg jobbra lépve 100 lenne. Emiatt az A játékos az utolsó előtti pontban szintén lefele fog lépni, mert így haszna 99, ha pedig jobbra lépne, akkor mivel B lefele lépne, csak 98 lenne a nyeresége.

A hátráló indukciót folytatva azt kapjuk, hogy az A játékos a játék első döntési pontjában lefele lép, ezzel a játéknak vége, A és B nyeresége egyaránt 1. Kreps [2] kísérletekkel igazolja, hogy a százlábújátékot játszva a kezdőjátékosok nagyon ritkán teszik meg ezt a lépést.

A hátráló indukció alkalmazható többmenetes játékokra is. Tegyük fel, hogy két játékos véges sokszor, például százszor egymás után játssza egymással a fogolydilemma játékot. Az utolsó menetben mindkét játékos vallani fog saját hasznának maximalizálásaként. Emiatt az utolsó előtti menetben sem fog egyikük sem tagadni (kooperálni). A hátráló indukció szerint az első menettől kezdve mindkét játékos mindig vallomást tesz, bár kísérletek szerint ebben a helyzetben általában kialakul a kooperáció.

5. Kaotikus jelenségek

Egész egyszerű játékok vizsgálata során is előfordulhat, hogy kaotikus jelenségekkel találkozunk. Erre mutat példát Sato, Akiyama és Farmer [4].

Tekintsük a már ismertetett kő-papír-olló játéknak egy általánosított változatát *(9. táblázat)*. Ez az eredetitől csak annyiban tér el, hogy döntetlen esetén az első játékos haszna ε_x, a másiké ε_y, ahol $-1<\varepsilon_x<1$ és $-1<\varepsilon_y<1$. Tegyük fel, hogy két játékos ezt játssza ismételten, több meneten keresztül.

		2. játékos		
		Kő	Papír	Olló
1. játékos	Kő	$\varepsilon_x, \varepsilon_y$	-1, 1	1, -1
	Papír	1, -1	$\varepsilon_x, \varepsilon_y$	-1, 1
	Olló	-1, 1	1, -1	$\varepsilon_x, \varepsilon_y$

9. táblázat Általánosított kő-papír-olló játék

Tegyük fel, hogy nem a hasznukat maximalizáló optimális stratégiát játsszák, azaz nem racionálisak, hanem korlátosan racionálisak, stratégiájukat a játék során alakítják ki. Kevert stratégiájukban az egyes valószínűségeket minden menet végén módosítják aszerint, hogy az egyes döntések győzelmet eredményeztek-e. Ekkor a játékosok döntéseinek sorozata kaotikus dinamikát követ.

6. Harsányi-féle transzformáció nem teljes információs játékokra

Az eddigi játékok során a játékosok pontosan ismerték a játék teljes szerkezetét, a másik lehetőségeit és a kifizetéseket. Az ilyen játékokat nevezzük teljes információjú játékoknak. Egy játékot tökéletes (perfekt) információs játéknak hívunk, ha abban minden játékos ismeri a többi játékos addig meghozott döntését. Nem tökéletes információjú játékok például a fentebb normálformában ábrázolt játékok, az egyidejűleg hozott döntések miatt. A két fogalom között lényeges különbség van.

A játékelmélet, ahogy azt Neumann és Morgenstern 1944-ben megalkotta, és minden játékelméleti munka a 60-as évek végéig a teljes információs játékok vizsgálatára szorítkozott. 1964 és 1970 közt az USA Fegyverzet-ellenőrzési és leszerelési hivatala játékelméleti szakembereket alkalmazott, köztük Harsányi Jánost. ő tudta először hatékonyan kezelni a nem teljes információs játékokat.

Ebben a helyzetben a két játékos az amerikai és a szovjet fél. Mindkettő csak a saját helyzetét és lehetőségeit ismeri, nincs egészen tisztában a másik fél politikai céljaival, katonai erejével, békés vagy harcias szándékával és egyéb paramétereivel. Így nem ismerik egymás kifizetéseit, de még a másik stratégiahalmazát sem.

Harsányi ötlete az volt, hogy ezeknek megfelelően felteszi, hogy mindkét játékosnak többféle típusa létezhet, és mindkettő csak a saját konkrét típusát ismeri. Mindkét játékos lehetséges típusaihoz egy-egy valószínűség-eloszlás rendelhető, ez alapján a véletlen választ a lehetséges típusokból a játék elején, de ez a lépés a játékos számára nem megfigyelhető. Ily módon a játék kezelhetővé válik, a másik fél különböző típusaival már lejátszatható a játék, a kifizetéseket a megfelelő valószínűségek szerint összegezhetjük. A nem teljes információs játék ezután csaknem tökéletes információs lesz, ez a Harsányi-transzformáció.

Ez a módszer természetesen nem csak katonai és politikai kérdésekben alkalmazható, de gazdasági versenyben is. A cégek általában csak a saját helyzetüket, lehetőségeiket ismerik pontosan, a másikét nem, de valamilyen valószínűségeket tudnak rendelni a másik cég lehetséges típusaihoz. Harsányi módszere tehát alkalmazható a kibontakozódó távközlési versenyre is.

Összefoglalás

A bemutatott néhány legfontosabb játékelméleti módszer (korlátai ellenére) jól példázza azt, hogy a távközlési versenyben az oligopol piacon felmerülő problémák alkalmas egyszerűsítés után jól modellezhetőek, vizsgálhatóak és megoldhatóak a nem-kooperatív játékelmélet különböző eszközeivel.

Irodalom

[1] R. Konkoly, I. Fekete, A. Gyürke: Evaluation of uncertainties in investment projects, Third European Workshop on Techno-economics for Multimedia Networks and Services, Aveiro, Portugal, 1999.

[2] D. Kreps: Game theory and economic modelling Oxford University Press, 1990.

[3] E. Rasmusen: Games and information, Blackwell Publishers, 1989.

[4] Y. Sato, E. Akiyama, J. D. Farmer: Chaos in learning a simple two person game, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, Vol. 99, Issue 7, 4748-4751, April, 2002.

Aktív tárolókezelő mechanizmusok hatása a TCP adaptivitására

SZABÓ ZOLTÁN[1] – KENESEI ZSOLT[2] – MOLNÁR SÁNDOR[1]

szabo.z@alpha.ttt.bme.hu – Zsolt.Kenesi@eth.ericsson.se – molnar@ttt-atm.ttt.bme.hu
BME, Távközlés és Telematika Tanszék[1], Ericsson Magyarország Kft[2]

Reviewed

Napjainkban az IP (Internet Protocol) alapú távközlés térhódítása, ezzel együtt jelentősége is egyre meghatározóbb. A nem kapcsolat orientált IP-t egészíti ki a TCP (Transmission Control Protocol) szállítás rétegbeli protokoll [3], melyet megbízhatósága miatt leginkább a csomagvesztésre érzékeny adatfolyamok továbbítására alkalmaznak. Legfőbb feladata, hogy minden csomagot hibátlanul, helyes sorrendben továbbítson a két végpont között, s ebből adódik egyik legfontosabb tulajdonsága is. A nyugtázásokkal, a torlódás kezelő mechanizmusaival próbál minél hatékonyabban alkalmazkodni a link szabad kapacitásváltozásaihoz. A cikk arra koncentrál, hogy bemutassa a legelterjedtebb QoS (Quality of Service) technikák hatását a TCP adaptivitására.

1. Bevezetés

A TCP jellegzetessége, hogy mechanizmusok segítségével adaptálódik a háttérforgalomhoz és a maximális szabad linkkapacitást igyekszik elfoglalni. Az adaptáció nem csak azért fontos, mert ez a teljesítményre is hatással van, hanem mert a TCP ezzel az adaptációval bizonyítottan [1] statisztikus jellemzőket vesz át a háttérforgalomtól. Tehát egy olyan érdekes jelenséget tapasztalhatunk, hogy a TCP forgalomra „átmásolódnak" a háttérforgalom jellemzői. Így például a háttérforgalom fraktális tulajdonságai átöröklődhetnek a TCP forgalomra. A TCP protokoll azonban egy végpontok közötti protokoll, így ezen forgalmi tulajdonságokat „elszállítja" a hálózat más pontjára is. Érdekes módon TCP forgalmak egymáshoz is tudnak adaptálódni [1], így az Internetet behálózó és egymást keresztező TCP folyamok egymásnak átadva a hálózat minden pontjára elterjeszthetik ezeket a forgalmi jellemzőket. A jelenség kulcsa a TCP adaptációja, így ennek megértése elengedhetetlen annak pontos magyarázatához.

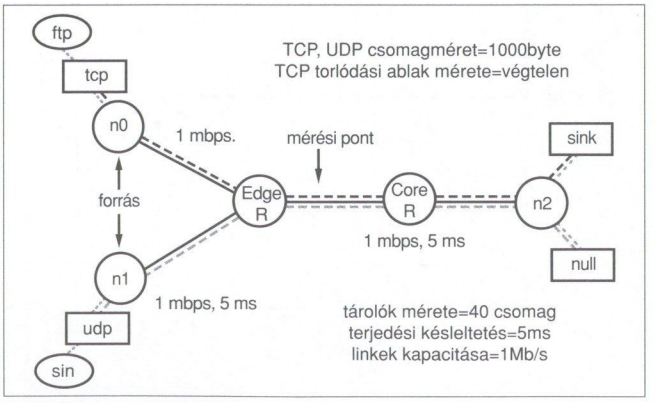
Az IP hálózatok alkalmazásának egyre fontosabb feltétele, hogy a hálózat képes legyen minőségi szolgáltatások biztosítására is. Az ilyen szolgáltatásokat az IP hálózatokban leginkább a *Differentiated Service* [4] segítségével alakítjuk ki. A Diffserv lényege, hogy az adatfolyamokat osztályba sorolással különbözteti meg, és a különböző minőségi osztályba tartozó csomagokat eltérően kezeli.

A forgalom osztályozása mellett a minőségi osztályok kialakítása is a hálózati eszközökben *(router)* történik olyan aktív tároló kezelő mechanizmusok alkalmazásával, melyek dinamikusan képesek kiszolgálni a forgalmat és megelőzni a torlódás.

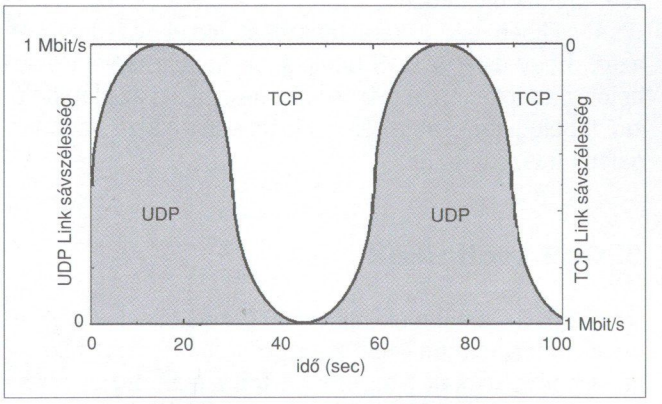
2. Adaptációs karakterisztika

Az adaptáció méréséhez megfelelő módszernek bizonyult egy korábban publikált [2] karakterisztika, mely megalkotásakor arra törekedtek, hogy egyértelműen illusztrálja az adaptációt. Ezt tartva szem előtt, a szimuláció során a TCP-t egy alapvető háttérforgalom és hálózati topológia *(1. ábra)* mellett vizsgálták.

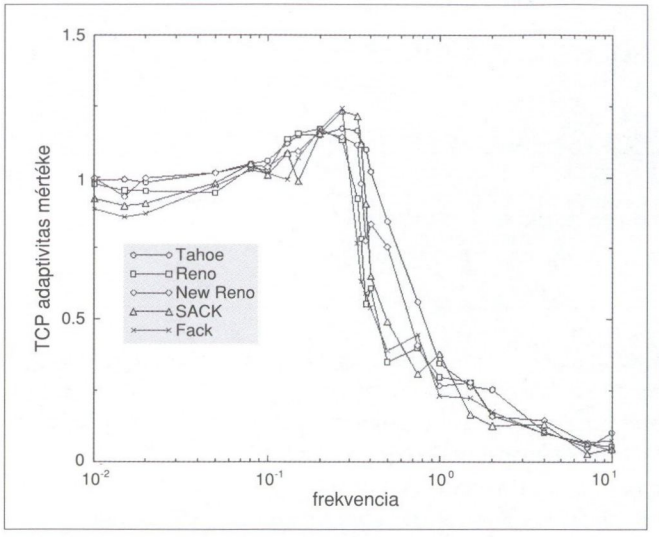
A speciális háttérforgalom egy nem adaptív, UDP folyam, melynek sebességváltozását egy konstans amplitúdójú, adott f frekvenciájú szinuszhullámmal közelítettek, és amely így átlagban a link kapacitásának felét használja. Ha a TCP adaptálódik egy ilyen f frekvenciájú, szinuszosan változó sebességű háttérforgalomhoz, akkor egy idő után a TCP is egy f frekvenciájú szinuszhullámhoz fog hasonlítani, csak ellentétes fázisban *(2. ábra)*.



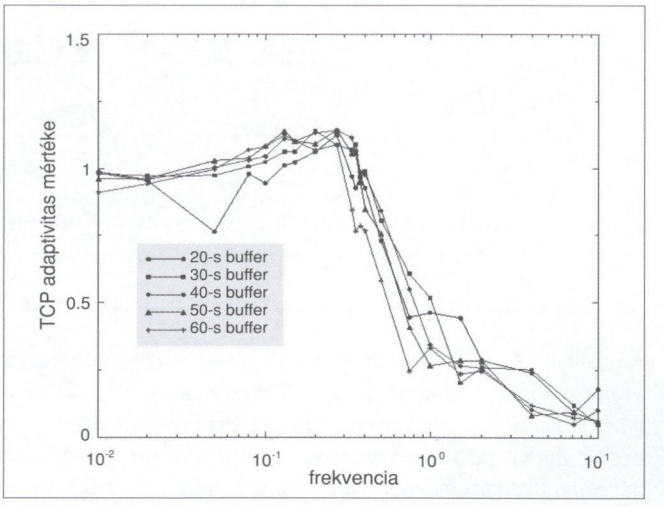
1. ábra A mérések során szimulált hálózat topológiája



2. ábra A TCP és az UDP link kihasználása az idő függvényében



3. ábra Az adaptációs karakterisztika



4. ábra A közös tárolóméret nagyságának hatása a TCP adaptivitására

Ekkor a TCP spektrumában is szignifikánsan megjelenik az f frekvencián a tüske. Ismerve a két forgalom spektrumát az adaptáció mértéke kifejezhető a TCP és az UDP folyam f frekvencián lévő frekvencia komponensek hányadosaként, amely egy tökéletes adaptáció esetén 1.

Több különböző frekvenciájú szinuszosan változó háttérforgalommal kiszámolva ezt a hányadost, felrajzolható az adaptációs karakterisztika *(3. ábra)*, mely a háttérforgalom frekvenciájának a függvényében ábrázolja az adaptáció mértékét. Több TCP verzió esetén is megvizsgálták az adaptációt különböző frekvenciájú háttérforgalmak mellett, és a 3. ábrán látható, hogy adaptivitás tekintetében elhanyagolható különbség van a verziók között.

Az adaptációs karakterisztikán megfigyelhető, hogy kis frekvenciás háttérforgalom esetén ($f_{\text{háttér}} < 0{,}1\text{Hz}$) a TCP szinte tökéletesen adaptálódik, azaz a hányados közel 1. Nagyobb frekvenciákon ($f_{\text{háttér}} > 0{,}3\text{Hz}$) a TCP adaptivitása fokozatosan megszűnik, nem tudja követni a háttérforgalom egyre gyorsabb hullámzásait. A karakterisztikán az is jól látható, hogy a köztes frekvencia tartományban ($0{,}1\text{Hz} < f_{\text{háttér}} < 0{,}3\text{Hz}$) az arány meghaladja az egyet. Ebből arra lehet következtetetni, hogy a TCP ezeken a frekvenciákon sokkal agresszívabb, és a háttérforgalmat részben ki is tudja szorítani a tárolóból. Ezen frekvencia tartományra a továbbiakban *kritikus frekvencia tartomány*ként fogunk hivatkozni.

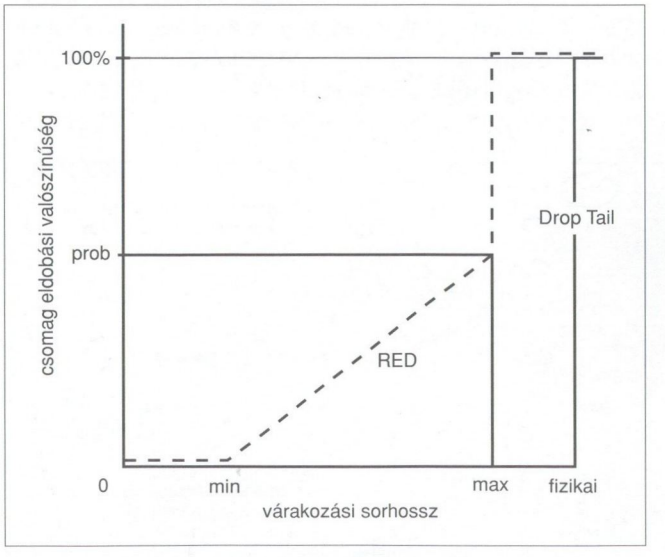
A cikkben ezt a karakterisztikát fogjuk vizsgálni, és azért, hogy csak a QoS beállítások hatása legyen érezhető az adaptáción, a méréseink során is ezt az alap hálózati topológiát (1. ábra) és szinuszosan változó háttérforgalmat használtuk fel.

3. QoS technikák

Mint már az említettük minőségi szolgáltatást (QoS) IP alapú hálózatokban leginkább *Differentiated Service* [4] segítségével oldják meg, ahol a forgalmak osztályozása és a minőségi osztályok kialakítása a hálózati routerek feladata. Méréseink elvégzésekor egyértelműen adódott, hogy a folyamokat a szállítás rétegbeli protokolljaik alapján fogjuk osztályozni, és ennek megfelelően két forgalmi osztályt fogunk kialakítani külön a TCP és külön az UDP forgalom számára.

Az [1] cikkben az adaptációs karakterisztika megalkotásakor a TCP és UDP folyam megkülönböztetés nélkül osztozik egy fix méretű, 40 csomag befogadásra képes, közös, tárolón, mely mindaddig fogadja a csomagokat, míg van szabad kapacitása. Az ilyen hagyományos tároló elnevezése az irodalomban: „Drop Tail". Egy forgalmi osztály kialakításakor egyáltalán nem mindegy, hogy mekkora a hozzá tartozó tárolóméret, ezért először megvizsgáltuk, hogy mennyire befolyásolja a TCP adaptivitásának a mértékét, ha az eredeti hálózati konfigurációban megváltoztatjuk a közös tároló befogadó képességét *(4. ábra)*.

Egyértelműen látható, hogy a TCP verziókhoz hasonlóan, az adaptáció ilyen hálózati konfiguráció mellett csaknem független a tároló méretétől is. Ennek tudatában a további méréseinket is az eredeti konfigurációhoz hasonlóan 40 csomagos tároló mérettel végeztük.



5. ábra Karakterisztika a RED agresszivitásának meghatározásához

Random Early Detection (RED)

Legyen a következő esetben is közös a két folyam tárolója, de most definiáljunk egy tároló kezelő mechanizmust is. A legismertebb és leginkább elterjedt tároló kezelő a RED, melyet 1990-es évek elején fejlesztett ki Sally Floyd és Van Jacobson [5], azért hogy a hálózatban kialakult torlódások kezelésére egy kevésbé reaktív, inkább megelőző módszert adjon.

