

# Szakmánk helyzete

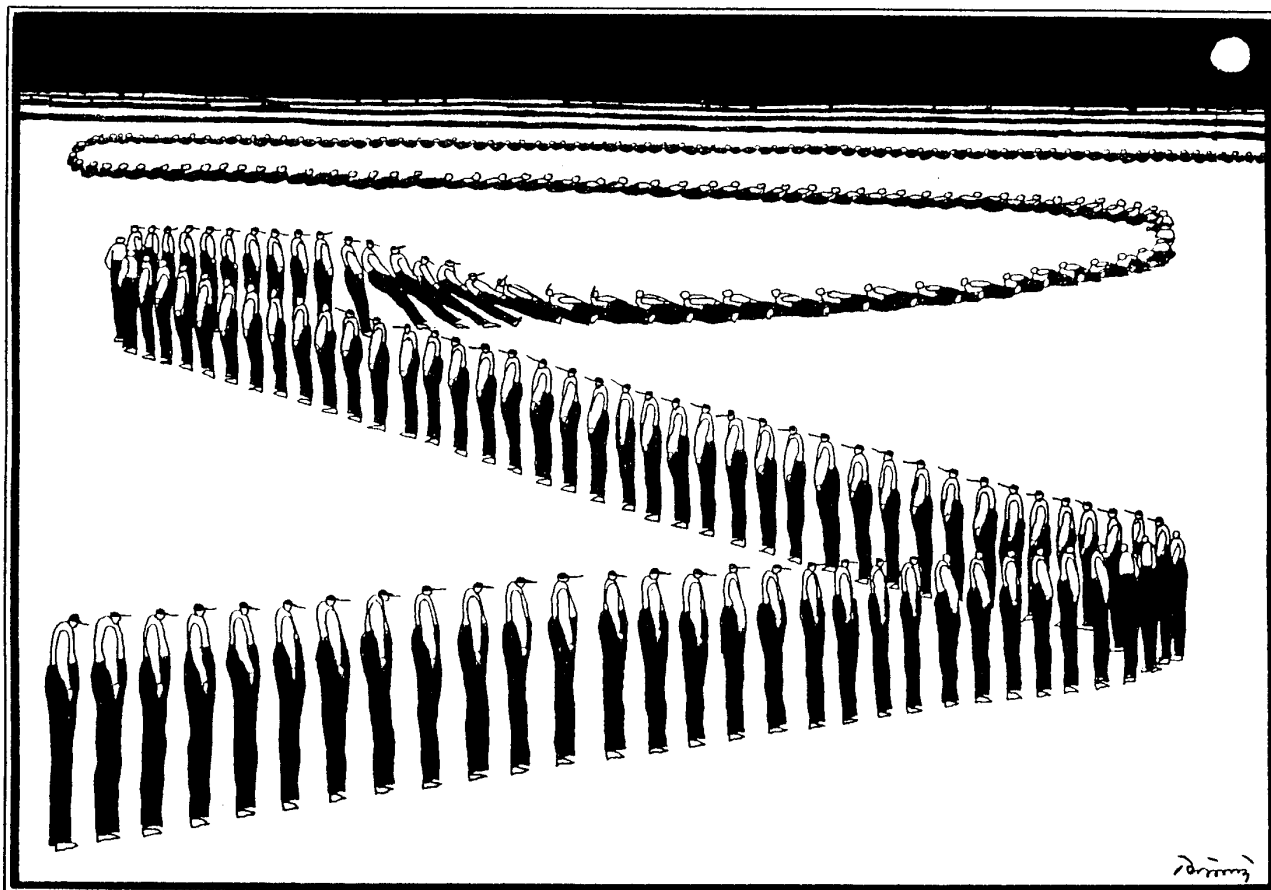
*lajtha.gyorgy@ln.mata.v.hu*

Visszatekintve az elmúlt esztendő műszaki-távközlési eseményeire úgy tűnik, hogy az alkalmazott kutatások terén csendes évünk volt. Jelentős változások, melyek a szolgáltatásokat döntően befolyásolták, vagy a hálózat kialakítását megváltoztatták volna, nem voltak. Talán csak a felhasználói végpontokon, a terminálokban igyekeztek a fejlesztők új megoldásokat találni. Ebből a kiindulópontból igyekszünk 2005 évre jóslásokat készíteni. Persze nagy merészség kell ahhoz, hogy egy kis ország, kis lapjának, kis szerkesztőségéből nézve igyekezzünk a világméretű, vagy országos folyamatokat prognosztizálni. De a vitatott gondolatok és a békaperspektíva is sokszor tanulságos lehet.

Az átvívó közeg, átviteli utak területén a néhány éve megjelent és gyorsan terjedő hullámhosszosztás olyan mennyiségű átviteli kapacitást kínál, ami az igényeket néhány évig biztosan kielégíti. A kábelek 2-20

Terrabit/sec kapacitású kínálati piacot teremtettek. Ha azt számoljuk, hogy óránként 3600 másodperc és napi legalább 3 órányi telítettség megengedhető, akkor naponként  $10^{16}$  bit-et tudunk továbbítani. Ha napi 10 ezer USD, vagyis évi 2-3 millió dollár bevétellel számolunk, akkor az már gyors amortizációt ígér. Ebből visszszámolva, a lapunkban korábban megjelent Takács György-féle értékelés alapján, 1 bit átvitele nagyságrendileg  $10^{-10}$  dollár. Ez azt jelenti, hogy már nem lehet a közeljövőben új megoldásokkal a távközlési kiadásokat csökkenteni.

A kapcsolástechnika igyekszik mind a jól bevált vonalkapcsolás, mind a gyorsan terjedő csomagkapcsolás előnyeit hasznosítani. Mivel az átviteli utak és az elektronikai berendezések ára egyaránt csökken, csak a jobb minőség és az olcsóbb szolgáltatás lehet vonzó a piacon. Az elmúlt évek fejlődésében talán a legérdekesebb az a hullámzás, ami a két kapcsolási mód



alkalmazásának váltakozását mutatja. Kezdetben az Internet Protokollal vezérelt csomagkapcsolás előnyeit értékelték a szolgáltatók és az átviteli utak jobb kihasználása érdekében gyorsan is terjedt. Az a benyomás alakult ki, hogy ez lesz a 2000. évtől kezdve az egyeduralgató. Az interaktív szolgáltatások és a párbeszédű alkalmazások növekedésével a felhasználók egyre inkább követelték a valós idejű átvitelt. Ennek hatására megjelentek a különböző útfoglalási és hívásengedélyezési eljárások, melyek az Internet Protokoll alapján, de a kapcsolat teljes időtartalmára lefoglaltak útvonalakat. Az MPLS áramkörfoglalási módszer, valamint a szélesebb sávzélességeknél a hullámhosszak felhasználóhoz rendelése már visszavezetett az áramkör-kapcsolási elvekhez. Ha ehhez hozzávesszük a No.7-es jelzésrendszer digitális változatának terjedését, akkor szemünk előtt alakul ki a két kapcsolási mód ötvözésének lehetősége. Mivel ez műszakilag már rendelkezésre áll, így várhatóan csak az alkalmazás területén kell döntéseket hozni.

A termináloknál a mobil eszközök járnak az élen, melyeknél a kisméretű kézibeszélő már egy nagy számítógép tudományát hordozza magában. Csodálatos, hogy hangátvitelt biztosít, miközben a mikrofon nincs is a száj előtt. Adatátvitelt, információgyűjtést és szórakoztatást egyaránt kínál a felhasználóknak. Itt a haladás várhatóan az lesz, hogy a fix hálózatok termináljainak intelligenciája is tovább növekszik. Természetesen felmerül a kérdés, hogy a fix végpontok közelében lévő számítógép nem kényelmesebb-e?

Egyértelműen igénylik azonban az emberek, hogy egyetlen hívószámmal megtalálható legyenek mind a fix állomáson, mind a mobil készüléken. A néhány száz

méterig hordozható zsinór nélküli készülékek és a Bluetooth eszközök műszakilag lehetővé teszik, hogy azonos terminállal csatlakozzunk különböző hálózatokhoz. Ezen a területen várható fejlődés, mely a mobil elven működő keresés és kapcsolat kiterjesztésével elvezet az univerzális hálózathoz és hívószámhoz. Leegyszerűsítve ez lehetne az alapja a jövő mindenhol elérhető (Ubiquitous) hálózatának és az állandóan hozzáférhető (Pervasive) számítástechnikának.

Ha az átvitel és a kapcsolat elvben már mindent lehetővé tesz, akkor most a fejlesztők előtt a szolgáltatások körének bővítése áll. Ezt tükrözi jelen számunk tartalma is, ahol az első blokk a beszédkutatással foglalkozik, előkészítve egy újszerű ember-gép kapcsolatot. A második blokkban a rendkívül divatos számítógépes és mobil játékokról olvashatnak cikkeket.

Ez azonban nem jelenti azt, hogy csak a terminálok fognak változni. Hiszen az elképzelt jövőben világméretű keresésre kell a kapcsolástechnikai eszközöknek felkészülni, és ehhez olyan tárolókapacitások szükségesek, melyek jelenleg még nem állnak rendelkezésre. Ugyanakkor a forgalméretezésnél valószínűleg nem csak az értékes forgalom terhelő hatását kell majd figyelembe venni, hanem a keresés, kapcsolat, tarifálás is jelentős igénnyel lép majd fel.

Mindezek alapján a távközlési fejlesztőknek ezután is lesznek feladataik és a szolgáltatóknak is lesz módjuk újabb lehetőségekkel forgalmukat, ezzel együtt bevételüket növelni. Ismét ahhoz a rég ismert tanuláshoz jutottunk el, hogy minden új további újdonságokat követel.

*dr. Lajtha György*

## A Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács részt vállal a Híradástechnika kiadásában



A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület (HTE) megállapodott az NHIT-vel, hogy a jövőben közösen adják ki a folyóiratot. A folyóirat címe továbbra is Híradástechnika marad, azonban – ahogyan azt már e számunk borítóján is láthatják – a megállapodás kisebb változásokkal is jár. A formai változások mellett 2005 januárjától a lap védnökei az NHIT és a HTE elnöke, ezenkívül mostantól egy szociológus is részt vesz a Szerkesztőbizottság munkájában. További részletekről és az NHIT tevékenységéről még az első negyedévben részletesen beszámolunk.

# Szabályozás és infokommunikációs konvergencia – Tézisek és dilemmák a versenyről –

KOVÁCS KÁLMÁN informatikai és hírközlési miniszter  
sajto@ihm.gov.hu

## 1. A konvergencia kialakulása

Az első telefonösszeköttetések analóg elven működtek és az átvitt elektromos jelek amplitúdója arányos volt a hangnyomással. Az analóg rendszereknél a különböző szolgáltatások egymástól függetlenül, önállóan fejlődtek. Rádióműsor-továbbító összeköttetések épültek a stúdió és a jeleket kisugárzó antennák között, és a távirógépeket is független hálózat kötötte össze. Ennek megfelelően a végfelhasználói eszközök is szolgáltatáspecifikusak voltak, fejlesztésüket specializált szakemberek, vállalkozások végezték.

Az átviteli utak döntő mértékben illeszkedtek az átvivendő híryanagokhoz, így megjelentek a beszédátviteli, képátviteli, stb. csatornák. Igaz, hogy a nagykapacitású helyközi kábelekből voltak rádió-műsorátviteli érpárok, ezek azonban jellemzőikben eltértek a telefontonalaktól.

Ezt a korszakot jól meghatározott fogalmak és elkülönülő szolgáltatások jellemezték. Az adatátvitel, a fix telephelyű állomás, a mobilbeszéd-szolgáltatás, a rádió-műsorszórás és a műsorelosztás egyaránt elkülönült egymástól, és a széles körben használt telefontól, távirótól. A műszaki megoldások meghatározták a piacszerkezetet is. Az állami távközlési szolgáltató külön számlát bocsátott ki a telefon használatról, a táviró használatról és ezektől független bérleti díjat szabott meg a műsor átvitelére. E függetlenség ellenére, éppen a közös tulajdonlás miatt már megkezdődött egyfajta integráció.

Az 1970-es évek közepén megjelenő digitális átvitel, és az ezt néhány évvel követő digitális kapcsolás előre vetítette a szolgáltatások konvergenciáját. A digitális jelfolyamok átvitele és kapcsolása már szolgáltatástól független volt, hiszen az analóg jelek helyett immáron biteket vittek át, amelyek bármilyen információt hordozhattak. E megoldásnak további hallatlan előnyt biztosított, hogy a digitális jelfolyamok kezeléséhez alkalmazhatók voltak a korábban elkülönült ágon fejlődött számítástechnika eszközei és módszerei.

A digitalizáció azonban nemcsak a technológiában jelentkezett, hanem megnövelte a szolgáltatáskínálatot is. Így például megjelent a 90-es évek elején az

- igény szerinti videózás: VOD: Video On Demand, Near VOD, Movies on Demand,
- PVR (Personal Video Recorder) funkciók,
- digitális beszédátvitel, ISDN, IP telefónia,
- távszolgáltatások (táv munka, távoktatás),

- interaktív reklámok, játékok, tájékoztatások,
- célzott marketing, közvéleménykutatás, kampányok.

Az új szolgáltatásokhoz új átviteli technológiák tartoznak, amelyek egységesen digitális folyamatok átvitelére használhatók. A táblázat néhány, egymással kompatibilis lehetőséget vázol fel, amelyek megadják a választás szabadságát és a konvergencia lehetőségét. Megindul a vezetékes és a vezeték nélküli konvergencia, ahol a kapcsolási mód biztosítja a mobilitás lehetőségét.

Technológia	Letöltési sebesség
ADSL (G.dmt)	8-10 Mbit/s
ADSL (G.lite)	1.5 Mbit/s
SHDSL	2.3 Mbit/s
SDSL	160 kbit/s-1.5 Mbit/s
ADSL2	8-12 Mbit/s
ADSL2+	16-24 Mbit/s
VDSL	13-52 Mbit/s
CTV	10 Mbit/s
802.11b (WiFi)	11 Mbit/s
802.11g	54 Mbit/s
UMTS	114 kbit/s-10 Mbit/s
4G	40 Mbit/s
Optikai adatátvitel	10 Gbit/s
DVB-T	4 Mbit/s
PLC	4 Mbit/s

A konvergencia következő lépése a multifunkcionális terminálok megjelenése. Az alábbiakban felsorolt multifunkcionális terminálok általában IP alapúak, így a felsorolt digitális rendszerek mellett megfelelő átalakítással beszéd és zene átvitelére is használhatók:

- PC,
- digitális TV,
- analóg TV + Set-top box,
- laptop,
- mobilkészülékek (például 3G),
- PDA.

## 2. A konvergenciát gyorsító piaci folyamatok

A korábbiakban látható szolgáltatások áttekintése és a technológiák versenye a piac szereplőinek stratégiáját is megváltoztatta. Már 10 évvel megjelent a különböző szolgáltatások összevonásának lehetősége. Kábeltéves szolgáltatók például a rendelkezésre álló átviteli utakon internetelérhető és távbeszélő szolgálta-

tást is kínálnak. Ezzel egyidejűleg, a korábban kizárólag fix távbeszélő-szolgáltatást kínáló, nagy állami vállalatokból alakult magánszolgáltatók a nagy értékű hálózatukon igyekeznek nem csak telefont, beszédátvitelt ajánlani a felhasználóiknak, hanem internet-hozzáférést, sőt a videószolgáltatások egy csoportját is.

A mobilrendszerek fejlődése a mobilszolgáltatókat arra készítette, hogy rendszerükön megnövelt sáv szélességgel, internetelérhetőséget és szórakoztató szolgáltatásokat is kínáljanak. Bár a mobil eszközök kép és szöveg megjelenítő képessége nem jelent minőségben konkurenciát a fix nagyképernyős rendszereknek, de sok esetben a mobilitás olyan előny, melynek érdekében a felhasználó lemond a minőségről.

A konvergencia abban is jelentkezik, hogy a fixszolgáltatók is igyekeznek rádiós rendszerek felhasználásával, legalább korlátozott mobilitást biztosítani. Néhány száz méteres körzetben az IEEE 802-es ajánlása alapján létrehozott vezeték nélküli LAN megoldásokat, melyek az Egyesült-államokban WLAN, WiFi megjelöléssel gyorsan terjednek, Európa is átvette.

A fentiekből látható, hogy a konvergencia egyik hajtóereje éppen a verseny. Mind a hálózattulajdonosok, mind a távközlési szolgáltatók igyekeznek a rendelkezésükre álló átviteli és kapcsolási eszközökkel minél szélesebb választékot kínálni. Igyekeznek elérni, hogy beruházásaik minél gyorsabban megtérüljenek és a lehető legnagyobb hasznot hozzák.

A szabályozás során bevezetett liberalizáció lehetőséget ad erre. Ez egyben azt is jelenti, hogy valamennyi távközlési létesítmény alkalmassá tehető bármely szolgáltatásra. Erre előnyös háttérrel nyújt például a fényvezetők terjedése. A fényvezetőkön átvitt csomagkapcsolt rendszerek, ezen belül a szolgáltatás szintű Ethernet szinte korlátlanul használható valamennyi ismert szolgáltatás megvalósítására. A végberendezések alapegysége fogadja az érkező bitfolyamokat, majd azokat a megfelelő átalakítókra vezetve kiváló minőségű hangot, képet és nagybiztonságú internet-hozzáférést ígér. Ez utóbbi egyben elvezet a telekereskedelemből, a banki ügyletek internetes végrehajtásához, a korábban is említett távszolgáltatókhoz és sokféle szórakoztató filmhez, játékhoz.

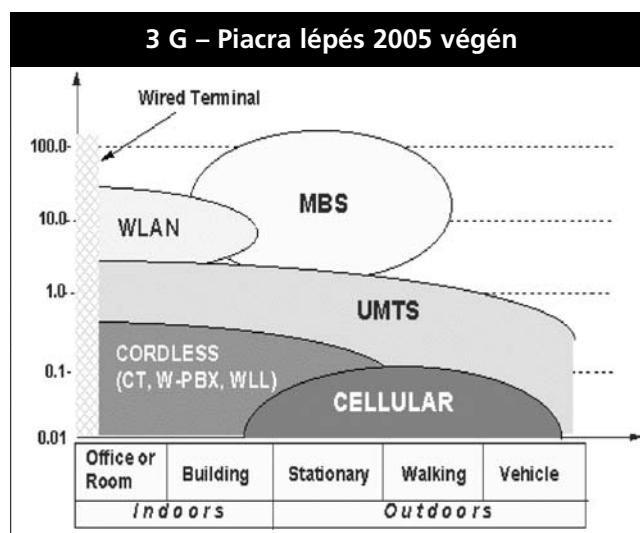
A felhasználók egyaránt igénybe veszik a fix állomásokat, jó minőségű képekhez és a terminállal egyidejűleg végzendő irodai feladatokhoz, valamint a mobil terminálokat, hogy ezeket esetleg gyengébb minőségben, nem irodai körülmények között bárhol, bármikor használhassák. A szabályozás és a piac is azt mutatja, hogy távlatban igény lesz az ubiquitous hálózatra, melynél ugyanazon hívószámmal, és ugyanazon szolgáltatások elérésével valaki nemcsak otthon tud dolgozni és szórakozni, hanem bárhol elérhető és bárhol tud félni a szükséges információkhoz.

Az elmúlt 4-5 év megmutatta, hogy a szabályozás, a verseny és a szolgáltatások konvergenciája, valamint az eszközök nagy választéka mind egy irányba hat. Ennek ismeretében igyekszünk a jövőre vonatkozó elképzeléseket is áttekinteni.

### 3. A 2004-2005 évi szolgáltatások és lehetőségek áttekintése

A szolgáltatásokat a három új, jelenleg az érdeklődés előterében lévő piac szempontjából tekintjük át. A vezetékes telefonpiac már stabil kapcsolatokra épül és ezért, sem a változásokra nem kell számítanunk, sem olyan új lehetőségekre, amelyek a jövőt befolyásolnák. Újnak tekintjük ezért a mobil, a műsorterjesztés és az internet területét.

A **mobili piac** a következő időszakban, a 3G megjelenése miatt jelentősen változik. Ezért egy olyan ábrát igyekeztünk felvázolni, melyben a vízszintes tengelyen az áthidalható távolság és a mobilkészülékek haladása szerepel, a függőleges tengelyen pedig a Mbit/sec-ben a megadott sáv szélesség. Ezen kiemelt szerepet kap a valamennyi távolságra használható és a gyakorlatilag általánosan szükségesnek tűnő 2 Mbit/sec-et szolgáltató UMTS (3G mobil).



A **műsorterjesztési piac** megkezdte az átállást a digitális átvitelre. A szatellit műsorszórás már 1996 óta döntő mértékben digitális. Ezt követően a kábeltelevíziós hálózatok egy része is megkezdte a digitális jelek vételét a műholdakról, és ennek megfelelően a fejlődések is digitális rendszerűek. Ilyeneket gyárt már az egyik jelentős hazai kisvállalat is. A földfelszíni műsorszórás területén 1999-ben az Antenna Hungária megkezdte a kísérleti sugárzást, majd 2002-től Kabhegy folyamatosan adja a kísérleti műsort. 2004 őszén üzemszerűen megindult Budapest területén a közszolgálati multiplex sugárzás.

Az **internetpiacot**, mind a kínálati (előfizetések száma), mind a keresleti (internet használók aránya) oldal felől közelítve, stabil növekedés és minőségi ugrás jellemezte az elmúlt években. Az xDSL és a kábeltévézés, azaz a szélessávú internet-előfizetések száma erőteljesen növekszik: 2004 III. negyedévének végén 118%-kal több DSL és 69%-kal több kábeltévézés internet-előfizetés volt, mint egy évvel azelőtt. Optimális esetben a szélessávú kommunikáció olyan technológiai környezetet feltételez, amely lehetővé teszi a digi-

tális tartalmak maximális interaktivitás mellett történő átvitelét. Az EU és az OECD országok többségének tapasztalata szerint jelenleg mindehhez legalább néhány száz kbit/s-os letöltési sáv szélesség szükséges a magánfelhasználók esetében. A fejlődés során azonban ez az igény relatíve gyorsan elérheti a több Mbit/s-os nagyságrendet, és a feltöltési kapacitás iránti igény is nőni fog. Az ITU és az OECD álláspontjával összhangban Magyarországon jelenleg a legalább 256 kbit/s letöltési és 64 kbit/s feltöltési sebességű elektronikus hírközlési hálózatokat tekintjük szélessávúnak. Eszerint a szélessáv valamivel az alapsávú ISDN átviteli teljesítménye felett kezdődik.

Mind a három terület rendkívül gyorsan növekszik és valamennyi szolgáltató igyekszik kihasználni a konvergenciából adódó gazdasági előnyöket. A vállalati előnyökön túlmenően a műszaki lehetőségek a piac minden szereplője szempontjából (gyártó, üzemeltető, szolgáltató, felhasználó és szabályozó) előnyösek. A következőkben pontokba foglalva láthatók a konvergenciafolyamatok pozitív hatásai:

- javuló gazdasági versenyképesség,
- növekvő beruházások,
- élesedő verseny,
- csökkenő árak,
- új, minőségi munkahelyek,
- élénkülő innovációs tevékenység,
- új, magas hozzáadott értékű szolgáltatások,
- növekvő fogyasztói elégedettség.

A hozzáférési hálózatok fejlődése sokkal nagyobb valószínűséggel válhat a szélessávú elektronikus kommunikációt gátló tényezővé. A jelenleg leginkább szóba jövő két technológia elterjesztésének – az ADSL-nek, illetve a kábelmodemes hozzáférésnek – az alacsony népsűrűségű vidéki területeken műszaki és üzleti korlátai egyaránt lehetnek.

A technológiai szűk keresztmetszetek távlatos kezelésére a fő lehetőség az optikai elérések (FTTx technológiák) elterjedése. A jövőben az optikai körzethálózatokkal „közelebb” kell jutni az előfizetőkhez. Ekkor VDSL vagy Ethernet hozzáféréssel lesznek bekapcsolhatóak az előfizetők.

A másik fő lehetőség a vezeték nélküli szélessávú hozzáférési technológiák elterjedése, itt elsődlegesen a FWA (Fix Wireless Access), LMDS, WiMAX megoldások jöhetnek szóba. A digitális televíziózás elterjedéséhez kapcsolódva a műholdas internetkapcsolat is elterjedhet néhány százalékos mértékben.

Azt, hogy az egyes településtípusok esetében milyen technológia elterjedése várható széles körben, elsősorban a központtól való lehetséges távolság és az elérhető maximális sáv szélesség határozza meg.

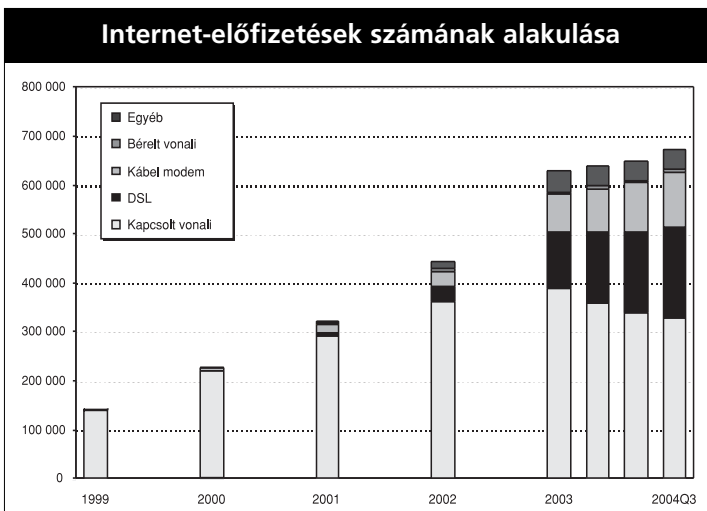
#### 4. A kormányzati szerep változása

A kormányzat 3 területen hozott létre olyan változásokat, amelyek az információs társadalom kiépülését, vagyis a kormányzat információs társadalom politikáját elősegítik. Mind a 3 területen már jelentős változások figyelhetők meg, melyek a jövőbeli fejlődést készítik elő.

**Modern versenységazat** épül ki, amely igyekszik meghatározni valamennyi szereplő feladatait, kötelességeit. Az európai mintára átalakított intézményrendszer kormányzati oldalról szükségessé tett egy önálló Informatikai és Hírközlési Minisztériumot. Létrejött ezen kívül egy független szabályozó hatóság a Nemzeti Hírközlési Hatóság, amely nem csak nevében, hanem struktúrájában is eltér a korábban működött Hírközlési Felügyeletről. Lényege, hogy a szabályozó hatóságnak a versenyélenkítés, továbbá a piaci szereplők közötti együttműködés zavartalansága érdekében szükséges döntéseit a Tanács hozza meg, míg a piac felügyeletét és a piaci szereplők jogkövető magatartásának érvényre juttatását a Hivatal végzi.

A **versenypiaci szabályozás** lényegileg a szabad szolgáltatóválasztást és általában a piacon meglévő lehetőségek közötti szabad döntést segíti elő. Ennek első lépése a szabad szolgáltatóválasztás, amit támogat a számhordozhatóság. A korábbiakban mindig gondot okozott, hogy bevált és közismert hívószámokat kellett megváltoztatni, ha valamely magánszemély, hivatal vagy üzlet szolgáltatót váltott. A számhordozhatóság ezt a gátat megszüntette. Bár ennek megvalósítása jelentős anyagi ráfordításokkal járt, mégis szükséges volt ahhoz, hogy a szolgáltatóválasztás szabadságával új szereplők lépjenek piacra. Mind a meglévő, mind az új szereplők olcsóbb tarifákkal, vonzóbb csomagokkal igyekeznek megtartani, illetve „elcsábítani” a felhasználókat.

A **fogyasztói érdekvédelem** elősegítése érdekében újabb beruházásokkal és hálózatbővítésekkel igyekezett a kormányzat mindenki számára előnyös megoldásokat találni. Itt meg kell említeni a PPP-t (Public Private Partnership), mely az állami és a magán befektetések összehangolásával új hálózati hozzáféréseket és szolgáltatásokat hozott létre. Ezek között első helyen van a *Közháló*, valamint az *eMagyarország* pontok hálózata. Az eMagyarország pontok — azaz a közösségi internet-hozzáférési helyek — megteremtésének célja,



hogy azok az ország egész területét behálózva, ingyen vagy maximált áron, rendszeres nyitva tartással biztosítsák az internet-hozzáférést valamennyi érdeklődő számára. Ezek mind a fiatalok, mind az idősebbek közkedvelt találkozóhelyévé váltak, hiszen — hasonlóképpen a Teleházakhoz — a műszaki lehetőségeken túlmenően a társadalmi kapcsolatok építésének is kellemes háttérrel nyújtanak.

Ezek a tényezők együttesen segítik az informatikai módszerek és eszközök széles körű elterjedését, és komoly lépést jelentenek az információs társadalom irányába. Mindezt oly módon, hogy a felhasználó számára kellemes időtöltést és baráti kapcsolatok ápolását is jelentik.

## 5. Távközlési törvény

Elkészült és a parlament elfogadta a távközlés valamennyi területét lefedő, korszerű szabályozási alapelveket rögzítő „Elektronikus hírközlési törvényt”, amely egyaránt foglalkozik a fotonikával, mint az elektromágneses tereken létrejövő jeltovábbítással, sőt lehetőséget ad eddig nem ismert technológiák bevezetésére is.

A **versenysszellemű új szabályozás** a következő hat fő tendenciát rögzíti:

- valódi versenyfeltételek, technológiák versenye,
- áttekinthető viszonyok a távközlési és az internetpiacon,
- valódi választási lehetőségek a fogyasztók számára,
- fogyasztók védelme a szolgáltatókkal szemben,
- összhang az Európai Unió irányelveivel és elvárásaival,
- az internet gyors terjedésének jogi feltételei.

Mindezen célokat a törvény technológiafüggetlenül, jövőállóan fogalmazta meg, s ugyanakkor igyekezett minden felesleges korlátozást megszüntetni. A törvénnyel egyidejűleg létrejöttek azok az egyeztető fórumok, békéltető bíróságok, melyek az esetleges ütközéseket peres eljárások nélkül rendezni tudják.

A **célok elérésének eszközei** az alábbiak:

- áttekinthető, világos „játékszabályok”,
- piac érdekeihez dinamikusan igazítva alkalmazható monopolelles lépések (JPE, jelentős piaci erővel rendelkező vállalkozások korlátozása),
- árprés tiltása, kontrollja,
- szabályozott összekapcsolási díjak a JPE szolgáltatók által nyújtott internet célú híváskezdeményezésre,
- jogosítványokban és intézkedési eszközkészletében megerősített hatóság (Nemzeti Hírközlési Hatóság),
- a Hírközlési Fogyasztói Jogok Képviselője,
- szerződések kötelező elemei.

Természetesen a több mint 100 paragrafust tartalmazó törvény részletes áttekintése ennél lényegesen több információt ad. A távközlés szinte valamennyi lehetőségére és esetére alapot ad a problémák tisztázására.

## 6. Kitekintő

A következő év az informatika és a hírközlés szereplői számára további támogatást jelent. A szabályozási környezet működésének vizsgálatával a kormányzat elvégzi a finomhangolást, vagyis az eddig fel nem merült, vagy nem elég egyértelműen megfogalmazott kérdések tisztázását. Éppen ezért folytatódik az InfoCom projekt, melynek négy kulcspontja az alábbi:

- az Elektronikus Hírközlési Törvény eddigi tapasztalatainak áttekintése,
- az elektronikus hírközlési szolgáltatások egyes részpiacaival kapcsolatban felmerülő szabályozási feladatok (CTV, DTV, Wifi és egyéb vezeték nélküli technológiák stb.),
- különböző technológiai platformokon nyújtott szélessávú internetszolgáltatások,
- informatikai szabályozási feladatok (e-kereskedelem, e-aláírás, DRM stb.) vizsgálata.

Ez a finomhangolás tehát más területekre is kiterjed, például a digitális televíziózás elterjedésével esetlegesen felmerülő problémákra is.

A digitális televíziózás bevezetése során ismét át kell gondolni az ezzel kapcsolatos szerzői jogokat, felhasználói díjakat és a felhasználók bekapcsolódásának feltételeit. Felmerülhet a kábeltelvíziós társaságok működési feltételeinek kérdése, ügyelve arra, hogy a kábeltelvíziós hálózatok létesítésébe fektetett költségek ne vesszenek kárba. A digitális televízió és a digitális hangműsorszórás igen vonzó lehetőségeit is szeretnék minél előbb a lakosság széles rétegei számára elérhetővé tenni.

További kiemelt feladat a Nemzeti Szélessávú Stratégia helyzetelemzésének aktualizálása, kiegészítése, a szélessávú stratégia kibontása, programozása, a 2007-2013 Nemzeti Fejlesztési Tervhez szélessávú fejlesztési koncepció kidolgozása, a nemzetközi szélessávú fejlesztéspolitikák (EU, OECD) elemzése, a szélessávú fejlesztéspolitika makrogazdasági hatásainak elemzése, technológiai és piaci forgatókönyvek készítése felhasználói (lakosság, vállalatok, közintézmények), illetve technológiai szegmensek (xDSL, KTV, vezeték nélküli, egyéb) szerint.

Az Európai Unió 2007-2013 közötti fejlesztési és támogatási terve minden tagország számára feladatot és lehetőséget is jelent. A nemzeti fejlesztési terv előkészítése, ennek műszaki, gazdasági és társadalmi háttere sok szempontból az ország egész gazdaságát befolyásolja. Az alapos munka azt jelentheti, hogy ágazatunk felzárkózhat a legfejlettebb európai országok színvonalához.

Mindent egybevetve, a célok világosak, az ezekhez szükséges kormányzati keretek létrejöttek. Mindezek azonban csak a gyártók, szolgáltatók és felhasználók együttműködésével, az új technikák gyakorlati alkalmazásával valósulhatnak meg.

# Virtuális bemondó

CZAP LÁSZLÓ

Miskolci Egyetem, Villamosmérnöki Intézet, Automatizálási Tanszék  
czap@mazsola.iit.uni-miskolc.hu

Reviewed

**Kulcsszavak:** beszédérthetőség, vizuális beszédszintézis, beszéd- és hallássérültek távközlése

Magyar nyelvű, vizuális szövegfelolvasó fejlesztéséről számol be a cikk. Az animáció háromdimenziós fejmodell mozgásán alapul. Az artikuláció kialakításához felhasználtuk a fellelhető hangalbumok anyagát, a dinamikus vizsgálatnál saját vizuális beszédfelismerési kutatási eredményekre támaszkodtunk. A koartikulációs hatások figyelembe vételéhez a jellemzőket domináns, rugalmas és határozatlan osztályokba soroltuk, ezek alapján határoztuk meg a mozgásfázisok közötti interpolációt. A természetesség javítása érdekében többek között álvéletlen fejmozgásokat és pislogást programozunk. A fejmodell működtetése során megvalósítjuk alapérzelmek kifejezését is.

## 1. Bevezetés

Mindenki előtt ismert, hogy a beszéd érthetőségét javítja, ha látjuk a beszélő személy arcát, ezzel együtt az artikulációját. Ez a vizuális információ különösen sokat segít zajos környezetben és hallássérültek esetében. A gépi beszédkeltés jól kidolgozott rendszereinek természetes kiegészítője a mesterséges beszélő fej. Az arcanimáció megvalósítása a beszédartikuláció modellezésére mindössze két évtizeddel ezelőtt kezdődött. A mai szemmel kezdetleges eszközökkel végzett első próbálkozások a vizuális beszédszintézis úttörőmunkáját jelentették. A 3D modellezés fejlődése, a számítástechnikai eszközök kapacitásának robbanásszerű bővülése és a természetes artikuláció analízise élet-szerű, fotorealistikus finomságú modellek kidolgozását tette lehetővé.

