F 1879

híradástechnika

VOLUME LVII.

2002/11

November

E 870

FF

8 000001 419995

Megemlékezések

A Kozma centenárium előadásai

Tudományos publikációk Kozma László professzor emlékének ajánlva

A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata

Tartalom

Előszó a novemberi számhoz 1

MEGEMLÉKEZÉSEK

Gordos Géza
Az iskolákat teremtő tanszékvezető 2

Frajka Béla
Kozma László a tanár 5

Horváth Gyula
Az alkotó mérnök 9

A KOZMA CENTENÁRIUM ELŐADÁSAI

Boda Miklós
Infokommunikációs hálózati trendek 13

dr. Adamis Gusztáv
Önalkalmazkodó protokollok tesztelése 16

Gósy Mária
Beszédfeldolgozás 20

Dr. Bakonyi Péter–Dr. Bálint Lajos
A magyarországi kutatási és oktatási számítógép-hálózat fejlődése és hatása az információs társadalom kialakulására 24

Lajtha György
Bölcs előrelátás 31

TUDOMÁNYOS PUBLIKÁCIÓK KOZMA LÁSZLÓ PROFESSZOR EMLÉKÉNEK AJÁNLVA

Keviczky László
Zárt szabályozási körök minőségi és robusztussági tulajdonságainak elméleti határai 37

Dr. Pap László–Dr. Imre Sándor
A mobil távközlés jelene és jövője 42

Molnár Sándor
Forgalomelmélet: múlt, jelen és jövő 51

Dr. Bartolits István
Fordulópontok a kapcsolástechnika történetében 57

Címlapunkon szereplő szobrot készítette: Rácz Edit

Főszerkesztő
ZOMBORY LÁSZLÓ

Szerkesztőbizottság
Elnök: LAJTHA GYÖRGY

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

Novemberi számunkat Kozma László professzor emlékének szenteljük

Száz éve, 1902. november 28-án született Kozma László. Nehéz megnevezni tevékenységének fő irányát, hiszen legalább három szakmai terület vallja őt magáénak. Mindannyian jogosan. Maradandót alkotott a távközléstechnika, a számítástechnika és a beszédfeldolgozás területén. Széles látóköre, előrelátása már ekkor meglátta e szakmai területek konvergenciáját. Így tudott időtállót alkotni.

Villamosmérnök volt. Oklevelét Brnoban, a Deutsche Technische Hochschule elvégzésével 1930-ban szerezte meg. 1930 és 1942 között az atwerpeni Bell Telephone Company mérnöke volt. Az ITT (International Telephone and Telegraph) USA konszern tulajdonában álló üzem (a tulajdonosnak még lesz szerepe Kozma László életében) Európa legnagyobb telefonközpont-gyára volt. A kezdetben rutinfeladatokat végző fiatal mérnökre hamar felfigyelt a gyár műszaki vezetése és fokozatosan bevonta egyre nagyobb műszaki fejlesztési feladatokba. Ezek sikeres megoldása, amit egyebek között 25 részben vagy egészben Kozma László nevével jelzett szabadalom igazol, felkészítette a következő nagy feladatra.

1938-ban a műszaki igazgató megbízta elektromos számítógép fejlesztési munkáival. Az addigi „elektromos" kalkulátorok villanymotorral meghajtott mechanikus gépek voltak. Az új igény azonban a telefonközpontok számára gyártott elektromechanikus alkatrészek alkalmazását tűzte ki célul. 1938–40-ben a számítógépek katonai alkalmazását még nem lehetett megjósolni. Ennek hiányában is a fejlesztés nagy energiával folyt, ebben az időszakban a gyár 10 szabadalmat jelentett be e területen. Kozma László mindegyikben szerepel. És bár a későbbiekben a gyors elektroncsöves, majd félvezetős kapcsolóelemek kiszorították az elektromechanikusakat, e gépek tervezése és felhasználása szolgáltatta a számítástechnika kezdeti tapasztalatait. Ebben az időszakban az USA-ban, Nagy-Britanniában és másutt is fejlesztettek hasonló gépeket, a német ZUSE cég pedig még a háború után is gyártott ilyet. Kozma László 1955–57 között a BME-n tervezett immár programvezérelt jelfogós számítógépet, amely több mint egy évtizedig működött. A digitális számítástechnika eszközökben szűkös hazai hajnalán nemcsak a gép didaktikai haszna volt jelentős, de sokféle műszaki számításra is felhasználták.

Visszatérve az életút időrendjéhez, 1940-ben a németek megszállták Belgiumot. Az üzemet német ellenőrzés alá helyezték. A holland műszaki igazgató segítségével azonban folytatta a számítógép-fejlesztést, és a németek elől kimenekített helyett 1940 végén már működött egy új berendezés. Ezzel Kozma Lászlónak folyamatosan módja volt kísérletezni 1941 végéig. Ekkor az igazgató – talán megsejtve a számítógép hadászati jelentőségét – leállíttatta a kísérleteket. 1942-ben a németek már a partraszállásra készülődve eltávolíttatták a gyárból a számukra nemkívánatos idegeneket. Kozma László ekkor hazajött, ám az akkori viszonyok között már csak műszerészként kapott munkát. Rövidesen munkaszolgálatra hívták be, majd a mauthauseni koncentrációs táborba került. 1945 augusztusában került haza – betegen.

Bár a Bell üzem többször is hívta vissza – 1946-ban el is látogatott Antwerpenbe – felkészültségét a háborúban tönkrement hazai telefonhálózat újjáteremtésében kívánta gyümölcsöztetni. Így a szintén ITT érdekeltségi körbe tartozó Standard Villamossági Gyár (a későbbi Beloiannisz) mérnöke, majd rövid idő után műszaki igazgatója lett 1945-ben. Kiemelkedő szerepe volt a lerombolt budapesti telefonközpontok helyreállításában. Ezért kapta meg 1948-ban az akkor első alkalommal adományozott Kossuth-díjat. 1949-ben a Műegyetem tanáraként a Villamosmérnöki Kar egyik alapítója, a Vezetékes Híradástechnika Tanszék vezetője lett. A csodálatosan ívelő pályába ekkor szólt bele ismét a történelem.

A külföldi – elsősorban amerikai – tulajdonú vállalatokat szabotázzsal vádoló perek sorozatának egyik legnagyobbja volt a Standard-ügy. Ennek kapcsán Kozma Lászlót 1949-ben letartóztatták és koholt vádakkal 15 évre ítélték. Tartását a fogház sem törte meg, ott dolgozta ki egyik telefonközpont-szabadalmát. 1954-ben ügyét felülvizsgálták, ártatlanságát elismerve szabadon bocsátották, majd rehabilitálták. 1955-ben visszahelyezték a BME-re, visszakapta tanszékét is. A Villamosmérnöki Karnak 1960 és 1963 között dékánja volt. Nevéhez fűződik a tanterv akkori korszerűsítése. 1961-ben az MTA levelező tagja, 1976-ban pedig rendes tagja lett.

A szakmai életút innen már töretlen. A telefonhálózatok problémáival foglalkozott. Akadémiai székfoglalójában és későbbi cikkeiben is gyakran emelte fel szavát a telefonhálózat fejlesztése mellett. Felhívta a figyelmet az egyre nyilvánvalóbb lemaradottság gazdasági hátrányaira, veszélyeire. Új központtípus bevezetését sürgette.

1964-ben munkatársaival elkészítette az első hazai nyelvstatisztikai automatát, amely 80 különböző statisztikai feladat egyidejű végzésére alkalmas. Ezzel a távbeszélő-technika és a számítástechnika mellé illesztette a harmadik területet, ahol úttörő volt: a beszédfeldolgozást.

1983. november 9-én hunyt el. 1997-ben a közép- és kelet-európai tudósok közül elsőként megkapta a számítástechnika egyik legrangosabb szakmai elismerését: az IEEE Computer Society által alapított Computer Pioneer Award-ot.

Emlékszámunk három részre tagozódik. Az első részben munkatársak és tanítványok emlékezései kapnak helyet. Ezek az írások személyes és szakmai tartalommal töltik meg és részletezik e bevezetés rövid életismertetését. A második rész a centenáriumi emlékülés előadásait tartalmazza. Ezek az előadások a professzor életműve egyes szeleteinek mai eredményeit foglalják össze: infokommunikációs hálózatok, jelzésrendszerek, protokollok, beszédfeldolgozás, informatika, távközlésfejlesztés. A harmadik rész a professzor emlékének ajánlott szakmai közleményeket tartalmaz. Ezek az írások is áttekintő jellegűek, amelyek a digitalizálás, a mobilitás és a korszerű forgalomelmélet témakörei mellett érintik a hazai távközlés történetét is.

Reméljük, hogy a folyóirat így a legméltóbb módon emlékezik Kozma László professzorra, a szakma úttörőjére és tanárára: korszerű enciklopédikus összefoglalást ad az olvasó kezébe az általa művelt széles szakmai területekről.

Dr. Zombory László

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM Műszaki Informatikai Könyvtár és Archívum Olvasóterme 2001

Az iskolákat teremtő tanszékvezető

GORDOS GÉZA

egyetemi tanár

BME –TTT

1997-ben tudtuk meg, hogy az amerikai IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) egyesület Computer Society nevű tagozata 1996-ban poszthumusz Computer Pioneer kitüntetésben részesítette Dr. Kozma Lászlót, azt a professzort, akit én egyetemi hallgatóként 1957-ben, mint a Budapesti Műszaki Egyetem Vezetékes Híradástechnikai Tanszékének vezetőjét ismertem meg, s akit attól kezdve egyre jobban tiszteltem és szerettem. 1984. november 1-jén meghatódva figyeltem, ahogy a Magyar Tudományos Akadémia tudományos ülésszaka Dr. Kozma Lászlóról, mint a távbeszélőtechnikában számtalan színvonalas és hasznos gyakorlati alkalmazást létrehozó tudós akadémikusról emlékezett meg [1].

Nagyon büszkén figyeltem, ahogy az azóta már Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem nevet viselő egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kara a jogelőd Villamosmérnöki Kar megalakulása 50 éves évfordulójának ünneplésén Dr. Kozma László professzor urat nemcsak mint a Kar egyik és a Vezetékes Híradástechnikai Tanszék stratéga ihletésű alapítóját, hanem mint a tanszéket hosszú időn keresztül kiválóan irányító vezetőt is a Kar értékeinek egyik megtestesítőjeként ünnepelte.

Miért kezdem – e lap főszerkesztője által tematikájában szelíden irányított – visszaemlékezésemet ezzel a három epizóddal? Három olyan epizóddal, amely tényszerű szigorúsággal nem tartozik Kozma professzor úr életrajzához, hisz Ő 1983-ban elhunyt. De sok minden mellett ez a három epizód is mutatja, hogy életműve most is hat és előrevisz. Valamennyi emlék bizonyítja, hogy nem az egy közösségbe való tartozás, az ezzel járó szerető elfogultság hiteti el velünk az Ő sokoldalú nagyságát. Róla sokkal szélesebb szakmai és társadalmi közösség vallja immár több évtizedes távlatokra visszatekintve, hogy sok nagyszerű teljesítménye között szerepel az is, hogy

- tudományos-alkotó iskolát teremtett a távközlésben,
- tudományos-alkotó iskolát teremtett a számítástechnikában, és
- nagy formátumú, alapító és építő vezetője volt egy rangos egyetem – az Ő ideje alatt mindenképpen rangos – tanszékének.

Valamennyien – legalább hírből – ismerünk iskolateremtő alkotó tudósokat, ismerünk nagyszerű vezetőket. Olyanok azonban már jóval kevesebben vannak, akik ezt a két erényt egyaránt magukénak mondhatják. Kozma professzor úr ilyen személyiség volt.

Az átlagosnál jóval tehetségesebb fiú 1902. november 28-án született. Ahogy múltak az évek, úgy következtek olyan események, amelyek a tehetségen kívül más erényeket is felszínre hoztak. Miután a „numerus clausus" miatt 1921-ben nem vették fel a Budapesti Műszaki Egyetemre, az Egyesült Izzólámpa- és Villamossági Rt. (EIVRT)-nél helyezkedett el műszerészként. Falta az automata telefonközpontokról elérhető, a műszerészinél jóval magasabb szintű irodalmat és dokumentációkat. Gyűjtötte, megértette és terjesztette a szakmai ismereteket és csiszolta angolnyelv tudását.

Íme, felismerjük a tudásvágytól égő és szorgalmas Kozma Lászlót. És lehet-e iskolát teremteni tudásvágy és szorgalom nélkül? Sokan hiszik, hogy Einstein mondta: „Gyermekkoromban zseninek tartottak, ifjúként ezt elhittem, felnőttként rájöttem, hogy a tehetségem érvényre juttatásához sokat kell dolgoznom, s idős emberként úgy vélem, eredményeimet – ha vannak – a szorgalmamnak köszönhetem." Kozma László már fiatalon tanújelét adta szorgalmának is, és aki volt vezető tudja, ez fontos vezetői tulajdonság is.

Az EIVRT illetékesei azzal jutalmazták Kozma László kiváló teljesítményét, hogy ösztöndíjat biztosítottak számára a brünni német egyetem elvégzésre (1925–30), ahol villamosmérnöki oklevelet szerzett. Közben természetesen kiváló németnyelv tudásra is szert tett. Talán éppen az EIVRT gesztusának példáját követte, de tény, Kozma László szakmailag is és erkölcsileg is mindig segítette, buzdította, bátorította a tehetséges fiatalokat. Ezzel a sikeres iskolateremtő, és a jó vezető újabb ismérveit ismerjük fel személyiségében.

Mérnökként 1930-ban az International Standard Electric Co. (ISEC) európai fejlesztő központjánál, az antwerpeni (Belgium) Bell Telephone Manufacturing Co. (BTM)-nál kezd dolgozni. Telefonközpontokat fejleszt, és több országban közreműködője, ill. vezetője az automatikus távválasztás (ma: távhívás, helyközi és

nemzetközi hívás) megvalósításának. Ezidőtájt mélyül el először a forgalomelméletben. A távközlésben iskolát teremtő Kozma László a kutatásban és az alkotásban, a vezető Kozma László pedig a közösségi munkában szerez tapasztalatokat.

1938-ban már 37 szabadalmi bejelentésnek egyedüli vagy társszerzője. Nem csoda, hogy őt kérik fel a BTM vezetői arra, hogy alapítson és vezessen egy számítógép-fejlesztő csoportot. Erről és az ezzel kapcsolatos munkákról Ő maga beszélt egy rádióriportban, amelyet Kovács Győző és Esti Judit készített Vele 1983 őszén, és Ő is írt erről a [2] alatt hivatkozott cikkében. A két forrásra támaszkodva Kovács Győző az alábbiakban idézi fel Kozma professzor szavait [3]:

„1930-ban kerültem Antwerpenbe, ahol telefonközpontokat kutattam. Nagyon meg voltak velem elégedve, mert 1938-ban már 27 szabadalmam volt. Egy napon a főmérnököm, aki angol állampolgár volt, behívott magához és közölte, hogy számítógépet kell csinálni, mert az most igen fontos dolog. A jövőben nem csak telefont fogunk gyártani, hanem valami mást is, hogy jobban megéljünk, mert a telefonközpont megrendelések csökkenni fognak. Csináljak tehát egy számítógépet, de olyat, amely kizárólag telefonközpontok részére előállított alkatrészekből épül fel.

1938-ban már a „levegőben lógott" az elektromos számológép szükségességének gondolata. Hogy miért, mi indokolta ezt az igényt arról fogalmam sem volt. Ma már persze tudom, hogy javában folyt a háborús felkészülés, és a lövedékek (rakéták) irányításához, illetve elhárításához volt szükség a gyors elektromos számológépekre.

Így kezdtem dolgozni, anélkül, hogy tudtam volna, hogy a világon ki foglalkozik még számológépfejlesztéssel.

Én is 11 pontos kis géppel kezdtem; a nagy szabadalmam ezt írja le. Munkatársaimmal összeállítottunk egy szekrény nagyságú gépet, amely tele volt jelfogókkal és mozgó részekkel. Nagyon lassan működött, mert tízes rendszerben számolt. Szó sem volt tehát kettes számrendszerről. A tízes rendszerben a kézi számolást utánoztam, ami viszonylag egyszerű volt. Ebben az 1. számú gépben nem volt memória. Csak összeadni, kivonni (ez szintén összeadás) és szorozni tudott, osztani már nem.

Egy összeadást egy másodperc alatt, egy kivonást másfél másodperc alatt végzett el, egy szorzást pedig a szorzó számjegyeitől függően öt-hat, esetleg hét másodperc alatt. Így aztán ha például egy tetszés szerinti számot elosztottam egy négyjegyű prímszámmal, akkor a gép órákig működött, és az eredményt hat méter hosszú szalagra jegyezte fel.

Az 1. számú kalkulátor elkészülte után mindjárt hozzá kezdtem a 2. számúhoz. Ez már gyorsabb volt: az összeadást és kivonást fél másodperc alatt, a szorzást szorzó számjegyenként egy másodperc alatt végezte el, osztásnál pedig kb. egy másodpercenként produkált egy hányadost.

1940-ben jöttek a németek. A főmérnököm elmenekült Dél-Franciaországba. Előbb azonban feladta Amerikába a 2. számú számológépet. Hajóval. De csak ő érkezett meg, a gép nem. A háború után megtudtam, hogy a berendezést szállító hajó eltűnt; minden bizonnyal egy német tengeralattjáró süllyesztette el. Ez lett tehát a 2. számú kalkulátor siralmas vége. Ma is ott nyugszik az Atlanti-óceán mélyén.

Mi azonban Antwerpenben csináltunk egy másikat. Ez volt a 3. számú gép.

A német megszállás alatt volt egy német tiszt a gyárban. Megállapodtunk, hogy ha bejönne a laboratóriumba s megkérdezné, hogy min dolgozunk, akkor azt mondjuk, hogy statisztikát készítünk a telefonközpontok számára. Szóval nem áruljuk el, hogy számológéppel foglalkozunk. A német azonban szerencsére sohasem jött be hozzánk.

A londoni rádiót hallgatva, derengeni kezdett bennem, hogy a számológépnek hadászati jelentősége lehet. Erre rájöhetett a gyár igazgatója is, és 1941 végén leállította a kalkulátorral kapcsolatos munkákat, visszakerültem az áramkörfejlesztési osztályra.

A teljesség kedvéért még elmondom, hogy 1946-ban újra felkerestem az antwerpeni gyárat, ahol a 3. számú gépet már szétszedték, és újat építettek, jelfogók helyett hidegkatódos gáztöltéses csövekkel, mint kétállapotú kapcsolóelemmel."

„A nagy szabadalom" [4] ma is érdekes és élvezetes olvasmány, melyben Kozma professzor – bár nem ez volt a célja – a számítástechnikai iskolateremtés megalapozását mutatta be.

1942-ben, Belgium német megszállása után családjával hazatért Magyarországra. „Hála" az akkori körülményeknek, műszerészként és nem mérnökként kapott állást az EIVRT-ben. „A háború minden poklát megjárva, munkaszolgálatot, deportálást, betegséget elszenvedve, 1945 augusztusában került vissza Budapestre." ([5]).

Vágó Arthur professzor, aki Kozma professzorral együtt szenvedte el a deportálás egy jelentős idejét, mondta el Kozma egyik születésnapját ünneplő tanszéki értekezleten az alábbi történetet: A transzportot Bécsben néhány éjszakára egy barakkban emeletes priccseken szállásolták el. Ők egymás alatt, ill. felett feküdtek. Az általános hangulatot az elszakított család és a vészterhes jövő miatti aggódás határozta meg. Nem sokkal villanyoltás után Kozma megszólalt: „Te Turi (Arthur beceneve), nem emlékszel mekkora a feszültség a 7A központban a c-ágon?". A szakmaszeretetből s a soha nem szunnyadó alkotói ösztönből táplálkozó akaraterő így segítette vigaszhoz és életvágyhoz Kozma Lászlót.

1945 augusztusában sikerült visszatérnie Magyarországra. 1945 és 1949 között a Standard Villamossági Rt. (később BHG = Beloiannisz Híradástechnikai Gyár) műszaki igazgatója. Aktívan tervez, tanítja munkatársait, és jelentősen hozzájárul a háborúban megrongálódott távbeszélő-hálózat újjáépítéséhez. 1948-ban a Kossuth díj I. fokozatát kapja. Vezetői erényei itt nagy volumenű munkák rendszerszemléletű irányításában szerzett tapasztalatokkal gazdagodtak tovább.

1949-ben egyetemi tanárnak nevezték ki és felkérték az újonnan alakult Villamosmérnöki Karon a Vezetékes Híradástechnikai Tanszék megalapítására. Sajnos e munkát alig tudta elkezdeni. Kinevezése után néhány hónappal egy koncepciós per áldozataként koholt vádak alapján öt évre börtönbe került. Megrázó és felemelő ahogy erről könyvében [6] emelkedett irodalmi stílusban ír.

Az is csodálatra méltó, hogy úgy lép ki a börtönkapun, hogy a fejében teljesen kész az ország első programozható digitális számítógépének rendszerterve és a jelfogókra épülő gép néhány részletének áramköri terve is. Ismét az alkotói vágy segített Neki abban, hogy egy kegyetlenül és igazságtalanul rámért csapástól ne roskadjon össze.

1956 elejétől ismét aktív a BME-n és a tanszékén. Egy közeli munkatársa a következő évekbeni tevékenységét az alábbiak szerint foglalta össze [5]. „Az oktatás mellett az MTA anyagi támogatásával digitális számítógép tervezésével foglalkozott. Megtervezte és megépítette a MESzI., jelfogós, programozható, digitális számítógépet, amely 1958 végére készült el. A gép 1959-től, mint az első működő digitális számítógép hazánkban, éveken keresztül segítette az oktatást és a kutatást. E gép mellett nőtt fel a számítástechnika több hazai művelője. Dr. Kozma László ezirányú munkásságát az első hazai nyelvstatisztikai automata elkészítésével folytatta.

1960 és 1963 között a Villamosmérnöki Kar dékánja volt. Nagy hozzáértéssel irányította a kar első oktatási reformját. Az első tíz év tapasztalatai alapján, a fejlődés irányának felismerésével sikerült a tanterv akkori kor-

szerűsítését sikeresen megoldania. Külön említést érdemel az elektronikai technológia szak létrehozása.

Fő érdeklődési köre a távbeszélő-technika maradt. Nagy jelentőségű volt 1963-ban kidolgozott javaslata a crossbar telefonközpont fejlesztésére. Akadémiai székfoglalójában, 1962. március 15-én erről így írt [7]: „A telefonhálózat az ország gazdasági életének idegrendszere; telefon nélkül mai életünket már el sem tudnánk képzelni. Gazdaságunk fejlődése, az általános jólét emelkedése hozzá fog járulni a telefon általános elterjedéséhez, és az országos automatikus telefonhálózat – az egyéb híradástechnikai szórakoztató berendezések mellett – fogja lehetővé tenni, hogy a különbség a városi és falusi élet között végleg eltűnjék."

1967-ben már így figyelmeztetett a Magyar Tudomány hasábjain [8]: „Tény tehát, hogy mi telefonellátottság tekintetében le vagyunk maradva... Minthogy itt a termelés fejlődésének egyik alapfeltételéről van szó, félő, hogy ha a kérdést elhanyagoljuk, a hírközlés hiánya kerékkötője lesz társadalmunk fejlődésének."

Fáradhatatlan energiával kezdte mindig újra a harcot a hazai távbeszélő- szolgáltatás javításáért. 1975-ben cikket közölt a Híradástechnika folyóiratban „A budapesti telefonszolgáltatás minőségének javítási lehetősége" címmel [9]. Idézzük fel ennek befejező sorait: „Több más aktuális problémát is fel lehetne még vetni, de nem törekedhetünk teljességre, mindössze a legégetőbbnek látszó témákra tértünk ki. Az is lehetséges, hogy némely kérdésben a felvetett észrevételek nem helytállóak. Mint kívülállók, és egyszersmind mint előfizetők figyeljük a budapesti telefonszolgáltatás minőségét, és fel akarjuk hívni a figyelmet az orvosolható hiányosságokra. Ha a cikkben közöltek vitát váltanának ki, akkor már érdemes volt észrevételeinket közzé tenni."

Nyugdíjba menetele nem jelentett visszavonulást az alkotástól és a Budapesti Műszaki Egyetem Híradástechnikai Elektronikai Intézetétől. Mint a Magyar Tudományos Akadémia Távközlési Rendszerek Bizottságának elnöke, még a halála előtti napokban is aktívan részt vett az optikai hírközléssel foglalkozó tudományos helyzetkép vitáján."

Kozma László professzor a távbeszélő-technika és a forgalomelmélet területén személyes példával végig előljárt. A számítástechnika területén egy idő után az alkalmazásokra koncentrált. Tudta, hogy a távbeszélőtechnika még nem a teljes távközlés. Tudatosan segített fiatalabb kollégáinak iskolát építeni a hálózatelmélet, az átviteltechnikát és adatátvitelt is integráló „integrált távközlés", és a jobb beszédátviteli minőséget célzó kutatásból kinőtt beszédinformációs rendszerek területén. Mindezt holisztikus látásmódja és a minden szinten megvalósuló kiegyensúlyozottságra törekvése is segítette.

Kozma László professzor 1962-ben, két évvel a tanszékre kerülésem után szóba hozta, hogy hasznomra válna, ha ipari, ill. szolgáltatói gyakorlatot szereznék úgy, hogy azért néhány órám mindig legyen az egyetemen is, hogy ne veszítsem el a kontaktust a hallgatókkal. Rám bízta, hogy keressek megfelelő helyet és vállalta, hogy az ottani vezetővel elintézi, hogy mindez ne járjon adminisztratív herce-hurcával. Az egyetemen leszek teljes állásban, de az idő nagyobb részét az „iparban" célszerű töltenem. Hozzátette: „csak biztatni tudlak, és segíteni fogok, ha tudok abban, hogy szerezz ott magadnak némi fizetéssel járó részfoglalkozást." Tanácsát megfogadtam, segítségét megköszöntem.

Fenti esetem általánosítható. Ő, mint egy olyan tanszék vezetője, amelyik alaptárgyak mellett a végzéshez közeli időszakban is oktatja a hallgatókat, arra törekedett, hogy a tanszéki közösség lehetőleg minden tagja külön-külön is oktasson jól, kutasson jól és tudja a tudást a gyakorlati életben alkalmazni. De realista lévén azzal is tisztában volt, hogy ezt magas szinten minden egyes munkatársától elvárni nem lehet. Abból azonban, hogy a teljes tanszéki közösségre az elvárása teljesüljön; nem engedett. Úgy vélem ez a felfogása nagyban hozzájárult ahhoz, hogy sikeres vezetőként tisztelhetjük.

Mikor 1972-ben a Híradástechnika folyóirat Kozma László hetvenedik születésnapja tiszteletére kiadott különszámába a tanszéken kívüli szerzők sajnos terjedelmi korlátok miatt nem kaphattak helyet, közülük sokan ezt megértőleg tették szóvá, mert Ők is tisztelegni szerettek volna az ünnepelt addigi munkássága előtt.

Kozma László iskolateremtő professzorként és tanszékvezetőként is példamutatóan maradandót alkotott. S ez úgy sikerült Neki, hogy aki ismerte, emberként is nagyra tartotta.

Hivatkozások

1. Dr. Bognár Géza: Kozma László szakmai tevékenysége, Híradástechnika, XXXV. évf. 11. sz. 1984, pb. 481–483.
2. Kozma László: Mérnöki tevékenységem az elektronikus számítógépek „őskorában", Magyar Tudomány, 1973. XVIII., 1. sz., pp. 28–38.
3. Kovács Győző: Kozma László, Mikroszámítógép magazin, 1984, 1. sz., p. 11.
4. Ladislas Kozma, Jacob Kruithof: Calculating Equipment, UNITED STATES PATENT OFFICE, 2.283.999; May 26. 1942.
5. Géher Károly: Kozma László, 1902–1983. Magyar Tudomány, XCI., 4. sz., 1984, pp. 322–323.
6. Kozma László: Egy Kossuth-díjas börtönévei, Új mandátum Könyvkiadó, 2001.
7. Kozma László: Távbeszélőtechnikai fejlesztési problémák (Akadémiai székfoglaló,1962. 03. 15.), MTA műszaki Tudományok Osztályának Közleményei, 31. kötet, 1962, pp. 405–426.
8. Kozma László: A híradástechnika társadalmi jelentősége, Magyar Tudomány, XII., 5. sz., 1967, pp. 315–324.
9. Kozma László: A budapesti telefonközpontok minőségének néhány javítási lehetősége. Híradástechnika, XXVI., 5. sz., 1975. pp. 144–149.

Kozma László a tanár

FRAJKA BÉLA

docens

BME – TTT

Noha tanszékvezető egyetemi tanári kinevezése előtt intézményesített oktatói munkát nem folytatott, bőséges ismeretátadási tapasztalattal rendelkezett. Emlékirataiból és kortársai elbeszéléséből ismert, hogy a magas szintű kutató-tervező munkásságának természetes kísérője volt az ismeretátadási készség és képesség.

Amint a szakmával kapcsolatba került ez kiderült róla. Érettségi után kényszerűségből egyetem helyett az Egyesült Izzó telefonközpontjának műszerésze lett. A mérnökök hamar felismerték tehetségét és tanulmányozás céljából kezébe adták a belgiumi Bell Telephone Manufacturing Company automata központok áramköri rajzait és leírását. Mivel már akkor jól tudott angolul, felkérés nélkül lefordította azokat magyarra, nyilvánvalóan azért, hogy mások is hozzájuthassanak a fontos ismeretekhez.

A brnoi műszaki egyetemen folytatott tanulmányai alatt a nyári szüneteket az Izzóban töltötte és részt vett a posta műszerészeinek oktatásában, rendszerint új berendezések megismertetését bízták rá. Az egyetem elvégzése után az antwerpeni gyárban eltöltött 12 éve mérnöki alkotásokban rendkívül gazdag volt. Valószínűleg ott is folytatta ismeretátadó tevékenységét, de erről nem állnak rendelkezésre megbízható információk.

Kikerülve a II. világháború poklából, nemet mondott az antwerpeni hívásnak. A hazai telefonipar (Standard Villamossági Rt.) felvirágoztatását választotta életcéljául és elvállalta a gyár műszaki irányítását. Célkitűzése érdekében kulcsfontosságúnak tartotta a mérnökök továbbképzését. Több továbbképző tanfolyamot személyesen tartott, míg másokkal tehetséges fiatal munkatársait bízta meg. Gazdag szakmai tapasztalatainak átadásával és figyelmes útmutatásaival segítette munkatársainak felkészülését. Hatása még akkor is jelentős volt a gyárra, amikor onnan eltávolították: Simon Ferenc az általa kidolgozott témát olyan szintre fejlesztette, hogy az könyv formában is megjelent, Molnár Pál pedig méltó folytatója volt az általa elindított belső továbbképzésnek. Az általuk irányított színvonalas képzés volt a gyár későbbi eredményes fejlesztési eredményeinek egyik forrása.

Nem csak a gyári továbbképzést tartotta fontosnak. Részt vett a Mérnöktovábbképző Intézet – a háború után újra indított – tanfolyamainak megtartásában is. Fontosnak tartotta, hogy az előadások anyaga írásban is a hallgatók rendelkezésére álljon és ezen a téren jó példával járt elől. Az érdeklődő, de nem szakmai közönség tájékoztatását is fontosnak tartotta. Számos TIT előadás keretében (ötvenes-hatvanas években) népszerűsítette a távközlést. Élvezetesen és szemléletesen mutatta be a távközlés műszaki vonatkozásai mellett annak gazdasági és társadalmi hatását is.

Tényleges egyetemi oktatói munkáját gyakorlatilag el sem tudta kezdeni, mert pár hónappal kinevezése után koholt vádak alapján börtönbe zárták. A tanszék oktatói munkájának beindításában azonban nagy segítséget jelentett, hogy a már említett továbbképző tanfolyamokról írásos anyagok (jegyzetek) álltak rendelkezésre, amelyek jó kiinduló alapot jelentettek a tantárgyak tematikájának kidolgozásához.

Aktív egyetemi oktatói munkásságát 1956-ban kezdhette el. Nagy ambícióval fogott hozzá tantárgyai anyagának továbbfejlesztéséhez. Nagyon fontosnak tartotta az oktatott anyag gyakorlati szemléltetését. A logikai áramkörök tervezési módszerének szemléltetésére megtervezte, és munkatársaival megépítette az ország első programozható digitális számítógépét. A számítógép az akkori hazai forrásból beszerezhető telefonközponti jelfogókra épült. Didaktikai szempontból a lassú jelfogó még előnyösnek is bizonyult, mert a számítógép működése vizuálisan is követhető volt. Telefonos kulcsokkal a gép működése tetszőleges fázisban megállítható volt. A gép mindent tudott, amire abban az időben egy számítógép képes lehetett. Hallgatóink közül sokan ezen a gépen sajátították el a számítástechnika alapjait.

Az általa oktatott témák ma használatos terminológia szerint a digitális áramkörök és kapcsolástechnika területét ölelték fel. Abban az időben Kapcsoláselmélet (Logikai kapcsolástan) és Távbeszélő-technika néven szerepeltek a tantervben. Az oktatott tananyag összeállításánál mértéktartóan merített hatalmas ismeretanyagából. A témakörök kiválasztásánál a rendszerszemlélet volt az elsődleges szempont, az hogy ezek egy egységes szemléletet, mérnöki gondolkodást alakítsanak ki hallgatóiban. A távbeszélő-szolgáltatás tárgyalását a következő témák köré csoportosította: előfizetői készülékek, kapcsolóközpontok, forgalomelmélet és -tervezés,

valamint jelzésrendszerek. Az utóbbi szakterületek a modern hálózatképzésnek (networking) is alapjai. Minden kétséget kizáróan őt tekinthetjük a forgalomelmélet hazai megalapozójának.

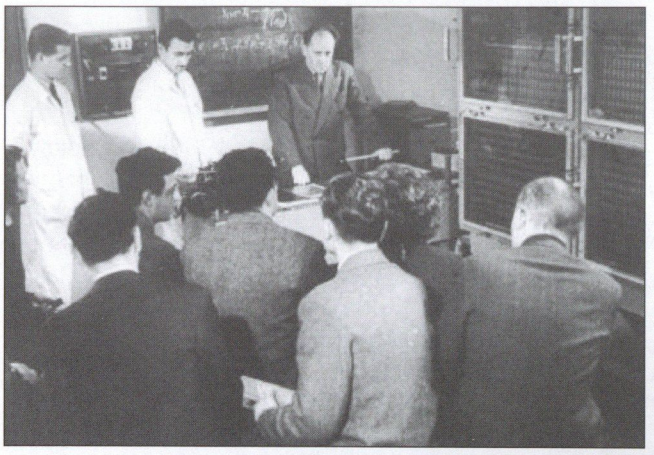
Az akkori hazai szolgáltatást megvalósító rendszerek ismertetése mellett bő teret szentelt az abban az időben korszerűnek tekintett crossbar rendszerek rendszertechnikája és forgalmi méretezése, valamint a távhívás jelzésrendszerei ismertetésének, noha a crossbar rendszerek csak 1970-ben jelentek meg a hazai közcélú hálózatban. A műszaki vonatkozások mellett mindig kitért a gazdasági vonatkozásokra is és nyomatékosan hangsúlyozta, hogy középpontban mindig az előfizető, a használó kell, hogy álljon. Az ettől eltérő szemléletet rendszerint rövid ironikus megjegyzéssel bírálta. Az egyik ilyen megjegyzését érdemes felidézni. Az időszerinti díjazás bevezetésekor a HTE-ben előadás hangzott el a lehetséges műszaki megoldásokról. A többszörös számlálás céljáról érdeklődő kérdésre az az ostoba válasz hangzott el, hogy nagyobb legyen a Posta nyeresége. Erre ő tömören csak annyit mondott, hogy ezt a célt olcsóbb megoldással, a karbantartás megszüntetésével is el lehet érni.

Az oktatott tananyagokat jegyzetben is megjelentette. A tananyag korszerűsítést a jegyzetek átdolgozása is követte. Hogy mennyire fontosnak tartotta a jegyzetírást, jól mutatja, hogy a szakmérnökképzésben előadott tárgyához a jegyzetet az előadások kezdetére elkészítette. Előadásaira vázlatokkal készült. A hallgatóit partnereknek tekintette. Mindkét tantárgy kiváló alkalmakat nyújtott volna arra, hogy hallgatóságát zseniális áramkörtervező képességét bizonyító áramköri megoldásokkal kápráztassa el. Ezt soha sem tette meg. Kellő alázattal viszonyult a szakmához. Áramköri példáit egyszerű, mindenki által könnyen követhető feladatok közül választotta.

Kiemelten hangsúlyt adott annak, hogy a hallgatók üzemben is megismerkedjenek az oktatott rendszerekkel. Minden évben több, különböző távbeszélőüzem meglátogatása szerepelt a programban. Ha elfoglaltsága engedte, akkor ezekre, még a vidékiekre is, személyesen elkísérte hallgatóit. Itt konkrét példákon keresztül mutatott rá a konstrukció és a technológia jelentőségére. A meglátogatandó távbeszélőüzemek kiválasztásánál fontos szempont volt, hogy vagy a szolgáltatás speciális követelményeit megvalósító technika, vagy a technikához választott konstrukció hasznos ismereteket nyújtson a résztvevőknek.

Az oktató-nevelő munka minden formájában részt vett. Egyiket sem tartotta rangján alulinak. Hozzá be lehetett menni konzultálni is, ami már akkor is ritka kivételnek számított, hogy egy professzor személyesen konzultálja és ismeri hallgatóit. Ez ma már pedig szinte elképzelhetetlen. Türelemmel magyarázott és ügyelt arra, hogy ne maradjon megválaszolatlan probléma. (L. Kovács Győző: Száz éve született Kozma László – Élet és Tudomány, 2002. február 15.)

Leginkább talán a Tudományos Diákkör vezetését kedvelte, ahol közvetlen párbeszédet folytathatott tanítványaival (1. kép). Ezek a diákkörök nagyon népszerűek voltak. Sokan itt „fertőződtek meg" a számítástechnikával.



1. kép Diákjai körében a MESz-I. számítógép előtt

A vizsgáztatást szintén a hallgatók nevelése szempontjából meghatározó tevékenységének tartotta. Szóbeli vizsgákat tartott és nagy türelemmel próbálta a maximumot kihozni mindenkiből. A vizsgát nem csak számonkérésnek, hanem olyan alkalomnak tartotta, ahol a tudást megerősíteni, a hibákat pedig még korrigálni lehet. Ennek ellenére a készületlenséget nem kezelte elnézően. Igényes, de igazságos vizsgáztató volt. A vizsgázókról egy füzetben feljegyzés készült, ami a húzott kérdések és az arra adott válaszok értékelése mellett rövid jellemzést is tartalmazott. Kiváló emberismeretére jellemző, hogy pár szavas – gyakorta egy vagy két szavas – kifejezéssel tökéletes jellemzést tudott adni.

Nyugalomba vonulásáig rendszeresen elnökölt diplomatervvédésen és államvizsgán. Ezek barátságos hangú beszélgetéssel kezdődtek, hogy oldódjon a feszültség a mérnökjelöltben. Szép fokozatosan terelődött a beszélgetés a tényleges vizsgára. Ha kellett dicsért, ha kellett bírált. Öt nem lehetett „meghatni", ha a jelölt teljes tudatlanságról tett tanúbizonyságot. Ilyenkor kertelés nélkül elmondta véleményét. Egyik alkalommal a jelölt érezve, hogy a vizsgája nem volt sikeres, azzal próbálta őt befolyásolni, hogy az oklevél a beosztása megtartásának feltétele. Megkérdezte a jelölttől, hogy miért fontos neki a beosztása. A válasz: a pénz miatt. Ha ön sok pénzt akar keresni, akkor menjen focistának, mondta a jelöltnek. Mire a jelölt: ahhoz nem értek. De ehhez sem, jött a gyors válasz.

Véleményét mindig és mindenhol őszintén, kertelés nélkül, úgy is mondhatnánk, hogy nem eléggé „diplomatikusan" fejtette ki. Az 56-os forradalom után az MSZMP-t szervezőknek mondott őszinte véleménye miatt semmiféle erkölcsi vagy anyagi elismerésben nem részesülhetett a maga nemében példátlan alkotásért, a MESz-I.-ért. Hasonló megnemértés kísérte a távbeszélő-hálózatunk állapotáról és esetenként kellően át nem gondolt fejlesztési terveiről mondott éles kritikáját. Ő nem rombolni, hanem építeni akart, de ha-

tározottan ellenzett minden olyan ötletet, amely megalapozatlanságával fölösleges figyelem- és erőforrás-elvonást eredményezett volna. Hogy mennyire tisztán látta, mi lenne a helyes teendő, arra jó példa az Ericsson licencvásárlás esete. Már 1956-ban – másokkal egyetértésben –javasolta a felsőbb állami vezetésnek a licenc megvásárlását, amire hosszas huzavona után csak 1968-ban került sor. Lehetne még más eseteket is ismertetni, amikor az élet utólag őt igazolta.

Oktatói szakmai, tudományos fejlődését rendszeresen figyelemmel kísérte. Buzdította, serkentette őket. Új témák, tantárgyak kidolgozására kellő időben kijelölte a téma iránt fogékony munkatársait. Szakmai tanácsaival, tapintatos ellenőrzésével biztosította, hogy oktatói a vállalt kötelezettségüknek időben eleget tudjanak tenni. Munkatársainak minden tőle telhető támogatást megadott, és az indokolatlan támadásokkal szemben megvédte őket.

Ajtaja munkatársai előtt mindig nyitva állt. Hozzá nem kellett előre bejelentkezni, ha tehette, azonnal fogadta a hozzá fordulókat. De nem is igen kellett bemenni hozzá, mert munkatársait rendszeresen felkereste szobáikban, illetve a laboratóriumokban. Közvetlen munkatársaival napi kapcsolatban állt és figyelmesen meghallgatta őket. A szakmai kérdések megtárgyalása mellett érdeklődött munkatársai esetleges családi problémái iránt is és kérés nélkül segített azok megoldásában.

Míg a tanszék létszáma kicsi volt, az összetartozás szellemének erősítésére családos összejövetelekre került sor, rotációs alapon, a tanszéki tagok lakásán. Ilyen alkalmakkor tárult fel teljességében gyengéd humora, tréfálkozó kedve. Tréfái sohasem voltak bántóak. Szerette a tréfát, a humort. Pl. professzortársát 60. születésnapján hosszú humoros versben köszöntette, nagy derültséget keltve a jelenlévők körében.

Szerette a művészeteket, különösen a zenét. Rendszeres színház és hangverseny látogató volt. Otthoni zenehallgatáshoz igyekezett mindig a rendelkezésre álló legjobb minőségű lejátszó berendezéseket beszerezni, hogy minél tökéletesebb minőségben élvezhesse a zenét.

Haláláig kapcsolatot tartott volt munkatársaival. Az egyetemen rendszeresen meglátogatta őket és a lakásán is szívesen fogadta őket. Az együttlétek legtanulságosabb része volt az eszmecsere, amely nem csak a szakmára korlátozódott. Munkatársai közül sokan mondhatják, hogy nem csak professzoruk, hanem atyai jó barátjuk is volt.

Hírek

A Microsoft október 14-én beadta a derekát a Linux támadása előtt. A Linux vállalja a nyílt forráskódok forgalomba hozatalát, díjmentesen, regisztráció fejében, míg a Microsoft évek óta nem mutatott hajlandóságot arra, hogy forráskódjaiba betekintsenek. Most a Microsoft már egyetért a Linux fölfogásával és bejelentette, hogy válogatott ügyfelei számára licencdíj fejében hozzáférhetővé teszi forráskódjait, hogy a Linuxhoz hasonlóan saját szoftverjeiket a forráskód és működésének ismeretében, esetleg módosítva, fölhasználhassák.

A világszerte megszólaló kommentátorok általában üdvözlik a lépést. Míg a Microsoft ügyfelei számára emelte díjait, addig a Linux olcsó és egyszerű maradt. A nagy fölhasználók körében terjedt a Linux, aminek részesedése szerveralkalmazásokban már az egyharmadot közelíti. Az áttérést a személyi számítógépek esetében viszont nehezíti, hogy a költség jelentős részét az érintett dolgozók átképzése teszi ki.

A Microsoft helyzete a személyi számítógépek piacán szilárd. Most megnyilvánult sebezhetőségét azzal kívánja ellensúlyozni, hogy beszüntetteti szolgáltató tevékenységét (MSN), ami saját tapasztalatlansága és AOL, valamint Yahoo! erős versenyhelyzete miatt veszteséges. (H. Gy.)

❖ ❖ ❖

Az első kettős üzemmódú WCDMA/GSM hívásokat sikeresen továbbítottak a kétféle hálózat között. A Telia és a Hi3G (Hutchison Whampoa) számára rendezett bemutatón nagy adatátviteli sebességet vittek át a két hálózaton. A bemutatón kis méretű Sony Ericsson készüléket használtak. Ennek 384 kbit/s az adatátviteli sebessége.

Fontos, hogy a 3G bevezetése után a hívások átadása zökkenőmentesen jöjjön létre. Az átadás lehetővé teszi a nyilvános hálózatot üzemeltetők számára 3G hálózatuk kiterjesztését és – a meglévő GSM-et az új WCDMA hálózatokkal kombinálva – teljes körű lefedettség biztosítását.