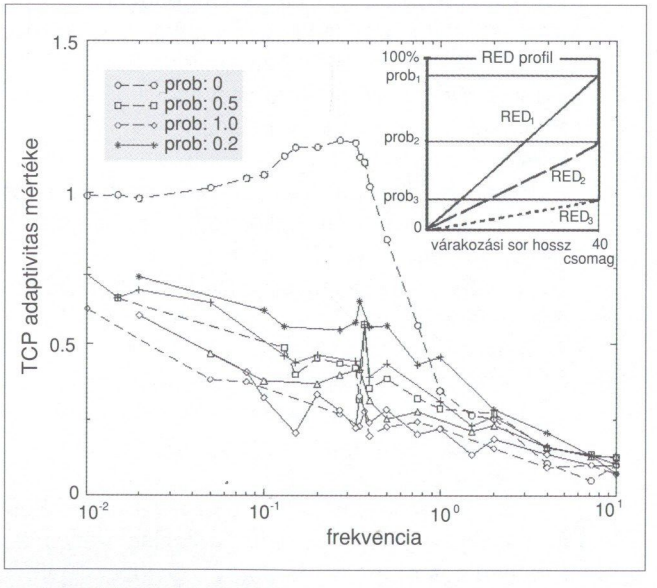
A RED lényege, hogy egy hagyományos, „Drop Tail" tárolótól eltérően véletlenszerűen dobálja el a csomagokat a sorból, attól függően, hogy a tároló mennyire telített. A csomag eldobás intenzitásához definiálni kell egy RED profilt *(5. ábra)* a tárolóra. A RED kifejezetten adaptív protokollokra alkalmazható, mivel a véletlenszerű csomageldobással – mely a nyugta elmaradását eredményezi – a forrás érzékeli, hogy a router kezd túlterhelődni, s hogy a torlódást elkerülje, csökkenti az adási sebességét.

Az *6. ábra* szemlélteti, hogy mi történik a TCP adaptációjával, ha RED-et definiálunk a közös tárolóra. A RED profil az ábra jobb felső sarkában illusztrálja, hogy az egyes mérések során egyre meredekebb eldobási valószínűség profilt definiáltunk a sor teljes hosszára. Látható, hogy már a legenyhébb RED profil is lerontja a TCP azon képességét, hogy illeszkedni tudjon a háttérforgalomhoz.

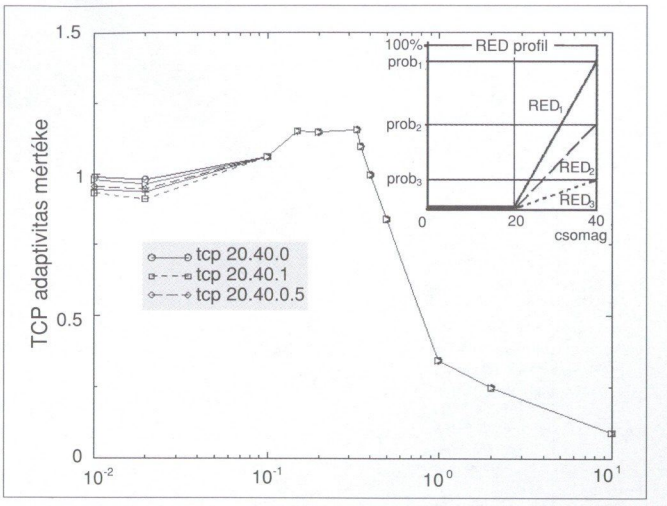
Magában a RED mechanizmust nem vizsgáljuk tovább, mert az amúgy sincs hatással a nem adaptív, UDP háttérforgalomra, valamint ha minőségi szolgáltatást akarunk biztosítani, akkor az adatot szállító TCP és a valós idejű UDP folyam – még ha egy közös sorba kerül is – nem fog ugyanolyan elbánásmódban részesülni.

Weighted Random Early Detection (WRED)

Tehát, ha minőségi szolgáltatást akarunk nyújtani, mindenképp meg kell különböztetni a TCP forgalmat a valós idejű háttérforgalomtól. Erre jól alkalmazható a RED egy kibővített változata a WRED [6], melynek segítségével ugyanazon tárolóban különböző RED profilokat rendelhetünk



6. ábra RED hatása a TCP adaptivitására



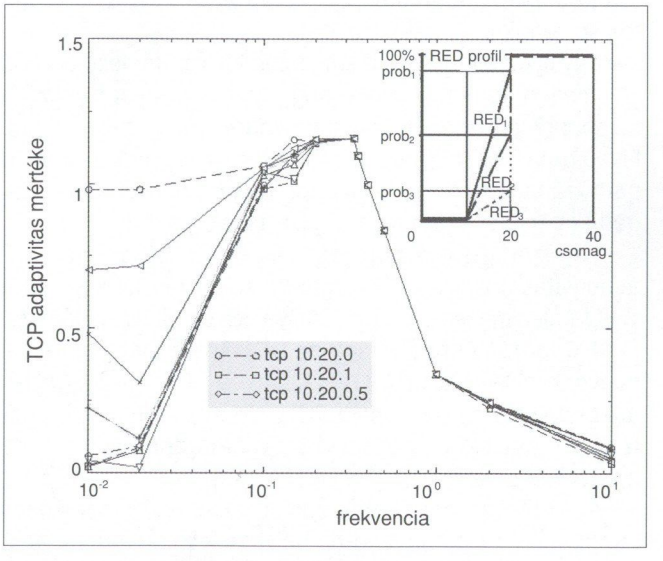
7. ábra WRED hatása a TCP adaptivitására

hozzá a különböző folyamokhoz, így egy közös tárolóban minden egyes folyamnak más lehet a csomagvesztése azonos torlódási szinten.

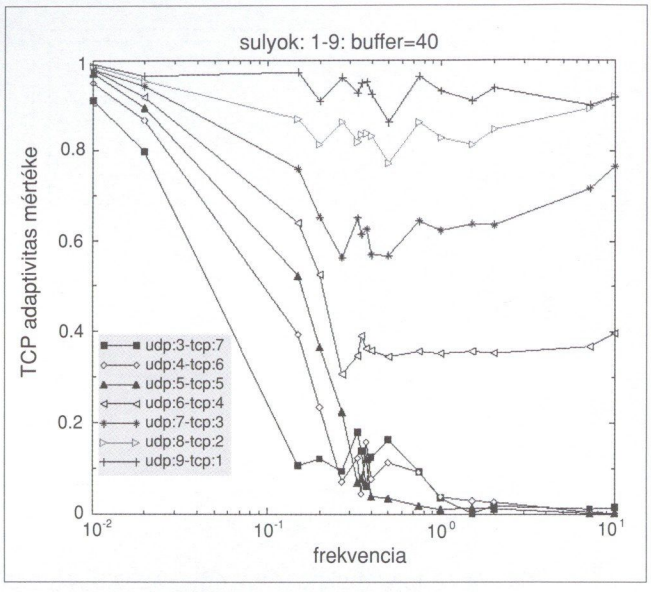
A WRED alkalmazásával sikerült úgy módosítani az alapkonfigurációt, hogy a két forgalom ugyan egy közös tárolóba került, de mégis különböző módon vannak kezelve, azaz a kiszolgálásuk eltérő minőségi paraméterekkel történik. Ezt a megkülönböztetést felhasználva, úgy állítjuk be a buffer kezelőt, hogy az UDP kiszolgálása a hagyományos „Drop Tail" tároló szerint történjen, és csak a TCP folyamra legyen értelmezve mindig más és más RED profil. A továbbiakban szemléltetünk két esetet a WRED alkalmazására.

Először rendeljünk a TCP szolgáltatási osztályához egy *enyhe* RED profilt, mely az első csomagot csak akkor dobja el, ha a tároló már félig megtelt. A *7. ábrán* látható, hogy a TCP adaptivitása robosztus, nem hat rá ez a WRED beállítás sem.

Ezek után megnéztük, mennyire tud adaptálódni a TCP a hullámzó háttér forgalomhoz, ha közben még egy agresszív RED profil is definiálva van a TCP forgalomra *(8. ábra)*.



8. ábra WRED hatása a TCP adaptivitására (agresszív RED profil a TCP számára)



9. ábra WFQ hatása TCP adaptivitására

A karakterisztikából kiderül, hogy ez az agresszív RED profil is csak ott tudott hatást gyakorolni a TCP adaptivitására, ahol eredeti esetben is tökéletes volt az adaptáció. Meglepő, hogy ez a beállítás sem hat egyáltalán a TCP adaptációjára a kritikus frekvencia tartományon, mivel ugyanúgy kiszorítja az UDP-t a linkről. Magasabb frekvencia eseten pedig a RED semmilyen hatást nem tud kifejteni az amúgy is adaptálódni képtelen TCP-re.

Weighted Fair Queuing (WFQ)

Eddig olyan mérési eredményeket mutattunk be, amelyeknél a TCP és az UDP háttérforgalom közös várakozási soron osztozott. QoS kialakításakor – még ha WRED-el meg is vannak különböztetve a forgalmak – ez csak egy kényszermegoldás. Garantált minőségi szolgáltatás biztosításakor tipikusan külön sorba rakják a TCP adatforgalmat és az UDP-t használó valós idejű forgalmat, s tároló ütemező algoritmussal határozzák meg a kiszolgálás sorrendjét.

Egy ilyen elterjedten alkalmazott tároló ütemező a WFQ [7], mely megakadályozza, hogy az alacsonyabb prioritású sorok kiéhezzenek, mivel a minden várakozási sor kap kiszolgálási időt a hozzá rendelt súly függvényében. A párhuzamos kiszolgálás miatt a WFQ a felszabadult szabad kapacitást szétosztja a többi tároló között.

Végezetül megvizsgáljuk, milyen hatással van TCP adaptivitására, ha a két forgalom külön tárolót kap, és a WFQ-t alkalmazva más-más súllyal kerülnek kiszolgálásra.

A *9. ábrán* látható, hogy az UDP háttérforgalom minél nagyobb súllyal kerül kiszolgálásra, a TCP annál jobban adaptálódik. Az egész frekvencia tartományon a TCP szinte tökéletesen képes adaptálódni a háttérforgalomhoz, ha a kiszolgálási arány 9:1 az UDP javára.

A WFQ-val nem tettünk semmi mást, csak egy közös tároló helyett két külön sorba helyeztük a két forgalmat, s mégis az adaptáció teljesen megváltozott. Addig, míg egy tárolós esetben azt tapasztaltuk, hogy bármilyen mechanizmust is használtunk, nagyobb frekvenciájú háttérforgalmak esetén a TCP képtelen volt adaptálódni, addig WFQ-val sikerült ezt elérni. Az adaptációban lévő különbség abból adódik, hogy egy várakozási sor esetén a TCP a gyors háttérforgalom változások hatására egyre kevésbé tud két UDP csomag közé beékelődni. Két tároló esetén pedig mindig van TCP csomag a sor kimenetén, amit el tud küldeni, mikor nincs UDP csomag.

4. Összegzés

Ebben a cikkben megvizsgáltuk, hogy a TCP adaptációs tulajdonságai milyen mértékben függnek a minőségi osztályokat biztosító IP hálózatokban a legelterjedtebben használt aktív tárolókezelő eljárásoktól. Az eredményekből látható, hogy közös tároló használata esetén az eredeti „Drop Tail" megoldáshoz képest a RED vagy WRED esetén a beállításoktól függően módosulhat az adaptációs karakterisztika. A külön tárolót alkalmazó WFQ esetén az eredetinél is jobb, szinte minden frekvencián ideálisan adaptálódó TCP forgalom beállítása is lehetséges.

A kutatásaink eredménye és a további vizsgálataink alapján a célunk az, hogy pontosan megértsük a TCP adaptációs mechanizmusát és ennek birtokában forgalomelméleti és teljesítményanalízisbeli összefüggéseit feltárjuk. Továbbá célunk az is, hogy pontos választ adhassunk a régóta megválaszolatlan kérdésre: miért mérünk az Internet minden pontján fraktális jellemzőket?

Irodalom

[1] A. Veres, Zs. Kenesi, S. Molnár, G. Vattay, TCP's Role in the Propagation of Self-Similarity in the Internet, appear in Computer Communications, Special issue on Performance Evaluation of IP Networks and Services.

[2] A. Veres, Zs. Kenesi, S. Molnár, G. Vattay, On the Propagation of Long-Range Dependence in the Internet, ACM Computer Communication Review, Vol. 30, No. 4, pp. 243-254, October, 2000.

[3] Gary R. Wright, W. Richard Stevens, TCP/IP Illustrated, Volume 2 The Implementation, Addison-Wesley Publishing Company 1995

[4] S. Blake, D. Black, M. Carlson, An Architecture for Differentiated Services, Request for Comments 2475, December, 1998

[5] Sally Floyd, Van Jacobson, Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance, IEEE/ACM Transactions on Networking, 1993

[6] Chuck Semeria, Supporting Differentiated Service Classes: Active Queue Memory Management, Juniper Networks, White Paper, 2002, http://www.juniper.net

[7] H. Zhang, Service Disciplines For Guaranteed Performance Service in Packet Switching Networks, Proceedings of the IEEE, 83(10), October 1995.

Távközlési hálózatok költséghatékony tervezése

ORINCSAY DÁNIEL ÉS JÓZSA BALÁZS GÁBOR

E-mail: {Daniel.Orincsay, Balazs.Jozsa}@eth.ericsson.se

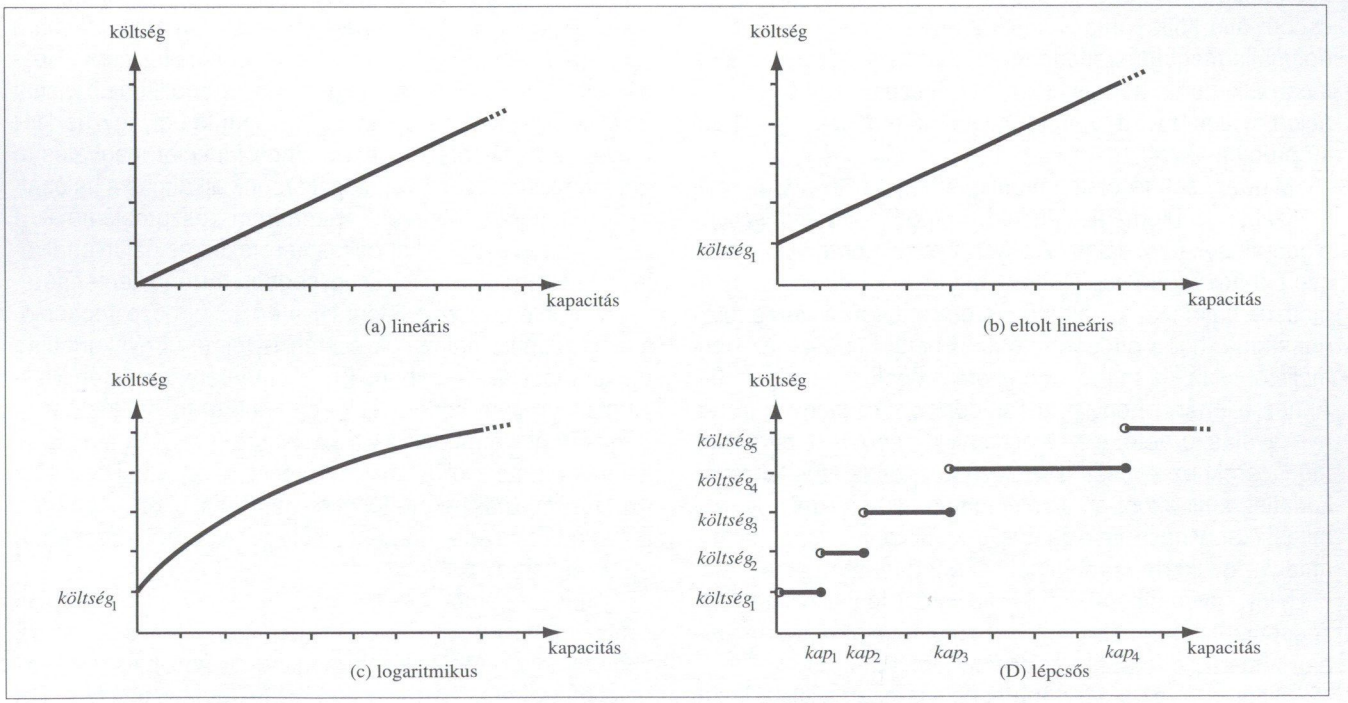
A távközlési hálózatok építőelemeinek két fő típusa a hálózati csomópontokban telepített útvonalválasztó és az útvonalválasztók közötti fizikai szakasz. Adott forgalmi igények kielégítésére alkalmas hálózat megtervezése lényegében az egyes hálózati eszközök méretezéséből áll. A tanulmányban egy útvonal-optimalizáló eljárásra épülő új tervezőalgoritmust ismertetünk, melynek alapja a lépcsős költségfüggvények speciális jellegének kihasználása. Ennek hatékonyságát szimulációval elemezzük, amely során az új módszert egy az optimalizálás témakörében jól ismert algoritmussal vetjük össze.

1. Bevezetés

A két legfontosabb *hálózati eszköz* a hálózati csomópontokban telepített útvonalválasztó és az útvonalválasztók közötti *fizikai szakasz* (továbbiakban szakasz). Egy hálózat telepítésénél e két eszköz ára a döntő. Mindkét költségtényező függ a szükséges kapacitástól, ezenfelül a szakaszok esetén azok távolsága is meghatározó lehet. Egy jól megtervezett hálózat két fő jellemzője, hogy az útvonalválasztók rendelkeznek a felmerülő forgalmi igények kiszolgálására alkalmas kapacitással, valamint a szakaszok megfelelően vannak megválasztva és méretezve. A fenti téma iránt többek között azért is mutatkozik folyamatosan jelentős mértékű érdeklődés, mert az új technológiák megjelenésével, pontosabban az ezeken alapuló új hálózatok tervezése és kiépítése során a költséghatékony megoldás problémája újra és újra felmerül.

Lényeges az alkalmazott költségmodell, vagyis azon kapcsolat definiálása, mely a különböző hálózati eszközök kapacitásértékei és ezek költségei között áll fenn. Ezt a kapcsolatot a *költségfüggvények* segítségével írhatjuk le. Az egyes vizsgálatok közti eltérést többek között a különböző típusú költségfüggvények *(1. ábra)* alkalmazása jelenti. Legegyszerűbb esetben ez a függvény lineáris és áthalad az origón, ami a problémát matematikailag egyszerűvé teszi, azaz az optimális megoldás elfogadható időn belül megtalálható, gyakorlatilag függetlenül a hálózat méretétől. Bár ez a függvénytípus egyszerűen kezelhető, hátránya, hogy a valóságot több szempontból is rosszul modellezi.

Egy fokkal bonyolultabb eset, amikor a lineáris költségfüggvény nem az origóból indul, hanem valamilyen pozitív értékről. Ezáltal az adott eszköz bármilyen kis kihasználtság esetén rendelkezik egy meghatározott költséggel,



1. ábra Különböző költségfüggvény-típusok

amely megfelel a valós helyzetben felmerülő *létesítési költségnek,* mely az eszköz kapacitásától lényegében független állandó, de sokszor döntő tényező.

A lineáris költségfüggvények fontos jellemzője, hogy állandó *határköltséget* mutatnak, ami azt jelenti, hogy minden kapacitástartományban megegyezik az egységnyi kapacitásnövekményre eső költségnövekmény. A valóságra azonban legtöbbször az jellemző, hogy minél nagyobb egy eszköz kapacitása, annál olcsóbban bővíthető a hálózat. Ezért a lineárisnál jobb közelítést jelent a logaritmikus vagy gyökös jellegű költségfüggvény, amely a magasabb kapacitástartományban „ellaposodik".

Az eddig áttekintett modellek közös tulajdonsága, hogy költségfüggvényük folytonos. Ezenfelül még az is elmondható, hogy szigorúan monoton növekedők, azaz a kapacitás növelése minden esetben többletköltséggel jár. Ezzel ellentétben, a valóságban az eszközök moduláris felépítésűek, fix kapacitású egységekből állnak. Ez azt eredményezi, hogy az eszközök ár/kapacitás kapcsolata konstans szakaszokból álló, monoton, szakadásos *lépcsős költségfüggvénnyel* írható le. Ily módon egy-egy kapacitástartományhoz állandó költség tartozik, míg a tartomány határát átlépve azonnal egy magasabb költségszintre kerülünk. Az előző esetben megismert okok miatt itt is fennáll a határköltség kapacitással való csökkenése.