Az elmúlt évtizedben a terület dinamikusan fejlődött, egyre több alkalmazás jelenik meg. Az ember-gép kapcsolatban új távlatokat nyithat az audio-vizuális beszédszintézis és beszédfelismerés. Dialógus és oktató rendszerekben az érthetőséget és az attraktivitást nagyban javítja a beszédanimáció. Multimédiás al-

kalmazásokban a virtuális bemondó vagy szereplő tá-gítja a művészi szabadság határait. Hallássérültek be-szélési tanítását segítheti a helyesen artikuláló virtuális bemondó, amely átlátszó arcával a természetes be-szélőnél jobban megmutatja a hangképzés részleteit.

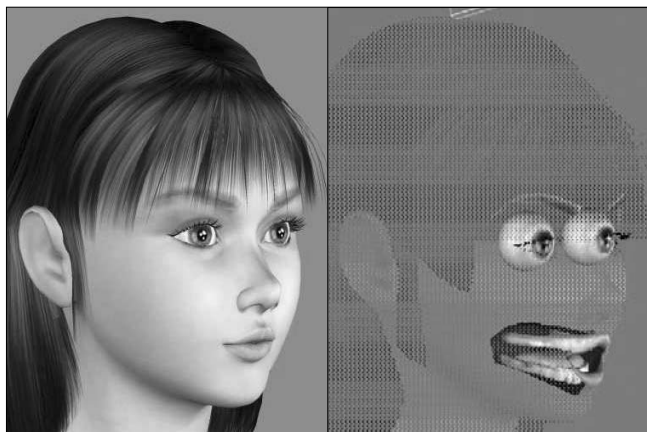
Hangvezérelt beszélő fejek fejlesztésén dolgoznak hallássérültek segítségére távközlési alkalmazásokban. A fejlett magyar nyelvű akusztikus beszédszintézis mel-lett hiánypótló céllal kezdtünk vizuális beszédszintetizátor fejlesztéséhez.

## 2. A beszédanimáció

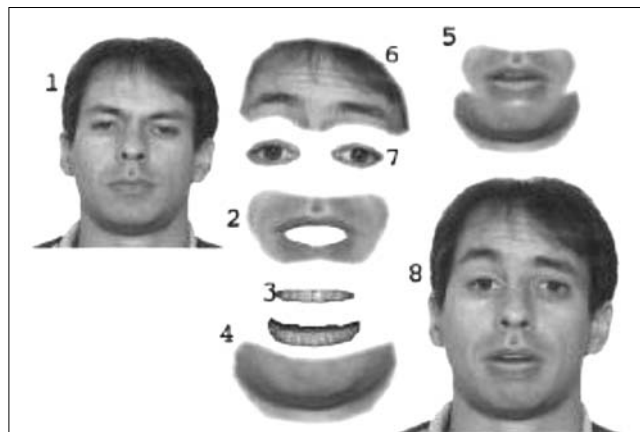
Az első működőképes vizuális beszédszintetizátorok kétdimenziós modell mozgásfázisainak előállítására épültek, kezdetben előre tárolt képek előhívásával. A kulcskeretek közötti fázisokat gyakran képmorfológiai módszerekkel állították elő. A kétdimenziós modell nem teszi lehetővé a természetes fejmozgások, a beszédet kísérő gesztusok és érzelmek kifejezését.

A testmodellezés fejlődése a háromdimenziós mo-dellezésre terelte a kutatók figyelmét.

1. ábra Fotorealistikus és transzparens megjelenítés



2. ábra Kétdimenziós fejmodell elemei [1]

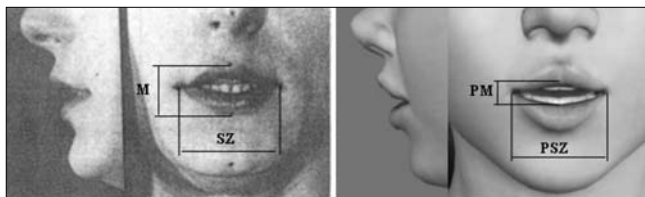




A 3D modellek egyik típusa az arcizmok megfeszítésével szimulálja az arckifejezéseket. Az ilyen modellek valóság-hű eredményt nyújtanak, de a kívánt arckifejezés előállítása rendkívül számításgépes és a valóságos izomtónusok nem mérhetők. Ma még ígéretesebb a pusztán felületi hatásokat utánzó, a bőrszövetet borított drótváz alakítására alapozott animáció. Ennek paraméterei megfigyeléssel, vagy képfeldolgozási módszerekkel természetes beszélők képeiről leolvashatók [2]. Minden modell mozgatásánál külön figyelmet kell fordítani a jellemzők összehangolt változtatására, mert könnyen természetellenes hatás alakulhat ki.

**2.1. A beszéd vizuális alapegysége**

A beszéd legkisebb akusztikus egységének, a fonémának (hangzó) vizuális megfelelője, a vizéma. A vizémák készlete szűkebb a fonémáknál, hiszen néhány fonéma artikulációja vizuálisan megegyezik. Nem látható például a zöngésség, de a képzés helyében megegyező, időtartamban vagy intenzitásban eltérő hangok is azonos artikulációs mozgásokkal jelennek meg. A hangképző szervek jellemző helyzete magyar beszédhangokra megtalálható alapvető munkákban [4,5,6]. A 3. ábrán példát mutatunk be arra, hogy mennyire hasonló egy fényképen látható [5] és egy 3D-s beszélő fejen beállított ugyanazon hangra jellemző artikuláció [6].



3. ábra A beszélő fényképe és a 3D fejmodell

A magyar beszédhangok vizéma készletét a [4]-ben megadott mintaszavak artikulációs jellemzőiből alakítottuk ki. Az eredményt az 1. táblázat mutatja, a hangokat a magyar helyesírási betűképükkel jelöljük.

1. táblázat A magyar nyelv vizéma készlete

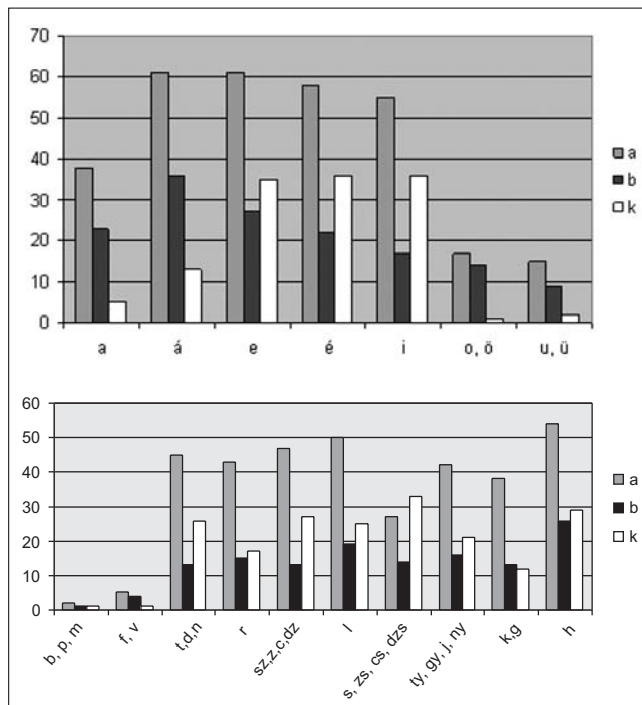
Magánhangzók	Mássalhangzók
e	b, p, m
é	f, v
i	t, d, n
ö, o	r
ü, u	sz, z, c, dz
á	l
a	s, zs, cs, dzs
	ty, gy, j, ny
	k, g
	h

Néhány megjegyzés a vizémák osztályozásához:

- a csoportosítás elsősorban ajakforma alapján történt, a nem látható nyelvállás eltérő lehet (pl.: o-ö, u-ü)

- a nem jelzett hosszú magánhangzók a rövid párjuknál szűkebb szájnnyílással vannak jelen
- az artikuláció előállításához ennél bővebb készlettel dolgozunk

A 4. ábra a vizémák ajakméreteit és intenzitási tényezőit ábrázolja.

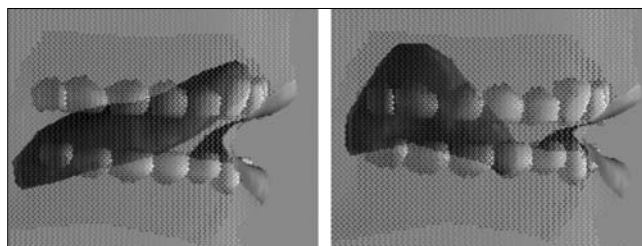


4. ábra A vizémák ajakszélessége (a), ajaknyílása (b) és a szájnnyílás átlagos világossága (intenzitás, k). A méretek pixelben, az intenzitás a fehér (255) világosságának arányában látható

Az eddig megjelent beszédhangok atlasza [4], illetve magyar hangalbumok [5,6] alapján meghatározhatók a vizémák legfontosabb paraméterei, ezekből alakul ki az a kulcskeret (keyframe) készlet, amely az artikuláció kiindulási alapja [7].

A legfontosabb jellemzők az ajkak és a nyelv működtetéséhez tartoznak. Az alapvető ajakjellemzők: nyitás (tág-szűk), szélesség (széles-keskeny), Az ajkak nyitása szoros összefüggésben van az állkapocs mozgásával (nyitott - zárt). A száj szélessége tehát az ajaknyitással és az ajakkerekítéssel, illetve az ajakréssel, áll összefüggésben. Az állkapocs helyzete a nyitás mellett a fogak láthatóságával is összefügg. A nyelvállást (5. ábra) a nyelv függőleges helyzete (fent-lent),

5. ábra Jellemző nyelvállások: balra az n, jobbra a k-g hangokra





vízszintes mozgása (elül-hátul), hajlítása (domború-homorú), és a nyelvhegy formája (széles-keskeny, vékony-vastag) befolyásolják.

A statikus jellemzők alapján beállíthatók a beszédhangok állandósult szakaszára jellemző artikulációs paraméterek, kulcskeretek.

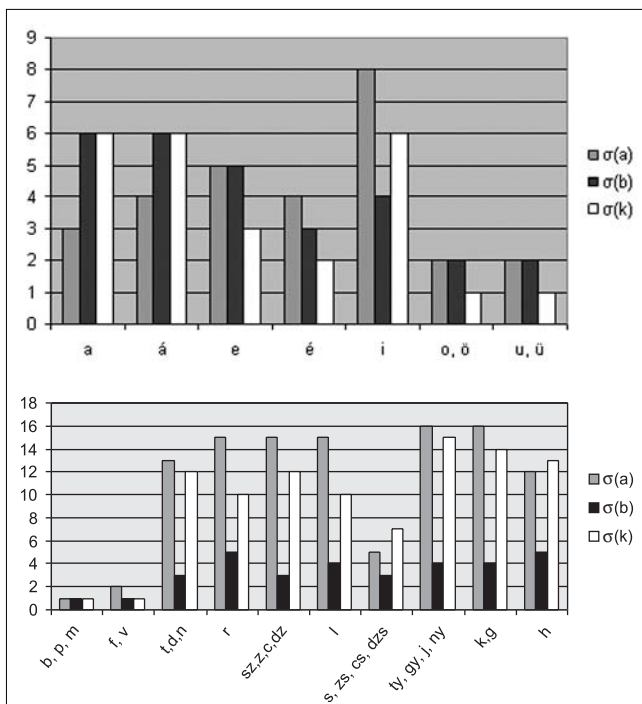
### 2.2. Dinamikus működés

A folyamatos magyar beszéd dinamikus jellemzőinek átfogó leírása még várat magára. Az analízis során a hangalbumokban található pillanatképek korlátozottan használhatók, és csak a mintaszavakra vonatkozathatók. A dinamikus analízis másik forrása a saját, vizuális beszédfelismerési kutatások során nyert eredményekből összeállított adatbázis [8]. Ebből származnak az ajkak nyitására és szélességének időbeli változására vonatkozó adatok, valamint a nyelv és a fogak láthatóságát reprezentáló intenzitás faktor, a szájüregre vonatkozóan. Ezek a kulcskeretek közötti interpoláció megválasztásában nyújtanak segítséget.

A koartikulációs hatások figyelembe vételéhez túl kellett lépni az úgynevezett „keyframe” modellen. A vizémák minden jellemzőjét (például ajak- és nyelvállások) osztályoztuk domináns jellegük alapján. Egyes paraméterek a környezettől függetlenül felveszik jellegzetes értékeiket, mások a környezetükbe simulnak. A vizuális beszédfelismerés adatainak szórása alapján a vizémák jellemzőit három kategóriába soroltuk:

- *domináns* – nem enged koartikulációs hatásoknak
- *rugalmas* – a környezete befolyásolja az adott jellemzőt
- *határozatlan* – a környezete alakítja ki az adott jellemzőt

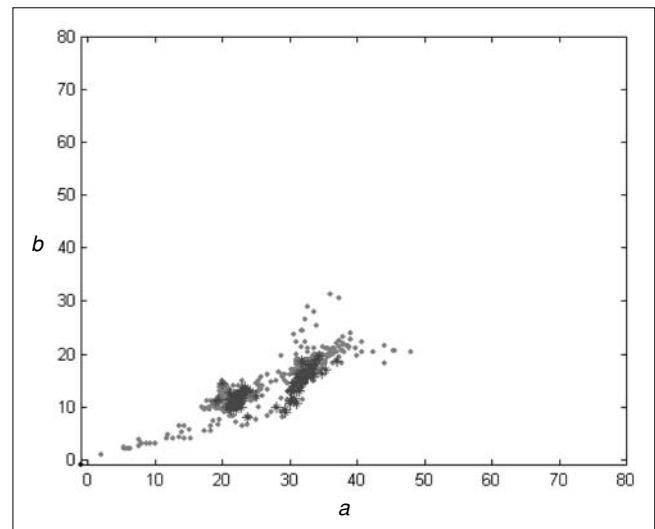
6. ábra A vizémák jellemzőinek szórása



A dominancia meghatározásához elsősorban a jellemzők szórását használtuk fel, de segítséget nyújt a látható jellemzők grafikus ábrázolása, az átmeneti és az állandósult szakaszok eloszlása is.

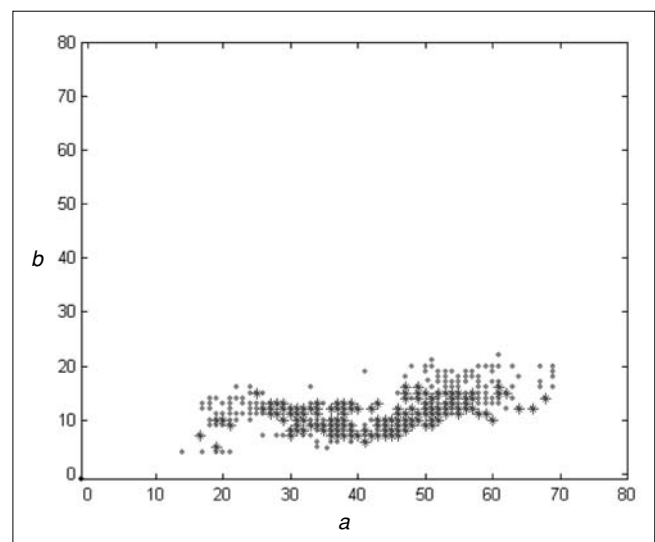
A 7. ábrán eltérő árnyalattal láthatók az s hang átmeneti és kvázistacionárius szakaszának ajakméretei. A szomszédos hangok által meghatározott kezdeti- és végállapotok között az ajakméretek egy szűkebb területet foglalnak el.

7. ábra Az s hang átmeneti (.) és állandósult (\*) szakaszának ajakszélessége (a) és ajaknyílása (b)



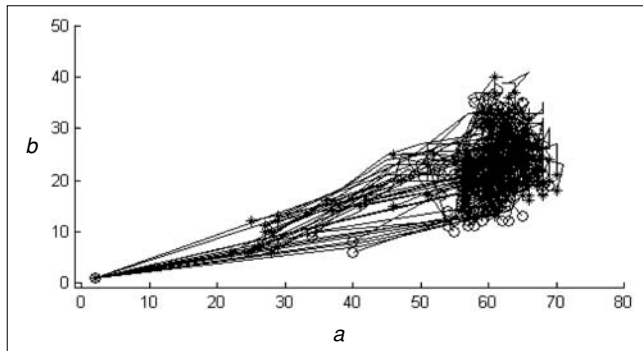
Az ajakméretek eloszlása a j hang átmeneti és állandósult tartományára a 8. ábrán látható. Az ajakszélesség tartománya lényegében megegyezik az átmeneti és az állandósult időszakban, tehát széles tartományban a környezetéhez igazodik, a határozatlan osztályba sorolható. Az ajaknyílás az állandósult szakaszban szűkebb tartományt fed le, az ajaknyílás tekintetében a j vizéma domináns jellegét mutat.

8. ábra A j vizéma ajakméreteinek eloszlása (átmeneti (.) és állandósult (\*) szakasz)



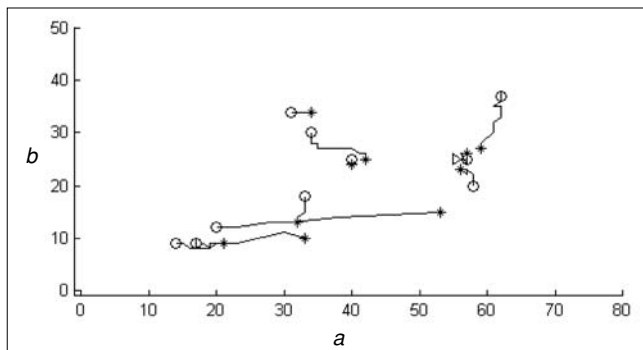
Az ajakméretek változásának trajektóriája is támpontot ad a dominancia osztály meghatározásához. A 9. ábra az e hang ajakméreteinek változását mutatja. A görbék egyenként nem követhetők, de láthatóan tetszőleges kezdeti- és végállapot mellett áthaladnak egy sűrűn behálózott területen. Jól látható a magánhangzók ajakméreteire jellemző domináns jelleg.

9. ábra Az e vizéma ajakméreteinek változása



A domináns változókkal ellentétben, a határozatlan jellemzők nem tartanak jól meghatározható értékekhez. A h hanghoz tartozó trajektória példáit látjuk a 10. ábrán. (A változások követhetősége végett csak néhány görbe szerepel.)

10. ábra  
A h vizéma ajakméreteinek változása.  
„\*” jelzi a kezdőpontot, „o” a végpontot



A 2. táblázat mutatja a vizémák ajakformára, a 3. táblázat a nyelv vízszintes helyzetére vonatkozó csoportosítását.

2. táblázat  
Dominancia jellemzők az ajakformára nézve

<b>Domináns</b>	magánhangzók, s, zs, cs, dzs
<b>Határozatlan</b>	k, g, r, h
<b>Vegyes</b>	p, b, m, l, j, n, ny, f, v, sz, z, c, dz, d, t, ty, gy (ajaknyílás domináns, szélesség határozatlan)

3. táblázat  
Dominancia jellemzők a nyelv vízszintes helyzetére nézve

<b>Domináns</b>	t, d, n, r, l, ty, gy, j, ny, s, zs, cs, dzs, sz, z, c, dz
<b>Rugalmas</b>	magánhangzók
<b>Határozatlan</b>	p, b, m, f, v, k, g, h

A dominancia beállításai a paraméterek interpolációját határozzák meg. A további módosítások – például hosszú magánhangzónál állandósult szakasz beiktatása – finomítják az artikulációt.

### 3. A természetesség javítása

A beszélő természetes fejmozgását, mimikáját hírolvasó bemondók felvételein tanulmányoztuk. Ennek nyomán álvéletlen mozgásokat, például visszafogott bólogatást, a fej enyhe oldalra billentését és átlag körül szóródó pislogási periódust alkalmaztunk. A prozódia tükröződése a fejmozgásban, illetve az arc mimikában nehezen algoritmizálható, így például a mondathangsúly kifejezése nehézségekbe ütközik. Az intonáció azonban felhasználható a szemöldök mozgatásának vezérlésére. A mondathangsúlynál is emelhető a szemöldök. A szemmozgást a fejmozgás korrigálására használjuk, hogy a tekintet egy pontra szegeződjön, egyéb szemmozgatás kézi beavatkozást igényel. Dialógus rendszerekben a szerepváltást segíthetik a gesztusok, az értő figyelmet a szemöldök emelésével jelezhetjük, bólogatással is visszaigazolhatjuk figyelmes hallgatásunkat. Ezek a műveletek manuálisan állíthatók be.

#### 3.1. Előartikuláció és szűrés

A kimondás megkezdése előtt kb. 300 ms időtartamú csendet iktatunk be. Ez alatt az idő alatt a levegővételt imitáljuk az ajkak megnyitásával. Ezután az ajkak alaphelyzetéből elkezdjük az első domináns vizéma kialakítását. Ezzel a kiegészítéssel – amit előartikulációnak neveztünk el – már az első hang megszólalása előtt kialakul az ajakforma, hasonlóan a természetes kimondáshoz.

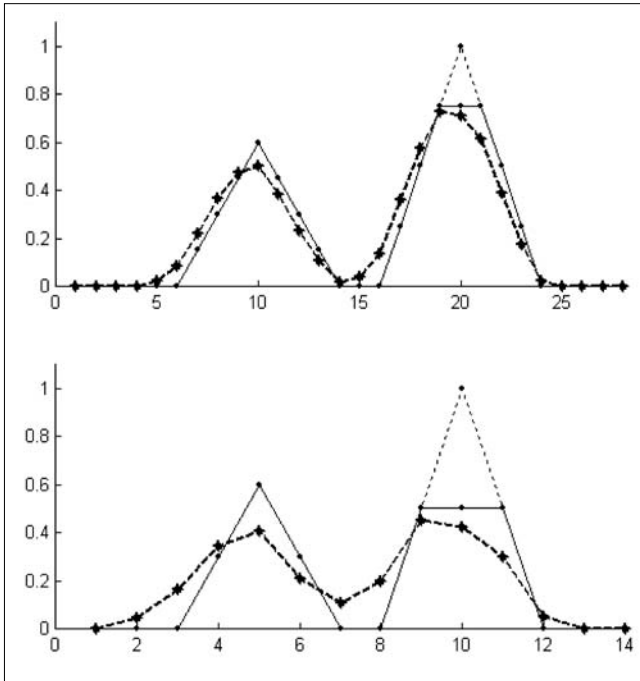
A természetes vagy szintetizált beszédhez szinkronizálás folyamán különböző sebességű beszéddel szembesültünk. Lassú beszédnél a vizémák jellemzői megközelítik névleges értéküket, gyors beszédnél az artikuláció elnagyoltabb. A rugalmas csoportba sorolt jellemzőkre is igaz, hogy gyors beszédnél a lekerekítés nagyobb. A rugalmas jellemzők kialakítására a medián szűrést alkalmaztuk: A szűrésben résztvevő mintákat nagyság szerint sorba rendezzük, és a középső lesz a szűrt érték. A szűrést három mintára végezzük. Egy jellemző időfüggvényét három lépésben alakítjuk ki:

- A domináns és rugalmas vizémák értékei között – a határozatlanok nélkül – lineáris interpolációt végzünk.
- A rugalmas vizémák környezetében végrehajtjuk a medián szűrést. Ez kevesebb minta – gyors beszéd – esetén nagyobb csúcslevágást okoz.
- Az így kapott értékeken még egy simítást végzünk, amely az aktuális, a két megelőző és a követő mintákat érinti. A szűrt érték a négy minta súlyozott összege. A súlyozás állandó, nem függ a beszéd sebességétől. A simító szűrés egyrészt finomítja a mozgást, másrészt gyors beszédnél jobban lekerekíti a csúcsokat. A szintetizált beszéd analízise alapján a szűrés hatása előre erősebb (két keret) mint hátra (egy keret).

A 11. ábrán gyors és lassú beszédnél követhetjük a medián szűrés és a simítás hatását pl.: a nyelv vízszintes helyzetére. A példában a lassú beszéd kétszer annyi keretből áll, mint a gyors kimondás. Az ábrán jól követhető a gyors beszédnél érvényesülő lekerekítés, a medián szűrés és a simítás hatására egyaránt.

11. ábra

Példa a domináns (1. csúcs) és rugalmas (2. csúcs) jellemző szűrésére és a lassú (1.) illetve gyors (2.) beszéd simítására. A lineáris interpoláció eredménye (...), a medián szűrés (—) és simítás (---) után.



### 3.2. Érzelmek kifejezése

A beszéd multimodális jellegéhez hozzátartoznak a gesztusok is. A testbeszéddel árnyaljuk mondandónkat, megerősítjük vagy éppen cáfoljuk verbális üzenetünket. Arcanimációs rendszerünkben az arckifejezések érzelmi töltését próbáltuk meg algoritmizálni és programozni. Az Ekman [9] által meghatározott hét érzelmek közül választhatunk: semleges, haragos, ellenszenves, szorongó, boldog, szomorú, meglepett. Erre láthatunk példát a 12. ábrán.

12. ábra Ellenszenves és boldog arckifejezés



## 4. Összefoglalás és kitekintés

A cikk célja vizuális szövegfelolvasó rendszer fejlesztésének bemutatása. A jelen fázisban az artikuláció dinamikus jellemzőinek további finomítását végezzük. A természetes vagy gépi beszédhez a szinkronizálás még nem teljesen automatikus, a következő feladunk ennek megoldása. A fejlesztőrendszerünk a beszélő fej videó anyagát hosszadalmas számításokkal állítja elő, ami több órás feldolgozási időt is jelenthet.

Jelenleg – annak ellenére, hogy rendszerünk szövegfelolvasásra is alkalmas – csak olyan alkalmazásokra gondolhatunk, ahol előzetesen rögzített üzeneteket jelenítünk meg. Reményeink szerint a real-time animáció a közeli jövőben szuperszámítógépek nélkül is megvalósítható lesz és ezzel a tényleges virtuális bemondói, felolvasói alkalmazások is megvalósíthatók lesznek.

A vizuális beszéd szintetizátor működésére példák található az alábbi címen:

<http://mzsola.iit.uni-miskolc.hu/~czap/mintak>

### Irodalom

- [1] Cosatto E., Grafat H. P. (1998): 2D Photo-realistic Talking Head Computer Animation, Philadelphia, Pennsylvania, pp.103–110.
- [2] Massaro, D.W. (1998): Perceiving Talking Faces, The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England, pp.359–390.
- [3] Bernstein, L.E., Auer, E.T. (1996): Word Recognition in Speechreading. Speechreading by Humans and Machines. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany, pp.17–26.
- [4] Molnár József: A magyar beszédhangok atlasza, Tankönyvkiadó, Budapest, 1986.
- [5] Bolla Kálmán: Magyar fonetikai atlasz, A szegmentális hangszerkezet elemei, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1995.
- [6] Bolla Kálmán: Magyar hangalbum, A magyar beszédhangok artikulációs és akusztikai sajátosságai, MTA Nyelvtudományi Intézet, Budapest, 1980.
- [7] Mátyás János: Vizuális beszéd szintézis, Diplomater, Miskolci Egyetem, 2003.
- [8] Czap, L.: Lip Representation by Image Ellipse, ICSLP 2000 Beijing, China, Proceedings Vol. IV., pp.93–96.
- [9] Ekman, P., Friesen, W. (1978): Facial Action Coding System Consulting, Psychologists Press. Inc.

# Beszéd alapfrekvencia követés hatékony zöngésség detektálással

BÁRDI TAMÁS

Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológia Kar  
bardi.tamas@itk.ppke.hu

Reviewed

**Kulcsszavak:** alapfrekvencia-meghatározás, autokorreláció, pitch detektor, periodicitás, vágási technikák

A beszédjel alapfrekvenciát meghatározó algoritmusok, más néven pitch detektorok helyes működése csak úgy lehetséges, ha az automatikus zöngés-zöngétlen megkülönböztetés is megbízható. Az alábbiakban ismertetjük pitch detektorunkat, melyben a zöngésség detektálása a konkurens módszereknél kisebb hibaszázalékkal működik. Algoritmusunk a jól ismert autokorrelációs módszeren alapszik. Algoritmusunk zöngésség detektáló erejét egy olyan adatbázison vizsgáltuk, mely a beszéddel szinkronban laryngográf jelet is rögzítette.

## 1. Bevezető

Az emberi hallás modern elméletei hitelt érdemlően megállapították, hogy a hangmagasság (pitch) észlelés nem mindig van egy-egy értelmű kapcsolatban az alapfrekvenciával ( $F_0$ ). Ennek ellenére a digitális beszéd-feldolgozásban az  $F_0$  becslő módszereket hagyományosan pitch detektor algoritmusoknak (PDA) nevezik. A tényleges beszéddallamot jól közelítő pitch kontúr sok alkalmazásban hasznosítható. Jelentős szerepe van a prozódikus elemzésekben. Ilyen például a mondat hangsúlyos helyeinek megtalálása a hanglejtés alapján, vagy a kérdő és kijelentő mondatok automatikus megkülönböztetése. A beszédfelismerés a tonális nyelveken, mint például a kínai vagy a vietnami, megoldhatatlan pitch detektor nélkül.

A szakirodalomban pitch detektor témában jó néhány módszer látott napvilágot az elmúlt évtizedekben [10], a legszélesebb körű áttekintésük Hess-nél olvasható [7]. A megoldások többsége mérsékelt teljesítményével elégedetlenségre adhat okot, de azért van néhány egészen jó is. Ilyen Bagshaw eSRPD [3,4] módszere, amely kevesebb, mint 1%-ban becsli rosszul az alapfrekvenciát, ha zöngé van a beszédben. De a zöngés gerjesztés meglétét vagy hiányát már 3-4% hibával detektálja.

Általánosságban elmondható, hogy nyelvtani jelentéssel bíró pitch csak a zöngés szegmentumokon figyelhető meg. Ezért pitch frekvencia meghatározásának feltétele a jó zöngésség detekció. A zöngés-zöngétlen megkülönböztetés (V/UV – voiced/unvoiced) szerepe a beszédfelismerésben is jelentős, hiszen számos olyan szópár van, például köt - köd, melyek kiejtésben csak egyik mássalhangzójuk zöngésségében különböznek.

Egy zöngésség meghatározására szolgáló algoritmus (VDA – voicing determination algorithm) gyakran implicit része egy PDA-nak vagy beszédfelismerőnek, de megvalósítható különállóan is. Számos VDA született [7,12] már különféle elméletek bevetésével, közü-

lük néhány igazán figyelemre méltó, jó teljesítményt azonban csak nagyon kevés mutat. A pitch detektoroknál általában a V/UV tévesztések nagyobb százalékban fordulnak elő, mint az  $F_0$  becslési hibák. Atal és Rabiner [1,2,8] öt döntési paramétert használó VDA-val próbálkozott statisztikus mintázat-felismerési megközelítést alkalmazva. Módszerük 4%-os hibaarányt adott egy nehezebb feladat megoldásában, nevezetesen a zöngés/zöngétlen/csendes (nincs beszéd) (V/U/S – voiced/unvoiced/silent) osztályozásban az egyszerűbb zöngés/zöngétlen (V/UV) döntés helyett.

Építettünk egy PDA-t, melyben hatékony beépített zöngésség detektor működik. Algoritmusunk az autokorreláció függvényen (ACF) alapszik. A zöngé detekcióban módszerünk 2%-hoz közeli hibaarányt ért el. Az algoritmus, ha az ACF számításához FFT-t alkalmazunk, kevesebb, mint 2 megaflop per szekundum processzorigénnyel megvalósítható 8 kHz-es mintavételezés mellett.

Az alábbi szakaszok az algoritmus moduláris szerkezetének megfelelően szerveződtek. A 2. szakasz az előfeldolgozó részt tárgyalja. Preprocesszorunkat úgy terveztük, hogy a V/UV megkülönböztetést a lehető legjobban segítse, az említett hibaarány elérésében nélkülözhetetlen szerepet játszik.

Az előfeldolgozás után a beszédből rövid időtartamú szakaszok kerülnek a *basic extractor*-nak nevezett egységhez. Itt számítjuk az ACF-et, majd ebből nyerjük a V/UV döntéshez és az  $F_0$  becsléshez szükséges paramétereket. Ebből a részből „halszájka” módszer alkalmazása érdemel említést, amely az „ $F_0$  a felső limiten” típusú hibákat csökkenti. Mindezeket a 3. szakasz tárgyalja.

Az egyszerű, de hatékony beépített VDA részletezése és kiértékelése a 4. szakasz és egyben cikkünk fő tárgya. A V/UV döntés két paraméteren alapszik, mindkettőt egy-egy küszöbvel hasonlítjuk össze. Ez a két-küszöbös módszer szintén hozzájárult a hibaszázalék csökkenéséhez. A szakirodalomban szokásos az előállított pitch kontúrok utólagos simítására egy posztpro-

cesszort alkalmazni, melyet nem használtunk, mert a vizsgálatunk célja a beépített VDA képességének megítélése volt. A kiértékelésben a megbízható zöngesség detektálásra fókuszáltunk.

## 2. A beszédjel előfeldolgozó

Általában egy PDA három fő komponensből épül fel: 1) preprocessor, 2) basic extractor, 3) posztprocessor.

A preprocessor fő feladata úgy transzformálni a beszédjelet, hogy utána az  $F0$  becslés és a zöngé detektálás könnyebb legyen.

A basic extractor rendszerint a beszédjelből vett tipikusan 20-50 milliszekundumos ablakokon dolgozik. A megkülönböztetés azonban, hogy mely műveletek tartoznak a preprocessorhoz és melyek a basic extractor-hoz nagyon gyakran csak formális jelentőségű. Ha előbb kivesszük az ablakot a beszédjelből, majd azon futtatjuk a preprocesszort, akkor egyrészt fölöslegesen duplikálunk egy csomó számítást, ha az ablakok átfedik egymást, másrészt a preprocessor és a basic extractor munkáját nehéz lesz külön-külön vizsgálni. Ha így teszünk, nem tudjuk például összefüggően meghallgatni a preprocessorból kijövő jelet. A javaslatunk, hogy inkább futtassuk a preprocesszort a beszédjel teljes hosszában, majd ebből vegyünk ablakokat és küldjük őket a basic extractor-hoz elemzésre. Ha így teszünk, érzékszervileg megfigyelhetővé válik a rendszer egy belső állapotában. Érzékszervi ellenőrző pontok elhelyezése egy összetett beszédfeldolgozó rendszer belsejében segítheti az empirikusan optimizálható paraméterek szerencsés megválasztását. Előfeldolgozókat részben fülre „optimáltuk”: finomhangolásakor a kimenetet mindig visszahallgatva néhány paraméterét addig állítottuk, amíg a hangzás alapján úgy nem éreztük, hogy jó lesz.

Preprocessorunkban alul-áteresztő szűrést és centerclipet, magyarul középre vágást használunk. Mindkettő igen elterjedt a pitch detektorok szakirodalmában [6,9,11]. Az aluláteresztő szűrőnk (Csebisev I-es típus) és a center clip karakterisztikáját az 1. ábra mutatja.

Az adaptív középre vágás technikája időben változó vágási szintet alkalmaz, mely a jel amplitúdójának függvényében változik. Általában ez a változó középre vágási szint a beszédjel valamilyen burkolójának egy rögzített százaléka. A módszerünkben az újítás, hogy kombinálja a két lépést, az alul áteresztő szűrést és a középre vágást. A burkolót az eredeti beszédjel amplitúdójából számítjuk, majd ennek 40%-át alkalmazzuk változó középre vágási szintként, de már a szűrt jelen. Mivel a tisztán sztohasztikus gerjesztésű beszéd szegmentumokon általában ennél nagyobb a nagy frekvenciás komponensek részaránya, a módszerünk a zöngétlen mássalhangzókat gyakorlatilag mindenütt nullára redukálja.