Az alkotó mérnök

HORVÁTH GYULA

távközlési tanácsadó mérnök

Az első világháborút követő sanyarú évtizedben az automata telefonközpont bevezetésének lázában égett a magyar távközléstechnika fellegvára, az Egyesült Izzólámpa- és Villamossági Részvénytársaság (EIVRT) Távíró- és Telefon Osztálya, és a Posta, amely kinőtte kézi kezelésű telefonközpontjait. Ebbe a környezetbe csöppent bele Kozma László, a frissen végzett gépészmérnök, Aschner Lipót, az újpesti gyár legendás menedzsere által alapított ösztöndíjával. A híres magyar vákuumtechnikai szakemberek, Bródy Imre, Szigeti György, Winter Ernő mellé került. Az új telefonmérnök megszállottan tanulmányozta az akkori csúcstechnikát. Aschner javaslatára már 1930-ban Antwerpenben találjuk, ahol akkor a tulajdonos, az International Standard Electric Co. (ISEC) európai kutató-fejlesztő központja (Bell Telephone Manufacturing Co., BTM) működött. Itt részvételével születtek meg a gyár eredeti konstrukciójának, a Rotary központrendszernek továbbfejlesztett változatai, közben az első jelfogós számítógép kísérleti példányai. Itt foglalkoztak a telefon-forgalomelmélet problémáival is. Ebben a környezetben Kozma mérnök a kapcsolástechnika elméletét és gyakorlatát kiválóan ismerő, széles látókörű, világszínvonalú szakemberré fejlődött. Nevéhez több mint 37 szabadalom fűződött, amiket az ISEC számos országban, köztük hazánkban szabadalmaztatott.

Szakmai pályafutásának második, ragyogó szakasza a háború befejeztével indulhatott meg. Azonnal tagja lett annak az új vezetőgárdának, akire a háború alatt elpusztult távközlő berendezések helyreállítása és pótlása terén az Egyesült Izzóból 1928-ban kivált Standard Villamossági Rt. által elvégzendő sürgős föladatok megoldása hárult. Elméleti fölkészültsége és az Antwerpenből hozott tapasztalata igen sokat segített a jóvátételbe szállítandó telefonközpontok szokatlan műszaki föltételeit teljesítő konstrukciós módosítások ügyes megoldásában. Ugyanakkor külföldi kapcsolatain keresztül tájékozódott a legújabb amerikai kutatási-fejlesztési eredményekről, kiválasztva ezek közül a Budapesten is lehetőleg azonnal bevezethető újításokat.

A telefonmérnökök szakmai továbbképzése

Dr. Kozma László cégvezető igen jól tudta, hogy az előre jutásnak legfontosabb föltétele a munkatársak nyelvi és szakmai fejlődése. Az 1950 előtt végzettek a telefontechnikában mind autodidakták voltunk, mert az egyetemről nagyon keveset hoztunk, pl. a kapcsolástechnika csak a kézi kezelésű központ zsinóráramköréig jutott el. Alig volt magyarnyelvű szakirodalom. Esetenként a Koczka–Fodor–Tamási szerzőhármas jól megírt könyvéhez fordulhattunk. Alig voltak nemzetközi szabványok (hazaiak egyáltalában nem), amelyekből tanulni lehetett volna. 1945 előtt a szakmai munka középpontjában a BTM (Bell Telephone Manufacturing) licence alapján vásárolt telefonközpontok áramkörei (jelfogókból és kevés más alkatrészből álló funkcionális egységek) álltak, azok részleteit elemezgettük. A rendszertechnikai összefüggések sokkal kisebb mértékben, lényegében csak a jelzésátvitel szintjén kerültek szem elé.

A továbbképzésre a munkaidőt sem szabad sajnálni, győzte meg dr. Kozma a legfölsőbb vezetést. Mivel az információk Antwerpenből angol nyelven jöttek, megértésükhöz az angol nyelv is nélkülözhetetlen volt. Az angol órákon személyesen mutatta be az Antwerpenben használatos szakmai nyelv sajátságait, közben javítgatva a részvevők köznyelvi angol tudásából ki-ki bukkanó hiányosságokat is. Példaszövegeket olvastatott velünk, a gyár és külföldi fölöttes szervei közötti levelezésből. Ezeken keresztül betekintést nyertünk az ilyesféle levelezésen keresztüli ügyintézésbe. Egyik példalevél bocsánatkérés volt egy ügyfél felé jelentős ügyintézési hiba miatt. Ebből megtanultuk, hogy nem elég bocsánatot kérni, a hibát rá kell fogni egy kitalált kezdő munkatársra és megjegyezni, hogy már ki is van rúgva. Egy másik levélben Bell Antwerpen figyelmeztette gyárunkat, hogy egy ügy szívességből elintézéséért illik valami kis díjat fizetni ama dolgozójuknak, aki azt ügyesen rendbe tette.

Dr. Kozma László mutatta meg nekünk a forgalomelméletnek, a telefonforgalom matematikai modelljének értelmét és szükségességét, és tanított meg a lényeges összefüggésekre. Abban az időben a forgalomelméleti kutatások fontos témája volt a kapcsolófokozatok közötti vonalak jobb kihasználása végett alkalmazott, lépcsőzésnek nevezett elrendezés. Míg mások a lépcsőzés méretezésére használható képletekkel dolgoztak, az antwerpeni gyár szimulátort szerkesztett.

Ezzel vizsgálta a gyakorlatban szóba jöhető lépcsőzési elrendezések forgalmi teljesítőképességét. Eredménye terjedelmes táblázatokban jelent meg, ezeket tanítómesterünk sokszorosította és közöttünk kiosztotta.

Ugyancsak ő mutatta meg a matematikai logika gyakorlati alkalmazhatóságát vezérléstechnikai funkciókat ellátó erőforrások tervezésében. Addig két alapösszefüggés ismeretében intuitív alapon folyt a tervezés. Jellemző tanácsa volt: „ha már túl bonyolult az általad tervezett áramkör, akkor dobd el, és üres papírlapon kezdd elölről." A szakma egyik alaptörvényének tartotta azt a szabályt, hogy a telefonközpontnak és részegységeinek „bolondbiztosnak" kell lennie, vagyis a telefonáló bárhogyan is kezeli készülékét, a központ működésének nem szabad fönnakadnia (ma ezt lefagyásnak mondjuk), hanem legkésőbb a kézi beszélő letevésekor önműködően alapállásba kell kerülnie.

Lelkes főnökünk azt mutatta meg, hogy egyes részmegoldások milyen gondok megoldása, és lehetőségek kihasználása végett kerültek az áramkörökbe. Ezen keresztül terelte figyelmünket arra, hogy a kutató-fejlesztő mérnök dolga a feladatmegoldás. Továbbá rendszerszemléletre nevelt bennünket a rendszerösszefüggések és az automata központokkal kapcsolatos rendszertechnikai problémák elemzésével. Ezen túlmenően a tárgyi ismeretek átadásánál is fontosabbnak tartotta, hogy megtanítson bennünket tanulni. Megmutatta, hogyan keressünk folyóiratcikkeket, búvárkodjunk könyvekben, hogyan és mit jegyzeteljünk ki belőlük. Útmutatásait nem volt nehéz követni, mert a gyárnak jól ellátott könyvtára volt.

A telefonközpontok jövője

Tanítómesterünk szervezte meg, hogy az alkalmazottak a telefonközpontok várható fejlődéséről, a távhívás [akkor még távhívásnak nevezték] bevezetéséről. Antwerpenben készített filmet megtekinthessék. A filmen a narrátor angolul beszélt, de ezt lehalkították és a nézőtérről maga konferálta magyarul a filmet.

A Mérnöki Továbbképző Intézetben is tartott tanfolyamokat, és szervezte mások előadásait. Nagy jelentőséget tulajdonított a részvételével megalakított Híradástechnikai Tudományos Egyesületnek (HTE), az informális találkozásoknak, a gyáron kívüli szakemberek megismerésének és a kapcsolatok építésének.

A gyári mérnökök látókörének bővítése végett beszélt a számítógép jelentőségéről és jövőjéről (viszont szerényen hallgatott személyes közreműködéséről megalkotásában). A gyári tanfolyamon ismertette az ENIAC-ot. Akkor már az is szédítő távlatnak tűnt, hogy az egész gyár bérelszámolását számítógéppel lehet majd végeztetni. Ismertette a Rotary rendszer még fejlesztés alatt álló következő tagját (7E) és a crossbar technika lényegét, hogy a jövőre felkészültek legyünk.

A gyári tanfolyamnak ma már csak 3-4 résztvevője él. Korabeli írásbeli dokumentumok hiányában e cikk az Ő emlékeikből épül föl. Ezek között az egyik az eltérő kultúrák eltérő értékelése: „Az ikervonal Amerikában azért népszerű, mert lehet hallgatni, amit a szomszéd beszél. Magyarországon azért népszerű, mert a szomszéd nem hallja, amit az előfizető beszél." Egy másik véleménye arra a kérdésünkre válaszolt, hogy „Mikor kell lecserélni egy telefonközpontot?" Válasza: „Amikor a fönntartási költségek elkezdenek számottevően emelkedni. Ekkor már érdemes kiszámítani, hogy ha a régi központot fölcserélik egy újjal (még ha ugyanazon típus is, vagy nem nyújt több szolgáltatást, mint a régi), akkor a szolgálat fönntartása ezentúl kevesebb pénzbe kerül-e (munkabér, anyagfölhasználás, stb.)?"

A tőle hallott anekdota szerint, amikor a belgiumi központokban a pontos idő francia nyelvű gépi bemondását vezették be, akkor a flamand országgyűlési képviselők követelték, hogy flamand nyelven hallgatható pontos idő is legyen. Meg is valósult, de a francia anyanyelvű vallonok szerint kevesen vették igénybe. Erre számláló jelfogókat szereltek föl, amelyek állását az újságok naponta közölték. Lelkes egyetemi hallgatók utcai telefonfülkékből-fülkére járva hívogatták a flamand pontos időt, hogy a flamand számláló elég nagy számot mutasson.

E példák azt is szemléltetik, hogy dr. Kozma a távközléstechnikán kívül annak gazdasági, társadalmi vonatkozásairól is tájékozott volt. Ezek és más esetek említésével ébresztette föl igényünket arra, hogy széles látókörűek legyünk. A Híradástechnika c. folyóiratban 1945–50 között megjelent cikkeiből ma is tanulni lehet.

Mérnöki alkotások

Az új központok beszerzésénél dr. Kozma a Postánál keresztülvitte, hogy azok a beszélgetés időtartamának mérésére és a beszélgetések időtartamáról statisztika készítésére is alkalmas legyenek. Ezúton a forgalomelmélet alapadatának alakulását lehetett volna figyelemmel kísérni, ha a Posta nem sokallotta volna a számára fönntartott helyet.

Akkoriban támadt igény a 7D rendszer rurál változatára, jugoszláv és szovjet jóvátétel céljára. Dr. Kozma gondoskodott róla, hogy a háború alatt Antwerpenben elvégzett tökéletesítések az itthon gyártott 7DU rendszerű központokba is bekerüljenek. Felelőse Kas Oszkár, 1956 óta műszaki igazgató volt, akinek intézkedéseiben, stratégiai elgondolásaiban végig tükröződött Dr. Kozma László szelleme.

Mesterünk legjelentősebb alkotása a zsinórnélküli helyközi központ volt. A négyhuzalos áramkörök és a vivőhullámú technika terjedésével a zsinóros központok alkalmatlansága négyhuzalos átkapcsolásra már nálunk is súlyos gátló tényezővé vált. A helyi központrendszerekkel szerzett tapasztalatok alapján viszont már mód volt a Rotary technika fölhasználásával négyhuzalos kapcsolásra alkalmas központok megalkotására.

Erre vállalkozott nagy ambícióval és szakmai hozzáértéssel dr. Kozma. A rendszertechnikai tervezést maga

végezte, beleértve az általa szükségesnek tartott funkciók, szolgáltatások megmagyarázását a Postának. Hétfő reggel gyakran behívta a részletek megtervezésével foglalkozó kezdő fiatal kollégákat (Molnár Pál, Varga Károly) és elmagyarázta nekik a hétvégén kidolgozott áramköröket. Keze nyoma minden részleten meglátszott. Számomra negyedszázaddal később élvezetes föladat volt a zsinórnélküli központról Ericsson mérnökei számára olyan interfész leírást készíteni, aminek alapján crossbar rendszerük és a zsinórnélküli központ együttműködését könnyen meg tudták tervezni.

Főnök és munkatárs egyben

A munka szakmai tartalma mellett igyekezett a beosztottjaival is jó személyes kapcsolatokat fönntartani. A műszerészektől a mérnökökig munkatársait egyenrangúként kezelte. A gyárban megteremtette a föltételeit annak, hogy az érdekelt alkalmazottai bejussanak az Állami Műszaki Főiskolára vagy a Budapesti Műszaki Egyetemre hallgatónak. Ezek száma jelentős volt, mert a háború előtti közoktatási rendszerben nem volt lehetőségük arra, hogy felsőoktatásban részesüljenek.

Fiatal közvetlen munkatársaival összetegeződött és örült, hogy Laci bátyánknak szólítottuk.

A vezetők aligazgatókig bezárólag gyakran közvetlenül is érdeklődtek arról, hogy a Mérnöki osztályon és a Szerkesztésben ki min dolgozik. Egyik céljuk a munka helyes szervezettségének ellenőrzése, másik céljuk tájékozódás volt az egyes munkatársak szakmai fejlődéséről, esetleges személyes gondjairól. Egy, most Amerikában élő akkori munkatársunk még élénken emlékszik arra, hogy számára milyen mozgósító volt az a beszélgetés, amit vele a rajztáblája mellett folytatott. Amikor egy kis céghez – ahol másodállásban egy nagyon érdekes feladaton dolgozott – akart átmenni, azzal beszélte le az állásváltoztatásról, hogy „a kis cégek csak kopíroznak (szó szerint így), az igazán új és nagyszabású dolgok a nagy gyárakból kerülnek ki". Az emlékező soha többet nem akart kis céghez elmenni.

A börtönből is tanított

Gyári munkássága és a felsőoktatás megszervezése körüli munkásságáért 1948-ban az elsők között kapott Kossuth-díjat. Ennek ellenére 1949 végén, a koncepciós Standard-per során letartóztatták. Ezt csak később tudtuk meg. A per gyalázatos kimenetele Geiger Imre vezérigazgató életébe került, Kozma öt évet töltött börtönben. A börtönben az utolsó években részvételével „Mérnöki Irodát" szerveztek, aminek szolgálatait gyárunknak (akkor már BHG) is fölajánlották. Kijelöltek közülünk egy összekötőt (Pintér Lajos). Bár neve nem hangzott el, tudtuk, hogy ő fog ott nekünk dolgozni. A Pesterzsébet mellékközpont áramkörei vizsgáló berendezéseinek megtervezését kértük meg az összekötőn keresztül. Válaszként a vizsgáló berendezés kapcsolási rajzán és annak műszaki leírásán kívül egy listát is kaptunk azokról a hibákról, amik az áramkörökben még bennmaradtak. Ezzel a listával nemcsak e konkrét példával tanított bennünket, hanem annak fölmérését is lehetővé tette, hogy meddig haladtunk az áramkör tervezési ismeretekben, és hogy még milyen sok tennivalónk van szakmai gyakorlatunk növelésében.

A börtönben az ikervonal áramkörrel kapcsolatban dolgozott ki újítást, amit elbírálásra és laboratóriumi kipróbálásra a gyárba küldtek. Ez sikeres volt, az újítást elfogadták. Csak gyanítottuk, hogy az újító ő lehet, mert más újításokkal is előfordult, hogy az újító neve nélkül került hozzánk. Ott dolgozta ki az SB típusjelű központot is.

Viszontlátás

Kiszabadulása érdekében a gyárból is indultak el kezdeményezések. Kiszabadulása után (1954) egyetemi tanári állását kapta vissza, a gyárban az akkori viszonyok között nem is találta volna meg a helyét. A gyárba be sem nézett (el is borzadt volna), úgyhogy csak alkalmilag, a HTE és más intézmények rendezvényein, bizottsági üléseken stb. találkoztunk vele. Működésének kézzelfogható jelei rövidesen megjelentek. A Műszaki Könyvkiadó „CCIF jelzésátvitel" néven 1956-ban kiadta a nemzetközi távhívásra vonatkozó Ajánlások időszerű részét magyar fordításban, aminek ő volt a lektora és ő írt hozzá tanulságos előszót. Ebből ismertük meg a távhívásra vonatkozó nemzetközi előírásokat, amelyek kiegészítették a távolléte alatt készült mérnöki továbbképző jegyzeteket.

Az 1957-ben, Leningrádban (ma: Szentpétervár) tartott KGST szakértői értekezlet egyik témája volt a kialakítandó crossbar rendszer tápfeszültsége. A KGST-ben egyedül Magyarországon volt ez 48 V, a többi országban 60 V. A magyar küldöttség tagjaként Kozma professzor alaposan kidolgozott, kiválóan fölépített, meggyőzően érvelő előadásban bizonyította be, hogy a 48 V előnyösebb, mint a 60 V. Az előadás mégsem volt eredményes, mert a Szovjetunióval az élen, a 60 V-ban érdekeltek erőfölényben voltak.

Kozma-iskola

Talán nem szerénytelenség szakmai Kozma-iskolának nevezni azokat, akiket dr. Kozma az említett gyári tanfolyamon, majd a Budapesti Műszaki Egyetemen nevelt ki, mert elődeikhez képest szakmai szellemük, szaktudásuk és munkastílusuk lényeges előrelépés volt. Fontos kijelentés volt válasza arra a kérdésünkre, hogy a szakma mely ágait tartja legfontosabbnak? „Rendszertechnika és számítástechnika," mondotta. Előbbinek elfogadása döntően segített abban, hogy a BHG termékfejlesztése saját lábára állhatott. Wirth József vezetésével a crossbar alközpontok teljes választékát fejlesztették ki. Ezzel párhuzamosan Molnár Pál az elektronikus technika bevezetését irányította. Ennek során tanítómesterünk példáját követve a 60-as

években szombatonként „szemináriumot" szervezett, ahol a munkatársak a külföldi szakirodalom alapján előadásokat tartottak az elektronikus telefonközpont-technikáról. Kozma professzor levélben javasolta a Magyar Tudományos Akadémiának, hogy Molnár Pált a kandidátusi cím viselésére jogosítsa. Ez – a munkatársak nagy örömére – meg is történt. Ő az egyetlen, aki a gyárból kandidátus lett.

Kozma professzor jelfogós számítógépével készíttették el tanszékén azt a nomogrammot, amely a Strowger központokkal való együttműködés céljára a gyárban általam kidolgozott forgalomelméleti képlet használatát lehetővé tette.

Tanulság

Nélkülözhetetlen érték a magas színvonalú elmélet. Gyakorlati hatása viszont akkor érvényesül ha léteznek gyakorlatba átültetésére képes, elhivatott, akár börtönben is alkotó szakemberek. Az ilyenek példája nyomán nemzedékek folytatnak a közösség számára igen értékes munkát. Dr. Kozma László érdeme, hogy tanítványai munkássága nyomán hazánkban a távközléssel foglalkozó vállalatok tudományos vagy ipari kutatásra és önálló gyártmányfejlesztésre képes iparággá fejlődtek, követői nemzetközi viszonylatban is megállják helyüket.

Hírek

A Siemens Mobile Stockholmban kialakított egy lakást Siemens zsinórnélküli (cordless) technológiával felszerelve. A családi házban a zsinórnélküli kommunikáció legújabb vívmányai fogadják a látogatókat. A szellemes drótnélküli hálózat segítségével notebookon lehet nézni DVD-filmeket, amelyeket a belső szobában levő PC-re tettek fel.

A hatszobás ház helyiségeiben DVD meghajtós PC-k és notebookok, MP3-játszók, digitális kamerák és drótnélküli telefonok találhatók. A hálózatnak szélessávú internet, ISDN és analóg hálózati csatlakozása is van. Egyszerre nyolcan internetezhetnek, miközben valaki városi vonalon telefonál, hat másik családtag pedig helyben hívhatja egymást. A hálózat magja a Siemens Gigaset4975 voice&data. Ezzel érzékeltetve, hogy a 21. században a drótnélküli hálózatok lakásokban történő kiépítése ugyanolyan magától értetődő lehet, mint a 220 V-os energiahálózaté – kiküszöbölve ezzel a kábelrengetegeket.

❖ ❖ ❖

Az Amerikai Nemzeti Tudományos Alapítvány kivitelezőt keres annak a fénykábelnek a lefektetésére, amely a Déli Sarkot bekapcsolná a globális kommunikációs hálózatba. A kábel az elképzelések szerint csaknem kétezer kilométer hosszan húzódna végig a sarkon. A terv megvalósítása óriási mérnöki teljesítményt kíván meg: az Antarktiszon áthúzódó fizikai összeköttetés tervezési és kivitelezési munkálatai csak 2009-re fejeződnének be.

A Déli Sarkon nem láthatók geoszinkron távközlési műholdak. Ez pedig jelentősen korlátozza a távközlés lehetőségeit. A megnyújtott keringési pályán mozgó néhány műhold használata pedig nehézségeket okoz. A kábel a Déli Sarktól a Concordia nevű, tartósan lakott francia állomásig húzódna. Ez a távolság mintegy 1670 kilométer. A Concordia a földrajzi szélesség 75. fokán, a geostacionárius műholdak közvetlen látótengelyében található.

Egy állandó, nagy kapacitású fénykábel megoldást jelentene. Az összeköttetés nagysebességű, megbízható internet-hozzáféréssel látná el a Déli Sarkot, emellett közvetlen telefonkapcsolatot is teremtene, s az ott dolgozó emberek egészségi állapota is folyamatosan figyelemmel kísérhető volna.

Az egyik legnagyobb problémát a kábel védelmének biztosítása jelentené, amelyet nemcsak a nemritkán tartósan –50 °C alatti hőmérséklettől, hanem az elmozduló jég deformáló hatásától, terhelésétől is óvni kell.

A fénykábel lefektetésének költségeit mintegy 250 millió dollárra becsülik, megvalósítása pedig óriási technológiai kihívást jelentene.

Infokommunikációs hálózati trendek

BODA MIKLÓS

kutatásfejlesztési igazgató
ERICSSON

Egységes hálózati modell

Az integráció egy sokat emlegetett kifejezés a távközlésben. De jelentése gyökeresen megváltozott az évek folyamán.

A 90-es évek elején a távközléssel foglalkozó kutatók és fejlesztők a B-ISDN (Broadband Integrated Services Digital Networks) technológiára való áttérés lázában égtek. A B-ISDN a tervek szerint a telefonhálózatot váltotta volna fel, de a hangátvitel mellett számtalan új alkalmazásra is lehetőséget ígért. Az elképzelések között egyebek mellett nagyfelbontású álló- és mozgóképátvitel, videotelefon, illetve adattovábbítás is szerepelt. A máig is érvényben lévő szabványok szerint a B-ISDN hálózatok alapját az ATM (Asynchronous Transfer Mode) hálózati protokoll képezte volna. Az ATM réteg alatt leginkább az SDH (Synchronous Digital Hierarchy) technológiával, optikai kábeleken felépített logikai hálózatot képzelt el a szabvány.

Ma már érezhető, hogy a B-ISDN eredeti elképzelésein a világ azok megvalósulása nélkül továbblépett. Ennek oka bizonyosan nem az igény hiánya, hiszen a B-ISDN tervezése óta eltelt másfél évtized alatt szemünk láttára valósult meg egy világméretű szélessávú átviteli hálózat, ami szinte pontosan azokat a szolgáltatásokat nyújtja, amelyek a tervek szerint a B-ISDN feladatai lettek volna. Az interneten az elektronikus levelezés és adatbázis-hozzáférés mellett ma már telefonálni is lehet, sőt, egyre másra jelennek meg a különböző multimédia alkalmazások. Miközben például a B-ISDN tervezett Video On Demand (hálózaton keresztüli „videó-kölcsönző") szolgáltatása papíron maradt, az interneten megjelent zene-cserélgető programok egyik pillanatról a másikra elterjedtek nem kis fejfájást okozva a nagy zeneműkiadóknak.

A B-ISDN elképzelések meg nem valósulását nem magyarázhatjuk a választott technológia alkalmatlanságával sem. Ma ugyanis, az ATM az internet egyik fontos építőeleme, ami egyre több hálózatban váltja fel a korábbi megoldásokat. Ez a jelenség ugyanakkor jól mutatja az alapvető különbséget a B-ISDN és az internet között. A B-ISDN megtervezésekor egy távközlő-hálózat egészét igyekeztek leírni a fizikai rétegtől a hálózati protokollon keresztül az alkalmazásokig. Ennek a tervezési módszernek logikailag első lépése a majdani szolgáltatások meghatározása, amelyeket a tervezés minden további fázisában figyelembe kell venni. A szabvány egyes elemei úgy illeszkednek egymáshoz, hogy a lehető legjobban szolgálják a végső célt, a felhasználónak nyújtott alkalmazást. Ennek a vertikális megközelítésnek az előnyei nyilvánvalóak, amennyiben feltételezhetjük, hogy a leendő alkalmazásokat valóban előre ismerjük, és a felépítendő rendszer minden elemét megválaszthatjuk. A tervezési lépések egymásba kapcsolódása azonban azt eredményezi, hogy amilyen hatékonyan működik rendszerünk az eredetileg tervezett körülmények között, annyira rugalmatlannak bizonyul, amikor a peremfeltételek változása (például új szolgáltatások megjelenése) miatt egyes elemeit meg kell változtatnunk.

Az internet a fentitől gyökeresen különböző horizontális tervezési elvek szerint épül fel. Az egyes protokollszinteket úgy tervezték meg, hogy azok egyszerű szolgáltatást nyújtsanak a fölöttük levő réteg számára, így az alkalmazástól függetlenek lehessenek. Ennek eredménye, hogy az internet nehezen érheti el a távközlési hálózatok szolgáltatásminőségét, de rugalmasságban messze felülmúlja azokat.

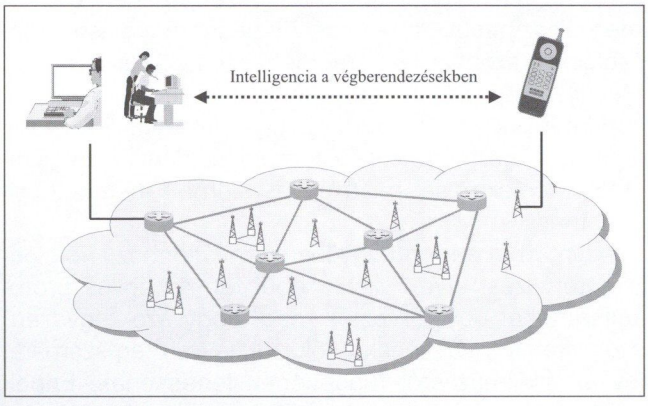
A horizontális tervezési elvekből következik a TCP/IP protokollcsalád alapvető tervezési tulajdonsága, az úgynevezett end-to-end tulajdonság. Az end-to-end elv azt jelenti, hogy a hálózati funkciók jelentős részét a végberendezésre bízzák. Például a titkosítás, a hibamentes átvitel vagy a megbízható üzenettovábbítás egy end-to-end hálózatban a végberendezések felelőssége és nem a hálózaté. Egy ilyen rendszerben a hálózat buta és egyszerű adattovábbítást végez, míg a terminálok intelligensek és az ő feladatuk a bonyolult műveletek elvégzése.

Ez az elv szöges ellentétben áll a telefóniában megszokott vagy a B-ISDN esetében elgondolt tervezési elvekkel. Ott a terminál egyszerű és a hálózat nyújtja a bonyolult szolgáltatásokat. Ilyen szolgáltatás például a hívásátirányítás, a rövid számok vagy a foglalt vonal felszabadulásakor bekövetkező automatikus újrahívás. Ez a fajta tervezés üzleti szempontból roppant kedvező a hálózat üzemeltetőjének, hiszen a szolgáltatások bevezetése és árazása az ő kezében van. Egy end-to-end

hálózatban a fenti funkciók a terminál felhasználói kezében vannak és így ezekért extraprofit nem gyűjthető.

Bizonyos értelemben azonban minden olyan hálózat, amely adattovábbítási szolgáltatást nyújt, automatikusan end-to-end jellegű. Ily módon például a fax elterjedése a telefonhálózat end-to-end használatát jelenti, amikor a kommunikáció hozzáadott értékét a faxkészülékek jelentik és nem a hálózat adja. Hasonló alkalmazás még az üzenetrögzítő vagy pedig a DTMF jelekkel működő, automata call-center szolgáltatások is. Ezeknél a telefont ugyancsak az adatátvitelre használjuk, a szolgáltatás értéknövelt részét pedig a végberendezések valósítják meg. Az, hogy a kialakuló konvergált világhálózat technikailag milyen elvek szerint épül fel, komolyan meghatározza majd a kapcsolódó üzleti modellt is, ami ma még jelentősen különböző a telefon- és internethálózatban.

A horizontális tervezés és az end-to-end jelleg teszi lehetővé az internet-alkalmazások igen gyors elterjedését is. Ennek legszembeötlőbb formája a WWW, ami szinte 4-5 év alatt teljesen dominánssá vált az interneten. Sohasem tudhatjuk, mikor bukkan fel valami robbanásszerűen elterjedő új alkalmazás, ún. killer application.



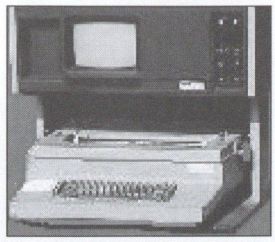
1. ábra „End-to-end" filozófia

A jövő hálózatait, így a mobil hálózatokat is úgy kell megtervezni, hogy elősegítsék újabb és újabb alkalmazások megjelenését. Ez számos követelményt támaszt a mobil készülékekkel és a hálózatokkal szemben, de befolyásolja az üzleti modelleket is.

A mobil készülékek, hálózatok fejlődése

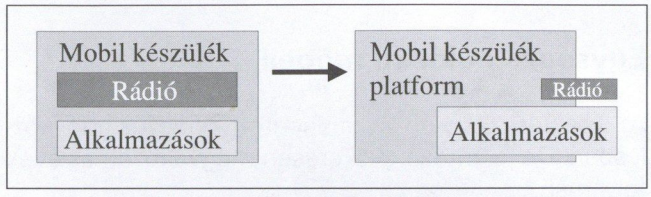
A jelen mobil készülékei nagyon sokféle szolgáltatást nyújtanak: színesek, zenélnek stb. De bármilyen sokat tudnak, valójában csak speciális célú berendezések, amelyek hosszútávon zsákutcát jelentenek a fejlődésben. Erre számos korábbi példát találunk. Pl. a 70-es években gyártott szövegszerkesztő berendezést mára teljesen elfelejtettük, mert felváltották a szövegszerkesztésre és sok minden másra is használható asztali számítógépek.

A mai telefonok a rádió köré épülnek és az alkalmazásokat a készülékkel együtt szállítják.



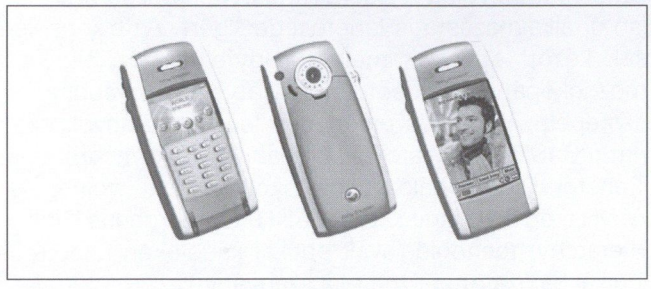
2. ábra Szövegszerkesztő a 70-es évekből

A jövő mobil készülékei olyan nyitott platformokra épülnek majd, amelyek lehetővé teszik új alkalmazások fejlesztését, letöltését. Gyakorlatilag úgy használhatjuk majd mobil telefonunkat, mint egy hordozható személyi számítógépet. Sőt, ha külföldre utazunk, akár az adott helyen használatos rádiós protokollok implementációját is letölthetjük egy szoftver modulként.



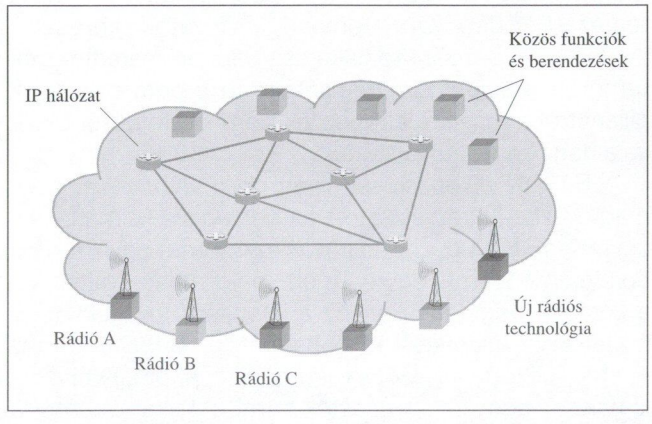
3. ábra A jövő mobil készüléke platform alapú lesz

Ezt a tendenciát tükröző telefonok már ma is elérhetőek, ilyen pl. a Sony Ericsson P800-as csúcsmodellje.



4. ábra „Platform alapú" többfunkciós mobil készülék

Ma még minden egyes rádiós hozzáférési technológiához külön hálózatot kell építeni. Sőt, ugyanabból a hálózati technológiából is párhuzamosan több, teljesen kiépített hálózat a megszokott, gondoljunk csak a GSM szolgáltatókra. A jövő hálózatában többféle rádiós technológia osztozik ugyanazon a hozzáférési hálózaton, ennek köszönhetően a vezetékes hozzáférési technológia függetlenné válik a rádiós technológiától. Így nemcsak



5. ábra Integrált hálózati infrastruktúra

az válik lehetővé, hogy költséghatékonyabban lehessen hálózatokat építeni, de az új rádiós technológiák bevezetése is olcsón és gyorsan megoldható lesz.

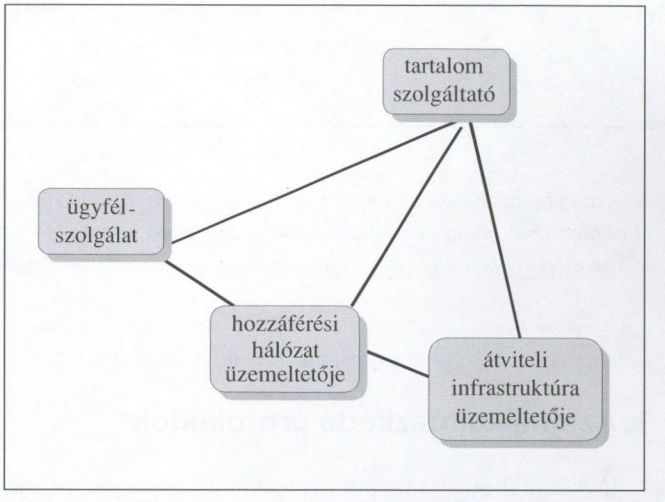
A fizikai hálózaton túl egyéb, magasabb szintű hálózati elemek is megoszthatók, mint pl. a számlázás, előfizető azonosítás, vagy olyan közös szolgáltatások is kifejleszthetők, amelyek ezáltal hálózat-függetlenné válnak.

Piaci szereplők

Az új hálózati struktúra rugalmasabb üzleti modelleket tesz lehetővé. Az üzletben részt vevő szereplők többfajta alapfunkcióból állíthatják össze saját üzleti stratégiájukat. Ezek a funkciók sokféle módon csoportosíthatók:

- Az átviteli infrastruktúra üzemeltetője biztosítja a távolsági összeköttetéseket a hálózati berendezések között jellemzően üzleti ügyfelek részére. Fő szempontja a költséghatékonyság, amit elsősorban méretgazdaságossággal ér el.
- A hozzáférési hálózat üzemeltetője az átviteli infrastruktúrát felhasználva hálózati hozzáférést nyújt. Mobil környezetben ez a szereplő birtokolja a frekvencia licenszét, és pl. internetes hozzáférés esetén ő biztosítja az IP címet a felhasználó számára.
- A tartalomszolgáltató az, aki értéknövelt szolgáltatásokat nyújt az előfizetők részére. Ahhoz, hogy ez a modell működhessen, meg kell oldani a bevétel megosztását a tartalomszolgáltató és a hálózat üzemeltetője között. Ennek egy lehetséges megvalósítása az ún. „micropayment".
- Az előfizetőkkel közvetlen kapcsolatot tartó, ügyfélszolgálattal rendelkező szereplő. Itt nem feltétlenül mobil előfizetőkkel rendelkező szereplőkről van szó, hanem olyan hagyományos ügyfélkörrel rendelkező vállalkozásokról, amelyek hálózaton is hozzáférhetővé teszik szolgáltatásaikat. Ilyen lehet pl. egy bank, amely banki szolgáltatásokat nyújt előfizetői részére a mobil hálózaton.

A mobil internet sikeressége nagyban függ attól, mennyire lehet üzletileg az összes szereplő számára hasznot hozó struktúrát kialakítani. A gyakorlatban a fenti szerepek általában nem tisztán jelentkeznek. A mostani mobil szolgáltatók tipikusan mind a négy funkciót lefedik, de a japán példa mutatja, hogy a tartalomszolgáltatás egyre inkább különválik, ami újabb lendületet adott a mobil internet ottani elterjedésének.



6. ábra Üzleti szerepek

Összefoglalás

A jövőben olyan általános célú készülékek várhatók, amik nyitott platformokra épülnek. A hálózatok konvergenciája abban jelenik meg, hogy a hálózati alkalmazások függetlenné válnak a hálózati technológiától. Új üzleti modellek alakulnak ki, és új szereplők jelennek meg a piacon, ami a mostani szolgáltatókat is stratégiájuk átgondolására kényszeríti. Ahhoz azonban, hogy az új üzleti struktúra életképes legyen, a résztvevőknek meg kell tanulniuk együttműködni.

Gratulálunk

Nagy Jolantának, a Matáv Rt., központvezetőjének, Pintér Istvánnak, a Hírközlési Felügyelet munkatársának, Dr. Battistig György, Dr. Csapodi Csaba és Esztó Péter minisztériumi munkatársaknak abból az alkalomból, hogy Kovács Kálmán informatikai és hírközlési miniszertől megkapták a Magyar Hírközlésért szakmai érmet. Ezzel egyidejűleg Magyar Informatikáért szakmai érmet kapott Dr. Gergely Tamás, Dombi Gábor, Gáspár Mátyás és Dr. Z. Karvalics László.

További eredményes munkát és sok sikert kívánunk!

Önalkalmazkodó protokollok tesztelése

DR. ADAMIS GUSZTÁV

adjunktus

BME – TTT

A cikkben bemutatjuk a protokollok azon új generációját, amelybe a környezeti változásokhoz alkalmazkodni képes protokollok tartoznak. Az áttekintés után pedig azzal foglalkozunk, hogy ezen protokollok konformancia tesztelésekor a tesztkészletet hogyan célszerű kialakítani, milyen módon célszerű megváltoztatni a hagyományos protokollok tesztelésénél használt tesztarchitektúrát.

Kulcsszavak:
Önalkalmazkodó protokollok, konformancia tesztelés, TTCN

1. Az önalkalmazkodó protokollok

A távközlésben használt protokollok jelentős része olyan protokoll, amely többféle módon tud adatot átvinni, például annak függvényében, hogy milyen biztonságos vagy mennyire hibamentes az átvitel. Mondjuk, ha az átviteli út (majdnem) hibamentes, elég nyugtázatlanul továbbítani az adatokat (ezáltal jelentős átviteli sebesség érhető el), míg ha az átvitel során nagyszámú hibát észlelünk, akkor át kell térni nyugtázott üzemmódra (természetesen a biztonság érdekében az adatátviteli sebesség csökkenése árán). Ilyen protokoll például a néhány éve elfogadott WAP [WAP] protokollcsalád átviteli protokollja, a WTP [WTP] is. Ennél a protokollnál három úgynevezett protokollosztályt definiáltak, ezek:

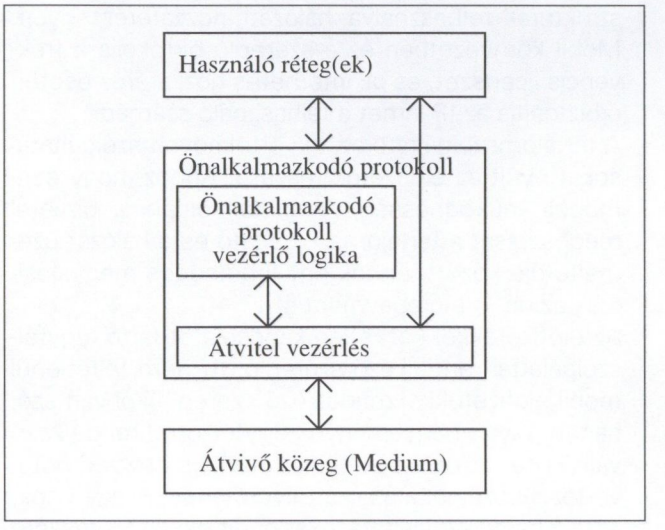
Class 0: Nem megbízható üzenet válasz nélkül
Class 1: Megbízható üzenet válasz nélkül
Class 2: Megbízható üzenet válasszal

Az ilyen protokolloknál az úgynevezett osztályváltást azonban nem az adott protokoll, hanem a felsőbb protokollréteg kezdeményezi, megfelelő eljárások segítségével.

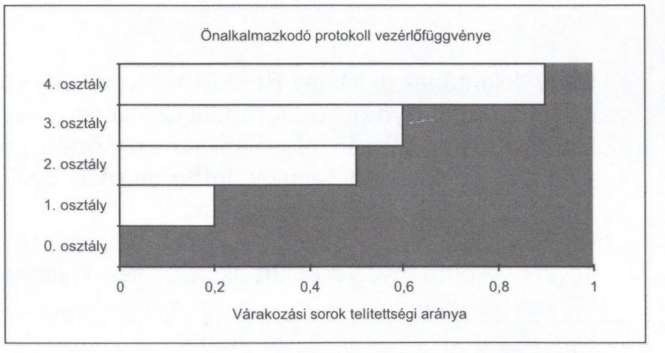
Egyre nagyobb érdeklődés nyilvánul meg ugyanakkor az olyan új típusú protokollok kifejlesztése iránt, amelyek felsőbb rétegbeli parancsok nélkül, önállóan, „önmaguktól" képesek alkalmazkodni a környezetükben bekövetkező változásokhoz, akár sokkal finomabb mértékben is, mint a meglévők. Ezek az úgynevezett önalkalmazkodó protokollok [HARTAR].

Az ilyen protokollok működése a következő elven alapul (1. ábra).

A hagyományos protokoll-automatát kiegészítjük egy olyan egységgel (hívjuk ezt az önalkalmazkodó protokoll vezérlő logikájának), amely egyrészt folyamatosan méri az átvivő közeg azon jellemzőjét (bithibaarányt, átlagos továbbítási/késleltetési időt, várakozási sorok telítettségét stb.), amely az adott protokoll működése szempontjából alapvető fontosságú, másrészt, ha ebben bizonyos változást érzékel, akkor protokollosztály-váltást kezdeményez.



1. ábra Önalkalmazkodó protokoll elvi felépítése



2. ábra Példa önalkalmazkodó protokoll vezérlőfüggvényére

Azt pedig, hogy mikor, milyen váltást kell kezdeményeznie, egy ún. vezérlőfüggvény segítségével lehet lehet megadni (2. ábra).

2. Az önalkalmazkodó protokollok tesztelési kérdései

A következőkben arra teszünk javaslatot, hogy az önalkalmazkodó protokollok tesztelése során hogyan alakítsuk ki a tesztkészlet struktúráját, milyen teszterarchitektúrát alkalmazzunk, a javasolt tesztkészletet hogyan képezhetjük le TTCN-beli funkcionális egységekre, végül illusztráljuk a teszter működését.

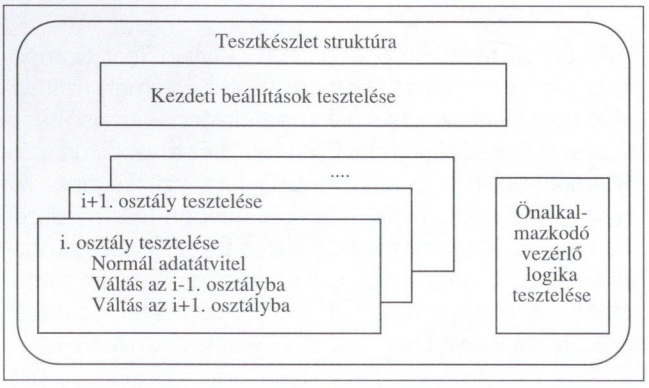
2.1. Az önalkalmazkodó protokollok tesztkészletének struktúrája

Egy adott protokoll teszteléséhez szükséges tesztesetek összességét tesztkészletnek nevezzük. Azért, hogy a tesztkészlet strukturált, áttekinthető legyen, a tesztkészletet több, úgynevezett tesztcsoportra szokásos bontani, amelyek mindegyike az adott protokoll egy-egy fő tulajdonságának tesztelésére szolgál.

A tesztkészlet leírása tartalmazza azt is, hogy milyen a tesztelrendezés, hol vannak az úgynevezett vezérlési és megfigyelési pontok, illetve a teszter különböző komponensei közötti koordinációs pontok stb.

