

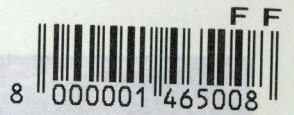
# Híradástechnika

VOLUME LVIII.

# 2003/2

Február

*E 870.*



**Elektromágneses terek**

**Zajmérés, értékelés**

**Információs társadalom**

**Események**

A Hírközlési és Informatikai Tudományos Egyesület folyóirata

# Tartalom

A recesszió és a tudomány (február) ..... 1

## ELEKTROMÁGNESES TEREK

**Kis Péter, Kuczmann Miklós, Füzi János, Iványi Miklósné**

Mágneses hiszterézis mérése ..... 2

**Németh Zoltán, Imre Sándor, Balázs Ferenc**

MIMO rendszerek összeköttetés-adaptációja ..... 10

**Toka László**

Fullerének megjelenése és perspektívája ..... 18

## ZAJMÉRÉS, ÉRTÉKELÉS

**Illényi András**

Az auralizáció mint technológiai eszköz kapcsolat a mért zajértékek és az akusztikai érzet között ..... 24

**Dr. Gottwald Péter, Dr. Szentpáli Béla**

Alacsony frekvenciás zajmérések (lfn) félvezető-technológiai passzíválások vizsgálatára ..... 30

## INFORMÁCIÓS TÁRSADALOM

**Boda Miklós**

Kutatás-fejlesztés a recesszióban ..... 37

**Nagy Beatrix Havaska**

Egy hiánypótló mű: Információs társadalom és jogrendszer ..... 39

**Várkonyi József**

Szöveges függvények – Új lehetőségek az e-közigazgatásban ..... 44

**Alex Galis, Alvin Tan, Joan Serrat, Julio Vivero**

Aktív és programozható hálózatok felügyelete ..... 48

## ESEMÉNYEK

**Lajtha György**

PKI tudományos napok – 2002. november ..... 57

**Halász Miklós**

Beszámoló a 13. Távközlési és informatikai hálózatok szemináriumról és kiállításról ..... 59

**Sipos László**

Száz éve született Wigner Jenő – a világ első reaktormérnöke –,  
aki bevezette az emberiséget az atomkorba ..... 60

Tájékoztató a Híradástechnika szerzőinek ..... 62

Könyvajánlók ..... 63

Címlap: Most csöndben vannak Illényi András „zaj” cikkéhez

### Főszerkesztő

ZOMBORY LÁSZLÓ

### Szerkesztőbizottság

Elnök: LAJTHA GYÖRGY

BARTOLITS ISTVÁN  
BOTTKA SÁNDOR  
CSAPODI CSABA  
DIBUZ SAROLTA

DROZDY GYŐZŐ  
GORDOS GÉZA  
GÖDÖR ÉVA  
HUSZTY GÁBOR

JAMBRIK MIHÁLY  
KAZI KÁROLY  
MARADI ISTVÁN  
MEGYESI CSABA

PAP LÁSZLÓ  
SALLAI GYULA  
TARNAY KATALIN  
TORMÁSI GYÖRGY



# A recesszió és a tudomány

## (február)



A recesszió latin eredetű, de hozzánk az angoltól érkezett szó. A latin szótár szerint a recesszió a visszahúzó-dást, eltávozást jelent. Jelen esetben inkább gazdasági élet visszahúzóására lehet gondolni. Az angol értelmező szótár szerint részletesebb meghatározást találunk. Recesszió: a gazdasági aktivitás időszakos, mérsékelt csökkenése, gyengélkedése. Ez utóbbi meghatározásból kiindulva recesszió idején azt tapasztalhatjuk, hogy az üzleti élet hanyatlása következtében a termelt árak és a rendelkezésre álló szolgáltatások értékesítésének időszakos nehézségei jelentkeznek. Ilyenkor a vállalkozások gazdasági nehézségei áthidalására törekkenek, melynek legegyszerűbb módja a takarékosság. A kiadások visszafogásának sok különböző útja van, mint például a bérleti díjak csökkentése, kevesebb létesítmény igénybevétele, a létszámleépítés és a nem termelő beruházások leállítása.

E folyamatnak gyakran első áldozata a kutatás és a fejlesztés. Prosperáló vállalatoknál a költségvetés 4-5%-át szánják K+F munkákra. Korszerű technológiájú, kis anyagigényű gyártás vagy szolgáltatás esetén arra is láttunk példát, hogy az előrelátás érdekében 30%-ra megnövekedett a K+F kiadások aránya. A vonatkozó javaslatokat nagyobb vállalatoknál a megbízott vezetőség készíti elő. A döntés azonban a tulajdonos, vagy a tulajdonos által megbízott igazgatótanács kezében van.

Azt látjuk, hogy ha pénzügyi intézmények a tulajdonosok, ahol a vezetés csak kinevezésének 3-5 éves tartamáig érdekelt a sikerben, akkor a fent leírt takarékossági intézkedéseket elfogadják. Működésük időtartama alatt a recesszió hatását mérsékelni tudják, ezzel a vállalat nyereséges marad, és tőzsdei értéke még emelkedhet is. Az adminisztratív vezetés általában kevésbé érdekelt abban, hogy 10-15 év múlva milyen helyzetben lesz a vállalat.

Családi vállalkozásoknál, a pillanatnyi tulajdonos nemcsak a mára gondol, hanem szeretné, hogy a családi névvel fémjelzett vállalatot fia, unokája vagy dédunokája további sikerre vigye. Nem fogadja el a vállalat megbí-

zott vezetőinek a fejlesztés csökkentésével elérhető gazdasági egyensúlyra vonatkozó javaslatát. Tisztában van azzal, hogy a recesszió elmúltával azok a vállalatok, akik tovább folytatták a K+F tevékenységet, a jelenleginél vonzóbb megoldásokkal fognak a piacra lépni, és ez a családi vállalatot hátrányos helyzetbe hozza, sőt esetleg még meg is buktatja. Az adminisztratív vezetés ellenében olyan döntést hoz, hogy inkább adjanak el telket, házakat, vegyenek fel kölcsönt, és készüljenek fel arra, hogy a recesszió elmúltával az eddiginél nagyobb részt hódítsanak el a piacból. Elsők legyenek, akik jobb minőséggel, megbízhatóbb szolgáltatással, olcsóbb árral részeseivé válnak a fellendülésnek. Látják, hogy a néhány éves recesszió elmúltával újra rendeződnek az erőviszonyok és a visszahúzó vállalatok már nem lesznek versenyképesek azokkal, akik bíztak a fellendülésben, és arra felkészültek.

A hazai információs és távközlési iparban és szolgáltatásokban is látnak példát, hogy a 2-3 éve kezdődött hazai recesszió hatására más-más módon viselkednek a vállalatok. Reméljük, hogy a Magyarországon működő és az itt adót fizető vállalatok a fellendüléskor megnövekedő szakadék sikeres oldalán állnak majd. Talán kihasználják a különböző helyeken rendelkezésre álló szellemi kapacitásokat, és titokban már készülnek azok az újdonságok, melyek a gazdasági aktivitás megnövekedésének első jelei láttán uralni fogják a piacot.

Ebben a reményben válogattuk össze februári számunk tartalmát. Mind az elektromágneses terek, mind a zaj szubjektív és technológiai kérdésének tárgyalása olyan elméleti eredményeket mutat be, melyek néhány éven belül az üzleti életet is serkenthetik. Az információs társadalmi rovatban pedig a szöveges függvények segítségével a törvényalkotás, a szabványosítás és a szerződéskötések rendszere is új alapokra helyezhető. Ezek a kutatások is hozhatnak a közeljövőben gyakorlati eredményeket.

Lajtha György

# Mágneses hiszterézis mérése

KIS PÉTER, KUCZMANN MIKLÓS, FÜZI JÁNOS, IVÁNYI MIKLÓSNÉ

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Elméleti Villamosságtan Tanszék

E-mail: kpeti@evtsz.bme.hu

A ferromágneses anyagok hiszteréziskarakteristikájának számítógéppel segített automatizált mérésére kidolgozott eljárást mutatunk be. Feszültségeket és áramokat mérünk, majd ezekből a  $H$  mágneses térerősséget és a  $B$  mágneses indukciót határozzuk meg. A mérési eredményeket és gerjesztési mintákat digitális formában tároljuk. Keressük a mintavételezési idő optimumát, mert ha ez túl nagy, akkor információ hiányában helytelen vagy nem kellően pontos görbét tudunk csak előállítani, ha azonban a mintavételezési idő túl rövid, akkor sokáig tartanak a műveletek.

## 1. Bevezetés

A mágneses szempontból jó vezető ferromágneses anyagok lényeges jellemzője a hiszteréziskarakterisztika. Minél nagyobb a hiszterézisgörbe területe, a hiszterézisveszteség, annál nagyobb a vissza nem nyerhető, irreverzibilis, elnyelt energia, amely veszteségként hő formájában távozik a rendszerből. A hiszterézisveszteség az anyag helyes megválasztásával csökkenthető. Ezért van szükség a hiszteréziskarakterisztika mérésére, melyet a LabView 6.0 szoftver környezetben valósítottunk meg. A mérőeszközök programozása szintén a LabView-ben történik, mely egy magas szintű programozási nyelv, amelyet ilyen mérések elvégzésére fejlesztettek ki. Elve, hogy virtuális eszközök állnak rendelkezésre, amelyekben kisebb-nagyobb bonyolultságú mérési feladatokat előre definiáltak és ezen építőelemekre támaszkodva létre lehet hozni a kívánt mérést. A műveletet a C++ programozási nyelvhez lehet hasonlítani, amikor C++ alatt egy szöveget a képernyőn kívánunk megjeleníteni. Ehhez a művelethez itt sincs szükség a processzor, valamint a képernyő-memória kézzel való címzésére, mert mint a C++-ban egy előre definiált parancs mindezeket végrehajtja.

## 2. Ferro-, para- és diamágneses anyagok

Nemcsak a ferromágneses anyagok (vas, kobalt, nikel és bizonyos ötvözetek) mágnesezhetőek, hanem mágneses térben minden más anyag is mágneses tulajdonságokat vesz fel, csak sokkal kisebb mértékben, és így kimutatásukhoz igen erős mágneses tér szükséges. Ha erős elektromágnes pólusai közé egymás után különböző anyagú, fonálon függő rudacskákat helyezünk (ferde helyzetben), ezek egyensúlyi helyzete az elektromágnes gerjesztése után megvál-

tozik, és pedig az anyagok egyik csoportjánál a rudak – a ferromágneses anyagokhoz hasonlóan – a pólusok tengelyének irányába, a másik csoportnál pedig erre merőlegesen állnak be. Faraday nyomán az első csoportba tartozó anyagokat (pl. alumínium, platina) *paramágneses anyagoknak*, a másik csoportba tartozókat (pl. bizmut, antimon) *diamágneses anyagoknak* nevezzük. Az erősen inhomogén mágneses térben: a pólus a paramágneses anyagokat vonzza, a diamágneseseket taszítja, más szóval inhomogén térben a paramágneses anyagokra a nagyobb, a diamágneses anyagokra pedig a kisebb térerősség irányába mutató erő hat. Ennek alapján a folyadékok és a gázok is osztályozhatók [1], [2], [3].

Az anyagok mágneses tulajdonságainak jellemzésére a  $\chi$  mágneses szuszceptabilitás és a  $\mu$  mágneses permeabilitás használatos. A mágnesezettség vektora a következőképpen függ össze a mágneses térerősséggel:

$$\mathbf{M} = \chi \mathbf{H}. \quad (1)$$

A mágneses indukció pedig a

$$\mathbf{B} = \mu_0 (\mathbf{H} + \mathbf{M}) \quad (2)$$

összefüggésből határozható meg, ahol a  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$  a vákuum permeabilitása. Az (1) és a (2) egyenletek alapján bevezethető lineáris anyagokra a relatív permeabilitás ( $\mu_r$ )

$$B = \mu_0 (H + M) = \mu_0 \mu_r H, \quad \mu_r = 1 + \chi. \quad (3)$$

*Diamágneses anyagok* szuszceptabilitása mágneses térerősségtől független anyagállandó. A  $\chi$  mágneses szuszceptabilitás értéke általában  $10^{-6}$  nagyságrendű és negatív előjelű a relatív permeabilitás, tehát alig kisebb

az 1-nél. A fajlagos szuszceptabilitás nem függ a hőmérséklettől sem.

*Paramágneses anyagok*  $\chi$  szuszceptabilitása szintén a térerősségtől független anyagállandó, általában  $10^{-5}$ - $10^{-6}$  nagyságrendű pozitív szám, a relatív permeabilitás tehát csak alig nagyobb az 1-nél. A hőmérséklet növekedésével a szuszceptabilitás csökken a sok anyagnál tapasztalt

$$\chi = \frac{C}{T} \quad (4)$$

Curie-törvénynek, számos más anyagnál pedig a

$$\chi = \frac{C}{T - \Theta} \quad (5)$$

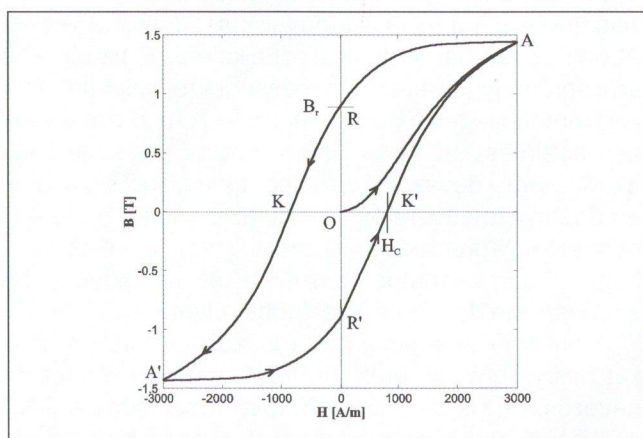
Curie-Weiss-törvénynek megfelelően, ahol  $T$  az abszolút hőmérséklet,  $C$  és  $\Theta$  az anyagra jellemző állandók.

*Ferromágneses anyagok* közönséges hőmérsékleten a vas, a kobalt és a nikkelt, valamint ezeknek egymással vagy néhány más elemmel (pl. Mn, Al, Cr, Si) való ötvözetet. A ferromágneses anyagokban ugyanakkora  $H$  térerősség mellett az  $M$  mágnesezettség vagy a  $B$  indukció több nagyságrenddel nagyobb, mint más anyagokban, de  $M$  vagy  $B$  nemlineárisan arányos  $H$ -val. Más szavakkal a szuszceptabilitás és a relatív permeabilitás nem anyagállandók, hanem függnek a  $H$ -tól és az anyag mágneses előéletétől is. A  $\mu_r$  relatív permeabilitása az 1000-et jóval meghaladhatja.

Az  $M$  és a  $H$  közötti kapcsolat fő jellegzetessége, hogy  $H$  növelésekor  $M$  csak bizonyos határig nő, ezen túl *mágneses telítés* következik be.

Erős mágneses tulajdonságaikat a ferromágneses anyagok bizonyos hőmérsékletnek, a *Curie-pontnak* átlépésekor elvesztik, a Curie-pont felett paramágnesesek.

A ferromágneses anyagok mágnesezési karakterisztikája az 1. ábrán látható. Kezdetben nem mágneses vasmintát a mágneses térerősség növelésével mágnesezzünk a telítésig (OA görbe). Ezután a mágneses térerősség csökkentésével az AA' ismételt emeléssel az



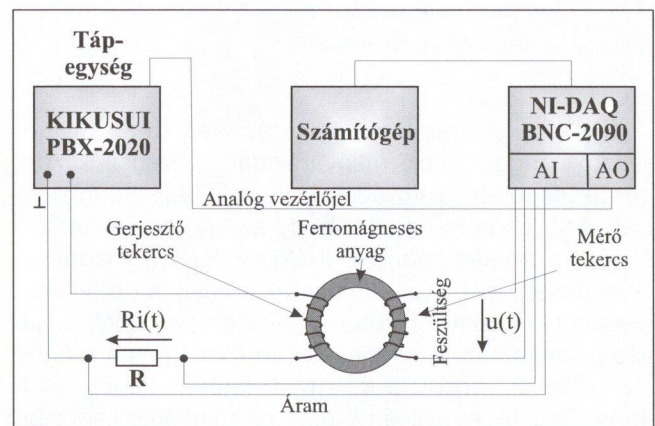
1. ábra A ferromágneses anyagok a mágnesezés során a hiszterézisgörbét írják le

A'A görbét fogjuk bejárni. Eszerint a térerősség nagyságának csökkentésekor (AR szakasz) ugyanazon  $H$  értékhez nagyobb  $B$  indukció tartozik, mint a térerősség növelésekor (R'A szakasz). Ez a jelenség a *mágneses hiszterézis*, az ARA'R'A görbe a *hiszterézishurok*. A vasban visszamarad az OR-nek megfelelő  $B_r$  „remanens” mágneses indukció – a vas tehát permanens mágnessé vált –, és ennek megszüntetéséhez  $H_c$  térerősség, a koercitív erő szükséges. A ciklikus mágnesezés során munkát kell végezni és ez a munka általában hővé alakul át. Így keletkezik a *hiszterézisvesztés*. A mágnesezés során végzendő munka – vagy a megfelelő hiszterézisvesztés – arányos a hiszterézishurok területével.

### 3. A ferromágneses anyagok karakterisztikájának mérése

A ferromágneses anyagok mágneses tulajdonságai kiolvashatók a hiszterézishurokból. Ilyen tulajdonságok a  $B_r$  remanens mágneses indukció, a  $H_c$  koercitív térerősség és a hiszterézishurok területe.

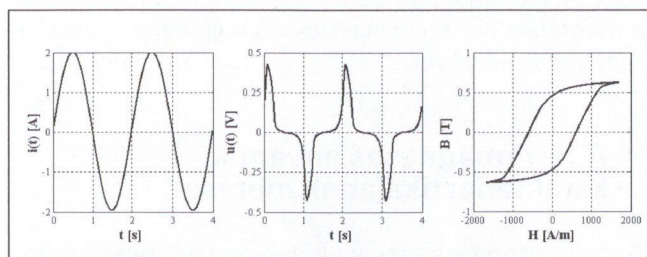
A mágneses anyagok mérésére alkalmazható a 2. ábrán látható elrendezés. A mérendő toroid alakú, mert így elhanyagolhatók a szórt terek. A mérendő ferromágneses anyagon a gerjesztő tekercs szolgál a mágneses térerősség létrehozására. A gerjesztő jelnek azért kell periodikusnak lenni, hogy a teljes hiszteréziskarakterisztikát bejárhassuk, a periodikus jelek közül azért választottuk a szinuszosat, mert az nem tartalmaz felharmonikusokat. Lényeges, hogy ez esetben áramot kényszerítünk a tekercsre, nem pedig feszültséget, ugyanis az áram arányos a mágneses térerősséggel (9).



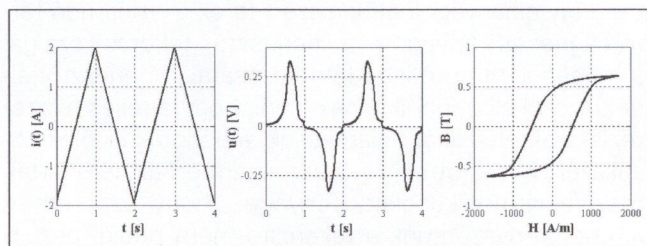
2. ábra A mérési elrendezés blokkvázlata

A gerjesztés hatására feszültség indukálódik a mérőtekercsben, és a mágneses indukció ennek a feszültségnek az integrálásával állítható elő (10). Az analóg bemeneteken nemcsak a feszültséget mérjük, hanem az  $R$  ellenálláson átfolyó gerjesztő áramot is. Itt nyilván feszültségmérésről van szó, amelyet az ellenállás ismeretében árammá alakítunk át.

A gerjesztés jelalakja befolyásolja a mért hiszterézis-karakterisztikát. Szinuszos időbeli lefolyású és háromszög jelekkel való gerjesztést hasonlítottunk össze. A fűrész és a négyszög jeleket nem vizsgáljuk, ugyanis azok ugrásokat tartalmaznak, amely alkalmatlanná teszi őket a mérés elvégzésére. A 3. és 4. ábrákon megfigyelhetők a szinuszos és a háromszög időbeli lefolyású gerjesztésekhez tartozó mérési eredmények. A mérőtekercsen indukálódott feszültséget közvetlenül mértük, a geometriai paraméterek és a menetszámok ismeretében, meghatározott hiszterézis-karakterisztika is látható.



3. ábra Szinuszos gerjesztés.  
 a) gerjesztő áram időfüggvénye,  
 b) mérőtekercsen közvetlenül mért indukált feszültség  
 c) hiszterézis-karakterisztika



4. ábra Háromszögjel-gerjesztés.  
 a) gerjesztés időfüggvénye,  
 b) válasz időfüggvénye,  
 c) hiszterézis-karakterisztikát.

Mielőtt rátérnénk a hiszterézis-karakterisztika-gerjesztés függésének magyarázatára, vizsgáljuk meg részletesebben a 4b ábrán indukált feszültség ugrását. A 2. ábrából látható, hogy az  $i_h(t)$  gerjesztőáram hatására a vasmagon belül  $H(t) = N_g i_g(t)/l$  mágneses térerősség alakul ki, amelynek iránya merőleges a vasmag keresztmetszetére. Feltételezve, hogy az ugrás pillanatában a mágneses térerősség és a mágneses indukció között a  $B = \mu_{MP} H$  lineáris kapcsolat áll fenn, amely a nyilvánvalóan nemlineáris kapcsolat adott munkapontban vett linearizálásából adódik. Ennek felhasználásával a mérőtekercs egy menetére eső fluxus

$$\phi = \int_A \mathbf{B} d\mathbf{A} = B \cdot A = \mu_{MP} \frac{N_g A i_g(t)}{l}, \quad (6)$$

ahol  $l$  a közepes mágneses úthossz és  $A$  a ferromágneses anyag keresztmetszetének területe, és ebből megkaphatjuk az indukált feszültséget

$$u_i(t) = -N_m \frac{d\phi}{dt} = -\mu_{MP} \frac{N_g N_m A}{l} \frac{di_g(t)}{dt}. \quad (7)$$

A háromszög jel deriváltja szakaszonként konstans, a 4. ábrán látható háromszögjel deriváltja  $\frac{di_g}{dt} = \pm \frac{2\hat{i}_g}{T}$ , ahol  $\hat{i}_g$  a gerjesztőáram csúcserőssége,  $T$  pedig a periódusideje. Tehát az indukált feszültség ugrása

$$\Delta u_i = \pm 2\mu_{MP} \frac{N_g N_m A \hat{I}_g}{l T} = K \frac{\hat{I}_g}{T}, \quad (8)$$

ebből látszik, hogy annál az indukált feszültség ugrása növekszik a gerjesztőáram csúcserősségével és a frekvenciájával. Ennek kezelése nehéz, mert a mintavételezési időt túl kicsinek kell választani, ezért a töréseket tartalmazó gerjesztőjeleket kerülni fogjuk.

Gyűrű alakú szerkezeti acélt mérünk. A gerjesztőáram hatására az acél felmágnesesződik, amelynek jellemzőjére a mérőtekercsben indukálódó feszültségből következtethetünk. Látni fogjuk, hogy a mért feszültség és áram időfüggvények ismerete alapján megkapjuk a kívánt  $H - B$  karakterisztikát.

A Kikusui PBX 2020 tápegység képes áram- és feszültségvezérelt módban bipolárisan működni,  $-20A \leq I \leq 20A$  és  $-20V \leq U \leq 20V$  tartományokban. A mérést számítógépbe épített PCI 6052E adatgyűjtő kártya segítségével végeztük el.

#### 4. A LabView programozása

A mágneses hiszterézis-karakterisztikát analóg jelekkel mértük, ezért csak az analóg jelek kezelését foglaljuk össze a LabView 6.0 szempontjából. Abban az esetben, ha a jel szintje sokkal fontosabb jellemző, mint a jel váltózási sebessége, akkor szükséges a DC, állandó értékek előállítására, és csak akkor szükséges frissíteni a kimenetet, amikor azt akarjuk, hogy az változzon, egyébként az utolsó értéket állandóan tartjuk. Ilyenkor csak olyan gyorsan tudjuk változtatni a kimeneti jel váltózási sebességét, ahogyan a LabView szoftverszinten azt kezelni tudja. Ezt a technikát nevezik *szoftveridőzítésnek*. Abban az esetben érdemes ezt alkalmazni, ha nincsen szükség nagy jelváltozási sebességekre, valamint amikor nem lényeges a pontos időzítés. A módszer elviekben alkalmas lett volna kisfrekvenciás gerjesztő jelek előállítására, de az időzítés pontatlansága ugrásokat eredményezett a kimenő jelben, ez pedig nem megengedhető egy precíziós mérésnél, hiszen éppen az a cél, hogy a nemkívánatos tranzienseket ne vigyünk be a rendszerbe. Ezt a módszert tehát elvetettük.

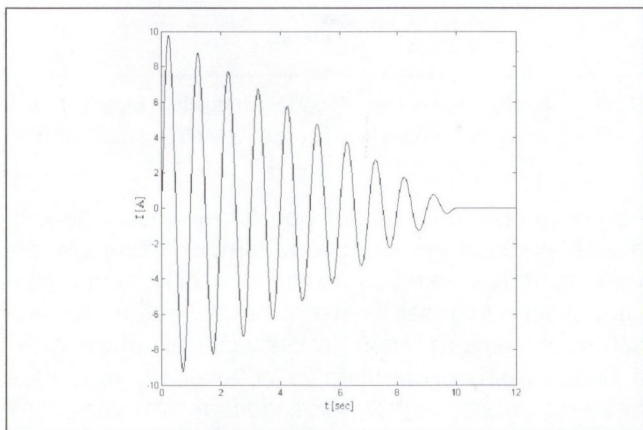
A hullámforma-generálásra inkább bufferelt technikát használunk, amelyet *bufferelt analóg kimenetnek* nevezünk. Ez a technika lehetővé teszi, hogy a DAQ eszközünket függvénygenerátorként használjuk. A módszer lényege, hogy a jel mintáit tároljuk a bufferben mint egy tömböt, és a DAQ eszköz ezeket az érté-

keket generálja. Ezt nevezik egyszerűen bufferelt hullámforma-előállításnak. De mit lehet tenni akkor, ha egy folyamatosan változó nem periodikus jel előállítása a kívánalom? Ez esetben a LabView nem tudja a jel összes mintáját tárolni egy hatalmas bufferben, mert irreális méretű memóriát kellene alkalmazni, ezért van szükség egy olyan technikára, amelynek révén az új adatokat folyamatosan töltjük be a bufferbe a jelelőállítás közben. Ez a folyamat egy ciklikusan bufferelt analóg kimenetet igényel LabView környezetben. Ez a technika úgy alkalmazható, hogy a periodikus gerjesztőjel egyetlen periódusát betöltjük a bufferbe, amelynek tartalmát folyamatosan kiíratjuk. Ez utóbbi módszert *LabView környezetben* valósítottuk meg, számítógéppel segítve az automatizált mágneses hiszterézis karakterisztika mérését [4], [5].

A mérést öt jól elkülöníthető, egymást követő lépésre lehet bontani. Ennek programozástechnikai követésére a LabView ad lehetőséget. Az egyes lépéseket „filmkockákba” lehet programozni, és azok egymást követik.

### Tekintsük át a mérés 5 lépését részletesen.

1. lépés: itt csupán annyi történik, hogy a DAQ eszköz egyik digitális kimenetén keresztül egy igaz/hamis szinttel a *tápegységet bekapcsoljuk*, és egy beépített LabView függvény segítségével az Output.txt és Hyst.txt fájlokat letöröljük, azért, hogy ne a már meglévő fájlok végéhez íródjon hozzá az új mérési adatsor.
2. lépés: az eszköz egyik analóg kimenetére kiküldjük a *lemágnesező jelet*, amely a 5. ábrán látható. Ez a szinuszos nulla szintet lineárisan 10 másodperc alatt éri el, amelyet még további két másodpercig megtart a kimeneten, csak ezután kezdődhet mérés. Erre az utóbbi két másodpercre azért van szükség, hogy a tranziensek hatásai teljes bizonyossággal megszűnjenek a mérés megkezdése előtt.



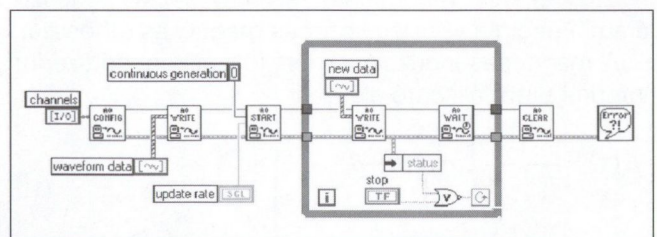
5. ábra Lemágnesező ciklus időfüggvénye. A teljes lemágnesezés 12 másodpercig tart, amely egy lineárisan lecsengő szinuszos áram (vagy feszültség is lehet)

3. lépés: a mérést végző számára a *grafikus kezelőfelületen* első ránézésre érthető mennyiségeket kell

feltüntetni, valamint a mérés menetét jól követhetővé kell tenni. Nyilván arra kell törekedni, hogy minél kevesebb ilyen paraméter legyen, amelyeket a grafikus felületen kell megadni. Ezek a következők:

- A gerjesztőjel amplitúdója.
- A gerjesztőjel frekvenciája. Ez a „Frequency” szövegdobozban adható meg.
- A mérendő periódusok száma. Ez gyakorlatilag azt jelenti, hogy a mérés után a fájlokban hány periódusnyi adat legyen
- A minták száma a gerjesztőjel egy periódusában. Ez nagyon lényeges adat, hiszen minél nagyobb ez az érték, annál kevésbé lesz lépcsős a gerjesztő jel.
- A minták száma a mért jel egy periódusában. A mért jel az indukált feszültség a mérőtekerccsen, amelynek jelalakja korántsem hasonlít a szinuszos gerjesztőjelre, inkább túszerű, igen nagy jelváltozási sebesség jellemzi, ezért kellően nagyra kell választani ezt az értéket.
- A gerjesztőjel alakja. Lehet szinuszos, háromszög, négyszög vagy fűrészes, de van lehetőség arra is, hogy külső fájlból vegyünk tetszőleges jelalakú jelet. Korábban említettük a szinuszos gerjesztőjel azon előnyét, hogy egyetlen frekvenciakomponenst tartalmaz, így szinuszos gerjesztést választottunk.
- Lemágnesező ciklus bekapcsoló gombja. Ha a mérés előtt szeretnénk lemágnesezni az anyagot, akkor ennek a gombnak a bekapcsolásával lehetőség van rá.
- Leállítás gomb. A mérés alapértelmezésben nem áll le magától, a leállító gombbal, kézzel le kell állítani. Egy számláló segítségével nyomon követhetjük, hány periódust mértünk már le, és ha úgy gondoljuk, hogy az elég, akkor a mérést leállítjuk és az előbb megadott számú periódus mintái lementődnek fájlba.
- A mérendő ferromágneses anyag paraméterei: keresztmetszet, gerjesztő/mérőtekerccs menetszámai és mágneses úthossz. Ennek használata nyilvánvaló, ha más mintadarabot mérünk, akkor a megfelelő paramétereket módosítani kell.

A gerjesztőjel előállítása és a mérés egyszerre, szimultán kell történjen. Először nézzük külön-külön a kettőt. A 6. ábrán a gerjesztőjel előállítását láthatjuk

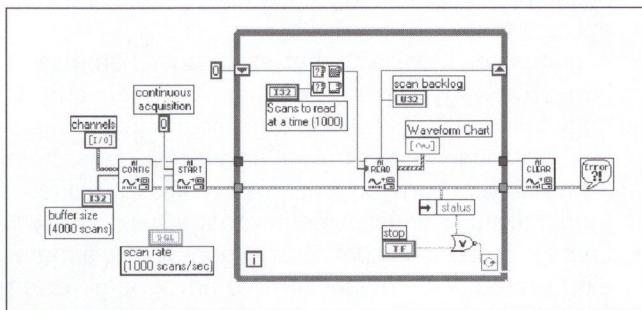


6. ábra A gerjesztőjel előállítása

buffer felhasználásával, korábban említettük, hogy a buffer használata azért szükséges, hogy a jel előállítása ne valós időben történjen, mert az késlelteti a mérést. Az *AO Config* eszköz a kimeneti csatorna konfigurálását végzi el, beállítja a kimeneti tartomány határait

és a helyet a memóriában lefoglalja. Az *AO Write* eszköz kiírja a bufferbe a gerjesztőjel mintáit. Az *AO Start* elindítja a bufferelt analógjel-generálást a megadott frissítési ráta mellett. A hurokban lévő *AO Write* eszköz a buffer tartalmát időzítve kiteszi a megfelelő csatornára, és ezzel a gerjesztő jel megjelenik a megadott kimeneten.

Tekintsük át a 7. ábra segítségével az analóg jelek mérését az adott környezetben. Az *AI Config* virtuális eszköz felelős a specifikált analóg bemenetek konfigurálásáért. Az *AI Start* kezdeményezi az adatok gyűjtését az előre definiált csatornákról, egyszerre több csatorna jelét is tudja kezelni, itt szükséges megadni az adatgyűjtés frekvenciáját, valamint a minták számát. Az *AI Read* olvassa be a mintákat a csatornákról, amelyet a bufferbe ment. Az *AI Clear* törli az analóg adatgyűjtési feladatot az azonosító alapján.



7. ábra Az analóg csatornákra csatlakoztatott jelek mérésének elve

4. lépés: ebben a lépésben számítjuk ki a mért áramból és feszültségből a hiszterézisgörbe felrajzolásához szükséges  $H$  mágneses térerősség és  $B$  mágneses indukció értékeit.

A mágneses térerősséget a gerjesztési törvény alapján a

$$H(t) = \frac{N_g \cdot i(t)}{l} \quad (9)$$

összefüggés szerint számíthatjuk ki, ahol az  $N_g$  a gerjesztő tekercs meneteinek száma,  $i(t)$  a gerjesztő áram,  $l$  pedig a vasmag közepes mágneses úthossza.

A mágneses indukció a mért feszültség idő szerinti integráljaként állítható elő,

$$B(t) = \frac{1}{N_m \cdot A} \int_0^t u(t) dt + B_0, \quad (10)$$

ahol  $N_m$  a mérőtekercs menetszáma,  $A$  a vasmag keresztmetszete,  $B_0$  egy integrálási konstans, amelyet mindig úgy választunk meg, hogy a hiszterézisgörbe  $H - B$  karakterisztikája mindig szimmetrikusan helyezkedjen el.

Nyilván a (10) integrált numerikusan, a minták alapján egyszerű összegzéssel is ki lehet számolni, de ez nem célszerű, mert megelőző és következő pontokra

is szükség van az integrál kiszámításánál, ez pedig az adatsor elején és végén értelmetlen eredményekre vezet. A fenti adatok alapján a mágneses indukció az  $n$ -edik pontban az  $n \cdot \Delta t$  időpillanatban

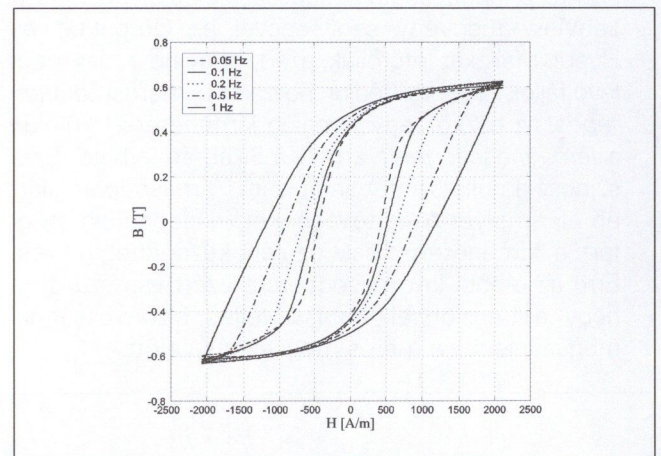
$$B_n = \frac{1}{N_m \cdot A} \sum_{i=1}^n u_i \Delta t, \quad \Delta t = \frac{1}{SpP \cdot f}, \quad (11)$$

ahol  $\Delta t$  a mintavételezési idő,  $u_i$  az  $u(t)$  feszültség  $i$ -edik mintája,  $SpP$  a minták száma egy periódusban,  $f$  pedig a frekvencia.

5. lépés: a mérés után a tápegységet ki kell kapcsolnunk, hogy ne melegedjen túl a mért tekercs.

## 5. Mérési eredmények

*Hiszterézismérés szinuszos gerjesztéssel.* A mérés végrehajtása során szinuszos gerjesztőáramot alkalmaztunk, amelynek frekvenciája 0,1 Hz. Az vizsgált ferromágneses anyag keresztmetszete  $A=320 \text{ mm}^2$ , amely indokolja a kisfrekvenciás mérést, ugyanis a ferromágneses szerkezeti acél nem volt rétegzett, ezért az örvényáramok hatása ily módon volt csökkenthető. Vegyük a 8. ábrán látható hiszterézisgörbéket, amelyek



8. ábra A hiszterézisgörbe frekvenciafüggése. Megfigyelhető, ahogyan növekszik a frekvencia, úgy nő a görbe területe

egyenlő amplitúdójú, de különböző frekvenciájú gerjesztőjelek eredményei, az örvényáramok hatása nyilvánvaló, mindezek tükrében addig kell csökkenteni a frekvenciát, ameddig csak lehetséges a DC hiszterézis méréséhez. A gerjesztőáram frekvenciájának növelésével a hiszterézishurok területe is növekedett, ugyanis a hiszterézisvesztéshez hozzáadódnak az örvényáramvesztések és doménfalmozgásból származó veszteségek, valamint egyéb, például mechanikai deformációból származó veszteségek. A gerjesztőtekercs menetszáma  $N_g=67$ , a mérőtekercs pedig  $N_m=248$ .

Az alábbi ábraszorozat (10. ábra) egy konkrét ferromágneses anyag hiszterézis karakterisztikáit mutatja különböző amplitúdójú gerjesztőáramok mellett. Az ábraszorozaton



megfigyelhető, hogy a gerjesztés növelése mellett hogyan közeledik az anyag mágneses állapota a telítés felé.

*Hiszterézismérés különböző jelalakokkal.* Különböző jelalakokkal megvizsgáltuk, hogy a mért hiszterézisgörbék jellemző adatai (remanens mágneses indukció, koercitív térerő, mágnesezési veszteség) hogyan változnak az alkalmazott gerjesztőjeltől függően.

1. szinuszos jel, amelynek amplitúdója  $\hat{I}_g = 8 \text{ A}$ ;
- 2/a háromszög jel, amelynek amplitúdója megegyezik az előző szinuszos jel amplitúdójával;
- 2/b háromszög jel, amelynek effektív értéke megegyezik a szinuszos jel effektív értékével  $\hat{I}_g = 9,7978 \text{ A}$ ;
- 2/c háromszög jel, amely alapharmonikusának amplitúdója azonos a szinuszos jel amplitúdójával  $\hat{I}_g = 9,8696 \text{ A}$ ;
3. a háromszög jel Fourier-sorának első két tagja

$$i_g(t) = \frac{8A}{\pi^2} \left( \sin \omega t - \frac{1}{9} \sin 3\omega t \right),$$

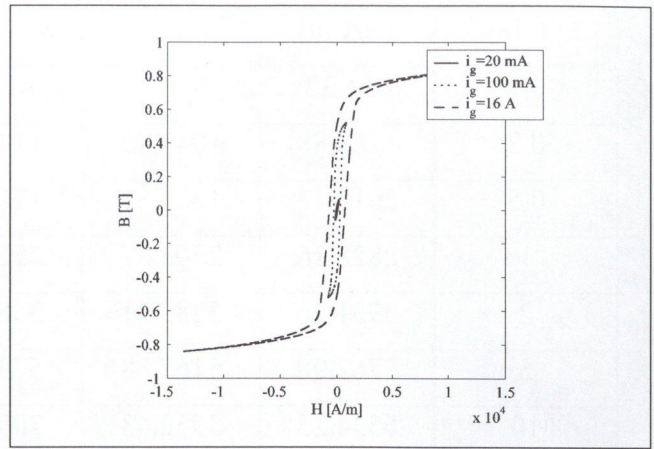
ahol az alapharmonikus

amplitúdója azonos az előző szinuszos gerjesztés amplitúdójával  $\hat{I}_g = 9,8696 \text{ A}$ ;

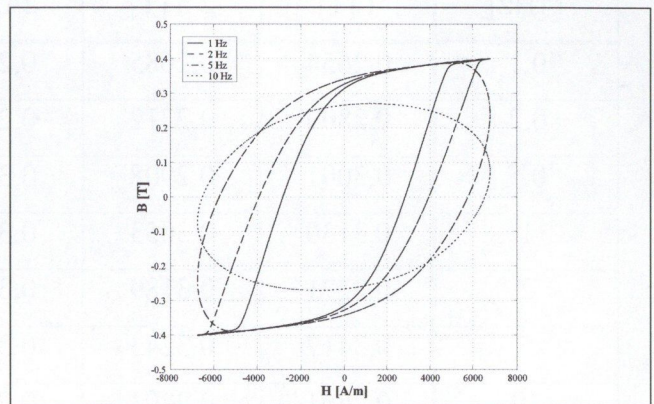
4.  $i_g(t) = \frac{8A}{\pi^2} \left( \sin \omega t + \frac{1}{9} \sin 3\omega t \right),$  ahol az alapharmonikus amplitúdója szintén megegyezik a szinuszos gerjesztésével,  $\hat{I}_g = 9,8696 \text{ A}$ .

Az első esetben tisztán szinuszos lefolyású jellel gerjesztettünk, a második választott gerjesztő jelalak a háromszög jel, amelyet háromféle amplitúdó mellett vizsgáltunk (2/a, b, c), azért, hogy a hiszterézisveszteségekkel kapcsolatban következtetéseket tudjunk levonni. A harmadik gerjesztőjel esetében a háromszög jelet Fourier-sorával közelítettük, a negyedik esetben pedig a Fourier-sort úgy módosítottuk, hogy a második tagot ellenkező előjellel vettük, amelynek révén a hiszterézis harmonikusoktól való függését vizsgálhatjuk.

Mindegyik mérést hét különböző frekvencián végeztük el, 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5 és 10 Hz-en. Így lehetősé-



9. ábra Mérési eredmények 0,1 Hz-es szinuszos gerjesztőjel esetében  $\hat{I}_g = 6 \dots 16 \text{ A}$



10. ábra A 10 Hz-es gerjesztés esetén a hiszterézisgörbe területe valóban kisebb, mint az 5 Hz-es esetben

günk nyílt a hiszterézisgörbe frekvenciafüggésének megfigyelésére (ld. 1., 2., 3. táblázatok és 10. ábra).

A 1. táblázat alapján megállapíthatjuk, hogy a frekvencia növekedésével a hiszterézisveszteség növekszik, amely arányos a hiszterézishurok területével. Az utolsó 10 Hz-es gerjesztés esetén azonban nem növekedett a hiszterézisveszteség az 5 Hz-es esethez képest. Tekintsük a 10. áb-

f [Hz]	1 [ $J/m^3$ ]	2/a [ $J/m^3$ ]	2/b [ $J/m^3$ ]	2/c [ $J/m^3$ ]	3 [ $J/m^3$ ]	4 [ $J/m^3$ ]
0,1	1216,07	1041,18	1138,74	1126,50	1087,74	1383,44
0,2	1686,63	1370,46	1564,87	1555,20	1486,65	1936,09
0,5	2679,73	2159,11	2477,14	2454,31	2404,82	3060,24
1	3833,69	3129,49	3606,00	3574,22	3660,01	4299,45
2	5383,99	4593,83	5283,45	5256,15	5447,38	5768,25
5	7388,53	6008,51	8004,04	8011,40	8067,33	7424,38
10	5689,67	4027,15	6136,80	6273,33	6157,62	6024,14

1. táblázat Hiszterézisveszteségek az 1., 2/a, 2/b, 2/c, 3., 4. gerjesztések esetén

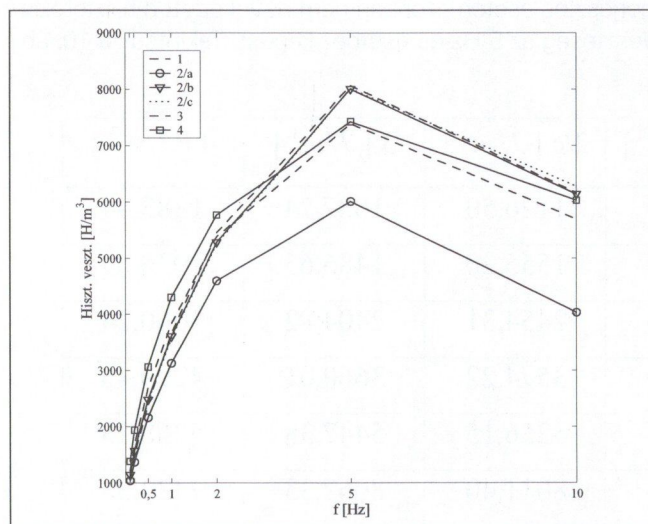
f [Hz]	1 [A/m]	2/a [A/m]	2/b [A/m]	2/c [A/m]	3 [A/m]	4 [A/m]
0,1	931,32	743,33	813,11	819,07	762,44	1042,60
0,2	1283,88	1043,40	1131,96	1129,05	1047,32	1437,95
0,5	2013,12	1631,81	1775,86	1771,22	1672,62	2241,08
1	2828,16	2303,57	2521,44	2511,92	2461,73	3105,08
2	3931,46	3283,11	3581,11	3573,45	3609,99	4202,43
5	5762,98	5167,88	5732,59	5701,91	5980,40	5641,78
10	6534,25	5952,43	7091,42	7119,78	7144,04	5983,58

2. táblázat Koercitív térerők az 1., 2/a, 2/b, 2/c, 3., 4. gerjesztések esetén

f [Hz]	1 [T]	2/a [T]	2/b [T]	2/c [T]	3 [T]	4 [T]
0,1	0,2654	0,2685	0,2706	0,2685	0,2712	0,2795
0,2	0,2809	0,2712	0,2856	0,2873	0,2870	0,2953
0,5	0,3001	0,2908	0,3072	0,3047	0,3095	0,3145
1	0,3130	0,3053	0,3209	0,3199	0,3255	0,3278
2	0,3271	0,3189	0,3355	0,3344	0,3383	0,3419
5	0,3417	0,3243	0,3527	0,3517	0,3533	0,3576
10	0,2661	0,2203	0,2747	0,2788	0,2728	0,2897

3. táblázat Remanens indukcióértékek az 1., 2/a, 2/b, 2/c, 3., 4. gerjesztések esetén

rát, ahol ábráztuk a 1. táblázat első oszlopának utolsó négy eredményéhez tartozó hiszterézisgörbéket. Az ábrán világosan látható az a hatás, amelynek eredményeképpen nem növekedett a hiszterézisvesztés. A 10 Hz-es ger-



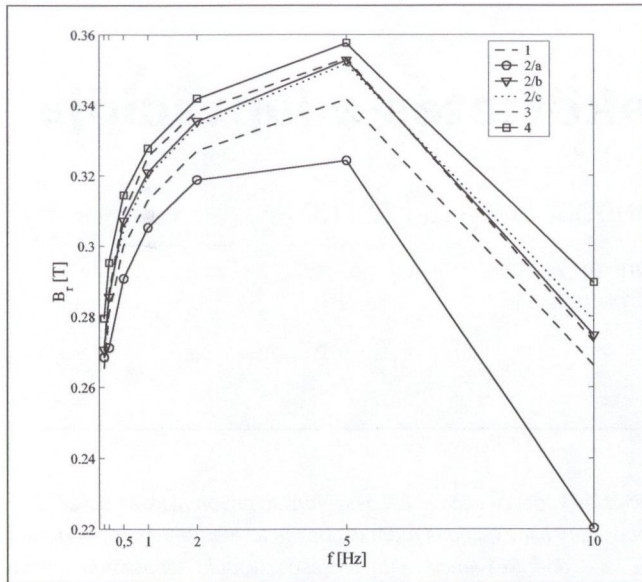
11. ábra A koercitív térerősségek a 3. táblázat adatai alapján. A koercitív térerősség egyértelműen növekszik a frekvencia növelésével

jesztésnél a hiszterézisgörbe annyira elfajult a DC esethez képest, hogy jóval a telítési érték alatt záródik, ez az oka annak, hogy a területe kisebb, mint az 5 Hz-es görbének.