A lépcsős költségfüggvény alkalmazása már olyan kifinomult módszert jelent, ami megfelelő pontossággal modellezheti a valós ár/kapacitás viszonyokat. Ennek azonban az az ára, hogy a tervezési feladat bonyolulttá válik, és az optimális megoldás megtalálása nem garantálható. A probléma az NP-nehéz kategóriába sorolható, amely azt jelenti, hogy a tudomány mai állása szerint nem adható rá olyan polinom idejű algoritmus, amely optimális eredményt szolgáltat.

Természetesen előfordulhat, hogy speciális körülmények között – például nagyon kicsi hálózat és kevés lépcsőből álló költségfüggvények esetén – megtalálható az optimális megoldás elfogadható időn belül, azonban általában a kimerítő keresés (azaz az összes lehetséges variáció figyelembevétele) nem megfelelő módszer ilyen típusú problémáknál.

Mint azt sok területen megfigyelhetjük, NP-nehéz optimalizálási probléma esetén kedvelt módszer a *heurisztikus* algoritmusok használata. Az ilyen típusú algoritmusok egyszerű feltevés(ek) segítségével szűkítik a lehetséges megoldások halmazát kezelhető méretűre. Legfontosabb tulajdonságuk, hogy elfogadható időn belül képesek az optimálistól csak kis mértékben eltérő megoldást szolgáltatni. Annak ellenére, hogy a futási időben több nagyságrendnyi javulás érhető el az optimális megoldást garantáló módszerekhez képest, a skálázhatóságnak itt is lehetnek korlátjai, amit azonban az algoritmus gyorsításával, a számítási kapacitás növelésével olyan szintre lehet hozni, amely a gyakorlati problémáknál elfogadható.

Mint már említettük, sok publikáció foglalkozik a költségoptimális hálózattervezés problémájával. Az alábbiakban néhány fontosabb tanulmányt tekintünk át.

Minoux [1] azonosít több speciális esetet, ezek közül az egyik legjelentősebb a csökkenő határköltség jelenségével is alátámasztott, konkáv költségfüggvényre épülő modellje. Ebben az ár/kapacitás kapcsolatot lényegében gyökös kifejezéssel írja le. Külön tárgyalja az eltolt lineáris költségfüggvény esetét, és bemutat szakaszos lineáris, ill. lépcsős költségmodelleket is.

Pióro [2] és [3] cikkeiben az ár/kapacitás kapcsolatára az eltolt lineáris költségfüggvény-típust használja. Több megoldási módot is javasol. A *korlátozás és szétválasztás* (branch and bound) egy egzakt módszer [4], ami azt jelenti, hogy képes megtalálni az optimális megoldást. Hátránya, hogy még a lineáris költségfüggvény használatával is csak kis hálózati méretek esetén képes elfogadható időn belül eredményt szolgáltatni. Ennek kiküszöbölésére több heurisztikus módszert is bemutat, melyek közül a két legjelentősebb a *szimulált foglalás* (simulated allocation) [5] és a *szimulált lehűtés* (simulated annealing) [6].

Sallai [7]-ben egy valószínűségszámítási megközelítésen alapuló generikus hálózatmodellt alkalmaz. Ennek lényege, hogy a hálózat részletekbe menő leírásának elkerülése mellett biztosítható a hálózati költségek megfelelő pontosságú kiszámítása, és ily módon lehetőség nyílik a hálózat optimalizálására.

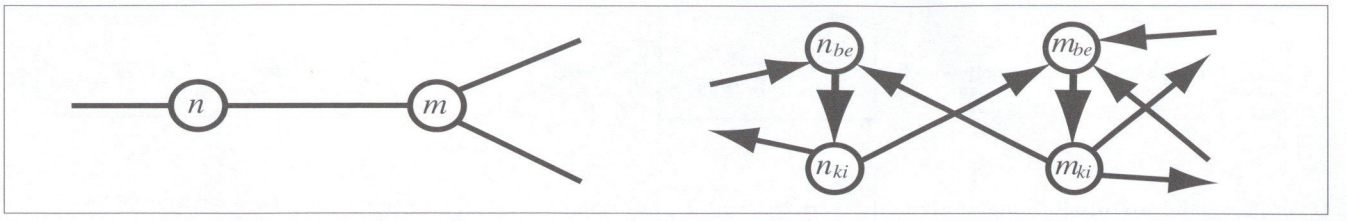
Cinkler és társai [8]-ban heurisztikákkal közelítik a problémát. E két utóbbi a létesítési költséget is figyelembe vevő lineáris mellett lépcsős költségfüggvényt is használ. Megközelítésükben hangsúlyt fektetnek a topológiatervezés, kapacitásméretezés és az útvonalválasztás feladatainak egy egységben történő kezelésére.

Harmatos [9]-ben már előtérbe helyezi a lépcsős költségfüggvények használatát, azonban a probléma nem általánosan van megfogalmazva, hanem egy speciális hálózati technológiának (UMTS – Universal Mobile Telecommunication System) a sajátosságaira alapoz.

A jelen tanulmány alapját a költségfüggvény lépcsős tulajdonságának kiaknázása képezi. További jellemzője, hogy a hálózattervezés problémáját visszavezeti a már sokat vizsgált *többtermékes osztatlan folyamproblémára* [10], más szóval a globális útvonal-optimalizálásra. Megoldásunk érdekessége, hogy fekete dobozként használ egy globális útvonal-optimalizáló algoritmust, így az [11] helyettesíthető tetszőleges, azonos funkciót megvalósító algoritmussal. Ezenkívül megoldásunk alkalmas a hálózattervezés során felmerülő mindhárom részprobléma – a topológiatervezés, a kapacitásméretezés és az útvonalválasztás feladatainak – egy egységben történő keresésére.

A probléma azért jelentős, mert különböző technológiákon alapuló hálózatok esetén is felmerül gyakorlatilag ugyanabban a formában. Ennek megfelelően jelen vizsgálatainkat sem korlátozzuk egy konkrét technológiára. A tárgyalt hálózatmodell és a javasolt tervezőalgoritmus alkalmas bármely olyan hálózat kezelésére, amely fix sávszélességű összeköttetéseken és expliciten megadott (azaz az üzemeltető által tetszőlegesen meghatározható) útvonalakon alapul.

Példák lehetnek erre a régóta használt, adatkapcsolati szolgáltatást nyújtó ATM (Asynchronous Transfer Mode) vagy az egyre több helyen megjelenő, már hálózati szolgáltatást is magában foglaló MPLS (Multi-Protocol Label Switching) technológiák.



2. ábra Pont helyettesítése virtuális éllel

2. Tervezési feladat

A hálózatot a megszokott módon, *gráfok* segítségével reprezentáljuk, ahol a gráf pontjai az útvonalválasztókat, élei pedig a fizikai szakaszokat jelképezik. Az általánosság kedvéért *irányított* gráffal modellezzük a hálózatot, ahol egy oda- és visszafelé irányított élpár jelöl egy fizikai szakaszt. Ezáltal lehetővé válik, hogy ne csak szimmetrikus hálózati kapcsolatokat kezeljünk, hanem olyan szituációkat is, ahol két útvonalválasztó között a két irányban különböző nagyságú forgalom halad, akár eltérő útvonalon. Méretezési feladat lévén szükség van a pontokon és éleken kapacitáskorlátok kezelésére, amelyeket majd az azokon áthaladó sávszélesség-foglalt útvonalak összkapacitása nem haladhat meg. Míg az élek kapacitásának kezelése egyszerű feladat a gráfalgoritmusok számára, a pontok kapacitásának kezeléséhez *virtuális élekkel* helyettesítjük azokat. Ahogyan az a *2. ábrán* látható, egy eredeti pont kapacitását az ahhoz tartozó virtuális pontpár közötti (vastagított nyíllal ábrázolt) virtuális él kapacitása jelenti, hiszen az eredeti ponton áthaladó forgalom szükségképpen áthalad a hozzá tartozó virtuális élen.

A hálózattervezés egyik kulcslépése a csomópontpárok között fellépő forgalmi igények felmérése. Általános módszer a fellépő maximális forgalom nagyságára méretezni az eszközöket. Ezeket az értékeket egy *forgalmi mátrixban* adhatjuk meg, ahol a sorok és oszlopok a forrás- és nyelőcsomópontokat, míg a mátrix elemei a megfelelő forgalmak nagyságát jelentik.

A tervezési probléma formalizációjának alapja a bemeneti és kimeneti adatok meghatározása. A kezdetben rendelkezésre álló információk tehát:

- a csomópontok elhelyezkedése,
- a csomópontok közötti lehetséges szakaszok,
- a létesítendő csomópontok és szakaszok költségfüggvényei,
- a kielégítendő forgalmi igények, beleértve mindenütt a kapcsolódó infrastruktúra árát is.

Mivel minden csomópontban van generált és elnyelt forgalom, valamilyen típusú útvonalválasztót mindenképpen el kell helyezni azokban. A lehetséges szakaszok közül viszont tetszőleges módon választhatunk az összköltség minimalizálása érdekében.

A tervezési feladat eredményeként a következő kimeneti adatokat kapjuk:

- az egyes eszközök kapacitásai,
- a forgalmi igények útvonalai.

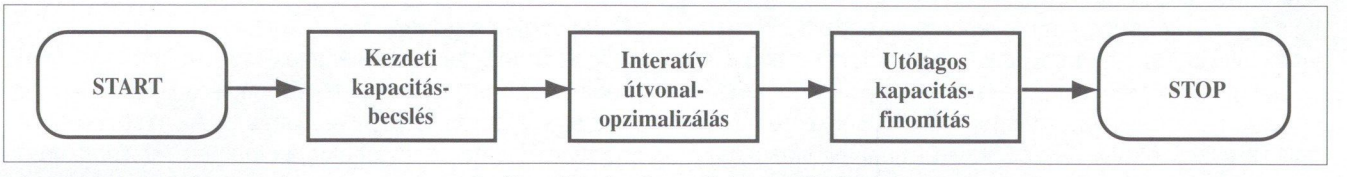
Természetesen a kapacitásértékek származtathatóak a létesítendő útvonalak leírásából.

3. A javasolt hálózattervező algoritmus

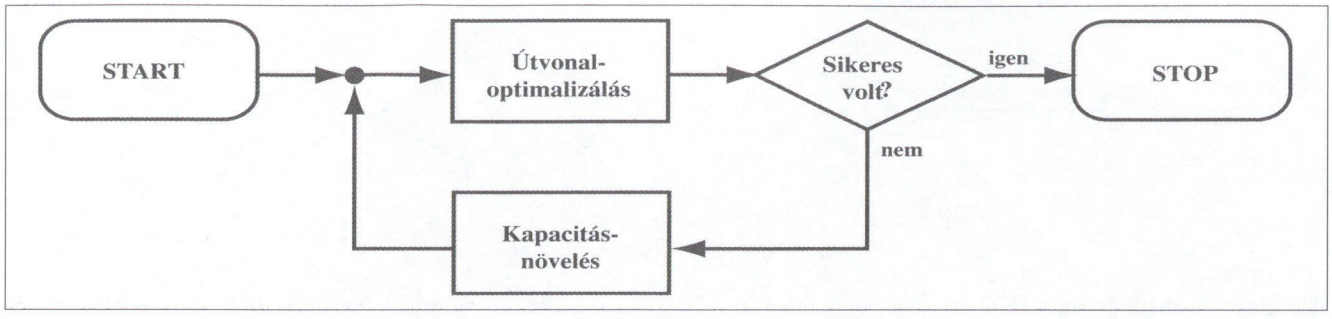
Az algoritmus moduláris felépítésű, működése során három fázis különíthető el *(3. ábra)*. Az első fázisban *kezdeti kapacitásbecslést* (KKB) végzünk, melynek célja a hozzávetőleges kapacitásviszonyok felmérése. Ezután következik az algoritmus legfontosabb fázisa, az *iteratív útvonal-optimalizálás* (IUO), melynek feladata a forgalmi igényeket kielégítő, közel optimális megoldás. Ehhez felhasználhatjuk a kezdeti kapacitásbecslés eredményét, de lehetséges közvetlenül „üres" hálózatból is indítani. Habár e fázis után már rendelkezésünkre áll egy gazdaságosnak mondható hálózatterv, az *utólagos kapacitásfinomítás* (UKF) fázisának segítségével az összköltség tovább csökkenthető. A KKB és UKF fázisok elhagyhatóságából következő lehetséges kombinációkat az eredmények bemutatásánál külön vizsgáljuk.

A különböző keresőalgoritmusok két nagy csoportba sorolhatók. A *globális keresőalgoritmusok* a rendszer aktuális állapotának átfogó képe alapján működnek, lehetővé teszik a távoli állapotok közötti közvetlen átmenetet, elkerülve ezzel a lokális optimumnál történő „leragadást". A *lokális keresőalgoritmusok* mozgástere korlátozott, céljuk egy aránylag szűk területen a lehető legjobb megoldást megtalálni. A bemutatásra kerülő algoritmus első két fázisa (KKB és IUO) globális, míg a harmadik (UKF) fázis lokális keresést hajt végre, azaz a teljes állapottér redukálása után a jóval szűkebb állapottér optimumának megtalálása a cél.

A kezdeti kapacitásbecslés (KKB) feladata a szükséges eszközök, és az azok méretének előrejelzése a felmerülő forgalmi igények ismeretében. A becslés eredményéül adódó előzetesen méretezett hálózat kiindulási alapként szolgál az IUO-nak, így annak feladata már csak a dimen-



3. ábra Az algoritmus folyamatábrája



4. ábra Az iteratív útvonal-optimalizálás folyamatábrája

zionálásnak és az igények elvezetésének befejezése. Habár a KKB nem ad teljes megoldást a feladatra, arra alkalmas, hogy egy kedvező kezdeti állapotot biztosítson.

A KKB fázis két lépést tartalmaz. Az első lépésben az elvezetendő igények sorrendjét véletlenszerűen megkeverjük. Ezután az igényeket egyesével elvezetjük (a fenti sorrendben) a *Dijkstra legrövidebb út algoritmusa* segítségével. Az elvezetés során olyan súlyfüggvényt alkalmazunk, amely az alacsony fajlagos költségű eszközöket részesíti előnyben, miközben törekszik a hálózat összköltségének alacsony szinten tartására. Ezekből a lépésekből előre meghatározott számú ismétlést hajtunk végre, majd minden eszköz kapacitását az előforduló legalacsonyabb értékre állítjuk be. A módszer alapötletét az a feltételezés adja, hogy ha minden elvezetésnél szükség volt legalább egy adott nagyságú kapacitásra egy adott eszközön, akkor nagy valószínűséggel az optimális megoldásban is legalább ennyi erőforrásra lesz szükség.

Az iteratív útvonal-optimalizálás (IUO) egy olyan útvonal-optimalizáló algoritmuson alapul, amely képes forgalmi igények halmazát egy kapacitáskorlátokkal rendelkező gráfban hatékonyan elvezetni. Munkánk során a [11]-ben javasolt algoritmust használtuk erre a célra. Ennek jellegzetessége, hogy nagy valószínűséggel talál megoldást egy adott problémára, feltéve, hogy létezik megoldás. Az IUO fontos tulajdonsága, hogy a fő komponensét képező útvonal-optimalizáló algoritmus helyettesíthető bármely más azonos feladatot megoldó algoritmussal.

Az IUO eljárás két lépésből álló iteráció *(4. ábra)*. Az első lépésben megpróbáljuk elvezetni a forgalmi igényeket az aktuális kapacitáskorlátok között. Ha az elvezetés sikeres, a fázis (IUO) befejeződik. Ellenkező esetben – ha maradnak elvezetetlen igények – a kapacitásnövelés lépése következik, amely során egy kiválasztott eszköz kapacitását a következő kapacitáslépcsőre állítjuk be. A növelendő eszköz kiválasztása a még elvezetetlen igények területi eloszlása alapján történik. Ezután újra az első lépés következik, de már a tágabb kapacitáskorlátokkal.

Utólagos kapacitásfinomítás (UKF) segítségével a hálózat összköltsége még tovább csökkenthető. Ez az eljárás lokális keresésen alapul, ami azt jelenti, hogy egy adott lépésben csak a hálózat egy bizonyos szegmensére koncentrál. Ennek során megpróbáljuk csökkenteni azoknak az eszközöknek a kapacitását, amelyek kihasználatlanok abban az értelemben, hogy ha kismértékben csökkentjük az általuk kezelt forgalom mennyiségét, akkor egy kapacitáslépcsővel kisebb eszköz is elegendő lenne. Más szóval igyekszünk elkerülni az alacsony *relatív lépcsőkihasználtságú* eszközök használatát. Természetesen, ha egy kapacitáslépcsővel visszalépünk, akkor egyúttal alacsonyabb költségszintre is kerülünk. A költségfüggvény lépcsős jellegéből következően az árbeli csökkenés jóval meghaladhatja a kezelt forgalomban szükséges redukciót. Például ha egy szakaszon 165 Mbit/s forgalmat szeretnénk átvinni, akkor két 155 Mbit/s (STM-1) eszközre lenne szükség. Ha azonban sikerül a forgalmat kb. 6%-kal csökkenteni, egy 155 Mbit/s-os eszköz is elég, ami jelentős költségcsökkenést eredményezhet. A maradék 6%-nyi forgalmat pedig átirányíthatjuk más szakaszokra felhasználva azok kihasználatlan kapacitásait.

Az UKF realizációjában először rendezzük az eszközöket relatív lépcsőkihasználtságuk szerint, majd sorban megpróbáljuk csökkenteni őket a legkihasználatlanabbal kezdve. Minden egyes csökkentés után a már bemutatott IUO eljárás következik, amely megpróbálja az igényeket elvezetni a szűkebb kapacitáskorlátok között. Mivel az IUO számára a kapacitásbővítés is megengedett, előfordulhat, hogy a költségek növekednek. A csökkentést akkor tekintjük sikeresnek, ha IUO eljárás lefuttatása utáni összköltség alacsonyabb, mint a kiindulási. Ilyenkor az UKF gyakorlatilag újraindul a rendezés lépésétől. Sikertelen csökkentés után a csökkentés előtti – és egyben eddigi legjobb – állapotba lépünk vissza, és a sorban következő eszköz kapacitását próbáljuk csökkenteni. Ha végigértünk az eszközök listáján, azaz nem tudtuk egyik kapacitását sem csökkenteni, az UKF véget ér. A teljes UKF fázis végrehajtása a többi fázishoz képest több időt igényelhet, azonban lehetőség van azt bármelyik pillanatban leállítani, és az addigi legjobb megoldás elfogadása mellett dönteni. Ez a költség-optimum, bár ezek után nem marad semmi tartalék a hálózatban a váratlan csúcsok kezelésére.

4. Eredmények

Mintaprobléma generálása. A bemutatott algoritmus megvizsgálásához és értékeléséhez sok különböző mintaproblémára volt szükségünk. Ennek érdekében automatizáltuk a tesztproblémák előállítását. Az első bemeneti információ a hálózati topológia, melyet véletlenszerűen generáltunk. Erre a célra a [11]-ben bemutatott metódust

használtuk, mely a valós hálózatok sok jellegzetességét figyelembe veszi a fiktív topológiák generálása során. A jelen tanulmányban 15, 25 és 35 csomópontból álló hálózatokat vizsgáltunk. Megjegyezzük, hogy a javasolt tervezőalgoritmus kedvező futási idejének köszönhetően alkalmas ennél nagyobb hálózatok kezelésére is. A következő bemeneti információ az elvezetendő forgalmi igények halmaza. Egy adott hálózatra több különböző forgalmi mátrixot is vizsgáltunk. Ezen belül egy forgalmi eloszlás mellett – tehát ahol a csomópontok közötti forgalmak aránya állandó – számos, csupán a forgalom nagyságában eltérő helyzetet elemeztünk. A forgalom eloszlását véletlenszerűen generáltuk oly módon, hogy a csomópontokhoz azok ki- és bemeneti forgalmát jellemző súlyokat rendeltünk.

