

# **híradástechnika**

**1945 VOLUME LXV. 2010**

## **hírközlés - informatika**



**Kvantuminformatika**

**Optikai hálózatok megosztott védelme**

**Szemantikus Web**

**2010/3-4**

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

**nka**

# Tartalom / Contents

<i>NEMES TIHAMÉRTÓL A KVANTUMINFORMATIKÁIG</i> <i>FROM TIHAMER NEMES TO QUANTUM INFORMATICS</i>	1
<b>Ferencz Csaba</b> Az úrtevékenység helyzete és trendje napjainkban (2. rész) <i>Conditions and trends in space activity (2009) – Part 2</i>	2
<b>Bacsárdi László, Galambos Máté, Imre Sándor</b> Kvantumcsatorna a műhold–Föld és műhold–műhold kommunikációban <i>Quantum channel in earth–satellite and satellite–satellite communications</i>	23
<b>Lulich Emese</b> Amit a Szemantikus Webről feltétlenül tudni kell <i>Semantic Web: All that you should to know about it</i>	30
<b>Hegy Péter, Cinkler Tibor</b> Megosztott védelem többretegű hálózatokban <i>Shared protection in multilayer networks</i>	36
<b>Kárpáti József</b> Sajátos eszközök és módszerek a projektmenedzsment államigazgatási gyakorlatában <i>Specific tools and methods in the project management in the practice of public administrations</i>	42
<b>Kömlódi Ferenc</b> Szemelvények az IT3 Körkép blogból <i>Excerpts from the IT3 Panorama blog</i>	45
<b>Lukács György</b> Az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karának Híradástechnika Intézete <i>Introducing Institute of Communications Technology of Budapest Polytechnic</i>	49
<b>Dombi András</b> Az első nyolcvan év – Dr. Lajtha György 80. születésnapjára <i>On György Lajtha's 80th birthday</i>	53
<b>Székely-Doby Sándor</b> Emlékezés egy „abszolút” mérnökre <i>Tihamer Nemes, the „absolute” engineer</i>	55

---

## Védnökök

SALLAI GYULA a HTE elnöke és DETREKŐI ÁKOS az NHIT elnöke

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

---

## Főszerkesztő

SZABÓ CSABA ATTILA

## Szerkesztőbizottság

Elnök: ZOMBORY LÁSZLÓ

BARTOLITS ISTVÁN  
BÁRSONY ISTVÁN  
BUTTYÁN LEVENTE  
GYŐRI ERZSÉBET

IMRE SÁNDOR  
KÁNTOR CSABA  
LOIS LÁSZLÓ  
NÉMETH GÉZA  
PAKSY GÉZA

PRAZSÁK GERGŐ  
TÉTÉNYI ISTVÁN  
VESZELY GYULA  
VONDERVISZT LAJOS

# Nemes Tihamértől a kvantuminformatikáig

szabo@hit.bme.hu

**T**isztelt Olvasó!

Tavaszi számunkat *Ferencz Csaba* „Az úrtvékenység helyzete és trendje (2009)” című, átfogó tanulmányának folytatása vezeti be, melynek első részét februári számunkban közöltük. A második rész fő fejezetei: Az úrtvékenység szerveződése; Úrpar; Új technológiák; Alkalmazások, szolgáltató úrrendszerek; A magyar úrtvékenység helyzetéről.

Kvantumkommunikáció, kvantum-számítástechnika – egyre gyakrabban halljuk ezeket a kifejezéseket, de mit is rejtene? Napjaink egyik leggyakrabban használt titkosítási algoritmus az RSA, a számítógépek és a számítási kapacitás fejlődésével azonban felmerül a kérdés: mi lesz az RSA után? *Bacsárdi László, Galambos Máté és Imre Sándor* cikke, a „Kvantumcsatorna a műhold-Föld és műhold-műhold kommunikációban” az alkalmazások lehetőségeit világítja meg. Az egyik lehetséges megoldást a kvantuminformatica kínálja, amely segítségével kvantum módon oszthatunk szét kulcsokat és a kisebb veszteségek miatt érdemes a kvantum-alapú kulcszétosztást műholdak segítségével megvalósítani. A cikk bemutatja azt, hogyan tudunk az űr-Föld és űr-űr csatornákon kvantum módon kommunikálni.

