

híradástechnika

1945 VOLUME LXV. 2010

hírközlés ■ informatika



Energiahatékony hálózati megoldások

Hálózattervezés ZigBee hálózaton

HSDPA szállítóhálózati torlódásvezérlés

Beltéri rádióhálózat antennáinak optimalizálása

2010/7-8

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

nka

Tartalom

HÁLÓZATOKBAN	1
Szilágyi László, Cinkler Tibor, Csernátorny Zoltán Energiahatékony hálózati megoldások	2
Csurgai-Horváth László, Danitz Árpád, Rieger István Méréssel támogatott hálózattervezés ZigBee hálózaton	9
Pályi Pál László, Horváth Mária, Rácz Sándor RLC-alapú HSDPA szállítóhálózati torlódásvezérlés	15
Gulácsi Zsolt Beltéri rádióhálózat antennáinak optimalizálása	20
Erős Levente, Pernek Ákos, Csöndes Tibor Kommunikáló rendszerek teljesítménytesztelése	27
Daragó László, Engi Csaba, Pesti István, Vass Dezső Telemedicina: IKT-n alapuló egészségügyi szolgáltatás I. – Rendszerkoncepció és architektúra	32
Pap Gyula Projektportfólió-menedzsment a Magyar Nemzeti Bankban	37
<i>Pályázati lehetőségek</i>	41
Horváth László Szobormániám csúcspontja – A pécsi Simonyi Károly-szobor avatásán A mi családunk regénye, avagy egy iskola rendhagyó évnyitója	42 44
Sipos László <i>Könyvajánló</i> Örök visszatérés? – Társadalom az információs korban Amit a korszerű irodai munkához ismerni érdemes...	46

Címlapfotó: CULTIRIS © Turcsi Gábor

Védnökök

SALLAI GYULA a HTE elnöke és DETREKŐI ÁKOS az NHIT elnöke

A kiadvány az  NKTH támogatásával készült.
Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal

Főszerkesztő

SZABÓ CSABA ATTILA

Szerkesztőbizottság

Elnök: ZOMBORY LÁSZLÓ

BARTOLITS ISTVÁN
BÁRSONY ISTVÁN
BUTTYÁN LEVENTE
GYŐRI ERZSÉBET

IMRE SÁNDOR
KÁNTOR CSABA
LOIS LÁSZLÓ
NÉMETH GÉZA
PAKSY GÉZA

PRAZSÁK GERGŐ
TÉTÉNYI ISTVÁN
VESZELY GYULA
VONDERVISZT LAJOS

Hálózatokban

szabo@hit.bme.hu

Energiahatékonyság, hálózattervezés, telemedicina, projektmenedzsment... – e címszavak is érzékeltetik, hogy mostani számunkban is változatos és remélhetőleg olvasóink számára érdekes témákat gyűjtöttünk egybe.

Napjainkban, a hatékony energiafelhasználás – annak gazdasági és környezetvédelmi aspektusai miatt – egyre nagyobb figyelmet kap mind az ipar, mind az alap kutatás részéről. A kommunikációs hálózatok méretének folyamatos növekedése, nagy erőforrás-túlméretezése és jelentős mértékű heterogenitása miatt az energiafogyasztás égetőbb problémát jelent, mint valaha. *Szilágyi László, Cinkler Tibor és Csernátó Zoltán* „Energiahatékony hálózati megoldások” című cikke néhány fontos megoldást mutat be az energiahatékonyság növelésére.

Számunkban több, hálózattervezési téma is helyet kapott. „Mérés-sel támogatott hálózattervezés ZigBee hálózaton” a címe *Csurgai-Horváth László, Danitz Árpád és Rieger István* írásának, amely egy mérésen alapuló tervezési eljárást mutat be a vezeték nélküli szenzorhálózatok (például a ZigBee) számára. Az eljárás a mérésekhez csak egyszerű és olcsó eszközöket használ, így nem csak ipari környezetben lehet létjogosultsága. A mérési eljárás és kiértékelése egy példán keresztül kerül bemutatásra.

A következő cikk, az „RLC-alapú HSDPA szállítóhálózati torlódásvezérlés” szerzői *Pályi Pál László, Horváth Mária és Rácz Sándor* a HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access) rendszer szállítóhálózatában (Transport Network) történő torlódásvezérléssel foglalkozik és egy újszerű, rétegek közötti kommunikációt megengedő, ablak-alapú torlódásvezérlési algoritmust mutat be.

Napjaink vezeték nélküli kommunikációjában kiemelkedő szerepe van a WLAN rendszereknek, melyek az IEEE 802.11 szabványcsalád szerint működnek. Az 1997-ben megjelent első szabvány óta több továbbfejlesztett változat is elfogadásra került, például 2003-ban a 802.11g, vagy 2009-ben a 802.11n. A cél a kapcsolat minőségének javítása volt, az adatátviteli sebesség, illetve a hatótávolság növelésével. Erre többféle módszer lehetséges. *Gulácsi Zsolt* „Belteri rádióhálózat antennáinak optimalizálása” című cikkében az irányított antennák használatát mutatja be.

Erős Levente, Pernek Ákos, Csöndes Tibor „Kommunikáló rendszerek teljesítménytesztelése” című írása bemutatja a teljesítménytesztelés néhány alapvető módszerét és egy olyan feketedoboz-alapú terhelésteresztelési eljárást, amellyel automatikusan mérhető ki a kommunikáló rendszerek teljesítménye, és amely kiküszöböli az ad-hoc terhelésterelés okozta problémákat. A cikk vé-

gén bemutatunk néhány szimulációs eredményt az eljárás hatékonyságának alátámasztására.

Ebben a számunkban indítjuk el három részből álló cikksorozatunkat „Telemedicina: IKT-n alapuló egészségügyi szolgáltatás” címmel, amelynek első része a „Rendszerkonceptió és architektúra” címet viseli. Szerzői *Daragó László, Engi Csaba, Pesti István és Vass Dezső*. A cikk áttekintést ad az ehealth és telemedicina fogalmakról, bemutatja az eHealth8 konzorciumot, az általa fejlesztett koncepciót és a telemedicina hazai, remélhetőleg a közfinanszírozás által is befogadott rendszerét. Bemutatja annak kulcsfontosságú dimenzióit, így az egészségügyi protokollok kialakításának menetét, a rendszer műszaki architektúráját, a végponti eszközöket és kommunikációjukat, valamint a pénzügyi, üzleti modellt.

Projektmenedzsment rovatunk következő írása *Papp Gyula* „Projektportfólió-menedzsment a Magyar Nemzeti Bankban” című cikke. Ebben a szerző nem elméleti kérdéseket boncolgat, nem kíván tanácsot adni, vagy módszertant ajánlani, hanem bemutat egy működő projektportfólió-irányítási és -visszámérési keretrendszert, amely sikerrel működik a Magyar Nemzeti Bankban.

Szabó Csaba Attila
főszerkesztő

Energiahatékony hálózati megoldások

SZILÁGYI LÁSZLÓ

Ericsson Magyarország Kft.
laszlo.szilagyi@ericsson.com

CINKLER TIBOR, CSERNÁTONY ZOLTÁN

BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszék
{cinkler, csernatony}@tmit.bme.hu

Kulcsszavak: telekommunikáció, energiafelhasználás, hatékonyság

Napjainkban, a hatékony energiafelhasználás – annak gazdasági és környezetvédelmi aspektusai miatt – egyre nagyobb figyelmet kap mind az ipar, mind az alapkutatás részéről. A kommunikációs hálózatok méretének folyamatos növekedése, nagy erőforrás-túlméretezése és jelentős mértékű heterogenitása miatt az energiafogyasztás égetőbb problémát jelent, mint valaha.

A cikkben bemutatunk néhány fontosabb jelenlegi megoldást az energiahatékonyság növelésére, amelyeket a hálózatok különböző funkcionális egységei szerint külön tárgyaljuk. A felmerült problémák egy része az adott hálózati funkciótól független, így a javasolt megoldások egy része hasonló egymáshoz.

1. Bevezetés

A kommunikációs hálózatok robbanásszerű növekedésével, az energiafogyasztás jelentős gazdasági és környezeti tényezővé vált (üzemeltetési költségek, CO₂ kibocsátás stb.). A teljes CO₂ kibocsátás 2%-ért a telekommunikációs szektor a felelős, ezzel meghaladva a teljes légiközlekedés által generált mennyiséget [4]. Egy nemrégiben megjelent tanulmány [1] kimutatta, hogy az energiafogyasztás növekedése a nagy telekommunikációs rendszerekben Moore törvényének megfelelő tendenciát mutat. Az energiafogyasztás és az ezzel arányos hődisszipáció egyre kritikusabb tényezőjévé válik a kommunikációs hálózatok, szerverek és a hálózati komponensek üzemeltetésének egyaránt. Az energiatakarékos megoldások egyrészt csökkentik a szolgáltatók (operátorok) üzemeltetési költségeit (operational expenditure, OPEX), másrészt pedig a hatékonyabb energiafelhasználás a hődisszipációt is csökkenti, ami nagyobb megbízhatóságot eredményez [2,3].

Annak érdekében, hogy energiát takarítsunk meg napjaink és a jövő telekommunikációs hálózataiban, először is fel kell tárunk a jelenlegi hálózatok energiafogyasztásának okait. A kevésbé hatékony energiafelhasználás oka lehet architektúrális (szoftver) valamint fizikai (hardver) eredetű. Az energiatakarékoság szempontjából a hálózatok legfontosabb architektúrális jellemzője az *alacsony erőforrás-kihasználtság*. Míg a hálózatok nagy része csúcsideőre van méretezve, addig az idő nagy részében kapacitásuk (erősen) kihasználatlan marad a *túlméretezésből* (*overprovisioning*) fakadóan. A hálózati infrastruktúra kihasználtsága 33% a PSTN hálózatok, 15% az internet maghálózatai, 35% a magánhálózatok, valamint 1% a helyi hálózatok (LAN) esetében [4]. Mindemellett viszont az energiafelhasználás az éppen használaton kívüli (idle állapotú) hálózat esetében is jelentősnek mondható. A hálózati komponensek általános fi-

zikai tulajdonsága, hogy energiafogyasztásuk nem arányos a kihasználtságukkal, emiatt az energiaköltség a kapacitás függvénye, nem pedig az aktuális forgalomé. Ezen okokból kifolyólag az energiapazarlás igen jelentős lehet.

Általánosságban elmondható, hogy napjaink hálózatai meglehetősen statikusan konfiguráltak. (Sok esetben a konfiguráció a napi forgalmas órákra vonatkozó hisztogramok alapján történik.) Emiatt az energiatakarékos-ságot (is) biztosító hálózatmenedzsment-rendszereknek képesnek kell lenniük (az aktuális forgalomhoz alkalmazkodva) hálózat átviteli jellemzőinek/paramétereinek dinamikus hangolására. A hálózat éppen használaton kívüli elemeinek kikapcsolásával, az energiatakarékos-sági szempont routoláskor történő figyelembevételével és a sáv szélesség dinamikus adaptálásával, betartva a szolgáltatásminőségi (Quality of Service) követelményeket, hatékonyabb energiafelhasználású hálózatot hozhatunk létre. Az energiafogyasztási szempontokat a hálózati protokollok tervezésekor is figyelembe kell venni. A hálózatok energiatakarékos menedzsmentjét (és üzemeltetését) a hálózat komponenseinek is támogatniuk kell.

A különböző processzorok és memóriák órajelének számítási igénynek megfelelő skálázása, a hálózati interfészek *átviteli sebességének hangolása* (*rate adaptation*), valamint energiatakarékos tápegységek, merevlemezek és más hardverelemek alkalmazásai szükségesek ahhoz, hogy végeredményben környezetbarátabb és olcsóbban üzemeltethető eszközök készülhessenek.

Az átviteli sebesség hangolása nagyon fontos az energiatakarékos adatátvitel megvalósításában. A teljesítmény-adatsebesség függvény megadja egy adott adatsebességhez tartozó adóteljesítményt. A bithiba valószínűségét állandó értéken tartva, a legtöbb kódolási eljárás esetén, a szükséges teljesítmény konvex függvénye a sebességnek. A Jensen-féle egyenlőtlenség

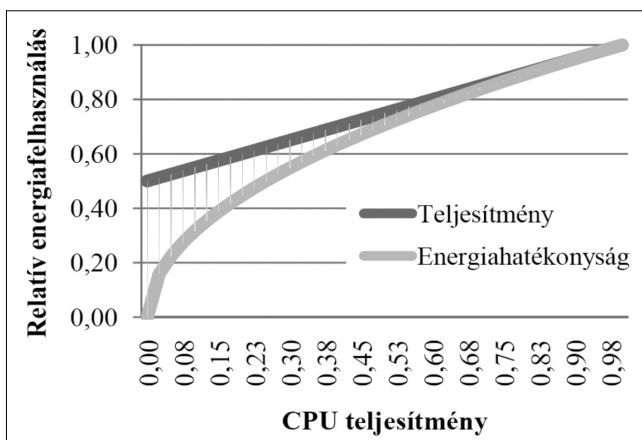
megállapítja, hogy az adatfolyam alacsonyabb sebességen és hosszabb időn keresztül történő továbbítása kisebb energiaköltséggel jár, mint a nagyobb sebességgel történő továbbítás [13].

A teljesítményfelvétel dinamikatartománya az egyik legfontosabb tulajdonsága a hálózat komponenseinek az energiatakarékosság szempontjából. Ez a tartomány a teljesítményfelvételek százalékos különbsége, az eszköz 0% és 100% relatív kihasználtsága mellett. Példaként az 1-2. ábrán egy-egy szerver teljesítmény-kihasználtság karakterisztikája látható, rendre 50%-os és 90%-os dinamikatartomány esetén. A tipikus kihasználtsági tartományt tekintve (10-50%), a második (korszerűbb) rendszerrel 50%-os energiamegtakarítást érhetünk el [17]. A hálózati eszközök beszállítóinak maximális dinamikatartomány elérésére kell törekedniük. Minél nagyobb a dinamikatartomány, annál kisebb a fogyasztás offszetje, azaz annál „inkább arányos” a rendszer a fogyasztás szempontjából (*energy-proportional computing*).

A fentieknek megfelelően, a hálózat komponensei a dinamikatartományuk korlátoltsága miatt teljes kihasználatlanság mellett is túl sok energiát fogyaszthatnak. Ilyen esetekben az átviteli sebesség hangolása mellett az adott komponens kikapcsolásával további energiamegtakarítást érhetünk el. Ennek azonban ára van, ami

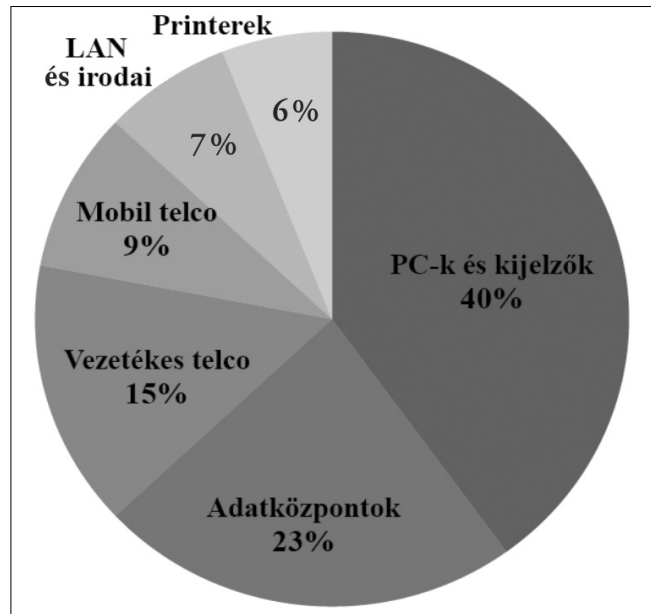
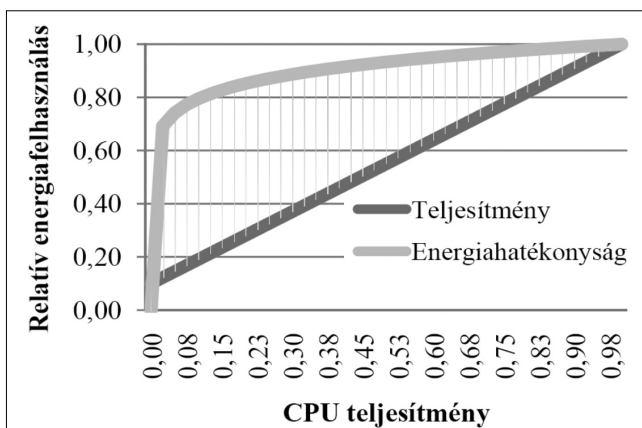
1. ábra

Egy tipikusnak mondható, 50% dinamikatartományú adatközpont relatív energiafelhasználása [17]



2. ábra

Egy 90% dinamikatartományú adatközpont relatív energiafelhasználása [17]



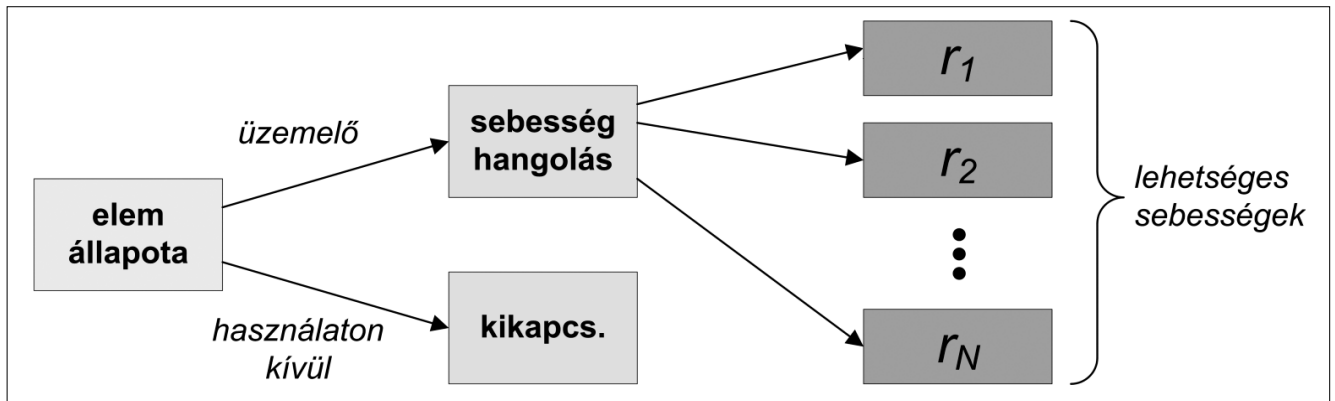
3. ábra

Funkcionális egységek becsült energiafogyasztása [20]

pedig nem más, mint a rendszer *megnövekedett késleltetése*, mivel egyfelől a visszkapcsolt komponenseknek idő kell az üzembeállításig, másfelől pedig a bekapcsoláskor magasabb a teljesítményfelvétel. Ezen okoknál fogva a túl gyakori ki-be kapcsolás nem gazdaságos. Összességében elmondható, hogy az egyik legnagyobb kihívás a megfelelő módszer megtalálása annak eldöntésére, hogy egy hálózat adott komponense mely időintervallumokban legyen kapcsolva, illetve azokon belül milyen sebességgel üzemeljenek. A hálózatüzemeltető rendszereknek/módszereknek (policy) manapság nagy kiterjedésű, nagymértékben heterogén hálózatokat kell kezelniük. A telekommunikációs hálózatok komplexitása miatt a hatékony vezérlés leginkább *automatikus, egymással együttműködő, elosztott rendszerekkel* lehetséges.

Az előbbieket mellett állandó kihívást jelent a hálózati eszközök hatékony hűtése is. Adatközpontok (data center) esetén a felhasznált energia körülbelül 50%-át a *hűtőrendszerek* üzemeltetése teszi ki, így csak a maradék 50% kerül felhasználásra a hűtött berendezések által [16,17]. A hűtőrendszerek hatékonyságának fokozása és alternatív hűtési eljárások alkalmazása nagymértékben mérsékelheti az üzemeltetési költségeket. Az alternatív energiaforrások (például nap- és szélenergia), illetve környezetbarátabb energiaforrások alkalmazásával a nehezebben elérhető hálózati csomópontok energiaellátása is megkönnyíthető.

A 3. ábrán a telekommunikációs ipar részeinek becsült fogyasztása látható. Cikkünk további fejezeteiben a telekommunikációs infrastruktúra funkcionális egységeit egymástól elkülönítve tárgyaljuk. Az energiatakarékosságot a telekommunikációs szolgáltató szemszögéből vizsgáljuk és elsősorban a hálózati infrastruktúrára koncentrálunk. A személyi számítógépek, nyomtatók, mobiltelefonok és egyéb végfelhasználói berendezések energiafogyasztását nem tárgyaljuk.



4. ábra Ki-/bekapcsolást és sebességváltást együttesen alkalmazó rendszerelem reprezentációja döntési fával

2. Maghálózatok

A telekommunikációs hálózatok adatátvitelének gerincét a maghálózatok jelentik. Mivel kihasználtságuk a nap folyamán változik, ezért méretezésük (tervezés) a csúcsforgalomra történik, emiatt azonban az idő nagy részében kihasználtságuk alacsony. Ennek következtében általában adódik lehetőség az energiahatékonyság növelésére.

Az alacsony erőforrás-kihasználás úgy is értelmezhető, hogy a QoS követelmények kielégítéséhez, a hálózati összeköttetéseknek vagy építőelemeknek nem szükséges minden pillanatban teljes sebességen üzemelniük. Ennek megfelelően *állítható sebességű* routerek, switchek és összeköttetések alkalmazásával energia takarítható meg [1,14,15]. Az esetben, amikor egy nagyobb teljesítményű hálózati összeköttetést több kisebb teljesítményű együttesen alkot, az átvitel sebesség (szükséges kapacitás) állítása a kisteljesítményű *vonalak ki-be kapcsolásával* is lehetséges (width control) [18]. A maghálózatok fontos tulajdonsága, hogy két csomópont között több út is lehetséges. Ez lehetővé teszi, hogy kis forgalmú időszakokban egyes összeköttetéseket, csomópontokat kikapcsoljunk, amivel végső soron jelentős energiát takaríthatunk meg. (Ennek viszont a kisebb rendelkezésreállás, azaz megbízhatóság az ára). A komponensek ki-/bekapcsolását és sebességük hangolását együttesen is alkalmazhatjuk [14].

A 4. ábrán egy rendszerelem ehhez hasonló vezérlését egyszerűsített módon, döntési fával illusztráltunk: a komponens bekapcsolt állapotában N számú különböző sebességen ($r_1, r_2, \dots, r_N$) üzemelhet.

Egy hagyományos módszer a hálózat dinamikus konfigurálását *napi forgalmi statisztikák* alapján végzi [1]. A nap egy óra hosszú konfigurálási periódusokra van osztva és a teljes rendszer, a minőségi követelmények és a minimális energiafogyasztás egy lineáris programozási feladatként vannak megfogalmazva. Megoldásként egy olyan napi működési profilt kaphatunk meg, amellyel – a minőségi követelmények teljesülése mellett – a felvett energia minimális. A hálózat aktuális állapotához való alkalmazkodás visszacsatolással pontosítható [22]: minél gyorsabb a visszacsatolás, a vezérlés annál hatékonyabb lehet.

3. Hozzáférési hálózatok

A telekommunikáció szegmensei közül a hozzáférési hálózatok tartalmaznak (fizikai) komponenseket a legnagyobb számban, ezért az átlagos alkotóelemenkénti fogyasztási értékek ezekben nagy számokkal szorzódnak. Következésképpen a hozzáférési hálózatok területe különös jelentőséggel bír, ugyanis nagyon jelentős energiamegtakarítás érhető el [11].

Napjainkban még mindig különféle *rézalapú technológiákat* alkalmaznak a legelterjedtebben vezetékes szélessávú összeköttetések esetén. A sáv szélesség-igények folyamatos növekedése miatt ezen rendszerek energiafogyasztása egyre magasabb. Habár új technológiák (pl. VDSL2) segítségével magasabb átviteli sebesség érhető el, ezek jelentősen megnövelik az energiafelhasználást [21].

Jelenlegi tudásunk szerint a magas sáv szélesség igények, ésszerű energiafogyasztás mellett, különféle *optikai összeköttetések* (FTTx – Fiber To The x) alkalmazásával elégíthetők ki. Azonban, mivel az optikai technológia bevezetése bizonyos beruházási költségekkel (CAPEX – Capital Expenditure) jár együtt, a technológiák közötti átállás folytonosan zajlik. Bizonyos energiahatékony módszerek, például *dinamikus spektrummenedzsment* (Dynamic Spectrum Management) [5], alkalmazásával azonban egy kevés idő nyerhető az optikai alapú technológiákra történő szükséges áttérés folyamatában.

A különféle rádiós összeköttetési technológiákat (2G, 3G stb.) alkalmazó mobil hálózatüzemeltetőknek nagy területeken, sok előfizetőt kell kiszolgálniuk [1]. Mivel emiatt sok bázisállomást szükséges üzemeltetni, a fogyasztás nagy mennyiségű energiát igényel. A mobil szélessávú alkalmazások gyors terjedése miatt az energiahatékonyság rádiós összeköttetési megoldások esetén is egyre fontosabb szerephez jut a jövőben. Ahogyan az 5. ábrán láthatjuk, a bázisállomások hozzájárulása a legjelentősebb az össz-energiafogyasztáshoz [23]. Emiatt a fejezet hátralévő részeiben a bázisállomásokra koncentrálunk.

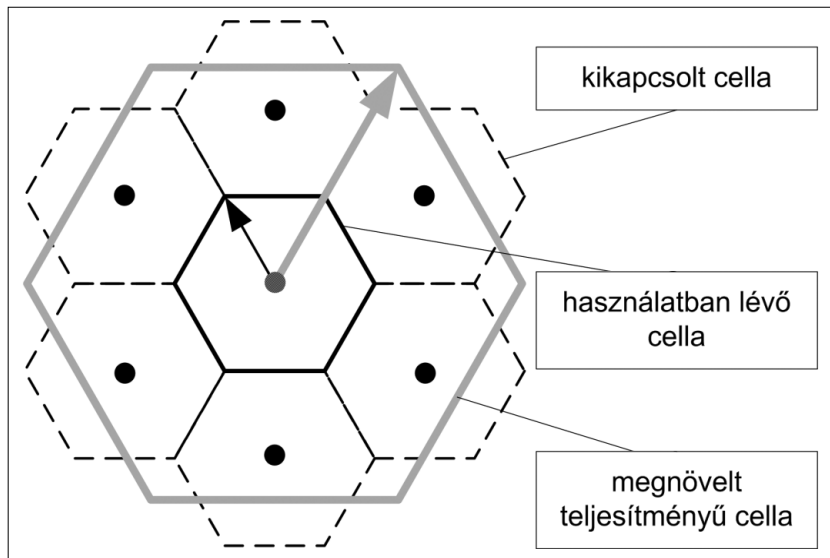
A rádiós hozzáférési hálózatok erőforrásait a *maximális forgalmi szint alapján* méretezik (túlméretezés), aminek következtében az ebből adódó alacsony kihasz-

náltság miatt sok energia vész kárba. A cellás rendszer bizonyos részein a forgalom szintje alapvetően két ok következtében csökkenhet: 1) a napon belüli tipikus ingadozás, illetve 2) az előfizetők cellák közötti mozgása miatt. Ezek miatt, a vonatkozó területeken, nagyobb erőforrás biztosítása szükséges a csúcsgalimi időszakokban. Bizonyos időszakokban, bizonyos helyeken viszont számottevően csökken az erőforrásigény (például nappal a lakóövezetekben és éjszaka az üzleti negyedekben) [11].

További jelentős energia takarítható meg bizonyos alacsony kihasználtságú cellák kikapcsolásával. Ebben az esetben a kikapcsolt cella területén a rádiós lefedettsége a bekapcsolva maradt (szomszédos) cellák kismértékű teljesítménynövelésével biztosítható. Ezen módszer arra feltételezésre épít, miszerint a hálózatok a jellemző forgalmi igények alapján kerülnek méretezésre (ez nagyvárosi környezet esetén helytálló) így sok kis cella van jelen [11]. Tipikus cellás rendszerek esetén 25-30% mértékben csökkenthető az energiafelhasználás a cellák alacsony forgalmú időszakokban történő dinamikus kikapcsolásával [11,12]. A 6. ábrán szemléltetjük magát a módszert.

Az átviteli sebesség hangolása (rate adaptation) vezeték nélküli összeköttetések esetén is alkalmazható eljárás, a korszerű eszközök pedig támogatják is ezt a funkciót. Maga az adaptálás megvalósítható a teljesítményszint, szimbólumsebesség, kódolás és modulációs konstelláció változtatásával, valamint mindezen módszerek megfelelő együttes használatával.

A QoS követelmények kielégítése céljából a meglévő rendszerek dinamikusan tudják változtatni a teljesítmény/kódolási sémát a zaj szintjétől függően. Amennyiben nem szükséges nagy sávszélességet biztosítani, az esetben hosszabb ideig tartó, alacsonyabb teljesítményű átvitel is használható bizonyos alkalmazások esetén [13].

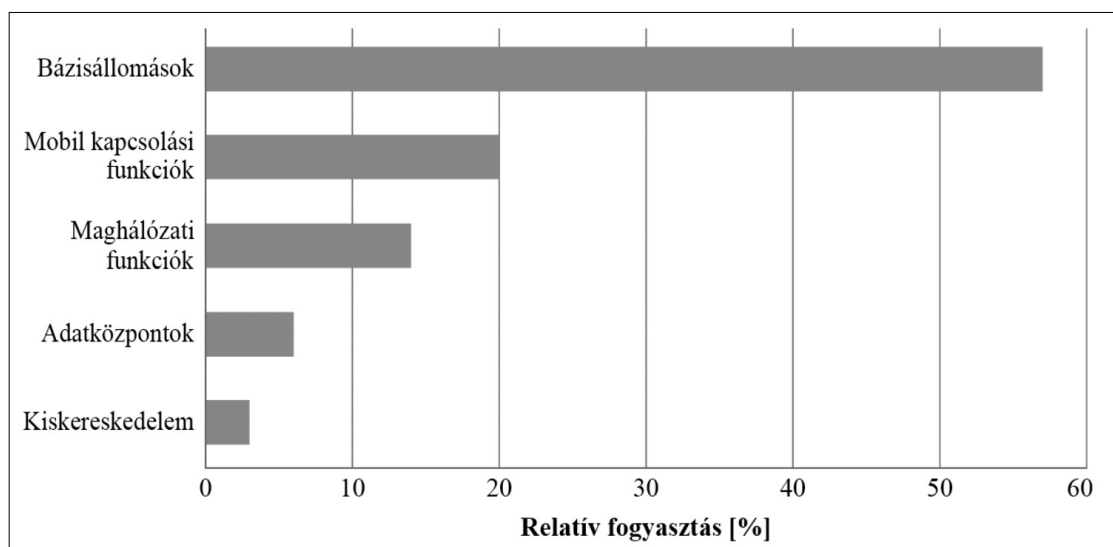


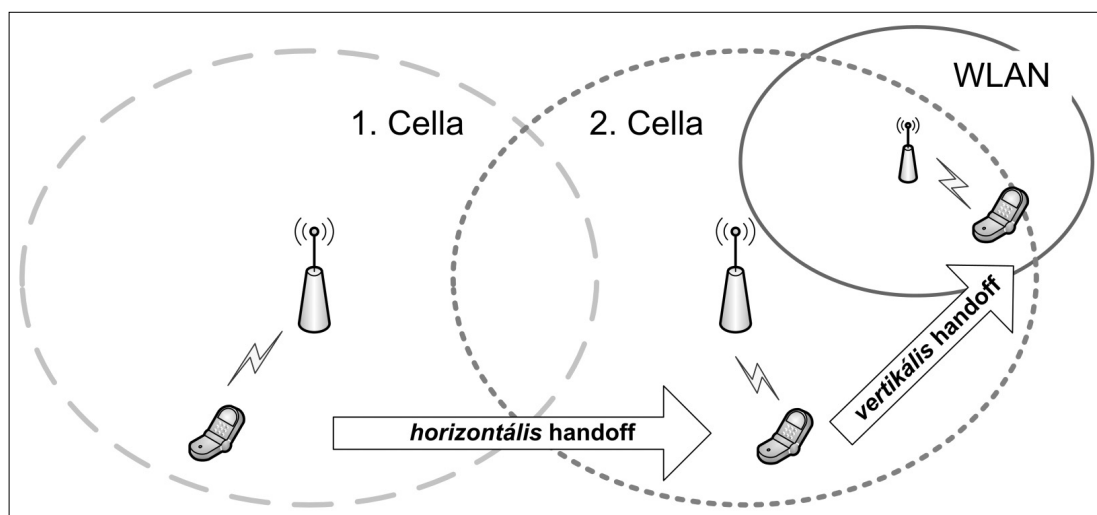
6. ábra
Dinamikus cellakikapcsolás mobil rendszerek esetén

A mobil felhasználó hozzáférési pont változtatására *handoff* (átadás) néven hivatkozunk. Kétféle handoff-ot különböztetünk meg: horizontális és vertikális. Sok esetben egy adott alkalmazás esetén többféle technológiájú hozzáférés is elérhető. Ilyen esetekben az alkalmazandó technológia kiválasztása történhet energiahatékonysági szempontok figyelembevételével is. *Vertikális handoff* esetén két különböző hozzáférési technológia között történik váltás (pl. WLAN és cellás rendszer között) a legjobb minőségű csatlakozás biztosítása végett.

Ezzel szemben a *horizontális handoff* esetén ugyanazon „technológián belül” maradván, egy másik (pl. jobb jelminőségű) hozzáférési ponthoz történik a csatlakozás. Eredetileg a handoff mechanizmusok sok különböző tényezőt (QoS, Cost of Service stb.) igyekeztek figyelembe venni [6]. Nemrégiben közzétett tanulmányok olyan mód értek el környezetbarátabb hálózati működést, hogy az energiafogyasztást a handoff célfüggvényében vették figyelembe [7-10].

5. ábra
Energiafogyasztás megoszlása cellás rendszerekben [23]





7. ábra
Cellás rendszerek
és WLAN közötti
vertikális és
horizontális
handoff
illusztrálása

A 7. ábra egy két bázisállomás cellából és egy WLAN cellából álló rendszer esetén illusztrálja a horizontális és vertikális handoff-ot.

Már léteznek alternatív energiaforrásokat használó bázisállomások is [24]. Amellett, hogy ezen energiaforrások alkalmazása környezetbarátabb megoldást jelentenek, fontos látni, hogy ezáltal egyúttal függetleníteni is lehet a bázisállomásokat a villamos hálózatoktól.

4. Adatközpontok

A hálózati tartalomszolgáltatások nagy része adatközpontokból történik. Az adatintenzív szolgáltatások (cloud computing, videómegosztás, online közösségi hálók) utáni igény robbanásszerű növekedése miatt a nagy adatközpontok alkalmazása egyre jelentősebb. Manapság több ezer szervert tartalmazó hálózattá nőtték ki magukat (fogyasztási adatokat lásd a 3. ábrán). Ezen rendszerek a szükséges robusztusság, teljesítmény és megbízhatóság elérése érdekében speciális tervezési és vezérlési megközelítést igényelnek.