Végül az eszközök ár/kapacitás viszonyait leíró költségfüggvények meghatározását kellett megoldanunk. Mivel a vizsgálat során nem tényleges valós árakra, hanem az egyes módszerek eredményeinek arányára voltunk kíváncsiak, a költségértékek egységben értendőek. A csomópontok és szakaszok költségfüggvényeinek karakterisztikája eltér, ezért külön tárgyaljuk őket. Feltételezve, hogy csomópont esetén csak néhány, méretében különböző típus létezik, három kapacitásszintet definiáltunk az útvonalválasztók részére, amelyek 1, 10 és 100 Gbit/s értékűek voltak. A hozzájuk tartozó költségeket rendre 5, 15 és 60 egységben határoztuk meg *(5. ábra)*. A szakaszok esetén az STM szabványt tekintettünk kiindulási pontnak. 155 Mbit/s, 622 Mbit/s, 2,5 Gbit/s és 10 Gbit/s kapacitású eszközöket feltételeztünk elérhetőnek. További önkényes feltevésünk volt, hogy négy darab azonos típusú eszköz ára magasabb, valamint hogy kettő darab azonos típusú eszköz ára alacsonyabb, mint az egy nagyságrenddel nagyobb (négyszeres kapacitású) eszközé. Ezek alapján az egyszerű bemutatás érdekében a kapacitásban szomszédos eszközök árainak arányát 3-ban állítottuk meg. Természetesen ilyenkor az eredeti eszköz árának kétszeresét kell fizetnünk. Így végül kilenc eltérő kapacitásszintet kaptunk beleértve a 0 kapacitást is, amely az eszköz telepítésének szükségtelenségét jelenti. A legkisebb, 155 Mbit/s sebességű szakasz ára 3 egység volt, amely alapján a legnagyobb, 20 Gbit/s-os eszköz árára 162 egység adódott (5. ábra).

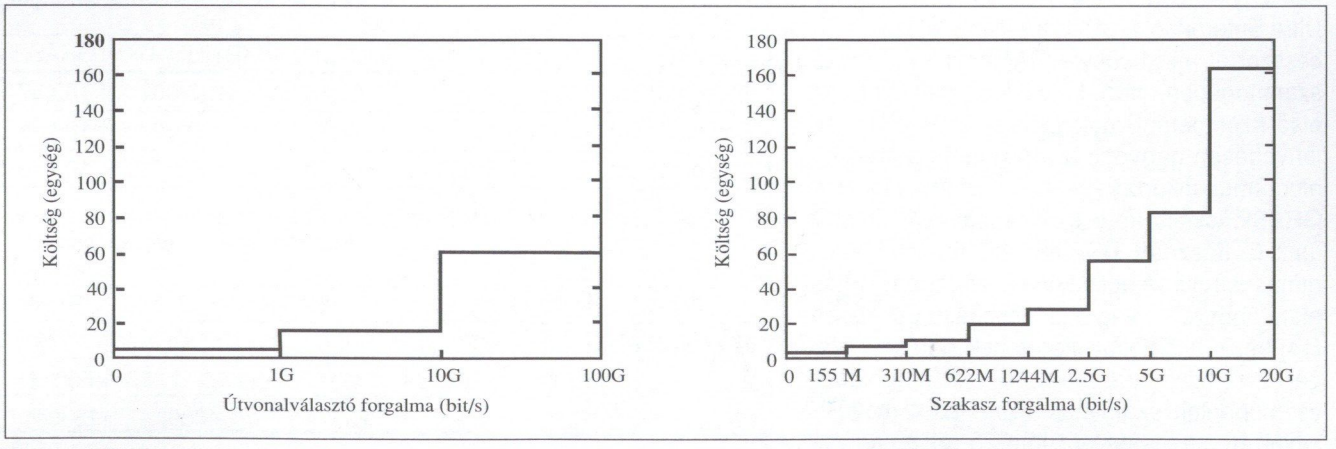
Mivel a valóságban az egyes költségfüggvények még azonos típusú eszközök esetén is eltérhetnek az átlagtól a különböző tényezők hatására, a fent definiált költségfüggvényeket a szimulációk során némileg eltorzítottuk. Ez általában az adott eszköz költségfüggvényének ár szerinti történő átskálázását jelentette. A különböző torzítások előfordulása fordított arányban állt annak mértékével, tehát az eszközök nagy részének átlagközeli költségfüggvénye volt.

A referenciaalgoritmus. Annak érdekében, hogy pontosabb képet kapjunk a javasolt algoritmus hatékonyságáról, szükségesnek tartottuk összehasonlítani egy ismert és publikált módszerrel.

Erre a célra a *mohó véletlen adaptív keresési eljárást* (GRASP – Greedy Randomized Adaptive Search Procedure) [12] választottuk. Amint [13]-ból kiderül, a GRASP paradigma segítségével hatékonyan oldhatók meg a hálózattervezés során felmerülő elhelyezési és méretezési problémák. További érv a GRASP mellett, hogy a publikált vizsgálatok során jobban teljesített, mint a referenciaként használt lineáris programozási relaxáción alapuló algoritmus.

A GRASP-on alapuló referenciánk paramétereinek beállításánál a [13]-ban bemutatott eredményeket vettük alapul a [14]-ben részletezett módon. A futási idő csökkentése érdekében tettünk olyan elhanyagolásokat, amelyek gyakorlatilag nem csökkentették az algoritmus teljesítményét. Természetesen előfordulhat, hogy létezik a módszernek – az adott környezet sajátosságait figyelembe vevő – kedvezőbb paraméterbeállítása is, ennek vizsgálata azonban túlmutat a jelen tanulmány keretein.

Numerikus eredmények. Különböző hálózati topológiákat és forgalmi mátrixokat vizsgáltunk adott hálózatméretre. Az eredmények bemutatása során a 25 csomópontos mérésekről közlünk részletes, a különböző forgalom-nagyságrendekhez tartozó adatokat, míg a többi esetben az átlagos értékeket adjuk meg. A két fő elvárásunk a tervezőalgoritmussal szemben a minél alacsonyabb összköltségű megoldás biztosítása elfogadható időn belül. Ezért a vizsgálatok során erre a két hatékonysági mutatóra koncentráltunk.



5. ábra Eszközök ára a forgalom nagyságának függvényében

Forgalom	IUO	KKB+IUO	IUO+UKF	KKB+IUO+UKF	GRASP
200	115,12	110,21	104,86	100,00	101,93
300	116,90	109,95	105,99	100,00	105,57
500	109,36	107,99	100,61	100,00	102,09
800	111,15	108,35	100,52	100,00	101,51
1200	111,76	111,44	100,62	100,00	100,55
1700	113,88	108,83	103,82	100,00	105,44
2400	117,25	108,47	105,40	100,00	105,95
3200	121,26	108,53	107,32	100,00	107,09
4200	115,12	109,49	100,79	100,00	101,83
5500	129,25	113,00	107,80	100,00	100,82
Átlag	116,10	109,62	103,77	100,00	103,27

1. táblázat A hálózat összköltségeinek aránya a forgalom nagyságrendjének függvényében (%)

A hálózat összköltségének vizsgálata elegendő az algoritmus hatékonyságának kiértékelése szempontjából és nem fontosak az abszolút árak. Ily módon az egyes módszerek eredményeit százalékban adjuk meg a legolcsóbb megoldáshoz viszonyítva.

Mint az *1. táblázatból* kiderül, a javasolt teljes algoritmus (KKB+IUO+UKF) szolgáltatta a leggazdaságosabb megoldást. Csak az IUO-t alkalmazva kb. 16%-kal rosszabb eredményeket kaptunk, míg a KKB eljárással együtt ez az érték 10%-ra csökkent. Az IUO+UKF kombináció átlagosan 4%-kal volt drágább a legjobb módszernél, továbbá több forgalom-nagyságrendnél a különbség elhanyagolható volt. A javasolt algoritmus minden forgalomszintnél jobban teljesített, mint a GRASP referenciaalgoritmus, átlagos különbségük 3% körül volt. Fontos megemlíteni, hogy a különböző forgalom-nagyságrendeknél eltérő a különbség az egyes metódusok között, amit a költségfüggvény lépcsős jellegével magyarázhatunk.

A *2. táblázat* az átlagos költségarányokat tartalmazza a különböző hálózatméreteknél. Láthatjuk, hogy a tendencia nem változott. 35 csomópontnál a javasolt algoritmus hasonlóan teljesített, mint a 25 csomópontos esetben, míg a 15 csomópontos hálózatméretnél jobban eltért a referenciaalgoritmustól.

A futási idő az algoritmusok gyakorlati alkalmazhatóságának egyik szempontja. A *3. táblázat* tartalmazza a Sun Ultra Enterprise 420R, Ultra II 450 MHz-es processzorral, és 1 Gbyte RAM-mal rendelkező számítógépen mért futási idő értékeket. Az első szembetűnő dolog, hogy a GRASP-nak lényegesen nagyobb a futási ideje a javasolt algoritmusunkhoz képest. Ez érthető, hiszen a GRASP lokális keresője megegyezik az általunk is használt UKF-fel, azonban az algoritmus struktúrájából következően egy futás alatt többször is végrehajtódik (lásd bővebben [14]-ben). A hálózat méretének hatását vizsgálva az figyelhető meg, hogy a futási idő a csomópontok számának 15-ről 25-re növelésével 10-szeresére nő, míg 25-ről 35-re változtatásával a növekedés kisebb mértékű.

Habár a KKB és UKF eljárások lényegesen növelik a futási időt, mégis érdemes használni őket, figyelembe véve a jelentős mértékű javulást a hálózat összköltségében.

5. Összegzés és konklúzió

A globális útvonal-optimalizálás során a hálózati eszközök ár/kapacitás viszonyait lépcsős költségfüggvények segítségével jellemeztük. A nem-lineáris költségmodell használatának hátránya azonban, hogy a probléma magas komplexitását eredményezi. Ezért a munka során heurisztikus megközelítést alkalmaztunk a kedvező megoldás elfogadható futási időn belüli megtalálása érdekében. Algoritmusunk átlagosan 3%-kal bizonyult jobbnak a referenciaalgoritmusnál, ami a gyakorlatban költségmegtakarítást jelenthet.

Az alkalmazási területet illetően fontos tulajdonsága a bemutatott tanulmánynak, hogy nem kötődik konkrét hálózati technológiához, így az tetszőleges – az alkalmazott modellel leírható – hálózatok tervezésére használható. Mindamellett a megközelítés leginkább gerinchálózatok tulajdonságait veszi alapul. A forgalom leírásánál is törekedtünk az általánosságra, így eltérő jellemzőkkel rendelkező forgalmi osztályok megkülönböztetése, vagy akár egymástól független virtuális magánhálózatok kezelése is megoldható.

A tervezőalgoritmus moduláris felépítéséből következően több ponton is továbbfejleszthető. A kezdeti kapacitásbecslés során az előrejelzés finomításával még több információ biztosítható a második fázis működésének segítésére.

Az iteratív útvonal-optimalizálás fázisában a már említett módon lehetőség kínálkozik még hatékonyabb útvonal-optimalizáló metódus használatára. Ezenfelül lényeges lehet az alkalmazott kapacitásnövelő eljárás alaposabb analízise és finomhangolása.

A második fázis hatékonyságának növelése közvetlen hatással lehet a harmadik, utólagos kapacitásfinomítás fázisra, mivel az felhasználja az iteratív útvonal-optimali-

Méret	IUO	KKB+IUO	IUO+UKF	KKB+IUO+UKF	GRASP
15 csomópont	111,57	108,52	101,68	100,00	105,57
25 csomópont	116,10	109,62	103,77	100,00	103,27
35 csomópont	120,41	112,65	102,28	100,00	103,49

2. táblázat A hálózat összköltségeinek átlagos aránya a hálózat méretének függvényében (%)

Méret	IUO	KKB+IUO	IUO+UKF	KKB+IUO+UKF	GRASP
15 csomópont	14	20	50	54	5336
25 csomópont	102	241	471	579	50018
35 csomópont	282	1088	2591	4009	188941

3. táblázat Futási idő eredmények (s)

zálási eljárást is egyik lépésében. Ezen kívül a csökkenteni kívánt eszköz kiválasztásánál, és a csökkentés utáni állapot megítélésénél is van lehetőség összetettebb módszerek alkalmazására.

A munka során alkalmazott modell lehetőséget nyújtott dedikált útvonalvédelem használatára, továbbfejlesztést jelentene azonban a megosztott védelem bevezetése, amely manapság nagyon gyakori és kedvelt megközelítés az egy hibát toleráló hálózatok tervezésénél. A tervezőalgoritmus teljesítményének megítélése szempontjából lényeges lenne más referenciaalgoritmus(ok) keresése. További lehetőség ezen a téren kisebb hálózatok vizsgálata, amelyeknél esetleg kivitelezhető az optimális megoldás elfogadható időn belüli megtalálása, például az egészértékű lineáris programozás módszerével.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Kern Andrásnak, Cinkler Tibornak és az Ericsson Magyarország Kft. kutatólaboratóriumában dolgozóknak a munka során nyújtott hasznos segítségért.

Irodalom

[1] M. Minoux, „Network Synthesis and Optimum Network Design Problems: Models, Solution Methods and Applications", Networks 19, pp.313–360, 1989.

[2] M. Pióro, A. Jüttner, J. Harmatos, Á. Szentesi, P. Gajowniczek, A. Myslek, „Topological Design of Telecommunication Networks: Nodes and Links Localization under Demand Constraints", 17th International Teletraffic Congress, Salvador de Bahia, September 2001.

[3] M. Pióro, A. Myslek, A. Jüttner, J. Harmatos, Á. Szentesi, „Topological Design of MPLS Networks", Global Communications Conference (GLOBECOM' 2001), San Antonio, Texas, USA, November 2001.

[4] D. E. Boyce, A. Farhi, R. Weischedel, „Optimal network problem: a branch and bound algorithm", Environment Planning, vol. 5, pp.519–533, 1973.

[5] M. Pióro, P. Gajowniczek, „Solving Multicommodity Integral Flow Problems by Simulated Allocation", Telecommunication Systems, Baltzer Science Publishers, vol. 1, no. 1–3, pp.17–28, 1997.

[6] D. S. Johnson, C. R. Aragon, L. A. McGeoch, C. Schevon, „Optimization by Simulated Annealing: an Experimental Evaluation", Operations Research, vol. 39, no. 1, May-June 1991.

[7] Gy. Sallai, „Optimum Network Structures with Randomly-Distributed Nodes", 12th ITC, no. 2.1, B–4, Torino, Italy, June 1988.

[8] T. Cinkler, T. Henk, G. Gordos, „Stochastic Algorithms for Design of Thrifty Single-Failure-Protected Networks", Design of Reliable Communication Networks (DRCN'2000), Munich, Germany, April 2000.

[9] J. Harmatos, „Methods for Planning of Next Generation Mobile and Data Networks", Ph.D. dissertation, Budapest University of Technology and Economics, 2003.

[10] R. K. Ahuja, T. L. Magnanti, J. B. Orlin, „Network Flows: Theory, Algorithms, and Applications", Prentice-Hall, New Jersey, 1993.

[11] B. G. Józsa, Z. Király, G. Magyar, Á. Szentesi, „An Efficient Algorithm for Global Path Optimization in MPLS Networks", Optimization and Engineering, vol. 2, no. 3, pp.321–347, September 2001.

[12] M. G. C. Resende, and C. C. Ribeiro, „Greedy Randomized Adaptive Search Procedures", to appear in State of the Art Handbook in Metaheuristics, 2002.

[13] K. Kumaran, A. Srinivasan, Q. Wang, S. Lanning, and K. G. Ramakrishnan, „Efficient Algorithms for Location and Sizing Problems in Network Design", Global Communications Conference (GLOBECOM' 2001), San Antonio, Texas, USA, November 2001.

[14] B. G. Józsa, D. Orincsay, A. Kern, „On The Use of Routing Optimization for Virtual Private Network Design", Optical Network Design and Modelling (ONDM'2003), Budapest, Hungary, pp. 865–880, February 2003.

Az optikai hálózatok jövője

TAPOLCAI JÁNOS

Számítástudományi és Információelméleti tanszék
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
H-1117 Budapest, Magyar tudósok krt 2.

1997 óta minden évben megrendezik az ONDM (IFIP Working Conference on Optical Network Design & Modelling) konferenciát. Eddig Európa különböző nagyvárosaiban tartották, idén Budapesten a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem szervezésében, és jövőre Belgiumban, Gent-ben fogják tartani. A konferencia nagy előnye, hogy egy szűk területre összpontosít. Más konferenciákon az előadások rengeteg témában több párhuzamos szekcióban hangzanak el. Erre a konferenciára csak az optikai hálózat tervezésével és modellezésével foglalkozó kutatók jönnek el, és egy nagyszerű lehetőség, hogy megbeszéljék eredményeiket, és az új fejlődési irányokat. A cikk célja a konferencia tükrében áttekinteni az optikai hálózatokhoz kapcsolódó kutatások jövőjét.

Optikai hálózatokkal szerte a világon, rengeteg kutatócsoport foglalkozik. Az *1. ábrán* látható a résztvevők országonkénti eloszlása.

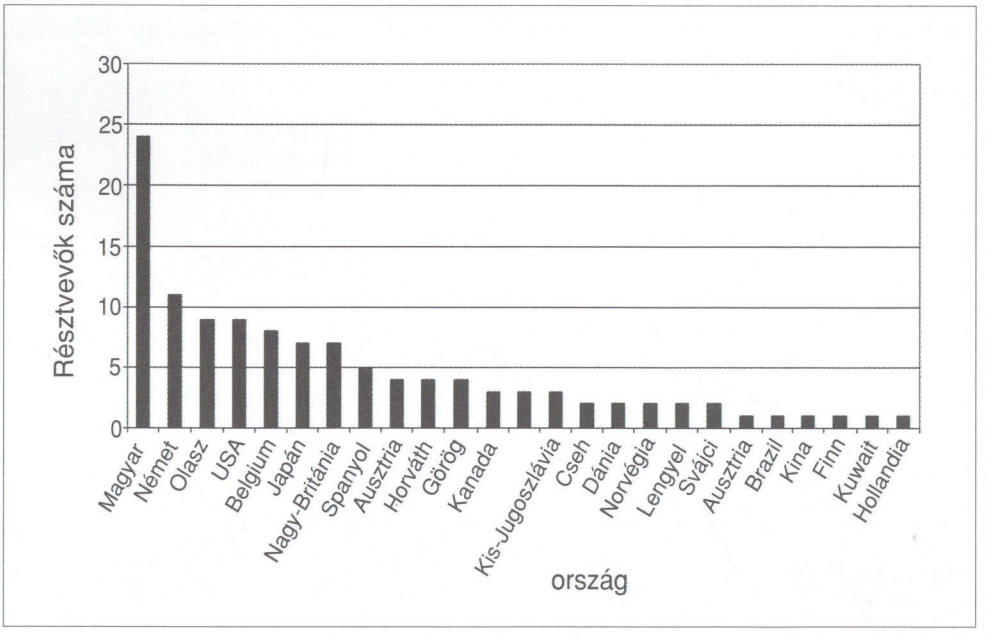
Az ábra abból a szempontból csalóka, hogy a magyarok nem dominálnak az optikai hálózatok kutatásában (a konferenciát Budapesten tartották), de szerencsére jelentős kutatás folyik a WDM hálózatok kialakítása és biztonsága területén Magyarországon is.

A távközlő cégek recessziója erősen csökkentette az optikai hálózatokhoz kapcsolódó kutatások támogatását. Az elmúlt öt évben rengeteg fényvezető kábelt fektettek le és mindenki úgy gondolta, hogy ez teljesen meg fogja reformálni a távközlő hálózatokat (az Internetet és a telefont) és egyben az emberek életet.

A távközlő hálózatokat valóban megreformálta, de az emberek életére alig volt hatással. Az Internet hiába lett egyre jobb minőségű, a felhasználók nem akartak érte többet fizetni. Piackutatók szerint a tartalomszolgáltatók nem tudták felvenni a ritmust a fejlődésben, nincsenek olyan tudományos, szórakoztató oldalak, melyek jelentős érdeklődést váltanának ki, és ezzel fizetőképes keresletet gerjesztenének. A vártnál kevésbé terjedt el az Interneten vásárlás, mert nem sikerült a felhasználók bizalmát Európában megnyerni. Tovább bonyolította a helyzetet a szerzői jogdíjak körüli vita is. A lényeg, hogy a várt *optikai forradalom* elmaradt és helyette lassabb fejlődés tanúi lehetünk, aminek következményeképpen a kutatás nincs annyira a célkeresztben. (A *2. ábrán* látható évekre lebontva Észak-Amerikában a fényvezető hálózatokba befektetett pénz.)