Szerencsés, ha a tesztkészlet felépítése tükrözi a protokoll felépítését. Hiszen, ha a kettő között összefüggés van, akkor könnyebb eldönteni, hogy mikor milyen tesztet kell lefuttatni, és ha valamelyik teszt esetleg sikertelen lesz, akkor könnyebb megtalálni, hogy hol is van a hiba a protokoll-megvalósításban.

Ennek alapján célszerűnek látjuk, hogy az önalkalmazkodó protokollok tesztelésére használandó tesztkészlet úgy alakítsuk ki, hogy az három fő tesztcsoportot tartalmazzon (3. ábra).



3. ábra Önalkalmazkodó protokollok tesztkészlet struktúrája

Az első fő tesztcsoport legyen felelős azért, hogy a protokoll kezdeti beállítási képességeit ellenőrizze, azaz azt, amikor a társentitások egyeztetik a szükséges paramétereket és eldöntik, hogy melyik protokollosztályból induljanak.

A második fő tesztcsoportnak legyen annyi alcsoportja, ahány osztállyal a protokoll rendelkezik. Mindegyik alcsoport legyen az alábbiak szerint tovább bontva három részre:

- Az egyik rész vizsgálja az adott osztály „normális" működését, azaz azt az adatcserét és az ehhez szükséges vezérlést, amelyet a protokoll N. osztálya meghatároz.
- A másik rész vizsgálja azt, hogy az adott (N.) osztályból az eggyel alacsonyabb ([N-1].) osztályba való átmenetet a vizsgált protokoll-megvalósítás szabályosan hajtja-e végre.
- Végül a harmadik rész vizsgálja azt, hogy az adott (N.) osztályból az eggyel magasabb ([N+1].) osztályba való átmenetet a vizsgált protokoll-megvalósítás szabályosan hajtja-e végre.

A tesztkészlet harmadik fő tesztcsoportja szolgáljon arra, hogy ellenőrizze, az önalkalmazkodó protokoll vezérlő logikája helyesen működik-e, azaz tényleg akkor kezdeményez-e protokollosztály-váltást, amikor a protokoll vezérlőfüggvénye ezt előírja.

2.2. Az önalkalmazkodó protokollok teszteléséhez javasolt tesztarchitektúrák

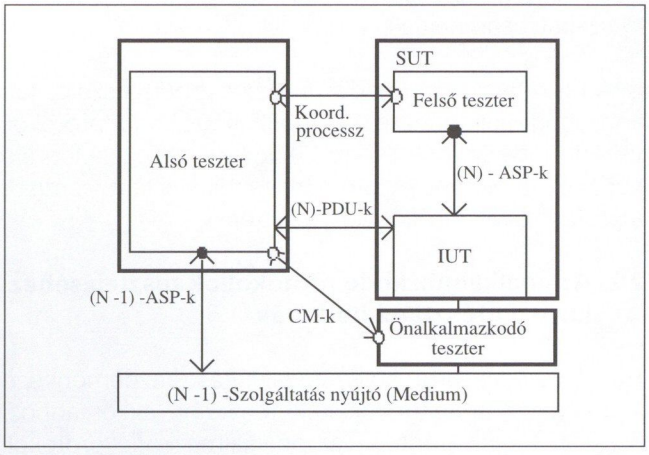
Ha a vizsgált protokoll-megvalósítás kezdeményező képességét (Initiator) akarjuk tesztelni, akkor ahhoz, hogy el tudjuk dönteni, az önalkalmazkodó protokoll vezérlő logikája helyesen működik-e, a teszternek ugyanazt a jellemzőt (például az átvivő közeg bithibaarányát) kell mérnie, ami alapján a vezérlő logika dönt. Ezért célszerű, ha a teszter egyik komponense – nevezzük ezt a későbbiekben „önalkalmazkodó teszter"-nek – a vizsgált protokoll megvalósítással párhuzamosan végzi a szükséges méréseket és a saját vezérlőfüggvénye alapján dönt. Ha a teszter ezen komponense azt találja, hogy állapotátmenet szükséges, akkor ezt jelzi a teszter ún. fő tesztkomponensének, amely ezáltal ellenőrizni tudja, hogy a vizsgált protokoll-megvalósítás szintén kezdeményezte-e az allapotátmenetet vagy sem. Ha igen, akkor az ítélet „sikeres" (pass) lesz, ellenkező esetben (azaz, ha nincs állapotátmenet, ha rossz állapotátmenet van, vagy ha olyankor van állapotátmenet, amikor nem kellene), az ítélet „sikertelen" (fail) lesz.

Nyilvánvalóan ahhoz, hogy az önalkalmazkodó teszter tényleg ugyanazt a jellemzőt tudja mérni, amely alapján az önalkalmazkodó protokoll vezérlő logikája dönt, ennek a teszterkomponensnek a tesztelrendezés ugyanazon oldalán kell lennie, mint ahol a vizsgált protokoll-megvalósítás található, míg a teszter egyéb szokásos moduljai, az ún. alsó és felső teszter, ettől függetlenül helyezkedhetnek el, a választott tesztmódszernek megfelelően.

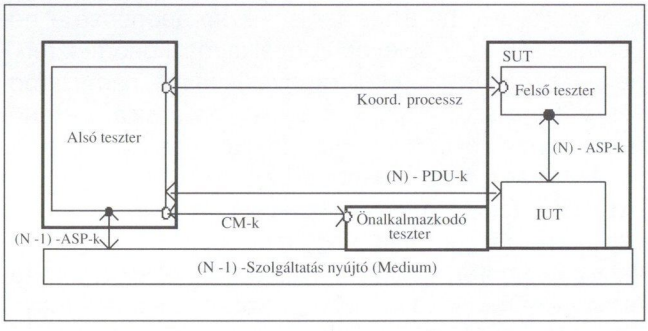
Az ISO 9646 [ISO] szerinti szabványos tesztelrendezésekben a teszternek két fő funkcionális egysége van, a protokoll és az alatta levő réteg közötti üzenetváltást figyelő és vezérlő alsó teszter, valamint a protokoll felső interfészén vizsgálódó felső teszter.

Az előzőekből következik, hogy a mi céljainkra az ISO 9646 által szabványosított tesztelrendezések nem használhatóak. Ugyanis az ott szereplő elemeken (az alsó és felső teszteren) kívül szükséges egy harmadik teszterkomponens is, az önalkalmazkodó teszter. Ahogy azt már említettük, ennek mindenképpen a vizsgált protokoll-megvalósítás oldalán kell lennie, de konkrét elhelyezésére két alternatíva jöhet szóba:

1. Az önalkalmazkodó teszter az átvivő közeg és a vizsgált protokoll-megvalósítás között helyezkedik el, azaz a a jelek átmennek rajta (4. ábra).
2. Az önalkalmazkodó teszter az átvivő közeg ugyanahhoz a pontjához csatlakozik, mint a vizsgált protokoll megvalósítás, azzal párhuzamosan működve (5. ábra).



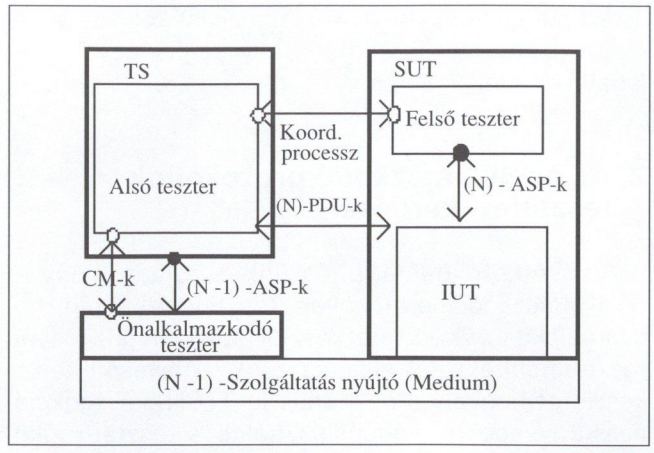
4. ábra Módosított elosztott tesztelés – IUT kezdeményező, 1. változat



5. ábra Módosított elosztott tesztelés – IUT kezdeményező, 2. változat

Ezeket a változatokat ábrázoltuk a 4. és az 5. ábrákon, a – talán leggyakrabban használt – ún. elosztott tesztmódszer esetére. Az ISO 9646 által szabványosított másik három elrendezés (helyi, távoli, koordinált) hasonlóképpen módosítandó.

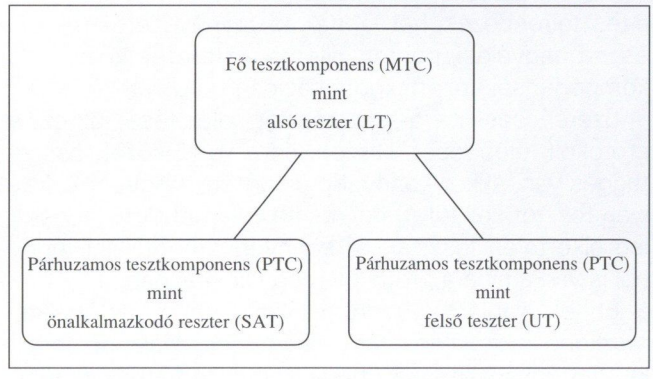
Ha a vizsgált protokoll-megvalósítás vételi képességeit (Responder) akarjuk tesztelni, akkor a szituáció sokkal egyszerűbb. Hiszen ebben az esetben az önalkalmazkodó teszternek az alsó teszter (amelyik általában a teszter „lelke", a fő tesztkomponens) oldalán kell állnia, és csak azt kell jeleznie, hogy mikor kell a teszternek állapotváltozást kezdeményeznie. Azaz ilyenkor az alsó teszter és az önalkalmazkodó teszter egy egységet is alkothat (6. ábra).



6. ábra Módosított elosztott tesztelés – IUT válaszoló

2.3. Az önalkalmazkodó protokollok tesztelése TTCN nyelven

A továbbiakban vizsgáljuk meg, hogy hogyan alakítható az önalkalmazkodó protokollok tesztelését végző teszter funkcionális felosztása a leggyakrabban használt tesztnyelv, a TTCN [TTCN] szempontjából, annak terminológiáját követve (7. ábra).



7. ábra Önalkalmazkodó protokollok tesztelésénél használt főbb TTCN modulok

Az ún. fő tesztkomponens (MT – Main Test Component), amely vezérli az egész tesztelést és amely az ítéleteket hozza – a szokásoknak megfelelően – az alsó teszter szerepét valósítja meg. Ezen felül két további, ún. párhuzamos tesztkomponensre (PT) lesz szükségünk. Az egyik – amely kötelezően szerepel minden tesztmódszer esetén –, az önalkalmazkodó teszter. Ezt a fő tesztkomponenssel egy koordinációs pont köti össze. A másik párhuzamos tesztkomponens tölti be a felső teszter szerepét (ez azonban a távoli tesztmódszer esetén hiányzik).

2.4. Önalkalmazkodó protokollok tesztelési folyamata

Összefoglalásképpen nézzük meg, hogy egy önalkalmazkodó protokollok tesztelését végző teszter hogyan működik. Válasszunk egy olyan tesztmódszert, ahol felső teszter is van.

Először vizsgáljuk az a szituációt, amikor a vizsgált protokoll-megvalósítás kezdeményező (Initiator) szerepben áll. Ilyenkor a felső tesztert a vizsgált protokoll-megvalósítás felső szolgálatelérési pontjához kell kötni, az önalkalmazkodó tesztert a vizsgált protokoll-megvalósítás mellé úgy, hogy mérni tudja azt a jellemzőt, ami alapján a protokoll vezérlő logikája dönt, míg az alsó tesztert az átvivő közegen keresztül kell az alsó szolgálatelérési ponthoz csatlakoztatni.

Induláskor csak – az alsó teszterfunkciót betöltő – a fő tesztkomponens aktív, és ez indítja a párhuzamos tesztkomponenseket.

A fő tesztkomponens először meghívja azt a tesztcsoportot, amely a protokoll kezdeti beállítási képességeit ellenőrzi, majd a beállítás eredménye alapján meghívja azt a tesztcsoportot, amely a megbeszélt kiindulási protokollosztály működését vizsgálja.

Ezalatt az önalkalmazkodó teszter monitorozza azt a jellemzőt, amelyik alapján a vezérlő logika dönt, hogy szükség van-e protokollosztály-váltásra vagy sem. Ha azt találja, hogy olyan mértékű változás következett be, amely osztályváltást is igényel, akkor az önalkalmazkodó teszter egy megfelelő koordinációs üzenetet küld a fő tesztkomponensnek (az alsó teszternek), informálva azt erről. Ezután az alsó teszter ellenőrizheti, hogy ténylegesen érkezik-e a vizsgált protokoll-megvalósítástól osztályváltást indító üzenet. Ezáltal a fő tesztkomponens meg tudja hozni az ítéletet, hogy a vizsgált protokoll-megvalósítás vezérlő logikája a specifikációnak megfelelően vagy pedig hibásan működik-e. (Ha a teszter olyankor észlelt protokollosztály-váltási kérelmet, amikor annak szükségességét az önalkalmazkodó teszter nem jelezte, akkor szintén ítéletet lehet hozni, ez esetben a vizsgált protokoll-megvalósítás vezérlő logikája nem működik helyesen.) Amint a protokollosztály-váltás lezajlott, a fő tesztkomponens meghívja azt a tesztcsoportot, amely az új protokollosztály működését ellenőrzi.

A szituáció egy kicsit egyszerűbb, ha a vizsgált protokoll megvalósítás válaszolóként (Responder) viselkedik. Ilyenkor a kezdeményező az alsó teszter maga, azaz a teszter indukálhatja a szükséges állapotváltozásokat. Ilyenkor az önalkalmazkodó teszter az alsó teszterhez kapcsolódva dolgozik. A felső tesztert ilyenkor is a vizsgált protokoll-megvalósítás felső szolgálatelérési pontjához kell kötni. A fő tesztkomponens ilyenkor is a párhuzamos tesztkomponensek indításával kezd, lebonyolítja a kezdeti paraméteregyeztetést a vizsgált protokoll-megvalósítással, majd meghívja a kiindulási protokollosztályt tesztelő tesztcsoportot. Amikor az önalkalmazkodó teszter jelzi a protokollosztály-váltás szükségességét egy koordinációs üzenettel, az alsó teszter végrehajtja a váltást és meghívja az új protokollosztályt vizsgáló tesztcsoportot.

Összefoglalás

A cikkben bemutattuk az önalkalmazkodó protokollokat, amelyek az elkövetkező években várhatóan nagy számban jelennek majd meg. Rámutattunk arra, hogy ezen protokollok tesztelésére a hagyományos protokollok teszteléséhez szabványosított tesztelrendezések csak korlátozottan alkalmasak. A cikkben javaslatot tettünk a szabványosított tesztelrendezéseknek az önalkalmazkodó teszter bevezetésével történő módosítására. A javasolt teszterkialakítás univerzális lehetőséget biztosít az önalkalmazkodó protokollok tesztelésére. Ezen túlmenően javaslatot tettünk az önalkalmazkodó protokollok tesztkészletének modularizálására, a legfontosabb modulok TTCN-beli megfeleltetésére. Ezek alapján konkrét protokollok tesztelésére szolgáló teszterek kialakítása könnyen automatizálható. További kutatásokat igényel még a teszterkomponensek együttműködési kérdéseinek vizsgálata, és annak kidolgozása, hogy az együttműködés vezérlése a protokoll specifikáció alapján minél automatikusabban származtatható legyen.

Irodalomjegyzék

[HARTAR] Harangozó Zsuzsa – Tarnay Katalin: FDTs in self-Adaptive Protocol Specification (megjelenés alatt)

[ISO] ISO/IEC 9646 Open System Interconnection - Conformance Testing Methodology and Framework

[TTCN] ISO/IEC 9646-3 Open System Interconnection - Conformance Testing Methodology and Framework Part 3 The Tree and Tabular Combined Notation

[WAP] www.wapforum.org Wireless Application Protocol Specification

[WTP] www.wapforum.org Wireless Transaction Protocol Specification

Rövidítések

ASP	Abstract Service Primitive	absztrakt szolgálati primitív
CM	Coordination Message	koordinációs üzenet
IUT	Implementation Under Test	vizsgált protokoll-megvalósítás
LT	Lower Tester	alsó teszter
MTC	Main Test Component	fő tesztkomponens
PDU	Protocol Data Unit	protokoll adategység
PTC	Parallel Test Component	párhuzamos tesztkomponens
SAT	Self-Adaptive Tester	önalkalmazkodó teszter
SUT	System Under Test	vizsgált rendszer
TS	Test System	tesztrendszer
UT	Upper Tester	felső teszter

Beszédfeldolgozás

GÓSY MÁRIA

tudományos osztályvezető

MTA Nyelvtudományi Intézet – ELTE Bölcsészettudományi Kar

Kapcsolatok

Vajon mi kapcsolja össze azokat a látszólag egymástól igen távol eső szakterületeket, mint a távközléstechnika (telefonközpont), a szurdopedagógia és a számítástechnika? A válasz: a beszéd, vagyis az a humán képességünk, amelynek összetettsége interdiszciplináris tanulmányozást kíván. Szükségesek azonban olyan emberek, akiknek a tevékenysége átíveli, összeköti és továbbfejleszti a meglévő eredményeket. Alexander Graham Bell, a telefon skót származású feltalálója a siketek pedagógiájával, illetőleg a siketoktatás kutatásával foglalkozott (minthogy édesanyja és felesége is siket volt, egészen közelről ismerte a problémát, vö. Steinberg 1993). Talán fogalmazhatunk úgy, hogy a beszéd, a beszélés igénye hívta életre korunk egyik legnagyobb találmányát, a telefont, amellyel kapcsolatos fejlesztésekben számos magyar tudós ért el jelentős eredményeket. Az elsők egyikeként kapcsolta össze a távközléstechnikát és a számítástechnikát Kozma László, s ez az összekapcsolódás mára már kiterjedt és magas szintű beszédtechnológiai fejlesztéseket eredményezett szerte a világon és hazánkban is.

Kutatási területek

1. Beszédszintezis

A beszédfeldolgozás első nagy eredménye több, mint 200 éves, Kempelen Farkas munkája, a mechanikus, működő beszélőgép megépítése. Saját korában folytatás nélkül maradt, kései utódai azonban felvállalták, továbbvitték az eredeti gondolatokat, sőt Kempelen leírásai és rajzai alapján rekonstruálták a mechanikus beszélőgépet (Nikléczy–Olaszy 2002).

Egy teljesen elfeledett magyar szabadalom 1916-ban ugyancsak a beszéd mesterséges előállítását próbálta megoldani a korabeli technikák alkalmazásával (vö. Dr. Bánó Miklós mérnök 1919-ben közzétett szabadalmi leírása). Nincs nyoma annak, hogy az elképzelés megvalósult volna. Bár a korszerű mesterséges beszédelőállítás a hetvenes években indul meg, érdemes megemlíteni, hogy egy magyar napilap Tudomány és technika c. rovata Hangfantómok címmel már 1939-ben olyan próbálkozásokról ad hírt, amelyekben angol és német mérnökök a beszéd rezgésképének rajzolatából „hoztak létre" beszédet. Az amerikai Haskins Laboratóriumban csak az ötvenes évek elején alkalmazták az eljárást, az Pattern Playback Speech Synthesizert, amelyik a (kézzel festett) vizuálisan feldolgozható jeleket komplex hanghullámokká alakította.

A hazai beszédszintézis kiváló eredményeket mutatott fel a nyolcvanas évektől és mutat fel ma is, igazodva az igen gyorsan változó műszaki háttér lehetőségeihez. Az első elektronikus beszédfejlesztő rendszerek számítógépes háttértámogatása a kezdetekben erősen korlátozott volt; így a szöveg-beszéd átalakításban az adatmennyiség redukálása központi szerepet kapott. A tudományos kutatásnak azt a feladatot kellett megoldania, hogy érthető beszédet hozzon létre egy a természetes redundanciájától megfosztott adatmennyiség segítségével. Ez számos alapkutatást igényelt elsősorban az akusztikai és a percepciós fonetika területén. Az első működő, érthető beszédet produkáló rendszerek a nyolcvanas években jelentek meg (Olaszy 1989). Az elmúlt évtizedekben a beszédszintézis nagy fejlődésen ment keresztül. Ez főként az automatikus szövegfelolvasókat érintette (gyengénlátóknak, vakoknak), hiszen ennek a közvetlen gyakorlati alkalmazására mutatkozott nagy szükség. Az adatok tárolása már nem jelentett műszaki nehézséget, így a természetes beszédből szegmentált meghatározott jelrészletek szintézise megindulhatott. A folyamatos beszéd természetességében ez az újfajta mesterséges beszédelőállítás nagy előrelépést jelentett. A jelenleg legkorszerűbb magyar beszédszintetizáló rendszer a Profivox (Olaszy et al. 2000). Elkülönített blokkokból áll, amelyek között az adatáramlást egy keretrendszer biztosítja, ennélfogva a különböző szintnek működése részleteiben és egészében is ellenőrizhető. Külön van kódolva a hangelemetár, az időtartamviszonyok kialakítása és a prozódiai szerkezet meghatározása. A Profivox érthetőségét, vagyis beszédminőségét percepciós tesztekkel ellenőrizték. A szóazonosítási szint 93%-os, a mondatok pontos felismerése közel 100%-os. A szintetizált beszéd minősége további alkalmazások fejlesztését is lehetővé tette.

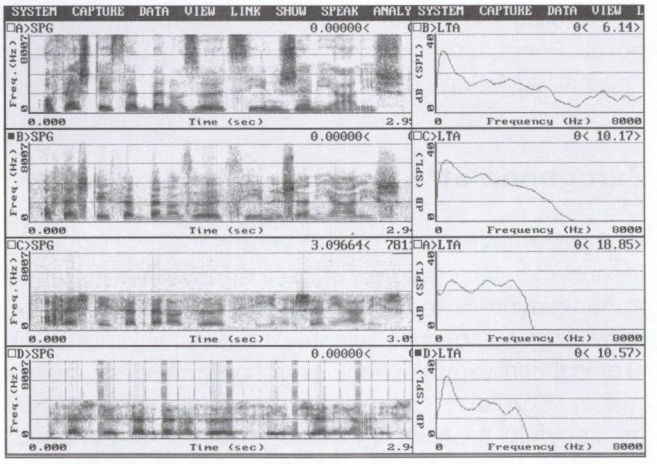
2. Beszédjellemzők

2.1. A formánsszintézis alkalmazásának eredménye a GOH hallásszűrő eljárás (kisgyermekek vizsgálatára, vö. Gósy 1999). A módszer lényege, hogy az észleléshez feltétlenül szükséges ún. akusztikai kulcsokat tartalmazó (tehát redundanciájában csökkentett), szintetizált, egy szótagú szavak felismertetésével lehetséges a gyermek (légvezetéses) küszöbgörbéjének becslése bölcsődei, óvodai, iskolai körülmények között. Az eredmények rendkívül megbízhatóak, amit a módszer gyakorlati elterjedtsége is alátámaszt.

2.2. A mesterséges beszédelőállítás egyik legfrissebb alkalmazása – a gyakorlatban a GSM mobil telefonhálózatban – az elektronikus levélfelolvasó fejlesztése (Németh et al. 2000). A tudományos kutatás eredményein alapuló szolgáltatás igénybevételekor a felhasználó mesterséges beszéd közvetítésével jut elektronikus levele tartalmához. A fejlesztés során meg kellett oldani a betű–hang konverzió feladatorientált problémáit, a szintetizált beszéd illesztését és a konkrét gyakorlati, telefonos alkalmazást. Jelenleg már több, mint 20 000 felhasználó tapasztalata igazolta a fejlesztés sikerét.

3. Beszédkompresszió

A távközlés számos, a beszéd akusztikai redundanciájával kapcsolatos problémát vetett fel. Normális körülmények között a hangos közlések akusztikailag mintegy 8 kHz-es tartományban valósulnak meg. Mennyire szűkíthető ez a sáv, illetőleg mekkora frekvenciatartomány



1. ábra Ugyanazon mondat (a mondat: A festészetben a zöld szín zseniális.) frekvencia- és intenzitásviszonyai az átvitel sajátosságainak függvényében (felülről lefelé): stúdiófelvétel, diktafon, vezetékes telefon, mobil telefon

szükséges ahhoz, hogy a beszéd mind az észlelési, mind a megértési folyamatokat tekintve még funkcióképes maradjon? Az 1. ábra különböző berendezéseken átvitt beszéd akusztikai jellemzőit hasonlítja össze.

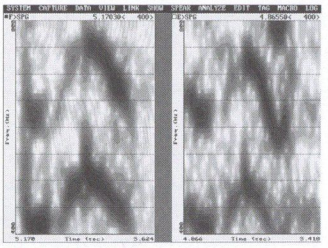
Fonetikai és alkalmazott fonetikai kutatások igazolták, hogy a beszédhangokra jellemző, a felismerést biztosító akusztikai kulcsok mintegy 100–3500 Hz-es tartományban még éppen lehetővé teszik nem csupán az elhangzott beszéd szegmentális és szupraszegmentális sajátosságainak humán feldolgozhatóságát, hanem a beszélő személy felismerését is.

4. Beszélő azonosítás

A beszélő személy beszéde alapján történő azonosításának igénye a 20. század harmadik harmadában merült fel; s indított el számos, ennek megoldását célzó kutatást. Az új rendszerű analizáló berendezések lehetőséget nyújtanak ezekhez a vizsgálatokhoz. A beszélő személy azonosításának problémája az ún. törvényszéki fonetika ('forensic phonetics') tárgya. Az utóbbi évtizedben jelentős eredmények születtek ezen a területen, annak ellenére, hogy a megközelítések sokfélék, a matematikai számításoktól, az akusztikai méréseken át a szoros értelemben vett kísérleti-fonetikai és percepciós kísérletekig. A beszélő felismerésének alkalmazott fonetikai vizsgálata azt a célt szolgálja, hogy meghatározhatóak legyenek azok a feltételek, amelyek
a) lehetővé teszik,
b) korlátozzák és
c) nem teszik lehetővé/gátolják
a beszélő személyének azonosítását. A tudománynak arra a kérdésre kell válaszolnia, hogy vajon a beszéd valóban olyan mértékben jellemző-e az egyénre, hogy az különféle célú azonosításokban (kriminalisztika, biztonsági rendszerek, beléptető vagy banki azonosító rendszerek) kétséget kizáróan működtethető. Amennyiben e kérdésre igenlő a válasz, a következő kérdéssorozat a beszélő azonosításának feltételeit, az azonosítás módszertani megoldásait és az azonosítás biztonsági fokának meghatározását érinti. Mára már megfelelő protokoll áll rendelkezésre például a magyar anyanyelvű beszélők azonosítására beszédük alapján. Definiálták a beszélőre jellemző akusztikai-fonetikai paramétereket, továbbá azokat a tényezőket, amelyek befolyással vannak az artikulációs gesztusok kivitelezésére, így például a specifikus ejtésvariációk akusztikai következményei. Nagyon ígéretes a felhangstruktúra elemzése (vö. 2. ábra). Az 1. ábrán jól látszik, mekkora a különbség a stúdiókörülmények és a vezetékes telefonon át rögzített beszéd akusztikuma között. A felhangstruktúra elemzése azonban ilyen különbségek mellett is hasznos információkat adhat, a 2. ábrában egyértelműen látszik az ugyanazon beszélő ejtésének nagyfokú hasonlósága.

A beszélő személy felismerése multifaktoriális, azaz a szakember a rendelkezésére álló valamennyi hangzásbeli, nyelvi és ahol mód van, a nem nyelvi információt is integrálja a feladat elvégzéséhez. A különféle aspektusú akusztikai-fonetikai és percepciós kísérletek (továbbá nagy mennyiségű adat feldolgozása, tárolása, összegzése, ill. statisztikai eljárások elvégzése) szük-

ségesek ahhoz, hogy a feladat mind pontosabban megoldható legyen. A közelmúlt percepciós kísérletei igazolták például, hogy a beszélő személy testalkata megbecsülhető a beszéde alapján; ennek a becslésnek a pontossága azonban sok tényezőtől függ. Jól megítélhető a beszélő életkora; gyengébben ugyan, de a véletlen találatnál jobb arányban becsülhető a magassága. Nem ítélhető meg azonban értékelhető szinten a beszélő súlya.



2. ábra A hogy maes hangsor ejtéséről készült felhangszerkezet stúdiófelvétel alapján (bal oldal) és vezetékes telefonról rögzített hangfelvétel alapján (jobb oldal)

5. Beszédfelismerés

Az ember–gép, illetőleg gép–ember kommunikációban nagy szerep jut a humán beszéd mesterséges (gépi) felismerésének. Világszerte növekszik az igény az emberi beszédet mint számítógép bemenetet hasznosító technológiák kutatására. E tekintetben az elmúlt 25 évben óriási fejlődés történt. A beszédfeldolgozásnak ezt az ágát a tengerészeti, légiközlekedési információ, valamint az üzleti kommunikáció igényei (pl. beszéd alapú diktáló rendszerek) motiválják. A mesterséges beszédfelismerésnek két típusa van: az izolált szavas és a folyamatos beszédet feldolgozó rendszerek (ezen belül lehetnek kötött vagy kötetlen szótárasok). A fejlesztések akusztikai-fonetikai ismereteket, illetőleg a matematikai modellek (forrás–csatorna modell, akusztikus valószínűség számítása és a nyelvi valószínűség illesztése), valamint statisztikai jegyrendszerek alkalmazását igénylik. A fejlesztések fontos technikája a beszédszignál rejtett Markov-modelljének integrálása, valamint a dinamikus dekódolás, a hálószerű keresés és összevetés technikája.

A magyar nyelv esetében a legnagyobb nehézséget a szókészlet mérete, illetőleg a nyelv agglutináló jellege (gazdag morfológiai struktúrája) okozza. Vannak működő rendszerek, a spontán beszéd egyidejű mesterséges felismerésének megoldásához azonban még hosszú évek kutatómunkájára van szükség. Az algoritmusok tervezésében a sokrétű nyelvi elemzéseket kellett összekapcsolni a fonetikai, az akusztikai, a matematikai és a statisztikai vizsgálatokkal. A kötött szavas rendszerben a fonémaosztályozás 7,47%-os hibaarányt mutatott, az izolált szavas számjegy-felismerés hibaaránya csak 0,37%. Kapcsolt szavas számfelismerő rendszerben a hibaszázalék 3,21% és 17,33% között mozgott a beállításoktól függően (Szarvas et al. 2000). A városneveket tartalmazó rendszerben a hibaarány 14,58%, amelynek a csökkentésére a megfelelő tanító adatbázis és a kontextusfüggő fonémamodellek fejlesztése folyik.

6. Beszédelemek adatbázisa

A korszerű beszédadatbázisok sokféle felhasználást elégítenek ki, de a korszerű beszédtechnológiai feltételek nélkül nem jöhettek volna létre. A BABEL adatbázis az egyik legnagyobb, jó minőségű, magyar nyelvű beszédadatbázis, amit kutatási célokra fejlesztettek ki (Vicsi–Vig 1997). Három részből áll: izolált és kapcsolt szavas számjegyek bemondásából, mássalhangzó–magánhangzó–mássalhangzó kapcsolatokból és folyamatos beszédből. Az MTBA rövidítésű, magyar nyelvű, telefonon keresztül rögzített beszédadatbázis a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Távközlési és Telematikai Tanszékén készült a Szegedi Tudományegyetem Számítástudományi Tanszékével együttműködésben. Az adatbázis 500 magyar anyanyelvű beszélő hanganyagát tartalmazza, ezekből 297 vezetékes, 203 pedig mobil telefonról rögzített felvétel. Az adatbázis különféle fonetikai, illetőleg nyelvészeti kutatásokhoz szolgál alapul, valamint statisztikai feldolgozási módszereken alapuló, személyfüggetlen gépi beszédfelismerők, dialógusrendszerek létrehozását teszi lehetővé. Két részből áll. Az első rész parancsszavakat, különböző számokat (telefonszám, hitelkártyaszám, dátum stb.) és tulajdonneveket (személy-, cég- és városnevek) tartalmaz. Főként kötött szótáras felismerők készítéséhez alkalmazható. A második rész fonetikailag kiegyensúlyozott mondatokból és szavakból áll. Ennek a résznek a felhasználásával betaníthatók a szótárfüggetlen beszédfelismerők.

Zárógondolat

Vázlatosan tekintettük át a beszédfeldolgozás legjelentősebb magyar eredményeit, ennélfogva nem is érinthettünk minden területet. Így csupán hangsúlyozzuk, hogy számos további, jelentős eredmény kapcsolódik szorosabban vagy kevésbé szorosan a beszédfeldolgozáshoz. Közülük – mintegy zárógondolatként – említjük meg egyfelől a GMP-diagnosztika (Gósy 1995), valamint a beszédképzést segítő vizuális gépi módszer (Vicsi et al. 2000) kifejlesztését. Egyikük sem jöhetett volna létre alkalmazott fonetikai, illetőleg beszédtechnológiai háttér nélkül. Mára már mindkettő a pedagógiai gyakorlat részévé vált. A GMP-diagnosztika éphalló és hallássérült gyermekek beszédészlelési és beszédmegértési részfolyamatainak működését vizsgálja. A zavarok pontos megismerése révén megtervezhetővé vált a terápia. A nagyothalló, siket és beszédhibás gyermekek helyes artikulációjának kialakításához nyújt segítséget a multi-

médiás terápiás módszer. A beszéd és a beszédtechnológia összekapcsolódása történt meg ismét a (gyógy)pedagógiai alkalmazás céljával, egy más szinten (egy más országban), de ugyanúgy, mint több, mint 100 évvel ezelőtt Alexander Graham Bell munkásságában.

Irodalom

Gósy Mária: GMP-diagnosztika. A beszédészlelés és a beszédmegértés folyamatának vizsgálata. Nikol. Budapest 1995.

Gósy, Mária (1999): Synthesized speech for evaluation of children's hearing and acoustic-phonetic perception. In: Human Factors and Voice Interactive Systems. Ed.: Gardner-Bonneau, D. Kluwer Academic Publishers. Boston, Dordrecht, London, 123–135.

Nikléczy Péter (1996): Beszélő személy azonosítása szűk frekvenciás szavak alapján. In: Beszédkutatás '96. Szerk.: Gósy Mária. MTA Nyelvtudományi Intézete. Budapest, 20–31.

Nikléczy Péter – Olaszy Gábor (2002): Kempelen beszélőgépének rekonstrukciója. In: Beszédkutatás 2002. Szerk.: Gósy Mária. MTA Nyelvtudományi Intézet. Budapest, 1–19.

Olaszy Gábor (1989): Elektronikus beszédelőállítás. Műszaki Könyvkiadó. Budapest.

Olaszy Gábor – Kiss Géza – Németh Géza – Olaszi Péter (2000): Profivox: a legkorszerűbb hazai beszédszintetizátor. In: Beszédkutatás 2000. Szerk.: Gósy Mária. MTA Nyelvtudományi Intézet. Budapest, 167–180.

Steinberg, D. (1993): An introduction to psycholinguistics. Longman. London, New York.

Szarvas Máté – Fegyó Tibor – Mihajlik Péter – Tatai Péter (2000): Eredmények a magyar nyelvű nagyszótáras és kapcsolt szavas beszédfelismerésben. In: Beszédkutatás 2000. Szerk.: Gósy Mária. MTA Nyelvtudományi Intézet. Budapest, 144–156.

Németh, Géza – Zainkó, Csaba – Fekete, László – Olaszy, Gábor – Endrédi, Gábor – Olaszi, Péter – Kiss, Géza – Kis, Péter (2000): The design, implementation, and operation of a Hungarian e-mail reader. International Journal of Speech Technology 3, 217–237.

Vicsi, Klára – Vig, Attila (1997): Babel – a multilingual database. Technical report. http://www.ttt.bme.hu/speech/database.htm.

Vicsi, Klára et al. (2002): A multimedia, multilingual teaching and training system for children with speech disorders. International Journal of Speech Technology 3, 289–300.

Hírek

Évek óta folynak kísérletek a „powerline communication" megvalósítására, vagyis arra, hogy az elektromos energiahálózat vezetékeit adatátvitelre is használják. Ez a lehetőség különösen érdekes lehet a közlekedés és az ipar területén. A gyakorlati megvalósítást nehezíti, hogy sem a vasúti járműveket, sem áramellátásukat nem tervezték arra, hogy alkalmasak legyenek rádiófrekvenciás jelek átvitelére. Gondot okoznak az alállomások egyenirányítóinál, nagy frekvenciákon fellépő interferenciák. A Siemens erlangeni kutatói helyszíni kísérletek keretében sikeresen végeztek megbízható adatátvitelt Nürnberg város földalatti vasúti áramellátó rendszerében. Az eredményeket a Siemens Közlekedési Rendszerek (TS) ágazatának vizsgáló állomásán is igazolták. Ezek szerint a jövőben lehetséges lesz, hogy vasúthálózatokban a vonatok irányításával kapcsolatos minden információt az energiahálózatban továbbítsanak oda-vissza, külön híradástechnikai kábelek vagy rádió-összeköttetések nélkül. A megoldás az OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) modulációs eljáráson alapszik. A vasúti tapasztalatokat ipari körülmények között is hasznosítani lehet, például termelő üzemek villamos gépeinek vezérlésénél.

❖ ❖ ❖

Fontos lépés a 3G bevezetése felé, hogy a felhasználói hívások átadása zökkenőmentesen jöjjön létre a különböző hálózatok között. Az átadás lehetővé teszi a nyilvános hálózatot üzemeltetők számára 3G hálózatuk kiterjesztését és – a meglévő GSM-et az új WCDMA hálózatokkal kombinálva – teljes körű lefedettség biztosítását ügyfeleik számára egészen a kezdetekig.

Az Ericsson WCDMA/GSM végpont-végpont hívásokat mutatott be kis méretű telefonok használatával, élő hálózaton keresztül. A 384 kbit/s-ig terjedő adatátviteli sebesség megfelel a széles sávú hálózatokénak.

A mobilplatform megoldás képes a teljes WCDMA, GSM/GPRS kétsávos működésre, beleértve a hívásátadást is.

A magyarországi kutatási és oktatási számítógép-hálózat fejlődése és hatása az információs társadalom kialakulására

DR. BAKONYI PÉTER – DR. BÁLINT LAJOS

elnök *ügyvezető elnök*
NJSZT *HUNGARNET*

Az NIIF hálózat gigabites sebességű országos optikai gerinchálózata és a hasonló kapacitású nemzetközi kapcsolat a világ élvonalát jelentő európai GEANT hálózathoz a legkorszerűbb alkalmazások befogadására is alkalmas. A magyarországi kutatási és oktatási közösségek számítógép-hálózati (információ-hozzáférési, kommunikációs és kooperációs) lehetőségei gyakorlatilag azonosak a legfejlettebb nyugat-európai országok, vagy az Egyesült Államok hasonló közösségeinek lehetőségeivel. A kutatás és oktatás magyarországi információs infrastruktúrája ugyanakkor biztos hátteret és kiindulási alapot jelent a széles értelemben vett országos informatikai fejlődés, a hazai információs infrastruktúra kialakulása számára.

1. Bevezetés

Az információs társadalom kialakulásában, az új technológiák, módszerek, alkalmazások fejlesztésében, vizsgálatában, kísérleti bevezetésében és széles körű elterjesztésében a kutatói hálózatok (a kutatási és oktatási számítógép-hálózati infrastruktúra, a szolgáltatások, az alkalmazások és az információs tartalom) szerepe világszerte meghatározó. Ezt mutatják a tengerentúli és európai példák, és ezt igazolják a hazai NIIF (Nemzeti Információs Infrastruktúra Fejlesztési) Program eredményei is.

Az információs infrastruktúra jelentősége: Az „információs infrastruktúra" tág értelemben egy gyűjtő fogalom. Magában foglalja az informatikára és a távközlésre épülő adatkommunikáció mindazon termékeit és szolgáltatásait, amelyek elsősorban a személyek és közösségek közötti kapcsolattartás és együttműködés, valamint az információkhoz való távoli és gyors hozzáférés lehetőségét teremtették, ill. teremtik meg. A számítástechnika és a távközlés talaján kibontakozott számítógép- hálózatokra épülő infrastruktúra biztosítja azt az alapot, amelyre támaszkodva az alkalmazások széles választéka hozható létre. A hang, szöveg, kép, mozgókép információk együttes, a forrás helyétől gyakorlatilag független kezelése és feldolgozása, valamint valós idejű és földrajzi korlátokat nem ismerő hozzáférhetősége és továbbíthatósága jelenti az alapját az infrastruktúra valóban újszerű alkalmazásainak.

A kutatási – felsőoktatási – közgyűjteményi szféra szerepe

Az alábbi ismertetés először azt a folyamatot vázolja röviden, amely az Egyesült Államokban mintegy 30 éve, Nyugat-Európában hozzávetőlegesen 15-20 éve, Magyarországon pedig 15 éve kezdődött. Eredményeként ma a világ fejlett régióiban már mással nem pótolható és az élet minden területén kiemelkedő fontosságú infrastruktúra jött és jön folyamatosan és igen gyors ütemben létre. Az információs infrastruktúra kialakításának és alkalmazásának világméretű folyamatában az élen kezdettől fogva és ma is a kutatás, a felsőoktatás és a közgyűjtemények szférája, a fejlesztések előretolt bástyája, az információs társadalom előfutára áll. (Hozzá kell az előbbiekhez tenni, hogy a kutatás és felsőoktatás információs infrastruktúrája terén az Egyesült Államok, Nyugat-Európa és Magyarország közötti szakadékok az elmúlt évtizedben fokozatosan lecsökkentek és mára már gyakorlatilag meg is szűntek. Az USA és Nyugat-Európa közötti lemaradás már megszűnt, éppúgy, mint ahogy Magyarország lemaradása is megszűnt Nyugat-Európához képest.)

2. Visszatekintés

A kezdetek

Az Egyesült Államokban – a számítástechnika és a távközlés gyors fejlődésének talaján – 1969-ben indult meg az ARPANET program. (93 évvel a vezetékes hangátvitel, 73 évvel a rádiós hangátvitel, 33 évvel a rádiós képátvitel és 25 évvel a számítógép első megvalósítása után, de 12 évvel az első IBM PC megjelenése és 19 évvel a rádiós digitális hangátvitel, ill. 22 évvel a rádiós digitális képátvitel bevezetése előtt, 21 évvel az első tranzisztor elkészülte után, de két évvel a mikroprocesszor megjelenése előtt.) A program először néhány telephely számítógépeinek adatátviteli célú összekötésére törekedett, majd fokozatosan vált – egyebek mellett a ma is használatos TCP/IP protokoll kidolgozásának 1972-es beindulását követően – egy olyan „Internetting" projektté, amely már nem csupán

a védelmi kutatás kiváltságos intézményeit kötötte össze, hanem egyre inkább és egyre nagyobb súllyal a polgári kutatóhelyek és felsőoktatási intézmények lépésről lépésre bővülő számítógép hálózatát is eredményezte. A 70-es évek végére már kialakult az a hálózat, amely a mai internet alapjait képezte, a TCP/IP protokoll talaján működő információforgalom infrastrukturális hátteréként.

1983-ban az ARPANET program lezárult és végképp átadta a helyét a mai értelemben vett internet fejlődésének. Megalakultak az internet ma is működő szervező, koordináló és – többségében informális – irányító szervei. Felgyorsult az internethez kapcsolódó tudatos szabványosítási tevékenység is, ami a bekapcsolódó alhálózatok együttműködésének alapvető feltétele.

A széles körű (piaci jellegű) alkalmazások is kezdtek teret nyerni, ezért 1986-ban a kiemelt jelentőségű kutatási és felsőoktatási szféra külön hálózata alakult meg: az előremutató és az egyéb alkalmazásoknál jóval fejlettebb paraméterekkel rendelkező NSFNET. Ebben az időben az átviteli sebesség „csúcsát" 56 Kb/s sávszélesség jellemezte. Már megjelentek kínálatukkal az első piaci szereplők is a kritikus hálózati eszközök (router-ek stb.) ajánlataival. A fejlődés üteme felgyorsult és 1988-ban az NSFNET már 1,5 Mb/s sebességgel kötötte össze a fokozatosan kiépülő regionális alhálózatokat.

A 80-as évek végére az elektronikus levélváltás – mint egészen a közelmúltig a legelterjedtebb és ma is kiemelkedő fontosságú hálózati alkalmazás – már nem csak a korábbi úttörő szerepet vállaló kutatási és felsőoktatási szféra kiváltsága volt, hanem bevonult a piaci szféra alkalmazásaiba is. Sőt a 90-es évek elején – a 45 Mb/s gerinchálózati sebesség elérésével egy időben – a mai fejlett és összetett internetalkalmazások első változatai is széles körben elterjedtek.

Ekkor kezdődött a kereskedelmi információszolgáltatás piacának hatalmas iramú fejlődése is. Az internettechnológiát tekintve felgyorsult az „új generációs internet" fejlesztésére irányuló munka, amely a korábbi és még ma is részben meglévő problémákat már a nagysebességű alkalmazásokból és a felhasználók rohamosan növekvő számából és igényességéből adódó új követelményeknek megfelelően hivatott megoldani.

Európa

Időközben – a 80-as évek elején – megkezdődött az európai szintéren is a számítógép-hálózatok korábban sporadikus fejlesztésének egy összefogott akciósorozata. A zászlóvivő szerepét itt is a kutató intézmények és az egyetemek vállalták. 1986-ban megalakult a RARE (az Európai Kutatói Számítógép-hálózati Egyesület), először 8 ország részvételével, majd egyre bővülő taglétszámmal, a 80-as évek végéig természetesen csak a nyugat-európai országokat fogadva be.