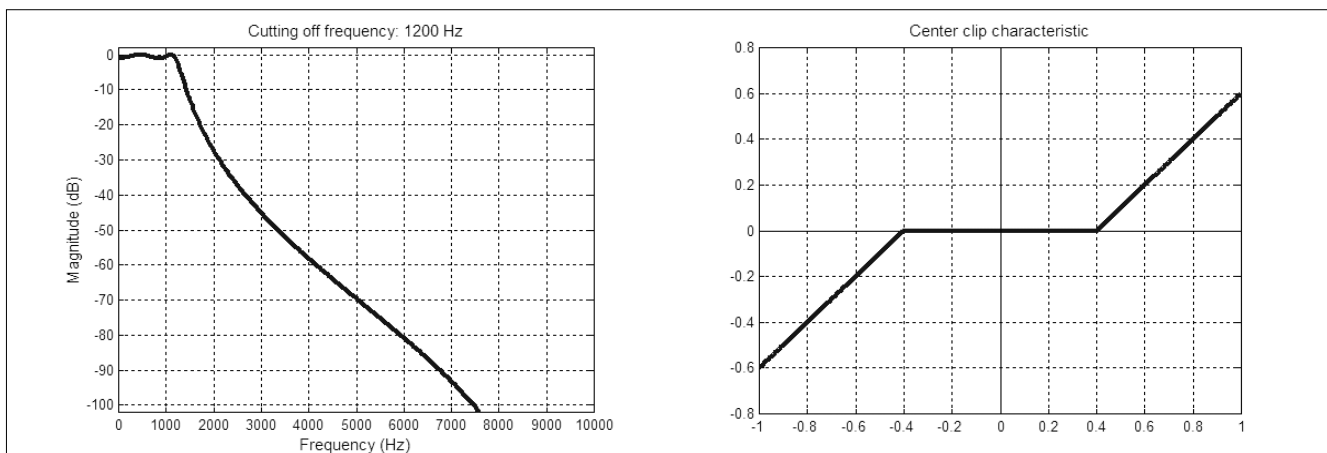
A 2, 3. és 4. ábrák (a következő oldalon) mutatják a preprocessorunk működését. A 4. ábrán látható, hogy a módszerünk növeli a jel periodikusságát a zöngés szegmentumon (az ACF nagyobb lesz az alapperiódus időnél), ugyanakkor nullává válik a kimenet a zöngétlen. Ez az effektus jelentősen javítja az automatikus V/UV döntés esélyeit.

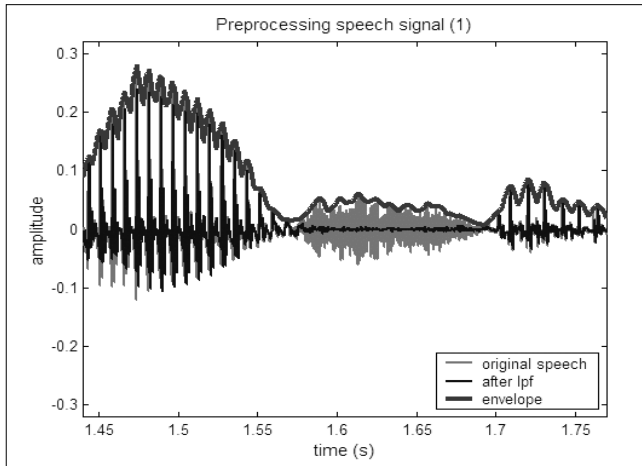
## 3. A basic extractor

A PDA-nak ez a része először a beszéd ablak autokorreláció függvényét számítja ki, majd az algoritmus az ACF „legjobb” csúcsát keresi meg. Az ACF értéke a kiválasztott csúcsonál, mint a periodicitás egy mértéke a zöngesség detektálására szolgál, a csúcs eltolási ideje pedig a periódus időt becsli. De hogy találjuk meg a „legjobb” csúcsot? Amint azt a későbbiekben látni fogjuk, a „legjobb” lokális maximum koránt sem feltétlenül globális is egyben.

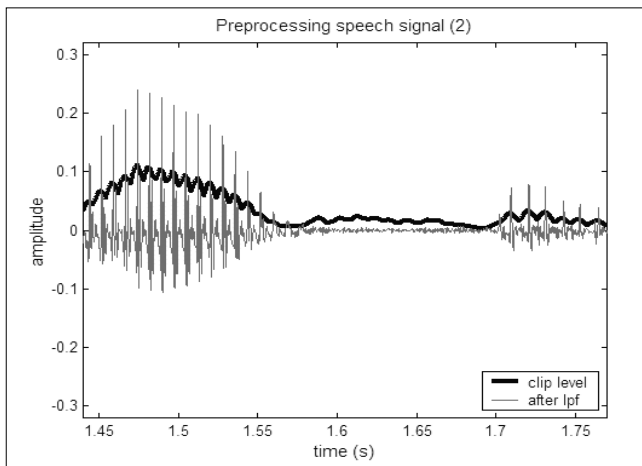
Előjáróban megjegyezzük, hogy az összes itt leírt képletben az idő dimenziójú változók és konstansok ( $\tau$ ,  $t$ ,  $u$ ,  $W$ ) másodpercben értendők, a beszédjel kezelése analóg: integrálokkal, folytonos idővel és amplitúdóval. Az amplitúdót a rendszerben feldolgozható maximális amplitúdó arányában jelöljük:  $-1.0 \leq x(t) \leq 1.0$ . A fenti jelölésekkel biztosítjuk a tárgyalás függetlenségét a mintavételi frekvenciától és bit-mélységtől.

1. ábra Az előfeldolgozóban alkalmazott alul-áteresztő szűrő és a center clip karakterisztikája

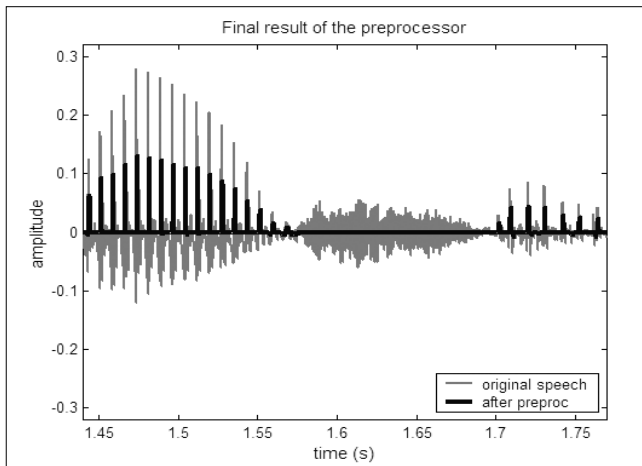




2. ábra Az eredeti beszédjel a burkolójával és a szűrt jel



3. ábra A szűrt jel és a változó középre vágási szint



4. ábra Az eredeti beszédjel és a preprocessor kimenete

Konkrét alkalmazásban a mintavételi frekvencia és a minták számbraázolása ismeretében formuláink könnyen a megfelelő digitális változatra konvertálható.

A rövid távú autokorrelációnak a jelfeldolgozásban gyakran használt „rézsútós” (biased) definíciója helyett de Cheveigné [5] javaslata alapján annak „egyenes” (unbiased) definícióját használjuk, majd az ACF-et mesterségesen lejtőssítjük. ( $W$  az ablak hossza, a vizsgálat során 32 ms-t használtunk)

$$r_i(\tau) = \frac{\int_{t-W/2}^{t+W/2} x(u)x(u-\tau)du}{\int_{t-W/2}^{t+W/2} x(u)^2 du} \quad (\tau, t, u, W \text{ szekundumban}) \quad (1)$$

és a mesterséges lejtés

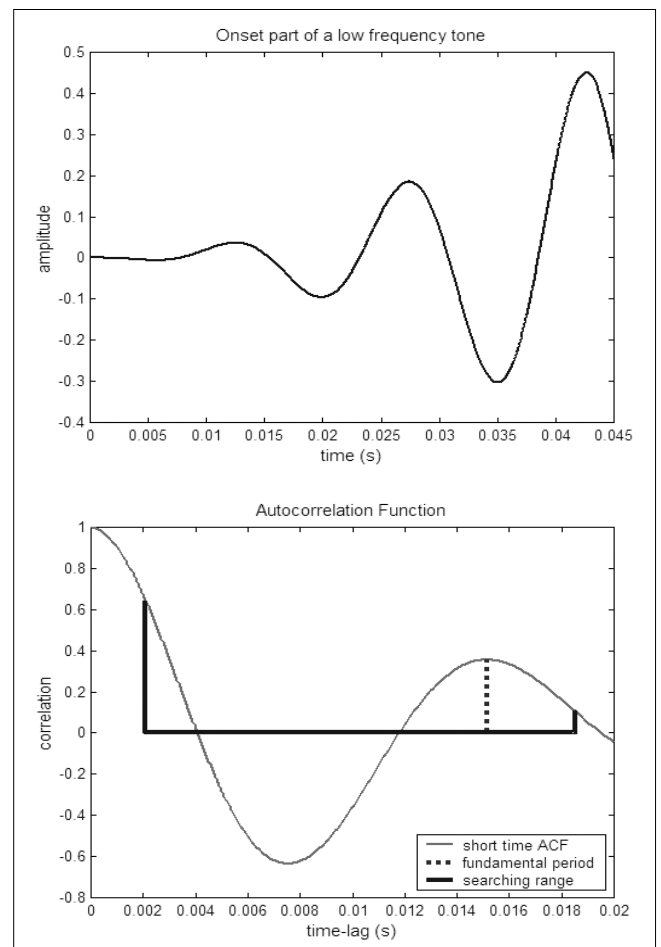
(a  $gr$  tényezővel szabályozhatjuk az erősségét):

$$r_i^{biased}(\tau) = r_i(\tau) \cdot (1 - gr \cdot \tau) \quad (2)$$

Az ACF lejtése oktáv tévesztés elkerülése miatt fontos, így a tényleges alapperiódusnak előnyt biztosíthatunk a többszöröseivel szemben. A „rézsútós” definíció a lejtést automatikusan biztosítja, de ennek mértéke kizárólag  $W$ -tól függ. A mesterséges lejtéssel az ablak hossz és a „lejtőszög” külön-külön hangolható.

Mélyhangok kezdeti szakaszán az ACF maximuma gyakran a keresési intervallum szélére esik. Ez a jelenség okozza az „F0 a felső limiten” típusú hibákat, melyre az 5. ábrán láthatunk egy példát.

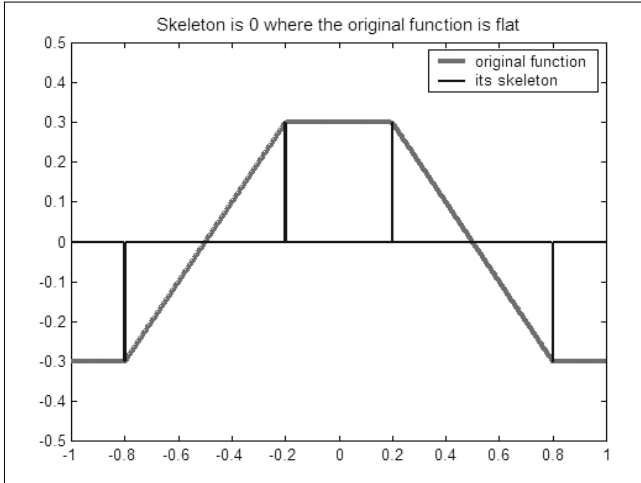
5. ábra  
Egy alacsony frekvenciás (67 Hz) hang kezdeti szakasza és annak autokorrelációja. Az ACF nagyobb értéket vesz fel a keresési tartomány szélén, mint az alapperiódus időnél.



Megoldási javaslatunk a problémára a „halszálka” módszer, a szkeleton függvény alkalmazása. Egy függvény szkeletonja a függvény értékét veszi fel annak lo-

kális szélső értékeinél és nullát egyébként. Itt a céljainknak a lokális szélső érték szigorú és nem szigorú definíciói közötti átmenet felel meg. A 6. ábra mutatja értelmezésünket.

6. ábra  
A szkeleton függvény 0, ahol az eredetije vízszintes



Definíció:  $f : \mathbf{R} \rightarrow \mathbf{R}$  valós függvénynek lokális szélső értéke van  $x$ -ben, ha  $f$  nem szigorúan monoton és nem sík  $x$ -ben.

Definíció:  $g = \text{skeleton}(f)$  akkor és csak akkor

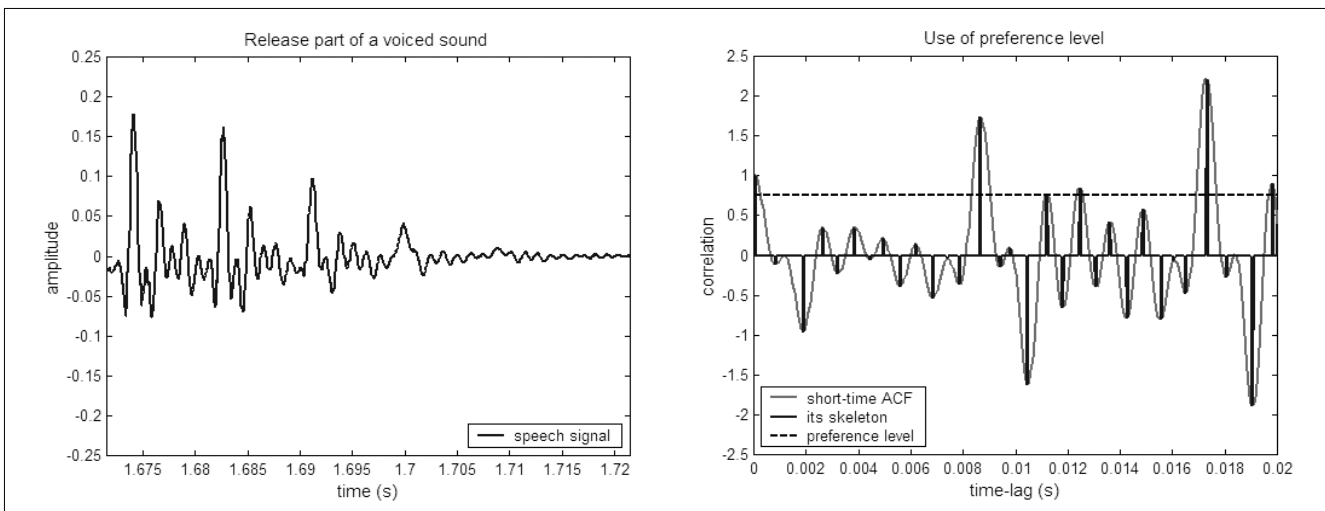
$$g(x) = \begin{cases} f(x) & \text{ha } f\text{-nek lokális szélső értéke van } x\text{-ben,} \\ 0 & \text{egyébként} \end{cases} \quad (3)$$

A mesterséges lejtés ellenére a tisztán zöngés hangok elhalkuló végein az ACF hajlamos a tényleges alapperiódus idő többszöröseinél egyre növekvő csúcsokat mutatni, amint az a 7. ábrán látható.

Ez a jelenség csak olyankor fordulhat elő, ha az ACF a periódus időnél 1-hez közeli vagy afölötti értéket vesz fel. Ezért a probléma megoldására egy preferencia szint bevezetését javasoljuk.

Az algoritmus válassza az első csúcsot, ami a preferencia szintet meghaladja. Ha ilyen nincs, akkor a legmagasabb csúcsot.

7. ábra Egy magánhangzó elhalkuló vége és annak autokorrelációja



Mi tapasztalati alapon 0,75-öt használtunk preferencia szintként.

Összegezve a basic extractor algoritmusunk lépései a korrekt végrehajtási sorrendben a következők:

Step 1: Az ACF kiszámítása (1) szerint.

Step 2: Szájkasztás:

$$sr_l(\tau) = \text{skeleton}(r_l(\tau))$$

Step 3: A keresési tartomány korlátozása (limited skeleton):

Legyen  $[F0_{\min}; F0_{\max}]$  a keresési intervallum,

$$sr_l(\tau) = \begin{cases} -0.5 & \text{ha } \tau < 1/F0_{\max} \\ sr_l(\tau) & \text{ha } 1/F0_{\max} \leq \tau \leq 1/F0_{\min} \\ -0.5 & \text{ha } \tau > 1/F0_{\min} \end{cases} \quad (4)$$

Step 4: Mesterséges lejtés:

$$sr_l^{biased}(\tau) = (1 - gr \cdot \tau) \cdot sr_l(\tau) \quad (5)$$

ahol  $gr = 1,75$

Step 5:  $F0$  becslés.

Step 5/a: Preferencia szint alkalmazása:

$$\tau^* = \min\{\tau : sr_l^{biased}(\tau) \geq 0.75\} \quad (6)$$

Step 5/b: Ha 5/a sikertelen,

válasszuk a legmagasabb csúcsot:

$$\tau^* = \arg \max_{\tau} \{sr_l^{biased}(\tau)\} \quad (7)$$

ekkor az alapfrekvencia:

$$F0^* = \frac{1}{\tau^*} \quad (8)$$

Step 6: A V/UV döntési paraméter:

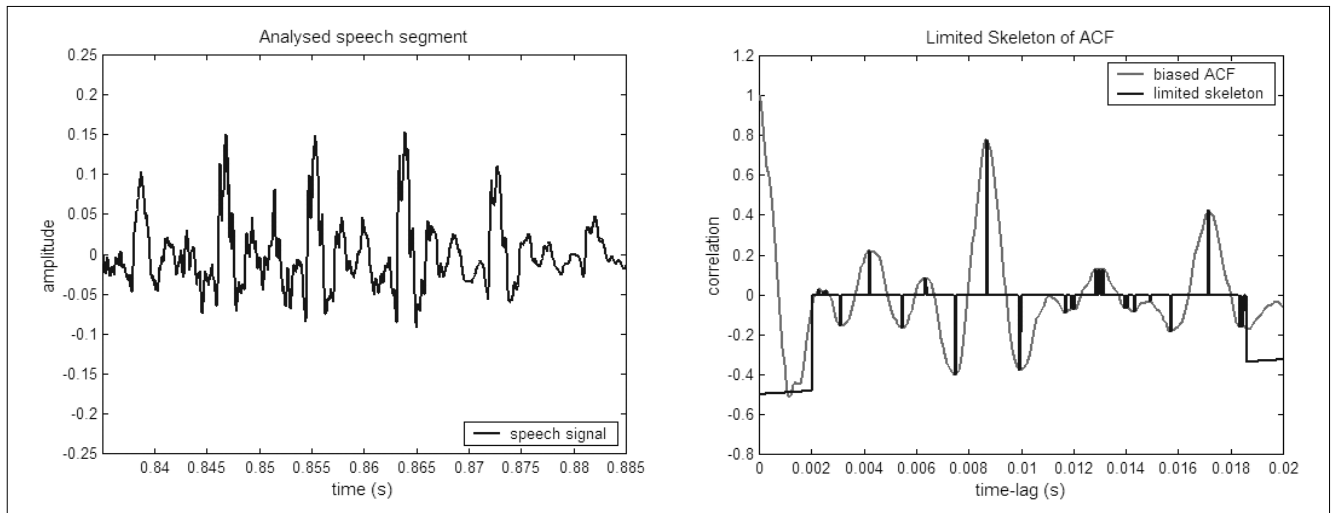
$$rm_t = sr_l(\tau^*) \quad (9)$$

az „egyenest” (unbiased)

korlátozott (limited) szkeletonból

A 8. ábra (a következő oldalon) mutatja az algoritmus működését.





8. ábra Az srl (limited skeleton) maximuma mutatja a beszéd ablak alapperiódusát

#### 4. Zöngés-zöngétlen megkülönböztetés

Zöngesség detektorunk  $rm_t$  paramétert (9) használja döntése meghozatalában, valamint a jel energia logaritmusát:

$$p_t = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{1}{W} \int_{t-W/2}^{t+W/2} x(u)^2 du \right) \quad [\text{dB}] \quad (10)$$

A definícióból következik, hogy a maximális amplitúdójú négyzetjelre  $p_t = 0$  dB.

Ezek után a VDA egyszerűen összehasonlítja a paramétereket egy-egy küszöbvel. A zöngesség indikátor függvény pedig:

$$\text{voicing}(t) = \begin{cases} 1 & \text{ha } (rm_t > rmth) \& (p_t > pth) \\ 0 & \text{minden más esetben} \end{cases} \quad (11)$$

Ahol  $rmth$  és  $pth$  a küszöbök.

A kulcskérdés a továbbiakban a küszöbök optimális megválasztása.

A hangolási folyamatot egybe kötöttük a döntési hibarány kiértékelésével. A kiértékelésre szolgáló adatbázist két részre osztottuk: az egyik felén a betanítást, a másik felén az ellenőrzést végezzük. Tanításkor a küszöbököt optimaljuk az adatbázis első felén, a másik felén pedig ellenőrizzük a VDA-t az optimált küszöbökkel. Természetesen az adatbázis két fele nem tartalmazhat közös részt, ez meghamisítaná a kiértékelést. A tanító és a teszt halmazba vegyesen tettük a női és férfi beszéd felvételeket, hogy az optimalizáció lehető legnagyobb beszélőfüggetlenséget biztosítsa.

A döntési paramétereket a teszt során  $W = 32$  ms ablakhosszal nyertük ki. Az  $F_0$  keresési tartomány 55 és 480 Hz között volt.

A 9/a. ábra mutatja a paraméterek eloszlását a tanító halmazon. A világos pontok jelölik a zöngés, a sötétek a zöngétlen szakaszokból származó paraméter párokat. A köztük haladó egyenes vonalak a kétküszöbös döntési módszert (11) ábrázolják. A vonalakon túlra tévedt sötét és világos pöttyök mutatják, hogy ez a módszer sem tökéletes.

A kétváltozós várható hibarány felület az eloszlásokból származik. A felület értéke az  $(x,y)$  pontban azt jelenti, hogy  $rmth=x$  és  $pth=y$  küszöbököt választva ennyi a V/UV tévesztés aránya a tanító halmazon. A felület mélypontja jelöli az optimális küszöbököt. A 9/b. ábrán látható a várható hibarány felület.

Az optimált küszöbök:  $pth = -55,2$  dB és  $rmth = 0,23$ . A hibafelület értéke ebben a pontban 1,95%. A kapott küszöbököt teszteltük az adatbázis másik felén és a V/UV tévesztési arány: **2,13%**.

Ezt mint végeredményt tekinthetjük, ez az algoritmusunk teljesítménye.

#### 5. Összegzés

Áttekintve az algoritmusunkat úgy látjuk, három jó rész-megoldás játszott kulcsszerepet a 2,13%-os hibarány elérésében.

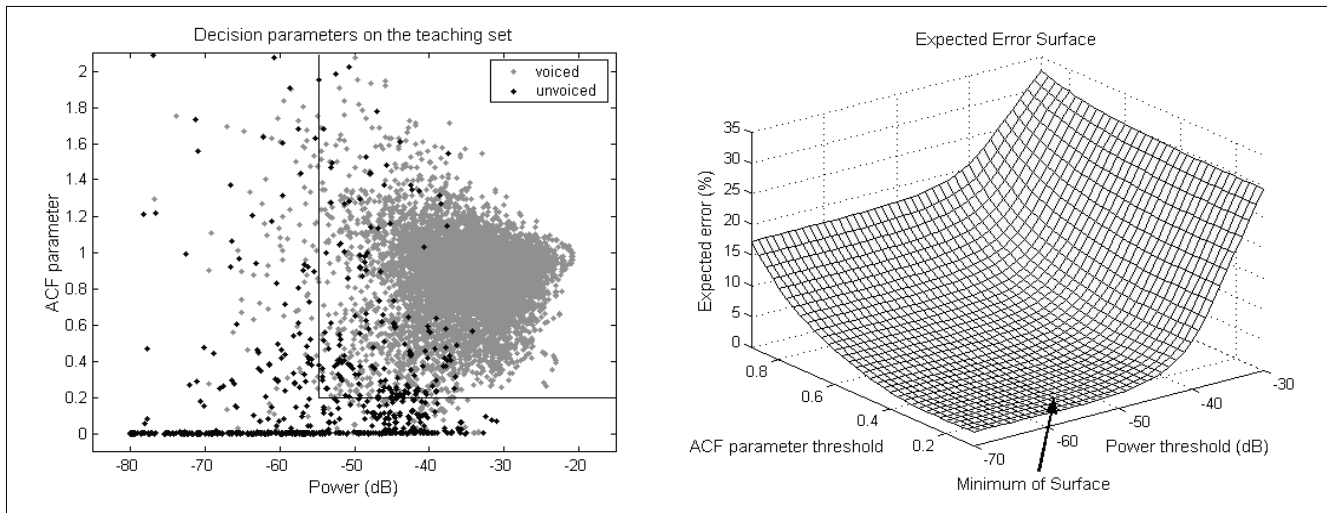
Az első az aluláteresztő szűrés kombinálása a center clippel, a másik szkeleton függvény használata a basic extractorban, a harmadik pedig a jel energia figyelembe vétele a zöngesség meghatározásban. A jel energia sokkal jobban jelzi a zöngét, ha azt az előfeldolgozó után mérjük, mintha az eredeti beszéden. Az algoritmus precíz megfogalmazása és a korrekt végrehajtási sorrend szintén lényeges.

#### 6. A kiértékelés adatbázisa

Algoritmusunkat a Fundamental Frequency Determination Algorithm (FDA) elnevezésű beszéd adatbázison ellenőriztük. Ezt a University of Edinburgh egyetem Centre for Speech Technology Research intézetében készítették. A szerzője Paul Christopher Bagshaw.

Az adatbázis letölthető az Internetről, az alábbi címen: <http://www.cstr.ed.ac.uk/~pcb/fda-eval.tar.gz>

Hét percnyi beszédet tartalmaz. 50 angol mondat, mindegyik egy férfi és egy női beszélő elmondásában.



9. ábra a) A döntési paraméterek eloszlása, b) Várható hibaarány felület

A teljes idő 37%-ában zöngés szegmentumok és 63%-ban zöngé nélküliek (zöngétlen mássalhangzó és beszédzúnet együtt). A beszédet laryngográf jellel szinkronban vették fel. Ez alapján címkézték a zöngés és zöngé nélküli szegmentumokat.

### Köszönetnyilvánítás

A szerző szeretné köszönetét kifejezni témavezetőjének, Dr. Takács Györgynek az irányítatásáért és segítségéért, a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai Kar doktori iskolája vezetőinek a bizalomért és a támogatásért, valamint Dr. Lajtha Györgynek a segítségéért.

### Irodalom

- [1] B. S. Atal and L. R. Rabiner: "A Pattern Recognition Approach to Voiced-Unvoiced-Silence Classification with Applications to Speech Recognition" IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, Vol. ASSP-24, pp.201–212., 1976.
- [2] B. S. Atal and L. R. Rabiner: "Voiced-unvoiced decision without pitch detection" J. Acoust. Soc. Am., Vol. 58, 1975.
- [3] P. C. Bagshaw: Automatic prosodic analysis for computer aided pronunciation teaching PhD Thesis, University Edinburgh, 1994.
- [4] P. C. Bagshaw, S. M. Hiller and M. A. Jack: "Enhanced pitch tracking and the processing of F0 contours for computer aided intonation teaching" Proc. 3rd European Conf. on Speech Comm. and Technology, Vol. 2, pp.1003–1006., Berlin, 1993.
- [5] A. de Cheveigné and H. Kawahara: "YIN, a fundamental frequency estimator for speech and music" Journal Acoust. Soc. Am., Vol. 111., Apr. 2002.
- [6] J. R. Deller, J. H. L. Hansen and J. G. Proakis: Discrete-Time Processing of Speech Signals, Macmillan, New York, 1993.
- [7] W. A. Hess: Pitch Determination of Speech Signals, Berlin, Springer-Verlag, 1983.
- [8] L. R. Rabiner: "Evaluation of a statistical approach to voiced-unvoiced-silence analysis for telephone quality speech" Bell Syst. Tech. Journal, Vol. 56, pp.455–482., 1977.
- [9] L. R. Rabiner: "On the Use of Autocorrelation Analysis for Pitch Detection" IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, Vol. ASSP-25, pp.24–33., 1977.
- [10] L. R. Rabiner, M. J. Cheng, A. E. Rosenberg and C. A. McGonegal: "A Comparative Performance Study of Several Pitch Detection Algorithms" IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, Vol. ASSP-24, pp.399–418., 1976.
- [11] L. R. Rabiner and R. W. Schafer: Digital Processing of Speech Signals, Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ, 1978.
- [12] L. S. Smith: "A Neurally Motivated Technique for Voicing Decision and F0 Estimation for Speech" Centre for Cognitive and Computational Neuroscience, Tech. Report, Vol. CCCN-22, University Stirling, Scotland, 1996.

# Korpusz-alapú beszédszintézis rendszerek megvalósítási kérdései

NAGY ANDRÁS, PESTI PÉTER, NÉMETH GÉZA, BÖHM TAMÁS

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Távközlési és Médiainformatikai Tanszék  
nagy.a@alpha.tmit.bme.hu, pesti@alpha.tmit.bme.hu

Reviewed

**Kulcsszavak:** mesterséges beszéd, beszédminőség, mintaelőállítás-korpusznagyság

A cikkünkben áttekintjük a korpusz-alapú rendszerek legfontosabb tervezési kihívásait, megoldási javaslatokat kínálva az egyes részproblémákra. Bemutatjuk kezdeti kísérleteinket is, majd ennek segítségével értékeljük a koncepció képességét. A cikk lezárásaként ismertetjük teszteredményeinket, összefoglaljuk az elvégzett munkát és szólunk az előttünk álló tervezési és fejlesztési feladatokról.

## 1. Bevezetés

A távközlési, informatikai és média technológiák napjainkban tapasztalható konvergenciájának és integrációjának köszönhetően a világ az információs társadalom felé halad. Ebben a változásban az egyik nagy hatású lépés – a hálózatok, a mobilitás és a számítógépek fejlődése mellett – az ember-gép kapcsolat átalakulása, amiben a beszédtechnológia, így a beszédszintézis is alapvető szerepet játszik.

Az utóbbi néhány évben kezdett megfogalmazódni egy új koncepció, amit korpusz-alapú beszédszintézisnek nevezünk [1]. Az elképzelés alapötletét az az általánosan elfogadott elv adja, hogy egy hullámforma-összefűzésen alapuló beszédszintézis rendszer működésének minőségét döntően az összefűzések száma határozza meg. Minél hosszabb elemekből állítjuk elő a szintetizált szöveget – az összefűzési pontok számának csökkenése miatt – annál jobb lesz az elért minőség. Az ideális tehát az lenne, ha minden lehetséges felolvasandó szöveg, de legalábbis minden lehetséges mondat szerepelne elemként a rendszer adatbázisában. Természetesen ez a gyakorlatban kivitelezhetetlen, ezért rövidebb egységeket vesznek fel az adatbázisba azzal a céllal, hogy nagy valószínűséggel hosszú elemekből legyen összefűzhető a kimenet. A rendszer rugalmassága érdekében pedig rögzített elemhossz helyett változó hosszúságot érdemes alkalmazni [2].

A fentiek alapján külföldön már készült néhány korpusz-alapú beszédszintetizátor a világnyelvekre [2], magyar alkalmazással azonban eddig még nem találkoztunk. Munkánk célja tehát – felhasználva a korábbi megoldások [3,4,5] tapasztalatait – egy ilyen modern beszédszintézis rendszer kifejlesztése. Mivel egy ilyen komplex szoftver létrehozása több éves feladat, ezért először egy könnyebben tervezhető, kötött tárgyterületű, időjárás-jelentéseket felolvasó rendszert alakítunk ki, majd ezt kibővívve szeretnénk eljutni a minél szélesebb – lehetőleg kötetlen – tárgyterületű rendszerig.

Jelen cikkünk ezen kutatási-fejlesztési folyamat első fázisáról számol be.

## 2. Korpusz-alapú rendszerek tervezési kérdései

Az alábbiakban rövid betekintést nyújtunk a korpusz-alapú rendszerek tervezési problémáiba, ismertetjük az általunk elvégzett vizsgálatokat és az egyes részproblémák lehetséges megoldásait.

### 2.1. Bemondó kiválasztása

A szintézis szempontjából rendkívül fontos, hogy a korpusz különböző pontjairól kivágott hullámformadarabok minél pontosabban illeszkedjenek egymáshoz. Ennek biztosítására szolgál az elem-kiválasztási algoritmus, emellett azonban nagy jelentősége van annak is, hogy a beszélő mennyire képes a szöveget végig hasonló prozódiaival bemondani.

Alapvető követelmény például, hogy a bemondás közben a beszélő hangjának alapfrekvenciája ne változzon túl tág határok között. Természetesen ezt jelfeldolgozás segítségével utólag is lehet módosítani, de ez rontja a szintézis minőségét. Ezért meghatároztunk olyan követelményeket, amelyeket egy bemondótól elvárunk. Ezek a követelmények a tiszta artikuláció, a kellemes hangszín, a konzisztencia (annak vizsgálata, hogy az egyes bemondásokon belül, illetve a különböző bemondások alkalmával mennyire hasonlóan ejtette az adott bemondó ugyanazokat a hangokat) és az elérhetőség (hozzáférhető-e az adott bemondótól megfelelő mennyiségű hanganyag) voltak. A felállított követelmények alapján a legmegfelelőbb bemondót több lépésben választottuk ki.

A Magyar Rádió honlapján elérhető archívumból le-töltöttük az ott elérhető rádiók (Kossuth, Bartók, Petőfi) két teljes napi anyagát. A hanganyagok óras bontásban, RealAudio formátumban voltak elérhetőek, azonban minőségük részletes akusztikai vizsgálatok elvégzéséhez nem volt elegendő. A hanganyagokat többször meghallgatva kigyűjtöttük az egyes bemondókra jellemző jegyeket. Ezeket összehasonlítva egymással és a kezdetben specifikált követelményekkel, elkészítettük az általunk legjobbnak tartott bemondók listáját.

A kiválasztott bemondókkal kértünk a Magyar Rádiótól jó minőségű hanganyagokat. A kapott hangfájlok már alkalmasak voltak mélyebb vizsgálatokra is. A két alapvető paraméter az alapfrekvencia és az intenzitás volt. Vizsgáltuk ezek értékét az időskálán, az értékek átlagát és az átlag körüli szórását. A vizsgálatok alapján választottuk ki a legjobbnak ítélt bemondót.

## 2.2. Elemkiválasztás vizsgálata

A korpuszos szintézis kulcs-gondolata, hogy a szintetizálás során összefüzendő elemekből több példány is rendelkezésre áll, így lehetőség van egy adott mérték szerint megfelelő elem kiválasztására. Míg a diád-összefüztéses szintézis esetében az egyetlen tényező a diádok fonetikai címkéinek egyezése, addig a korpuszos megoldásnál több szempont mérlegelhetünk, egy összetett költségfüggvény alkalmazásával.

A szintetizálendő beszédrészlet és a kiválasztott elem egyezését megadó mértéket cél-egyezési költségnek (*target cost*) nevezzük [1].

A szintetizált beszéd természetességét erősen befolyásolja az összefüztött elemek illeszkedése. Ezt az összefüztési költséggel (*concatenation cost*) fejezzük ki. Két, az eredeti bemondásban is egymás mellett álló beszéddarab összefüztési költsége definíció szerint nulla, hiszen a kettévágott beszéd eredeti természetességében újra összeállítható.

Az egyezés vagy illeszkedés vizsgálatára hang, szótag, szó és prozódiai egység (pl. részmondat) szinten határozunk meg jellemzőket. Rendszerünkben a beszéd akusztikai jellemzőit (pl. hangmagasság, formánszerkezet) egyelőre nem használjuk, mivel a nyelvi jellemzők (pl. hangsúly, mondat modalitása) eddigi vizsgálataink szerint lényegesen nagyobb diszkriminatív erőt képviselnek. A címkékkel ellátott hangkorpusz alapján megállapítható egy beszédrészlet illeszkedése a korpusz bármely részéhez, valamint a kiválasztott egymás utáni elemek illeszkedése, az egyes tényezők megfelelő súlyának beállítása után.