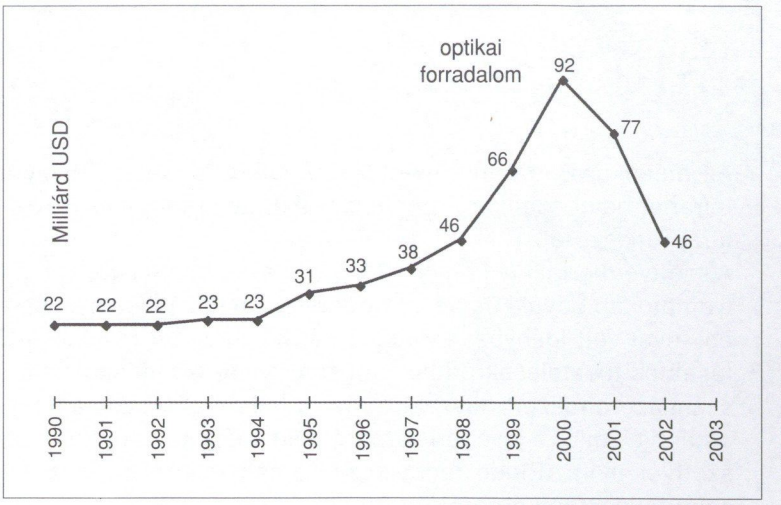
Ezzel együtt az optikai hálózatok rengeteg jó kutatási témát kínálnak, de ez még nem is aranytojást tojó tyúk. Két megoldás uralja a fényvezetős hálózatok nagy területét:

- **Áramkör kapcsolt optikai hálózatok** (WR-DWDM – Dense Wavelength Routed Wavelength Division Multiplexing): ASON (Automatically Switched Optical Network), ASTN (Automatically Switched Transport Network), GMPLS (Generalized Multiprotocol Label Switching)
- **Csomagkapcsolt optikai hálózatok** (OBS – Optical Burst Switching, OPS – Optical Packet Switching)



1. ábra Résztvevők országonkénti eloszlása az ONDM 2003 konferencián

Az itt felmerülő problémák különböznek egymástól, az utóbbiban csomagütemezési és technológiai kérdésekre keresik a választ, míg az elsőnél inkább gráfelméleti algoritmusok vannak előtérben. A két terület közös álma az **IP/WDM** a WDM alapú IP (Internet Protocol) hálózat. Az IP protokollnak rengeteg hiányossága van, mégis ez terjedt el. Az optikai hálózatoknak sok olyan szolgáltatása van, amit az IP hálózatok nem ismernek. Például a WDM hálózatok áramkörkapcsoltak, így az összeköttetések garantált minőségűek lesznek, míg az IP jelenleg semmilyen minőséget nem garantál. Cél, hogy ezek a szolgáltatások az IP hálózaton keresztül elérhetőek legyenek a felhasználók számára.



2. ábra Észak-Amerikában az optikai hálózatokra költött pénz [Andreas Antonopoulos, Working Knowledge nyomán, RHK - Telecommunications Industry Analysis]

Csomagkapcsolt optikai hálózatok

Az IP hálózatoknál további probléma, hogy az adatforgalom nagyon csomós („börsztös"), vagyis időnként a hálózati forgalom ugrásszerűen megnövekszik. Emiatt az IP-WDM megvalósítására az optikai csomagkacsolt hálózat a legalkalmasabb. Az ONDM-en is közel 20 cikk foglalkozott a témával. A döntő probléma, hogy a technológia még nem érett meg erre. A feldolgozáshoz és a kapcsoló átállításához túl sok idő szükséges ezért a csomagokat a fejléc után kis késleltetéssel küldik, valamint a csomagok között is hagynak időt.

Áramkör kapcsolt optikai hálózatok

Az optikai hálózatokban a fénykábeleken több különböző hullámhossz csatornát létesítenek (ezt hívják hullámhossz nyalábolásnak frekvencia osztáshoz). Az optikai csomópontok (kapcsolók) az optikai jeleket hullámhossz csatornákra bontják, és az egyes csatornákat optikai szinten tudják kapcsolni. Az optikai jeleket más hullámhossz csatornába elég nehézkes kapcsolni, ilyenkor általában elektromos jellé konvertálják majd azt vissza egy másik hullámhosszcsatornába. Léteznek optikai hullámhossz konverterek is, de még megfizethetetlenül drágák. Az optikai hálózatok specialitása, hogy el kell dönteni, hogy az optikai jelet melyik hullámhossz csatornán küldjük el. Valamint fel kell készülni egy esetleges (csomópont vagy kábel) meghibásodásra, és alkalmazkodni kell a váltakozó forgalmi igényekhez, és ki kell használni, hogy a felsőbb rétegek tudnak időosztásos nyalábolást, és figyelembe kell venni a szolgáltatásminőségi szinteket, és ez mind elosztottan működjön.

A modellezést és tervezést a fenti szempontok bonyolulttá teszik. Ebből a komplex problémából a kutatók kiválasztanak egy apró szeletet, és azt finomítják. (A jó hír, hogy szelet maradt még bőven!) A pillanatnyi helyzetről és egyben a szimpózium munkájáról igyekszünk képet adni azzal, hogy megadjuk a szekciók elnevezését.

Néhány helyen kiegészítjük azt az általunk leglényegesebbnek tartott néhány gondolattal (a számozás követi a szép kétkötetes kiadvány felépítését):

1. Hálózati tervezési kérdések és forgalmi topológiák (beleértve a különböző igények és gyors átkonfigurálási problémák kielégítését).
2. Korszerű struktúrák fotonikai hálózatokhoz. Helyzetkép és kitekintő COST 266 és IST Optimist eredményei alapján.
3. Dinamikus irányítás hullámhossz és nyomvonal kijelöléshez.
4. Fényhálózatok üzemeltetése (management) és statikus szál és hullámhossz kiosztás (Automatikus átkapcsolás, [ASON], rendbentartás [Grooming] és védelem [Profection]).
5. Védelmi és helyreállítási technikák (elosztott tartalékolás, átirányítási módszerek és azok vezérlése).
6. Hálózatok kialakítása különböző szinteken (Access, LAN, MAN, PON, 10 GbEth).
7. Optikai csomag és burst kapcsolás (Címke, Orthogonalis Címke, csomag kapcsolás JET protokol).
8. Irányítás és hullámhossz kijelölés. (Optikai vezérlő réteg kialakítása, soft állandó kapcsolat GMPLS, hullámhossz konverziós lehetőségek).
9. WDM alapú rendszerek. Szövevényes hálózatok elosztott tartalékolás. Hullámhossz átrendezési technikák. ASON
10. Csomag/Burst kapcsolású elrendezések (Tartalékolás, optikai kódok)
11. Minőségi jellemzők és használhatósági analizis All-Optical-Networks esetén. Torlódás valószínűség, csomagok kiértékelése.

Mind a 11 szekcióban megjelentek hasonló problémák.

Mint a címekből is látszik a WDM hálózatok továbbfejlesztésére és a teljesen fotonikai hálózatok (All Optical Network) elérésére „nincs királyi út" vagy legalábbis még senki nem találta meg.

Hírek

Az amerikai Portal Inc. nyerte az **Axelero** tenderét, amely alapján az internetszolgáltató a győztes cég Infranet nevű szoftverére építve alakította ki *tango* névre keresztelt új számlázó és szolgáltatás-nyilvántartó rendszerét.
A szoftver korlátlanul bővíthető, így hosszú távon nyújt megoldást az Axelero jelenleg közel 150 ezres, folyamatosan bővülő ügyfélkörét érintő számlázási és nyilvántartási feladatok ellátására. Bevezetése közel egy évet vett igénybe, az utolsó hat hónapban már közel 1000 ügyfél e rendszerben szerepelt, a fejlesztések és tesztelések párhuzamosan folytak ez időszakban. Az Axelero korábban a Matáv által biztosított számlázórendszert használta, de az internetes szolgáltatás speciális nyilvántartási és számlázási feladatai, valamint a jövőben várható fejlesztések új struktúra és szoftver kialakítását tették szükségessé. A szoftver nyílt API-kal rendelkezik, amelyek segítségével bármikor szabadon lehet az alaprendszerhez saját fejlesztésű programokat csatolni.

•

A **Damovo** bejelentette, hogy felvásárolta az Ericsson vállalati közvetlen értékesítési és szolgáltatási üzletágának hongkongi részlegét. A hongkongi iroda huszadikként épült be a Damovo szervezetébe, mely stratégiai szövetséget kötött a Cisco, az Extreme Networks és a Mitel is. A Damovo szállítófüggetlen stratégiájával, üzleti megoldásokkal bővíti portfólióját.
A Damovo megoldás-portfóliójában a világ valamennyi cégének termékei szerepelnek. A Damovo cég éves forgalma közel 1 milliárd euró, 20 irodája Európa, Amerika, valamint az ausztráliai és csendes-óceáni térség országaiban található.

•

Az **Ericsson** bemutatta a szabványoknak megfelelő videotelefonos megoldást a 64 kb/s áramkörkapcsolt csatornán, amely másodpercenkéti 15 videoképet használ, és végpont-végpont kapcsolatot biztosít két teszttelefon között, a 384 kb/s sebességű csomagkapcsolt adatátviteli csatornán. A készülék teljes körű WCDMA és GSM/GPRS kettős üzemmódot kínál, beleértve a hívásátadási és multimédiás funkciókat is. A videotelefóniát a hálózatüzemeltetők nélkülözhetetlennek tartják az új 3 G szolgáltatások kialakulása szempontjából.

•

A Network Computing 2003 bevezetésével a **Sun Microsystems** a következő programokat és szolgáltatásokat jelentette be az IT infrastruktúra átformálásának érdekében:
Sun Fire blade platform – több architektúrás blade-szerver-platform Linux és Solaris operációs rendszerrel, SPARC és x86 blade-architektúrával: Content Load Balancing (tartalom-terheléselosztó) bladeszerverek, beépített switchek és rendszervezérlők, Sun Open Net Environment (Sun ONE) köztesszoftverek, Sun ONE Grid Engine szoftver és tárolóeszközök alkotják a platformot.
N1 Provisioning Server 3.0 Blades Edition – amely az üzembe helyezési időt néhány hétről néhány órára csökkenti. A Sun Fire Blade platform felügyeleti környezetének részeként lehetővé teszi a blade alapú szerverfarmok gyors és automatikus tervezését, konfigurálását és méretezését.
Sun N1 Szolgáltatások – segítik a vásárlókat a blade-ek és a teljes N1 adatközponti környezetek megtervezésében és felügyeletében.

•

A **Cisco** digitális és online eszközök felhasználásával egységesíti írásos termékdokumentációit, így időt és pénzt takarít meg, és nem utolsó sorban a csökkenő papírfelhasználással védi a fákat és a környezetet. Az elektronikus dokumentációval az elmúlt pénzügyi évben több mint 25 millió dollárral csökkentették kiadásaikat, az idei évben pedig már további 400.000 dollár megtakarítás keletkezett. A Cisco ügyfeleinek már 74%-a online módon – elsősorban a cisco.com webhelyről – szerzi be a műszaki dokumentációkat. Ez a megoldás az ügyfelek tájékozottságát is szinten tartja, mivel a termékek telepítésére és konfigurálására vonatkozó legfrissebb információkat folyamatosan megjelentethetik, gyorsabbá téve ezzel a legújabb verziók és termékfrissítések elérését.

A digitális szakadék fogalmáról

PINTÉR RÓBERT

Pinter.Robert@ittk.hu

Ha a digitális szakadékkal foglalkozó nemzetközi – elsősorban Egyesült Államokbeli – és hazai kutatásokat összevetjük hamar arra a konklúzióra juthatunk, hogy a fogalmat másképp vizsgálják minálunk, mint a tengerentúlon. Mindennek a hátterében nem egyszerűen az eltérő tudományos érdeklődés, hanem elsősorban a háttérfolyamatok különbözősége áll, nevezetesen, hogy idehaza az információs és kommunikációs eszközök társadalmi szétterjedése jóval lassabban megy végbe és mi még az Internet használat korai szakaszánál tartunk.

Mindez arra is utal, hogy a fogalom tartalma, meghatározása igencsak relatív, talán sokkal célravezetőbb is volna, ha nem egzakt terminusról beszélnénk, hanem szétfolyó diskurzusokként képzelnénk el a digitális szakadék körüli igencsak polemikus világot.

A digitális szakadék körüli vita megjelenése egyébként egyidős az információs társadalom kialakulásával. Bár magát az eredeti digital divide fogalmat először a kilencvenes évek közepén használták az Egyesült Államokban, gyakorlatilag már a nyolcvanas évektől folyt az info-rich – info-poor (információ gazdagok – információ szegények) diskurzus ugyanerről a dichotómiáról, amely az új technológiák jelentette egyenlőtlenségeket állította a középpontba. A fogalom fokozatosan terjedt el az újságírói és politikai közbeszédből, például a tudományos orgánumok felé, hogy később a diskurzusok kölcsönösen áthassák egymást. Napjainkban – miközben a tudósok, kutatók próbálnak hatni a politikai és az újságírói megszólalások tartalmára –, a politikusok is újfajta érvkészlettel jelennek meg.

A digitális szakadékot illetően az alapkérdés az, hogy a már meglévő egyenlőtlenségek mellett egyszerűen csupán egy újfajta társadalmi egyenlőtlenségről (mennyiségi változás) – vagy inkább az egyenlőtlenségek teljes átrétegződésével egy egészében újfajta társadalmi egyenlőtlenségi rendszerről van-e szó, amely az információs társadalom sajátossága (minőségi változás). Vagyis, hogy a digitális szakadék kíván-e újfajta fellépést, paradigmaváltást a kapcsolódó szereplők részéről, tehát az egyenlőtlenségek új rendszere miatt ide kapcsolható-e lassacskán minden korábbi egyenlőtlenség, ahogy az információs társadalom új egyenlőtlenségrendszere megformálódik (minőségi szemlélet); vagy elégséges a digitális szakadék bizonyos szintű-mélységű kezelése és nincs szükség az átfogóbb vizsgálatára, mert egyrészt úgysem lehetséges a megszüntetése, másrészt tőle függetlenül és sokkal fontosabb társadalmi egyenlőtlenségek is léteznek (mennyiségi szemlélet).

Erről a dilemmáról mind a mai napig folyik a vita. 2002 második felében úgy tűnt, hogy az USA-ban, ahonnan az egész vita kiindult, az ellenzők, a digitális szakadékot jelentős társadalmi problémának beállító álláspontot megkérdőjelezők jutottak túlsúlyra, amikor a politikai programok lassacskán leállnak, az állam nem áldoz erre a területre kutatási pénzeket és egyes politikusok inkább beszélnek Mercedes divide-ról, mintsem digital divide-ról.

A digital divide kutatása többé már nem akkora divat, mióta politikus körökből jelezték, hogy legfeljebb Mercedes divide-ról beszélhetünk: mindenki szeretne Mercedest, csak sokan nem engedhetik meg maguknak – ellenben autót bárki vehet, elérhető áron kapható. Vagyis, hogy az internetezés terén sem lesz egyenlőség a társadalomban és végeredményben az egyenlőtlenségek újratermelődnek. Csakhogy, amíg a digital divide elismert probléma volt, addig pénzt is szívesen áldoztak rá, most hogy nem annyira „trendy", hiába vannak továbbra is érdekes kérdések, sok kutató más, jobban finanszírozott területekre kényszerül, vagy bújtatott formában, más címszó alá bepréselve folytatja az eddigi vizsgálódásait. Azonban az egyes vezető amerikai politikusok cinikus fellépése ellenére a digitális szakadék létezik, sőt több igen fontos kérdésnek a kutatása még ma sem igazán kezdődött el.

Az, hogy a vita ilyen jellegű fordulatot vehetett, részben a digitális szakadék fogalom jellegének köszönhető, annak, hogy egy többdimenziós, igen pontatlan metaforával, semmint egy száraz leíró tudományos terminus technicus-szal van dolgunk. Két kollégám, Dányi Endre és Dessewffy Tibor egy tavaly decemberi előadása szerint ez a metafora a következő veszélyeket hordozza:

– A digitális szakadék fogalmából nem derül ki, hogy hol és kinek a legrosszabb, vagyis, hogy hol és milyen jellegű beavatkozásra volna szükség.

– Ennek az az oka, hogy a fogalom egy leegyszerűsítő dichotómia. Ahelyett, hogy a digitális egyenlőtlenség összetett viszonyait a maguk teljességében képes volna röviden felvillantani, egy fekete-fehér megkülönböztetésre egyszerűsíti a probléma-együttest.

– Ugyanakkor mindez eltakarja a cselekvő személyét, a cselekvés fontosságát. A fogalom egy uniformizált cselekvőt állít a középpontba, nem tiszta hogy pontosan kinek is kellene a digitális szakadék ügyében lépéseket tennie. Persze, ha jobban belegondolunk nyilvánvalóan arra jutunk, hogy minden érintett szereplőnek lenne mit lépnie, ezt azonban a fogalom elfedi.

– Végül, a fogalom statikus imédzzsel bír, azt sugallja, hogy a szakadék ott van, miközben a vizsgálatok szerint a szakadék mozog, határozott és vehemens dinamikája van – főleg a fejlett világban –, márpedig az ilyenfajta dinamika egy „szakadéktól" eléggé furcsa.

Vagyis a metafora könnyen félrevezeti az óvatlan laikust. Ha azonban ezeket a félrevivő sugallatokat felismerve alaposabban megvizsgáljuk a digitális szakadékhoz köthető problémákat, akkor egy négy-osztatú térhez jutunk, ahol a helyi és globális valamint a formális és valódi hozzáférés körül zajlik a vita.

Tehát a hozzáférés vizsgálata tulajdonképpen egy többelemű kutatás-együttest jelöl ki, ahol a vizsgált társadalom (helyi viszonyok) vagy társadalmak (globális összevetés) mellett a hozzáférés jellege is fontos szerepet játszik. Hiszen miközben sokan a pénzügyi korlátokat jelölik meg a terjedés fő gátjaként, ezen kívül kognitív, tartalmi és politikai tényezők is fontos szerepet játszanak.

Egy másik megközelítés alapján, amely a technológiai terjedés és az időtényező szerepét vizsgálja egy első pillantásra másfajta tipológiához juthatunk el. Rigler András és Molnár Szilárd hazai digitális szakadék kutatók szerint a diffúziós görbe eltérő szintjein eltérő digitális szakadék mintázatokat találunk. A terjedéssel párhuzamosan (S-görbe) változik a digitális szakadék jellege. Tehát az infokommunikációs eszközök terjedésének különböző fázisaiban változik, hogy mit tekintünk a digitális szakadék fogalom tartalmának, tárgyának, vagyis miről folyik maga a vita:

1. Hozzáférési szakadék – korai digitális szakadék: a hozzáférő és nem hozzáférő közötti különbséget írja le. A korai adaptáció szakaszára jellemző, a kritikus tömeg elérése előtti időszakra.

2. Használati szakadék – elsődleges digitális szakadék: a használó és nem használó közötti különbséget írja le. A dinamikus növekedés szakaszára jellemző, amikor a bővülés igen erős. Ez annyiban tér el az előző, hozzáférési szakadéktól, hogy azokat a hozzáférőket, akik nem használják rendszeresen a világhálót, egyszerűen a nem használókhoz sorolja. Vagyis nem a hozzáférés már a központi kérdés, hanem a használat mikéntje. Itt persze módszertani kérdések merülnek fel, hogy kit tekintünk felhasználónak és kit nem. Egyes vizsgálatok a havi egyszeri használatnál húzzák meg a határt, mások a heti egyszerinél. Ettől azonban még tény marad, hogy az emberek egy csoportjának miközben potenciálisan volna hozzáférése (otthon, barátnál, munkahelyen, teleházban, stb.), a közben igazándiból nem él ezzel a lehetőséggel. Ez az eszközök elterjedtségének egy magasabb szintjén már azt eredményezi, hogy félrevezető volna a hozzáférők – nem hozzáférők dichotómiát vizsgálni, mert az igazi különbségek a használók és nem használók között találhatók.