A koercitív térerők megváltozását a frekvencia függvényében a 2. táblázatban tüntettük fel. A koercitív térerő egyértelműen növekszik a frekvencia növekedésével. A koercitív térerősség függését a frekvenciától a 2. táblázatban és a 11. ábrán láthatjuk.

Végül a 3. táblázatban a remanens indukció értékei vannak összefoglalva a frekvencia és az alkalmazott gerjesztő jelalak függvényében. Sok irodalom azt állítja, hogy a remanens indukció frekvenciafüggetlen, a táblázat alapján láthatjuk, hogy ez közelítőleg valóban igaz, mint azt a 12. ábrán is megfigyelhetjük.

A hiszterézisgörbe területe és a koercitív térerősség azért növekedett magasabb frekvenciákon, mert az anyagban az örvényáram is veszteséget jelent a mágnesezés során. Meg kell említenünk, hogy itt nem csupán a klasszikus esetben értelmezett örvényáramokról van szó, amelyek a második Maxwell-egyenletből közvetlenül adódnak, hanem az úgynevezett doménfajlozásokból származó energiavesztések is hozzáadódnak a hiszterézisjellegű területhez.



11. ábra A remanens mágneses indukció értékei ábrázolva az 5. táblázat alapján. A remanens mágneses indukció értéke lényegesen nem változik egészen addig, amíg a frekvencia növekedése nem okoz jelentős torzulást a hiszterézis hurkon, 10 Hz esetén ez a torzulás már bekövetkezett

A 1. táblázat alapján megállapíthatjuk, hogy a hiszterézisvesztések a 4. esetben a legnagyobbak, majd az 1. esetben. Vegyük észre, hogy az 1. és a 2/b esetben az eredmények nem azonosak, pedig azonos effektív értékű jelekkel gerjesztettünk, és a rendszerbe táplált energia is elvileg azonos volt. Megállapíthatjuk tehát, hogy a hiszterézisgörbe mérése függ az alkalmazott gerjesztés jelalakjától, ezt a 2. és 3. táblázatok adatai is alátámasztják.

## 6. Befejező áttekintés

Az általunk kidolgozott, digitális elven alapuló számítógéppel segített mérés megfelelően bizonyult a mágneses skalár hiszterézis karakterisztika kellő pontosságú felvételére. További lehetőség nyílik arra, hogy több tápegység felhasználásával vektormérést végezzünk a fenti elven. A vektormérés a skalárméréssel szemben képes figyelembe venni a mágneses anizotrópiát, ehhez azonban a mérési elrendezést meg kell változtatnunk. A skalármérés során azt tapasztaltuk, hogy a mért hiszterézis karakterisztika paraméterei függenek az alkalmazott jelalaktól, és jelentősen megváltoznak különböző frekvenciákon. Ezért a mérés elvégzése során ezeket mindig figyelembe kell venni.

## 7. Köszönetnyilvánítás

A munkát a Magyar Tudományos Kutatási Alapprogram, OTKA, T 034 164 számú pályázata keretén belül végeztük. A mágneses laboratórium felállítására az Oktatási Minisztérium támogatásával a MU – 00774/2000 sz. projekt keretében került sor.

## Irodalomjegyzék

1. Ágoston, B.: Kísérleti fizika II. 1968, Tankönyvkiadó, Budapest, Szeged.
2. Iványi A.: Magnetic Field computation with R-function, Akadémia Kiadó, Budapest, 1998.
3. Iványi A.: Hysteresis Models in Electromagnetic Computation, Akadémia Kiadó, Budapest, 1997.
4. ni.com/labview.
5. Instruments, N., LabVIEW. 2000: Austin, Texas.

# Hír

Az igényeket felismerve született meg a magyar Xperts Software Kft., a NETAViS video távfelügyeleti és biztonságtechnikai rendszere.

A NETAViS új, IP alapú videorendszer, amely több száz analóg és digitális kamerát képes kezelni és egy egységes felületbe integrálni. A felhasználói felület segítségével a kezelő képes megtekinteni a kamerák élő képeit, vagy az azokról archivált anyagokhoz férhet hozzá, akár felvételt készítés közben is. Ehhez mindössze egy webböngészővel rendelkező számítógépre van szükség. A hálózatba kapcsolt kamerák a világ bármely részéről elérhetők.

A rendszernek két változata van, eltérő felhasználási területekkel. Az egyik a NETAViS-AS (Application Service). Ebben a változatban a hardver- és szoftverkomponenseket egy központi szolgáltatónál (ISP) telepítik. A világon bárhol elhelyezett kamerák a szolgáltatóhoz az interneten keresztül kapcsolódnak. A felhasználó tartózkodási helyétől függetlenül ellenőrizheti kameráit, kereshet az archívumban.

A rendszer másik változata a vállalati szegmensnek nyújt megoldásokat. Ez a NETAViS-E (Enterprise). Ebben a változatban minden hardver- és szoftverkomponenst a felhasználónál telepítenek. A hálózati kamerák vagy videoszerverek lokális Ethernet hálózaton csatlakoznak a NETAViS-E szerverekhez. Lehetőséget nyújt távoli telephelyeken üzemelő NETAViS rendszerek interneten/intraneten keresztüli összekapcsolására is.

# MIMO rendszerek összeköttetés-adaptációja

NÉMETH ZOLTÁN, IMRE SÁNDOR, BALÁZS FERENC

BME Híradástechnikai Tanszék  
imre@hit.bme.hu

*A spektrális hatékonyságot növelő algoritmusok közül az adaptív modulációs és kódolási eljárásokat összefoglaló néven gyakran összeköttetés-adaptációnak (Link Adaptation – LA) nevezik. E területen az utóbbi időben igen nagy fejlődés ment végbe, és az elért eredmények gyakorlati alkalmazása terjed. Az új megoldások hatékonyak bizonyulnak a tér-, idő-, frekvencia- stb. osztáson alapuló többszörös átviteli antennarendszerekben (pl. MIMO rendszerek), valamint a különböző többvívős technikáknál, melyeknek egyik legfontosabb képviselője az ortogonális frekvenciaosztásos multiplexálás (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – OFDM). A cél az említett elvek alkalmazásával olyan robusztus, költséghatékony és lehetőség szerint kis bonyolultságú rendszerek létrehozása, amelyek megfelelnek a jövő vezeték nélküli átviteli követelményeinek.*

## 1. Bevezetés

A vezeték nélküli fix és mobil hálózatok adatátviteli sebességének követelményei a különböző vezeték nélküli szolgáltatások (adat, hang, multimédia, stb.) igényei miatt egyre inkább növekednek. Bár a különböző hang- és multimédiás szolgáltatások esetén hatékony – és ugyanakkor veszteséges – tömörítő eljárások segítségével igyekeznek csökkenteni a sáv szélességet, az adatszolgáltatásoknál ezek a lehetőségek nem, vagy csak korlátozott mértékben állnak rendelkezésre.

A széles sávú vezeték nélküli rendszerek esetében a sáv szélesség további növelése általában nem lehetséges, ezért a spektrális hatékonyság, vagyis az egységnyi sáv szélességre eső bitsebesség (b/s/Hz) javítására kell törekedni. Ezen az elven alapuló átviteli technikák közül megemlíthetjük a különböző adaptív antennarendszereket, a több bemenetű és több kimenetű (Multiple Input Multiple Output – MIMO) rendszereket, az adaptív modulációs és kódolási eljárásokat, és az átvitel szintfüggő eljárásokat. A legújabb szabványokban (például Enhanced Data GSM Evolution – EDGE) is szereplő adaptív modulációs és kódolási technikák folyamatosan képesek alkalmazkodni az időben változó rádiócsatornához, ezért a spektrális hatékonyság, a megbízhatóság és az átviteli sebesség növelésének szempontjából alkalmazásuk nagyon ígéretes.

Jelen munkánkban mindenekelőtt a 2. fejezetben bemutatjuk a rádiócsatornát, és az átvitel minőségét meghatározó paramétereket. Az összeköttetés-adaptációhoz szükséges a csatorna paramétereinek folyamatos mérése, monitorozása a legnagyobb hatékonyság elérése érdekében. A problémakörrel a 3. fejezetben foglalkozunk. Az adaptáció célja az adatátviteli se-

besség növelésére, amelyre számos lehetőségünk nyílik. A lehetőségek közül néhányat a 4. fejezetben mutatunk be. Miután megismertük a feltételeket (csatornajellemzők), és rendelkezésünkre állnak a megfelelő eszközök (átvitelsebesség-növelő módszerek), adaptációs algoritmusok segítségével végezhetjük a rendszer optimalizálását.

## 2. Csatornajellemzők

### 2.1. Csatornaparaméterek

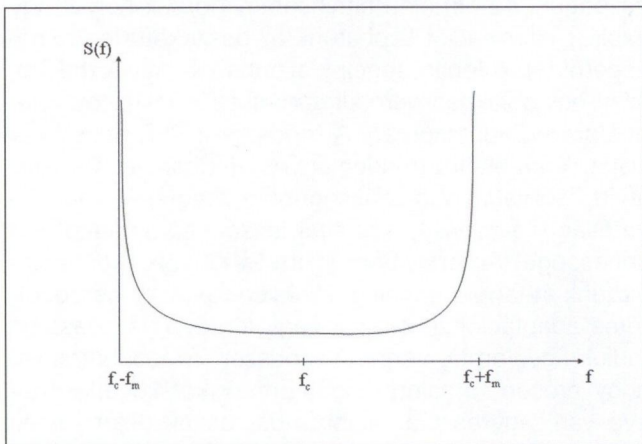
Egy ideális adaptációs algoritmus az átviteli paraméterek beállításakor az átvitel szempontjából szignifikáns valamennyi csatornajellemzőt figyelembe vesz. A vezetékes hálózatoktól eltérően a vezeték nélküli rendszerekben a csatornajellemzők véletlenszerűen változnak, és az ezeket leíró statisztikai modellek erősen függenek az adott környezettől. A MIMO rendszerek esetében célszerű olyan csatornamodellt alkalmazni, amelyben az adó és a vevő között nincsen közvetlen jelút (non Line of Sight – nLoS). A több bemenetű, több kimenetű architektúra átviteli jellemzőit befolyásoló tényezők közül meg kell említeni a csatornadiszperziót, a Rice-féle  $K$ -faktort, a Doppler-hatást, a keresztpolarizációs csillapítást, az antennák korrelációját, és az úgynevezett kondíciós értéket [2].

A diszperzió igen fontos csatornajellemző, amely a közeli és távoli objektumokról történő reflexiók miatt jelentkezik, és jelentősen befolyásolja az átvitelt. A diszperziót gyakran a különböző jelutak terjedési késleltetésének négyzetes átlagértékeként határozzák meg. Ennek értéke a távolsággal arányosan növekszik,

és függ az antenna nyalábszélességétől, az antenna-magasságtól és a környezettől. A diszperzió tipikus értékei a 0,1-5  $\mu$ s tartományba esnek.

A fadinggel terhelt jel amplitúdója Rice-eloszlást követ, amelyet két paraméterrel jellemezhetünk: a  $P_c$  konstans jelösszetevő teljesítményével és a szóródásból származó  $P_s$  teljesítménnyel. Ezen két érték hányadosa ( $P_c/P_s$ ) a **Rice-féle K-faktor**. A fading miatti legkedvezőtlenebb esetben nincs konstans összetevő ( $P_c=0$ ). Ekkor  $K$  értéke 0, és a vizsgált jel eloszlása Rayleigh-eloszlást követ. A  $K$ -faktor igen fontos tervezési paraméter, mivel összefügg a fading-előfordulással. A megbízható működés érdekében mind a mobil, mind a fix távközlési rendszerek tervezésénél a legkritikusabb fading feltételeket kell figyelembe venni.

A fix és a mobil vezeték nélküli csatorna **Doppler-spektruma** eltér egymástól. Fix telepítésű hálózat esetében a Doppler-eltérés értéke a 0,1-2 Hz tartományban mozog, spektrumképe pedig exponenciális jellegű. Mobil alkalmazásoknál az eltérés a 100 Hz nagyságrendjébe esik, és az 1. ábrán látható Jake-spektrummal rendelkezik [5]. Az ábrán  $S(f)$  a teljesítménysűrűséget,  $f_c$  a vivőfrekvenciát,  $f_m$  pedig a Doppler-frekvenciát jelöli.



1. ábra Jake-spektrum

A **keresztpolarizációs elnyomás** a következő fontos jellemző (cross-polarization discrimination – XPD), amelyet a megfelelően polarizált teljesítmény és az ettől eltérő beeső teljesítmény amplitúdójának hányadosaként definiálunk. Az XPD megadja két olyan átviteli csatorna közötti szeparációt, amelyek eltérő polarizációs orientációjúak. Minél nagyobb az XPD értéke, annál kevesebb energia csatolódik át más polarizációjú csatornára. Az XPD a növekvő távolsággal csökken.

Az **antennák közötti korreláció** fontos szerepet játszik mind a SIMO, mind a MISO, mind pedig a MIMO rendszerek esetében. Amennyiben a komplex korrelációs együttható nagy (meghaladja a 0,7 értéket), a diversity tulajdonságok jelentősen leromlanak, esetleg – 1 értékű együttható esetén – az előnyök teljesen megszűnnek. A korrelációs együttható a gyakorlatban általá-

ban kicsi, a 0,1-0,5 értéktartományban mozog, feltételezve az adó-vevő konfiguráció megfelelő megválasztását.

A **kondíciós számot** a több bemenetű, több kimenetű rendszer a csatornamátrix legnagyobb és legkisebb saját értékének hányadosaként definiáljuk. Térbeli multiplexálást alkalmazó MIMO rendszerben nagy kapacitás abban az esetben érhető el, ha az – egyébként általában folyamatosan változó – kondíciós szám kis értékeket vesz fel. Közvetlen terjedési úttal is rendelkező (LoS) összeköttetés esetén a kondíciós szám gyakran nagy. Értékét csökkenteni lehet kettős polarizációjú antenna használatával.

Valamennyi felsorolt jellemző befolyásolja a csatorna állapotát, és egyben az átvitel minőségét is. A csatorna paramétereitől függő terjedési modelleket általában aszerint osztályozzák, hogy milyen lépték szerinti változást írnak le. Ennek megfelelően alapvetően megkülönböztethetünk: kis léptékű (small-scale) és a nagy léptékű (large-scale) változást leíró modelleket. A kis léptékű változásra példaként említhetjük meg vételi térerősség kis távolságon belüli vagy rövid időtartamú funkcióját a többutas terjedés miatt. Széles sávú jelek esetében ezek a gyors változások frekvenciaszelektív fadinget okoznak. A nagy léptékű változások – melyek közé például a szakaszcsillapítás és ennek várhatóérték körüli ingadozása tartozik – lognormális eloszlású változóként modellezhetők, és a lassú fading okozói.

## 2.2. Fading jelenségek

A többutas terjedés következményeként a rádióhullámok interferálnak, összegződnek, és amplitúdómaximumok, valamint -minimumok (fading) jönnek létre. Az így kialakuló időszelektív fadinget a koherencia idővel jellemezhetjük, amely azt az időtartamot jelenti, amelyen belüli időpillanatokban vett csatorna-impulzusválaszok erősen korreláltak [1, 2]. Ez a jellemző a Doppler-terjedéssel fordítottan függ össze, mivel azt méri, hogy milyen lassan változik a csatorna. Minél lassabb a csatorna változása, annál nagyobb a koherenciaidő. Amennyiben kis léptékű változásokhoz is alkalmazkodó összeköttetés-adaptációt szeretnénk létrehozni, a csatorna vizsgálatát legalább a koherenciaidőnek megfelelő frekvenciával kell végezni.

A frekvenciaszelektív fading létrejöttéért ugyancsak a többutas terjedés a felelős. A vevőkészülékbe az átvitt jel eltérő hosszúságú utakon és ezért bizonyos időkülönbségekkel érkezik meg. A fading abban az esetben jelentkezik, ha az időkülönbség összemérhető a szimbólumidővel. Ez a feltétel a széles sávú átvitelknél általában teljesül.

A többantennás rendszerekben térbeli fading is megfigyelhető. A ilyen architektúrákban a vett jel amplitúdója függ az antenna térbeli elhelyezkedésétől. Ebből a szempontból a jel kibocsátási és beérkezési irányának van fontos szerepe (Direction of Departure – DoD, Direction of Arrival – DoA).

### 3. A csatornaállapot mérése

#### 3.1. A jel-zaj viszonyon alapuló mérések

A megfelelő összeköttetés-adaptációhoz két feladatot kell végrehajtanunk. Az első lépésben egy a csatorna minőségére vonatkozó index, az úgynevezett csatornaállapot-információ (Channel State Information – CSI) definiálása és mérése szükséges [1]. A második lépésben az átviteli paraméterek hangolása következik a csatornaállapot függvényében. A csatorna minőségének számos mértéke létezik, ezek közül a legfontosabb a jel-zaj viszony és jel-zaj-interferencia viszony, melynek értékét a fizikai réteg mérése alapján ismerhetjük meg (például: átvitelkori és átvitelmentes teljesítményszintek mérése). További fontos mérőszámokat a bithiba arány (Bit Error Ratio – BER) és a csomaghibaarány (Packet Error Ratio – PER) jelenthetnek, amelyeket az adatkapcsolati réteg szolgáltat.

Az átviteli paraméterek beállítását igazíthatjuk a jel-zaj viszony átlagos értékéhez. Ezen információknak vagy az adó, vagy a vevő oldalon rendelkezésre kell állni, de általában a vevőkészülékben mérik. Az átlagos jel-zaj viszony birtokában a következő lépés a bithibaarány meghatározása. Ezután a jel-zaj viszony függvényében ki kell választanunk a megfelelő működési módot (pl. modulációt) úgy, hogy a lehető legnagyobb átviteli sebességet kapjuk, miközben a meghatározott hibaarányt nem lépjük túl. Végül az adóberendezést utasítani kell a működési mód váltására. Tétélezzük fel, hogy a rendszerben csak időszelektív fading van. Az SNR-BER konverzió csak abban az esetben hajtható végre, ha a jel-zaj viszony átlagolását nagyon rövid időablakban végezzük, és így az ablakok mindegyike konstans fading-mentes csatornának tekinthető. A jel-zaj viszony pillanatnyi értéke ismeretében kiválaszthatjuk a megfelelő működési módot. Additív fehér Gauss-zajt és koherens detekciót feltételezve a bithiba arány is kifejezhető. Az ideális működés természetesen csak elméletben lehetséges, a gyakorlatban a visszacsatolási késleltetés és más korlátozó körülmények miatt az effektív frissítési idő a koherenciaidőnél hosszabb lehet. Ekkor a bithibaarány már nem számítható a Gauss-csatornára érvényes modell alapján. A probléma megoldásához a jel-zaj viszony további jellemzőire is szükség van [1].

Tegyük fel, hogy a csatornaállapot-információt egy olyan időablakban mérjük, amelynek méretét az összeköttetés adaptáció protokollja határozza meg. Abban az esetben, ha többvívős modulációt alkalmazunk, kétdimenziós idő-frekvencia ablakozás szükséges. Az SNR-BER összerendelést a valóságban egyszerű analízissel nem lehet meghatározni, mivel számos paramétertől függ. Ezen paraméterek közé tartoznak a csatornában levő fading frekvencia- és időstatisztikái, az időablak hossza és a koherencia idő közötti összefüggés, a frekvenciaablak mérete és a koherenciasáv szélesség közötti kapcsolat, és többantennás rendszer esetén az adó- és vevőantennák száma, polarizációja [2]. Egyszerűsítjük a problémát, ha a jel-zaj viszony valószínűségi sűrűség függvénye helyett a  $k$ -ad rendű momentumokat vizsgáljuk, amelyek bár a függvénynek csak egy közelítését adják, még kis  $k$  érték esetén is elegendő információt nyújthatnak a megfelelő SNR-BER összefüggés meghatározásához. A jel-zaj viszony első momentuma – várható értéke – a vevőoldali átlagteljesítménnyel van összefüggésben, a második momentum pedig az adaptációs ablakon belüli idő-, illetve frekvenciaszelektivitásról szolgáltat információt. A magasabb rendű momentumok további ismereteket adnak a valószínűségi sűrűség függvényről, azonban a számítási kapacitás a  $k$  értékkel együtt növekszik. Az eredmények érvényesek Doppler-terjedés, különböző terjedési késleltetések, Rice-féle  $K$ -faktorok, különböző adó- és vevőantennaszámok, polarizációk stb. esetén is, mivel ezek hatásai a jel-zaj viszony momentumaiiban megjelennek [1].

#### 3.2. A bithibaarányon alapuló mérések

A csatorna átviteli minőségének mérésére felhasználhatjuk a vételi hibaarányt is. A működési mód és a csomaghibaarány (Packet Error Ratio – PER) között összefüggést állíthatunk fel, és az adaptációt ez alapján véghezvethetjük. Az elméleti bithibaarány-görbék helyett így explicit információt kaphatunk az összeköttetés minőségéről [1]. A lehetőségeink azonban korlátozottak, hiszen egy ablakban nem áll rendelkezésünkre tetszőleges számú adatsomag. A módszer a PER becslésén alapszik, amelyhez minden egyes módban néhány ezer átvitt csomagra van szükségünk a megfelelő megbízhatóság eléréséhez, ami által lecsökken az adaptáció sebessége. Amennyiben bizonyos időközönként nem vizsgálunk át tanuló (training) szekvenciákat, az összeköttetés adaptációban csak a nagy léptékű változásokat tudjuk figyelembe venni. A módszer további hátránya, hogy erősen forgalomfüggő. Ennek két következménye van, egyrészt az algoritmus reakcióidejét nehéz szabályozni, másrészt a csatorna megfigyelésének lehetőségét is elveszítjük, amennyiben egyik állomás sem forgalmaz. Ezen utóbbi esetben az összeköttetés-adaptáció újrainicializálása válik szükségessé.

#### 3.3. SNR és BER együttes felhasználása

A csatornaminőséget meghatározó jellemzőknek (SNR, BER), mint láttuk, számos előnyük és hátrányuk van. A jel-zaj viszony mérésén és annak statisztikáin alapuló módszerek rugalmas adaptációt biztosítanak, azonban az adaptációs küszöbök meghatározásán alapulnak, emiatt pontatlanok lehetnek. A küszöbök megállapításának pontossága javítható a jel-zaj viszony magasabb rendű momentumainak felhasználásával. A hibaarányon alapuló eljárások pontossága megfelelő, azonban ennek eléréséhez egy bizonyos mennyiségű adatforgalom megfigyelése szükséges, amely főleg a kis hibaarányú tartományokban okoz jelentős átvitel-többletet, ez az adaptáció lassulását okozhatja. Jelen-

leg a kutatások egyik fontos törekvése a módszerek kombinálásával a pontosság és robusztusság együttes elérése különböző csatornák, adaptációs sebességek és átviteli feltételek mellett.

## 4. Az átviteli kapacitás növelése

### 4.1. Diversity technikák

Ebben a fejezetben egy olyan vezeték nélküli mobil rendszert vizsgálunk, amelyben az adó (jelen esetben a bázisállomás) oldalon két antennát használunk. Ezzel a választással már az elérni kívánt kapacitásnövekedés mértékét is meghatároztuk: célunk az adatátviteli sebesség megkétszerezése. A mobil vevőkészülékekben az antennák számát célszerű  $N=2$ -re korlátozni, hiszen nagyobb  $N$  érték a méretnövekedés miatt a mobilitás rovására menne.

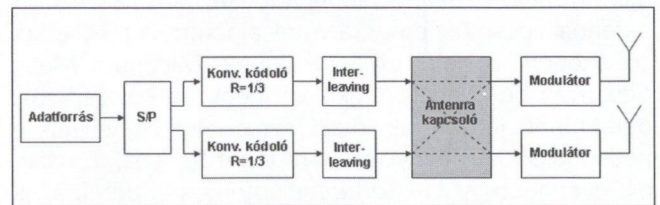
Amint a bevezetésben már említettük, a többszintű modulációk segítségével a spektrális hatékonyság jelentősen növelhető, de ez érzékeny az interferenciára, ezért célszerű további eljárásokkal társítani. Amennyiben többantennás adó- és vevőberendezések állnak rendelkezésünkre, a spektrális hatékonyságot más módszerrel is megnövelhetjük. Egy mind az adó, mind a vevő oldalon  $N$  antennát használó rendszer kapacitása az  $N$  értékével egyenesen arányosan növekedhet [3]. Ez az összefüggés elméletben igaz, a gyakorlatban a növekedés általában kisebb mértékű az esetleges rossz jel-zaj viszony és a vevőkészülék korlátozott komplexitása miatt. A több bemenetű, több kimenetű rendszerek létrehozásakor célunk az elméleti érték megközelítése, amelynek elérésére különböző megoldások állnak rendelkezésünkre.

A MIMO rendszerek átvitelisebesség-növelő eljárásai között léteznek rétegbe szervezett többantennás és diversity átviteli technikák [1, 3]. Az első módszer független adatfolyamokat továbbít, melyek mindegyikét egy-egy adóantennához rendeli hozzá. Ennél a megoldásnál az adatsebesség megnövekszik ugyan, de a rádiócsatornában egymást zavaró jelek detektálása – a probléma teljes bonyolultságával – a vevőkészülékre marad. A diversity eljárásokban tér-idő blokk-kódolást alkalmaznak a teljes diversity elérése érdekében. Az adatsebesség a csatornából bitelhagyással (puncturing) növelhető, amely a hibajavító kódolás többletinformáció-mennyiségét csökkenti, megnövelve a hasznos információ arányát. A különbség tehát a két módszer között, hogy míg az első direkt módon egymástól független párhuzamos átviteleket hoz létre antennapárok között, addig a második diversity technikát alkalmaz, amely fadinges csatornában is képes visszaállítani a gyenge csatornakód, vagy a nem megfelelő moduláció miatt elvesztett információt.

Tegyük fel, hogy a célunk a több bemenetű, több kimenetű rendszer alkalmazásával az egy bemenetű, egy kimenetű (Single Input Single Output – SISO) rendszer átviteli sebességének kétszerezésére növelé-

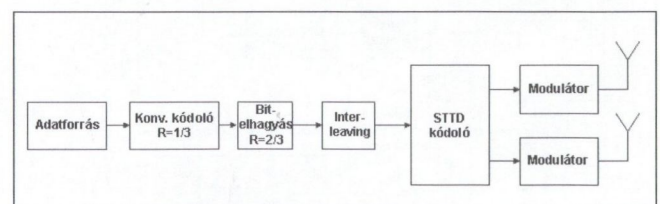
se. Mivel a rétegszervezésű MIMO rendszerek független adatfolyamokat sugároznak az egyes antennákból, ezért legalább két adóantennára van szükség az adatsebesség kétszerezéséhez. Ebben az esetben természetesen a vevő oldalon is legalább két antennával kell rendelkezniünk, különben az adó által kibocsátott forrásjelek nem állíthatók vissza teljes mértékben. Ilyen módon kialakul egy  $2 \times 2$  méretű csatornamátrixszal jellemezhető MIMO architektúra, amely olyan két adó- és két vevőantennával rendelkezik, melyeket korrelálatlannak feltételezünk.

A rétegszervezésű rendszer adóoldali felépítését tekintsük elsőként. A beérkező adatfolyamot sorospárhuzamos átalakító segítségével két részre bontjuk, amelyek a két antennaegység táplálásával szolgálnak. Ezután a bitfolyamokat  $R=1/3$  arányú konvolúciós kóddal komprimáljuk. A kódolt jelet a csomagképzés és a moduláció előtt célszerű interleavingnek alávetni a csoportos hibák elkerülése végett. Az átfűzés (interleaving) után beiktathatjuk az antennakapcsoló elemet is, amelynek a feladata az egymást követő szimbólumok továbbítása váltakozva az első, illetve a második antenna felé. Az elrendezés a 2. ábrán látható, ahol a szürke színnel jelölt blokk, az antennakapcsoló elem nem feltétlenül szükséges, de mellőzése esetén csak kevésbé hatékony vevőkészüléket használhatunk [3]. Mindkét esetben az átviteli sebesség kétszerezését érhetjük el a SISO rendszeréhez képest.



2. ábra Adókészülék diversity nélkül

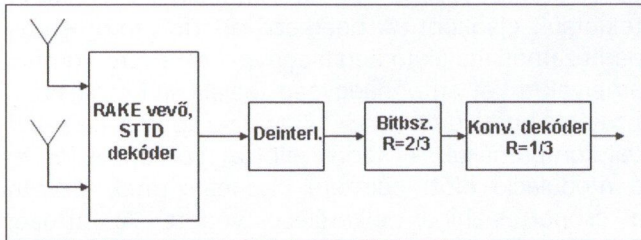
Diversity megoldásról a diversity maximalizálására kell törekedniünk, így a struktúra ekkor jelentősen eltér az előzőtől, amint ezt a 3. ábra is mutatja. Egyrészt nincs szükség sorospárhuzamos átalakítóra, másrészt az adatsebesség kétszerezéséhez a konvolúciós kódoló után  $R=2/3$  arányú bitelhagyást (puncturing) alkalmazunk. Természetesen azt a megoldást is választhatnánk, hogy eleve  $R=2/3$  arányú konvolúciós kódolót használunk, azonban célszerűbb a bitelhagyás technikáját választani, mivel ekkor egyszerűbbé válik a vevő megvalósítása a kevesebb kódtípus miatt [3]. Az adó-



3. ábra Adókészülék diversity megoldással

egység egyik legfontosabb eleme a 2x2 méretű tér-idő blokk-kódoló, amely a diversityt biztosítja (Space-Time Transmit Diversity – STTD).

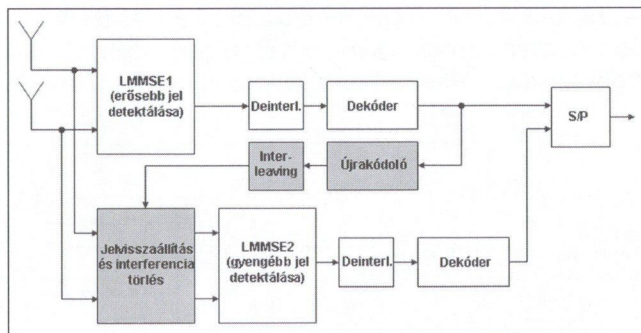
A különböző adóstruktúrákhoz más és más vevőarchitektúra tartozik. A bitelhagyással működő adókészülék vevőoldali párja az 4. ábrán látható kétantennás RAKE vevő, amely egyben az STTD dekódolást is végrehajtja. Ezután következnek a visszafűzést (deinterleaving) és a bitbeszúrást (depuncturing) végző egységek. A bitbeszúrásnál az át nem vitt bitek helyére nullák kerülnek, ezáltal a nulla bemenő értékek maximális bizonytalanságot jelentenek a csatornadekódoló döntéseiben.



4. ábra Vevőkészülék a diversity megoldáshoz

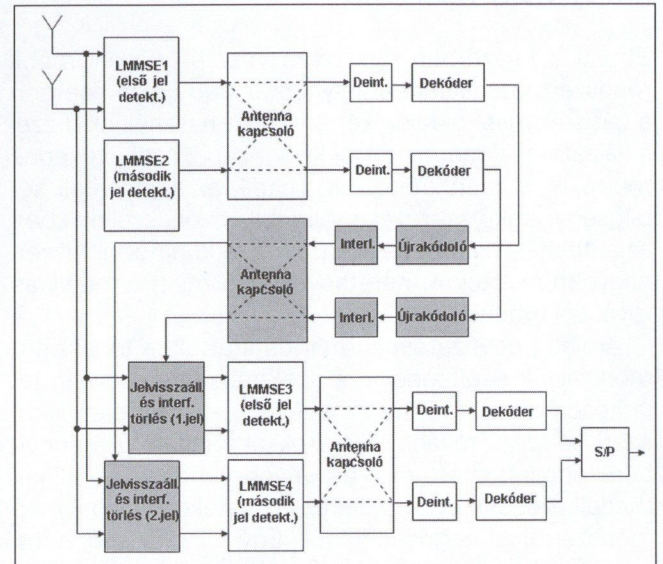
A rétegszervezésű adókészülék használata esetén bonyolultabb felépítésű vevőkre van szükség. Mivel két interferáló jelet kell detektálnunk, ezért célszerű először azt a jelsorozatot megkeresni, amely kedvezőbb átviteli feltételek mellett érkezik a vevőbe. Ez a megközelítés megfelel a szukcesszív interferencia kiküszöbölő eljárások elvének. Amennyiben az adóban nem használunk antennakapcsoló elemet, a vételi algoritmus a következő: a beérkező jelet LMMSE (Linear Minimum Mean Square Error – lineáris legkisebb négyzetes középhiba) detektorral detektáljuk, majd ezt a jelet eltávolítjuk a beeső jeltől. Amennyiben nem lépet fel hiba, a második gyengébb jelet is interferenciamentesen detektálható. Mivel az eredeti adatfolyamokat egymástól függetlenül kódoltuk, ezért a második detekció előtt a már dekódolt első jelfolyam újrakódolása és újra átszövése szükséges a megfelelő interferenciatörléshez. Ilyen módon nagyon megbízható interferenciakiküszöbölő eljáráshoz jutunk. A 5. ábrán látható blokkvázlatban a szürkével jelölt egységek a megfelelő interferenciatörléshez szükséges járulékos elemeket jelentik.

Abban az esetben, ha antennakapcsoló egységet is használunk, két egyenértékű réteg keletkezik, ezért



5. ábra Vevőkészülék antennakapcsoló nélkül (nincs diversity)

nincs értelme bármelyik réteget a másik előtt detektálni. A 6. ábrán feltüntetett módon két különböző LMMSE vevőt használunk egyidejűleg. A dekódolás, újrakódolás és interferenciatörés után az előállított jelet újra az LMMSE detektorokba vezetjük, amelyek kimenetén már a véglegesen dekódolható döntések jelennek meg. Ehhez az eljáráshoz a vevőkészülék bonyolultságát meg kell növelni, azonban a megbízhatóság javul.



6. ábra Vevőkészülék antennakapcsolóval (nincs diversity)

#### 4.2. Többvívós rendszerek

Az intelligens antennákhoz hasonlóan a többvívós rendszerek is hatékonyan alkalmazhatók az átviteli kapacitás növelésére. Az alapelvek a következők. A széles sávú rendszerekben a többutas terjedés miatt frekvenciaszelektív fading jön létre, amely hatás kiküszöbölésének érdekében célszerű a spektrumkiterjesztés valamely formáját alkalmazni. A frekvenciaugratásos vagy direkt szekvenciális spektrumszórás mellett ma leginkább közkedvelt megoldás az ortogonális frekvenciaosztásos multiplexálás.

A módszer az eredeti széles sávú jelet keskeny sávokra, illetve az azokban elhelyezett részvívőkre (tones) osztja fel, így a rendszer többutas terjedéssel ellenállóbb. Ideális esetben az egyes tone-ok jelsorozatai függetlenek egymástól a maximális adatsebesség elérése érdekében. Azonban a fading miatt egy-egy vívő használhatatlanná válhat, azaz az azon átvinni kívánt információ elvesz. Ennek kiküszöbölése érdekében a dinamikus alcsatorna kiosztást felhasználva a fading miatt kieső vívőkre nem osztunk adatfolyamot, nem moduláljuk azokat. Ebben az esetben azonban az adókészülékben ismerni kell a csatorna pillanatnyi állapotát, amelyhez többletinformációkra és plusz számítási kapacitásra van szükség. Ehelyett célszerűbb a részcsatornák közötti megfelelő redundáns kódolással és átszövással (interleaving) dolgozni, amely így frekvencia diversityt biztosít [1, 2]. Akkor a többletadatok miatt csökken a spektrális hatékonyság, ezért a két módszer alkalmazása között választani kell.



Az említett elveken működő ortogonális frekvenciaosztásos moduláció hatékonyan implementálható FFT (Fast Fourier Transformation) algoritmusokkal mind az adó, mind a vevő oldalon. A létrejövő frekvenciakomponensek, vagyis a tone-ok egy-egy MIMO rendszerbeli rész csatornának feleltethetők meg, és a csatornaállapotot ismét egy mátrixszal jellemezhetjük. Ekkor az (1) összefüggést írhatjuk fel:

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}_{OFDM} \cdot \mathbf{s}, \quad (1)$$

ahol  $\mathbf{s}$  az adóból kisugárzott,  $\mathbf{x}$  a vevőbe érkező jelek vektorát jelenti,  $\|\mathbf{A}\|_{OFDM}$  pedig a részcsatornák közti áthallások mátrixa.

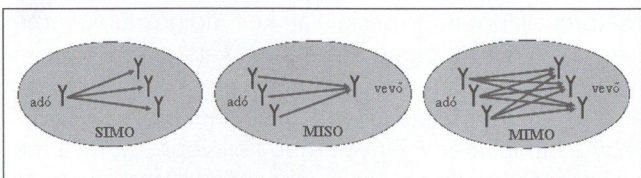
### 4.3. A MAC alréteg szerepe

A MIMO-OFDM rendszerekben – minden a robusztusságra törekvő eljárás ellenére is – előfordulnak átviteli hibák. Ezen létrejövő hibákat egy megbízható vezeték nélküli rendszerben megfelelően hatékonyra tervezett közeghozzáférés-vezérlési (Medium Access Control – MAC) réteggel kell kezelni. A helyes működéshez automatikus újraküldő és tördelő mechanizmus (Automatic repeat ReQuest – ARQ) szükséges, amelyben az adó az átvendő bitsorozatokat a kívánt méretű csomagokra darabolja. Amennyiben a vevő oldalon hibás csomag jelenik meg, az átvitelt meg kell ismételni. Az ARQ mechanizmust egy olyan eljárásnak tekinthetjük, amely időbeli diversityt visz a rendszerbe, kiküszöbölve a zajt, az interferencia és a fading hatását [2].

## 5. Adaptív módszerek

### 5.1. Intelligens antennarendszerek

Az adaptív antennarendszerek – más néven intelligens antennák – alkalmazása ígéretes a vezeték nélküli rendszerek spektrális hatékonyságának növelése szempontjából, és így jól alkalmazhatók az összeköttetés-adaptációban. Az intelligens antennákat általában az egyik oldalon használják. Az összetett antenna elhelyezhető az adó oldalon – ilyenek a több bemenetű, egy kimenetű (Multiple Input Single Output – MISO) rendszerek, valamint a vevő oldalon – ezek az egy bemenetű, több kimenetű (Single Input Multiple Output – SIMO) megoldások. Amennyiben a rádió-összeköttetés mindkét végén antennarendszert alkalmazunk, több bemenetű, több kimenetű (MIMO) struktúrához jutunk, amellyel megfelelő táplálást feltételezve jelen-



7. ábra Többszörös átvitelek

tős kapacitásnövekedést érhetünk el. A MISO, SIMO, MIMO elrendezések a 7. ábrán láthatók.

A több bemenetű, több kimenetű rendszerek használatával többszörös térbeli csatornát hozunk létre, mely fadinges környezetben előnyös, hiszen kevésbé valószínű, hogy egyidejűleg valamennyi csatorna átvitelképtelen legyen. A többszörös csatornát egy mátrixszal jellemezhetjük, melynek elemei az egyes átvitelpárosításoknak felelnek meg [3, 4]. A modellt a (2) összefüggés írja le:

$$\mathbf{x} = \mathbf{H} \mathbf{s}$$

$$\begin{bmatrix} x_1(t) \\ \vdots \\ x_m(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11}(t) & \dots & h_{1n}(t) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{m1}(t) & \dots & h_{mn}(t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1(t) \\ \vdots \\ s_n(t) \end{bmatrix} \quad \mathbf{x} = \|\mathbf{H}\| \cdot \mathbf{s} \quad (2)$$

ahol  $\mathbf{H}$  a csatornamátrixot jelenti,  $\mathbf{s}$  és  $\mathbf{x}$  pedig a forrás és vett jelek vektorai. A különféle bemenő bitsorozatok és az azoktól függő kisugárzott jelek megválasztásával többféle célunk lehet. Egyrészt törekedhetünk a maximális adatátviteli sebesség elérésére, amelyhez az antennák független betáplálása szükséges. Ez a technika az egyszerű térbeli multiplexálás, mely módszer akkor hatékony, ha az egyes részcsatornák függetlenek, esetleg enyhébb követelményként minimálisan korreláltak. Amennyiben azonban a feltétel nem teljesül, az átviteli sebesség jelentősen lecsökken a gyakori hibák miatt. A probléma kiküszöbölése – amely egyben a másik fő cél megvalósítását jelenti – az átvitelbe beiktatott redundanciával (redundáns kódolás, átviteli átfedés térben, időben, vagy frekvenciában) lehetséges. Így a tér-idő kódolásos eljárásához jutunk, amelynek célja a térbeli diversity növelése és ezáltal a minimális bithibaarány elérése. A létrejövő rendszer tehát robusztussá válik, azonban az átviteli sebesség lecsökken. A módszernek köszönhetően a fadinghatár kis elemszám esetén is akár 10-20 dB-lel leoszorítható, ezáltal fadingtartalék biztosítható [1, 3].

### 5.2. Teljesítményszabályozás

A vezeték nélküli MIMO rendszerek interferenciaérzékenysége a többszörös antennák miatt meglehetősen nagy. Különösen igaz ez abban az esetben, ha kódosztásos multiplexálást (CDM – Code Division Multiplexing) alkalmazunk, hiszen ekkor azonos frekvenciákat, azonos időréseket használunk, valamint a szórókédek sem feltétlenül korrelálatlanok. Az interferencia csökkentésének egyik lehetséges módja a teljesítményszabályozás alkalmazása, mely szerint egy adott átviteli folyamat teljesítmény szintjét oly módon kell megválasztani, hogy a hibamentes átvitelhez éppen elégséges legyen, ami biztosítja más kapcsolatok számára a lehető legkisebb interferenciaszintet.

Az optimális teljesítményszint megállapítása zajmentes esetben sajátérték-probléma megoldására vezethető vissza. Az optimális szint beállítását a csatornamátrix leg-

nagyobb sajátértékéhez tartozó sajátvektor adja [4]. A teljesítményszabályozás megoldására számos algoritmus született. Ezek között meg kell említenünk a jelszintmérésen, a csatornaimpulzus válaszában (Channel Impulse Response – CIR) mérésén alapuló eljárásokat, a centralizált és elosztott teljesítményszabályozást, a különféle determinisztikus és sztochasztikus módszereket stb. Ezen algoritmusok különféle előnyökkel bírnak, mint például gyors a konvergenciájuk, minimális az információszükségletük, de mindegyikük számára felső korlátot szab a már említett szélsőérték probléma megoldása, amely csak a felhasználók számától és a csatorna karakterisztikájától függ.

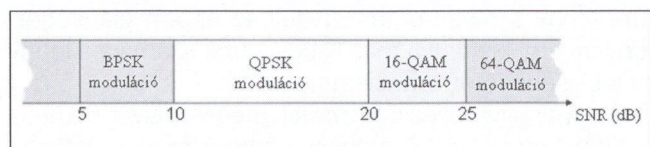
A teljesítményszabályozás és az adaptív antenna-rendszerek (pl. MIMO) együttes alkalmazásával a vezeték nélküli hálózatok kapacitása jelentősen növelhető, sőt a szabályozó algoritmus konvergenciája is felgyorsul [4]. Az optimális megoldás elérésének érdekében természetesen teljesítményszabályozást mindkét kommunikáló félnek el kell végeznie. Az eljárás különösen hasznos a cellás mobil rendszerekben, ahol a bázisállomás teljesítményének alacsony szinten tartása más – a vizsgált kommunikációban részt nem vevő – felhasználók interferenciájának csökkentése miatt célszerű, a mobilkészülékben pedig a korlátozott energiaellátás indokolja a módszer alkalmazását.

### 5.3. Az összeköttetés-adaptáció

Az összeköttetés-adaptáció kiinduló feltevése szerint a rendszer figyeli a rádiócsatorna állapotát, és ennek megfelelően alakítja az átviteli paramétereket, amelyek közé a moduláció típusa, a kódolási eljárás, a sávszélesség, a teljesítményszint stb. tartoznak. A paraméter-adaptáció célja a lehető legnagyobb spektrális hatékonyság elérése, melynek megvalósulásához az átviteli jellemzőknek dinamikusan alkalmazkodniuk kell a felek között fellépő különböző interferenciákhoz és egyéb zavaró hatásokhoz.

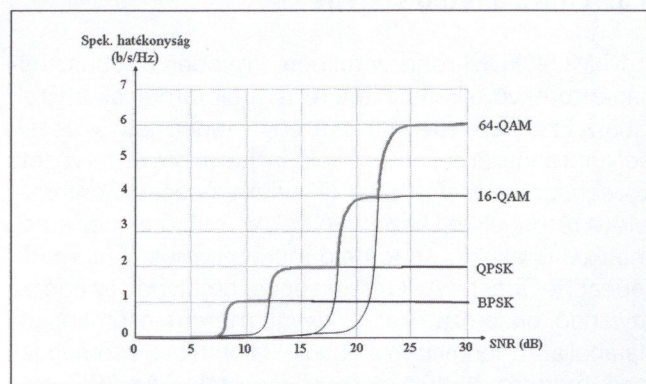
A gyakorlatban a csatornaállapotot jellemző változó mennyiséget – például az aktuális jel-zaj viszonyt – csak kvantált módon veszik figyelembe, és két kijelölt érték közötti intervallumban a csatornaállapotot azonosnak tekintik. Egy-egy paraméterbeállítás vagy működési módot egy-egy diszkrét csatornaállapothoz rendelnek hozzá [1]. Az 8. ábra egy olyan lehetséges megoldást mutat be, amelyben különböző jel-zaj viszony szintekhez különböző modulációs eljárásokat rendelünk.