A súlyok beállítása meghallgatásos teszt és módosítás fázisokból álló iterációval lehetséges. A hangok fonéma-egyezése nem abszolút követelmény, így lehetőség van arra, hogy azonos osztályba sorolt beszédhangok helyettesítsék egymást, ha az összefüztési költség ezzel jelentősen lecsökken. Ezen megoldás hasznosságának magyarázata, hogy a pontatlan beszédhang a környezetbe való jó illeszkedés miatt a hallgató személy számára akár észrevétlen is maradhat (például hangsúlytalan esetben).

A kiválasztást az elemek illeszkedése miatt nem elegendő elemenként végezni. Célunk az előállított szintetizált beszéd teljes minőségének optimalizálása, amire egy Viterbi-algoritmushoz [6] hasonló módszert alkalmazhatunk. A mondathatárokon átívelő akusztikai és nyelvi hatások elhanyagolhatók, ezért a szintetizálni kívánt beszédrészlet a teljes mondat. A minimalizálendő a cél-egyezési és összefüztési költségek összege a teljes mondatra, minden lehetséges elem-választási kombinációra.

## 2.3. Elemméret megválasztása

A korpuszos szintézis sajátossága, hogy nem csupán a beilleszteni kívánt beszédelemről, hanem annak hosszáról is dönteni kell [6,7]. Amennyiben a használt összefüztési költségfüggvény az előző alfejezetben ismertetett elvárásoknak megfelelően zérus értékű két olyan elemre, melyek a beszédkorpuszban egymás mellett helyezkednek el (a bemondás során együtt fordultak elő), akkor a költségfüggvény minimalizálása implicit módon az elem hosszának meghatározását is jelenti.

Ez a megközelítés azonban a gyakorlatban nem alkalmazható. A beszédszintetizátort korlátozott, de nem zárt tartományra terveztük, vagyis a céltartomány ismerete nem zárja ki új szavak előfordulását (például tájegységek nevei). Ahhoz, hogy tetszőleges szó szintetizálása lehetséges legyen, a rendszernek képesnek kell lennie alapelemekből való építkezésre, azaz diádos és/vagy triádos elvű szintézisre. Amennyiben az elemhossz megválasztását a költségfüggvénytől várjuk, az elemek szükségszerűen az alapelemek (például diád vagy triád). Ekkor a keresési tér akár több millió elem méretű is lehet, így a megfelelő elem megtalálása (és végeredményben a teljes szintézis) túlságosan hosszú ideig fog tartani.

Egy lehetséges megoldás az elemek akusztikai csoportosítása (*acoustic clustering*, AC, [8]) úgy, hogy az egy csoportba sorolt elemeknek a cél-egyezési költségfüggvény által megadott távolsága minimális legyen. A csoportosítás a beszédkorpusz címkézésekor (offline módon) elvégezhető, szintéziskor pedig a besorolás a keresési tér leszűkítésére használható. A megközelítés előnye, hogy a csoportosítást nem köti adott jellemzőkhöz.

Egy másik megközelítésben a hosszabb elemek (pl. szókapcsolat, szó, szótag) a beszéd-adatbázisban jelölve vannak és közvetlenül kiválaszthatók [9,10]. A PSM (*Phonological Structure Matching*, [8]) algoritmusban először a magasabb szinten lévő (így hosszabb) elemek közt keresünk beillesztésre alkalmasat. Sikertelenség esetén a következő alacsonyabb szintre lépünk. Legrosszabb esetben (pl. új szó esetén) a legalsó, diád- vagy triád-szint elemeiből építkezünk.

Az így megvalósított PSM-ben továbbra is gondot jelent a legalsó szint elemgazdagsága. Éppen ezért rendszerünkben a szegmens szint alatt az akusztikai csoportosítást (AC) alkalmazzuk diád méretű elemekre, míg a szegmens szint felett a PSM algoritmus végzi az elemméret megválasztását [8,11].

A beszédkorpuszban ennek értelmében minden lehetséges diádnak legalább egyszer szerepelnie kell. Ennek biztosítására a felolvasandó szövegtestet két részre osztjuk, melyeket eltérő szempont alapján állítunk össze. Az egyik rész biztosítja a céltartomány statisztikai jellemzői alapján megállapított gyakori szavak, szókapcsolatok fedését, és lehetővé teszi minél hosszabb elemek kiválasztását összefüztéshez. A másik rész a hangkapcsolatok fedését biztosítja a diádos szintézishez.

#### 2.4. Adatbázis-tervezési kérdések, statisztikai vizsgálatok

A korpusz-alapú rendszerek minőségét alapvetően befolyásolja annak a beszédtestnek a megalkotása, amiből azután az elemkiválasztó algoritmus a szintézis során a szükséges, változó hosszúságú elemeket előállítja [8,12]. Ahhoz, hogy az elemkiválasztás hatékonyan megvalósulhasson, elengedhetetlen egy jól átgondolt, kellően strukturált adattárolási megoldás. Figyelni kell továbbá arra is, hogy a tervezés és megvalósítás során létrejött adatbázisban az esetlegesen szükséges későbbi bővítések a konzisztencia veszélyeztetése nélkül elvégezhetőek legyenek.

A gondos korpusztervezéshez megoldandó egy jól meghatározott, optimális méretű elemhalmaz kialakítása, amit az adatbázis tárolni fog. Az optimalitás jelen esetben azt jelenti, hogy összhangot kell találni a minőségi igényekből adódó nagy elemszám, és a teljesítményszempontok alapján elvárt kis elemszám között.

A fentiek alapján egy – méretben és összetételben – ideális elemhalmaz meghatározásának megkönnyítése érdekében statisztikai vizsgálatokat végeztünk. A vizsgálatok alapját egy folyamatosan bővülő adatbázis adja, amelyet az Interneten található időjárás-jelentések felhasználásával állítottunk elő. Az adatbázisban szóalakokat, illetve szóalak-párokat tárolunk, így az elvégzett statisztikai vizsgálatok szóalakokra, szóalak-párookra, illetve általános statisztikai tulajdonságra (például mondatok száma, modalitása) terjednek ki. Fejlesztés alatt van egy szótag-alapú adatbázis is.

Az adatbázis fő táblája tartalmazza a szóalakokat. Ebben minden szó rendelkezik egy azonosítóval, típpal (szó, szám, rövidítés, előjel, írásjel), valamint tároljuk a szót megelőző és követő szó indexét, a szóalak mondatban elfoglalt pozícióját, a szóalakot tartalmazó mondat szövegbeli helyzetét. A szóalak mondatbeli pozíciójára kétfajta – számszerű és szerkezetre utaló – információt is rögzítünk. Előbbi azt jelenti, hogy megadtuk, hogy a szó hányadik helyen van a mondatban, utóbbi pedig azt, hogy a kérdéses alak a mondat elején, végén, vessző előtt, után vagy felsorolásban van-e. Természetesen az is lehetséges, hogy az adott szóalak egyszerre több kategóriába is tartozzon.

Mielőtt rátértünk volna a tényleges statisztikai vizsgálatokra, létrehoztunk egy rövidítéseket és azok feloldását tartalmazó adattáblát, amiben minden ilyen párhoz tároltuk annak gyakoriságát is. Elkészítettük továbbá a tipikus helyesírási hibákat tartalmazó szavak listáját, minden helytelenül írt szó mellett jelölve a helyes alakot és a hiba előfordulási gyakoriságát is. Ezen táblák létrehozása bizonyos szintű automatizálással, de döntően kézi módszerekkel történt. A gyakorlatban ez úgy történt, hogy a rövidítések esetén bizonyos szabályszerűségeket kerestünk – például hogy a három betűs, kizárólag mássalhangzókból álló szavak nagy valószínűséggel rövidítések – és ezeket felhasználva készítettünk egy listát, amit utána kézi módszerekkel pontosítottunk, a helyesírási hibák esetén pedig külső helyesírási-ellenőrző programot használtunk fel.

Vizsgálataink alapján az adatbázisban előforduló leggyakoribb hibaforma az ékezethiba volt. A rövidítés- és hibalista segítségével aztán elvégeztük a szöveg korrekcióját. Érdemes megjegyezni, hogy ezek a táblák a későbbiekben is segítséget nyújthatnak a bővítések során bekerülő új időjárás-jelentések automatikus javításában.

A húsz forrás (pl. <http://www.met.hu>) 2004 áprilisa és októbere közötti időjárás-jelentéseiből készített, fentiek alapján módosított táblában 14 ezer mondatban összesen 181 ezer elem – szó, szám, rövidítés, előjel és írásjel – szerepel. (Előjel a „+” és a „-” jel, valamint a „plusz” és „mínusz” szavak). Ebből 140 ezer szó (3300 különböző szóalak), 10 ezer szám, a többi pedig írásjel és előjel. Gyakorlatilag minden mondat kijelentő, kérdő egyáltalán nem fordult elő, felkiáltó pedig kevesebb, mint tíz. A mondatonkénti átlagos szószám (a számokat is beleszámolva) 10,7 karakter. A szavak átlagos hossza valamivel hat betű feletti, ami – figyelembe véve, hogy a leggyakoribb szavak listáját toronymagasan vezető határozott névelők hossza egy vagy két betű – meglepőnek tűnhet. A magyarázat főként az időjárás-jelentéssel kapcsolatos gyakori kifejezések átlagosnál nagyobb hosszában keresendő (például „hőmérséklet”, „várható”, „csúcsértéke”, „felhőzet”). A leghosszabb szó 23 betűből áll („hőmérséklet-csökkenéssel”). Itt érdemes megjegyezni, hogy a kötőjeles szavakat egy szónak tekintettük (pl. „Dél-Dunántúl”).

Készítettünk továbbá egy, a szóhosszak eloszlását tartalmazó táblát is. Vizsgálataink alapján a hat és tíz hosszúság közötti szavakból van a legtöbbször (megjegyezzük, hogy a továbbiakban a szó és szóalak kifejezések alatt kizárólag tényleges szavakat értünk, számokat és írásjeleket nem).

Vizsgáltuk továbbá a szavak gyakoriságát is. A készített tábla egyik oszlopa az adott alakhoz tartozó fedési százalékot is tartalmazta. A lista *k*-adik szava esetén a fedési százalék azt fejezi ki, hogy ha egy olyan adatbázist készítenénk, ami gyakoriság szerint az első *k* szóalakot tartalmazná, akkor ez a kapott „korpusz” az időjárás-jelentéseink összes szavának a fedési százalék szerinti aránya. Vizsgálataink alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a leggyakoribb tíz szó segítségével 28%-os fedés érhető el (azaz a leggyakoribb 10 szó teszi ki a teljes szövegtörzs 28%-át). Ötszáz szó esetén 91%-os, míg 2000 felhasználásával 99%-os a fedési százalék. Általános tárgyterületű korpusz esetében a 90%-os szint eléréséhez 70 ezer szóalakra van szükség [13]. Amint rendelkezésünkre áll megfelelő mennyiségű adat, eredményeinket pontosítjuk és a kapott új értékeket összehasonlítjuk a korábbiakkal.

Az 1. és 2. ábrán összehasonlítóképpen közöljük a kötött és az általános tárgyterületű rendszer esetében kapott fedési diagramokat.

Figyelembe véve, hogy egy adott szóalaktól többfajta környezetnek megfelelő változatra is szükség van, ennél a számnál a megvalósítandó korpuszban lényegesen több elem lesz, hiszen például máshogy kell ej-

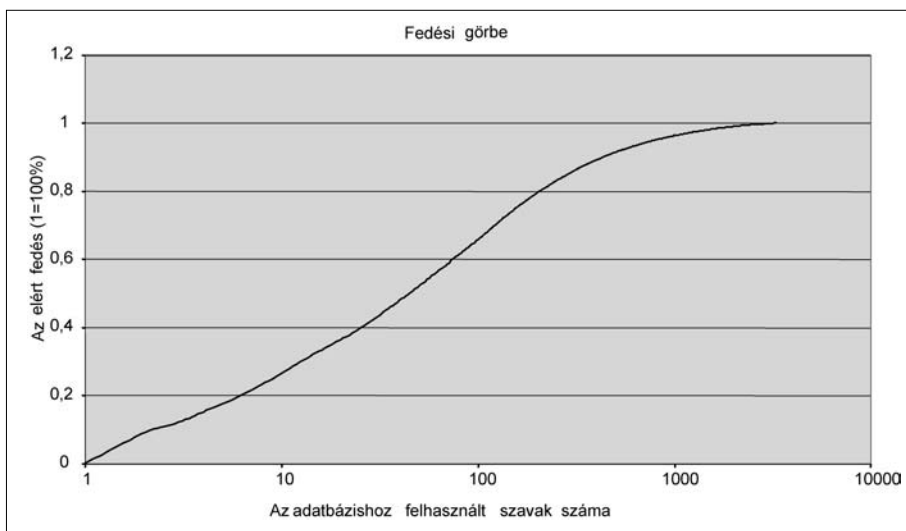
teni egy szót a környező hangoktól vagy a mondatbeli pozíciótól függően. Éppen ilyen megfontolások miatt tartottuk fontosnak egy olyan statisztika elkészítését, amely a szavak gyakoriságát a jobb- és baloldali környezetnek megfelelően vizsgálja. A vizsgálat gyakorlati jelentősége abban áll, hogy egy gyakori szót (például hőmérséklet) érdemes a leggyakoribb előfordulási helyzeteiben felvenni.

Természetesen ehhez figyelembe kell venni például a mondatbeli pozíciót is, ezért is tartottuk fontosnak a fő táblát úgy elkészíteni, hogy az ezzel kapcsolatban is tartalmazzon információt. A gyakorlati megvalósításnál nem a számszerű mondatbeli pozíció, sokkal inkább az általunk szerkezetinek nevezett információ az érdekes. Másképpen kell ugyanis a szavakat ejteni mondat elején, mondat végén, vessző előtt és után (azaz tagmondat határán vagy felsorolás elemei között). A beszédtest szövegének megállapításakor ezt is figyelembe fogjuk venni. A statisztika készítésekor nem csak a különálló szavakat érdemes vizsgálni, hanem a szópárokat, általános esetben szó  $n$ -eseket is, hogy a gyakori szókapcsolatokat, szófordulatokat hatékonyan tudjuk kezelni.

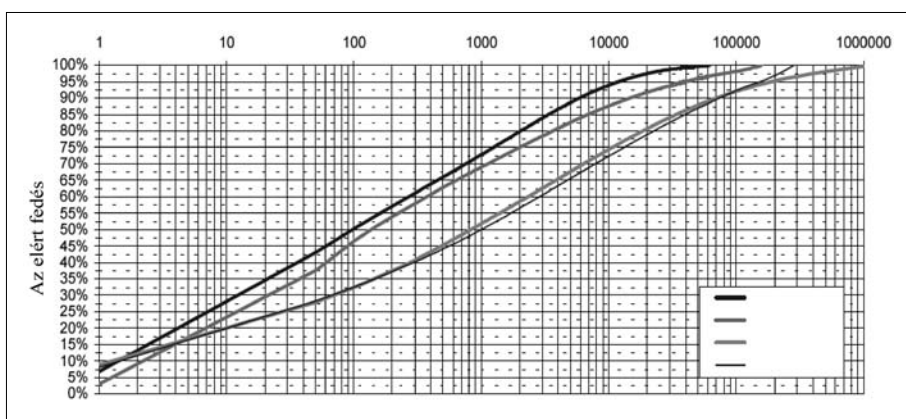
Végezetül a fentiek mellett elkészítettük az időjárás-jelentésekben található idegen szavak (pl. városnevek) jegyzékét is, mivel ezek helyes szintetizálására külön kell figyelni. Egy lehetséges megoldás egy kivételszótár felvétele, ami tárolja, hogy a kérdéses idegen szót hogyan kell magyarul ejteni („Dubrovnik” esetében a szótárban „dubrovnyik” ejtési alak szerepelne).

Áttérve a korpusz kialakításának kérdésére, a tervezés során a rendelkezésre álló nagyméretű szövegtömbből kell kiválasztani olyan kisméretű halmazt, amely jól fed a teljes szöveget. Ehhez a kutatók általában a mohó (*greedy*) algoritmust használják [12]. Ez egy egyszerű iteratív megoldás, amely egy nagyméretű szövegtömbből választ ki úgy mondatokat, hogy a kapott kisméretű halmaz minél jobban lefedje a teljeset. Minden lépésben olyan mondat kerül a halmazba, amelyik a legtöbb még lefedetlen elemet tartalmazza. Egy adott elem akkor nincs lefedve, ha az épülő halmazban nincs azonos tulajdonságvektorral rendelkező korpuszelem. A tulajdonságvektor a figyelni kívánt paraméterekből (például hangsúlyosság, intenzitás) álló vektor. Az egyes értékek azt fejezik ki, hogy egy adott tulajdonság mennyire teljesül az adott elemre. Az iteratív eljárás akkor áll meg, ha valamilyen peremfeltételt már teljesít az épülő halmaz (például elér egy adott fedési százalékot).

1. ábra Időjárás-jelentés fedési görbe



2. ábra Általános tárgyterületű fedési görbék [13]  
(Korpuszok mérete: Angol – 3,5 millió, Német – 3,1 millió, Magyar2 – 80 millió, Magyar – 2,5 millió szó)



Az algoritmus sikerének egyik sarkalatos pontja a tulajdonságvektor méretének és összetételének meghatározása. Túl nagy méret esetén szinte minden előforduló elem lefedetlen, míg túl kis méret esetén a döntő többség akár többszörösen is lefedett lesz. Optimális megoldást nem ismerünk, bár számos javaslat van a tulajdonságtér összetételére (például a hangsúlyosságot, jobb- és baloldali környezetet érdemes figyelni). A hagyományos megoldás minden tulajdonság teljesüléséhez bináris értéket rendel (teljesül vagy nem), létezik azonban olyan megvalósítás is, amely bizonyos tulajdonságok esetében megenged 0 és 1 közötti tetszőleges értéket is. A hangsúlyosság vizsgálatakor két lehetséges érték megengedése ésszerű (hangsúlyos vagy nem). A módosított megoldás működését döntően befolyásolja a nem bináris értékek megfelelő definiálása.

Az adatbázis tervezése során tekintettel kell lenni továbbá az LNRE-szabályra (*Large Number of Rare Events*, [14]), mely szerint bár a lehetséges, szintézis során felhasználható beszé-

delemek közül a döntő többség nagyon ritka, így gyakorlatilag külön-külön alig fordulnak elő egy szintetizálható szövegben, ezen ritka elemek együttes száma már olyan jelentős, hogy nagy valószínűséggel szükség van közülük néhányra egy adott szöveg szintetizálása során.

Mivel a beszédtestet úgy célszerű kialakítani, hogy az a leggyakoribb szótagokat, szavakat, szókapcsolatokat, mondatokat tartalmazza, ezért a fentiek alapján gyakorlatilag minden szintetizálható szövegben előfordulnak olyan részek, amelyekre nincs megfelelő elem az adatbázisban. Ezért célszerű a beszédtestet úgy felépíteni, hogy az minden lehetséges diádot tartalmazzon, a leggyakoribbakat több környezetben is. Ezzel biztosítható az, hogy minden lehetséges szintetizálható szövegrész előállítható legyen, legrosszabb esetben diádok segítségével [11]. A lehetséges kapcsolatok száma minden esetben a hangok száma plusz egynek (mivel a szünet is benne lehet a hangkapcsolatban) a négyzete. A lehetséges diádok közül azonban nem szükséges mindegyik: a teljes diád-fedés kialakításához az európai nyelvek esetében becslések szerint legfeljebb néhány ezer hangkapcsolatra van szükség [15]. A megfelelően kialakított korpuszt jól strukturált, hatékony elemkiválasztást lehetővé tevő adatstruktúrában kell tárolni. A megtervezett struktúra alapvetően három lényegileg különböző részből áll.

Az első a konkrét hullámformákat tartalmazó fájlok halmaza. Minden fájlban egy mondat felcímkézett hanganyagát tároljuk. Ezzel a megoldással egyrészt a fájlok mérete kellően kicsi lesz, másrészt mivel ritkán van szükség a szintézis során olyan elemre, ami két mondat határán van, ezért egy beszédelem betöltéséhez általában elegendő egyetlen fájl használata is.

A struktúra második része a diádokat tartalmazza. Ezeket a diádokat, a rájuk jellemző vektorral, vagy az azt tároló fájlra vonatkozó hivatkozással egy fában tároljuk. A fában a diádok a beszédtestnek megfelelő sorrendben vannak, vagyis a fa inorder bejárása segítségével pont a korpuszt kapjuk vissza [16]. Ennek jelentősége abban áll, hogy így lehetőség van az általunk kívánt változó elemhossz egyszerű megvalósítására. Ehhez mindössze a fában az adott elemtől inorder bejárással kell bővíteni egy adott diádot hosszabb elemmé az út közben érintett csúcsokhoz tartozó diádok összefűzésével.

A struktúra harmadik része megkönnyíti a fában való keresést. Ehhez egy szófát alakítottunk ki [17], ami tárolja a lehetséges diádokat úgy, hogy a fa csúcsai a diádoknak lehetséges előtagjai (prefixei), a levelei maguk a diádok. A levelekben tároltuk továbbá az adott elem másik fában elfoglalt helyét.

Amikor szükség van egy elemre, ami egy adott diáddal kezdődik, akkor a szófában megkeressük ezt a diádot tartalmazó levelet, ami mutatót tartalmaz a kérdéses diád fában elfoglalt pozíciójára (amennyiben több ilyen diád is van, akkor a lehetséges pozíciók láncolt listában szerepelnek). A fában aztán az előbb ismertett bejárással megkereshető a kívánt hosszabb elem.

A fenti struktúra továbbfejleszhető azzal, hogy nem csak diádookról készítünk fát és szófát, hanem szavakról, szópárokról és mondatokról is. A struktúra kialakítása során figyelni kell a konzisztencia könnyű fenntarthatóságára. Mivel az adatbázis bővítése a szintézis előtt már megtörténik, ezért ilyenkor lehetőség van a hullámformákat tároló fájlok mellett a keresést segítő struktúra frissítésére is, így biztosítható, hogy nem lesz nem kívánt inkonzisztencia.

## 2.5. Meghallgatásos kísérletek

A Magyar Rádió online archívumából összegyűjtött időjárás-jelentésekre építve elvégeztük a működési vizsgálatot. Bár a közelítőleg két napnyi időtartam alatt a Kossuth, Petőfi és Bartók rádiókban beolvasott időjárás-jelentések szövegét nem mi terveztük, mégis képet kaphatunk a rendszer várható beszédminőségéről, ha az elveket figyelembe véve kézzel szintetizálunk időjárás-jelentés részleteket.

A kétnapos periódusból összesen 149 időjárás-jelentést gyűjtöttünk össze 22 bemondótól. Mivel egy szintetizált beszédrészlethez csak egy bemondótól származó hangfájlok használhatók, így a kézi szintézis során nehezebb helyzetben voltunk, mint a készülő rendszer, hiszen egy bemondótól nagyon kicsi beszédkorpuszunk volt. Sok szó csak egyszer fordul elő az egy bemondótól rendelkezésre álló hangfájlokban. Ugyanakkor a beolvasások egy rövid időszakból származnak, így szintén sok szó szinte mindegyik hangfájlból megtalálható (ugyanarra az időszakra nagyjából ugyanazt a prognózist közlik).

A kézi szintézist az összehasonlíthatóság érdekében olyan mondatokra végeztük el, melyek egy más bemondó általi realizációban már rendelkezésre álltak a hangfájlokban. Éppen ezért, valamint a bemondónkénti beszédkorpusz erős korlátozottsága miatt nem választhattunk tetszőleges mondatokat. Első lépésként azon bemondók szövegeinek átiratát készítettük el, akiktől a legtöbb bemondásunk volt. Az így elkészült 54 időjárás-jelentés-szövegben ezután olyan mondatokat kerestünk, melyek szavai (lehetőleg a megfelelő szöveggörnyezetben) egy másik bemondónál is megtalálhatók voltak. Ezek alapján öt mondat szintézisét végeztük el. Az *1. táblázatban* látható, hogy a szintetizált mondatok számos vágási pontot tartalmaznak. A vágási pontokat a mondatokban függőleges vonallal jeleztük.

A mondatokat szintetizáltuk a Profivox szintetizátor diádos, valamint készülő triádos szintetizátorával is, férfi és női hang alkalmazásával. Ezután a kapott diádos és triádos szintézisekből is kiválasztottunk ötöt-ötöt.

A meghallgatásos tesztben öt magyar anyanyelvű személyt kértünk meg arra, hogy értékelje a véletlenszerű sorrendben lejátszott 20 hangfájl minőségét egy 1-től 9-ig terjedő skálán. A különböző beszéd-előállítási módok átlagot és szórását az *3. ábra* mutatja.

A teszteredményekből látható, hogy a triádos rendszer a diádoshoz képest csak enyhe minőségi javulást jelentett; ezt részben az is okozhatja, hogy a triádos



Mondat	Eredeti bemondó	Szintetizált bemondás bemondója	Összefűzött elemek száma
A hőmérséklet hajnalban mínusz   egy,   mínusz   hat,   holnap   napközben   mínusz   egy,   plusz négy fok   között alakul.	András	Adrienn	10
Napközben   országszerte várható csapadék, északon,   északnyugaton   havazás,   délkeleten eső,   másutt   havas   eső,   ónos   eső.	Erika	Klára	10
Végül az időjárásról:   mindenütt beborul   az ég,   reggelig egyre többfelé   lehet gyenge havazás,   hószállingózás.	Zsuzsa	András	6
A hőmérséklet   kora délután   kettő   és   hét   fok   között   alakul.	Zsuzsa	András	8
A nyugati,   északnyugati   szelet   sokféle erős,   a Dunántúlon   helyenként   viharos   lökések   kísérik	Zsuzsa	István	9

1. táblázat Szintetizált mondatok tulajdonságai

implementáció még fejlesztés alatt áll (például új jelfeldolgozási algoritmusok integrálása van folyamatban), valamint a Profivox-szal szintetizált mondatok prozódiaja általános szövegekre készült, így érthető az időjárás-jelentésre optimalizált kézi szintézistől jelentősen rosszabb eredmény. A kézilleg előállított korpuszos mondatok több mint két ponttal jobb eredményt értek el a kevés, fix hosszúságú elemből építkező diádos és triádos megoldásoknál, ugyanakkor egy ponttal a valódi bemondók teljesítménye alatt maradtak. Minden csoportnál 1-hez közeli a szórás, ami az eredmények általánosíthatóságát támasztja alá. Az eredeti bemondások megítélésében voltak a legbiztosabbak a meghallgatást végző személyek, ami egyezik várakozásainkkal, hiszen természetes beszéd hallgatásához vagyunk szokva.

A teszteredmények alátámasztják egy korpuszos elven működő rendszer létjogosultságát és jelentős minőségi javulást jeleznek. A rögzített elemhosszúságú rendszerek esetén a működés elvéből következően a jövőben nem várható olyan mértékű minőségi ugrás, mint ami a korpuszos rendszerrel elérhető. Természetesen ez bizonyos kompromisszumokkal jár: nagyobb adatbázis felvétele, feldolgozása, tárolása és használata szükséges, a tematika kötött, és a szintézis számításigénye is nagyobb.

### 3. Összefoglalás

A korpusz-alapú megközelítés új, Magyarországon eddig nem alkalmazott koncepció, ami rugalmasabb, jobb minőséget nyújtó beszédszintézisre ad lehetőséget. Cikkünkben vázoltuk a módszer alapvető elveit, részletesen foglalkoztunk a BME TMIT Beszédkutatói Laboratóriumában fejlesztés alatt

álló, korpusz-elven működő, magyar nyelvű, kötött tárgyterületű rendszer fejlesztési kérdéseivel. Ismertettük az időjárás-jelentésekkel kapcsolatos statisztikai vizsgálatunkat, a bemondó kiválasztásának szempontjait és menetét, valamint megvizsgáltuk és értékeltük a korpusz-alapú rendszerek egyéb tervezési kérdéseit, végül meghallgatásos tesztek végzetünk a korpuszos elven működő rendszer várható minőségének előrejelzésére.

A biztató eredményekre építve következő lépésünk a megtervezett rendszer alkalmazási lehetőségeinek kidolgozása lesz. A meteorológiai tárgyterületre elvégzett

statisztikai vizsgálatok alapján összeállított és felolvasott beszédkorpuszhoz elkészítjük a több elemméret szinten választást lehetővé tevő algoritmust. Kezdeti megvalósításunkban szó és szókapcsolat szintek megkülönböztetését tervezzük, miközben kizárólag a céltartományra koncentrálunk, így a tetszőleges szó szintézisét lehetővé tevő, akusztikai csoportosításon alapuló diádos szintézist az implementáció második fázisára tervezzük.

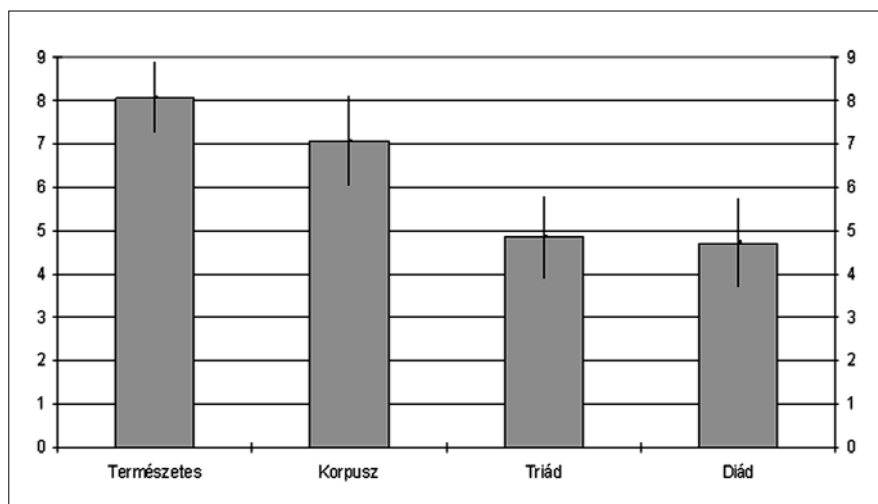
A cél-egyezési és összefűzési költségekben szerepet játszó jellemzők egyezési mértékének súlyozását meghallgatásos tesztek magába foglaló iterációk sorozatával kívánjuk megvalósítani.

### Köszönetnyilvánítás

A szerzők a munka elvégzéséhez sok segítséget kaptak a BME TMIT Beszédtechnológiai Laboratórium munkatársaitól. Külön köszönjük a Magyar Rádióknak, hogy hozzáférést adott jó minőségű időjárás-jelentés felvételeihez.

### 3. ábra

A meghallgatásos teszt eredményei: átlag és szórás

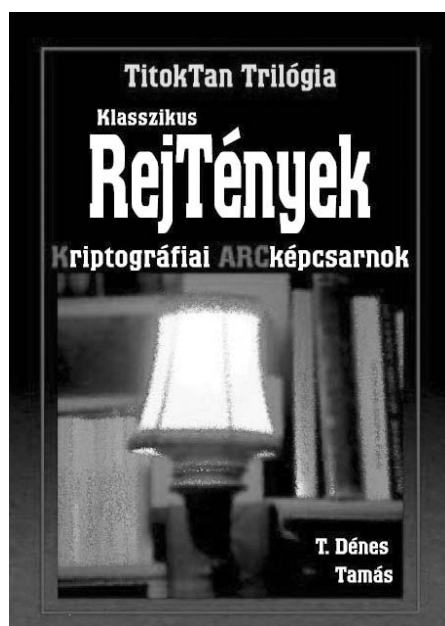


## Irodalom

- [1] Bernd Möbius, "Corpus-Based Speech Synthesis: Methods and Challenges", Arbeitspapiere des Instituts für Maschinelle Sprachverarbeitung (Stuttgart) AIMS 6 (4), pp.87–116., 2000.
- [2] Yi, J.R.W., Glass, J.R., "Natural-Sounding Speech Synthesis using Variable-Length Units", Proc. ICSLP-98, Sydney, Australia, Vol. 4, pp.1167–1170, 1998.
- [3] Olaszy, G., Németh G., Olaszi, P., Kiss, G., Gordos, G., "PROFIVOX – A Hungarian Professional TTS System for Telecommunications Applications", International Journal of Speech Technology, Vol. 3, Numbers 3/4, pp.201–216., December 2000.
- [4] Olaszi Péter, „Magyar nyelvű beszéd-szöveg átalakítás: nyelvi modellek, algoritmusok és megvalósításuk”, pp.5–15., doktori értekezés, BME, 2002.
- [5] G. Olaszy, G. Németh, "IVR for Banking and Residential Telephone Subscribers Using Stored Messages Combined with a New Number-to-Speech Synthesis Method", in D. Gardner-Bonneau ed., Human Factors and Interactive Voice Response Sys., Kluwer, pp.237–255., 1999.
- [6] Jon Rong-Wei Yi, "Natural-Sounding Speech Synthesis Using Variable-Length Units", Master of Engin. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1997.
- [7] S. P. Kishore and Alan W. Black, "Unit Size in Unit Selection Speech Synthesis", Eurospeech 2003, pp.1317–1320., 2003.
- [8] Antje Schweitzer, Norbert Braunschweiler, Tanja Klankert, Bernd Möbius, Bettina Sauberlich, "Restricted Unlimited Domain Synthesis", Eurospeech 2003, pp.1321–1324., 2003.
- [9] Eric Lewis and Mark Tatham, "Word and Syllable Concatenation in Text-to-Speech Synthesis", Eurospeech 2001, Vol. 2, pp.615–618., 1999.
- [10] Eric Lewis and Mark Tatham, "Automatic Segmentation of Recorded Speech into Syllables for Speech Synthesis", Eurospeech 2001, pp.1703–1706., 2001.
- [11] Michael Pucher, Friedrich Neubarth, Erhard Rank, Georg Niklfeld, Qi Guan, "Combining Non-uniform Unit Selection with Diphone Based Synthesis", Eurospeech 2003, pp.1329–1332., 2003.
- [12] Baris Bozkurt, Ozlem Ozturk, Thierry Dutoit, "Text Design for TTS Speech Corpus Building Using a Modified Greedy Selection", Eurospeech 2003, pp.277–280., 2003.
- [13] G. Németh, Cs. Zainkó, "Word Unit Based Multilingual Comparative Analysis of Text Corpora", Eurospeech 2001, pp.2035–2038., 2001.
- [14] Ove Andersen, Charles Hoequist, "Keeping Rare Events Rare", Eurospeech 2003, Vol. 2., pp.1337–1340., 2003.
- [15] Dr. Gordos Géza, Takács György, „Digitális beszédfeldolgozás”, Műszaki Könyvkiadó, pp.191–197., 1983.
- [16] Rónyai L., Iványos G., Szabó R., "Algoritmusok", Typotex, p.60., 1999.
- [17] Knuth, D.E., „A számítógép-programozás művészete”, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, p.503., 1988.

## Könyvet ajánlunk

T. Dénes Tamás:

**Klasszikus Rejtények – kriptográfiai arcképcsarnok**

A szakma egyik legtermékenyebb szerzője újabb nagyszerű könyvvel tette vonzóvá és érthetővé a titkosítás bonyolult tudományát. A most megjelent összeállítás a titkosítási-rejtjelzési módszerek fejlődését mutatja be az i.e. IV. századtól az 1700-as évek végéig.

A fejezetek 22 jeles ember munkásságán keresztül ismertetik a kriptográfia fejlődését, a rejtjelzők és feltörők harcát, valamint a terület nagyjainak sokoldalúságát. Erre jellemző, hogy számos személyt egészen más területeken elért eredményeiről ismertünk eddig. Így például olvashatunk a rejtjelzés történetében Julius Caesar, Dante, Chancer, Cardano, Sir Francis Bacon, William Shakespeare és Leibnitz eredményeiről.

A fejezetek mindegyike egyéni szemléletű korszakot ad. Ezt összevetve a társadalom, az egyén titkosítási igényeivel és a számítási, számítástechnikai lehetőségekkel, természetessé válnak az akkor alkalmazott eljárások. Sokhelyütt felismerhető a fejlődés, az alkalmazott módszerek egymásra épülése. Tanulságos az is, hogy milyen foglalkozású, érdeklődési körű kutató munkásságának terméke a kriptográfia területére kidolgozott újdonság. Sok esetben ez cél volt, máskor csak melléktermék.