3. A használat minőségéből fakadó szakadék – másodlagos digitális szakadék: a használó és használó közötti különbséget írja le. A telítődés szakaszára jellemző, amikor az adaptáció előrehaladása miatt a növekedés lelassul, majd leáll. Persze ekkor is vannak olyan emberek, akik nem férnek hozzá a hálózathoz, a számuk azonban igen minimális. És vannak olyanok is, akik bár hozzáférnek, de nem használják az új technológiát – a társadalom egy kisebb, de nem elhanyagolható része. ők többnyire azért döntenek így, mert tudatosan ellenzik az eszközök használatát. Mégis, ekkor már a legfontosabb digitális szakadékkal kapcsolatos kutatási kérdések a használók közötti viszonyokra koncentrálnak, mert a társadalom túlnyomó része már felhasználó és közöttük találhatók a legmeghatározóbb különbségek, amelyek már a használat jellegéből erednek és a hozzáférés valamint a nem használat kérdései másodlagossá válnak.

Jól látható tehát, hogy jelenleg maga a „szakadék", illetve a körülötte folyó diskurzus is mozgásban van. A technológiai terjedés különböző fázisaiban lévő országokban a témához kapcsolódó vitáknak más a tartalma és a tétje. A dinamikus növekedés előtt álló Magyarországról nézve a telítődéshez közel lévő Egyesült Államok politikusainak a megállapításai – a Mercedes-szakadékról – csak így válhatnak érthetővé, hiszen nem ugyanarról a digitális szakadékról beszélnek ők, amiről mi, idehaza.

Míg az alacsonyabb penetrációt felmutató országokban a hozzáférés, és a használó – nem használó közötti különbségek a lényegesek, addig a legfejlettebb országokban már a használók közötti különbségek a mérvadóak. Mindez arra figyelmeztet, hogy a digitális szakadék nem tűnik el a hozzáférés biztosításával, mert a különbségek a használat jellegében mindvégig megmaradnak. Ezt azonban már nem tekintjük a rossz értelemben szakadéknak.

Az információs szolgáltatásokat tekintve egészen biztos, hogy sosem lehet majd teljesen megszüntetni az emberek és szokásaik, életmódjuk közötti egyenlőtlenségeket, mert ezek részben olyan különbözőségekből, alapvető emberi másságokból fakadnak, amelyeket nem lenne ildomos – és feltehetően lehetséges – az egyenlősítés érdekében eltüntetni. Ugyanakkor azonban folyamatosan törekedni kell arra, hogy az emberek között található eltérő igények, különbségek és másságok ne csapjanak át kirívó egyenlőtlenségekbe. Tehát az újonnan megjelenő digitális szakadék ne a gazdagabbakat tegye még gazdagabbá és ne a szegényeket zárja ki, hanem járuljon hozzá a meglévő egyenlőtlenségek lehetőségek szerinti csökkentéséhez, megengedve a használat módjának és mértékének szabadságát. A jót sem szabad senkire ráerőltetni, hanem csak felkínálni.

A cikk egy korábbi verziója megjelent az ITTK Infinit Hírlevelében

Az idézett kutatások anyagai – absztraktok, PPT-k és fényképek – elérhetők a következő címen: http://www.ittk.hu/huna/klub_archivum.html

Yoshio Utsumi második periodusában az ITU élén

MÉSZÁROS ETELKA

Az 1800-as évek végén a tudomány rohamos fejlődésnek indult. Az egyetemekről világszerte olyan tehetséges emberek jöttek ki, akik kutatásaikkal, munkájukkal megváltoztatták az addig ismert fizikai, kémiai, elektrotechnikai elméleteket és számtalan új eredménnyel gazdagították a világot – mondta újraválasztása alkalmából Yoshio Utsumi. Ezek az eredmények hatással voltak az egész világ tudományos életére és iránymutatást adtak a világ egyik legrégebbi szervezetének, az ITU-nak is.

Neves tudósok és sikeres feltalálók, mint Graham Bell és G. Marconi felfedezéseikkel megalapozták a távközlést. Marconi egyik nyilatkozata szerint munkájának nem csak az volt a célja, hogy elektromos impulzusokat küldjön az óceán túloldalára, hanem az is, hogy a telegrammal összezsugorítsa a világot és békés hellyé alakítsa át. Bell célja személyesebb volt, a fogyatékos embereken, süket feleségén és annak tanítványain akart segíteni.

Az ITU főtitkári munka második terminusának kezdetekor még megjósolni sem merem, hogy ebben az évszázadban milyen forradalmi változások várhatók a távközlésben. Egy dologban azonban biztos vagyok: az információs és kommunikációs technológia főszerepet játszik a társadalom fejlődésében.

Az információ ugyanúgy az életünk részévé válik mint az evés vagy az öltözködés. A koncentrált, globális erőfeszítés az informatika széleskörű alkalmazásával ki fogja egyenlíteni a szegények és gazdagok közötti szakadékot. Jelenleg még jelentős harcokat kell vívnunk ezen a területen, azonban mint mindenben itt is egyensúlyra kell törekednünk.

A túlzott törekvések a távközlésben is veszélyesek. Amennyiben csak a 2000. évet nézzük a távközlési ipar több mint 200 milliárd US dollárt fektetett be világszerte. A pénzügyi és szociális megosztottság még messze van az elfogadható arányoktól, mivel nagymértékben gondoskodtunk néhány fejlett területről és számtalan esetben nem gondoskodtunk az „univerzális" szolgáltatásokról. A távközlési kapacitás bősége azt eredményezte, hogy csak az egyetemes szolgáltatás, vagyis a telefonhálózat épült meg a legtöbb településen a fejlődő világban.

Célunk, hogy ne csak a kutatás perspektíváit hanem a szétosztás helyes irányvonalát is meghatározzuk. Integrálnunk kell a tudomány és technika eszközeit a tagországok megsegítésére. Követnünk kell az ITU alapítóinak elvét, ahogy a tagok 1865-ben kijelölték. Szeretném biztosítani az Afrika vagy Ázsia eldugott falvaiban élő farmernek is a piaci információhoz való hozzáférést, ami befolyásolhatja, javíthatja az életminőségét. Ez az információ segíteni fogja az optimális szüret idejének meghatározásában és abban, hogy mikor kell az árut piacra vinnie.

Az elkövetkező négy évben többek között azért is dolgozom, hogy az informatikai tudás és a kommunikációs technológia lehetővé tegye az elmaradt falvaknak víztisztító berendezések vásárlását, ezzel csökkentve a magas halálozási arányt.

Bár az ITU szem előtt tartja a politikai életet is ez nem azt jelenti, hogy egyben hátat fordít a távközlési iparnak. Annál is inkább mivel továbbra is ebben az iparágban látom a reményt. A fejlődő országoknál ugyanis sokkal könnyebb lesz eredményeket felmutatni, mint a gazdagabb társadalmakban. A nagy távközlési szolgáltatók sokkal jobban megérzik a 2001-ben elindult távközlési recessziót mint akik még nem fektettek be olyan sokat ebbe az iparágba.

Annak ellenére, hogy az informatikai eszközöket a fejlett országok alkalmazottainak már 80%-a használja, a vezető politikusok körében, – akiknek döntő szerepe van az információs társadalom kialakításában, – még kevésbé terjedt el. Ugyan a politikusok ismerik a média használatát a választások során, mégis nagyon sokan a kormányzati körökben még nem tudják kihasználni az informatikai eszközökben rejlő lehetőségeket és ezért nem érhetik el a számukra értékes on-line információkat.

A fejlődő országok esetében az informatika a természeti források kiaknázásában is segíteni fog, kiemeli őket az elmaradott környezetből. Ugyanakkor az informatikai módszerek jobb kihasználása veszélyt is jelenthet a fejlődő országok vezetői számára, mivel a polgárok nagyobb ellenőrzést gyakorolhatnak az adott ország gazdasági és politikai viszonyaira.

Az előbbiekből következően az ITU-nak segítenie kell a politikusoknak, hogy ne riadjanak vissza az informatika adta lehetőségek kihasználásától. Bizottsági Üléseket fogunk tartani ebben a témában, először 2003. december 10-12. között Genfben, majd 2005-ben Tunéziában. Ezeken az Üléseken előre tekintő akciótervet dolgoznunk ki és nem a tegnap bírálata lesz a cél.

Másik fontos törekvésünk, hogy az informatika törölje el az országhatárokat. Ennek egyik lehetősége a világháló, amely sokkal összetettebb mint a jelenlegi gyakorlat. A WEB a lakosságot nem egyénekre bontva nézi, hanem

együttesen a kormányokat, a szuverén államokat, akik elvárják az új elérési mechanizmust és együttműködést. A világháló összeköti a saját közvetlen környezetünket, sok új módszer és lehetőség megismerését bárhol is érték azt el a világon.

Azonban még számos kérdést tisztáznunk kell ezzel a technológiával kapcsolatban:

- Többek között felmerülhet, hogy ha növeljük a függőséget a WEB-től, hogyan akadályozhatjuk meg a nemzetközi informatikai terrorizmust és banditizmust?
- Ki lesz képes arra, hogy az on-line rendőrség posztját ellássa?
- Amennyiben adót fizetünk a hétköznapi életben, vajon szintén adóznunk kell az on-line tranzakcióknál is?
- Kinek kell adóznunk és hogyan?
- Hogyan tudjuk ellenőrizni az ezzel kapcsolatos bűnügyeket?
- Melyek lennének az ide vonatkozó törvények?
- Hogyan őrizhető meg a szólásszabadság vagy más alapvető emberi jog a világhálón?
- Lesz-e valamilyen veszélyforrás ami megakadályozza a tartalom ellenőrizhetőségét?
- Hogyan őrizhetjük meg a szerzői jogokat és a hitelességet a hálón található információk, közlemények esetén?

Feltételezhető, hogy létezik nemzetközi tapasztalat és törvénykezési gyakorlat ebben a tárgyban, de hatékonyságuk behatárolt mert azokat csak a nemzeti határokon belül lehet alkalmazni. Mialatt a gazdaságunk és intellektuális aktivitásunk növekszik a WEB használatával, mindez szabályozások és szabályok nélkül történik.

Ahogy a távközlési ipar elkerülhetetlenül hozza magával az új technológiákat a világpiacon, az életmód is csak az élvonalbeli környezetben fog fejlődni. Egy új kor partján állunk. Most még befolyásolhatjuk, hogy milyen is legyen az információs társadalom. Lehetséges, hogy nem tudjuk pontosan körvonalazni a részleteket, de némi elképzelést már kialakítottunk a Marokkóban tartott ITU konferencián. Több mint 70 miniszter 150 tagországból volt jelen és egyértelműen megfogalmazták, hogy az ITU-nak folytatnia kell a jövőt előkészítő politikáját, amely előmozdítja, hogy mindenki számára megfelelő módon tagja lehessen az információs társadalomnak.

A legjobban akkor lehet megjósolni a jövőt ha azt mi magunk alakítjuk ki. Ahogy előre tekintek az elkövetkezendő évekre, az ITU célja csak az lehet, hogy formáljuk együtt a jövőt, ahol a távközlési eszközök egy egységes világot teremthetnek, azt békéssé és mindenki számára elfogadhatóvá teszik.

Irodalom

ITU News, 2002/10
New Breeze Winter, 2003

Hírek

Szabványok

A Magyar Szabvány Testület tájékoztatja a Híradástechnika című folyóirat olvasóit, hogy az IT biztonság témakörében az utóbbi három évben az alábbi magyar szabványok jelentek meg. Ezek jelenleg is hatályosak, érvényben vannak.

MSZ ISO/IEC 13888-1:2001	Információtechnika. Biztonságtechnika. Letagadhatatlanság. 1. rész: Általános ismertetés
MSZ ISO/IEC 13888-2:2001	2. rész: Szimmetrikus tecnikákon alapuló módszerek
MSZ ISO/IEC 13888-3:2001	3. rész: Aszimmetrikus technikákon alapuló módszerek
MSZ ISO/IEC 15408-1:2002	Informatika. Biztonságtechnika. Az informatikai biztonságértékelés közös szempontjai. 1. rész: Bevezetés és általános modell
MSZ ISO/IEC 15408-2:2003	2. rész: A biztonság funkcionális követelményei
MSZ ISO/IEC 15408-3:2003	3. rész: A biztonság garanciális követelményei
MSZ ISO/IEC 17799:2002	Informatika. Az informatikai biztonság menedzselésének eljárásrendje

Szabó Zoltán főosztályvezető

A Magyar Tudományos Akadémia a korszerű természettudományos közoktatásért

DR. BAZSA GYÖRGY EGYETEMI TANÁR, AZ AD HOC BIZOTTSÁG ELNÖKE
DR. KEVICZKY LÁSZLÓ AKADÉMIKUS, ALELNÖK

A természet- és műszaki tudományok eddig is meghatározó tényezőként járultak hozzá az emberi társadalom fejlődéséhez és jobb életkörülményeinek alakításához. A tudás alapú társadalom kialakításának is egyik feltétele, hogy az állampolgárok korszerű természettudományos és műszaki alapműveltséget szerezzenek. Ezzel szemben közoktatásunkban – és a közvéleményben – e tárgycsoport helyzete, szerepe és megítélése egyre nyugtalanítóbb képet mutat. Ezen a helyzeten sürgősen változtatnunk kell: igazi megújulásra, paradigmaváltásra van szükség. Ennek érdekében fogalmaztuk meg a természettudományos közoktatás megújulásnak legfontosabb területeit és feladatait.

Az Akadémia szerint általában és a természettudományos oktatásban is kiemelt figyelmet érdemelnek európai uniós csatlakozásunk következményei, a tömeg és elitképzés viszonyának rendezése, a minél fiatalabb korban elkezdett tehetséggondozás, a szakszerű, segítőhatású értékelési rendszer, a tanárképzés, együtt a rendszeres továbbképzéssel és mindenek előtt a tanári pálya erkölcsi és anyagi megbecsülése.

Az a társadalmi-gazdasági-technikai fejlődés, amit az emberiség a XX. században elért és megélt, meghatározó módon a tudomány eredményeinek, azok sikeres alkalmazásának köszönhető. A XXI. században a *tudás társadalma* épül fel mindenütt, ahol ehhez a lakosság műveltsége, képzettsége és az ország vezetésének szelleme kellő alapot biztosít. A társadalmilag fontos termékek és szolgáltatások értékét ma már nem elsősorban a bennük lévő anyag, nem az előállításukhoz felhasznált energia, hanem döntő mértékben a hozzáadott szellemi érték határozza meg. Ez utóbbit mindenek előtt a természet- és műszaki tudományok biztosítják, s ezek – természetesen együtt a társadalomtudományok eredményeivel – jelentik a tudás alapú társadalom kialakításának alapjait.

Miközben ezt az alapvetést érdemben szinte senki nem vonja kétségbe, mégis növekvő és erősödő mértékben jelent meg és érvényesül a társadalomban egyfajta bizalmatlanság és elégedetlenség a tudománnyal és eredményeivel szemben. Megjelentek és terjednek az áltudományos, sőt tudományellenes nézetek és szervezetek. Hozzájárul ehhez, hogy a tudomány valóban nem tud, mert nem tudhat minden felmerülő problémát megoldani (pl. AIDS, rák), hogy eredményeit átgondolatlanul (pl. műtrágya túladagolás), felelőtlenül (pl. ciántárolás), gondatlanul (pl. Csernobil), sőt társadalomellenesen, nem csak békés célokra (pl. a legkülönbözőbb fegyverek) használják. Ennek a tendenciának a károsultja csak első ránézésre a tudomány, valójában – nem csak hosszú, de már rövidtávon is – maga a társadalom az igazi vesztese. Közös érdek tehát ennek megállítása, illetve megfordítása.

Ennek alapja és egyetlen lehetséges bázisa a lakosság minél magasabb szintű műveltsége és alap-iskolázottsága. Erre épülhet az életen át tartó tanulás elterjedése, az információs társadalom lehetőségeinek befogadása és alkalmazása, a médiumok ezt (meg)értő és segítő tevékenysége.

Hazánk, a magyar szellemiség az előző század(ok)ban nem csak lépést tudott tartani a tudomány általános és gyors fejlődésével, hanem abban – kiválóságaink révén is – több tekintetben kiemelkedő szerepet játszott. Alapvető társadalmi érdekünk, hogy ezt a szerepet és színvonalat megtartsuk és erősítsük. Ugyanakkor az előbb említett negatív jelenségek nálunk is megjelentek és hatnak, s társadalmunk fogékonysága nem mutatjobb képet más országokénál. Tennivalónk tehát egyszerre közös és egyedi.

Az általános tendenciák körében az érintettek, de más objektív szemlélők is – itthon és szinte világszerte – különösen kritikusnak tartják a *természettudományok (a science)* társadalmi megítélésének romlását, az iránt megnyilvánuló bizalom és érdeklődés csökkenését. Ez meghatározó módon, számos tekintetben jól számszerűsíthetően is jelentkezik a közoktatásban és a felsőoktatásban. Így pl. a közoktatásban a tanulók érdeklődése a természettudományos tárgyak iránt évtizedek óta szinte folyamatosan csökken, ezeket a tárgyakat (sem) tanulják érdeklődéssel és élvezettel, s egyre kevesebben érettségiznek belőlük. Ott tartunk, hogy **évente már negyvenezer (!) magyar maturandus nem tesz érettségi vizsgát egyetlen természettudományos tárgyból sem!** Ez is egyik sajnálatos, *de könnyen megváltoztatható és megváltoztatandó tényezője, s részben oka* annak, hogy felsőoktatásunk legtöbb ilyen szakjára mind kevesebben jelentkeznek, a középiskolai tanárok szerint ők is gyakran a másodikharmadik vonalból, ezért a felvételizők eredményei is romlanak. A felsőoktatási intézmények oktatóinak általános véleménye szerint is az első évesek felkészültsége szinte évről-évre gyengébb, e mellett elhivatottságuk és ambíciójuk – tisztelet a nem kevés nagyszerű kivételnek – mérsékelt. Ezek nem kizárólag magyar sajátságok, hanem elég általános nemzetközi tendenciák. Számos országban hasonló tapasztalatokat fogalmaznak meg a szakemberek.

A mi gondjaink és problémáink megoldása viszont ránk, hazai tanárokra, oktatókra, tudósokra és oktatáspolitikusokra vár. Szövetségesünk kell legyen az alkalmazói szféra, az ilyen érdeklődésű fiatalok sokasága, a média, végül is az egész magyar társadalom. Ennek lehetőségét éppen napjainkban bizonyítja a *Mindentudás Egyeteme* c. előadássorozat sikere.

A Magyar Tudományos Akadémia mindig is vallotta és vállalta felelősségét és szerepét abban, hogy a tudomány megfelelő helyet kapjon mind az oktatásban, mind a társadalomban. Ebben a helyzetben az Akadémia hét, a természet- és műszaki tudományokban érintett osztálya felismerte azt a felelősséget és kötelességet, ami most rá hárul, és a következő álláspontot alakította ki.

Úgy véljük, hogy az előrelépés alapja a társadalom minden felnövekvő tagját érintő *közoktatás* és a természettudományos-műszaki szakembereket, köztük a tanárokat képző *felsőoktatás* tartalma, szemlélete, minősége, feltételei. Olyan átgondolt, kellően kidolgozott ***koncepcionális változtatásokra, fejlesztésekre és megújulásra*** van szükség, amelyek a tudás alapú társadalom minél hatékonyabb kiépülését segítik elő. Ennek egyik feltételét a ***természettudományos alapműveltség*** oktatásának megújításában látjuk – a közoktatás általános fejlesztésének keretei között.

A megújiulásnak több fontos eleme, illetve területe van:

a) A XXI. századi természettudományos műveltség tartalma és funkciói a közoktatásban
b) A tananyag szemlélete: tudományos alapra épülő társadalmi és állampolgári relevancia
c) A tanított ismeretmennyiség és a képességfejlesztés arányai
d) A természettudományos tárgyak a közoktatási tantervekben
e) A klasszikus tantárgyszerkezet és az interdiszciplinaritás (a *science* tantárgy)
f) A természettudományos tárgyak a kétszintű érettségi rendszerében
g) A természettudományos tárgyak tanításának-tanulásának feltételrendszere

A XXI. századi természettudományos műveltség tartalma és funkciói a közoktatásban

A bevezetőben körvonalazottak szerint a természettudományos ismeretek és képességek a XXI. századi általános műveltség, a tudás alapú társadalom meghatározóan fontos komponensét adják. Ez jelenti a bennünket körülvevő, életfeltételeinket jelentő természet benne az ember – megismerésének, működése, törvényszerűségei, fenyegetettsége és megvédhetősége megértésének alapját, a környezetet ismerő, felhasználó és védő tudatos emberi tevékenység előfeltételét.