Az felvázolt megfeleltetésnek az oka az egyes modulációk különböző zavarérzékenysége és spektrális hatékonysága. A BPSK (Binary Phase Shift Keying) modulá-



8. ábra Egy lehetséges modulációmegfeleltetés

ció jól használható alacsony jel-zaj viszony szint esetén, azonban spektrális hatékonysága kicsi (1 b/s/Hz), míg a 64-QAM moduláció 6 b/s/Hz értékkel rendelkezik, azonban csak nagy jel-zaj viszony esetén alkalmazható a megfelelő hibavalószínűség-megkötés mellett. Az összeköttetés adaptáció algoritmusának a lehető leghatékonyabb átvitelt kell biztosítania. Ez magában foglalja a legnagyobb spektrális hatékonyság elérése mellett a kedvezőtlen feltételek közötti robusztus működést is. Egy olyan rendszernek, amely a jel-zaj viszony függvényében a BPSK, QPSK, 16-QAM és 64-QAM modulációkat választhatja az átvitel megvalósításához, a 9. ábrán látható módon kell döntenie a lehetőségek közül. A kiemelt görbe jelöli a helyes döntést, illetve az elérhető spektrális hatékonyságot a különböző jel-zaj viszony értékekre.



9. ábra A spektrális hatékonyság alakulása

Adaptációs eljárás hiányában a tervezési paramétereket úgy kell megválasztani, hogy a rendszer kedvezőtlen feltételek mellett – pl. alacsony jel-zaj viszony esetén – is képes legyen az adatátvitelre (worst-case tervezés). Állandó BPSK moduláció alkalmazása esetén például a robusztus működés biztosított, azonban a kedvezőbb feltételek érvényesüléskor a csatornkapacitás kihasználatlan marad.

## 6. Összefoglalás

Az egyre nagyobb átvitelisebesség-igényt támasztó vezeték nélküli szolgáltatások miatt a közeljövőben várható a több bemenetű, több kimenetű rendszerek általános elterjedése. A MIMO hálózatok legfontosabb célja a spektrális hatékonyság javítása, és az adatátviteli sebesség növelése. A hatékony működéshez megfelelő összeköttetés-adaptáció szükséges, melynek megvalósítására számos lehetőség nyílik. A szükséges csatornaparaméterek mindegyikének vizsgálata igen nagy számítási komplexitást eredményezne, ezért olyan csatornaállapot-információkkal kell dolgoznunk, amelyek az említett paramétereknek valamilyen függvényei, feldolgozásuk azonban nem jelent problémát. Az elvárásnak megfelelő jellemzők például a jel-zaj viszony vagy a bithibaarány. Figyelembe kell venni, hogy a mérési pontosság és a mérési sebesség, illetve rugalmasság csak egymás rovására javítható. Miután elégséges

információval rendelkezünk a csatorna állapotára vonatkozóan, megfelelő összeköttetés-adaptációs algoritmus segítségével optimalizálhatjuk a MIMO hálózat spektrális hatékonyságát, átviteli sebességét. Az adaptáció végzése során különböző spektrális hatékonyságnövelő eszközök állnak rendelkezésünkre, melyek kiválasztásáról, vagy együttes alkalmazásáról az adaptációs algoritmus dönt. Az eszközök közül meg kell említeni a többszintű modulációkat, a tér-idő kódolást, valamint a többvívős technikákat (pl. OFDM megoldásokat). A csatornaállapot és átviteli megoldás hozzárendelések meghatározása, valamint a csatornaállapot mérése a jelenleg folyó kutatások tárgyát képezi.

### Irodalomjegyzék

1. S. Catreux, V. Erceg, D. Gesbert, R. W. Heath Jr.: „Adaptive Modulation and MIMO coding for Broadband Wireless Data Networks”, IEEE Communications Magazine, June 2002, Vol. 40, No. 6, pp 108-115
2. H. Sampath, S. Talwar, J. Tellado, V. Erceg, A. Paulraj: „A Fourth-Generation MIMO-OFDM Broadband Wireless System: Design, Performance, and Field Trial Results”, IEEE Communications Magazine, September 2002, Vol. 42, No. 9, pp 143-149
3. M. J. Heikkilä, K. Majonen: „Comparison of Layered and Diversity Approaches for Increasing WCDMA Data Rates in Frequency-Selective MIMO Channels”, IEEE 7th Int. Symp. on Spread-Spectrum Tech. & Appl., Prague, Czech Republic, Sept. 2-5, 2002, Vol. 2, pp 333-337
4. M. Elmusrati, H. Koivo: „Performance Analysis of DS-CDMA Mobile Communication Systems with MIMO Antenna System and Power Control”, IEEE 7th Int. Symp. on Spread-Spectrum Tech. & Appl., Prague, Czech Republic, Sept. 2-5, 2002, Vol. 2, pp 541-544
5. T. S. Rappaport: „Wireless Communications”, 1996, New Jersey, Prentice Hall, pp 180-185

## Hírek

A kormány célul tűzte ki, hogy minden hazai önkormányzat hozzáférjen a világháléhoz. Ennek érdekében az Informatikai és Hírközlési Minisztérium pályázatot írt ki „eDemokrácia – önkormányzatok a világhálón” címmel.

A sikeresen pályázó önkormányzatok támogatást nyerhettek alapvető informatikai infrastruktúrához szükséges eszközök beszerzéséhez, az internetkapcsolat feltételeinek megteremtéséhez, valamint közösségi terek internetkapcsolatainak kiépítéséhez.

Az 1619 pályázó közül valamennyi érvényes pályázatot benyújtó önkormányzat – 1495 – elnyerte a támogatást. Így januárban elkezdődnek a telepítési munkálatok a nyertes önkormányzatoknál.



Az ötödik alkalommal megrendezésre kerülő Oracle Logisztikai, Gyorsáru-szállítási és Postai Fórumnak az idén Magyarország ad otthont, a rendezvény házigazdája a Magyar Posta Rt. Az európai postai piacon végig-sőprő liberalizációs hullám következtében az elmúlt években a szektor teljes átalakuláson ment át, amelynek keretében a korábban monopolhelyzetben levő, tradicionális közszolgálati vállalatoknak a versenytársak megjelenésével ügyfél- és szolgáltatásorientált, versenypiaci feltételek között működő cégekké kellett válniuk.

A rendezvény mottója: „Az ügyfelek igényeinek kiszolgálása – A hatékonyság fokozásától a kiváló működésig.” A fórum neves előadói rámutattak, hogyan segítik elő a korszerű technológián alapuló megoldások a vállalatok átalakulását, a piaci igényekre való reagálást és az ügyfélorientált szervezet kialakítását.



A Siemens Mobile kibővítette mobil adatszolgáltatásainak portfólióját az „élő fogadás” alkalmazással. Az m. Gambling lehetővé teszi a mobilhálózatok üzemeltetőinek, hogy platformot kínáljanak a mobiltelefonos sportfogadásra. Másik újdonság a hagyományos vagy az internetes fogadáshoz képest, hogy fogadások nemcsak a verseny vagy a mérkőzés kezdetéig köthetők, hanem a dinamikus (azaz az eredmény és a beérkezett fogadások alapján folyamatosan változtatott) oddszok alapján akár a lefújást megelőző pillanatokban is.

A Siemens Mobile szerint a mobil sportfogadás jó bevételi forrásnak bizonyulhat a hálózatüzemeltetők számára. Az alkalmazás a fizetési forgalom lebonyolítását is magába foglalja. Ehhez szükséges lehet a fogadó nagykorúságának ellenőrzése, ami a mobil előfizetői kártyaszerződésben rögzített születési dátum alapján megoldható. Az alkalmazás a 2002-es labdarúgó-világbajnokság alatt debütált, amikor is a szurkolók mobilról fogadhattak a mérkőzések kimenetelére.

# Fullerének megjelenése és perspektívája

TOKA LÁSZLÓ

egyetemi hallgató

BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar, francia nyelvű tagozat

Októberi számunkban jelent meg dr. Bárony István cikke *Szén nanocsövek az integrált elektronikában* címmel. A tanulmányban olvashattunk a molekuláris szén tulajdonságairól és a szén nanocsövek területén elért legújabb eredményekről. Ebben a cikkben pedig megismerhetjük a hivatkozott eredmények helyét a fullerének fejlődésének történetében. Ezenkívül bemutatjuk a fullerénekben rejlő további perspektívákat is, melyek már a nanotechnológiák területére vezetnek.

## Történet

A XX. század utolsó másfél évtizedében hatalmas jelentőségű felfedezés bővítette világképünket. A szén harmadik allotróp módosulatáról, a fullerének családjáról jelentek meg közlemények. Ez nem csak a fizikusok és a vegyészek fantáziáját indította el: a szinte minden tudományos téren az azóta közzétett, a témával kapcsolatos ezres nagyságrendű közlemény a legjobb bizonyíték erre.

A kísérletek, amelyek a fullerének felfedezéséhez vezettek, a szénben gazdag vörös óriások környezetében uralkodó körülmények modellezésére irányultak. A radioasztronómiai vizsgálatok lehetővé tették különböző molekulák kimutatását a csillagközi térben. Az elsődleges kérdés az volt, vajon keletkezhetnek-e hosszú szénláncú molekulák, pl. a cianopoliinek ( $\text{HC}_n\text{N}$ , ahol  $n = 5-11$ ) effajta körülmények között. Ilyen jellegű molekulákat figyeltek meg a világűrben Kroto (University of Sussex, Brighton, UK) és munkatársai.

Smalley (Rice University, Houston, USA) akkoriban fejlesztett ki csoportjával egy berendezést, elsősorban fémklaszterek vizsgálatára. Működésének alapelve, hogy a minta felületét lézersugárral hevítik, így a gáztérbe jutó atomok  $10\,000\text{ °C}$  fölötti hőmérsékletű plazmaállapotba kerülnek. Majd a hűtés céljából nagy nyomású héliumot eresztnek a mintára. Ez segíti a klaszterek kialakulását az atomtengerből, valamint vívgázként is szolgál. (Szabadon kiterjesztik a gázt, majd fotoionizáció, repülésidő-tömegspektroszkópia.)

Curl (Rice University, Houston, USA), Kroto és Smalley a grafitot vizsgálták a fenti módon, és sikerült is kimutatniuk a keresett cianopoliineket. Nem került el azonban a kutatók figyelmét a 60 szénatomnak megfelelő csúcs a spektrumon. A csúcs intenzitása jelentősen függött a körülményektől. Ezt azzal magyarázták, hogy mikor a „forró” szénklaszterek kölcsönhatásba

lépnek a nagynyomású héliummal, egyensúlyi folyamatban stabilabb speciestekké alakulnak, amelyek között kiemelkedő a 60 szénatomos klaszter. Megemlítendő, hogy a fent említett három tudós a fullerének területén végzett jelentős kutatásaiért kémiai Nobel-díjat kapott 1996-ban.

## Elméleti megfontolások a szerkezetet illetően

Vajon milyen szerkezet állhat a kiugró stabilitás mögött? A csoport egyelőre csak feltételezésekkel élhetett, hiszen még néhány évig nem sikerült makroszkopikus mennyiségben előállítani a rendkívüli molekulát. A kísérletekkel egy időben (1985) Haymet a Hückel-elmélettel végzett számításokat – Krotoéktól függetlenül –, a  $\text{C}_{60}$  molekuláról. Ő is megállapította a csonkított ikozaéderes szerkezet rendkívüli stabilitását.

A  $\text{C}_{60}$  összegképletű molekulához többféle szerkezet is tartozhat. Lehetne egy 60 szénatomból álló „grafitdarab”, ám ekkor lennének szabad vegyértékek a szélein, és így hogyan magyaráznánk a 60 atomos részecske kiugró stabilitását (Sőt a kísérletekben 40 szénatomszám fölött csak páros számú atomot tartalmazó részecskék mutathatók ki. Egy grafitdarab ugyan miért ne állhatna páratlan számú szénatomból?) Smalley, Kroto és munkatársaik arra gondoltak, hogy ez megoldható, ha nem sík szerkezetet képzelnek el, hanem a grafitréteget egy gömbbé tekerik fel.

A zárt szerkezethez a hatszögek mellett ötszögeket is fel kellett tételnie. Euler tételéből adódik, hogy szabályos öt- és hatszögekből álló zárt szerkezet úgy jöhet csak létre, ha az ötszögek száma 12. A hatszögek számára pedig az  $(n-20)/2$  adódik, ahol  $n$  a csúcsok (azaz a szénatomok) száma. A molekulában egy atom – hasonlóan a grafithez – csak három másikhoz kapcsoló-

dik. A grafitban minden szénatom környezete planáris ( $sp^2$  hibridállapot). A szigma kötésben részt nem vevő pz pályák így parallel helyzetűek, a szigmavázra pedig merőlegesek, létrehozva a réteg alatti és fölötti delokalizált  $\pi$ -elektronrendszert. A C–C kötések mindenütt azonos hosszúak.

Más a helyzet a  $C_{60}$  esetén (gömbszerű szerkezetet feltételezve). Először is a rendszer nem planáris. Az egyes atomokon centrál p<sub>z</sub>-pályák nem fednek át teljesen, valamint a szigmavázra sem merőlegesek (kb. 12° az eltérés), tehát nem jön létre teljes delokalizáció. Egy szénatom körül lokálisan nem alakulhat ki sem olyan kedvező szerkezet, mint a grafitban, sem olyan, mint a gyémántban. A gyűrűfeszültségeket mégis kompenzálja a szerkezet nagyfokú szimmetriája, így a molekula stabil. Ezek alapján várhatjuk a csonkított ikozaéderes szerkezetet, mert ez az egyetlen olyan a  $C_{60}$  esetén, hogy a molekulában csak izolált (egymással nem érintkező) ötszögek fordulnak elő (míg az összes  $C_{60}$ -izomer száma 1812). Az Euler-tétel alapján a legkisebb lehetséges fullerén a  $C_{20}$  lenne. Ezt tizenkét ötszög alkotja, hatszögek nélkül. A fentiek alapján ennek nem jósolhatunk elegendően nagy stabilitást, a kialakuló hatalmas kötésfeszültség miatt.

## Makroszkopikus mennyiség

A feltételezéseket nem bizonyíthatták addig, amíg nem sikerült makroszkopikus mennyiségben előállítani a szén ezen módosulatát. A probléma első megoldását két fizikus, Wolfgang Krätschmer (Max Planck Institute, Heidelberg) és Donald Huffman (University of Arizona, Tucson) adta, akik meglepő módon nem a fullerének előállításán kísérleteztek, hanem a csillagközi porfelhőben megfigyelt, egy intenzív elnyelési vonal eredetét kutatták. A módszer egészen egyszerű volt: a kormot 3500 °C körül kis nyomású (~100 torr) héliumgázban grafit-elektrodok között húzott elektromos ívvel állították elő. Az anyagot tömegspektrómetrével megvizsgálva, azt találták, hogy tartalmaz néhány tömegszázalék  $C_{60}$ -at és  $C_{70}$ -et, amelyek aromás oldószerekben (benzol, toluol) jól oldódnak. Tiszta  $C_{60}$ -at és  $C_{70}$ -et először 1990-ben választottak el kromatográfiásan. Az irodalomban még számos más, újabban kidolgozott előállítási módszert találhatunk.

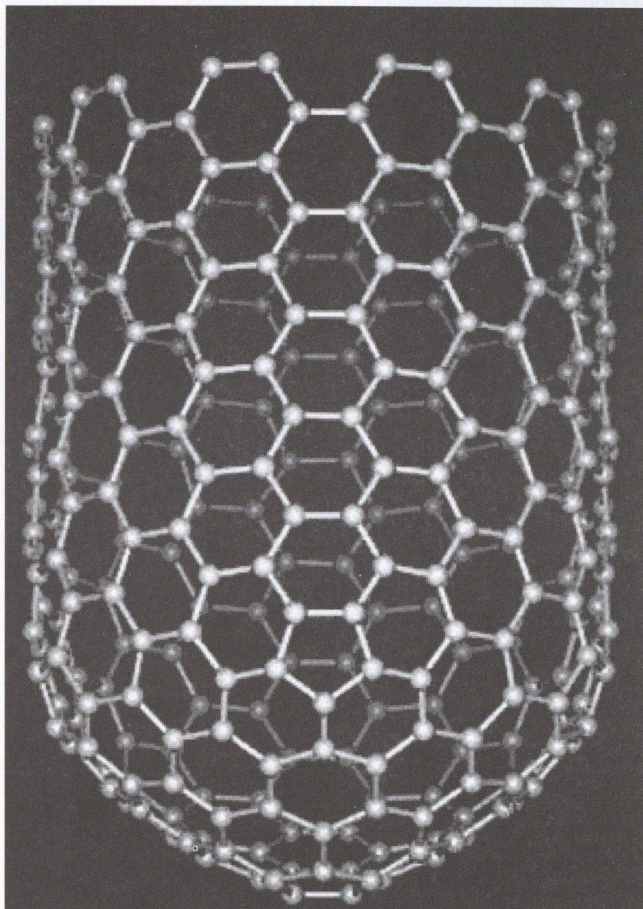
A két említett molekula előfordulását számos természetes ásványban is kimutatták, megtalálták a szénben gazdag antracitos üledékekben a Yarrabee-i bányában Queenslandben (Ausztrália), a sungitban (Sunga, Karlélia, Oroszország) és Coloradóban a fulguritban (akkor keletkezik, ha villámcsapás éri a földet), továbbá Sudbury-ben (Kanada) és Új-Zélandon.

Így hát sikerült „látható” mennyiségben előállítani néhány fullerént. A tiszta  $C_{60}$  vékony filmje mustárszínű (nagy tömegben sötétbarna), aromás szénhidrogénekben oldva bíborvörös. A  $C_{70}$  pedig vékony film formájában vörösesbarna, nagyobb tömegben zöldesfekete, oldata borvörös.

## Szerkezet

Makroszkopikus mennyiségű anyagokkal már elvégezhető volt néhány alapvető szerkezetvizsgálat. A  $C_{60}$  esetén a  $^{13}C$ -NMR spektrumban egyetlen jelet észleltek ~143pm-nél, az IR felvételeken pedig négyet. Ezek összhangban vannak a futball-labda szerkezet alapján várt jelekkel. Tehát valamennyi szénatom egyenrangú, ugyanakkor geometriailag két különböző kötéssel kell számolnunk: az egyik két érintkező hatszög határán van, míg a másik egy ötszög és egy hatszög közös éle.

A  $C_{70}$  szerkezetéről (melyet a 12 ötszög mellett 25 hatszög alkot) megállapították, hogy 5 különböző környezetű szénatomja és 8 típusú C–C kötése van.



További fulleréneket is előállítottak és vizsgáltak  $^{13}C$ -NMR-rel. Nagyobb szénatomszámú molekulák esetén ( $C_{76}$ ,  $C_{78}$ ,  $C_{84}$  stb.) már egynél több, izolált ötszögeket tartalmazó geometriai izomer alakulhat ki, sőt enantiomerekkel is számolnunk kell. Emellett pedig csupán az izolált ötszöges szerkezetekre való szorítkozás sem jogos.

Néhány sorral feljebb már említettük, hogy a  $C_{60}$ -ban kétféle kötés fordul elő. Érdekes lenne megismerni a megfelelő kötéshosszakat. Hasznos következtetéseket vonhatunk le a két kötéshossz viszonya alapján az elektroneloszlásról. A delokalizáció kérdését sem tisztáztuk még. Kézenfekvő a röntgendiffrakciót segítségül hívni. Sajnos bonyolítja a helyzetet, hogy szobahőmérsékleten a szinte gömbszimmetrikus molekulák orientációja

rendezetlen a kristályrácsban. (Valójában ezek a kicsi „gömbök” gyorsan forognak a rácsban. Ha viszont lehűtjük a mintát, ezek a forgási energiaszintek kifagynak.)

Vizsgálhatnánk például a kémiai reakciókban mutatott reaktivitást. Ezt meg is tették már: a  $C_{60}$  és  $C_{70}$  fullerének mint elektronszegény, lokalizált kettős kötések tartalmazó olefinek lépnek addíciós reakcióba. A keletkező termékek szerkezetének vizsgálatához már megfelelő eszköz a röntgendiffrakció. Az első ilyen röntgen-szerkezetmeghatározás a  $C_{60}OsO_4(NC_5H_4Bu^t)_2$  monoaddíciós termék vizsgálata volt. Ez a molekula már közel sem gömbszimmetrikus, így a molekulák nem forognak a kristályrácsban. Sikerült megállapítani, hogy az addíció szelektíven két hatszög határán ment végbe. Megmérték továbbá a kötéshosszakokat, és az ozmiumos kötéstől távol eső kötéshosszokból becsülhetők voltak a  $C_{60}$ -molekula átlagos kötéshosszai is: 1,386 Å (Angström) az 5–6-os és 1,434 Å a 6–6-os élek mentén. Későbbi mérések (magának a  $C_{60}$ -nak 5 K-en végzett neutrondiffrakció vagy gázfázisú elektrondiffrakciós vizsgálatai) alátámasztották az eredményeket. Az ötszögeket összekötő kötés rövidebb, nagyobb elektronsűrűségű.

A  $C_{70}$ -molekulával végzett hasonló vizsgálatok a regioszelektivitás szempontjából bizonyultak érdekesnek.

## Felhasználásuk

Már felfedezésükkor sok bizarr ötlettel álltak elő a kutatók. Például Kroto, Smalley és csoportja a  $C_{60}$  perfluorozott származékában (a teflon „gömböskés változata”) látták a jövő apró golyóscsapágyait. Azonban hamarosan kiderült, hogy a származék rendkívül vízzérékeny.

Az utóbbi időben jelentős figyelmet szánnak a kutatók a konjugált polimerek elektromos és optikai sajátosságainak. Esetleg helyettesíthetők lesznek a fémek és a szerves félvezetők ezekkel a jóval olcsóbb anyagokkal.

Ennek tükrében igazán érdekesek lehetnek a fullerének alkálifémekéinél fémes tulajdonságai. A tiszta fullerének (a vizsgálatokat  $C_{60}$ -ra és  $C_{70}$ -re végezték) szigetelők, míg az alkálifémekkel képzett sószerű vegyületeik a fullerén és a fém arányától függően különböző vezetési sajátságokat mutatnak. A  $C_{60}$  legalacsonyabb energiaszintű betöltetlen molekulapályája (LUMO) különösen alacsony energiájú és háromszorosan degenerált ( $t_{1u}$ ). Ezt már a fullerének kémiai tulajdonságainak vizsgálata előtt kiszámolta Haddon (1986), és ezáltal megjósolható volt könnyű redukálhatóságuk. A háromszorosan degenerált LUMO-ra összesen hat elektron fér, így a  $C_{60}$  redukciója a  $C_{60}^{n-}$  (ahol  $n = 1-6$ ) anionokat eredményezi. A redukció többféleképpen kivitelezhető. Ha  $C_{60}$  filmeket alkálifémekkel határolják, a fémek beépülnek a szerkezetbe. A maximális vezetést akkor észlelték, mikor a vezetési sáv ( $t_{1u}$ ) félig betöltött (azaz a  $C_{60}^{3-}$ -ionnal), majd fokozatosan csökken a vezetés az  $M_6C_{60}$  összetételig (ez már szigetelő). A termékek némelyike alacsony hőmérsékleten szupravezetést mutat. Például a  $K_3C_{60}$  szupra-

vezetési kritikus hőmérséklete 19 K, a  $Rb_3C_{60}$ -é pedig 29 K. A rácsállandó növelésével (a rács „tágításával”) nő ez a kritikus hőmérséklet. (A Rb nagyobb, mint a kálium.) Céziummal is végeztek hasonló kísérleteket: a  $CsRb_2C_{60}$  kritikus hőmérséklete már 32 K. A kutatók ezután a  $C_{60}$ -rácsba elektromosan inert (azaz nem redukáló) részecskéket ültettek, ezzel sikerült ~52 K-t elérni. A legutóbbi rekord 112 K ( $CHBr_3$  molekuláknak a  $C_{60}$ -rácsba való beépítésével), ami nem sokkal marad el a „magas hőmérsékletű szupravezetőkként” emlegetett anyagok 134 K-es legmagasabb értékétől (közösleges nyomáson).

Az exohedrális vegyületeken túl endohedrális (azaz, olyan szerkezetű molekulák, melyekben a fullerén belső részébe épült be egy idegen részecske) vegyületeit is előállították a fulleréneknek. Az első ilyen típusú vegyületek egyike a  $La@C_{60}$  volt, amelyet úgy állítottak elő, hogy a  $C_{60}$  előállításához használt grafitot  $LaCl_3$ -dal impregnálták. Olyan típusú reakciót azonban még nem sikerült megvalósítani, amelyben a zárt szerkezetet felnyitják, egy részecskét beletesznek, majd visszazárják. Ezeket a „kalitkába” zárt atomokat esetleg a gyógyászatban alkalmazhatják majd, például a rákterápiában. A szerkezetbe juttatott sugárzó atom nem tudná kémiaiilag károsítani a sejteket, szöveteket.

Az esetleges felhasználási területek között szerepel némileg kakuktkojásként, hogy a  $C_{60}$  és  $C_{70}$  molekulák voltak az elsők, melyekkel sikeres interferenciakísérletet végeztek. Korábban atomnyalábok hullámtermészetét már sikerült bizonyítani. Most a kutatók molekulák szóródását vizsgálták optikai rácson. Felvetik molekulahologramok készítésének lehetőségét is, amelyben a lézer-molekula kölcsönhatásból jön létre az interferenciakép. A nanoszerkezetek makroszkóposztól eltérő elektronszerkezetét éppen az magyarázza, hogy jellemzően nanométeres méreteik összemérhetők az elektronhullám hullámhosszával.

## A nanocső

Samio Lijima japán kutató 1991-ben megfigyelte, hogy ha grafit-elektrodok között néhány elektromos ívet húz ezer °C-on kis nyomású héliumatmoszférában, akkor a negatív elektródon kis tűszerű képződmények nőnek, melyek átmérője 4-30 nm, hossza pedig 1 mm körüli. Azaz néhány atomnyi átmérőjükhöz képest hosszuk ennek akár több milliószorosa is lehet. Kiderült, hogy ezek a kis tűk (nanocsövek) felsodort grafitréteggént képzelhetők el. Azaz a cső falának vastagsága egyetlen atomnyi. Az egyfalú szén nanocső szerkezete olyan, amilyent egyetlen atomi réteg vastag, grafit-szerűen elrendezett szénatomokból álló sík hengerré tekerése nyomán nyernék. A nanocső vége lehet nyitott, vagy lezárhatja egy fullerén félgömb. Az egyfalú nanocsövek jellemző átmérője az 1 nm tartományban van, a többfalú nanocsövek elérhetik a 100 nm-t is, ezek koncentrikusan egymás köré épült hengeres rétegekből állnak.

## Kicsi, de erős

Ismerünk szerves polimerekből készített szénszálakat, amelyeket nagy szilárdságú és mégis kis tömegű anyagokként alkalmaznak. Egy anyag törékenysége a belső szerkezeten végigvonuló hibák növekedésével nő. Egy nanocső esetén egy ilyen hiba legfeljebb 30 nm-es átmérőjű térfogatelemet érint, így várhatóan nagyon jó törési tulajdonságokkal rendelkezhet egy ilyen, nanocsővekből álló anyag. Amerikai kutatók számítógépes szimulációval a nanocsővek mechanikai tulajdonságait vizsgálták, nevezetesen azt, hogy hogyan nyúlik és mekkora feszültség hatására szakad el a nanocső. Nyújtás hatására a feszültség először egy kicsit „behorpasztja” a nanocsövet, majd ezen a szakaszon a cső elkezd vékonyodni, s eközben a fala atomláncokra szakad, s legvégül már csupán egyetlen sor atom köti össze. A vizsgálatok szerint a nanocső szakítószilárdsága meglepően nagy: több mint százszorosa a vele azonos méretű acélszálnak. Ez, persze, csak elméleti összehasonlítás, hiszen méretarányosan vékony acélszálak még nem készítettek. Érdekességképpen megemlíthetjük ezzel kapcsolatban az űrlift gondolatát. Nehéz eldönteni, hogy hol fogalmazódott meg hamarabb: a tudomány tervezőasztalán vagy a tudományos-fantasztikus irodalom lapjain. Az alapgondolat egyszerű és vonzó. Ugyanúgy, ahogyan például a huszonhetedik emeletre nem rakétával, hanem felvonóval közlekedünk, mert így kényelmesebb és gazdaságosabb, a Föld körüli, úgynevezett geostacionárius pályára, ahol a távközlési műholdak is keringenek, fel lehetne jutni egy olyan felvonóval, amelynek felső, érkezési állomása geostacionárius pályán keringő űrállomás. Persze, ehhez egy hosszú, 36 ezer km hosszúságú, és igen erős „drótkötélre” lenne szükség. (A felvonó kötélnak elsősorban a saját súlyát kellene elbírnia, a hasznos teherről nem is szólva.) A „klasszikus” anyagok közül egyedül a gyémánt lenne képes erre. A második jelölt már a nanocső, amelynek szilárdsága meghaladja a gyémántét. Az űrlift ötletének mérnöki változata Jurij Arcutanov szentpétervári mérnökötől származik. A NASA komolyan vette az ötletet, mégpedig annyira, hogy két kísérletet is végrehajtottak Föld körül keringő űrsiklóból – egyelőre hagyományos kábelen – kibocsátott súlyokkal. A második volt sikeresebb, 1996-ban sikerült egy 21 kilométeres kábelre rögzített súlyt a kábel teljes hosszában kibocsátani, a visszacsévéléskor azonban egy műszaki hiba miatt a kábel elszakadt. A NASA nemcsak különleges kábelt, de nanogépeket is tervez építeni szén nanocsővekre alapozva. Az Ames kutatóközpontban szén nanocsővekből készült nanogépek alkatrészeit tervezgetik.

## Elektromos vezető

További hasznos tulajdonságai révén felhasználható lenne a molekuláris vezetők területén is. Elméleti megfontolások alapján lehetnek fémesen vezetők vagy szigetelők. Azonos szerkezetű anyagokról lévén szó, vajon ez mitől

függ? A választ erre a Delfti Műszaki Egyetem és a Harvard Egyetem kutatói találták meg, a vizsgálatokat pásztázó alagútmikroszkóppal végezték. A nanocsővek fala egymáshoz illeszkedő hatszögekből áll. Akkor tapasztaltak fémes vezetést, ha a cső tengelyével a hatszögek élei 30°-os szöveget zártak be, továbbá akkor, ha a párhuzamos irányultságú hatszögek aránya egy bizonyos értéket elért. A többi nanocső félvezetőnek bizonyult.

Az USA Stanford Egyetemén a kutatók a nanojelenések modellezése révén igen szellemes technikai megoldásokkal kísérleteztek. A stanfordiak arra jöttek rá, hogy az egyenes állapotában jól vezető nanocső kissé meghajlítva elveszíti vezetőképeségét. A felfedezés váratlan volt, az eddigi elméletek alapján nem számítottak rá, de hamar megtalálták a jelenség magyarázatát. A mindössze néhány atomnyi átmérőjű nanocsőveket a Brookhaven nemzeti laboratóriumban kidolgozott eljárással állították elő. Magas hőmérsékletű széntartalmú gázból (metánból) szilícium-dioxid felületen alakultak ki a nanocsővek, nanoméretű szemcsékre aprított fém katalizátor segítségével. A nanocső elkészítése után árkot ástak a szilícium-dioxid felületbe, majd az árok felett egyetlen apró nanocsövet fektettek pallóként keresztbe, a cső két végére előzőleg elektromos csatlakozásokat illesztettek. A nanocsőpalló egyenesen ívelte át az árkot, s jól vezette az elektromos áramot. Ezután a kíváncsi kutatók meghajlították a pallót, mire az képtelenné vált az áram vezetésére. Ha a nanocső kiegyenesedett, ismét jól vezetett, mintha mi sem történt volna. Az árok- és pallóhasonlattal el tudjuk képzelni a kísérletet, a technikai nehézségek viszont elképzelhetetlenül nagyok. Elég a méretekre utalni: körülbelül ötvézezer nanocső adja ki együtt egyetlen hajszál vastagságát. Az egyenes csőben minden szénatom három szomszédjával létesít kötést, így négy darab e célra felhasználható elektronjából az egyik szabad marad, nem vesz részt kötésben. Ezek a szabad elektronok vezetik a csőben az áramot. Ha meghajlítjuk a csövet, az atomok közti távolság is megváltozik. A szénatomok a korábbi három helyett most már négy szomszédossal létesítenek kötést, a negyedik partnert a közel kerülő szemben lévő csőfalról választják. Így viszont nem marad szabad elektronjuk az áramvezetéshez, a cső szigetelővé válik. Ha hagyjuk újra kiegyenesedni, akkor visszaáll a korábbi, jó vezetést biztosító atomi elrendeződés. Békén hagyják, vezet, meghajlítják, szigetel – ez az ideális kétállapotú kapcsolóelem, ezt a szerepet szánják a nanocső-hajlítgatásnak a jövő számítógépeiben. Alkalmas lehet arra is, hogy parányi mechanikai elmozdulásról, a meghajlásról elektromos jellel adjon hírt.

A  $C_{60}$  példája jól szemlélteti, hogy ötszögek beépülése a hatszögekből álló síkba a sík elgörbüléséhez vezet. Hasonló, de ellentétes előjelű görbület keletkezik hétszögek beépülésekor is. Ötszög-hétszög páros beépülése egy nanocsőbe „nanokönyököt” eredményez. Ez azért is fontos, mert ilyen könyökökön keresztül lehetséges a fémes és félvezető nanocsővek csatlakozása, ami egy nanométeres Schottky átmenetet eredm-

nyezhet. Több ötszög-hétszög beépülésével új típusú nanoszerkezetek jöhetnek létre, mint például az Y-szerű elágazás, vagy a „telefonzsínyszerűen” feltekert (spirális) egyfalú nanocső. Bár ezeket az alakzatokat már 1992–93-ban megjósolták elméleti modellszámítások alapján, csak nemrégiben sikerült ilyeneket kísérletileg is kimutatni pásztázó alagútmikroszkóp segítségével egy általuk kidolgozott, a fullerén bomlásán alapuló növesztési eljárást alkalmazva.

## Többrétegű csövek

2000-ben John Cumings és Alex Zettl többfalú nanocsöveket vizsgált. Néhány külső cső egyik végét eltávolították. A belső csöveket ki lehet húzni a külső tokból, egészen kis sűrűdés mellett. Éppen ez az, amire a kutatóknak szükségük van a nanomechanikai berendezésekhez. A kísérletek a rétegek közötti van der Waals kölcsönhatást (a grafit rétegeit is ez tartja össze) demonstrálták. Ennek köszönhető, hogy ha egy belső csövet kihúznak, akkor az visszacsúszik az őt körülvevő szénatomokból alkotott tokba. Mikor teljesen visszacsúszott, a van der Waals potenciális energia minimális lesz, ám a kinetikus energia ekkor éri el a maximumát. A rendszer egy nanoméretű oszcillátorként viselkedik. Később Quanshui Zheng (Tsinghua University, Kína) és Qing Jiang (University of Carolina, USA) az előző kísérlettel kapcsolatban végzett számításokat, arra az esetre, ha a külső cső (csövek) mindkét vége nyitott. Megmutatták, hogy a rezgés minimális potenciális energiájú állapot körül gigahertzes is lehet. Ha a külső cső egyik vége zárt, akkor amint túllendülne a belső mag az egyensúlyi állapoton, igen nagy visszatérítő erő hat, így a belső cső ismét kicsúszik a nyitott végen. Ha kétfalú a nanocső, a belső cső – mint egy „nanomotor” – képes lehet forogni a külsőben.

## Egyéb felhasználási területek

Egy további izgalmas kérdés lehet a nanocsövek megtöltése idegen anyagokkal. Ezt például el lehet úgy végezni, ha a csövek végét tömény salétromsavval eltávolítják nikkell(II)-szulfát jelenlétében. Hőkezelés után a nikkell(II)-szulfát nikkell(II)-oxidá alakul, amely 400 °C-on hidrogénáramban nikkellé redukálható, és már készen is van a nikkellel töltött nanocső.

Elektromos feszültséget kapcsolva a nanocsövekre, ezek kiváló elektronkibocsátóként viselkednek. Ez a tulajdonság vezetett az első ipari jellegű felhasználáshoz: a Samsung kutatói szén nanocsöveket alkalmaztak egy sík képernyőben az elektronok kibocsátására, a kereskedelmileg kapható VGA felbontású változatot 2004-re ígérik.

Az alagútmikroszkóp szondája – egy hegyes tű, amely szerencsés esetben egyetlen atomban végződik. Ugyanakkor szerszám is, amivel atomokat lehet „megfogni” és „lökdösní”. Hátránya, hogy roppant sérülékeny, mert a csúcson „gubbasztó” utolsó atom könnyen úgy dönthet, hogy „nyugalmasabb” helyre vándorol. Egy stabilabb hegyű „nanoceruza” kellene ahhoz, hogy atomi méretekben írjunk az alagútmikroszkóppal. A problémára a megoldás a nanocső, amelyet az alagútmikroszkóp tujének végére „szerelhetünk”.

Az IBM kutatóinak sikerült egyetlen molekulán alapuló számítógépes áramkört létrehozniuk. Az ilyen molekulán alapuló logikai áramkör – vagyis az olyan elektronikus komponensekből álló struktúra, amely adatfeldolgozásra képes – így sokkal kisebb méretű csipek készítését teheti majd lehetővé, mint amilyet szilícium felhasználásával elő lehet állítani. Ez további teret nyit a számítógépes miniatürizálás előtt. A nanocsövet az IBM tudósai már korábban képesek voltak félvezetőként alkalmazni, és most ennek a kutatási iránynak az újabb lépcsőfokát érték el, a számítógépes műveletek generálására alkalmas logikai áramkör létrehozásával. Tudományos körökben uralkodó nézet szerint öt-tíz év múlva a szilícium felhasználása révén már nem lesz tovább csökkenthető a lapkák mérete, és nem növelhető műveleti sebessége. Gordon Moore, az Intel lapkagyártó nagyvállalat alapítója 1965-ben azt jósolta, hogy a mikroprocesszorok kapacitása mintegy másfél évenként meg fog kétszereződni. Jóslata eddig nagyrészt valóra vált, de a jelek szerint közeledik a szilíciumban rejlő lehetőségek végső határa. A nanotechnológián alapuló mikroprocesszorok esélyt kínálnak az eddigi fejlődési ütem további fenntartására.

### Irodalom:

1. Bársony István: Szén nanocsövek az integrált elektronikában, Híradástechnika, 2002/10 (október) 53–63. oldal
2. [http://www.lassp.cornell.edu/lassp\\_data/mceven/homepage/welcome.html](http://www.lassp.cornell.edu/lassp_data/mceven/homepage/welcome.html) (Cornell, McEven Lab)

## Elnézést kérünk

A 2003/1 számunkban jelent meg a 2002 évi számaink tartalomjegyzéke, melyben a 4. szám ismertetésében hiba csúszott. A helyes szöveg:

Géher Károly: Simonyi-bölcseiségek, -legendák, -történetek

Csurgay Ildikó: Kis „színesek” (összeállítás)



# Hírek

Az Informatikai és Hírközlési Minisztérium 2002. november 15-én szakmai napot rendezett a kulturális értékek megőrzésének informatikai megoldásairól, melynek keretében ismertette „eVilág – digitális tartalom és kultúra (hazai kulturális javak a digitális világban)” című pályázatát az Ernst Múzeumban. A program keretében Műalkotások digitalizálása címmel az Ernst Múzeum munkatársai a museum.hu portállal közös bemutatót tartottak már megvalósított, sikeres digitalizálási projektekről. Az első működő gyűjteményfeldolgozó program hálózati alkalmazását Az év múzeuma 2001 címet elnyert Duna Múzeum ismertette.

A Digitális kultúra program keretében magyarországi levéltárak, országos múzeumok, szakmúzeumok, megyei, területi és tematikus múzeumok, egyházi gyűjtemények pályázhatnak az intézmények kezelésében levő nemzeti kulturális javak elektronikus feldolgozásának megvalósítására, valamint a már feldolgozott tartalmak hozzáférhetővé tételére az interneten vagy az intézményben az odalátogatók számára. Egy pályázó által elnyerhető támogatás maximum 20 millió forint.



A BME Rektori Tanácstermében november 5-én együttműködési megállapodást írt alá a Műegyetem és a Siemens. Az együttműködés célja, hogy a cég segítse a BME-n folyó képzés színvonalának megőrzését és támogassa annak fejlődését.

A megállapodásnak megfelelően a Siemens műszaki berendezést, oktatási segédanyagokat és eszközöket adott át, szakkönyveket ajándékozott a BME-nek. Ezenfelül Siemens Professzori Ösztöndíjat és doktorandusz ösztöndíjakat írt ki az egyetem polgárainak, támogatja a tudományos diákköri tevékenységet, a kultúrát és a sportot. Az együttműködési megállapodást Hetényi Péter, a Siemens elnöke és Detrekői Ákos rektor írta alá.

Az Országos Próbanyelvizsga Rendszer (OPR) és a Felvételi Információs Szolgálat (FISZ) november 16-án ismét országos nyelvizsga nyílt napot rendezett immár negyedik alkalommal. A rendezvény célja a Magyarországon államilag elismert nyelvizsgarendszerek bemutatása. A hiánypótló nyílt nap szerepe továbbra is meghatározó, hiszen az állami nyelvizsgarendszer megszűntével az államilag elismert, akkreditált forma került előtérbe. Ez a rendszer sokkal több átjárhatóságot biztosít a nyelvvizsgázni szándékozóknak, azonban eltévedni is könnyebb benne. Az Idegennyelvi Továbbképző Központ legutóbb (1999-ben) közreadott adatai alapján az írásbeli vizsgára jelentkezők alig 30 százaléka tesz sikeres nyelvvizsgát.

Az Educatio 2002 rendezvényt november 14. és 17. között, közel 20 000 négyzetméteren rendezték meg a Budapesti Vásárcsopont „A” pavilonjában. Az EDUCATIO a magyar oktatás legnagyobb és legrangosabb éves szakmai seregszemléje. Több száz kiállító – köztük valamennyi magyar egyetem és főiskola – képviselte a hazai közép- és felsőoktatást. A taneszközyártástól a tankönyvkiadásig minden jelen volt a kiállításon. A látogatók a kiállítási standok mellett, szakmai előadásokon és bemutatókon ismerkedhettek meg az oktatás jelenével és jövőjével. Természetesen a Műegyetem is képviseltette magát a rendezvényen mint kiállító. Öt-hatszáz kiállító és a négy nap során ötven-hatvanezer látogató jelent meg a rendezvényen.



Az ITU szerint a világon még másfél millió településen nincs telefon. Ezek bekötése a hálózatba nem kerülne többbe, mint amennyi pénzt a 3G licencek megszerzésére költöttek távközléssel úgyszólván jól ellátott országokban.

A meghatalmazottak 16. értekezletén (Marrekesh, 2002. 09. 23.–2002. 10. 18.) Utsumi főtítkárral kifejezte azt a véleményét, hogy a hagyományosan három elsőrendű létszükséglet (élelem, ruházat, fedél) mellé az információ is fel kell venni.

Ausztráliában előkészítik az Enum, a személyi telefonszám, az elektronikus levélcím és a faxeszám egységes multimédia-számozási rendszer bevezetését. Ez várhatóan a világon először Ausztráliában valósul meg.

Bevételük sorrendjében a tíz legnagyobb távközlési vállalat (2001. évi adatok) a következő: NTT, Verizon Communications, SBC Communications, AT&T, Deutsche Telekom, NTT DoCoMo, France Telecom, WorldCom Inc., Vodafone Group, Telefónica. Nyereség szerint rangsorolva az első tíz vállalat a következő: TCC Taiwan Cellular Operator, Swisscom, Emirates Telecommunication Corporation, China Mobile (Hongkong) Ltd., PT Telkom, Singapore Telecom, Telmex (Telefónos de Mexico), Chungwa Telecom (Kína), VNSL (Videsh Sanchar Nigam Ltd., India), Hutchison Whampoa (Hongkong). A száz vállalatot felölelő, a bevétel szerint sorolt listában a Matáv csoport a 84. helyen áll, a nyereség alapján sorolt listában nem található.

# Az auralizáció mint technológiai eszköz kapcsolat a mért zajértékek és az akusztikai érzet között

ILLÉNYI ANDRÁS

BME TTT Békésy György Akusztikai Kutatólaboratórium  
illenyi@alpha.ttt.bme.hu

*A fizikai meghatározás és a mérés szempontjából a hang és a zaj azonos mennyiség. A különbséget a pillanatnyi emberi megítélés jelenti, ami adott körülmények között az éppen ott tartózkodó embertől függ. Összeállításunkban megmutatjuk, hogy a mérés technikai gyakorlat dBA mértéke az érzeti akusztikai megítélés eredményeit általában nem követi. Az akusztikai mérés technika évtizedes megtorpanásában a minőség korszerű szemlélete hozott érdekes fordulatot. Eszerint valamely termék működését az elvárt zajnak, zajszíneknek, és/vagy rezgésszínképnek kell kísérnie. Ez az új célkitűzés a gyakorlatban minden termékhez más és más zaj- és rezgésjellemzőket rendel hozzá. Mindez objektív módszerekkel a kétfülű hallás tulajdonságainak figyelembevételével és alkalmazásával tökéletesíthető (auralizáció).*

*Az érzeti akusztika ingerekhez reális, objektíve értékelhető mérőszámokat rendel. Ismertetjük a legfontosabb pszichoakusztikai érzeti mennyiségeket, és utalunk arra, hogyan lehet érzeti mértékekkel, de mégis objektív módszerekkel dolgozni.*

## Summary

The well-known sorts of troublesome noise signals are the noise of electric signals, and the non expected disturbing or annoying acoustic noise signals. According the physical definition, and the technique of measuring, can be equal the sound someone's, or from it generated noise, treated as a noise signal. In given circumstances there is a difference between the momentary human sensing, and the temporary expects of there being people.

In this paper are reviewed various processes of noise measuring-techniques. It will be pointed, that in the praxis the wide used commercial measuring technique using the measure of dBA unit, don't follow the senses resulting by psychoacoustics experiences generally.