A 8. ábrán egy tipikus rendszer szerverei átlagos CPU kihasználtságának időbeli eloszlása látható [17]. Látható, hogy az idő nagy részében erős *kihasználatlanság* jellemző. Az 1. ábrán látható módon, egy szerver fogyasztása alacsony kihasználtság mellett is jelentős. A probléma a már említett teljesítmény dinamikatartományával van. A processzorok órajele manapság dinamikusan hangolhatóak, jóllehet ma már nem azok számítanak a legtöbbet fogyasztó komponenseknek. A merevlemez és a memóriamodulok is sokkal nehezebben menedzselhetőek energiatakarékossági szempontból.

Nagy kiterjedésű rendszerek egy-egy szerverének kikapcsolása nem megoldható, mivel általában az alkalmazások és adatok több szerver között osztoznak el. Egy-egy komponens kikapcsolása túl költséges, például egy merevlemez így megjelenő késleltetése nagyságrendileg ezerszeresére nő, a felpörgési energiafogyasztás miatt pedig az adott lemez csak több perces leállás esetén kifizetődő, ami nagy rendszereknél igen ritkán fordul elő. A szerverek szintjén az energiatakaré-

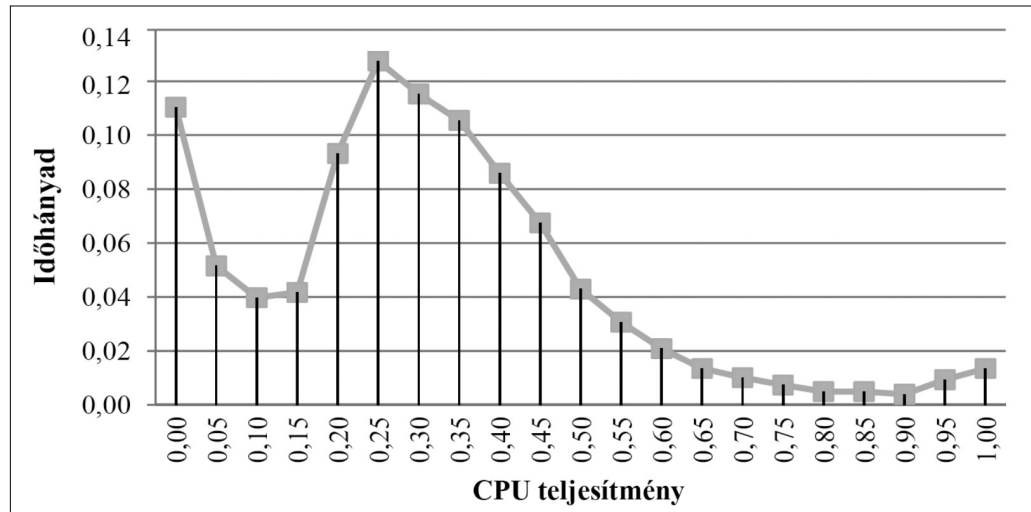
kosság a *kihasználtság* növelésével, valamint nagyobb teljesítmény dinamikatartományú berendezések alkalmazásával növelhető. A fentiek szerint, a 2. ábra karakterisztikájával rendelkező szerver átlagosan fele annyi energiát igényelne a működéshez, mint amely az 1. ábrán látható (manapság jellemző karakterisztikájú) eszköz.

Egy adatközpontban a szerverek mellett a *szerverek közötti összeköttetés* biztosítása is jelentős fogyasztást eredményez. Manapság jellemzően az Ethernetet használnak szerverek közötti összeköttetés létesítésére. Ahogy az összeköttetések sebessége nő, úgy válik energiafogyasztásuk is egyre jelentősebbé. Míg egy 1 Gb/s-os sebességű Ethernet összeköttetés csak kb. 1-2 W energiát fogyaszt, addig egy 10 Gb/s-os link már könnyedén átlépi a 10 W-os fogyasztást is.

A következő években az összeköttetések várhatóan átlépi a 40 vagy akár a 100 Gb/s-ot, emiatt a hálózati összeköttetések és switchek fogyasztásának kordában tartása alapvető fontossággal bír. Ugyanakkor azonban a helyzetet tovább rontja, hogy a vonalak – már amúgy is alacsony – kihasználtsága tovább csökken. A link *energiafogyasztása* a forgalom intenzitásától szinte *független*, emiatt a linkek energiagazdálkodás nélkül fogyasztásuk nagy részét üresjáratra szánják [18]. A már említett sebességszabályozással, alacsony energiaállapotokkal és linkszélesség-szabályozással az energiatakarékosság jelentősen fokozható. Ezen problémát a minőségi követelmények (QoS) figyelembevételével együtt megoldó algoritmusok már közlésre kerültek [18].

Az adatközpont energiafogyasztását a rendszer architektúrája is befolyásolja. A különböző architektúrák alkalmazása azt jelenti, hogy azonos számú szerverek esetén különböző számú linkekre és switchekre van szükség, különböző módon összekötve a szervereket. Az alkalmazott link- és switch-konfigurációk meghatározzák mind az áteresztőképességet, mind pedig magát az energiafogyasztást. Komplexebb struktúrák nagyobb áteresztőképességet, kisebb késleltetést és nagyobb hozzáférési sebességet biztosíthatnak, mindezt viszont nagyobb teljesítményfelvétellel. Egy adatközpont tervezőjének *kompromisszumot kell kötnie áteresztőképesség és teljesítményfelvétel között* [19].

8. ábra
CPU-teljesítményeloszlás
tipikus nagykiterjedésű
rendszer esetén [17]



A tervezést nehezíti, hogy a manapság legnépszerűbb architektúrák (Bcube, Dcell, Fat-tree, Balanced tree) a skálázhatóság szempontjából meglehetősen merevek, megnehezítve ezzel az egy adott követelményrendszerhez történő illesztést. Ezen oknál fogva sok rendszer szükségtelenül túlméretezett, emiatt pedig energiapazarló. A jövő architektúráinak finomabb skálázhatóságot kell biztosítaniuk, például több *aszimmetriát* hordozva, ezzel könnyítve meg a tervezést és a hatékony üzemeltetést.

5. Összefoglalás

Cikkünkben a telekommunikációs hálózatok különböző funkcionális részeiben alkalmazott vezérlési és menedzsment-módszereket mutattunk be, amelyek alkalmazása révén jelentősen javítható a hálózatok energiahatékonyasága. Jelenlegi ismereteink alapján megállapítható, hogy a napjainkban jellemző nagy heterogenitású hálózatokban az egyik legnagyobb kihívást a különböző energiafelhasználású és technológiájú hálózati komponensek hatékony vezérlése és együttműködésének biztosítása jelenti. A bonyolultság és heterogenitás miatt égető fontosságú, hogy a központosított és elosztott vezérlés közti paradigmaváltás a gyakorlatban is mielőbb megvalósuljon. A jövő hálózati eszközeinek és architektúráinak tervezésekor a magasabb energiahatékonyaság elérése érdekében szükséges lesz figyelembe venni a hálózati technológiák közti szorosabb menedzsment együttműködés technológia- és eszközszintű biztosítását.

A szerzőkről



SZILÁGYI LÁSZLÓ 2009-ben szerzett okleveles villamosmérnöki diplomát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen (BME). Jelenleg szoftverfejlesztő az Ericsson Magyarország Kft.-nél. 2010-ben PhD ösztöndíjat nyert a BME Informatikai Doktori Iskolájába, ahol a Távközlési és Médiainformatikai Tanszéken 2010 szeptemberétől kezdve végzi kutatásait energiahatékony hálózati megoldások területén.



CINKLER TIBOR Villamosmérnöki oklevelét 1994-ben, majd PhD fokozatát 1999-ben szerezte a BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszékén, ahol jelenleg egyetemi docens beosztásban dolgozik kutató, oktató és témavezetőként. Tudományos érdeklődése az útvonalválasztás, forgalomterelés, védelem, többesadás, hálózattervezés, méretezés és konfigurálás optimalizálására irányul elsősorban az alábbi hálózati technikák kapcsán: IP, Ethernet, MPLS, ngSDH, OTN és főként a heterogén GMPLS-vezérelt WDM-alapú többretegű hálózatok. Számos európai és magyar projektben vett részt vagy vezette a BME részvételét és több nemzetközi konferencia tudományos és programbizottságának tagja, a budapesti Networks 2008 konferenciák egyik fő szervezője. Több mint 180 bírált publikáció társszerzője vagy szerzője. Több meghívott előadás, oktatás (tutorial) előadója. Négy szabadalom szerzője. Hat éven át a HTE Távközlési Szakosztályának elnöke, majd három évig a HTE Tudományos és Oktatási Bizottság elnöke és a Választmányának tagja volt.



CSERNÁTORNÝ ZOLTÁN 2010-ben szerzett okleveles villamosmérnök diplomát (kiváló minősítéssel) a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen (BME). Végzését követően PhD ösztöndíjat nyert a BME Informatikai Doktori Iskolájába, ahol a Távközlési és Médiainformatikai Tanszéken 2010 szeptemberétől kezdve végzi kutatásait többtörténelmes hálózatok skálázhatósági, útvonalválasztás-hatékonyasági és gazdasági vonatkozásainak témájában.

Irodalom

- [1] R. Bolla et al.: "Energy-Aware Performance Optimization for Next-Generation Green Network Equipment", ACM SIGCOMM Workshop on 'Programmable routers for extensible services of tomorrow', pp.49–54., 2009.
- [2] A. Qureshi, R. Weber, H. Balakrishnan, J. Guttag, B. Maggs: "Cutting the Electric Bill for Internet-Scale Systems", In: Proc. of the ACM SIGCOMM, Conference on Data communication, 2009.
- [3] A.M. Odlyzko: "Data networks are lightly utilized, and will stay that way", Review of Network Economics, 2 (No.3), pp. 210–237., September 2003.

- [4] Bruce Nordman:
"Energy Use and Savings in Communications",
Keynote at the IEEE International Conference
on Communications (ICC), 2009.
- [5] J.M. Cioffi, H. Zou, A. Chowdhery, W. Lee,
S. Jagannathan:
"Greener Copper with
Dynamic Spectrum Management",
GLOBECOM, 2008.
- [6] A. Hasswa, N. Nasser, H. Hassanein:
"Generic Vertical Handoff Decision Function for
Heterogeneous Wireless Networks",
IFIP Conf. on Wireless and Optical Communications,
pp.239–243., March 2005.
- [7] Y. Choi, S. Choi:
"Service Charge and Energy-Aware Vertical Handoff
in Integrated IEEE 802.16e/802.11 Networks",
IEEE INFOCOM, 2007.
- [8] W.-H. Yang, Y.-C. Wang, Y.-C. Tseng, B.-S.P. Lin:
"An Energy-Efficient Handover Scheme with
Geographic Mobility Awareness
in WiMAX-WiFi Integrated Networks",
WCNC, 2009.
- [9] S. Seo, J. Song:
"Energy-Efficient Vertical Handover Mechanism",
IEICE Transactions on Communications,
Vol. E92-B, No.9, pp.2964–2966., September 2009.
- [10] H. Petander:
"Energy-aware network selection using
traffic estimation",
In: Proc. of the 1st ACM Workshop on Mobile Internet
through Cellular Networks,
New York, NY, September 2009.
- [11] M.A. Marsan, L. Chiaraviglio, D. Ciullo, M. Meo:
"Optimal Energy Savings
in Cellular Access Networks",
IEEE International Conference on Communications
(ICC), Workshop on Green Communications, 2009.
- [12] M.A. Marsan, M. Meo:
"Energy Efficient Management of
two Cellular Access Networks",
ACM SIGMETRICS Perf. Evaluation Review archive,
Vol. 37, Issue 4, March 2010.
- [13] M. A. Zafer, E. Modiano:
"A calculus approach to energy-efficient data
transmission with quality-of-service constraints",
IEEE/ACM Transactions on Networking,
Vol. 17, Issue 3, pp.898–911., June 2009.
- [14] S. Nedeveschi, L. Popa, G. Iannaccone, S. Ratnasamy,
D. Wetherall:
"Reducing Network Energy Consumption
via Sleeping and Rate-Adaptation",
In: Proc. of the 5th USENIX Symposium on Networked
Systems Design and Implementation, 2008.
- [15] R. Bolla, R. Bruschi, F. Davoli, A. Ranieri:
"Performance Constrained Power Consumption
Optimization in Distributed Network Equipment",
In: Proc. of the 1st Int. Workshop on Green Com.,
IEEE Int. Conf. on Communications (ICC), 2009.
- [16] X. Fan, W.D. Weber, L.A. Barroso:
"Power Provisioning for a Warehouse-Sized Computer",
In: Proc. of the ACM International Symposium on
Computer Architecture,
San Diego, CA, June 2007.
- [17] L.A. Barroso, U. Hözlze:
"The Case for Energy-Proportional Computing",
IEEE Computer, 2007.
- [18] K. Kant:
"Power Control of High Speed Network Interconnects
in Data Centers",
In: Proc. of the 28th IEEE International Conference
on Communications (ICC) Workshop, 2009.
- [19] L. Gyarmati, T.A. Trinh:
"How Can Architecture Help to Reduce Energy
Consumption in Data Center Networking?",
In: Proc. of the ACM SIGCOMM, 2010.
- [20] R. Kumar, L. Mieritz:
"Conceptualizing 'Green IT' and data centre power
and cooling issues",
Gartner Research Paper No. G00150322, (2007)
- [21] C. Bianco, F. Cucchiatti, G. Griffa:
"Energy consumption trends in the Next Generation
Access Network – a Telco perspective",
In: Proc. of the 29th International Telecommunications
Energy Conference (INTELEC 2007),
Rome, Italy, pp.737–742., September 2007.
- [22] A. Moursy, I. Ajbar, D. Perkins, M. Bayoumi:
"Empirical Model-based Adaptive Control of MANETs",
IEEE INFOCOM Proceedings, Workshop on
Automated Network Management,
Phoenix, AZ, April 2008.
- [23] D. Zuckerman:
"Green Communications – Management Included",
Keynote at the IEEE International Conference
on Communications (ICC), 2009.
- [24] U. Barth, P. Wong, D. Bourse:
"Key Challenges for Green Networking",
Ercim News 79, p.13., October 2009.

Méréssel támogatott hálózattervezés ZigBee hálózaton

CSURGAI-HORVÁTH LÁSZLÓ, DANITZ ÁRPÁD, RIEGER ISTVÁN

BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszék
csurgai@mht.bme.hu

Kulcsszavak: szenzorhálózat, ZigBee, tervezés, mérés, térerősség

A cikk célja egy mérésen alapuló tervezési eljárás bemutatása a vezeték nélküli szenzorhálózatokhoz (például ZigBee). Az eljárás a mérésekhez csak egyszerű és olcsó eszközöket használ, így nem csak ipari környezetben lehet létjogosultsága. A mérési eljárás és kiértékelése egy példán keresztül kerül bemutatásra.

1. Bevezetés

A vezeték nélküli technológiák az utóbbi időben egyre nagyobb népszerűségnek örvendenek és dinamikus fejlődésük várható a következő években is. A technológia terjedése teljes mértékben logikus, mivel a vezeték nélküli kapcsolat igénylő rendszerek telepítése bonyolult és költséges (a vezetékek költsége illetve annak ára még el is törpül a hálózat kiépítésének költsége mellett). A vezeték nélküli hálózatok dinamikus telepíthetők, mivel nincsenek szigorúan helyhez kötve. A rendszer telepítése kis elemszámú rendszerek esetén nem okoz problémát, sokelemű elosztott hálózatok esetén viszont a rendszer optimalizálása nehézségeket okozhat.

A lehetséges megoldások közül a mai napig a leginkább elterjedt a rendszerek túlméretezése, ami természetesen gazdasági szempontokat is vizsgálva nem a legelőnyösebb megoldás. A problémára megoldást jelenthetne a telepítési környezet számítógépes szimulációja, de ennek költségei az átlag felhasználó számára nem megfizethetőek. A vezeték nélküli hálózat megtervezésének egy harmadik lehetséges megoldása lehet az, hogy a rendszer telepítésére szánt környezetet – a térerősség-értékeket mérve – előre feltérképezzük. A következőkben egy ilyen feltérképező rendszert, illetve az azzal elért mérési eredményeket kívánjuk bemutatni vezeték nélküli szenzorhálózat esetében.

2. Vezeték nélküli szenzorhálózatok

A bevezetőben említett nagy elemszámú hálózatokra talán a legjobb példának tekinthetők a vezeték nélküli szenzorhálózatok. A szenzorhálózatokat olcsó, vezeték nélküli kapcsolattal rendelkező szenzormodulok építik fel. A szenzormodulokra épülő vezeték nélküli szenzorhálózatoknak nem célja a magas adatátviteli sebesség, viszont lényeges, hogy nagyszámú eszköz integrálható legyen a rendszerbe és ezek beavatkozás nélkül sokáig működőképesek legyenek. Több vezeték nélküli szabvány is létezik, mint például a Wi-Fi és Bluetooth,

de ezek a rendszerek leginkább az adatátviteli sebesség növelésére törekedtek fejlődésük során.

A vezeték nélküli szenzorhálózatok életre hívtak egy energiatakarékos, alacsonyabb adatátviteli sebességgel rendelkező szabványt, melynek a neve ZigBee lett. A fent említett hálózatok mindegyike a szabadon felhasználható ISM-frekvenciasávokban működik (ez leginkább a 2,4 GHz-es sávot jelenti).

2.1. A ZigBee

A ZigBee rendszer kifejlesztésének elsődleges céljai a következők voltak:

- nagyon alacsony energiafelhasználás,
- olyan frekvenciatartomány használata, amely nem engedélyköteles,
- egyszerű telepíthetőség és rendszerfejlesztés,
- alacsony ár,
- magas adatbiztonság a kommunikáció során.

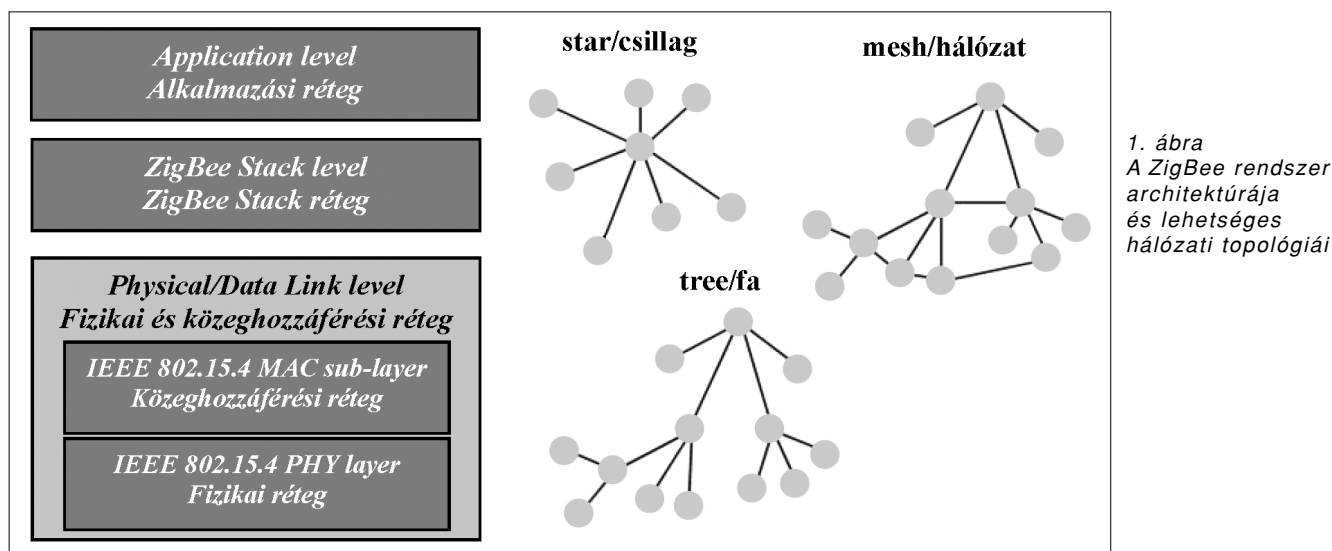
Ezen szolgáltatások kielégítésére jött létre az IEEE 802.15.4 szabvány, mely a rendszer fizikai illetve közeg-hozzáférési rétegét definiálja. A szabványosításnak köszönhetően a különböző gyártók ZigBee termékei zavartalanul képesek az egymással való kommunikációra.

A végleges architektúra az 1. ábrán látható. Ugyanezen az ábrán feltüntettünk a lehetséges hálózati topológiákat is [1,2].

A rendszert általában a 2,4 GHz-es ISM sávhoz kötik, pedig a ZigBee szabvány specifikációjában szerepel a 868 MHz-es európai és a 915 MHz amerikai ISM-sáv is. A ZigBee rendszerek kommunikációja meghatározott csatornákon történik és nem használja ki a kommunikációra az egész ISM-spektrumot (ellentétben a Bluetooth, vagy a WLAN rendszerekkel).

A 868 MHz-es sáv Európában szabadon használható. Ebben a frekvenciatartományban egy csatorna fért csak el, ez lett a nullás csatorna. A rendszer ebben a frekvenciasávban BPSK modulációt használ, az ezzel elérhető maximális adatátviteli sebesség 20 kb/s.

A 915 MHz-es sáv csak Amerikában és Ausztráliában van a szabadon, engedély nélkül felhasználható frekvenciasávok között. Pontos frekvenciaértéket tekintve



1. ábra
A ZigBee rendszer
architektúrája
és lehetséges
hálózati topológiái

ez a 902-928 MHz-es frekvenciatartományt jelenti, amely sávban tíz csatorna fér el. Ebben a frekvenciatartományban szintén BPSK modulációt használ a rendszer, és az itt elérhető maximális adatátviteli sebesség 40 kb/s.

Végül a legismertebb a 2.4 GHz-es sáv, melynek pontos tartománya 2400-2483.5 MHz. Ebben a frekvenciatartományban 16 csatorna fér el. Az eddigiektől eltérően itt nem BPSK modulációt, hanem O-QPSK modulációt használnak. Ezzel a modulációval az elérhető adatátviteli sebesség 250 kbit/s-ra nő.

Megvalósítását tekintve a gyártók általában csak a 2,4 GHz-es kommunikációt építik bele a moduljaikba. Ez egyrészt érthető, mivel ebben a sávban érhető el a legnagyobb adatátviteli sebesség, továbbá világszerte korlátozások nélkül használható. Ugyanakkor mivel a ZigBee rendszer specifikációjában szerepelnek az alacsonyabb frekvenciás ISM-sávok is, ezzel némiképpen sérül a szabvány, hiszen a különböző ZigBee-eszközök esetleg képtelenek lesznek egymással kommunikálni.

3. A hálózattervezés lehetséges eszközei

Az elosztott hálózatok kialakítása során többféle tervezési metódust követhetünk, melyek közül három módszert, a túlméretezést, modellezés alkalmazását és a környezet méréssel történő feltérképezését ismertetjük.

3.1. A hálózat túlméretezése

A mai napig leginkább használatos eljárás a hálózatok túlméretezése. Ilyen esetben a kommunikáció biztosítása érdekében többleteszközöket (routereket) építenek be. Ez az eljárás kevésbé szisztematikus, nem feltétlenül oda kerülnek a többleteszközök, ahol a hálózatnak a ténylegesen sérülékeny szűk keresztmetszete van. Az eredmény nem tekinthető optimálisnak sem az eszközkihasználtság, sem a megbízhatóság és terheltség szempontjából.

3.2. Modellezés

A hálózatoptimalizálás egy másik lehetősége a modellezési eljárás. Ennek során a vizsgálni kívánt épület alaprajzát valamint a terjedést befolyásoló egyéb belső berendezési tárgyakat is beleértve létrehozható az épület háromdimenziós digitális modellje. Ebben a modellben számítógépes szimulációval, a sugárkövetésnek (ray tracing) nevezett eljárás segítségével meghatározhatóak a tér pontjaiban mérhető térerősség értékei [5,6].

Az eljárás lényege, hogy a sugárforrásból kiinduló elektromágneses hullámot felbontja irányított sugarakra. Meg kell jegyezni, hogy ez egy közelítő eljárás, amely annál jobban közelíti a valóságot, minél több sugárra bontja fel az eljárást a vizsgált hullámot. Az eljárás minden egyes sugarat külön kezel, a viselkedésüket a Maxwell-egyenletek alapján számolja. Az elektromágneses térszámítás ily módon alkalmas az elektromágneses hullámok pontos viselkedésének, csillapodásának illetve kölcsönhatásának más hullámokkal illetve a közeggel történő szimulációjára. A Maxwell egyenletek megoldása bonyolult differenciálegyenlet-rendszerre vezethető vissza, amelynek megoldása igen számításgépes feladat. A kialakuló rendszerben használt sugarak számának növelésével exponenciálisan megnő a kölcsönhatások száma, így a feladat megoldásához szükséges számítási kapacitás is.

Az épület háromdimenziós modelljének digitális formában történő előállításának nehézségei illetve a szimulációhoz szükséges jelentős számítási teljesítmény a feladat megvalósítását túlzottan bonyolulttá teszi. Ezért a következő fejezetben egy a gyakorlatban is könnyebben megvalósítható eljárást, a környezet méréssel történő feltérképezésére épülő hálózattervezési módszert ismertetünk.

3.3. Méréssel támogatott hálózattervezés

A méréssel támogatott hálózattervezésnek az alapja, hogy a hálózat kiépítése előtt egy mérőeszközzel feltérképezzük egy rögzített pontban elhelyezett adóberendezés esetén az épület különböző pontjain mérhető térerősségeket. A hullámterjedési viszonyok pontos mo-

dellezése jelen esetben lényegtelen, csak az adó által az épület egyes pontjaiban létrehozott térerősség értékei hordoznak információt, mivel a modulok kommunikációs képességeit a pontokban mérhető térerősség jellemzi. Kellően sok mérési pont esetén az eredményeket interpolálva megkapható a térerősség eloszlása az adott épületgeometrián belül. A mérési eljárás kevés erőforrás segítségével (egy adó és egy szenzor) könnyen elvégezhető. Ez után az adatok feldolgozása és ábrázolása egy matematikai programcsomag számára már nem jelent problémát. A méréssel támogatott hálózattervezés kézzelfoghatóbb és könnyebben kivitelezhető, mint a modellezési eljárással támogatott tervezés.

4. A mérés gyakorlati megvalósítása

Az elérni kívánt cél tehát egy olyan rendszer kifejlesztése, amely speciális és drága berendezések nélkül képes a térerősség viszonyok feltérképezésére egy tetszőleges geometriájú épületben. Az elképzelt mérőrendszer a ZigBee-modulokba épített, a gyártási és bemérési eljárás során használt tesztmodulokat használja a méréshez. A modulokban található RSSI (Received Signal Strength Indicator) regiszter segítségével kiszámolható az adott csatornán mérhető hasznos jel erőssége, azaz a térerősség. A mérés során a feltérképezendő épületben egy adott ponton rögzített adót használva egy laptop-hoz csatlakoztatott modullal, mint szenzorral feltérképezhető a térerősség értéke az épület különböző pontjain.

A mérési pontok a későbbiekben tetszőleges matematikai programcsomaggal, például a MATLAB-al kiértékelhető. A mérési pontok közötti interpolációt elvégezve egy olyan térerősségeloszlás-grafikon kapható, amely kellően sok mérési pont esetén hitelesen mutatja a térerősség eloszlását az épület minden pontjában.

5. A kifejlesztett rendszer

A mérések elvégzéséhez a Jennic cég JN5139 típusszámú vezeték nélküli moduljait választottuk. A modul beépített kerámiaantennával rendelkezik, a rendszer köz-

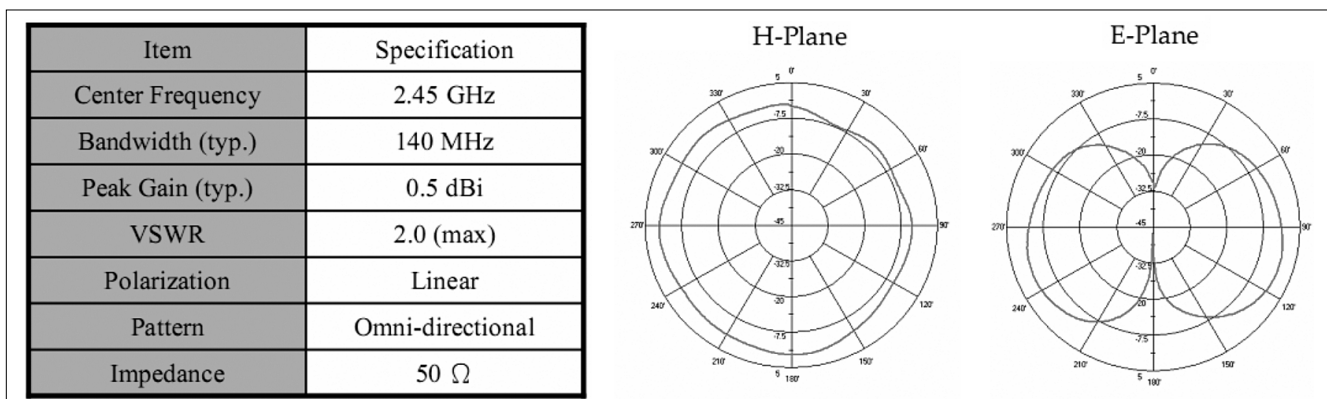
ponti egysége pedig a JN5139-es Jennic mikrokontroller. A modul alkalmazásához egy egyszerű befogadó alaplapot kellett tervezni, amely biztosítja a szükséges tápfeszültséget, a kommunikációt biztosító USB-soros átalakítást, valamint a működés ellenőrzésére szolgáló visszajelző LED-eket. A felhasznált modul központi egysége a Jennic cég saját fejlesztésű mikrokontrollere, amely a JN5139-es típusszámot viselő 32 bites, RISC utasításkészletű 16 MIPS teljesítményű vezérlő.

A mérésekhez a gyárilag kerámiaantennával szerelt modult választottuk, melynek maximális adóteljesítménye 0 dBm, a minimális jel pedig, amelyet érzékelni képes -98 dBm. Az újabb modulokban van lehetőség egy úgynevezett „turbo” módra, amely ideiglenesen képes az adóteljesítményt 3 dBm-re növelni [3,4]. A legújabb fejlesztésű modulokban a kimenő teljesítményt fokozták és a vevő érzékenységet javították, amivel a hatótávolság jelentősen növelhető, különösen külső antenna alkalmazásával [9,10]. A kerámiaantennáról néhány jellemző adat a 2. ábrán látható [8].

A mérőszoftver a Jennic által biztosított CodeBlocks környezetben, C nyelven íródott. Mivel a ZigBee-szabvány nem engedélyezi a felhasználónak sem a vezeték nélküli modem erőltetett ki/be-kapcsolását, sem az erőltetett manuális csatornaválasztást, ezért ezeket a műveleteket a fejlesztői környezet stack szintje elfedi. Ugyanakkor az általunk elérni kívánt célok megvalósításához szükség volt a hozzáférésre ezekhez az alaplóművelethez. Ennek érdekében a mérés során a háttérben futó beépített operációs rendszernek (BOS – Basic Operation System) nem engedhető át a vezérlés, hiszen alapesetben az kezelné a rádiós kapcsolatot. A mérőprogramunk ezért a gyártó cég teszt-utasításkészletét használja. A tesztkörnyezet ugyan nem része a fejlesztőrendszernek, de szerencsére bővítményként letölthető a gyártó honlapjáról.

A mérés során a fixen rögzített adónak kinevezett modulon a rádiós egységet a maximális teljesítményszint beállításával kapcsoljuk be, majd választhatóan egy bináris „1” sorozatot vagy egy pseudo-random bit-sorozatot küldünk a rádiós interface felé. A mobil vevőegység egy terminálprogrammal kapcsolódva folyamatosan méri a térerősséget, amely a mérni kívánt helyen leolvasható vagy folyamatosan naplózható.

2. ábra Antennatulajdonságok



Távolság [m]	1	6	16	26	34	40	48	58	64	76	88
Télerősség [dBm]	-39.0	-54.6	-63.1	-67.3	-69.7	-71.1	-72.7	-74.3	-75.2	-76.7	-77.9

1. táblázat Télerősség-értékek elméletileg számított értékei

Távolság az adótól [m]	1	6	16	26	34	40	48	58	64	76	88	94
Télerősség a folyosó bal szélén [dBm]	-55	-70	-70	-78	-78	-82	-82	-86	-88	-90	-92	-98
Télerősség a folyosó közepén [dBm]	-47	-60	-65	-72	-98	-90	-98	-92	-98	-98	-98	-98
Télerősség a folyosó jobb szélén [dBm]	-53	-65	-67	-72	-72	-78	-82	-86	-88	-88	-92	-98

2. táblázat Télerősség értékek mért értékei a 7. emeleti folyosón

Távolság az adótól [m]	1	6	16	26	34	40	48	58	64	76	88	94
Télerősség a folyosó bal szélén [dBm]	-76	-78	-78	-82	-82	-82	-80	-88	-92	-94	-96	-98
Télerősség a folyosó közepén [dBm]	-76	-78	-72	-80	-82	-98	-92	-98	-98	-98	-98	-98
Télerősség a folyosó jobb szélén [dBm]	-76	-78	-78	-82	-82	-80	-82	-88	-92	-94	-96	-98

3. táblázat Télerősségek mért értékei a 6. emeleti folyosón

6. Egy konkrét mérési eredmény

A következőkben példaképpen BME V2-es épületének 7. illetve 6. emeletének folyosóján elvégzett mérések eredményeit ismertetjük. A teret lépcsőházak és liftgép-házak is tagolják, valamint számos kiszögellés módosítja a falak reflexiós tulajdonságait. Az adóberendezést a 7. emeleti folyosó egyik végén, középen helyeztük el, a talajtól számított 1 m-es magasságban, a folyosó szabad része felé irányított antennával.

A mért értékek a folyosó alaprajza szerint megadott jellegzetes mérési pontokon, vagyis a jól azonosítható ajtóknál, lépcsőlejáratok helyein stb. kerültek rögzítésre. Az épület 100 méteres hosszát figyelembe véve kiszámíthatók a mérési pontok elhelyezkedési koordinátái.

A mérések megkezdése előtt a folyosót, mint szabad teret tekintve elvégeztünk néhány számítást annak érdekében, nagyságrendileg felbecsülhessük, milyen eredmények várhatók a tényleges mérések során.

6.1. Terjedési csillapítás számítása

A folyosón végzett mérés előnye, hogy az egyszerű geometria miatt szabadtéri terjedést feltételezve ellenőrizhető, hogy a mért értékeink nagyságrendileg milyen tartományba esnek majd.

A Friis-egyenlet alapján (1) egyutas terjedés esetén számítható szabad térben az R távolságban mérhető télerősség, amennyiben az interferencia-zóna határán kívül vagyunk, azaz a térrész már az antenna távolterének számít [7].

$$\frac{P_r}{P_t} = G_t \cdot G_r \cdot \left(\frac{\lambda}{4 \cdot \pi \cdot R} \right)^2 \quad (1)$$

A képletben P_r a vett teljesítmény, P_t az adó teljesítménye, G_t az adó antenna nyeresége, G_r a vevő antenna nyeresége, λ a hullámhossz és R a vevőnek az adótól mért távolsága.