A „szemantikus” Web-et gyakran Web3.0-ként emlegetik, utópisztikus dolgokat mesélve róla. Vajon miért gondolják, hogy a Szemantikus Web forradalmasítani fogja az Internetet? Milyen technológiákra van szükség ahhoz, hogy a Web használhatóbbá, átláthatóbbá és intelligenssé váljon? Hogyan kell az új Webet elképzelni? Ezekre a kérdésekre próbál közérthető válaszokat adni *Lulich Emese* „Amit a Szemantikus Webről feltétlenül tudni kell” című írásában.

Az optikai hálózati eszközök fejlődésével a fényút-készlet módosítása egyre gyorsabban elvégezhető. Ez a tulajdonság előrelépést jelenthet az optikai hálózatokban alkalmazott megosztott védelem terén, mert segítségével lehetővé válik a védelmi útvonalak beállítása és aktiválása a hiba bekövetkeztekor, annak ismeretében. Ez a témája *Hegyi Péter és Cinkler Tibor* „Megosztott védelem többretegű hálózatokban” cikkének.

Ebben a számunkban is folytatjuk a projektmenedzsment témakörével foglalkozó cikksorozatunkat, amelyben már eddig is több, különböző oldalról világították meg szerzőink ezt a fontos területet. *Kárpáti József* „Sajátos eszközök és módszerek a projektmenedzsment államigazgatási gyakorlatában” címmel ezúttal a projektmenedzsment államigazgatásban való alkalmazásának sajátosságait tárgyalja.

Az NHIT IT3 – az „Információs Társadalom Technológiai Távlatai” – projekt eredményeivel a továbbiakban is rendszeresen jelentkezünk. Az e számunkban közreadott válogatásban az IT3 honlapján, blog-jelleggel megjelent nemzetközi hírcsokorból az alábbi témákban válogattunk: nanotechnológia, képfelismerés, bővített valóság, robotok, virtuális összejöveledek.

A hazai oktató-kutatóműhelyekről szóló állandó rovatunkban most az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karának Híradástechnika Intézete mutatkozik be. *Lukács György*, az intézet igazgatójának összefoglalója rövid történeti áttekintéssel kezdődik, melyből azt is megtudhatjuk, hogy a Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar első jogelődje, a Magyar Királyi Állami Mechanikai és Órásipari Szakiskola 1898-ban kezdte meg működését a Tavaszmező ut-

cában. A cikk áttekinti a Híradástechnikai Intézet oktatási tevékenységét, kutatás-fejlesztési kapcsolatait és a legfontosabb projekteket.

„Az első nyolcvan év” című cikkünkben Lajtha György 80. születésnapjáról emlékezünk meg *Dombi András* tollából, aki a márciusban rendezett születésnap ünnepségről számol be. Lajtha professzor szakmánkban betöltött számos fontos tisztsége, feladata között lapunknak is sok éven át szerkesztője volt, meghatározva annak arculatát és minőségét. Szerkesztőbizottságunk nevében – de minden bizonnyal valamennyi olvasónkat is képviselve – mi is szeretnénk csatlakozni a születésnap jókívánásokhoz. Tisztelt Professzor Úr, kedves Gyuri bácsi! Isten éltesen sokáig és tartsa meg vitalitásodat!