A modern view of Quality Control Techniques has had turn the decennial standstill of acous-tical measuring-technique. According this one, the working of a given construction shall accompanied by that noise, that is expected from the working status of mentioned construc-tion; precisely that corresponds for the even wanted noise spectrum, and/or vibration spectrum, generated by the construction in question.

It is a new goal, which adopts a procedure intending for all by sounds accompanied products different noise/vibration characteristics. All these are possible in the practice using and con-sider the properties of binaural hearing (auralisation).

In the sensory acoustics correspond objective and valuable measures to the sensed stimuli.

Here will be reviewed the most important psychoa-coustics, and sensed values, and will be introduce how to make it going to do use sensed measures, but in spite of, get obtain objective procedures.

## Bevezetés

A zaj az informatív jel vizsgálatát, észlelését, valamint az észlelőt megzavaró nem kívánt jel. Zavaró zaj minden jelfajtánál előfordul. Meghatározás szerint minden nem kívánt, zavaró, vagy kellemetlen hang (zajszennyezés). Közismert, hogy a fizikai meghatározás és a mérés szempontjából a hang és a zaj azonos fogalom. A különbséget a pillanatnyi emberi megítélés jelenti. Ugyanazt a hangot az egyik ember azonos körülmények között kellemes, illetve részére információt hordozó jelként fogja fel (pl. szívesen hallgatott zene, v. a csecsemősírás), miközben a másik számára ugyanez kellemetlen zaj forrása. Az akusztika területén tehát a hang és a zaj egymástól való megkülön-

böztetése az adott körülmények között az éppen ott tartózkodó ember ítéletével összhangban lehetséges. A mérés technikai megítélés gyakran a statisztikai átlagérték alapján történik, mivel a zaj átlagos megítéléséhez képest vannak túlérzékeny, és kevésbé érzékeny emberek. A zaj elfogadhatóságának, megengedhető mértékének megadására nemzetközi szabványok, mérési előírások vannak.

Jelen összeállításunkban elsősorban az akusztikai zajok mérésével, és a szokásos mérési eljárások áttekintésével foglalkozunk. Megmutatjuk, hogy a mérés technikai gyakorlat a XX. század mérés technikájából „öröklött” mérési mennyiségek, pl. a dBA használatával az érzeti akusztikai megítélés eredményeit általában nem követi. Ez pedig olyan ellentmondásokra ve-

zet, amit a mérés technikailag megszokott, korábbi mérési eljárások megtartása tovább már nem indokolhat.

## Szemléletváltás a hangminőség érdekében

A minőség korszerű és egyre szélesebb körben terjedő igénye, szemlélete érdekes *fordulatot* hozott az akusztikai mérés technikában is. A digitális mérés technika és adatfeldolgozás tökéletesedésével egyre több felismerés mutatja, hogy a klasszikus mérési eljárásokkal kapott mennyiségek és a minőségnek a felhasználó (vevő) fülével értékelt érzete között ellentmondás van. Márpedig a hangminőség az a „valami”, amit a felhasználó elvár! Ha tehát az érzet, mint tény, a mérési eredménynek ellentmond, akkor itt is bizonyosak lehetünk abban, hogy nem a tényekkel van a baj! Pontosabban: mért értékeink talán nem azt mutatják, amit érzékelünk.

Az érzékszervi diagnosztika, a szubjektív érzettel arányos mennyiségek értelmezése, mérése a XX. század közepétől kezdődően az akusztikában egyre nagyobb szerepet kapott.

Az 1990-es években hivatalosan is megjelent az akusztikai minőség („acoustical quality”) fogalma, és ennek mérés technikai megvalósítási igénye, mint egy teljesen új irányzat. Ma ez már olyan önálló szakmai kör, sőt szakma, amely a minőségbiztosítási rendszerekhez kapcsolódva, és az ISO 45000 szabványsorozat, valamint az ISO 17025 szabvány szemléletéhez is jól igazodva lehetőséget ad a minőség emberi elvárásainak megfogalmazásához, ellenőrzéséhez és műszaki alkalmazásához. Ennek megfelelően az akusztikus feladata most már sokkal differenciáltabb, mint korábban volt. Valamikor az akusztikus „csupán” mérte, értékelte a zaj- és rezgésjeleket, ennek alapján javaslatokat adott, és terveket készített azok csökkentésére. A termékfejlesztési munkáknál pedig vállalta a határérték alatti zaj-, és rezgésszintek megvalósítását.

Az új szemlélet szerint a minőség érdekében a határértékeken belül meghatározott zaj- és rezgésszintképeket kell az akusztikus fejlesztőmérnököknek a tervezett terméknel elérniük. A következmény a korábbinál bonyolultabb feladat, mivel most már nemcsak egy határérték nem szabad a fejlesztőnek túllépni, hanem a terméktől elvárt zajnak és zajszintképnek, vagy rezgésszintképnek kell a termék működését kísérnie! Az új és korszerű műszaki feladat tehát minden termékhez más és más zaj- és rezgésjellemzőket rendel. Ez látszólag talán értelmetlen, de nem szabad elfelejteni, hogy a vevő ma a terméktől azt a zajt, rezgést várja el, amire annál a terméknél számít. Így elvárja pl., hogy egy luxusautó csendes legyen ugyan, de azért legyen „autóhangja”, hogy a gyanútlan járókelők pl. elé ne lépjenek váratlanul. A sportkocsik hangja viszont „sportos” legyen. A porszívó meg természetesen csendes legyen, de azért a hangja győzze meg a vásárlót arról, hogy ez a gép kellő szívóerővel is rendelkezik!

Az új feladat tehát az érzetileg megkívánt zajra/rezgésre történő tervezés és gyártás, amit ma már mind több

területen meg is valósítanak. Pl. a személygépkocsi-ajtó becsapásának előre megtervezett, és a gyakorlatban megvalósuló hangja, vagy az erősáramú kapcsolók kellemes hangérzetet keltő hangja! A termék hangját meghallgatása, és a kívánt hang akusztikai megtervezését, jóváhagyását követően kell rögzíteni. Mindez objektív módszerekkel a kétfülű hallás tulajdonságainak figyelembevételével és alkalmazásával; az auralizáció segítségével lehetséges. Az auralizáció szónak az alkalmazási területe az akusztikai technológiában egyre tágabb. Lefedi mindazon folyamatokat és eljárásokat, amelyek objektív szimulációs, számítástechnikai eljárásokkal úgy modellezik, hogy a modell a rendszer várható hangzását, hangélményét szolgáltatassa [10]. De auralizációnak nevezik a kétfülű hangtechnikával az érzeti akusztika pszichoakusztikai válaszainak feldolgozását objektív módszerekkel is [11].

Itt kiindulunk az a széles körben elfogadott tudományos megállapítás, miszerint az érzeti akusztika az akusztikai ingereket reális, objektíve értékelhető mérőszámokkal írja le. Ezért a következőkben a legfontosabb pszichoakusztikai érzeti mennyiségeket ismertetjük, és utalunk arra, hogyan lehet érzeti mértékekkel, de mégis objektív módszerekkel dolgozni, továbbá hogyan lehet ilyen alapon a megkívánt zajhatásnak megfelelő konstrukciókat kidolgozni. Mindezek egyik alapja az érzeti mennyiségeknek megfelelő, kétfülű (binaural) mérés technika és annak egyre szélesebb körben alkalmazott gyakorlata.

## A hangészlelés mértékei

A szokásos akusztikai feladatok során a hangtérbe helyezett mérőmikrofon jelét időben átlagolva, és adott frekvenciasúlyozással módosítva, szintértékben vizsgálják; pl. LA. Ez az érték kapcsolatban van a fülünk érzékelésével, a fülünket érő halláskárosodás lehetőségével és egyszerű, egyértékű mérőszámhoz vezet. Áttételesen természetesen utal a hang a zavaró zaj hangosságára, és annak a szubjektív észlelés alapján megállapítható zajosságára is. Ennek ellenére az utóbbi időkben egyre erősebb a törekvés arra, hogy a tervezésnél az említett két jellemző objektív mértékével is rendelkezünk [1, 2].

Az emberi hallást vizsgálva megállapítható, hogy a hanghullámok elemzéséhez érdemes többek között figyelembe venni a hangjel *szintjét, időtartamát, színképi összetételét, időbeli szerkezetét, térbeli elhelyezkedését, információtartalmát, érzeti hatásait, és azok mennyiségi meghatározóit*. Már ez a törekvés is jelzi, hogy az egy paraméteres hangjelmegadás nem vezethet sikerre. A hallószerv egy igen nagy dinamika átfo-gású, nagy érzékenységű, hosszú és rövid idejű memóriával egyaránt rendelkező, a hangjelenségek összehasonlítására is képes olyan érzékszerv, amelyik nemcsak a szintek összehasonlítására, a változások érzékeny meghatározására, de a hang jellegének, minőségének érzeti ítéletpárokkal mint skála végértékekkel való megadására is alkalmas.

Néhány ilyen tipikus érzeti ítéletpár:

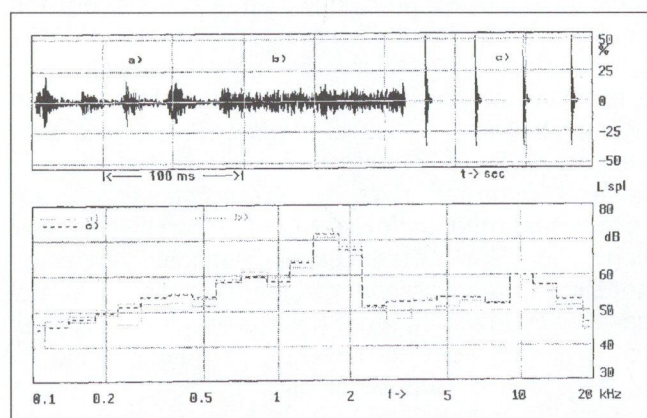
zavaró ⇔ kellemes,	célnak megfelelő ⇔ célnak nem felel meg,
sima ⇔ érdes,	homályos ⇔ tiszta,
hangos ⇔ halk,	izgató ⇔ nyugodt,
éles ⇔ tompa,	zajos ⇔ nem zajos, stb.

Ezek a jellemzők egymással nem felcserélhetők, és egymást nem helyettesítik. Ugyanakkor, mint fontos jellemzők pszichoakusztikai mérésel is meghatározandók. Egy ilyen mérési feladat megfogalmazásánál napjainkban a következőket szokás szem előtt tartani.

- A szokásosan alkalmazott egyszerű fizikai hangjellemzők az A hangnyomásszint, az oktáv- és az 1/3 oktáv-sávokban végzett elemzések nem nyújtanak elég átfogó tájékoztatást a hangjelenségekről.
- Az elemzések körében az érzeti; szubjektív megfigyeléssel meghatározható, és az objektív módszerekkel feldolgozható további jellemzők megadása is szükséges. Ilyenek többek között a hangosság (loudness), az éleség (sharpness), az érdeség (roughness), az elő- és utóelfedés, továbbá az egyidejű elfedés.
- Az emberi hallószerv a mérés technikailag szokásos egycsatornás elemzéshez képest normális körülmények között kétcsatornás. Tegyük hozzá, két olyan mérési csatornával rendelkezik, amelyek egyszerre szelektív, és egyidejűleg egymásra visszaható összehasonlító elemzésre is alkalmasak. Ezenkívül a hallószerv olyan hangtérből veszi a hangjelmintákat, amelyek a fej és a test zavaró hatása miatt egy összetett perturbált hangtérből származnak, mégis jó zajelnyomást, jelfeldolgozást és magas fokú térbeli szelektivitást eredményez.

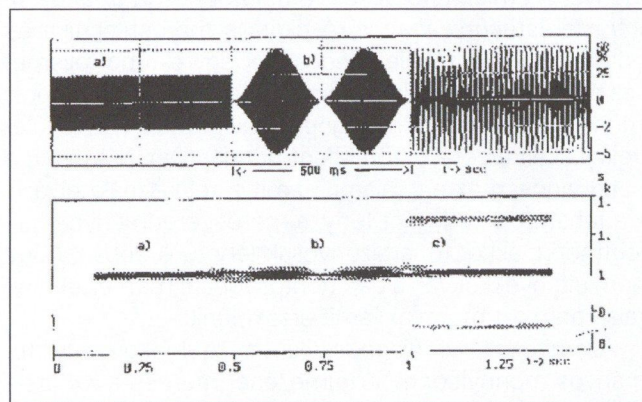
## A hagyományos akusztikai mérések korlátai

Az akusztikai környezet elfogadható, kellemetlen, vagy akár jó érzést kiváltó hatása azonos  $L_A$  szintű, és egymáshoz nagyon hasonló 1/3 oktáv szinképi jeleknél mint dízelmotorzaj, rózsazaj, és négyszög impulzus sor zaját vizsgálják, az érzeti vélemény szerint a három



1. ábra Három különböző hangjel; dízelmotorzaj (a), rózsazaj (b), négyszög impulzus sor (c), és közelítőleg azonos  $L_A$  szintet eredményező 1/3 oktáv spektrumaik [7]

hang hangossága és hangminősége esetében eltérő (1. ábra). Ezért, ha a mérések és az érzeti hatás korrelációját keressük, a jel időbeli változását és szinképi tranzienseit is figyelembe kell venni. Lehet arra is példát találni, hogy azonosnak mért  $L_A$  szintek esetében a hangosság értéke két hangjelre akár tízszeresen is eltérhet egymástól [3]. Egyenlő hangerő esetében a hangosság érzet a vizsgált hangok szinképi eloszlásától függ.



2. ábra A 4 kHz szinuszos jel (a), ugyanaz 4Hz (b), végül 70 Hz-es jellel amplitúdó modulálva. Az alsó ábrán ezeket érdeség-egységben ábrázoltuk [7].

További ismert tény a hangjel időbeli, vagy frekvencia szerinti változására: modulációjának hatása a hangminőségre, miközben az átlagos A-hangnyomásszintek ( $L_A$ ) ezeknek az időbeli változásoknak megfelelően a különböző hangokra azonos értékűek.

A fizikailag modulált hang érzetileg a hang egyenlenségeként jelentkezik; és ennek megfelelően nevezik a hang érdeségének (roughness). Viszont a 4 kHz szinuszos jelet 4 Hz, vagy 70 Hz-es jellel amplitúdó modulálva azt tapasztaljuk, hogy a 4 Hz moduláció enyhén kellemetlen, ugyanakkor a 70 Hz moduláció kimondottan kemény, érdes hangérzetet kelt. A 2. ábra alsó sorában a moduláció oldalsávjai is láthatók.

Az említett érzeti mennyiségeknek zárt matematikai formában történő megadására is van részben lehetőség. A hangerősség pszichoakusztikai megfelelőjét, a hangosságot Zwicker módszerének alkalmazásával számolják és mérik [1, 2, 6]. A számítások során a G kritikus sáv hangossága son egységben

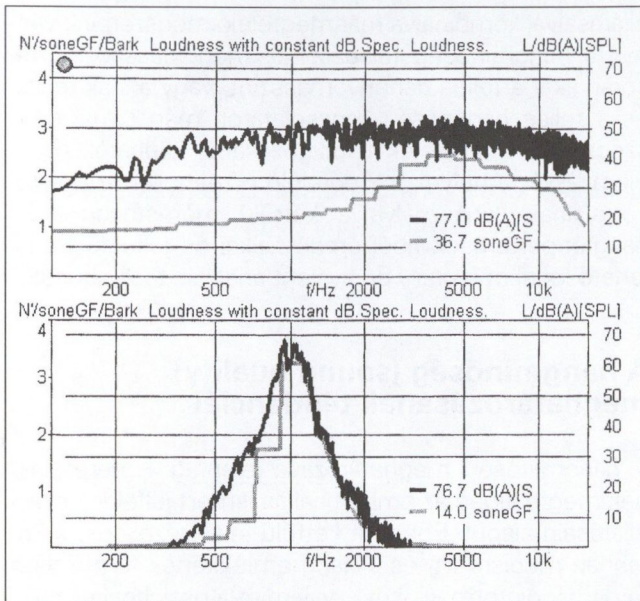
$$N_G = 2^{0.1(L_G - 40)} \quad \text{ha } L_N > 40 \text{ phon, vagy}$$

$$L_N = 40 + 33,22 \lg N, \quad \text{ha } N > 1 \text{ son}$$

Itt  $L_G$  a G frekvenciacsoport pl. a kritikusávok bark sáv szélességéhez tartozó szintérték, és

$L_N$  az N son-ban kifejezett hangossághoz tartozó phon érték.

Széles sávú zajok son hangosságának meghatározására a szabad hangtéri frontális hangbeesés (F) és a diffúz hangtéri (D) egyenlő hangosság görbéire kiterjesztett hangosság számítására az ISO 532B szabvány ad módszert [5, 6]. Több esetet is ismerünk arra vonatkozóan, hogy miközben mért zajok dBA szintértékben azonosnak, a hangosságuk között jelentős eltérés van (3. ábra).



3. ábra Két közel azonos LA~ 70 dBA zajszint és hangosság értékek son egységben mérve [7]

A mérnöki pszichoakusztika célja fizikailag jól definiált ingerek hatására keletkező hallásjelenségek kvantitatív leírása, és alkalmazása a mérnöki tevékenységben [11]. Az elvárt hangminőségnek megfelelő hangot mesterséges úton előállítják, majd a vizsgált hangfelvétel, vagy hangszugárzó, vagy a vizsgálandó termék hangjához hasonlítják. Fizikailag ezért a „hangminőségválasztás” tipikusan a szabad hangtérbeli hangkiegyenlítés (freefield equalization) eredményességétől függ. A megvalósítás azonban nem egyszerű, mivel a hangtermennyiségeknek a hallástartományban értelmezhető megfelelő frekvencia- és intenzitásfüggők is. A kapcsolat ezért mindkét skálán nemlineáris jellegű. Fehérszaj elfedésénél: az elfedés a hangintenzitás és a frekvencia függvénye, ha  $f > 500$  Hz, az elfedési küszöb emelkedése  $-10$  dB/oktáv.

A 160 Hz sáv szélességű és 1 kHz sáv közép-frekvenciájú zaj elfedési görbéi kis intenzitásokon a középfrekvenciára szimmetrikusak. Az intenzitás növelésével, ha az elfedő zaj szintje  $> 40$  dB, az elfedési görbék asszimetriája erősödik (az elfedés nemlineáris szétterülése).

A felszálló ág meredeksége kis frekvenciákon eléri a 100dB/oktávot, tehát az érzeti hatás eléréséhez szükséges technikai megvalósításhoz extrém kialakítású szűrőkre van szükség!! A pszichoakusztika alapvető jellegzetessége a kritikus sáv. Technikai megfelelője olyan szűrősor, melynél a szűrő sáv szélessége 100 Hz, ha  $f < 500$  Hz és a nagyobb frekvenciákon  $\approx 0,2f$ . Itt összehasonlításként megemlíthető, hogy az 1/3 oktáv sáv szélességű szűrők állandó sáv szélessége 23%; azaz  $0,23f_0$ , és általában  $f = f_0$  a sáv közép frekvencia.

A hangosság mért értékei további fontos pszichoakusztikai jellemzők meghatározásában is szerepet kapnak. Ezek rövid összefoglalását az alábbiak tartalmazzák.

A zavarási tényező (UBA = unbiased annoyance) [4], ismert alakja az annoyance szóból rövidítve au egységben kifejezve

$$UBA = d(N_{10})^e (1 + S + f) \quad [au] \quad (1)$$

ahol  $d$  a napszaktól függő tényező,  $N_{10}$  a mérési idő 10%-ban túllépett hangosságértéke son-ban,  $s$  a hangélességre jellemző tényező, és  $f$  az időben változó tonális komponensekre jellemző, esetenként táblázatból meghatározható tényező.

$$d = 1 + \left(\frac{N_{10}}{5}\right)^{0.5} \quad (2)$$

$$S = 1 + 0.25(N_{10} - 1) \cdot \lg(N_{10} + 10) \quad (3)$$

Az  $S$  hangélesség (sharpness) értéke hangosság és a hangosságot befolyásoló nagy frekvenciák hangossága közötti aránnyal határozható meg. Más értelmezésben az impulzív hangok feljutási idejétől és az impulzus idejétől függő mennyiség, amit ezért az időarányok ingadozásával jellemeznek és vacil (vacillálás) egységekben adnak meg.  $F$  a hangingadozás mennyisége, a zaj fluktuációjára jellemző érzeti mennyiség. Ezzel a zavarás (UBA) fent bemutatott egyszerűbb formája az alábbi bővített kifejezéssel fejezhető ki:

$$UBA = d(N_{10})^{1.3} \cdot \left\{ 1 + 0.25(N_{10} - 1) \cdot \lg(N_{10} + 10) + 0.3F \cdot \frac{1 + N_{10}}{0.3 + N_{10}} \right\} \quad [au] \quad (4)$$

Itt  $S$  a kritikus sávokra eső részhangosságok összegének a teljes hangossághoz való viszonyával fejezhető ki; ahol  $g(z)$  a  $z$  frekvencia tengelyen értelmezett súlyfüggvény. Ez – itt nem részletezett módon – a keskeny sávú állandó hangosságú jel érdességéből kapható.

$$S = 0.11 \cdot \frac{\int_0^{24 \text{ Bark}} N' \cdot z \cdot g(z) dz}{N} \quad [acum], \quad (5)$$

és

$$F = \frac{0.36 \int_0^{24 \text{ Bark}} \lg\left(\frac{N'_{\max}}{N'_{\min}}\right) dz}{\frac{T}{0.25[s]} + \frac{0.25[s]}{T}} \quad [vacil] \quad (6)$$

Végül vegyük figyelembe, hogy  $N'_{\max}$  és  $N'_{\min}$  a maximális és minimális hangosságértékek arányából képzett specifikus hangosság ( $N'_{\max}/N'_{\min} < 5$  feltétellel) és  $T$  az említett két hangosságérték megjelenése között eltelt idő másodpercben mérve.

A gyakorlatban a fluktuáló zaj hosszú idejű átlagos hangosságát erősen befolyásolja a köztes zajrészek között megjelenő hangosabb zaj esemény. Ezért az észlelt hangosság ilyen esetben nagyobb, mint az átlagolt

hangosság. Különösen az időben megjelenő tonális összetevőknek van érzetet befolyásoló szerepük.

## A külső fül szerepe

A nagyon összetett és komplex érzeti hangelemzés sok-sok ismérve közül az elmúlt évtizedekben fontos ismeretekkel gyarapodtunk a külső fül szerepével kapcsolatban is. A hang útjában lévő fej, test, a fülkagyló és részeinek anatómiai részei frekvenciától és iránytól függően módosítják a hangjelet. Ez a módosító hatás +20 dB, és -30 dB szinttartományban jelentkezik, ha az így kapott jelet a hipotetikus fejközéppontba helyezett mérőmikrofon jelével hasonlítjuk össze. A szemből érkező (frontális) hangbeeséshez képest fehérzaj jel esetében a fejet horizontális síkban forgatva a balról, majd jobbról érkező hang szintváltozása ugyanazon fülben  $\pm 8-10$  dB. Ez azt jelenti, hogy a kétfülű méréstechnika (binaural sound analyzing technique) a szokásos akusztikai méréstechnikához képest lényegesen összetettebb, de ugyanakkor a vizsgálandó hangjelről több információ feltárására is alkalmasabb eljárást képezhet.

A gyakorlatban ezt a mérési eljárást, amely két, egymáshoz képest fázisban időben eltolt jel (jobb fül és bal fül külön – külön vett jelei) iránytól és frekvenciától függő térbeli szűrő elemzésével (4. ábra) bővíti a hagyományos méréstechnikát. Ezt jól alkalmazzák forrásazonosításra, térbeli lokalizációra és megfelelő digitális jelfeldolgozó eljárások alkalmazásával az érzeti hatásoknak, um. a hangosság, a zavarás, az érdeesség, az élesség, az elő- és utó-, valamint a szimultán elfedés, az érzeti hangmagasság stb. objektív vizsgálatára.

A digitális jelfeldolgozás igen magas szintű eljárásait a szubjektív meghallgatás szintén nagy léptékben fejlődő

eljárásaival kombinálva már megfelelő módszereink vannak a hangminőség feladatainak megoldásához. Ezek során akár a teljes hangnyomásszint, vagy annak részei és a teljes hangosság kapcsolatáról, már 2 ms időre szegmentált hangjelek feldolgozásából kaphatók olyan elemzések, amelyek a megfelelő érzeti jellemzőkkel jól korrelálnak; kihasználva a kétfülű méréstechnikának hangtér-perturbációjából eredő fizikai és jelfeldolgozási lehetőségeket (aurally equivalent analysis techniques).

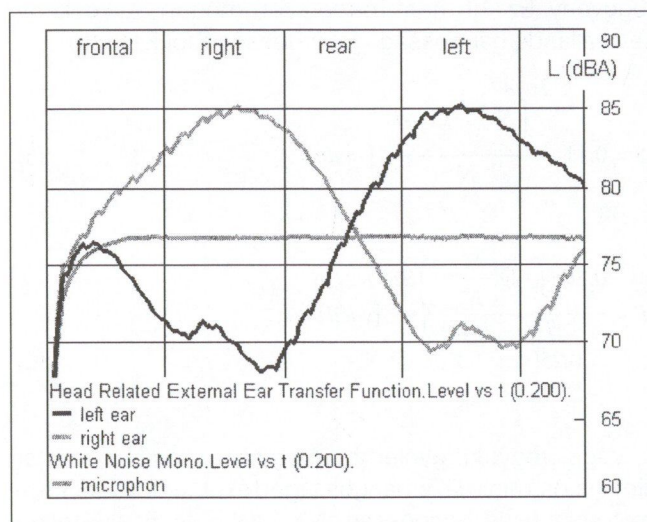
## A hangminőség (sound quality) meghatározásának tendenciái

A hangminőség meghatározása jelenlegi ismereteinknek megfelelően az emberi hallás ismert jelfeldolgozási eljárásain alapul. Ebben a kétfülű jelelemzésnek, a korábban megismert, és a hang emlékképek formájában tárolt hanginformációknak, valamint a pszichoakusztikai ismereteknek van döntő szerepe.

Akárcsak korábban és az egyes hangfelvételek esetében, a jelen médiatechnikai gyakorlatban is mindehhez a vásárlónak a „termékkel” szemben megfogalmazott, vagy kimondatlanul is elvárt akusztikai igényeit kell a minőségért felelős hangmérnöknek teljesítenie. A hangmérnöki feladatok tehát már nemcsak a hangfelvétel akusztikai hatására, kidolgozására, tetszetőségre, és a közönség elvárásaira kell, hogy kiterjedjenek, hanem minden, a használata során hangot adó, vagy azt befolyásoló termékre, mégpedig úgy, és akkor, amikor azt a felhasználó igénybe veszi. Tehát pl. egy telefonkészülékre, háztartási gépekre, közlekedési eszközökre, vagy akár egy lakásra is! Érdekes vonása az új mérnöki felfogást megkövetelő piaci igénynek, hogy néhány extrém igénytől eltekintve általában a környezetvédelmi igények akusztikai megvalósításához is eredményesen járul hozzá. Ugyanakkor az akusztikai méréstechnika és kiértékelés teljesen új útjain várja a korábbiaknál sokkal szélesebb körben értelmezendő hangmérnöki munkát.

Ez az új felfogás a hangot, a zajt más megvilágításba helyezi. A hang és vele együtt értelemszerűen a zaj is a szokásos hangjellelmzőkön kívül minőséget, működést, veszedelmet, környezeti szennyezést is jelent. De a hang és vele együtt a zaj mindezen túlmenően napjainkban szimbóluma lehet a luxus kivitelnek, a sportos terméknek, az akusztikailag igényes, mégis környezetkímélő kivitelnek, és a termék optikai megjelenésén kívül megtestesíti annak akusztikai valóságát, a termékhez szorosan hozzátartozó hangot. Így a hang, a zaj több szempontból is (akusztikai, pszichoakusztikai, konstrukciós és érdemi, értelmi oldalról is) minősíti a terméket.

A technikai fejlődéssel párhuzamosan a környezet, a minőség érdekében tett technológiai konstrukciós erőfeszítések nem elvont filozófiai igazságoknak tűnő megfontolások. Ezek a korszerű akusztikai szemléletnek egy új ágát, a mérnöki pszichoakusztikát hozták létre, mely a konstrukciós feladatok közé emeli a megtervezendő hangkép kiválasztását, megkonstruálását és megvalósí-



4. ábra A fehérzaj iránytól függő átviteli függvénye a hangtér egy pontjában egycsatornás mérőmikrofonnal (középső szürke vonal). Továbbá műfej bal oldali (erős vonal), és jobb oldali (halványabb vonal) mikrofonjain mért irányfüggő feje jellemző átviteli függvények (HRTF) a frontális, hátsó, ill. jobb/bal oldali fülnyílásra merőleges beesési irányokra [7]

tását. Az új feladat nemcsak az abszolút fizikai, vagy pszichoakusztikai jellemzők vizsgálatával (hangosság, élesség, érdeesség, hangerősség-ingadozás stb.) foglalkozik. Előtérbe kerül a szinképi struktúráknak, a minőséggel szoros összefüggésben lévő időbeli jellemzőinek az elemzése, melyet főleg a rövid idejű (néhány ms tartományra vonatkozó) idő-tartománybeli és szinképi struktúra elemzése útján lehet megvalósítani [12].

Az ilyen feladatokkal foglalkozó német HEAD acoustics GmbH tapasztalatai alapján a minőségnek (Q) az emberi hallás tulajdonságait figyelembe vevő kifejezése a hangosság (N) és a hangélesség (S) hosszú idejű, valamint a kritikus sávokra eső 2–4 s időtartamú, hosszú idejű  $FG(i)$ , és a rövid idejű 2 ms integrálási időhöz tartozó szintértékek ( $FG(i, n)$ ) megadásával lehetséges [7].

$$Q = \Phi(N, S) + \Phi(\sum_{i=1}^{24} \{ |FG(i-1) - FG(i)| \cdot w_1(i, FG(i)) \} + S \cdot n = 1 \dots T \{ |FG(i, n) - FG(i, n+1)| \cdot w_2(i, FG(i)) \}) \quad (7)$$

az összefüggésben  $\Phi$  az idézett közleményben nem részletezett függvénykapcsolatot szimbolizál, ugyanakkor  $0 < n < T$  minden  $n = 2$  ms részidőre,  $i$  az  $i = 1 \dots 24$  kritikus sávok egyike, és  $w_1(i, F_G)$ , valamint  $w_2(i, F_G)$  (ii) súlyozó tényezők.

A technikai megvalósításban a legelterjedtebb a műfejes mérés- és hangfelvétel-technika bevonása. A termék műfejjel felvett digitális hangfelvételének hangját egyidejűleg a technikai megvalósítás lehetőségeit figyelembe véve módosítják, összetevői segítségével szintetizálják, az eredetivel összehasonlítják. Ezt a munkát fejhallgatók segítségével a szubjektív meghallgatásra szakosodott, ún. lehallgató csoportban és fizikailag is részleteiben elemzik, majd a hangesemény változatokat a kétféle eredmény objektív összevetésével optimalizálják. A termék kialakítására – mely dokumentáció szinten tartalmazza a kívánt hangot, és annak egyértelmű technológiai megvalósításának leírását – a szubjektív „célhang” beállítását és a technológiailag megvalósítható, gyártásközi ellenőrzéssel biztosítható akusztikai végeredményének elfogadását követően kerül sor. Ezt a módszert az új típusok kialakításánál az autópárházban az elmúlt 10 évben egyre szélesebb körben alkalmazzák. Az újabb részleteket feltáró technológiai komplexumban fontos szerepet tölt be az ugyancsak alapos elemzéssel megvizsgált szerkezeti testhangvezetés matematikai modellezése és konstrukciós előkészítése. E folyamat elemzésében is fontos szerepet tölt be a szerkezeti rezgések műfejen bemutatott és meghallgatott várható eredménye, mint minden újabb konstrukció végső érzeti ellenőrzése, és megválasztása [10]. A fejlesztési/technológiai folyamatban olyan új hatásos eszközök állnak a hangmérnök rendelkezésére, mint a műfejtechnika, a hallással analóg felvételtechnika, a sokcsatornás jelelemzés és az átviteli utak módszerével történő forráselemzés, a pszichoakusztikai elemzés és az emberi hallással analóg hangelemzés, továbbá a az auralizáció segítsé-

gével [9] matematikai és digitális szimuláció és szintézis alkalmazására épülő hangminőség-előrejelzés [11]. Általánosságban mindaz, amit napjainkban pl. egy gépipari termék hangjának megtervezésébe, létrehozásába szakmailag befektetnek érdemileg a hangfelvétel-technika fejlődését, és a „hangfelvétel-technikai termékek” fejlődését is szolgálja. Egyre jobban látszik, hogy érdemes lesz a szakmai fejlődésének itt felsorolt és idézett újabb felismeréseit a multimédia technikai alkalmazásainál is felhasználni.

## Irodalom

1. E. Zwicker: Procedure for calculation loudness of temporary variable sound. J. Acoust. Soc. Am. 62, 675-682 pp. (1977)
2. ISO 532B Procedure for calculating loudness level
3. K. Genuit: The use of psychoacoustic parameters combined with A-weighted SPL in noise description. Proc INTER\_NOISE '99, Fort Lauderdale Florida USA, on CD published by Inst. of Noise Control Eng. of the USA Inc. paper 252 pdf 1-4 pp.
4. E. Zwicker: A proposal for defining and calculating the unbiased annoyance. – Contributions to Physiological Acoustics; Results of the Fifth Oldenburg Symposium on Psychological Acoustics (Ed. By A. Schick, J. Hellbrück, R. Weber) BIS 1991, Oldenburg, 1087-202 pp.
5. A. Illényi, P. Korpássy: Correlation between loudness and quality of stereophonic loudspeakers – Acoustica, Vol. 49, (1981) pp. 334-336.
6. A. Illényi, K. Vicsi, A. Vig: Two channel digital setup to measure loudness. – Noise & Man; Noise as a Public Health Problem Proc. 6th Int. Congress Nice, 5-9 Julliet 1993, Actes INRETS No 34 ter. Vol. 3., p. 251
7. K. Genuit: How to influence enviromental Noise based on Pscyoacoustics parameters – Proc. INTER NOISE 2000 (Nice August 27 – 30) Vol. 4. pp. 2273-2278.
8. H. Fastl: Sound Quality of Electric Razors – Effects of Loudness – Proc. INTER NOISE 2000 (Nice August 27 – 30, 2000) Vol. IV. pp. 2173 – 2177.
9. K. Genuit: The future of Sound Quality of the interior noise of vehicles – Proc. INTER NOISE 2000 (Nice August 27 – 30, 2000) Vol. 1. 427-432.
10. K. Genuit: Prediction of sound and vibration based on a virtual vechicle. Proc. INTER NOISE 2002 August 19-21., N 139; invited paper. Ed. By Ahmet Selamet, Rajendra Singh, George C. Mahling, Ohio State Univ. Center for Automotive Reserarch, (2002).
11. H. Fastl: The Psychoacoustics of Sound-Quality Evaluation. In EAA Tutorium Aurally Adequate Sound-Quality Evaluation; Antwerp, Marc 31 1996)
12. Illényi A., Csányi K. és mtsaik: Mérnöki pszichoakusztika. Jegyzet. 2001 Bp. BME TTT (ftp://domino.ttt.bme.hu/pub/mpa)

# Alacsony frekvenciás zajmérések (Ifn) félvezető-technológiai passzíválások vizsgálatára

DR. GOTTWALD PÉTER, DR. SZENTPÁLI BÉLA

MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutató Intézet  
gottwald@goliat.eik.bme.hu szentpa@mfa.kfki.hu

*A félvezető eszközök technológiájának egyik fontos lépése az aktív félvezető területek megfelelő elválasztása a külvilág hatásaitól. A feladat megoldásához összetett félvezető anyagok esetében különös gondossággal kell kiválasztani és optimalizálni az elválasztó (passzíváló) rétegek felvitelének technológiáját, amelyhez az alacsony frekvenciás zajmérési (LFN) technika nagyon hatékony eszköznek bizonyult. Segítségével eddig a GaAs, InP és InGaAs esetében bizonyos szabad felületi kölcsönhatási folyamatokat vizsgáltunk, és többféle passzíválási technológiát optimalizáltunk. Korábbi cikkünkhöz [1] kapcsolódva újabb eredményekről számolunk be, az InP-nak a PVD SiO<sub>2</sub> és a Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> rétegre történő passzíválásáról. Másfelől bemutatunk két olyan esetet, amikor a passzíválási technológia GaAs esetében jelentős nagyságú és szokatlan frekvenciafüggésű többletjaj megjelenéséhez vezetett.*

## 1. Bevezetés

A modern elektronika áramkörei szinte kivétel nélkül félvezető-alapú integrált áramkörök. Ezek egyik közös vonása, hogy az áramkört rendszerint egy vastagabb félvezető-hordozóra növesztett vékony, ún. aktív rétegben alakítják ki. Az aktív réteg vastagsága a mm nagyságrendjébe esik, míg az egyre nagyobb mértékű integrálás következtében az egyes áramköri elemek csupán néhány  $\mu\text{m}^2$  területet foglalnak el. A geometriai méretek rendkívüli csökkenése – amelyet egyébként az egyre gyorsabb áramköri működés is megkíván – azt eredményezi, hogy az egyes eszközök működése közben a potenciál- és töltésváltozások egyre kisebbé válnak; ráadásul mindezek a jelenségek általában egyre közelebb játszódnak le az eszköz külvilággal határos felületéhez. Tekintettel arra, hogy a szabad félvezető felület elektromos állapota (töltésviszonyai) úgy lassú (drift jellegű), mint gyorsabb (fluktuációszerű) változásokat is mutat, egyre fontosabb, hogy a felület hatását az aktív eszközrészek működésére megfelelő technológiai lépésekkel (passzíválás) a lehető legkisebbre korlátozzuk. Általában valamilyen dielektromos tulajdonságú réteg (pl. SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) felvitelével passzíválunk.

A szilíciumalapú áramkörök esetében a jó minőségű sajátoxid-növesztés lehetősége miatt a passzíválás általában kevesebb gondot okoz. A mikrohullámú technika és az optoelektronika legtöbb feladatához azonban – sáv szerkezeti okokból – a szilícium helyett a különféle összetett (vegyület-) félvezető anyagokat kell alkalmazni. (A két legtipikusabb anyag a GaAs és az InP, melyekkel rokoníthatók a legfontosabb többkomponensű anyagok is.) A vegyület-félvezetők felületének elektromos állapota jelentős különbségeket

mutatva anyagoként más és más. Mindemellett a passzíváláshoz nem áll rendelkezésre elektromos szempontból erre alkalmas saját oxid. Idegen oxid- vagy nitridrétegek felvitelében közben a vegyület-félvezető határfelületének megváltozása, roncsolódása következhet be, amely pedig éppen a határfelület közelében hozhat létre töltésfluktuációt eredményező, ún. generációs-rekombinációs (a továbbiakban „G-R”) folyamatokat. Ez az oka annak, hogy az egyes esetekben alkalmazható passzíválási technológiákat egyedileg kell meghatározni; a kiválasztott technológiát pedig a paraméterek variálásával kísérleti úton mindig optimalizálni és ellenőrizni kell.

A technológiai optimalizáláshoz olyan tesztcsipet készítettünk, amelyen integrált áramköri technológiával felületérzékeny planáris ellenállás csíkot alakítottunk ki. Ezek ellenállásértéke alacsony frekvenciás fluktuációt mutat, amely az ellenálláson áthajtott egyenárammal zajfeszültséggé alakítható. Számos kísérlettel igazoltuk és publikáltuk [2], [3], [4], hogy a zajfeszültség spektrális intenzitásának van olyan összetevője, amelynek alakulása egyértelműen összefügg az ellenálláspályát alkotó félvezetőréteg felületének állapotával. Ennek alapján többféle passzíválási technológián optimalizáltunk. E cikk keretében – a korábbi összefoglaló cikkünkhöz [1] kapcsolódva – az alábbi eredményekkel adunk további példákat az alacsony frekvenciás zajmérési technika alkalmazására:

- A. InP passzíválása fotonenergiával támogatott kémiai gőzfázisú rétegleválasztással (PVD) felvitt SiO<sub>2</sub> és Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> rétegekkel.
- B. GaAs-en PVD-vel leválasztott SiO<sub>2</sub> réteggel vagy nagyfrekvenciás porlasztással felvitt Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> réteggel végzett passzíválás esetében megfigyelt rezonáns jellegű többletjaj spektrum.



## 2. Tesztcsip

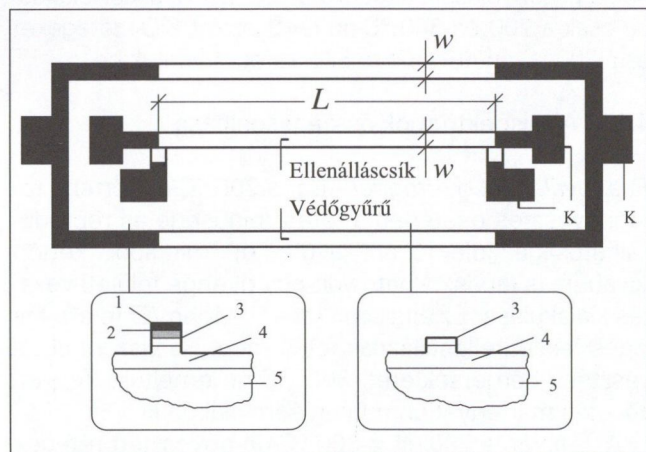
A vizsgálatokhoz kialakított, fentebb már vázolt tesztcsip rétegeit az 1. ábrán az **A.** pont alatti vizsgálatnak megfelelően mutatjuk be.

A B. pont szerinti vizsgálat esetében a 2-es kontaktusjavító rétegre nincs szükség, a többi réteg anyaga pedig értelemszerűen nem InP, hanem GaAs.

Megfigyelve a tesztcsip szerkezetét, láthatjuk, hogy az ellenálláscsíkot egy  $n$  típusú vékony félvezetőréteg alkotja, amely a félszigetelő hordozón fekszik. Az ellenállás végpontjaihoz két-két kontaktus kapcsolódik, lehetővé téve a jól ismert 4 pontos (force/sense) mérés technikát.

Az ellenálláscsíkot egy hasonló szerkezetű zárt keret fogja körül, melynek abban az – egyébként nemkívánatos – esetben van jelentősége, ha az ellenálláscsík körüli részen, a felszínre kerülő félszigetelő hordozó felületén valamilyen okból gyenge vezetőképesség alakulna ki. Mint majd látjuk, ilyen következménye magának a passzíválási technológiának is lehet. A keret (védőgyűrű) egyik haszna, hogy segítségével ilyen esetben meghatározható a felületen kialakuló vezetőképesség.

A tesztcsip kialakításánál fotolitográfiai és szelektív kémiai marási lépéseket alkalmaztunk. A passzíváló réteget a csip teljes felületére felvittük, de benne az elektromos kontaktusok kialakításához a kontaktusfelületek felett kémiai marással ablakot nyitottunk.



1. ábra A tesztcsip szerkezete. A  $w$  vonalszélesség 40 nm, a vonalhossz és szélesség aránya 20. (Az  $L$  vonalhossz az ohmos fémek közötti távolságként értendő.) Az ohmos fémek közötti távolságként értendő.) Az ohmos fémek közötti távolságként értendő.) Az egyes rétegek a következők: 1 – ohmos fémzés, 2 –  $n$  típusú, 330 nm vastag, erősen adalékolt kontaktusjavító InGaAs réteg, 3 –  $n$  típusú, 280 nm vastag  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  adalékolású InP aktív réteg, 4 – adalékolatlan, 340 nm vastag InP puffer réteg, 5 – félszigetelő InP hordozó

A kontaktusfelületek felület menti geometriáját „lift-off” technikával alakítottuk ki. A kontaktusok technológiáját itt nem ismertetjük, de azt minden esetben gondosan optimalizáltuk.

## 3. Az alacsony frekvenciás zajmérési módszer

Akárcsak korábban, vizsgálatunk elméleti alapja most is az, hogy minden elektromos ellenállásnak van alacsony frekvenciás fluktuációja. Ennek 1 Hz sávszélességre eső négyzetes átlaga  $f$  frekvencián (tehát az  $S_R$ -el jelölt spektrális intenzitás) ideális esetben a frekvencia reciprokával arányos, az alábbi klasszikus összefüggés szerint:

$$S_R/R^2 = \alpha / fN.$$

Az összefüggésben  $R$  jelöli az ellenállás nagyságát,  $N$  pedig az ellenállásban található töltéshordozók összes darabszámát. Egy Hooge által bevezetett [5] konstans jellegű paramétról a kísérleti munkák során bebizonyosodott, hogy az áramvezető anyagától és a vizsgált ellenállásminta méreteitől is függ, és általában  $10^{-6}$  és  $10^{-2}$  közötti érték. Megjegyezzük, hogy a fenti törvényszerűség szerinti ellenállás-fluktuációról bizonyítást nyert, hogy az az áramvezetésben részt vevő töltéshordozók darabszámának és/vagy mozgékonyságának ingadozásával függ össze, és ezért tömbi (és nem felületi) jelenség [5].

A gyakorlatban mérhető ellenállás-fluktuáció ezen tömbi eredetű és  $1/f$  jellegű fluktuációnál mindig nagyobb. A többlet oka rendszerint a határfelület közelében lejátszódó jelenségek körében keresendő. Ha pl. a többletet valamilyen, a felület közelében működő töltésgenerációs és rekombinációs (röviden: G-R) folyamat okozza, akkor a spektrális intenzitásban jelentkező többlet a

$$\Delta S(f) = S_0 / [1 + (2\pi\tau f)^2]$$

összefüggéssel írható le. Az összefüggésben  $S_0$  a többletzaj zérus frekvenciához tartozó határértéke,  $\tau$  pedig a G-R folyamat időállandója. Fontos megjegyezni, hogy mindkét mennyiség speciális hőfokfüggést mutat, amelynek vizsgálatával a G-R folyamatot létrehozó *mélylívó* koncentrációja és a nívó energiaszintje meghatározható [6]. Megjegyezzük, hogy bizonyos folyamatok (pl. a szabad félvezető felület fizikai folyamatai, vagy bizonyos technológiai hibák folytán maga a passzíválás is [7]) létrehozhatnak másféle spektrális intenzitású többletzajt is. Így pl. a B. pont szerinti eredmény éppen egy ilyen esetet illusztrál.

Vizsgálataink lényege az, hogy a minta ellenállás-fluktuációját a rajta átbocsátott  $I_0$  egyenárammal zajfeszültséggé alakítjuk, ezt pedig az 1.6 Hz–20 kHz-ig terjedő frekvenciatartományban egy Brüel & Kjaer típusú digitális spektrumanalizátorral megmérjük. A méréseket a mintahőmérsékletet 10 °C-os lépésekben növelve, tipikusan a 0–80 °C hőmérséklet-tartományban végeztük el.