Fontos megjegyezni, hogy jelen esetben minden mennyiség lineáris egységrendszerben szerepel. Általában az adatlapokon a mennyiségek logaritmikus egységrendszerben vannak megadva. Ehhez a Friis-egyenlet módosítása szükséges (2). Az egyenlet ebben az alakban a szabadtéri csillapítást adja logaritmikus egységben.

Ezt levonva az adóteljesítményből kaphatjuk R távolságra a télerősséget:

$$a_0[\text{dB}] = 20 \cdot \lg \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot R}{\lambda} \right) - (G_t[\text{dB}] + G_r[\text{dB}]) \quad (2)$$

Természetesen ezek a formulák csak egy közelítő becslésre használhatóak, mivel egy zárt folyosót nem tekinthetünk a modell által leírt szabadtéri egyutas terjedésnek, így kizárólag közvetlen rálátás esetén a vevő helyén mérhető télerősség nagyságrendjének becslése használhatóak. Az 1. táblázatban foglaltuk össze ezeket a számításokat, amelyek jó összehasonlítási alapot szolgáltatnak a később ismertetésre kerülő tényleges mérési eredményekkel.

6.2. Terjedési mérések ZigBee modulokkal

Ebben a szakaszban a 7. és 6. emeleti folyosókon elvégzett mérések eredményeit ismertetjük. A méréshez használt Jennic modul vételi jelszint kijelzésének határa -98 dBm, amely értéket tapasztalataink szerint a jelszint az adótól a legtávolabbi pontoknál el is érte. A 7. emeleti mérések során kapott jelszinteket a 2. táblázat mutatja be.

A folyosó, mint az első mérési sorozat helyszíne, a viszonylag egyszerű geometriájának következtében az előzőleg jól becsülhető télerősség eloszlást mutatta (3. ábra).

A grafikon mellett láthatóak a színekódokhoz tartozó jelszint értékek dBm-ben kifejezve. A grafikon bal szélén középen helyezkedett el az adó-modul. Jobbra távolodva az adótól látszik, hogy egyenletesen csökken a télerősség értéke. Az első nagyobb csillapítású pont az ábrán a folyosón található liftakna mögött található. A liftakna után a szórt tér miatt még nem csökken le teljesen a télerősség. A következő nagy csillapítást okozó objektum a beton lépcsőház. A lépcsőházon belül az első lépcsőlejárónál elvégzett mérés szerint a szórt terrek hatására -92 dBm vételi jelszint detektálható.

A mérések eredménye három dimenzióban ábrázolva talán még szemléletesebb (4. ábra). A térbeli ábrán jól látható, hogy a folyosó szélein, ahol nincsenek zavaró objektumok, a télerősség csökkenése lineáris jelleget mutat.

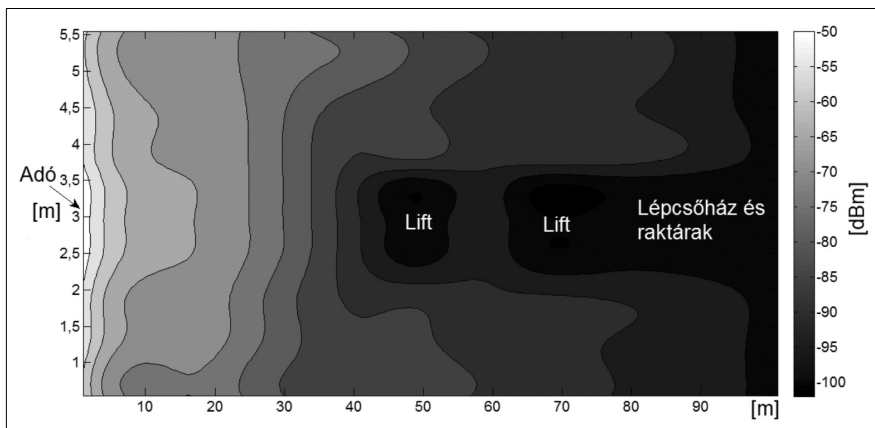
A méréssorozatot a 6. emeleten is elvégeztük, változatlanul hagyva az adót helyét, amely a 7. emeleten volt. A mért eredmények szerint közvetlenül az adó alatti helyen, ahol egy betonfödém választja el az adót a vevőtől, meglepően nagy, -76 dBm-es érték volt tapasztalható. Alaposabban megfigyelve a szinteket elválasztó betonréteget, megállapítható volt, hogy a folyosó végén, feltehetőleg szellőzési céllal egy körülbelül 20 cm-es légrés található az oldalfal és a szinteket elválasztó beton réteg között. Ez okozhatta a vártnál nagyobb térerősség-értékeket, melyeket a 3. táblázatban foglaltunk össze.

Az egész folyosón mért vételi jelszint-értékek közül a maximális, -72 dBm a lépcső alján volt mérhető, ami a modulok egymásra való közvetlen rálátásának volt a következménye.

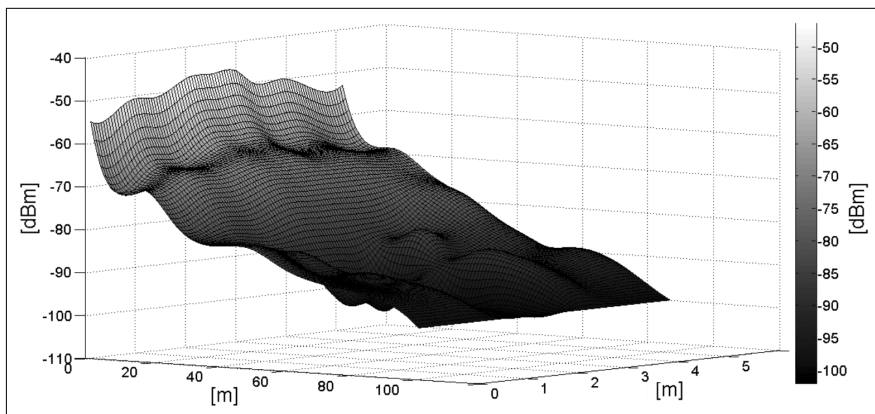
Az eredmények grafikusán ábrázolva az 5. ábrán láthatóak. Az ábra jellegét tekintve megegyezik az előzővel, jól látszik rajta az első liftakna okozta hirtelen térerősség-csökkenés, majd a következő térerősség-csökkenés az újabb lift és beton lépcsőház kezdetével. A jelszint térbeli eloszlását a szemléletesség kedvéért ebben az esetben is bemutatjuk (6. ábra).

6.3. A mérési eredmények értékelése

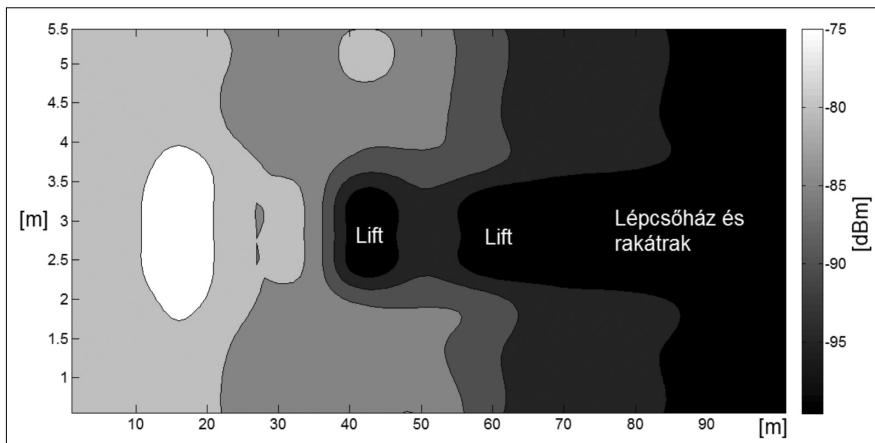
A mért térerősség-értékek az elméletileg elvárt eredményeket jól tükrözik. Mindazonáltal a modulok kommunikációs képességeit ezek az eredmények csak közvetve mutatják, mivel ezeknek a rendszerekben kifinomult hibajavító képességek vannak. A térerősség természetesen összefüggésben van a bithiba valószínűségével, továbbá a modulokba épített hibajavító eljárások miatt az eszközök meghatározott számú bithibát képesek kijavítani csomagonként a kommunikáció során. A nem javítható csomagoknak az újraküldését kéri a modulok és ez a mechanizmus jelentősen javítja a hálózat működőképességét és robosztusságát, ugyanakkor azonban jelentős átviteli sebesség csökkenést okoz. Tehát a hálózat tervezésekor célszerű meghatározni azt a térerősséget, aminél még nem fordul elő csomagvesztés. Annál a tér-



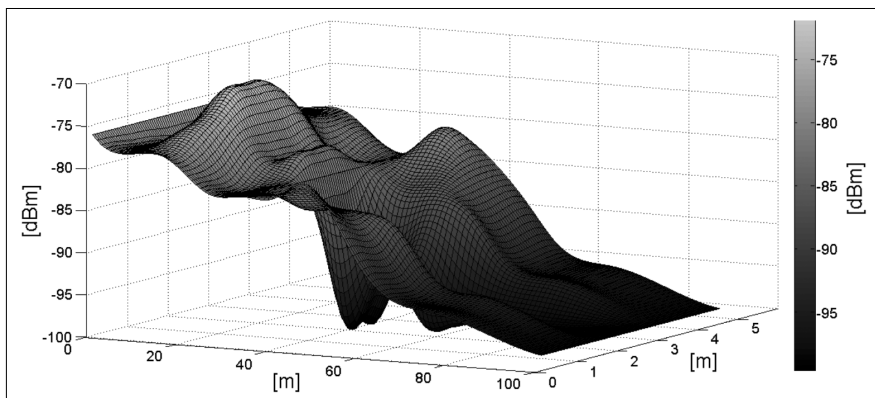
3. ábra Mért térerősségek eloszlása a 7. emeleten



4. ábra A 7. emeleti mérés eredményének térbeli ábrázolása



5. ábra Vételi jelszint értékek a 6. emeleten, 7. emeleti adó esetén



6. ábra A 6. emeleti vételi jelszint térbeli ábrázolása

erősségnél magasabb térerősségű helyre érdemes helyezni a modulokat, amivel kommunikálni akarunk. Ha a vevőnk helye is rögzített és az előbb meghatározott térerősségű helynél kisebb térerősségű helyen található, a rendszer stabilitása érdekében többféle lehetőség is van az adatátvitel megbízhatóságának a növelésére. Lehetőség van egy vagy több router modul hálózatba iktatására, illetve az új típusú, nagyobb teljesítményű, kisebb érzékenységgű modulok alkalmazására. Külső antennával is javítható a megbízhatóság, sőt újabban a modulok a diverziti eljárásokat is támogatják.

A térerősség mérések helyett teljesen hasonló módon, a modulok beépített függvényei segítségével közvetlenül mérhető a csomag hiba arány (PER – Pocket Error Rate) is, de ennek a kiértékeléséhez nem állt rendelkezésre elegendő gyártói információ. A mért PER értékből a tényleges BER (Bit Error Rate) kiszámítására nem volt módunk, ezért ezeket a méréseket itt nem adjuk közre.

7. Összefoglalás

A fentiekben megvalósított mérőrendszer alkalmasnak bizonyult arra, hogy tetszőleges épületgeometria esetén feltérképezhető legyen a segítségével egy szenzorhálózatban tapasztalható vételi jelszint eloszlás. A mérési eljárás egyszerű eszközökkel elvégezhető, az eredmények pedig jól alkalmazhatók a rendszer topológiájának a kialakítása során.

Mivel a ZigBee és a hozzá hasonló vezeték nélküli szenzor hálózatok a házautomatizálási trendeknek köszönhetően egyre dinamikusabban terjednek, a nagy elemszámú hálózatoknál a hálózattervezés létjogosultsága is megnő. A méréssel támogatott tervezés a gyakorlatban is hasznosítható, sőt továbbfejleszthető lenne a rendszer más vezeték nélküli hálózat kialakítása előtti jelszint becslési eljárások során.

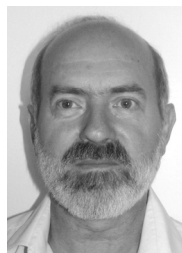
A szerzőkről



CSURGAI-HORVÁTH LÁSZLÓ a Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett villamosmérnöki diplomát 1985-ben. 1988-tól a Mikrohullámú Híradástechnika Tanszéken, majd annak utódján, a Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszéken dolgozik. Fő kutatási területe jelenleg a csapadék hullámterjedésre gyakorolt hatásainak vizsgálata mikrohullámú földi rádióösszeköttetésekben, az esőcsillapítás fading folyamatának statisztikai jellemzése és digitális modellek kialakítása. Foglalkozik továbbá többutas terjedéssel, illetve árnyékolással terhelt rádiócsatornák modellezésével, valamint a 70 GHz körüli frekvenciasáv speciális terjedési kérdéseivel. A BME-n végzett oktatási tevékenységén kívül több hazai illetve európai uniós kutatási együttműködésben vesz részt, melyek eredményeit folyóiratokban és konferenciákon publikálja.



DANITZ ÁRPÁD a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán, villamosmérnök képzésben szerzett BSC diplomát 2009-ben a „Nagyfrekvenciás rendszerek és alkalmazások” szakirányon. Tanulmányai során a hatvani Bosch gyárban töltött szakmai gyakorlatot. A 2009-es TDK konferenciára beadott ZigBee témájú munkájával harmadik helyezést ért el. Jelenleg a BME MSC képzését végzi „Számítógép alapú rendszerek” szakirányon.



RIEGER ISTVÁN 1976-ban szerzett okleveles villamosmérnöki diplomát a BME-n. 1976-tól a BME Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan Tanszéke Úrkutató Csoportjában kutatóként dolgozik, ahol 1983-ban doktori fokozatot szerzett. Több nemzetközi úrkutatókban dolgozott RF adatátviteli, illetve tápellátó rendszerek fejlesztésében. Részt vett többek között az SSPI projekt Fedélzeti Adatgyűjtő Rendszer, a VEGA projekt Kamera Tápellátó Rendszer és a ROSETTA/ROLAND Fedélzeti Tápellátó Rendszer fejlesztésében és elkészítésében. Pályázat keretében dolgozott az L- és S-sávú Fedélzeti Mikrohullámú Rádióméter Rendszer, illetve több GPS-t felhasználó projekt fejlesztésében. Jelenlegi munkái során szélessávú, nagy teljesítményű erősítőkkkel, illetve vezeték nélküli szenzor technikával foglalkozik.

Irodalom

- [1] IEEE Computer Society:
“Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), the IEEE Std. 802.15.4”, 2006.
- [2] Fred Eady:
“Hands on ZigBee-Implementing 802.15.4 with Microcontrollers”, Elsevier, 2007.
- [3] Jennic JN5139 mikrokontroller adatlap;
<http://www.jennic.com/>
- [4] Jennic JN5139 vezeték nélküli modul adatlap;
<http://www.jennic.com/>
- [5] M.P.M. Hall, L.W. Barclay, M.T. Hewitt:
“Propagation of Radiowaves”, Institution of Electrical Engineers, 1996.
- [6] K. Pahlavan, A.H. Levesque:
“Wireless Information Networks”, Wiley, 2005.
- [7] Liberti, J.C., Rappaport, T.S.:
“Smart Antennas for Wireless Communications”, Prentice-Hall, NJ, 1999.
- [8] Multilayer Chip Antenna for 2,4 GHz datasheet;
<http://www.rainsun.com/>
- [9] Jennic JN5148 mikrokontroller adatlap;
<http://www.jennic.com/>
- [10] Jennic JN5148 vezeték nélküli modul adatlap;
<http://www.jennic.com/>

RLC-alapú HSDPA szállítóhálózati torlódásvezérlés

PÁLYI PÁL LÁSZLÓ, HORVÁTH MÁRIA

BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszék
palyi@tmit.bme.hu

RÁCZ SÁNDOR

TrafficLab, Ericsson Research, Ericsson Magyarország Kft.

Kulcsszavak: torlódásvezérlés, RLC, HSDPA, lub, szállítóhálózat, adatbányászat

A HSDPA szállítóhálózatában (Transport Network), amely az RNC-t (Radio Network Controller) és a bázisállomásokat (Node B-k) köti össze, torlódásvezérlés szükséges. Ebben a tanulmányban egy olyan újszerű, rétegek közötti kommunikációt megengedő, ablak-alapú, HSDPA szállítóhálózatában alkalmazható torlódásvezérlési algoritmus kerül bemutatásra, amely a szabványosított torlódásdetektálást és jelzésrendszert használja. Ez a megoldás az RLC protokoll torlódásvezérlési funkcióval történő kiegészítésének ötletén alapul. Ez az ötlet az RLC és a TCP között vonható érdekes párhuzamból fakad. A TCP-t eredetileg vezetékes hálózatokra tervezték, ezért számos olyan kiegészítést készítettek hozzá, amelyek képessé teszik arra, hogy vezetékes nélküli hálózatokban is hatékonyan lehessen használni. Ezzel szemben az RLC-t kizárólagosan arra fejlesztették ki, hogy képes legyen kezelni a rádiós összeköttetés hibáit, és eddig még nem javasoltak olyan RLC kiegészítést, amely biztosítaná a hatékony használatot torlódott vezetékes hálózatokon. Ebben a tanulmányban egy ilyen RLC kiterjesztést ajánlunk; az RLC adási ablakának méretét változtatva szabályozzuk a folyamatok sebességét. Ezen ablak-alapú megoldás szimulációs vizsgálata megmutatta, hogy az ajánlott eljárás egy hatékony megoldás a szállítóhálózat torlódásvezérlésére.

1. Bevezetés

A rádiós összeköttetés hibája és a torlódás is okozhat adatvesztést egy rendszerben. Az adatvesztés e két formáját különböző módon kell kezelni. Az elveszett adatot mindkét esetben újra kell küldeni, viszont adatsebesség-csökkentésre csak a vezetékes részen bekövetkezett adatvesztés után van szükség, hogy elkerüljük a további, torlódás miatti veszteséget. Ha a vezetékes nélküli részen, a rádiós összeköttetés hibájából adódóan következik be a veszteség, akkor nem szükséges csökkenteni a sebességet.

Ebben a tanulmányban a HSDPA rendszert (High-Speed Downlink Packet Access – nagysebességű letöltés csomagkapcsolt hozzáféréssel) [1] vizsgáljuk, amelynek a bevezetésével már a RAN (Radio Access Network, rádiós hozzáférési hálózat) szállítóhálózata is szűk keresztmetszet lehet a rendszerre nézve.

A szállítóhálózaton azért lehet torlódás, mert a HSDPA folyamatok esetén nem történik erőforrás-foglalás. A vezetékes rész RLC (Radio Link Control – rádióskapcsolat-vezérlő) réteg alatti torlódása a csomagvesztés és a késleltetés növekedését eredményezheti. Ha a rendszer többi része változatlan marad, akkor az RLC nem tudja hatékonyan kezelni a torlódást, mivel a protokoll nem volt felkészítve torlódásvezérlésre, csak a rádiós hibák kezelésére. Ezért egy olyan mechanizmusra van szükség, amely kezelni tudja a szállítóhálózatban bekövetkezett torlódásokat, hiszen ezeket az RLC úgy kezeli, mintha rádiós hibák lennének; egyszerűen csak újraküldi a csomagokat, amelyek nagy valószínűséggel ugyancsak el fognak veszni, így a torlódás rejtve ma-

rad a TCP (Transmission Control Protocol – átvitelvezérlési protokoll) előtt [2,3]. Ez tovább növeli a torlódást, mivel a küldési sebesség nem csökken.

Összefoglalva, egy olyan torlódásvezérlésre van szükségünk, amely kezelni tudja a szállítóhálózatban bekövetkezett torlódást. Ez azért szükséges, mert az RLC nem rendelkezik torlódásvezérlési funkcióval és a TCP torlódásvezérlési mechanizmusa nem hatékony az RLC nyugtázásos módon működő (Acknowledged Mode, AM) protokollja felett.

A HSDPA szállítóhálózat torlódásvezérlési kérdésével már korábban is foglalkoztak az irodalomban [3-6]. A legelterjedtebb megoldás, hogy az RLC alatti Framing Protocol (Keretező Protokoll) rétegbe helyezik el a rendszerspecifikus folyamszabályozást/torlódásvezérlést, ezzel kiterjesztve a 3GPP által kifejlesztett folyamszabályozási funkciót [3]. Ekkor i) a szállítóhálózatban jelentkező torlódást az RLC alatt oldjuk meg, ii) az RLC kezeli a rádiós összeköttetés hibáit, iii) a TCP pedig a 3GPP részen kívül (pl. Internet) és a gerinchálón fellépő torlódást kezeli csak.

Az általunk tervezett megoldás azonban az RLC protokoll kiterjesztésével oldja meg a torlódás-elkerülést és vezérlést a szállítóhálózatban. Mivel az RLC egy ablakalapú protokoll, ezért olyan előnyökkel jár, mint például a self-clocking tulajdonság (alkalmazkodó képesség a sávzélességhez és a késleltetés ingadozáshoz [8]). Megjegyzendő, hogy az általános megoldások adási rátalapúak, a most bemutatott pedig ablakalapú. A torlódásdetektálást (Congestion Detection, CD) nem a szokványos módon oldottuk meg (azaz a protokoll nem csak a saját rétegéből érkező CD információkat használja: a felhasz-

nálói végberendezésben az RLC réteg nem csak a vett RLC ACK/NACK üzeneteket alapján működik), hanem Framing Protocol szinten, ahol a szállítóhálózatban bekövetkezett vesztesést lehet detektálni. Ennek következtében a különböző eredetű veszteségek megkülönböztetése a 3GPP keretrendszer által támogatott.

A szóban forgó protokollokat megfigyelve érdekes párhuzam vonható a TCP és az RLC között. A TCP-t eredetileg úgy fejlesztették ki, hogy a vesztesést torlódásjelzőként értelmezze, tehát ha veszteség következik be, akkor sebességcsökkentés szükséges. A rádiós összeköttetés hibájából történő vesztesést viszont más módon kell kezelni, máskülönben a TCP nem hatékony vezeték nélküli hálózatokban. Ezzel szemben az RLC protokoll eredeti célja ennek éppen az ellenkezője. Az RLC-t arra tervezték, hogy csak a rádiós összeköttetés hibái miatt bekövetkezett vesztesést és késleltetést kezelje, így az elvesztett csomagokat egyszerűen újraküldi. A torlódás miatt bekövetkezett vesztesést és késleltetésnövekedést más módon kell kezelni, máskülönben az RLC nem képes hatékonyan működni torlódott vezetékes hálózatokon, mint például a HSDPA szállítóhálózatán.

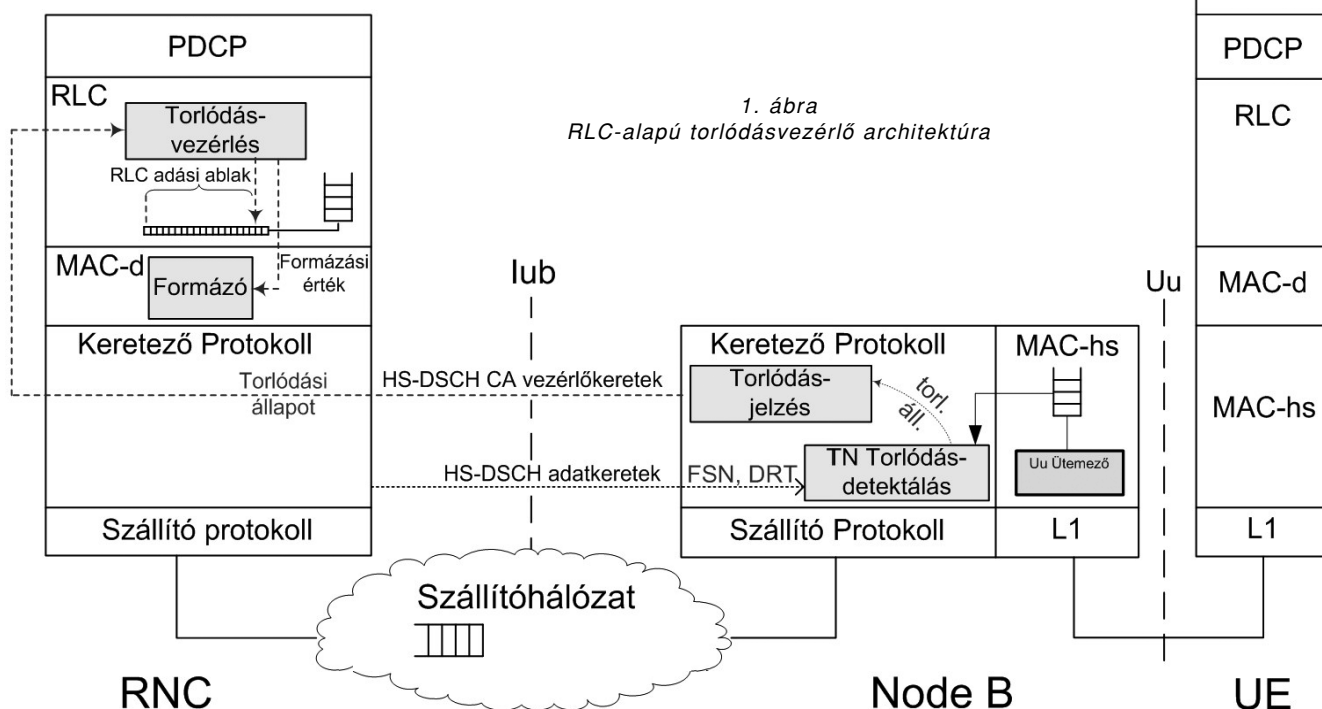
Ahogy a hálózati feltételek változtak, egyre több kiegészítést fejlesztettek ki azért, hogy javítsák a TCP teljesítményét rádiós kapcsolat esetén [7]. Ehhez hasonlóan a 3G/HSDPA hálózat is változásokon ment keresztül (sok esetben a szállítóhálózat lett a szűk keresztmetszet és ennek következtében torlódás következhet be az RLC hurokban), így az RLC protokoll újonnan felfedezett hiányosságait valahogy kezelni kellett. A már létező megoldások, mint például, hogy a torlódást az RLC alatt egy másik réteg kezelje [3], hatékonyak, de mi egy másik megközelítést vizsgáltunk meg. Ebben a tanulmányban azt vizsgáljuk, hogyan lehetne kiterjeszteni az RLC protokollt úgy, hogy torlódott vezetékes hálózaton is használható legyen.

A TCP-nek több olyan változata is van, amely adoptálható lehetne az RLC-alapú torlódásvezérlés megoldására. Az RLC és a TCP is ablakalapú protokoll, de a nyugtázási és újraküldési mechanizmusuk teljesen különbözik. Az RLC nem rendelkezik torlódásdetektáló funkcióval. Az RLC-nyugták segítségével megvalósítható lenne ez a funkció, de problémás lenne, mivel ezek magukba foglalják a rádiós interfészen történő vesztesést és a feltöltés irányú késleltetést is, és ez megtévesztené a szállítóhálózat torlódásvezérlését. A már létező 3GPP szállítóhálózat torlódásvezérlési keretrendszer használata egy sokkal egyszerűbb és 3GPP kompatibilisebb megoldás. Egy sokkal megfelelőbb megoldásnak tűnik az, ha egy HSDPA-specifikus torlódásvezérlést fejlesztünk ki, ahol a lehető legnagyobb mértékben kiaknázzuk a rendszerre jellemző tulajdonságokat, úgy, hogy a lehető legkisebb architektúrális változásokat kelljen megvalósítani.

Írásunkban egy RLC-alapú torlódásvezérlést ismertetünk, bemutatjuk a paramétereit, megvizsgáljuk a teljesítményét és azt, hogy milyen körülmények között működik megfelelően. A következő szakasz a vizsgált HSDPA hálózatról nyújt áttekintést, beleértve a szállítóhálózatának a torlódásvezérlését. A tervezett megoldás a 3. szakaszban kerül bemutatásra. A kifejlesztett rendszer teljesítménye a 4. szakaszban kerül kiértékelésre. Végül az 5. szakasz összefoglalja a cikk tartalmát.

2. RLC-alapú torlódásvezérlés

A HSDPA-ban, letöltési irányban olyan hurkok találhatók, amelyek segítségével a torlódás kezelhető (ahogyan az a 2. ábrán is látható). A Node B-ben a torlódásdetektáló egység megpróbálja megbecsülni a szállítóhálózat torlódási szintjét, az FSN-t (Frame Sequence Num-



ber – keretsorszám) és a DRT-t (Delay Reference Time – késleltetési referenciaidő) figyelembe véve. Ezután a Node B kiszámolja a megengedett maximális sebességet, amennyivel az RNC elküldheti az adatot neki, hogy feloldja a torlódást, majd informálja az új sebességről az RNC-t. Az RNC-ben elhelyezkedő formázó (Shaper) pedig megformázza a PDU-kat a jelzett maximális folyamsebességnek megfelelően.

A 3GPP torlódásdetektáló keretrendszer egyes részeit mi is felhasználtuk a javasolt eljárásban, hogy a rendszer architektúráját csak minimálisan kelljen megváltoztatni. Ebben a tanulmányban az RLC protokoll egy kiterjesztési lehetőségét mutatjuk be. A bemutatott elképzelés egy hibrid megoldás. Ez alapvetően az RLC protokoll torlódásvezérlési funkcióval való kiterjesztése, de a 3GPP torlódásdetektáló keretrendszerére és vezérlési üzeneteire támaszkodik. A megoldás az RNC oldalon megengedi a rétegek közti kommunikációt, tehát itt változtatni kell az architektúrán, de máshol nem. Az ajánlott RLC-alapú torlódásvezérlés architektúrája az *1. ábrán* található. A bázisállomásban a protokoll architektúra és a funkcionalitás is hasonló a 3GPP szabványhoz.

Az ajánlott megoldás előnyei a következők. A 3GPP torlódásdetektáló keretrendszerének használata csak a szállítóhálózatban fellépő veszteséget detektálja, a rádiós interfészt nem. Azonban ha csak az RLC protokolltól származó információkat használjuk, akkor nem tudjuk megállapítani, hogy az RLC vezérlő hurokban hol következett be a torlódás, mivel az RLC a felhasználói végberendezésben, a Framing Protokoll pedig a Node B-ben ér véget. Ezen felül, a 3GPP torlódásdetektálást használva, csak a szállítóhálózat RTT-je számít bele a vezérlő hurokba, és a rádiós interfészé nem. Az ajánlott torlódásvezérlés ablakalapú, ezért rendelkezik a kedvező self-clocking tulajdonsággal is. Tehát mi nem csak a 3GPP torlódásdetektáló és formázó funkcióját használtuk fel, hanem a szabványos jelzésrendszert is.

2.1. Megfontolások

A célunk az volt, hogy az ajánlott módszer kifejlesztése alatt, amennyire csak lehetséges, rendszerspeci-

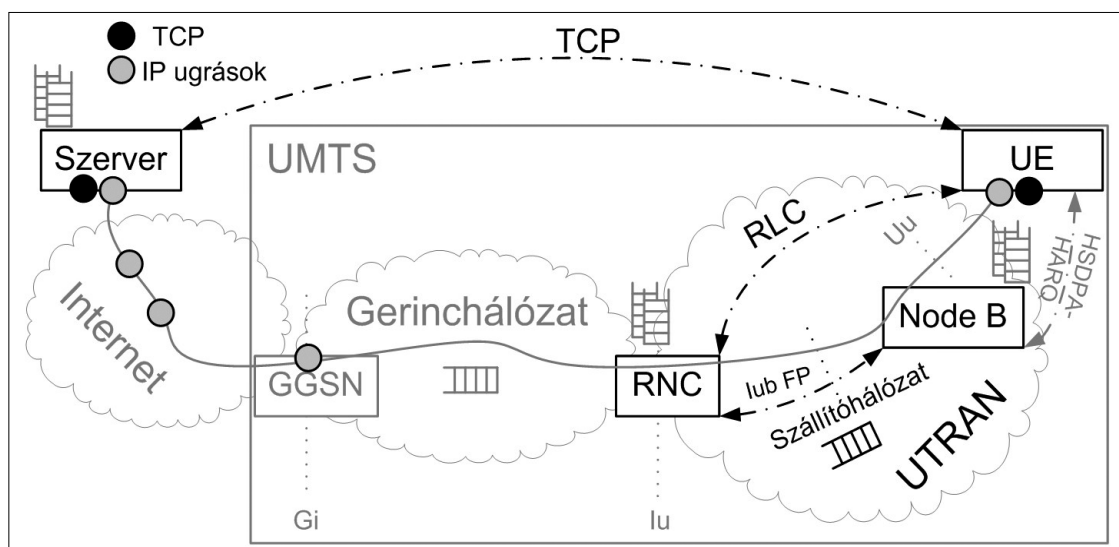
fikus tulajdonságokat használjunk fel azért, hogy az architektúrát csak minimálisan kelljen megváltoztatni, és hogy egy olyan eljárást hozzunk létre, amely összeegyeztethető a már létező keretrendszerrel.

Ahogy már az 1. szakaszban is tárgyaltuk, az RLC nem rendelkezik torlódásdetektáló funkcióval. Ezen protokoll torlódásdetektáló funkcióval való kiterjesztése, az RLC negatív nyugtáira alapozva (a hagyományos módon) problematikus lehet. Az RLC-specifikus torlódásdetektáló eljárás a rádiós interfészen bekövetkezett veszteségekre is vonatkozik, mi azonban csak a szállítótálóra szeretnénk koncentrálni. Hogy elkerüljük ezeket a problémákat, úgy döntöttünk, hogy nem az RLC-t terjesztjük ki torlódásdetektáló funkcióval, hanem a már létező 3GPP torlódásdetektálási keretrendszert használjuk. Ebben az esetben, csak az RNC-ben kell változtatni, a felhasználói berendezésben viszont nem.

2.2. Az ajánlott algoritmus

Egy olyan ablakalapú torlódásvezérlési megoldást ajánljunk, amely az RLC adási ablakot szabályozza. A 3GPP-s architektúrából a torlódásdetektáló funkciót és a formázó részt használjuk. A megoldásunk alapvetően egy AIMD-alapú torlódásvezérlés. (Az Additive Increase Multiplicative Decrease minden beérkező nyugta esetén additívan növeli az ablakméretet, ha pedig csomagvesztés történik, akkor valahányadára csökkenti azt (például felez). Az eljárás, biztosítja a konvergenciát az igazságos sáv szélesség-megosztáshoz.) A rádiós összeköttetés hibáit az RLC újraküldési mechanizmusa transzparensen kezeli. A torlódásvezérlési részt az RNC oldalon, az RLC protokollban valósítottuk meg. A torlódásvezérlés állítja be a letöltés oldali RLC adási ablak méretét.

Még ha az összes folyam ugyanazon a szűk keresztmetszeten osztozik is, akkor sem rendelkeznek ugyanazokkal a tapasztalatokkal, az általuk érzékelt vesztes és késleltetés nem azonos. Ez a mintavételezés miatt van, mivel a torlódásdetektálásnak csak akkor vannak mintái, amikor a Node B-be adatkeret érkezik, ezért a borsztös forgalom elrontja a torlódásdetektálás igazsá-



2. ábra
Vezérlő hurkok
a 3G/HSDPA-ban

gosságát. A börsztök kisimítása céljából további formázás javasolt, így elérhető, hogy minden folyam majdnem azonos torlódást érzékeljen.