Lapunkban rendszeresen foglalkozunk szakmánk történetével és megemlékezünk azokról a kiváló személyiségekről, akik e történetet alakították. Most Nemes Tihamér munkásságáról szól *Székely-Doby Sándor* „Emlékezés egy abszolút mérnökre” című írása. Ki is volt tulajdonképpen a most 50 éve elhunyt Nemes Tihamér? – teszi fel a kérdést a szerző, aki egyben meg is válaszolja azt: a hazánkban legelterjedtebb CB-35-ös típusú asztali telefonkészülék egyik konstruktőre, a magyarországi televíziózás megteremtésének egyik úttörője, a klasszikus számító- és kibernetikai gépek kiváló szakértője, a logikai és játszma-játszó gépek egyik legkiválóbb ismerője, az emberi szervezet és a gépi szerkezetek közötti analógiák szenvedélyes kutatója, sokoldalú, kiváló feltaláló...

Szabó Csaba Attila  
főszerkesztő

# Az űrtevékenység helyzete és trendje napjainkban (2. rész)

FERENCZ CSABA

*Eötvös Lóránd Tudományegyetem  
csaba@sas.elte.hu*

*Kulcsszavak: űrkutatás, jövőkutatás, világtűr és társadalom, űrhírközlés, globális helymeghatározás, távérzékelés, űrparancsnokság*

**Mintegy évtizedenként érdemes áttekinteni az űrtevékenység helyzetét és várható irányait, a meghatározónak tűnő trendeket. Ebben a tanulmányban – amely negyedik a sorban – ezt kísérem meg, felmérve a terület aktuális nemzetközi helyzetét és várható változásait, valamint röviden áttekintve annak hazai alakulását. Az űrtevékenység mai és jövőbeni fontosságát jól meg tudjuk érteni, ha elgondoljuk csak egyetlen napunkat az életünket folyamatosan kiszolgáló űrrendszerek és az űrtevékenység termékei nélkül; ahogyan azt az Európai Űrügynökség (European Space Agency, azaz ESA), valamint az űrkutatás legrégebbi nemzetközi szervezete, a COSPAR megfogalmazta: „One day without space” – „Egy nap űrtevékenység nélkül”. Civilizációnk kiküszöbölhetetlenül függ az űrtevékenységtől, az már létének előfeltétele.**

**Mottó: „Törvény az, ami alól nincs kivétel.”**

(Isaac Newton)

### 3. Az űrtevékenység szerveződése, űripar, új technológiák

Az előző helyzetképben [3] vázolt szervezési és ipari-gazdasági változások, átalakulások az elmúlt évtizedben érdemben megtörténtek. Így ma már egy átalakult világban találjuk magunkat. Az átalakulás komplex, a munka nemzetközi-nemzeti szervezésétől kezdve a tényleges űrtechnikai és űripari kapacitások területi eloszlásáig és működési, működtetési megbízhatóságáig.

#### 3.1 Az űrtevékenység szerveződése

Az űrtevékenység különféle nemzeti és nemzetközi szervezeti struktúrája az elmúlt időben – hazánkat kivéve most ebből – stabilnak mutatkozott. A mégis lezajlott és továbbra is folyamatban lévő nagy átalakulást nem szervezeti-szerveződési változások, hanem újabb űrtevékenységben aktív szereplők feltűnése okozza.

Így a globális együttműködés formális szervezete továbbra is az ENSZ vonatkozó albizottsága, a COPUOS, amelyben hazánk is tag, s mint mindenki másnak nekünk is aktív szerepet kellene játszani. Az ENSZ ezirányú működésének a korlátai sem változtak érdemben, s azok azonosak az ENSZ egész működésében meglévő elvi illetve a nemzetközi erőviszonyoktól függő és a mindenkorai csoportosulásokból adódó korlátokkal.