A mérési eredmények összehasonlíthatóságát az teszi lehetővé, hogy a zajfeszültség teljesítményspektrumát minden esetben átszámoltuk úgy, mintha a mintán eső egyenfeszültség mindig éppen 1 V lenne. Ez megtehető, mert mind a zajfeszültség, mind a mintán

eső egyenfeszültség négyzete egyaránt arányos az átbocsátott egyenáram négyzetével.

Az átszámított mérési eredmények kiértékelésénél egy nagyon szigorú kritériumok szerint működő görbeillesztéses módszer segítségével minden esetben meghatároztuk a zajspektrum ( $K_0/f$ ) alakú komponense, valamint G-R típusú komponensek összegeként az ehhez adódó többletzajspektrum. Ezek kiértékeléséről a konkrét vizsgálatoknál írunk.

## 4. Eredmények

### 4.1. InP passzivalása Foto-CVD útján felvitt SiO<sub>2</sub> ill. Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> rétegekkel

Annak elkerülésére, hogy a dielektromos réteg leválasztása közben ne érje az InP felületét termikus dekompozíció révén károsító hőhatás, alacsony hőmérsékletű kémiai gőzfázisú rétegnövesztési technológiát (*Chemical Vapour Deposition – CVD*) kell alkalmazni. A leválasztásra két lehetőségünk van; a leválasztandó réteg alkotóelemeit tartalmazó gázok ionos szétbomlását termikus energia helyett vagy egy nagyfrekvenciás elektromos tér energiája (*Plasma Enhanced CVD*, röviden PECVD), vagy pedig nagy energiájú fotonokkal történő kölcsönhatás (*Photo Enhanced CVD*, röviden PVD) biztosítja. A PVD eljárásnál két újabb lehetőség adódik: a *közvetlen kölcsönhatás* esetében egy nagy teljesítményű lézer (pl. excimer lézer) juttat megfelelő sűrűségben nagy energiájú fotonokat a gáztérbe, míg a *közvetett kölcsönhatásnál* egy olyan alkalmas közvetítő anyag (pl. Hg) gőzét kell a gázok elegyéhez keverni, amelynek atomjait egy alkalmas hullámhosszúságú ( $\lambda = 253.7$  nm) UV-fénnyel hatékonyan gerjeszteti.

Az alacsony (általában 300 °C alatti) rétegnövesztési hőmérséklet előnyei mellett figyelembe kell venni a módszerek hátrányait is. Így, a PECVD esetében általában nehezen csökkenthető a felületet érő nagy energiájú ionok bombázó hatása, de hasonlóan károsító hatása van az excimer lézerrel megvalósított PVD esetében a felületet bombázó nagy energiájú fotonoknak, és a gáztérben keletkező ózonnak. Ezzel szemben a Hg-vel érzékenyített PVD esetében a fő problémát

a higanynak a dielektromos rétegbe való beépülése jelent [8], amely viszont a rétegnövesztés hőmérsékletével érzékenyen befolyásolható. Ezért a korábbi vizsgálataink [4] szerint az InP esetében a PECVD-nél előnyösebb a PVD eljárás alkalmazása.

A rétegnövesztés előtt a félvezető felületet gondos kémiai tisztításnak vetettük alá. A rétegnövesztés legfontosabb paramétereit az 1. táblázatban foglaltuk össze. (A táblázatban és a továbbiakban a Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> helyett a SiN<sub>x</sub> jelölést alkalmazzuk, mert a növesztett rétegek összetétele kissé mindig eltér az ideális sztöchiometriai aránytól.)

A táblázatból látható, hogy SiN<sub>x</sub> esetében csak közepes hőmérsékleten (200 °C) végeztünk rétegnövesztést. Ennek oka a növesztett réteg optikailag is észlelhető gyenge minősége és nem kielégítő tapadása az alacsony hőmérsékletű (150 °C) növesztés esetében, másfelől a magasabb hőmérsékleten (300 °C) tapasztalt nagyon kis rétegnövekedési sebesség (~0.15 nm/min) [9].

Hasonlóképpen gyenge az alacsony hőmérsékleten (150 °C) növesztett SiO<sub>2</sub> rétegek minősége is, ráadásul az ellenálláspálya és a védőkeret között a félszigetelő InP felületen felületi vezetés is kialakul. A felületi vezetés ingadozása nagy, és az a 20–200 kohm/□ (felület egységre vonatkoztatva) tartományba eső fajlagos felületi ellenállásnak felel meg. (A fajlagos felületi ellenállás egy tetszőleges nagyságú, négyzet alakú réteg két szemközti oldala között mérhető ellenállás.) A felületi vezetés kialakulása miatt az ilyen rétegek lényegében alkalmatlanok a passzivalási feladat ellátására. Ezért, a kiértékelésbe csak a 200 és 300 °C-on leválasztott SiO<sub>2</sub> rétegeket és a 300 °C-on növesztett SiN<sub>x</sub> réteget vontuk be.

#### 4.1.1. A zajspektrumok összehasonlítása

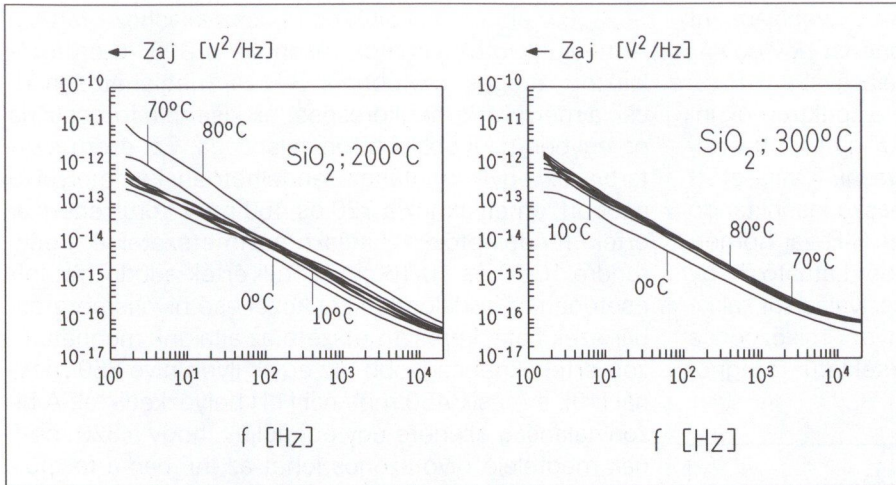
*Passzivalás SiO<sub>2</sub> réteggel* – Bár a 200 °C-on történő rétegnövesztés esetében a réteg minősége és reprodukálhatósága jelentősen javult, öt mintából kettőn továbbra is tapasztalható volt egy gyenge felületi vezetés kialakulása. Ez általában jóval 1 Mohm/□ feletti fajlagos felületi ellenállásnak felelt meg. Ha viszont a növesztési hőmérsékletet 300 °C-ra emeltük, felületi vezetés már egyetlen mintán sem alakult ki.

A 2. ábrán a 200, ill. a 300 °C-on növesztett rétegek esetében mért hőmérsékletfüggő zajspektrumokat ábrázoltuk.

A két görbesereg alapján szembevetünk, hogy a 200 °C-on növesztett rétegeknél, a 70 és 80 °C mintahőmérsékleten a teljes frekvenciasávban tendenciaszerű zajnövekedés lép fel. Ez a zajnövekedés azonban általában nem mérhető ismételt, feltehetően az első mérés során bekövetkező hőhatás eredményeképpen. Kedvezőbb képet mutatnak viszont a 300 °C-on

Réteg	Vastagság Nm	Gázok nyomás és áramlás 10 <sup>5</sup> Pa-nál, cm <sup>3</sup> /min	Nyomás 10 <sup>2</sup> Pa	Hőmérséklet °C	Réteg- növekedési sebesség nm/min
SiO <sub>2</sub>	150	SiH <sub>4</sub> +Ar+N <sub>2</sub> O (4/196/120)	1	150 200 300	4 2.5 2
SiN <sub>x</sub>	100	SiH <sub>4</sub> +Ar+NH <sub>4</sub> (4/196/100)	1	200	0.5

1. táblázat Az InP esetében alkalmazott PVD eljárás technológiai paramétereit



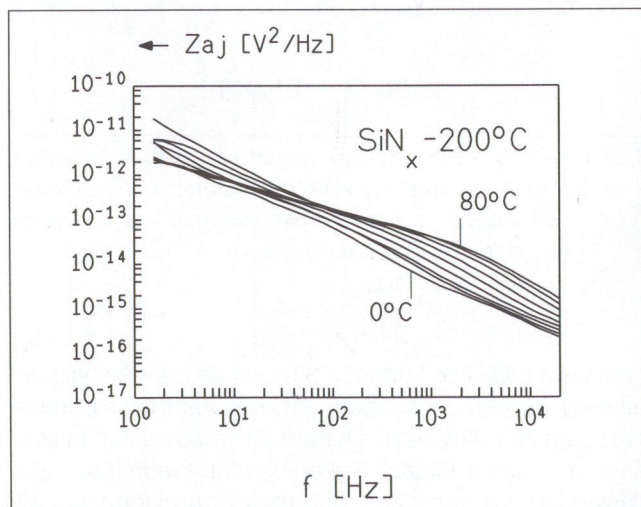
2. ábra A LFN hőmérsékletfüggése PVD SiO<sub>2</sub> réteggel passzívált InP esetében. A méréseket a 0–80 °C hőmérséklet-tartományban, 10 °C-os lépésekben végeztük. A bal oldali görbék a 200 °C-os, a jobb oldaliak a 300 °C-os rétegválasztásra vonatkoznak

növesztett rétegek, ahol kisebb a hőmérsékletfüggés és kiugrásoktól mentes a zajspektrum.

Az eredmények elméleti háttere az, hogy a választott PVD esetében nem a felületkárosodás, hanem inkább a higanynak a rétegbe történő beépülése okozhat gondot. A folyamat során ui. a Hg reagál az N<sub>2</sub>O-val, a keletkező HgO pedig beépül a rétegbe. A réteghatáron beépült Hg a zajnövekedésért, innen az InP felszínközeli rétegeibe diffundáló Hg pedig a felületi vezetésért lehet felelős, mert a Hg az InP-ban akceptorként viselkedik [8].

RBS vizsgálatokkal azt is tisztázni lehetett, hogy a beépülés magasabb növesztési hőmérséklet esetén erősen csökken [9]. Ezzel van összhangban a 300 °C-os rétegválasztásnál kapott kedvezőbb eredmény, melynek további javulása azonban a hőmérséklet növelésével az InP meginduló foszforvesztése miatt nem várható.

*Passzíválás Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> réteggel* – A passzíválás egy másik megoldása lehet a SiN<sub>x</sub> réteg leválasztása PVD út-



3. ábra A LFN hőmérsékletfüggése PVD SiN<sub>x</sub> réteggel passzívált InP esetében. A méréseket a 0–80 °C hőmérséklet-tartományban, 10 °C-os lépésekben végeztük. A görbék 200 °C-os rétegválasztási hőmérsékletre vonatkoznak

ján, SiH<sub>4</sub> és NH<sub>4</sub> vivőgázok alkalmazásával. Az ebben az esetben mért hőmérsékletfüggő zajspektrumok a 3. ábrán láthatók.

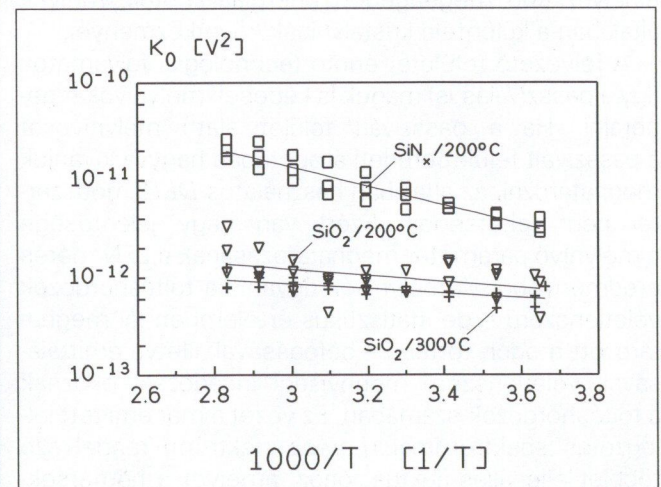
A SiO<sub>2</sub> esetében kapott eredménnyel összehasonlítva látható, hogy mind a zaj-, mind a hőmérsékletfüggés erősebb. További hátrány, hogy a félzigetelő InP felületén ez esetben is kialakult egy gyenge felületi vezetés, amelyből a 0,5–1 Mohm/□ tartományba eső fajlagos felületi ellenállás számolható.

#### 4.1.2. Az alacsony frekvenciás zaj összetevői

A zajspektrumok közvetlen összehasonlításánál részletesebb információkat a spektrumok komponenseire történő felbontása útján kaphatunk.

A felbontást a görbeillesztés módszerével, egy  $K_0/f$  alakú és két G-R zajkomponens figyelembevételével már igen jó megközelítéssel elvégezhető.

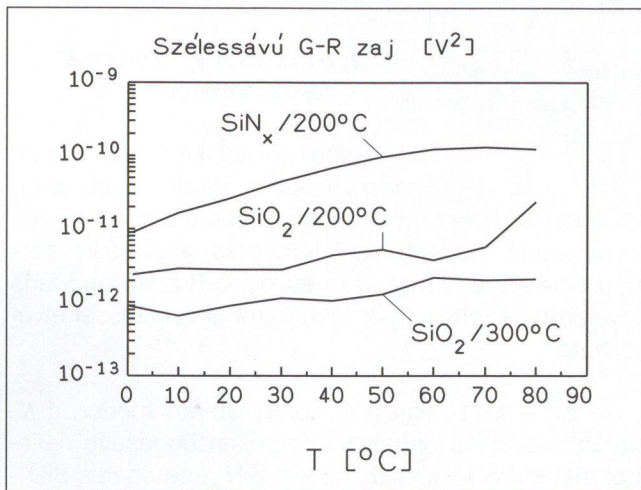
*1/f zaj* – Az 1/f zajt a 4. ábrán látható módon a  $K_0$  együtthatóval és annak hőmérsékletfüggésével jellemezzük. Ebből jól látszik, hogy a SiN<sub>x</sub> esetében a SiO<sub>2</sub>-höz képest az 1/f zaj és annak hőmérsékletfüggése egyaránt nagyobb, ami feltehetően összefügg a gyenge felületi vezetés kialakulásával. Bár a többletjaj 1/f jellegének pontos magyarázata ez idáig nem ismert, megjegyezzük, hogy más felületi kölcsönhatások eredményeképpen InP esetében tapasztaltunk már 1/f jellegű többletjajt [10].



4. ábra Az 1/f jellegű zajkomponens  $K_0$  együtthatójának hőmérsékletfüggése

A SiO<sub>2</sub>-os passzíválás láthatóan előnyösebb, a kedvezőbb eredményt valóban a magasabb, 300 °C-os rétegválasztás biztosítja.

*G-R zaj* – A görbeillesztéssel spektrumvonalanként meghatározott két-két *G-R* zajkomponenst egy-egy  $S_0$  és  $\tau$  értékpár jellemzi. Ezek felhasználásával a *G-R* zaj adott frekvenciasávbeli teljesítménye a spektrumok integrálásával könnyen kiszámítható. Az így kapott értéket széles sávú *G-R* zajnak fogjuk nevezni. A választott frekvenciasáv 2 Hz–20 kHz. Az összehasonlítható technológiák esetében a széles sávú *G-R* zaj hőmérsékletfüggését az 5. ábrán mutatjuk be. Látható, hogy a  $\text{SiN}_x$  esetéhez képest a  $\text{SiO}_2$ -os passziválás sokkal kisebb széles sávú *G-R* zajt eredményez, miközben a  $\text{SiO}_2$  esetében a magasabb hőmérsékletű rétegnövesztés látszik előnyösebbnek.



5. ábra Az InP mintákon mérésrel és számítással meghatározott széles sávú *G-R* zaj hőmérsékletfüggése a 2 Hz–20 kHz frekvenciatartományban

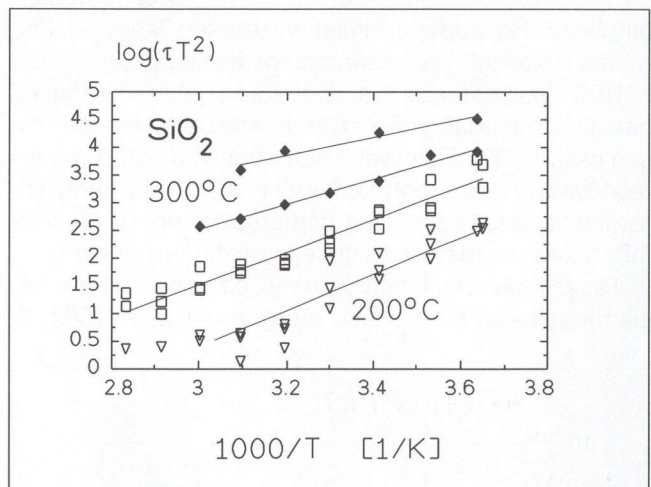
**4.1.3. – Mélynívók.** Mint ismeretes, a mélynívók a félvezető tiltott energiasávjában, annak közepe táján elhelyezkedő megengedett energiaállapotok, melyek általában a különféle kristályhibák következményei.

A félvezető felületét érintő technológiai folyamatok (így a passziválás is) maguk is képesek mélynívókat generálni. Ha a passzivált felület alatti mélynívókat a passzivált felület eredeti állapotában hagyva kívánjuk meghatározni, az általában használatos *DLTS* módszerrel nem lehetséges. Ezért van nagy jelentősége a mélynívó paraméter meghatározásának a *LFN* mérés eredményéből. A mélynívók ugyanis a töltéshordozók véletlenszerű – de statisztikus értelemben jól meghatározott módon történő – befogásával, illetve emittálásával, véletlenszerű mennyiségi ingadozást okoznak a töltéshordozók számában. Ez vezet a már említett jellegzetes spektrummal (*Lorenz*-spektrum) rendelkező többlet ellenállás-fluktuációhoz, amelyet a hőmérsékletfüggő  $S_0$  és  $\tau$  értékpárral jellemezhetünk.

A mélynívók elhelyezkedéséhez rendelhető energiaérték és *hatáskeresztmetszet* a  $\log(\tau T^2)$  mennyiségnek az  $1000/T$  változó szerinti ábrázolásával adódó egyenes (az *Arrhenius*-plot) meredekségével és tengelymetszetével függ össze [6], ahol  $T$  az abszolút hőmérséklet.

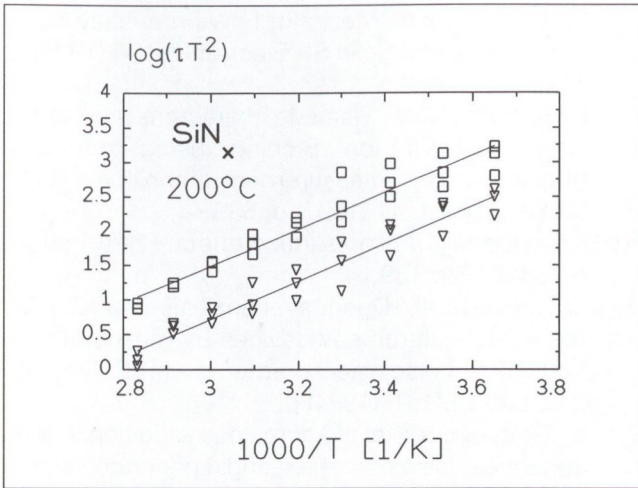
A 6. ábrán a  $\text{SiO}_2$ -os passziváláshoz tartozó *Arrhenius*-plotok láthatók. Azonban a 300 °C-on leválasztott rétegek esetében a *G-R* zaj meglehetősen kicsi, a mélynívók megkeresésének kisebb a fontossága és egyben nagyobb a bizonytalansága. Ezt szem előtt tartva az egyik mintához rendelkezhető két mélynívó adódott, amelyekhez a 320 és 450 meV körüli energiaérték rendelhető, a hatáskeresztmetszetekre pedig rendre 10–19 és 10–16 cm<sup>2</sup> körüli érték adódik. Az InP esetében az irodalomból két közel eső nívó ismeretes, bár ezek hatáskeresztmetszete az általunk meghatározott értékeknél nagyobb. Az egyik ilyen nívó 350 meV-nál [10], a másik 450 meV-nál [11] helyezkedik el. A bizonytalanság ellenére úgy gondoljuk, hogy a 320 meV-nak megfelelő nívó azonos lehet az InP-ban a foszforhiányos rácshibára jellemző ismert 350 meV-os nívóval. Ez azt jelzi, hogy 300 °C hőmérsékleten már jelentkezhet a foszforkipárolgás, és ezért nem is ajánlatos magasabb növesztési hőmérsékletet alkalmazni.

A 200 °C-on leválasztott rétegek esetében három minta alapján megbízhatóbb számításra nyílt lehetőség. Az alsó *Arrhenius* plot alapján 650 meV-nál 10–11 cm<sup>2</sup> hatáskeresztmetszettel, a felső alapján pedig 590 meV-nál és 10–13 cm<sup>2</sup> körüli hatáskeresztmetszettel jellemezhető mélynívó adódik. Ezeket az irodalomból [10] ismert 580 és 680 meV energiájú nívókkal tekintjük azonosnak.



6. ábra A PVD –  $\text{SiO}_2$  réteggel végzett passziválásra vonatkozó „*Arrhenius* plot”-ok, két-két leválasztott *G-R* zaj-komponens alapján. A 300 °C-os passziváláshoz csak egy minta, a 200 °C-os passziválás esetében három minta alapján történetelt a számítás

Mivel a  $\text{SiO}_2$ -hoz képest a  $\text{SiN}_x$ -es passziválásnál sokkal nagyobb *G-R* zaj adódott, a mélynívókeresés pontossága nagyobb. Kiválasztva három jellemző mintát, átlagolással a 7. ábrán látható *Arrhenius* plotok adódtak. Ezek alapján két, közel azonos, 550 meV energiaértékkal jellemezhető, de különböző hatáskeresztmetszetekkel (10–13 és 10–14 cm<sup>2</sup>) rendelkező mélynívó adódott. Megjegyezzük, hogy az irodalom alapján [11] ismert az InP-ban 560 meV-nál elhelyezkedő mélynívó.



7. ábra 200 °C-on növesztett PVD -SiNx réteggel végzett passzíválásra vonatkozó „Arrhenius plot”-ok két leválasztott G-R zajkomponens alapján. 3 jellemző InP minta alapján számolva

- A másik esetben 150 °C-on 100 nm vastagságú PVD-SiO<sub>2</sub> leválasztásával végeztük a passzíválást.

A mérési eredményeket a 8. ábrán mutatjuk be.

A bemutatott rezonáns zajnövekedés további jellemzői a következők:

- Ha a mintát látható fényel megvilágítjuk, a rezonáns többlet zaj a nagyobb frekvenciák felé eltolódva eltűnik.
- Növelve a mintában uralkodó hosszirányú DC térerősséget, a rezonáns többlet zaj kismértékben a kisebb frekvenciák felé tolódik el. Az eltolódás mértéke a PVD-SiO<sub>2</sub> esetében nagyobb. (A mérés alatt a térerősség értéke 60 V/m volt.)
- A rezonáns zajnövekedés hosszú megfigyelési időszak alatt (3 év) a magasabb frekvenciák felé tolódott el.

Bár a jelenség pontos okát nem ismerjük, a  $\tau = (2\pi f_r)^{-1}$  átszámítást felhasználva, a rezonanciafrekvencia hőmérsékletfüggéséhez Arrhenius plot alapján egyértelműen hozzá tudunk rendelni mindkét esetben egy-egy aktivációs energiát. Ez a passzíválás után a PVD-SiO<sub>2</sub> réteg esetében 600 meV, míg Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> esetére 880 meV. (Megjegyezzük, hogy Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> esetében a 3 évvel később elvégzett újramérés az aktivációs energia 600 meV-ra történt csökkenését mutatta.)

A bemutatott eset figyelmeztető példa arra, hogy alapvetően eltérő technológiák esetében is felléphetnek a passzíválás minőségét erősen rontó tényezők, amelyek a LFN mérésekkel kiszűrhetők.

## Összefoglalás

Célszerűen kialakított tesztcip felhasználásával megmutattuk, hogy az LFN mérési módszer alkalmas különféle félvezető anyagok különféle technológiákkal történő passzíválásának optimalizálására és ellenőrzésére.

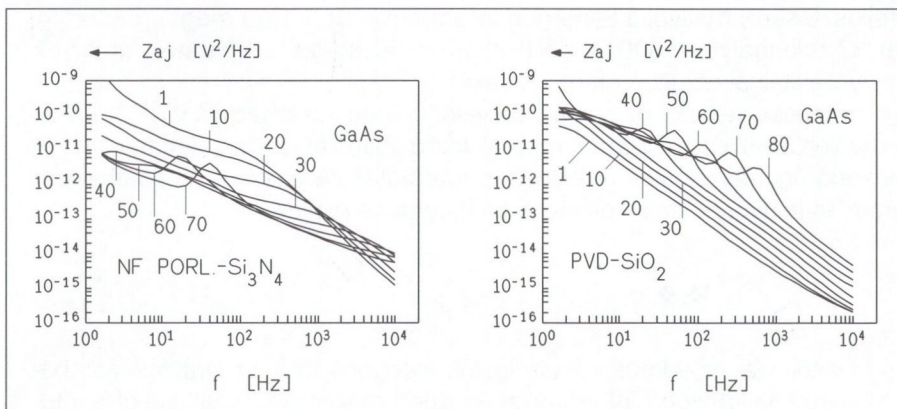
Megmutattuk, hogy InP esetében a PVD technika alkalmazása SiO<sub>2</sub> réteg növesztésével jobb passzíválást eredményez, mint Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> rétegek leválasztásával. Láttuk, hogy SiO<sub>2</sub> esetében a legkedvezőbb eredményt a 300 °C-on történő rétegnövesztés biztosítja. Ebben az esetben nem alakul ki felületi vezetés, kicsi, és a tömbi InP-ra jellemző értékhez közeli az 1/f zaj, és a széles sávú G-R zaj nagysága is a legkisebb. Felhasználva a G-R zaj hőmérsékletfüggését, az egyes passzíválások esetében mélynívó-analízist is végeztünk.

Példát mutattunk arra, hogy a passzíválási folyamat eredménye-

## 4.2. Rezonáns jellegű többlet zaj GaAs passzíválása esetében

Az előbbieken a LFN mérések eredményeit passzíválási technológiák minősítésére és optimalizálására használtuk fel. Vannak azonban olyan esetek, amikor a technológia kivitelezésekor ismert vagy ismeretlen okból valamilyen hiba történik, amelyet aztán az LFN mérési eredmények jelentős megváltozásából ismerhetünk fel. Vizsgálataink során két – egészen rendhagyó – esettel találkoztunk, amikor is az 1/f jellegű zajra rezonáns jellegű többlet zaj szuperponálódott [7]. A szokatlan zajspektrumokat mindkét esetben GaAs passzíválásakor tapasztaltuk:

- Az egyik esetben Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> réteget vittünk fel nagyfrekvenciás porlasztással. (Target-hőmérséklet: 30 °C, N<sub>2</sub> nyomás: 5.2×10<sup>-3</sup> mbar, gyorsító feszültség: 1.4 kV, növesztési idő 10 perc.)



8. ábra Rezonáns jellegű, rendhagyó zajnövekedés GaAs esetében, NF porlasztással leválasztott Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, illetve PVD - SiO<sub>2</sub> réteggel végzett passzíválás eredményeképpen. A méréseket a 0–80 °C hőmérséklet-tartományban, 10 °C-os lépésekben végeztük, röviddel a réteg leválasztása után. Látható, hogy a többlet zajhoz rendelhető „rezonanciafrekvencia” hőmérsékletfüggő

képpen felléphet szokatlan nagyságú és frekvenciafüggésű többlet zaj is, jelezve, hogy a végrehajtott passziválási technológia során valamilyen nem megengedhető eltérés következett be.

### Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetüket fejezik ki dr. H. Kräutle és dr. E. Kuphal uraknak (German TELEKOM) az InP szeletek rendelkezésre bocsátásáért, és a technológiai munkákhoz nyújtott közreműködésükért. A kutatómunkát az OTKA (773, TO15612, T37706) és az European Scientific Cooperation (contract No.: CP94/01180 /*Copernicus*) támogatta.

Külön köszönetünket és hálánkat fejezzük ki néhai Ambrózy András professzornak, aki immár két évtizede, hogy a témában a tematikus kutatómunkát elindította, és gazdag tapasztalatait velünk megosztotta. Cikkünket az ő emlékének szenteljük.

### Irodalom

1. P. Gottwald: Low-frequency noise measurements as a diagnostic tool in the semiconductor technology. *Journal on Communications*, 46 (1995) No. 2. p. 3.
2. A. Ambrózy et al.: Surface effects on the low frequency noise of thin GaAs layers. *Proc. Noise in Physical Systems and 1/f Fluctuation, ICNF'91, Kyoto*, (1991) p. 23.
3. P. Gottwald et al.: Comparison of Photo- and Plasma-Assisted Passivating Process Effects on GaAs Devices by Means of Low-Frequency Noise Measurements. *Solid-St. Electronics*, 38 (1995) p. 413.
4. P. Gottwald et al.: Damage characterisation of InP after Reactive Ion Etching using the low-frequency noise measurement technique. *Solid-St. Electronics*, 41 (1997) p. 539.
5. F. N. Hooge: 1/f is no surface effect. *Phys. Lett. A*, A-29 (1969) p.139.
6. L. Loreck et al.: Deep level analysis in (AlGa) As-GaAs 2-D electron gas devices by means of low-frequency noise measurements. *IEEE Electron Dev. Lett.*, EDL-5 (1984) p. 9.
7. P. Gottwald et al.: Anomalous additional low-frequency noise of surface origin generated in thin GaAs and InP layers. *Proc. of the 1st Int. Conf. on Unsolved Problems of Noise*, (Ed.: Doering Ch R, Kiss L B, Shlesinger M F), World Scientific, (1997) p. 122.
8. H. Kräutle et al.: Passivation of InP for optoelectronics. *Materials Science Forum*, Trans Tech Publications Ltd.: Zürich, 185-188 (1995) p. 199.
9. H. Kräutle: Properties of Hg sensitized PVD - SiO<sub>2</sub> and Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> layers on InP. *Proc. IVCV Seoul Korea Int. Conf. on VLSI and CAD, Tech Digest* (1989), p. 401.
10. J. Bonnafé et al.: Shallow trap spectroscopy in INP-FE. *Electron. Lett.*, 16 (1980) p. 324.
11. A. M. White et al.: Deep traps in ideal N-INP Schottky diodes. *Electron. Lett.*, 14 (1978) p. 409.

## Hírek

A Dél-magyarországi Áramszolgáltató (Démász) Rt. 2001 októberében elkezdte telephelyeinek munkáját, együttműködését segítő, hangintegrációra is képes infrastruktúra-rekonstrukcióját. A hálózat megújulását követő újabb fejlesztési szakasz a meglévő telefonhálózat cseréjét célozta meg. A Démász Rt. 2002 elején írt ki pályázatot telefonrendszerének fejlesztésére, mellyel a Synergon Informatikai Rt.-t bízta meg.

A beruházás keretében a vállalat 37 telephelyén 1800 Cisco IP telefonkészüléket telepítenek, amelyek összekötik a Démász Rt.-nél és leányvállalatainál dolgozó munkatársakat.

Az IP telefóniahálózat kiépítésével nemcsak beszéd- és adatátvitel valósul meg, de lehetővé válik, hogy az IP telefonok nagyméretű LCD képernyőjén a vállalati hálózaton megtalálható adatokat is megjelenítsék. Az IP telefonrendszert és a vállalatnál működő ügyfélszolgálati rendszert is integrálják. A beszéd- és adathálózat megújításának célja az információáramlás felgyorsítása a költségek csökkentése mellett.



Az Intelligent Enterprise 2002-es olvasói díját az adatbázis-kiszolgálók kategóriájában az Oracle9i adatbázis-kezelő nyerte. A magazin közel százezer, jellemzően informatikai és üzleti szakemberekből álló olvasótáborra idén is megerősítette, hogy az Oracle a legkelendőbb adatbázis-kezelő az adattárházakat és üzletiintelligencia-rendszereket alkalmazó cégek körében.

Az Oracle9i adatbázis-kezelő az üzleti intelligenciaszolgáltatások széles körét integráltan tartalmazza ETL (adatmozgatási), OLAP (on-line elemzés, feldolgozás) és adatbányászati funkciókat biztosítva.

# Az információs társadalom rovat témái

Első igen jelentős problémákat felvető cikk napjaink aktuális problémáit tárgyalja. A szerző széles látókörűen értékeli a helyzetet és vázolja az előttünk álló lehetőségeket. A második cikk lényegileg egy Akadémiai kiadvány recenziója. Az Akadémia felkért több kiváló szerzőt, akiknek tanulmányai világosan összesítik a tisztázandó jogi kérdéseket.

Az informatika nem csak bonyolítja a törvényalkotást, hanem segíti is. Számítástechnikai módszerekkel megoldható, hogy a törvények konzisztensek legyenek. Erre vonatkozik rovatunk harmadik cikke. A számítástechnika kimutatja hol és mit kellene változtatni, hogy az új törvények szövegezésekor jelentkező ellentmondó követelményeket ki lehessen küszöbölni. Reméljük, hogy a folyamatban lévő távközlési és informatikai törvények kidolgozásakor már hasznosítani lehet ezt a korszerű eljárást.

## Kutatás-fejlesztés a recesszióban

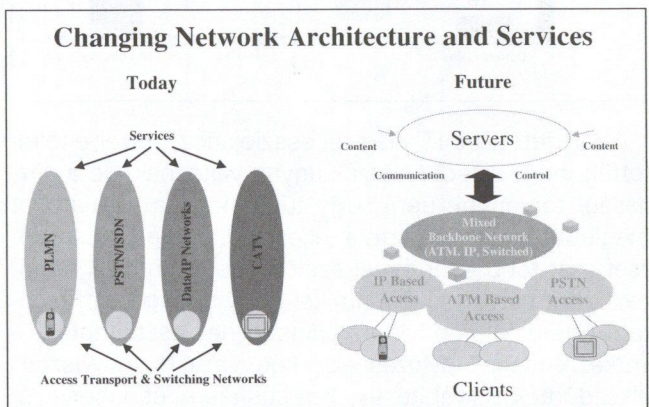
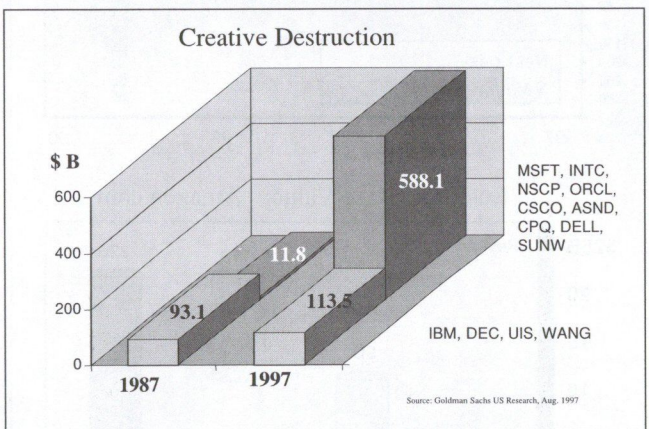
BODA MIKLÓS

*Ericsson Magyarország Kft. vezérigazgató-helyettes és ágazati igazgató  
miklos.boda@etm.ericsson.se*

Ennek a témának a felvetését az információs technológia iparág recessziója indokolná. Ezzel kapcsolatban az emberekben sokféle kérdés merülhet fel. Vajon a recesszióban másképp kell-e végezni a kutatás-fejlesztést és ha igen, hogyan. Azt tapasztaljuk, hogy kutatócsoportokat szüntetnek meg és egyes fejlesztéseket olyan országokba visznek, ahol olcsóbb a munkaerő. Az emberek nem értik, bár sokat és jól dolgoznak, mégis bajban van az iparág. Nehéz megértenünk, hogy egyes termékek iránti igény megszűnik. Nem olyan könnyű eldönteni, hogy melyik termék az, amelyik gazdaságilag is megállja a helyét a piacon és nem csak technológiailag érdekes.

A történelmi perspektívában jól látszik, hogy egyes termékek ára folyamatosan csökken annak ellenére, hogy egyre több technológiai tartalommal rendelkeznek. Az árak csökkenése a gőzgépek megjelenésével kezdődött és azóta folyamatosan gyorsult a vasút, az elektromosság megjelenésével, amíg az információs technológia esetében hihetetlen méreteket nem öltött. Példaként megemlíthetném, hogy 1970-ben egy terabit információ elektronikus átvitele 150 ezer dollárba került, míg ugyanakkor az ár az ezredfordulón már csak 10 cent volt. Ehhez adódik még, hogy a személyi számítógép megjelenése drasztikusan átalakította a számítógépipart. Természetesen a nagy számítógépeket gyártó cégek nem vesztették el a piacukat, de a személyi számítógépek piaci forgalma ennek többszörösére nőtt.

Az internet megjelenésével a távközlési ipar hasonló átalakuláson megy most keresztül. Egy új hálózati arc-

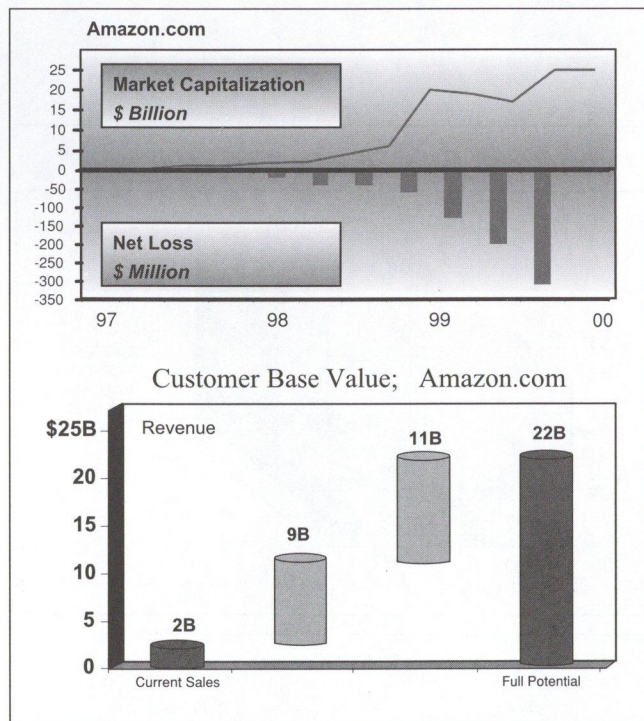


hitektúrának a képe bontakozik ki előttünk. A tradicionális vertikális architektúra horizontálissá alakul, amely

röviden azt jelenti, hogy a szolgáltatás különválaszthatóvá válik a fizikai megvalósítástól. Az internet rohamos elterjedése mindent közelebb hozott egymáshoz, mint ha összezsugorodott volna a világ.

A kommunikációs technológia drasztikus gyorsasággal kezdett fejlődni, új üzleti lehetőségek jöttek létre, azok a vállalatok, amelyek nem tudtak alkalmazkodni az új körülményekhez, elvéreztek, és de facto monopóliumok alakultak ki. Az emberek úgy érezték, hogy a gazdasági törvényszerűségek is megváltoztak. Példaként említhetők a hálózati szolgáltatások, melyek értéke teljesen attól függött, hogy hány ember használja ezeket. Egy másik példa, az hogy az információs termékek előállítására költséges, míg reprodukálásuk igen csak olcsó, könnyű másolni őket.

Így következhetett be az, hogy például az Amazon.com évenkénti felértékelése egyenes arányban növekedett a veszteségével. Az emberek már teljesen új fajta elvárás alapján értékelték a vállalatot. A „Amazon.com” esetében például azt, hogy milyen piaci elvárások és milyen új szolgáltatások lesznek, ezeknek értékét megbecsülték, összeadták és ezt együtt tekintették a vállalat értékének.



Ez vezetett az IT világ recessziójához, mivel elfelejtettük, hogy a technológiák ugyan változnak, de a gazdasági törvények nem. Úgy tűnt, hogy a vállalatokat meglepetésszerűen érte a recesszió, pedig a bibliai József már több ezer évvel ezelőtt megmondta a fáraónak: „hét esztendő jön, amikor nagy bőség lesz Egyiptom egész földjén, de az éhínség hét esztendeje következik utána” (Mózes első könyve: 41). Így viszont elkezdődtek a leépítések, karcsúsítások és kihelyezések (out-sourcing-ok). A vállalatok többsége visszatért a számukra legfontosabb tevékenységhez. Nagyon erős koncentrációk kezdődtek a költségek megtakarí-

tása érdekében. Sok kis vállalat megszűnt és a nagy cégek több részlegük bezárására kényszerültek.

Hogy lehetett volna a bibliai József intését követni? Úgy, hogy ha olyan kutatás- és fejlesztéssel foglalkozunk, aminek van jövője üzletileg, szervezetenként és globálisan. Ehhez persze hosszú távú stratégia szükséges. Az Ericsson esetében ilyen téma volt a csomagkapcsolt hálózatok forgalmának kutatása Magyarországon. Ebben a kutatásban bevontuk a Műszaki Egyetemet is a '90-es évek első felében, és a témán dolgozó doktoranduszok száma is jelentős lett.

Virágzó üzleti szakaszban nehéz fókuszálni, a sebesség elvakít és sok kevésbé szükséges aktivitás indul el. Igen fontos a kritikus önismeret is, valamint a nyitottság és a tudatosság. Nehéz megtalálni az úgynevezett „nice to have” és a szükséges dolgok, aktivitások jó arányát. Fel kell tudnunk tenni a kérdést, hogy amit csinálunk, valóban szükséges-e a megrendelőinknek vagy pedig csak pillanatnyi divat diktálja az igényt. Meg kell tanulnunk elszakadni napi gondjainktól és kilépni a nehéz munkából, a mókuserékből és kívülről megvizsgálni, hogy mi az, amit tulajdonképpen csinálunk. „Ki gépen száll fölébe, annak tékép e táj” – írta Radnóti.

Igencsak fontos tényező a nemzetközi megmértetés, elismertség és kapcsolatrendszer kialakítása. Minden tekintetben nagyon fontos folyamatosan az élen maradni, de ehhez szükséges a jól képzett, rugalmas munkatársak kritikus tömege.

A globalizáció szerepe egyre nagyobb. Jelenleg India az az ország, ahol az IT ipar virágzik. 'America's pain India's gain' – ez azt jelenti, hogy Amerikából egyre másra viszik oda az out-source-olható munkákat. Régi tanulság, hogy ebből szerzett jószág ebből vész el, azaz, ami könnyen jött, az könnyen is megy el. Ahhoz, hogy a munkánkat meg tudjuk tartani nem elég, hogy olcsóbbak vagyunk, hanem nagyon magas kompetenciánk is kell hogy legyen. A tudásunk és kompetenciánk a hozzáadott érték.

Ezeket azonban csak nagyon hosszú idő alatt és fokozatosan lehet felépíteni. Azt mondhatnánk, hogy tölgyfaerdőt kell ültetni, ami időigényes, de nem lehet csak úgy elszállítani. Itt szeretném azonban megjegyezni, hogy vigyázzunk, mert már bizonyos élőfa típusokat szállítani is lehet, lsd. Csanády utca, Budapest, XIII. kerület. Ez alatt azt értem, hogy ma már olyan fejlesztési feladatokat lehet továbbvinni egyik országból a másikba, ami még 3-4 évvel ezelőtt szinte elképzelhetetlen volt.

Összefoglalásként mondhatnánk, nincs külön recessziós kutatás-fejlesztés, hanem mindig úgy kell gondolkodnunk, mintha recesszió volna. Sohasem szabad elfelejteni, hogy az egyes tevékenységek szükségszerűsége mulandó vagy bizonyos mértékig szubjektív. Ismétlem, szükséges az, aminek van jövője üzletileg, szervezetenként és globálisan.

Végezetül szeretném hogyha figyelembe vennék, hogy a korábbi tündökléstől függetlenül és a mostani recesszió ellenére a telekommunikációs és az internet világ forradalma csak most kezdődik.



# Egy hiánypótló mű: Információs társadalom és jogrendszer

NAGY BEATRIX HAVASKA

igazgatásszervező

nbh@mailbox.hu

Ha kinyitunk egy könyvet, akkor az utóbbi időben meglepődve tapasztaljuk a © megváltozott szövegét: „Minden jog fenntartva. Jelen könyvet vagy annak részeit tilos reprodukálni, adatrendszerben tárolni, bármely formában vagy eszközzel – elektronikus, fényképes úton vagy más módon – a kiadó engedélye nélkül közölni.” Ennek fontossága az elektronika, a számítástechnikai eszközök elterjedésével került előtérbe. A következőkben ennek és a jogrendszer változásának kapcsolatát vizsgáljuk a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) kiadványinak összefoglaló recenziójával. Előbb azonban az információs társadalom fogalmát vizsgáljuk e-menedzser, és EU-kiadvány alapján.

## Információs társadalom

A világgazdaságban és a társadalom egészében napjainkban végbemenő mélyreható változások fontos jellemzője az információ és a tudás szabad létrehozásán, forgalmazásán, hozzáférésén és felhasználásán alapuló átfogó társadalmi struktúra kialakulása, az élet egyre több területének globalizálódása. A változások egyik fő mozgatója az „*információs forradalomnak*” is nevezett jelenség, a csúcstechnológia két fontos területén (számítástechnika, távközlés) nemcsak a mennyiségi és minőségi paraméterek fejlődése, hanem a két terület közeledése és az alkalmazásokban való együttes megjelenése is jellemző. A gyorsan bővülő nemzetközi számítógépes hálózatokon földrajzi és politikai-társadalmi korlátozás nélkül egyre több ember számára válik lehetségessé a hozzáférés az óriási és naponta bővülő információtömeghez. Ez az élet minden területét átalakítja, gyökeresen megváltoztatja az egyén helyét a társadalomban. Az így kialakuló új társadalmi struktúrát nevezik *globális információs társadalomnak*.

A globálissá váló „*információs piacon*” közvetlen kapcsolatok jönnek létre a gazdasági élet szereplői között (virtuális vállalatok, távmunka-teleworking, elektronikus kereskedelem). Az *államigazgatásban* lehetőség nyílik a kormányzati munka hatékonyságának növelésére, a nemzeti vagyont reprezentáló adatok eredményesebb felhasználására, az állampolgárok teljes körű tájékoztatására, a demokrácia kiteljesedésére. A *kultúra és ismeretszerzés területén* a különböző információforrások (könyvtárak, múzeumok, képtárak, zenetárak, adatbázisok) anyagainak számítógép-hálózaton való elérhetősége a tanulás, művelődés eddig ismeretlen távlatait nyitja meg. A *mindennapi életben* saját kommunikációs terminál (számítógép, tv, telefon) segítségével napi tevékenységük mind nagyobb részét képesek utazás nélkül elvégezni.