Az eljárásunk exponenciális kezdést alkalmaz. Ha nincs másik folyam a rendszerben, akkor az új folyamnak kezdetben egy fix ablakméret (például 60 PDU) kerül beállításra, ellenkező esetben pedig az összes újonnan érkező folyam ablakmérete a Fairness-optimal eljárás [9] alapján lesz meghatározva. Ahhoz, hogy ezt az eljárást alkalmazni lehessen a rendszerben lévő folyamatok aktuális ablakméretét ismerni kell. Exponenciális kezdés esetén a adási ablakméret minden nyugtázott PDU után növekszik, azonban az első torlódás után – a folyam torlódás-elkerülő állapotba kerül – az ablak már csak minden körbefordulás után növekszik, azaz amikor az egész adási ablakot nyugtázták. Ezzel együtt, egy torlódás esetén az adási ablak mérete 30%-kal csökken.

Mint ahogy említettük, a börsztösség csökkentéséhez formázást kell alkalmazni. A nyugtázások közötti intervallumok alatt a keretek még egyenletesebben oszlanak szét, ha a formázó használata megfelelő. Ha a formázási arány túl magas, akkor a börsztök megmaradnak a forgalomban, ha pedig túl alacsony, akkor lassítja az RLC adási ablakának a növekedését. Ezért formázási arálynak azt a legalacsonyabb értéket állítottuk be, amely már biztosítja az elfogadható növekedési sebességet.

A másik rendszerparaméter az állapotjelző PDU-nak a küldési periódusa. Alapvetően jobb lehet a gyakori állapotjelzés, mivel ez segít a megakadt csomagok számát csökkenteni, amelyeket a felhasználói végberendezés már fogadott, de még nem nyugtázott, azaz ez segít megakadályozni a csúszóablak beragadását (window stall). Azonban a túl gyakori állapotjelentés küldés is ronthat az RLC újraküldési mechanizmusának teljesítményén. Ez számos szükségtelenül újraküldött PDU-t eredményezhet, amelyet a vevőnek el kell dobnia, emiatt az RLC vesztesaránya nő, a szállítói hálózat kihasználtsága pedig csökken. Az általunk ajánlott állapotjelzési periódus 40 ms.

Az ajánlott formázási paraméter előnyeit szimulációk segítségével mutatjuk be. A 3. ábra mutatja a formá-

zó nélküli, a 4. ábra pedig a formázott esetet. A formázó bekapcsolásával az elért aggregált TCP áteresztőképesség (~1700 kbit/s) a kikapcsolt eset (~1100 kbit/s) másfélszerese lett. A szállítói hálózatban a keretvesztés formázás nélkül 50%-os, míg formázás mellett csupán 1%-os volt. Ebből látható, hogy az ajánlott paraméter-beállítások a megfelelőek.

A paraméter beállításokhoz a napjainkban egyre elterjedtebb adatbányászatot hívtuk segítségül. A következő szakaszban ezt a folyamatot mutatjuk be.

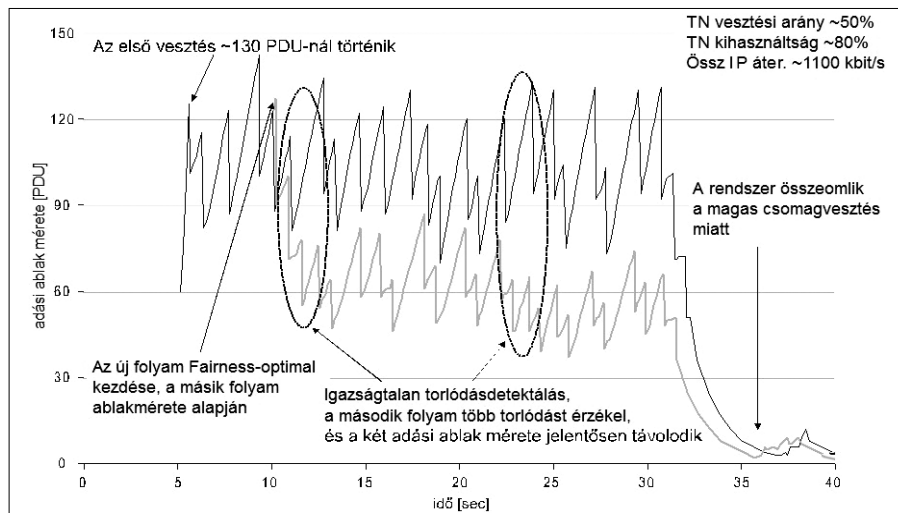
3. Esetvizsgálatok, adatbányászati kiértékelés

Számos futtatási esetet vizsgáltunk meg (8500 esetvizsgálat, felhasználószám: 1 és 10 között, a link kapacitása: 2 és 10 Mbit/s között), hogy megmutassuk az adatbányászat segítségével, hogy az ajánlott eljárás nem csak egyes esetekben teljesít jól. A vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy melyek a legmegfelelőbb paraméter beállítások.

Bár az adatbányászat ezen alkalmazási területe nem megszokott, de a téma megismerése után úgy döntöttünk, hogy segítségünkre lehet ebben az esetben is. A vizsgálatokhoz a Weka ingyenesen hozzáférhető adatbányászati szoftvert [10] használtuk.

Legelőször azt vizsgáltuk meg, hogy a két fő teljesítménymutató (TCP áteresztőképesség, fairness – igazságossági mutató) és az egyes bemeneti változók között milyen mértékű a korreláció. A kapott eredmény az 1. táblázatban látható.

Egyértelműen látható, hogy a változók értékei leginkább a formázás arányától függenek, ezért legelőször ezt a paramétert kezdtük vizsgálni. Az Apriori asszociációs-szabály keresési algoritmus [11] segítségével állapítottuk meg a rendszerben levő összefüggéseket. A kapott asszociációs szabályok egyértelműen kimutatták, hogy az áteresztőképesség és a fairness akkor volt a legalacsonyabb, amikor a formázás ki volt kapcsolva, a legmagasabb, azaz a legjobb eredmények pedig akkor születtek, amikor engedélyeztük a formázást.



3. ábra
A formázás hiányának fő hátrányai;
paraméterek: nincs formázás,
2 felhasználó,
100 Mbyte-os fájl méret,
2 Mbit/s-os kapacitás,
70 kbit-es puffer

	felh. szám	kapacitás	formázás	áll. jelzési per.
össz TCP áter.	23%	10%	88%	12%
TCP fairness	52%	9%	67%	5%

1. táblázat
Az aggregált TCP áteresztőképesség és a TCP fairness korrelációja a bemeneti változókkal

A másik rendszerparaméter, vagyis az állapotjelzési periódus, legmegfelelőbb értékét a RepTree döntési fa [11] segítségével határoztuk meg. Az algoritmus futtatása előtt kiszűrtük azokat a futtatási eseteket, amikor nem alkalmaztunk formázót, és csak a formázott forgalmat vizsgáltuk. A célváltozónk az együttes TCP áteresztőképesség volt.

A kapott döntési fából egyértelműen látható, hogy amikor az állapotjelzési intervallum 40 ms hosszú, akkor az átlagos áteresztőképesség, a felhasználószámtól és a kapacitástól függetlenül, majdnem minden esetben 80% felett van. Amikor pedig a periódus 100 ms, akkor az átlagos áteresztőképesség majdnem minden esetben 80% alatt marad. Ebből következik, hogy az általunk ajánlott 40 ms-os intervallum minden felhasználószám és minden kapacitás esetén megfelelő eredményt ad.

Nyilvánvalóvá vált, hogy az eljárást csak formázás mellett érdemes használni, mivel nélküle a fairness és az áteresztőképesség is alacsony. Az ajánlott állapotjelzési periódus 40 ms, mivel 100 ms-ot használva általában a TCP áteresztőképesség alacsonyabb, főleg kevés felhasználó esetén.

4. Összefoglalás

Egy új, nem szabványosított, rétegek közötti kommunikációt megengedő ablakalapú HSDPA szállítói hálózati torlódásvezérlést terveztünk. Ez a megoldás az RLC protokollt terjeszti ki torlódásvezérlési funkcióval, ehhez pedig a szabványos torlódásdetektálást, jelzésrendszert, valamint a szabványos formázást használja. A vizsgálatok kimutatták, hogy az RNC-ben a börsztös csomagok kisimítására használt formázás alkalmazása a jó teljesítmény eléréséhez elengedhetetlen. Emellett az RLC állapotjelzési periódusának is fontos a megfelelő beállítása.

Az adatbányászati vizsgálatok is igazolták, hogy a 3GPP formázó használata szükséges, ahhoz, hogy jó teljesítményt tudjunk elérni az áteresztőképességben, a fairness-ben, a szállítói hálózat vesztesarányában és kihasználtságában is. Igazoltuk, hogy a leírt RLC-alapú eljárás egy lehetséges megoldás arra, hogy hatékony HSDPA-beli torlódásvezérlést szolgáltasson.

A szerzőkről



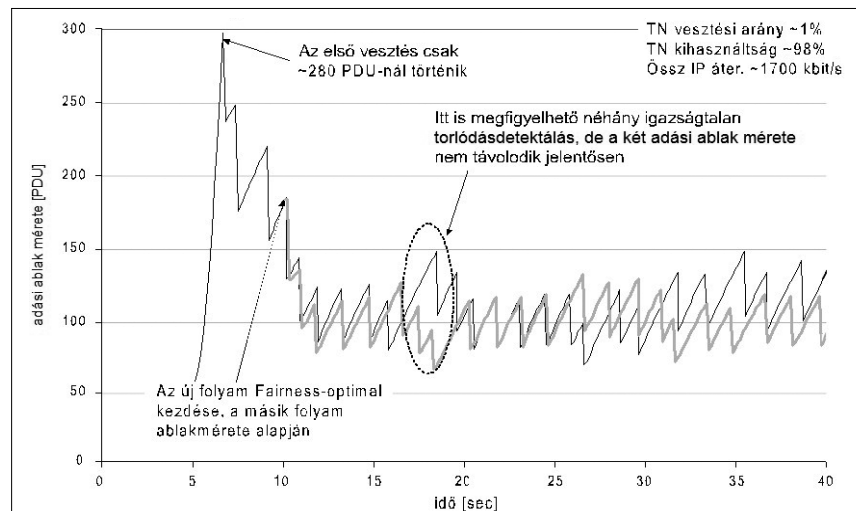
PÁLYI PÁL LÁSZLÓ mérnök-informatikus diplomáját a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen szerezte 2007-ben, távközléshez kötődő szakirányon. Jelenlegi doktori tanulmányait a BME Távközlési és Média-informatikai Tanszékén folytatja a Nagysebességű Hálózatok Laboratórium (HSNLab) tagjaként. Kutatási területe torlódásvezérlési és dimenzionálási módszerek tervezése, illetve vizsgálata.



HORVÁTH MÁRIA a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen szerzett mérnök-informatikus diplomát 2010-ben, Internet és infokommunikációs alkalmazásai szakirányon. Jelenleg a Netkorzo Online Bt. alkalmazottja, ahol webes alkalmazásokat fejleszt. Ezt megelőzően az Ericsson Magyarország Kft.-nél dolgozott, ahol adatbányászati technológiákkal foglalkozott.



RÁCZ SÁNDOR a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi egyetemen szerzett villamosmérnöki diplomát 1997-ben és doktori fokozatot 2004-ben. 2000 óta az Ericsson Magyarország Kft.-nél dolgozik tudományos munkatársként. Érdeklődési körébe tartozik távközlési rendszerek modellezése és vizsgálata.



4. ábra
Az RLC-alapú torlódás vezérlés működése;
paraméterek: formázás engedélyezve,
2 felhasználó,
100 Mbyte-os fájl méret,
2 Mbit/s-os kapacitás,
70 kbit-es puffer

Irodalom

- [1] 3GPP,
"TS 25.308 V7.9.0
(UTRA High Speed Downlink Packet Access
(HSDPA) Overall Description)," 2008.
- [2] 3GPP,
"TR 25.902 version 6.0.0
(UMTS lub/lur congestion control)."
- [3] S. Nádas, S. Rácz, Z. Nagy, S. Molnár,
"Providing congestion control
in the lub Transport Network for HSDPA,"
In: Globecom 2007, pp.5293–5297.
- [4] L. Bajzik, L. Korossy, K. Veijalainen, C. Vulkan,
"Cross-layer backpressure
to improve HSDPA performance,"
In: Personal, Indoor and Mobile Radio Communications,
IEEE 17th International Symposium,
pp.1–5., September 2006.
- [5] M.C. Weigle, K. Jeffay, F.D. Smith,
"Delay based early congestion detection and
adaptation: Impact on web performance,"
Computer Communications,
Vol. 28, No. 8, pp.837–850., May 2005.
- [6] P. Pályi, S. Rácz, Sz. Nádas,
"Window-based HSDPA Transport Network
Congestion Control,"
European Wireless, Italy, 2010.
- [7] M. Assaad, B. Jouaber, D. Zeghlache,
"TCP performance over UMTS-HSDPA system,"
Telecommunication Systems,
Vol. 27, No. 2-4, pp.371–391., 2004.
- [8] V. Jacobson,
"Congestion avoidance and control,"
SIGCOMM Comput. Commun. Rev.,
Vol. 25, No. 1, pp.157–187., 1995.
- [9] P. Pályi, S. Rácz, S. Nádas,
"Fairness-Optimal initial shaping rate for
HSDPA transport network congestion control,"
In: 11th IEEE International Conference on
Communication Systems 2008,
Guangzhou, China, pp.1415–1421., November 2008.
- [10] M. Hall, E. Frank, G. Holmes, B. Pfahringer,
P. Reutemann, I.H. Witten,
"The weka data mining software: an update,"
SIGKDD Expl. Newsl., Vol. 11, No. 1, pp.10–18., 2009.
- [11] Dr. Abonyi János:
Adatbányászat a hatékonyság eszköze.
Budapest, ComputerBooks, 2006.

Felhívás

Ezúton is felhívjuk Olvasóink figyelmét a Híradástechnika magyar folyamában való publikálási lehetőségekre. Elsősorban közérthető, széles olvasókörzetségnek szóló, színvonalas áttekintő cikkeket várunk, amelyek egy-egy szűkebb szakterület érdekességeit mutatják be azok számára is, akik nem ezen a területen dolgoznak. Célunk, hogy a szakma egyetlen magyar nyelvű, színvonalas ismeretterjesztő folyóirataként közvetítsük az egyes részterületek helyzetét, fejlődésének irányait és legújabb eredményeit a minél szélesebb olvasótábor számára és formáljuk, befolyásoljuk a magyar szaknyelvet.

Várjuk Olvasóink jelentkezését a fentiek szerint elkészített kéziratokkal, az infokommunikáció különböző részterületeiről és határterületeiről, többek között az alábbi témákban:

- Adat- és hálózatbiztonság
- Digitális műsorszórás
- Infokommunikációs szolgáltatások
- Internet-technológiák és alkalmazások
- Médiainformatika
- Multimédia-hálózatok és rendszerek
- Optikai kommunikáció
- Társadalmi vonatkozások
- Távközlés-gazdaság és -szabályozás
- Távközlési szoftverek
- Teszhálózatok és kutatási infrastruktúrák
- Úrhírközlés
- Vezetéknélküli és mobil távközlés

Rendszeresen jelentkező rovatainkhoz is várjuk beküldött anyagaikat, melyek közül a következőket szeretnénk kiemelni:

- hazai és nemzetközi projektek ismertetése,
- konferenciákról, fontos szakmai eseményekről szóló beszámolók,
- a HTE szakosztályainak tevékenységét bemutató cikkek,
- egyetemi és kutatóintézeti egységek bemutatkozása,
- könyvismertetések.

A kéziratosokat kérjük a főszerkesztőnek elektronikusan megküldeni a szabo@hit.bme.hu címre, akihez a témákkal és a cikkek elkészítésével kapcsolatos bármilyen kérdéssel is fordulhatnak a fenti e-mail-címen. A szerzőinknek szóló tájékoztató elektronikus változatát lapunk internetes portálján találhatják meg, a www.hiradastechnika.hu cím alatt.

A Szerkesztőség

Beltéri rádióhálózat antennáinak optimalizálása

GULÁCSI ZSOLT

zsolt.gulacsi@gmail.com

Kulcsszavak: biquad, beltéri antennák, WLAN, nec-2, beltéri mérések

Napjaink vezeték nélküli kommunikációjában kiemelkedő szerepe van a WLAN rendszereknek, melyek az IEEE 802.11 szabvány szerint működnek. 1997-ben jelent meg az első ilyen szabvány, azóta azonban több továbbfejlesztett változat is felbukkant, például 2003-ban a 802.11g, vagy 2009-ben a 802.11n. A cél a kapcsolat minőségének javítása volt, például az adatátviteli sebesség vagy a hatótávolság növelésével. Erre többféle módszer lehetséges. Ebben a cikkben egy módszert szeretnénk bemutatni, nevezetesen az irányított antennák használatát.

1. Bevezetés

A fent említett WLAN rendszerekben legtöbbször bontóantennákat (például: monopól vagy dipól) használnak, melyek irányítatlanok. Ezen rendszerek közös tulajdonsága továbbá, hogy valamilyen adaptív modulációt alkalmaznak, vagyis a létrejövő link minőségétől függ az adatátviteli sebesség. Kézenfekvő tehát, hogy irányított antennákkal is megpróbálhatjuk javítani a kialakuló rádiókapcsolat minőségét. Ugyanakkor nem volt cél az antennanyereség és ezáltal az irányítottság maximalizálása, és figyelembe kell venni a WLAN rendszerekre vonatkozó EIRP korlátozásokat is [1].

Az irányított antennák használatát elsősorban az indokolja, hogy szelektív vételt biztosítsunk a tér különböző irányából, ugyanis gyakran nincs szükség arra, hogy a tér minden irányából vegyünk. Például ha van közvetlen rálátás az adó és a vevő között (LOS környezet), akkor az őket összekötő szakasz mentén egy domináns jelút alakul ki, melyre ráirányítva az irányított antenna főnyalábját jobb jelszintet mérhetünk a vevőoldalon, mint egy irányítatlan antenna esetében.

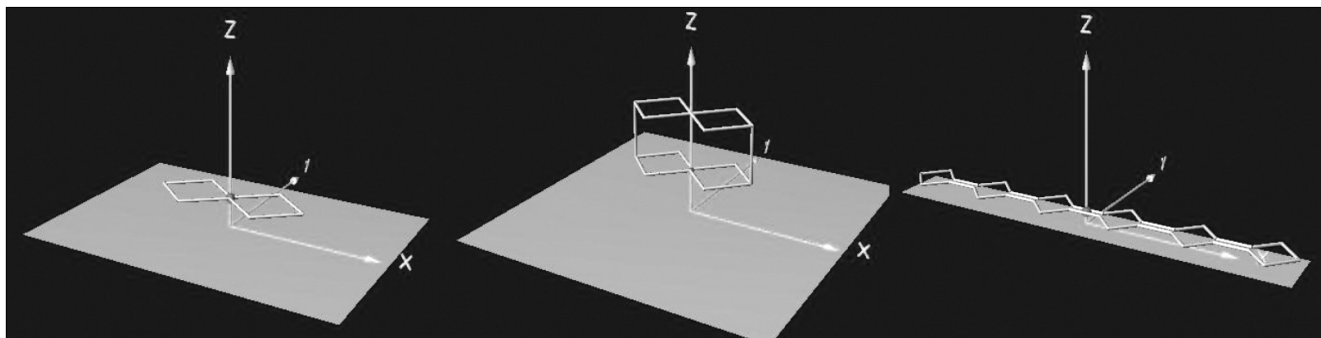
A másik eset az az, hogy nincs közvetlen rálátás az adó és vevő között (NLOS környezet). Ekkor általában nincs egy domináns jelút, hanem több van és ezek rendszerint különböző reflexiókon keresztül érkeznek a ve-

vőbe. Ezért ajánlott ilyen esetben irányítatlan antennát használni, hiszen az elvileg egy tetszőleges irányból érkező domináns reflexiót hatékonyan venni fog. Azonban ha szánunk rá egy kis időt és megpróbáljuk az irányított antennát forgatni vagy különböző irányokba eltolni, akkor a főnyalábjával megtalálhatunk egy domináns jelutat és ezáltal jobb vételi jelszintet tudunk biztosítani.

Fontos továbbá említeni, hogy az itt tárgyalt antennák leginkább beltéri működésre lettek kitalálva. A tárgyalt WLAN rendszerek jelentős része a 2,4 GHz-es ISM sávban működik, emiatt az antennák is erre a sávra lettek tervezve. Az általunk választott konstrukcióknál fontos szempont volt az egyszerűség, hogy bárki, hétköznapi eszközökkel el tudja ezeket az antennákat készíteni, ugyanakkor lehessen viszonylag nagy nyereséget és irányítottságot is biztosítani. Ezért esett a választás az úgynevezett biquad-okra és ezeknek a továbbfejlesztett változataira.

Az 1. ábra bal oldalán látható a biquad, melyet úgy kapunk, hogy egy két rombuszból álló vevőelemet egy reflektorfelület fölé helyezünk. Ha ugyanezt kétszer alkalmazzuk, akkor a dupla biquad-ot, vagy egyszerűen dbiquad-ot kapjuk. Az ábrán az is megfigyelhető, hogy vízszintes irányban elvileg tetszőleges sok rombuszalakú huzalt adhatunk az elrendezéshez. Ezek közül a 6-

1. ábra A választott konstrukciók



elemű quad-okat vizsgáltuk (a továbbiakban quad6). Az egyszerű biquad-okat nagyon sok internetes portálon megtalálhatjuk (pl. [2,3]), egyesek ígéretes adatokat és szimulációs eredményeket is közölnek. A többelemű quad-ok közül [4] egy elég részletes szimulációt és konstrukciós ötleteket is tartalmaz. Nem találunk viszont olyan méréseket, melyek igazolnák a szimulált eredményeket, mint például az antennák állóhullámarányát, nyereségét, előre-hátra viszonyát és iránykarakteristikáját. Az sem derül ki, hogy az elkészült antennák segítségével beltéri környezetben valóban javíthatunk-e egy WLAN kapcsolat minőségén.

A cikk fő célja a választott antennák szimulációjának, elkészítésének és bemérésének bemutatása. Ezen kívül közlünk pár mérési eredményt, melyben gyári, irányítatlan antennákkal hasonlítottuk össze a tervezett antennákat beltéri környezetben. Elsőként a szimuláció menetét foglaljuk össze röviden, majd közöljük az optimális antennákra vonatkozó eredményeket. Ezt követően az antennák mechanikai konstrukcióját mutatjuk be, a 4. és 5. szakasz pedig áttekintést ad a mérési eredményekről melyek segítségével ellenőrizni tudjuk a szimuláció pontosságát és azt, hogy mennyire működnek hatékonyan az antennák beltéri környezetben.

2. Szimuláció

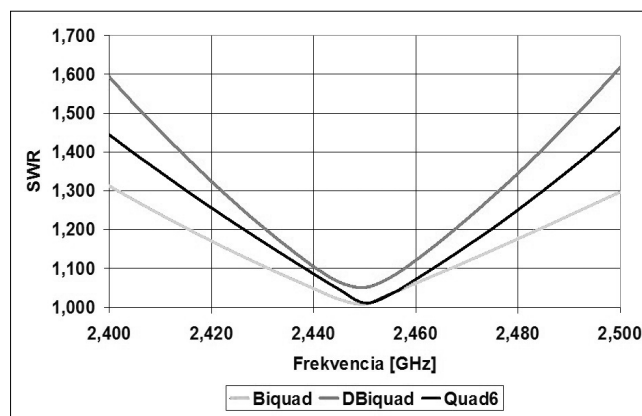
Általában egy tervezési feladatban nem a szimuláció az első lépés, most azonban adottnak feltételezhető a konstrukció, melyet a biquad esetében [2], a dbiquad-nál [3], míg a quad6 esetén [4] ad meg. A cél egyrészt annak az ellenőrzése volt, hogy egy adott szimulációs környezetben valóban a megadott forrásokban szereplő konstrukciók hatására lesznek optimálisak az antennaparaméterek, másrészt pedig annak a megállapítása, hogy mit is várhatunk az ilyen kialakítású antennáktól. Ezeket figyelembe véve a szimuláció abból állt, hogy először bevittük az antennákat a szimulációs programba, majd különböző konstrukciós tulajdonságokat, (például a vevőelem távolsága a reflektortól, a reflektor mérete stb.) változtatva lejegyeztük a szimulált antennaparamétereket és kiválasztottuk a legoptimálisabbat. A legtöbb szimulációt egyetlen frekvencián, mégpedig sávközépen végeztük, mert ezáltal jelentősen csökken a szükséges idő, azonban a végén mindig ellenőrizni kellett az eredményt egy teljes frekvenciasávbeli szimulációval.

Láthattuk, hogy az antennák nem bonyolult geometriájúak, ezért nincs szükség a szimulációhoz gyári szoftverre, egy egyszerűbb program is megteszi. Ezért esett a döntés a 4nec2 nevezetű programra, mely bárki számára hozzáférhető [5] és tulajdonképpen a szintén ingyenes nec-2 algoritmuson alapul a működése, lényegében egy grafikus kezelőfelületet biztosít hozzá. Ehhez azonban szükséges volt a nec-2 dokumentációjának [6] alapos tanulmányozása.

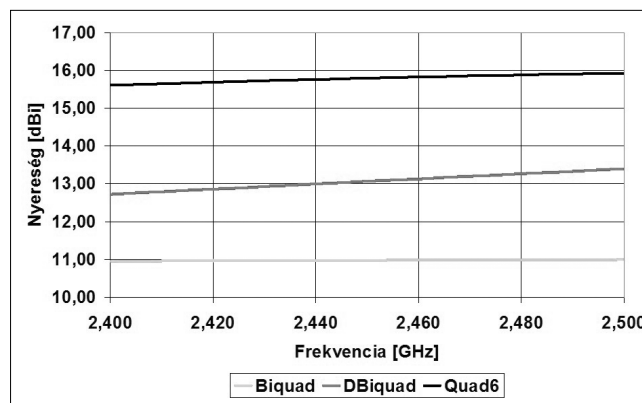
Az antennák táplálása egy koaxiális kábel segítségével történik, az ehhez kapcsolódó részleteket a 3. szakasz tartalmazza. A szimuláció során nem vettük figye-

lembe ennek a kábelnek a hatását a használt program korlátai miatt. Fontos viszont, hogy a szimuláció során kiderült, hogy a biquad és dbiquad bemeneti impedanciája 50, míg a quad6-é pedig 200 ohm körüli. Ezért igyekeztünk az antennák geometriai paramétereit úgy megválasztani, hogy azok bemeneti impedanciái sávközépen legyenek a legközelebb ezekhez az értékekhez. Így módon az összes antenna táplálása lehetséges lesz 50 Ohm-os tápvonalon keresztül, csak a quad6 esetében egy félhullámhosszúságú, úgynevezett kerülőutas baltunt kell majd alkalmaznunk. Ennek a konstrukcióját is a 3. szakasz tartalmazza.

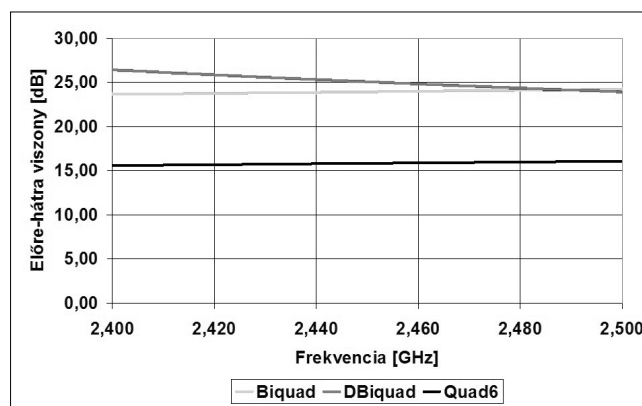
A 2. ábrán a szimulált állóhullámarányokat láthatjuk a teljes frekvenciasávban a biquad és dbiquad esetén 50, a quad6 esetén pedig 200 Ohm-ra vonatkoztatva.



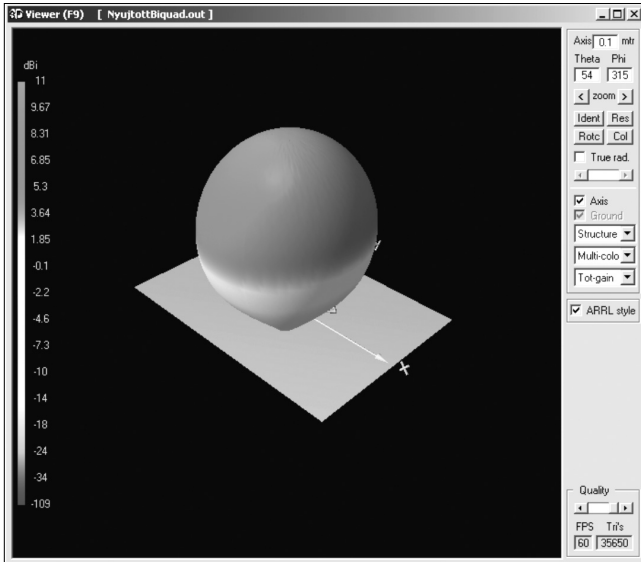
2. ábra Szimulált állóhullámarányok



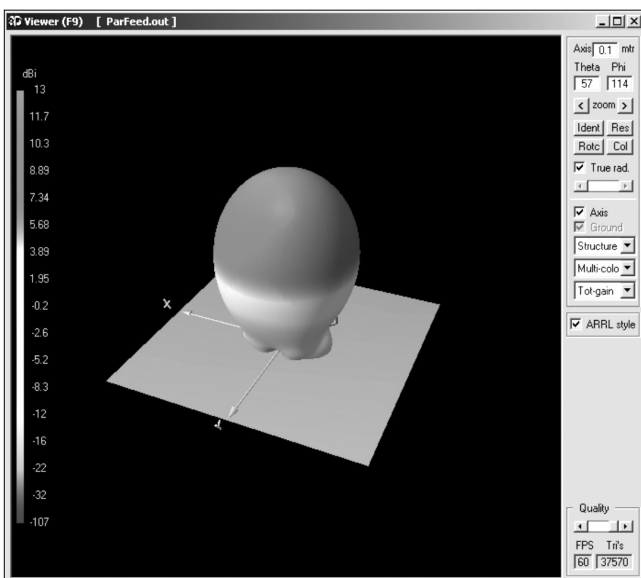
3. ábra Szimulált nyereségek



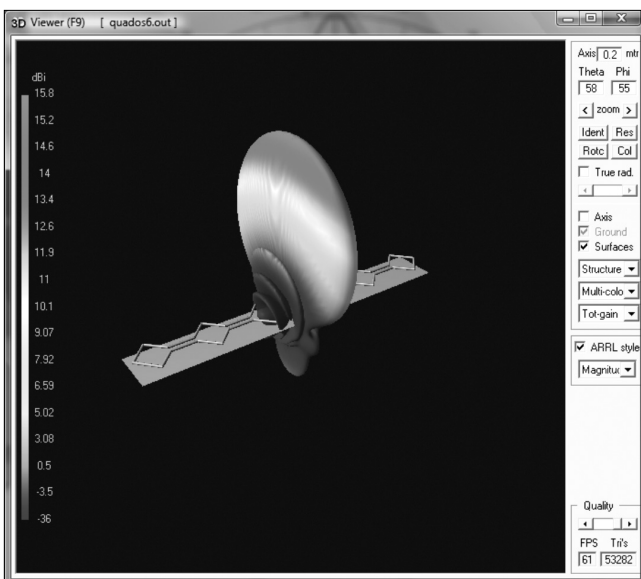
4. ábra Szimulált előre-hátra viszonyok



5. ábra biquad iránykarakterisztika



6. ábra dbiquad iránykarakterisztika



7. ábra quad6 iránykarakterisztika

Jól látható, hogy mindhárom görbének sávközépen van a minimuma, valamint az, hogy egyik görbe sem éri el a 2 értéket még a sáv szélén sem. A 3. ábrán a nyeregségek láthatóak, innen tulajdonképpen képet kapunk arról, hogy mire számíthatunk, valamint megállapíthatjuk, hogy nem változnak jelentősen a vizsgált frekvenciasávban. Hasonló megállapításokat tehetünk a 4. ábrán látható előre-hátra viszonyokról.

Lehetőség volt még iránykarakterisztikák és iránydiagramok szimulációjára is. Ezek közül pár iránykarakterisztikát emelnénk ki (5-7. ábra), a 4. szakaszban pedig majd pár szimulált iránydiagramot hasonlítunk össze a mérési eredményekkel.

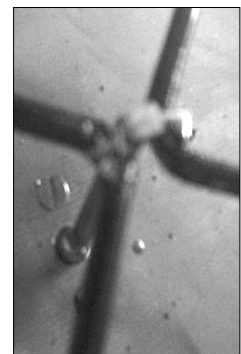
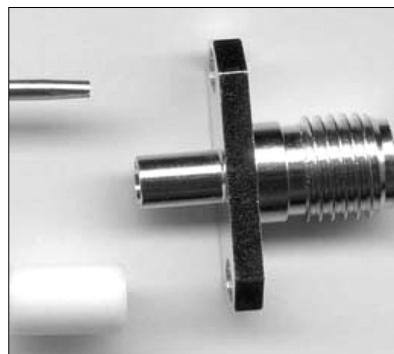
3. Az antennák elkészítése

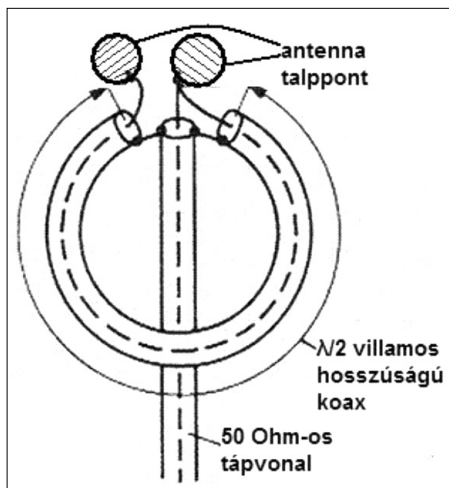
A mechanikai konstrukció során a cél egyrészt az volt, hogy minél jobban közelítsük a szimulációnál használt modellt, másrészt az, hogy az építés folyamata minél egyszerűbb legyen.

A szimuláció során mindig a vevőelem bemenetén vizsgáltuk az impedanciaparamétereket, így fontos volt, hogy ehhez a ponthoz 50 Ohm-os tápvonal csatlakozzon. Ezen okok miatt mindhárom esetben egy speciális SMA csatlakozót (8. ábra) használtunk, melynek másik végéhez semi-rigid, 50 Ohm-os koax forrasztható. Ez a kábel merevsége miatt biztosítja a vevőelem húzaloknak a megfelelő magasságban való tartását. A quad6 elkészítésénél hajlékony kábel is megfelelt, ugyanis itt a vevőelemek rögzítése szigetelőanyagokkal történt, melyeket a szimulált magasságokhoz kellett igazítani. A fém reflektorfelületek alumíniumból készültek. A rombuszokból álló vevőelemeket 0,6 mm és 1 mm sugarú rézdrótokból készítettük egyszerű hajlítással, mégpedig oly módon, hogy rá lehessen őket forrasztani a tápvonal kivezetéseire. A forrasztás úgy történt, hogy a tápvonal belső vezetőjéhez a vevőelem felső két vége, az árnyékoláshoz pedig az alsó vége lett hozzáferrasztva (9. ábra). A quad6 esetén még a balunt is be kell forrasztani a csatlakozópontokhoz az ismert módon (10. ábra).