A szervezeti/szerveződési formákat illetően a meghatározó tényező ma is a nemzeti, pontosabban a központi állami irányítás alatt folyó munkaszervezés. Ennek felépítése a szervezeti formát illetően nem változott. Azonban meg kell említeni, hogy jelenleg az USA-ban elkezdődött egy kormányzati vita, vizsgálat, amely a közvetlenül az ország kormánya és kongresszusa alá rendelt, központi állami NASA helyett valamiféle „priva-

tizált” űrirányítást képzel el. Ez ütközik az elmúlt ötven év bevált, eredményes űrtevékenység irányítási modelljével. Ha megcsinálják, akkor az űrrepülés terén már megkezdődött lemaradásuk kiterjedhet a teljes űrtevékenységre is. Természetesen az effajta folyamatok természete szerint kezdetben a leépülés lassú, alig észrevehető lesz majd. Ez egy jövőbeni bizonytalansági tényező, de egyelőre a folyamat még nem indult el, s még elkerülhető. Oroszországban a bevált irányítási forma működik (RSA) csakúgy, mint Indiában, Kínában, Japánban, az európai együttműködés (ESA) tagállamaiban is nemzeti szinten, pl. Franciaországban a CNES vagy Németországban a DLR, s a többi, az űrtevékenységben egyre aktívabb nagyobb vagy éppen kis méretű országban is.

Ami azonban a szervezeti formák változatlanlansága mellett mégis nagy és minőségi változást jelent, az két részből tevődik össze. Egyrészt az európai együttműködésben az Európai Űrügynökség (ESA) nagymúltú és eredményes működése mellett a mintegy félmilliárdos lélekszámú Európai Unió (EU) is önálló űrpolitikával kapcsolódott be az űrtevékenységbe. Az eredményesség növelése érdekében – mivel nem minden EU tag ESA tag még e pillanatban, s nem minden ESA tag tagja az EU-nak – az EU együttműködési tárgyalásokat kezdett az ESA-val, s mára kirajzolódott a folyamatos ESA-EU összehangolt űrtevékenységi működés körvonalai. (Elvben nem zárható ki, hogy hosszú távon az ESA lesz az EU űrkutatási és fejlesztési bázisa, úgymond a K+F és szolgáltatási célok fő kivitelezője, míg az alkalmazások kiterjedt és hatékony megvalósítását a teljeskörű űrtevékenység megvalósításával és irányításával együtt az EU közvetlenül végzi majd. Az bizonyos, hogy gyorsan növekvő EU űrtevékenységgel és egyre szorosabb EU-ESA kooperációval kell számolni már a következő években is.) Ez a folyamat már érdemben átrajzolja a korábban megszokott űraktivitási képet. Másrészt e mellett

az űraktivitási képet szintén igen nagy mértékben megváltoztatta és változtatja még az a tény, hogy az elmúlt évtizedben több ország is képessé vált űreszközök, alapvetően műholdak űrbe juttatására, illetve e folyamat szerves részeként megváltozott az egyes űrben aktív országok tudományos, technikai, szakmai súlya a globális űrtevékenységben. India és Kína bekerült az „űrnagyhatalmak” közé, s elsősorban a társadalmi, gazdasági, civilizációs problémáik űrtechnikát is használó megoldása a fő cél. Ez persze törvényszerűen olyan fejlődést eredményezett, amivel az űrkutatás és az űrrepülés területén is beérték a „nagyokat”. Kína ma Oroszország mellett a második hatalom, amelyik saját űrrepülési képességgel rendelkezik. (Ne feledjük, hogy az USA az űrrepülőgépek mostani leállításával e képességét ténylegesen elveszti, s ezen nem változtat, hogy képes lenne űrrepülésre, megvan a szükséges tudásuk és technológiájuk, csak mindez nem jelent indítható űrhajót mondjuk Cape Canaverelen, a Kennedy Űrközpontban.)

A kínai űrtevékenység sajátos aspektusa a nagyfokú elkülönülés a nemzetközi együttműködéstől. Kína ugyanis résztvesz a nemzetközi együttműködésben, de csak oly mértékben, amiből a szükséges tudásbeli és gazdasági hasznuk elérhető, de alapvetően, a fő programjaikban teljesen önállóak. E sajátos helyzetet árnyalja, hogy igen intenzív, a világűrre is kiterjedő katonai fejlesztést hajtanak végre hosszú ideje, miközben nincs semmiféle látható, Kínát veszélyeztető fenyegetés világunkban. Ugyanakkor India az amerikai-orosz-európai űregyüttműködésbe sokkal szorosabban integrálódva és az együttműködést kiemelten kezelve a mindenkitől független űrhajózási képesség demonstrációját a hasznosítási programok mögé sorolta, de képesek rá. Japán szintén nagy önálló missziók megvalósítására képes és azokat meg is valósító űrhatalommá vált.