## Az információs társadalom és a jog kapcsolata

A szerzői jog az internet korában – Victor Hugo szemével születésének 200. évfordulóján címmel, Budapesten rendeztek szemináriumot. Ezen megvitták a hazai és a külföldi tapasztalatokat. Ficsor Mihály, a Szellemi Tulajdon Világszervezet (WIPO) nyugalmazott szerzői jogi főigazgató-helyettese, a Szerzői Jogi Szakértő Testület (SZJSZT) elnöke utalt arra, hogy a francia író alapítója és első elnöke volt a szerzői jog legrégebbi és legrangosabb nem kormányközi szervezetének. A WIPO idén májusban léptette életbe a hangfelvételek készítésére, terjesztésére vonatkozó új szabályozását, s az európai uniós tagállamokra vonatkozó internetes szerzői jogi irányelv decemberben lép életbe, amelyet Magyarország is át kell vennie.

Bendzsel Miklós, a Magyar Szabadalmi Hivatal (MSZH) elnöke előadásában utalt arra, hogy a hivatal feladat- és hatásköre kibővült, mert 2001 óta már a szellemi tulajdon védelme is hozzá tartozik. A szerzői jog védelmének érdekében az elmúlt néhány évben jött létre új intézmény. Példaként említette a magyar kulturális örökség digitalizálására 1997-ben létrehozott Neumann-házat és a Digitális Irodalmi Akadémiát, amely ingyenesen terjeszti tagjai műveit, köztük az irodalmi Nobel-díjas Kertész Imre hét munkáját. Az MSZH elnöke utalt a Nemzeti Audiovizuális Archívum és a Hungart elnevezésű képzőművészeti, szépművészeti internetes oldalra is.

Ezen alapelemek messzemenően megjelennek az MTA „*Információs társadalom és jogrendszer*” című kiadványában, melynek szerkesztője Glatz Ferenc. *Ez egy közeríthető kiadvány nem csak jogászok tollából!* A következőkben a kötetben szereplő tanulmányokat ismertetjük.

Glatz Ferenc munkáját a világon elismerik. Széles körű ismeretekkel rendelkező, kiváló történész. Megjelent kiadványai is bizonyítják átfogó szemléletét a bio-

lógától a történelemig. A tudomány, kultúra, politika terén fejt ki munkásságát. Tudásának legnagyobb elismerése az, hogy 1996-tól megválasztották a Magyar Tudományos Akadémia elnökének.

### **Sárközy Tamás:**

#### **Az információs társadalom és a jog**

Az információs társadalom három szempontból van háttérrel a jogra:

- Eljárásjog, ami a cégbíraskodást és a cégnyilvántartást érinti.
- Külön jog fejlődik ki az információs társadalom problémáinak kezelésére.
- Az egész jogi szemléletmódban átalakulás zajlik le.

Az információs forradalom gazdaságpolitikai alapja, hogy az információs forradalom globális méretűvé válik. Ezért az óriásvállalatok uralmának korszaka kezdődik, és a gyártás súlypontja a fejlett országokból a fejlődő országokba helyeződnek át.

Az információs társadalom kialakulása hatalmi átrendeződéshez vezet. Az üzlet, szórakoztatás diktálja a fejlődését, de a politikát is erősen befolyásolja. Egyre nagyobb káosz alakul ki a gazdasági rendszerben, ami önszabályozást igényel. Ezek miatt az információs forradalom Kelet-Európában csalódottságot okozott, Magyarország egyetlen lehetősége mégis a nyugat-hoz való alkalmazkodás.

A jogi problémák:

- A jog nehezen követi fejlődését.
- A hagyományos versenyjog megváltozik, mert máskor a piaci résztvevők.
- Szabadságjogok és az érdekvédelem ütközik sok esetben.
- A közjog és a magánjog keveredik, politikai hatalom és civil jog nehezen érvényesíthető egyidejűleg.
- Az állam erőszakkal beleavatkozik a folyamatokba.

Aktuális jogalkotási feladatok a problémák feloldására:

- Európai jogharmonizáció és annak érvényesítése.
- Modern sajtótörvény.
- Médiatörvény ellentmondásainak feloldása.
- Egy modern, egységes hírközlési törvény létrehozása.

Sárközy Tamás bevezetője tehát nem ad megoldásokat, hanem összefoglalja mindazokat a területeket, melyekről részletesebb tanulmányok találhatóak a kötetben, mintegy előrevetíti a könyv tartalmát. Bemutatja a szerzők gondolatainak helyét a téma valamennyi problémájának térképén.

### **Verebics János:**

#### **A nemzetközi magánjog és alkalmazhatósága az elektronikus gazdaságra, avagy a business law**

Egy 1999 decemberében megjelent szakértői vitaanyagot dolgoz fel cikkében, amely a távközlés, számítá-

technika, elektronika (ICT) együttes fejlődésére egy új modellt dolgoz ki, és bemutatja, hogyan hat ez az elektronikus kereskedelemre. Összehasonlítja magyarországi fejlődés útját az európai uniós modellel. Ezen kívül kitekintést ad a világ más pontjain végbement változásokra. Az elektronikus kereskedelem három területet érint:

- közvetlen értékesítés,
- a kereskedelem eszköz- és feltételrendszerének elektronizálása,
- eladástámogatás.

Az elektronikus kereskedelemmel kapcsolatos problémákat különböző szakértők elemzésén keresztül ismerteti. Pl. Francis Lorentz szavaival élve: „ Ez egy álom, ami emberközelí”. Ugyanezt Amerikában a piaci szereplők megegyezésének nevezik. Az elektronikus kereskedelemhez szükség van hálózatokra. Az elektronikus kereskedelem a távközlési hálózatok segítségével a szereplők kölcsönös jognyilatkozatainak visszacsatolásos kapcsolatát biztosítja. Ezek a nemzetközi hálózatok, emiatt jogegységesítési folyamatra lesz szükség. Az elmúlt 5 év alatt már több nemzetközi konferencia is foglalkozott a nemzetközi jog aktuális kérdéseivel.

### **Körmendy-Ékes Judit:**

#### **A médiatörvény fejlesztése és az EU joga**

Megállapítható, hogy a rádiózásról és televíziózásról szóló 1996. évi I. tv. viszonylag kis terjedelmű módosításával normaszinten megvalósítható a teljes jogharmonizáció. Más területekkel összevetve ugyanis (gondoljunk csak a mezőgazdaságra vagy a versenyjogra) az audiovizuális terület közösségi szintű szabályozása nem különösebben kiterjedt. A tagállamok cselekvési szabadsága e téren meglehetősen nagy, elmondható ez azzal együtt is, hogy a jövőben várhatóan a közösségi szabályozás egyre hangsúlyosabbá válik. A jogharmonizáció azonban önmagában nem elégséges ahhoz, hogy valóban európai szintre emeljük a médiajogunkat. Ennek érdekében ugyanis szükséges kidolgozni és hatékonyra tenni azokat a jogintézményeket, amelyek a valamennyi európai állam számára megoldandó feladatként jelentkező technikai fejlődést és az ennek következtében előálló helyzeteket kiszámíthatóan kezelik.

### **Révész T. Mihály:**

#### **A televíziózás jogi szabályozásának modelljei**

A médiarendszerek és az azokat megteremtő jogintézmények összehasonlító vizsgálata alapján megállapítható, hogy a közeljövőben a duális, közszolgálati-kereskedelmi rendszer megszűnik. Ez bizonyára kedvező, korszakos fordulat is, hiszen korábban a rendszerek hajlamosak voltak a rugalmatlanságra, a kereskedelmi csatornák műsorválasztéka korlátozott volt. A modern médiamodellek harmonikus működése még számos

további feltétel és körülmény teljesítését és megvalósulását igényli. Jó példa, hogy a kereskedelmi televíziózás gerjeszti a közszolgálati televíziózás újralesztését. Ha a kereskedelmi és közszolgálati televíziók között sok éven át szabályozatlan a verseny, akkor a műsorok színvonala süllyed. A kereskedelmi programkészítők társadalmi felelősségét erősíteni kell, hogy szolgáltatásaikat a teljes, nemzeti és globális műsorfolyam értékes és integráns részévé tegyék. A magáncsatornák jogosultságaiból következő kötelezettségeket szabályozni kell. Az előírások teljesítést szolgáló ellenőrzési technikák, az egyértelmű finanszírozási formák mindkét szektor számára rögzítendőek.

### **Majtényi László:**

#### **Az információs társadalom és a magánélet**

Az Európai Unió 1995-ben a személyiségi jogok védelmére törvényt alkotott, melyet Magyarország az EU-hoz való csatlakozás kimondásával már honosított. Ezért ezek az uniós jogszabályok már ránk is vonatkoznak. Bár 1990 óta Magyarországon a személyes adatok védelme az alkotmányos alapjogok közé tartozik, még mindig nincsenek meg a teljesítés jogi garanciái. Ezt jól mutatja az is, hogy van adatvédelmi biztos, de szankcionálási jogköre igen korlátozott. A további feladat az ember szerepének és helyzetének meghatározása az információs társadalomban, és ami ehhez szorosan kapcsolódik, tisztázandó, hogyan érvényesül az adatvédelem az új társadalomban.

Az adatvédelmi biztos a jövőben javaslattal fog élni, az elektronikus információszabadság törvényi biztosítékainak, és a külföldiekre vonatkozó feltételeknek törvényi ellenőrzésére és szankcionálhatóságára. Ezt alátámasztja, hogy már több botrány is kipattant a személyiségi jogok megsértése miatt (pl. Csehország, USA, Anglia, Magyarország).

### **Sarkady Ildikó:**

#### **A sajtójog aktuális kérdései**

A tanulmány a sajtójog időszerű, a gyakorlatban is előforduló kérdéseiről szól, amelyek miatt a sajtójog szabályozottságának hiányosságai felmerültek. A másfél évtizeddel ezelőtt megalkotott médiatörvény már a gyakorlatban is alkalmatlannak bizonyult, ráadásul még az európai uniós irányelvekkel is több ponton ütközik. A magyar sajtójog legneuralgikusabb pontjai:

- a lapcím oltalma,
- a sajtó objektív felelőssége,
- sajtó-helyreigazítás,
- újságírók felelőssége,
- az ingyenes megjelentetés a versenyjog szemszögéből,
- a sajtó és internet kapcsolata.

Az újságírókról jogrendszerünkben csak a sajtótörvény tesz említést. A médiatörvény sem tér ki arra, hogy

jelenleg Magyarországon ki tekinthető egyáltalán újságíróknak.

Ugyanilyen neuralgikus pont az interneten keresztüli reklámozás és közlés. A jelenleg hatályos jogszabályok ebben a tekintetben már elavultak, így a nemzetközi jogalkotásra vár ennek a problémának a megoldása. A jogi szabályozás kevéssé tudja követni a technikai változásokat, ezért csak remélni lehet, hogy a technikai változások és a jogi szabályozások összhangba kerülnek. Az ügyvédi gyakorlatban előfordulnak olyan esetek, ahol a sajtójogi szabályozás, de legalább a pontosítások igénye felmerül. Vannak továbbá precedensértékű esetek, melyek segíthetnek a bírói gyakorlat jövőbeni egységesítése terén.

### **Szalay Péter:**

#### **Hogyan változnak a jogok a technika hatására**

Bemutatja a társadalmak kialakulásától kezdve – bibliai visszautalásokkal – az évszázados fejlődése során megjelenő problémákat, a jog kialakulását és a jog fejlődését. Összehasonlítást ad a személyiségi jogok körének változásáról az elmúlt száz évben. Példát hoz arra, hogy az egyes jogágak mennyire sajátosan kezelik a személyhez fűződő jogokat és azok sérelmének nevesítését. Így például egy 1994-es alkotmánybíró-sági határozat alapján jogsértésnek minősül a becsült csorbítására alkalmas állítás. Véleménynyilvánítás szempontjából a közhatalmat gyakorló személyek több kiváltságban részesülnek, mint más személyek. Ha a véleménynyilvánítás értékítéletet tartalmaz, akkor az nem büntetendő.

Ugyanez a Ptk.-ban a következőképpen jelenik meg: sérelemnek minősül: bármilyen hátrányos megkülönböztetés, becsületsértés, levéltitok sérelme, testi épség megsértése, stb. Innen is láthatjuk, hogy az egyes jogágak a saját bírói jogfejlődésük során mennyire különbözően ítélik meg és helyezik el a személyiséghez fűződő jogokat jogrendszerükben. A személyiség szabad kibontakozásához való jog az alkotmányos alapjog része, védi a személyiséget az államtól, de érvényes az állampolgárok vitáiban is.

### **Pázmándy Kinga:**

#### **Reklám és jog a médiában, hogyan is működik ez a valóságban? Avagy a fogyasztói modell és a manipuláció**

A tanulmányban a kiindulópont a reklám hatása a médiára. Sajátos magyar jelenség, hogy nálunk csupán 1996 óta vannak jelen a kereskedelmi tv-k, tehát ez az az időpont, amikor is a reklám és a média kapcsolata megváltozott. A gyors információs fejlődés, a kereskedelmi tv-k, az internet megjelenése felborította a több évtizeden át kialakult „rég” reklámpiacot. Ennek fő oka a digitális technika térhódítása, az internet tömeges reklámhordozó szerepe. A piac is megváltozott és a még nem korszerűsített jognak ellentmondásos a hatása a piacra.

**Suba Ferenc: Digitalizáció és a jog** együttes kezelésére jelenleg nincs kitaposott út. A digitalizáció által felvetett problémák jogi kezelésére kialakítandó egy új szabályozási környezet, amelyben a piaci önszabályozás és állami reguláció egymást kiegészítve teremti meg az eltérő gazdasági és társadalmi érdekek egyensúlyát.

**Faludi Gábor: a digitális technika hatása** a hetvenes évek kezdete óta érinti a szerzői jogot. Ekkor jelentek meg az első szoftver szerzői jogi bírósági döntések, és jogszabályi rendelkezések. A digitális technika szerzői jogra gyakorolt befolyásának lényege abban áll, hogy a szerzői jog a magánszféra mélyebben lévő szintjébe hatol. Fenn kell tartani a jogosult és a befektető a felhasználó, továbbá a közönség közötti, a szerzői jog lényegét jelentő egyensúlyt.

### **Ficsor Mihály Zoltán: Informatika és iparjogvédelem – hogyan hat az internet a jogra?**

Az internet világméretű kiépülésére először a szerzői és szomszédos jogi szabályozás korszerűsítésével válszoltak. Ez a WIPO (Szellemi Tulajdon Világszervezete) által készített tanulmány, melyet 1996 végén alkotak meg, és ezt 1999-ben Magyarország is elfogadta.

Az internetnek a védjegyoltalom szempontjából legfontosabb jellemzői:

- globális hálózat, amely a határokon is átnyúlik,
- sokcélú hálózat, mely sokféle szerepet tölt be,
- igazgatása alapvetően magánszervezetek kezében van,
- szinte teljesen hiányzik a jogi szabályozása.

Éppen ezért ezek a jellemzők befolyásolják a védjegyoltalom érvényesülését:

- míg a védjegyoltalom határokon belül érvényesül, addig az internet globális jellegű és ez konfliktusokhoz vezet,
- az internet multifunkcionalitása miatt nem lehet meghatározni valamennyi jogi területet, mely védjegyoltalomban részesül,
- a védjegyek állami szervek által meghatározottak, míg az internet többnyire a magánszervezetek szférájában tartozik,
- az internetet sokrétűsége miatt nehéz jogszabályok közé szorítani.

### **Szecskey András: Az internet alapvető jogi problémái**

Tanulmányának nem az a célja, hogy az internettel összefüggő valamennyi jogi problémát megtárgyalja. Elsősorban az elektronikus kereskedelem által felvetett kérdéseket, lehetséges jogi szabályozásukat és a jogalkotóra háruló feladatokat elemzi az európai uniós irányelvek tükrében. Taglalja az Európai Parlament és az Európa Tanács 2000-ben közzétett terveze-

tét Az elektronikus kereskedelemmel kapcsolatban célszerű figyelmet fordítani az UNCITRAL által 1996-ban elfogadott modelltörvényre. Az EU-csatlakozás során Magyarország feladata az alkalmasság és felkészültség elérése.

### **Zumbok Ferenc: Igazságszolgáltatás és informatika?**

A szerző az igazságszolgáltatás és az informatika kölcsönhatásáról értekezik, vizsgálja az információs társadalom hatását a jogrendszerre. Bemutatja, hogy építhetjük be a legújabb kutatások eredményét a magyar igazságszolgáltatásba. Ezek alátámasztására különböző példákat hoz a jog számos területéről, így pl. a bírák jogállásáról, cégbírósról, Legfőbb Ügyészségről stb. Az igazságügyi informatika egyik alaptétele, hogy egy „elektronikus iratmintatár” hozzanak létre, mellyel a jogi folyamatok egységesíthetők. Ha az elektronikus okiratokról szóló törvény hatályba lép, az feltétlenül gyorsítani fogja a bíróságok működését. mikor ez megvalósul, elmondhatjuk, hogy létrehoztunk egy papírintermentes irodát.

### **Wallacher Lajos: A papíralapú írásbeliség végnapjai**

Az elektronikus kommunikáció az üzleti kapcsolatok új formáit alkotta meg. A gazdaság mellett az állami szféra is él az elektronikus kommunikáció adta előnyökkel. Ez mind a hatósági, mind a szolgáltatási funkciók gyakorlását rugalmasabbá teszi és minőségét növeli. A távközlés és informatika együttes használata egyszerűsíti, mégis sok esetben ezt a rossz értelemben bürokratikus állami szervezetrendszerrel a polgárok ellenérzéssel fogadják. Az Európai Közösség 1999/93/EK irányelvében ezt a kérdést már szabályozták. A direktíva egy megfelelő belső piac kialakítására törekszik, melynek alapja a helyváltoztatás szabadsága és az elektronikus aláírás. A szerző áttekinti, hogy milyen területeket érint a közösség szabályozása a magyar jogban, pl. polgárjog, polgári eljárásjog, nemzetközi magánjog stb.

### **Baksa Sarolta: Az új hírközlési törvényről – röviden**

A távközlés újraszabályozásának célja a piacgazdaság működéséhez szükséges informatikai és távközlési szolgáltatások megteremtése. A rendszerváltást követően a távközlés volt az egyetlen olyan jelentős gazdasági ágazat, amely töretlenül fejlődött és még növekedést is produkált. A technika fejlődése, valamint az ehhez kapcsolódó beruházási tevékenység miatt a távközlés húzóágazattá vált. Az állami feladatok kapcsán egyértelmű lett, hogy az állami vezetés egy modern, szabályozott piacgazdaságot akar létrehozni. Ezért előtérbe került egy új, egységes hírközlési törvény megalkotása. A szerző kifejti, hogyan, milyen úton, milyen

nehézségek, kompromisszumok árán jutott el az új törvény az elképzelésétől a megvalósulásáig. Azóta azonban már egy újabb, vagy legalább aktualizált törvény elfogadása vált szükségessé.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a fejlődést a jog csak lépésenkénti közelítéssel – successiv approximációval – tudja követni és kezelni. Ne várjunk

tehát minden helyzetre alkalmas szabályokat, hanem igyekezzünk az adott problémára ésszerűen alkalmazni a törvényeket. Ha azokban ellentmondásokat találunk, azokat ne igyekezzünk „kikapukként” alkalmazni az esetleges nem tisztességes lépéseink igazolására. Távlatban pedig reméljük, hogy az informatika alkalmazása a törvényi alkotásban megszünteti az ellentmondásokat, sőt később az átfedéseket is.

# Hírek

## Mit jósol egy jól értesült folyóirat (CWI) 2003-ra?

1. Az Ericsson, az Alcatel és a Siemens ICN a jövő évben rekordvesztéseget ér el, de 2004-ben már nyereségesek lesznek.
2. A sávszélességüzlet továbbra is hanyatlik, talán 2005-re tér magához.
3. Az érintett piacokon a vezetékes telefon növekedési görbéje lapos lesz.
4. A DSL- és a kábelmodem-vonalak száma együttesen újabb 100%-kal növekszik.
5. Több befészkelte (incumbent) szolgáltató már nem olvad össze.
6. Az alternatív szolgáltatók egyesülése folytatódik, túl sokan vannak a piacon.
7. A mobil összekapcsolási díjakat a hatóságok jelentősen csökkentik, de ennek ellensúlyozására az előfizetői szolgáltatások díjai maradnak.
8. A mobil adatátviteli szolgáltatásokat bevezető cégek számára Európában nyugtalan idők következnek. Ilyenek: Orange SPV, i-mode és VodafoneLive.
9. A szolgáltatók eltávolodnak a 3G multimédia víziójától.
10. Németország és Hollandia mobilpiacán egyesülések várhatók.
11. A vezeték nélküli LAN lesz a hosszú távon legtöbbet ígérő piac.
12. A politikusokat nyomasztó kérdés ez lesz: „A szabályozás továbbra is a versenyt bátorítja és elősegíti a díjak csökkenését, vagy a távközlési szakmát a kényelmesebb oligopólium felé tereli?



Az Ericsson Magyarország közel 650 főt foglalkoztat. Az elmúlt tizenkét év során – amióta az Ericsson magyarországi vállalata a 30-as évek után újra jelen van hazánkban – stratégiája túlmutat a közvetlen üzleti tevékenységen. Hosszú távon kíván jelentős szerepet betölteni a magyar távközlés-informatikai infrastruktúra kiépítésében, valamint a magyar infokommunikációs iparban.

Egy évtizeddel ezelőtt az Ericsson Magyarország azon kevés cégek egyike volt, amely felismerte a magyar tudásvagyon értékét és „helyhez kötöttségének” jelentőségét, tiszteletét. A megtett út több esetben lehetne modell a versenyképességüket növelni szándékozó nemzetközi cégeknek. Az Ericsson tudásipari befektetésekre helyezi a hangsúlyt, és ezzel mozdítja előre a hazai technológiai kultúrát is, mert a nagy tudásigényű műszaki tevékenységek, mint kutatás-fejlesztés, az egyik legnagyobb hozzáadott értéket termelik.

A Budapesti Műszaki Egyetemmel közös kutatólaboratórium 1992 óta adja az ipari háttérét annak a műhelymunkának, amely nagy sebességű hálózatokkal kapcsolatos kutatásokat és fejlesztéseket végez. A kutatások középpontjában a mobil távközlés (3,5 G, 4 G), az internet, a mobil és hagyományos telefonhálózatok fogalmi struktúrájának, minőségének kérdései állnak.



Az [origo] portál látogatottságát auditáló Madián Webaudit mérései szerint a Freemail levelezőrendszer november közepén rekordot döntött: az oldalletöltések száma átlépte az egymilliót.

November 12-én az internetező 341 272 látogatás során 1 047 345 oldalt hívtak le a levelek olvasása, írása, küldése közben. Másnap, november 13-án az eredmény szintén egymillió felett volt: 337 529 látogatás alkalmával 1 023 326 weboldalt töltöttek le. A rendszer ezen a napon összesen 2 261 001 levelet kezelt, ezek 63 százaléka fogadott, a többi elküldött üzenet volt.

A webböngésző programok segítségével bárholnan könnyen és ingyenesen elérhető Freemail népszerűsége évek óta dinamikus növekszik. Az öt éve indult szolgáltatás keretében az internetező 2000 januárjában hozták létre a 250 ezredik, 2000 decemberében az ötszázezredik, és 2002 májusában az egymilliomodik postafiókot.

# Szöveges függvények Új lehetőségek az e-közigazgatásban

VÁRKONYI JÓZSEF

t\_ford10@elender.hu

Tizenkét évvel ezelőtt állapítottam meg, hogy bármilyen szöveges ismeretanyagot, például jogszabályokat, pontosan, maradéktalanul és zártan ki lehet fejezni egy „ha – akkor” alapú formalizmussal. Már akkor kiderült néhány e lehetőség konkrét gyakorlati előnyei közül. Például, ha a jog területén alkalmazzuk a formalizálást, egyértelműen kimutathatók a vizsgált törvényekben a joghézagok, az ellentmondások, a pontatlanságok. Ami pedig különösen izgalmasnak bizonyult: egy törvény formalizált változatát felhasználva – egy e célra kölcsönkapott rendszerkeret segítségével – számítógépen szimulációkkal vizsgálni lehet a törvény viselkedését, mechanizmusát.

## Időbeli áttekintés

Számítógépen bármely, a jogszabály „értelmezési tartományába” tartozó esetet, helyzetet le lehetett játszani, pontosan és maradéktalanul megfelelve a vizsgált jogszabály tartalmának. Ilyenkor jól látható volt, hogy a számítógép úgy kezeli a jogi szöveg formalizált változatát, mintha az egy műszaki tárgyú feladat matematikai megfogalmazása, képletrendszere lenne. A sajátos formalizálás és ennek gyakorlati haszna nyilvánvaló volt, és azokat számos kísérleti alkalmazás is igazolta. A „jelenség” azonban egészében véve véletlenszerűnek tűnt, akár a jogi, akár az informatikai szakma számára. A szakértők általában nem hittek abban, hogy módszertanilag kellően meghatározható a szöveges ismeretek, a jogszabályok szóban forgó formalizálási, modellezési eljárása. Kezdetben ez a kétkedés annyiban indokolt is volt, hogy sokáig csak ösztönösen végeztük a formalizálást.

Az áttörést 1997-ben az jelentette, amikor végül is sikerült rendszerbe foglalni, hogy a szövegek formalizálása pontosan meghatározható a *függvénytan és a halmazelmélet keretében*, és ezen az alapon sikerült meghatározni a *szöveges függvényváltó és a szöveges függvényforma fogalmát*.

E felismerést követően már értelmezhetővé vált minden, az e témakörben addig megtapasztalt jelenség, továbbá módszertanilag egyre tudatosabbá, „stabilabbá” sikerült tenni magát a leképezési eljárást. Végül pedig fel lehetett térképezni a gyakorlati hasznosítás további lehetséges területeit, perspektíváit. Szerencsés véletlen egybeesés, hogy ebben az időben váltak slágertémává olyan, a szöveges függvények alkalmazásával hatékonyan támogatható problémakörök, mint a jogharmonizáció, a közigazgatás korszerűsítése, majd pedig az információs társadalom, főként pedig az *e-közigazgatás*.

Fontos mérföldkő, hogy 1999-ben szoros együttműködés alakult ki a BME dr. Arató Péter professzor által vezetett Irányítástechnika és Informatika Tanszékével, majd 2001-ben a Pázmány Egyetem Jog- és Államtudományi Karával; ez utóbbinál kísérleti jelleggel jogász doktoranduszoknak oktattam az eljárást (a hallgatók lelkesedtek a módszertan és egyáltalán a téma iránt).

## A szöveges függvényforma

A legegyszerűbben alkalmazásával, például egy jogszabály leképezésével lehet bemutatni a szöveges függvényformát.

- 1) A jogszabály szövegét visszafejtjük elemi, illetve részösszefüggésekre, tehát az összefüggések elemi szintjeire.
- 2) Az összefüggések elemi szintjein megállapítjuk és rendszerbe foglaljuk a tényezőket (fogalmakat) aszerint, hogy a vizsgált összefüggésben mely fogalmak bírnak feltétel jellegű funkcióval, azaz melyek a *be-meneti típusú fogalmak* (tényezők), illetve mely fogalom jelenti a vizsgált elemi összefüggés *kimenétét*. Azaz megállapítjuk, hogy a fogalmak szintjén „miktől mik” függenek. (Ezek értelemszerűen kell, hogy következzenek egy gyakorlati felhasználásra szánt szövegből.)
- 3) Az így megállapított tényezőket, fogalmakat tartalmuk szerint kategorizáljuk, *halmazokba* rendezzük és az így kapott fogalomhalmazoknak a tartalmuknak megfelelő nevet adunk. Az egyes fogalomhalmazok elemeit tehát a szövegben szereplő eredeti fogalmak képezik. Például, az szja-törvény esetében egy „jövedelem típusa” halmazba sorolandók a törvényben nevesített jövedelemtípusok, úgy mint a munkaviszonyból származó, a szellemi tevékenységből származó, a .... jövedelem. Tehát a „jövede-

lem típusa” halmaz pontosan azokat az elemeket tartalmazza, amelyek nevesített jövedelemtípusként ténylegesen a törvény szövegében szerepelnek.

- 4) Ezek után a fogalomhalmazokat *függvényváltzóként*, az eredeti fogalmakat pedig a függvényváltzó lehetséges *értékeiként* értelmezzük és kezeljük. A függvényváltzó lehetnek *független változók* (ha bemenetiek), vagy *függő változók* (ha kimenetiek). Más szempontból a függvényváltzó lehet *szöveges típusú*, ha lehetséges értékei szöveges típusúak, vagy *numerikus*, ha az értéke numerikus. Például az szja-törvény esetében a bevétel összege egy numerikus típusú független, vagy pedig az adóalap egy numerikus függő változó. A „jövedelem típusa” viszont egy olyan *szöveges függvényváltzó* (mert az értéke vagy „munkaviszonyból származó”, vagy „szellemi tevékenységből származó”, vagy...), amely független változó, hisz a különböző jövedelemtípusoktól függően különböző adóalap-számítási algoritmusokat kell alkalmaznunk. A „jövedelem típusa” elnevezésű független változóra vonatkoztatott *értelmezési tartományt* a törvény szövege szerinti lehetséges értékek összessége, míg az adóalap mint függő változó *értékkészletét* a felvehető értékek összessége képezi.

A törvény szövegében ténylegesen a „munkaviszonyból származó jövedelem”, vagy a „szellemi tevékenységből származó jövedelem” stb. fogalmak szerepelnek, ezeknek a függvényváltzós megjelenése értelemszerűen következik:

jövedelem típusa = munkaviszonyból származó jövedelem,

jövedelem típusa = szellemi tevékenységből származó jövedelem.

- 5) A jogszabály elemi és részösszefüggéseit – az alkalmazott fogalmak függvényváltzós alakjaiból, azaz a függvényváltzókból – újból felépítjük, de már egymással megfelelően összeláncolt, „ha ..., akkor ...” szerkezetű *szabályokban*, azaz szöveges függvényformában. Így olyan zárt, koherens, fastruktúrába rendezett függvényrendszert kapunk, amely a *fogalomhalmazok értékeinek egyértelmű egymáshoz rendelésével, leképezésével* pontosan és maradéktalanul kifejezi magát az eredeti szöveget.

Példaként néhány elemi összefüggést leíró szabály az szja köréből:

*Adóalap, munkaviszony*

HA jövedelem típusa = munkaviszonyból származó jövedelem

AKKOR adóalap összege = 1 x bevétel összege

*Adóalap, szellemi 1*

HA jövedelem típusa = szellemi tevékenységből származó jövedelem

VAGY egyéb forrásból származó jövedelem

ÉS költségelszámolás módja = nem tételes  
AKKOR adóalap összege = 0,9 x bevétel összege

*Adóalap, szellemi 2*

HA jövedelem típusa = szellemi tevékenységből származó jövedelem

VAGY egyéb forrásból származó jövedelem

ÉS költségelszámolás módja = tételes

AKKOR adóalap összege = bevétel összege – költség összege

Ez a szemmel láthatóan rendkívül egyszerű, logikai alapú formalizmus a tapasztalatok szerint alkalmas bármely jogszabály pontos és zárt kifejezésére. E lehetőségben tehát a kulcsszerepet a szöveges függvényváltzó szisztematikus kialakítása játssza. Ez a fogalmak olyan zárt halmazokba rendezésében nyilvánul meg, amely halmazok mindenkor véges számú elemet tartalmaznak és ezek az elemek pontosan és optimálisan fedik le a jogszabály teljes fogalomkészletét. Lényeges észrevenni:

- Nem logikai, hanem szöveges függvényváltzókról van szó. Tehát nem köti meg a kezünket a kétértékűség. A formalizmus ezáltal flexibilis lesz, mégis zárt logikai rendet tudunk kialakítani mind az alkalmazott fogalmak, mind pedig azok bonyolult és terjedelmes összefüggései viszonylatában.
- A jogszabály számítógépen futtatható függvényformátumának előállítása nem igényel semmilyen számítástechnikai ismeretet, és az elkészült függvényformátumot egy, az eredeti rendeletet ismerő személy azonnal olvasni és értelmezni tudja. Azaz a teljes témakörnek ez a része nem jelent hagyományos értelemben vett programozást. Továbbá a számítógépes szimulációt is bárki végre tudja hajtani, aki általában számítógépet képes alkalmazni: Azaz a szöveges függvények jogi, közigazgatási felhasználásának teljes témakörében a számítástechnikai munkát csupán a futtatás, a szimuláció végrehajtására alkalmas keretrendszer (illetve a piacon egymással versenyző ilyen keretrendszerek) létrehozása jelenti. A dolog természetéből következően a *számítógépen futtatható „tartalmak” létrehozása teljes mértékben a jogi, közigazgatási szakma kompetenciájába tartozhat*. Ez azonban alapvetően matematika (és nem informatikai) jellegű feladat, viszont a *feladat matematikai jellege óriási, új teret nyit meg az informatika számára*.

## A szöveges függvényforma és az e-közigazgatás

Számos kísérleti alkalmazás után, 1998 elején a Hírközlési Főfelügyeletől kaptam megbízást, hogy formalizáljam az egyes távközlési szolgáltatások engedélyezéséről szóló 48/1997 kormányrendeletet és tegyem lehetővé a jogszabály esetében a számítógépes szimulációt. (A megbízó Spakievics Sándor szabályozási igazgató

volt.) A munkát kb. két hónap alatt elvégeztük, ennek során szembesültünk egy sor inkonzisztenciával, amelyek egy részét a jogalkalmazás révén eleve ismerték a HÍF szakemberei. Végül néhány, a megbízó által ott helyben kiválasztott konkrét eset lejátszásával számítógépen igazolni lehetett, hogyan működik a jogszabállyal elvégezhető szimuláció. (Azaz adott volt a lehetőség, hogy bármilyen, a rendelet tartalma szerint lehetséges esetet lejátszunk a szimulációk során.)

A szimuláció a rendelet tartalmából következően abban segít, hogy objektíven eldönthető legyen, hogy ha például XY vállalkozás valamilyen távközlési szolgáltatást akar végezni, a megadott adatai, tulajdonságai alapján megkapja-e az engedélyt, vagy pedig a kérelmet el kell utasítani. Továbbá, hogy egy frekvencia-árverés megfelelően zajlott-e le és ha igen, milyen eredménnyel zárult. Azaz a futtatás során *a jogszabály szövegét a konkrét esetre, azon belül a konkrét alanya „testreszabottan” lehetett megjeleníteni* – a függvényesített változat segítségével.

A HÍF szakemberei vették észre ennek egy lehetséges hasznosítását: a futtatást a HÍF ügyfélszolgálati irodáinak pultjain arra lehetne és kellene használni, hogy az engedélyt kérni szándékozók – testreszabottan, maradéktalanul, egyértelműen – tájékoztassák az engedélyezés jogszabályba foglalt feltételeiről. Ennek eredményeként nemcsak egyértelművé, pontosabbá válik maga az ügyfél-tájékoztatás, hanem nagyobb valószínűséggel lesznek „komplettebbek”, ügyintézésre alkalmasabbak az ügyfelek beadványai. (Személyi változások miatt nem folytatódott a munka.)

E felismeréstől már csak egy lépésre volt szükség egy újabb típusú e-közigazgatás koncepciójához: legyenek *internetes környezetben* elérhetőek az ügyfelek egy-egy ilyen engedélyezési, vagy bármely más, közigazgatási eljárást igénylő eseteinek teljes joganyagai. (Azaz egy-egy témakör esetében a vonatkozó törvény és a végrehajtás különböző szintű előírásainak összefésült, zárt, koherens függvényformái.) E konstrukcióban már nemcsak az ügyfél-tájékoztatást, hanem például *a beadvány jogszabálynak megfelelő összeállítását és benyújtását is elektronikus útra lehet terelni*. (Természetesen a szükséges kapcsolódó dokumentumok eljuttatását egyéb módon meg kell oldani.)

A HÍF-nél és az egyéb helyeken végrehajtott korábbi alkalmazások azonban egyértelműen rámutattak egy, könnyen belátható és nem csak magyarországi problémára: a jogszabályok – konzisztencia problémák miatt eleve nem alkalmasak elektronikus felhasználásra. A formalizálással ugyan kimutathatók a joghézagok, az ellentmondások, de nem elég a függvényt konzisztenssé tenni: magát a jogszabályt csak az arra jogosult jogalkotók korrigálhatják, a függvényforma viszont nem lehet sem „jobb”, sem „rosszabb”, mint maga a hatályos jogszabály.

A szöveges függvényforma alkalmazása a törvényalkotásnál sajátos megoldást tesz lehetővé. Ennek realizálását a Belügyminisztériumban egy most lezárult projekt eredménye igazolta. (Társadalmilag eléggé kényes

területen, a polgári rendeltetésű lőfegyverekről szóló törvényjavaslat elkészítésében próbáltuk ki sikeresen a megoldást.) A függvényforma segítségével először a zárt, koherens, futtatásra alkalmas modellt állítottuk elő, és ebből fogalmaztuk meg a szöveget. Az épp jelenleg folyó társadalmi vita során e koherens függvényrendszerből (struktúrából és folyamatleírásból) kiindulva értékeljük a beérkező véleményeket, amelyek magát a struktúrát, annak alapjait nem, csak meghatározott ágait érintik. Ezt követően az elfogadható észrevételeket a szakértők könnyen be tudják építeni a megfelelő helyükre.

Tehát a felvázolt megoldás végül is olyan jogszabályok megalkotását teszi lehetővé, amelyek eleve alkalmasak elektronikus, pl. internetes környezetben történő felhasználásra. Ez a körülmény pedig messze kiszélesítheti az e-közigazgatás, majd továbblépve – a kellő általánosítások után – az információs társadalom lehetséges megvalósítási körét.

## Az informatikai környezet

A kísérletekhez a mai napig egy kölcsönkapott rendszerkeretet használtam a jogszabályokkal végzett szimulációra. A szóban forgó programrendszer, az ALLEX PLUS 2.0, egy PROLOG alapú szakértői rendszerkeret, amelyet a nyolcvanas évek végén a dr. Futó Iván által vezetett team a SZÁMALK és az SZKI közös munkájaként fejlesztette ki. A rendszerkeret még DOS alatti használatra készült. A szimuláció során lényegében minden fontos kritériumnak megfelelően működik, de amellett, hogy elég sok kényelmetlenséggel jár a tudásbázis előállítás, és hogy a ma megszokott és elvárt korszerű és elegáns képernyő-megjelenést nem tudja nyújtani, a fő probléma, hogy *internetes és így az e-közigazgatásban való felhasználásra nem alkalmas*.

Tehát szükség lenne – az ALLEX kiváltásaként – egy olyan rendszerkeret kifejlesztésére, amely az internetes környezetben képes működni. Itt lép be a képbe a BME Irányítástechnika és Informatika Tanszék. Arató professzor és munkatársai, amint megismertek a témával, a korábbi alkalmazások eredményeivel készségesen segítséget nyújtottak a továbbfejlesztés elindításában. Egyetértettünk abban, hogy mindenképp szükség van egy új programrendszer előállítására. Anál is inkább, mert megvizsgálták a nemzetközi piacot és azt látták, hogy a jog terén nincs olyan, már kipróbált és bevált megoldás, amely akár a termék, akár a publikált kutatás szintjén konkurensünk lenne. (Természetesen vannak olyan kutatások, amelyek a mesterséges intelligencia alapján folynak, de általánosítható eredményhez, módszertanhoz nem vezettek.) A tanszék rendszerfejlesztés célú pályázatait azonban minden alkalommal visszautasították.

Látni kell, és ez a szöveges függvénynél leírtakból talán érzékelhető volt, hogy a teljes témakörön belül viszonylag jól különválasztható egyik oldalon egy formális nyelvi és módszertani, másik oldalon egy infor-



matikai részterület. (A nyelvi, módszertani szegmens önálló voltát azzal lehet alátámasztani, hogy azt akár 200 évvel ezelőtt is alkalmazni lehetett volna.) A nyelvi, módszertani rész már teljesen készen volt kb. négy évvel ezelőtt és informatikai szempontból – ALLEX-es környezetben demonstrálva – „működött”, így valamilyen befektetői körben már évekkal ezelőtt „eladható” dolog volt. Azonban egész más tudományos, üzle-

ti és presztízsbeli értéket képviselne, ha nem csupán egy, a gyakorlatban igazolt módszertannal, hanem egy korszerű informatikai környezetben „iparszerűen” alkalmazható, kulcsrakész, komplett megoldással vehetnénk alkalmazásba a jog, a közigazgatás, az e-közigazgatás területén, és ha így léphetne ki vele az ország az információs társadalom felé igyekvő civilizált világ elé is.

## Hírek

### Simonyi Károly-díj

A díjat először 2002. november 4-én, a magyar tudomány napja alkalmából a Magyar Tudományos Akadémia 177., ünnepi közgyűlésén, Mádl Ferenc köztársasági elnök jelenlétében adták át

- a műszaki tudományok területéről Csurgay Árpád akadémikusnak,
- a fizikai tudományok területéről Németh Judit akadémikusnak.

A Magyar–Amerikai Koalíció (Hungarian–American Coalition) és az Arany János Közalapítvány a Tudományért 2002. június 28-án egyezményt írt alá egy hároméves programról, amelynek keretében a Magyar–Amerikai Koalíció 60 ezer USD-t ajánlott fel a Simonyi Károly-díj alapításához, és az adományozás lebonyolításához kapcsolatos feladatok ellátásához. A díjat a közalapítvány kuratóriumának elnöke ünnepélyes kezek között, minden évben a magyar tudomány napján adja át. A két, egyenként 10 ezer dolláros díjat

- a műszaki tudományok
- és a fizikai tudományok

területén a felsőoktatásban vagy kutatóintézetben működő, kiemelkedő tudományos teljesítményt nyújtó oktatók és kutatók munkásságának elismeréseként ítélik oda.

Az egyezmény aláírása után létrehozott Simonyi Károly szakkuratórium vesz részt a díj pályáztatásában, elbírálásában, és tesz javaslatot az Arany János Közalapítvány a Tudományért kuratóriumának a díj odaítélésére.



A KidSmart programot az IBM az Informatikai és Hírközlési Minisztériummal, valamint az Oktatási Minisztériummal együttműködve Spanyolország, Portugália, Olaszország, Csehország és Ausztria után Magyarországon is elindította. A cél az információs társadalom kialakításának elősegítése, a digitális szakadék csökkentése, hogy mindenki egyenlő eséllyel tehessen szert számítógépes ismeretekre, és óvodáskorú gyermekek is megbarátkozhassanak a számítógépek világával.

A program keretében gyermekeknek készített, biztonságos, színes, ütésálló, „kakaóbiztos” és a kicsik méreteire szabott házzal és bútorzattal ellátott korszerű számítógépek kerülnek elhelyezésre az óvodákban, 3–7 éves gyermekeknek készült, magyar nyelvű készségfejlesztő alkalmazások kíséretében.

2001-ben a cambridge-i egyetem értékelt a programot, mely egyértelműen igazolta, hogy a gyermekek koncentrációképessége, valamint a tanítás és tanulás minőségi szintje jelentősen javult az új eszközök használatával. Jelenleg további kutatás folyik öt másik európai országban e megállapítások helytállóságának ellenőrzésére.



A 2002. évi Kármán Tódor-díjakat Magyar Bálint oktatási miniszter adta át. Az egyéni díjazottak: Boda Miklós, az Ericsson Magyarország kutatási-fejlesztési igazgatója, vezérigazgató-helyettes, valamint Csapody Miklós, a General Electric tanácsadója. A 2002-es vállalati díjazottak a Graphisoft Rt., a KITE Rt. és a Varinex Informatikai Rt.

Az Oktatási Minisztérium 2000-ben alapította a Kármán Tódor-díjat. Az alapítók célja azon gazdasági vállalkozások elismerése, akik a magyarországi oktatás, képzés, felnőttoktatás, tudományos kutatás támogatásának aktív részesei.

# Aktív és programozható hálózatok felügyelete

ALÉX GALIS<sup>1</sup>, ALVIN TAN<sup>1</sup>, JOAN SERRAT<sup>2</sup>, JULIO VIVERO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> University College London, Department of Electrical and Electronic Engineering, Torrington Place, London WC1E 7JE, Anglia; Tel: +44 20 7679 3956, email: {a.galis, atan}@ee.ucl.ac.uk

<sup>2</sup> Universitat Politècnica de Catalunya, Dept Teoria del Senyal i Comunicacions, Jordi Girona, 1-3, 08034 Barcelona, Spanyolország; Tel: + 34 93 401 6586, email: {serrat, vivero}@tsc.upc.es

A házirendalapú (policy-based) hálózatfelügyeleti módszerek és az aktív és programozható hálózatok tudományos eredményeire kitérve foglalkozunk össze az egyik új architektúrával, amit az IST kutatási program FAIN projektjének keretében fejlesztettek ki [A.3]. A FAIN egy hároméves projekt, melynek fő célja megbízható, nyílt, rugalmas és programozható hálózati architektúrát kidolgozni. A cikkben bemutatjuk a FAIN házirendalapú hálózatfelügyeleti rendszerét.

## 1. Bevezetés

A hálózatokkal foglalkozó kutatók már jó ideje felismerték, hogy az új szolgáltatások gyors bevezetéséhez a hálózatokat rugalmasabbá és dinamikusan átkonfigurálhatóvá kell tenni. E cél megvalósításához módosítani kellett a hagyományos egydimenziós hálózati modellt: a fejrész-feldolgozási és csomagtovábbítási dimenzió mellé egy második számítási dimenziót is hozzá kellett adni. A két dimenzió kombinációja adja a *programozható hálózatokat*. Ennek megvalósítására két irányvonal körvonalazódott. Az elsőt az Opensig (Open Signalling – Nyílt Jelzésrendszer) [A.0] közösség képviseli, míg a másodikat az Active Networks (Aktív Hálózatok) közösség [A.27] viszi, elsősorban a DARPA pártfogásával [A.15]. Az Opensig közösség ajánlása szerint a programozhatóságot nyílt hálózati interfészek definiálásával célszerű megvalósítani, amelyek a hálózat fizikai eszközeit és szolgáltatásait elosztott objektumokkal modellezik. Ezzel a megoldással új, külső szolgáltatók léphetnek be a távközlési piacra, és saját értéknövelt szolgáltatásokat vagy a konkurencia szolgáltatásainál hatékonyabb szolgáltatásokat kínálva versenyezhetnek a nagy gyártókkal, hálózatüzemeltetőkkel. Az elveket az IEEE 1520 számú, „Programmable Interfaces for Networks” (Programozható Hálózati Interfészek) nevű szabványosítási projektjének keretében formalizálták [A.4], [A.21].