A közoktatásban nem arra van szükség, hogy minden tanulót a természettudomány művelésére készítsük elő, hanem arra, hogy *kialakítsuk mindegyikükben* – a tudomány eredményeire alapozva – a megfigyelés képességét, a megismerés módszereit, a leírás és értelmezés alapjait, a mikro- és makrovilág ok-okozati kapcsolatrendszerének értését, a természeti összefüggések ismeretét. Kiépítsük azt a tudatot, hogy az élő és élettelen természet a tudomány segítségével megismerhető, megérthető és az emberiség jóléte érdekében – megfelelő óvatossággal – felelősen használható és fenntartható. Felkeltsük azt az érdeklődést, amivel mindez elérhető és megszerezzük nekik azt az örömet, amit ezek elérése jelent.

Ez tömören úgy is fogalmazható, hogy a tanulókat *elsősorban az életre, s nem az iskolára kell felkészíteni. „Non scholæ sed vitæ discimus"* tudták s mondták már a rómaiak is. Érezzék a tanulók a természettudományi oktatás életés emberközpontúságát. Ugyanakkor erősíteni kell a középiskolának, különösen az érettségineк a felsőfokú tanulmányokra felkészítő funkcióját: nem elsősorban rengeteg adattal és nem eltúlzott elméleti ismeretekkel, hanem mentálisan, kommunikációs képességekkel, tanulási intelligenciával, gondolkodásra késztetéssel, ami az iskolarendszerűen tanult korszerű általános műveltségre (benne idegennyelv- és informatikai készségekre és ismeretekre) épül. De mindenki számára legyen egyértelmű: gondolkodás, intelligencia, készségek csakis – egy meghatározott minimumot meghaladó – tárgyi ismeretekre és tényekre építhetők. ***Sürgető feladatnak tartjuk, hogy az érdemi társadalmi párbeszéd keretében alakítsuk a XXI. századi, ezen belül a természettudományos műveltség hazai közoktatásban érvényesítendő tartalmát! Ebben az Akadémia kész aktív, kezdeményező szerepet vállalni.***

A tananyag szemlélete: tudományos alapokra épülő társadalmi és állampolgári relevancia

A szemléletet az előzőekben összegzett cél kell meghatározza: egyrészt *felkészítés az életre,* az aktív társadalmi tevékenységre, a munka világára, s ezzel párhuzamosan a *továbbtanulás és önképzés megalapozása.* A közoktatás tananyagának tartalmát és szemléletét a XXI. század tudás alapú társadalmának igénye, az Európai Unióban élő magyar állampolgárok szellemi és anyagi szükségletei határozzák meg. Ennek alapján szinte minden egyes tantárgy és témakör oktatásának *célja* is világosan megfogalmazható.

A természettudományos tárgyak szemléletét természetesen a tudomány határozza meg: csakis *tudományosan elfogadott és hiteles* alapismereteket szabad tanítani. Természetesen mindig a gyermek korának és fejlettségének megfelelő egyszerűséggel vagy részletességgel! Sajnos, egyre nagyobb szükség van társadalmunkban a hamis, áltudományos, sőt tudományellenes hírek, nézetek és üzletek felismerésére, az ellenük való védekezésre, sőt küzdelemre is.

Erre csak természettudományosan művelt, ismereteikben és szemléletükben magabiztos állampolgárok képesek. Ezzel párhuzamosan az ismeretek társadalmi felhasználhatósága és egyéni alkalmazhatósága is szemlélet-meghatározó szempont kell legyen. A tanuló már diákként is gyakran, felnőtt állampolgárként pedig rendszeresen kerül személyét vagy a közösséget érintő dön-

tési helyzetbe, ahol a felelős döntéshez sokoldalú felkészültségre, biztonságos tájékozódó és értékelő képességre, megbízható tudásra van szüksége. ***Az Akadémia kezdeményezi, hogy a tanterveket és követelményrendszereket, a közoktatási tananyagokat ennek a szempontnak a kiemelt figyelembe vételével dolgozzák át.***

A tanított ismeretek mennyiségének és a képességek fejlesztésének arányai

Széleskörű nemzetközi tapasztalat, hogy a közoktatásban irreálisan nagy a megtanítandómegtanulandó anyag mennyisége, s ezzel egyidejűleg elégtelenek az azok alkalmazására, a képességek fejlesztésére tett erőfeszítések, következésképpen az ilyen eredmények is. A legutóbbi elemzések és felmérések a természettudományi tárgyakról is kimutatták, hogy a tananyagok gyakran túlméretezettek, a tanulók túlterheltek, e téren nincsenek sikerélményeik és sokan érdektelennek, haszontalannak, sőt ellenszenvesnek tartják ezeket a tárgyakat.

A legkülönbözőbb elemzések támasztják alá ezeket a megállapításokat. A PISA2000 felmérés a magyar tanulóknál az alkalmazási, ismeret-felhasználási képességekben meglepően rossz állapotot tükrözött. Ez nagyban hozzájárult ahhoz, hogy a magyar oktatáspolitika és a közvélemény egyaránt felismerje annak halaszthatatlan szükségességét, hogy nem kizárólag a tanított és csak passzív tudásként megjelenő ismeretanyag határozza meg a közoktatás eredményességét, hanem legalább ilyen fontos a tanulók kompetenciája, egyéni adottságaikra épített képességeik (ki)fejlesztése. Az ismeretek mennyisége, mélysége, gyakorlatorientáltsága és a képességek felfedezése, fejlesztése közötti egészséges arány kialakítása a közoktatás nehéz, a természettudományi tárgyakban pedig egyre sürgetőbb központi feladata.

Egyik a másik nélkül nem képzelhető el, egymást feltételezik, s ezek szoros összefüggésben vannak az egyes iskolák, iskolatípusok céljaival, funkcióival. Nem kétséges, hogy *a jelenlegi tananyagok volumenét csökkenteni kell – de ez nem járhat együtt a tanítási keretek, az óraszámok csökkentésével,* annál inkább a különböző képességek eredményesebb fejlesztésével. ***Szükségesnek tartjuk a tananyag mennyiségének újragondolását – együtt a képességfejlesztés módszereinek, eszközeinek tantárgyankénti, szakterületenkénti körültekintő kidolgozásával és elterjesztésével.***

A természettudományos tárgyak a közoktatási tantervekben

A közoktatás tantervi rendszeréről (NAT, kerettanterv, helyi tantervek, ...) folyó vitákban az Akadémia természettudománnyal foglalkozó képviselői nem kívánnak részt venni. Azt tartanák szükségesnek, hogy minél szélesebb körű megegyezés alapján hosszabb távon is stabilis rendszer alakuljon ki, amelyen belül minden tekintetben biztonsággal lehet tervezni. Azt viszont szükségesnek tartjuk leszögezni, hogy a természettudományos szemlélet és ismeretek eddigiekben többszörösen is megindokolt jelentőségüknek és nélkülözhetetlenségüknek megfelelő súllyal és aránnyal jelenjenek meg a tantervi keretekben, mind a tananyagban, mind az óraszámokban, mind a számonkérési rendszerben. A hazai közoktatásban *a természettudományi tantárgyak tanításának kereteinek, óraszámainak további csökkenését* – a közelmúlt tendenciával ellentétben – *nem tartjuk megengedhetőnek.* Nem elsősorban a természettudományok, hanem a tudásalapú társadalom megteremtése és a nemzetközi versenyképesség érdekében. ***Az Akadémia ezért szakmai véleményt kíván mondani a közoktatás műveltségtartalmának főbb arányairól, ezen belül a természettudományos tantárgyak súlyáról.***

A klasszikus tantárgyszerkezet és az interdiszciplinaritás (a *science* tantárgy)

A magyar közoktatásban a természettudományok tanításában (is), a tanárképzésben (is) a klasszikusnak nevezett tantárgyi (tudományági) rendszer (matematika, fizika, kémia, biológia, földrajz) alakult ki és ez ma szinte teljes mértékben meghatározó. Új elemként a technika, a környezettan és az informatika jelent meg, de máig sincs pl. *egészségtan,* ami az egészségnevelés és -megőrzés integrált természettudományos megalapozású eszköze lehetne. A NAT-ban megfogalmazott műveltségi területek nem hoztak áttörést a hazai tantárgystruktúrában. Bár számos országban – különféle felfogásban és szerkezetben egységes természettudományt (science) tanítanak, és a tudományokban is meghatározóak és egyre fontosabbak az interdiszciplináris megközelítések és eredmények, alapvető a szintetizáló, integráló, komplex szemlélet, a hazai közoktatásban most még nincsenek meg a feltételek egy ilyen tantárgyszerkezeti paradigmaváltásra. Indokolt viszont megvizsgálni – a hazai viszonyok figyelembe vételével – ennek lehetőségét, feltételeit, és előkísérleteket is szükséges végezni.

A jelen helyzetben a hagyományos tantárgystruktúra szemléletét, tartalmát, felépítését és *kapcsolatrendszerét* kell elsődlegesen megújítani. E megújulás igen fontos eleme kell legyen a tantárgyak közötti – a jelenleginél lényegesebben hatékonyabb – szervezett összehangoltság (integráció, koncentráció, tantárgyköziség, stb.). ***Ilyen interdiszciplináris, integrációs kezdeményezések elindítását és a meglévők koordinációját javasoljuk az oktatási tárcának azzal, hogy az Akadémia kész ezeket segíteni.***

A természettudományos tárgyak a kétszintű érettségi rendszerében

A kétszintű érettségi számos tekintetben valódi *paradigmaváltást* jelent középfokú oktatásunkban.

• A megjelent dokumentumok alapján úgy ítéljük meg, hogy a két szint – véleményünk szerint szükségszerűen – eltérő funkciója nem jelenik meg az új követelményrendszerben. Jelenleg úgy tűnik, a két szint között a különbség csak a követelmények mennyiségében, részletezésé-

ben és valamelyest mélységében van, de nem érzékelhető lényegi funkcionális eltérés. Ha az *emelt szintű* érettségi a felsőoktatásba bejutás feltétele, s ezzel a felvételi vizsgák kiváltója lesz, és ezáltal egyfajta szelekció eszköze is, akkor a *középszintű érettségi* hazánkban a XXI. század elejének korszerű műveltségtartalmát, a tudás alapú társadalom emberének tudományosan megalapozott, de meghatározóan életszerű ismereteit és képességeit kell mérje és meglétüket igazolja. A természettudományok terén ez természetesen csakis általános európai mértéket jelenthet.

E tekintetben a felsőoktatás egészén belül tisztázni kell: fontosnak és elégségesnek tartja-e az érettségizők minél jobb általános műveltségét, bizonyos képességeit, tanulási intelligenciáját, kommunikációs képességét, vagy az egyes szakmákhoz már tételes előismereteket vár el, avagy a jelentkezők többlet tudását elsősorban a túljelentkezett szakokon szükséges felvételi szelekció érdekében (kényszerűen) kéri és méri? ***Kezdeményezzük a kétszintű érettségi funkcióinak társadalmi vitáját, céljának és lényegének megismertetését, mindenek előtt a közoktatás, a felsőoktatás és az oktatáspolitika részvételével.***

• Ezen belül elengedhetetlennek tartjuk, hogy a *kötelező érettségi tárgyak között legyen egy természettudományos tantárgy is.* A hazai hagyományok és a mai közvélemény szerint is ebben értékítélet van, ennek társadalmi üzenete van, másrészt rendkívül fontos – létében pozitív vagy hiányában negatív – visszacsatoló funkciója van. Az előzőekben vázoltuk a természettudományos műveltség szükségességét, hiányának súlyos következményeit, s jeleztük a mai szabályozás tarthatatlanságát. ***Felkérjük az oktatási kormányzatot az érettségi vizsgaszabályzat olyan átfogó módosítására, ami ismét kötelezővé teszi az érettségi vizsgát legalább egy természettudományos tárgyból.***

A természettudományi tárgyak tanításának-tanulásának feltételrendszere

A komplex kérdéskörből csak néhány elemet kívánunk kiemelni:

• A természettudományos tárgyak tekintetében – nem új és nem egyedi felismerésként meghatározónak és érvényesítendőnek tartjuk az elméleti és gyakorlati ismeretek, az osztálytermi előadás és a kísérletezés egészséges arányát. Az utóbbiaknak meghatározó szerepük van a tanulói képességek fejlesztésében. Tudjuk, hogy ma ehhez a feltételek iskolánként is rendkívül különbözőek. Mégis minden körülmények között elengedhetetlennek tartjuk legalább a rendszeres bemutató tanári kísérleteket, de ezeknél természetesen sokkal hasznosabbak (bár anyag- és időigényesek) a tanulókísérletek. Az egyébként sajnálatosan csökkenő tanulólétszám növeli ezek lehetőségét. Századunkban napról-napra nőnek a számítógép alkalmazásának (pl. kísérletek szimulációjának) lehetőségei is. Ennek során a jelenségek megértése, az ismeretek gyakorlati felhasználása, a témák hétköznapi megjelenése és bemutatása az eddigieknél nagyobb szerepet kell kapjon.

Arra szólítjuk fel az oktatáspolitikát: a (szak)tantermi, tankönyvi, szemléltető eszközbeli, iskolai szakasszisztensi és pénzügyi feltételek minél gyorsabb fejlesztésével segítse elő, hogy e téren lényeges előrelépés történhessen, s akkor a tanároktól is megkövetelhető legyen a rendszeres kísérletezés és kísérleteztetés.

• A számonkérésben a lexikális ismeretek szükségszerű ellenőrzése mellett a gondolkodó, a probléma felismerő és megoldó-képesség kell nagyobb szerepet kapjon. A természettudományos ismeretekben mindenütt van nemcsak alkalom, de didaktikailag szinte kötelező lehetőség arra, hogy a mi, mennyi, milyen kérdések mellett a hogyan, miként és főleg miért és az azokra adott válaszok is megjelenjenek. ***Az ilyen felfogású tananyagok, tankönyvek, feladat- és problémagyűjtemények megjelenése az Akadémia képviselői szerint alapvető és meghatározó jelentőséggel bír.***

• A természettudományos tárgyak oktatásának jelen helyzetében, a megváltozott feltételek mellett kiemelt fontosságot tulajdonítunk a tehetséggondozásnak és a kiemelkedő színvonalú iskolák ehhez kapcsolódó támogatásának. Nyilvánvaló, hogy a tehetséggondozás és -támogatás a leghatékonyabb társadalmi befektetés, egyúttal a társadalmi mobilitásnak, a demokrácia eme lényeges elemének fontos eszköze.

Szerencsére a természettudomány és a matematika területén ennek nagyszerű hagyományai vannak, elég a Középiskolai Matematikai Lapokra, az OKTV-re, a diákolimpiákra és néhány világhírű középiskolára utalni. Ezen hagyományok fenntartása, fejlesztése fontos társadalmi érdek. Ha Magyarország nem akar a fejlett Európa másodosztályú tagja lenni, amelyiknek a nemzetközi munkamegosztásban csak alacsonyabb rendű feladatok jutnak, akkor műszaki-természettudományos elitre is szükségünk van, amihez a közoktatásban kell az alapokat lerakni. ***Felhívjuk az oktatáspolitika figyelmét a minél fiatalabb korban elkezdett tehetséggondozás kiemelt támogatásának fontosságára. Az Akadémia a kiemelkedő iskolák minősítésében, azok programjának kialakításában is felajánlja segítségét.***

• A tankönyvkínálat ma bőséges. A rugalmas piaci viszonyok között az új koncepciók amint azok kialakulnak és ismertek lesznek – tükröződnek majd a tankönyvkínálatban is. **A természettudományok akadémiai képviselői készek véleményt mondani a tankönyvekről, azok korszerűségéről és életszerűségéről.**

• S ahogy mondani szokás, utoljára, de messze nem utolsó sorban: ***a közoktatás kulcseleme a tanár.*** A jó és megbecsült tanár. A minél több Rácz tanár úr. A hazai tanárképzés – meglehetősen általános vélemény szerint – reformra szorul. Ezt kívánja meg az ún. Bologna-folyamat hazai implementálása is. Úgy véljük, a tanárképzés megújítása – többek között – az eddigi elemzések és javaslatok, az esedékes paradigmaváltás szellemében végezhető és végzendő el. A természettudományi tárgyak tanárainak képzésében nagy súlyt kell helyezni a biztos elméleti felkészültség mellett a kísérletező képességre, a tanulók gyakorlati foglalkoztatásának technikájára, a fia-

talok motiválását segítő módszerek megismertetésére, a példa- és problémamegoldási eljárások alkalmazására. A tanár meghatározó szerepet játszik a tantárgyának megszerettetésében is! A tanárképzésre jelentkezők – és így a tanárok – minőségét természetesen erősen befolyásolja a tanári pálya erkölcsi és anyagi megbecsülése is. Ha a tanári pálya mai alacsony szintű presztizsén javítani tud a társadalom (és maguk a tanárok), akkor a tanítás és tanulás minősége is jelentősen javulni fog, s megalapozója lesz a tudás alapú társadalom kialakulásának.

A természettudományos tanárképzés korszerűsítése – a közoktatás megújulásával párhuzamosan – a felsőoktatás, a tanári pálya megbecsülése elsődlegesen az oktatáspolitika sürgető feladata.

A természettudományos közoktatás helyzetét elemező ad bizottság javaslatára az Akadémia hét természet- és élettudományi osztálya azt ***kéri az Akadémia elnökségétől,*** hogy

- az Elnökségi Közoktatási Bizottság közreműködésével megvitatva és megerősítve ezeket az ajánlásokat és felajánlásokat,
- juttassa el azokat az oktatási miniszternek,
- egyúttal kezdeményezzen mihamarabb konzultációkat a minisztériummal és
- közösen alakítsanak ki cselekvési programot a természettudományos tárgyak oktatásának megújítására.

A hét természet- és élettudományi osztály – és természetesen az *ad hoc* bizottság – folyamatosan követni, és tagjaik aktív részvételével segíteni fogják a természettudományos közoktatás elkerülhetetlen megújulását.

Addenda

Itt azokat a fontos kérdésköröket említjük meg röviden, melyek nem elsősorban vagy kizárólag a természettudományos tárgyak oktatását érintik, de természetesen azokat is érintik.