Ezzel a konstrukcióval a szimulációhoz képest több káros hatás is keletkezik. A forrasztások nyilván nem voltak figyelembe véve a szimuláció során és mivel kapacitásként viselkednek, ezért minél kisebbre kellett

8-9. ábra
A használt csatlakozó és az elvégzett forrasztás





10. ábra
A használt
balun helyes
csatlakoztatása

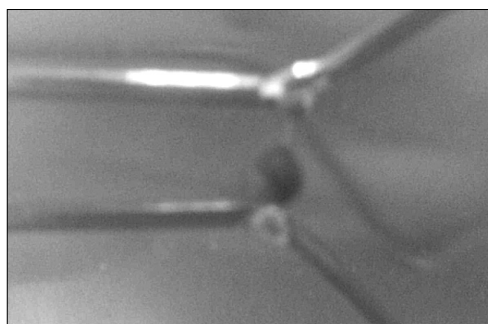
őket készíteni, mert befolyásolják az antenna impedanciáját. Másrészt a külső árnyékon folyó áramok miatt maga a tápvonal is fog sugározni, ami az iránykarakterisztika torzulásához és nyereségcsökkenéshez vezethet. Ez ellen a hatás ellen nem lehetett védekezni, azonban a mérésekből később kiderült, hogy nem befolyásolta jelentősen az antennaparamétereket.

4. Az antennaparaméterek mérése

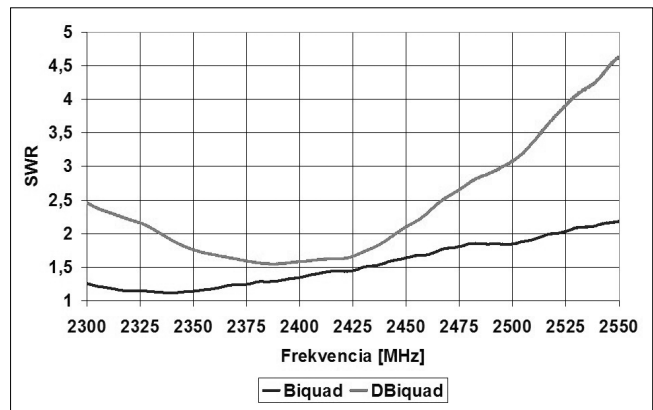
Ezen mérések célja egyrészt az volt, hogy ellenőrizzük a szimuláció során kapott eredményeket és megállapítsuk, hogy mennyire sikerült azokat közelíteni, másrészt pedig ezáltal az is jósolható, hogy alkalmasak lesznek-e az antennák beltéri körülmények közötti megfelelő működésre.

Elsőként a szimulált állóhullámarányt kellett ellenőrizni, ez hálózatanalizátorral történt. A biquad és dbiquad mérési eredménye a 11. ábrán látható. A szimulációhoz képest rosszabb, de ugyanakkor a gyakorlatban elfogadható eredményeket figyelhetünk meg. A görbék minimuma eltolódott kisebb frekvenciákra. Ennek okai lehetnek egyrészt a már említett forrasztások, melyek kapacitásként viselkednek, másrészt a hajlítások során elkövetett pontatlanságok. A quad6 esetén azonban a vizsgált frekvenciatartományban elfogadhatatlan eredményt mértünk először, ezért szükség volt egy 2 pF-os hangolókondenzátorra, melyet az antenna két adott pontja közé lehetett forrasztani (13. ábra).

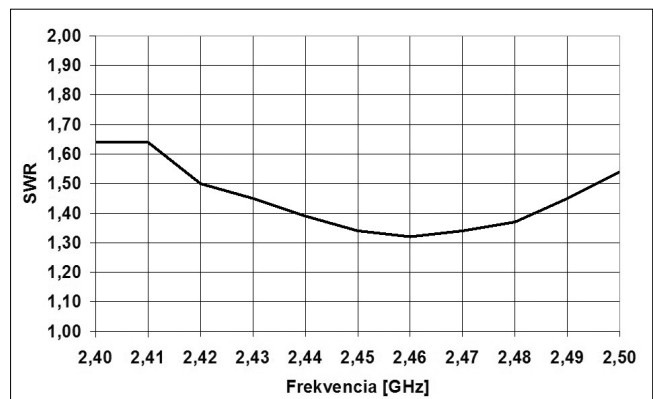
Számítással meg lehetett volna határozni pontosan, hogy mekkora kapacitásra lenne szükség, ez azonban



13. ábra
A hangolókondenzátor
forrasztása



11. ábra A biquad és dbiquad mérési eredménye



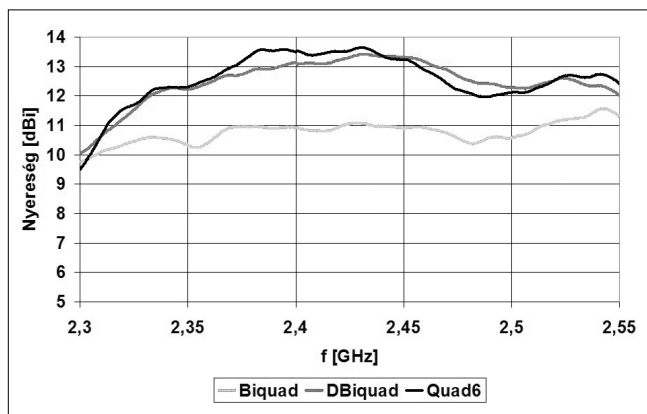
12. ábra A hangolt quad6 állóhullámaránya

nem volt szükséges az igen bonyolult bemeneti impedancia helygörbe miatt. Ugyanakkor szimulációval ellenőrizni lehetett, hogy befolyásolja-e ez a kapacitás az antenna többi paraméterét. Azt találtuk, hogy nincs jelentős hatással azokra. A hangolt quad6 állóhullámaránya a 12. ábrán látható.

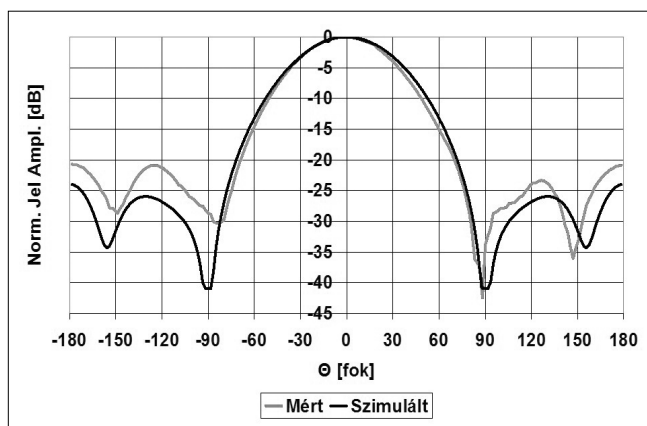
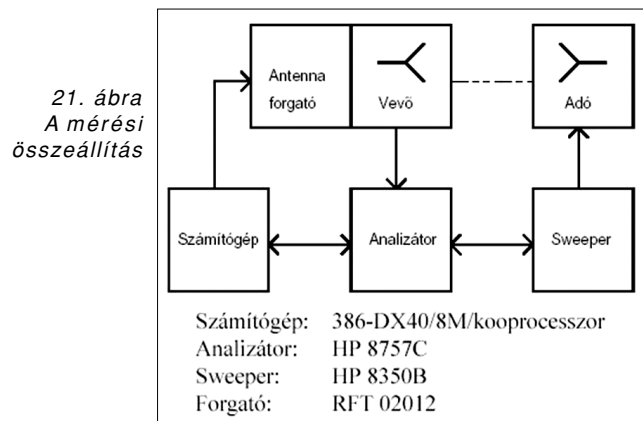
A nyereségmérés egy etalon antenna segítségével történt, melynek ismert volt a nyeresége. Ha a mérendő és az etalon antenna között szabadtéri rádiókapcsolatot hozunk létre, úgy, hogy a kettő egymás távolterében helyezkedik el és mérjük a fellépő szakaszcsillapítást, akkor a távolság ismeretében meghatározható a mérendő antenna nyeresége. Ezt az elvet használva lehetett mindhárom antenna nyereségét megmérni. Az eredmények a 14. ábrán láthatóak. Megállapítható, hogy a biquad és dbiquad esetében a szimuláció nagyon jó közelítést adott. A quad6 mérési eredményei rosszabbak a szimulációhoz képest, de még elfogadhatóak.

Az antennák iránykarakterisztikái beltéri méréssel lettek meghatározva. A méréseket a nyereségméréshez hasonlóan mikrohullámú reflexiómentes szobában végeztük. Ehhez elegendően nagy kimenő teljesítményű jelforrásra, alkalmas iránykarakterisztikájú antennára, valamint vevőre van szükség. A biquad és dbiquad mérése során felváltva használtuk a két antennát adónak és vevőnek, így mindkettő mérhető volt, a quad6 esetben pedig az előbb említett etalon antennát használtuk adónak. A mérési összeállítás a 21. ábrán látható.

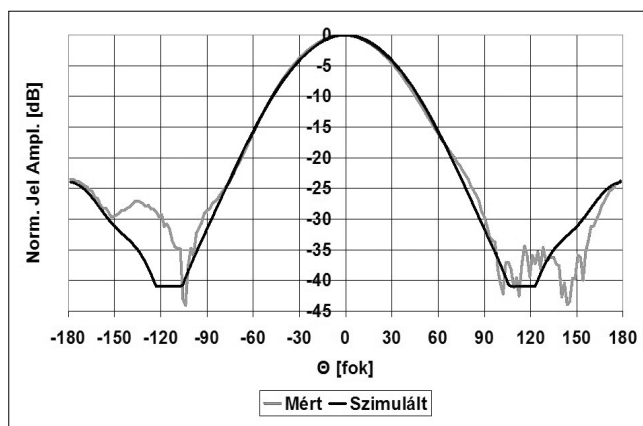
A mérőhelyen a vevőoldali mérőeszköz szerepét egy skalár hálózatanalizátor töltötte be. Mivel ez HP-IB-n ke-



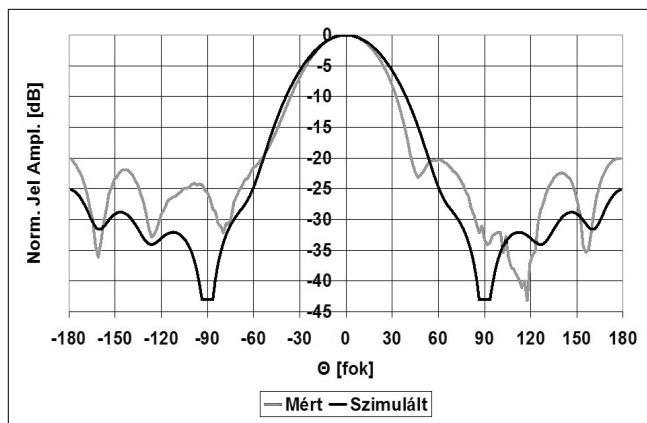
14. ábra A mért nyereségek



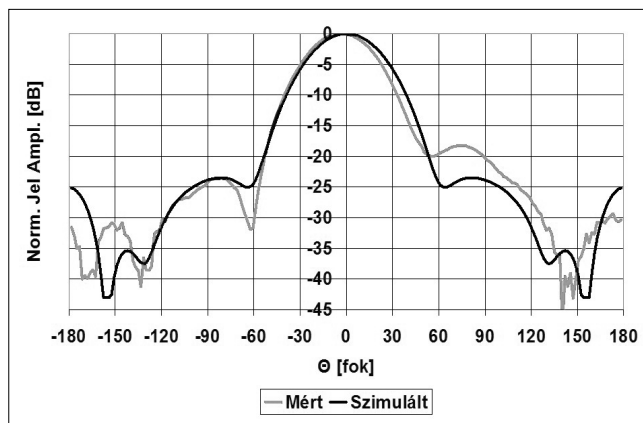
15. ábra E síkú biquad iránydiagramok



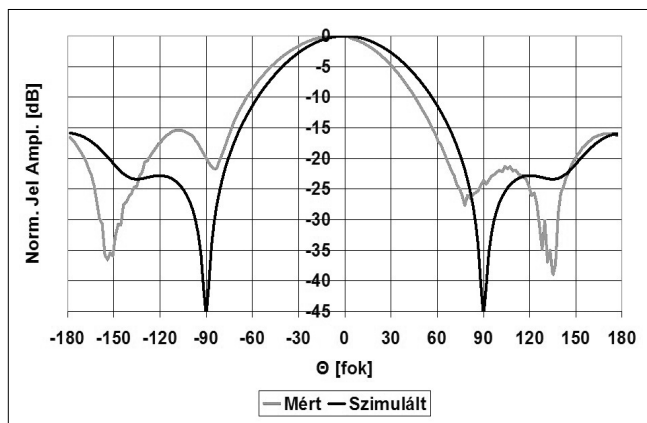
18. ábra H síkú biquad iránydiagramok



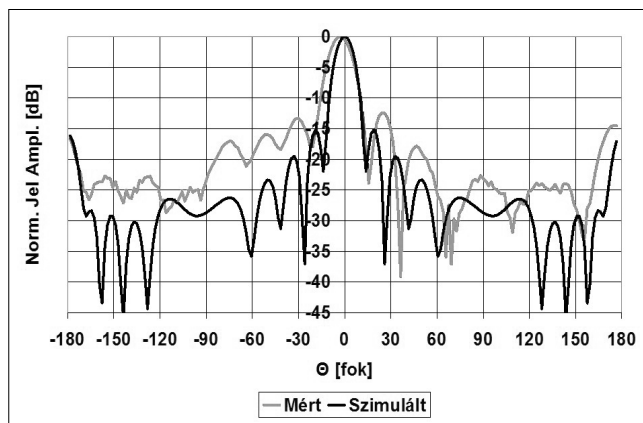
16. ábra E síkú dbiquad iránydiagramok



19. ábra H síkú dbiquad iránydiagramok



17. ábra E síkú quad6 iránydiagramok



20. ábra H síkú quad6 iránydiagramok

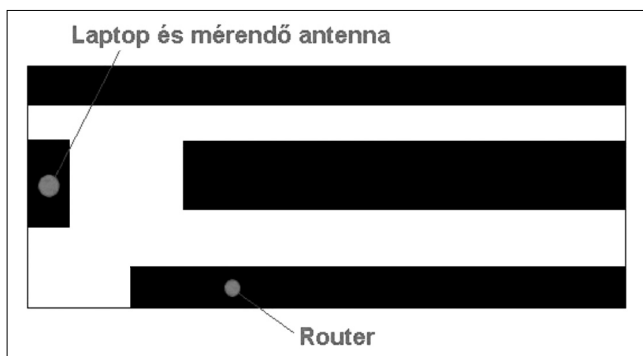
resztül számítógéppel vezérelhető és egy rendszerillesztő buszon keresztül kapcsolatban van a jelforrásként használt sweep-oszcillátorral, a mérés automatizálható. Az antennaforgató csak függőleges tengely körüli körbeforgást végez, emiatt a mérések között kézzel el kellett fordítani a vevőantennát, hogy a 15-20. ábrákon látható E és H síkú iránydiagramokat megkapjuk. A vezérlést és a kiértékelést a mérőhelyen rendelkezésre álló számítógépprogram végezte. Több frekvencián is mértünk iránydiagramokat, ezek közül a sávközépiek (2450 MHz) láthatóak a 15-20. ábrákon.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a szimuláció szinte minden esetben nagyon jó közelítést adott. Azt is le lehet vonni következtetésnek, hogy a 3. szakaszban említett káros hatások nem befolyásolták jelentősen az antennák iránykarakterisztikáit.

5. Beltéri mérések

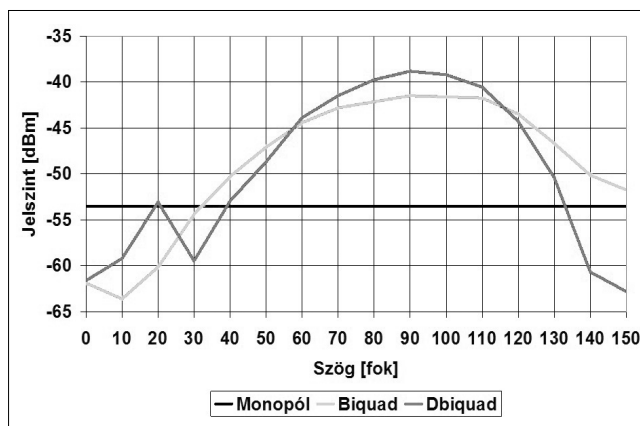
Ezen mérések során valóságos beltéri WLAN környezetben hasonlítottuk össze a vizsgált antennákat egy gyári irányítatlan antennával. Valamennyi mérés során egy USB porttal rendelkező, Wi-Fi adaptert használtunk, mely lecsavarható monopól antennával és inverz SMA csatlakozóval rendelkezik. Ehhez az eszközhöz szoftver is járt, melynek van vételi jelszintet megjelenítő funkciója is. A mérések során innen jegyeztük le a vételi jelszintet miközben különböző antennákat csatlakoztattunk az eszközhöz. Adónak egy vezeték nélküli routert használtunk. A mérések a BME V2 épület 6. emeletén történtek.

Első mérési elrendezésnek tekintsük a 22. ábrát, melyen a V2 épület 618-as szobájának egyszerűsített alaprajza látható. Ebben a környezetben az antennákat 180°-kal elforgatva 10 fokenként mértük meg a vételi jelszintet. Az irányítatlan antenna érzéketlen volt a forgatásra, konstans -53,5 dBm-es jelszintet lehetett mérni a vevőoldalon. Az eredmények a 23. ábrán láthatóak, ahol is szépen visszaköszönnek a H síkú iránydiagramok.

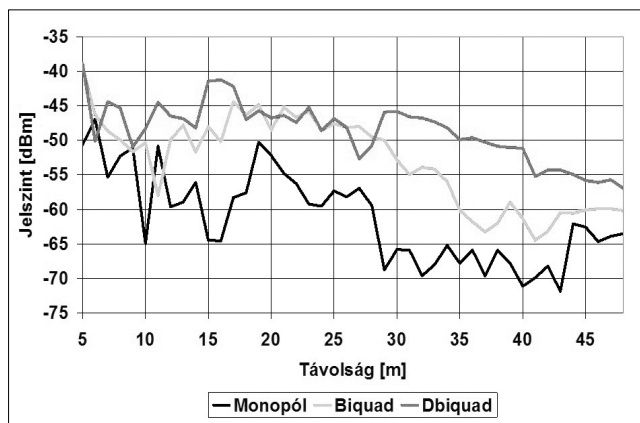


22. ábra Mérési elrendezés vázlata (BME, V2 épület 618.)

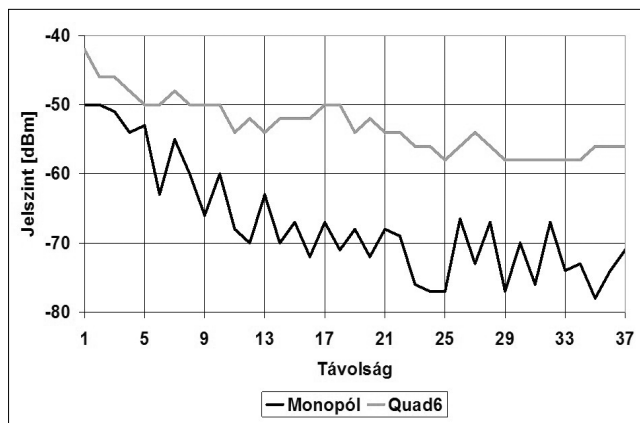
A második mérés egy folyosós környezetben történt, ahol is a folyosó egyik végébe lehelyeztük a routert, majd a 4 antennával méterenként távolodva az adótól lejegyeztük a vételi jelszintet. A biquad és dbiquad mérés azonos időben és körülmények között történt (24.



23. ábra



24. ábra



25. ábra

ábra), viszont máskor történt a quad6 mérése, emiatt a hozzá tartozó eredményeket külön grafikonon közöljük (25. ábra).

A szűk folyosós környezet miatt sok reflexió keletkezik, emiatt érthető, hogy nagyon ingadozik a jelszint a távolság függvényében. Összességében talán a dbiquad működött a legjobban ebben a környezetben. Érdekes megfigyelni, hogy bizonyos szakaszokon az irányított antennák görbéjének jellege nagyon hasonlít.

Az eddigi mérések mindegyike LOS környezetben történt. Volt lehetőség NLOS mérésekre is, itt azonban nem nagyon lehetett tologatni az antennákat és ezáltal grafikonokat felvenni. Ezért két táblázatban (1. táblázat)

foglaltuk össze az eredményeket, itt egy adott szoba különböző pontjain végeztünk méréseket mind az irányítatlan mind pedig az irányított antennákkal. Azt láthatjuk, hogy itt már nem mindig az irányított antennák mutatnak jobb eredményeket.

6. Összefoglalás

A viszonylag egyszerű, ám sok időt igénybevevő szimulációk után bemutattuk, hogy a vizsgált antennák különböző nehézség nélkül elkészíthetők, könnyen beszerezhető alapanyagokból, a használt csatlakozót leszámítva, melyet mikrohullámú szaküzletben vásároltunk. A 4. szakaszban bemutattuk, hogy az egyszerű konstrukció ellenére igen jól sikerült tartani a szimulált antenna-paramétereket. Az utolsó szakaszban pedig valóságos WLAN-környezetben próbáltuk ki és hasonlítottuk össze a vizsgált antennák működését egy gyári irányítatlan antennával és azt találtuk, hogy az esetek nagy részében jobb eredményt lehet velük elérni.

NLOS-körülmények között megállapítható, hogy alapesetben gyakran az irányítatlan antenna működik jobban, azonban ha szánunk rá egy kis időt, akkor tologatással, illetve forgatással el lehet érni, hogy az irányítatlan antenna főnyalábjával elkapjunk egy domináns jelutatót és ezáltal jobb vételi jelszintet biztosítsunk.

Mért jelszintek [dBm]				
Monopól	Biquad	Dbiquad	Monopól	Quad6
-71,22	-74,78	-73,22	-75,00	-58,00
-75,78	-75,47	-64,11	-70,00	-56,00
-71,11	-66,11	-66,00	-61,00	-62,00
-53,12	-52,25	-55,48	-70,00	-62,00
-73,00	-67,90	-64,70	-63,00	-75,00
			-60,00	-70,00
			-66,00	-61,00
			-72,00	-70,00

1. táblázat
NLOS körülmények
között mért
vételi jelszintek

A szerzőről



GULÁCSI ZSOLT 2010-ben végzett okleveles villamosmérnök-ként a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem villamosmérnöki szakán. 2009-2010-ben a Szélessávú Hírközlés és Villamosságtan tanszéken szerzett oktatási tapasztalatokat a Nagyfrekvenciás rendszerek és alkalmazások laboratóriumban, ahol PhD tanulmányokra készül.

Irodalom

- [1] 47 CFR Part 15,
http://www.fcc.gov/oet/info/rules/part15/PART15_07-10-08.pdf
- [2] Planar reflectors part 3 – Bobtails and diamonds,
<http://www.cebik.com/vhf/planar3.html>
- [3] Two element biquad feed for
offset parabolic dish antenna for 2,4 GHz band,
<http://www.qsl.net/yu1aw/fid24ghz.pdf>
- [4] Quados antennas,
http://www.qsl.net/yu1aw/quados_antennas.html
- [5] si-list data repository website,
<http://www.si-list.net/swindex.html>
- [6] NEC-2 Manual Part 3,
<http://www.nec2.org/other/nec2prt3.pdf>

Kommunikáló rendszerek teljesítménytesztelése

ERŐS LEVENTE

*BME Távközlési és Médiainformatikai Tanszék
eros@tmit.bme.hu*

PERNEK ÁKOS

*BME Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék
akos.pernek@aut.bme.hu*

CSÖNDES TIBOR

*Ericsson Magyarország Kft., Test Competence Center
tibor.csondes@ericsson.com*

Kulcsszavak: teljesítménytesztelés, teljesítménymodellezés, tesztrendszerek

Cikkünkben bemutatjuk a teljesítménytesztelés néhány alapvető módszerét és egy olyan feketedoboz-alapú terhelésteresztelési eljárást, amellyel automatikusan mérhetjük ki kommunikáló rendszerek teljesítményét, és amely kiküszöböli az ad-hoc terhelésteresztelés okozta problémákat. Az eljárás kétfázisú: első fázisként a teljesítménykövetelményeket automatikusan képezzük le egy teljesítménymodellre, majd a második fázisban ezt a modellt hasonlítjuk össze a valós tesztelt rendszerrel. Ez utóbbi fázisban történő mérések eredményét az eljárás kiértékeli, és megállapítja, hogy a tesztelt rendszer legrosszabb esetben (azaz bármilyen bemeneti üzenetsorozat esetén) valamint átlagosan hogyan fog teljesíteni. A cikk végén bemutatunk néhány szimulációs eredményt az eljárás hatékonyságának alátámasztására.

1. Bevezetés

A tesztelés a minőségbiztosítás egy fontos állomása mind a hardver, mind a szoftveriparban. Ebben a cikkben a számos tesztelési módszer közül a terhelésteresztelés módszere illetve ennek különböző metodológiai kerülnék bemutatásra.

A terhelésteresztelés egy teljesítménytesztelési módszer. A teljesítménytesztelés egy általános tesztelési kategória, mely során a tesztelés célja a vizsgált rendszer karakterisztikájának meghatározása különböző mértékű terhelések alatt. A teljesítménytesztelés kategóriába tartozik, például az úgynevezett stressztesztelés, illetve a „benchmark” tesztelés. Az előbbi esetben a cél a rendszer extrém túlterhelése illetve annak vizsgálata, hogy a rendszer megfelelően képes-e újraéledni, míg az utóbbi esetben a rendszer terhelése minimális. A cél a rendszer alapvető funkcióinak vizsgálata megfelelő működési, használhatósági és egyéb szempontok alapján.

A terhelésteresztelés során a rendszer terhelése magas, azonban ez a terhelés nem túlterhelés, hanem a bizonyos rögzített körülmények mellett elvárható maximum. A rögzített körülmények jelenthetik a szimulált felhasználók maximális számát, a párhuzamosan futó tranzakciók maximális számát és sok egyéb speciális körülményt. A terhelésteresztelés során ezen megszorítások mellett kell a tesztelt rendszert vizsgálni. A vizsgálat eredményeképpen megállapítható, hogy a rendszer képes-e teljesíteni az elvárt teljesítménykövetelményeket, továbbá mérhetőek a pontos teljesítménymetriái is.

2. A terhelésteresztelés módszerei

A terhelésteresztelés során is alkalmazott egyik módszer az úgynevezett feketedoboz-tesztelés. A feketedoboz-tesztelés során a rendszer belső felépítése nem ismert, a tesztek a rendszer külső specifikációja alapján kerülnek kialakításra. Egy másik – a feketedoboz-alapú teszteléssel ellentétes filozófián alapuló – gyakran alkalmazott módszer a fehérdo-boz-alapú tesztelés. Fehérdo-boz-alapú tesztelés esetén a tesztelt rendszer belső tulajdonságai ismertek. A tesztek létrehozása az ismert belső tulajdonságok alapján történik.

Míg a feketedoboz-alapú tesztelés célja a tesztelt rendszer teljesítménymutatóinak vizsgálata, mérése és egyben a rendszer verifikációja abból a szempontból, hogy a specifikált teljesítményt valóban tartani képes-e, addig a fehérdo-boz-alapú teljesítménytesztelés célja a rendszer belső működésének, teljesítményének vizsgálata. Az ismert belső felépítésű rendszer viselkedést figyelve szakaszosan növekedő terhelés mellett azonosíthatóvá válnak a rendszer túlterhelt pontjai mind kód, adatbázis, rendszer és hálózati szinten. A szűk keresztmetszetért felelős egységek optimalizálásra kerülhetnek.

Mindkét módszer fontos követelménye, hogy a rendszer funkcionálisan megbízható legyen, vagyis a terhelésteresztelés előtt a rendszernek konformanciatesztelésen kell átesnie. A feketedoboz-alapú konformanciateszt során azt vizsgáljuk, hogy a tesztelt rendszer a megfelelő kommunikációs protokollt valósítja-e meg, azaz, hogy a megfelelő bemeneti sorozatokra a megfelelő kimeneti sorozatokat küldi-e vissza az időzítéseket is figyelembe véve. Fehérdo-boz-alapú tesztelés során a konforman-

cia tesztek bizonyosságot adhatnak arról, hogy a tesztelt rendszer belső működése is az elvártnak megfelelő. A teljesítménykövetelmények teljesülését vizsgáló terhelésteresztelésre akkor kerülhet sor, ha a rendszer megfelelt a konformanciateszten. A konformanciatesztelés mára kiforrott elméleti háttérrel rendelkezik [1-4].

3. Tesztrendszerek napjainkban

A terhelésteresztelésnek alávetett kommunikációs rendszerek közös tulajdonsága, hogy van legalább egy interfészük. Az interfészek biztosítják a kapcsolatot a külvilág felé. Minden interfész implementál egy adott protokollt. A tesztelt kommunikáló rendszerek további fontos paraméterei közé tartozik a szimulált felhasználók maximális száma illetve a párhuzamosan végrehajtott tranzakciók maximális száma.

A fenti és esetlegesen egyéb tulajdonságok erős befolyást gyakorolnak az adott eszköz tesztelését megvalósító tesztrendszerre is. A terhelésteresztelés során a használt tesztrendszernek képesnek kell lenni a tesztelt rendszer teljesítményének megfelelő terhelést hozszú ideig és megbízhatóan előállítani.

A tesztrendszernek a tesztelés során le kell fednie a tesztelt rendszer aktív interfészeit. Az interfészek lefedése manapság leggyakrabban szoftverkomponensek révén történik. Ennek legfőbb oka a költséghatékonyság. Az interfészek lefedése történhet speciálisan leggyártott célhardverrel is, azonban ezen eszközökre jellemző a kis darabszámban történő gyártás és ennek következtében az igen magas gyártási és értékesítési költségek. A személyi számítógépek alkalmazása hatalmas költségmegtakarítást eredményez, illetve alkalmazhatóságuk és skálázhatóságuk révén az általuk biztosított teljesítmény is meghaladja a célhardverek képességeit. A célhardverek alkalmazásának csökkenése, illetve csökkentése azonban nem egyértelmű folyamat. A hagyományos telekommunikációs világban a tesztelt

rendszerek környezetének szimulálása során szükséges volt bonyolult és költséges célhardverek alkalmazása. Azonban a távközlési világ elmozdulása az IP-s világ irányába egyre kevésbé tette szükségessé ezen a hardverek alkalmazását.

A személyi számítógépek alkalmazásának másik – korábban már részben említett – előnye a skálázhatóság. Egy megfelelően megtervezett tesztrendszer képes kihasználni több számítógép erőforrásait is, mely révén a teljesítmény növelése egyszerűen és nem utolsó sorban a célhardverekhez viszonyítva továbbra is olcsón növelhető. Az esetek jó részében azonban egy számítógép is képes a szükséges tesztelési teljesítmény előállítására. Napjaink „boltban” megvásárolható személyi számítógépeinek kapacitása a lehetséges maximális szimulált felhasználószámot is nagyban növelheti. Egy tesztelés alatt álló rendszer esetében az elvárt maximális felhasználószám gyakran több milliós populációt jelent, azonban az esetek többségében ez már nem jelent problémát.

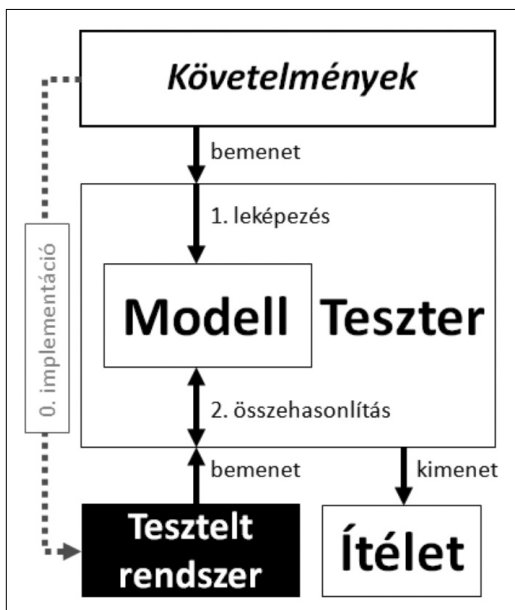
Egy modern tesztrendszer gyakran modellvezérelt, mely modell a tesztelés alatt álló rendszer viselkedésspecifikációja alapján kerül kialakításra. A modell által vezérelt rendszerek bővíthetősége egyszerű, könnyű őket felkészíteni mind a sikeres, mind a sikertelen lefolyású tesztesetekre, illetve gyakran negatív tesztelésre is alkalmazhatóak. A tesztelt rendszer karakterisztikájának mérése miatt fontos, hogy a használt tesztrendszer stabilan képes legyen leadni a szükséges teljesítményt, ezért célszerű a tesztrendszert felkészíteni a sikertelen lefolyású tesztesetekre is. A robusztus tesztrendszer elengedhetetlen követelmény a megfelelő terhelésteresztelés szempontjából.

Végezetül megemlíjtük, hogy a legtöbb tesztrendszer rendelkezik grafikus felhasználó felülettel, mely felület lehetővé teszi a tesztek egyszerű vezérlését, akár személyre szabását is, valamint a teszt aktuális állapotának megfigyelését és a teszt eredményeinek elmentését a későbbi elemzés céljából.

4. Ad-hoc- és modellalapú teljesítménytesztelés

A terheléstereszteteket manapság főként ad-hoc módon, kézzel implementálják, a tesztmérnökök korábbi tapasztalataira támaszkodva. Ad-hoc-tesztelés során az implementált tesztrendszer terhelés alá helyezi a tesztelt eszközt és a rendszer válasza alapján próbálja meghatározni a tesztelt rendszer valódi paramétereit. Ennek a módszernek a nyilvánvaló hátránya a mérések pontatlansága.

Cikkünkben ezen probléma megoldásaként egy automatikus terhelésteresztelési módszert mutatunk be, amely elsőként leképez két teljesítménykövetelményt, meghozza a másodpercenként feldolgozott üzenetszámot és a párhuzamosan kiszolgált felhasználók számát egy formális modellre, majd ellenőrzi, hogy a tesztelt rendszer megfelel-e ennek a modellnek (1. ábra).



1. ábra
Terhelés-
tesztelési
eljárás

A teljesítménymodellezés témakörében már számos publikáció született [5-8]. Ezek azonban a modell *verifikálását* tűzik ki céljukként, azaz annak analitikus bizonyítását, hogy a modellek megfelelnek az előírt teljesítménykövetelményeknek. A mi célunk ezzel szemben az volt, hogy egy rendszer *validálására* adjunk eljárást, azaz, hogy eldöntsük, hogy egy fizikai rendszer megfelel-e a teljesítménykövetelményeknek.