Az Active Networks (AN) közösség egy még dinamikusabb megközelítést választott, melyben az aktív hálózat csomagjai az adatok mellett olyan futtatható kódot is tartalmaznak, amely azonnal képes a kívánt szolgáltatásokat megvalósítani. A kiválasztott csomópontokban a kapott kódot futtatva műveletek végezhetőek a csomag adatain, vagy megváltoztatható a futtató csomópont állapota, ami befolyásolja a későbbiekben a csomóponthoz érkező csomagok kezelését.

Mindkét közösség elgondolásai elég kiforrottakká váltak ahhoz, hogy legyen értelme egyetlen programozható architektúra létrehozása érdekében a konvergenciára törekedni. Ebből a szempontból a két architektúra jellemzői és megoldásai inkább tekinthetők egymást kiegészítőknél, mint szembenállóknak.

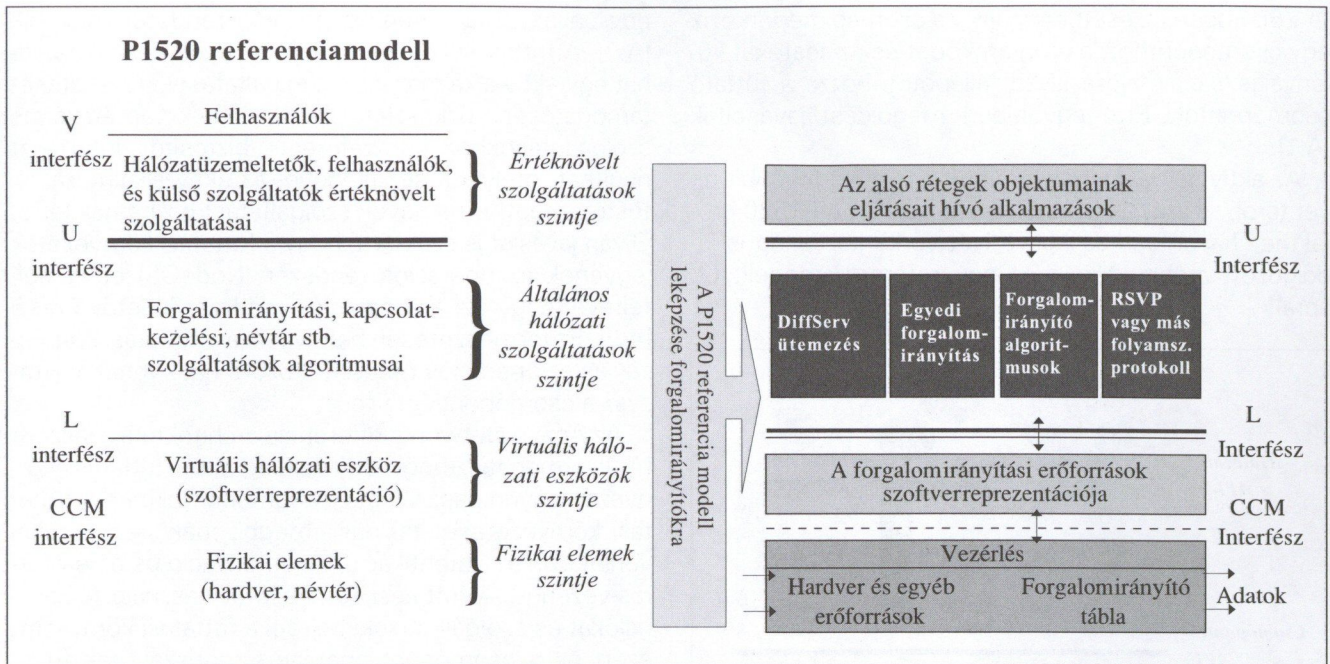
## 2. Programozható és aktív hálózatok

Az Opensig hálózatok kialakítása mögött az a meglátás van, hogy mind a monolitikus, mind az összetett vezérlő architektúrák egyszerű elemekből épülnek fel, amelyek alapvető hálózati szolgáltatásokat képesek nyújtani. E szolgáltatásokat egy-egy magas szintű programozási nyelven megvalósított objektummal modellezve új generációs hálózati architektúrához jutunk, mely több új és kedvező tulajdonsággal rendelkezik: a különböző hálózati technológiák együttműködhetnek és a programozhatóság révén lehetőség van új szolgáltatások létrehozására [A.3].

Az Opensig közösség eredményeinek jó részét az IEEE a 1520 számú, programozható hálózati interfészekkel foglalkozó projekt és a hozzátartozó referenciamodellel keretében szabványosította [A.4]. A P1520 projekt ajánlása szerint az új szolgáltatások összeállításához, bevezetéséhez nyílt interfészek kellenek, melyek réteges felépítésűek, mindegyik réteg a fölötte lévőnek nyújt szolgáltatásokat. Az entitások a szint alkalmazási területétől és működésétől függően lehetnek algoritmusok, logikai vagy fizikai erőforrásokat reprezentáló objektumok. Ebből az elgondolásból származik az 1. ábra bal oldalán látható referenciamodellel.

A P1520 referenciamodellel az alábbi négy szintet különbözteti meg:

- Fizikai elemek (Physical Element – PE) szintje, amely a hardver és az eszköz architektúrája által támogatott szolgáltatásokat tükrözi;



1. ábra A P1520 referenciamodell és leképezése IP forgalomirányítókra

- Virtuális hálózati eszközök szintje (Virtual Network Device Level – VNDL), amely az erőforrásokat logikailag objektumok (entitások) formájában jeleníti meg; a felső rétegek elől elfedi a hardver és a szabadalmazott interfészek jellemzőit;
- Általános hálózati szolgáltatások szintje (Network Generic Services Level – NGSL), amely azon elosztott algoritmusokból mint entitásokból áll, amelyek a VNDL szint objektumait kötik össze az adott hálózati funkcióknak (pl. forgalomirányítás, kapcsolatfelépítés) megfelelően;
- Értéknövelt szolgáltatások szintje (Value-Added Services Level – VASL), amely az NGSL szint általános szolgáltatásait továbbfejlesztő algoritmusokat (entitásokat) tartalmaz. Ezek a felhasználó igényeinek megfelelő szolgáltatásokkal egészítik ki az alkalmazásokat.

A négy szint négy interfészt definiál, név szerint a CCM (Connection Control and Management – kapcsolatvezérlés és -kezelés), az L (Lower – alsó), az U (Upper-felső) és a V (value-add – értéknövelt) interfészeket. A CCM interfész tulajdonképpen olyan protokollok összessége, amelyek nagyon alacsony szintű állapot- és vezérlőinformáció-cserét tesznek lehetővé. Az L interfész olyan API-t definiál, amely a helyi erőforrásokat kezeli. A CCM és az L interfész a csomóponti interfészek csoportjába tartozik. Az U interfész lényegében a kapcsolat létrehozásával összefüggő feladatokhoz biztosít API-t. Az L interfészhez hasonlóan az U interfész elfedi a különféle kapcsolatfelépítési kérésektől az azokat ténylegesen megvalósító algoritmusokat. A V interfész pedig (az 1. ábrán nincs jelölve) gazdag API-t biztosít testreszabott (leggyakrabban értéknövelt) szoftverek készítéséhez. Az U és a V interfészek

egészhálózat-szintűek. A P1520 referenciamodell bármely hálózati technológián működő, általános keretrendszert biztosít a programozói interfészek hálózati funkciókra való leképezéséhez.

Az 1. ábra jobb oldala mutatja a P1520 modell leképezését IP forgalomirányítókra. A kutatók egy olyan keretrendszer kidolgozásával foglalkoznak, amely lehetővé teszi nemcsak a forgalomirányítók (pl. routerek), hanem bármely más a forgalomirányítókhoz vagy az optikai kapcsolókhoz hasonló, az adatok továbbításában részt vevő hálózati elem interfészeinek megtervezését [A.5].

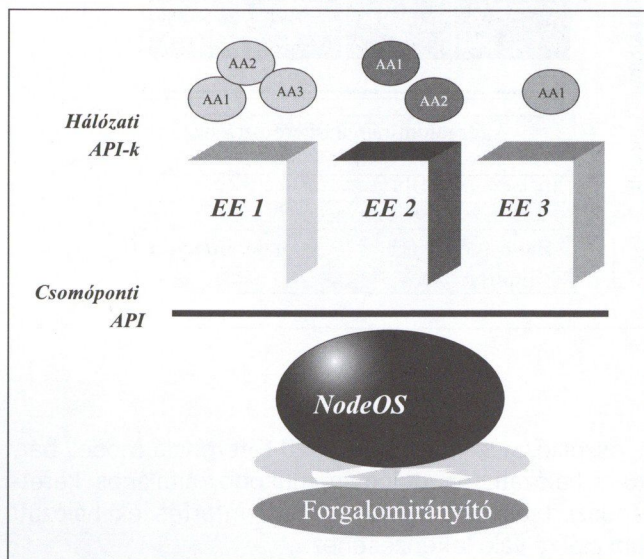
Az Active Networks csoport a korábban passzív csomagokat aktívvá teszi, ugyanis az adatok mellett futtatható kódot is szállítanak. A kijelölt (aktív) csomópontok műveleteket végeznek az adatsomagon, és megváltoztatják a futtató csomópontok állapotát, így azok a később érkező csomagokat már az új állapotnak megfelelően kezelik. A programot és az adatokat szállíthatják külön csomagokban (out of band) vagy együtt (in-band). Külön szállított esetben a kód csomópontba juttatásának feladata elválik a csomag feldolgozásától. A felhasználó vagy a hálózatüzemeltető először az adott útvonal forgalomirányítóihoz juttatja az igényeknek megfelelő kódot. Miután az adatsomag megérkezett, a forgalomirányító megvizsgálja a csomag fejréjét, és kiválasztja az előre telepített programkódok közül a megfelelőt a csomag kezeléséhez [A.16].

A kódletöltésnek és a végrehajtásnak a vezérlésben is szét kell válnia. Ez lehetőséget biztosít a hálózatüzemeltetők számára, hogy a programok dinamikus letöltésével, majd futtatásával bővítsék a csomópontok szolgáltatásait.

A másik eset az integrált megközelítés, amelyben a programkódot és az adatokat egyazon csomag szállítja

[A.26]. Ebben az esetben amikor a csomag megérkezik egy csomóponthoz, a programkódot és az adatokat külválasztják, majd a kívánt állapotba hozza a futtató csomópontot. Erre egy hibrid megoldást javasoltak [A.1].

Az aktív hálózat a hagyományos tárol és továbbít elvet tárol, számít és továbbít elvre cseréli. A P1520 projekthez hasonlóan az Active Networks közösség is kidolgozott architektúrájához egy referenciamodellt (2. ábra).



2. ábra Az aktív csomópontok architektúrája

A modell szerint az aktív hálózat aktív és hagyományos (nem aktív) csomópontok keveréke. Az aktív csomópontok valamilyen csomóponti operációs rendszert (NodeOS) futtatnak, és több futtatási környezet (Execution Environment – EE) használatát teszik lehetővé egyetlen csomóponton. A környezetek szolgáltatásait aktív alkalmazások (Active Application – AA) veszik igénybe. A megvalósult futtatási környezetek nagyon tágra értelmezik a hálózati API fogalmát, hiszen a programozási nyelvektől, a virtuális gépeken és bájtkódokon át (pl. a Smart Packets projekt Spanner nyelve és virtuális gépe), a fix méretű paramétereket egyszerű lista formájában megadó, statikus API-kig, sok mindent használnak [A.10]. Ebből a szempontból a futtatási környezetek olyan middleware (közbülső szoftver) eszközkészletnek tekinthetők, amelyek segítségével új szolgáltatások hozhatók létre és működtethetők.

### 3. A fain hálózat csomópontjainak felépítése

Fogalmilag a futtatási környezet tekinthető az aktív hálózat programozási környezetének [A.23], amely példányosításkor válik a folyamat futtatási környezetévé vagy önálló folyamattá [A.6]. A programozási környezet jelenthet egyetlen programozási nyelvet, így a futtatási környezet biztosíthat olyan API-t, amely mögött

egy Java virtuális géphez hasonló rendszer működik [A.9]. A futtatási környezet az API révén kezünkbe adhat egy aktív alkalmazások (szolgáltatások) fejlesztését támogató eszközkészletet [A.6], vagy olyan általános szolgáltatásokhoz hozzáférést biztosító interfészt nyújthat, melynek segítségével az aktív alkalmazások testreszabott értéknövelt szolgáltatást hozhatnak létre. Olyan javaslat is született, hogy a futtatási környezetek legyenek az operációs rendszer (NodeOS) bővítései, feltéve, hogy ezt az operációs rendszer lehetővé teszi [A.2]. Ez természetesen befolyásolja a futtatási környezet és az operációs rendszer közötti határvonal helyét, azaz a csomóponti interfészt.

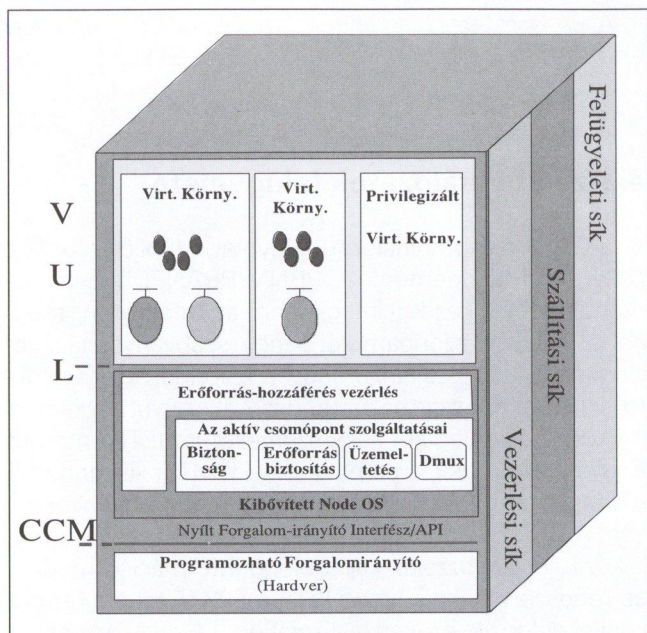
Az Active Networks referencia architektúrája viszont [A.9] támogatja, hogy egyidejűleg több futtatási környezet legyen használható a csomópontokban. A futtatási környezeteket tekintik „megbízónak”, ezért rájuk vonatkozik az autentikáció, az autorizáció és az erőforrás-vezérlés. A futtatási környezetet használó felhasználókat és szolgáltatásokat elrejt a futtatási környezet, ezért ők a csomópont operációs rendszerének funkcióihoz csak a futtatási környezetükön keresztül férhetnek hozzá. Az [A.13], [A.12] irodalmakban publikált prototípusok ezen elvet használják.

A futtatási környezeteket nem a használt technológiával, sokkal inkább az általuk nyújtott szolgáltatásokkal és azzal az architektúráis síkkal (control – vezérlés, management – felügyelet, transport – szállítás) jellemzik, amelyben működnek [A.7], [A.8]. Ebből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy nagyon nehéz olyan architektúrát készíteni, amely ha nem is az összes, de a legtöbb futtatási környezet megközelítését magában foglalja.

A futtatási környezetek a következő három szempont szerint sorolhatók kategóriákba:

- A technológiák közé olyan eszközök tartoznak, mint a programozási nyelvek, a célhardverek és a Java virtuális gépek.
- A szolgáltatásokat a futtatási környezetek nyújtják, általában statikus interfészekon keresztül, ami nem jelent statikus futtatási környezetet is. A szolgáltatások ugyanis bővíthetők, ha a futtatási környezetek egy további interfészt (szolgáltatást) is kínálnak, amelynek segítségével az adott szolgáltatás kibővíthető. Ilyen például a kódszétosztási szolgáltatás, amely a bővítések letöltéséhez használható.
- A futtatási környezet virtuális környezetnek tekinthető, amely (Virtual Environment – VE) maga is egy absztrakció. A környezeteken belül szolgáltatásokat találunk, amelyek együttműködhetnek egymással. A NodeOS szempontjából a virtuális környezet a „megbízó”, ezért az felelős az erőforrások felhasználásáért, a házirend megsértéséért is büntetést kap, és ehhez rendelik a jogosultságokat is.

Természetesen, ha ezt a három szempontot összemossuk, az a referenciaarchitektúra meghatározásának szempontjából zavaró lehet. A 3. ábra mutatja a referenciaarchitektúrára tett javaslatunkat. A technológiák kimaradtak a modellből, mert ezek létesítési kérdések.



3. ábra A FAIN referenciaarchitektúra

Megoldásunk a szolgáltatásokhoz az interfészek szemszögéből közelít, és azt vizsgálja, hogy miként lehet ezeket kombinálva új szolgáltatásokat létrehozni, így velük egy valódi szolgáltatási platform építőköveit hozzuk létre. A szolgáltatások összeállításának metodikája azonban már kívül esik a FAIN keretein. Követhetjük a P1520 projekt megközelítését, s U és V interfészeket definiálhatunk, vagy a Switchware PLAN nyelvéhez hasonló aktív nyelvet használhatunk. Ezek a szolgáltatások elhelyezkedhetnek a vezérlési (control) vagy a felügyeleti (management) síkon, vagy valamennyi síkot átfoghatják.

A szolgáltatások bármelyik szinten, tetszőleges technológiával megvalósíthatók a csomóponton belül. Ezzel a megoldással a megvalósítás elválik a hozzá tartozó architektúrától, és a virtuális környezet úgy biztosít helyet a szolgáltatások használatához, hogy a felhasználói csoportok egymás zavarása nélkül vehetik igénybe őket. Ha egy virtuális környezetben belül többféle technológiát használunk, az hátrányosan érinti a különböző rendszerek együttműködését. Ez a helyzet elkerülhető, ha olyan közös interfésznyelvet vagy reprezentációt (wrapper) választunk, amely elrejti a különböző megoldásokat. Így több (aktív és nem aktív) technológia létezhet és használható egyszerre ugyanabban a virtuális környezetben. A szinergia megvalósítása implementációs kérdés, ehhez néhány ötlet található [A.2]-ben a konkurenciamodell tárgyalásánál. A virtuális környezetek összekapcsolásával valódi virtuális hálózathoz jutunk. Az AN közösség azt ajánlotta, hogy csak néhány virtuális környezet (EE) létezzen együtt minden csomópontban, és valamennyi külön virtuális gépet valósítson meg a NodeOS felett.

A referenciaarchitektúra további jellemzője, hogy a virtuális környezet kapcsolatban semmilyen feltétellel nem él: lehet az egy alkalmazás, egy speciális szol-

gáltatási környezet (pl. video on demand) vagy akár egy teljes hálózati architektúra [A.12], [A.13]. Sőt a virtuális környezet lehet egyetlen technológia (pl. Java) is. A döntést a felhasználók igényeinek megfelelően kell meghoznunk. Ha több virtuális környezet is létezik a csomópontban, kell lenni köztük egy kiválasztottnak, amelynek segítségével a további virtuális környezetek létrehozhatók. A privilegizált virtuális környezet tulajdonosa a szolgáltató, és jogában áll a felhasználó nevében kialakítani a kért virtuális környezetet. Ebből a szempontból a virtuális környezetek létrehozása egy fajta metaszolgáltatásnak tekinthető.

A referenciaarchitektúra másik fő eleme a csomópont operációs rendszere, a NodeOS, amely a többi elemet összefogja, és támogatja. A NodeOS-re úgy tekinthetünk, mint az aktív csomópontok szolgáltatásainak gyűjtőjére [A.19]. E szolgáltatások adják a csomópont helyi szolgáltatásait, és biztosítják az alapokat az egész hálózaton érvényes szolgáltatásokhoz. Az aktív csomópontok szolgáltatásai például:

- Erőforrás-gazdálkodási szolgáltatások biztosítják a virtuális környezetek erőforrás-felhasználásának szétválasztását, és garantálják, hogy a hívásengedélyezési fázis alatt az erőforrás-felhasználás a szerződés keretein belül marad, mind statikus, mind dinamikus a hívásengedélyezés esetén.
- Biztonsági szolgáltatások közé tartozik az autentikáció és az autorizáció, melyek az erőforrások és a csomópont egyéb objektumainak (pl. interfészek, könyvtárak) felhasználását szabályozzák. A biztonság, előírásokat a virtuális környezetek házirendje határozza meg.
- Az alkalmazás/szolgáltatás programkódját telepítő szolgáltatásoknak a NodeOS-nek támogatnia kell a programok telepítését, részben statikus vagy dinamikus szolgáltatások formájában.
- Demultiplexálási szolgáltatások (DEMUX) feladata a csomópontba érkező csomagok szűrése, osztályozása, és a megfelelő virtuális környezetekhez, pontosabban az azokon belül található, címzett szolgáltatásokhoz való továbbítása.
- Csomópont-üzemeltetési szolgáltatásoknak elsősorban a virtuális környezetek beindításáról és üzemeltetéséről, az erőforrás-kezelési és biztonsági szolgáltatások irányításáról kell gondoskodni.
- A csomópont külső interfészei / hálózati API komponensek – A programozói interfész (Application Programming Interface – API) teszi lehetővé, hogy a heterogén, elosztott futtatási környezetek (pl. aktív hálózatok) objektumai transzparens módon tudjanak más platformok objektumainak kéréseket küldeni, vagy tőlük válaszokat fogadni. A programozói interfész objektumorientált megvalósítású, és különböző kategóriákba sorolható interfészekből áll. A szolgáltatási interfészek teszik a hálózati funkciókat elérhetővé az alkalmazások számára; a keretrendszer interfészek biztosítják a környezetet a szolgáltatási interfészek nyíltságának, biztonságosságának, rugalmasságának és kezelhetőségének megteremtésé-

hez; az adminisztrációs interfészek feladata a vállalaton belül fölmerülő adminisztrációs problémák megoldása. Az API-k működőképes verziójának előállításához IDL specifikációkat használnak.

Az erőforrások biztonságos és igazságos felhasználásának biztosításához erőforrás-gazdálkodási keretrendszert definiálnak, melynek feladata, hogy az erőforrásokat (pl. számítási erőforrások: CPU idő, memória; hálózati erőforrások: sávszélesség, forgalomirányító táblák) szétossza, felhasználásukat függetleníse. A keretrendszer az API-t az erőforrások absztrakciójával valósítja meg, továbbá implementál egy rendtartó entitást is, amely a házirendnek megfelelően szabályozza a hozzáférést a csomópont erőforrásaihoz.

A NodeOS szolgáltatásai együttműködnek, így biztosítják a teljes funkcionalitást. Fontos kérdés, hogy a szolgáltatások mekkora része kerüljön a NodeOS-be, és mekkora része a virtuális környezetekbe. A válasz összefügg a NodeOS bővíthetőségével. Például, ha a fejlesztők kisméretű NodeOS mellett döntenek, és nem kínálnak színvonalas, programkód-telepítő szolgáltatást, akkor a virtuális környezeteknek kell ezt megvalósítaniuk, ami ahhoz vezet, hogy minden virtuális környezet saját letöltőt fog használni. A két megközelítés között tehát az a különbség, hogy az első esetben a virtuális környezeteknek mindent az alapoktól kell felépíteniük, míg a második esetben építhetnek bizonyos szolgáltatásokra.

A FAIN modellben az erőforrás-kezelő keretrendszer és az aktív hálózat szolgáltatásait egy elosztott feldolgozási környezet (DPE – Distributed Processing Environment) nyújtja, amelyet a teljesítmény- és a funkcionalitásigényeknek megfelelően kell megválasztani. A használt elosztott feldolgozási környezet épülhet a TINADPE [A.26] rendszerre, valós idejű ORB könyvtárra, JAVA virtuális gépre, mobil ügynök vagy bármely más elosztott platformra. Ahhoz, hogy az elosztott alkalmazások számára teljes körű jelzésátviteli és valós idejű QoS szabályozási szolgáltatást lehessen biztosítani, az elosztott feldolgozási környezetnek egy dedikált ORB könyvtárat és egy mobil ügynök platformot kell magába foglalnia. Az elosztott multimédia- és valós idejű alkalmazások támogatásához egy speciális, nagy teljesítményre optimalizált futtatási környezetre van szükség (nagy csomagfeldolgozási sebesség, kis késleltetés). Így az aktív hálózatok szolgáltatásai a jövő információs társadalmának változatos igényeit is ki tudják majd elégíteni.

A csomóponti platform alapvető funkciókat biztosít a futtatási környezetek számára. A platform operációs rendszerként működik, kezeli az aktív csomópont erőforrásait, vezérli az adattovábbítást, az adatfeldolgozást és az adattárolást. Feladata, hogy az erőforrás-kezelés részleteit elrejtse a virtuális környezetek előtt, és a környezetek futásának nem kívánt egymásra hatását megakadályozza. A virtuális környezetek pedig a felhasználó szeme előtt rejtik el a platform részleteit és megvalósítják a hálózati API-t.

A FAIN referenciaarchitektúra a kiindulási alap egy részletes csomóponti architektúra specifikáció megalkotásához.

#### 4. Az aktív hálózatok felügyelete

A házirendalapú hálózatfelügyelet (Policy Based Network Management – PBNM/PBANEM) csak az utóbbi időben kezdett megjelenni az Interneten, meghonosításához azonban előbb egy szabványosítási folyamatnak kell lezajlania, hogy a különböző fejlesztőktől, gyártóktól származó rendszerek együtt tudjanak működni. Jelenleg két nagy szervezet, az IETF (Internet Engineering Task Force) és a DMTF (Distributed Management Task Force) is dolgozik a szabványosításon. A DMTF főleg a házirendek reprezentációjával foglalkozik, és a hozzájuk kapcsolódó információs modellt és rendszert alakítja ki. Az IETF a DMTF-fel együttműködve dolgozik ezeken a témákon is, de ugyanakkor egy általános keretrendszert és egy protokollt is próbál kidolgozni a házirendalapú hálózatfelügyelet megvalósítására.

A hagyományos hálózatfelügyeleti megközelítéshez képest a házirendalapú módszer egy sokkal rugalmasabb, testreszabhatóbb megoldás. Lehetővé teszi, hogy a forgalomirányítókat üzem közben állítsuk át a felhasználónak legmegfelelőbb alkalmazás futtatására. Ennek a rugalmasságnak azonban ára van. A házirend alapú rendszerrel szemben biztonsági és skálázhatósági problémák merülhetnek fel, ami annak köszönhető, hogy eredetileg LAN hálózatokon használták ezt a módszert. További problémát jelent a mai rendszereknél a házirendek értelmezése. A jelenlegi információs modell korlátozza a definiálható házirendi szabályok számát, mert csak olyan osztályokat használ, amelyek csak az időn és a csomagok fejrészén alapuló feltételeket képesek kezelni. Más típusú (pl. hálózat vagy a csomópont állapotát figyelembe vevő) feltételeket az információs modell megváltoztatása nélkül nem lehet szabni. A jelenlegi architektúra további hibája, hogy csak olyan problémákat tud kezelni, amelyek fix konfigurációs beállításokra képezhetők le. A QoS paraméterek biztosításához például gyakran van szükség az érintett hálózatfelügyeleti eszközök együttműködésére, és ezt a bonyolult feladatot a jelenlegi architektúrával nem könnyű megoldani. Az is problémát jelent, hogy a keretrendszer szerint a házirendet jelenleg csak egy adminisztrációs segédprogram segítségével lehet módosítani, amihez mindig szükség van a hálózatadminisztrátor közreműködésére.

Az aktív hálózatok megközelítése [A.25] a jelenlegi házirendalapú rendszer számos problémájára kínál megoldást. Lehetővé teszi a hálózat-felügyeleti architektúra dinamikus fejlesztését, új alkalmazás, vagy eszközszerű (összetett feladatok ellátásához alakított) szabályok bevezetését, és a hálózatfelügyeleti feladatok automatizálását. A bemutatandó PBANEM architektúra jó példa arra, hogy miként lehet aktív hálózatok-

kal a hagyományos hálózatfelügyeleti módszereknél fellépő problémák jelentős részét megoldani. A hálózatüzemeltető egyik legfontosabb igénye, hogy a felhasználók részt vehessenek a hálózatfelügyeletifeladatok megoldásában, azaz a teendők egy részét ők lássák el. A hálózatüzemeltetők valószínűleg szívesen fogadják majd az aktív hálózatok megjelenésének köszönhető új lehetőségeket (pl. az új szolgáltatások gyors telepítése, a meglévő szolgáltatások testreszabhatósága, a hálózatfelügyelet és a szolgáltatáskezelés skálázhatósága és költségcsökkenése, gyártófüggetlenség a hálózati berendezéseknél, az információs hálózat és a szolgáltatások integrációja, a szolgáltatások és üzleti lehetőségek színesedése).

## 5. A fain hálózatfelügyeleti megközelítése

Az aktív hálózatok FAIN felügyeleti rendszeréhez a következő *komponensekre* lesz szükség:

- Házirend: az aktív csomópontok és az aktív hálózat felügyeletéhez szükséges szabályok.
- Az aktív csomópontok felügyeleti részei: a házirend betartásának ellenőrzését és az erőforrások felhasználásának figyelését végző hálózatfelügyeleti elemek. A házirend betartatása az igények leképzését jelenti a csomópont erőforrásainak felosztására.
- Hálózatfelügyeleti csomópontok: azon csomópontok, amelyeken keresztül a hálózatadminisztrátorok az egész aktív hálózat beállításait képesek megváltoztatni, új hálózati házirendet felvenni és érvényesíteni.

A FAIN házirendalapú hálózatfelügyelet a házirend betartatását a csomópontokra bízta. A házirend szabja meg az aktív csomópont viselkedését meghatározó szabályokat. A házirend szabályai a hálózatfelügyeleti csomópontoktól kerülnek a többi szolgáltatási csomóponthoz. A hálózatfelügyeleti csomópontoknak tudniuk kell, hogy mely szabályokat mely csomópontoknak és mikor kell elküldeni, és hogy mi lesz ennek a következménye.

Ahhoz, hogy a hálózati szolgáltatók a teljes hálózatot vagy egy részét figyelni és irányítani tudják, eszközöket kell a kezükbe adni az aktív csomópontoknak.

A hálózati szolgáltatóknak tudniuk kell, hogy az aktív csomópontok a megfelelő házirendet használják-e, és megfelelő szolgáltatást nyújtanak-e a felhasználóknak. Mivel a szolgáltatások biztosításához több aktív csomópont együttműködésére van szükség, a szolgáltatóknak az aktív csomópontokat nemcsak egyesével, hanem csoportosan kell kezelni. Olyan eszközökre is szükségük lesz, amellyel még a tényleges alkalmazás előtt ellenőrizhetik, hogy jó házirendeket definiáltak-e, és hogy a házirendek illeszkednek-e a hálózathoz. Azt is ismerniük kell, hogy egy adott pillanatban milyen szabályok vannak érvényben az aktív csomópontokban, és ezeknek mi a hatása a hálózatra. Mindehhez

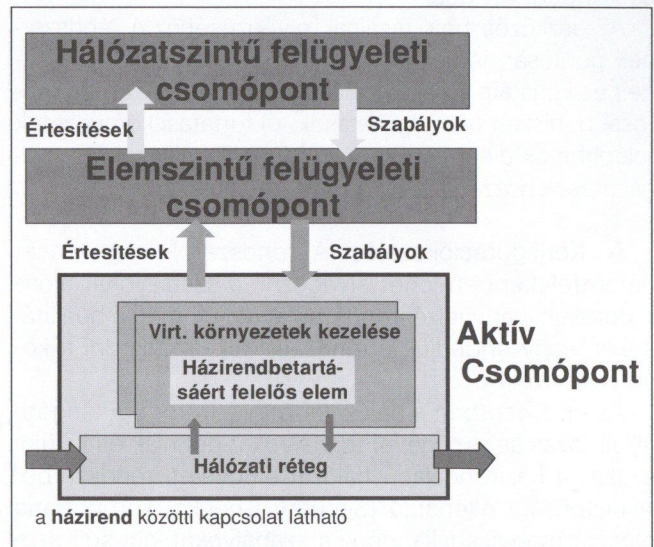
a hálózatot egységként kezelő hálózatfelügyeleti eszközökre lesz szükségük.

A FAIN architektúrában ezeket a funkciókat biztosítjuk:

- Elemszintű felügyeleti csomópontok,
- Hálózatszintű felügyeleti csomópontok.

A két típus funkcionalitása fő különbsége, hogy az általuk felügyelt alhálózatokban másfajta házirendeket használnak, és hogy a különböző felhasználókhöz tartozó hálózatfelügyeleti körzeteket másképpen hozzák létre (3. ábra).

Az aktív csomópont (4. ábra) környezete képes dinamikusan letöltött programokat, szoftverkomponenseket futtatni. Egy közösséges felhasználónak nincs joga egy aktív forgalomirányítóra futtatható kódot letölteni, a házirend megváltoztatásával csak a szolgáltató által biztosított szoftverkomponensek közül válogathat, és azok bizonyos paramétereit változtathatja meg. Arra is lehetősége lesz, hogy csomagjait megjelölje, és azokat az aktív csomópont felsőbb rétegbeli protokolljaival dolgoztassa fel.



4. ábra Aktív hálózatfelügyelet

Ezeket a hálózatfelügyeleti funkciókat két szinten valósítjuk meg: a hálózat szintjén és az elem szintjén. A FAIN architektúrában néhány (talán csak egyetlen) olyan felügyeleti csomópont lesz hálózategységként, amely képes a hálózatszintű felügyeleti funkciók ellátására. Ezzel szemben aktív hálózati elemként lesz egy-egy elemszintű felügyeleti egység. A következőkben leírt módszer továbbfejleszti a FAIN projekt keretében kidolgozott házirendalapú aktív hálózatfelügyeleti rendszer elemszintű felügyeletének funkcionalitását.

Ehhez először különböztessük meg a hálózatfelügyeleti rendszerben előforduló hibák két típusát. Az első csoportba a kritikus erőforráshibák tartoznak. Ezek a csomópont működését akadályozzák, és veszélyeztethetik a hálózat funkcionalitását. A másik típus

a nem kritikus erőforráshibák, amelyek nem okoznak fennakadást a csomópont működésében, így a helyi hibakezelő folytatja a vezérlést és kijavítja a hibát. Az ilyen hibák tipikusan csak teljesítménycsökkenést okoznak. Mindkét esetben a hibáról értesítést kell küldeni, és a döntések helyi terjesztését is meg kell oldani. Ezzel a módszerrel a globális házirend érintett szabályai úgy módosíthatók, hogy a helyi hibás működést kezelni tudják.

Az aktív hálózatok megoldást jelentenek a kritikus erőforráshibák kezelésére, mert szükség esetén gyorsan reagálnak. Még az is megoldható, hogy a házirendet dinamikusan és automatikusan módosítva az erőforrásokat átcsoportosítsuk. A hagyományos hálózatfelügyeleti megoldásokkal a késleltetések miatt ez nem valósítható meg. A házirendet elrendelő egység (Policy Decision Point – PDP) és a házirendet betartató egység (Policy Enforcement Point – PEP) hálózati elhelyezkedésétől függően együttműködésükre két felállás képzelhető el. Az első esetben a PDP és a PEP egységek különböző csomópontokban találhatóak, míg a második esetben mindkét komponenst ugyanaz a csomópont futtatja.

Az eszközök beállításainak elvégzéséhez a rendszernek pontosan ismernie kell a kezelt eszközök képességeit és korlátait. Az aktív hálózatok esetében ez még fontosabb, hiszen új szolgáltatások, új futtatási környezetek telepíthetők dinamikusan. Az új funkcionalitások és szolgáltatások hozzáadásáról a PDP-t is tájékoztatni kell.

**A. Konfigurációkezelés.** A rendszer konfigurálását háromféleképpen lehet elvégezni: a szabályokat előre megadjuk, vagy jelzésrendszerrel oldjuk meg a beállításukat, vagy engedjük a rendszert alkalmazkodni a követelményekhez.

Az első esetben a hálózatadminisztrátor egy segédalkalmazás segítségével szabályokat definiál, és kiküldi azokat a házirendalapú hálózatfelügyeleti rendszerbe. A biztonsági ellenőrző (Security Checks) komponens először megvizsgálja, hogy a szabályokat jogosult személy definiálta-e, a szabályok szintaxisa megfelelő-e, és hogy nem ütköznek-e a többi szabállyal. Az ellenőrzés után a PEP menedzser kapja meg a szabályokat. A szabályok feltételeinek bejegyzése és a hozzájuk tartozó akciók letöltése előtt ellenőriznie kell, hogy a csomópontok rendelkeznek-e a szabályokban megadott feltételekhez és akciókhoz szükséges funkcionalitással. Ehhez a PEP menedzsernek a megcélzott csomópontok lehetőségeit, képességeit nyilván kell tartania.

Ha egy csomópont nem képes egy adott szabályt érvényesíttetni, hibaüzenetet kell küldenie. Ha nem, akkor új PEP-et kell telepíteni. Az ehhez szükséges információk modellt az IETF definiálta.

A FAIN erőforrás-vezérlési keretrendszerén is múlik, hogy mely erőforrások lesznek így menedzselhetők. Ez a keretrendszer interfészt biztosít az aktív csomópontok erőforrásainak kezeléséhez és konfigurálásához. A konfigurációkezelés szempontjából az új PBNM rendszer fő feladatai a következők:

*Bizonyos szolgálatminőségi (QoS) paraméterekkel rendelkező útvonalak kiépítése, törlése és módosítása:* a hálózati elemkezelő rendszernek tudni kell egy adott folyamat számára megfelelő szolgálatminőségi paramétereket biztosító útvonalat találni, továbbá az útvonalat törölni és módosítani. A feladat ellátásához a rendszer a csomag mezők alapján a csomagfolyamokat azonosítja, a folyamatok számára a sáv szélességet lefoglalja és felszabadítja, a forgalomirányítási táblát folyamonti lebontásban módosítja.

*Futtatási környezetek létrehozása, törlése és módosítása:* az ügyfelek saját környezetekben futtathatják a programjaikat, amelyek a kívánt módon kezelik és dolgozzák fel a csomagokat. A programok futtatásához számítási erőforrásokat kell biztosítaniuk. Mindehhez a felügyeleti rendszernek hozzá kell férnie az aktív csomópont bizonyos erőforrásaihoz és a következőket kell megtenni:

*Számítási erőforrások (CPU ciklusok, memória) lefoglalása* a futtatási környezet számára, amely magában foglalja az erőforrás-vezérlési rendszerbe való beavatkozást is. Ez a rendszer vezérli a futtatási környezetek hozzáférését a csomópont erőforrásaihoz.

*Folyamok rendelése a futtatási környezetekhez:* lehet, hogy az ügyfél adott futtatási környezethez tartozó csomagkezelő programkódja a saját csomagjait egyedi módon kívánja kezelni.

*Programkód telepítése és eltávolítása a futtatási környezetből:* az ügyfél igénye szerint a felügyeleti rendszernek programokat kell telepítenie az ügyfél futtatási környezetében.

A számítási vagy adattovábbítási erőforrásokra vonatkozó foglalási kérések érkehetnek a felügyeleti rendszertől vagy az aktív csomóponttól (pontosabban a jelzési protokolltól). Ez utóbbi alternatívához a csomóponti interfésznek támogatnia kell, hogy a PBNM rendszernek foglalási kéréseket lehessen küldeni.

**B. Hibakezelés.** A PBNM rendszer hibakezelése értesíti a hálózatfelügyeleti szintet a csomópontban fellépő váratlan hibákról, riasztásokról. A felügyeleti rendszer ezután az érintett csomópontokban megpróbálja a hibát elhárítani. A felügyeleti rendszer megköveteli a csomóponti interfésztől, hogy aszinkron módon tudjon vészjelzéseket küldeni egy váratlan riasztáskor. Váratlan riasztás bekövetkezhet például torlódáskor, egy kapcsolat megszakadásakor, a csomópont szabad memóriájának elfogyásakor, a processzor túlterhelése esetén.

**C. Teljesítménybiztosítás.** A felügyeleti rendszer az aktív csomópontok néhány jellemzőjét, erőforrásait állapotát figyeli, és statisztikai információkat gyűjt, hogy a rendszer teljesítményét garantálhassa. Ehhez a csomóponti interfésznek az erőforrások kihasználtságáról információt kell szolgáltatni. Természetesen minél több információ áll rendelkezésre, annál pontosabbak a statisztikai adatok. A legfontosabbak: a CPU-kihasználtság, a memóriahasználat, a szabad memória nagysága, és a merevlemezen lévő szabad kapacitás.



A PBANEM rendszer a csomópont hálózati erőforrásainak állapota alapján dönti el, hogy mikor kell egy házi-rendi pontot érvényesíteni. Az állapotot például a következő tényezők befolyásolják: a hálózati interfészenkénti adatforgalom nagysága, a szabad és a foglalt sáv szélesség az egyes interfészekben, a sáv szélességigény folyamanként, az eldobott csomagok száma interfészenként és folyamanként, a várakozási sorok állapota.

**D. Számlázás.** A fenti módon beszerzett erőforrás-állapot adatok és a komponensenként rendelkezésre álló konfigurációs adatok alapján a PBANEM rendszer képes számlázni.

**E. Biztonság.** Kívülről csak a felügyeleti rendszernek szabad a csomópont interfészéhez hozzáférnie. További biztonsági követelmény, hogy a csomópont képes legyen átadni a felügyeleti rendszernek az erőforrás-foglalást kérő azonosításához szükséges adatokat. Így megakadályozható, hogy olyan személy foglalja az erőforrásokat, akinek nincs rá joga.

## 6. A házirend megvalósítása

*Autorizációs szabályok* határozzák meg, hogy a hálózat-felügyelet az irányítása alatt álló hálózatban lévő objektumokon milyen műveleteket végezhet [B.9]. Ezek a szabályok az erőforrások és szolgáltatások jogosulatlan használatát akadályozzák meg.

*Információsűrési szabályokra* a be- és kimeneti paraméterek átalakításakor van szükség. Az autorizációs szabályoktól abban különböznek, hogy külső autorizációs ágens nem dönthet a hozzáférésről, függetlenül attól, hogy az adott interfésznél, valamely célobjektumra vonatkozó művelet engedélyezett-e vagy sem.

*Jogosultság-átruházási szabályokra* szükség lehet a hozzáférési jogosultságok ideiglenes továbbadásakor. A biztonsági szabályoknak azonban pontosan meg kell mondaniuk, hogy egy felhasználó, milyen feltételekkel adhatja át jogait egy másik felhasználónak. A szigorú különösen indokolt az olyan rendszerekben, amelyek lehetővé teszik a jogosultságok láncszerű továbbadását. Ezek a szabályok az átruházást csak engedélyezik, és nem érintik a jogosultságok átadásának és visszavonásának lebonyolítását.

*A megtartóztatási szabályok* megadják, hogy a célobjektumon mely akciókat nem lehet végrehajtani még akkor sem, ha a végrehajtást kérőnek egyébként meg lenne a jogosultsága. Olyan helyzetekben használják, amikor a tiltó jellegű autorizációs szabályok nem megfelelőek.

*A kötelezettségre vonatkozó szabályok* meghatározzák, hogy a rendszerben a felügyeletnek bizonyos események bekövetkezésekor miket kell megtennie. Ezek a szabályok eseményvezéreltek, és megadják, hogy a céltartományban mely akciókat kell végrehajtani.

## 7. Befejezés

A cikkben a programozható és az aktív hálózatokkal foglalkozó kutatócsoportok által kifejlesztett módszereket mutattuk be. A két csoport munkája kiegészíti egymást és jelentősen hozzájárult az új architektúrák kifejlesztéséhez. Egy ilyen aktív hálózati és hálózat-felügyeleti architektúrát az IST FAIN projekt keretében fejlesztünk. A FAIN fő célja az aktív csomópont fogalmára épülő, nyílt, rugalmas, programozható és megbízható hálózati architektúra kifejlesztése és működésének ellenőrzése. A FAIN általános architektúrája az aktív hálózati, az elosztott objektum orientált és a mobil ügynök technológiák ötvözeté.

## 8. Köszönetnyilvánítás

A cikk a hároméves (2000–2002) FAIN – IST 10561 projektben eddig elért eredményeket taglalja és a jelenleg is folyó munkáról szól. Az IST programot anyagilag részben az Európai Bizottság támogatja. A FAIN konzorcium a következőkből áll: University College London (Anglia), Jozef Stefan Institute (Szlovénia), NTUA (Görögország), Universitat Politecnica de Catalunya (Spanyolország), Deutsche Telekom Berkom (Németország), France Telecom (Franciaország), KPN (Hollandia), Hitachi Europe Ltd. (K), Hitachi Ltd. (Japán), Siemens AG (Németország), ETH (Svájc), GMD Forschungszentrum Informationstechnik GmbH (Németország), IKV++ GmbH (Németország), INTEGRAsys (Spanyolország), University of Pennsylvania (USA).