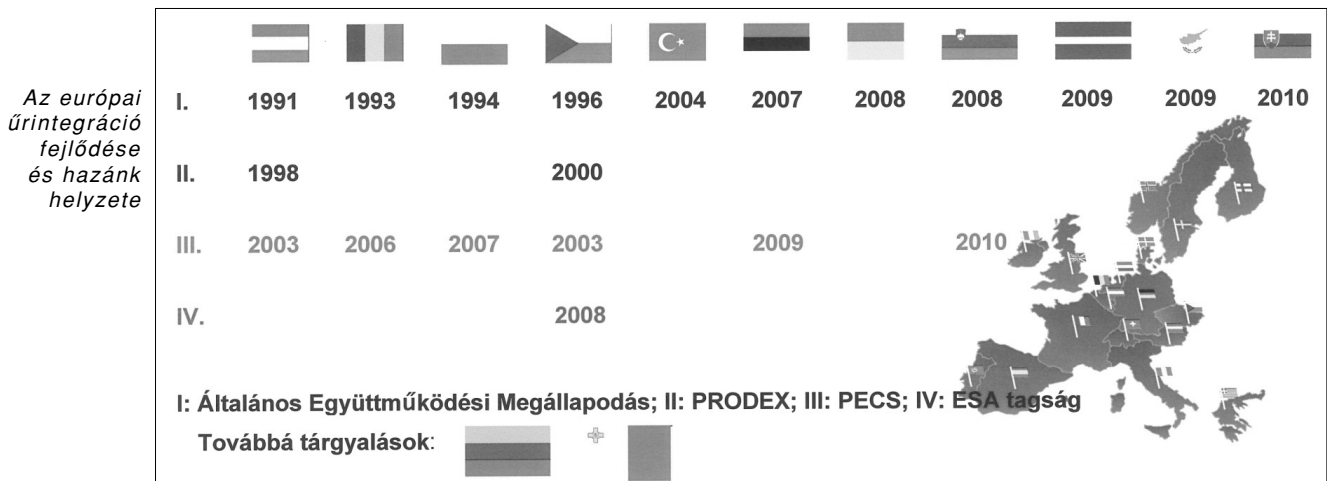
E nagy átrendeződést tovább gyorsítja kisebb, eddig önálló űreszköz felbocsátási képességgel nem rendelkező országok önálló szereplőként megjelenése az űrkutatásban. Így ma már önállóan képes műholdat a világűrbe juttatni Észak-Korea, és Izrael mellett az iszlám világ két állama, Irán és Pakisztán. E képesség megjelenése és terjedése befolyásolja a civilizáció globális stabilitását is, mert jellemzően nem egy szerves és szoros

nemzetközi kooperáció részeként születtek és születnek meg, hanem elzárkózóan, katonai-hatalmi elképzelések részeként.

Az űrtevékenység átalakulásának fontos és minket, magyarokat is érintő része az európai integráció előrehaladásához kapcsolódik. Az EU bővítésétől – 10+2 új EU tagország – el nem választhatóan az ESA is elindította a saját bővítési folyamatát. Ennek alapját az Interkozmosz de facto megszűnése és az átrendeződött Közép- és Kelet-Európa országainak ESA iránti érdeklődése adta meg. Mivel ezen országok az Interkozmosz keretein belül érdemi űrtechnikai és űrkutatási tudásra és tapasztalatra tettek szert, ennek a befogadása az ESA-t is gazdagítja, míg az ESA-n belül, teljes jogú tagként ezek az országok folytathatják a nekik is fontos űrtevékenységüket.