5. A teljesítménykövetelmények leképezése formális teljesítménymodellekre

Ebben a szakaszban bevezetjük az időzített kommunikáló véges többállapotú gép (Timed Communicating Finite Multistate Machine, TCFMM) modellt, majd megvizsgáljuk, hogy segítségével hogyan lehet modellezni a tesztelt rendszer által másodpercenként feldolgozott üzenetek számát valamint a párhuzamosan kiszolgált felhasználók számát, mint teljesítménykövetelményt. A TCFMM-modellt a következő attribútumok írják le:

$$TCFMM = (S, I, O, T, U, s_0), \text{ ahol}$$

S az állapotok véges halmaza, I a bemenetek véges halmaza, O a kimenetek véges halmaza, T az állapotátmenetek (tranzíciók) véges halmaza, U a felhasználók (tokenek) véges halmaza, végül s_0 a rendszer kezdőállapota, ahol kezdetben a felhasználókat reprezentáló tokenek tartózkodnak. Egy állapotátmenethez tartozik egy bemenet, egy kimenet valamint egy késleltetés. Ha a rendszer valamely felhasználótól olyan üzenetet kap, amely a felhasználó tokenjének aktuális állapotából kiinduló valamely állapotátmenet bemenete, akkor a tokenet elveszi az aktuális állapotból, az állapotátmenethez tartozó késleltetés leteltét követően elhelyezi annak célállapotában és az állapotátmenethez tartozó kimenetet válaszüzenetként elküldi a felhasználónak.

A tesztelt rendszer modellezéséhez használt TCFMM struktúráját a tesztelt rendszer által megvalósított protokollhoz tartozó kommunikáló kiterjesztett véges állapotautomata adja. Ezen állapotautomata állapotátmeneteit a teljesítménymodellel megalkotásához ki kell egészíteni egy-egy késleltetésparaméterrel (amely értékét még nem

ismerjük), és az automata kezdőállapotába el kell helyezni az $|U|$ darab tokenet. A 2. ábrán látható két TCFMM, amely állapotátmenetein *bemenet/kimenet/késleltetés* formában jelenik meg az egyes paraméterek értéke.

Ahhoz, hogy a fentiekben leírt módszerrel megalkotott TCFMM megfelelően modellezze a párhuzamosan kiszolgált felhasználók maximális számát, pontosan annyi tokenet kell elhelyezni a modell kezdőállapotában, ahány felhasználót a rendszernek egyszerre ki kell szolgálnia. Ezen kívül azt is meg kell oldanunk, hogy valahányszor egy felhasználó egy nyelőállapotba viszi a hozzá tartozó tokenet (tehát a token olyan állapotba kerül, amelyből nem vezet ki állapotátmenet, és így a felhasználó nem generálhat több kérést a rendszer felé, a rendszer szemszögéből tehát a kiszolgált felhasználók száma eggyel csökken), egy új token, azaz egy új felhasználó kiszolgáltatásának lehetősége jelenjen meg a kezdőállapotban. Ezt úgy érjük el, hogy valamennyi, nyelőállapotba vezető állapotátmenetet átírányítunk a kezdőállapotba. Az 1. ábra jobb oldalán látható TCFMM úgy keletkezett, hogy a bal oldali TCFMM egyetlen nyelőállapotába mutató állapotátmeneteket átírányítottuk a kezdőállapotba.

A rendszer által másodpercenként feldolgozott üzenetek számát az állapotátmenet-késleltetésekre felállított megkötésekkel modellezzük. Itt kell megemlítenünk, hogy a másodpercenként feldolgozott üzenetszám alatt a rendszer által hosszú (optimálisan végtelen) idő alatt feldolgozott üzenetek számának és a mérés másodpercben kifejezett idejének hányadosát értjük, azaz egy hosszú időre mért átlagot. Első megközelítésben azt mondhatjuk, hogy a tesztelt rendszer akkor képes másodpercenként C darab üzenetet feldolgozni, ha valamennyi állapotátmenetének másodpercben kifejezett késleltetése kisebb, mint C reciproka, azaz, ha a t_i állapotátmenet késleltetését d_i -vel jelöljük; $d_i \leq \frac{1}{C}$.

Ezen követelmény túl szigorú, ugyanis ha egy állapotátmenet késleltetése nem teljesíti, a rendszer hosszútávon még mindig képes lehet C üzenet kiszolgáltatására másodpercenként, még hozzá valamennyi állapotátmeneti trajektória mentén. Ennek feltétele, hogy a „lassú” állapotátmenet késleltetését kompenzálják azon állapotátmenetek késleltetései, amellyel ez az állapotátmenet ugyanazon kör(ök)ben szerepel a TCFMM-modellben.

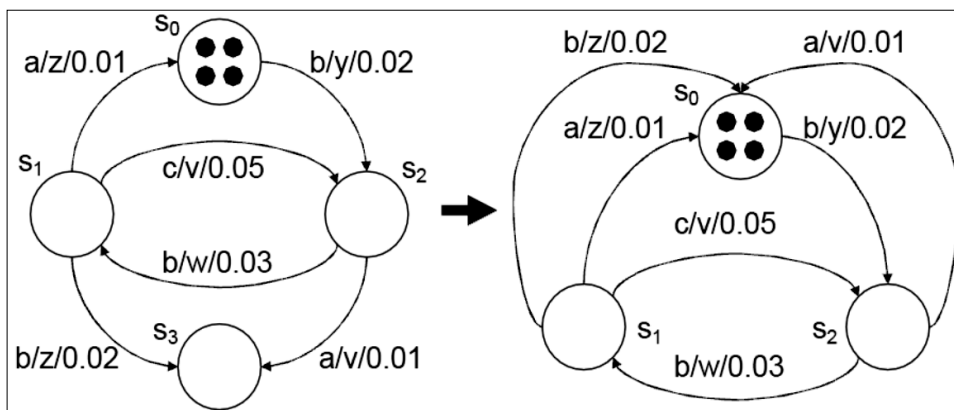
Formálisan tehát a rendszer képes másodpercenként C üzenetet feldolgozni, ha

$$\sum_{t_j \in c_i} d_j \leq \frac{1}{C_{req}},$$

ahol c_i egy kört jelöl és ez a feltétel valamennyi körre teljesül.

Belátható, hogy ez a követelmény már szükséges és elégséges feltétele annak, hogy a tesztelt rendszer bármilyen bemeneti sorozat esetén képes legyen a másodpercenkénti C darab üzenet feldolgozására.

2. ábra TCFMM-modellek



6. Teljesítménymodell összehasonlítása a tesztelt rendszerrel

Miután modelleztük a rendszerrel szemben felállított teljesítménykövetelményeket, ki kell mérnünk a rendszer teljesítményét. Precízebben megfogalmazva, azt kell kiszámolnunk, hogy a tesztelt rendszer másodpercenként hány üzenetet dolgoz fel, miközben az általa kiszolgált felhasználók száma rögzítetten a maximális felhasználószám. Ehhez minden egyes állapotátmenet késleltetését kell kimérnünk (tehát azt az időtartamot, amely a tesztezők által a tesztelt rendszernek küldött bemeneti üzenet elküldése és a válaszüzenet vétele között telt el).

A késleltetések birtokában kétféleképpen is kiszámolhatjuk a rendszer által másodpercenként feldolgozott üzenetek számát. A *legrosszabb*, azaz minimális másodpercenkénti üzenetszámot a következő képlettel kaphatjuk meg:

$$C_{\min} = \min \left\{ \frac{|c_j|}{\sum_{t_i \in c_j} d_i} \right\}$$

A fenti képlet szerint tehát meg kell keresni azt a kört a TCFMM-ben, amelynek az egy tranzícióra eső átlagkésleltetése maximális. A keresett minimális tüzelésszám az ezen kör mentén mért tüzelésszám lesz. Ez egybeesik az előző szakaszban az állapotátmenet-késleltetésekre megszabott megköötéssel.

Ha a teszt során nem arra vagyunk kíváncsiak, hogy *legalább* hány üzenetet dolgoz fel a rendszer egy másodperc alatt, hanem arra, hogy *átlagosan* hányat, a minimális üzenetszám helyett, amely egy meglehetősen szigorú becslés a rendszer teljesítményére, megbecsülhetjük az átlagosan feldolgozott másodpercenkénti üzenetszámot. Ennek kiszámításához azonban szükség van egy kis pluszinformációra a tesztelt rendszer jövőbeni felhasználóinak viselkedéséről. Jelölje q_i annak valószínűségét, hogy egy token a t_i tranzíció forrásállapotában állva a t_i tranzíció bemenetét küldi a tesztelt rendszernek, azaz a t_i tranzíciót tüzel el (a q_i értékekből megalkothatjuk tehát a felhasználók viselkedését leíró véges Markov-láncot). Jelölje továbbá p_{kl} azon tranzíciók q_i valószínűségeinek összegét, amelyek s_k -ből s_l állapotba mennek.

Ezek és a kimért késleltetésértékek alapján első lépésben ki kell számítanunk a felhasználók viselkedését leíró Markov-lánc stacioner eloszlását. Az i -edik állapot stacionárius állapotvalószínűségét z_i -vel jelöljük. Ezt a következő mátrixegyenlet megoldásával határozhatjuk meg:

$$\underline{\underline{F}} \underline{\underline{z}} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \text{ ahol } \underline{\underline{z}} = \begin{bmatrix} z_0 \\ z_1 \\ \vdots \\ z_n \end{bmatrix} \text{ és } \underline{\underline{F}} = \begin{bmatrix} p_{00}-1 & p_{10} & \cdots & p_{n0} \\ p_{01} & p_{11}-1 & \cdots & p_{n1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{0(n-1)} & p_{1(n-1)} & \cdots & p_{n(n-1)} \\ 1 & 1 & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

Az egyenletnek akkor lesz megoldása, ha $\det \underline{\underline{F}} \neq 0$ [9]. A stacioner állapotvalószínűségek ismeretében megadhatjuk valamennyi állapotátmenet stacioner tüzelési valószínűségét, amely annak valószínűsége, hogy egy fel-

használó mekkora valószínűséggel tüzel éppen az adott állapotátmenetet. Az i -edik tranzíció stacioner tüzelési valószínűsége: $f_i = z_k q_i$. Ennek alapján az átlagos másodpercenkénti üzenetszámot a következőképpen számíthatjuk:

$$C_{\text{átlag}} = \frac{1}{\sum_{t_i \in T} d_i f_i}$$

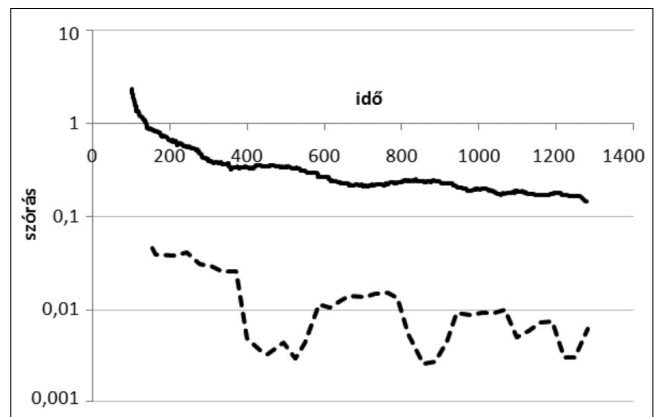
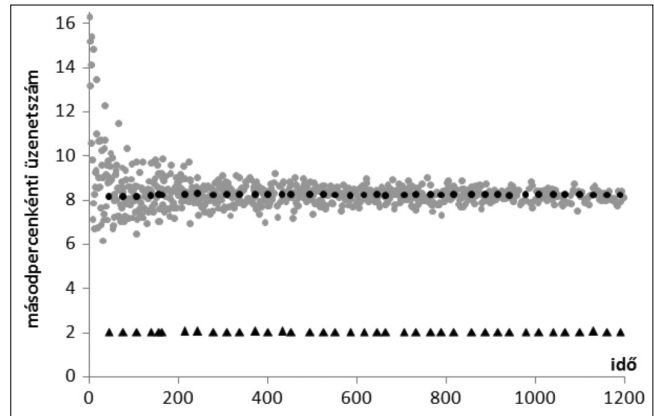
A fenti képlet szerint tehát venni kell a tranzíciók késleltetéseinek stacionárius tüzelési valószínűségeikkel súlyozott átlagát és az így kapott érték reciproka adja az átlagos tüzelésszámot.

7. Szimulációs eredmények

Ebben a szakaszban bemutatunk néhány szimulációs eredményt az előző szakaszokban leírt módszerek hatékonyságának szemléltetésére. A bemutatott eljárást egy ad-hoc terhelésterhelési módszerrel hasonlítottuk össze, amely során a felhasználók viselkedését tesztteremtítések emulálják és azt mérik, hogy a teszt futásának teljes ideje alatt hány üzenetet szolgáltat ki felőlük a tesztelt rendszer.

A 3. ábrán az ad-hoc, illetve a cikkben bemutatott módszerrel ugyanazon a rendszeren mért másodpercenkénti üzenetszámtértek láthatóak a méréshez szükséges idő függvényében. Látszik, hogy a minimális másodpercenkénti üzenetszám (fekete háromszögek) egy elég durva alsó becslés a rendszer teljesítményére, illetve az is, hogy az itt leírt módszerrel jóval precízebben mérhető

3-4. ábra Mérési eredmények és azok szórása



ki a tesztelt rendszer által feldolgozott átlagos üzenet-szám (fekete körök), mint az ad-hoc módszerrel (szürke körök).

Ezt támasztja alá a 4. ábra is, amelyen az ad-hoc (folytonos vonal), illetve a cikkben bemutatott módszerrel (szaggatott vonal) végzett teljesítménymérések eredményeinek szórása látszik a méréshez szükséges idő függvényében, logaritmikus skálán. Ennek alapján az utóbbi módszer mérési eredményeinek szórása két nagyságrenddel alacsonyabb az ad-hoc módszerénél.

8. Összefoglalás

Cikkünkben bemutattunk a teljesítménytesztelés főbb módszereit, illetve egy olyan teljesítménytesztelési eljárást, amely a feketedoboz-alapú terhelésteresztelés ad-hoc voltából adódó problémákat oldja meg és a teljesítménykövetelményektől automatikusan jut el a tesztelt rendszer teljesítményének kiméréséig.

Az automatikus működést az teszi lehetővé a bevett gyakorlattal ellentétben, hogy a tesztmérnök tapasztalatai helyett egy formális teljesítménymodellre támaszkodik, amelyre első lépésben leképezi a rendszerrel szemben támasztott teljesítménykövetelményeket, esetünkben a párhuzamosan kiszolgálandó felhasználók maximális számát és a rendszer által másodpercenként feldolgozandó üzenetszámot, majd a rendszer állapotátmeneti késleltetéseihez a modell alapján történő kimérését követően megállapítja, hogy a rendszer legalább, illetve várhatóan hány üzenetet lesz képes feldolgozni másodpercenként. Az elvégzett szimulációk igazolják a bemutatott módszer hatékonyságát és precizitását.

A szerzőkről



ERŐS LEVENTE 2007-ben szerzett mérnök-informatikus diplomát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán. 2007 óta a Kar Távközlési és Média-informatikai Tanszékének doktorandusz hallgatójaként végez kutatómunkát. Kutatási területe kommunikáló rendszerek feketedoboz alapú teljesítmény-tesztelése.



PERNEK ÁKOS 2007-ben végzett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán. 2007 óta az Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék doktorandusz hallgatója. 2006-tól az Ericsson Magyarország munkatársa TTCN-3 tesztrendszer fejlesztői munkakörben. A Magyar Tudományos Akadémia Számítástechnikai és Automatizálási Kutatóintézetének munkatársa. Főbb kutatási területei: kamera-autokalibráció és pontos objektumrekonstrukció videó alapján.



CSÖNDES TIBOR 1996-ban végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán. 1996-tól 1999-ig a kar doktorandusz hallgatója. PhD disszertációját 2002-ben védte meg konformancia teszt sorozatok optimalizálása témakörben. 1997-től az Ericsson Magyarország munkatársa; kutató, majd tesztelési rendszermérnök, 2009-től osztályvezetői munkakörben. Az Ericsson hivataltos nemzetközi TTCN-3 tanfolyamának előadója. A BME Villamosmérnöki és Informatikai Karának címzetes egyetemi docense. Több diplomamunka és PhD téma konzulense valamint a Távközlési Szoftverek című doktorandusz tárgy társelőadója. Főbb kutatási és oktatási területei: konformancia tesztelés, teszt sorozat optimalizálás, TTCN-3 tesztleíró nyelv, automatikus tesztelés, tesztgeneráló módszerek, modell alapú tesztelés.

Irodalom

- [1] ISO/IEC 9646:
Information technology
– Open Systems Interconnection – Conformance testing methodology and framework, 1994.
- [2] C. Feng, X. Sun, Y. Shen F. Lombardi,
Protocol Conformance Testing
Using Unique Input/Output Sequences.
World Scientific, 1997.
- [3] C. Kim, J. Song,
Test Sequence Generation Methods for
Protocol Conformance Testing,
In: Proc. of the 18th Annual International Computer Software and Applications Conf., pp.169–174., 1994.
- [4] ITU-T, Framework on Formal Methods in Conformance Testing, ITU-T Recommendation Z.500.
Geneva, Switzerland, 1997.
- [5] P. Kemper, P. Kritzinger, F. Bause, H. Kabutz,
SDL and Petri Net Performance Analysis of
Communicating Systems,
In: Proc. of the 15th International Symposium on Protocol Specification, Testing and Verification.
Chapman and Hall, pp.269–282., 1995.
- [6] O.S. Youness, W.S. El-Kilani, W.F.A. El-Wahed,
A Behavior and Delay Equivalent Petri Net Model for
Performance Evaluation of Communication Protocols,
Computer Communications,
Vol. 31, No. 10, pp.2210–2230., 2008.
- [7] M.R. El-Karaksy, A.S. Nouh, A. Al-Obaidan,
Performance Analysis of Timed Petri Net Models for
Communication Protocols: a Methodology and Package,
Computer Communications,
Vol. 13, No. 2, pp.73–82., 1990.
- [8] M.A. Marsan, G. Chiola, A. Fumagalli,
Timed Petri Net Model for The Accurate Performance
Analysis of CSMA/CD Bus Lans.
Computer Communications,
Vol. 10, No. 6, pp.304–312., 1987.
<http://dblp.uni-trier.de/db/journals/comcom/comcom10.html#MarsanCF87>
- [9] K. Hoffman, R. Kunze,
Linear Algebra (2nd ed.),
Prentice Hall, 1971.

Telemedicina – IKT-n alapuló egészségügyi szolgáltatás I. rész: Rendszerkonceptió és architektúra

DARAGÓ LÁSZLÓ

Semmelweis Orvostudományi Egyetem, darago@inf.sote.hu

ENGI CSABA

Answare Kft., csaba.engi@answare.hu

PESTI ISTVÁN

P-Invent Kft., pesti@pinvent.net

VASS DEZSŐ

Bay-Logi, vass.dezso@bay-logi.hu

Kulcsszavak: telemedicina, ehealth, protokoll, egészségügy

Az egészségügy szolgáltatásaival szembeni egyre növekvő mennyiségi és minőségi elvárások a rendelkezésre álló erőforrások hatékonyabb felhasználását indokolják. A beteg állapotát leíró, az ellátás során az orvos döntéseit támogató adatok gyűjtése, feldolgozása és továbbítása nem minden esetben követeli meg a közvetlen és állandó, fizikai orvos-beteg kontaktust, ahogyan az ellátási folyamat egyes fázisai sem igénylik folyamatosan a teljes gyógyító infrastruktúra helyben rendelkezésre állását. A telemedicina új orvosi eljárásainak bevezetése beruházásigényes, azonban a befektetés társadalmi, de akár egyéni szinten is megtérülhet. A dolgozat áttekintést ad az ehealth és telemedicina fogalmakról, bemutatja az eHealth8 konzorciumot, az általa fejlesztett koncepciót és a telemedicina hazai, remélhetőleg a közfinanszírozás által is befogadott rendszerét. Bemutatja annak kulcsfontosságú dimenzióit, így az egészségügyi protokollok kialakításának menetét, a rendszer műszaki architektúráját, a végponti eszközöket és kommunikációjukat, valamint a pénzügyi, üzleti modellt.

1. Bevezetés

Az emberek születéskor várható élettartamának kitolódása, az orvostudomány és a technológia fejlődése folytán növekvő szükségletek jelennek meg az egészségügyi ellátórendszerrel kapcsolatban. Egyre több ember él a földön, az átlagéletkor – és ezzel az egészségügyi ellátás iránti szükséglet – nő. A tudomány és technológia fejlődésével korábban végzetes, kezelhetetlen betegségek, állapotok is elláthatóvá váltak. Egyre több tehát a beteg-orvos találkozás iránti igény és szükséglet, ami a hagyományos rendszerben gondolkodva kórházi ágyak, rendelők, orvosok, eszközök, pénz, idő, egyszóval a meglévő erőforrások megsokszorozását igénylik. Ez az igény még a tehetősebb országok számára is finanszírozhatatlan, ezért új ellátási formákat kíván. Ilyen új ellátási forma a telemedicina.

Manapság nem az a kérdés, hogy szükség van-e a telemedicina beillesztésére a napi orvosi gyakorlatba, hanem az, fenntartható-e az egészségügyi szolgáltatások rendszere a telemedicina rutinszerű, a társadalombiztosítás által is elfogadott és támogatott alkalmazása nélkül. A betegfelügyelet, egyes eljárások, beavatkozások végzése nem igényli a kezelő helyiségben telepített infrastruktúrát, ahogyan a közvetlen, fizikai orvos-beteg kapcsolat állandó és folyamatos megléte sem szükséges.

A hagyományos orvoslásban is jól meghatározhatóak és az ellátás egészének folyamatán belül elkülöníthe-

tőek azok a részfolyamatok, amelyek nem igénylik a közvetlen és személyes orvosi, vagy egészségügyi szakdolgozói beavatkozást. Az ilyen eljárásoknak a szakember fizikai jelenléte nélkül is előállítható adatok gyűjtése és továbbítása a céljuk.

A telemedicina alkalmazása tehát egyrészt a hagyományos ellátással szemben alacsonyabb erőforrás-igénnyel jelentkezik egyes gyógyító ellátásoknál, másrészt sok olyan esetben, térben és időben elérhetővé teszi a beteg számára az ellátást, amikor a tradicionális orvoslással az nem tehető. Harmadszor lehetővé teszi a kezelőhelyiségen kívüli, akár folyamatos ellátást a költségek jelentős emelkedése nélkül.

A telemedicina (telehealth), az egészségügy új paradigmája, ahol a beteg két vizit között is folyamatos egészségügyi kontroll alatt áll. Jelentősen csökkenthető a kórházi és kezelőhelyiség látogatások száma, egyidejűleg növelhető a beteg életminősége. Az elkerülhető utazások számának csökkentése idő és költségmegtakarítást hoz. A telemedicina kiválóan alkalmazható az öngondoskodás támogatására, lehetőséget ad a főbb vitális paraméterek folyamatos otthoni ellenőrzésére, a kóros folyamatok időben történő felismerésére.

A telemedicina ellátás szemlélete nagymértékben eltér a hagyományos orvoslás, egészségügyi ellátás szemléletmódjától. Az esetek döntő többségében nem egy „kis kórház”, azaz a kórházban az egészségügyi szakszemélyzet által kezelt professzionális eszközök otthoni telepítése a cél, hanem olyan protokollok és medikai

eszközök fejlesztése, melyek a beteg szokásos életvitelét a legkevesbé gátolják, számára biztonságot, az egészségügyi szakemberek számára pedig elégséges szintű adatot nyújtanak.

2. Telehealth, ehealth, telemedicina

Az American Telemedicine Society definíciója szerint a *telemedicina* „az orvosi információk egyik helyről a másikra, elektronikus hírközléssel történő továbbításának alkalmazása a beteg egészsége érdekében, illetve az egészségügyi szolgáltató képzése és a beteggondozás fejlesztése céljából”. A telemedicina esetében is filozófiai mélységekbe vezethet a beteg–nem beteg fogalom tisztázása (lásd öngondoskodás), ezért cikkünkben – ahogyan az egészségügyben általában –, akkor is „betegnek” nevezik a szolgáltatást igénybe vevőt, ha az egészséges.

Az orvosi információk a beteg állapotát leíró adatok, az orvos által küldött üzenetek. A rádió vagy telefon útján történő konzultációk, vagy akár a lelkeség-nyújtás is a telemedicina fogalomkörébe tartoznak.

A *telehealth* elnevezés ettől tágabb fogalomkört ír le. Általában az információs és kommunikációs technológiák alkalmazását jelenti az egészségügyben, nemcsak a gyógyító tevékenység, hanem általában a működés, így a gazdálkodás, adatszolgáltatás, során is.

Az *ehealth* (vagy e-health) a telehealth-nek speciálisan az internet használatán alapuló szűkítése (lásd e-learning, e-commerce stb.).

A telemedicina alkalmazása háromféle módon történik. Ezek a következők:

- **Store-and-forward** – amikor a betegoldali egység adatgyűjtést, esetleg adatfeldolgozást végez, majd a kívánt adatot tömörített formában továbbítja a feldolgozó egység felé. Jellemzően ilyen alkalmazások:

- teleradiológia,
- telepatológia.

- **Real-time** – amikor a betegoldali és az orvosoldali eszközök on-line kommunikációt végeznek. Jellemzően ilyen alkalmazások:

- telekardiológia,
- telementális segítőrendszer (például videokonferencia-technológia alkalmazása a pszichiáter és a mentális ellátásra szoruló beteg között),
- teleneurológia,
- teledermatológia,
- telerehabilitáció,
- teleaudiológia,
- telefogászat.

- **Remote patient monitoring** – amikor biometrikus adatok tárolása és/vagy továbbítása történik az előző két módszer alkalmazásával. Jellemző alkalmazásai:

- otthoni dialízis,
- távoli intenzív osztályos ellátás, felügyelet,
- otthoni telehealth (Personal Health System),
- betegségmentesítés.

3. Az eHealth8 konzorcium és az NKTH pályázat

Annak ellenére, hogy a telemedicina alkalmazása – annak bizonyos esetekben adódó szükségszerűségén túl – az ellátási rendszerek hatékonyabb működését, a drága és szűkös erőforrások használatának csökkentését eredményezheti, ma még a vártnál alacsonyabb mértékben terjedt el. A távgyógyászati eljárások megvalósításához szükséges technológiák rendelkezésre állása és a sikerrel megvalósított, – sokszor csak egy-egy technológia szigetszerű kipróbálására és orvos-szakmai értelemben vett hatásosságának elemzésére szolgáló – pilot-projektek számossága a távgyógyászati eljárások elterjedését szorgalmazza.

Mindezek mellett jelen vannak azonban még azok a tényezők is, amelyek a távgyógyászat széleskörű elterjedésének gátját jelenthetik:

- a rendelkezésre álló orvos-szakmai evidenciákat kiegészítő gazdaságossági modellek, esettanulmányok, elemzések hiánya, vagy nem megfelelő minősége;
- az orvos-szakmai elfogadottság és finanszírozók általi támogatottság alapját is jelentő, a bizonyos területeken rendelkezésre álló orvos-szakmai evidenciák strukturált feldolgozásának és orvos-szakmai irányelvekbe, protokollokba történő beépítésének hiánya;
- a témához kapcsolódó, elsősorban technológiai központú gondolkodás a komplex, a telemedicina szolgáltatások bevezetésének és hosszú távú sikeres alkalmazásának, működtetésének egyéb aspektusait is számba vevő megközelítéssel szemben.

A telemedicina-rendszerek hosszú távon is sikeres és a szereplők számára valós haszonnal járó alkalmazása csak a fent említett gátló tényezők hatásának csökkentése mellett képzelhető el. A távorvoslási eljárások a betegnek, a társadalomnak és az ellátórendszernek is megtérülő formájának kutatására és támogató infokommunikációs és gazdasági rendszerének kidolgozására jött létre 2008-ban, az orvos-szakmai, informatikai, mérés-technikai és gazdasági szakértőket tömörítő **eHEALTH8** konzorcium. A konzorcium tagjai:

- Answare Kft.,
- Bay-Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány,
- Humansoft Kft.,
- Semmelweis Orvostudományi Egyetem,
- Thormed Kft.

A fenti cégek, intézmények projektjavaslatot dolgoztak ki a feladat megvalósítására, amely az NKTH „Infokommunikációs eszközökkel támogatott életvitel (AAL)” alprogramban támogatást nyert.

A projekt célja egy olyan távegészségügyi szolgáltatási rendszer informatikai és orvos-szakmai alapjainak, valamint működő prototípusának létrehozása, amely nem a meglévő, szigetszerűen működő telemedicina-rendszerek részfolyamataira épít, hanem az orvos-szakmai protokollok hazai és nemzetközi tapasztalato-

kon nyugvó újragondolásán alapszik. Továbbá a távgyógyászat irányába történő kiterjesztésén keresztül próbál új, a már meglévő orvos-szakmai gyógyászati irányelvekhez illeszkedő protokollalapú megközelítést alkalmazni a telemedicina folyamatok informatikai támogatásának megtervezésében és a szolgáltatások kialakításában.

Annak érdekében, hogy a telemedicina alkalmazása által biztosított hatékonyság-növelési potenciál minél jelentősebb mértékben érvényesülhessen, a protokollalapú megközelítés költséghatékonysági és megvalósíthatósági elemzéssel egészül ki. Ennek célja rávilágítani azokra az alkalmazási területekre és folyamatokra, amelyekben várhatóan a legnagyobb mértékű hatékonyságnövekedést és/vagy költségcsökkenést eredményeznek az egészségügyi szolgáltatási/finanszírozási rendszer résztvevői számára változatlan vagy növekvő egyéni egészségnyereség mellett.

Az eHEALTH8 projekt a telemedicina beteg-orvos kapcsolatának támogatására fekteti a hangsúlyt. A most fejlesztett rendszerrel szemben támasztott alapvető elvárások az előzőekben említett meglévő telemedicina-rendszerek hiányosságainak kiküszöbölését célozzák meg, valamint a hazai egészségügyi ellátó környezetben előnyt jelentő elvárásokat fogalmazzák meg:

- a megvalósított eszközrendszer és folyamatok, az orvos-szakma által jóváhagyott orvos-szakmai protokollokon alapuljon;
- a megvalósított eszközrendszer és folyamatok, a lehető legmagasabb szintű egészségnyereséget eredményezzék a beteg számára;
- könnyen (a központi alaprendszer változtatása nélkül, annak funkciói által támogatottan) bővíthető legyen új mérési eljárásokkal, vizsgálati és ápolási protokollokkal;
- mobilitást és minél nagyobb fokú szabadságot biztosítson a betegek számára az egyes orvosi eljárások alkalmazása során;
- rendelkezzen csatlakozási lehetőséggel a HEFOP 4.4-en belül megvalósult intézményközi információs rendszerhez;
- alkalmazható legyen preventív (állapot és életmód felmérés) és utógondozási célra is.

4. Az eProtokoll

Az egészségügyben alkalmazott eljárásokat az Egészségügyi Tudományos Tanács javaslatára, a szakmai kollégiumokkal egyetértésben az egészségügyi kormányzat hagyja jóvá. Ezeket szakmai útmutatónak nevezik (National guideline).

Ez nem írja le a kötelezően, vagy „erősen javallott” eljárást részletesen, hiszen az a konkrét infrastruktúrától, szakmai háttértől is függ. A protokoll „testre szabott” útmutató, amely adott intézetben érvényes, az intézet döntésétől függően. Nyilvánvalóan, a protokoll nem mondhat ellen a szakmai útmutatónak. A protokoll alkalmazásának szintjei a „kell (nincs alternatíva, minden körülmé-

nyek között elvégezendő)”, az „indokolt (bizonyos esetekben el lehet térni tőle)” és a „tanácsos (a beteg külön kérése esetén alkalmazandó)”.

A telemedicina alkalmazása legyen biztonságos az összes szereplő, így a beteg, orvos (egészségügyi szolgáltató) és műszaki támogató személyzet számára egyaránt. A gazdaságos és erőforrás-kímélő felhasználást, valamint a jogi és pénzügyi szabályozást szintén biztosítani kell. Az eProtokoll a hagyományos útmutató kiterjesztése, a telemedicina eszközeivel történő ellátásra.

Az orvos, egészségügyi szolgáltató számára jogi és pénzügyi kiszámíthatóságot, biztonságot jelent a szakmai felügyelet és a hatóságok által felügyelt, jóváhagyott eProtokollok megléte. Jogi védelmet is jelent, hiszen bármely későbbi törvényességi eljárás során elegendő a megtörtént, dokumentált eljárást az eProtokollal összevetni. Ugyanakkor pénzügyi biztonságot is ad, mivel abban az esetben, ha az egészségbiztosítás is finanszírozza az alkalmazott eljárást, jóval megalapozottabb beruházási és üzleti tervek készülhetnek. Fontos szempont, hogy az automatikus adatgyűjtés során rögzített adatok elemzése útján maguk az eProtokollok rendszeres felülvizsgálata és értékelése is jóval kezelhetőbbé válik, mint a hagyományos protokollok esetén.

Az eProtokoll része az adatkommunikáció meghatározása, így azt újra kell értékelni a továbbküldött adatok érvényessége és valósága szempontjából. Az érzékelők által a betegoldali interfészen keresztül továbbított, vagy más módon létrehozott input érvényességét ellenőrizni kell. Bármely hibás egyedi adat félrevezetheti az orvost a beteg állapotának megismerésében, vagy a műszaki támogatást nyújtó szakembereket a rendszer megbízhatóságának értékelésében. Ahogy a hagyományos eljárások esetén is, amelyek során léteznek ellenőrző eljárások valamely mérési adat elfogadhatóságának értékelésére, a telemedicina eljárások számára is be kell építeni a rendszerbe a nyilvánvalóan hamis adatok észlelésének technikáját. Ez lehet akár ismételt adatküldés is, párhuzamosan végezve az adatok konzisztenciájának vizsgálatát.

A betegoldali és orvos oldali eszközök kommunikációját szintén felügyelni kell, amely kérdésre ki kell térnie az eProtokoll készítőjének. Mivel különböző adat továbbítás, átmeneti tárolást is biztosító komponensek szintén a rendszer részei, a valóság ellenőrzése minden elemre vonatkozik, azaz biztosítani kell az orvost, hogy a betegtől valóban ezek az adatok érkeztek és arról is, hogy valóban a kérdéses betegtől érkeztek az adatok.

A telemedicina eljárásoknak saját ellenőrző folyamatokat, háttér és biztonsági rendszereiknek felügyeletét is magukba kell foglalniuk. A továbbított üzenetek és a tárolandó adatok leírásához egyedi adatok helyett adatgyűjteményeket kell definiálni. Az adatcsomagokat továbbítás előtt és után egyaránt validálni, ellenőrizni kell az érvényesség szempontjából. Digitális aláírás csatolása azonosíthatja a beteget, illetve az adatküldőt, hitelesítheti a kapott adatcsomag valóságát, azaz garantálhatja a kommunikáció sérülésmentességét. Szabályozni kell a telemedicina eljárásokat, ezáltal ellenőrizhető-

vé válik maga a folyamat, de egyúttal a szereplők is. A küldött és kapott adatok érvényességének és valóságának igazolása magas prioritást kap az eProtokoll készítése és felülvizsgálata során.