### Irodalom:

#### A. Aktív és programozható hálózatok

- [A.1] Alexander, D. S., W. A. Arbaugh, M. W. Hicks, P. Kakkar, A. D. Keromytis, J. T. Moore, C. A. Gunter, S. M. Nettles, and J. M. Smith, „The Switchware Active Network Architecture”, IEEE Network Special Issue on Active and Controllable Networks, vol. 12 no. 3, May/June 1998.
- [A.2] AN Node OS Working Group, „NodeOS Interface Specification”, January 2000.
- [A.3] A. A. Lazar, K-S. Lim, and F. Marconcini, „Binding Model: Motivation and Description”, 1995
- [A.4] Biswas, J., et al., „The IEEE P1520 Standards Initiative for Programmable Network Interfaces”, IEEE Communications, Vol. 36, No 10, October 1998. <http://www.ieee-pin.org/>
- [A.5] Biswas et al., „Proposal for IP L-interface Architecture”, IEEE P1520.3, P1520/TS/IP013, 2000.
- [A.6] Berson, S., et al. „Introduction to the Abone”, 2000.
- [A.7] Bhattacharjee, S., „Active networks: Architectures, Composition, and Applications”, Ph.D. Thesis, Georgia Tech, July 1999,

- [A.8] Braden, B., A. Cerpa, T. Faber, B. Lindell, G. Phillips, and J. Kann, „ASP EE: An Active Execution Environment for Network Control Protocols”, ISI Technical Report, December 1999.
- [A.9] Calvert, K. L., ed. „Architectural Framework for Active Networks”, Version 1.0, Active Network Working Group, July 1999.
- [A.10] Calvert K. L., S. Bhattacharjee, E. Zegura, and J. Sterbenz, „Directions in Active Networks”, IEEE Communications Magazine, October 1998.
- [A.11] Campbell, A. T., H. De Meer, M. E. Kounavis, K. Miki, J. Vicente, and D. Villela „A Survey of Programmable Networks”, ACM Computer Communications Review, April 1999
- [A.12] Campbell, A. T., H. De Meer, M. E. Kounavis, K. Miki, J. Vicente, and D. Villela, „The Genesis Kernel: A Virtual Network Operating System for Spawning Network Architectures”, 2nd IEEE International Conference on Open Architectures and Network Programming (OPENARCH'99), New York March 1999
- [A.13] Van der Merwe, J. E., S. Rooney, I.M. Leslie, and S. A. Crosby, „The Tempest: A Practical Framework for Network Programmability”, IEEE Network, Vol. 12, No. 3, pp. 20-28, May/June 1998.
- [A.14] CORBA [www.corba.org](http://www.corba.org)
- [A.15] DARPA Active Networks Programme – [www.ito.darpa.mil/research/anets](http://www.ito.darpa.mil/research/anets)
- [A.16] Decasper, D., G. Parulkar, S. Choi, J. DeHart, T. Wolf, B. Plattner, „A Scalable, High Performance Active Network Node”, IEEE Network, January/February 1999
- [A.17] Hicks, M., et al., „Experiences with Capsule-based Active Networking”, Tech. Report, University of Pennsylvania, 2000
- [A.18] FAIN project WWW Server – [www.ist-fain.org](http://www.ist-fain.org)
- [A.19] IETF „An architecture for Differentiated Services” S. Blake, August 1998  
<http://search.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-diffserv-arch-01.txt>
- [A.20] ITU-T Recommendation Q.1201 „Principles of intelligent network architecture”-1992; Recommendation O.1224 „Distributed functional plane for intelligent networks-CS-2” -1997; Recommendation Q.1225 „Physical plane for intelligent network CS-2”-1997; Recommendation Q.1211 „introduction to intelligent network CS-1”- 1993; Recommendation Q.1229 „Intelligent network user s guide for capability set 2”- 1997.
- [A.21] RFC 2475, „An Architecture for Differentiated Services”, 1998.
- [A.22] Smith, J. M., et al., „Activating Networks: A Progress Report”, IEEE Computer, 1999.
- [A.23] Schwartz, B., A. W. Jackson, W. T. Strayer, W. Zhou, D. Rockwell, and C. Partridge, „Smart Packets for Active Networks”, OPENARCH'99, March 1999
- [A.24] TINA [www.tinac.com](http://www.tinac.com)
- [A.25] D. Tennenhouse, D. Wetherall – „Towards an active network architecture” Computer Communications Review, 26, 2 (1996), pp 5-18.

### B. Hálózatfelügyelet aktív és programozható hálózatokban

- [B.1] M. Brunner, R. Stadler, Virtual Active Networks – Safe and Flexible Environments for Customermanaged Services, Tenth IFIP/IEEE International Workshop on Distributed Systems: Operations and Management (DSOM 99), Zurich, Switzerland, 1999.
- [B.2] T. Rybczynski, Policy-Enabled Networking: What's It All About? , CTI Inside Networking, January 1999
- [B.3] H. Mahon, Yoram Bernet, Shai Herzog, John Schnizlein, Requirements for a Policy Management System, Internet Draft, November 9, 2000.
- [B.4] M. Brunner, B. Plattner, Management of Active Networks, ICC Workshop on Active Networking and Programmable Networks, Atlanta, 1998
- [B.5] M. Stevens et. al., Policy Framework , Internet Draft, March 2000.
- [B.6] E. Lupu, A Role-Based Framework for Distributed System Management, Departement of Computing, Imperial College, July 1998
- [B.7] K. Ho Chan, D. Durham, S. Gai, K. McCloghrie, F. Reichmeyer, J. Seligson, A. Smith, R. Yavatkar, COPS Usage for Policy Provisioning, Internet Draft, October 2000
- [B.8] Morris Sloman, Jorge Lobo, Emil Lupu – Policy for Distributed Systems and Networks – Proceedings to Policy2001 Workshop, Bristol, January 2001- Springer Verlag, ISBN 3-540-41610-2.
- [B.9] A. Galis, D. Griffin, W. Eaves, G. Pavlou, S. Covaci, R. Broos – „Mobile Intelligent Agents in Active Virtual Pipes” – in „Intelligence in Services and Networks” – Springer Verlag Berlin Heildelberg, April 2000, ISBN 1-58603 007-8.
- [B.10] World Wide Web Consortium, Extensible Markup Language [www.w3.org/XML](http://www.w3.org/XML)

# PKI tudományos napok 2002. november

LAJTHA GYÖRGY

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

Évtizedek óta hagyomány, hogy a PKI alapító okirat aláírásának, vagy kiadásának évfordulóján szakmai napokat rendez, melyen a kutatók bemutatják az elmúlt időszak kiemelkedő eredményeit. Az intézet széles kapcsolatrendszerének sok területen hatása van saját munkájára, ezért nem csak a kutatók, hanem több hazai berendezés és műszergyártó, a szabályozó hatóság és néha versenytárs szolgáltatók is tartanak előadásokat. Neves külföldi vendégekkel egészítjük ki az előadások sorát, annak érdekében, hogy a világ szakmai fejlődésével összehasonlíthassuk eredményeinket.

Ez évben meghívott előadóink között üdvözölhattük Kovács Kálmán minisztert is, aki megadta a tudományos ülésnek alaphangulatát azzal, hogy a költségvetés számadatait ismertette. Láthatóvá vált, hogy a következő időszakban az informatika és a hírközlés fejlesztésére az eddigieknél lényegesen nagyobb összegeket irányoztak elő.

Manfred Ohl vezérigazgató-helyettes két szerepben is emelte a napok színvonalát. Először átadta az intézeti díjakat, majd bevezető előadásában a haladás irányát és az ebben rejlő bizonytalanságokat vázolta, ami nehéz feladat, ha a célok még nem tűzhetőek ki világosan.

Meghívott előadóink Wolfgang Grob a Deutsche Telekomtól, a különböző távközlési és informatikai lehetőségek integrálását és ezzel a két terület közötti szinergia kihasználását hangsúlyozta.

Az intézeti előadások sorát Balogh Tamás kezdte meg, ismertette az ADSL, vagy általánosabban xDSL felhasználását. A tapasztalatok szerint egyértelműnek látszik, hogy mindaddig, amíg a fényvezető nem jut el a lakásokig, ez lesz a széles sávú lehetőségek elérésének módszere. Brix Károly a „háromjátzmás” portfólióról, a telefon, internet, video/tévé alkalmazásáról beszélt.

Lesznek olyan szolgáltatások, melyek gépi beszéddel működnek. Ezekre vonatkozóan a szubjektív ítéletet objektív mérésekkel kell megközelíteni. Dr. Kovács János beszámolt a mérésekhez kidolgozott vizsgálóhálózatról és a vizsgálatok eredményeiről. Dr. Varga Balázs az IP alapú szolgáltatások fejlődését mutatta be, majd Németh Krisztián ismertette az IP hálózatokban a különböző hívásengedélyezési megoldásokat, azokat értékelte és csoportosította.

A szabványosítás, a szabályozás területén három szakember mondta el nézeteit. Az első Reinhard Scholl volt, aki az ITU Távközlés Szabványosítási Irodájának (TSB) igazgatóhelyettese.

Bölcskei Imre, a Matáv szabályozási ügyek ágazat igazgatója ismertette a különböző hálózati szolgáltatási szerződéseket, kitért ezek törvényi hátterére és a szolgáltatók kötelezettségeire.

Tomka Péter, a HIF mérésügyi igazgatója tájékoztatta a hallgatóságot az új európai szabályozásnak megfelelő piacfelügyeleti és -ellenőrzési tervről. Szorosan kapcsolódott a mérés ellenőrzés témaköréhez Bondi Róbert (Elektronikai Távközlési Műszerek igazgatója), Zsiga Árpád (Siemens Telefongyár) és Turáni József (Consultronics Hungarian Representative) előadása, mert mindhárman azokról az eszközökről számoltak be, melyekkel a korszerű hálózatot ellenőrizni lehet.

Hidvégi Attila (PKI) egyedi ötletekkel és változatos módszerekkel határolta be a hibákat. Mérei Emil (Detecom) beszámolt arról, hogy az üzemvitelt támogató rendszerek (OSS) milyen módon fejleszthetők tovább annak érdekében, hogy illeszkedjenek az új távközlési eljárásokhoz.

A második nap megnyitó előadását Hanzo Lajos, a Southamptoni Egyetem tanszékvezető tanára tartotta. Bemutatta, hogy milyen mértékben befolyásolja életünket a mobil távközlés, az MDA (Mobile Digital Assistant), amely néhány év múlva már senkinek a zsebéből nem hiányozhat.

Dr. Székely Iván a fogalmakat tisztázta: az adatvédelem az embereket védi és ezen belül célja az, hogy a személyi adatok biztonságban legyenek és azok ne juthassanak illetéktelen kezekbe. Az adatbiztonság a biteket védi, melyek a számítógépekben vannak, azok elterelése, meghamisítása, vagy eltulajdonosítása ellen. Zömbik László (Ericsson Magyarország Kft.), Fischer Erik (Sun Microsystem) és Keleti Arthur (ICON-KFKI) az adatbiztonsági kérdéseket ismertették. A biztonság leggyengébb pontja az ember, aki jelszavát, titkos kódját a gépre írja fel, másokat bíz meg azzal, hogy ezeket karbantartsa és ezután csodálkozik, ha gépének tartalmát kiolvassák.

Csákány Éva és Konkoly Lászlóné az IP hálózatok tervezéséhez felhasználható szimulációs eljárásokat

mutattak be. Paksi Géza az optikai hálózatok fejlődéséről tartott előadást. A továbblépés az intelligens vagy automatikusan kapcsolt optikai hálózat az ASON. Ezzel a hálózattípussal minden elképzelést felülmúló rugalmassággal lehet több tíz vagy száz terrabit/sec kapacitást átvinni.

A nagy kapacitású átviteli utak hatásáról írt könyvet George Gilder, akinek elképzeléseit Takács György mutatta be, de nem ragadt le az ismertetésnél, hanem bemutatta kritikusainak gúnyos megjegyzéseit is. Végül saját gondolataival kiegészítve zárta előadását.

A szabadtéri optikai átvitel lehetőségei az érdeklődés előterében állnak, de nehézséget jelent, hogy a léggör páratartalma, a por, a füst, a köd bizonytalaná teszi az átvitelt. Jeszenői Péter mindezen tényezőket vizsgálva a lencserendszerek szakszerű méretezésével és diversity alkalmazásával 1,2-1,3 km hatótávolságú összeköttetéseket létesített.

A Session Initiation Protocol (SIP) az internetalapú hálózat multimédia hasznosításánál egy egyszerű és

üzembiztos kapcsolatlétesítést tesz lehetővé. A tudományos napokon három előadás foglalkozott ezzel a problémával. Elekes Csaba ismertette az ezzel kapcsolatos szabványokat. Parlagh Gábor részt vett egy konferencián, mely taglalta a SIP lehetőségeit. A sorozatot Peter Hofbauer a Kapsch Carrier Com témavezetőjének előadása zárta, ahol már kifejlesztették a SIP alapú berendezéseket és ezek alkalmazásával már jelentős tapasztalatot szereztek.

Koralewsky Vilmos zárszavával fejeződött be a két-napos rendezvény. Az előadás-sorozatot a Matáv Tölösi termében több mint 300-an hallgatták végig. Az előtérben műszebemutatók és a PKI által kifejlesztett szolgáltatások használatáról tájékoztató standok voltak. A szünetekben az érdeklődők felkeresték ezeket, és az ott lévő szakemberektől minden felmerülő kérdésre érdemi választ kaptak. A szünetek egyben az előző negyed nap előadásainak megvitatására, és az előadókkal a témák kritikus pontjainak tisztázására is lehetőséget adott.

## Hírek

### Az NJSZT meghirdette a Neumann-évet

A Neumann János Számítógép-tudományi Társaság (NJSZT) november 13-án tájékoztatót tartott a Neumann-év főbb eseményeiről. A társaság méltó módon szeretné megünnepelni névadójának centenáriumát, és ezért már 2003. januártól ennek jegyében különböző rendezvényeket, versenyeket és kiadványokat hirdetnek meg.

Neumann János 1903. december 28-án született, kémikusi diplomáját Zürichben szerezte 1925-ben, majd Budapesten matematikusi oklevelet kapott. Kiemelkedő matematikai eredményeiért 1930-ban meghívták a Princetoni Egyetemre. Részt vett az ENIAC tervezésében, kifejlesztette elgondolásait a számítógépek architektúrájáról és ennek során a mai számítástechnika megalapozójának tekinthetjük.

A centenáriumi eseményekről előzetesen annyit, hogy konferenciasorozat lesz Információs társadalommodellek címmel. Több nemzetközi konferenciát is Budapestre hívtak, így többek között ez évben az Internet Fiesta és az EFITA 2003 is Budapestet választotta. A sorozatot a VIII. Neumann-kongresszus zárja, melyet októberben a Magyar Tudományos Akadémián rendeznek meg. A kiadványok közül érdemes megemlíteni Kovács Győző Kalandozások az informatikában című kötetét, a Természet Világa című folyóirat Neumann-különszámát és H. H. Goldstine Számítógép Pascaltól Neumannig című művének fordítását.

Ehhez a sorozathoz csatlakozunk mi is, mert szeptemberi számunkban beszámolunk Neumann munkásságáról, néhány addigi kiemelkedő eseményről és szerepelnek a magyar informatika jeles képviselőinek cikkei. Ugyanakkor a kapcsolástechnika és a felügyeleti kérdések témakörben is megjelentetünk cikkeket, mert mind a számítástudomány, mind az informatika döntő befolyást gyakorolt a távközlés, a híradástechnika fejlődésére.



Az Emitel részére az Ericsson Magyarország az Engine Access Ramp többszolgáltatásos hozzáférési platformján alapuló, széles sávú ADSL berendezések szállítását vállalta a régebbi típusú analóg központok kiváltására. Ez az első Engine-szerződés Magyarországon, amely hálózati berendezéseket, ADSL modemeket és hálózattelepítési szolgáltatásokat foglal magában.

Az Emitel Távközlési Részvénytársaság a 77-es kiskunhalasi, a 78-as kiskőrösi és a 79-es bajai primer körzet helyi közcélú távbeszélő szolgáltatója 1994. december 1-jétől. E három körzetben összesen 84 település telefonellátásáról gondoskodik.

# Beszámoló

## a 13. Távközlési és informatikai hálózatok szemináriumról és kiállításról

HALÁSZ MIKLÓS

*a szervezőbizottság elnöke*

Tizenharmadik alkalommal Siófokon (Balatonszéplak) az Ezüstpart Hotelben, 2002. szeptember 25–27. között rendezte meg a HTE a már hagyományos Távközlési hálózatok szemináriumot és kiállítást. A szeminárium szervezőbizottsága az alábbi témakörökben hirdette meg az előadók jelentkezését:

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

A tárgykörök nagy részére jelentettek be előadást, a szervezőbizottság 52-t fogadott el és tett közzé a kiadott programban. Az időben beküldött előadásokat a résztvevők a kiadványban kapták kézhez. Tekintettel az előadások nagy számára, az általánosságban mindenkit érdeklő témák a plenáris szekcióra, a szűkebb érdeklődésre számot tartó előadásokat három szekcióra csoportosítottuk. Egy-egy előadást 30 percre korlátoztunk, hogy minden szekcióban a délelőtti és délutáni program végén legyen mód észrevételek feltevésére és megvitatására. A regisztrált résztvevők száma mintegy 300 fő volt, akik több mint 90 szervezetet képviseltek.

A rendezvényt dr. Huszty Gábor, a HTE alelnöke nyitotta meg. Az első napon plenáris ülés volt, a délelőtti

4 előadás felölelte a hírközlés igazgatásában beállt változásokat, a szabályozás irányait, a hálózat-összekapcsolási díj hatásait és a hatósági tapasztalatokat a liberalizációt illetően. A délutáni 8 előadás a többséget érintő távközlési szolgáltatásokról, azok minősítéséről, alkalmazási megoldásokról szólt.

A második napon szekció-előadások voltak, az 1. szekció a vezetékes témákkal foglalkozott, itt 14 előadás hangzott el. A vezetékek nélküli hálózatokat érintő 2. szekció délelőtti volt, 7 előadással, a 3. szekció a hálózatok vizsgálati és fenntartási kérdéseit tárgyalta 8 előadás keretében.

A harmadik napon a résztvevők plenáris ülésen hallgathatták meg a hálózatok működését elemző 8 előadást. Az előadások többségét magyar nyelven tartották, a 49 előadásból 4-et angol nyelven adtak elő, megfelelő tolmácsolással.

Az előadások többségükben mind tartalmában, mind a megjelenítés technikájában igen színvonalasak voltak, ezért nem lehet vállalkozni egy-egy előadás külön kiemelésére, illetve méltatására. Az előadók felkérést kaptak, hogy éljenek a Híradástechnika lapban való publikációs lehetőséggel, továbbá küldjék meg az előadásokat elektronikus formában a HTE titkárságának, hogy mindazon érdeklődő hozzájusson az előadásokhoz, akiknek nem volt módjuk a rendezvényen jelen lenni.

A szeminárium hagyományos részévé vált az előadottakhoz illeszkedő, mintegy 280 m<sup>2</sup> területen megrendezett kiállítás, melyen a következők mutatták be újdonságaikat:

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

A rendezvényt a szervezőbizottság nevében dr. Kovács Oszkár zárta, megállapítva, hogy az előző évek rendezvényeihez hasonlóan ez a szeminárium is az újabb ismeretek megszervezésével, tapasztalatcserék és kapcsolatfelvételek lehetőségével segítséget jelentenek a szakembereknek. A rendezvény két éveként tekinti át a távközlés és informatika változásait. A nagy érdeklődés igényli, hogy folytatódjon az elkövetkező években is a szeminárium.

# Száz éve született Wigner Jenő

## – a világ első reaktormérnöke –, aki bevezette az emberiséget az atomkorba

SIPOS LÁSZLÓ

siposlaj@axelero.hu

A huszadik század történelemformáló atomfizikusainak elképzelt csoportképén, valahol az előkelő első sorban, középtájt, Fermi, Szilárd Leó, Dirac, Teller Ede, Planck és Heisenberg társaságában látható egy szerény magyar–amerikai tudós, akiről halálakor a New York Times hat hasábon emlékezett meg az alábbi címmel: *Wigner Jenő, aki bevezette az emberiséget az atomkorba.*



Száz éve, 1902. november 17-én született Budapesten Wigner Jenő vegyészmérnök-fizikus, Nobel-díjas tudós, a világ első reaktormérnöke. A wigner német eredetű szó, bölcsőkészítőt jelent. Wigner bölcsője Pest, kedvenc költője Vörösmarty Mihály volt. *„Egyszerű magyar dalok és versek, amelyeket még 1910 előtt tanultam, ma is*

*önként megszólalnak bennem. Az Egyesült Államokban eltöltött hatvan esztendő után még mindig inkább magyar vagyok, mint amerikai, az amerikai kultúra sok vonása mindmáig idegen maradt számomra. Budapesten sokkal több elmélyült beszélgetést hallhat az ember a kultúráról, mint az Egyesült Államokban. A magyar költészet talán a legszebb Európában...”* – vallotta magáról Wigner Jenő, az egyik legnagyobb egyéniség, akit a magyar föld adott az egyetemmes kultúrának.

Wigner Jenő a nevezetes fásori evangélikus gimnáziumban érettségizett, azután a budapesti Műegyetemen, majd a berlini Technische Hochschulén folytatta tanulmányait. Vegyészmérnöknek készült, de a húszas években Berlinben bontakozott ki a modern fizika, így az vonzotta magához. Látogatta Albert Einstein, Max Planck, Max von Laue óráit és szemináriumait. Polányi Mihály vezetésével készítette el doktori értekezését, amely a kvantumkémia úttörő munkája volt: a legegyszerűbb kémiai reakció sikeres leírása fizikusi módszerekkel. (*„Rátz László után Polányi Mihály volt a legkedvesebb tanárom”* – írta egy helyen Wigner.)

Az egyetem után Újpesten a bőrgyárban dolgozott, és hasznosította vegyészmérnöki tudását (1925–1926).

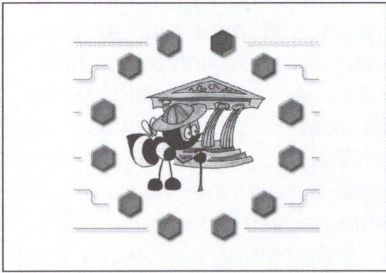
Nemsokára azonban sietett vissza Berlinbe és Göttingába, ugyanis értesült egy német folyóiratról Heisenberg és Bohr kvantummechanikai kutatási eredményeiről. Egy göttingeni időkből származó, rá igazán jellemző történetből azt is megtudhatjuk, hogy ő volt a világ legszelídebb embere: a strandon napozott egyik barátjával. *Az észrevette, hogy hangyák másznak Wigner lábán, és megkérdezte: – Jenő, nem csípnek? – Dehogynem. – Akkor miért nem öld meg őket? – Nem tudom, hogy melyik hangya csípett!* A harmincas években megsűrűsödtek a felhők Németország felett. A náciizmus terjedésekor Neumann Jánossal, Teller Edével és Lános Kornállal Amerikába menekült és a Princeton Egyetem tanára lett.

Hat évtizeden át tanított, tanítványai közül többen kaptak Nobel-díjat. A harmincas évek derekán felkereste Szilárd Leó az atomenergia felszabadításának ötletével, amit egyetlen vezető fizikus sem vett komolyan. Wigner fölismerte, hogy az ötlet – a neutron láncreakció – egyetlen természettörvénynek sem mond ellent, tehát lehetséges. Közben 1939-ben Berlinben felfedezték a maghasadást. A II. világháború alatt együtt dolgozott az olasz Fermivel a láncreakció gyakorlati megvalósításán. *„Wigner volt az egész vállalkozás lelkiismerete”* – mondta Szilárd Leó. Predesztinálva volt az első profi atomreaktorok megtervezésére: vegyészmérnöki képesítése volt, tudta a magfizikát és nem szerette Hitlert. Az első komolyabb méretű reaktorhoz az amerikai szakértők héliumos hűtést ajánlottak, azonban gyakorlati okokból Wigner közönséges vizet választott hűtőközegül. Wigner Jenő 1983-ban Budapesten középiskolás diákokkal találkozott, ahol megkérdezték tőle, hogy mennyire hitt az első reaktor (Chicago, 1942. december 2.) sikeres működésében. Így válaszolt: *„Én egészen biztos voltam a sikerben. Egészen világos volt minden. Előre láttam a sikert és azt is, hogy Fer-*

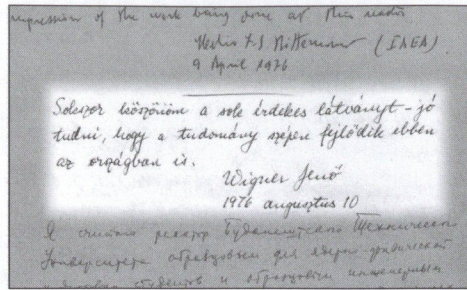
mi fogja létrehozni. A sikert majd jó volna valamivel megünnepelni. Ezért már 1942 márciusában vásároltam egy üveg Chiantit, decemberben át is adtam neki. Sokan mondták: könnyebb volt előre látni, hogy a láncreakció létre fog jönni, mint azt, hogy a Chianti decemberben már nem lesz kapható az üzletekben.”

A II. világháború után Wigner Jenő Oak Ridge-be megy, ahol reaktorfejlesztéssel, valamint a reaktorok biztonságos működésével foglalkozik.

1959-ben az Eisenhower amerikai elnök alapította „Az atom a békéért” elnevezésű díjat Szilárd Leóval együtt kapta meg az atomreaktor megalkotásáért.



Hatvanegy éves korában kiérdemelte a fizikai Nobel-díjat, a kvantummechanikának a természet szimmetriáira támaszkodó megalapozásáért és az atommagra vonatkozó alkalmazásáért. 1963-ban a stockholmi városházán, a Nobel-díj átvételekor is a tanáira gondolt: – „Ezen ünnepi alkalmából néhány szót szeretnék mondani egy olyan témáról, amire keveset gondolunk, míg fiatalok vagyunk, de amit egyre inkább méltányolunk, ha visszatekintünk intellektuális fejlődésünkre. A tanáraink iránti hálára gondolok. (...) Rátz László – a képe az egyetemen a munkaszobámban van – nem csak az iskolában tanított. Neumann Jánosnak, kinek szinte egyedülálló tehetségét csírájában felismerte, magánórákat adott, nekem több ritka érdekességű könyvet adott olvasásra, és ezekből nemcsak a matematikát tanultam, de csodálatot is éreztem a következtetések bámulatos ügyes egymáshoz szövése iránt is. Megértettem nagyon korán, hogy ez a matematika lényege, ez a matematika



művészete és elhivatottsága. (...) Fizikát persze Mikola Sándortól tanultunk, és büszkén mondhatom, hogy két év után annyit tudtam, hogy a fizikai kurzus a budapesti Műegyetemen vagy a Technische Hochschulén majdnem teljesen ismétlésnek tűnt fel.”

Az ismert hidegháború miatt Wigner Jenő csak hetvenöt éves

korában látogathatott Magyarországra. Ekkor az Eötvös Loránd Fizikai Társulat választotta tiszteletbeli tagjává és megtekintette a Paksi Atomerőművet is. Azon szerencséseket, akik találkozhattak vele, lenyűgözte szakmai tudásával, tiszta gondolataival, szerénységével és udvariasságával. 1987-ben az Eötvös Lóránd Tudományegyetem tiszteletbeli doktorává fogadta, majd 1988-ban a Magyar Tudományos Akadémia tiszteletbeli tagjává választotta. A Magyar Nukleáris Társaság által alapított Szilárd Leó-éremet 1994-ben személyesen vette át Princetonban.

A legvégére ajánlom olvasóinknak az amerikai Alvin M. Weinberg (a legelterjedtebb nyomottvízes reaktor konstruktőre) tanulságokban is bővelkedő sorait: „Csakhamar megtanultam, hogy Wigner a legmagasabb rendű tudományos lángelme. Mi több, értette és szerette a megvalósítás műszaki részleteit is, hiszen vegyész-mérnöki oklevele volt. A mérnöki képesség és a tudományos kiválóság ilyen együttese egyedülálló. Nem túlzás azt mondani, hogy Wigner Jenő volt az első reaktormérnök, e szakma megalapítója. (...) Az atomenergetika újjászületéséhez a nukleáris közösség szigorú és aprólékos figyelmére van szükség a minőségi és biztonsági követelmények tekintetében, és arra az intellektuális felelősségérzetre, ami az atommérnöki szakma megalapítóját, Wigner Jenőt jellemezte.” Az új mérnöki tudományt megalkotó nagyszerű tudós és szeretetre méltó ember volt, aki magyarságát mindvégig megőrizte, 1995. január 4-én, 92 éves korában búcsúzott a földi élettől, méltó példaképül szolgálva jelenkori követői számára.

## Hír

### Ericsson-díjak átadása

2002. október 29-én negyedik alkalommal vehették át a középiskolai matematika- és fizikaoktatásban kiemelkedő szerepet vállaló tanárok Boda Miklóstól és Dibuz Saroltától A matematika és fizikai népszerűsítéséért és A matematika és fizika tehetségeinek gondozásáért alapított Ericsson-díjakat az INFO Parkban.

2002. november 18-án vehette át a Rátz Tanár Úr Életműdíjat hat középiskolai tanár a pályafutása során nyújtott kiemelkedő teljesítményéért. Az Ericsson Magyarország Kft., a Graphisoft R&D Rt., valamint a Richter Gedeon Rt. által létrehozott Alapítvány a Magyar Természettudományos Oktatásért kuratóriuma évente ítéli oda a díjat összesen hatmillió forint értékben azoknak a középiskolai tanároknak, akik az alapítók tevékenységi köréhez szorosan kapcsolódó magyarországi matematika-, fizika- és kémiaoktatásban kimagasló szerepet töltenek be.

# Tájékoztató a Híradástechnika szerzőinek

A Híradástechnika szerkesztőbizottsága szeretné, ha egyre több szerzője lenne különböző területekről, mellyel bővülne az újságban megjelenő témák köre, és változatosabbá válna az eltérő szemléletű szerzők gondolatvilágától. Leendő szerzőink számára a cikk-írással kapcsolatban szeretnénk néhány tájékoztató gondolatot közölni:

- **Témák:** Az újságban elsősorban a híradástechnika szakmai újdonságait szeretnénk közzétenni. Eszerint a távközlés, a műsorszórás, továbbá a telesholgálatok minden területe és a velük kapcsolatos témák érdekesek. Tehát egyaránt szerepelnek az újságban a távközlőhálózatok, berendezések, ezen belül jelzésrendszerek, átviteli módok, az ehhez szükséges új alkatrészek, kapcsolástechnikai megoldások, méretezési módszerek és telepítési kérdések. A mobil rendszerek és a rádiózás kapcsán a hullámterjedés, az elméleti villamosság-tani problémák is érdeklődésre tarthatnak számot. Ezen túlmenően a híradástechnikával kapcsolatos gazdasági megfontolások, számítási módszerek is helyet kapnak, de szeretnénk a távközlés-politika újdonságairól is tájékoztatást adni, valamint az ezzel kapcsolatos szociológiai és oktatási problémák is szerepelnek a profilban.
- **Terjedelem:** A szakmai cikkek az újságban általában 3-6 oldal terjedelemben jelennek meg. Ennél rövidebbek inkább csak a hírek vagy beszámolók lehetnek. 6 oldalnál hosszabban pedig csak olyan alapvető újdonságok írhatók le, ahol a megértéshez az elméleti alapok és a gyakorlati megvalósítás egyaránt szükséges. Ez azt jelenti, hogy ábrák nélkül 12-20 ezer karakter lehet egy cikk szövege. Nyomtatott oldalanként kb. 1-3 ábra elhelyezése teszi az olvasó számára áttekinthetővé, vonzóvá az ismertetést.
- **Forma:** Sem betűtípus, sem rajzkivitel nem köti a szerzőket. A szövegeket word formátumban kérjük elkészíteni. Az újság egységessége kedvéért ugyanis az elektronikusan érkező szövegeket a nyomdának az újságban használt betűtípusú változatban küldjük tovább. Az ábrák megrajzolásánál is egyetlen kötettség, hogy az újság fekete-fehér kivitelben jelenik meg, tehát a színes ábrák is fekete-szürke-fehér képként láthatók az újságban. Ennek megfelelően kérjük a szerzőket, hogy lényeges dolgokra ne hivatkozzanak úgy, hogy a piros vonal, vagy a kék alapterületű rész, ehelyett szaggatott, pontozott, vastag és vékony vonalak legyenek megkülönböztethetők, a területnél sraffozással lehet különbséget tenni.
- **Lektorálás:** A cikkek különböző minősítési folyamatoknál értékes pontokat jelenthetnek. Növeli a cikk értékét, ha azt lektorálják. A szerző kérésére bármikor lektoráltathatjuk a cikket, ez esetben a cím alatt Reviewed felirat utal arra, hogy nemcsak

a szerkesztőség, hanem más szakértő is ellenőrizte a munkát, ami további pontokat jelenthet. Minden fél évben az első 5 számból kiválogatjuk azokat a cikkeket, melyek külföldi, nem magyar anyanyelvű olvasóink számára is érdekesek lehetnek. Ezeket angolra fordítva a 6. és 12. számban jelentjük meg. Ez idegen nyelvű publikációnak számít.

- **Hivatkozások:** A cikk végén kérjük a kapcsolatos, vagy előzményként felhasznált cikkeket megadni. A hivatkozásokat számozzuk, a szám után következik a szerző, majd a cikk vagy a könyv címe, a megjelenés helye és időpontja. A szöveg közben szögletes zárójelben helyezük el a hivatkozásoknál megadott sorszámot.
- **Megjelenés:** Az újság minden hónap 22. és 26. között jelenik meg. A pontos időpont függ az ünnepektől és a szombat-vasárnapok helyzetétől. Minden számban az előző hónap utolsó napjáig beérkezett cikkeket vesszük számításba. Tematikus megfontolásokból előfordulhat, hogy későbbi számban előnyösebbnek látszik a témakör tárgyalása. Általában a beküldést követő negyedévben helyet kap a munka az újságban. Késés esetén az átnézés vagy lektorálás után a beküldéstől számított két héten belül a szerző igazolást kaphat a cikk elfogadásáról.
- **Szerzői adatok:** Annak érdekében, hogy az olvasók problémáikkal, véleményükkel közvetlenül kapcsolatba léphessenek a szerzőkkel, a cikk előtt lévő szürke részben, a cím alatt, szerepel a szerzők neve, munkahelyük és e-mail címük. Célszerű tehát, hogy ha a cikket úgy küldik be, hogy rajta van a név, a beosztás (egyetemi tanár, doktorandusz, osztályvezető stb.), a munkahely (olyan részletességgel, hogy a munkahely telefonszámáról már tudják kapcsolni a szerzőt) és az e-mail cím. Ez utóbbi a leglényegesebb az esetleges kérdések tisztázásához.
- **A beküldés módja:** A cikkek eljuttathatók a főszerkesztőhöz: Zombory László (BME, laszlo.zombory@mht.bme.hu), vagy a szerkesztőbizottság elnökéhez, Lajtha György (Matáv Rt. PKI-FI, lajtha.gyorgy@ln.matav.hu), vagy a HTE titkárságának (hte@mtesz.hu). A cikkeket elektronikus formában kérjük, tehát vagy e-mailen, vagy lemezen.

Reméljük, hogy ezen ismeretek segítik kollégáinkat, hogy gondolataikat, új eredményeiket, műszaki megoldásaikat, számítási módszereiket közkinccsé tegyék. Várjuk tehát a cikkeket oktatási intézményekből, fejlesztőhelyekről, gyártóktól, üzemeltetőktől, tanulóktól, szakértőktől, oktatóktól és mindenkitől, akinek mondanivalója van a közösség számára.

Budapest, 2003. január 17.

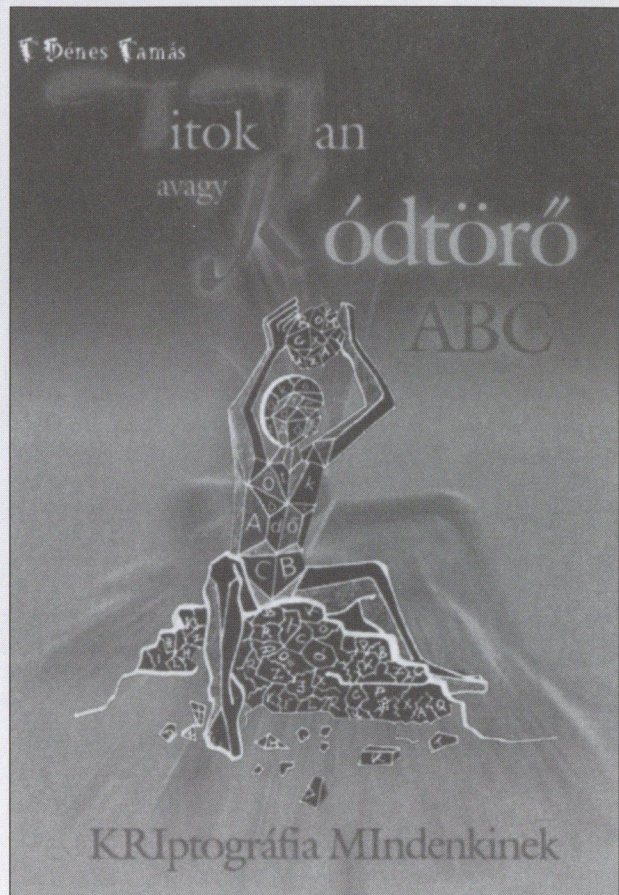
*Szerkesztőbizottság*



# Könyvajánló

Megjelent a TitokTan Trilógia 1. rész: Kódtörő ABC című könyv bővített kiadása, többek között olyan új fejezetekkel gazdagodva, mint A csillagfejtés titka, avagy az asztrológia kódja, vagy A Biblia betűi közé rejtett jóslatok. Ezzel egy időben megnyílt a [www.titoktan.hu](http://www.titoktan.hu) címen található Rejtett Gondolatok Oldala, amely részletes információkat tartalmaz a megjelenő, valamint a további kötetekről. A weboldal külön fejezete mutatja be a titkosítás és kémkedés történetét, valamint gazdag bibliográfiát kínál az érdeklődőknek. A weboldal érdekessége az e-világi gondolatok című fejezet, amely publikációs lehetőséget kínál mindenkinek, aki a titokkal, titkosítással, a nyelvi „rejtőzködéssel”, vagyis e-világunkkal (azaz az elektronikus kommunikáció jelenségeivel) kapcsolatos gondolatait szeretné megosztani a nyilvánossággal. Számos link található a weboldalon, amelyek érdekes folyóiratok, intézmények weboldalaira vezetnek, ezzel segítve az érdeklődő olvasók gyorsabb tájékozódását az e-világban.

A szerző felajánlja a linkcsere lehetőségét a saját honlappal rendelkezőknek. Ha bárki elküldi a fenti e-mail címre saját webcímét és logóját, úgy az a fent levőkhöz hasonlóan felkerül a titoktan honlapra (linkelési lehetőséggel), amennyiben vállalja, hogy a fenti titoktan logót szintén linkelési lehetőséggel elhelyezi honlapján.



## Marx György tanár úr

Az MTA rendes tagja, az Eötvös Egyetem emeritus professzora, az Atomfizikai Tanszék 22 éven át volt vezetője, az ELFT tiszteletbeli elnöke, a Bécsi Egyetem tiszteletbeli professzora fegyelemmel viselt, mindvégig munkával töltött betegség után,

**2002. december 2-án, életének 76. évében elhunyt.**

Marx György halálával a fizikai tudomány és az egész magyar szellemi élet pótolhatatlan alkotó egyéniségét veszítette el. Természettudományos ismeretterjesztő tevékenységét a híradás-technikai szakma is sokszor igénybe vette. Jelentős HTE-konferenciákon szervezőként és előadóként szerepelt. Széles látókörű előadásaival összekötötte a fizika legújabb eredményeit és a távközlés előtt álló problémák megoldását. Többször szerepelt a PKI tudományos napjain, ahol a távközlésben várható újdonságokat a fizikus szempontjából értékelte és tette mindenki számára érthetővé az elvont fizikai jelenségeket. Közéleti megnyilvánulásai a tudományos és társadalmi élet színvonalas eseményei voltak, nemzetközi szereplése pedig hazánk jó hírét és a kultúrák közötti megértést szolgálták. Emléke tovább él bennünk.

# Könyvajánló

**J. S. Blogh–L. Hanzo: Third-generation systems and intelligent wireless networking**

Bár ebben a rovatban általában Magyarországon megjelent, magyar nyelvű könyveket szoktunk ajánlani, ez esetben azonban kivételt teszünk. Ennek oka a második szerző személye (aki egyébként főnöke és mestere J. S. Blogh-nak) és a téma kiemelt aktualitása.

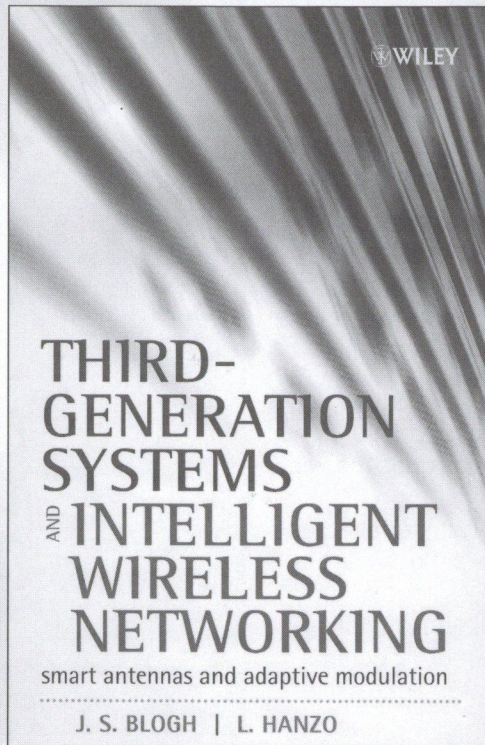
Hanzó Lajos ugyanis a Budapesti Műszaki Egyetemen 1976-ban szerzett diplomát, és ugyanitt 1983-ban doktorált. 1986 óta a Southamptoni Egyetem Elektronikai és Számítástudományi Tanszékén van, melynek később vezetője is lett. Ezért munkáján és annak szisztematikus felépítésén látszik, hogy szemléletét a Budapesti Műszaki Egyetemen alakította ki.

A könyv az elméleti alapokból indul ki, ismertetve a CDMA elvi alapjait, méretezési módszereit és rendkívül szemléletesen köti össze a matematikai apparátust a műszaki megvalósítás tömbvázlatával.

Így eljut a harmadik generációs mobil rendszerekig, mely különböző megvalósítási lehetőségeit tekinti át műszaki és alkalmazási szempontokat egyaránt figyelembe véve. A gyakorlati megvalósítás leírásából az olvasó egyértelműen kiválaszthatja, hogy az adott körülményekhez melyik rendszer illeszkedik a legjobban.

A második fejezet szintén elméleti megfontolásokkal kezdődik. A gyakorlati megvalósítás során azonban nem a hálózat kialakítása a kérdés, hanem a mobil adóvevők tervezése. Külön érdekesség, hogy kitér az OFDM (Ortogonalis frekvenciaosztású moduláció) működésére és annak alkalmazására képátviteli rendszerekben. Ez a fejezet előrevetíti a széles sávú mobilitás perspektíváit és az ehhez szükséges eszközök tervezését.

A harmadik fejezetben az antennatervezés elméletét tekinti át. A szélessávú alkalmazás szükségessé teszi az intelligens antennarácsok alkalmazását, a szükséges irányérzékenység elérése érdekében. Igen elegánsan a Maxwell egyenletekből kiindulva jut el a gyakorlati formuláig. Ezeket alkalmazva tervezési módszereket ad mind az up-



mind a down-link antennáinak tervezésére. Az elméleti eredmények igazolására méréseket végez, és az eredményeket összehasonlítva látszik, hogy azok a gyakorlati igényeknek megfelelő pontossággal egybeesnek. A következő fejezetben a cellás hálózatok minőségének és kihasználtságának javítására alkalmazza az intelligens antennarácsokat. Ez a fejezet is hasznos gyakorlati tanácsokkal zárul, melyek alkalmazásával zavarmentes széles sávú mobilrendszerek létesíthetők. Természetesen itt is összhangban van az elmélet a gyakorlati mérésekkel garantálva, hogy a tervező ezzel a módszerrel sikerre viheti munkáját.

A könyvben továbbhaladva egyre több aktuális probléma megoldásával találkozunk. Az

ötödik fejezet az UTRA (UMTS földfelszíni rádió hozzáférési) hálózat tervezésével foglalkozik. Itt felhasználja mind az adaptív antennákat, mind az adaptív modulációt. Ezt a fejezetet a következő generációs rádióhálózatok mérnöki-tervezési utasításaként is használhatják. Megtalálható itt az elhelyezés optimalizálásától a teljesítménymérlegig valamennyi probléma. A táblázatok kényelmessé teszik a megadott módszer alkalmazásával új hálózatok kialakítását. A könyv a tanulságokkal és a további kutatási feladatok áttekintésével zárul.

Az utóbbi évek tapasztalatai azt mutatják, hogy a mobil készülékek száma már meghaladja a fix, helyhez kötött telefonokét. Bár a forgalmazási idők még rövidebbek és széles sávú internetes kapcsolatokra még inkább a fix állomásokat használják, de a következő néhány év valószínűleg ezeken a területeken is a mobil rendszerek előretörését fogják hozni. Szerencsére a fiatalok körében már az angol nyelv sem akadály az új ismeretek megszerzésében, ezért reméljük, hogy Hanzó Lajos könyve segítség lesz a hazai harmadik generációs hálózat gazdaságos és mégis jó minőségű kialakításában.

(L.Gy.)

# Contents

Recession and Science (February) .....	1
<b>ELECTROMAGNETIC FIELDS</b>	
<b>Péter Kis, Miklós Kuczmann, János Füzi, Mrs. Miklós Iványi</b> Measuring of Magnetic Histerezis .....	2
<b>Zoltán Németh, Sándor Imre, Ferenc Balázs</b> Connection-Adaptation of MIMO Systems .....	10
<b>László Toka</b> Appearance and Perspective of its Fuller .....	18
<b>NOISEMEASURING, VALUATION</b>	
<b>András Illényi</b> Auralisation as Technological Instrument is Connection Between the Measured Noisevalue and Acoustical Sense .....	24
<b>Dr. Péter Gottwald, Dr. Béla Szentpáli</b> Lowfrequenced Noisemeasuring (lfn) for Examining of Semiconductor-Technological Passivity .....	30
<b>INFORMATION SOCIETY</b>	
<b>Miklós Boda</b> Research-Development in Recession .....	37
<b>Havaska Beatrix Nagy</b> A Gapfilling Work: Information Society and Legal System .....	39
<b>József Várkonyi</b> Textual Functions – New Possibilities in e-Administration .....	44
<b>Alex Galis, Alvin Tan, Joan Serrat, Julio Vivero</b> Supervision of Active and Programmable Network .....	48
<b>EVENTS</b>	
<b>György Lajtha</b> PKI Scientific Days – November 2002. ....	57
<b>Miklós Halász</b> Report on the Seminar and Exhibition of the 13th Telecommunications and Informatical Network .....	59
<b>László Sipos</b> Jenő Wigner Was Born Hundred Years Ago – The First Reactorengineer who Introduced the Mankind into the Nuclear Age .....	60
Information for the Authors of Telecommunications .....	62
Book recommendation .....	63



## Szerkesztőség

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

## Hirdetési árak:

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

## Cikkek eljuttathatók az alábbi címre is

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

## Előfizetés

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

## 2003-ES ELŐFIZETÉSI DÍJAK

*Hazai közületi előfizetők részére*  
1 évre bruttó 30 000 HUF

*Hazai egyéni előfizetők részére*  
1 évre bruttó 6 000 HUF

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

www.hte.hu

Felelős kiadó: MÁTÉ MÁRIA  
Lapmenedzser: Dankó András

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

Printed by: Regiszter Kft.

SAMSUNG

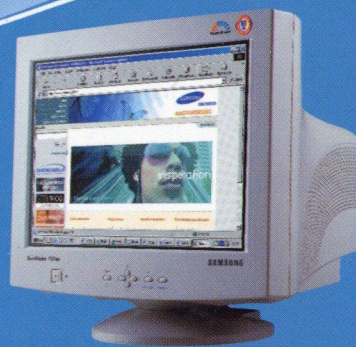
MagicBright



# DigitAll varázslat

Szövegszerkesztés

Internet



Film

## Varázslatos változatok.

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

SAMSUNG DIGITall  
everyone's invited

www.samsung.hu