Azonban az ESA teljesen más felépítésű, mint az Interkozmosz volt. Az ESA a tagországok űriparára és azon belül az űripari cégek versengésére épít a programok megvalósításában és az űrrendszerek gyakorlati hasznosításában, s a teljes földi űrtevékenységi infrastruktúrát (starthelyek, követő állomások, adatvétel, adatszétosztás, riasztás, földi űreszköz integrációs központok stb.) a tagok közösen tartják fenn. Utóbbit az Interkozmoszban a volt Szovjetunió biztosította, lévén teljes, önálló rendszere; egyszerűen csak megengedte, hogy a „kicsik” is használják, de csak az ő irányításuk alatt stb. Ugyanakkor az Interkozmosz keretén belül nem jött és nem is jöhetett létre a „kicsiknél” űripar, mert ez részben ütközött az úgynevezett szocialista társadalmi berendezkedési elképzelésekkel, részben nem felelt meg a szovjet hatalmi elképzeléseknek, ha a területükön kívül is létezik érdemi, önálló űripar a „békétáborban”. Ezért első lépésként a szocialista világrendszer összeomlása után az EU csatlakozásra még csak készülni kezdő államok külön-külön együttműködési megállapodásokat írtak alá az ESA-val, jelezve egyben, hogy ez csak az első lépés.

Elsőként ilyen megállapodást Magyarország írt alá az ESA-val még 1991-ben, mintegy az Interkozmoszban megvolt vezető szerepünk folytatásaként, hiszen a volt NDK Németország részeként automatikusan ESA-tag is lett. A szándékokról tájékozódva és annak ismeretében az ESA felmérte, hogy milyen átalakulásra és elsősor-



ban ipari és technológiai fejlődésre van szükség az ESA iránt érdeklődő országokban. Az előbb vázolt szerkezeti eltérések miatt két fontos teendő vált ismertté: a csatlakozni szándékozó országoknak elő kell tudni teremteni a közös infrastruktúra fenntartásához és fejlesztéséhez szükséges hozzájárulásukat, valamint az aktív űrtevékenységben részvételükhöz szükséges anyagiakat, amelyek nélkül persze a tudományos, gyakorlati és gazdasági-pénzügyi haszonból sem lehet részesülni. Ezen túlmenően létre kell hozni ezekben az országokban a versenyképes és gazdaságilag nyereséges űriparat.

E két feltétel teljesüléséhez több lépcsős csatlakozási folyamatot dolgoztak ki. Közbülső állapotként az ESA a tudományos műszerfejlesztést segítő PRODEX programot indított, amelyben a korábban is megvolt tudományos kapacitásaik segítségével az érdeklődő országok kutatói és űrbeli műszer-fejlesztői az ESA egyes tudományos célú programjaiba be tudtak kapcsolódni. E programhoz is Magyarország csatlakozott elsőként, 1998-ban. 1999-ben elkezdve az ESA kidolgozta a teljes jogú tagságig vezető felzárkózási folyamat jogi kereteit, az European Co-operating State (ECS) jogi formuláját és az ezt végrehajtó programot (PECS). Ehhez is elsőként hazánk csatlakozott a már az ESA együttműködéseken is elért eredményeire támaszkodva, 2003-ban.

A PECS feladata az, hogy néhány év alatt a nemzeti szervezeti-irányítási formájukban már ESA-konformnak feltételezett, a PECS-ben résztvevő országokban szülesse meg a versenyképes űripar, ezen országok kutatói és fejlesztői, valamint a létrejött űripari cégei és eredményes kutatóhelyei pedig egyrészt váljanak ismertté az ESA korábbi közössége előtt, élő kapcsolatokkal is, miközben ők maguk megismerik az ESA működését és ahhoz tudnak alkalmazkodni, majd bekapcsolódni a különböző előkészítési, javaslattevési, döntéshozatali, kivitelezési és ellenőrzési folyamatokba is. A régióból e fázis gyors bejárásával elsőként Csehország lett az ESA teljes jogú tagja, 2009-ben, élvezve annak minden előnyét is. (Magyarország fejlődése a megfelelő kormányzati döntések elmaradása miatt, mint a teljes K+F területén egészében is, az űrtevékenységben is megállt, visszaesett. Románia teljes jogú taggá válása viszont folyamatban van, s további országok is jól haladnak.) E bővüléssel az ESA (és az EU) a világ három legnagyobb és legerősebb űrhatalma egyikévé válhat, ami többek között a civilizáció globális stabilitása biztosításához is fontos változás.