A fejlesztések és a fokozatosan bővülő szolgáltatások több ágon futottak (EARN, EUNET, HEPNET stb.), de – a csupán részben sikeres eltérő európai törekvésekkel a háttérben – fokozatosan teret nyert Európában is az internet technológiája, a TCP/IP alkalmazása. Létrejött az EBONE, az első európai internet gerinchálózat, megalakult a RIPE, az internet európai szegmensének koordináló és címkiosztó központját (RIPE-NCC) a RARE-rel karöltve működtető szervezet.

A 90-es évek elejére már új helyzetben (összeurópai szinten) alakulhatott ki az együttműködés, és folyamatosan fogadta be a RARE a közép- és kelet-európai kutatási és felsőoktatási szervezeteket is. 1993-94 újabb fordulópontot hozott: a RARE kezdeményezésére létrejött a DANTE, a kutatási-felsőoktatási közösségek összeurópai szolgáltató központja. Ugyancsak 1994-ben a RARE és az EARN összeolvadásával megalakult a TERENA (Összeurópai Kutatási és Felsőoktatási Hálózati Egyesület). Ily módon „egységessé" vált az európai kutatás és felsőoktatás számítógép-hálózati fejlesztéseinek és alkalmazásainak szervezeti háttere, integrálódtak a gyakran politikai és diplomáciai aktivitást is igénylő törekvések, és az egész kontinenst átfogó koordináció mellett folytatódhatott a nemzetközi gerinchálózati infrastruktúra fejlesztése, most már szinte kizárólagosan az internettechnológia talaján.

A TERENA az európai és mediterrán régió kutatási és felsőoktatási hálózati egyesületeinek mintegy 40 tagszervezetet tömörítő nemzetközi szövetsége (politikai, diplomáciai, érdekképviseleti, technikai fejlesztési és szolgáltató szervezete) egyebek mellett a számítógép-hálózatokkal kapcsolatos technológiai transzfert támogatja. A saját kezdeményezésű technikai projektek, a kutatói közösség számára bevezetett új szolgáltatások, a konferenciák és workshopok keretében nyújtott információterítés, oktatás és képzés, valamint szakmai, politikai és szervezeti-szervezési tanácsadás terén biztosít más úton nem elérhető támogatást nemzeti tagszervezetei számára.

A DANTE által 1994-ben létrehozott és 1997-ig folyamatosan továbbfejlesztett EuropaNET a kontinensen belül már 2 Mb/s sebességi osztályú gerinchálózati sávszélességet nyújtott egyes nemzeti tagszervezetek részére, néhányszor 2 Mb/s hozzáférést lehetővé téve. Eközben a tengerentúli kapcsolat is fokozatosan emelkedett, ugyancsak a 2 Mb/s technológia alkalmazásával. Alkalmanként 20 Mb/s értéket is elért.

Az elmúlt tíz év a tengerentúlon

Az Egyesült Államok 1993-ban elindította Nemzeti Információs Infrastruktúra Programját, országos szinten törekedve lefedni az egyre növekvő távközlési és informatikai igényeket. A program beindítása bizonysága annak, hogy a nemzetközi versenyképesség a világ legfejlettebb gazdaságával rendelkező országában is csak korszerű, országos kiterjedésű információs infrastruktúra révén tartható fenn, illetve növelhető.

Meghirdették a máig is meghatározó jelentőségű Internet2 projektet, amely amellett, hogy alapját képezte az USA említett Nemzeti Információs Infrastruktúra Programjának, összetalálkozott az NGI (Új Generá-

ciós Internet) kezdeményezéssel. Ez tartalmazta az internetprotokoll új, korszerű, a korábbi változatok problémáit kiküszöbölő (6. számú) verziójának (Ipv6) már korábban megkezdett fejlesztését, és az Egyesült Államokat behálózó új nagykapacitású gerinchálózat (vBNS) fejlesztési tervét. A gerinchálózati és hozzáférési sebességekben is nagyságrendi növekedést, a szolgáltatások minőségében jelentős változást és az alkalmazások újszerűségében is áttörést tervező munkák szervezése és finanszírozása több tárca és szövetségi szerv részvételével folyt, élen a Fehér Házzal és személy szerint az elnökkel.

Internet2

Az Internet2 projekt 1995-96-ban indult. Célja az európai és távol-keleti fejlesztési projektek által generált kihívás, az internetszolgáltatások széles körű elterjedése, ezzel együtt a „tradicionális" internet egyre inkább kiütköző problémáinak megoldása volt. Ezeket a megoldásra tett kísérletek, az ipar felkészültségét is magával hozó dinamikus technológiai fejlődés, a „fenntartható" hálózat és szolgáltatások igénye, az NGI iniciatíva első ötletének megjelenése, és az amerikai kutatói hálózat váratlanul kialakult – a „kommercializálási kísérlet" hatásának betudható – finanszírozási gondjai motiválták. A projekt költségvetéséhez az Egyesült Államok elnöke és az NSF 10+10 millió dollárral (vBNS, ill. intézményi konnektivitás), az ipar 30 millió dollárral (árkedvezmények és adományok), az alkalmazó intézmények 25 millió dollárral (lokális infrastruktúra) járulnak hozzá évente, ehhez adódik a szövetségi és helyi kormányzatok és ügynökségek további több tízmillió dolláros évenkénti támogatása elsősorban az alkalmazásfejlesztések terén.

Az ebben résztvevő mintegy 150 vezető egyetem létrehozta a UCAID szervezetet, mely az Internet2 (elsősorban alkalmazásfejlesztésekre koncentráló) projekt mellett irányítja a projekt gerinchálózatának („Abilene") fejlesztését és működtetését is. Mára az Abilene – hasonlóan az európai GEANT hálózathoz – 2,5 Gb/s sebességű gerinchálózatként működik, bár komplexitása és főként a kiszolgált közösség mérete jelentősen elmarad az európaitól.

NGI

Az NGI talán legfontosabb célja egy olyan széles társadalmi befogadó készség megteremtése volt, amely lehetővé teszi a kutatási-felsőoktatási szféra által kidolgozott új technológiák, szolgáltatások és alkalmazások minél gyorsabb befogadását. A célok között szerepelt egy olyan stimuláló szerep betöltése, amely az ezredfordulóra várható alkalmazói létszámbővülést megalapozza.

Az NGI fő céljai a következők voltak: (1) a hálózati technológiák következő generációjának kísérleti kipróbálása-bevezetése bevezetése, (2) az új generációs hálózatok pilot rendszerének megvalósítása egyetemek és szövetségi kutató intézetek összeköttetésével. Ezek sebessége egyrészt kihasználja az új hálózati technológiákban rejlő lehetőségeket, másrészt alkalmazói terepet nyújt a legkorszerűbb kutatási alkalmazások számára, továbbá (3) olyan új – könyvtári, gyógyászati, környezetvédelmi, katasztrófakezelési, ipari, alapkutatási és integrált információszolgáltatási – alkalmazások valós környezetben működő demonstrálása, amelyek fontos nemzeti kutatási-fejlesztési célokkal találkoznak.

Az 1998-ban indult és 2002-ben lezárt NGI fejlesztések központi forrásainak 31%-a technológiai tesztek, 53%-a nagysebességű infrastruktúra, 16%-a pedig alkalmazások céljait szolgálta. A kiegészítő források éppen az alkalmazói oldal részéről, az alkalmazások támogatásaként fognak jelentkezni. Bár az NGI jelentősen hozzájárult az egyesült államokbeli informatikai fejlesztésekhez, az eredeti célokat mégsem tudta elérni: a 2000-re tervezett 2,5 Gb/s sebesség csak 2002-re valósult meg, a 2002-re tervezett Tb/s sebességek széles körű bevezetésére pedig még éveket kell várni.

Európa is mozdul

Hasonlóan magas szintű és magas prioritású a 90-es évek első fele óta az információs társadalom előkészítését célzó telematikai (integrált informatikai és távközlési) kutatási-fejlesztési munkák kezelése az Európai Unió keretében. Az EU az 1990-94 között az általános célú telematikai rendszerek kutatásával-fejlesztésével foglalkozó 3. Kutatási és Technológia-fejlesztési Keretprogramjának lezárása után a telematikai alkalmazások kutatására-fejlesztésére koncentrált a 4. Keretprogramban. Ebben kiemelt szerepet kapott az információs infrastruktúra fejlesztése és a kutatási és felsőoktatási szféra korábbiaknál is aktívabb mozgósítása. Hasonlóan az USA-hoz, Európában is a legmagasabb prioritásnak megfelelő szervezési és finanszírozási modell érvényesül.

Az 1998-ban befejeződött 4. Keretprogram Telematikai Programjában szereplő tervek négy nagy területen összesen 12 nagy projektet tartalmaztak. Maga a kutatási-fejlesztési információs infrastruktúra ebben a programban még a kutatási célú telematikai projekt részeként jelenik meg, nem szerepel tehát külön kiemelt nagy projektként. A 4. Keretprogramhoz kapcsolódva tucatnyi európai nemzeti kutatási hálózat és a DANTE együttműködésében már 1995-ben megindultak az előkészületek a 34 Mb/s sebességű gerinchálózat kifejlesztése céljából, melynek a tervek szerint 1998-ban már 155 Mb/s sávszélességgel kellett gerinchálózati összeköttetést biztosítania, miközben a nemzeti gerinchálózatok sebessége és a tengerentúli forgalom kapacitása is ennek megfelelő ütemben növekedett.

Az 5. Keretprogram (1998–2002) már az információs társadalomra való felkészülés jegyében mozgósított a korábbiaknál is nagyobb erőket. Az összességében mintegy 13 milliárd euro költségvetésű Keretprogram négy tematikus programja (életminőség és tartalékok,

információs társadalom, fenntartható növekedés, energia és környezet), valamint további négy „key action"-ja (nemzetközi együttműködés, innováció, emberi potenciál és társadalmi-gazdasági kutatások, közvetlen akciók) között a felhasználóbarát információs társadalom alprogramok és projektek lefedték megannyi kutatási-fejlesztési témát. Itt szerepelt a hálózati infrastruktúra új generációjának kidolgozása és kiépítése is.

Az RN (Research Networking) alprogram biztosította a feltételeket a TEN-34 projektet követő QUANTUM projekt (már 15, később 16 európai kutatói hálózat számára 155 Mb/s sebességű gerinchálózatot biztosító projekt), majd a 2001 végétől már 2,5 Gb/s sávszélességű gerinchálózati maggal rendelkező és mintegy 30 európai kutatói hálózatot kiszolgáló GEANT ("Gigabit Euroepan Academic Network Technology") projekt számára. A főként a 30 országra kiterjedő szövevényes gigabites hálózat megvalósításával és mintegy 3000 európai egyetem, valamint sok ezer egyéb intézmény, ezeken belül közel százmilliónyi alkalmazó kiszolgálásával Európa átvette a vezető szerepet a világ kutatási és oktatási hálózati fejlesztéseiben. Nem csekély büszkeségre adhat okot, hogy az eredmények elérésében a magyarországi kutatási és oktatási közösség is élenjáró szerepet vállalt, úgy, hogy maga is a nyugat-európai hasonló kutatási és oktatási hálózati szervezetekkel egyenrangú fejlettséget ért el.

3. A hazai előzmények

Indulás – az IIF Program

A korszerű információs infrastruktúra fejlesztését Magyarországon több, mint tizenöt éve kezdtük. Az 1986-94 közötti IIF (Információs Infrastruktúra Fejlesztési) Program keretében a nyugati világban végbement folyamatoknak megfelelően a világszerte legfelkészültebbnek és legigényesebbnek tekintett kutatási-fejlesztési és felsőoktatási közösségek teremtették meg a versenyképes információs infrastruktúrát. Nem ilyen összehangolt módon, de intenzíven folyt a 90-es évek során számos más területen is a magyarországi munka a korszerű információtechnológia bevezetése céljából.

Az információs infrastruktúrát megalapozó korszerű számítástechnika és adatkommunikáció feltételeinek megteremtésére irányuló munkák az IIF Program keretében a kezdeti sporadikus hazai lépések fejlesztési és kísérleti alkalmazási tapasztalataira, valamint a nemzetközi trendekből levonható következtetésekre épültek. Ma már természetesnek látszó, de akkor forradalminak tekinthető lépés volt annak felismerése, hogy a fejlett világgal való kapcsolattartás és egyúttal versenyképesség elengedhetetlen feltétele egy országos program indítása. Ma már az is világosan látszik, hogy az induláskor nem kis viták után választott, virtuális áramkörökre épülő X.25-ös technológia is jó választás volt: megteremtette a jó minőségű hálózati építkezés lehetőségét és egyúttal kellő tapasztalatot és felkészültséget eredményezett a későbbi, internettechnológiára fejlesztésekhez.

A 90-es évek

Az eredmény nem maradt el. A magyar kutatási, fejlesztési, felsőoktatási, könyvtári és közgyűjteményi közösségek számítógép-hálózati infrastruktúrája már a 90-es évek elején pótolhatatlan szerepet töltött be az érintett közösségek országon belüli kapcsolattartásában és külföldi partnereikkel történő együttműködésében. A hazai és nemzetközi számítógép-hálózatok szolgáltatásaihoz mindenki hozzáférhetett. Az elektronizált információs kapcsolatok lehetősége ma már sok-sok éve a nemzetközi tudományos életben való aktív és eredményes részvétel elengedhetetlen háttér-feltételét jelenti.

Az 1986-94 közötti IIF Program tehát sikeres megvalósítását eredményezte egy viszonylag széles közösség számára az információs infrastruktúra fejlesztésének és alkalmazásba vitelének, és egyúttal az NIIFP (Nemzeti Információs Infrastruktúra Fejlesztési Program) induló szakaszára vonatkozó 1995-98 közötti terveinek elkészítéséhez, szervezéséhez és megvalósításához is megfelelő kiindulási alapot, valamint felbecsülhetetlen értékű tapasztalatokat eredményezett. Természetesen a kutatási-felsőoktatási szféra eredményei és tapasztalatai nem csupán az érintett közösséget szolgálták és szolgálják, hanem – és ez legalább ilyen fontos – kultúrateremtő missziót is betöltenek azáltal, hogy megalapozzák a széles körű alkalmazást, amint arról az előzőekben már szó volt.

A Nemzeti Információs Infrastruktúra Fejlesztési (NIIF) Program

A magyar tudomány és felsőoktatás nemzetközi versenyképessége szempontjából kiemelkedő fontosságú infrastruktúra eredményei talaján indult be 1995 elején az NIIF Program. A széles körű egyeztetés nyomán megfogalmazott célok arra a felismerésre épültek, hogy az érintett közösségeket kiszolgáló információs szolgáltatási háttér legalább három szempontból országosan is alapvető fontosságú, mert: egyrészt nemzetközi kooperáció- és versenyképességet, a legfejlettebb országokéval összemérhető színvonalú háttérfeltételeket jelent a jövőt megalapozó tudományos munka és az új alkotó generációk igényes képzése számára, másrészt kultúrát teremt és követhető példát, műszaki megoldásokat és alkalmazási tapasztalatokat nyújt az informatika széles körű térhódítása számára. Végül elengedhetetlenül fontos az európai integrációs törekvések sikere szempontjából is.

Az NIIF Program 1995-98 közötti induló szakaszára vonatkozó terv a kultúrateremtő misszionak megfelelő oktatási, képzési és tanácsadási feladatokat is vállalt. A terv megvalósítása épített arra a feltételezésre, hogy a vállalt hazai missziót lehetővé tevő, bővülő, a nem-

zetközi fejlődéssel lépéstartó támogatás áll az elkövetkező időszakban folyamatosan rendelkezésre. Ez biztosítja az igazolt sikeres munkára támaszkodva a jövő információs társadalmának hazai kialakulását.

Az NIIFP első szakasza, 1995–1998

Az előbbieket figyelembe véve az NIIF Program 1995-97 közötti alapvető célja az volt, hogy az információs infrastruktúra a korábbiakhoz hasonlóan szolgálja a teljes kutató–fejlesztő–oktató–közgyűjteményi közösséget. A Program egyúttal – az elért eredmények birtokában és az IIF misszió természetes folytatásaként – folyamatosan szélesítette a szolgáltatások, az alkalmazások és az alkalmazók körét.

A Program vállalta egy olyan általános keretrendszer feltételeinek megteremtését, mely „átjárót" képez a hálózati szolgáltatásokhoz való széles körű hozzáférés számára. Céljai között szerepelt az olyan specifikus felhasználói körök szolgáltatásokkal való lefedése is, amelyek alkalmazói szempontból közel állnak a korábbi IIF közösséghez. Emellett a Program célul tűzte ki olyan specifikus regionális területek hálózati és szolgáltatási infrastruktúrájának kiépítését is, amelyek később követhető példaként szolgálhatnak más hasonló régiók számára. Végül a Program célként jelölte meg olyan alkalmazási, ill. technológiai mintarendszerek kialakítását, amelyek sokszorozhatók és fokozatosan, egyre szélesebb körben terjeszthetők.

Bár a szűkös források miatt a tervek teljesítése néhány specifikus alkalmazás-fejlesztési feladat kapcsán nem lehetett minden területen teljes mértékben átütő, a Program 1995-97 közötti szakaszának eredményei tovább erősítették a HUNGARNET nemzetközi elismertségét, a hálózati infrastruktúra és a nemzetközi és hazai szolgáltatások elérhetőségét, minőségét és megbízhatóságát, az alkalmazások palettáját. Mindezen keresztül tovább erősödött az NIIFP szerepe az információs társadalom hazai megvalósításában.

Az NIIFP második szakasza, 1998–2002

Az elmúlt években folytatódott a kutatási-felsőoktatási-közgyűjteményi felhasználói kör bővítése; sor került a kutatási-felsőoktatási-közgyűjteményi hálózati kapcsolatok és szolgáltatások kiterjesztésére diszciplinárisan és regionálisan „szomszédos" közösségekre. Az infrastrukturális hátteret biztosította (és biztosítja) szolgáltatásként egy széles hazai közösség számára új hálózati technológiák alkalmazásba vitelével, új szolgáltatástípusok bevezetésével, a távoli csoportos munkavégzés lehetőségeinek megteremtésével, multimédiás alkalmazások hazai bevezetésével és elterjesztésével támogatta információtechnológiai fejlesztéseit és szolgáltatás-fejlesztését. Ezenkívül mintarendszerek kialakításában vett részt a perspektív infrastrukturális fejlesztések megalapozása céljából.

1998-ban már igen kedvező helyzetből indulhatott az NIIF Program második szakasza. 1993-ban a HUNGARNET-NIIF csatlakozott az európai kutatói hálózati központhoz, a DANTE-hoz, majd 1994-től az EuropaNET-en keresztül már közel 700 NIIF-HUNGARNET intézmény rendelkezett nemzetközi hálózati kapcsolattal. 1995-ben az alkalmazói létszám (évenkénti duplázódással) 50.000 fölé nőtt, miközben a havi adatforgalom (évenkénti négyszereződéssel) meghaladta az 1000 Gbyte-ot. Ekkorra az elért eredmények és a sikeres nemzetközi kapcsolatok már megalapozták a magyar vezető szerepet a régióban, elsőként eredményezve a környező országok közül magyarországi HUNGARNET-NIIF számára 2 Mb/s sebességű nemzetközi kijáratot.

1997-ben az NIIF-HUNGARNET Közép-Kelet-Európából ugyancsak elsőként csatlakozott az Európában élenjáró és az EC (az Európai Unió Bizottsága) által is támogatott TEN-34 projekthez, 1998-tól pedig kiépült a 10+5 Mb/s sebességű európai és tengerentúli hálózati kijárat, miközben a belföldi gerinchálózat sebessége elérte a 2 Mb/s szintet.

4. A hazai helyzet az új évezred elején

Az elért eredményekről

Az IIF, majd a NIIF Program első tíz éves fejlesztési munkájának eredményeként 1997 végén már becsülhetően több, mint kétszázezer alkalmazó állt rendszeres elektronikus kapcsolatban egymással és sokmilliónyi külföldi partnerével és professzionális vagy amatőr információ-szolgáltatóval a világ minden táján, és cserélhet információt. Az egy főre jutó átlagos forgalom havonta több millió karakternyi (havonta és alkalmazónként több könyvnyi) információmennyiségnek felel meg. A hálózatba bekötött számítógépeken keresztül felbecsülhetetlen értékű kapcsolattartási és információhozzáférési lehetőség áll rendelkezésre meglepően kedvező fajlagos költségek mellett.

Az 1998-2002 közötti időszakban a fejlesztés tovább folytatódott. A számítógép-hálózat folyamatos fejlődése, a szolgáltatások folytonos bővülése és az egyre szélesebb körű hozzáférés mellett sikerült Európa élvonalához felzárkóznunk. – Eközben Európa nem csupán utolérte, de sok tekintetben el is hagyta a korábban egyértelműen élen járó Egyesült Államokat a kutatási-oktatási hálózatok fejlettsége tekintetében. 1999-ben – a korábbiaknál kedvezőbb szervezeti és finanszírozási kereteket eredményezve – megjelent az NIIF Programról szóló kormányrendelet.

2000-ben a nemzetközi kijárat 68+34 Mb/s (később 155+78 Mb/s, 2001-ben pedig 155+155 Mb/s) sebességet ért el. Kiépült a belföldi 155 Mb/s (összességében 3,5 Gb/s kapacitású) gerinchálózat. Beléptünk a gigabites sebességű európai hálózatot kiépítő, az EC által is támogatott GEANT projektbe. 2001 végétől a GEANT projekt eredményeként a nemzetközi kijárat sebessége már 2,5 Gb/s és ugyancsak 2001 végétől a belföldi gerinchálózat is már 2,5 Gb/s sebességű

adatforgalmat biztosító, optikai átvitelre és DWDM technológiára épül.

2002-ben – a belföldi gerinchálózat további bővítése, valamint jó néhány belföldi fejlesztési projekt mellett – az NIIF-HUNGARNET csatlakozott az EU 5. Kutatási és Technológia-fejlesztési Keretprogramjának utolsó fázisában elindított két kiemelkedő nemzetközi projekthez, a 6NET (az új generációs internetprotokoll, az IPv6 kísérleti bevezetésének fejlesztését és tesztelését, valamint széles körű bevezetését megvalósító) nagyszabású projekthez, valamint a délkelet-európai régió konnektivitását és a GEANT hálózathoz való kapcsolását megvalósító SEEREN projekthez.

Ezáltal mind a nemzetközi kapcsolatrendszert, mind pedig a belföldi infrastruktúrát és fejlesztéseket tekintve kiemelkedően jó helyzet alakult ki, megalapozva a 2002 utáni továbblépést, a gyors nemzetközi fejlődéssel való további lépéstartást. A hálózatra kapcsolt közel ezer intézmény mintegy félmilliónyi alkalmazója a kutatási, felsőoktatási és közgyűjteményi (könyvtári, múzeumi) szférát gyakorlatilag száz százalékosan lefedi.

A nemzetközi kapcsolatok szerepe

A jelenlegi kedvező helyzet támaszkodik a HUNGARNET Egyesület igen aktív és hosszú évek óta sikeres nemzetközi kapcsolataira. Fordítva is igaz természetesen: e nemzetközi kapcsolatok sikerességének egyik legfontosabb tényezője az a külföldön is elismert eredményesség, amellyel a magyar kutatási és felsőoktatási közösség az információs infrastruktúra fejlesztése terén büszkélkedhet. Mindezekből az is adódik, hogy mindenfajta megtorpanás a hazai infrastruktúra fejlesztésében és működtetésében, mindenfajta instabilitás az itthoni kutatási-felsőoktatási közösséget a nemzetközi szervezetekben képviselő HUNGARNET Egyesület működésében súlyos veszélybe sodorná nemzetközi kapcsolatrendszerünket. A nemzetközi kapcsolatokban bekövetkező bármiféle zavar is igen komolyan hatna vissza egész infrastruktúránk helyzetére és működési feltételeire, különös tekintettel a nemzetközi konnektivitásra.

A HUNGARNET Egyesületet, mint a hazai „academic" közösség nemzetközileg is jegyzett szervezetét nem sokkal megalakulása után felvette teljes jogú tagjai sorába a RARE, amelynek megalakulása óta első számú feladata a tagjai (tagszervezetei) közötti együttműködés elősegítése a kontinens kutatási és felsőoktatási számítógép-hálózati infrastruktúrájának harmonikus fejlesztése érdekében. Feloldja az országhatárok által szabott gátakat a kutatói hálózati kapcsolatok terén, és lehetővé teszi a kutatók közötti kommunikációt, az információcserét és a számítógépes erőforrások kölcsönös távoli elérését. Ezáltal a HUNGARNET státusza lehetőséget teremtett arra, hogy a magyar felsőoktatási intézmények és kutatóhelyek egyenjogú partnerekként részesülhessenek mindazokból az előnyökből, amelyek a nyugat-európai országok hasonló intézményei számára rendelkezésre állnak.

TERENA és DANTE

A HUNGARNET Egyesület tagja egyebek mellett az említett TERENA (Trans-European Research and Education Networking Association) szervezetének, valamint a DANTE (Delivery of Advanced Networking Technology to Europe) nevű összeurópai szolgáltató központnak és a CEENet (Central and Eastern European Networking Association) szervezetének. Mindez a zavartalan nemzetközi hálózati kapcsolatrendszer elengedhetetlen feltétele.

Nemzetközi kapcsolataink így már sok éve teljes mértékben ugyanolyan nemzetközi feltételeket biztosítanak a magyar kutatóhelyeknek, egyetemeknek, múzeumoknak és könyvtáraknak, mint amilyeneket nyugat-európai partnereik (és egyben versenytársaik) élveznek.

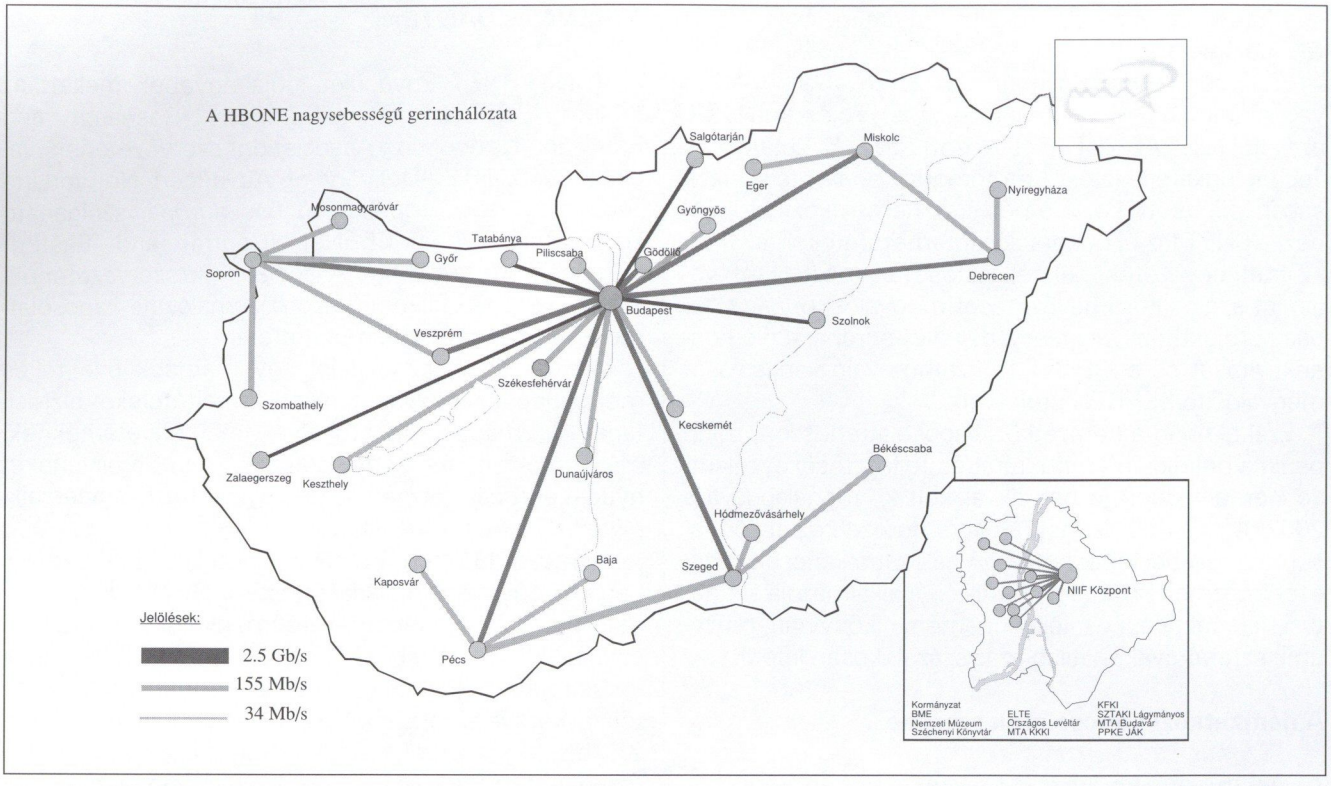
Kiemelendő, hogy a DANTE-nak a közép-kelet-európai régióból megalakulásakor csak a HUNGARNET válhatott tagjává. Ennek az – eredményeinket és külkapcsolataink sikerességét elismerő – megtiszteltetésnek kézzelfogható gyakorlati eredménye volt, hogy 1995-től (a környező országok közül sokáig egyedüliként) 2 Mb/s kapcsolattal rendelkezhettünk a DANTE által üzemeltetett EuropaNET felé. 1996 végén megvalósulhatott a HUNGARNET/NIIF és a Matáv közös bekapcsolódása (a régióból elsőként és sokáig szintén egyedüliként) az Európai Unió tagországainak TEN-34 projektjébe, amit követhetett a QUANTUM, majd a GEANT projektekben való részvétel.

A sikeres fejlesztések és a kiemelkedően jó nemzetközi kapcsolatok együttes eredménye, hogy a környező országokét jóval meghaladó színvonalú és a nyugat-európai színvonalat elérő információs infrastruktúra alakult ki a hazai kutatási, felsőoktatási és közgyűjteményi közösségeknél és azok szolgálatára. Ez biztosítja egyebek mellett a kutatók-oktatók korszerű nemzetközi kapcsolattartását, együttműködését, a külföldi információforrásokhoz és könyvtárakhoz való hozzáférést, a nemzetközi team-ekben való közvetlen részvételt stb. Ma már nélkülözhetetlen módon járul hozzá a magyar kutató és oktató társadalom egyenrangú félként való részvételéhez Európa és a világ tudományos vérkeringésében, ezáltal az országnak a nyugat-európai közösségbe való integrálódása szempontjából is felbecsülhetetlen értéket képviselve.

5. A jövő – lehetőségek, tervek, nehézségek

Előretolt bástya az országban, kiemelkedő szerep a régióban

A világban intenzíven dolgoznak a küszöbön álló „információs társadalom" előkészítése jegyében. Valamennyi ország nemzeti ügynek, ugyanakkor nemzetközi összefogásban megoldandó feladatnak tekinti a megfelelő fejlesztési stratégiák, köztük kiemelten az „előretolt bástya" szerepét betöltő kutatás és felső-



1. ábra A HBONE hálózat 2002 januárjában

oktatás speciális és meghatározó infrastrukturális fejlesztési programjainak kialakítását és végrehajtását.

Az NIIFP a hazai alkalmazásokat tekintve a specifikus alkalmazói körök érdekeit is figyelembe véve, a legszélesebb alkalmazói közösségek technikai és szolgáltatási hátterének fejlődését segítő cél- és feladatspektrummal biztosítja a fejlett világ országaiban folyamatosan és feltartóztathatatlanul épülő információs társadalom hazai elterjesztését.

A Nemzeti Információs Infrastruktúra Fejlesztési Program a kommunikáció és az információkhoz való hozzáférés elektronikus útjának össztársadalmi szintű elterjedését igyekszik olyan színvonalra emelni, amelynek révén Magyarország régiónk „fejlett szigete" lehet, vonzóvá téve az országot a fejlett világ számára. Mindez az ország átfogó nemzetközi versenyképességének és integrációs lehetőségeinek segítése mellett magára az információs infrastruktúrára is visszahat.

Az NIIF Program az 1998–2002 évekre

Az NIIF Program keretében a magyarországi kutatási-felsőoktatási számítógép-hálózat (HBONE) 2001 végére Európa élenjáró kutatói hálózatai közé sorakozott fel. A hálózat országos kiterjedése, 2.5 gigabites belföldi optikai (DWDM) összeköttetései és további nagysebességű, SDH alapú rendszerei már a XXI. század információs társadalmát alapozzák meg. A HBONE-nak a GEANT projekt keretében kiépített nemzetközi kapcsolata a budapesti 2,5 Gb/s hozzáférési kapacitású GEANT csomóponton keresztül közvetlen kapcsolatot biztosít az ausztriai, szlovákiai, szlovéniai, horvátországi, és romániai kutatási és oktatási közösségekkel. A GEANT projekt – mely Európában egy soha nem látott kiterjedésű és kapacitású multigigabites rendszert teremtett meg – a magyar kutatási és oktatási közösség számára valóban a világ élvonalához való felzárkózást eredményezte.

A hálózat eszközei korszerűek, túlnyomó részüket az utóbbi két évben szereztük be. A hálózati szolgáltatások a nemzetközi kutatói hálózati és távközlési gyakorlatnak megfelelően a legkorszerűbb technológiákat használják – MPLS, VPN, QoS, multicast – és bocsátják a végponti intézmények rendelkezésére.

A 2002–2003. évi tervek a hálózati kapacitások további bővítését, a hálózati forgalom számottevő növekedését, ezzel együtt a szolgáltatások, valamint alkalmazások továbbfejlesztését és bővítését irányozzák elő. A tervek kiemelten foglalkoznak egyebek mellett az internettelefónia bevezetésével a kutatási-felsőoktatási közösség számára, a szuperszámítógépes alkalmazások további bővítésével, valamint a grid technikára épülő rendszerek realizálásával.

Bölcs előrelátás

LAJTHA GYÖRGY

PKI tudományos tanácsadója

lajtha.gyorgy@ln.matav.hu

1. A jövő ismeretének értéke

A római iskolák bölcseinek oktatási mottója a „quidquid agis prudenter agas and respice finem" volt, vagyis bármit teszel okosan (megfontoltan) tedd és gondolj a végére, vagyis vedd figyelembe távlati következményeit. Amennyire helyes ez az alapelv olyan nehéz megvalósítani. A véget, a távlatot nem láthatjuk. Nehéz felbecsülni azokat a tényezőket, amelyek döntésünkön kívül hatással vannak döntésünk következményeire.

A hadi szerencsét a kiválóan kidolgozott stratégia mellett olyan események is befolyásolták, mint, hogy az afrikai elefántok nehezen tűrik a gyaloglást az Alpokban vagy, hogy a hideg orosz telek lehetetlenné teszik az utánpótlást. A távközlés területén is vannak fordulópontok, amelyek ha nem is veszélyeztetik százezrek életét, de a gazdaság helyzetét döntően befolyásolják.

Történelmünk kezdetén a döntésért felelős vezérek jósokhoz, váteszekhez, táltosokhoz fordultak, akik a csillagok állásából, az áldozati állat üstjéből vagy a csak általuk hallott isteni sugallat alapján fogalmazták meg szentenciáikat. Bár ők sem voltak mindentudók vagy jövőbelátók, de jó hírük védelme érdekében igyekeztek utólag többféle képpen értelmezhető szövegekkel útnak indítani megbízóikat. A jósda barlangjából vagy félhomályos szobáiból lélekben megerősödve léptek ki a nagyhatalmú urak.

Az igaz látnokok, mint Jókai vagy Verne, gyerekkorunk kedvenc olvasmányaiban leírták azokat a műszaki csodákat, amelyek csak haláluk után valósultak meg. Ezek a gazdag fantáziával megáldott alkotók talán biztatást adtak a következő generációknak a nagy találmányok létrehozására. A megvalósításban azonban kockázatuk, felelősségük nem volt. Regényeik sikere korábban már besorolta őket a halhatatlanok közé.

Legkritikusabb vállalkozás a kutatóké, fejlesztőké, akik megfogalmaznak, kitűznek egy célt, amit a rendelkezésre álló eszközökkel meg kell valósítaniuk. Ez még nem is elég. Az új terméknek, szolgáltatásnak, hálózatnak gazdaságosan kell működnie, a társadalomnak el kell fogadnia, és a párhuzamosan kidolgozott eredményeket a versenyben le kell győzniük. Ilyen eredmények ritkák és kidolgozóikról az utókor tisztelettel emlékezik meg. Számos ilyen zsenit lehetne felsorolni, hiszen valamennyi ma használt műszaki eszköz egy vagy több tehetséges, előrelátó alkotó munkájának eredménye. (A magyarok közül Jedlik, Déri, Bláthi, Zippernovszky, Csonka, Neumann, Bíró tagjai ennek a csapatnak.) A sikertelenekről elfelejtkezünk.

Más esetben válaszút előtt áll az alkotó, ha több lehetséges megoldás van. Ekkor, aki hibázik, annak vállait hosszú évekig nyomja ennek felelőssége. Ilyenkor csak az vállalja a döntés felelősségét, aki saját munkája, tapasztalatai és széleskörű tájékozottsága alapján nem fél vállalni a felelősséget.

A jövő ismerete tehát nagy érték lenne, de erre nincs módunk. A jelen-helyzet felmérése és a tényezők szakszerű elemzése növelheti az előrelátást. A másik lehetőség, hogy a kívánt jövő elérése érdekében erőfeszítéseket teszünk az események sorának alakítására. A két jósokat pótló lehetőség együtt sok területen sikerre vezethet.

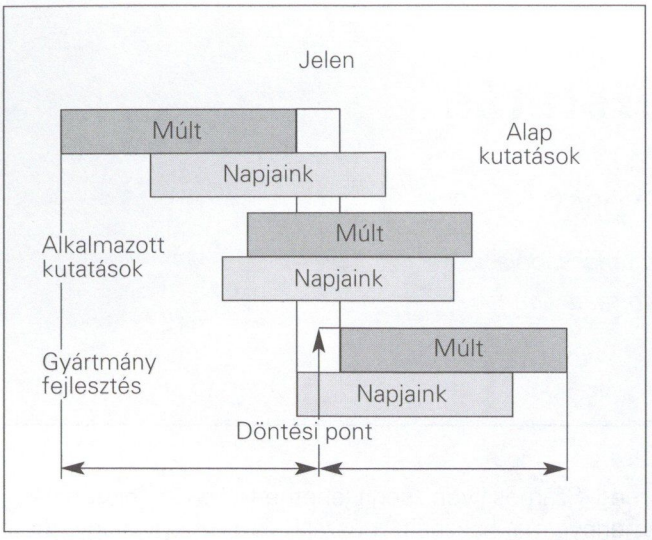
2. Műszaki prognózisok

Az alkalmazott tudományok kutatói mindig felfokozott érdeklődéssel figyelik az alaptudományok eredményeit. Felhasználva az elméleti újdonságokat a fejlesztők és fejlesztői csoportok versenyben vannak, hogy melyik csoport tud gyorsabban, nagyobb sikert ígérő gyártmányt, gyógymódot, szolgáltatást kidolgozni, és a felhasználókkal elfogadtatni.

A gyorsabb átfutás érdekében a munkát úgy szervezik, hogy a fejlesztési folyamat különböző fázisai átlapolják egymást és azonos feladaton néha egy vállalaton belül több csoport is dolgozik. Ezt mutatja a Boda Miklós [1] által kidolgozott idődiagramm (1. ábra).

Ennek jelentősége, hogy a prototípus tapasztalatai és piaci fogadása előtt már meg kell kezdeni a gyártást. A végeredmény, a termék sikere, természetesen a felhasználókon is múlik. Viselkedésüket a gyors fejlesztés miatt már előzetesen három csoportba oszthatjuk:

a) Az emberek jelentős része igényli valamely tevékenységének biztonságosabb, gyorsabb, kényelmesebb elvégzéséhez új eszközök, módszerek kifejlesztését.



1. ábra Csökennek a fejlesztési idők, kevésbé megalapozhatók a döntések

b) Meg nem fogalmazható, de természetes, hogy a korlátozottan rendelkezésre álló idő és erő jobb hasznosítását felkínáló eszközöket mindenki érdeklődéssel fogadja, és sokan elkezdik használni.

c) Míg a) és b) piaci sikere többé-kevésbé előre jósolható, a teljesen új elképzelések gyakorlati bevezetésekor mindig felmerül a kérdés: szükségünk van-e erre? Előre viszi-e ennek használata a társadalmat vagy az egyén boldogulását? Megtérül-e valamilyen formában beszerzésének ára vagy bérleti díja?

Mindhárom esetben, de különösen az utolsó pontban vázolt újdonságoknál szinte bizonyosra vehető, hogy az alkalmazott kutatások kezdeti eredményeit visszautasítják a kiforratlan technológia, bonyolult kezelés és magas ár miatt. Kezdetben lassan terjed az új gyártmány vagy szolgáltatás Az első tapasztalatok alapján a terméket a felhasználók besorolják valamely kategóriába és ez megszabja annak piaci sikerét. Nagy tapasztalat, emberismeret és műszaki érzék kell ahhoz, hogy a fejlesztés stádiumában meg lehessen ítélni a termék jövőjét. A szakmai nagyságokat tanítványaik, utódaik többek között aszerint ismerik el, hogy fejlesztési, beruházási döntéseik mennyire voltak sikeresek. A fejlesztési döntések irányítóinak tehát bizonyos mértékig jövendőmondónak kell lenniük. Ezzel együtt szerepet kell vállalniuk a véleményük szerint előnyös elképzeléseik megvalósításában.

3. A távközlés fejlődésének néhány perspektivikus lépése

Az anyagtudomány és távközlés szoros kapcsolatának meghatározó eseménye a félvezető technika 1947–48. évi kidolgozása. Az 50-es évek legelején, a tranzisztorgyártás megindulása felvetette az elektroncsöves eszközök átkonstruálását kisebb méretű és kisebb teljesítmény felvételű félvezetőkre. Néhány év alatt kiderült, hogy ezen eszközök élettartama meghaladja a csövekét, tehát a telepítési, vizsgálati, üzemeltetési módszerek is megváltoztak. Az ötvenes évek második felében megjelentek azok a távközlési berendezések, amelyekkel megkezdődött az összeköttetések költségének csökkenése, majd ennek hatására a távközlési forgalom növekedése.

A következő lépés azon ötletek megvalósítása volt, amelyek minden elvi szépségük ellenére csövekkel megvalósítva ésszerűtlen méretű és magas árú berendezést eredményeztek. Ennek egyik jellegzetes példája a PCM átviteli eljárás, amelyet 1938-ban szabadalmaztattak, de csak az integrált áramkörökkel voltak gazdaságosan megépíthetők, gyárthatók. Az első PCM berendezések ezért csak 1962–64 között jelentek meg. A digitális technika további térhódítása is várható volt, mert lényegesen könnyebb és olcsóbb volt tömeggyártásuk, mint az egyéni beállítást igénylő analóg áramköröké.

A kapcsolástechnika is igyekezett megszabadulni a sok fenntartást igénylő mechanikus, forgógépes rendszerektől. Bár több országban működtek crossbar gépek, amelyek kisebb üzemeltetési költséggel már versenyképesek voltak, de az elektronika eredményeit csak kis mértékben, némely vezérlési funkcióban használták. A helyzet tehát megérett elektronikus kapcsolóelemek megvalósítására.

Ebben az időszakban (1970–75 között) jelentek meg az első fényvezetők. Ez a technológia nem tartozik közvetlenül témánkhoz, de a távközlési forgalom megsokszorozódását, különösen az interkontinentális kapcsolatok árának csökkenését hozta, és ezzel a távközlés szinte korlátlan használatát tette lehetővé. Bár kezdetben csillapításuk még 20 dB/km volt, de látszott, hogy olyan eszköz lesz a szolgáltatók kezében, amellyel olcsón tudnak több tízezer vagy százezer telefoncsatornát, és az ezzel ekvivalens képmennyiséget vagy adatmennyiséget, tetszőleges távolságra átvinni. Ennek ismeretében felmerült a fotonika alkalmazásának kérdése is, azonban ez a probléma még évtizedekig a kutatóintézetek laboratóriumában maradt.

A számítástechnika és a szoftverfejlesztés eredményeinek felhasználása a 60-as évek meghatározó kutatási iránya volt. A félvezetőtechnika lehetővé tette a hardver korszerűsítését, a számítástechnika pedig a különböző szoftverek, operációs rendszerek tudományának növelését ígérte. Az akkor még csak kutatási vagy katonai célokra hasznosított számítógépek nagyobb mértékű terjedéséhez, azok használatának egyszerűsítése lett volna szükséges.

A 60-as években alakultak ki az első olyan programozási nyelvek (Algol), amelyek a feladathoz illeszkedően alkották meg utasításkészletüket és nem volt szükség az alkalmazáshoz a gép belső működésének megismerésére. Ezzel egyidejűleg felmerült a számítástechnika technológiai alkalmazása is. Először alközpontokban, majd főközpontokban célszámítógépeket alkalmaztak különböző részfeladatok elvégzéséhez. Ekkor már látszott, hogy a programvezérelt gépek lényegesen rugal-

masabbak lesznek, mint a hardverrel megoldott logikájú elektromechanikus központok.