5. Az eHealth8 telemedicina architektúra

a) A telemedicina főbb szereplői és szerepeik

Beteg

- Az ellátás megrendelése az egészségügyi szolgáltatótól.
- Kapcsolattartás az ellátás többi szereplőjével (egészségügyi szolgáltató, közvetítő ügynök).

Egészségügyi szolgáltató

- A beteg kezelése, az ügynöktől kapott, a protokollszolgáltató által felügyelt telemedicina eszköz alkalmazásával.
- Eszközök és szolgáltatások megrendelés az ügynöktől.
- Orvosi szempontú kapcsolattartás a beteggel és az ügynökkel, riasztás esetén beavatkozás.
- Egyidejűleg több ilyen szereplő jelen lehet, a protokollszolgáltató felügyelete mellett.

Protokollszolgáltató

- A protokolltár és az aktív adatbázis felügyelete.
- Az eProtokollok alkalmazásának felügyelete.
- Egyedi szereplő.

Telemedicina szolgáltató

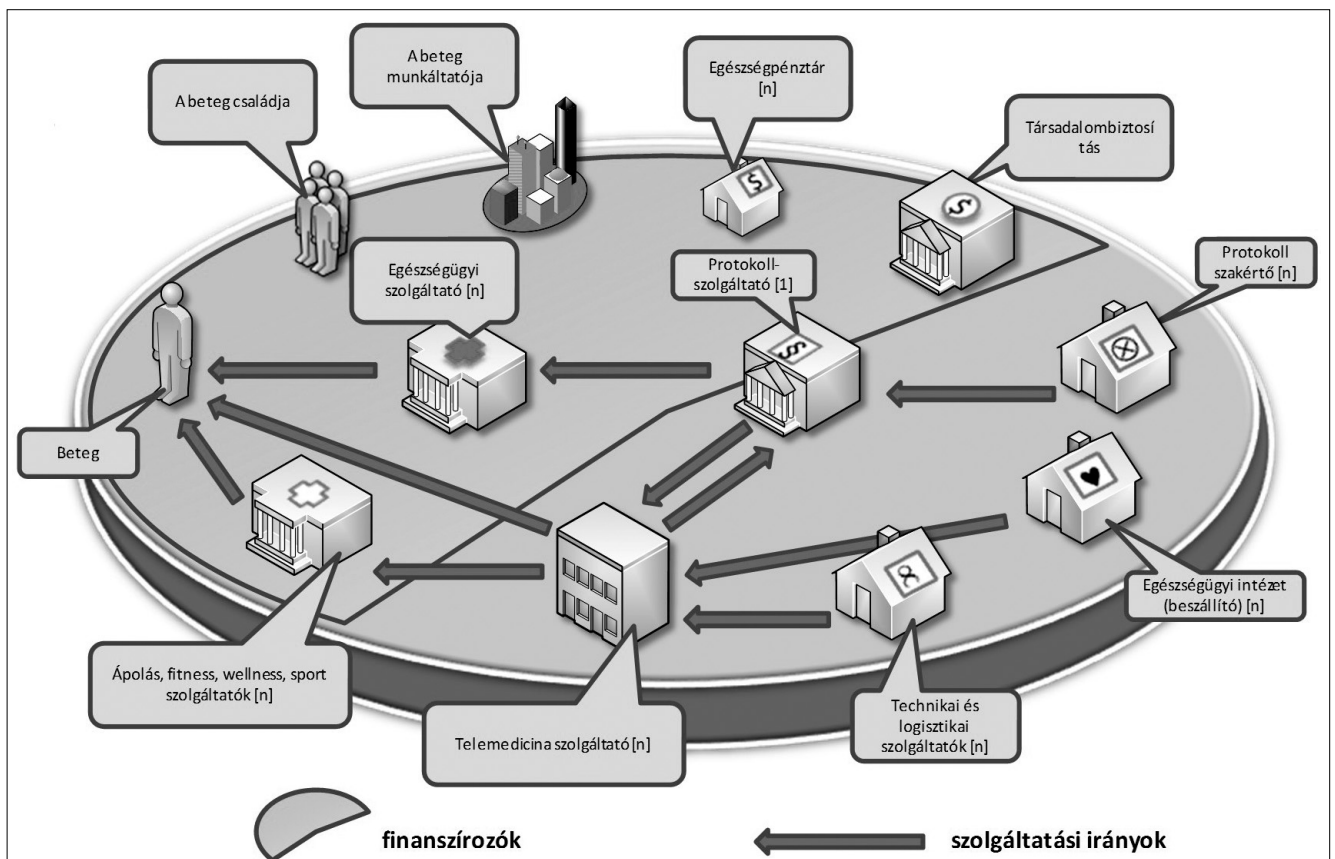
- Adatszolgáltatás biztosítása a beteg és az egészségügyi szolgáltató között az eProtokoll szerint.
- Átmeneti adattárolás és adatszolgáltatás az eProtokoll és a kommunikációs sémák szerint.
- Műszaki kiszolgálás és felügyelet a szereplők számára.
- Egyidejűleg több ilyen szereplő jelen lehet, a protokollszolgáltató felügyelete mellett.

b) A telemedicina architektúrája és kommunikációs sémája

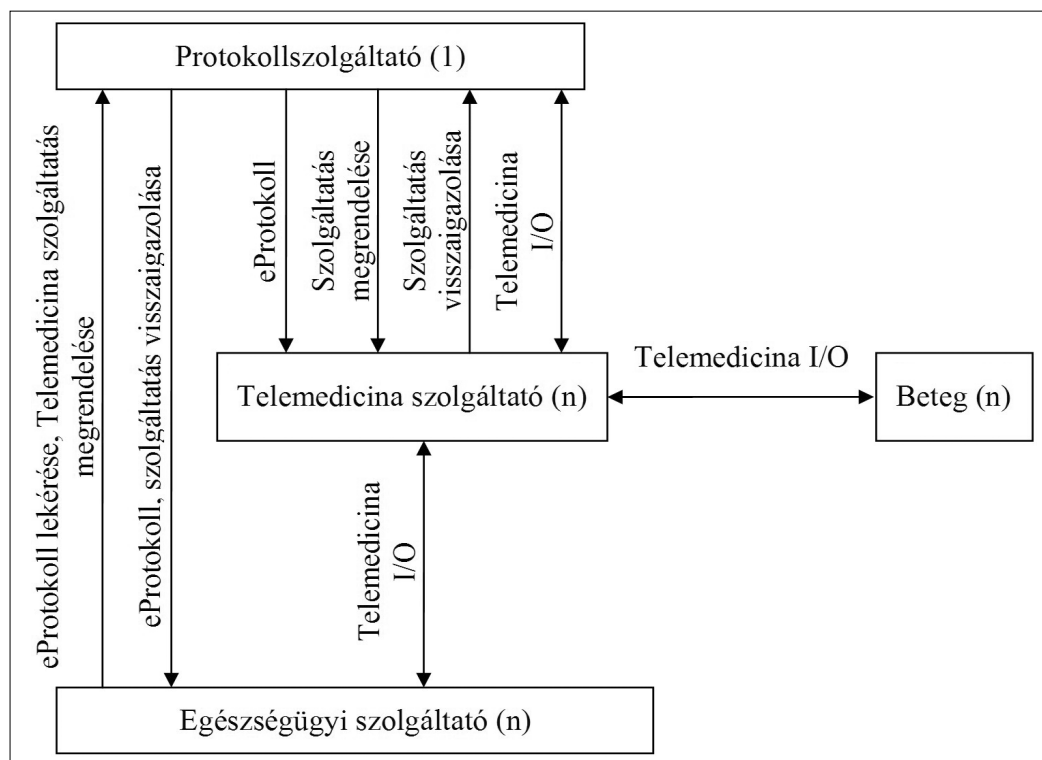
Az architektúra (1. ábra) tartalmazza a főbb szereplőket és szolgáltatási irányait. A protokollszolgáltató igénybe veszi a protokoll szakértő szakmai támogatását a protokollok értelmezéséhez, a felhasználás értékeléséhez és magának a protokollnak a karbantartásához. A telemedicina szolgáltató ugyancsak igénybe veszi az orvos-szakmai, egészségügyi beszállítói, valamint a technológiai és logisztikai szolgáltatói háttérrel. A beteg az ábra szerint legalább háromféle módon veheti igénybe a szolgáltatást: egészségügyi ellátás keretében, fitness, wellness, sport, illetve szabadidős tevékenység keretében, vagy önállóan, egészségfelügyelet, illetve egészségszolgáltatás céljából.

A 2. ábra a szűkebben értelmezett szereplők kommunikációját vázolja. A szolgáltatás létrejöttéhez, folyamatához és lezárásához szükséges adatcserék vázlatos ábrázolásával. A zárójelben lévő 1, illetve n folyamatban résztvevő szereplők számát jelzi, azaz 1 esetén csak egy

1. ábra A telemedicina architektúrája



2. ábra
A telemedicina
kommunikációs sémája



ilyen szereplő lehet a szolgáltatás nyújtása során, ugyanakkor n esetén több hasonló jellegű szereplő együttes jelenléte is feltételezhető.

c) A telemedicina-rendszer üzleti modellezési környezete

A projektnek célja egy olyan rendszer létrehozása, amely könnyen reprodukálható, a megszerzett tudás újrahasznosítása maximális határfokú. Ez a jelenlegi technológiai megoldások közül SOA (Service Oriented Architecture) alapelvek használatával tervezett és implementált BPMS rendszerrel valósítható meg. A szakmai és technikai protokollok BPMN (Business Process Modeling Notation) 1.2 szabvány szerint ábrázolt folyamatok, amelyek megfelelő BPMS (Business Process Modeling System) rendszerbe töltve és a szolgáltatásokat beépítve azonnal futó alkalmazássá alakíthatók.

Ezzel a módszerrel nem csak a fejlesztés ideje csökkent és a reprodukálhatóság egyszerűsödött le, hanem az orvosok számára is közvetlenül ellenőrizhetővé vált a futó program üzleti logikája.

A következő részben a végponti eszközök és az adatkommunikáció kerül ismertetésre.

A szerzőkről



DARAGÓ LÁSZLÓ 1984-ben szerzett fizikusi diplomát a KLTE-n, 2006-ban pedig PhD oklevelet a Debreceni Egyetem Matematika és Számítástudományok Doktori Iskolájában. A Semmelweis Egyetem Egészségügyi Informatikai Intézetének egyetemi docense. Kutatási területei: telemedicina, mesterséges intelligencia, információrendszerek tervezése, pixelizáció, DRG/HBCs.



ENGI CSABA 1995-ban szerzett villamosmérnöki diplomát a Budapesti Műszaki Egyetemen, majd 2008-ban MBA diplomát a Buckinghamshire New University-n (BUCKS). 1996 óta az Answare Kft. munkatársa. Pályafutása során infokommunikációs infrastruktúrák és rendszerek integrációjában, az integrációs tevékenység tervezésében, projektmegvalósításában szerzett tapasztalatot több alkalmazási területen: elektronikus üzenetkezelés, infrastruktúra-menedzsment, informatikai biztonság, egészségügyi informatika. Jelenleg az Answare Kft. pályázati tevékenységét koordinálja.

PESTI ISTVÁN 1991-ben szerzett diplomát a BME-n, 1992-2002 között MBA, 2006-2007-ben Bostonban MIT képzésben vett részt. Jelenleg a P-Invent Kft. ügyvezető igazgatója. Szakmai tapasztalatai között különböző projektek tervezése, koordinálása, menedzselése, pénzügyi lebonyolítása szerepel.



VASS DEZSŐ okleveles villamos üzem-mérnök, klinikai mérnök. Korábban a Miskolci Semmelweis Kórház és Rendelőintézet műszermérnökeként dolgozott. Jelenlegi munkahelye a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közalapítvány Logisztikai és Gyártástechnikai Intézete, ahol az Informatika osztály vezetője. Elsődleges kutatási területe a telemedicina, azon belül is a teleradiológia és a telemonitoring rendszerek fejlesztése.

Projektportfólió-menedzsment a Magyar Nemzeti Bankban

PAP GYULA

Magyar Nemzeti Bank
papgy@mnbb.hu

Kulcsszavak: MNB, döntéshozatal, portfólió-management, szabályok, erőforrás, prioritás, mérföldkő, időszaki jelentés, visszamérés

Mint minden informatikát intenzíven használó intézménynél, így az MNB-ben is párhuzamosan több projekt fut egy időben, aminek koordinálására a projektportfólió-menedzsment eszközrendszerét alkalmazzuk. A projektportfólió-kezelés módszertanaival kapcsolatos ajánlások, legjobb módszerek szerinti működtetés javaslataira építve alakítottuk ki belső szabályrendszerünket, amelyek átfogóan lefedik és működtetési kereteket szabnak a projekt portfólió kezelésére. Kiemelt fontossággal bír a projekt indítására vonatkozó előterjesztés, amely esettanulmányon és nem pénzügyi dimenziók mérőszám rendszerén alapul. A projekteknek formalizált dokumentálási és jelentési kötelezettségeknek kell eleget tenniük. Minden projekt végén értékelésre és visszamérésre kerül a projekt megvalósulása és az elvárt üzleti eredmény hatása. A következő írás a nem elméleti kérdéseket boncolgat, nem kíván tanácsot adni, vagy módszertant ajánlani, hanem bemutat egy működő projektportfólió-irányítási és -visszamérési keretrendszert.

1. A Magyar Nemzeti Bankról

A Magyar Nemzeti Bank (MNB) független intézmény, tagja a Központi Bankok Európai Rendszerének és így kiemelt szerepet játszik a magyar nemzetgazdaságban. Tevékenységének fő célja az árstabilitás megőrzése a monetáris politika eszközeivel és ezen túl ellátja a Jegybanktvörvényben nevesített többi alaptevékenységet. Ezek a feladatok egymástól eltérő jellegűek – csak példaként említve a pénzforgalom szabályozását, statisztikák készítését, bankjegy és érmekibocsátást, devizatartalék kezelését.

Mivel a Jegybank céljai és feladatai egyedülállóak a magyar nemzetgazdaságban, ezért nehéz lenne a működéséhez hasonló intézményeket találni. Leginkább úgy lehetne jellemezni, hogy egymástól „függetlenül” működő szervezetek egysége – mindegyikük meghatározott, egyedi célú feladatok ellátására –, amelyeket az általános vállalatirányítási eszközökkel szolgálunk ki. Ebből a sajátos helyzetből adódóan az MNB-ben az informatikai projektek kezelésének módszerei, szervezete és gyakorlata a Bank egyedi jellegéhez igazodik. Az MNB által kezelt adatok sértetlensége és bizalmassága miatt az informatikai fejlesztéseknél a biztonsági elvárások kiemelt figyelmet kapnak.

Természetesen az MNB-ben is megvannak a projektekre és a projektek vezetésére vonatkozó általános érvényű és helyi specifikus szabályok. Mielőtt az MNB projektportfólió-kezelési eljárásaiba belemerülnénk, néhány fontos, a működési szabályrendszerre és annak gyakorlati alkalmazására ható specifikus tényezőt is figyelembe kell vennünk.

Az MNB informatikai eszközállományát, költségvetését és a külső/belső felhasználók számát figyelembe véve a nagyvállalati kategória alsó szegmensébe pozí-

cionálható. A feldolgozott és tárolt adatok mennyisége – elsősorban az elemzési célú igények miatt – megfelel a nagyvállalati felső kategóriára jellemzőeknek.

Az informatikai szolgáltatások a klasszikus szerepeknek megfelelően szerint működnek: az MNB IT infrastruktúrájának, alkalmazásainak üzemeltetése, a belső és külső felhasználók informálása és támogatása a klasszikus HelpDesk módszerekkel, valamint a banki szakterületek informatikai fejlesztési igényeinek megvalósítása. A fejlesztések programozási feladatai kiszervezésre kerültek, azaz klasszikus értelemben vett programozás nem folyik az MNB-n belül.

Ebből a szervezeti struktúrából adódik, hogy igény van több és párhuzamosan futó projekt végrehajtására. A kihívás pedig az, hogy a kitűzött célokat a korlátozott belső erőforrások hatékony felhasználásával oldjuk meg a projektvezetésre vonatkozó előírások szerint. Ennek érdekében a projektek újszerű működtetését, a feladatok és felelősségek elhatárolását célul kitűzve a 2008-as évben átalakult az informatika szervezete és a fejlesztések folyamata. Kialakultak a szabályzatok, a belső előírások rendje, a kötelező dokumentumok formái és a jelentési, visszamérési rendszer. Ezeket a projektek létrehozását, nyomon követését és visszamérését intézményi szinten szabályozó utasítások is hivatkozzák.

Lássuk ezek után a működő valóságot!

2. A döntéshozatal

Talán érdekesnek tűnik, hogy egy nem profitorientált intézmény a projektek létrehozásáról a privát szférában megszokott módon, azaz üzleti esettanulmány alapján hoz döntést. Persze itt a bevételi oldalt nem lehet számba venni, viszont a potenciális munkamegtakarítást és

az olcsóbb – de hangsúlyozzuk; megfelelő szintű – szolgáltatást igen. Az üzleti esettanulmány része a nem pénzügyi dimenziókra vonatkozó, például stratégiai-, megfelelőségi és kockázatkezelési súlyozott mérőszám rendszer. Egy projekt elfogadására vonatkozó döntés megszülethet a pénzügyi mutatók (a projekt megtérül) vagy a nem pénzügyi dimenziók (magas összpontszám) alapján.

A döntés után a projekt bekerül az elvégzendő feladatokat listájába és prioritását figyelembe véve megkezdődik a projekt munka.

3. Így kellene csinálni...

Nézzük meg, mit mond a szakirodalom a projektportfólió-menedzsment funkcióról, a vállalati működésben elfoglalt helyéről!

A projektek – mint általában minden nagyobb szervezetben – párhuzamosan futnak és ezek mindegyike közös emberi, pénzügyi, eszköz- és menedzsment-erőforrásokra támaszkodik. Ezek konfliktusokat, ütközéseket jelentenek a projektek között. A konfliktusok feloldására a feladatok összetettségéből adódóan egymásra épülő és együttműködő menedzsmentszintek kerültek kialakításra. A klasszikus projektportfólió eszközrendszerét az 1. ábra mutatja. A folyton változó projektportfólió részeit, az egyes projektek lefolyását támogatja az az állandó eszköztár, amelynek fizikai elemein túl a meglévő erőforrások és a felhalmozott tudás alapján kialakított szabályok is az elemei.

A folyamatok a projektekre vonatkozó szervezeti belüli módszerek, szabályzatok, munkamegosztási leírások összessége. Ezek képezik a projektportfólió-kezelés és a projekt mérföldkövek ellenőrzéseinek alapját.

A technológia szolgáltatja a projektek végrehajtásához szükséges infrastruktúrát, beleértve a projektportfólió kezelésére vonatkozó eszközöket is.

A humán erőforrások rendelkezésre állásának biztosítása magában foglalja a projektekben résztvevő emberi erőforrások allokálását, motiválását és ütköző erőforrás-igény esetén azok prioritás szerinti rendelkezésre bocsátását.

És mindezeket összefogja az a szervezet, amelyben a projekteket végre kell hajtani.

A projektportfólió-menedzsment a legmagasabb irányítási és koordinálási szint. A szervezeten belüli projektek, programok kiválasztá-

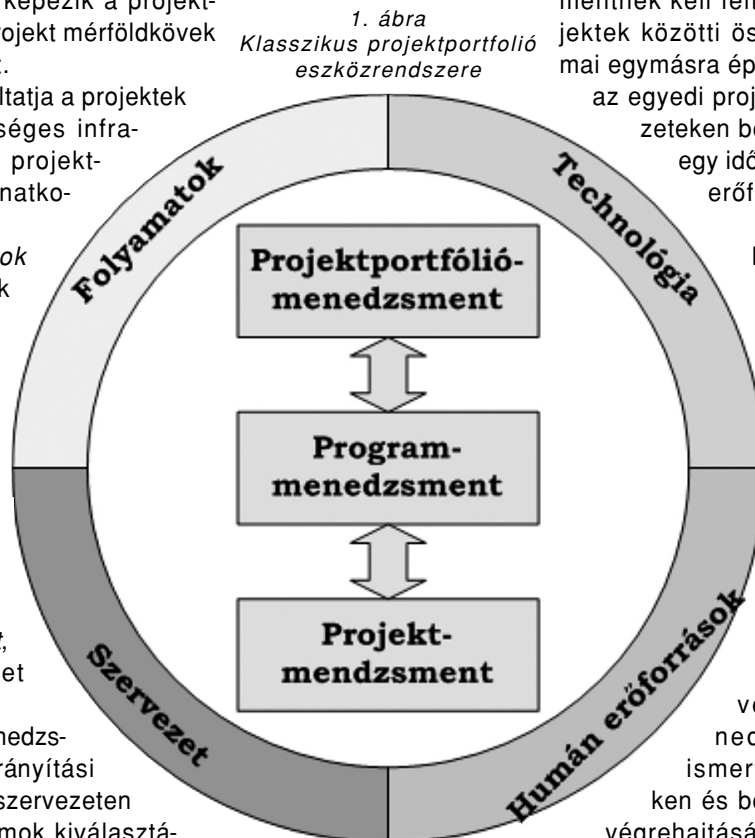
sát, indítását és azok prioritizálását hozza összhangba a szervezet stratégiai céljaival. Az egyes projektek önállóan mérik saját előrehaladásukat és ezeket az információkat a projektportfólió-menedzsment számára továbbítják. A projektekre vonatkozó adatok és jelentések összefogásáért általában egy Projektiroda felelős. Az operatív irányításhoz és felügyelethez heti, a magasabb döntési szintekhez havi és negyedéves riportok készülnek. A jelentések egységes szerkezetűek, könnyen áttekinthetőek.

A projektek rendszeres beszámoltatása mellett a projektet jóváhagyó döntési szint a projekt lezárását követően kétfajta visszamérést végez. Közvetlenül a projekt lezárását követően kerül sor a klasszikus értékelésre, amely a projektcélok teljesülését vizsgálja.

Ezek a visszamérések a projekt közvetlen szakmai célján és ráfordítási keretein túl a projekt alapító dokumentumában megfogalmazott és elvárt sikertényezőket teljesülését, valamint az előzetesen várható kockázatok sikeres kezelését, vagy azok elkerülésére tett lépéseket értékelik. A projekt lezárását követően 6-18 hónap múlva értékelhetőek a projektnek az igénylő szakterületi célokra gyakorolt hatásai, az intézményi vagy a szakterületi stratégia megvalósításában játszott szerepe, létrejött-e a termék az elvárt minőségben és ráfordításokkal, az teljesíti-e vele szemben megfogalmazott elvárásokat (elértük-e azt az üzleti célt, amire eredetileg létrehoztuk a projektet)?

A programok egy szakmai terület rendszerszintű igényeinek megvalósítására szolgálnak, azok köré szerveződnek. A programokat úgy is felfoghatjuk, mint az adott szakterület mini projekt-portfólióját. A programmenedzsmentnek kell feltárnia a szakterületi projektek közötti összefüggéseket és szakmai egymásra épüléseket. A célja az, hogy az egyedi projektben résztvevő szervezeteken belül megszüntesse a több egy időben futó projektből adódó erőforrásigény ütközéseket.

Megjegyezzük, hogy az MNB esetében az erőforrás-korlátok elsősorban szakterületeken jelentkeznek, mivel a speciális jegybank-szakmai ismeretek külső támogatóktól, tanácsadóktól sem szerezhetőek meg. A programmenedzsment feladatait az MNB bizottsági szinten kezeli valamennyi érintett szakmai és az informatikai terület részvételével, a projektmenedzsment szint pedig a jól ismert, klasszikus módszereken és belső szabályokon alapuló végrehajtásáért felel.



4. Az MNB gyakorlata

Az MNB-ben futó informatikai projektek végrehajtásának szervezeti kereteit a 2. ábra szemlélteti.

A projektmenedzsment feladatait osztályszintű szerveződésben látjuk el. Ez a szervezeti megoldás hasonlatos az informatikai fejlesztésekre szakosodott cégek gyakorlatához. A bankszakmai területekkel kapcsolatban álló, a helyi sajátosságokat jól ismerő ügyfélmenedzserek kezelik az igényfelmérés és projekt-előkészítés feladatokat, míg a projektvezetők a jóváhagyott feladatok megvalósítását irányítják.

A Projektiroda kiemelt szereppel bír. Mint azt már az előzőekben is érintettem, az MNB projektportfólió-kezeléséhez szükséges támogatást, a döntések meghozatalához szükséges információkat ez a szervezet szolgáltatja.

Nézzük, melyek ezek a szolgáltatások.

Minden szervezeten végrehajtandó projekt alapja az adott intézményre jellemző, ámde a legjobb példát is figyelembe vevő kereteket megszabó és a működés folyamatait kezelő szabályzat, előírás, amely minden belső és külső résztvevőre nézve betartandó. Ez a szabályrendszer foglalja magába a projektek végrehajtására vonatkozó szervezeti, felelősség-elhatárolási, feladatmegosztási, dokumentálási és kommunikációs rendet. Kiemelendő és a gyakorlatunkban elvárt rend a projektek egységes formátumú dokumentálása, amelyek kész sablonokra épülnek.

A rendszeres időszaki jelentések, amelyek nem kapcsolódnak a meghatározott mérföldkövek teljesítéséhez, az adott projekt műszaki készültségének változását jelzik. A projektek haladását legjobban a mérföldkövek teljesítésével mérhetjük. A mérföldkövenkénti beszámoló alapján összeállítható a projektportfólió aktuális készültségi állapota. Ezeknek a beszámolóknak a teljesítés tényének megállapításán túl részletesen ki kell térniük az adott projekt aktuális szakaszában teljesített részeredményekre és ezek alapján az alapító dokumentumban megfogalmazott kockázatok változására is.

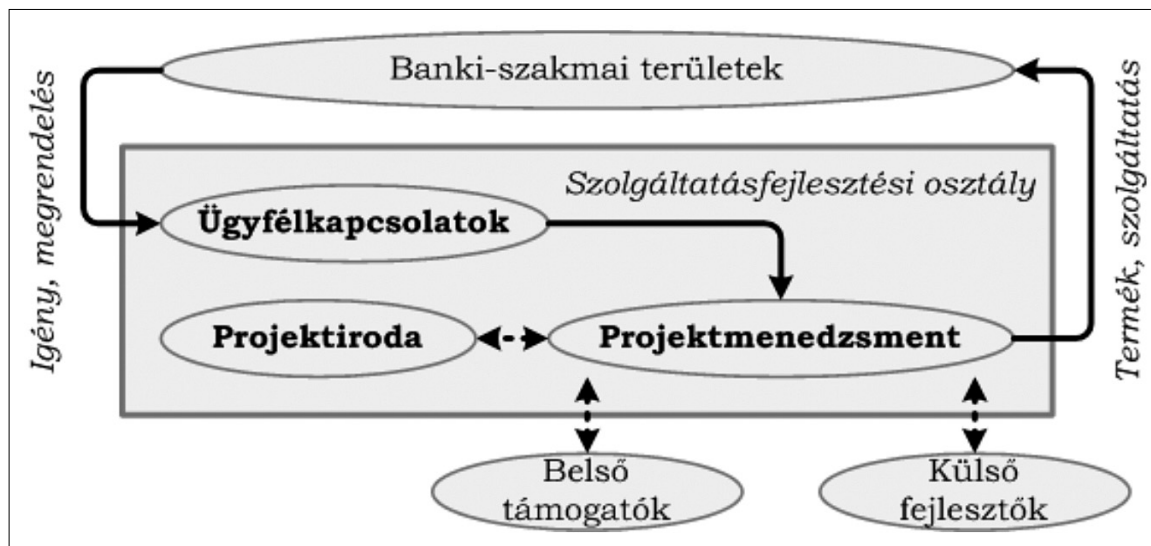
A rendszeres időszaki és a mérföldköv-teljesítési jelentésekből áll össze a portfólió „egészségi” állapotát bemutató dashboard felület. Ennek a grafikus megjelenésű és teljesítési százalékokkal bemutatott vezetői információknak birtokában születnek meg azok a döntések, amelyek az egyes portfólióelemek további sorsával kapcsolatosak. Erre alapozva hozhatóak meg azok az operatív döntések, amelyek a prioritások és a rendelkezésre álló erőforrások figyelembe vételével születnek az egyes portfólióelemekre vonatkozóan.

Nyilvánvaló, hogy a portfólió kezelése stratégiai feladat, azok felsővezetői szinten kerülnek meghozatalra. A meghozott döntések az adott pillanatban helyénvalóak, de lehet, hogy a következő alkalommal, vagy még előbb is gyökeresen másfajta döntést kell meghozni. És éppen ezért szükségesek a portfólió kezelését a lehető legnaprakészebben segítő nyilvántartások.

Ezen stratégiai szempontok mellett ott vannak az egyes projektek is, amelyek követésére, az eredmények visszamérésére is standard módszereket alkalmazunk. A hagyományos vezetői információs felületről – dashboard – már esett szó.

Teljesen más módszertanon alapul az egyedi projekt eredményeinek visszamérése. Mint korábban említettem, ez két fajta visszamérés, az egyik a projektet méri vissza, míg a másik a szakmai igény teljesülését és annak jogosságát.

Nézzük ezeket kicsit részletesebben, elsőként a projektzárást. Az nem kérdéses, hogy a projekt valamilyen módon, befejeződik, azaz a projekt lezárásra kerül. Ebben a fázisban mind mennyiségi, mind minőségi szempontból értékelhető a projekt végrehajtása, hangsúlyozzuk, a végrehajtása és nem az eredménye, vagy hatása. A projektvezetés elkészíti a záró dokumentumot és számot ad a projekt eredményeiről. Nyilvánvaló hogy a cél elérése és a ráfordítások értékelése alapvető kellei ennek a dokumentumnak, de az MNB projektekre vonatkozó szabályozása megkívánja a projekt egyéb jellemzőinek bemutatását is, amelyeket a projekt alapító dokumentumban is szerepeltetni kell. Ezek a sikertényezők és a kockázati mátrix.



2. ábra
Az MNB
informatikai
projektjeinek
szervezeti
keretei

A sikertényezők tartalmaznak minden olyan kritériumot, amelyeknek a nagy vonalakban megfogalmazott cél elérése esetén teljesülniük kell. A sikertényezők meghatározott részelt tartalmaznak, azokhoz tartozó jelen helyzetet és az elvárt új eredményt, valamint lehetőleg számszerűsített formában a teljesítéshez elvárt mérőszámot. Ilyen tételek például az új folyamatok elérése, a munkaidő megtakarítás, az elmaradó eszközpótló beruházás stb. Ezeket a sikerkritériumokat értékelni kell és az értékelés eredménye határozza meg a projekt elvárt eredményhez képesti teljesülését.

A másik visszamérési követelmény a kockázati mátrixban foglaltak elkerülése, vagy kezelése. A kockázati mátrix tartalmazza a várható eseményeket, azok valószínűségét és hatását. A mérőföldkő jelentésekben minden esetben értékelni kell a mátrix mutatószámainak változását. A projekt zárásakor pedig a sikertényezők-höz hasonlóan be kell mutatni a kockázatok elkerülésére tett intézkedéseket és azok hatását. A projektlezáró dokumentum további tartalmi elvárása, hogy szerepeljenek benne a tanulságok, következtetések. Ezek bekerülnek a projektmenedzsment-tudástárba és hasonló jellegű projekt során számos buktató elkerülhető. Emellett még a belső erőforrás-ráfordítást is forintosított formában kell bemutatni, a későbbi, kontrolling szemléletű projektelszámoláshoz.

A projekt befejezése után a projekt üzletmenetre gyakorolt hatásának függvényében 12-18 hónapos idővel a projekt eredményének visszamérése történik. Ez a visszamérés csak részben tartalmazza – inkább csak átfogóan mutatja – a projektzárás értékelését, annál inkább a projekt jóváhagyását eldöntő üzleti esettanulmány és a stratégiai mutatók alapján kontrolling szemléletben értékeli a projekt hatását. Ekkor nem az informatikának, hanem a megrendelő szakterületnek kell számot adnia az elvárások teljesüléséről mind a mérhető, mind a nem mérhető dimenziókban. Ez a visszamérés tartalmazza még a projekt költségeinek szakterületre vetített költségét, azaz tükröt tart az igény megalapozottsága elé.

A fentiekben bemutatott projekt jóváhagyási, nyomon követési és elszámolási módszer tudatában a banki területek ténylegesen értékelni tudják a tervezés időszakában még csak „homályos” elképzeléseik sikerét.

5. Következtetések, tapasztalatok

A projekt indítási, beruházási döntései megalapozottak, üzleti esettanulmányon és stratégiai mutatószámokra épül. A projektindítás előkészítése ezzel a módszerrel már a szakterületi igény megfogalmazásával kezdődik, elég alapos és a döntéshez szükséges lényeges információk összegyűjtésén, elemzésén alapszik.

A projektekről szóló időszakos és mérőföldkő-jelentések kielégítő információval szolgálnak a projektportfólió együttes kezeléséhez. A szükséges elemi és stratégiai döntések meghozatala így nem személyes ambíciókon, vagy vélelmezés alapján történik, hanem tényszerű és releváns információk értékelése után.

A kétszintű visszamérési módszer transzparens módon segít értékelni az elért eredményeket. A visszamérési jelentésekben szereplő tényeknek, tapasztalatoknak és következtetéseknek birtokában a jövőbeli projektek buktatói, kockázatai könnyebben kezelhetők.

A szerzőről



PAP GYULA felsőfokú informatikai tanulmányainak elvégzése után három évig klíma-automatika tervezőként dolgozott, nagy kórházi légtechnikai rendszerek vezérlését tervezve. Ezután tért vissza szakmájához, és OTP Banknál különböző beosztásokban a bank informatikai szolgáltatásainak összehangolt működtetéséért, fejlesztéséért volt felelős. Ez idő alatt számos nagy projekt irányítója, résztvevője volt. A Bank regionális terjeszkedése során a leányvállalatok informatikájáért és az anyabank rendszereinek lokális bevezetéséért volt felelős. Jelenleg a Magyar Nemzeti Bank informatikai területét vezeti. Feladatai közé tartozik a banki informatikai alkalmazások és az infrastruktúra üzemeltetésének, az alkalmazói fejlesztési igények, valamint az ezekhez kapcsolódó gazdálkodási feladatok irányítása.

Pályázati lehetőségek

Mint minden más szakterületen, a távközléshez kapcsolódó kutatási területeken tevékenykedő csoportok működésében is jelentős szerepe van a pályázatokon alapuló támogatásoknak. Rovatunkkal a pályázati lehetőségekről szeretnénk hírt adni.

A nyár elején megkezdett szakpolitikai felülvizsgálatok miatt számos forrást – remélhetőleg csak ideiglenesen – befagyasztottak. Ez elsősorban az NKTH által kiírt pályázatokat érinti. A felfüggesztett konstrukciók az alábbi listánkban nem szerepelnek.