A szerző logikája különleges összefüggéseket tételez fel, melyek a kutatás célját meghatározták vagy az eredményhez elvezettek.

Várjuk szerzőnk következő kötetét, mely a témát 1800-tól napjainkig dolgozza fel.

# Valós idejű számlázás mobil környezetben

ARY BÁLINT DÁVID, DR. IMRE SÁNDOR

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

**Kulcsszavak:** tartalomszolgáltatás, UMTS, számlaelőállítás, hálózati struktúra

A GSM hálózatot felváltó UMTS rendszerben a csomag-alapú szolgáltatások számlázása lényegesen bonyolultabb, mint az áramkörkapcsolt esetek számlázása. Az amúgy sem egyszerű helyzetet tovább nehezíti, ha a szolgáltatásokat nem a hálózatoperátor, hanem egy harmadik fél nyújtja. Ráadásul pre-paid esetben mindezt valós időben kellene végrehajtani. Írásunkban áttekintjük az új rendszer bevezetésének motivációit, a technológiai nehézségeket, valamint bemutatunk egy lehetséges modellt a problémák megoldására.

## 1. Bevezető

A 20. és 21. század fordulóján a mobil távközlési eszközök gyors fejlődésen mentek keresztül. Ennek hajtóereje az információs társadalom, mely egyre többet költ információszerezésre. A korai analóg rendszerek után megjelent a GSM, és napjainkban éljük meg az UMTS bevezetését. A végberendezések korszerűbbek lettek, és egyre több multimédiás szórakozást nyújtanak. Bár legtöbbször a technológiai fejlődést nem a felhasználói igények siettették, az új lehetőségeket, új funkciókat egyre szélesebb körben használják.

Egyelőre a mobil készülékekkel elérhető szolgáltatásokat zömében a mobil hálózat üzemeltetője (network provider) nyújtja. A funkciók és a médiumok számának növekedésével azonban várható, hogy a hálózatok üzemeltetőinek nem lesz elegendő energiája és ideje, újabb és újabb szolgáltatások bevezetésére, holtlott ezzel lényeges fölényre tehetnek szert a piaci versenyben. Így a hálózati hozzáférés szolgáltatása és a tartalom szolgáltatása várhatóan szétválak.

Az UMTS terjedésével és a mobil IP elterjedésével telefonunk segítségével minden olyan feladatot megoldhatunk majd, amit otthoni számítógépünkön már megszoktunk. Megjelenik az IP alapú internetezés, általánossá válik a letöltés. A kommunikációban megjelenhet a VoIP és a videokonferencia. Megjelenhetnek a különféle On-Demand szolgáltatások, és az IPv6-al lehetőség lesz multicast üzenetek küldésére.

A 2004-es szabványokban megjelent a Location Based Services, így a tartalomszolgáltatók sokszínűségével elérhető lesz a helyszínhez kötött tartalom. Cikkünkben a továbbiakban feltételezzük, hogy az egyes szolgáltatásokat egy harmadik fél nyújtja.

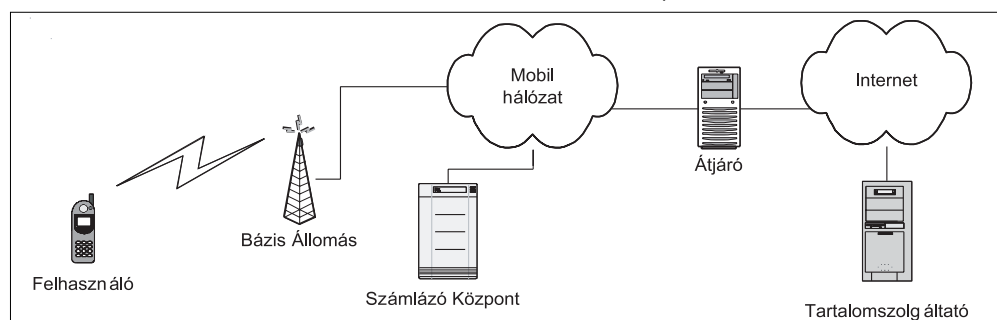
## 2. Üzleti modell

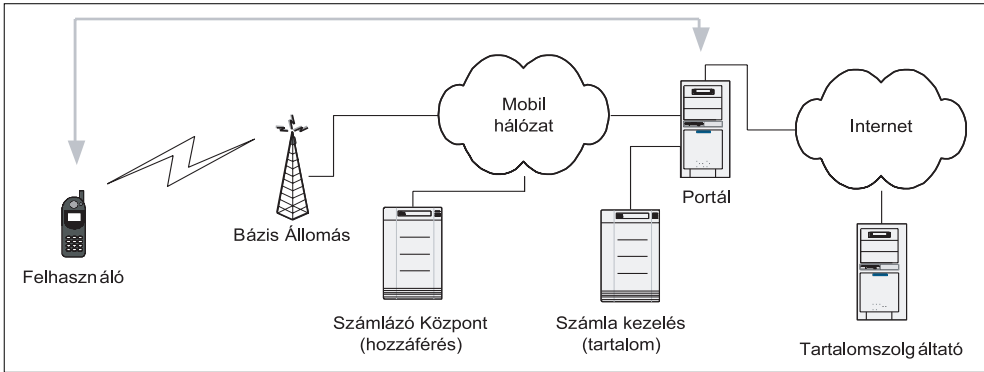
Az igényelt szolgáltatásokért járó bevételt a hálózatoperátor és a tartalomszolgáltató között kell megosztani. A felhasználó azonban csak egyszer, egy helyen szeretne fizetni (one-stop-shopping koncepció), ezért a két szolgáltatónak valamilyen kapcsolatot kell fenntartania, majd rendszeres időközönként – azonosítás után – el kell számolniuk egymással. A számlázás könnyen megoldható, de a helyes és igazságos szolgáltatásnyújtáshoz a tartalomszolgáltatónak is tisztában kell lennie a felhasználó pénzügyi helyzetével, hogy megfelelő esetben meg tudja tagadni a tartalom elérését. A pontos számla kiszolgáltatása azonban az előfizető személyiségi jogai miatt nem lehetséges.

Amennyiben egy szolgáltatásnál jelen van egy külső fél is, a szolgáltatás számlázását végezheti a hálózat szolgáltatója és a tartalomszolgáltató is. Ez alapján a számlázást tekintve három különböző üzleti modellt különböztethetünk meg.

**A hálózati operátor központú üzleti modellben (1. ábra)** a felhasználó a hálózati operátorral van csak kapcsolatban. A szolgáltatások árának meghatározását és a kifizetések kezelését is ő végzi. A tartalom a hálózatszolgáltatón keresztül jut el a tartalomszolgáltatótól a felhasználókhoz, így a tartalom számlázását is a hálózatoperátor kezeli.

1. ábra Hálózati operátor centrikus üzleti modell



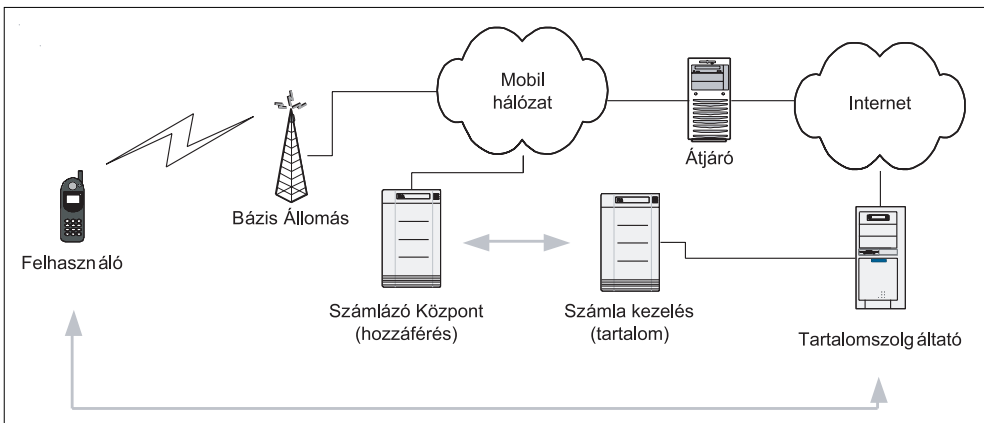


2. ábra Tartalom aggregáló centrikus üzleti modell

**A tartalom aggregáló központú üzleti modell** esetén (2. ábra) a tartalmak egy portálon keresztül érhetőek el. A portál a fizikai kapcsolat mellett hozzáférést biztosít az értéknövelt szolgáltatásokhoz is. A modellben a felhasználó a tartalom aggregálóval való meg egyezés mellett kapcsolatban marad a hálózatszolgáltatóval is. A szolgáltatások árának meghatározását a tartalom aggregáló végzi, de a kapcsolatért a felhasználó a hálózat üzemeltetőjének fizet.

**A tartalomszolgáltató központú üzleti modell** (3. ábra) hasonló a tartalom aggregáló centrikus üzleti modellhez, de a tartalom aggregáló szerepet a tartalomszolgáltató veszi át. A tartalomszolgáltatók beszámítják a szolgáltatás árába a hozzáférési díjat, így a felhasználóknak csak a szolgáltatásért kell fizetniük. Ez a megoldás természetesen használható a tartalom aggregáló centrikus üzleti modell esetén is (mindkét esetben a hozzáférés díját a tartalomszolgáltató / tartalom aggregáló kifizeti a hálózat üzemeltetőjének). A megoldás fő hátrányai, hogy a tartalomszolgáltatóknak maguknak kell megoldaniuk a számlázás problémáját (amely adott esetben többbe kerülhet, mint maga a szolgáltatás), valamint, hogy a felhasználónak minden egyes tartalomszolgáltatóval külön kell elrendeznie a számlát. Ez a megoldás sok tartalomszolgáltató esetén problémát jelenthet. Így ez a modell nyújtja a legnagyobb szabadságot a szolgáltatások körében, de a legnagyobb adminisztratív overhead-et is.

3. ábra Tartalomszolgáltató centrikus üzleti modell



### 3. A számlázás problémái

Mind a fix telefóniában, mind a mobil rendszerekben a számlázás megvalósítása viszonylag egyszerűnek mondható. Az igénybe vett szolgáltatás ára, az áramkörkapcsolt rendszer miatt, csak a szolgáltatás igénybevételeinek tartalmától, idejétől és hosszától függ. A

GPRS és UMTS rendszer azonban csomagkapcsolt, így problémát jelent a szolgáltatás minőségének és a szolgáltatás mennyiségének mérése.

A csomagkapcsolt rendszerben az adat mérése ugyanis közel sem triviális. Ahhoz, hogy pontosan meg tudjuk mérni az átvitt adat mennyiségét meg kellene számlálni a rendszeren átmenő biteket. Ez az átviteli sebesség miatt sem egyszerű feladat, ráadásul túl nagy overhead-et jelentene a rendszerben. Az átvitt csomagok számlálása sem jelent tökéletes megoldást, hiszen az IP hálózatokban a csomagok nem azonos méretűek.

Az átviteli közeg tökéletlenségéből adódóan ügyelnünk kell az eldobott, sérült adatokra és a csomagduplázásra. Az ezekből adódó többletköltséget nem terhelhetjük a felhasználóra. Az egyes csomagok a forrástól a célig több úton juthatnak el, a különböző utak pedig különböző terjedési késleltetéseket jelentenek, amely megnehezíti az egy adatfolyamhoz tartozó csomagok helyes felhasználását.

Csomagkapcsolt rendszerben a szolgáltatások minőségének mérése sem egyszerű feladat, hiszen best-effort jellegű szolgáltatás esetén nincs fix átviteli kapacitás lefoglalva az egyes kapcsolatokhoz. Kapcsolat nélkül a kapacitásra és a késleltetésre csak a rendszer túlméretezésével, vagy bonyolult jelzésrendszerrel lehet garanciát vállalni. Multimédiás szolgáltatásoknál a QoS mérése különösen nehéz, hiszen például egy video-streaming esetén az aktuális tartalom is befolyásolja az élvezhetőséghez szükséges minimális minőséget.

Látható, hogy az adat és a minőség mérése csomagkapcsolt rendszerben bonyolult, nagy overhead-et igénylő feladat. Ráadásul pre-paid esetben mindezt valós időben kellene végrehajtani. A jelenlegi megoldásokban az adatszámilást a legtöbb szolgáltatónál valamilyen könnyen mérhető egységhez kapcsolják (például idő ala-

pon vagy állandó átviteli sebesség szerint), átalány-díjban fizettetik, vagy nagyobb (például több kilobyte-os) egységekben mérik.

A mobilitásból származó további probléma az egyes végberendezések címének kezelése. Ha a mozgás során fix IP címet használunk, és a hálózatban lévő routerek tábláját módosítjuk, akkor a számlázás szempontjából átlátszó lesz a mozgás, de a routerek információfrissítése (update) újabb problémákat vet fel. Amennyiben az IP cím folyamatosan változik, akkor a számlázási információkat szolgáltató egységek információját kell folyamatosan módosítani.

Az UMTS rendszerekben a beszéden kívül számos más információt is átvihetünk (1. táblázat). A szabványok lehetőséget adnak arra, hogy az egyes felhasználóknak a rendszerben elérhető összes szolgáltatáshoz külön számlájuk legyen. Külső tartalomszolgáltató esetén, ha a hálózat üzemeltetője végzi a számlázást, az operátornak tudnia kell, hogy hogyan, milyen módon számlázza az adott szolgáltatást, és annak mely paramétereit kell mérnie.

#### 1. táblázat

Az UMTS rendszerben használható szolgáltatások

- beszéd
- hang (valós idejű / streaming)
- videó (valós idejű / streaming)
- adat (letöltés / feltöltés / interaktív hozzáférés)
- üzenetek (SMS / E-mail)
- adatfolyam (nem meghatározott tartalom)
- letöltött, hozzáfért elemek, portálok használata

## 4. A számlálás modellezése

Mind a GSM, mind az UMTS rendszer a szolgáltatások árának méréséhez számlázó-csomagokat (charging data record – CDR) használ. A CDR-ekben a szolgáltatás igénylésére vonatkozó információk szerepelnek, melyek a hálózati elemekből kinyerhetők. Amennyiben az adatok egy harmadik féltől származnak a feleknek azonosítaniuk és validálniuk kell egymást és a kapott információkat. A CDR-ek lehetséges felhasználása túlmutat a számlázáson. Felhasználási körüket a 2. táblázat, a CDR-ek küldését kiváltó eseményeket a 3. táblázat tartalmazza.

A modell helyes működéséhez szükséges, hogy az a vonatkozó szabványoknak megfeleljen. A szabványok által biztosított szabad paramétereket helyesen

megválasztva tudjuk elkészíteni az optimálisan működő rendszert. Szabad paraméter például a CDR generálását kiváltó adatmennyiség és a kapcsolat időtartama. Minél kisebb mennyiséget / időtartamot választunk, annál pontosabb lesz a számlázás ugyanakkor annál nagyobb lesz a hálózati overhead, a hálózat kihasználtságának mértéke csökken.

Másik szabad paraméter, hogy az egyes szolgáltatásokhoz tartozó számlázási funkciók nincsenek fizikai entitáshoz kötve. Az adatátvitel számlázásáért felelős funkció beépíthető a mobil hálózat és a nyilvános internet határán lévő átjáróba (GGSN – Gateway GPRS Support Node), a mobil hálózat csomópontjaiba (SGSN – Serving GPRS Support Node), a bázisállomásba, vagy akár a felhasználónál lévő mobil készülékbe.

Harmadik szabad paraméternek tekinthetjük a szolgáltatás mérését. A szabványok nem térnek ki a szolgáltatások mérési módjára, így például adatátvitelnél becsülhetünk sáv szélességet vagy valójában megpróbálhatjuk megszámlálni az átvitt biteket. Utóbbi esetben szintén hatalmas overheadre számíthatunk, hiszen  $N$  bit esetén  $\log_2 N$  bit tartozik csak az adatmennyiség pontos leírásához. Látható, hogy itt is valamiféle kompromisszumra kényszerülünk.

Az előfizető számlájának csökkentésére (pre-paid esetben) kétféle módon van lehetőség. Az azonnali esemény számlázásnál (immediate event charging) az előre befizetett összeget lecsökkenti a megfelelő szolgáltatás által kiváltott üzenet. Az egység lefoglalásos esemény számlázásnál (event charging with unit reservation) a szolgáltatást nyújtó elem megfelelő mennyiségű egységet foglalhat le az előfizetőtől, majd a szolgáltatás végeztével, – ha nem használta el az összes pénzt – visszautalhatja a maradékot.

Modellünkben mind a CDR generálását kiváltó adat-, és időmennyiséget, mind a számlázási funkció helyét dinamikusan változtatjuk. A megoldás során, ha a felhasználónak egy bizonyos – a szolgáltatástól függő – limit felett van a számlája, akkor a számlázás a megszokott módon, azonnali esemény számlázással történik. Ebben az esetben a számlázás valós idejűségétől eltekinthetünk, hiszen a limitet, és a CDR küldését kiváltó adat / idő mennyiséget helyesen megválasztva a felhasználó nem kaphat a kifizetettől több szolgáltatást.

Ha a felhasználó számlája a meghatározott határ alá csökken, akkor a számlázó központ delegálja a felhasználó számlázását az adott szolgáltatást nyújtó elemnek (külső tartalom szolgáltató esetén a hálózat-

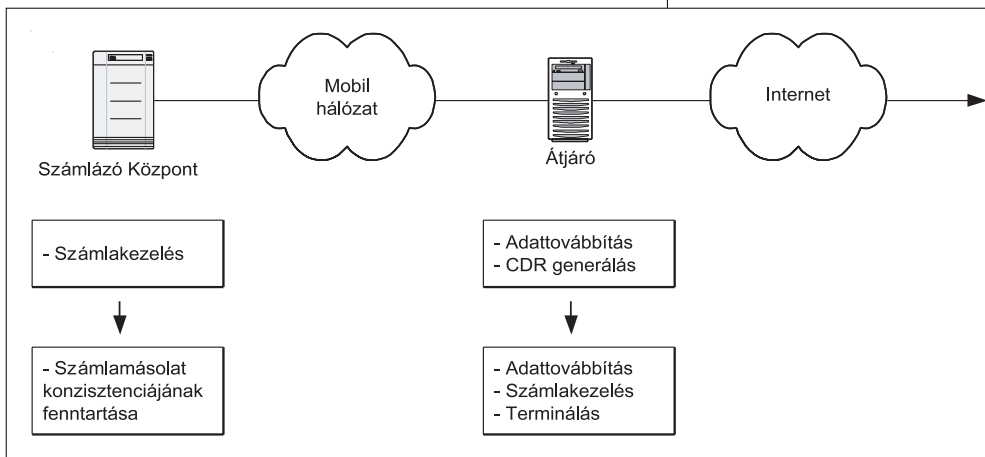
#### 2. és 3. táblázat A CDR-ek felhasználási köre és a CDR trigger események

- előfizető számlázása a hálózat használatáért
- a fix hálózaton történő adatok és szolgáltatások számlázása a hálózatok üzemeltetői között
- a szolgáltatás-kihasználás analízisa
- igénybe vett szolgáltatások archiválása (reklamációk esetére)

- meghatározott adatmennyiség
- meghatározott időintervallum
- számlázási feltételek változása
- QoS változás
- tarifaváltozás
- helyváltozás, cellaváltás
- beszéd, adat, multimédia kapcsolat lezárása

szolgáltató határán lévő átjáró, gateway kapja meg ezt a feladatot), vagyis egységet foglal le. Mivel a szolgáltatás számlálásáért és terminálásáért felelős elem tudatában van a felhasználó pénzügyi egyenlegével, ezért a számla kiürülése esetén azonnal képes megszakítani a szolgáltatást. A korszerű, több task-os rendszerekben egyszerre több szolgáltatást is igényelhetünk. Ilyenkor alacsony pénzügyi egyenlegnél, több elemnek kellene delegálnunk a számlát. Megoldást jelenthet, ha statisztikai módszerekkel az egyes szolgáltatások között súlyozva szétosztjuk a felhasználó számláját, figyelembe véve a szolgáltatások pénzügyi szükségleteit, tulajdonságait, és a felhasználó eddigi viselkedését.

4. ábra  
A hálózati elemek funkcióinak változása a külső tartalomszolgáltató esetén



Mivel az UMTS rendszerben csomag alapú szolgáltatások lesznek, számolnunk kell az elveszett csomagokkal. A csomagok legnagyobb része a rádiós interfészen vész el, de természetesen (mint ahogyan a hagyományos internetnél is) a gerinchálózaton is előfordulhat csomagvesztés vagy sérülés / hibázás. Az elveszett adatok kezelését szintén statisztikai módszerrel tudjuk megoldani.

A hálózatszolgáltató hálózatán belüli csomagvesztések arányát figyelembe véve több csomagot engedhetünk a hálózatba, így a felhasználó nagy valószínűséggel megkapja a neki járó csomagszámot. Célzerű a vezetékes és rádiós hálózat határán tárolást beiktatni, hogy a rádiós interface-en sérült adatokat csak a bázisállomástól küldjük újra, így nem terheljük feleslegesen a gerinchálózatot. A gerinchálózaton bekövetkező hibákat a TCP hibajavító mechanizmusa kezeli. A csomagvesztéshez, valamint a csomag alapú QoS méréséhez valamilyen megbízható végberendezésre van szükség. Ez lehet a bázisállomás, vagy a protokollt beépíthetjük a mobil végberendezés valamilyen alsó rétegébe. A mérés lényege, hogy a végpontnak valamilyen információkat kell küldenie a számlázó központnak a minőség értékeléséhez.

A csomagsorozat mérését csúszóablakos módszerrel végezhetjük. Megfelelő mennyiségű csomag beér-

kezése után az adatsorozaton értelmezhetjük a késleltetést (átlagos késleltetés, maximális késleltetés, jitter), a csomagvesztést, az átviteli kapacitást és egyéb QoS paramétereket. A csomagvesztésnél a csomag újraküldését valamint a jelzéseket a felsőbb protokollokra bízhatjuk. A QoS mérését mindenhol kiválthatjuk a hálózatra vonatkozó statisztikai módszerekkel, de ebben az esetben nem lesz abszolút pontos az eredmény.

### 5. Analitikus megközelítés

A felhasználó számláján nem pénz, hanem előre meghatározott unit-ok (egységek) vannak. Az egyes szolgáltatások árát ezekben az egységekben mérik. Az egységekből a valós pénzügyi összeg meghatározását átváltásnak (rating) nevezik. A modell működése során analitikus megközelítést kíván a delegálást kiváltó unit mennyiségi meghatározása, az elvesztett adatok kezelése, valamint a QoS mérése.

#### Limit meghatározás

Ahhoz, hogy a megfelelő számolásokat el tudjuk végezni, be kell vezetni a unit fogyasztási sebességet (unit consumption speed)

$$C(T),$$

melynek mértékegysége a  $[unit/sec]$ , jelentése az időegység alatt elfogyasztott unit mennyiség. A fogyasztás sebessége függ az időszaktól, hiszen a terhelés kiegyenlítése érdekében a hálózatszolgáltatók különböző árakat szabhatnak a szolgáltatásokhoz a nap és a hét különböző időszakaiban. A unit fogyasztási sebességből az időegység alatt felhasznált pénz és unit a következő képlettel számítható ki:

$$unit = C(T) \cdot t$$

$$pénz = unit \cdot R(T),$$

ahol  $R(T)$  a unit és a valós pénz közötti átváltást jelöli. Látható, hogy mind a  $C(T)$ , mind az  $R(T)$  időfüggő. A unit fogyasztási sebesség időfüggését célszerű a napszakok és a hétvégi/hétközi árkülönbségek meghatározására használni (csúcsidőben gyorsabban fogy a rendelkezésre álló egységek száma), míg az  $R(T)$  időfüggése a unit árban kifejezhető értékét tükrözheti.

Amennyiben a lekérdezéshez, számlaellenőrzéshez szükséges időt  $T_c$ -vel jelöljük, akkor a delegáláshoz tartozó limit (ideális esetben):

$$L = C(T) \cdot T_c.$$

Ha a számlánkon  $L$ -nél több unit van, akkor a számlázást a számlázó rendszer végzi, ellenkező esetben a



számlázást delegálja a megfelelő hálózati elemnek. Ha egyszerre több szolgáltatást igényelünk, akkor a limitet az igényelt szolgáltatásokhoz tartozó limitek összegeként határozhatjuk meg:

$$L = \sum L_i.$$

Több szolgáltatás igénylése esetén a unitokat a fogyasztási sebességek arányában oszthatjuk szét a szolgáltatásokat nyújtó hálózati elemek között. A szolgáltatások befejeztével (vagy esemény alapú szolgáltatásokat igényelve – például SMS vagy MMS) a megmaradt pénzt újra el kell osztani a szolgáltatások között.

Amennyiben valamilyen szolgáltatáshoz nem lehet fogyasztási sebességet rendelni (például böngészés esetén), akkor valamilyen statisztikai módszerrel, modellel megbecsülhetjük azt (figyelembe véve a szolgáltatás tulajdonságait és a felhasználó viselkedését).

### Valós eset

Az ideális esettől eltérően az egyes hálózati eseményeknek (jelzés, lekérdezés stb.) késleltetésük van, ami általános esetben nem is állandó.

Ily módon, ha a delegáláshoz tartozó limitet pontosan szeretnénk meghatározni, számításba kell venni a lekérdezés ( $T_c$ ) és a delegálás ( $T_d$ ) idejét, valamint ezen idők változását ( $T_{c,j}$  és  $T_{d,j}$ ):

$$L = C(T) \cdot (T_c + T_{c,j} + T_d + T_{d,j}).$$

Amennyiben veszteségmentes számlázást szeretnénk, az egyes idők változásánál ( $T_{c,i}$  és  $T_{d,i}$ ) a változás maximumával kell számolni.

Ha a limitet csökkenteni szeretnénk (és ezáltal a hálózati overhead-en javítani) akkor a maximum helyett számolhatunk ennél kevesebb értékkel (például a várható értékkel), ekkor a változás eloszlásának függvényében bekövetkezhet, hogy a felhasználó a kifizetettől több szolgáltatáshoz jut.

Újraosztás esetén az egyes kontrollüzenetek váltását megfelelően kell dokumentálni (időbélyeggel ellátni), hogy a delegálás ideje alatt igényelt szolgáltatásokat is megfelelően számlázni lehessen.

### QoS mérése

A QoS mérését több csomagon értelmezhetjük. Legyen az  $i$ -edik csomag küldési ideje  $t_i$ , fogadási ideje  $\tau_i$ . A QoS mérését csúszóablakos módszerrel végezhetjük, azaz mindig az utolsó  $N$  darab beérkezett csomagon vizsgálhatjuk. Ebben az esetben a szolgáltatások minőségének mérőszáma jól igazodik a felhasználó által tapasztalt minőséghez.

Amennyiben  $N$  csomagon értelmezzük a QoS paramétereiket az átlagos, valamint a minimális és a maximális késleltetést

$$D_{\text{átlagos}} = \sum (\tau_i - t_i) / N,$$

$$D_{\text{min}} = \min(\tau_i - t_i),$$

$$D_{\text{max}} = \max(\tau_i - t_i)$$

alakban számolhatjuk ki. A késleltetés jittere a maximális és minimális késleltetés különbsége:

$$D_{\text{jitter}} = D_{\text{max}} - D_{\text{min}}.$$

A csomagvesztés  $N$  darab (helyesen) beérkezett, és  $M$  darab küldött csomag esetén

$$\text{Loss} = N/M.$$

## 6. Összefoglalás

Cikkünkben felsoroltunk néhány, a külső tartalomszolgáltatók megjelenését valószínűsítő motivációt. Bemutattuk az új rendszer valós idejűségéből, mobilitásából, és csomagkapcsolt voltából adódó problémákat, majd adtuk egy lehetséges modellt a problémák orvoslására. A modell a szabványoknak megfelelő, a szolgáltatások megfelelő paramétereinek meghatározása után pedig mind a szolgáltatók, mind a felhasználók szempontjából igazságos.

### Irodalom

- [1] Report 21 from the UMTS Forum: Charging, Billing and Payment Views on 3G Business Models, UMTS Forum, 2002.
- [2] John Cushnie: Charging and Billing for Future Mobile Internet Services, First Year PhD Research Report, September 2000.
- [3] Hitesh Tewari and Donal O'Mahony: "Real-Time Payments for Mobile IP", IEEE Com. Magazine, 2003 febr., pp.126–136.
- [4] Susana Schwartz: "Next-Gen Rating: It Will Be Only As Good as the Network", Billing World and OSS Today Magazine, 2003 febr., pp.16–22.
- [5] Zs. Butyka, T. Jursonovics, S. Imre: Accounting in Next Generation Networks, ETIK conference, Budapest, 2004.
- [6] 3GPP dokumentációk: <http://www.3gpp.com>  
 TS 123.002 v5.12.0,  
 TS 123.101 v4.0.0,  
 TS 122.115 v5.3.0,  
 TR 122.924 v3.1.1,  
 TS 132.200 v5.4.0,  
 TS 132.215 v5.4.0,  
 TS 132.235 v5.4.0,  
 TS 132.205 v5.4.0,  
 TS 132.225 v5.3.0,  
 TS 123.140 v5.8.0,  
 TS 122.086 v5.0.0,  
 TS 122.024 v5.0.0,  
 TS 123.078 v5.5.1,  
 TR 101.748 v8.0.0,  
 TR 23.815





# Ha hívsz, támadok!

## - Java-alapú játékfejlesztés mobiltelefonra -

BÁTFAI ERIKA, BÁTFAI NORBERT

EUROSMOBIL Játék- és Alkalmazásfejlesztő Bt.

info@eurosmobil.hu

**Kulcsszavak:** Java technológia, hálózati játékok, mobil alkalmazások

Jelen cikk megírására az készített bennünket, hogy a címmel megegyező játékunk első helyezést ért el a Sun és a Nokia közös Mobil Java Fejlesztői Versenyén. A versenyt az említett cégek 2004 tavaszán írtak ki, elsődlegesen azzal a céllal, hogy tovább erősítsék a Java technológiára épülő hazai fejlesztői közösséget. Fontosnak éreztük, hogy aktívan, nevezőként kapcsolódjunk be ebbe a kezdeményezésbe.

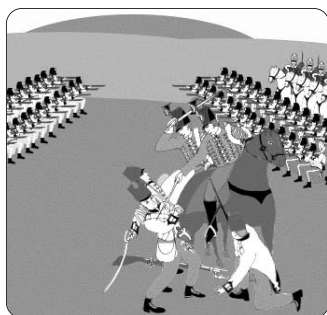
### 1. Bevezetés

A versenykiírás megkövetelte, hogy a benyújtani kívánt alkotások J2ME-J2EE kliens-szerver modellen alapuljanak, továbbá magyar nyelvűek legyenek. Mivel meggyőződésünk: a hálózati játékok sikerét azok közösségformáló ereje alapozza meg: ez az erő pedig a kommunikáción alapszik, így a játéktéma kereső „agyviharban” hamar eljutottunk az egyik legkooperatívabb társas viselkedési formához: a háborúhoz.

A közösségi jelleget erre a játékarchitektúrára alapoztuk: a seregek mobil parancsnokai (a játékosok) mobilon tartják a kapcsolatot egymással. A magyar felület megkötés már adta, hogy a konkrét téma az 1848/49-es magyar forradalom és szabadságharc dicsőséges tavaszi hadjárata legyen. Sokszor eljártunk a gondolattal, mi lett volna, ha – visszavarázsolva az időben – eleink rendelkeztek volna ezzel a technológiával...

A közösségi jelleget már a játék nevével is szeretettük volna hangsúlyozni, ezért döntöttünk a „Ha hívsz, támadok!” cím mellett. Ebből már a fejlesztés során adódott a <http://.../ha/hivsz> cím használatán keresztül a játék rövid neve a **H.A.H** pontozott betűszó. Az 1. ábrán a játék intróképet láthatjuk:

1. ábra



#### A játék besorolása

Saját jellemzésünk szerint a H.A.H sorozat egy nagy hálózati forgalmú, kisközösségi történelmi-stratégiai-akció-tamagocsi mobiljáték-sorozat.

- *Történelmi és mobil*, mert a J2ME MIDP (Java-képes) készülékekkel rendelkező játékosok által letölthető MIDlet az 1848-49-es magyar forradalom és szabadságharc korhű seregeinek részalakulatai.

- *Hálózati és közösségi*, mert a játékosok adott esetben HTTP kapcsolatot építhetnek fel a játék szervertel, hogy a játék valóságát telefonunkon frissítsék, illetve a játék során nem nélkülözhetik az egymás közötti kommunikációt.

- *Stratégiai és tamagocsi*, mert az egyedül játszható részekben újoncra kiképzett seregek csak akkor lehetnek sikeresek, ha hadmozdulataik a többi mobil parancsnokkal egyeztetett elképzelésekre épülnek.

### 2. A játék szervezése

A kliens szerver modellre épülő H.A.H játék kliensei tipikusan seregek. Minden sereg egy külön letölthető J2ME MIDP program. A játék szerveroldala pedig a játék valóságának kialakítója.

Lényeges és érdekes megemlíteni, hogy a kliens és a szerveroldal teljesen ugyanazt a számítást (harci szimulációt) végzi el, de amíg ez a kliens oldalon a játék valóságának szimulációja, predikciója, addig a szerveroldalon a játék valóságának ütemezője.

#### Kliens oldal

A játék szóban forgó tagjának letölthető sereg-programjai a következők:



< A 3. Honvédszászlóalj százada

A 9. Honvédszászlóalj százada >



< A Klapka gránátos osztály százada



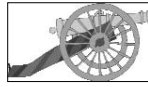


< A 3. Ferdinánd huszárezred százada





< A 9. Miklós huszárezred százada


Honvéd tüzérség >



A seregprogramok valamelyikét letöltve és futtatva időben az 1849-es év áprilisában, térben a Hatvan, Tápióbicske, Isaszeg háromszögben találja magát a játékos. Minden játék MIDlet csomag öt részből áll:

 **OlvassEl** – bár minden MIDlethez van Segít pont, ez egy általános rálátást ad a játék játszásához.

 **Beállítások** – fontos játékspecifikus beállítások: parancsnoki mobiltelefonszám, parancsok a seregnek és szokásos beállítások (dallam stb.).


 **Újoncozás** – a tamagocsi rész, ebben a részben a sereget kell felépíteni: létszám, lelkesedés, erőnlét, fegyverzet kialakítása.


A seregek létszáma a tamagocsi rész használatával növelhető. Ez a rész bármikor futtatható. A kezdeti létszám 26 fő, ami egy sovány századnak felel meg, a maximális létszám

- a gyalogságnál 720 fő, ami egy szokásos zászlóalj mérete (6 század),
- a gránátosoknál 240 fő, ami egy gránátos osztálynak felel meg (2 század),
- a huszároknál 120 fő, azaz valóban egy század,
- a tüzérségnél a kezdeti létszám 6 löveg (1 üteg), a maximális 36 löveg.

A másik három tulajdonság 1%-tól 100%-ig változhat.

Ha az aktuális játékban a sereg meg is semmisül, a következő játékban már nem kell az elejéről kezdeni a sereg felépítését, mert a telefon adatbázisából be lehet küldeni a játékba az addigi legjobb seregünket.

 **SeregFelle** – seregek, célpozíciók feltöltése, majd az összes feltöltött sereg célpozíciójának letöltése lehetséges ezzel a résszel.

 **Hadműveleti** – a harci szimulációt lebonyolító rész.

#### Szerver oldal

Funkcionális szempontból a játékot a 2. ábrán bemutatott gráf alapján szerveztük meg.