Első lépésben huzalozott programvezérlésű központok készültek. Ennek egyik jelentős példája a hazai ECR rurál hálózat. Ebben valamennyi központ programvezérelt volt, és a jelzésrendszerek is ehhez illeszkedően oldották meg az együttműködést. Ezzel egy időben, ha nem is teljes hálózatok, de már jól működő alközpontok készültek tárolt programvezérléssel. Nagyobb kapacitású központoknál még csak a részfeladatokat tudták üzembiztosan szoftverrel megvalósítani.

4. Döntés előtt a hazai távközlés

Az ipari, postai és egyetemi szakértők 1956 tavaszán különböző tanácskozásokon leszögezték, hogy a hazai távközlés továbbfejlesztése az addig alkalmazott központcsaláddal nem célszerű. A rotary központok térfogat-, energia- és fenntartásigénye a gazdaságos továbblépést lehetetlenné teszi, hiszen annak idején – amikor az Egyesült Államokban Mc Berty feltalálta a Rotary elvet, és a Lorimer fivérek 1900-ban szabadalmaztatták a revertive impulzusok alkalmazását a gépek beállítására –, még lényegesen kisebb forgalomra számítottak. 1905-ben a számtranszlátor kidolgozásával (E. C. Molina) véglegesen kialakultak a 7A, 7B és 7E rendszerek alapját képező műszaki megoldások.

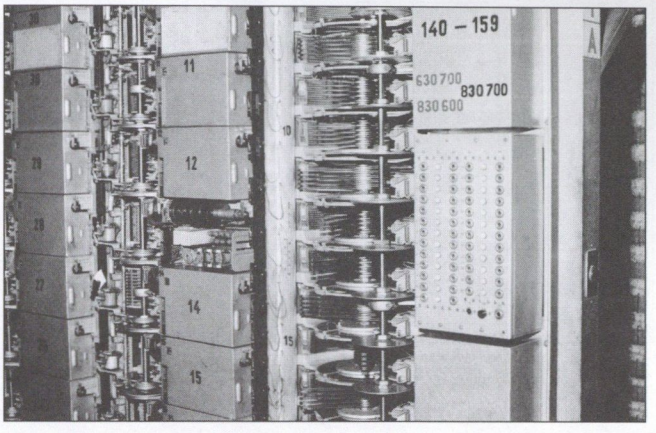
Az 50 év változásai miatt más megoldási lehetőségeket is megvizsgálandónak tartottak.

A másik ismert rendszer – a Strowger – még inkább elavult. Bár a világban jelentős mennyiségben működnek még Strowger-központok, amelyet 1889-ben szabadalmaztattak az Egyesült Államokban, és ezt követően hamarosan üzembe is helyezték, de Európában csak 1910 után kezdett terjedni. A Siemens Drezdában (1912.) és Amszterdamban (1914.) helyezte üzembe első emelőválasztó-rendszerű központjait. A Reichpost szabványosítja ezt a rendszer, és ezzel hosszú időre konzerválja a megoldást. Ezzel a távhívást rendkívül nehéz volt megvalósítani, számos más szolgáltatás bevezetése pedig lehetetlen volt. Ugyancsak a XX. század elején az Egyesült Államokban panelsystem néven megtervezték a crossbar rendszerek ősét. Ennek elve, részleteiben kidolgozva, már 1920-ban rendelkezésre állt és 1921-ben, Nebraska Államban működött is ez a központ. A crossbar rendszer később Európában is elterjedt és a kidolgozott módosításokkal valamennyi felmerülő igénynek megfelelt. A kapcsolástechnikai berendezések 1-1 jellegzetes példánya a 2. ábrán látható.

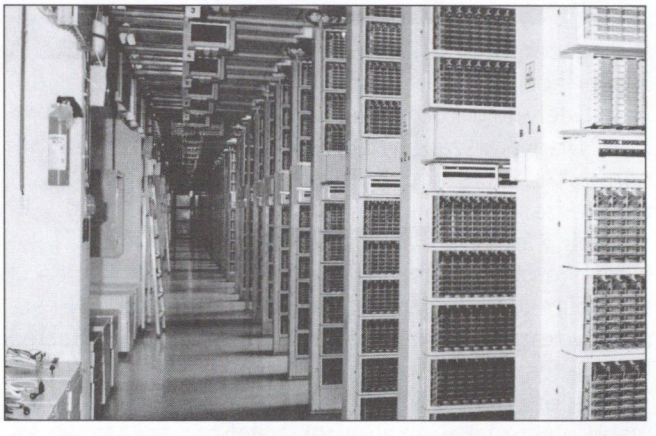
Az 1956-os forradalom és az ezt követő évek politikája háttérbe szorította a kapcsolástechnikai rendszerváltás kérdését. A konszolidáció után 1963-ban a Magyar Posta, az OMFB, a BHG, a BME ismét tanulmányban rögzítette, hogy a távbeszélő-hálózat bővítése Rotary rendszerben nem gazdaságos, fenntartása költséges, ezért a jövőben új kapcsolástechnikai rendszerre kell áttérni. A cél világos volt, csak el kellett dönteni, hogy milyen irányban tegyenek lépéseket, milyen rendszerű központot vásároljon a Magyar Posta, melynek licencét a BHG átveszi és a jövőben gyártani fogja. Az országos jelentőségű kérdés egyeztetése és az Ipari Minisztérium számára előterjesztés készítése az OMFB feladatát képezte. Szakértőként a BME tanárait kérték fel.

Az előző pontban leírtak alapján a kormány hozzájárult egy új kapcsolástechnika, szélessávú átviteli rendszer, és ezek gyártási jogának megvásárlásához. A Magyar Nemzeti Bank vállalta a szükséges deviza rendelkezésre bocsátását. Ezt követően szakértői bizottságok keresték

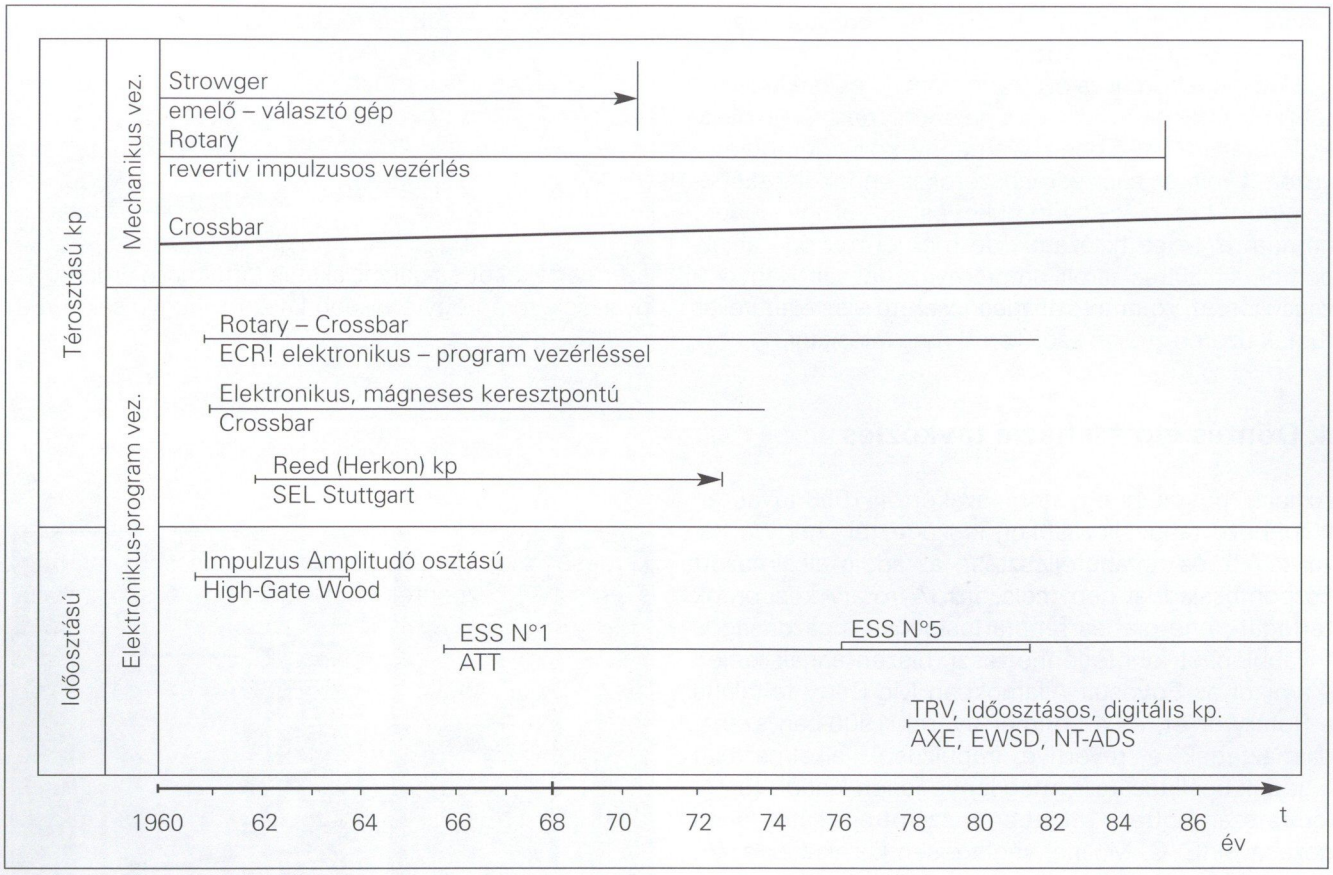
2.a. ábra Az 1962. évben üzembe helyezett Zugló 7A2 telefonközpont



2.b. ábra A Zugló 7A2 központ gépterme



2.c. ábra A Lágymányos Crossbar központ gépterme



3. ábra Kapcsolástechnikai helyzetkép a dötés előtt (1968) és a fejlődés az ezt követő 20 évben

fel a különböző gyárakat és nézték meg, hogy milyen típusokat tudnak szállítani, melyek azok a rendszerek, amelyek fejlesztése jól halad. A Posta szempontja elsődlegesen az volt, hogy az új rendszer és a működő Rotary központok együttműködése biztosított legyen. A BHG feltételei között szerepelt, hogy új termékével ne csak Magyarországon telepíthessen központokat, hanem a KGST országokban is, és ezeken kívül is legyen piaci részesedése.

Eltelt 7 év és ez alatt számos laboratóriumban folyt kutatás és fejlesztés. Megjelentek az elektronikát és új alkatrészeket felhasználó újabb központtípusok. A 3. ábrán igyekszünk a már meglévő, és az akkor fejlesztés alatti rendszerek bevezetési időpontjait bemutatni.

Látszott, hogy a szinte naponta megjelenő újabb és újabb elektronikai alkatrészek hatalmas fejlesztési lehetőséget rejtenek magukban a telefonhálózat számára. Csak az optimális megoldás kiválasztása a probléma. Minden szakértő hangsúlyozta, hogy időálló rendszert kell beszerezni, mert a távbeszélő-hálózat teljes átállása költséges, sok problémát felvető feladat. Az időálló rendszer alatt azt értették, hogy a licenc átvételétől kezdve legalább 15-20 évig a kiválasztott típussal el lehessen látni a feladatokat.

A fenti célokat teljesítő kapcsolástechnikai megoldásra 3 különböző elképzelést fogalmaztak meg a szakértők:

- Csatlakozzunk egy még nem teljesen kifejlesztett rendszerhez, és a magyar szellemi értékkel járuljunk hozzá a fejlesztési feladatokhoz. Közösen hozzunk ki 4-5 év alatt egy típust, amely valamennyi feltételnek tökéletesen megfelel. Ez azt jelentette, hogy mozgóalkatrész nélküli, lehetőleg programvezérelt központ fejlesztésében érdemes részt venni. Ilyen együttműködésre elsősorban az osztrák gyárak látszottak késznek, de felmerült angol vagy francia kapcsolat lehetősége is.
- Vegyük meg a legutolsó időszakban kidolgozott, vagyis legkorszerűbb, már kész gyártmány licencét. Ebbe a csoportba tartozott a németek által preferált hermetikusan elzárt jelfogójú, programvezérlésű, térosztású központ és a Franciaországban kidolgozott tér- és időosztású kombinált kapcsolástechnikai berendezéscsalád.
- Ilyen nagyjelentőségű döntésnél nem szabad kockázatot vállalni, tehát olyan berendezés licencének megvétele indokolt, amely mögött már néhány év gyártási és üzemeltetési tapasztalat áll. Ennek a feltételnek a crossbar központok feleltek leginkább meg, amelyekre amerikai és svéd ajánlatok voltak.

Mindhárom elképzelésnek számos támogatója volt, kiváló mérnökök, közgazdászok, tudósok és gyakorlati szakemberek. Közel két évig a kérdés nem dőlt el. A kereskedők, üzletemberek árajánlatokat hoztak és a leendő partnerekkel közösen együttműködési, piacmegosztási feltételeket fogalmaztak meg. A gazdasági tényezők nem tették egyértelművé sem azt, hogy mi-

lyen elv alapján válasszuk ki a leendő berendezéseket, sem azt, hogy melyik ország valamely gyárával érdemes együttműködésre lépni. E sok bizonytalanság után sikerült olyan elvi szempontokat rögzíteni, amelyek elvezettek a döntéshez.

5. A döntés

A BME részéről a bizottságban vezető szerepet vállalt Kozma László professzor. Tanulmányaiban egyértelműen amellett foglalt állást, hogy bevált és kellő tapasztalatokkal igazolt berendezéseket kell beszerezni. Álláspontja egyértelmű és határozott volt. Ez azonban számos támadást provokált. Közgazdászok úgy vélték, hogy ezzel lemaradásunkat konzerváljuk. Ez a döntés azt jelenti, hogy 1985–90-ig nem lesz módunk a most forrongóban lévő világ legújabb eredményeit hasznosítani. Ezzel elzárjuk magunkat az elektronizálás gyors terjedésétől, az integrált áramkörök használatától, az integrált digitális hálózat megvalósításától és a nembeszéd jellegű hírközlés fejlődésétől.

A közgazdászok és politikusok ezen nézetei sokakat meggyőztek, és ezzel megkezdődtek a tárgyalások a közös fejlesztésről. Ebben elsősorban Ausztria látszott partnernek és az odalátogató szakemberek rendkívül vonzó szerződéseket körvonalaztak. Elképzelésük szerint sikeres fejlesztés esetén a hazai ipar nemzetközi sikereket érhet el, és Európa legnagyobb részét piacának tekintheti.

A gyakorlati szakemberek a korábbi kapcsolatok alapján a Siemens nemesfém érintkezős, vagy a SEL Reed-relés megoldásai mellett foglaltak állást. A gyárak nagy hagyományaira hivatkozva úgy látták, hogy ezek a nemrégen megjelent központok fogják a következő generációt képezni. Bevezetésükkel a mozgó alkatrészek minimalizálhatók és a kopás teljes egészében elkerülhető.

Megismerve ezeket az érveket, Kozma László felvetette, hogy digitális elektronikus központok gyártásához Magyarország nem rendelkezik megfelelő félvezető iparral. Így, ha a világ élmezőnyéhez csatlakoznánk is, a félvezetős nagyhatalmak a kezükben tartanák a magyar gyártókat és saját iparuk érdekeit védenék. Nem tartotta elfogadhatónak, hogy amikor már időosztásos tárolt programvezérlésű központok elveit megfogalmazták Amerikában és Angliában, akkor miért vezessünk be egy átmeneti megoldást. Ezzel az illesztés kérdései megmaradnak, és valószínű, hogy rövid időn belül át kell térni ismét egy új rendszerre.

Ezen túlmenően nem igazolja semmi, hogy a kialakulóban lévő, vagy a piacon éppen most megjelenő eszközök a szolgáltatók valamennyi igényét kielégítik. Számos példa volt a múltban arra, hogy ígéretes újdonságok mielőtt valóban beértek volna, megbuktak, mert egy később induló fejlesztés olyan terméket eredményezett, amely az első korai produktumok hibáit kiküszöbölte.

Kozma László érveit támadták, még olyan személyes hangvételű cikk is megjelent, amely szerint egy 60 évnél idősebb ember nyilván konzervatív és nem szeretné a hálózatban azokat az eszközöket látni, amelyekkel nem barátkozott meg fiatal korában. A bizonytalanságok elkerülésére azt válaszolták, hogy minden igazi nagy siker együtt jár a kockázatvállalással. 1965–66-ban azonban tisztultak az álláspontok. A számszerű értékeket és garanciákat is tartalmazó érdemi tárgyalások során egyre inkább látszott, hogy csak a már működő rendszerekre tudnak üzembiztonsági, megbízhatósági jellemzőket adni. A piac megosztási kérdések területén is előnyben volt az, aki eszközeivel már jelentős exportot bonyolított le.

A tapasztalt üzemeltetési szakértőket mind a gazdasági, mind az üzemviteli szempontok egy kiforrott rendszer vásárlása irányába befolyásolták. A gazdasági kérdések mérlegelésénél döntő fontosságú volt, hogy a crossbar központokat megajánló Ericsson vállalta, amint a fejlesztés szintje megengedi és garanciákat is tudnak vállalni, akkor a crossbarhoz illeszkedő, időosztásos, tárolt programvezérlésű központjuk szabadalmát is átadják. A hazai gyártás szempontjából pedig ez a technika tökéletesen megfelelt a BHG felkészültségének.

Kozma László tehát döntését valamennyi érdekelt fél tudásának, a gazdasági lehetőségek ismeretében, saját műszaki érzékével alátámasztva hozta meg. Vállalta annak felelősségét. A széles látókörű és a távlati lehetőségeket is szem előtt tartó javaslata alapján a bizottság elfogadta, hogy az Ericsson crossbar rendszerét kell átvenni, és az erre vonatkozó szerződést 1968-ban aláírták.

6. Értékelés

25 év távlatából már könnyű egy döntés jogosságát vagy hibáit értékelni. Azóta kiforrott egy új kapcsolástechnikai generáció, és Magyarország is kiválasztotta újabb megfontolások alapján az 1993 óta beszerzendő központok típusát. Áttekintve a 60-as, 70-es évek eseményeit, ezek tükrében értékeljük a választást.

A németországi Standard Electric Lorencz a zárt terű (Herkon, Reed), nem korrodáló kontaktusokkal tervezett nagy kapacitású jelfogós központot. A Stuttgartban üzembe helyezett rendszer ugyan megbízható volt, de drága. Részben azért, mert minden kontaktust vákuum üvegcsőbe helyezett el részben, mert a jelfogós elv megvalósítás több tízezres kapacitású központban bonyolult.

Anglia merészebb újításba kezdett. Az időosztás elvét alkalmazták programvezérléssel és impulzus amplitúdó modulációval (PAM). Ez utóbbi volt a gyors bukás oka. A PAM mint analóg rendszer érzékeny az intermodulációs zajokra, áthallásokra. A kapcsolásfolyamatok által létrehozott torzítások termelték a felhangokat, amelyek az átvitel minőségét a használhatatlanságig rontották.

A további tendenciák főként valamilyen közös fejlesztés esetén kerültek előtérbe. Ezek azonban nem illeszkedtek az integrált hálózat kialakításának koncepciójához, amely egyértelműen a PCM technológiára épült.

Bár 1970–73 körül már szakcikkekben megfogalmazták a következő kapcsolástechnikai generáció főbb jellemzőit, és néhány szabadalom már megszületett a TPV központok kialakítására, de az első valódi forgalmat lebonyolító tárolt programvezérlésű időosztásos, elektronikus, PCM folyamokat kapcsoló központot a No4 ESS (ATT)-et 1976-ban 4 trönk központban helyezték üzembe. Ennek elődjeit 1965 óta folyamatosan gyártották, és ebbe az 500 állomáson működő No1 ESS központba már addigra 9 millió előfizetőt kötöttek be. A No4 ESS ekkorra felelt meg minden követelménynek. Ugyanakkor 1971-ben Budapesten és 27 vidéki helyen üzembe helyezték már a crossbar központokat, és 1973-ban megkezdődik a hazai gyártás. A konzervatívnak tűnő döntés tehát 20-25 évig jó megoldást kínált, és elkerültük az esetleges zsákutcákat.

Az új technika 1981–84 közti években forrott ki, ekkor a korábbi Ericsson kapcsolat alapján lehetőségünk lett volna az AR crossbar családhoz illeszkedő időosztásos TPV rendszerek gyártási jogát megvenni. Mivel az első felkínált lehetőséget a BHG nem fogadta el, továbbiakra már a megszigorított embargó miatt nem volt lehetőség. Ha ezt az első lehetőséget megragadja a gyár vezetése, akkor második lépésben is igazolódott volna az akkor konzervatívnak tűnő Kozma-féle koncepció.

7. Tanulságok

Általánosságban levonhatjuk a tanulságot, hogy a kellő élettapasztalattal rendelkező, kiemelkedő tudású szakemberek konzervatív döntései sok esetben perspektivikusabbak, mint a divatcikkek iránt vonzódó, a haladást minden szempontból erőltető mérnököké. A tapasztalat ugyanis lehetővé teszi a zsákutcák elkerülését. Nem minden újdonság zsákutca, de az igazi szakember érzi, hogy melyik fejlesztés nem hoz tartós eredményt. Talán nem is tudja pontosan megfogalmazni döntése hátterét, de szemléletében benne van, hogy meg tudja ítélni, melyik a valóban sikeres irány.

Persze vannak olyan esetek, amikor a siker nem a termék hibájából marad el, hanem mert tömeges elterjedése előtt más, jobb, nagyobb teljesítményű eszköz jelenik meg (teletex-fax, videotex-internet). Vannak olyan esetek is, amikor valamilyen megoldás egy országban, vagy egy területen szép eredményeket ér el, azonban nem igazán világméretű (minitel).

A jó döntés nem csak jóslás, hanem előrelátás, amely intuícióval és felelősségvállalással párosul. Sok esetben ez nehezen indokolható, de utólag mindig igazolható.

Hírek

Az Ericsson a Telenor Networks hálózatának továbbfejlesztésére vonatkozó megállapodást kötött a norvég hálózatüzemeltetővel. Az ENGINE többszolgáltatásos hálózati megoldás lehetővé teszi, hogy ugyanazon hálózat gazdaságosan integráljon különböző adat- és beszédforgalmat, továbbá új szolgáltatásokat kínáljon. Segítségével a jelenlegi áramkörkapcsolt hálózat a jövőbeli igényeknek is megfelelő többszolgáltatásos csomagkapcsolt hálózattá alakítható.

❖ ❖ ❖

A Telenor norvég szolgáltató a szélessávú kábelpiaci szegmensben, szorosan együttműködve a Siemens ICN ágazatával, országos üzembe állított egy a Juniper Networks által szállított SDX 300 „Service Deployment System"-et. A már korábban létesített ERX Edge Router berendezések a Telenor szélessávú szolgáltatásait a közületi és magán előfizetők igényeihez fogja igazítani. A dinamikus sávszélesség-hozzárendelés, a priorizálás és a Traffic Shaping lehetővé teszik, hogy az ügyfelek számára rugalmas szolgáltatási kategóriákat lehessen ajánlani és rendelkezésre bocsátani.

Zárt szabályozási körök minőségi és robusztussági tulajdonságainak elméleti határai

KEVICZKY LÁSZLÓ

egyetemi tanár, kutatóprofesszor

Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet

e-mail:keviczky@sztaki.hu

1. Bevezetés

A szabályozástechnika egyik alapfeladatának, a távműködtetésnek a megoldását már az ókori egyiptomiak, görögök, rómaiak között megtalálhatjuk: lényegében a gőz, illetve a hőre táguló folyadékok és a levegő segítségével működtetett áldozatot bemutató szent helyek, oltárok „látványtechnikájánál". Századoknak kellett elmúlnia mire J. Watt gőzgépénél már egy igen fejlett szabályozó berendezés, a röpsúlyos fordulatszám- szabályozó (1769), megjelenhetett. Újabb száz év telt el mire J. C. Maxwell a matematikai modelljét megalkotta ennek a szabályozónak (1868). Mintegy ötven évnek ismét el kellett telnie, mire a tudomány megértette, hogy a szabályozási folyamatok lényege a visszacsatolás: lásd H. W. Bode klasszikus munkáit a visszacsatolt erősítőkről (1927), majd H. Nyquist eredményeit a rendszerek stabilitásáról (1932). Az 1970-es évekre már általánosnak mondható az állapottér-leírás és –módszer, valamint a hozzá kapcsolódó optimalizálás alkalmazása, többek között R. Kálmán munkásságának hatására. A század végére az adaptív és robusztus (érzéketlen) szabályozók metodikája terjedt el, amely elég nehezen köthető egy vagy csak akár néhány szerző eredményeihez. Az új évezred elején pedig mintha a nemlineáris szabályozási problémák reneszánszát élnénk.

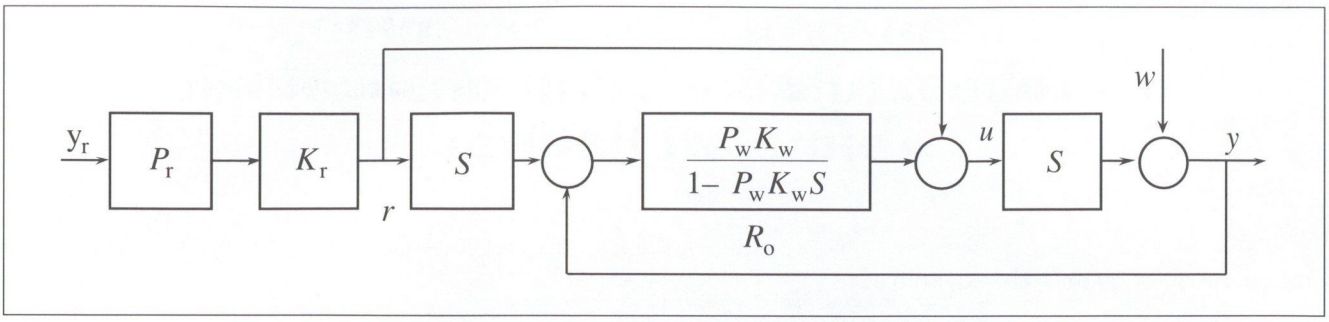
A fejlődés a szabályozástechnikát alkalmazó technológiáknál is töretlen volt. A gőzgép után valószínűleg nem lehet véletlen, hogy W. Wright már 1901-ben azt vallotta, hogy ha a repülésben megoldjuk az egyensúlyozás és az irányítás problémáját, a többi már gyerekjáték, technikai kérdés csupán. Ő meg is oldotta és a Kitty Hawk 1903-ban már repült. A tömeggyártás lehetőségének első demonstrálását E. Whitney mutatta be 1800-ban a gyártási folyamat egyes részeinek felcserélhetőségével, micsoda véletlen: a fegyvergyártásban. 1913-ban H. Ford vezette be a mechanikus összeszerelő gépet (gyártási sort) az autógyártásban. Az MIT 1952-ben fejlesztette ki a szerszámgépek első numerikus vezérlését (NC), s már 1954-ben megjelent G. Devol programozott „utasítás átvitele", amely az ipari robotok tervezésének a kezdetét jelenti. Az Unimate első robotja is ezt az elvet használta 1960-ban. Az 1990-es évekre az exportorientált cégek automatizálás nélkül már nem tudták a jövőjüket elképzelni. 1994-re pedig megjelenik az egyik legnagyobb felhasználóként az autóipar: megbízható, robusztus irányítási rendszereket alkalmazó modelljeivel, amelyek közül ma már számos szériatartozék. 1997-ben a Mars felszínén megjelenik egy teljesen autonóm jármű, a Sojourner, amely teljesítette feladatát, működését a világhálón is követhettünk.

A fenti elméleti és technológiai változásokkal egyidejűleg ezen a szakmai területen is végbement egy „digitalizálódás", amelynek egyik legfontosabb eredménye, hogy az „alkalmazási küszöbszint" olymértékben leszállt, hogy ma már a legbonyolultabb elméleti és nagy számítási vagy bonyolult jelformálási igényű feladat megoldásának sincs technikai akadálya. A technikai akadályt sokkal inkább a folyamatok, illetve adott technológián alapuló berendezések tulajdonságai jelentik, mint a szabályozástechnika, illetve irányításelmélet módszereinek realizálása.

Ezért nem is olyan egyszerű egy olyan problémát kiválasztani, ahol a számítástechnika mai lehetőségei nélkül nem juthatnánk eredményre. Ezt tesszük most, amikor Kozma László professzor centenáriumi emlékszámában zárt szabályozási körök minőségi és robusztussági tulajdonságainak elméleti határát vizsgáljuk meg számítógépes módszerek segítségével lineáris szabályozási körökre.

2. Az alapfeladatról

Az elmúlt évtized egyik legnagyobb paradigmája a szabályozási körök minőségi és robusztussági tulajdonságainak egymással dialektikusan szembenálló ellentmondása. Ez az általánosan ismert ellentmondás még bonyolultabb, ha valós környezetben vizsgáljuk, nevezetesen amikor a szabályozó kimenőjele amplitúdó korlátos. A dolgozatban erre a kérdésre keresünk megoldást az alábbi feltételek mellett: olyan speciális szabályozó struktúrát és optimális tervezési módszert választunk, amely a zárt rendszer sávszélességét tekinti minőségi kritériumnak; a Nyquist stabilitási határt tekintjük robusztussági mértéknek; olyan dekompozíciós



1. ábra Generikus kétszabadságfokú szabályozási kör

tervezési technikát alkalmazunk, amely kezelni tudja a beavatkozó jel korlátozását.

A speciális struktúra a kétszabadságfokú szabályozási körök egy „generikus" változata, amelyet az 1. ábrán láthatunk [1].

Itt y_r, u, y és w az alapjel, beavatkozó jel, szabályozott jellemző és a zavaró jel. A séma optimális szabályozója [1], [3] mintavételes (diszkrét idejű) számítógépes szabályozást feltételezve

$$R_o = \frac{P_w K_w}{1-P_w K_w S} = \frac{Q_o}{1-Q_o S} = \frac{P_w G_w S_+^{-1}}{1-P_w G_w S_- z^{-d}} \quad ;$$

$$Q_o = Q_w = P_w K_w = P_w G_w S_+^{-1} \tag{1}$$

A folyamatról feltételezzük, hogy az alábbiak szerint faktorizálható

$$S = S_+ \bar{S}_- = S_+ S_- z^{-d} \tag{2}$$

ahol S_+ az inverz stabilis (*IS*), S_- az inverz labilis (*IL*) tényező, a z^{-d} pedig a mintavételezési idő egész számú többszörösének feltételezett holtidőt jelenti. Érdekes megfigyelni, hogy a zárt rendszer átviteli karakterisztikája most

$$y = P_r G_r S_- z^{-d} y_r - \left(1 - P_w G_w S_- z^{-d}\right) w = y_t + y_d \tag{3}$$

ahol y_t a követő, y_d pedig a szabályozási feladat független válaszai. Itt P_r a követési, a P_w pedig a szabályozási feladatra megfogalmazott referenciamodell (célszerűen $P_r(\omega=0)=1$ és $P_w(\omega=0)=1$ választandó). A *generikus* rendszerben célunk az, hogy a zárt rendszer válasza P_r és P_w (talán szemléletesebb lenne $1-P_w$) átmeneti függvénye legyen a követési és zavarelhárítási tranziens egységugrás alakú külső behatásra. Ez az ideális válasz

$$y^o = P_r y_r - (1 - P_w) w = y_t^o + y_d^o \tag{4}$$

Az ideális $y_t^o = P_r y_r$ követési és $y_d^o = (1-P_w)w$ zavarási tulajdonság azonban sajnos nem érhető el, mivel a z^{-d} holtidő nem kompenzálható, az S_--ben fellépő labilis (invariáns) zérusok nem kiejthetőek, nem kívánt hatásuk csak valamilyen kritérium ($\mathcal{H}_2$ vagy $\mathcal{H}_\infty$ normájú terekben) szerint mérsékelhető. Az általunk bevezetett módszerben a G_r és G_w beágyazott szűrők alkalmas megválasztásával ez az optimálás elvégezhető [2]. Sajnálatos módon S_- és z^{-d} nem tőlünk, hanem a technológiától függ és a mintavételezési idő változtatásával csak kis mértékben változtatható. Az elméletileg elérhető legjobb szabályozástól való eltérés tehát

$$\Delta y = y^o - y = P_r\left(1 - G_r \bar{S}_- z^{-d}\right) y_r + P_w\left(1 - G_w \bar{S}_- z^{-d}\right) y_r =$$

$$= \mathcal{E}_w y_r + \mathcal{E}_w w = \Delta y_t^o + \Delta y_d^o \tag{5}$$

2. A szabályozó tervezésének dekompozíciós módszere

A generikus rendszer hibaátviteli függvénye

$$e = \left(1 - P_r G_r \bar{S}_- z^{-d}\right) y_r - \left(1 - P_w G_w \bar{S}_- z^{-d}\right) w =$$

$$= E_r y_r + E_w w = E_r y_r + E w = e_r + e_w \tag{6}$$

ahol a követési tulajdonságok legjobban a Δy_r^o összetevőt definiáló

$$E_r = 1 - P_r G_r \bar{S}_- z^{-d} = (1 - P_r) + \left(P_r - P_r G_r S_- z^{-d}\right) = \mathcal{E}_r^o + \mathcal{E}_r \tag{7}$$

átviteli függvény elemzéséből adódnak. Itt az $(1-P_r)$ első tag az ideálisan elérhető P_r tagnak az egységtől való eltérését szemlélteti, míg a második tag azt mutatja, hogy az ideális P_r mennyire közelíthető meg a valóságban $P_r G_r S_- z^{-d}$-en keresztül. A (7)-ben szereplő alak egy célszerű dekompozíciója az általános szabályozó tervezési feladatnak. A háromszög egyenlőtlenséget felhasználva ugyanis bármely célszerű kritériumra (normára) írhatjuk, hogy

$$J_{\text{control}}^{r} \le J_{\text{design}}^{r} + J_{\text{degradation}}^{r} = \left\|1 - P_r\right\| + \left\|P_r - P_r G_r S_- z^{-d}\right\| \tag{8}$$

Itt J_{design}^{r} az a veszteség, amely abból adódik, hogy a zárt szabályozási kör minőségét meghatározó P_r referencia modell nem tudja az elvi határt jelentő egységet elérni. Ez egy tervezési hiba (vagy kompromisszum), amelyre a jelölés is utal. A $J_{\text{degradation}}^{r}$ tag pedig az a minőségi veszteség, amely a folyamat kompenzálhatatlan tulajdonságaiból adódik. Meg kell jegyeznünk, hogy a $J_{\text{degradation}}^{r}$ minimalizálása egy adott esetre automatikusan egzaktul megoldható feladat, amelynek eredményét R_o-on keresztül kapjuk G_r optimális számításával. Hasonló célfüggvény fogalmazható meg a szabályozási (zavarelhárítási) feladatra is.

$$J^{\mathrm{w}}_{\mathrm{control}} \le J^{\mathrm{w}}_{\mathrm{design}} + J^{\mathrm{w}}_{\mathrm{degradation}} = \|1-P_{\mathrm{w}}\| + \left\|P_{\mathrm{w}} - P_{\mathrm{w}}G_{\mathrm{w}}S_{-}z^{-d}\right\| \qquad (9)$$

Formálisan (6) mindkét tagja hasonló, de a szabályozástechnikában megismert

$$E = E_{\mathrm{w}} = 1 - P_{\mathrm{w}}G_{\mathrm{w}}\bar{S}_{-}z^{-d} \qquad (10)$$

érzékenységi függvény nem egyenlő az

$$\mathcal{E}_{\mathrm{w}} = P_{\mathrm{w}}\left(1 - G_{\mathrm{w}}\bar{S}_{-}z^{-d}\right) \qquad (11)$$

érzékenységi függvénnyel, amely $\Delta y_{\mathrm{d}}^{\mathrm{o}}$ definiálásában vesz részt. Egyszerű számításból kapjuk, hogy

$$E = E_{\mathrm{w}} = 1 - P_{\mathrm{w}}G_{\mathrm{w}}\bar{S}_{-}z^{-d} =$$
$$= (1-P_{\mathrm{w}}) + P_{\mathrm{w}}\left(1 - G_{\mathrm{w}}S_{-}z^{-d}\right) = \mathcal{E}^{\mathrm{o}}_{\mathrm{w}} + \mathcal{E}_{\mathrm{w}} \qquad (12)$$

A szabályozási hiba tehát mindig egy tervezési hiba és egy minőségvesztési hiba összege (mind a követési mind pedig a zavarelhárítási feladatra). Mindazok a klasszikus eljárások, amelyek az E érzékenységi függvényre alapozó kritériumokon alapulnak a hiba ezen belső rejtett tulajdonságait nem veszik figyelembe és nem alkalmazhatóak kellő hatékonysággal, illetve nem teszik lehetővé a fentiekben bemutatott dekompozíció alkalmazását.

3. A robusztusság mértékére vonatkozó új összefüggések

A tervezési kritérium megoldásához

$$P_{\mathrm{r}}^{\mathrm{opt}} = \arg\left\{\min_{P_{\mathrm{r}}}\left(J^{\mathrm{r}}_{\mathrm{design}}\right)\Big|_{u\in\mathcal{U}}\right\} = \arg\left\{\min_{P_{\mathrm{r}}}\|1-P_{\mathrm{r}}\|\Big|_{u\in\mathcal{U}}\right\}$$
$$P_{\mathrm{w}}^{\mathrm{opt}} = \arg\left\{\min_{P_{\mathrm{w}}}\left(J^{\mathrm{w}}_{\mathrm{design}}\right)\Big|_{u\in\mathcal{U}}\right\} = \arg\left\{\min_{P_{\mathrm{w}}}\|1-P_{\mathrm{w}}\|\Big|_{u\in\mathcal{U}}\right\} \qquad (13)$$

típusú optimálást kell elvégezni, ahol $\mathcal{U}$ a megengedett (általában amplitúdó korlátozott $\mathcal{U}:|u|\le 1$) beavatkozó jeltartomány. A feladat megoldása nem egyszerű, mert a megoldás szinte kivétel nélkül az implicit korlátozást jelentő tartomány határán van, továbbá a célfüggvény gradiense analitikusan általában nem áll rendelkezésünkre. A feladat-megoldás egyrészt számítógépes szimuláció segítségével nyerhető (gondoljunk a MATLAB és SIMULINK) programokra, másrészt bizonyos esetekben bonyolult számítógépes számításokkal felrajzolható a zárt rendszer minőségi jellemzője, valamint robusztussági foka közötti függvény a fenti amplitúdó korláttal paraméterezve.

Vizsgálatunkhoz válasszunk egy egyszerű esetet, amikor

$$P_{\mathrm{w}} = \frac{1}{1+sT_{\mathrm{w}}} \quad ; \quad S = S_{+}e^{-s\tau} = \frac{1}{1+sT}e^{-s\tau} \qquad (14)$$

azaz folyamatunk egy inverz stabilis elsőrendű holtidős folyamat, a P_{r} referenciamodell pedig szintén elsőrendű. A *generikus* séma optimális szabályozója most

$$R_{\mathrm{o}} = \frac{1}{1-P_{\mathrm{w}}e^{-s\tau}}\left(P_{\mathrm{w}}S_{+}^{-1}\right) = \frac{1}{1-e^{-s\tau}/(1+sT_{\mathrm{w}})}\frac{1+sT}{1+T_{\mathrm{w}}} \qquad (15)$$

(A szabályozónak az $s = 0$ pólusa, tehát integráló.) Egyszerű kiszámítani a felnyitott kör hurokátviteli függvényét

$$Y = R_{\mathrm{o}}S = \frac{P_{\mathrm{w}}e^{-s\tau}}{1-P_{\mathrm{w}}e^{-s\tau}} \qquad (16)$$

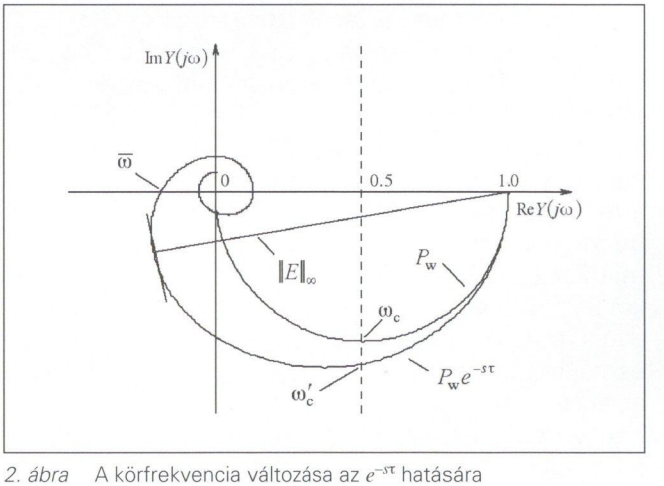
amelynek segítségével az ω_{c} vágási frekvencia is könnyen kapható az $|Y| = 1$ feltételből, azaz amikor is

$$\left|P_{\mathrm{w}}e^{-s\tau}\right| = \left|1-P_{\mathrm{w}}e^{-s\tau}\right| \qquad (17)$$

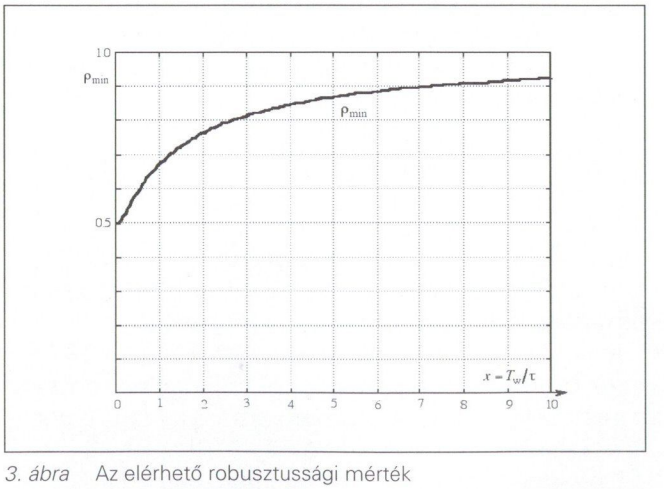
Az ideális holtidő mentes esetben ez a feltétel

$$|P_{\mathrm{w}}| = |1-P_{\mathrm{w}}| \qquad (18)$$

A két utolsó egyenletből egy egyszerű geometriai módszer konstruálható, amellyel az ω_{c} változását mutathatjuk be ω_{c}'-re, amikor $P_{\mathrm{w}}(j\omega)$ változik $P_{\mathrm{w}}(j\omega)e^{-j\omega\tau}$-re. Az ω_{c} és ω_{c}' frekvenciákat a $(0.5+0j)$ pontban húzott függőleges egyenessel kapott metszéspontok adják.



2. ábra A körfrekvencia változása az $e^{-s\tau}$ hatására



3. ábra Az elérhető robusztussági mérték

A generikus rendszer érzékenységi függvénye most

$$E = 1 - P_w e^{-s\tau} = 1 - \frac{1}{1+sT_w} e^{-s\tau} = \frac{1+sT_w - e^{-s\tau}}{1+sT_w} \tag{19}$$

amelynek $\mathcal{H}_\infty$ normája, azaz $\|E\|_\infty$ is meghatározható a 2. ábrán, nevezetesen a $P_w(j\omega)e^{-j\omega\tau}$ görbének a $(1+0j)$ ponttól való legtávolabbi pontjának a megkeresésével. Jelöljük most a $(-1+0j)$ pont és az $Y(j\omega)$ hurokátviteli függvény tetszőleges pontja közötti távolságot ρ-val, ahol

$$\rho = \rho(\omega, R) = |1 + RS| = \frac{1}{|E(\omega, R)|} \tag{20}$$

Mivel ρ változik ω-val, ezért a stabilitási/robusztussági mértékre egy skalár jelzőszámot használunk, ami az ún. Nyquist stabilitási mérték (tartalék)

$$\rho_m = \rho_{min}(R) = \min_\omega |\rho(\omega, R)| = \min_\omega |1 + RS| = \left[\|E\|_\infty\right]^{-1} \tag{21}$$

amely a $(-1+0j)$ pont és az $Y(j\omega)$ legközelebbi pontja közötti távolság, egyben az $\|E\|_\infty$ norma reciproka. (Jegyezzük meg, hogy a legtöbb esetben $|Y(\omega=\infty)|=0$, amikor is $0 \le \rho_m \le 1$.)

A 2. ábrából láthatjuk, hogy ρ_m csak a tervezési célunktól (Y_w) és a folyamat paraméterétől, a holtidőtől (τ) függ (pontosabban ezek relatív értékétől: $x=T_w/\tau$). Sajnos nem ismerünk analitikus megoldást a $\rho_m(x)$ függvény meghatározására, viszont hatékonyan tudjuk a MATLAB programot használni a függvény numerikus kiszámítására és grafikus ábrázolására. Az így kapott függvényt a 3. ábrán láthatjuk. A $\rho_m(x)$ függvény értelmezése nagyon fontos, mert ez a görbe adja a bármilyen szabályozóval elérhető legjobb robosztussági mértéket valamennyi *IS* holtidős folyamatra. Ez a mérték $\rho_m(0)=0.5$ azokra az esetekre, amikor a P_w referenciamodell a holtidőhöz képest nagyon gyors tranziens választ jelent és $\rho_m(\infty)=1$ azokra az esetekre, amikor a holtidő elhanyagolható a P_w időállandójához képest.