- folyamatos beadással,
Nemzetközi együttműködésben végzett
alapkutatások támogatása, OTKA
http://www.otka.hu/index.php?akt_menu=3536#top
illetve
ezek kiegészítő támogatása, OTKA
http://www.otka.hu/index.php?akt_menu=3534#top
- folyamatosan és szakaszosan,
Ausztria –
oktatói, kutatói és doktoranduszi ösztöndíjak,
illetve projektpályázatok, OMAA,
<http://www.oma.hu/>
- folyamatos, beadással,
Publikációs pályázatok, (C típus csak 09.15-ig!), OTKA,
http://www.otka.hu/index.php?akt_menu=3531
- folyamatos beadással,
Franciaország, kutatói ösztöndíj, MÖB,
<http://www.scholarship.hu/%C3%81lamk%C3%B6zi%C3%B6szt%C3%B6nd%C3%ADjakl/tabid/72/language/hu-HU/Default.aspx>
- 2010.10.12.
Diákok a tudományért, Pro Renovanda Cultura,
<http://www.prof.iif.hu/prc/>
- 2010.10.25.
GOP-2010-1.3.1/A és B,
Vállalati innováció és Akkreditált klaszterek
vállalati innovációjának támogatása, NFÜ,
<http://www.nfu.hu/content/5669>
- 2010.11.01.
Sciex-NMS (magyar-svájci) Csereprogram, MÖB,
<http://www.scholarship.hu/P%C3%81LY%C3%81ZATOK/Aktu%C3%A1lisP%C3%A1ly%C3%A1zatok/tabid/68/language/hu-HU/Default.aspx>
- 2010.11.15.
GOP-2010-1.1.1.
Piacorientált kutatás-fejlesztési tevékenység
támogatása, NFÜ,
<http://www.nfu.hu/content/5669>
- 2010.11.30.
CEEPUS freemover
hallgatói és oktatói mobilitások, TEMPUS,
http://www.tpf.hu/pages/content/index.php?page_id=905
- 2010.12.31.
GOP-2009-1.2.2.
Innovációs és technológiai parkok támogatása, NFÜ,
<http://www.nfu.hu/content/3313>
- K* 2011.01.31.
GOP-2010-1.3.1/A és B,
Vállalati innováció és Akkreditált klaszterek
vállalati innovációjának támogatása, NFÜ,
<http://www.nfu.hu/content/5669>
- 2011.02.28.
GOP-2010-1.5.1.
Projekt előkészítés az ESFRI
(European Strategy Forum on Research Infrastructures)
projektekhez, NFÜ,
<http://www.nfu.hu/content/5224>
- 2011.02.28.
GOP-2010-1.1.1.
Piacorientált kutatás-fejlesztési tevékenység
támogatása, NFÜ,
<http://www.nfu.hu/content/5669>

Összeállította: Zsóka Zoltán

Szobormániám csúcspontja A pécsi Simonyi Károly-szobor avatásán

HORVÁTH LÁSZLÓ

lacibacsi@puskas.hu

Dr. Horváth László a Puskás Tivadar Távközlési Technikum igazgatójának ünnepi beszéde, melyet Simonyi Károly szobrának felavatása alkalmával a pécsi Simonyi Károly Szakközépiskola aulájában mondott el 2010. május 14-én.
(Rövidített és szerkesztett változat.)

A pécsi Simonyi Károly Szakközépiskola



Tisztelt Ünneplő Sokadalom!

Én, ahhoz a szerencsés generációhoz tartozom, akit még tanított Simonyi Károly professzor úr villamosság-tanra, elméleti villamosság-tanra és elektronfizikára is, majd már ifjú tanársegédként az ELTE-n az elsők között csomagolópapírról multimédiásan hallhattam, láthattam „A fizika kultúrtörténetét”. Három egyhangú jegy díszíti az indexemet Simonyi-aláírással.

Könnyű volt akkor nekem, hiszen a Puskás Technikumban Buczás tanár úr – az elektrotechnika tanárom – is Simonyi tanítvány volt. Nála a komplex impedanciák szépségei napi rutinként kerültek a táblára. A jobb felső sarokba felírta a Kirchhoff-egyenleteket és mindent abból vezetett le. Jóformán egyetlen összefüggést nem kellett tudni, csak levezetni. *(És ez máig is megmaradt bennem.)*

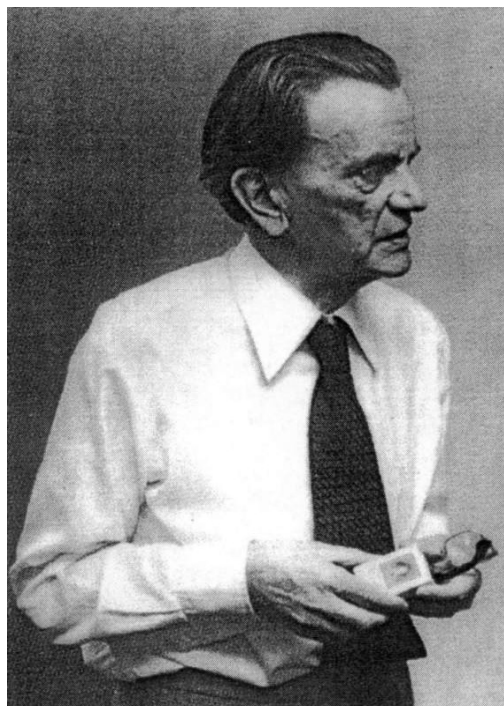
Az egyetemen a „villanytan” órák meg úgy kezdődtek, hogy a Professzor úr a jobb felső sarokba felírta a Maxwell-egyenleteket és azokból kihozott bármit, vagyis mindent. Azóta sokféle „tanfolyamra” jártam, melyeknek végeredménye egy-egy kemény kötésű füzetcske lett: „Diploma” felirattal. És azóta megtanították, hogy a pedagógiában – latinosan – ez a deduktívnek nevezett módszer, az angolszászok pedig top-down-nak hívják ugyanezt. *(De ennyi év után már bátran állíthatom, hogy nem az elnevezésben van a módszer lényege, hanem az előadó személyiségében. Egyéniségének varázsában.)*

Nekem egy-egy másod-, harmadrendű differenciált egyenlet megoldása egyszerű lineáris algebrai rutinfeladat maradt, hiszen Simonyi Károlytól tanultam a Laplace-transzformációt. Egyik órán bejött a Professzor

úr és 90 perc múlva mi 182-en, vagyis a teljes évfolyam a „p” síkon csücsültünk. Számításaink eredményét pedig onnan, a Parnaszszusról lenézve a valóság „t” síkján próbáltuk értelmezni. Próbáltuk?... Ez így félreérthető: értelmeztük!

Akkoriban is voltak órák, amire nem jártunk be, és nem csak a PG volt ilyen. *(A junioroknak: A PG a Politikai Gazdaságtan rövidítése, amely az első szigorlati tárgy volt.)*

A hasonló című Elektronfizika előadásra, Simonyi professzor úr órájára minden alkalommal megteltek az előadók, és nem azért mert sikk volt bejárni, hanem mert érdemes volt. Az előadásból mindenki számára, hangsúlyozom a leggyengébb képességűek számára is egyszerűvé, érthetővé vált a felvetett probléma. Már csak otthon meg kellett tanulni, és már csak a gyakorlaton be kellett sulykolni. Mindezt a Professzor úr oly könnyed, magával ragadó stílusban adta elő, hogy a gyengék megvilágosítása mellett a jók sem unatkoztak, sőt ők is élvezték.



Simonyi Károly

Hogy mit? Csak saját emlékeimre tudok hagyatkozni: a módszer, a magyarázat, az egész megkomponálása, a fantasztikus biztonság... Az előadásnak stílusa és mondanivalója volt. Nemcsak nekem, hanem a több ezer villamosmérnök hallgatónak felemelő, egy életre szóló élményt nyújtott.

Egy szál fehér kréta és a Professzor úr a szavaival, ábráival frontálisan a diákokat agyukban, józan paraszti eszükben differenciált elemi csoportokra bontotta, majd az összes virtuális csoport minden tagját képes volt a megvilágosodás pillanatnyi mezejére varázsolni. Az órák végén minden hallgató lényegében mindent értett. Utána a kollokvium osztályzata már csak a megtanulás mértékétől függött. A zsenik csoportjának ennyi is elég volt a jeleshez, a többieknek sokszor vérrel és verítéssel kellett begyakorolni a rutinfeladatokat az elégségesért.



Horváth László a pécsi szoboravatáson

Ezidáig egy Pécssett megrendezésre kerülő sikeres országos szakmai megmérettetés, a „Simonyi Károly Elektrotechnikai Verseny” kapcsán találkoztunk itt májusonként...

Talán két éve határoztuk el néhányan, hogy ez a 20. alkalom legyen méltóbb a névadó Professzor úr emlékéhez. A sok szellemi emléket tetézzük valami kézzel foghatóval! Ha jól sejtem valami ilyesmi van a lepel alatt. De mielőtt az arra felszenteltek lerántanák azt, egy valamással tartozom Önöknek: Én is egy verseny, egy villamosságtan verseny kapcsán állhatok itt most a pódiumon. Másodéves villamosmérnök hallgató koromban harmadik lettem a híradástechnika szakosoknak kiírt létraversenyen és a bronzéremmel jogot szereztem arra, hogy a villamosságtan szigorlatot Simonyi Károly professzor úrnál tegyem le. Ez jelesre sikeredett... és valahogy ezután már nem illett ennél rosszabbra vizsgáznom (vagy a vizsgáztató tanársegéd urak nem akartak rosszabb jegyeket adni?!). Nem tudom! De a lényeg, hogy akkor, ott kiegyenesedett a karrierem addig sem görbe íve: kitüntetéses diploma, egyetemi tanársegédi, adjunktusi, majd középiskolai igazgatói állás következett.

Így aztán immár 18 éve bitorolhatom érettségimet, technikus oklevelemet kiállító anyaiskolám szögekkel kiveret, akácfa tüskékkel övezett igazgatói trónusát és

élhetek addig még előttem is látens hobbinak, a szoborállításnak. 18 év alatt ez lesz a 16. általam (*na jó, a Puskás Tivadar Távközlési Technikum segítségével*) felállított köztéri szobor.

Az én hitvallásom minden egyes általunk megformázott személyiség ars poetikájához nagyon közel áll. Legyen az névadónk, a világfi-feltaláló Puskás Tivadar, az első rádiómérnök-tanár Magyar Endre, vagy a fizikatanár Vermes Miklós, az egyik legnagyobb magyar tudós Neumann János, vagy a Nobel-díjas postamérnök Békésy György, akár a XX. század legnagyobb magyar valóság és közoktatás minisztere, Klebelsberg Kuno...

Ugye ezek után már nem kell elmagyaráznom Önöknek, hogy itt, a lepel alatt lapuló Simonyi Károlyt ábrázoló portré szobormániám csúcspontja. Végre egy olyan személyiségnek segítek az örökkévalóság földi-fizikai megőrzésében, akinek szellemi örökségét már a csillagok is őrzik. Végre annak állíthatunk szobrot, aki mindannyiunk szellemi atyja, emberi példaképe, tudományos karrierjének elindítója.

A Professzor úrtól megtanult Maxwell-egyenletek után még tanultam sok jót és sok butaságot. Az egyik ilyen volt a Maslow-piramis. Az élet kiteljesedése, az önmegvalósítás kicsúcsosodása. Most úgy érzem, hogy elérkeztem saját szobormániám maslow-i csúcsára: Simonyi Károly szobrán túl nincs tovább! Nincs értelme több szobrot állítatnom! Nem is állítok már többet!

(...Pontosabban, már csak kettőt. Egy Simonyit a BME-n és egyet első tanszéke tiszteletére Sopronban. Utóbbit öt éve ígértem meg és hat év múlva, a 100. évfordulón lesz aktuális.)

Várom a csatlakozókat!

Köszönöm, hogy meghallgattak!

A mi családuk regénye, avagy egy iskola rendhagyó évnyitója

HORVÁTH LÁSZLÓ

lacibacsi@puskas.hu

Az 1900-as évek elején Kolossváry Endre postai műszaki főigazgatóban – a továbbiakban: Atyánkban – megfogant a gondolat: Önálló oktatási koncepciót kell létrehozni, mert az állami képzés sem tartalmában, sem színvonalában nem felel meg a már európai posta igényeinek. A licitet a Magyar Királyi Posta – a továbbiakban: Édesanyánk – elfogadta és elsőként 1906-ban megszületett a hathónapos, bentlakásos műszerészátképző tanfolyam, amely 30 fővel – a továbbiakban: Nővérekünkkel – a Gyáli úti Posta Központi Anyagszertárának második emeletén tréningeztek.

Mivel az új tudással felruházott, kisminkelt, felvarrott ráncú Nővérekünk után igencsak kapkodtak Édesanyánk összes cégén belül és kívül is, Atyánkban új gondolat fogant: saját iskolát kell építeni! Édesanyánk is nyitott volt az elképzelésre és hat éves vajúdás után, 1912. október 24-én világra hozta második gyermekét – a továbbiakban: Minket – a Posta Műszerész Tanonciskolát. Hányatott XX. századot kellett megélnünk. A két világháborút megtetézve a '29-es gazdasági világválságot is túléltek, és amikor a II. világháború sebeit betapasztva végre belaktuk a II. emeletet, jött az államosítás. Elragadtak szüleinktől és 1950-től a Munkaerő-Tartalékok Hivatala lett nevelőnk, vagyis Mostohánk.

Mostohánkra – a népmesei motívumokkal ellentétben – semmi rosszat nem mondhatunk, érettségi vizsgáztatási és technikusképesítési joggal stafírozott ki bennünket, majd így felértékelve visszaadott Édesanyánknak, az immár szocialista Postának, aki nagy-nagy szeretettel ölelt ismét kebelére és mindent megtett a megfelelő frigyünkért. 1953-ban jött el a nagy nap: kiházásítottak bennünket és felvettük Puskás Tivadarnak, a telefonközpont gondolatkiötlőjének és az új média, a műsorszórás első megvalósítójának; a telefonhírmondó feltalálójának nevét. A névadás a lehető legautentikusabbra sikeredett, hiszen átviteltechnikát, távbeszélőtechnikát és rádiótechnikát tanítottunk, mely tárgyakkal lefedtük névadónk teljes feltalálói palettáját. (Az már csak a XX. század utolsó évtizedének híre, hogy a távírótechnika oktatásával az iskola 60-80 évvel megelőzve korát, aktív részese lett a non-voice szolgáltatások kialakításának, melyből először az adatátviteli hálózatok, majd maga az Internet fejlődött ki.)

A mézeshetek egészen 1962. szeptember 1-jéig tartottak. Ekkor avatkozott be ismét az állam az Iskola, pontosabban a Technikum, egészen pontosan Magyaror-

szág legjobban prosperáló technikumainak az életébe. Egy kormányrendelettel létrehozták a Puskás, a Kandó, a Bánki, az Ybl „második emeletén” a felsőfokú technikumokat. Fokozatosan kiszorítva ezzel a technikusképzést saját tantermeikből, saját laboratóriumaikból, elcsábítva, főiskolai tanári besorolással kecsegtetve a legjobb elméleti és gyakorlati oktatókat.

A tízszeres túljelentkezés, vagyis a színvonal indikátora, a népszerűség indexe néhány év alatt felére, majd negyedére csökkent. A tananyag, a követelmények központosodtak és 1970-ben bekövetkezett a második államosítás. A Mezei Gyula által fémjelezett Fővárosi Tanács VB. Oktatási Főosztály minden budapesti technikumot, így a Puskást is elszakította édesszüleitől és erőszakkal maga alá gyűrte. Kifutólag megszüntette a technikusképzést és 1974 után már csak „érettségizett portalanító szakmunkások” kerültek ki az alma mater falai közül.

A Fővárosi Tanács VB. – mint népmesei figura – gonosz Mostoha volt. Voltak kedves gyermekei, mint például a Lúdas Matyi szerzőjéről elhíresült tagozatos gimnázium, voltak megtűrt iskolái, mint a szakmunkásképzők és voltak a mindenáron leépítendő: a technikumok. A bezárást a Puskás csak azért úszta meg, mert 1976 szeptemberére a Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola Távközlési Tagozata Győrbe költözött. (Ők most a Széchenyi István Egyetem Műszaki Tudományok Kara, de erre 2001-ig kellett várniuk!)

A Gyáli úton maradt Híradástechnikai Szakközépiskolának is egészen 1994. július elsejéig kellett várnia, hogy a megvénült Mostoha, a Fővárosi Tanács VB. utódja visszaadja a XX. század végére már köhögve döcögő Posta éppen dinamikus megújuló műszaki utódjának, a Matáv-nak az alma mater.

Posta-Édesanyánk őszülő fűrtjeit bordóra festették. Ráncait felvarrták, ismét férjhez ment, és új SE-né Matáv Krisztina55 néven nagyvilági életbe kezdett. Pazar udvartartásában elsőszülött édes gyermekének mindig jutott a legjobb falatokból. De SE-mostohaapáról is csak a legjobbakat mondhatjuk. Bevakolta épületünk ráncait, új tornacsarnokot építtetett, kicserélte a laborok néhol 40 éves műszereit, megíratta tankönyveinket és a napi betevő leves mellé mindig volt báránysült, bifsztek és csokoládés palacsinta fagyalttal... és volt Dimenzió Biztosító, szabadév, utazások, legalább 50 új diploma, munkaruha, szakkönyv, laptop és szélessávú otthoni inter-

net... Ja, és üdülési csekk, meg beiskolázási segély, de még lakás-felújítási kölcsön is...

És mi, mint jó gyerek, újra eminensek lettünk, be is írta az OH az ellenőrzőbe: „az Önök iskolájánál jobb iskolák száma matematikából: 0. Az Önök iskolájánál jobb iskolák száma szövegtértésből: 1.”

A szép, harmonikus, magyar család életét meg is irigyelték a meráni hercegek. Koholt vádak alapján elüldözték SE-mostohapapát és az Édesanya mellett megjelent ChM-mostohapapa az ágyasokkal: a mobilok anyja, a rendszerek anyja, a kábelek anyja... és így tovább. A Matáv-édesanya csak egy úrhölgy lett, méghozzá a legöregebb úrhölgy a háremben, vagy négyemben, öt-emben, hatomban?!

ChM-mostohapapának nem az elsőszülött volt a kedvence. Sőt, átlendültünk a másik oldalra. A közel 100 éves elsőszülött gyermek csak nyűg volt a nyakán, míg végül azt mondatta volt: „2010. szeptember 1-jétől minden támogatást megvonunk, kivéve a bajnokok méltatását az origón!” Röviden szólva az utcára lökött bennünket. Ez a fordulat azért is meglepő volt, mert az első 12 évben ránk költött – folyó árakon – legalább 5 milliárd forintot, amiért természetesen örökké hálások is leszünk és aminek az eredményei még évtizedeken keresztül látszani fognak az épületen, az évkönyvekben, a vizsgabizottságok jegyzőkönyveiben, a könyvtárak Puskás kiadóval fémmjelzett tankönyveiben és mindenképp felett az évente kibocsátott 80-100 távközlési technikus, később villamosmérnök, mérnök-informatikus, mérnök-közgazdásszá váló Gyáli úti diák tudatában...

És akkor elérkezett 2010. június 3. (a szégyenletes Trianoni békediktátum aláírásának 90. előestéje), melyen összeült a Fővárosi Közgyűlés Oktatási Bizottsága és a következő határozatot hozta:

„A mi nagy homokozónkban eddig 128 gyermek játszadozott, tanult, okosodott. Ki jobb volt, ki csintalanabb. Ki olimpiakonokat nevel, ki lókötőket, de mind a mi kutyánk kölyke. Mindert mi felelünk. Most itt van ez a kis Gyáli úti számkivetett árva. Igaz, hogy eddig sok borsot tört az orrunk alá: különösen a Fővárosi Komplex Elektrotechnikai, meg az Informatikai versenyeken – mindig elvitték a legjobb falatokat. Sőt, újabban ők csinálják a legjobb digitális képeket, a legjobb kisfilmeket... Igaz, hogy nem lenne kötelességünk befogadni őket... igaz, hogy mi nem vagyunk olyan gazdagok, mint a Nagy-Magyar Telekom, de ahol 128 éhes szájnak jut kenyér, ott a 129-diket sem hagyjuk 'ebek harmincnyedére', így tehát 2010. szeptember 1-jével befogadjuk, kebelünkre öleljük és saját gyermekünként szeretve pátyolgatjuk tovább az idők végezetéig.”

Köszönjük Újpapi! – és legyen a mi családjunkban ez a Te megnevezésed – ez egy igazán szép gesztus volt részéről. Minden igyekezetünkkel megpróbálunk megfelelni elvárásaidnak és minden tettünkkel a Te dicsőségdet fogjuk a továbbiakban fényezni.

Úgy legyen! Ámen!

Felhívás

Ezúton is felhívjuk Olvasóink figyelmét a Híradástechnika magyar folyamában való publikálási lehetőségekre. Elsősorban közérthető, széles olvasóközönségnek szóló, színvonalas áttekintő cikkeket várunk, amelyek egy-egy szűkebb szakterület érdekességeit mutatják be azok számára is, akik nem ezen a területen dolgoznak. Célunk, hogy a szakma egyetlen magyar nyelvű, színvonalas ismeretterjesztő folyóirataként közvetítsük az egyes részterületek helyzetét, fejlődésének irányait és legújabb eredményeit a minél szélesebb olvasótábor számára és formáljuk, befolyásoljuk a magyar szaknyelvet.

Várjuk Olvasóink jelentkezését a fentiek szerint elkészített kéziratokkal, az infokommunikáció különböző részterületeiről és határterületeiről, többek között az alábbi témákban:

- Adat- és hálózatbiztonság
- Digitális műsorszórás
- Infokommunikációs szolgáltatások
- Internet-technológiák és alkalmazások
- Médiainformatika
- Multimédia-hálózatok és rendszerek
- Optikai kommunikáció
- Társadalmi vonatkozások
- Távközlés-gazdaság és -szabályozás
- Távközlési szoftverek
- Teszhálózatok és kutatási infrastruktúrák
- Úrhírközlés
- Vezetéknélküli és mobil távközlés

Rendszeresen jelentkező rovatainkhoz is várjuk beküldött anyagaikat, melyek közül a következőket szeretnénk kiemelni:

- hazai és nemzetközi projektek ismertetése,
- konferenciákról, fontos szakmai eseményekről szóló beszámolók,
- a HTE szakosztályainak tevékenységét bemutató cikkek,
- egyetemi és kutatóintézeti egységek bemutatkozása,
- könyvismertetések.

A kéziratokat kérjük a főszerkesztőnek elektronikusan megküldeni a szabo@hit.bme.hu címre, akihez a témákkal és a cikkek elkészítésével kapcsolatos bármilyen kérdéssel is fordulhatnak a fenti e-mail-címen. A szerzőinknek szóló tájékoztató elektronikus változatát lapunk internetes portálján találhatják meg, a www.hiradastechnika.hu cím alatt.

A Szerkesztőség

Örök visszatérés? – Társadalom az információs korban

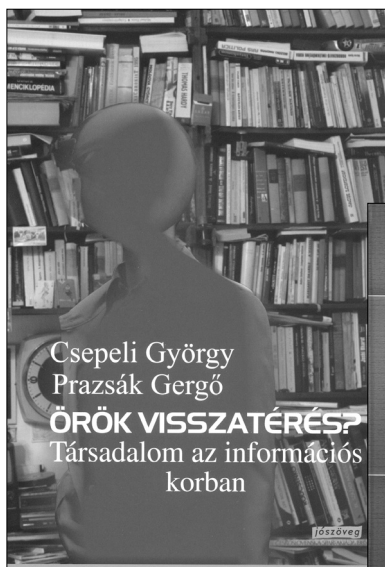
A Jószoveg Műhely Kiadó (<http://joszoveg.hu>) gondozásában megjelent egy izgalmas kérdésre választ adó kötet. Az internet megjelenése folyamatosan és tartósan mélyreható változásokat indított el a világban, melynek nincs olyan pontja, ahol e hálózat jelentőségét ne tudnák felismerni, – ha ott van, akkor azért, ha nincs ott, akkor azért. Csepeli György szociálpszichológus professzor és munkatársa, Prazsák Gergő kötete keresi a kulcsmozzanatot: az internet által kiváltott hatások miként viszonyulnak a múlthoz, mit törnek szét, s mit tartanak meg a múltból.

A változásokkal foglalkozó szakirodalom széles körű és átfogó képet nyújt az internet terjedésének üteméről és meghatározó tényezőiről, s értékes elemzések születtek arról is, hogy egy-egy részterület (oktatás, egészségügy, üzleti élet, kormányzati működés, média, tudás, identitás stb.) miként változott meg az internet behatolását követően. A kultúra fogalma lehet az összekötő kapocs, amely az internet által formált jövő és az e nélküli múlt között megteremtheti a folyamatoságot, lehetővé téve a kommunikációt a már meghalt és a születő generációk között.

Ugyanakkor azt is vallják a szerzők, hogy a kontinuitás nem magától értetődő, s nem automatikus. A digitális forradalom új egyenlőtlenségeket teremt, melyek azal fenyegetnek, hogy egyesek bezárkóznak a múltba, vagy éppen kiszakadnak belőle. Az autonómia, a bizalom, a másokra nyitott élet vágya és gyakorlata a garancia arra, hogy az új világ ne legyen riasztóan „szép” a Huxley által vett értelemben. Következtetéseiket 2008-ban végzett négy empirikus vizsgálatuk adatbázisára alapozzák.

E kötet internetes kiterjesztése (www.orkvisszates.hu/) is figyelemre méltó. A blog célja, hogy a könyv üzenetének megfelelően olyan fórumot teremtsen, mely lehetőséget ad a további együttgondolkodásra is.

*A könyveket ajánlotta:
Sipos László*



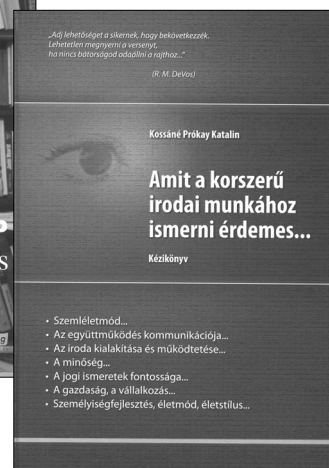
Amit a korszerű irodai munkához ismerni érdemes...

Kossáné Prókay Katalin, aki az ügyviteli témakörben széleskörű tapasztalattal rendelkezik, járatos az oktatásban és vizsgáztatásban, már korábban (2000) elkészítette „A menedzserasszisztens” című könyvét.

Azóta sok víz lefolyt a Dunán és a szerző e kiadvány aktualizált tartalmát, időközi tapasztalatait az „Amit a korszerű irodai munkához ismerni érdemes...” kiadványban rendszerezte.

A Stíl Stúdió (www.stilstudio.hu) kiadásában megjelent kézikönyv gyakorlati tanácsokat nyújt, feltárja a sikeres együttműködés titkát, a vezető és közvetlen munkatársa között. A szemléletmód megváltozásának fontossága mellett tárgyalja a megjelenéssel, a kommunikációval, a viselkedés-kultúrával, il-

lem, etikett és protokollal kapcsolatos ismereteket, valamint foglalkozik a titkársági munkát érintő szervezési, időgazdálkodási, levelezési, helyesírási témakörökkel, továbbá a környezet megfelelő kialakítására, az eszközök alkalmazására, valamint a személyiségfejlesztés fontosságára is felhívja a figyelmet. Részletesen ismerteti a munkahely-kereséssel (pályázat, felvételi elbeszélge-



tés, új munkahely), a minőségi munkavégzéssel, az ügyviteli ismeretekkel, az ügyiratkezelés végrehajtásával kapcsolatos ismereteket. Foglalkozik az irattovábbítás rendszerével, az irattározás, iratselejtezés, az elektronikus ügykezelés sajátosságaival, az elektronikus iroda, az irattovábbítás lehetőségeivel és az elektronikus levelezéssel, valamint az ügyfél-tájékoztatási feladatokkal is. Taglalja az iratok elkészítésére vonatkozó általános tudnivalókat, az időgazdálkodást, tárgyalások, értekezletek előkészítésével, a tárgyalástechnikával és kapcsolatépítéssel kapcsolatos legfontosabb ismereteket. Felhívja a figyelmet a jogi ismeret fontosságára, áttekintést kaphatunk az alkotmányjogról, a polgári jogról, a gazdasági jogról, a munkajogról, polgári peres eljárásról, családjogról, büntetőjogról, közigazgatási jogról és a nemzetközi magánjogról. Hasznos gondolatokat olvashatunk a vállalkozással és az életmód, életstílus kialakításával kapcsolatos fejezetekben.

A hatszáz oldalas kézikönyvet nem csak a menedzsereknek, titkárságvezetőknek, irodavezetőknek, titkároknak, ügyintézőknek, hanem a mérnöki kis- és mikro-vállalkozást indítók, illetve működtetők figyelmébe is ajánljuk.

Energy-efficient networking solutions

Keywords: energy efficiency, energy consumption, networking

Recently – for economical and ecological reasons –, energy efficiency has received rising attention from both industrial and fundamental researchers. Given the large-scale growth and resource overprovision of communication networks, the issues of energy consumption are getting more significant than ever. In this paper, we provide an overview of some of the latest contributions and trends of major importance on energy efficient networking. Since today's networks are heterogeneous to a large extent, different sections of networking are discussed separately. However, as a number of problems occur independently from the actual technological segments of networking, some of the applied methods have considerable similarities with each other.

Measurement based ZigBee network planning

Keywords: sensor, network, ZigBee, measurement, design, signal strength

The purpose of this article is to introduce a design method how to design wireless sensor networks (for example ZigBee) with simple and cheap tools, thus this method can be used not only by industrial, but also by common users. The process and the evaluation of the measurement are demonstrated through an example.

RLC-based HSDPA transport network congestion control

Keywords: congestion control, congestion avoidance, RLC, TCP, HSDPA, lub, transport network, data mining

In the High-Speed Downlink Packet Access (HSDPA) lub Transport Network (TN) which connects the Radio Network Controller (RNC) with base stations (Node Bs), congestion control is needed. This paper presents a novel, non-standardized, cross-layer, window-based HSDPA Transport Network Congestion Control which uses the standardized congestion detection and signalling framework. This solution is based on the idea of extending the Radio Link Control (RLC) protocol with congestion control functionality. This idea originates from the interesting duality between the TCP and the RLC protocols. TCP was originally designed for wired networks, therefore many extensions have been proposed to make TCP to be efficiently used over wireless networks. RLC was originally designed exclusively for handling radio link failures and no RLC extensions have been proposed to make RLC to be efficiently used over congested wired links. This paper proposes such an RLC extension where the RLC transmission window size is used to control the bit rate of the flow. Simulation analysis of this window-based solution is performed and it is shown that the proposed method is a possible solution for and efficient lub Transport Network congestion control.

Optimization of indoor radio antennas

Keywords: biquad, indoor antennas, WLAN, nec-2, indoor measurements

WLAN systems are of great importance in today's wireless communications. These systems operate according to the IEEE 802.11 standard. 802.11-1997 was the first wireless networking standard, but 802.11b was the first wide-

ly accepted one, followed by 802.11g and 802.11n. Simple linear antennas are often used in these systems such as the dipole or monopole, which are omni-directional in nature. The purpose of this article is to examine the use of some directional antennas in these systems.

Performance testing of communicating systems

Keywords: performance testing, performance modelling

In this paper we present the fundamental methods of performance testing and a novel black box testing method for the automatic performance validation of communicating systems. Our method solves the main problem of this kind of performance testing, namely its ad-hocness. As a part of the presented two-phase methodology, we show how to map two kinds of performance requirements to a performance model in the first phase and how to compare this model to the physical implementation in the second phase. The output of our method is the worst-case and the expected performance value of the system under test. We also present our simulation results according to which the proposed methods are correct and can be used efficiently.

Telemedicine: ICT based health service 1/3. – System concept and architecture

Keywords: telemedicine, ehealth, protocol, healthcare

The increasing demand for healthcare services, – both on quality and quantity side – calls for more efficient use of resources on the field. The use of telemedicine and the application of new medical procedures are investment-intensive, but the resources invested return in savings and benefits on individual or social level. This paper gives an overview on the telemedicine and ehealth concepts. The eHealth8 consortium and the system, developed by the consortium, are also described here. The article presents the most important dimensions of the system concept, such as the flow of developing the ehealth protocols, the system architecture. The second part is mainly about the sensors, client-side and server-side devices, their communication and supervision. In the third part the business model will be explained.

Project portfolio management in the Central Bank of Hungary

Keywords: decision making, portfolio management, rules and directions, resources, reporting, measuring

MNB, the Central Bank of Hungary runs several projects simultaneously like other institutions do where the information technology is an essential part of functioning. Running multiple projects requires an integrated management and operation framework called project portfolio management. The internal project portfolio management rules are based on formal methods and best applied practices but the internal project management office tailored these rules to fulfil our in-house requirements. The project starting proposal has the primary importance which is based on a real business case study and financial metrics. Standardized documents and formal reports are expected during the project's lifetime. All projects are evaluated by the technical realization and business achievements after they have been finished.

Contents

<i>IN NETWORKS</i>	1
László Szilágyi, Tibor Cinkler, Zoltán Csernátó Energy-efficient networking solutions	2
László Csurgai-Horváth, Árpád Danitz, István Rieger Measurement based ZigBee network planning	9
Pál László Pályi, Mária Horváth, Sándor Rácz RLC-based HSDPA transport network congestion control	15
Zsolt Gulácsi Optimization of indoor radio antennas	20
Levente Erős, Ákos Pernek, Tibor Csöndes Performance testing of communicating systems	27
László Daragó, Csaba Engi, István Pesti, Dezső Vass Telemedicine: ICT based health service 1/3. – System concept and architecture	32
Gyula Pap Project portfolio management in the Central Bank of Hungary	37
<i>Calls for proposals</i>	41
László Horváth The novel of our family – unusual opening of the school year The peak of my statue raising addiction – dedication of the Károly Simonyi statue in Pécs	42 44
László Sipos <i>Book review</i> Eternal return – the society in the information age Good to know for a modern office activity	46

Szerkesztőség

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

Hirdetési árak

Belív 1/1 (205x290 mm) FF, 120.000 Ft + áfa
Borító II-III (205x290mm) 4C, 180.000 Ft + áfa
Borító IV (205x290mm) 4C, 240.000 Ft + áfa

Cikkek eljuttathatók az alábbi címre is

Szabó A. Csaba, BME Híradástechnikai Tanszék
Tel.: 463-3261, Fax: 463-3263
e-mail: szabo@hit.bme.hu

Előfizetés

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

2010-es előfizetési díjak

Közületi előfizetők részére: bruttó 32.130 Ft/év
Hazai egyéni előfizetők részére: bruttó 7.140 Ft/év
HTE egyéni tagok részére: bruttó 3.570 Ft/év

Subscription rates for foreign subscribers:

4 issues (on english) 50 USD, single copies 15 USD
+ postage

www.hte.hu

Felelős kiadó: NAGY PÉTER
Lapmenedzser: DANKÓ ANDRÁS

HU ISSN 0018-2028

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