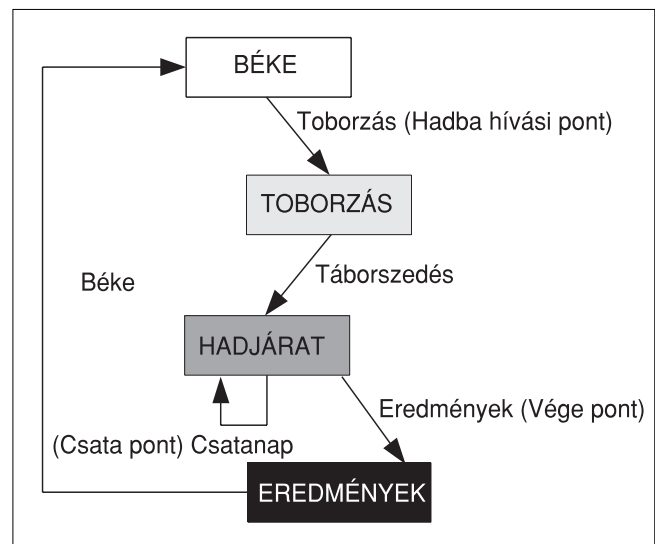
- **Béke:** a játék nem üzemel, felkeresésre a következő játékokra vonatkozó információkat adja. Csak a játék tamagocsi része játszható.
- **Hadba hívási pont:** a szintén MIDP kliensből jelentkező játékmester indítja a játékot, innentől a szerver fogadja a játékosok sereg feltöltéseit.

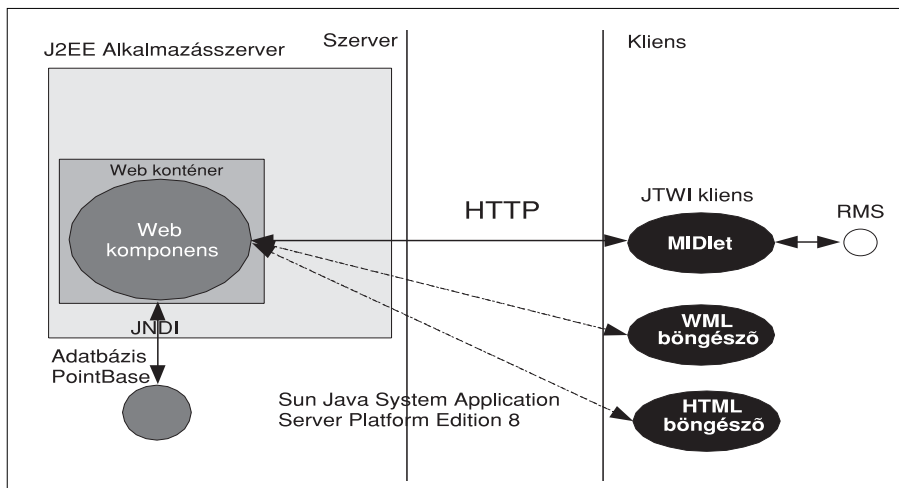
- **Toborzás:** a játékosok újbóli feltöltésekkel frissíthetik a szerverre (a játék valóságába) felküldött seregeket. A sereg első feltöltésekor a szerver felhelyezi a sereget a hadműveleti térképre (A seregek letöltése után ezt a sereget immár a többi játékos is látja. A térkép alapján indulhat a mobil parancsnokok között a hadi cselekmények tervezése.)
- **Táborszédési pont:** a játékmester e jelzésére a szerver további sereg feltöltéseket innen már nem fogad, csak sereg célpozíció/parancs feltöltéseket.
- **Hadjárat:** a parancsnokok a térkép és az egymás közötti szervezésnek megfelelően megadják csapataiknak a célpozíciókat és ezeket feltöltik a szerverre. Valamint letölthetik a seregek pozícióit és jellemzőit. Ezek az adatok a csata pontok (a játék valóságának diszkrét ideje) alkalmával változnak meg.
- **Csata pont:** a játékmester e jelzésére a játék valósága a következő pillanatába ugrik. Azaz a seregek a csata pontig utoljára feltöltött irányukba indulnak, a szerver lefuttatja a mozgások közben kialakuló harci cselekményeket, miközben változnak a csapatok pozíciói és természetesen az esetleges összecsapásokban a seregek létszáma, lelkesedése, erőnléte, fegyverzete. Tehát a csata pontkor lefutott szimuláció a játék valóságát alakítja.
- **Vége pont:** ha a szimuláció során valamelyik fél minden serege elvész, akkor a játéknak vége.

### 3. A játék architektúrája

A versenykiírásban megkövetelt JTWI-J2EE kliens-szerver architektúrájának eleget tevő H.A.H játékot WAP és HTML böngészős kliensekkel is elláttuk. WAP-on a játék állapotáról tekinthetnek meg tájékoztató információkat a játékosok. weben ezen túl a játék aktuális katonai helyzetét bemutató hadműveleti térképeit és további dokumentumokat, például a játékosok kézikönyvét is megtalálhatják az érdeklődők.

2. ábra A játék funkcionális felépítése





3. ábra  
A játék architektúrája

**Irodalom**

[1] EUROS MOBIL Játék- és Alkalmazásfejlesztő Bt. <http://www.eurosmobil.hu>

[1] H.A.H Játékos Kézikönyv EUROS MOBIL, 2004.

[3] Sun Magyarország <http://www.sun.hu>

[4] Sun és a Nokia Mobil Java Fejlesztői Verseny <http://www.javaverseny.hu>

[5] NetBeans IDE 3.6 and Sun Java System Application Server Platform Edition 8 Bundle <http://java.sun.com/j2ee/1.4/download.html#nb>

[6] The J2EE 1.4 Tutorial, <http://java.sun.com/j2ee/1.4/download.html#tutorial>

[7] Java Technology for the Wireless Industry, <http://java.sun.com/products/jtwi>

[8] J2ME Wireless Toolkit, <http://java.sun.com/products/j2mewtoolkit>

[9] Java levelezési lista, <http://javasite.bme.hu/levlista>

[10] Bárczy Zoltán, Somogyi Győző: A szabadságharc hadserege: 1848/49 katonai szervezete, egyenruhái és fegyverzete. Budapest: Corvina, 1986.

[11] Borus József (szerk.): Magyarország hadtörténete 1. A honfoglalástól a kiegyezésig. Budapest: Zrínyi, 1985.

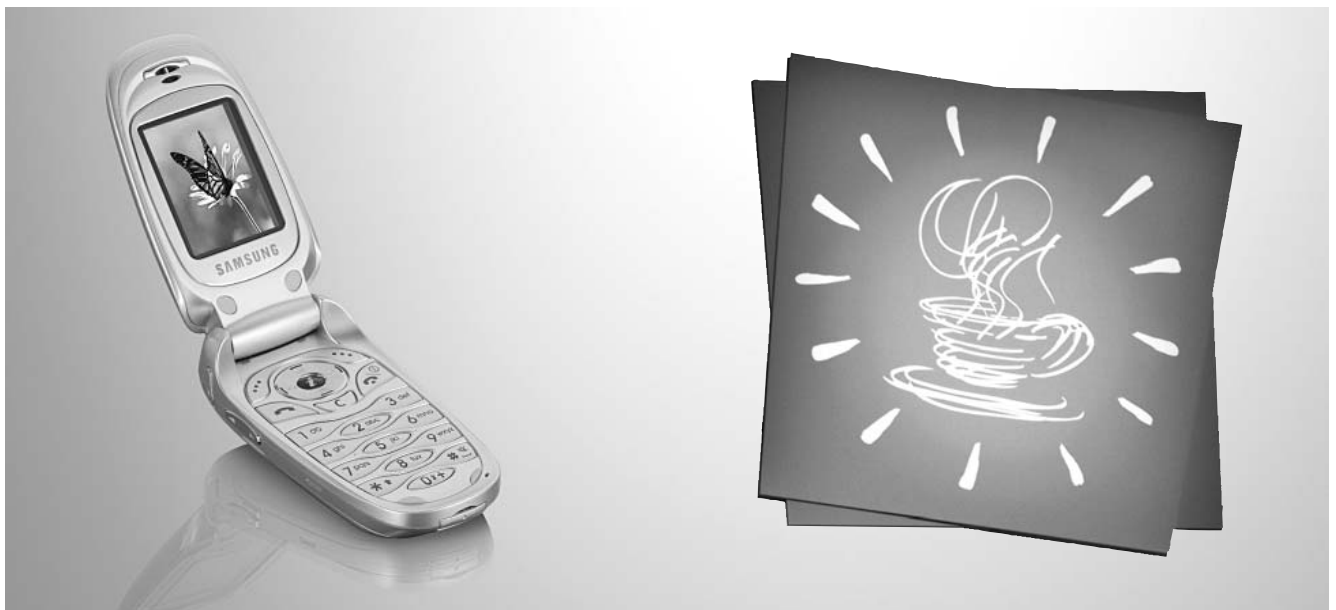
[12] Márkus István: Forradalom és szabadságharc: 1848-49. Budapest: Móra, 1984.

[13] Történelmi atlasz: a középiskolák számára. Budapest: Cartographia, [é.n.]

**4. Összefoglalás**

A H.A.H játék fejlesztése során egyrészt sikeresen megfeleltünk a versenykiírás követelményeinek, másrészt sikerrel valóra váltottuk a projektindító megbeszéléseken körvonalazódott elképzeléseinket. Több kiegészítő programot is készítettünk: ilyen például a parancsnoki portréküldő vagy a mobil parancsnokok kommunikációját segítő automatikus SMS-küldő, amiben a hadműveleti térképről küldhetnek szervező SMS üzeneteket.

Az EUROS MOBIL Játék- és Alkalmazásfejlesztő Bt. 2003-ban alakult meg család cég formájában. Ma számos újszerű játékunkkal jelen vagyunk a magyar mobiljáték-piacon. Cégünk egyik alapító tagja és győztese volt 1998-ban a Java Szövetség Java versenyének. 2003-ban Szenvedély nevű játékunkkal második helyezést értünk el a Motorola JavaJáték Versenyén. E cikk írásának is apropója, hogy 2004-ben első helyezést értünk el a Sun és a Nokia Mobil Java Fejlesztői Versenyén. Jövőképünkben a hálózati EUROS MOBIL játékok lelkes mobiljátékos közösségét kovácsolnak össze úgy, hogy a játék közben észrevétlenül tanítanak is.



# Egyre többet, többen!

## - Amerikából jöttem... -

SIMONYI ENDRE

huibm012@attglobal.net

**Kulcsszavak:** távközlési tapasztalatok, felhasználói szokások, bevételi források

Október-novemberi amerikai utam során ugyanúgy mint eddig már sokszor, most is meglátogattam néhány jelentős elektronikai céget. Rövid beszámolómban friss tapasztalataimat, benyomásaimat osztom meg az olvasóval.

### SanDisk

Eli Harari a nem híradástechnikai, de azzal kapcsolatban álló SanDisk cég elnöke szerint „a háztartási elektronika a legjobb idejének néz elébe”. Ez ugyan látszólag nem a híradástechnikával kapcsolatos kijelentés, de az indoklásban egyik tényezőként a szélessávú átvitel általánossá válását említette, mind a vezetékes, mind a vezeték nélküli (ezen belül a 3G) területén. Cégnének kapcsolatát a híradástechnikával abban jelölte meg, hogy „nagy technológiai nyomás nehezedik a flash-memória gyártókra a multimédia és a mobil háztartási elektronika részéről az olcsó memóriák gyártására.” Ők pedig egyre többet és olcsóbbat gyártanak.



A nyomás egyik oka a várható felhasználói szám erős növekedése Kína és India tömegeinek belépésével, ami 2008-ra 2 milliárdra növeli a háztartási mobil készüléket használók taborát. Ezen belül a ma még az 50 millió alatt levő fényképezőgépes mobiltelefonok számát már 550 millió felettire várja. Érdekes a tavalyi eloszlás, mert amíg Nyugat-Európában és Észak-Amerikában a háztartásokban csak 1-1%-ban volt ilyen készülék, Japánban már elérte a 110%-ot. Ez nem elírás! Ott valóban egynél több volt a családonkénti fényképezőgépes telefonok száma.

A ma még döntő többséggel csak beszédátviteli, és kismértékű MMS felhasználást a zenei, játék, videó, mozi és sportrészlet nézése/hallgatása fogja felváltani. A „többet” egy másik oka a fényképezőgépes telefonok képfelbontásának gyors növekedése lesz. Tavalyelőtt

még főleg VGA felbontásúak voltak a piacon a CIF (352x288 képpont) mellett, 2003-ban jelentek meg az 1-2 Mpixel képpontosak, idén már 2-3 Mpixel, és a következő két évben évenként további 1 Mpixel lesz a kaphatók felső határa. Az átlagos 2007-ben olyan lesz, mint a mai csúcs. Ez pedig a felbontásnak mintegy meghétszerezését jelenti.

Ez a telefonokban használatos memória nagyságának erős növelését igényli. Ennek érdekében az általában a telefonokhoz gyártott kártyák kapacitását két év alatt a négyszeresére akarják növelni. Pedig az SD kártyás Motorola telefonok már ma is elérik az 1 GB értéket. Sokszorosára nő tehát az átvendő adatmennyiség.

Megnézve a nagy amerikai telefonkészülék forgalmazók választékát néhány nagy üzletben, egyik sem volt még ilyen. Így például a Radio Shack által ajánlott legnagyobb felbontású készülék is csak VGA felbontásra volt képes. A tömegek még itt sem juthattak el oda, ahova az ipar már eljuttathatná őket.

### nVIDIA

Ez a cég a grafikus processzoraival (GPU) teszi lehetővé – többek közt már a mobiltelefonoknál is – a képállítást, különösen a mozgóképét. A Jen-Hsun Huang elnök által bemutatott CE 10-nek köszönhetően már a népszerű Unreal Tournament nevű számítógépes játék is játszható mobiltelefonon.



Ez a GPU ugyan még csak a jövő, igaz a közeljövő, azonban a GoForce család néhány tagját már gyártják. A GoForce 4000 például már 3 Mpixel felbontású képeket képes kezelni, videó felvételtől képeket kiemelni, lejátszani, a játékokat gyorsítani, és még mindezt energiatakarékosan is csinálja. Az ilyenellátott fényképezőgépes telefonok ma még a csúcscategóriába tartoznak, és teljesítőképességük eléri az átlagos digitális fényképezőgépekét.

Ez a GPU 30 kép/s sebességgel képes készíteni és lejátszani videó felvételeket a mai mini felvevőknél szokásos CIF felbontással. Így az elkészített filmet át lehet küldeni egy másik készülékre, és azon is lehet játszani. Ezzel a lehetőséggel persze megint csak sokan fognak élni, erősen megnövelve a telefonhálózatok forgalmát. Mivel a kódolást és dekódolást egyidejűleg is képes végezni, ezért videó-konferenciák kiszolgálására is alkalmas. Az egyik első készülék, amiben ezt használják, a Samsung SCH-M500 MITS (Mobile Intelligent Terminal by Samsung) telefonja, de a Motorola és az LG is forgalmaz ezzel készítetteteket.

Azt, hogy mennyivel több a GoForce 4000-en átvitt kép, összehasonlítva a CIF felbontásával, azt a cikk olvasója maga is megismerheti, ha megnézi a következő két képet. Mindkettő egy-egy nagyon elterjedten használt játék részlete. Az első, a már említett Unreal Tournament 2004 egy 320x240 képpontos, azaz 65.2 Kpixel felbontású. (Ez valamivel kisebb, mint a CIF.)



A második a World Cyber Games döntő Counter Strike játékának egyik mérkőzésén, az egyik csapat képernyőjéről készült.

A fénykép képernyőjén látható kép mintegy 1930x1350 képpontos, ami kb. 2.6 Mpixel. (Ez szintén valamivel kevesebb, mint a GoForce 4000 felbontása. Az arányok viszont közel hasonlóak.)

## World Cyber Games (San Francisco)

A képeket nem véletlenül vettem az elektronikus játékok közül. A SanDisk elnöke is az egyik igénynövelő tényezőként említette ezt a felhasználást. A ma még csak egyedül játszó mobiltelefon használókkal is hamarosan meg fog történni ugyanaz, ami már elindult a számítógép használókkal. Megjelennek majd és el fognak terjedni a hálózaton játszható játékok.

A hálózatos játékok terjedési sebességének növekedésére jellemző az, hogy a négy évvel ezelőtti első World Cyber Games (WCG) versenyen még csak 10 ezer versenyző indult el, addig az idein már több mint 1 millió(!). A terjedésre egy másik jellemző adat a résztvevő országok száma, ami akkor 17 volt, most pedig már 62. A harmadik pedig az, hogy az első kettő döntőjén még egy állam se jelent meg hivatalos delegációval, a mostanin pedig már 22. Végül egy igencsak nem utolsó jelentőségű adat az, hogy a mostanit támogató 26 cég közt volt a Samsung, az nVIDIA, a szórakoztató elektronika végfelhasználói területeinek szinte mindegyikén jelentős pozíciókkal rendelkező Creative Labs és a Microsoft is.

A hálózaton játszható játékok elterjedése mögött maguknak a hálózatoknak a használata áll. Ehhez pedig a hálózathoz hozzáférés lehetősége. A WCG kitálója a Koreai Köztársaság egyik cége volt. Nem véletlenül! Náluk az ingyenessé tett szélessávú internetet a 2004 júniusi adatok szerint a lakosság 68,2%-a használja. (Az elérés eszköze elsősorban a PC, amiből 0,58 jut egy főre.) Az elektronikus játékokból származó éves bevétel 3,2 milliárd dollár, ami fejenként meghaladja a 70 dollárt, és ennek mintegy az ötöde a hálózati játékból jön. Itt is jellemző, hogy mely cégek láttak üzletet az „e-sport” versenyzőinek a támogatásában. Olyanok mint a Panasonic, az Olympus, a Gillette és a Coca-Cola. (És ez már a játékosok közül is sokaknak üzlet, mert a tavalyi legjobban kereső 160.000 dollárhoz jutott.)

## És a mai valóság

Ahogy írtam a hálózati kapacitás rohamos növelése iránt már az itt leírt alkalmazások is erős igényt támasztanak. Ezekén felül persze még az ipari, kereskedelmi, egészségügyi alkalmazások igénye is erősen nőni fog. Képes lesz ennek a kielégítésére a híradástechnikai ipar, és, ha igen, lesz-e elég fizetőképes kereslet? Az ugyanis egy dolog, hogy mit szeretnének a potenciális felhasználók, mire lenne képes az ipar, viszont egy másik dolog, hogy mit képesek és hajlandók számára a tényleges vevők megfizetni.

Az ugyebár nyilvánvaló, hogy DSL hálózatot kiépíteni ma is tud az amerikai híradástechnikai ipar. Az is nyilvánvaló, hogy az ennek a megfelelő működtetéséhez szükségeseket is képes elkészíteni. Az ilyen hálózatok használatát igénylik is sok ottani háztartásban, és meg is fizetik a használati díjat. (Ez hasonló összeg, mint amennyiért nálunk az ADSL szolgáltatást nyújtják.)

Nézzük meg, hogy mit is adnak ezek az ottaniaknak?

Ugyebár ezeket a hálózatokat – többek közt – azal ajánlják az otthoni felhasználóknak, hogy sokkal gyorsabb lesz az Internet használata. (Ugyanerre hivatkoznak nálunk az ADSL esetében is.) Nagyságrendekkel gyorsabb, mint egy analóg modemmel. (A másik kiemelt előny, hogy az Internet használata ennél nem foglalja le a vezetékes telefon vonalát.)

Végeztem néhány mérést a kaliforniai Menlo Park (a Szilícium Völgy közepén) egyik DSL-ügyfelénél.

Az eredmények:

Október 14., csütörtök délután 6 óra – letöltés 111 Kb/s. Ez valóban nagyságrendileg gyorsabb, mint analóg modemmel.

Október 17., vasárnap délután 1 óra – letöltések összesen 217,6 MB, átlagos sebesség 270 Kb/s. Ez még jobb! A szolgáltatóm honlapján keresztül a postafiókom elérése, az érkezett levelek listájából az első 30 tétel megmutatása – 9 s. Ezek (mint szemét) töröltetése – 14 s. Egy újabb adag töröltetése – 14 s. Rövid, melléklet nélküli levél elküldése – 6 s. Még egy – 6 s. A harmadik – 12 s. Egy 3 KB mellékletű elküldése 10 s. A sebesség olyan, hogy az én parancskiadási sebességemmel összemérhető.

Itt meg is állhatnánk. Minden olyan, mint amilyenek a szolgáltatók állítják. Azonban közte ott volt egy szombat is...

Október 16., szombat délelőtt fél 10 – az első levél elküldése 18 perc (!), mert mind a szolgáltatóm elérése, mind a küldési ablak megnyitása, mind a küldés közben rendszeresen leállt az átvitel. Az érkezett levelek listájából az első 30 megjelenítése – 10 perc. Ezek töröltetése – 9 perc. A következő 22 töröltetése – 8 perc. Az ok mindnél ugyanaz. A hálózat túlterhelése. Abba hagytam. Aznap estig nem tudtam megnézni a leveleimet, és elküldeni a többit.

És ez, ahogy megtudtam, gyakran előforduló állapot. Pedig az Egyesült Államok – hát még Kalifornia azon része, ahol a vezető informatikai cégek nagy többsége található – olyan ország, ahol a hálózatbővítésre aránylag sokkal több pénz fordítható mint nálunk. Mi lett volna, ha ezt a mérést nálunk végzem el?

Hiába igaz az, hogy – egy más iparágból vett példával – ma már szinte mindegyik személyautó maximális sebessége meghaladja a 150 km/óra értéket, ha a legtöbb nagyvárosban a dugók miatt az átlagsebesség még 20 km/óra sincs. A felhasználót nem az érdekli, hogy mi az elméletileg elérhető felső határ. Számára az fontos, hogy ő a mindennapjaiban mivel találkozik. Legyen szó, akár az autózásról, akár az Interneten való „szárguldról”.

A „szárgulás” egy másik adatát a Las Vegasban és itthon végzett analóg modemes mérésem szolgáltatta. A szolgáltatóm itthon is és ott is az AT&T Global. Ez tehát azonos. Itthon Érdről érem el a budapesti helyi csatlakozást, ott helyben, Las Vegasban volt. Ott a központ ugyanaz, mint nálunk (New York). Ezek tehát az itthoni szempontjából erős hátrányt jelentenek. Itthon a csatlakozáskor a számítógépem által kiírt sebesség általában 49,3 Kb/s, ott minden alkalommal 28,8 volt. A teljes átvitel az egyik mérésnél 1,4 MB, 6 perc 40 másodperc alatt, azaz átlagosan 3,5 Kb/s. Ez tehát látványosan csaknem 100%-os kihasználtság. Ez alaposan eltér a nálunk otthon mért 30% körüli átlagtól, ami alapján nálunk csak mintegy 1,5 Kb/s adódott. Ott a vizsgált egy hét alatt nem volt hálózat el nem érés, itthon évente egy-két alkalommal. Szóval itt jobb a helyzet.

A helyzet jobb, viszont – megint a közlekedési példával – itt szekerek közlekednek. Lassan, de biztosan. És egyre kevesebben, ezért egyre üresebb lesz az út.

Visszatérve a fejezet elején feltett kérdéseimhez, a válasz az lehet, hogyha az ipar kap rá elég pénzt, akkor a fejlődés valóban nagyon gyors lesz. De kap?

## Hírek

**Egy új felmérés eredményei szerint az amerikai vállalatok 81%-a tervezi az ipari szabványú 32/64 bites hibrid processzorokon** (pl. AMD Opteron vagy Intel Xeon EM64T) alapuló szerverek beszerzését. A Sun az AMD Opteron processzoron alapuló szerverei és a Solaris operációs rendszer révén jó pozícióban van ahhoz, hogy a tipikus informatikai preferenciák hasznélvezője legyen. A felmérés rámutat, hogy a szerverekre szánt teljes keretnek átlagban 26%-át költik ilyen gépekre, és csak 10%-uk tervezi, hogy a keret felénél is többet költ ezen kiszolgálókra.

**A Sun Microsystems Sun Ray Server Software 3.0 platformja gyors, biztonságos hozzáférést nyújt a vállalati alkalmazásokhoz.** A Sun Ray 170 ultravékony kliensgépek alkalmazásával a technológia a vállalat falain kívülre is kiterjeszhető, és a DSL vagy más szélessávú kapcsolattal rendelkező helyekről is elérhető. Ez a felhasználóknak valódi mobilitást biztosít, miközben a Solaris vagy Linux operációs rendszer biztonságos környezetében maradhatnak. A Java Card alapú szigorú hitelesítés révén, valamint mivel nincs helyben működő operációs rendszer, a Sun Ray kliensek gyakorlatilag immúnisak a vírustámadásokkal szemben.

**Harmadik generációs mobiltelefon-hálózat első szakaszának megépítéséről szóló szerződést kötött a Pannon GSM és az Ericsson Magyarország.** A cégek együttműködésének eredményeképp Budapesten az év második felében, az ország más területein az év végén, 2006 elején élvezhetik a 3G hálózat szolgáltatásainak előnyeit. Az Ericsson által szállított UMTS-rádióhálózat a jövőbeni igényeket is kielégítő megoldás, mivel már jelenleg is készen áll a HSDPA-ra (nagysebességű, előfizetői irányú, csomagkapcsolt hozzáférés), azaz a legújabb 3G technológiára való áttérésre. A hálózat már most 384 kbit/s adatátvitelt tesz lehetővé. Ezáltal kiváló minőségű szolgáltatások és alkalmazások válnak lehetségessé, mint például a videotelefonálás, a valós idejű videolejátszás vagy a nagysebességű adatletöltés.

# A műszaki megbízhatóság elmélete és az ember öregedési folyamata

DR. BALOGH ALBERT

albert.balogh@axelero.hu

**Kulcsszavak:** műszaki-biológiai analógiák, kádgörbe, elméleti háttér

*Az írás az emberi öregedés folyamata és a műszaki megbízhatóság közötti kapcsolatot mutatja be. Megállapítható, hogy az emberi szervezet működése és öregedési folyamata olyan régi számítógépekhez hasonlít, amelyeket már kezdetben hibás elemekből építettek fel. Ebből adódik, hogy az öregedési folyamatokból adódó halálozási ráta meredekebb változású (növekedésű) a korszerű eszközök meghibásodási rátájánál. Ezeket az új rendszereket nagy megbízhatóságú elemekből építik fel. A nagy megbízhatóságot folyamatszabályozással, gyártásközi ellenőrzésekkel és szűrővizsgálatokkal érik el a műszaki tervezés során. Az emberi életkort ehhez hasonlóan a kezdeti károsodások, a magzati hibák kiküszöbölésével és az előregegett szervek cseréjével kell növelni. A módszereket a megbízhatóság műszaki tervezéséből lehet átvenni.*

## 1. Bevezetés

Az emberi élet végességének és az elhalálozás, öregedés folyamatainak elemzése óhatatlanul felveti azt a kérdést, hogy modellezhető-e ezek a folyamatok, növelhető-e az életkor. Két biológus – L. Gavrilov és N. Gavrilov [1] – már megkísérelte a válaszadást erre a kérdésre. Ennek a publikációnak alapján tekintjük át, hogy a műszaki megbízhatóság elmélete miként adhat magyarázatot az emberi öregedésre.

Ha megtartanánk szervezetünk funkcióit olyan szinten, ahogy azok 10 éves korunkban működnek, akkor várhatóan körülbelül 5000 év átlagos élettartamot érhetnénk el. Ez sajnos nem így van, már 11 éves korunkban megkezdődik a hanyatlás szakasza. A probléma az, hogy szervezetünk az idő múlásával elhasználódik. A legtöbb emberi élet esetében a halál kockázata exponenciálisan növekszik, amelyet az jellemez, hogy ez 8 évente kétszereződik. A kérdés az, hogy miért használódunk el és mennyiben tehetünk erről saját magunk?

Sok tudós meg van győződve arról, hogy már kifejlesztettük és elegendő mértékben megértettük az emberi öregedés jellegét ahhoz, hogy megkezdjük a módszerek tervezését a korai halál leküzdésére. Ezek a tudósok abból az egyszerű, de parancsolóan szükség-szerű megfontolásból indultak ki, hogy az emberi szervezet, amely messze nem tökéletes alkotás, meghibásodásra hajlamos és hibák által veszélyeztetett gépezet, amelyet a biológiai fejlődés sztochasztikus folyamata alakított ki. Ennek a nézetnek figyelembe vételével szervezetünk javítható a genetikai tervezéssel és jobban karbantartható a megelőző, regeneráló és öregedést gátló gyógymódok alkalmazásával, valamint az elhasználódott szervek megjavításával és cseréjével. Röviden, az elhasználódás aránya (sebessége) csökkenthető, lehet, hogy elhanyagolható szintre is. Az öregedési folyamat megértése és szabályozása ar-

ra vezette rá az említett két biológust, hogy ihletet mérítsen egy teljesen valószínűtlennek látszó forrásból, amely nem volt más mint a műszaki megbízhatóság tervezése. (Megjegyzendő, hogy a megbízhatóság-elmélet korábban éppen az emberi folyamatok modellezéséből származtatta kádgörbéjét!). Az öregedés megértéséhez vezető műszaki megközelítés olyan elképzeléseken, módszereken és modelleken alapszik, amelyek a megbízhatóság-elméletből származnak.

A bonyolult elektrotechnikai és elektronikai berendezések meghibásodási és öregedési folyamatait leíró megbízhatóság-elmélet az 1950-es évek végén (sőt már a II. világháború távol-keleti hadműveletei során) alakult ki és rohamos mértékben fejlődött az utóbbi évtizedekben. Ez a tudományág lehetővé teszi a kutatók számára, hogy adott felépítésű (struktúrájú) és adott megbízhatóságú alkatrészekből összeállított rendszer megbízhatóságát (meghibásodási folyamatát) előre jelezzék az idő függvényében.

A megbízhatóság-elmélet alkalmazási területe olyan általános, hogy felhasználható élő organizmusok (szervezetek) öregedési folyamatainak vizsgálatára is. Ennek megfelelően az, hogy öregszenk és meghalunk, nem nagyon különbözik azoknak az eszközöknek a működésétől és meghibásodásától, amelyeket éppen mi hoztunk létre. A különbség, amit felfedeztek [1], hogy ez minimalizálható, ha magunkról a következő kedvezőtlen módon gondolkozunk: a gépekhez hasonlóan mi is redundáns (tartalékolt) alkatrészekből vagyunk felépítve, ezek között azonban sok hibás van a kezdettől fogva.

## 2. A műszaki megbízhatóság elmélete és módszerei

A műszaki megbízhatóság közös tudományos nyelvet és általános keretet nyújt az emberi öregedéssel foglalkozó kutatók számára. Lebontja azokat az elválasztó



falakat, amelyeket a szakértők emeltek fel egymás között, és elősegíti egymás jobb megértését. A legfontosabb az, hogy segít megérteni világosan az öregedés fogalmát. A megbízhatóság-elméletben az öregedést a meghibásodás növekvő kockázata határozza meg. Ezt a „Megismerendő fogalmak” fejezete foglalja össze. Pontosabban kifejezve ez azt jelenti, hogy valami akkor öregszik, ha nagyobb valószínűséggel hibásodik meg holnap, mint ma (feltéve, hogy az adott időpontig jól működött). Ha ez a feltételes meghibásodási kockázat nem növekszik az idő függvényében, akkor nincs öregedési folyamat a megbízhatóság-elmélet szerint.

Ha közelebbről megvizsgáljuk az emberi öregedés adatait, meglepő hasonlóságot találunk az élőszervezetek és a műszaki eszközök öregedése és meghibásodása között. Mindkét esetben a meghibásodási ráta közelítőleg kádgörbével írható le. A görbének három szakasza van: korai működés (korai meghibásodások) szakasza (gyermek-halandóság szakasza); normál működés (hasznos élettartam) szakasza; öregedési szakasz. A megbízhatósági szakemberek napjainkban már nem észlelik ennek a három szakasznak a megjelenését, mivel a kezdeti szakaszt megszüntetik gyártásközi szűrővizsgálatokkal, hogy elkerüljék a garanciális költségek katasztrofális anyagi következményeit; az öregedési szakasz pedig nem jelenik meg, mert a korszerű elektronikai termékek már elavulnak, mielőtt előregednének. A kádgörbe azonban általában még mindig jól szemlélteti azt a folyamatot, ahogy a termékek és így az emberek is meghibásodnak.

A berendezések élettartamának kezdetén – a korai meghibásodások szakaszában – a meghibásodási ráták egy nagy értékről indulnak; ezt követően az idő múlásával csökkennek. Ebben a szakaszban a rendszer hibás alkatrészei hibásodnak meg. Például egy új mikroprocesszor kezdeti meghibásodásának a kockázata gyakran a kezdet kezdetén magasabb, mint később, a szilícium hibái vagy a gyártási folyamat kisebb változásai miatt, amelyek olyan áramköröket eredményeznek, melyek a kezdeti működtetés igénybevételének hatására meghibásodnak. Az élőszervezetek, így az emberi szervezetek, esetében is hasonló kezdeti működési szakasz figyelhető meg, ezt a korai halandóság szakaszának nevezik. Azok a számítógépek és azok az emberek, amelyek (akik) nem hibásodtak meg kezdetben, jól működnek egy ideig, ezt a normális működés vagy a hasznos élettartam szakaszának nevezik. Ezt a szakaszt csekély és közel állandó meghibásodási ráta érték jellemzi. Embereknél ez a szakasz túl rövid, csak 10-15 év, a szakasz 5 éves korban kezdődik.

Ezt követi a harmadik szakasz, amelyet öregedési szakasznak neveznek. Ezt a szakaszt a meghibásodási ráta kérelhetetlen növekedése jellemzi. A legtöbb élőszervezet, így az emberek, esetében is a meghibásodási ráták növekedését egy meredek röppálya írja le, amelyet a Gompertz-féle halandósági (halálozási) törvény határoz meg. Emberek esetében az öregedési szakasz közelítőleg 20 és 100 év között van.

Létezik azonban egy negyedik szakasz is. Ezt a szakaszt a biológiában a késői élettartam halandósági (halálozási) szakaszaként ismerik. Ebben a szakaszban az a törvény érvényesül, hogy a halálozási ráták az exponenciális növekedés megállítását mutatják előrehaladott életkorban és a növekedés helyett állandó értéken maradnak. Az emberek esetében ez azt jelenti, hogy 100 évet meghaladó életkorban ez a jelenség következik be. Ha valaki 110 évet élt, akkor annak valószínűsége, hogy a következő születésnapján is élni fog nem túl jó esély, de paradox módon nem sokkal rosszabb, mint amikor azt vizsgáljuk, hogy 102 évet élt ember a következő születésnapján élni fog-e vagy sem. A biológiában ezt a jelenséget a reprodukálással és a fejlődéssel magyarázzák, de hasonló eredményeket figyeltek ember által készített eszközök esetében is (például acél, ipari relék és motorok hőszigetelése). Ezekre a kérdésekre a megbízhatóság-elmélet jobb választ adhat.

Ez utóbbi megállapításnak az a következménye, hogy nincs rögzített végpontja az emberi életnek. A másik következtetés az, hogy fennáll az úgynevezett halandósági kiegyenlítő törvény vagy másképpen a késői életkor halandósági konvergencia törvénye. A tapasztalati törvény szerint viszonylag kis különbség figyelhető meg késői öregkorban a különböző életkörülmények között élő embercsoportok elhalálozási rátája között. Bár Indiában a II. világháború alatt sokkal nagyobb volt a középkorúak halálozási aránya, mint Norvégiában az 1950-es években, ugyanezek a ráták idős korban meglehetősen közel vannak egymáshoz a két népcsoportban.

### 3. Megismerendő fogalmak

**Meghibásodási ráta:** a rendszer meghibásodási gyakorisága az idő függvényében (pontosabban: annak valószínűsége, hogy a rendszer egy adott időpontot követő igen kicsiny egységnyi időszakaszban meghibásodik, feltéve, hogy az időpontban működőképes volt).