Egy *PID* szabályozó tipikus válasza (ez nem átmeneti függvény!) látható a 4. ábrán zárt szabályozási körben ugrásalakú külső gerjesztésre. Itt a $\Delta u^+(\infty)=\Delta u^-(\infty)$ állandósult állapotbeli érték a szabályozó virtuális erősítése a gerjesztés és a beavatkozás között. A kezdeti $\Delta u^+(0)$ csúcs viszonyát az állandósult állapotbeli $2\Delta u^+(\infty)$ értékhez a szabályozó által igényelt

$$p_s = \frac{\Delta u^+(0)}{\Delta u^+(\infty) - \Delta u^-(\infty)} = \frac{u^+_{max}(0) + \Delta u^+(\infty)}{2\Delta u^+(\infty)} = \frac{1}{\alpha} \tag{22}$$

túlvezérlésnek nevezzük, amelynek reciproka egy egytárolós differenciáló tag $(sT_D/(1+s\alpha T_D))$ időállandójának és differenciáló hatásának hányadosa.

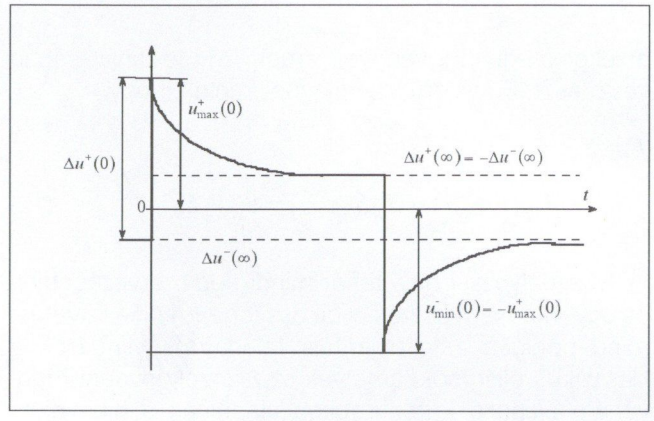
Az R_o (15)-beli alakjából jól látható, hogy egy egységugrás gerjesztésre a kezdeti ugrás a zárt körben, $R_o(\omega=\infty)=T/T_w$ így a túlvezérlés

$$p_s = T/T_w \tag{23}$$

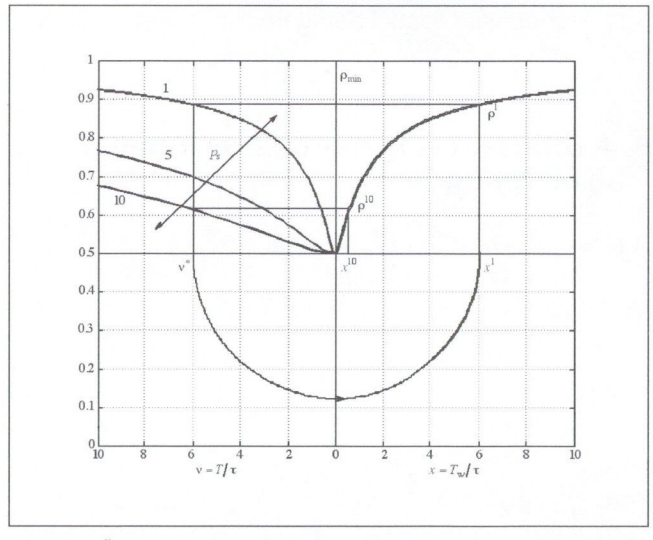
amely lényegében a fizikai megfontolásokból is következik: ha ugyanis a felnyitott kör $\omega_{b,o}=1/T$ sávszélességét a zárt körben $\omega_{b,c}=1/T_w$-re szeretnénk felgyorsítani, akkor p_s ezek hányadosa

$$p_s = \omega_{b,c}/\omega_{b,o} = T/T_w \tag{24}$$

Bevezetve egy folyamattól függő ν segédváltozót



4. ábra Tipikus PID szabályozó válasz



5. ábra Összefüggés ρ_m, x, ν és p_s között

$$\nu = T/\tau = T/T_w \; T_w/\tau = p_s \; x \tag{25}$$

lehetséges egy komplex ábrát felrajzolni, amely a ρ_m, x, ν változók közötti összefüggéseket mutatja be p_s-sel paraméterezve. Itt a gyakorlatban legfontosabb p_s=1, 5, 10 értékek kerültek megjelölésre. Tételezzük fel a folyamatról, hogy $\nu^*=T/\tau=6$. A felnyitott körnél gyorsabb zárt rendszerválaszt kapunk minden

$$x < x^1 = x^* = T_w/\tau = 6 \tag{26}$$

Igen ritka, hogy egy beavatkozó szerv képes legyen a $p_s>10$ túlvezérlés elérésére, tehát az x^{10} alsó határ felel meg a $p_s=10$ feltételnek. Így az elérhető minőségi tulajdonság az $x^1<x=T_w/\tau=<x^{10}$ tartományba esik, az ennek megfelelő robusztussági tartomány pedig $\rho^{10}<\rho_m<\rho^1$, ha a folyamat a $\nu^*=T/\tau=6$ paraméterrel jellemezhető. Jegyezzük meg tehát, hogy az x^1, x^{10}, ρ^1 és ρ^{10} határok a ν^* adott folyamattól függ. (Az x minőségi jellemző a zárt rendszer relatív sebessége a holtidőhöz képest.)

4. Konklúziók

Az egyszerű esetet nem szabad lebecsülni, mert a választott példával lényegében bemutattuk valamennyi létező egyváltozós lineáris szabályozási körre az elérhető legjobb minőségi és robusztussági tulajdonságokat, valamint ezek bonyolult összefüggéseit. Az összefüggéseket csak numerikusan tudtuk kiszámítani jelentős számítástechnikai teljesítmény és speciális program segítségével. A fenti eredmények először mutatják be egzakt módon a korábban csak kvalitatív elemzésekben szereplő spekulatív úton származtatott viszonyokat.

Magasabb fokszámú esetekben mindig van lehetőségünk a domináns időállandó kiválasztására. További időállandók (magasabb fokszámú nevező S ben) a $\rho_m(x)$ függvényt lefelé nyomja. Hasonló a hatása a számlálóban lévő labilis zérusoknak is. A számlálóban lévő stabilis zérusok a $\rho_m(x)$ görbét felfelé nyomják.

5. Irodalom

1. Keviczky, L. (1995) Combined identification and control:another way. (Invited plenary paper.) 5th IFAC Symp.on Adaptive Control and Signal Processing, ACASP'95, 13–30, Budapest, H.
2. Keviczky, L. and Cs. Bányász (1999) Optimality of two-degree of freedom controllers in $\mathcal{H}_2$ - and $\mathcal{H}_\infty$-norm space, their robustness and minimal sensitivity. 14th IFAC World Congress, F. 331–336, Beijing, PRC.
3. Maciejowski, J. M. (1989) Multivariable Feedback Design, Addison Wesley.

A mobil távközlés jelene és jövője

DR. PAP LÁSZLÓ–DR. IMRE SÁNDOR

egyetemi tanár, docens

BME - HIT

Cikkünk áttekintést ad a mobil távközlési rendszerek eddigi fejlődéséről, az elért műszaki és technológiai eredményekről. Bemutatja a mobil távközlési rendszerek különböző generációit és a hálózati architektúrák átalakulásait. Foglalkozik a jövőben várható alkalmazások kérdésével és áttekinti a kutatás legfontosabb területeit.

A szerzők célja az, hogy a mobil távközlés helyzetének elemzésével tisztelegjenek Dr. Kozma László professzor úr emléke előtt, aki munkásságával hozzájárult az infokommunikáció világméretű fejlődéséhez.

1. Bevezetés

A mobil kommunikáció területén a 90-es évek az igen gyors fejlődés évei voltak. A terület minden kulcsszereplője arra törekedett, hogy győzzön a versenyben, megszerezze a legjobb, a leginkább használható technológiát. Mindez a látványos mérnöki és technológiai teljesítményekkel párhuzamosan meglepő és elképesztő hibákhoz is vezetett.

A gyors fejlődést jól illusztrálja az a tény, hogy amíg 1990-ben mindössze 10 millió analóg FM cellás mobil felhasználó volt a világon, addig ma már ez a szám eléri a 980 milliót, és azt jósolják, hogy 2006-2007-re az előfizetők száma két milliárdra nő. Csak Kínában több mint 15 millióval nő havonta a mobil előfizetők száma, többel, mint amennyi az előfizetők teljes száma volt 1991-ben.

Az 1990-es évek elején Európában, az Egyesült Államokban és Japánban, egymástól függetlenül elindultak a második generációs digitális mobil szolgáltatások (GSM, IS-95, IS-136, PDC), és ezzel párhuzamosan megkezdődött az első generációs analóg rendszerek visszaszorulása. Nemzetközi összefogással és az egyes országok kormányainak döntése alapján kezdetét vette a PCS (Personal Communications Services) frekvenciasávok felszabadítása (800–900 MHz, 1800–1900 MHz) és értékesítése, így megteremtették a lehetőséget arra, hogy világszerte elterjedjenek a második generációs digitális mobil cellás rendszerek és szolgáltatások.

Mivel a GSM rendszer vezette be először többek között a nemzetközi bolyongási lehetőséget, az SMS (Short Message Service) szolgáltatást és a hálózatszintű interoperabilitást, ma a GSM technológia uralja a piac legnagyobb részét. Az is elvitathatatlan viszont, hogy a CDMA megjelenése jelentette a legnagyobb technológiai előrelépést és újdonságot. Ez az eljárás ugyanis képes a rendszer kapacitását rugalmasan növelni, a mobilitást hatékonyan támogatni, és emellett a mobil készülék viszonylag olcsó, és kis komplexitási alapsávi jelfeldolgozó eszközökkel megvalósíthatók. Nem véletlen tehát, hogy a GSM evolúcióhoz tartozó EDGE rendszer kivételével minden harmadik generációs mobil kommunikációs rendszer a CDMA technológiát használja (W-CDMA; TD-SCDMA; cdma2000-1XRTT; cdma2000-1XEV, DV, DO; cdma-3XRTT). Ma mindenesetre a GSM és a CDMA a két vezető technológia a mobil távközlés területén.

Az elmúlt évtized során tehát tanúi lehettünk egy egész sor sikeres és sikertelen technológiai és üzleti kezdeményezésnek a mobil és vezeték nélküli szolgáltatások területén. Jó néhány ígéretes vállalkozás ment tönkre, mert megelőzte a korát vagy rosszul becsülte meg üzleti lehetőségeit.

Kudarcot vallott az IRIDIUM rendszer, amely műholdas cellás rendszerre alapozva az egész földgolyó lefedésével kívánt mindig és mindenütt elérhető mobil szolgáltatást nyújtani, de hasonló sorsra jutott a Metricom is, amely országos lefedésű, mindig elérhető adatszolgáltatást kívánt biztosítani az internetprotokoll alkalmazásával az ipari frekvenciasávban, főleg a nagyvárosokban.

A kudarc okai elsősorban gazdasági okok voltak. Az IRIDIUM rendszer esetében a hálózat kiépítési költségei olyan szintet értek el, hogy az előfizetőktől származó bevételek nem voltak képesek ezt fedezni. Mindez annak ellenére alakult így, hogy az IRIDIUM rendszer néhány műszaki megoldása (az űrbeli hívásátadás, a keskeny nyalábú antennák kifejlesztése, a kézi készülékek technológiája, a hálózatmenedzsment) valódi technikai újdonságokat tartalmazott.

A Metricom rendszer kifejlesztői is alapvetően új eredményeket értek el a vezeték nélküli hozzáférés és a bárhol elérhető mobil internetszolgáltatás területén.

A Metricom sikeresen kifejlesztette a Ricochet nevű vezeték nélküli csomagkommunikációs rendszerét, az engedély nélkül használható ipari ISM frekvenciasávban 64–128 kbit/sec adatsebességgel, és néhány nagyobb amerikai városban kiépítette az ehhez szükséges teljes rádióhálózatot (rádióadók, ismétlő állomások, hálózati szerverek). Épületek, lámpaoszlopok, adótornyok ezreit állították fel a kiválasztott városokban, és megindult a jó minőségű adat- és internetszolgáltatás a mobil felhasználók számára. A Metricom jelentette az első kísérletet a valódi szélessávú mobil adatszolgáltatás bevezetése területén, megelőzve a GSM evolúció és harmadik generáció hasonló szolgáltatásait. Mindezek a műszaki és technológiai sikerek azonban nem bizonyultak elegendőnek ahhoz, hogy a Metricom elkerülje az üzleti bukást, mivel az előfizetői készülék viszonylag drága maradt, és az előfizetők száma sem nőtt olyan sebességgel, ami elegendő lett volna a befektetések megtérüléséhez

A 21. század elején a telekommunikációs ipar válságos periódusba lépett. A befektetői érdeklődés jelentősen gyengült, a távközlési cégek piaci értéke az elmúlt másfél évben 90%-kal csökkent. Cégek százai mennek tönkre vagy szabadulnak meg a nem nyereséges üzletágaiktól. Csökken a munkahelyek száma, a szakemberek máshol keresik a megélhetésüket. Annak ellenére, hogy jó néhány új technológia készen áll az alkalmazásra az üzleti áttörés várat magára.

2. A mobil rendszerek generációi

A mobil kommunikációs rendszereket általában generációkba szokás sorolni. Az alábbiakban a különböző generációjú rendszerek legfontosabb ismérveit foglaljuk össze.

- Első generációs mobil analóg cellás telefonrendszerek a 80-as évek elején terjedtek el. Ez időtájt a különböző országok a nemzeti határokon belül önálló rendszereket építettek ki, és a felhasználók alacsony száma miatt senki sem volt képes kihasználni a tömeggyártás előnyeit.
- Második generációs mobil rendszerek szolgáltatásaira leginkább az jellemző, hogy egymás mellett működnek a különböző digitális technológiák (GSM, IS-95, TDMA, PDC).
  - GSM – Az egységes pán-európai digitális cellás rendszer kifejlesztése 1982-ben kezdődött, amikor a CEPT létrehozta a Groupe Spécial Mobile (GSM) csoportot. A GSM specifikáció 1989-ben vált európai szabvánnyá.

    A GSM gyakorlati alkalmazása 1991 júliusában indult meg, de a kézi készülékek csak 1992-ben jelentek meg a piacon. 1993-ra 36 GSM hálózat épült ki 22 országban, 2002 januárjában pedig már 470 GSM operátor működik 172 országban és a felhasználók száma eléri a 646 milliót.

    A rendszer tipikusan a 900 és 1800 MHz frekvenciatartományban működik.

    A GSM rendszerben a beszédhívás mellett lehetőség van maximálisan 160 karakteres SMS szolgáltatásra és vonalkapcsolt adatátvitelre (CSA, Circuit Switched Data) is, amelynek a maximális sebessége 14,4 kbit/sec. Ezen korlátok miatt vezették be a GSM evolúció keretében a HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) és a GPRS (General Packet Radio Service) szolgáltatásokat.

    A HSCSD az időkeretek összevonásával nagyobb sebességű (maximálisan 57,6 kbit/sec) vonalkapcsolt adatátviteli képességekkel rendelkezik, de a technológia alaptulajdonságai miatt nem képes hatékonyan támogatni az erősen börsztös üzenetek átvitelét. Éppen ezekkel a korlátokkal magyarázható az, hogy mindeddig csupán 30 operátor vezette be ezt a rendszert.

    A GPRS, megtartva a GSM rádiómodulációs rendszerét, frekvenciasávját és keretrendszerét, a következő alaptulajdonságokkal jellemezhető:
    - állandó lehetőséget biztosít az adatátvitelre,
    - hatékonyan használja a rádiós erőforrásokat, mivel ugyanazt a rádiócsatornát több felhasználó között osztja meg,
    - párhuzamosan képes a beszéd- és adatátvitelre,
    - a számlázás alapját az átvitt adatok mennyisége határozza meg.

    2001 szeptemberében összesen 100 operátor vezette be ezt a szolgáltatást.

    A GSM rendszer evolúciójának legfejlettebb eleme az EDGE (Enhanced Data RAM for Global Evolution) technológia, amely új rádiós modulációs rendszert alkalmazva háromszorosára növeli a GPRS adatsebességét. Az EDGE bevezetése 2002-ben kezdődött el. A GSM rendszer továbbfejlesztésével a GERAN (GSM EDGE Radio Access Network) csoport foglalkozik a 3GPP (Third Generation Partnership Project) keretén belül.
  - IS-95 (cdma One) – Az első CDMA technológiát alkalmazó rendszer kidolgozása 1993 júliusában indult, amikor a TIA (Telecommunications Industry Association) a szabványt elfogadta. A szolgáltatások 1995-ben kezdődtek el, és 1998-ra a felhasználók száma elérte a 9 milliót. Ma az Egyesült Államokban és Ázsia egyes országaiban a felhasználók száma megközelíti a 95 milliót. Az IS-95-ös rendszerben az 1,25 MHz sávszélességű rádiócsatornában maximálisan 64 felhasználót képes kiszolgálni. Az IS-95-ös rendszer DS-CDMA technológiára épül, az alkalmazott frekvenciatartományok a 850 és a 1900 MHz-es sávok. A GSM-hez hasonlóan ez első változatban a maximális adatsebesség 14,4 kbit/sec, de az IS-95 B továbbfejlesztett változatban ez a sebesség eléri a 64 kbit/sec-ot. A sebesség növelését két további kód alkalmazásával érték el.
  - PDC – Japánban kifejlesztett időosztásos cellás mobil kommunikációs rendszer, amely a 800 és

1500 MHz-es tartományban működik. E rendszeren belül valósították meg a legsikeresebb mobil internetszolgáltatást, az i Mode-ot. Ennek ma 30 millió előfizetője van, elsősorban amiatt, hogy széles spektrumban kínál szolgáltatásokat, és igen meggondoltan alakították ki a szolgáltatás üzleti modelljét (számlázás az átvitt adatmennyiség alapján, jó bevételmegosztás a távközlési és a tartalomszolgáltatók között).

- Harmadik generációs mobil rendszerek területén arra törekedtek, hogy egyetlen közös szabványt hozzanak létre, ez a kísérlet nem sikerült. Az ITU (International Telecommunication Union) két alaprendszert fogadott el.

  (i) UMTS, amely két különböző működési módot tesz lehetővé:
  - CDMA DS FDD: direkt szekvenciális szélessávú CDMA technológia frekvenciaosztásos duplex átvitellel,
  - CDMA DS TDD: direkt szekvenciális szélessávú CDMA technológia időosztásos duplex átvitellel.

  Az UMTS műszaki specifikációt a 3GPP csoport készíti. Ebben a munkában három fázist különböztetünk meg:
  - A 2000-ben kiadott FDD és TDD specifikációt, amely az ATM (Asynchronous Transfer Mode) rendszert alkalmazta a rádiós hozzáférési hálózatban.
  - A 2001-ben közzétett specifikációt, amely az FDD és TDD rendszereket fejlesztette tovább.
  - A 2002-ben tervezett specifikációt, amely a rádiós hozzáférési hálózatot IP alapú átvitellel kívánja megoldani.

    Az UMTS domináns üzemmódja az FDD. Itt a mobil–bázisállomás és bázisállomás–mobil irányban egyaránt 5 MHz sávszélességű csatorna áll rendelkezésre, ahol álvéletlen kódokat alkalmazó CDMA technológiával felhasználónként 384 kbit/sec (egy vivőn maximálisan 2 Mbit/sec) átviteli sebesség érhető el. A későbbiekben a HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) rendszerrel a bázisállomás–mobil irányú adatátviteli sebesség növelhető lesz. FDD üzemmódban a bázisállomások aszinkron módon működhetnek.

    TDD üzemmódban TD-SCDMA (Time Division Sychrononos Code-Division Multiple Access) technológiát alkalmaz az UMTS rendszer. Itt a szabvány 1,6 MHz sávszélességű csatornákat definiál, amelyekben egy-egy felhasználó – optimális esetben – elérheti a 2 Mbit/sec átviteli sebességet.

  (ii) cdma2000: több vivős CDMA rendszer, ami az IS-95 továbbfejlesztésének tekinthető.

  Ebben is három lényeges mérföldkövet célszerű megemlíteni:
  - A cdmaOne (IS-95) továbbfejlesztése 144 kbit/sec maximális átviteli sebességgel (cdma2000 1x).
  - A csupán adatátviteli célokra kifejlesztett cdma2000 1xEV-DO (EVolution Data Only), amely új rádiós interfészt vezet be az adatátviteli sebesség növelése érdekében (HRPD, High Rate Packet Data). Itt a rádiócsatornák sávszélessége 1,25 MHz, a bázisállomás–mobil irányú adatátviteli sebesség maximálisan 2,4 Mbit/sec, a mobil–bázisállomás irányú viszont csak 153 kbit/sec.
  - A cdma2000 1xEV-DV (EVolution Data and Voice) megoldás egy új rádiós interfészt definiál, és az all-IP architektúra alkalmazza. A szabvány véglegesítése 2003-ra várható. A maximális adatátviteli sebesség eléri a 3Mbit/sec-ot.

A UMTS FDD rendszerek kiépítése a világ több országában már elkezdődött, a cdma2000 1x alkalmazása 2000-ben, a cdma2000 1xEV-DO rendszer kísérleti üzemeltetése pedig 2002-ben indult meg.

3. A hálózati architektúrák fejlődése

A mobil hálózatok felépítése és működése jól tükrözi a szolgáltatások bővülését és a rendszerek kompexitásának növekedését.

- A GSM/GPRS hálózati architektúra

  A GSM rendszerben a jelenleg működő szolgáltatásokat (hang, vonalkapcsolt adatátvitel) a bázisállomási alrendszer (BSS, Base Station Subsystem) és a hálózati alrendszer (NSS, Network Subsystem) támogatja. A BSS két alapegységből áll. A bázisállomási rádiós adó-vevő rendszer (BTS, Base Transceiver System) a rádiós fizikai réteget kezeli, a bázisállomás vezérlő (BSC, Base Station Controller) pedig a rádiós erőforrások menedzselésével és a hívásátadással foglalkozik. Az NSS több egységet foglal magába. A vonalkapcsolt szolgáltatásokat a mobil kapcsolóközpont (MSC, Mobile Switching Center), a látogató helyzet regiszter (VLR, Visitor Location Register) és a honos helyzet regiszter (HLR, Home Location Register) támogatja.

  A GPRS szolgáltatások bevezetéséhez a hagyományos GSM hálózati architektúrát új egységekkel kellett kiegészíteni. A BSS a csomagvezérlő egységgel (PCU, Packet Controll Unit) bővült, amely a csomagok szegmentálását, a rádiócsatorna elérését, az automatikus ismétlést és a teljesítményszabályozást végzi. Az NSS-be a GPRS forgalom kezeléséhez két új elemet kellett beépíteni. Az SGSN-t (Serving GPRS Support Node), amely az egyes mobil felhasználók aktuális helyzetét követi, az adatbiztonságért és a hozzáférés szabályozásért felel, és a GGSN-t (Gateway GPRS Support Node), amely a külső IP hálózatról érkező csomagokat újracsomagolja és eljuttatja az SGSN-hez.

  A BSS és az SGSN közötti kommunikáció a frame relay átviteli protokollra épül, az SGSN és a GGSN között pedig IP alapú a kapcsolat.

- UMTS hálózati architektúra
  Az UMTS első fázisában egy olyan hálózati architektúrát definiáltak, amely alapvetően két független alrendszerből áll, amelyeket hagyományos interfészek kapcsolnak össze:
  - Az UMTS földi rádióhozzáférési hálózat (UTRAN, UMTS Terrestrial Radio Access Network), amely a BSS-hez hasonlóan a bázisállomási egységből (Node B) és a rádió hálózati vezérlőegységből (RNC, Radio Network Controller) áll.
  - Az UMTS belső hálózat (UCN, UMTS Core Network), amely az NSS-hez hasonlóan az MSC, VLR és HLR funkciókat tartalmazza. Emellett azonban az UMTS belső hálózat egyidejűleg megoldja a vonalkapcsolt és csomagkapcsolt szolgáltatásokhoz szükséges feladatokat is, azaz fejlettebb formában ellátja az SGSN és GGSN feladatokat is.

  Az UMTS új rádiós interfésze a teljes hálózati architektúrát alapvetően determinálja. Az UTRAN rendszer több összekapcsoló rádiós hálózati alrendszert (RNS, Radio Network Subsystem) tartalmaz, és egy ilyen RNS egy rádióhálózati vezérlőből (RNC) és legalább egy bázisállomási egységből áll (Node B). Az RNC a bázisállomási egységekben rendelkezésre álló logikai erőforrásokat vezérli.
  Az egyes RNC-ket belső interfész köti össze egymással, a bázisállomási egység (Node B) logikai erőforrásai pedig az egyes cellákban rendelkezésre álló erőforrásokhoz kapcsolódnak.

- Az UMTS hálózati architektúra továbbfejlesztett változatát a 3GPP csoport az all-IP architektúra irányába fejlesztette tovább. Az átalakításnak két fő célja van:
  (i) A szállítási és vezérlési síkok függetlenítése, ami egyszerűbbé teszi az új alkalmazások megvalósítását.
  (ii) A hozzáférési hálózat működtetésének és karbantartásának optimalizálása a szolgáltatás költségeinek csökkentésére.

  Az IP technológia általános alkalmazása három alapvető változással jár:
  (i) Az új generációs hálózati (NGN, Next Generation Network) architektúra kialakítása a vonalkapcsolt hálózati rendszerben, ahol az MSC funkciói kettéválnak egy vezérlési és egy felhasználói felületre. A csomagalapú (IP vagy ATM) átvitel NSS gerinchálózatában a beszédkódolási funkciók a nyilvános földi mobil hálózat (PLMN, Public Land Mobile Network) határára kerülnek.
  (ii) Az IP alapú multimédia alrendszer (IMS, IP-based Multimedia Subsystem) kiépítése lehetővé teszi azt, hogy a csomagkapcsolt hálózatot a vezérlő és felhasználói adatok átvitelére is használni lehessen. A csomagkapcsolt rendszer a mobilitást támogató (hívásátadás stb.) adatok átvitelére is alkalmazható.
  (iii) Az IP átviteli technológia bevezetése az UTRAN hálózaton belül a korábbi ATM technológia kiváltására.

  Érdemes megjegyezni, hogy a három módosítás egymástól függetlenül végrehajtható, így a szolgáltatók dönthetnek, hogy éppen melyik változatot valósítják meg.

  A multimédiás szolgáltatások a végberendezések és a mobil hálózat közötti jelzésátvitelre a SIP protokollt, az IMS komponensekhez pedig az IPv6 protokollt választotta.
  Az all-IP UMTS belső hálózati architektúrájában az alábbi új funkciók jelennek meg:
  - Hívásállapot vezérlő funkció (CSCF, Call State Control Funkció) – egy SÍP szerver, ami a mobil és fix csomagkapcsolt végberendezések multimédia szolgáltatásait biztosítja és vezérli.
  - Médiaillesztő (MG, Media Gateway) – illesztő egység, amely a nyilvános hálózatról érkező hívásokat VOIP hívásokká alakítja át az UMTS belső hálózat számára.
  - Médiaillesztő vezérlő funkció (MGCF, Media Gateway Control Function) – egység, amelynek a legfontosabb feladata a média- illesztő egység vezérlése, de ez az egység oldja meg az illesztést a nyilvános hálózati jelzésrendszer (ISUP) és az UMTS média alegységének jelzésrendszere (SÍP) között.
  - Honos előfizetői szerver (MSS, Home Subscriber Server) – a GSM rendszerben használt honos helyzet regiszter (HLR) funkcióit bővíti ki az előfizetőre vonatkozó multimédia paraméterekkel.

- Az IP alapú UTRAN rendszer első változatában a belső átviteli funkciókat ATM alapon oldották meg. Ezt váltotta fel az új architektúra, amelyben a belső átvitel is IP technológiára épül. A két változat közül az operátor szabadon választhat.
  Az IP alapú UTRAN rendszerben az RNC és a Node B között IP hálózat bonyolítja le az adatátvitelt. Az IP hálózat az operátor tulajdonát is képezheti, de lehet az operátortól független külső tulajdonosé is.
- Cdma2000 hálózati architektúra – lényegében megegyezik a GSM/UMTS architektúrával. A fő eltéréseket az alábbiakban foglalhatjuk össze:
  - a csomagkapcsolt alrendszerben a SGSN/GGSN funkciókat egy PDSN (Packet Data Switching Node) egységgel oldja meg,
  - a mobilitással kapcsolatos menedzsment funkciókat Mobile IP alapon valósítják meg,
  - A MAP (Mobile Application Part) protokollok a két rendszerben eltérnek egymástól.

4. A technológiai fejlődés előtt álló lehetőségek

A jövőbeni fejlődés kulcskérdése azoknak a szolgáltatási területeknek a megtalálása, ahol az új fejlett technológiák és az üzleti vállalkozások sikeresen találkoz-

hatnak. Napjaink trendjei alapján biztosra vehető, hogy az elkövetkező években a mobil (vezeték nélküli) iparág legfőbb hajtóereje az internet és a mindig elérhető adatszolgáltatások iránti bővülő igény lesz. A ma már igen széles körben használt vezetékes internetet egy gyorsan terjedő mobil internet követi majd.

Merőben új lehetőségek rejlenek a vezeték nélküli ad hoc hálózatokban. Az ad hoc rendszerek ma még a kutatás és az alkalmazás kezdeti fázisában vannak, de ígéretesek a hálózati hozzáférések kiterjesztésében, és jól alkalmazhatók a különleges vészhelyzetekben. Az OSI hierarchia alsó és felső rétegeit elkülönítve kezelő módszer a fix bázisállomásokkal működő cellás rendszerekhez jól illeszkedett. Ad hoc és WLAN hálózatokban a fizikai, az adatkapcsolati és a felsőbb rétegek kezelése összekapcsolódik, a hálózatnak adaptívnak kell lennie, és a rendszer teljesítőképességét minden időpillanatban optimalizálni kell a rendelkezésre álló erőforrások és az aktuális hálózati architektúra figyelembevételével.

A mai vezeték nélküli hálózatokban a bázisállomások helyzete fix és ezeket a pontokat szélessávú gerinchálózat köti össze. A jövő mobil rendszerében várhatóan az otthoni és épületen belüli szolgáltatások kerülnek előtérbe. Nőtt az ilyen alkalmazásokban fontos szerepet játszó WLAN rendszerek sebessége (5 Mbit/sec-ról 54 Mbit/sec-ra, IEEE 802.11a, HiperLAN2) és több jelentős technológiai kezdeményezés született az utóbbi időben, melyek az elkövetkező évtizedben várhatóan meghatározzák ezt a területet. Ilyen az UWB (Ultra Wide Band) technológia, amelynél a konvencionális rádiós rendszerekkel ellentétben az alapsávi (GHz sávszélességű) jelek közvetlenül alkalmasak a kisugárzása, és a rendszerrel elérhető akár a 100 Mbit/sec sebesség is.

Egy másik ígéretes kezdeményezés az OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) rendszerek alkalmazása az otthoni és épületen belüli vezeték nélküli adatszolgáltatásra. Az OFDM támogatja a többszörös hozzáférési technológiákat, az adó és vevő jelfeldolgozási komplexitása nem számottevő, és emellett spektrálisan is hatékony, azaz a DSL (Digital Subscriber Line) technológiákhoz hasonlóan nagy adatsebességek érhetők el. Az IEEE 802.16 típusú pontmultipont vezeték nélküli MAN (Metropolitan Area Network) hozzáférést biztosít a helyi hurkokhoz.

Fontos fejlesztési irány a többelemű antennarendszerek alkalmazása, ami a térbeli elosztottságot kihasználva képes a mobil rendszerek spektrális hatékonyságát javítani. Elméleti kutatások és gyakorlati vizsgálatok is igazolták, hogy az antennák számának növelésével növelni lehet a maximális átviteli sebességet, pl. Raileigh-fadinges csatornában, és általában igaz, hogy a módszerrel közelebb lehet jutni a Shannon-kapacitás által meghatározott elvi korlátokhoz. Ezek az új tér-idő módszerek a mai modulációs rendszerek spektrális hatékonyságát akár egy nagyságrenddel képesek megnövelni, ami igen ígéretes mind a cellás rendszerek, mind a WLAN-ok számára.

5. A jövő technológiái

- Beltéri hozzáférési módszerek

  Az emberi képességekből természetesen következik, hogy nagy adatmennyiséget, illetve nagy adatsebességet elsősorban épületen belül, ülve és koncentrálva tudunk felhasználni. Jó példa erre a televízió passzív nézése, vagy az otthoni munka az internet alkalmazásával. A vezeték nélküli technológiákat eredetileg a mobil telefónia céljára fejlesztették ki, hiszen az ember mozgás közben képes a mozgástól független párbeszédre. Ugyanakkor az is természetes, hogy az internet-szolgáltatást eredetileg fix telepítésű felhasználók számára tervezték, hiszen az internet alkalmazásához általában fix helyzet és koncentráció szükséges.

  A vezeték nélküli technológiák területén az elkövetkező évtized egyik legfontosabb ipari kihívása a szélessávú beltéri lefedés biztosítása lesz. Minden cellás operátor törekedni fog arra, hogy szélessávú internet- szolgáltatásra is alkalmas kapacitásokat telepítsen az épületen belüli nagysebességű mobil igényeinek a kielégítésére. Cél a meglévő infrastruktúra kihasználtságának növelése és azoknak a versenytársaiknak a kiszorítása, akik a beltéri lefedettséget nem tudják biztosítani. Azokon a területeken, ahol a mai cellás technológiák nem képesek a megfelelő szintű beltéri ellátást megoldani, új lehetőségek nyílnak a szélessávú WLAN hálózatokat alkalmazó szolgáltatók számára, különös tekintettel arra, hogy a WLAN rendszerek frekvenciáit általában ingyenesen lehet használni (ISM sáv).

  A WLAN-ok emellett jól ki tudják egészíteni a vezetékes LAN hálózatokat, hiszen drótnélküli hozzáférést képesek biztosítani a hordozható számítógépek számára. Ezen felül az általuk elérhető adatsebesség nagyságrendekkel meghaladja a harmadik generációs cellás mobil rendszerek képességeit. Az már csak ráadás, hogy a beltéri WLAN a VOIP segítségével a számítógépes hozzáférést hangátviteli szolgáltatással is ki tudja bővíteni anélkül, hogy a cellás mobil hálózatot használná.

  Több cég is elkezdte a WLAN és a 2.5 (HSCSD, GPRS, EDGE, IS-95B), valamint a harmadik generációs mobil technológiák integrálását abból a célból, hogy a beltéri lefedést is biztosítva integrált szolgáltatásokat hozzon létre. A duál módszerű integrált áramköri eszközök már elérhetők a piacon, és várható, hogy a beltéri szélessávú szolgáltatások is megindulnak. Célszerűnek látszik hazai környezetben is egy nagy léptékű kísérleti rendszert elindítani ezen a területen.

- Többszörös hozzáférés, a CDMA térhódítása

  A CDMA technológia bevezetése megosztotta a szakmai közvéleményt. Az egyik oldalon forradalmi újításról beszéltek, a másikon viszont szkeptikus hangok hallatszottak a technológia előnyeit illetően. Bár az első időszakban a CDMA technológia nem

aratott egyértelmű sikereket, a harmadik generációs rendszerek kifejlesztése során világossá vált az egyeduralma. Sőt a cellás rendszereken kívül CDMA technikát alkalmaznak a WLAN és a kezdeti fázisban lévő UWB rendszerek is.

A CDMA azokból a szórt spektrumú átviteli rendszerekből fejlődött ki, amelyeket elsősorban katonai célokra használtak, mert a rendszer a szándékos zavaró jeleket elnyomja és a kis teljesítménysűrűségű rádiós jelei nehezen detektálhatók. Mindezek mellett a szórt spektrumú rendszerek a többutas terjedés ellen is védettek, így a kommerciális alkalmazási területeken is előnyökkel bírnak. A CDMA technológiában az egyes felhasználókat kódok különböztetik meg egymástól, és speciális kódválasztás esetén az interferencia a vevőkészülékben fehér Gauss-zaj szerűen viselkedik. Az interferencia a kódolás következtében nem a legrosszabb, hanem csupán az átlagos hatással zavarja a vett jelet, így mód van arra, hogy a szomszédos cellákban is ugyanazt a frekvenciasávot használjuk. Emellett a kódosztásos rendszer lehetőséget nyújt a hatékony statisztikus multiplexelés alkalmazására, valamint a puha megszakadás-mentes hívásátadásra is.

A vezeték nélküli lokális hálózatokban a CDMA technológia alkalmazása természetes. Itt ugyanis az egyes WLAN rendszerek koordinálatlanul működnek, így a rendelkezésre álló közös frekvenciasávot éppen a kódosztás alkalmazásával lehet hatékonyan megosztani. Alkalmazását ezért világszerte elfogadták.

Érdemes áttekinteni a CDMA rendszerekkel kapcsolatos legfontosabb elvi problémákat. Az első rendszerek (IS-95) tervezésekor feltételezték, hogy a rendszer kritikus eleme a mobil–bázisállomás irányú átviteli csatorna lesz, mivel itt az egyes felhasználók aszinkron módon működnek. Kiderült azonban, hogy ebben a csatornában teljesítményszabályozással biztosítani lehet az egyes mobilokból származó jelek vételét pontosan azonos szinten. Ily módon az átvitel minden felhasználó számára azonos minőséggel biztosítható. A kísérleti vizsgálatok és a részletes elméleti analízisek bizonyították, hogy a rendszer kritikus eleme a bázisállomás–mobil átvitel, itt ugyanis egyrészt a többi bázisállomásról érkező azonos csatornás zavaró jelek elnyomása során a fehér Gauss-zajos közelítés nem alkalmazható, másrészt a diverziti átvitel hiánya fadinges csatornában csökkenti az átviteli kapacitást.

A harmadik generációs technológia kifejlesztése során már számoltak ezekkel a hatásokkal, felgyorsították a teljesítményszabályozást és diverziti vételt alkalmaztak a bázisállomás–mobil átviteli irányban is. A gyors teljesítményszabályozás módot ad arra, hogy a mobil által vett jel szintje közepes sebességű fading esetén se változzon, a diverziti pedig fadinges csatornában erőteljesen csökkenti a szükséges adóteljesítmény értékét. A jövő mobil hálózataiban azonban a rendszer erőteljesen aszimmetrikus lesz, hiszen a bázisállomás–mobil irányban lényegesen nagyobb kapacitásra van szükség a szolgáltatások sajátosságai miatt (Web böngészés, Video on Demand), bár a mobil videó átviteli igények ezt a feltételezést kicsit megkérdőjelezhetik. Az aszimmetrikus átvitel a CDMA rendszerek egyik megoldandó problémája a most alkalmazott szimmetrikus duplex frekvenciakiosztás esetén.

A feladatok egyidejű megoldására például a cdma2000 családon belül több változatot is kidolgoztak. A cdma2000 IxEV-DO Only rendszer a HDR (High Data Rate) csomagkommunikációs technológiát alkalmazza, ahol az átvitel a mobil–bázisállomás irányban szélessávú CDMA, a bázisállomás–mobil irányban viszont időmultiplexált keskenysávú CDMA rendszerben valósul meg. A cdma2000 1xEV-DV rendszer viszont a két szolgáltatást együtt kezeli. Hasonló feladatokat old meg az UMTS HSDPA (High Speed Data Packet Access) rendszere is. Mindkét megoldásnál megnövelték a CDMA rendszer adatátviteli hatékonyságát a bázisállomás–mobil átviteli csatornában adaptív moduláció, hibrid ARQ és gyors csomag ütemezés segítségével.

- Az adatátviteli sebesség növelése

  Az átviteli sebesség és a spektrális hatékonyság növelésére az OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) technika, a tér-idő architektúra és az UWB (Ultra Wideband) technológia is alkalmas. Az alábbiakban ezeket tekintjük át röviden:
  - OFDM technológia – a jelek átvitele oly módon, hogy a nagysebességű adatfolyamot több kissebességű szegmensre bontjuk és azokkal egymásra ortogonális vivőket modulálunk. Az OFDM rendszer sajátossága, hogy a rendszer elemei gyors Fourier-transzformációval megvalósíthatók, előnye:
    - Robusztusan viselkedik a többutas fadinges csatornában,
    - Hatékonyan használja fel a rendelkezésre álló frekvenciasávot,
    - Védett a keskenysávú interferenciával szemben,
    - Nem igényel összefüggő frekvenciasávot,
    - Alkalmazható a műsorszóró rendszerekben is.

    Az OFDM technológiát több ismert rendszer is alkalmazza (HDSL, ADSL, VDSL, IEEE 802.11a, IEEE 802.16, HiperLAN2, ISDB-T). A kódolt OFDM-et alkalmazza a digitális televíziós szabvány is, és várható, hogy a rendszer szerepet kap a negyedik generációs mobil rendszer fejlesztésében is.
  - UWB (Ultra Wideband) módszer lehetővé teszi az adó és vevő komplexitásának és árának a drasztikus csökkentését. Az impulzusok időtartama 10–100 pikoszekundum, az alkalmazott moduláció lehet OOK, PAM, PSK vagy PPM típusú. A rendszer előnye a nagyon kis teljesítménysűrűség és a nagy átviteli sebesség.
  - Tér-idő processzálás technológiája: a többszörös térben elosztott antennarendszerek használata

a spektrális hatékonyság növelésére. A rádiózás korai időszakából ismert, hogy a több antennát alkalmazó diverziti rendszerek képesek az átvitel minőségét növelni diszperziv, fadinggel terhelt csatornában. A tér-idő processzálási technológia a diverziti technikák általánosításaként is felfogható. Ilyenek: STBC, Space Time Block Coding; Closed loop diversity; BLAST, Bell Labs Layered Space-Time).

- Ad hoc hálózati technológiák
  Az ad hoc hálózatok alkalmazása a jövő vezeték nélküli rendszereinek egyike, melyben a mobil felhasználók centralizált infrastruktúra nélkül kommunikálnak. A hálózati kapcsolatok dinamikusak, azaz a hálózat architektúrája állandóan változhat attól függően, hogy a mozgó felhasználók térbeli helyzete és aktuális állapota milyen.
  Korábban az ad hoc hálózatokat elsősorban katonai és katasztrófa elhárítási célokra fejlesztették ki. Ma viszont az ad hoc technikák fontos szerepet játszanak a kommersz alkalmazások területén is. Jó példa erre a Bluetooth technológia, amely lehetőséget biztosít a különböző hordozható és mozgó berendezések közötti kapcsolatra, de a HiperLAN2 vagy a TETRA rendszer úgynevezett direkt üzemmódja is az ad hoc hálózati elvet alkalmazza, lehetővé téve a mobil felhasználók közötti közvetlen kommunikációt.
  Az állandó infrastruktúra hiánya és a hálózat állandó változása sok elvi és gyakorlati problémát vet fel:
  - A biztonsági és útkeresési funkciókat elosztott rendszerben kell megoldani,
  - A csomagok fejrészének tartalmát lehetőleg csökkenteni kell a dinamikusan változó hálózati topológia fenntartása érdekében,
  - Az összeköttetések kapacitásának ingadozását kis értéken kell tartani megfelelő útvonalválasztási algoritmusok alkalmazásával,
  - Elfogadható egyensúlyt kell teremteni a lefedettség, a késleltetési idő, a hálózati kapacitás és a teljesítményigény között.
  - Minimalizálni kell a hasonló rendszerektől származó interferencia hatását.

6. A mobil rendszerek együttműködése

A cellás rendszerekkel párhuzamosan más mobil technológiák is széles körben elterjedtek. A mobil hálózatokat a WLAN-ok esetleg helyettesíthetik és kiszorítják, reálisabb azonban azt állítani, hogy a nagykiterjedésű hálózatokban a hozzáférés bővítésére alkalmasak. Éppen ezért a harmadik generációs vezeték nélküli rendszerek szabványai lehetővé teszik a cellás rendszerek és a WLAN-ok együttműködését. Az alábbiakban áttekintést adunk a ma ismert legfontosabb WLAN rendszerekről.

- IEEE 802.11b – A legszélesebb körben használt WLAN rendszer, maximális átviteli sebessége 115 Mbit/sec. Az elmúlt évben a WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) elindított egy olyan programot, amely a különböző gyártók által kínált 802.11b rendszerek együttműködésének a megoldását tűzte ki célul.
- Home RF és Bluetooth – A Home RF a DECT (Digital European Cordless Telephone) és a leegyszerűsített IEEE 802.11 WLAN kombinációja, a Bluetooth pedig egy önálló kis hatótávolságú ad hoc hálózati technológia. Mindkét rendszer a 2,4 GHz-es ISM sávot használja. Várhatóan a két rendszer közül hosszabb távon a Bluetooth terjed el jobban. A Bluetooth eszközök száma igen gyorsan nő, ezért az általuk okozott interferencia elkerülése érdekében a WLAN-ok áttelepülnek az 5 GHz-es ipari frekvenciasávba.
- IEEE 802.11a – A 802.11b továbbfejlesztett változata, amely az 5 GHz-es licencet nem igénylő ipari frekvenciasávban működik. Maximális adatsebessége 30 Mbit/sec (elméletileg 54 Mbit/sec).
- ETSI HiperLAN2 – Az európai szabványra épülő WLAN rendszer az 5 GHz-es sávban működik majd. Adatsebessége eléri az 54 Mbit/sec-ot, és megold néhány olyan problémát is, amely a IEEE 802.11 rendszerben nehézséget okoz (interferenciák, elnyomás, QoS, adatvédelem és adatbiztonság). Az IEEE 802.11a és a HiperLAN2 konvergenciája jelentős előnyöket ígér, ezért a IEEE és az ETSI elindított egy közös programot a fejlesztések harmonizálására. A két rendszer az 5 GHz-es sávban OFDM technológiát használ, amely előnyös a beltéri, erősen diszperzív fadinges csatornákban.