### 3.2 Az űripar

Az előző helyzetképben [3] bemutatott állapot és folyamatok következtében mára az űripar nemcsak a világgazdaság és a nemzeti gazdaságok fontos, nagy hozzáadott értéket produkáló és nagy hozamú része lett, hanem a repülőiparral a születése óta meglévő összefonódottsága napjainkra teljes integrálódottsággá vált.

A világgazdaságban ezért a repülő- és űripar („aerospace”-ipar, „aerospace”-tevékenység stb.) jelent egyetlen gazdasági és technológiai, jellemzően nagyon fejlett technológiai, azaz angol szóval „high-tech” egységet. Az országok és régiók lehetőségeit és várható fejlődé-

sét a repülő- és űripar ottani állapotán lehet lemérni. Ez általában köztudott a gazdasági és állami irányítók és döntéshozók köreiben, kivéve a lemaradó országokat. (Figyelemre méltó „beteg ló” példa erre sajnos éppen Magyarország, ahol Antall József ezt még pontosan tudta, s mind államigazgatási-szervezeti, mind támogatási-költségvetési szinten a döntéseinél alkalmazta és alkalmaztatta. Ezzel szemben az utóbbi években a döntéshozói szinteken hazánkban ez a tudás majdnem teljes egészében elenyészett, a döntéshozók ma nem is tudják, hogy ilyesmi létezik, nemhogy a szerepét és fontosságát értenék. Magyarország állapota ezzel igen jó korrelációt mutat.) A világ mérvadó államai és államszövetségei csakúgy, mint a feltörekvő gazdaságok és fejlődni kívánó társadalmak a repülő- és űripar súlyának megfelelően kezelik. Már nem egy a gazdaság területei között, hanem az egyik kiemelten fontos terület.

Az űripar az első években (1957-65) sajátos és a költségvetési pénzeket kizárólag fogyasztó területként jelent meg. Ez a társadalmi közteherviselési инвестиáció azonban nagyon gyorsan meghozta a gyümölcsét, s a '60-as évek közepétől kezdve megjelent az önálló űripar, vagy teljesen önálló cégekként (pl. Comsat), vagy repülési, vegyi illetve elektronikai cégek önálló részeként. A folyamat gyorsan haladt előre és a XX. század végére az űripar – akkor már egyre inkább repülő- és űripar formát öltve – érdemi gazdasági tényezővé vált, amelyekben az űrhírközlési terület volt a meghatározó [3]. (Ez nem meglepő, hiszen az űripar megszületése is először az űrhírközlés területén ment végbe, a Comsat is távközlési műholdakat fejlesztő és gyártó cég eredetileg.)

Mára a repülő- és űripar hatalmas és összetett ipari-gazdasági terület. Magába foglalja a hordozóeszközök (rakéták) gyártását, integrálását, felbocsajtását, a földi űr-infrastruktúra (követőrendszerek, adatvevő rendszerek, irányító rendszerek, adatarchíváló és szétosztó rendszerek; űreszköz integráló, ellenőrző és minősítő rendszerek, központok; start- és leszálló helyek és kiszolgálásuk stb.) létrehozását, fenntartását és az itt szükséges rendszerek fejlesztését és gyártását, továbbá a különféle űreszközök fejlesztését, gyártását, valamint az e téren szükséges új technológiák kutatását. Utóbbi tartalmazza az egyre inkább szabványosodó műholdak fejlesztését és gyártását, beleértve a nagyméretű, sok feladatot ellátó műholdakat is és a speciális feladatok ellátására kialakított kis (mini- és mikro, sőt piko-) műholdakat, sok műholdból álló műholdrendszereket, a szolgáltató űrrendszerek műholdjaitól kezdve a speciális űrszondákig (bolygóközi összetett missziók szondái, valamely másik bolygó vizsgálatára készülő űrszondáig, különleges kutatási feladatra készülő űreszközökig), valamint az ezek illetve elődeik küldetéséből kirajzolódott ismételt is szükséges űrbeli műszertípusoktól az egyedi műszerekig, érzékelőkig mindent. Ugyanakkor a mindig jelentkező teljesen új kutatási-mérési feladatok megoldásánál az egyetemek és kutató intézetek műszerfejlesztési és egyedi gyártási feladatai megmaradtak, változatlanul szükségesek; bár e téren is jellemző