• A magyar közoktatásnak, de különösen a középiskoláknak szembe kell nézni azzal a ténnyel, hogy a korosztály igen nagy hányadát oktatják: *tömegképzést* (is) folytatnak. A hagyományosan *elitszemléletű* (de legalábbis elsősorban ilyen mércével értékelő), együttal erősen uniformizáló iskolafilozófiát fel kell váltsa a differenciált felételeket biztosító és részben differenciált követelményeket állító szemlélet és (nem olcsó) gyakorlat. Ennek a **tömegképzés vs. elitképzés** kérdéskörnek a keretében lehet és kell tisztázni azt is, hogy milyen tantervi-tantárgyi koncepció tudja kezelni azt az eddig elhanyagolt tényt, hogy a tanulók csak 5-10 százaléka fog egy-egy (természettudományi) szakterületen továbbtanulni, s a dolgok logikája szerint emelt szintű érettségit tenni. A 90%-nak „csak" az általános műveltségi komponensekre lesz szüksége, a többit nem szakmaként, hanem életszerűen fogja felhasználni: nem is konkrétan felhasználni, hanem életszemlélete és -vitele kialakításában érvényesíteni. Csak a szakterületenkénti 5-10% számára érdemes és szükséges több és mélyebb ismereteket, határozottabban tudományorientált programokat kialakítani, aminek révén kiérleltebb lesz pályaválasztásuk, sikeresebben kezdhetik felsőoktatási tanulmányaikat és – nem elhanyagolható szempontként – kiváló tanulmányi és olimpiai versenyeredményeikkel fémjelzik a magyar fiatalok tehetségét és kiválóságát. ***A tömeg- vs. elitképzés viszonyának elemzése, a megvalósítás módszereinek és feltételeinek kialakítása az iskola társadalmi esélykülönbségeket csökkentő, az esélyegyenlőséget növelő, ugyanakkor a tehetségeket felkaroló funkciójának kulcskérdése.***

• Kiemelten fontos kérdésnek tartjuk a *tanártovábbképzés* korszerű, hatékony rendszerének kialakítását és működtetését. Ezt elsősorban a tanárképző intézmények és a példaértékű, akkreditált gyakorló műhelyek bázisán kell és lehet megvalósítani. ***Javasoljuk az oktatási kormányzatnak, hogy a szükséges költségvetési források és a tanári érdekeltség biztosításával, a minőség előtérbe helyezésével valósítsa ezt meg.***

• Meggyőződésünk, hogy a tanári munkát segítő és értékelő szakfelügyelet mindmáig sok jó hagyományt őriz a magyar közoktatásban, és hogy ennek hatékony, korszerű formájú kialakítása mind a pedagógus társadalom, mind a közoktatás egészének támogatását élvezné. **A szakfelügyelet kérdéskörének újragondolására az Akadémia nyomatékosan felhívja az oktatáspolitika figyelmét.**

• Hazánk Európai Uniós csatlakozásával – ha nem is előírásszerűen, de egyre határozottabban – felerősödnek az oktatás európai dimenziói is. A családok, így a tanulók mozgása, a különféle tankönyvek, oktatási eszközök és módszerek, eljárások könnyebb hozzáférése hatással lesz a magyar közoktatásra. A modern kommunikációs eszközök határok nélkül közvetítik az ilyen jellegű információkat és szemléletet is. ***Az Akadémia széleskörű és hagyományos nemzetközi kapcsolatrendszerével kész hozzájárulni ehhez a nagyon fontos „európaisodási" folyamathoz.***

Hálózati azonosítás – az elektronikus kormányzás „alappillére"

Az internetes szolgáltatások terjedésével párhuzamosan, és egymással szoros kapcsolatban folyik az azonosítási rendszerek terjedése. Az internet térhódításával egyre nagyobb számban jelennek meg azok a vállalati és kormányzati portálok, amelyektől a felhasználók – szintén a világháló népszerűségének terjedésével – egyre több és egyre szélesebb körű szolgáltatást várnak.

Ez egyaránt igaz a B2B és a B2C kapcsolatokra, azaz a vállalatoknál az alkalmazottak, a partnerek és a szállítók igényeinek kezelésére, valamint a kormányzati szférát tekintve a G2C (kormány-állampolgár), a G2B (kormány-üzleti vállalkozás), a G2G (kormányzati közigazgatás) és a G2E (kormány-munkavállaló) kapcsolatokra.

A jelenlegi kormányzati stratégia hármas fókusza: eszközök terjedése, a hozzáférés bővülése és a tartalmak/szolgáltatások fejlődés mellett egy igen fontos, az e-kormányzás és e-közigazgatás kiépítését gátló tényező van jelen – a bizalom.

A bizalom megteremtése érdekében kritikus fontosságú minden szervezet számára, hogy megfelelő szintű bizonyosságot szerezzen a vele kapcsolatba kerülő felhasználó személyazonossága felől, egyúttal a felhasználó számára titkosságot és biztonságot szavatoljon. Ez alapján, amelyet az EU kapcsolódó intézménye is javasol, az intézményeknek átfogó internetes személyazonosítási stratégiára van szüksége ahhoz, hogy webes infrastruktúra közbeiktatásával üzleti tevékenységet bonyolíthassanak le ügyfeleikkel, alkalmazottaikkal, gyártóikkal, a beszállítókkal és más kormányzati hivatalokkal, azaz az összes velük kapcsolatban álló csoporttal.

E-kormányzat itthon és világszerte

Az e-kormányzat szolgáltatásainak e fejlettségi szintje megfelel a hazai internethasználat elterjedtségével, népszerűségével. A Taylor Nelson Sofres (TNS) piackutató 2002-re vonatkozó, világszerte harminc országot vizsgáló adatai szerint (http://www.modus.hu/aktual/go.pdf) az internet használat átlagosan a lakosság 42%-át érinti, míg az internetezőkön belül az e-kormányzati szolgáltatásokat használók aránya 30%, amely azonban évről évre jelentősen növekszik. Az internet-használatot tekintve a mezőnyt Új-Zéland vezeti 71%-kal, míg az online kormányzat Svédországban a legelterjedtebb (57%). Hazánknak mindkét területen jelentős erőfeszítésekre van szüksége.

A hazai gyakorlattal ellentétben az elektronikus kormányzás szolgáltatásai általában mind a felhasználók felé, mind a belső nyilvántartásokban megnyilvánulnak, így az elérhetőség kiterjed a kormányzati, turisztikai és választási portálokon túl a földnyilvántartásban, az állatok nyomon-követhetőségében vagy a kincstári feladatok digitalizálásában. Ehhez társulhatnak központi e-learning projektek, amelyeket érdemes szélesebb kör számára is elérhetővé tenni, hogy továbbfejleszthető legyen az e-oktatás és e-közoktatás irányába.

A Sun Microsystems szerepe

A hálózati azonosítás kérdése messze túlmutat az elektronikus aláírás problémakörén, az a teljes problematikának csak egy részterülete. Az azonosítás ugyanis történhet nem csak az e-mail üzenetek feladójának nyilvános kulcsokon keresztül történő certifikálásával, hanem egyéni, tetszőleges „chip-kártyás" azonosítóval, extrém esetben ujjlenyomat, vagy egyéb biometrikus azonosítóval.

A Sun Microsystems által kezdeményezett, immáron több száz taggal működő Liberty Alliance célja, hogy az iparág és a szolgálatói szektor résztvevői közösen olyan, az azonosítás alapjául szolgáló szabványt dolgozzanak ki, mely elosztott, azaz a felhasználók adatainak biztonságát és az azokhoz történő hozzáférést a személyiségi jogok figyelembe vételével történő rendszer létrejöttét teremtse meg. A Sun hálózati azonosítást támogató rendszerei megfelelnek a Liberty Alliance által kidolgozott ajánlásoknak.

Mindemellett a Sun Microsystems szerint az azonosságkezelésre felkészített környezetet kialakításához fokozatosan egymásra épített szintekre és folyamatokra van szükség:

1. Felmérés és kockázatbecslés, követelmények, stratégia
2. A hálózati azonosságkezelő infrastruktúra megtervezése
3. A biztonságos, szerep alapú alkalmazás-hozzáférés és -szolgáltatások kiterjesztése, illetve nyújtása
4. Az üzleti logika, a személyazonosság és a szolgáltatásnyújtás elkülönítése
5. A megbízható külső tranzakciók és szolgáltatások könyvelhetőségének megvalósítása
6. Magasabb szinten összekapcsolt hálózati azonosságkezelő szolgáltatások nyújtása

A cégeknek vagy a kormányzatnak nem kell kivárnia a hatlépéses folyamat végét ahhoz, hogy érezhető eredményeket tapasztaljon. Jól mérhető eredmények jelentkeznek a hasznosítás során, pénzt takaríthatnak meg az alkalmazások adminisztrációján és a fejlesztési költségeken, a központosított személyazonosság-kezelésnek, továbbá a megnövelt biztonságnak köszönhetően.

Egy biztonsági keretrendszernek támogatnia kell a hitelesítést, az engedélykezelést, a szolgáltatáslétesítést, valamint a hozzáférés-vezérlést digitális igazolványok, titkosítási eljárás, nyilvános kulcsú infrastruktúra-megoldás, valamint tűzfalak és intelligens kártyák kombinációjával. A sikeres biztonsági keretrendszernek számos technológiával kell rendelkeznie mindezek kezeléséhez, igazodva a szolgáltatások, az alkalmazások és a hozzáférés-vezérlés specifikus természetéhez. A biztonságra a végponttól végponti terjedő architektúra minden egyes szintjén oda kell figyelni.

Adataink megvédésére a legbiztonságosabb módszerek az emberi test természetes jellemzőire épülnek. Az ujjlenyomat viszonylag régóta ismert, de újabb módszernek számít például az írisz,- retina,- arc,- hang vagy kézírásfelismerés is. Ezeket a biológiai azonosítókat egyrészt nem tudjuk elfelejteni, másrészt sokkal nehezebb velük visszaélni.

Az alábbi rövid összefoglalásban értékeltük a különböző biológiai személyazonosító módszereket:

Ujjlenyomat azonosítás: Jól bevált technológia, elfogadható ár, és jól integrálható a meglévő rendszerekbe. Minden kliens önálló eszközt igényel. Könnyű használhatóság, nagyon könnyű és gyors.

Írisz,- retina és arcfelismerés: Nagy biztonságot igénylő helyekre is alkalmas – akár önállóan is. Lényegesen drágább, mint pl. az ujjlenyomat felismerés. Általában könnyű és gyors, de szükség lehet a szemüvegnek illetve a kontaktlencsének kivételére.

Hangfelismerés: A legolcsóbb technológia, általában külön eszközt nem, vagy csak egy kiegészítő mikrofont igényel – egy általános multimédia PC-hez. A háttérzaj zavaró lehet, és ma még egy kicsit szokatlan, ha valaki a számítógépéhez beszél. Használhatósága nagyon könnyű, de a pontosság miatt hosszabb betanítást igényelhet.

Kézírásfelismerés: Alkalmas lehet bejelentkezésre és dokumentumok digitális aláírására is. Digitalizáló táblát, kliensoldali és háttér-szoftvert igényel – kis cégeknek drága lehet. Könnyű, de a pontosság miatt hosszabb betanítást igényelhet.

A Sun új megoldása

A Sun a napokban mutatta be két világhírű személyazonosítással is foglalkozó informatikai vállalattal karöltve – AC Technology és a Cross Match Technologies – a világ első olyan személyazonosítási megoldást, amely a biometriai adatokat Smart Card (intelligens kártya) technológiával egyesíti.

A megoldás az AC Technology „BiObex" nevű, biológiai azonosítást felismerő szoftveréből, a Cross Match Technologies „Verifier E" ujjlenyomat-olvasójából és a Sun Microsystems úgynevezett vékonykliens asztali munkaállomásaiból álló rendszer, amely az első elsőként a törvényszéki előírásoknak is megfelelő biometriai alapú hitelesítési megoldás.

Az új „BiObex" szoftver segítségével nemcsak az asztali gépekhez, hanem bármely más fizikai vagy digitális portálhoz és más belső céges hálózatokhoz, vagy az internethez való hozzáférés is szabályozható. A megoldás eredetileg a szövetségi kormány számára készült, de igen jól használható olyan, nagy biztonságot igénylő területeken is, mint az egészségügy, a bankvilág, vagy akár az e-kormányzati rendszerek.

(x)

Hírek

A **Sun Microsystems** bemutatta a Project Orion névre keresztelt új termék-és üzletstratégiáját.
A Project Orion három újdonságot kínál.

- Szisztematikus megközelítést nyújt:
  A Solaris „szoftvervonat"-kiadásokra építő módszertant a szoftverek tervezéséhez, fejlesztéséhez és terjesztéséhez.
- Szoftverek halmaza helyett szoftverrendszer:
  a Sun összes vállalati infrastruktúra-szoftverének nyílt és integrált szoftvercsomagja, amelyben minden gördülékenyen működik együtt. Az egyes komponensek egységes architektúrákként és technológiaként jelennek meg. Mindezek az operációs rendszer és „middleware" fogalmak új jelentést nyernek: ez az első valódi webes szolgáltatásokat biztosító (immáron nem csak hardver) platform.
- Üzleti stratégiát kínál:
  egyszerűbb beszerzést, megfizethetőbb és kiszámíthatóbb üzleti modellt.

Hírek

2003. január 1-től Kerekes István, az Ericsson Magyarország kutatási-fejlesztési főosztályvezetője az **IEEE** nemzetközi mérnökszervezet magyarországi tagozatának elnöke. A Villamos- és Elektronikai Mérnökök Intézete (IEEE) 150 országban több mint 377 ezer egyéni tagot számláló, nonprofit műszaki szakmai egyesület. Tagjai révén az IEEE jelentős tekintélynek számít számos műszaki területen: a számítástechnikai tudományoktól, az orvosbiológiai technológiáktól és a távközléstől kezdve a villamosenergián és az űrrepülésen keresztül egészen a szórakoztató elektronikáig, hogy csak néhányat említsünk. Műszaki publikációinak, konferenciáinak és közmegegyezésen alapuló szabványosítási tevékenységének köszönhetően az IEEE készíti a villamosmérnöki tudományok, a számítógépek és a vezérlőtechnológia területén a világon publikált szakirodalom 30 százalékát: évente több mint 300 jelentős konferenciát rendez, valamint körülbelül 900 bevezetett és 700 fejlesztés alatt álló szabvánnyal rendelkezik. Az IEEE magyarországi tagozata önálló jogi szervezet, amely jelenleg mintegy 300 tagot számlál. A tagság negyede mérnökhallgató vagy doktorandusz.

•

Janik Gabriella, a **Pannon GSM** szegedi képviseletének vezetője két, összesen mintegy 10 millió forint értékű GSM rádiótesztert adott át a szegedi Gábor Dénes Műszaki szakközépiskolának. A Pannon GSM igyekszik elősegíteni a felkészült távközlési szakemberek hazai képzését. A magas színvonalú képzés elképzelhetetlen megfelelő alapok nélkül, ezért hét éve a mai napig virágzó, szoros szakmai kapcsolatot épített ki a szegedi Gábor Dénes Műszaki Szakközépiskolával. A távközlés és az informatika egybeolvadását felismerve, a szakközépiskola három éve javaslatot tett az önálló, telekommunikációs informatikus szakma megalkotására. Az elképzelést a hazai távközlési piac összes szereplője támogatta, és az iskolával közösen lefektették az új szakma DACUM rendszerű, azaz valós kompetencia alapú módszertanát. Jelenleg a 13. évfolyamon 28 diák tanul, a 14. évfolyamon pedig 30 tanuló végez ebben az új képzési formában. Az igazgató sikernek tartja, hogy a Gábor Dénes Műszaki Szakközépiskola Csongrád, Békés és Bács-Kiskun megyét lefedő beiskolázási körzetén kívülről is szép számmal jelentkeztek az új szakágra. Sőt, az iskola diákjai között rendszeresen találkozhatunk szerbiai, vajdasági magyar ajkú fiatalokkal is.

•

A **[origo] filmklub** 2003-ban húsz film bemutatását tervezi. A programot a szerkesztőség szakértői állítják össze, a négy legjelentősebb filmforgalmazó kínálatából. A cél olyan filmek bemutatása, amelyek fantáziával és intelligens módon szórakoztatnak. Az ingyenes vetítések legalább 250 fős termekben zajlanak, így alkalmanként sok olvasó meghívására van lehetőség. Jegyek a portál oldalain található játék keretében nyerhetők. A filmek kiválasztásakor fontos szempont, hogy híres színészeket is felvonultassanak ráadásul olyanokat, akik nem a megszokott és már-már megunt, hanem teljesen új szerepben tűnnek fel. A vetítésekről az olvasók a portál filmklub-oldalán tájékozódhatnak, ahol már a vetítést megelőző hetekben minden lényeges információt megtudhatnak. Az oldalról elérhetőek a korábbi vetítésekről készített képgaléria, az olvasók által írt filmkritikák és a film kvízek is.

•

A nagy gazdasági válságok idején bukkannak fel a bevált termékek, szolgáltatások olcsóbb, valamivel kevesebb szolgáltatást nyújtó változatai. Ilyen volt szakmánkban több, mint 70 évvel ezelőtt az ikervonal bevezetése, a villamoson a kisszakasz, a MÁV-nál a filléres gyors. A mai, hasonló helyzetben jelentek meg a közlekedésben a fapados légitársaságok, az USA egyes államaiban pedig a helyi **távközlési szövetkezetek**, akik szélessávú hozzáférésüket saját erőből, tagjaik pénzével és munkájával valósítják meg. A Texasban sikeres szövetkezet tagjai havi 60 dollárért használhatják szövetkezetük szélessávú szolgáltatását. (H.Gy.)

•

A távközlés történetében nem egy példát találunk **politikai befolyásra** a távközlésre vonatkozó döntésekben. Legújabban egy amerikai szenátor levelet írt a kereskedelmi miniszternek, amelyben azt javasolta, hogy az iraki háborút követő újjáépítésben mobil telefon céljára CDMA-n alapuló megoldásokat alkalmazzanak, hogy megakadályozzák a franciákat és a németeket az európai eredetű GSM technika közelkeleti elterjesztésében. (H.Gy.)

BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM * Műszaki Információs Központ és Könyvtár Oktatási 2001

Contents

Recipe Ferrum (March) 1

Dr. György Lajtha
Interview with Elek Straub about problems of competition in telecommunication 2

DEVELOPMENT OF MOBIL SYSTEMS

Árpád Huszák, Tamás Kiefer, Vilmos Simon, László Tilk Gergely, Dr. Sándor Imre, Sándor Szabó
Handling of mobility on the basis of IP networks 4

Péter Kersch, Lóránt Vajda, Attila Török
Ad hoc enlargement of IP micromobility protocols 14

Péter Kersch, Lóránt Kürthy, Csaba Simon, Lóránt Vajda
Test for the ad hoc enlargement of IP micromobility protocols 20

METHODS OF NETWORK PLANNING

Krisztina Lója
Methods of play theory 29

Zoltán Szabó, Zsolt Kenesi, Sándor Molnár
Effects of mechanisms of active storage use for the adaptation of TCP 35

Dániel Orincsay, Gábor Józsa Balázs
Cost-effective planning of telecommunication networks 39

János Tapolcai
The future of optical networks 46

INFORMATION SOCIETY

Róbert Pintér
About the meaning of digital divide 49

Etelka Mészáros
The second period of Yoshio Utsumi at ITU (excerpts from the speech of the president) 51

Dr. György Bazsa, Dr. László Keviczky
The Hungarian Academy of Science for the modern teaching of natural sciences 53

The use of networks is the basis for e-goverment 58

Cover: Gladiators fought for life and death here

Szerkesztőség
HTE Budapest V., Kossuth L. tér 6-8.
Tel.: 353-1027, Fax: 353-0451, e-mail: hte@mtesz.hu

Hirdetési árak
1/1 (205x290 mm) 4C 120.000 Ft + áfa
Borító 3 (205x290mm) 4 C 180.000 Ft + áfa
Borító 4 (205x290mm) 4 C 240.000 Ft + áfa

Cikkek eljuttathatók az alábbi címre is
BME Szélessávú Hírközlő Rendszerek
Budapest XI., Goldmann Gy. tér 3.
Tel.: 463-1559, Fax: 463-3289,
e-mail: zombory@mht.bme.hu

Előfizetés
HTE Budapest V., Kossuth L. tér 6-8.
Tel.: 353-1027, Fax: 353-0451
e-mail: hte@mtesz.hu

2003-as előfizetési díjak
Hazai közületi előfizetők részére:
1 évre bruttó 30.000 Ft
Hazai egyéni előfizetők részére:
1 évre bruttó 6.000 Ft

Subscription rates for foreign subscribers:
12 issues 150 USD, single copies 15 USD

www.hte.hu
Felelős kiadó: MÁTÉ MÁRIA
Lapmenedzser: Dankó András

HU ISSN 0018-2028

Layout: MATT DTP Bt.
Printed by: Regiszter Kft.

Szeretné a homokórát elfelejteni?

Turbó ISDN

Internetezés 128 kbit/s-os sebességgel

Felejtse el a hosszú, unalmas letöltéseket, az állandó várakozást, a homokórát! Élvezze a sebességet és a rendkívül kedvező percdíjakat a ***Matáv Turbó ISDN*** *díjcsomaggal!*

- ***Dupla sebességű (128 kbit/s), korlátlan internet.***
- ***Havi 40 órás, kétcsatornás (128 kbit/s) internetkapcsolat*** *(tartalmazza a telefondíjat).*
- ***Két digitális vonal*** *kedvezményes havi előfizetési díja (ISDN2 P-MP csatlakozás).*
- *Havi bruttó* ***1600 Ft lebeszélhető*** *a Matáv hálózatán belül.*
- *A csomag havi előfizetési díja bruttó* ***9900 Ft.***

Ajánlatunk egyéni ügyfeleink részére 2003. március 10-től érvényes.
További feltételek és megrendelés az 1212-es ingyenes
ügyfélszolgálati telefonszámon és az értékesítési pontokon.

matáv

a szavakon túl

www.matav.hu