A megszakadás-mentes mobil kommunikációt támogató hálózati architektúrában három hálózati réteget különböztetünk meg:

(i) Cellás réteg, amely nagy kiterjedésű területen multimédia és közepes adatsebességű szolgáltatásokat biztosít. Ide tartoznak a GSM, CDMA és UMTS rendszerek.
(ii) Hot spot réteg, amely kis területen lokális mobilitású felhasználók számára nagysebességű adatátviteli szolgáltatást nyújt. Ide tartoznak a WLAN rendszerek.
(iii) Személyi hálózati réteg, amely szűk környezetben lehetővé teszi azt, hogy a különböző berendezések (pl. nyomtatók, háztartási készülékek, számítógépek stb.) együttműködjenek. A Bluetooth rendszer alkalmas ezeknek a feladatoknak a megoldására, valamint a kapcsolat megteremtésére a másik két réteggel.

A különböző rétegek között a szolgáltatások optimális transzparens átviteléhez szükség van a sávszélesség dinamikus menedzselésére oly módon, hogy a szolgáltatás folytonos maradjon. Ez az új MAC réteg foglalkozik a hozzáférési hálózat és a belső hálózat összeköttetésével, a szolgáltatás minőségével, valamint az adatvédelemmel és adatbiztonsággal.

Az ETSI BRAN (Broadband Radio Access Network) munkacsoportja a WLAN-ok és az UMTS együttműködésére két koncepciót dolgozott ki:

- Szoros összekapcsolási elrendezés, amely a WLAN és az UMTS rendszer számára azonos minőségű megszakadás-mentes hívásátadást és adatbiztonsági szolgáltatásokat biztosít azáltal, hogy az UMTS és WLAN hálózat között egy olyan interfész van, amely hasonlít az UMTS elemei közötti interfészhez.
- Laza összekapcsolási elrendezés, ahol a mobilitást és a bolyongást az IP protokoll támogatja. Itt a WLAN és az UMTS között az AAA (Authentication Authorization and Accounting) szerver és a HLR (Home Location Register) teremt kapcsolatot, ezen kívül a Mobil IP protokoll, valamint az otthoni és idegen ügynök koncepció támogatja a megszakadás-mentes működést, ha a felhasználó különböző hálózatok között bolyong.

A távolabbi jövőben a rendszerek olyan szolgáltatásokat kínálnak, amelyek a felhasználó igényeitől és a különböző hálózatok aktuálisan elérhető kapacitásaitól függnek. Ehhez nagyobb intelligenciájú végberendezésekre és hálózatokra van szükség. Ezt az elképzelést a WSI (Wireless Strategic Initiative) koncepció fogalmazza meg, lefedve a hozzáférési technológiák minden változatát.

7. A kutatás főbb irányai

Az elmúlt évtizedben a mobil infokommunikáció területén igen intenzív elméleti és gyakorlati kutatás folyt, lefedve a fizikai réteg különböző eszközeit a technológiaitól kezdve egészen a magas szintű alkalmazásokig. A 90-es években tapasztalt rendkívül gyors fejlődés az évtized végére kissé megtorpant. Bár a kutatások minden területen intenzíven folytatódtak. A recesszió és a gazdasági visszaesés hangsúlyeltolódásokat eredményezett a mobil kutatások területén is. Jól tükrözte ezeket a változásokat az IEEE INFOCOM2002 című New Yorkban megrendezett nemzetközi tudományos konferenciája, amely átfogó képet adott az infokommunikációs hálózatok és rendszerek területén folyó kutatásokról.

A kutatási területek és az alapvető kutatási trendek áttekintésével egy külön workshop foglalkozott, amelynek általános megállapításait az alábbi tézisszerű leszögezésekben foglalhatjuk össze:

- Számos vizsgálat célja a teljes hálózatátalakítás volt, olyan eljárásokat, algoritmusokat és protokollokat elemeztek, melyek bevezetése a hálózat egészét érinti. Párhuzamosan indultak el ilyen fejlesztések, a meglévő hálózat egészét kívánva megújítani előnyösebb technológiákkal, hatékonyabb eljárásokkal.
- Várható, hogy a kutatások súlyponti területei is megváltoznak. Előtérbe kerülnek a felhasználó közeli témák, a vezeték nélküli alkalmazások és szolgáltatások, a nagysebességű hozzáférés problémái, a teljesítménytakarékos vezeték nélküli megoldások, a beágyazott intelligencia alkalmazásai, továbbá a vezeték nélküli rendszerek adatbiztonságával és adatvédelmével, valamint a személyes adatok védelmével foglalkozó témák. Általában kijelenthető, hogy a kutatások középpontjába a meglévő hálózatok hatékony felhasználása kerül. Háttérbe szorulnak az új MAC (Medium Access Control) eljárások fejlesztése, az alternatív mobil technológiák és átviteli protokollok vizsgálata vagy a teljes hálózatra kiterjedő optimális útkeresési algoritmusok elemzése.
- Megállapítható, hogy néhány rész szakterületen a kutatók – igen mély elméleti apparátusok mozgatásával – gyakorlati szempontból kevésbé hasznos kérdésekkel foglalkoztak. Ilyenek például a végpont-végpont közötti QoS (Quality of Service) vizsgálatok, a mobil ATM, vagy a biztonságos multicast stb. témák.

Alapelvként fogalmazódott meg, hogy a két évnél idősebb problémákkal nem érdemes foglalkozni, csatlakozni kell a nemzetközi szabványosítási szervezetek kezdeményezéseihez (pl. az IETF, Internet Engineering Task Force felvetéseihez), ne kövesse a kutatás a látványosan hangzó divatirányzatokat (QoS mindenütt, ad hoc hálózati problémák önmagukért), legyen a kutatás pragmatikus és innovatív.

A mobil infokommunikáció területén a jövőbeli kutatások ígéretes irányait az alábbiakban lehet megadni:

- Hálózati modellek vizsgálata és analízise,
- Forgalmi modellezés, robusztus és biztonságos architektúrák vizsgálata,
- Általános hálózati hozzáférési technikák, átjárási lehetőségek a különböző technológiák között (ld. GSM/UMTS– WLAN kapcsolatok),
- A szolgáltatások menedzselése (minőség, megbízhatóság, biztonság, díjelszámolás, karbantartás stb.),
- Energiatakarékos mobil alkalmazások vizsgálata,
- Mobil Web alkalmazások fejlesztése (az IPVG alkalmazásai, az all-IP koncepció elemzése),
- Új alkalmazások fejlesztése a humán képességek és igények figyelembevételeivel.

Irodalom

1. I. Stojmenovic, "Position-Based Routing in Ad HOc Networks", IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 7, July 2002, pp. 128–134.
2. N. Montovant, T. Noel, "Handover Management for Mobile Nodes in IPvG Networks", IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 8, August 2002, pp. 38–43.
3. S. I. Maniratis, E. G. Nikolouzon, I. S. Venieris, "QoS Issure in the Converged 3G Wireless and Wired Networks, IEEE Communications Magazine, Vol. 40., No. 8., August 2002, pp. 44–53.

4. T. S. Rappaport. A. Annamalai, R. M. Buechrer, W. M. Tranter, "Wireless Communications:Magazine, 50th Anniversary Issue, May 2002, pp. 148–161.
5. E. Biglieri, "Digital Transmission in the 21st Century: Conflating Modulation and Coding", IEEE Communications Magazine, 50th Anniversary Issue, May 2002, pp. 128–137.
6. R. Ramanathan, J. Redi, "A Brief Overview of Ad Hoc Networks: Challenges and Directions", IEEE Communications Magazine, 50th Anniversary Issue, May 2002, pp. 20—22.
7. J-H. Park, "Wireless Internet Access for Mobile Subscriber Based on the GPRS/UMTS Networks", IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 4., April 2002, pp. 38–49.
8. M. N. Moustafa, I. Mabib, M. Naghshineh, M. Guizani, "QoS Enabled Broadband Mobile Access to Wireless Networks", IEEE Communications Magazine, Vol. 40., No. 4., April 2002, pp. 50–57.
9. I. Koffman, V. Roman, "Broadband Wireless Access Solutions Based on OTDM Access in IEEE 802.16", IEEE Communications Magazine, Vol. 40., No. 4., pp. 96–103.
10. J. De Vriendt, P. Lainé, C. Lerouge, X. Xu, "Mobile Network Evolution: A Revolution on The Move", IEEE Communications Magazine, Vol. 40., No. 4., April 2002, pp. 104–111.
11. S. Teger, D. J. Waks, "End-User Perspectivas on Home Networking", IEEE Communications Magazine, Vol. 40., No. 4., April 2002, pp. 114–119.
12. K. V. S. S. S. S. Saira, N. Gunasekaran, S. R. Reddy, "Bluetooth In Wireless Communication" IEEE Communications Magazine, Vol. 40., No. 6., June 2002, pp. 90–97.
13. J. Khun-Jush, P. Schramm, G. Malmgren, J. Torsner, "HiperLAN2: Broadban Wireless Communications At 5 GHz", IEEE Communications Magazine, Vol. 40., No. 6., June 2002, pp. 130–137.
14. Proceedings of IEEE INFOCOM2002, Volume 1., 2., 3., 23–27, June 2002, New York

Hírek

Az Axelero új székházában 275 készülékből és 5 darab konferenciaállomásból álló IP telefóniarendszer épült ki.

Az IP telefónia a hagyományos telefonos szolgáltatásokon túl számos, a munkavégzés hatékonyságát növelő alkalmazással segíti a munkatársakat. A telefóniában megszokott konferenciabeszélgetés, hívásátirányítás vagy hangposta-szolgáltatás az IP telefóniában egységes üzenetkezeléssel és személyre szabott beállításokkal egészül ki. A nyitott architektúrájú fejlesztőfelülete lehetővé teszi, hogy az ügyfelek igényeinek megfelelő alkalmazásokat fejlesszenek.

Az Axelero székházban a munkatársak az épületen belül bárhol dolgozhatnak anélkül, hogy vezetékek és kábelek korlátoznák őket mozgásukban. Magukkal vihetik laptopjaikat a tárgyalóba vagy az épület bármely pontjára, mégsem kell nélkülözniük a hálózati kapcsolatot.

❖ ❖ ❖

Az Axelero az internet jelentőségének növekedését prognosztizálva fontosnak tarja, hogy ennek a területnek is legyenek jól működő szakmai fórumai. Jelenleg a legjelentősebb szakmai fórum az Internet Hungary, amely az internetes szakemberek oldaláról a leghatékonyabb támogatást nyújtja e folyamathoz.

Az Axelero szerint a felhasználók mind gyakrabban fognak multiméldiás megjelenési formákkal találkozni, és a nem túl távoli jövőben már nem lehet egyértelműen belekényszeríteni az egyes kommunikációs eszközöket a média, a távközlés vagy az internet kategóriába.

Forgalomelmélet: múlt, jelen és jövő

MOLNÁR SÁNDOR

docens

BME - TTT

A forgalomelmélet egy folyamatosan fejlődő és rendkívül gyorsan változó szaktudománya a távközlési hálózatok forgalmi jellemzésének. Az elmélet az elmúlt évszázad kommunikációs technikáinak fejlődésével jelentős változáson ment át. Ezen cikk rövid áttekintést kíván adni erről a fejlődésről és betekintést kíván nyújtani a mai modern forgalomelmélet legizgalmasabb problémáiba.

1. A telefonhálózatok forgalomelmélete

A forgalomelmélet [1], [2] a távközlési hálózatok teljesítményanalízisének és tervezésének az alaptudománya. Agner Krarup Erlang dán matematikus (1878–1929) [3] alapította a XX. század elején. Az elmélet a telefonhálózatok fejlesztésével párhuzamosan fejlődött ki, és lényegi elemévé vált a klasszikus távközlési hálózatok tervezésének [2].

A forgalomelmélet – a kapcsolási és hálózati technikák fejlődésével együtt – óriási fejlődésen ment át az elmúlt évtizedben, és magába olvasztotta az operációkutatás és a sorbanállás-elmélet legújabb eredményeit is. A forgalomelmélet folyamatos evolúciója figyelhető meg, ahogyan a különféle tudományágak eredményeit magába integrálja és alkalmazza.

A forgalomelmélet tárgya a forgalmi igények, hálózati erőforrások és a teljesítményjellemzők közötti kapcsolat matematikai modellezése. A forgalmi igények a természetük szerint véletlen jellegűek, így a megfelelő elmélet, amely tárgyalni tudja őket a sztochasztikus folyamatok elméletéből származtatható.

A forgalomelmélet sikere a telefonhálózatok forgalmi méretezési eljárásaiban vitathatatlan. Jól kidolgozott eljárások és módszerek segítségével tudjuk évtizedek óta megbízhatóan tervezni a telefonhálózatokat [1], [2].

Az egyik alapvető jellemzője a telefonhálózatok forgalmának a forgalom statikus természete. Ez azt jelenti, hogy lehetett találni „tipikus felhasználót" és „tipikus felhasználói viselkedést". A forgalmi jellemzők változékonysága általában korlátozott volt és így a forgalmi jellemzők kis szórása lehetővé tette az átlagértékekkel való számításokat, amelyek pontossága elegendőnek bizonyult. A telefonhálózatok statikus természete vezetett ahhoz, hogy olyan általánosan érvényes modelleket lehetett alkotni, mint például az, hogy a telefonhívások érkezési folyamata nagy aggregációnál jól modellezhető Poisson folyamattal [1]. Ez a modell azt feltételezi, hogy a telefonhívások függetlenek és a hívások közötti idők exponenciális eloszlásúak. A modell egyik előnye (ami a sikerének is egyik legfőbb oka), hogy mindössze egy paraméterrel (az érkezési intenzitással) jellemezhető. A Poisson folyamat memóriamentes tulajdonságának köszönhetően számos analízis egyszerűvé válik (pl. PASTA), így a teljesítményanalízisben sokszor még akkor is használták ezt a modellt, amikor a valódi érkezési folyamat nem volt éppen Poisson jellegű. A másik ilyen általános érvényű modell a telefonhívások hosszának modellezése exponenciális eloszlással [1]. Ennek a modellnek az elterjedtségét is az egyszerűségének köszönheti, hiszen ez a modell analitikusan is jól kezelhető. Valójában a telefonhívások hossza sokszor jelentősen eltér az exponenciálistól. Ez az eltérés azonban nem okozott lényegi hibákat a tervezésben, aminek az okát újra a Poisson érkezési modell előnyös tulajdonságaiban találjuk meg. Több teljesítményjellemző ugyanis Poisson érkezési folyamat esetén nem függ a kiszolgálási idő eloszlásától, csak annak átlagértékétől.

2. Modern forgalomelmélet

Az utóbbi években a csomagkapcsolt hálózatok, különösképpen az IP hálózatok fejlesztése jelentős méreteket öltött. Szinte mindenki egyetért abban, hogy a következő évtizedek hálózatainak alapvető technikája az IP lesz. Azonban az IP hálózatoknak még nem alakult ki egységes tervezési eljárása és világszerte fáradoznak a kutatók az „internet Erlang formulájának" megalkotásán.

A forgalom természetében jelentős változás először akkor történt, amikor a telefonhálózatokat már nem csak beszéd, hanem más információ átvitelére is elkezdték használni. A fax forgalma és az internetforga-

lom átvitele a telefonhálózaton keresztül jelentősen felborította a telefonhálózatok forgalmának statikus természetét. A hívások hossza a nembeszéd-forgalom esetében jóval nagyobb lett egy tipikus telefonhívás hosszánál, és a hívások hosszának változékonysága is jelentősen megnövekedett. A beszédforgalom jól megjósolható statikus és homogén természete sajnos nem mondható el az adatforgalomra. Az adatforgalom esetében sokkal nagyobb változékonyságot tapasztalunk a nagyon rövid kapcsolatoktól a nagyon hosszú hívásokig, és az átvitt időegységenkénti adatmennyiség a kapcsolat ideje alatt is széles határok között ingadozhat. Az adatforgalom ezen „csomósodásának" (burstiness) persze az az alapvető oka, hogy itt általában már nem emberek, hanem gépek „beszélgetnek" egymással. Nem véletlen, hogy míg a beszédforgalom esetében az áramkörkapcsolás ideálisnak bizonyult, adatforgalomnál a csomagkapcsolás technikája sokkal megfelelőbb.

Az elmúlt évek forgalomelméleti kutatásainak egyik kulcskérdése az volt, hogy milyen forgalomleíró jellemzőket használjunk a rendkívül börsztös és összetett struktúrájú adatforgalom jellemzésére. Ilyen jellemzőktől elvárjuk, hogy lehetőleg egyszerűek legyenek (így a felhasználók számára könnyen érthetőek és meghatározhatóak, pl. a csúcssebesség), pontosan írják le a lényeges teljesítményjellemzőket (pl. átlagsebesség) és a hálózat által szabályozhatóak legyenek (pl. az úgynevezett „lyukas vödör"/leaky bucket eljárás paraméterei). Az irodalomban sok javaslat található forgalomleíró paraméterekre, de a gyakorlat azt mutatta, hogy elég kevés azon forgalomjellemzők száma, amelyek eleget tesznek a fenti követelményeknek. Ezért csak néhány jellemző került mostanáig „elfogadásra", melyek az úgynevezett „token bucket" eljáráshoz kötődnek. Ez az eljárás hasonló az ATM „leaky bucket" forgalomleíró jellemzőihez, és a definiált jellemzők is hasonlóak az ATM-ben megismert jellemzőkhöz: a csúcssebesség, a token bucket két paramétere (a tokenek által szabályozott átlagsebesség és a vödör mérete), valamint a minimális és maximális csomagméret. A token bucketes jellemzés széles körben elterjedt, de még ma is kutatás tárgya az, hogy vajon a token bucket mennyire alkalmas a forgalom dinamikájának leírásához. A tervezési szempontból számos más jellemző is szóba kerül, pl. a későbbiekben tárgyalandó fraktális forgalom Hurst paramétere [5, 6].

Az IP hálózatokban általában sokféle adatforgalom keveredik, melyet csomagkapcsolással továbbítunk. Egy fontos jellemzője az adatforgalomnak, hogy ha megfigyeljük valamilyen időegység alatt továbbított byte-ok (vagy csomagok) számát, akkor ennek változékonysága (börsztössége) általában több időskálán keresztül is megfigyelhető [4, 5, 6, 8]. Ez teljesen más, mint a beszédforgalom Poisson dinamikája, ahol egyértelműen található egy meghatározó időskála, és a forgalom egyáltalán nem börsztös több időskálán keresztül. További eltérés az IP forgalom hosszú távú összefüggősége (long-range dependence), amely azt jelenti, hogy több időskálán keresztül is a forgalomban jelentős korrelációk, összefüggések figyelhetőek meg [4, 5, 6, 8]. Ezen túlmenően sokszor több időskálán keresztül a forgalom számos statisztikája azonos (pl. autokorrelációs függvény), nevezetesen a forgalomnak önhasonló (self-similar) struktúrája van [4, 5 ,6]. Az adatforgalom forgalmi jellemzőiben pedig gyakran találunk extrém nagy változékonyságot (pl. interneten letöltött fájlok hossza), amik matematikailag a lassan lecsengő (heavy-tailed) eloszlások (pl. Pareto eloszlás) segítségével írhatóak le [5, 6]. Mindezek a tulajdonságok a fraktális folyamatoknál is megfigyelhetőek, és ez az oka az utóbbi években a fraktális forgalmi modellek népszerűségének [5]. További érdekes kutatási eredmény, hogy az IP forgalom fraktális szerkezete is összetett és számos részletes analízis multifraktál struktúrákat fedezett fel [7, 8].

A fraktális forgalmi modellek azért is figyelemre méltóak, mert ezen modellek kevés forgalmi paraméter segítségével képesek nagyon bonyolult és több időskálán összefüggő forgalom leírására. A fraktális modellek ezen előnye vitathatatlan a klasszikus (általában Markovi) modellekkel szemben [5]. A fraktális forgalmi modellek és azok alkalmazása (pl. a sorbanállás-elméletben) azonban még gyerekcipőben jár, így eddig még kevés tervezési eljárás született, ami ezekre a modellekre épít [5]. Ezzel szemben a jól kidolgozott klasszikus modellek felhasználásával számos tervezési technikát fejlesztettek ki. További előnye a fraktális modelleknek, hogy ezek alkalmas magyarázatot kínálnak arra miért „kell" fraktális tulajdonságokat találnunk [9]. Ugyanis az internet hálózati forgalmának természete, valamint a forgalomgeneráló mechanizmusok, protokollok okozzák ezeket a megfigyelt jelenségeket. Valószínű, hogy a jövőben egyre inkább megfigyelhető lesz a klasszikus modellekről a fraktális modellekre történő váltás a forgalomméretező eljárásokban.

3. Minőségi szolgáltatások forgalomelmélete

Az IP hálózatok forgalmi jellemzőit nagymértékben meghatározza, hogy milyen hálózati mechanizmusok formálják és alakítják a forgalmat a hálózaton belül. A különböző minőséggarantáló IP architektúrák mechanizmusai számos forgalmi tulajdonságért „felelősek", ezért a következőkben áttekintjük ezeket a technikákat.

Az internetnek ugyan óriási a sikere és népszerűsége, de még mind a mai napig nem tud garantált minőségi jellemzőkkel rendelkező szolgáltatást nyújtani. Ezért számos erőfeszítés történt az utóbbi években, hogy olyan IP alapú hálózatokat fejlesszenek ki, amelyek hatékonyan tudják támogatni a garantált minőségi igényeket (QoS, Quality of Service) [10]. Ilyen QoS igények vonatkozhatnak a sávszélességre, a késleltetésre és annak ingadozására, a csomagvesztési arányra, a szolgáltatás igénylésének blokkolási arányára, a megbízhatóságra stb. Az IP QoS biztosításához alapvetően

két eltérő filozófia létezik, a „nagy sávszélesség" és a „menedzselt sávszélesség" elve.

A „nagy sávszélesség" filozófia arra épít, hogy a forgalmi igények rohamos növekedése ellenére a jövőben olyan olcsó lesz a sávszélesség, így hatalmas kapacitású linkeket tudunk majd használni. Mindemellett várhatóan a kapcsolóelemek csomagtovábbítási ideje is jelentősen csökkenni fog. Az ilyen túlméretezett hálózat gyakorlatilag minden problémát megoldana, és nem volna szükség bonyolult tervezési és forgalommenedzselési eljárásokra. Gondoljunk bele, ha a mai internet ilyen volna (végponttól végpontig), akkor az egy olyan csomagkapcsolt hálózat lenne, ami számos valós idejű alkalmazást ma is lehetővé tenne. Azonban politikai és gazdasági tényezők fogják meghatározni azt, hogy mennyire lesz olcsó a jövőben a sávszélesség, és ha a „nagy sávszélesség" filozófia a gerinchálózatban meg is valósul, a hozzáférési hálózatokban ez már kevésbé valószínű.

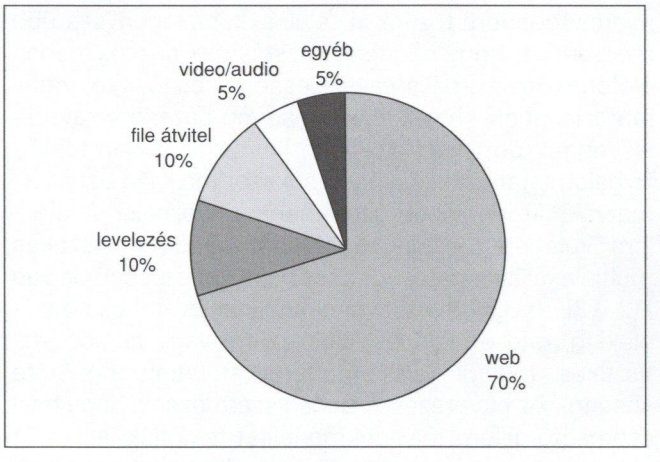
A „menedzselt sávszélesség" elve arra épít, hogy korlátozott sávszélesség áll majd rendelkezésünkre a jövőben is, így forgalomszabályozási eljárások szükségesek a kapacitás menedzselésére. A kidolgozott technológiák különböző eljárásokat kínálnak ennek megvalósítására.

Az adatkapcsolati réteg protokollok QoS támogatása nem új gondolat, már a keretkapcsolás (Frame Relay) is tartalmazott QoS támogatást, de az igazi QoS technika úttörője az ATM (Asynchronous Trasfer Mode) volt. Az ATM-ben a kapcsolat felépítése előtt létrejön egy forgalmi szerződés a felhasználó és a hálózat között, amelyben a hálózat garantálja a felhasználó számára az igényelt QoS jellemzőket (pl. cellavesztési és késleltetési garanciák). Az ATM-ben öt szolgáltatási kategóriát is létrehoztak a különböző jellegű szolgáltatások támogatására. Itt kell megemlítenünk a népszerű MPLS protokollt (Multi Protocol Label Switching), ami szintén egy második rétegbeli QoS támogató technika. Az MPLS alapelve lényegében ugyanaz, mint az ATM alapelve, egy címke kapcsolású kapcsolatorientált protokoll.

Az IP egy hálózati réteg protokoll, amely számos adatkapcsolati protokollra épülhet és egy kapcsolatmentes, de nem nyújt megbízható szolgáltatást. Az eredeti IP elképzelésben is már biztosítottak egy mezőt (TOS, Type of Service) az IP csomag fejrészében QoS célokra, bár gyakorlatilag ezt az opciót szinte sosem használták ki. Az utóbbi években két fontos irányzat figyelhető meg az IP hálózatok QoS támogatására: az integrált szolgáltatású (IntServ, Integrated Services) és a differenciált szolgáltatású (DiffServ, Differentiated Services) eljárások. Az IntServ hálózatok végpontok közötti szolgáltatásgaranciákat tudnak adni minden egyes kapcsolatra, azonban a fő hátránya ennek az elképzelésnek, hogy nem jól skálázhatóak, hiszen a szükséges kapcsolatonkénti QoS információt a kapcsolat útvonalán minden csomópontnak tartalmaznia kell. Ezen eljárás támogatására dolgoztak ki többféle erőforrás-lefoglalási protokollt (pl. RSVP, Resource Reservation Protocol). A DiffServ hálózatok más elvre épülnek. Ezekben a hálózatokban olyan megkülönböztetést hajtanak végre, hogy lehetőség van különböző csomagok eltérő kezelésére (ütemezés, sorbanállás stb.). Ezen eltérő kezelésmódot pedig gyakorlatilag az IPv4 TOS mezőjének újradefiniálásával létrehozott DS mező határozza meg.

Az IP fölötti szállítási protokollok közül meg kell említenünk a TCP-t (Transmission Control Protocol), mely a nem megbízható hálózati réteg IP protokoll felett a legnépszerűbb végpontok közötti megbízható szállítási réteg protokoll. A TCP forgalom ma a gerinchálózatok forgalmának több mint 90%-át teszi ki. A TCP mechanizmus forgalomformázó tulajdonságainak megismerése elengedhetetlen feltétel a forgalomméretező eljárások kidolgozásához [8]. A legutóbbi kutatások például kimutatták azt, hogy a TCP képes „elszállítani a fraktális tulajdonságokat" a hálózat egyik pontjáról a másikra, oda is, ahol amúgy semmi fizikai oka nincs a fraktális tulajdonságok megjelenésének [11]. Így a TCP mintegy terjesztője a „fraktális vírusnak" az interneten. A TCP hatásain túlmenően valószínűleg számos más mechanizmus, pl. video képváltások stb. is fontos szerepet játszanak a széles körben megfigyelt fraktális tulajdonságok kialakulásában.

Az alkalmazások száma változó képet mutat. Ma még a web forgalma a domináns (1. ábra), de a közeljövőben várható a video és audio alkalmazások arányának a növekedése.



1. ábra Az alkalmazások aránya az interneten

4. Forgalmi méretezési módszerek IP hálózatokban

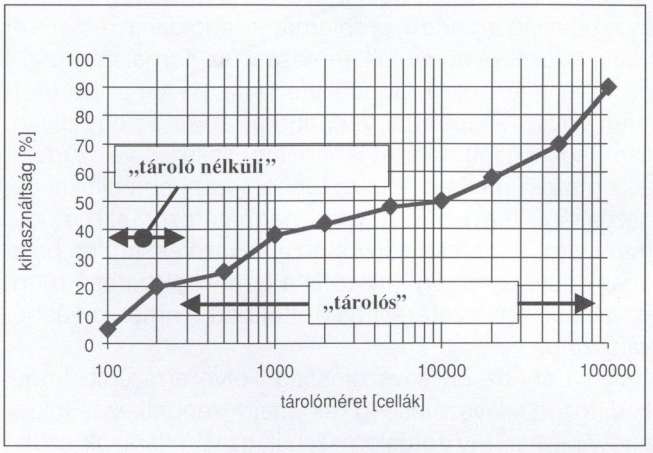
A nagyon fontos gyakorlati kérdések, amelyek az IP hálózatok tervezőit, méretezőit és üzemeltetőit izgatják a következők: Mekkora sávszélességet kell biztosítanunk az adott IP hálózatban ahhoz, hogy egy adott forgalomtípus esetén a kívánt QoS követelményeket biztosítani tudjuk? Hogyan befolyásolja a kihasználtságot, ha több különböző forgalmi típust multiplexálunk? Mekkora multiplexálási nyereség érhető el? Mi az az egyszerű és jól kezelhető forgalmi modell, ami kevés

és jól meghatározható forgalmi jellemzőt használ, és segítségével tervezhetjük a hálózatainkat? A kérdésekre adott válasz nagyrészt függ a forgalom jellemzőitől és az alkalmazott IP hálózati architektúráktól. A következőkben összefoglaljuk a szóba jöhető lehetőségeket.

Kétfajta szabályozási elv lehetséges [12], amely nagymértékben befolyásolja a forgalmi méretezési elveket. Az egyik ilyen szabályozási kategória a „nyílt hurkú szabályozás", amely többnyire a valós idejű, interaktív beszéd és video alkalmazásoknál használatos (stream traffic). Ezen eljárás tulajdonképpen egy torlódást megelőző forgalmi szabályozás, ami az ATM-nél már jól ismert „forgalmi szerződés" fogalmán alapszik. A felhasználó forgalmi jellemzőivel leírt igényére a hálózat kapcsolatfelépítési mechanizmusa vagy elfogadja az igényelt kapcsolatot és biztosítja az igényelt QoS-t, vagy erőforrások hiányában elutasítja az igényt. Az eljárás hatékonysága nagymértékben függ attól, hogy mennyire pontosan tudja a felhasználó előre jellemezni a sokszor nagyon ingadozó forgalmát. Annak érdekében, hogy a forgalmi jellemzők valóban „kézben tarthatóak" legyenek, forgalomformázási mechanizmusokat (pl. shaping) alkalmazhatunk, amelyek legtöbbször a már említett „tocken bucket" elv alapján működnek. A hálózat pedig ellenőrizheti a forgalmi szerződésben deklarált forgalmi jellemzőket (policing) és a „szabálytalankodó csomagokat" szankcionálhatja (pl. eldobhatja vagy alacsonyabb prioritásra helyezheti őket).

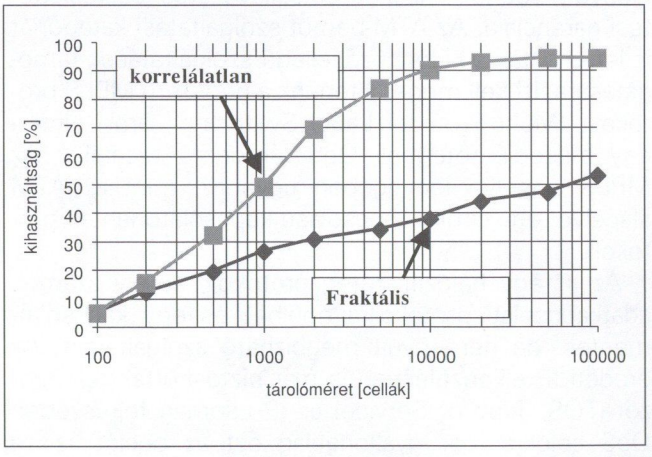
Amennyiben a forgalmi méretezésnél multiplexálási nyereséget nem tűzünk ki célul, akkor a legegyszerűbb módszer az, hogy minden kapcsolatnak a forgalmában előforduló maximális sávszélességet biztosítjuk (peak rate allocation). Ez az eljárás nagyon pazarló a sávszélességgel, de mivel általában kevés az ismeretünk a forgalom statisztikáiról, igen sokszor ma még ezt alkalmazzák. Amennyiben szeretnénk kihasználni a forgalom véletlenszerű ingadozásából adódó statisztikus multiplexálási nyereséget, kétfajta lehetőségünk van [12, 13]: az úgynevezett tároló nélküli (bufferless multiplexing, rate envelope multiplexing) vagy tárolós statisztikus multiplexálás (buffered multiplexing, rate sharing). Az elnevezések onnan származnak, hogy ha a csomagforgalom folyadékmodelljét tekintjük, akkor az első esetben olyan statisztikus multiplexálást hajtunk végre, amelynél nincs szükség tárolóra a folyadékmodellben (a valóságban rövid tárolókra az úgynevezett cellatorlódás kiküszöbölésére ilyenkor is szükség van). Ennél a méretezési elvnél a méretezési kritérium az, hogy annak a valószínűsége, hogy az aggregált forgalom meghaladja a kapacitást kisebb legyen egy adott küszöbnél. Ennek a módszernek a nagy előnye, hogy a link túlcsordulási valószínűség csak a forgalmi intenzitás stacioner eloszlásától függ, és nem függ a forgalom összefüggőségi struktúrájától. Így például ezen tervezési eljárásoknál egyáltalán nem érdekes, hogy a forgalomnak van-e fraktál struktúrája vagy nincs, ami jóval egyszerűbb tervezési módszerekhez vezet. A tároló nélküli statisztikus multiplexálás hátránya azonban, hogy általában kis link kihasználtságot tudunk vele elérni.

A link kihasználtságát növelhetjük, ha tárolót is használunk, és ez a tárolós statisztikus multiplexálás elve (2. ábra) [13]. Ennél a multiplexálásnál a tervezési kritérium az, hogy a tároló túlcsordulási valószínűsége kisebb legyen egy adott küszöbnél.



2. ábra Statisztikus multiplexálási alternatívák

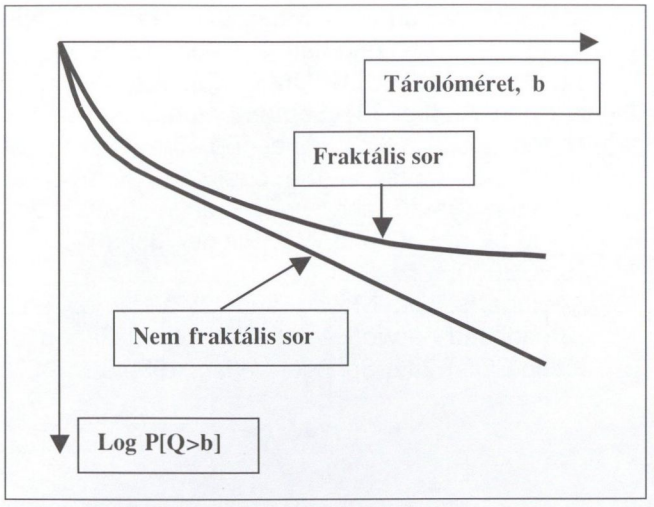
Sajnos ebben az esetben a csomagvesztési és késleltetési jellemzők nagyon sok forgalmi jellemzőtől függnek, pl. erősen függnek a forgalom korrelációs struktúrájától. Például fraktális forgalom esetén nagyon nehéz megbízható tervezési módszereket adni és a fraktális tulajdonságok erősen leronthatják az elérhető kihasználtságot (3. ábra).



3. ábra A forgalom belső korrelációjának hatása

A fraktális forgalom további kellemetlen hatása, hogy a tárolókban sokkal hosszabb sorokat alakít ki, és a tároló túlcsordulási valószínűségének becslése is jóval nehezebbé válik. Ennek egyik fő oka az, hogy míg nem fraktális soroknál a sor farokeloszlásának becslésére majdnem mindig találunk egy alkalmas aszimptotát, fraktális soroknál ilyen nincs (4. ábra).

Egy alternatív megoldást kínál a determinisztikus multiplexálás, ami megfelelő forgalomformázási kritéri-



4. ábra A sorhossz (Q) alakulása fraktális és nem fraktális forgalom esetén

um mellett veszteségmentes és késleltetésgarantált átvitelt eredményezhet, bár jóval kisebb multiplexálási nyereséggel.

Egy fontos jelenség megkönnyítheti a jövőbeli IP hálózatok tervezését. A forgalom aggregációjának a rohamos növekedése (amit ma is megfigyelhetünk az interneten) ugyanis azt eredményezheti, hogy jól alkalmazhatóak lesznek azok a matematikai törvények (nevezetesen a centrális határeloszlás tételek), amelyek lehetővé teszik egyszerű Gauss modellek alkalmazhatóságát. Tehát arról van szó, hogy a forgalom bármennyire is börsztös, ingadozó és forgalmi típusonként teljesen más statisztikákat mutat, nagy aggregációban sokszor úgy viselkedik, mintha Gauss folyamat volna. Ma sok esetben az aggregáció még nem elég nagy ahhoz, hogy a Gauss modell pontos legyen a tervezéshez, és lehet, hogy a hozzáférési hálózatokban nem is fogja elérni azt az aggregációs határt, amitől kezdve biztonságosan alkalmazható lenne, de a gerinchálózatokban ez a határátlépés várható.

A „zárt hurkú szabályozás" elve elsősorban olyan forgalom esetében használatos, amelynél van módunk a forgalom intenzitásának befolyásolására (elastic traffic) [12, 13]. Ezt az alapelvet használja a TCP az interneten és az ABR is az ATM-ben. Ezek a protokollok a teljes kapacitás kihasználására törekszenek, miközben fair sávszélesség-megosztást próbálnak biztosítani a kapcsolatok között. Többféle központi és elosztott algoritmust dolgoztak ki a sávszélesség szétosztására ilyen hálózatokban [12, 13], ahol általában a kihasználtság és a késleltetés jellemzők az optimalizálás célparamétereire. A szabályozó mechanizmusok (pl. TCP) tökéletlenségeinek javítására pedig az utóbbi években számos eljárást fejlesztettek ki (pl. RED, Random Early Detection). A hatékony méretezési eljárások kidolgozása zárt hurkú szabályozás esetén ma is a kutatás egyik intenzív területe, ahol még sok a nyitott kérdés. Például nem dőlt még el, hogy mennyire hatékony az az elképzelés, amely a nyílt hurkú szabályzáshoz hasonlóan itt is kapcsolatfelépítési mechanizmus alkalmazását látja fontosnak. A távközlési világ kutatói inkább egy ilyen hálózatban gondolkodnának, míg az adatkommunikációs világ fejlesztői ezt nem látják szükségesnek.

5. Kilátó: a forgalomelmélet jövője

Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy a telefonhálózatok tervezéséhez hasonlóan nincs és valószínűleg a közeljövőben nem is lesz olyan általánosan használatos tervezési módszer, amit az „internet Erlang formulájának" nevezhetnénk. Ennek egyik fő oka az, hogy az IP hálózatokban használatos egyre szaporodó szolgáltatástípusok forgalma sokkal összetettebb, mint a beszédforgalom, és általános forgalmi modell nehezen konstruálható. A második meghatározó tényező, hogy a különböző szolgáltatások QoS igénye rendkívül eltérő lehet, ami eltérő kezelésmódot igényel. Ezen igények megvalósítására alkalmazandó különböző IP architektúráknak viszont eltérő forgalomformázó hatásuk van. Harmadik tényezőként az is jelentősen befolyásolja majd a tervezési eljárásokat, hogy milyen útvonalirányítási és számlázási stratégiákat vezetnek majd be az IP hálózatok szolgáltatói, aminek jelentős visszacsatoló hatása lehet a felhasználói viselkedésre. Azonban azt megállapíthatjuk, hogy amint egyre jobban megismerjük az IP forgalom természetét és a QoS IP architektúrák forgalomszabályozó hatásait, a megfelelő forgalomméretező eljárások folyamatosan megszületnek majd.

Irodalom

1. H. Akimaru, K. Kawashima, "Teletraffic, Theory and Applications", Springer, 1999.
2. R. Syski, "Introduction to Congestion Theory in Telephone Systems", Oliver and Boyd Ltd. 1960.
3. E. Brockmeyer, F. L. Halstrom, A. Jensen: "The Life and Works of A. K. Erlang", Acta Polytechnica Scandinavica, 1960.
4. W. Leland, M. Taqqu, W. Willinger, and D. Wilson, "On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic (Extended Version)", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 2, No. 1, pp. 1–15, February 1994.
5. W. Willinger, M. Taqqu, and A. Erramilli, "A Bibliographical Guide to Self-Similar Traffic and Performance Modeling for Modern High-Speed Networks Stochastic Networks: Theory and Applications", Royal Statistical Society Lecture Notes Series, Vol. 4, Oxford University Press, 1996.
6. S. Molnár, T. D. Dang, A. Vidács, „Heavy-Tailedness, Long-Range Dependence and Self-Similarity in Data Traffic", 7th International Conference on Telecommunication Systems Modeling and Analysis, Nashville, Tennessee, USA, March 18–21, 1999.
7. A. Feldmann, A. C. Gilbert, and W. Willinger, "Data networks as cascades: Investigating the multifractal nature of Internet WAN traffic", ACM

Computer Communication Review, vol. 28, pp. 42–55, Sept. 1998.
8. S. Molnár, T. D. Dang, "Scaling Analysis of IP Traffic Components", ITC Specialist Seminar on IP Traffic Measurement, Modeling and Management, Monterey, CA, USA, September 18–20, 2000.
9. M. Taqqu, W. Willinger and R. Sherman, "Proof of a fundamental result in self-similar traffic modeling" Computer Communication Review, 27 (1997) 5–23.
10. X. Xiao, L. M. Ni, "Internet QoS: A Big Picture", IEEE Network Magazine, March 1999.
11. A. Veres, Zs. Kenesi, S. Molnár, G. Vattay, "On the Propagation of Long-Range Dependence in the Internet", ACM SIGCOMM 2000, Stockholm, Sweden, August 28 – September 1, 2000.
12. J. W. Roberts, "Engineering for Quality of Service", chapter in the book on "Self-Similar Network Traffic and Performance Evaluation" edited by K. Park and W. Willinger, John Wiley & Sons, 2000.
13. J. Roberts, U. Mocci, and J. Virtamo, eds. „Broadband network teletraffic". Final Report of action COST 242. Springer Verlag, 1996.

Hírek

Az Informatikai és Hírközlési Minisztérium és a Belügyminisztérium egyaránt kiemelt céljának tekinti a tudás alapú információs társadalom és a szolgáltató közigazgatás kialakítását, ezen belül a közigazgatás hatékonyságának javítását. A két minisztérium együttműködik az e-közigazgatás mielőbbi kiépítése érdekében, a közigazgatáson belüli elektronikus kapcsolattartás elterjesztésében, különösen nagy hangsúlyt fektetve az elektronikus aláírás alkalmazási feltételeinek megteremtésére.

Pályázatok formájában támogatják a települések internetelérését, az önkormányzatok számítógépekkel és alkalmazásokkal való ellátását.

Az együttműködés első fejezeteként az önkormányzatok számára az IHM nyilvános pályázat keretében számítógépet és internetelérést biztosító eszközt juttat. Biztosítja az önkormányzatok részére a tanúsítványok biztonságos tárolására alkalmas intelligens kártyákat, valamint a kártyaleolvasókat. Az elektronikus aláírás az IHM eszközeinek beszerzésével és átadásával segíti a BM által létrehozandó, az elektronikus aláírás használatához szükséges tanúsító központ kialakítását. A BM megfelelő objektumot biztosít a tanúsító központ kialakításához, díjtalanul megszemélyesít minden önkormányzat részére legalább 1 kártyát, valamint tanúsítvány és behívás ellenőrzési rendszert működtet.

❖ ❖ ❖

A Siemens bejelentette új XpressLimk Enthernet (XL E) elérési plattformját. Az Infineon Ethernet over VDSL chipkészletére épülő megoldás kihasználja a meglévő vezetékes telefonhálózat potenciáját. Lehetővé teszi Ethernet-szolgáltatások – például nagysebességű video vagy egyéb hang- és adatszolgáltatások – közvetítését rézvezetéken. Kifejlesztése a kínai piac igényei alapján történt, ahol a hálózatüzemeltetők olyan megoldást keresnek, amely az előfizetőknek jelentős beruházás nélkül a szolgáltatások széles körét (pl. gyors internet-hozzáférés, interaktív tv, videokonferencia, teleworking, játékok stb.) teszi elérhetővé.

❖ ❖ ❖

A Swisscom Mobile AG SURPASS hiS 700 jelzéstechnikai berendezések (Signalling Transfer Point) és a NetManager hálózatmenedzsment rendszer telepítését rendelte meg a Siemenstől. A jelzéstechnikai berendezések a megrendelő hálózatában stand-alone Signaling Transfer Point (SA-STP) funkcióban fognak működni, másrészt a jövőben a stand-alone Signaling Gateway (SA-SG) szerepét is betöltik. Ehhez egy szoftver update szükséges, amely a berendezést a telefonhálózatokban használt SS7 protokollal működő STP-funkció mellett TDM, ATM és IP hálózatok összekapcsolására is alkalmassá teszi.