**Öregedés:** a megbízhatóság-elméletben azt jelenti, hogy a meghibásodási ráta az idő függvényében növekszik.

**Gompertz-féle halálozási törvény:** az a megfigyelés, hogy a halálozási (lásd meghibásodási) ráta logaritmus az életkornak lineáris függvénye. Ezt a törvény névadója az életbiztosítás területére javasolta alkalmazni.

**Weibull-féle hatványfüggvény:** a meghibásodási ráta logaritmus a lineáris az idő logaritmusának a függvényében (Megjegyzés: az anyagok kifáradása és szilárdságvizsgálata esetében alkalmazott Weibull-eloszlás meghibásodási rátája hatványfüggvény, amely a kádgörbe három szakaszát három különböző előjelű kitévővel írja le:

1. szakasz = a hatványkitevő negatív;
2. szakasz = a hatványkitevő 0 (expon. eloszlás);
3. szakasz = a hatványkitevő pozitív).

**A halandóság kiegyenlítődési törvénye:** az a megfigyelés, hogy különböző körülmények között élő embercsoportok halálozási rátája csökkenő különbséget mutat az életkor növekedésével (ez azt jelenti, hogy a halálozási rátákban kis különbség van 90 éves korban egy szegény és egy gazdag ország lakosai között).

**Késői életkor halálozási arányának lassuló jellege:** a halálozási rátái igen magas életkorban azt mutatják, hogy közel állandóak az idő függvényében (például 100 éves személy körülbelül azonos valószínűséggel marad életben a következő születésnapjáig, mint egy 115 éves – lásd meghibásodási ráta definíciója).

#### 4. A megbízhatóság-elmélet matematikai megállapításai

Az egyik megállapítás az, hogy a nem-öregedő elemekből felépített rendszer is meghibásodik az idő múlásával, mivel a véletlen tényezők az állandó meghibásodási rátájú elemek meghibásodását idézik elő, ilyen például a sugárzás hatása vagy a vírusfertőzés. Ez vonatkozik olyan tartalékolt rendszerekre, amelyek nem cserélhető elemekből vannak felépítve.

Egyszerű példa egy olyan számítógép, amely három mikroprocesszorból áll és csak akkor hibásodik meg, ha mindhárom elem meghibásodik. Ebben az esetben maguk a mikroprocesszorok nem öregednek, azonban bármely előre nem jelezhető időpontban károsodást szenvedhetnek és maradandóan meghibásodhatnak. Ha a rendszer csak egy processzorból állna, akkor már egy meghibásodás tönkretenné a rendszert.

Tartalékolt rendszer esetében ez a meghibásodási valószínűség csökken a tartalékelemek számának növekedésével, ugyanis a tartalékelemek meghibásodási valószínűségei összeszorozódnak. Ez esetünkben például azt jelenti, hogy ha egy mikroprocesszor meghibásodási valószínűsége, akkor a három elemű tartalékolt rendszer meghibásodási valószínűsége lesz így a károsodás(hiba)-tűrés a rendszer megbízhatóságát, így élettartamát is javítja. Az emberi szervezet esetében is feltételezhető, hogy legalábbis részben tartalékolt nem-öregedő elemekből van felépítve. Ez egyenes következménye annak, hogy szervezetünk (szerveink és rendszereink) sok alkotóelemből állnak, amelyek a sejtek szintjén nem öregsznek.

Az utóbbi évek kutatásai azt mutatták, hogy az idegrendszeri betegségek (neurodegeneratív folyamatok) mögött olyan mechanizmusok állnak, amelyekben az agysejtek halálozási aránya állandó, kortól független (ilyen a Parkinson-kór). Sok sejtfunkció idős korban is éppen olyan jónak bizonyult, mint újkorában volt.

A tartalékolás a három öregedési törvényből kettőt vesz számításba. Az egyik a kiegyenlítődési törvény: az idősebb emberek különböző embercsoportokban közel azonos halálozási arányt mutatnak, jóllehet ezeknek az embercsoportoknak halálozási rátái fiatalabb korban eltérőek voltak. Feltételezve, hogy az egyes alkatrészek meghibásodási rátája állandó, lehet, hogy

egy 10 elemű tartalékolt rendszer kezdetben kisebb valószínűséggel hibásodik meg, mint egy 8 elemű tartalékolt rendszer. Egy bizonyos időpontban azonban mindegyik rendszerben csak kevés működő elem marad és a meghibásodás kockázata azonos lesz. (Megjegyzés: ebben tévednek [1] szerzői, ugyanis a 10 elemű rendszer még mindig működni fog, amikor a 8 eleműt már ki kell dobni; így ekkor nem áll fenn az emberi szervezet és a műszaki eszköz közötti analógia, mert az embert halála után már csak a kórboncnak vizsgálhatja). Persze a szerzők is megállapítják, hogy a 10 elemű rendszer tovább fog működni.

A tartalékolt rendszerek is szimulálják a halálozási arány állandósuló menetét, amely 100 év feletti embebernél tapasztalható. Idős korban ugyanis az összes rendszer már elvesztette tartalékelemeit és csak egy-egy kritikus eleme maradt. Ezért a műszaki rendszerekre és az idős emberekre egyaránt igaz, hogy meghibásodási (halálozási) rátájuk magas, de inkább állandó, mint növekvő.

Egyetlen kérdés maradt megválaszolatlanul. Ez a halálozási törvény eltérő viselkedése műszaki eszközök és emberek esetében. A műszaki eszközök meghibásodási rátája hatványfüggvényt követ, azaz a meghibásodási ráta logaritmus az idő logaritmusának lineáris függvénye. Az emberi halálozási arány esetében azonban annak logaritmus az időnek lineáris függvénye, amely azt mutatja, hogy az ember halálozási aránya meredekebben növekszik, mint a műszaki eszközké. Az [1] közlemény szerzői sokáig töprengtek ezen a különbségen. Végül eszükbe jutott, hogy több évvel ezelőtt olyan elavult számítógéppel kellett dolgozniuk Oroszországban, amelynek a viselkedése olyan emberi fogalmakkal volt leírható, mint személyiségi jegyek, jellem, hangulatváltozás. Ez arra az elképesztő ötletre vezette őket, hogy az élőszerkezet (az emberi szervezet is) megdöbbenően és inkább hasonlít egy részlegen károsodott régi számítógépre, mint egy új komputerre.

A műszaki eszközök megbízhatósága nagy megbízhatóságú (kiváló minőségű) elemek beépítésével érhető el, ugyanakkor az élőszerkezetek megbízhatósága csak nagyon magas fokú rendszer-tartalékolással biztosítható. Ezzel lehet kiküszöbölni néhány elem gyenge minőségét. Más szavakkal kifejezve ez azt jelenti, hogy a berendezéseket úgy készítik, hogy elkerüljék a hibákat, az élőszerkezetek pedig magukat teszik hibátűrővé (hibákkal szemben ellenállóvá).

A régi orosz számítógépek viselkedésén elgondolkozva a kutatók rájöttek arra, hogy a megbízhatóság-elmélet szokásosan azzal a hallgatólagos feltevéssel él, hogy a rendszer kezdetben hibátlan állapotú. Ennek megfelelően meghibásodási rátájuk a Weibull-féle hatványfüggvénnyel írható le, amelynek kitevője pozitív szám. Az élőszerkezetek öregedését azonban a meredekebb növekedésű, exponenciális függvény (vi-gyázat: nem exponenciális eloszlás) írja le a halálozási

arány jellemzésére. Ez az exponenciális halálozási ráta-függvény azt jelenti, a kezdeti károsodás nagy veszélyével indul a felnőtt élet felé (a szervezetben már a születés előtt és közvetlenül az után is vannak hibás sejtek).

Bár ez a feltevés intuitív lehet, jól igazolható a korai fejlődés szakaszában megfigyelt tömeges sejtvesztéssel. Például a női emberi magzat 4-5 hónapos korában 6-7 millió petével rendelkezik, születés után pedig ez a szám 1-2 millióra csökken. A lányok serdülő korban általában 0,3-0,5 millió petével rendelkeznek, azaz a kezdeti számnak csak az 5-7%-ával. Megalapozottan kimutatható, hogy a peték számának időbeli csökkenése felelős a klimaxért (menopauze-ért, havi vérzés elmaradásáért) és ez okozhatja a nők termékenységi rendszerének meghibásodását. Azok a hölgyek, akiknek több petesejtjük van, hosszabb ideig képesek megtermékenyítésre.

Ha elfogadjuk, hogy nagy mennyiségű károsodással születünk, akkor ebből az következik, hogy a korai emberi fejlődés szakaszában (folyamataiban) elvégzett csekély mértékű javítások is – olyanok, amelyek növelik a kezdeti funkcionális elemek számát – eredményezhetik a halandóság csökkenését és az emberi élettartam jelentős kiterjesztését.

Egyre több bizonyíték van arra, hogy a felnőttkori degeneratív betegségeket és az öregedés kezdetének, valamint az élettartam hosszának korai életkorban való meghatározását magzati eredetű állapotokra (eredetekre) lehet visszavezetni.

Érdekes, hogy a korai életkor olyan körülménye, mint például a születési hónap hatással van az élettartam hosszúságára. Ezt mutatják például olyan csecsemőkben észlelt évszakkal járó betegségek, mint a vitaminhiány, amely a szülőanya téli fogyasztó diétájából vagy influenzás megbetegedéséből származik. Ezeknek hosszú ideig tartó következményei lehetnek.

## 5. A megbízhatóság-elmélet alkalmazása az öregedési folyamatok leküzdésére

A megbízhatóság-elmélet megállapításait figyelembe véve a kutatók most már legalább tudják, hogy miért és hogyan öregszünk. Öregedésünk oka az, hogy testünk nem helyettesíthető, de tartalékolt alkotóelemekből van felépítve, amelyek közül sok hibás van (már kezdetben is!) és öregedünk, ahogy ezek közül egyes alkotó elemek elkerülhetetlenül befejezik működésüket. Ennek az elméletnek ismeretében biológiai gyógyászati kutatásainkat arra összpontosíthatjuk, hogy lassítsuk vagy legalábbis szabályozzuk az öregedést.

Az ilyen jellegű legnagyobb beavatkozások egyike az a mód lenne, hogy elkerüljük (megszüntessük) a fejlődési károsodásokat (rendellenességeket) amelyek az életünket jellemző módon meghatározó magas kezdeti károsodási terhelést (igénybevételt) okozzák. Még olyan egyszerű dolgok, mint például a várandós anyák megfelelő vitaminokkal való ellátása, megakadályozza

a DNA károsodást és sokféle születési hibát. Például ha a terhes egereket olyan antioxidánsokkal etették, amelyek csökkentik a DNA-károsodásokat, akkor ezek az egerek hosszabb élettartamú utódoknak adtak életet. Ez a kutatási irány, amely már születés előtt az öregedéssel járó betegségek megelőzéséhez vezethet, hasonló a számítógépek chipjeinek gyártási folyamat során történő javításához (gyártásközi ellenőrzéshez, folyamatszabályozáshoz és a gyártási hibák megszüntetéséhez).

Még jobbat tehetnénk, ha megakadályoznánk a szövettani és szervi károsodásokat. A széleskörűen elterjedt fertőzések és lappangó gyulladások kiküszöbölése késleltetheti az izületi betegségek, az érlelmeszesedéssel járó betegségek, a bél- és gyomorbetegségek, az Alzheimer-kór és bizonyos típusú rákbetegségek bekövetkezését. Ahhoz, hogy ide eljussunk, meg kellene ismernünk (tanulnunk), hogyan tudjuk szervezetünket megjavítani (jobbá tenni), ha megsérülünk, vagy betegségtől legyengülünk.

Az élőszerkezetek már rendelkeznek számos javító mechanizmussal, így például bármilyen sérüléstől vagy a napsütéstől elhalt sejteket folyamatosan helyettesítik újakkal, amelyeket a törzssejtek alakítanak ki. Ezek olyan sejtek, amelyek megsokszorozhatják sokféle szövettípus kialakulását. A tudósok már vizsgálják a hormonszintet, vagyis azt a megfigyelést, hogy kis mennyiségű mérgező anyag aktivizálja a szervezet önjavító mechanizmusait, ennek mellékhatásaként nem kizárólag a mérgező ellen véd, hanem más veszélyek ellen is. Ha megismernénk az ilyen védekezési hatásokat, akkor lehet, hogy képesek lennénk lassítani vagy megelőzni az öregedéshez vezető sejtvesztéseket és rendszerkárosodásokat.

Végezetül, meg kellene ismernünk, hogyan helyettesítsük új és egészséges szervekkel a károsodott idős szerveket. Sok kutató azt gondolja, hogy egy nap az emberi élettartam nagy mértékben megnövelhető az előregedett szervek pótlásával. Ezen az úton most indultunk el. A laboratóriumok világszerte nagy haladást értek el a szervek (szív, vese, tüdő, máj) átültetésében.

A megbízhatóság-elmélet rávilágít arra, hogy nem csak egyetlen alapvető öregedési folyamat léphet fel, hanem az öregedést tartalékolt rendszerek nagyszámú létrejövő folyamata idézheti elő. Egy hasonlattal élve, élettartamunk egy időzített bomba, sok különböző sebességgel égő gyújtózsínórral. Ha csak egy zsinórt vágunk el, amely lehet, hogy éppen nem az igazi, akkor úgyelnünk kell valamennyi maradék zsinórra is.

## Irodalom

- [1] L. Gavrilov & N. Gavrilov:  
Why we fall apart?  
IEEE Spectrum, September 2004., pp.17–21.

# Latin négyzetek alkalmazásai a tervezésben és kódolásban

DÉNES TAMÁS

tdenest@freemail.hu

**Kulcsszavak:** vizsgálat-optimalizálás, titkosítás, adatbiztonság, képkódolás

A latin négyzeteket a gyakorlatban főleg három területen alkalmazzák. Ezek a következők: a statisztikus kísérlet-tervezés, a kódolás (hírközlési alkalmazásként) és a titkosítás.

Míg a statisztikai alkalmazásokban R. A. Fisher tekinthető úttörőnek, az 1920-as években megkezdett tevékenységével és híres könyvével (The design of experiments), addig a latin négyzetek alkalmazása a hírközlésben a II. világháborút megelőzően kezdődött mind amerikai, mind német részről. Az első publikált eredmények azonban, érthető okokból, csak a háború befejezése után jelentek meg. Amerikai részről C. E. Shannon, német részről pedig Rudolf Schauffler nevét kell megemlíteni úttörőként, aki a német rejtjelfejtés kimagasló alakja volt a II. világháború alatt.

## 1. Alkalmazások a statisztikus kísérlet tervezésben

R. A. Fisher szerint – szemben az addigi gyakorlattal, amikor is a kísérletek során csak egyetlen tényezőt változtattak – célszerű az összes tényező egyidejű variálása. Így jött létre a statisztika egy új ága, a faktor-analízis, valamint a latin négyzetek kísérletek tervezésében való felhasználása.

Az ortogonális latin négyzetek statisztikai alkalmazását egy példán keresztül szemléltetem. Öt különféle kikészítésű szálból szőtt késztermék mintázatát kell minőségileg összehasonlítani. A késztermék előállításán öt szövőgépen öt gépkezelő dolgozik. Az a feltételezés (amit igazolni kell), hogy a szálak kikészítésén kívül a szövéshez felhasznált gép és kezelője is minőséget befolyásoló tényezők. Ha a kísérletekre szánt idő nem lenne korlátozó tényező, akkor minden egyes fonalfajtát mind az öt szövőgépen az öt gépkezelő mindegyikével ki kellene próbálni. Ez összesen 125 kísérletet jelent. A latin négyzetek segítségével azonban kielégítő eredményt lehet elérni egy 25 kísérletből álló kísérletsorozattal.

Tegyük fel, hogy

$K_1, K_2, \dots, K_5$  jelöli az öt gépkezelőt,

$S_1, S_2, \dots, S_5$  jelöli az öt szövőgépet, valamint

$Y_1, Y_2, \dots, Y_5$  az öt különféle szál jelölésére szolgál.

A minőség összevetésére szolgáló 25 kísérletet az 1. ábrán bemutatott latin négyzet szemlélteti.

Az 1/a. ábrán látható latin négyzet úgy alkalmazható a kísérletek tervezésénél, hogy az oszlop kiválasztással a kezelőt, a sor kiválasztással a szövőgépet és a kiválasztott sor és oszlop metszetében álló elemmel az adott kísérletben felhasznált fonalat határozzuk meg. Így például az első kísérlet: a  $K_1$  gépkezelő az  $S_1$  szövőgépen  $Y_1$  fonallal dolgozik.

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$S_1$	$Y_1$	$Y_4$	$Y_5$	$Y_2$	$Y_3$
$S_2$	$Y_3$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_4$	$Y_5$
$S_3$	$Y_2$	$Y_5$	$Y_1$	$Y_3$	$Y_4$
$S_4$	$Y_5$	$Y_3$	$Y_4$	$Y_1$	$Y_2$
$S_5$	$Y_4$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_5$	$Y_1$

1/a. ábra

1	4	5	2	3
3	1	2	4	5
2	5	1	3	4
5	3	4	1	2
4	2	3	5	1

1/b. ábra

Tegyük fel továbbá, hogy a gépkezelők hatékonyságát befolyásolja, hogy a hét mely munkanapján dolgoznak. Akkor az 1/a. ábrán megadott latin négyzetben szereplő indexekhez (lásd 1/b. ábra) tartozó ortogonális párt kell szerkeszteni (lásd 2/a. ábra), ahol a munkanapokat számok jelzik. (1=hétfő, 2=kedd, 3=szerda, 4=csütörtök, 5=péntek.)

	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
$S_1$	1,1	4,2	5,3	2,4	3,5
$S_2$	3,3	1,4	2,1	4,5	5,2
$S_3$	2,2	5,3	1,5	3,4	4,1
$S_4$	5,5	3,1	4,3	1,2	2,4
$S_5$	4,4	2,5	3,2	5,1	1,3

2/a. ábra

1	2	3	4	5
3	4	1	5	2
2	3	5	4	1
5	1	3	2	4
4	5	2	1	3

2/b. ábra

A két ortogonális latin négyzet (lásd az 1/b. és 2/a. ábrán) egymásra helyezésével megszerkesztett 25 kísérletből álló kísérletsorozatot ábrázolja a 2/b. ábra, amely lehetővé teszi, hogy minden egyes gépkezelő minden egyes szövőgépen dolgozzon, a munkájában az öt különböző kikészítésű fonál mindegyikét pontosan egyszer használja és a vele kapcsolatos kísérleteknél egy hét 5 munkanapja közül minden napra egy kísérlet jusson.

Hasonló típusú kísérletek megtervezése merül fel például a növénytermesztés, vagy a gyógyszerkutató területén is.

Nyilvánvaló, hogy a kísérlet tervezésénél a latin négyzetek alkalmazhatósága bizonyos szempontból korlátozott, hiszen ha az előbbi példánkban például a gépezetek száma nem öt, hanem négy, akkor már másfajta elrendezésre van szükség. Az ilyen, a latin négyzeteknél általánosabb elrendezéseket *block designoknak* nevezzük. Az érdeklődő olvasó jó betekintést kaphat a block designokról [6]-ből.

Egy másik példa világítja meg a teljes latin négyzetek alkalmazását a kísérletek tervezésében.

Egy állatkísérletben a kísérleti állatokat különböző étrend szerint táplálják, feltevés szerint (amit a kísérletek során ellenőrizni kívánnak) egy adott állat etetése előtt, a kísérlet során kapott összes étkezések száma, valamint a közvetlenül megelőző etetés során kapott takarmány fajtája befolyásolja az eredményt.

Tegyük fel, hogy  $n$  darab állat és  $n$  féle takarmány kerül a kísérletben felhasználásra.  $n=4$  esetén az  $A_1, A_2, A_3, A_4$  kísérleti állatot a  $T_1, T_2, T_3, T_4$  takarmányokkal táplálják a 3. ábrán látható teljes latin négyzet szerinti kísérleti elrendezésben.

	1	2	3	4
$A_1$	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$
$A_2$	$T_2$	$T_4$	$T_1$	$T_3$
$A_3$	$T_3$	$T_1$	$T_4$	$T_2$
$A_4$	$T_4$	$T_3$	$T_2$	$T_1$

3. ábra

Az ábrán látható kísérleti elrendezés azt jelenti, hogy például az  $A_1$  állatnak első étkezésre  $T_1$  takarmányt, másodikra  $T_2$  takarmányt stb. kell adni. A kísérletsorozatban valóban fontos a teljes latin négyzet tulajdonság (ennek definíciója e cikk első részében található), hiszen ez biztosítja, hogy az összes lehetséges takarmány-sorrendet kipróbáljuk, ami éppen a kísérlet egyik lényeges célját képezi.

## 2. Kódolás-elméleti alkalmazások

Érdekes megemlíteni, hogy az általánosan elterjedt négyzetekkel szemben, nem Richard Wesley Hamming volt az első, aki 1950-ben a hibajelző és javító kódokat bevezette (lásd a jobboldali képet), hanem Rudolf Schauffler akinek latin négyzetek alapján szerkesztett nem bináris hibajelző és javító kódjai, valamint a latin négyzetek egyéb alkalmazásai már az 1946-ban benyújtott doktori diszsertációjában szerepeltek.

Mivel Schauffler eredményei a titkosszolgálatnál töltött évei és a szigorú titoktartás következtében, szélesebb körben hozzáférhető módon csak 1956-ban jelentek meg, így Hamming bináris hibajelző és javító kódjait független eredménynek kell tekinteni. Schauffler gondolatait jóval később viszontláthatjuk [1,5].

A latin négyzeteken alapuló nem bináris hibajelző és javító kódok elterjedéséhez a feltételt azonban a szélessávú úrtávközlési csatornák megjelenése teremtette meg. Ezért S. W. Golomb és E. C. Posner a JPL (Jet Propulsion Laboratory) pasadenai kutatólaboratórium vezető munkatársaiként foglalkoztak a hibajelző és javító kódok latin négyzetek alapján való szerkesztésével. Eredményüket a következőkben lehet megfogalmazni:

Ha létezik  $t$  darab  $n$ -ed rendű latin négyzetből álló ortogonális rendszer, akkor létezik olyan  $t+2$  hosszúságú kódszavakból álló kód, amelynek minimális Hamming-távolsága  $t+1$  és amelyben  $n^2$  kódszó van.

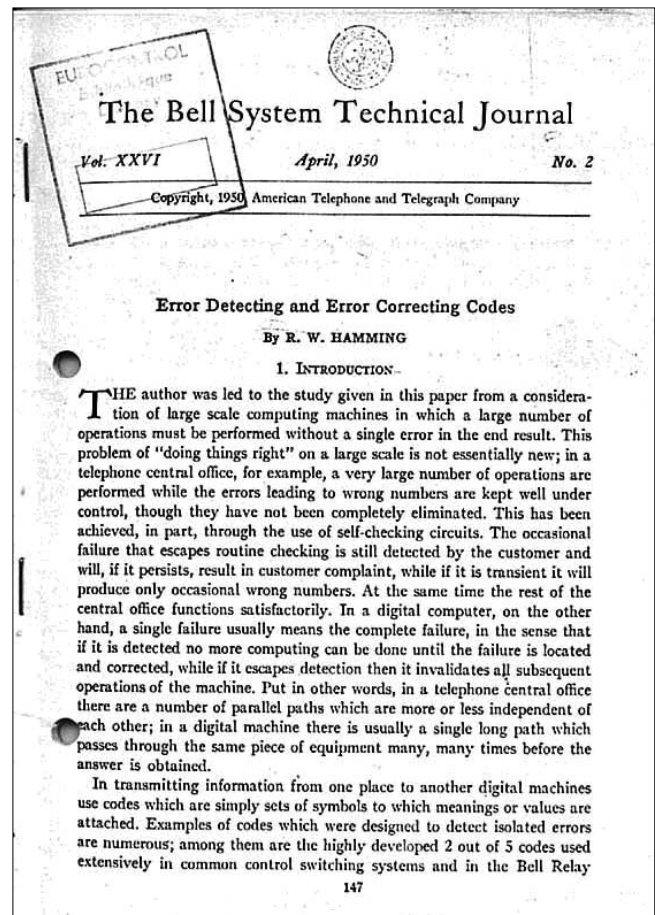
Két  $k$  hosszúságú kódszó

$a=(a_1, a_2, \dots, a_k)$  és  $b=(b_1, b_2, \dots, b_k)$  közötti Hamming távolság (jele  $=d(a,b)$ ), azon  $i$  ( $i=1,2,\dots,k$ ) indexeknek a száma, amelyekre  $a_i \neq b_i$  teljesül.

Egy kódnak a *minimális Hamming-távolsága* a kódban szereplő összes kódszó párok közötti Hamming-távolságok minimuma.

Alapvető tételként kell e helyen megemlíteni, hogy egy  $q$  betűből álló ábécé feletti  $k$  hosszúságú  $d$  minimális Hamming-távolságú kódban maximum  $q^{k-d+1}$  kódszó lehet.

Így a fent leírt Golomb-Posner kódban a kódszavak száma  $n^{t+2-(t+1)+1}=n^2$ , ami  $n$ -ed rendű latin négyzetek esetén maximális.



### Error Detecting and Error Correcting Codes

By R. W. HAMMING

#### 1. INTRODUCTION

THE author was led to the study given in this paper from a consideration of large scale computing machines in which a large number of operations must be performed without a single error in the end result. This problem of "doing things right" on a large scale is not essentially new; in a telephone central office, for example, a very large number of operations are performed while the errors leading to wrong numbers are kept well under control, though they have not been completely eliminated. This has been achieved, in part, through the use of self-checking circuits. The occasional failure that escapes routine checking is still detected by the customer and will, if it persists, result in customer complaint, while if it is transient it will produce only occasional wrong numbers. At the same time the rest of the central office functions satisfactorily. In a digital computer, on the other hand, a single failure usually means the complete failure, in the sense that if it is detected no more computing can be done until the failure is located and corrected, while if it escapes detection then it invalidates all subsequent operations of the machine. Put in other words, in a telephone central office there are a number of parallel paths which are more or less independent of each other; in a digital machine there is usually a single long path which passes through the same piece of equipment many, many times before the answer is obtained.

In transmitting information from one place to another digital machines use codes which are simply sets of symbols to which meanings or values are attached. Examples of codes which were designed to detect isolated errors are numerous; among them are the highly developed 2 out of 5 codes used extensively in common control switching systems and in the Bell Relay



A Golomb-Posner kód konstrukciója a következő példán jól követhető:

Legyen  $n=4$ , a konstrukcióhoz az  $L_1, L_2, L_3$  páronként ortogonális negyedrendű latin négyzeteket használjuk fel (4. ábra).

	0	1	2	3		0	1	2	3		0	1	2	3	
$L_1 =$	0	0	1	2	3	$L_2 =$	2	3	0	1	$L_3 =$	3	2	1	0
	1	1	0	3	2		3	2	1	0		1	0	3	2
	2	2	3	0	1		1	0	3	2		2	3	0	1
	3	3	2	1	0										

4. ábra

Látható módon  $L_1$ -hez a keret elemeket is feltüntetjük, mivel ennek a kódszavak képzése során jelentősége lesz. A kódszavakat a következő módon képezzük:

Az első komponens a sorkeret elem  $a_i$  ( $i=1,2,3,4$ ), a második komponens az oszlopkeret elem  $b_j$  ( $j=1,2,3,4$ ), majd sorrendben ezen keret elemek után következnek az  $L_1, L_2, L_3$  latin négyzetek belsejében  $a_i$  sor  $b_j$  oszlop metszésénél lévő elemek. Így a 4. ábra  $L_1, L_2, L_3$  latin négyzeteiből az 5. ábrán lévő kódszó készlethez jutunk.

Az olvasó ellenőrizheti, hogy a kódszavak száma  $4^2=16$ , a szóhossz 5, a minimális Hamming-távolság 4.

(0 0 0 0 0)	(1 0 1 2 3)	(2 0 2 3 1)	(3 0 3 1 2)
(0 1 1 1 1)	(1 1 0 3 2)	(2 1 3 2 0)	(3 1 2 0 3)
(0 2 2 2 2)	(1 2 3 0 1)	(2 2 0 1 3)	(3 2 1 3 0)
(0 3 3 3 3)	(1 3 2 1 0)	(2 3 1 0 2)	(3 3 0 2 1)

5. ábra

Az első részben említett tized rendű latin négyzetekből álló ortogonális rendszer létrehozásának problémája (létezik-e három 10-ed rendű latin négyzetből álló ortogonális rendszer?) most a kódok nyelvére lefordítva így hangzik: van-e olyan Golomb-Posner kód, melyben a 10 elemű ábécé feletti kódszavak száma 100, hosszuk 5, és a kód minimális Hamming-távolsága 4?

A Golomb-Posner kódok előnye, hogy  $n \neq 2$ , illetve  $n \neq 6$  esetén tetszőleges  $n$  elemű ábécé felett léteznek. [2]-ben sikerült a Golomb-Posner féle konstrukciót ortogonális latin téglalapokra általánosítani

A latin téglalap olyan téglalap mátrix, amely kiegészíthető latin négyzetté. Két azonos méretű latin téglalapot akkor nevezünk ortogonálisnak, ha egymásra helyezve a megfelelő rendezett párok mind különbözőek.

Példát mutatunk be a párok [2]-ban közölt konstrukciója alapján arra, hogy az  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5$   $2 \times 6$  méretű latin téglalapokból álló ortogonális rendszerből (6. ábra) milyen kód nyerhető.

6. ábra

	1	2							
$R_1 =$	1	6	1	6	2	6	3	6	4
	2	1	2	1	3	1	4	1	5
	3	2	3	2	4	2	5	2	6
	4	3	4	3	5	3	6	3	1
	5	4	5	4	6	4	1	4	2
	6	5	6	5	1	5	2	5	3

(1166666)	(4133333)
(1212345)	(4245612)
(2111111)	(5144444)
(2223456)	(5256123)
(3122222)	(6155555)
(3234561)	(6261234)

7. ábra

A konstrukció követhetősége érdekében  $R_1$ -nél a perem elemeket is feltüntetjük. A konstrukció a latin négyzetekre alkalmazott Golomb-Posner eljárásnak értelemszerű analogonja. Az így kapott kód elemeit (kódszavait) a 7. ábrán láthatjuk.

A fenti konstrukció felhasználható személyi számok, jogosítvány, vagy ISBN számok, valamint más hasonló kódok előállítására. Az ortogonális rendszer miatt a keletkező kódszavak garantáltan különbözőek, az eljárás könnyen programozható, gyors előállítást kínál.

### 3. Alkalmazások a távközlésben

Egy mobiltelefon hálózati rendszerében egy nagyobb területet felosztanak kisebb területi egységekre és minden egységnek van egy telepített adó-vevő központja. Ez a központ a környezetében dolgozó adók üzenetét veszi és továbbítja egy másik központ felé. Természetesen a területi központ a más körzetből érkező üzeneteket veszi és a saját területi egységén belül osztja szét, így sok frekvencia felhasználása szükséges egy ilyen rendszer üzemeltetéséhez. A felhasználható frekvenciák száma viszont korlátozott, valamint áthallási okok miatt az azonos frekvenciák egymáshoz közel fekvő adóknál nem alkalmazhatók.

Ezért olyan célszerű frekvenciakiosztást kell javasolni, amely a frekvenciák ismételt felhasználásával csökkenti a szükséges frekvenciák számát és a „lőugrásos” latin négyzeteken alapuló frekvenciakiosztással megakadályozza mind az áthallást, mind a zavarást. A megoldást a cikk első részében említett Nasik-négyzet alkalmazása biztosítja.

A 8. ábrán bemutatott Nasik-négyzet (ez egy olyan Nasik-négyzet amely egyben latin négyzet is és rendelkezik a lőugrás-tulajdonsággal) olyan tulajdonságú, hogy minden egyes eleme (egy elem egy frekvencia kiosztást reprezentál) nyolc olyan elemmel szomszédos, melyek közül két szomszédos elemhez nem rendelhető azonos frekvencia. Az ábrán bemutatott latin négyzet ötödrendű, ez azt jelenti, hogy a javasolt eljárás használatához legalább öt különböző frekvencia szükséges. Természetesen az egy adó-vevőhöz rendelt frekvenciák száma egyenél jóval több is lehet.

0	1	2	3	4
2	3	4	0	1
4	0	1	2	3
1	2	3	4	0
3	4	0	1	2

8. ábra

Egy frekvencia-ugratásos hírközlő rendszer úgy jellemezhető, hogy  $n$  frekvenciát használhat a rendszerben működő legfeljebb  $n$  adó. Az adók mindegyike bizonyos időközönként frekvenciát vált a zavarás megnehezítése végett vagy egyéb okokból. A frekvencia-ugratásos hírközlő rendszer akkor hatékony, ha a rendszerben működő adók egymástól függetlenül (külső szinkronizálás nélkül) működhetnek azonos frekvenciákat használhatnak oly módon, hogy az ütközés (két adónak egy időben azonos frekvencia használata) elkerülhető legyen.

R. D. Yates és G. R. Cooper már 1966-ban készített kutatási jelentésükben javasolták latin négyzetek alkalmazását a frekvencia-ugratás hatékonyságának növelésére.

**4. Alkalmazás a digitális képkódolás és átvitel területén**

Egy  $(0,1)$  mátrixról akkor mondjuk, hogy  $uxv$  ( $u, v \geq 2$ ) *horizontális ablak tulajdonsággal* rendelkezik, ha egy  $u$  sorból és  $v$  oszlopból álló ablakot horizontálisan mozgatva a mátrixon, minden nem csupa nullából álló ablak legfeljebb egyszer fordul elő. (Hasonlóképpen definiáljuk a vertikális ablak tulajdonságot.)

Egy mátrixot akkor mondunk  $uxv$  ablak tulajdonságúnak, ha horizontálisan és vertikálisan is  $uxv$  ablak tulajdonságú.

Természetes általánosítása a fogalomnak, ha egy latin négyzettől követeljük meg a horizontális, illetve vertikális ablak tulajdonságot.  $(0,1)$  mátrixokra az ablak tulajdonságot két Bell laboratóriumban dolgozó matematikus (F. J. MacWilliams, N. J. A. Sloane) vizsgálták először. Az ablak tulajdonsággal rendelkező mátrixok szerkesztésének gyakorlati alkalmazása is van, például a digitális képkódolás és átvitel területén.

Most bemutatunk egy példát keresztül egy ablak tulajdonságokkal rendelkező mátrix szerkesztést, amely – mint látni fogjuk – a teljes latin négyzeteken alapul.

Tekintsünk egy negyedrendű teljes  $L_4(a_{ij})$  latin négyzetet (9. ábra), majd utolsó oszlopát megismételve, valamint egy kizárólag ötösöket tartalmazó oszlopot hozzávéve kapjuk a 10. ábrán látható  $M_{4 \times 6}(b_{ij})$  mátrixot.

$L_4(a_{ij}) =$ <table style="margin-left: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr><td>4</td><td>1</td><td>3</td><td>2</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>1</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>2</td><td>1</td></tr> </table>	4	1	3	2	1	2	4	3	2	3	1	4	3	4	2	1	$M_{4 \times 6}(b_{ij}) =$ <table style="margin-left: 20px; border-collapse: collapse;"> <tr><td>4</td><td>1</td><td>3</td><td>2</td><td>2</td><td>5</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>3</td><td>3</td><td>5</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>1</td><td>4</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td><td>5</td></tr> </table>	4	1	3	2	2	5	1	2	4	3	3	5	2	3	1	4	4	5	3	4	2	1	1	5
4	1	3	2																																						
1	2	4	3																																						
2	3	1	4																																						
3	4	2	1																																						
4	1	3	2	2	5																																				
1	2	4	3	3	5																																				
2	3	1	4	4	5																																				
3	4	2	1	1	5																																				

9. ábra    10. ábra

A teljes latin négyzet tulajdonságból következik, hogy úgy a 9. ábra  $L_4(a_{ij})$  latin négyzete, mint a 10. ábra  $M_{4 \times 6}(b_{ij})$  kiterjesztése rendelkezik mind vertikális, mind horizontális  $2 \times 2$  ablak tulajdonsággal.