Fordulópontok a kapcsolástechnika történetében

DR. BARTOLITS ISTVÁN

osztályvezető

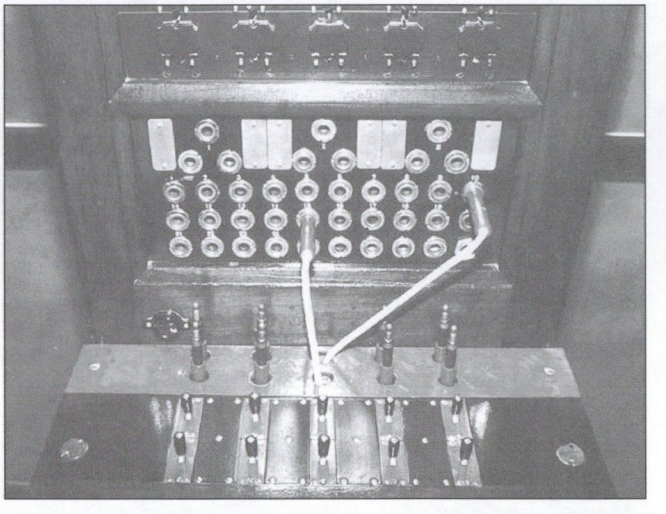
Hírközlési Felügyelet

A tavaly 125 éves telefon –vagy korabeli nevén messzeszóló – történetét már sokan, sokféleképpen megírták, de ezekben a művekben a kapcsolástechnika történetéből csak egy-egy epizód szokott előfordulni. Talán ez az oka annak, hogy a Kozma László által oly magas szinten művelt, komoly mérnöki felkészültséget igénylő szakmának a mai napig sincs teljesen feldolgozva a története. Természetesen arra jelen cikk sem vállalkozhat, hogy pótolja ezt a hiányosságot – ehhez kitartó és alapos kutatásokra lesz még szükség –, de kísérletet tesz arra, hogy ennek az izgalmas kalandnak legalább a legmarkánsabb fordulópontjait felvillantsa a telefon megszületésétől egészen napjainkig.

A hőskor: a manuális központ

Attól kezdve, hogy Alexander Graham Bell 1876-ban bemutatta az első működő messzeszólót a philadelphiai centenáriumi kiállításon, új korszak kezdődött a hírközlésben. Létrejött az emberi beszéd továbbításának a technikai lehetősége nagy távolságokra, de hamar kiderült, hogy a pont-pont összeköttetés nem szerencsés megoldás közvetlen használatára. Hamarosan megszületett tehát az első telefonközpont, amely szintén amerikai találmány, de Thomas A. Edison mellett a Menlo Park-i laboratóriumban ott bábáskodott Puskás Tivadar is. Puskást éppen Bell találmányának a híre vonzotta Amerikába, s annak ugyan nincs nyoma, hogy Bellel sikerült volna találkoznia, azt azonban tudjuk, hogy Edisonnal hosszú és szoros munkakapcsolatba került. Ez a kapcsolat kétségtelenül a telefonközpont megszületésének időszakában kezdődött, azt azonban sajnos nem állíthatjuk, hogy a berendezés feltalálója Puskás Tivadar lenne. Sokkal valószínűbb, hogy a – mai szóval innovációs parknak nevezhető – Menlo Parkban dolgozó kis csapat Edison vezetésével közösen alakította ki a berendezést, amelyben Puskás gondolatai valóban sokat segíthettek. Ezt valószínűsíti az a máig is fellelhető fénykép, amelyet Edison Puskás sógornőjének küldött el és saját kezűleg a következőket írta rá angolul: „Puskás Tivadar volt az első ember a világon, aki a telefonhoz központot javasolt". Ugyanakkor azonban az 1877-ben bejegyzett szabadalmon Charles Scribner neve áll, aki szintén a Menlo Park munkatársa volt, s aki élete folyamán még közel hatszáz (!) telefonközpontokkal kapcsolatos szabadalom tulajdonosa lett.

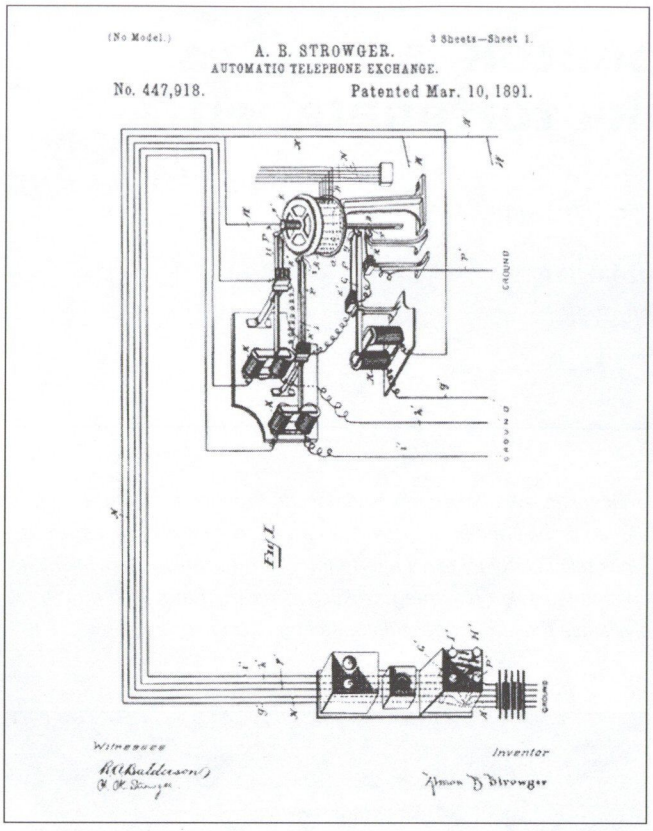
Az első, ötven állomást kiszolgálni tudó nyilvános manuális telefonközpont 1878 januárjában kezdte meg működését a Connecticut államban New Havenben 21 előfizetővel. Itthon az első telefonközpontot Puskás Ferenc építette és helyezte üzembe 1881. május elsején, huszonöt állomással. A kapcsolást kezelők közreműködésével hozták létre a zsinóráramkörök segítségével. A kisasszonyok név szerint ismerték az előfizetőket, mindenkit rangjának megfelelően köszöntöttek és sokszor még azt is tudták, hogy hol lehet a „nagyságos urat megtalálni, ha éppen nincs otthon". A korabeli hálózatokban az intelligenciát bizony a kezelő jelentette.



1. ábra LB központ kapcsolótáblája a budai Telefónia Múzeumból

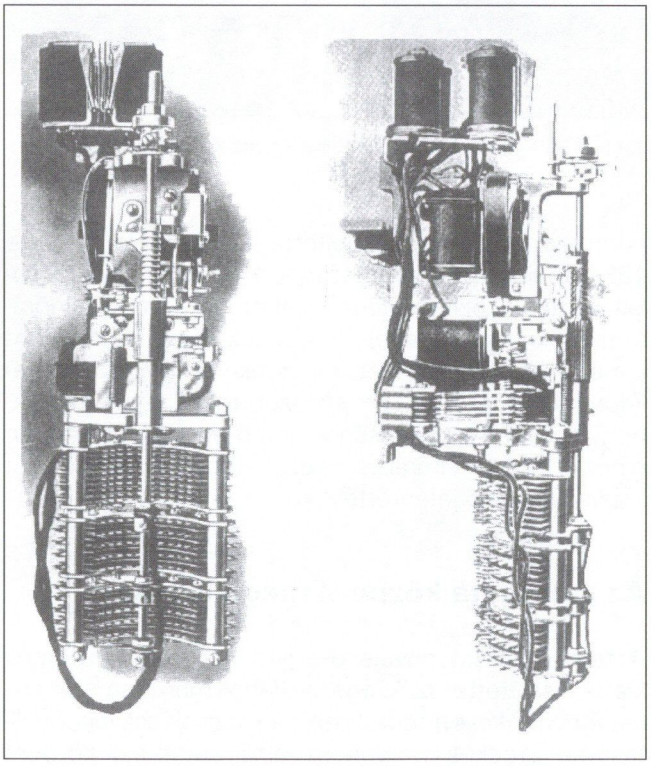
Az automata központ megjelenése

A telefonhálózat bővülése egyre nagyobb központok kialakítását tette szükségessé, ahol már igen sok kisasszonynak kellett foglalkoznia a kapcsolások lebonyolításával. Érdekes módon az első automata központ megszületését mégsem ennek a problémának a meg-



2. ábra Részlet Strowger 1891. március 10-i keltezésű (1889. március 12-én beadott) szabadalmából

oldása motiválta. Az első automata központ létrehozója, Almon B. Strowger ugyanis eredetileg temetkezési vállalkozó volt egy amerikai kisvárosban. A Bell Labor hajdani munkatársa, a „Mr. Switching" néven tisztelt Amos Joel visszaemlékezése szerint Strowger egy reggel újságolvasás közben észrevette, hogy napokkal előbb elhunyt kedves ismerősét nem ő, hanem a konkurens vállalkozó temette el. Végiggondolva az elmúlt időszak romló üzletmenetét, a vállalkozó arra a következtetésre jutott, hogy azóta vannak problémái, mióta a városban telefonon keresztül kérnek segítséget a temetéshez az emberek. Mint utóbb kiderült, valóban erről volt szó: a város másik temetkezési vállalkozója éppen az egyik operátor kisasszonynak udvarolt – nem is eredménytelenül, mert a hívások nagy része nála végződött.



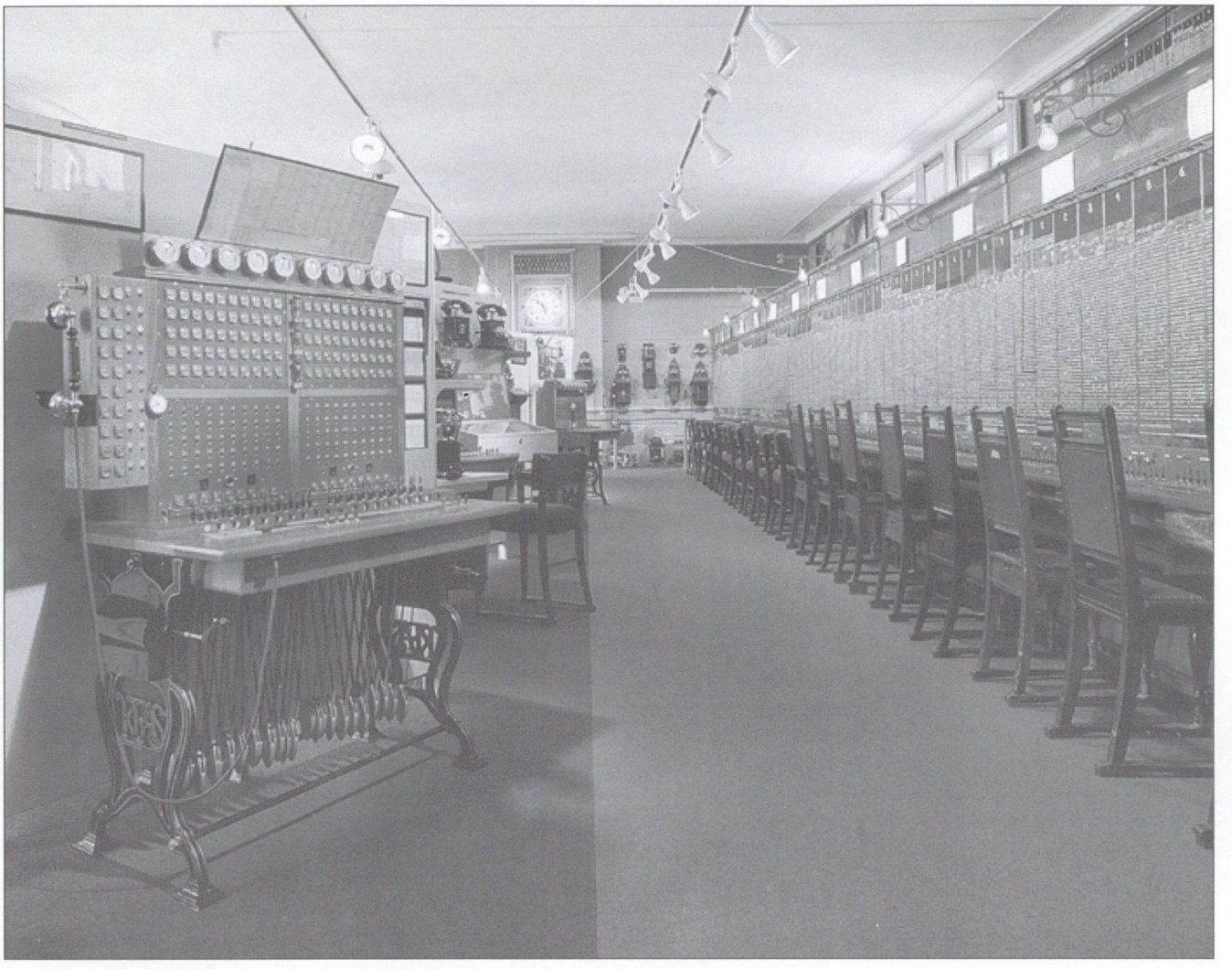
3. ábra Strowger-központ választófokozata

Strowger ennek hatására kezdett az automata telefonközpont megvalósításával foglalkozni. Első modellje egy henger alakú kalapdobozból és tíz papírkarból állt, de az elv gyorsan továbbfejlődött. Szabadalmát 1889. március 12-én adta be – igaz, több mint két év kellett az elfogadásáig – és közben unokaöccsével és néhány pártfogójával megalakította a Strowger Automatic Telephone Co. céget. Mivel Strowger gondolatokban gazdag volt, de nem volt jártassága a gyakorlati kivitelezésben, ezért néhány ügyes, svéd származású elektromechanikussal egészítette ki a vállalkozást. Az automata kapcsolást maga a hívó fél vezérelte a készülékről, amelynek három nyomógombja volt. Az első nyomógombot annyiszor kellett egyenletes ütemben megnyomni, amennyi a hívott fél számának első számjegye volt, a másodikat egy hosszabb szünet után annyiszor, amennyi a második számjegye volt. A harmadik nyomógomb a kapcsolat bontására szolgált. A Strowger-központot ezek az impulzusok vezérelték lépésről lépésre, ezért is hívták angolul step-by-step, magyarul pedig léptető rendszernek.

Az első automata központ 1892. november 3-án kezdte meg működését a Chicagótól 60 km-re fekvő La Porte városában 99 előfizetővel. A berendezést már a következő évben 200 vonalasra bővítették, még eggyel növelve a készülékeken a nyomógombok számát. Bár a világ legtöbb részén – így hazánkban is – még sokáig kizárólag manuális központokat használtak, mégis megnyílt az út a gépkapcsolás felé. Mire az automatizálási hullám elérte Európát, addigra Kozma László éppen megszületett.

A közvetett vezérlés és a rotary rendszer megszületése

A finommechanika és az elektrotechnika fejlődésével a léptető rendszer sokat fejlődött a következő évtizedekben, s még hosszú időn keresztül ezen az elven működtek a kapcsolóberendezések. Ahogy azonban kezdett a hálózat világméretűvé válni, egyre nagyobb gondot okozott, hogy az időközben feltalált számtárcsa segítségével előállított impulzusok közvetlenül vezérlik az egyes fokozatokat. A forgalmas időszakokban a közvetlen vezérlés következtében megnőtt a téves hívások száma, mert a berendezések nem mindig voltak



4. ábra A dán Telefónia Múzeumban (Hellerup) látható egy nagy telefonközpont

képesek a tárcsázás ütemében átkapcsolni a következő fokozatig. A központok felépítését is szigorúan meghatározta a számtárcsa 10-es osztása, ami megnehezítette a bővítést. A legnagyobb problémát azonban az egyre növekvő hálózat komplex vezérlése, az új szolgáltatások bevezetésének a problémája okozta. Ekkora méretű automata működtetéséhez rugalmasabb elvekre volt szükség. Az üzemeltetők számára pedig az jelentett nagy nehézséget, hogy a léptető mozgás nagyon igénybe vette a rendszer elemeit, ezért sokszor kellett után állítani, cserélni a mechanikus elemeket.

Az első nehézségre az adta a megoldást, hogy a közvetlen vezérlés elve helyett a közvetett vezérlést igyekeztek előtérbe helyezni. Itt az előfizető által betárcsázott számjegyek nem közvetlenül vezérelték az egyes fokozatokat, hanem a számjegyeket egy áramkör tárolta, jegyezte fel. Ettől kezdve a kapcsolás sebessége függetlenné vált a tárcsázás sebességétől, ütemétől, hiszen a számjegyeket az áramkör megjegyezte. A feladatot ellátó áramkört akkoriban számjegyzőnek hívták, ami érzékletesen kifejezi elsődleges feladatát, a mai szóhasználatban egyszerűen regisztternek hívjuk. Mivel a számjegyzőre csak a kapcsolás felépítési fázisában van szükség, ezért nem kellett minden előfizetőhöz külön számjegyzőt rendelni, ezek csak akkor kapcsolódtak fel a hívást indító előfizetői szerelvényhez, amikor szerepük volt. Ezzel már az elektromechanikus központoknál kialakult a közös erőforrások használatának az elve is.

A számjegyző bevezetése megoldotta a hálózati rugalmassággal kapcsolatos gondok döntő részét is. Ettől kezdve ugyanis lehetőség nyílt egy tárcsázott számjegy többszöri használatára, sőt a számok kicserélésére, azaz a számtranszlációra is. Ezek a technikák a hálózati forgalomirányítás és a különleges szolgáltatások bevezetésénél mind a mai napig használatosak. Ezzel a tízes számrendszer kényszeréből fakadó merevség is feloldódott, a számtranszláció ezeken az eseteken is hatékonyan segített.

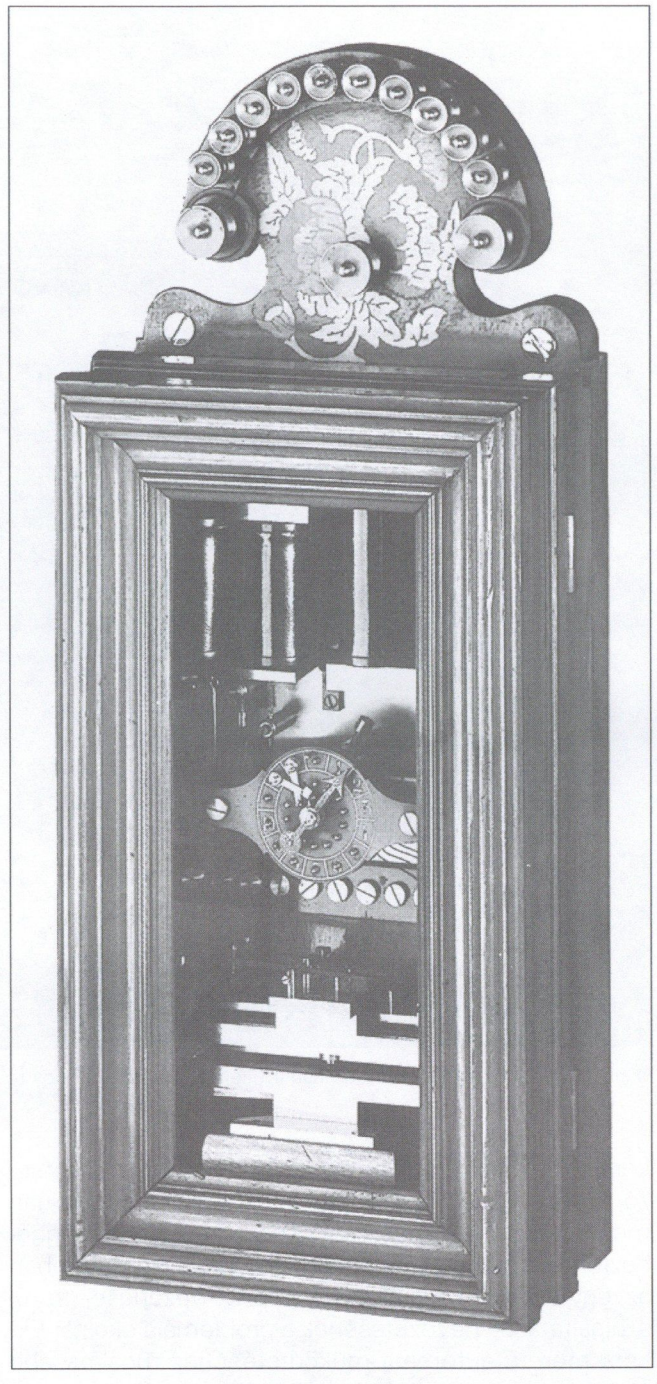
A harmadik probléma megoldásához a kapcsolás alapelvét kellett megváltoztatni. A léptető rendszer impulzusszerű mechanikai működése helyett valami más megoldást kellett keresni, és ezt a Western Electric szakemberei az állandó forgó mozgásban találták meg. A rendszert erről az állandó forgó mozgásról nevezték el rotary rendszernek.

A rotary rendszer a húszas években indult útjára, s közben Magyarországon is bekövetkezett a pillanat, amikor nem lehetett tovább várni a gépi kapcsolás bevezetésével. A századforduló után három cég volt érdekelt a hazai piac berendezésekkel való ellátásában: az Egger Béla által létrehozott, s később „Egyesült Izzólámpa és Villamossági Rt." néven szereplő cég, amely a Western Electric Co.-val volt kapcsolatban; a Deckert és Homolka cég, amelyet 1911-ben az L. M. Ericsson vásárolt meg és „Ericsson Magyar Villamossági Rt." néven működött; továbbá a Neuhold és társa, amely a német „J. Berliner" céggel állt kapcsolatban, majd „Telefongyár Rt." néven folytatta működését. Volt tehát szállítókapacitás, nem volt azonban döntés a bevezetendő rendszerről. Erre a Magyar Posta szakemberei vállalkoztak az 1920-ban kidolgozott tíz éves beruházási terv alapján. A kérdés természetesen az volt, hogy a már jól bevált, de merev, rugalmatlan Strowger-rendszert vezessék be a magyar hálózatban vagy a korszerűbb, közvetett vezérlésű Western rotary rendszer mellett döntsenek. A döntésnek igen nagy jelentősége volt, mert hosszú időre meghatározta a hazai hálózat struktúráját és lehetőségeit. Hosszas vita után dőlt el, hogy a közvetett vezérlés előnyei hosszú távon sokkal több előnyt fognak jelenteni, mint amekkora a kockázat. A Magyar Posta ennek megfelelően 1924-ben megkötötte az EIVRT-tel a szerződést egy 26 ezer vonalkapacitású központra, amely 1928. április 28-án Krisztina-központ néven kezdte meg működését. Ennek a rotary 7A-1 típusú központnak az üzembe helyezését hamarosan követte a Lipót-, Újpest-, Teréz-, Lágymányos-, Budafok-, Zugló-, végül pedig a József-központ automatizálása, összesen 70 ezer vonal kapacitással.

Időközben az Antwerpenben működő Bell Telephone Manufacturing Co. a 7A központok sikere és működési tapasztalatai alapján 1929-ben elkezdte a továbbfejlesztett 7A-2 rendszer kidolgozását. Kozma László 1930-ban kerül ki Antwerpenbe, hogy 13 éven keresztül ebben az izgalmas légkörben gyűjtse magába a kapcsolástechnika legkorszerűbb ismereteit. Nem csoda hát, hogy egy nyílt gondolkodású, tehetséges mérnök ebben a környezetben megtalálta a hozzá illő feladatokat és azokat egészen az önálló szabadalmakig el tudta vinni. Az már sokkal érdekesebb, hogy nem lett teljes egészében a kapcsolástechnika rabja, hanem komoly lépéseket tett a számítógépek létrehozásának az irányába is, s ezt a tevékenységét is szabadalmi beadványok dokumentálják.

A crossbar technika megjelenése

Bár a rendszertechnikát tekintve méltán helyezzük a crossbar technikát a rotary után, az igazság az, hogy szinte egyszerre született meg a két elv. Egy svéd mérnök, Gotthief Betulander ugyanis már 1910-ben elgondolkodott azon, hogyan lehetne a manuális kereszt-



5. ábra Az Ericsson 10 vonalas automata telefonkozpontja

lemezes telefonközpontok kapcsolási elvét automatizálni. Ezeknél a központoknál minden egyes előfizető vonala egy függőleges lemezhez volt kapcsolva és ezeket keresztező vízszintes lemezek (a keresztlemezek) szolgáltak arra, hogy két előfizetőt össze lehessen kapcsolni. Betulander 1912-ben beadott szabadalmának az volt a lényege, hogy a kereszteződési pontokba jelfogókat tervezett, amely szükség esetén összekapcsolta az egymást keresztező lemezeket. A korabeli technológia azonban még nem volt alkalmas ennek a gondolatnak a gyakorlatba ültetésére. A crossbar kapcsológéppel működő telefonközpontok tehát jóval később jelentek meg a gyakorlatban, a fejlett változat

szabadalma pedig végül az amerikai I. N. Reynolds nevéhez kötődött. Jelentős előnyük az volt, hogy lényegesen kisebb mechanikai mozgással hozták létre a kapcsolást, mint a Strowger- vagy a rotary rendszerek. A crossbar rendszerek gyors elterjedését azonban a rotary rendszer világméretű sikere sok helyen késleltette.

Magyarországon a világháború után a Standard gyárban – a korábban Belgiumból hazatért Kozma László műszaki vezetése mellett – még a 7A és 7 DU rendszerek gyártása folyt az antwerpeni dokumentáció alapján, de az időközben átkeresztelt BHG-ban már 1954-ben megkezdődtek a crossbar fejlesztések. Kozma László éppen ekkor szabadult a börtönből, ahová hamis vádak alapján a Standard-per vádlottjaként 1949 őszében került. A crossbar technikát tehát már a BME Vezetékes Híradástechnika Tanszékének vezetőjeként ismerte meg, de a Belgiumban megszerzett tapasztalatok alapján ebben a technikában is tökéletesen otthon érezte magát. 1957-ben a BHG-ban elkészült az első saját fejlesztésű kapcsológép és az 1958-as brüsszeli világkiállításra már a C 80-as 20 vonalas crossbar alközponttal vonulhatott ki a gyár delegációja. Ez után a crossbar alközpontok széles skáláját alkotta meg a BHG fejlesztő csapata – CA 41, CA 42, CA 1002, majd az elektronikusan vezérelt rurál ECR sorozat – és a termékek nagy része közeli és távoli országokba exportálásra is került. Az ECR programvezérelt rurálhálózat Európa számos országában feltűnést keltett, mert addig sehol sem vezettek be egy teljes körzetet vezérlő programot. Az üzemvitel is megfelelt az elvárásoknak (Molnár Pál, Balás Árpád).

A sikerek mellett azonban eljött az a pillanat, mikor dönteni kellett a hazai főközponti rendszer továbbfejlesztésében. A lehetőségek szerteágazóak voltak, hiszen a BHG hazai fejlesztői is jelentős eredményekkel rendelkeztek már, a KGST is készült egy nagyvárosi crossbar rendszer kidolgozására, de fejlesztési kooperációt ajánlott a bécsi STT és a stuttgarti Standard Elektrik Lorenz is, amely szerint a magyar szabadalommal rendelkező D 470 típusú crossbar gépre alapozva közösen fejlesztettek volna központot. A lehetőségek hátránya azonban az volt, hogy egyik rendszer sem volt készen, csak kezdeti eredmények álltak rendelkezésre. Ezzel szemben az LM Ericsson időközben ajánlatot tett az általuk már tíz éve gyártott teljes rendszerre, beleértve a távhívó és rurál rendszereket, valamint a rotary rendszerrel együttműködni képes interfészeket is.

A fogas kérdést 1962-ben az Országos Tervhivatal, majd 1963-ban a Magyar Posta és az ipar szakértői vizsgálták, köztük természetesen Kozma László is, mint az egyik legjelentősebb tapasztalattal rendelkező mérnök. A döntés eredményeként 1968-ban a Magyar Posta jóváhagyásával megszületett a licencszerződés az LM Ericsson és a BHG között. 1971. június 5-én pedig üzembe ment az első hazai ARF 102 típusú crossbar főközpont.

A TPV rendszerek hajnala

A következő fejlődési fokozatot a kapcsolástechnikában a digitális, időosztásos kapcsolómező, a vezérlésben pedig a tároltprogram-vezérlés (TPV) jelentette. Ez a két fogalom időben közel együtt érett meg és került be a gyakorlatba, de azt tudni kell, hogy nem feltétlenül kötődnek egymáshoz, hiszen születtek analóg TPV rendszerek is a világban. Kozma László világához a TPV rendszer állt talán a legközelebb, hiszen ebben a megoldásban egyesül az a két terület haladó fokon, amit ő a maga idejében aktívan művelt: a számítógép, mint a folyamatok irányítója és a kapcsolástechnika, mint a hálózat kiszolgálója. Megadatott neki, hogy legalábbis olvasmányaiban ezzel a világgal is megismerkedjen, hiszen az első TPV központ, a Bell No. 5 ESS rendszere 1965-ben kezdte meg folyamatos működését. Még értesült a hazai eredményekről – e cikk szerzőjének is módja volt rövid eszmecserét folytatni erről 1980 körül Kozma Lászlóval –, a BHG-ban készült TPV alközpontokról, az EP 128-ról és az EP 512-ről. Sajnos azt már nem érhette meg, hogy a hazai hálózatban is megjelentek a TPV központok. Még a szigorú embargós időkben az Austria Telecom néven létrejött konzorcium (Kapsch+Schrack+Osztrák Posta) vállalta a kockázatot, hogy a Northern Telecom ADS központot elemenként leszállítva Sopronban, Székesfehérvárott és Szombathelyen időosztásos, digitális TPV központot létesít. A vállalkozás kiválóan sikerült. Az első, majd második rendszerválasztó tender után az Ericsson AXE és a Siemens EWSD központjait folyamatosan telepítették az országban.

S Kozma Lászlónak már nem is voltak hazai követői? A történet – ami lassan már szintén történelem – úgy teljes, ha erre is válaszolunk. Kevesen tudják, de készült hazai fejlesztésű és gyártású TPV főközpont egy lelkes társaság keze nyomán a BHG Fejlesztési Intézetében. A 200-1000 vonalas ER 256 típusú TPV rendszer 1988-ben kezdte meg pályafutását, s az akkor még telefonhiánnyal küzdő kis településeken segített megoldani a gondokat, ahol más megoldás nem kínálkozott. A teljes mértékben hazai szellemi eredményt az 1990-es piacnyitás ugyan háttérbe szorította, az azonban tény, hogy az üzembe helyezett mintegy 50 központ nagy része még az ezredfordulón is működött.

Epilógus: avagy mit hoz a jövő

Útválasztók, átjárók, hidak, optikai gyűrűk, IP telefónia, vezeték nélküli LAN-ok, gigabitek és millimikronok világa: ma ezektől a fogalmaktól hangos a világ, ugyan ki foglalkozik itt már a klasszikus kapcsolástechnikával? Nem kell az Erlang-görbe és a markerbekötés, helyette routing táblát boot-olunk és IPv6-ot implementálunk !

Felületesen nézve mindez igaz. A fejlődés – a sok nyughatatlan mesterembernek, mérnöknek, tudósnak köszönhetően – szerencsére töretlen, még ha néha

meg is torpan kissé. Azonban valóban más-e ez a világ? Dehogyis. Az egész mai világ újdonságai mögött ott vannak a hírközlés hazai nagyjai teljes munkásságukkal. Ott van Puskás Tivadar a felemelt kagyló mikrofonjában, Puskás Ferenc minden kapcsolásban, Pollák Antal és Virág József a nagy sebességű átvitelben, ott mosolyog Tihanyi Kálmán minden televízió képcsövében, Magyari Endre minden rádióadásban, Tomcsányi Béla az összes hanghordozóban és Neumann János minden számítógépben. Itt van köztünk Kozma László is, törékenyen, szelíden, száz évesen és mégis fiatalosan, mint aki már akkor érezte, mit fog jelenteni a távközlés és a számítástechnika konvergenciája, mikor mi még meg sem születtünk. Ennek szellemében érdemes tovább gazdagítanunk a jövőt, tiszteletben tartva mindazt, amit alkottak, hiszen mindannyian erre építkezünk.

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM Műszaki Információs Központ és Könyvtár Oktatási Osztály 2001

Hírek

A MobileOffice Suite a Siemens mobility platformja, olyan portfolió, amelynek elemei nagyban segítik a munkatársak mobilitását a szervezeten vagy munkahelyen belül. Az új elemekkel kibővült portfolió mindenkor lehetővé teszi számunkra az elérhetőséget és az összeköttetések rugalmas igénybevételét. Ez a mobil kommunikáció integrálását jelenti a fix hálózatba. A HiPath MobilityOffice az üzleti folyamatokba integrálja a multimédia-kommunikáció (Voice-Mail, Fax, E-mail és SMS) lehetőségeit.

❖ ❖ ❖

A Siemens újítja fel a Duna Budapest és Mohács közötti szakaszán működő segélyhívó és infokommunikációs rendszert, mely részét képezi az EU Duna–Rajna–Majna informatikai rendszerének.

A megrendelt rendszer alapját 2,4 GHz és 5,8 GHz tartományban működő, szórt spektrumú mikrohullámú, pont-pont és pont-multipont összeköttetésekből áll, amelyekre IP felületen is lehet csatlakozni. Az 1–11 Mbps átviteli sebességű adatfolyam telefonok, alközpontok hangátvitelére ugyanúgy alkalmas, mint video jelátvitelre, PC munkaállomások, ill. ethernetes helyi IT-hálózatok összekapcsolására.

Hírek

Beszámoló a 13. Távközlési és Informatikai Hálózatok Szemináriumról és Kiállításról

Tizenharmadik alkalommal, 2002. szeptember 25–27. között Siófokon (B.széplak) az Ezüstpart hotelben került megrendezésre a HTE – már igencsak hagyományosnak tekinthető – rendezvénye, a Távközlési Hálózatok Szeminárium és Kiállítás.

A szeminárium szervező bizottsága előzetesen igen széles témakörben hirdette meg az előadói jelentkezéseket:

- a Hírközlési Törvény, a végrehajtási rendelkezések és a liberalizáció kezdeti tapasztalatai a gyakorlatban,
- a globalizáció és a verseny hatása a hazai távközlési piacra,
- a távközlés várható fejlődése, világ- és hazai trendek,
- a hálózatok összekapcsolása és a szolgáltatók együttműködése,
- az előfizetői hurok átengedése (unbanding), ADSL,
- a távközlés és informatika integrációja, az internet beépülése,
- a szolgáltatások fejlesztése hagyományos hálózatokon,
- hálózatépítési és rendszertechnikai technológiák,
- a sávszélesség-növelés realizálása az optikai szálakon,
- SDH, ATM, IP alapú hálózatok együttélése,
- a harmadik generációs rendszerek beindulás, a személyi távközlés megvalósulása,
- az UMTS, GSM és Tetra rendszerek kölcsönhatásai; hálózatirányítás és rendszertámogatás, biztonsági követelmények teljesítése,
- a hálózatok megbízhatósága és minősége, monitoring alrendszerek megoldásai,
- minőségtanúsítás és mérési eljárások.

A tárgykörök nagy részére jelentettek be előadást, a szervező bizottság 52 előadást fogadott el és tett közzé a kiadott programban. Az írásban időben beküldött előadásokat a résztvevők a kiadványban kapták kézhez. Tekintettel az előadások nagy számára, az általánosságban mindenkit érdeklő témák a plenáris szekcióra, a szűkítettebb érdeklődésre számot tartó előadások három elkülönített szekcióban lettek csoportosítva. Egy-egy előadás tartama 30 percre volt korlátozva, hogy minden szekcióban a délelőtti és délutáni program végén legyen mód észrevételek feltevésére, ill. megvitatására.

A regisztrált résztvevők száma mintegy 300 fő volt, akik több mint 90 szervezetet képviseltek.

A rendezvényt dr. Huszty Gábor, a HTE alelnöke nyitotta meg, a szoros program keresztülviteléről a szekciók levezető elnökei gondoskodtak.

Az előadások többségét magyar nyelven tartották, négyet angol nyelven adtak elő, megfelelő tolmácsolással.

Általánosan elmondható, hogy az előadások mind tartalmukban, mind a megjelenítés technikájában igen színvonalasak voltak, ezért nem lehet vállalkozni egy-egy előadás külön kiemelésére, illetve méltatására. Az előadók felkérést kaptak, hogy éljenek a Híradástechnika lapban való publikálás lehetőségével, továbbá küldjék meg az előadásokat elektronikus formában a HTE titkárságnak, hogy mindazon érdeklődő hozzájusson az előadásokhoz, akinek nem volt módja a rendezvényen jelen lenni.

A szeminárium hagyományos részévé vált az előadottakhoz illeszkedő, mintegy 280 m^2 területen rendezett kiállítás, amelyen a következők mutatták be újdonságaikat:

Antók Mérn. Kft.	Folder Trade Kft.	SCI-Network Kft.
ATL Kft.	Fornax Rt.	Raynet Kft.
Consultronics Kft.	Invoráció Kft.	Rohde&Schwarc
Geometria Kft.	Matáv Rt.	W&G Services Kft.
Elsinco Kft.	Medexpert Kft.	
Fibex Kft.	Polynet Kft.	

Előzetesen a CellCom System Kft., a Diamond Kft. és a Synergon Rt. is jelezte részvételi szándékát, azonban a megnyitás előtt más programjaik miatt visszaléptek. A kiállítás sikeréhez a bemutatottakon kívül az is hozzájárult, hogy az előadótermekkel azonos helyszínen volt, így az előadások közötti szünetben is lehetőség nyílt a kiállítókkal való megbeszélésre.

A rendezvényt a szervező bizottság nevében dr. Kovács Oszkár zárta, megállapítva, hogy az előző évek rendezvényeihez hasonlóan ezen szeminárium is igen hasznosnak bizonyult, az újabb ismeretek, tapasztalatcserék és kapcsolatfelvételek komoly segítséget jelentenek a szakemberek mindennapi munkájában. A rendezvény kétévenként egyre szélesedően öleli fel a távközlés és informatika változásait és a szakemberek körét. A nagy érdeklődés igényli, hogy a szeminárium az elkövetkező években is folytatódjon. Megköszönte az előadóknak a színvonalas előadásokat, a szekciók elnökeinek a szoros program betartását, a kiállítóknak az érdekes bemutatókat, valamint a hallgatóknak az igen aktív részvételt. Továbbá méltatta a szponzorok hozzájárulását, a szervező bizottság és a HTE titkárság munkáját, külön kiemelve Nagy Olivérné odaadó tevékenységét.

Halász Miklós,
a szervező bizottság elnöke

Contents

Foreword to the November edition 1

COMMEMORATION

Géza Gordos
The department leader who created schools 2

Béla Frajka
László Kozma, the professor 5

Gyula Horváth
The creative engineer 9

LECTURES OF THE KOZMA CENTENARY

Miklós Boda
Infocommunication network trends 13

dr. Gusztáv Adamis
Testing of self-adjusting protocols 16

Mária Gósy
Speech processing 20

Dr. Péter Bakonyi–Dr. Lajos Bálint
Growth of the Hungarian research and education computer network and its impact on the emergence of the information society 24

György Lajtha
Prudent foresight 31

SCIENTIFIC PAPERS DEDICATED TO THE MEMORY OF PROFESSOR LÁSZLÓ KOZMA

László Keviczky
Theoretical borders of the quality and robustness features of closed regulation circles 37

Dr. László Pap–Dr. Sándor Imre
Present and future of mobile communication 42

Sándor Molnár
Traffic theory: past, present and future 51

Dr. István Bartolits
Turning points in the history of switching technology 57

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

Hirdetési árak:
1/1 (205 x 290 mm) 4C 120 000 Ft + áfa
Borító 3 (205 x 290 mm) 4C 180 000 Ft + áfa
Borító 4 (205 x 290 mm) 4C 240 000 Ft + áfa

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

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

2001-ES ELŐFIZETÉSI DÍJAK
Hazai közületi előfizetők részére
1 évre bruttó 30 000 HUF

Hazai egyéni előfizetők részére
1 évre bruttó 6 000 HUF

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

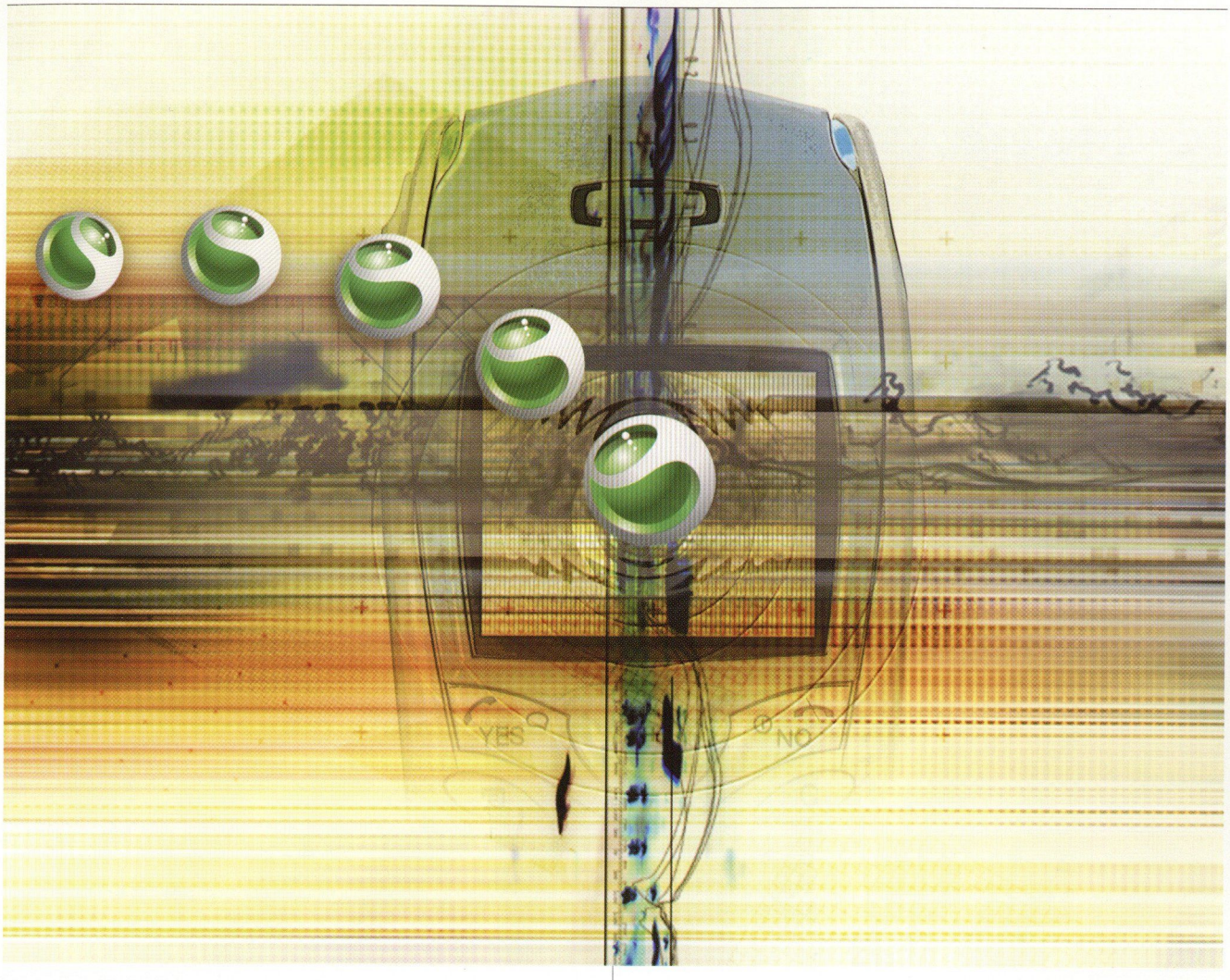
BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár 2001

www.hte.hu

Felelős kiadó: MÁTÉ MÁRIA
Lapmenedzser: Dankó András

Design by: Kocsis és Szabó Kft.
HU ISSN 0018-2028

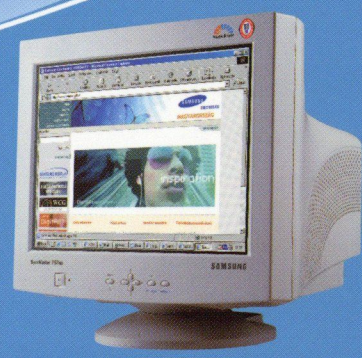
Printed by: Regiszter Kft.


YES
NO

SAMSUNG

MagicBright

DigitAll varázslat



Varázslatos változatok.

A SyncMaster MB monitorok MagicBright technológiájukkal gombnyomásra változtatnak a munkastílusodon. Szövegszerkesztés? Internet? Film? A MágikusRagyogás varázsütésre biztosítja a felhasználás módjához leginkább alkalmas fényerőt, kímélve ezzel szemeidet és kihozva a maximumot monitorodból. Három típus, egy árért? Kár lenne kihagyni.

SAMSUNG DIGITall
everyone's invited™

www.samsung.hu

©2002 Samsung Electronics Co. Ltd.