*Vesszőmentesnek* nevezünk egy  $C$  kódot, amely  $n$  hosszúságú szavakból áll, ha bármely  $a_1 \dots a_n \in C$  és  $b_1 \dots b_n \in C$  esetén az  $a_j a_{j+1} \dots a_n b_1 b_2 \dots b_{j-1}$  ( $j=2,3,\dots,n$ ) kódszavak egyike sincsen  $C$ -ben.

Szemléltető példaként a 10. ábra mátrixát és a 11. ábra bináris vesszőmentes kódját felhasználva, az  $i, j \leftrightarrow c_{bij}$  ( $i=1,2,3,4$   $j=1,2,3,4,5,6$ ) megfeleltetéssel nyerjük a 12. ábrán látható  $(0,1)$  mátrixot, amely  $14 \times 1$  ablak tulajdonságú.

$c_1 = 00001$   $c_2 = 01100$   $c_3 = 01001$   $c_4 = 01110$   $c_5 = 01101$   $c_6 = 01111$

11. ábra

	1	2	3	4	5	6	
i	1	0	1	1	1	0	0
2	0	0	0	1	0	1	1
3	0	1	1	0	0	1	0
4	0	1	0	0	1	0	1

12. ábra

A fenti latin négyzeteket felhasználó szerkesztési mód részletes leírása megtalálható [3]-ban.

**5. Latin négyzet alapú párhuzamos aritmetika**

A számítástechnika egyik égető problémája a műveletvégzési idők lerövidítése. Ennek érdekében jöttek létre a különböző párhuzamos műveletvégző architektúrák (pipeline processzorok, array processzorok stb.)

Nem kaptak eddig megfelelő szerepet az úgynevezett maradék számrendszerbeli ábrázoláson alapuló aritmetikai egységek. Ilyen aritmetikai egység ismertetésére és a latin négyzetekkel való kapcsolatára derül fény a következőkben. Ezen példa kapcsán rámutatunk a latin négyzetek művelet táblaként való kódolási alkalmazására.

A számok maradék számrendszerbeli ábrázolásának kezdetei az ókori Kínában keletkezett, úgynevezett *kínai maradéktétel*en alapszik. Mivel e tétel több mint kétezer éves, nem természetes, hogy a soros műveletvégzés lett a számítástechnika születésénél az első és napjainkig is alapvetően elterjedt architektúra.

Néhány olyan tudomány és technikatörténeti tényre igyekeztem [4] könyvemben közkincsé tenni, amelyek ezt a jelenséget még érdekesebbé teszik. Eme kevés ismert tények szerint már a XX. század első felében történt kísérlet a maradék számrendszerbeli ábrázoláson alapuló célgép (prímszám szita) készítésére, később D. N. Lehmer, majd fia D. H. Lehmer hasonló célú és megoldású fotoelektronikus gépet épített. Az ifjabb Lehmer, aki ott volt az ENIAC születésénél, annak soros architektúrájává tételéről a következőket írta:

*„A következő dátumunk 1946, ami természetesen az ENIAC éve. Vajon felhasználható-e a nagysebességű számítógép a szita-módszer elvégzésére? Ez egy magas párhuzamosságú gép volt, amíg von Neumann el nem rontotta.”*

A kínai maradék tétel:

Pontosan egy olyan  $x < n$  természetes szám van melyre fennállnak a következő kongruenciák,  $x \equiv a_1 \pmod{m_1}$ ,  $x \equiv a_2 \pmod{m_2}, \dots, x \equiv a_k \pmod{m_k}$ , ha  $m_1, m_2, \dots, m_k$  páronként relatív prímek és  $n = m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_k$ .



Az  $x \equiv a_i \pmod{m_i}$  írásmód azt jelenti, hogy az  $x$  számot  $m_i$ -vel osztva  $a_i$  maradékot ad. Azt mondjuk, hogy az  $x$  szám maradék számrendszerbeli ábrázolása az  $(a_1 a_2 \dots a_k)$  vektor.

Az összeadás, kivonás, szorzás a maradék számrendszerben ábrázolt számok között komponensenként történik. Legyen  $x$  maradék számrendszerbeli ábrázolása  $(a_1 a_2 \dots a_k)$  és  $y$  ábrázolása  $(b_1 b_2 \dots b_k)$ , akkor  $x+y$  ábrázolása  $(a_1 \oplus b_1 a_2 \oplus b_2 \dots a_k \oplus b_k)$ , ahol a  $\oplus$  művelet a  $\pmod{n_i}$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) összeadást jelenti. Hasonló módon értelmezhető a kivonás és a szorzás is.

A 13. ábra bemutatja a 0-15 közé eső egész számok 3 és 5 modulusra vonatkozó maradék számrendszerbeli alakjait, majd egy példán keresztül érzékeltetem a maradék számrendszerben való összeadást. Eme táblázat segítségével már képes bárki ebbe a szám intervallumba eső számokkal műveleteket végezni, ezáltal megtapasztalni azt a meghökkenítő lehetőséget, amit a párhuzamos számítás (párhuzamos aritmetika) jelent.

13. ábra  
Táblázat  
a 0-29 természetes számok  
maradék számrendszerbeli  
ábrázolására

Egész számok	$m_1$ 3	$m_2$ 5
0	0	0
1	1	1
2	2	2
3	0	3
4	1	4
5	2	0
6	0	1
7	1	2
8	2	3
9	0	4
10	1	0
11	2	1
12	0	2
13	1	3
14	2	4
15	0	0

A maradék számrendszerben az összeadás, vagy a kivonás sokkal gyorsabban, valóban az összes számjegyen szinte egyszerre (párhuzamosan) elvégezhető, mivel nincs átvitel. Illusztrációként a 14. ábrán bemutatjuk a következő műveletek elvégzését modulus rendszerben:  $7+3+1=11$ .

Össze- Adandók	$m_1$ 3	$m_2$ 5
7	1	2
3	0	3
1	1	1
Eredmény:	2	1

14. ábra

Az összeadás eredménye  $(2, 1)$  a 13. ábra 11. sorában megtalálható, vagyis a modulus alakban kapott eredmény valóban a tízes számrendszerben kiszámított 11-nek felel meg.

A kínai maradék tétel tehát ad egy olyan szám ábrázolási módot, amelynek segítségével a párhuzamos műveletvégzés könnyen megvalósítható.

A modulus aritmetika műveleteihez tartozó művelet táblák egy-egy latin négyzetet alkotnak. A fent bemutatott  $\pmod{3}$ , illetve  $\pmod{5}$  összeadáshoz tartozó művelet táblákat mutatják a 15. ábrán látható peremezett latin négyzetek:

$\oplus_3$	0	1	2	$\oplus_5$	0	1	2	3	4
0	0	1	2	0	0	1	2	3	4
1	1	2	0	2	2	3	4	0	1
2	2	0	1	3	3	4	0	1	2
				4	4	0	1	2	3

15. ábra

Most példát adunk a  $\pmod{3}$  és  $\pmod{5}$  modulus aritmetikabeli szorzásra, illetve a szorzás elvégzéséhez szükséges művelettáblákra, amelyek a perem sor, illetve oszlop elhagyásával latin négyzetet alkotnak (16. ábra).

$\oplus_3$	0	1	2	$\oplus_5$	0	1	2	3	4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	1	0	1	2	3	4
2	0	2	1	2	0	2	4	1	3
				3	0	2	1	4	2
				4	0	4	3	2	1

16. ábra

Az összeadásnál bemutatott 13. ábra szerint:

$$3=(0,3), 5=(2,0), \text{ ekkor } 3 \cdot 5=(0 \oplus_3 2, 3 \oplus_5 0)=(0,0),$$

amely a táblázat 15. sorában található, tehát a szorzás eredménye 15, ami megfelel a tízes számrendszerbelinek.

A bemutatott példából is kiderül, hogy a modulus aritmetika használatának fő nehézségét a túlcsoordulás, valamint az előjel jelzése és a maradék számrendszerbeli ábrázolásból a tízes számrendszerbe és viszont konvertálás viszonylagos lassúsága jelenti. Ezt az ábrázolás módot tehát ott célszerű alkalmazni, ahol a számolás igény nagy és csak ritkán kell konvertálni a számokat.

**Irodalom**

- [1] A. M. Andrew: Decimal error-correction: a solution, Computer J. 18 (1975), pp.284–285.
- [2] J. Dénes: Latin squares and non-binary encoding, Proc. Conf. Inform. Theory (Cachen, France, 1977), CNRS, Paris 1979., pp.215–221.
- [3] J. Dénes, A. D. Keedwell: A new construction of twodimensional araye with window property, IEEE Trans., On Information Theory 1988.
- [4] Dénes Tamás: Titkos-számítógép-történet, Aranykönyv Kiadó, Budapest, 2003.
- [5] A. Ecker, G. Poch: Check character systems, Computing 37(1986), pp.289–297.
- [6] D. R. Hughes, F. C. Piper: Design theory, Cambridge University Press, 1985.
- [7] D. H. Lehmer: A photo-electric number sieve, Amer. Math. Monthly 40 (1933), pp.401–406.
- [8] D.H.Lehmer: A machine for combining sets of linear conqruences, Mathematische Annalen 109 (1934), pp.661–667.
- [9] R. Mandl: Orthogonal latin squares: an application of experimental design to compiler testing, Comm. ACM 28(1985), pp.1054–1058.

# Egy jó cég ismérvei: stabilitás, megbízhatóság

## Interjú Gyenes Istvánnal a MATÁV Üzleti Megoldások Üzletág partnerkapcsolati menedzserével

NAGY BEATRIX HAVASKA

*nbh@mailbox.hu*

*Gyenes István nemrégiben visszatért eredeti munkahelyére. Igaz eközben sok minden történt. Számos nehéz feladatot megoldott és változatos körülmények között igyekezett a szakma fejlődéséért dolgozni. A következőkben arra szeretnénk majd választ kapni, hogy milyennek látja a MATÁV jelenlegi szervezetét a világot is bejáró, nagy szakmai tapasztalattal rendelkező szakember. Hogyan hasznosítja tudását? Milyen új elképzelésekkel kíván a jövőben változásokat létrehozni a vállalat fejlődése érdekében? Milyen támogatást vár az üzleti sikerek elérése érdekében eredeti munkakörében, a kutatás-fejlesztés területén?*

*Fiatal korában nyelvtudása segítette abban, hogy rendszeresen nemzetközi tárgyalásokon vegyen részt. A távközlés fejlesztése és a postai szolgálat korszerűsítésének területén számos ország tapasztalatait összegyűjtötte. Emlékeit felelevenítve melyek azok a benyomások, melyek még ma is élnek és döntéseiben segítik?*

Moszkvában jártam egyetemre, így amikor hazajöttem nekem magyarul is meg kellett tanulnom. Volt ugyan egy „szűk” szakmai diplomám, amivel első voltam az országban, de sokra nem mentem volna vele, ha a megfelelő információt, szakmai tudást nem kapom meg mellé. Talán a legkellemesebb, amit meg említenék, hogy hosszú éveken dolgoztam széles látókörű idősebb, fiatalabb kutatókkal, akikről rengeteget tanulhattam. Ez nekem mindig maradandó emlék, ezt sohasem fogom elfelejteni. A másik nagyon kellemes iskola; a postán eltöltött 18 év, ami alatt sokfélét tanultam, tapasztalhattam külföldi postáknál, szervezeteknél.

Hittel, meggyőződéssel vallom a mai napig is, hogy az a bizonyos magyar szürke állomány, amire hivatkoznak, az valóban igaz és létezik. Ahol a magyarok megjelentek, ott mindig volt egy jó ötlet, egy elgondolás, valami más, mint a megszokott. Munkám során sok olyan feladatban vettem részt, ami önmagában ugyan nem volt országos jelentőségű, de szakmai sikereket hoztak. Ilyen volt a postai irányító számrendszernek és a számkiosztásnak logikája – amelyet 1973-ban vezettek be és a mai napig is működik. Azok a gazdag országok Európában, akik bennünket megelőztek többéves szakmai előnyükkel, olyan rossz számrendszert alakítottak ki, hogy azóta is toldozgatják-foldozgatják. Egy ilyen munkának az ember, ha részese lehet – természetesen büszkeséggel tölti el. Él bennem az az élmény is, amikor az UPU-nak, a postai világszervezetnek a kongresszusán felszólalhattam a „Postai hálózat méretezése, szállítási rendszer modellezése” című PKI-s tanulmánnyal, és még a nyugati országok szakemberei is tátott szájjal hallgatták. Az időpont az érdekes: 1982, ekkor a számítástechnika messze nem volt olyan fejlett állapotban, mint ma.

Fontos eleme munkámnak, hogy részt vehettem Posta számítástechnikai koncepciójának kidolgozásában, ami ugyancsak az 1980-as évek elején volt. 1982-ben kezdtük el a „Minden szolgáltatás egy helyen” című – mai divatos szóval – projektet. Ennek lényege, hogy a számítógép segítse a szűk szakmai területre specializálódott postai felvételhelyeket. El is indult ezeknek a kísérleti megvalósítása többféle változatban, de a pénzügyi akadályok miatt hamarosan megfeneklett. Most a Magyar Posta újra bevezette ezt az eljárást.

Egy további érdekes projekt, a „góchivatali hálózat”, ami optimalizálta volna a postai szolgáltatások minőségét és a beruházási költségeket. Ez is elkezdődött. Bár ez a budai gócs nem szerepelt az akkori tervekben. Ennek létrehozása eredményezte, hogy a Budapesten helyben feladott levél van, hogy egy hét alatt érkezik meg a címzetthez.

A nagy konklúzió a 18 postai évből, amit a mai napig sokszor felhasználok, hogy nem zavar a sokféle érv. Nem kell ellenséget látni olyan emberben vagy egy olyan ember véleményében, akinek más az elképzelése. Az igazán szép megoldások, döntések sokféle, sokszínű véleményből állnak össze. Az ember ezt fiatalon nem látja mindig így. A legfontosabb, hogy vállalni kell a kockázatot, az úttörő szerepet.

A Posta Kísérleti Intézet környezete, a kutatók, a sokszakmások szakembere, ez adta azt a mélyreható tudást, amit később használtam. Van egy mellékterméke is ezeknek az éveknek: az egyes szakterületeken dolgozó embereknek, kutatóknak meg kell adni a szabadságot. Mert hiába volt félkatonai szervezet annak idején a posta, ahol mindenkinek megvolt a helye, a PKI-ban mindig meg volt ez a szabadság. Az embereket, ha korlátozzák, elvesznek az új ötletek, gondolatok. A nagy hierarchikus szervezeteknek ez az egyik nagy hibája, hogy minden kreativitást kiölnek az emberekből, mert mindenkinek megvan a helye, feladata, mindent utasítás szerint kell végeznie. Ha nem adok utasítást, csak engedem, hogy gondolkodjon a probléma megoldásán, biztos vagyok benne, hogy jobb eredményt hoz. A mai szervezetek többségében ezt sajnos nem veszik figyelembe, mert a vezetők féltik saját önállóságukat.

*A Posta Fejlesztéspolitikai Osztályán, a PKI szakmai háttérével, meghatározó egyéniséggé nőtte ki magát. Bár elsősorban postaforgalmi kérdésekkel foglalkozott, de gondolatai és ötletei valamennyi terület fejlesztésére hatást gyakoroltak, elismert szakemberré vált. A következő években mely területen vár eredményeket a távközlési hálózat kialakításában, vagy a szolgáltatás bővítéséhez szükséges eszközök terjesztésében?*

Gyakorlatilag január óta vagyok a MATÁV munkatársa, ezért nagy forradalmi fejlesztési célokat még nem tudtam megvalósítani. Néhány hónap tapasztalata alapján azt látom, hogy a mai termékinálat, az előfizetői termék-, szolgáltatás kínálat az a klasszikus, hagyományosnak nevezhető szolgáltatásokra korlátozódik. A világ elment más irányba. Véleményem szerint ezeknek a termékeknek, szolgáltatásoknak a határfokát kell megnövelni, annak érdekében, hogy a MATÁV azt kínálhassa, amit az előfizető elvár.

Az előfizetők nem távközlési szakemberek, nem értenek az adatátvitelhez, bár sokan azt hiszik, azt állítják magukról, hogy igen. A MATÁV-nak az ügyfél elébe kell mennie, a vevő helyett kell újításokat kitalálnia. Előfizető figyelj, neked van egy helyi hálózatod, az lassú, nem megbízható, ezt ki kellene cserélni egy jobbra, hatékonyabbra, jobb szoftverekre jobb megoldásokra. Sőt kombinálni kell a nyilvános telefonszolgáltatást a házon belüli forgalmat, hogy meg lehessen oldani azt gyakorlatilag „ingyen”. Olyan új megoldást, szolgáltatást kellene kínálnia a MATÁV-nak, amire a vevő azt mondja: „ha a MATÁV ezt is tudja, akkor ez a legjobb szolgáltató!” Ebben még fejlődünk kell. Fontos, hogy így magasabb intelligencia jellemezze az adott szolgáltatásokat. Így még többféle vevőigénynek tudnánk így megfelelni. Mert van három fős vállalkozás, és van multinacionális cég is, melynek Magyarországon több telephelye van. Mindkettőnek szüksége van az intelligens szolgáltatásra, termékre, bár teljesen különböző műszaki tartalommal.

Miért kellene erőltetni a vezetékes megoldást? Mindenek megvan a maga helye: a mobilnak is és a vezetékesnek is. Mindegyiket ott kell használni, ahol a legelőnyösebb. Miért ne kombinálhatnánk a kettőt? Ezt a MATÁV-on belül lenne a legegyszerűbb megvalósítani. A T-Mobile és a MATÁV szolgáltatásai jól kiegészítenék egymást.

Meglepetéssel tapasztaltam, hogy a MATÁV Üzleti Megoldások Üzletág küzd a vezetékes készülékek kikapcsolása ellen. Inkább valami formális, de a mennyiségi igényeket kielégítő megoldást kellene találjon, hogy ne mondják le a vezetékes telefont. Ha egy előfizető ritkán van otthon és inkább mozgásban van, mert olyan a tevékenysége, akkor használja a mobiltelefont, de legyen neki egy olcsó fix állomása is, és kínáljuk egyszerre a kettőt. A fix és a mobil nagyon jól kiegészíti egymást. Legyenek csábítók a tarifák az ilyen kombinációkra.

A konkurens valamit jobban csinál, mint én? Akkor találjam meg a módját annak, hogyan előzzem meg valami csalafinta, a vevő számára felhasználható előnyös szolgáltatással és akkor én leszek a jobb. A vevő kedvében járva csábítóbbá kell tenni magamat másokkal szemben. Van, amikor a vevő ragaszkodik egy termékhez. Már nagyon sok cég termékét forgalmaztam, mindegyiknek megvan a maga helye. A konkurens cégekkel kapcsolatban – a legutóbbi, MATÁV-ot megelőző munkahelyemen – is ez volt a tapasztalatom. Meg kell találni az összhangot.

A következő lényeges irányelv, a MATÁV jövője szempontjából annak tudomásul vétele, hogy a vevő a király. Azt kell tenni, amit ő kér. Ha a vevő hajlandó azt megfizetni, akkor az bevétel. A korábbi monopol szolgáltatók esetében általános volt, hogy a vevő azt kapta, ami van. Egy nagyon drága kérdést megtalálni a hálózatfejlesztésnek azon módját és ütemét, amivel a vállalkozási készséget növelni lehet. A vevő döntson a korlátairól. Sajnos ez ma a MATÁV-nál nem általános.

Egyre kevesebb az olyan igény, amire azt kell mondani, sajnos nem tudjuk kielégíteni. Ma már vannak a hálózatnak olyan részei, melyek többet képesek nyújtani, mint amit az adott területen az előfizetők kérnek. De ezt nem kínáljuk. Nem megyünk oda: „Vevő, meg kellene változtatnod az igényedet! Érdemesebb lenne 10Gbit-es ethernet csatlakozóra rákötni a hálózatodat, és nem 2Mbit-es bérlet vonalakkal működni.” „Vevő, a technikai környezeted, a működésed szempontjából előnyös lenne, egy tartalék számítógéppont, amit kiépítünk, és szolgáltatásként átadunk, nem kell beruháznod, nem kell kifizetned több százmillió forintot. Megcsináljuk havi bérleti díjért.” Ez a „vevőkezelési eljárás”. Ebben van még mit tanulni és gyakorolni. Ez a pia-

ci munkának egy nagyon fontos eleme. Munkatársainkat is meg kell tanítani, hogy így kereskedjenek és így szolgáltassanak. Meg kell ismerni a vevő belső működését.

A vevőt kiszolgálni, a vevő igényeire a szolgáltató hálózatot elkészíteni, és ehhez egy megfelelő, műszaki üzemeltetést támogató support szervezetet hozzárendelni a legfontosabb. Mindegyik területen van tennivalója a MATÁV-nak.

*A világ azóta jelentősen megváltozott és nem egy erős állami monopóliumhoz, hanem egy német érdekeltségű magánvállalathoz tért vissza. Miben látja a döntő különbségeket, és ezek hogyan befolyásolják munkáját?*

Valóban nagyon sok a pozitív változás a korábbi állami céghez képest. Például egyre erősebb, bár még nem elég erős a költségérzékenység. Ez az állami vállalatra korábban nem volt jellemző. Ugyancsak pozitív a korábbi vállalati szervezethez képest, hogy a Vezérgazgatóságra bekerülni csak a szakmai előremenetelnek egy bizonyos fokán, megfelelő szakmai tudás, bölcsesség megléte, tapasztalatnak a megszerzése után lehetett. Tehát ott mind középkorú és idősebb szakemberek voltak. Ma ez a MATÁV-nál, hála Istennek nem így van, rengeteg a fiatal, nagy általánosságban mondhatom, hogy jó szakember. Ugyanakkor egy fiatal szakembernek nincs több, mint tíz év szakmai gyakorlata, tapasztalata, ami nagy átfogó kérdések eldöntéséhez, a globális áttekintéshez szükséges.

Pont ez a fő negatívum a mai MATÁV szervezeten belül. Erősen szegmentáltak a szakmai területek, munkakörök, és az ott dolgozó szakemberek között. Csak azt a szabályozó feladatokat látják, ami utasításokkal, szabályokkal szépen körül van véve. Nincsen globális kitekintése, nem látja, hogy a szomszéd asztalnál ülő kollegája mivel foglalkozik, pedig nincs közöttük fizikai távolság. Hiányzik egy globális kép kialakulása akár az ügyfelek, akár a MATÁV szervezetén belül. Ennek megfelelően a termékínálatban, a külső működésben a nagy összefogás, a sok szervezet összehangolt érvényesülése sajnos nem valósul meg. Az Üzleti Megoldások Üzletág megoldásait ismerem jobban: nincsenek vevőspecifikus termékeink. Mindeki azt nézi, hogy mi a feladata. Egyiküknek például kapcsolatot kell tartani a MATÁV és az ügyfél között. A következő kollegának az a feladata, hogy készítsen árajánlatot. Soha nem találkozik a vevővel, nem is tudja azt, hogy megérti-e azt a nyelvet, amit az árajánlatban leírt. A harmadik csak az átadással foglalkozik. Rettentően sok, apró részletre van szaggatva és nincs egy átfogó, összefogó, koordináló szerep. Ez hiányzik mind a szervezeten belül, mind a szervezetet alkotó egyes csoportok munkájából is és ez néha hibás döntéshez vezet. Ezt valakinek észre kellene vennie. Meg kellene találni a szolgáltatásnak azt a módját, hogy ha beszéd és „nem beszéd” szolgáltatásokra kell koncentrálnia, akkor is észre vegye, hogy a vevőnek informatikai szolgáltatásokra is szüksége lenne, bár ezzel egy harmadik kollega foglalkozik...

Ezek a túlságosan szeparált és egymástól elkülönült munkakörök nem egészségesek ebben az összetett és nagyon sokféle, globális világban. Ez nagy ellentmondás a szervezet, a vevő, és a piac kapcsolatában. Itt van még mit tenni a MATÁV-nak is, de a többi nagy szolgáltatónál is ugyanez a helyzet. Nagy szervezeteknél ez a szétaprózottság olyan koordináló belső szervezetet igényelne, amely látja az egyes szakterületek a tevékenységét, és össze tud állítani egy nagy közös arculatot, vagy szolgáltatói képet.

A régi szervezetben a Postaszolgáltató szervezete és a PKI úgy működött együtt, hogy a PKI egy összefogó koordináló szerepet látott el, a vezetők igényei alapján. A mai PKI

a hálóknak, a hálózati lobnak egy szervezete, elvben ma is a stratégiai fejlesztések és a műszaki tudás koncentrált szervezete, de összefogó szerepet, a lobok közti összehangoló feladatot nem várnak tőle. Az a megérzésem, hogy ennek a háttérintézménynek – a PKI-nak –, ahol minden tudás jelen van, ami szolgáltatáshoz kell, valóban testhez álló feladata lenne a globális kezelést, a sokféle szolgáltatás feltételeit és a vevő igényeit széles látókörűen kézben tartani.

Itt vannak parciális érdekek, a T Lob-nak az az érdeke, hogy minél több lakossági üzletet kössön, és minél több üzletet vegyen el az Üzleti Megoldásoktól. Az Üzletágnak viszont az az érdeke, hogy minél nagyobb üzlete legyen és minél kevesebbet hagyjon ki a saját vevőköréből a T Lob számára. A T-Mobile-nak megint más az érdeke, az Axeleronak megint más, mindenki megy a maga érdeke alapján, és tessék megmondani: hol kerül ez összhangba?! Valahol a tervezési osztályon, ahol az éves tervnek a megvalósítását, a számok vélt és várható eredményeinek az alakulását figyelik? Ez nem az a működtető környezet, ahol a stratégiai összehangolás folyik, hanem egy lényeges környelési feladat, mert monitoringolni kell az eredményeket.

A PKI-t szívesen látnám régi feladatkörében. Ez nem csak korábbi tapasztalataim alapul, hanem más területek gyakorlata is alátámasztja. Működtettem olyan szervezet, melynek a PKI aktív eleme volt, és az jó volt. Ha valami jó, azt nem kell eldobni. Lehet javítani, fejleszteni, bővíteni, de nem szabad eldobni.

*Sikeresen képviselt Magyarországon külföldi cégeket. Ezek azonban lényegesen kisebbek voltak, mint a MATÁV. Ugyanakkor ezek képviseletében többször kellett vitatkozni a MATÁV-os szakemberekkel műszaki, gazdasági kérdésekről. Ez mennyire fogja segíteni munkáját?*

Nagyon bízom benne, hogy az utóbbi 13 évben megszerzett tapasztalatot eredményesen fogom hasznosítani a jelenlegi és jövőbeni feladataimban. Az, hogy kapcsolatteremtő képességekkel rendelkezem, sokféle céggel személyes kontextusom van, számos gyártó termékét ismerem és megtanultam, hogy egy gyártó minél előbb szeretné eladni a termékét. A MATÁV-nak pedig érdeke, az eszközöket minél jobb áron és minél jobb feltételek mellett beszerezni.

Meghökkenő számomra, hogy a MATÁV-nak kevés olyan „udvari” beszállítója van, akitől bármikor, bármilyen mennyiségben, kedvező feltételekkel tud eszközt, berendezést beszerezni, a megfelelő kiegészítő szolgáltatásokkal együtt. Az üzleti megoldások területén legtöbbször eseti árajánlatokból dolgozunk, eseti nyereség kalkulációjával. Hosszú távra az üzletmenet nem tervezhető, mert nincs rögzített beszerzési árral rendelkezésünkre álló gyártó, holott az ország egyik legnagyobb szolgáltatója vagyunk. Ide a gyártónak bekerülni a maga eszközével: a paradicsom. Hosszú távra stabil üzlet. Ennek ellenére, sok gyártóval nincs rögzített áras szerződésünk. Abban reménykedünk, hogy az eseti árajánlatokkal több nyereséget, eredményt sikerül érvényesítenünk, pedig ez nem igaz. A hosszú, sokéves előremutató gyártói kapcsolatok azok a szakmai fejlődés, termékbeszerzés szempontjából előnyös. A közeljövőben erre kívánok koncentrálni.

A MATÁV-nak van egy erre szakosodott szervezete, akik a gyártói beszerzési kapcsolatokat ápolják és gondozzák. Jogosan, a közgazdasági szempontok szerint gondolkodnak. A költség a beszerzés meghatározó paramétere. Bár műszakilag többféle árajánlat közül lehet választani, ők mindig a legolcsóbbat választják. Ez gazdaságilag a legjobb, műszakilag azonban nem. Hiába volt a legolcsóbb, amit a versenyben az adott szállító megígért, a raktárak te-

le vannak fel nem használható eszközökkel. Itt kombinálni kell a gyártó által kínált árat, az eszközben megjelenő szolgáltatást, a választékot, a gyártói kapcsolati stabilitást és a minőséget, ami végül is a MATÁV szolgáltatási minőségét meghatározza. Nem lehet a beszerzési ár az egyetlen paraméter, ami alapján dönteni kell egy árajánlatról. Fontos, de nem szabad megalkudni a minőség, pontosság rovására.

*Közismerten önálló gondolkodó és véleményéért bátran csatába szálló vezetőnek ismertük meg. Remélhetjük-e, hogy egyénisége nem változott és a műszaki fejlődésért, a gazdasági sikerekért továbbra is mindig meg fogja védeni jól megfontolt nézeteit?*

Remélem nem kiábrándító, amit mondok, de változott a személyiségem. Néhány évvel idősebb is vagyok, és az évek tapasztalatai engem is formáltak. Továbbra is azt a gondolkodást képviselem, hogy legyen véleményünk mindenről és ennek érdekében tanuljunk nagyon sokat, hogy megértsük a körülöttünk lévő világ változásait. A véleményünk kialakításánál saját szempontjainkon kívül egyéb, másokat jobban érdeklő szempontokat súlyozunk, és ezért határozottan álljunk ki. Úgy érzem ebbe az irányba mindenféleképpen higgadtabb és megfontoltabb lettem, mint ifjúkoromban. Továbbra is harcosan képviselem az előrehaladást, a fejlődést. Ha megállunk a fejlődésben, az a „halál”. Vállalni kell az ismeretlent, az újat. Belőlem ez már nem fog kiveszni, mindig is fejlesztő gondolkodású ember maradok. Csak kicsit megfontoltabban. Nem mindig reagálok azonnal a feltett kérdésekre.

*Kérdéseink inkább a múlt felelevenítését és tapasztalatainak értékesítését vizsgálták. Utoljára ezért azt kérdezzük, milyen eredményeket szeretne elérni és mikor lenne elégedett az elvégzett munkájával? Reméljük, hogy két év múlva újra megkérdezhetjük, és akkor már felidézve ezen utolsó kérdést azzal kezdhethetjük, hogy elégedett-e saját magával...*

Azt kívánom, hogy azok a kedvezőtlen tapasztalatok, melyeket a MATÁV szervezetének, és az Üzleti Megoldások Üzletágának jelenlegi piaci helyzetével kapcsolatban látok, megváltozzanak. Ennek érdekében tenni is akarok. Szeretném kinyitni az ablakokat és az ajtókat, hogy lássuk azt, amit a piac elvár tőlünk. A szakembereket feltétlenül engedni kell, hogy lássanak és tapasztaljanak, és a rendkívül gyors technikai fejlődésből minél többet tudjanak magukba szívni. A folyamatos tanulás nélkülözhetetlen.

Akkor leszek elégedett, ha ebben a munkában nem csak részt vehetek, hanem eredményt is fel tudok mutatni. Ilyen például, hogy sikerült a világ egyik legnagyobb gyártójával egy olyan speciális beszállítói szerződést kötni, aminek alapján kedvező áron tudom beszerezni a hálózati aktív eszközöktől a számítógépeken át azokat az eszközöket, amiket el tudok adni a vevőknek azok teljes megelégedésére. Olyan szerződéseket kötök, melyek biztonságot adnak a MATÁV-nak a működtetéshez. És ha nem tudok megoldani egy műszaki hibát, akkor a gyártó itt áll a hátam mögött úrrára készen és segít a megoldás megtalálásában.

Szeretném, ha egy olyan kép alakulna ki a MATÁV-ról mint szolgáltatóról, mint hajdanán a Magyar Postáról: stabilitás és megbízhatóság. Nyugodtan rábízhatom a gondjaimat, a csomagjaimat, az e-mail-jeimet vagy telefonjaimat. Remélem, amihez a MATÁV hozzányúl, azt majd jól, megbízhatóan, gyorsan és olcsón csinálja. Mert mindannyian a piacból élünk. E kép kialakításában szeretnék még nagyon sokáig részt venni.

### Virtual announcer

*Key words: speech intelligibility, visual speech synthesis*

This article reports about the development of a visual text reading device for the Hungarian language. The animation is based on the manoeuvring of a 3D head model. For the articulation we made use of the material of available tone albums while dynamic analysis was supported by the results of our own studies in the field of visual speech recognition. In order to take into account co-articulation effects, parameters were divided into dominant, flexible and equivocal groups which were then served for the determination of interpolation between movement phases. Pseudo-random head movements and also blinking were also programmed to improve natural sensing. The operation of the head model includes the expression of some basic emotions as well.

### Ground speech frequency tracking with sonants detection

*Key words: ground frequency determination, auto-correlation, pitch detector, periodicity*

The right operation of algorithms used for the determination of ground frequency of speech – known as pitch detectors – requires a reliable automatic differentiation between sonants and aphonics. The article presents our pitch detector in which sonants detection is carried out with lower error rate than the average. Our algorithm is based on the well-known auto-correlation method. This sonants detection capabilities of the algorithm were tested in a data base which contains laryngographic signals recorded in phase with speech.

### Implementation issues of corpus-based speech synthesis systems

*Key words: synthesized speech, speech quality, sampling, corpus volume*

The corpus-based approach is a new technique which has never been used in Hungary. It offers a more flexible and better quality synthesis. This article outlines the basic principles of this technique then a more detailed description follows of the development of a Hungarian corpus-based, object-related system being under development at the Speech Research Laboratory of the Budapest University of Technology and Economics. In the second part of the article statistical studies with weather forecasts are introduced then some considerations regarding the selection of announcers are presented. Finally some other design issues of corpus-based systems are addressed.

### Real-time billing in mobile environment

*Key words: content provision, network structure*

The billing of packet-based services in the UMTS system which is going to replace the current GSM net-

work is much more complicated than billing of circuit-switched services. This situation is even more complicated if services are provided not by the network operator but a third party. In addition, in case of prepaid cards all this should be carried out in real-time. This article gives an overview of the motivation behind the introduction of the new system, the related technological challenges and also a possible model for the solution of the problem is presented.

### Attack upon call! –

#### Game development for mobile phones

*Key words: Java-technology, online mobile games*

This article was inspired by the fact that our game bearing the same title as this article has won the first prize in the Mobile Java Development Competition announced by Sun and Nokia. Rules of the competition stipulated that games to be submitted have to be based on the J2ME-J2EE client-server model and have to be written in Hungarian. We are convinced that the success of networked games depends on their community building and shaping power and this power is based on communications, so our brainstorming resulted soon in one of the most cooperative community behavior – the war.

### More and more often! – I am coming from America...

*Key words: telecommunications experiences, user patterns, sources of income*

During my visit to America I visited some important electronics companies, just as I did many times before.

### Theory of technical reliability and the process of aging

*Key words: technical-biological analogy, bath-tub curve, theoretical background*

This article demonstrates the relations between the process of aging and technical reliability. One can find out that the operation and aging process of the human organism resembles to an old computer which was originally constructed of faulty elements. This implies that mortality rate due to aging processes has a more steep curve than failure rate of modern devices. These new systems are built with highly reliable elements. This high reliability is achieved by process control, in-production controls and regular testing. Methods can be taken out from reliability engineering.

### On the use of Latin Squares in experimental design and coding

*Key words: test optimization, encryption, image coding, information compression*

The practical use of Latin Squares is focused in three areas: experimental statistical planning, coding (in communications) and encryption.