e K+F helyek és az űripari egységek növekvő mértékű kooperációja, az e munkák elvégzésére vonatkozó, egyre jellemzőbb integrációja. A szolgáltató űrrendszerek, azaz a műholdas szolgáltatások (űrhírközlés, helymeghatározás-navigáció, műholdas Föld-figyelés, meteorológia, térképészet, katasztrófa-jelzés/riasztás, mentés, forgalomirányítás stb.) növekvő társadalmi szerepe és fontossága miatt nem zárható ki, hogy a nem távoli jövőben az űripar ezen területe elválik a szintén óriási fejlesztés-gyártás-üzemeltetési résztől és önálló űrszolgáltatási egységként jelenik meg a világgazdaságban és a nemzeti/szövetségi gazdaságokban. Erre utaló jelek már látszanak, de az emberi társadalom pillanatnyi állapota miatt az élet szolgáltatáshoz szükséges átalakulások nem kezdődtek el, így ez a szétválás sem indult még meg.

Mivel az űrkutatás két kezdeti nagy hatalma a Szovjetunió és az Amerikai Egyesült Államok volt, ezért az úgynevezett szocialista tábor, azaz szovjet blokk XX. század végi bukása és megsemmisülése alapvető átalakulást hozott az űriparban is. Addig ugyanis az űripar az egyes különálló államszövetségek, államok között érdemi kapcsolatokkal nem rendelkezett hatalmi-biztonsági megfontolások konzekvens érvényesítése miatt. E határok eltűnésével és a volt szovjet blokk területén kialakult válság-tranziens hatására a hajdan volt két nagy tábor űripara először csak kapcsolatba lépett, majd szorosán együttműködni kezdett. Csak egy kiragadott példaként említem, hogy az USA Atlas-V hordozórakétája hajtóműveit, mivel a Rocketdyne cég nem fektetett elegendő tőkét a fejlesztésbe és nem vette észre az új piaci ár-konkurrencia megjelenését, ma orosz cég szállítja kiváló minőségben.

E folyamat erősödik, s egészséges társadalmi fejlődés esetén legalábbis az északi ipari övezetre (USA, EU, Oroszország, Japán, Kanada) kiterjedő űripari integráció alakul ki. Érdemi jelek utalnak arra, hogy e folyamathoz más régiók is csatlakoznak (India, Izrael, Brazília, Ausztrália, Új-Zéland, Dél-Afrika stb.). Ez a gazdasági folyamat elsöpörheti a mai szeparálódást akaró hatalmi ambíciókat, vagy a szeparálódást akaró hatalmi központok és országaik többé-kevésbé kirekesztődnek a globális együttműködésből. A jelenlegi globális társadalmi helyzet nagy instabilitása persze jelentős, akár katasztrófális változásokat is hozhat, ami természetesen az úgynevezett normális változások esetére adott trendet alapvetően megváltoztathatja.

Az űripar területén a hordozóeszközök fejlesztésére és gyártására külön is érdemes figyelni. Az is fontos, hogy – mint előbb láttuk – ma már sok ország rendelkezik önálló műhold felbocsátási kapacitással, megfelelő hordozórakétával. E képesség megléte viszont az űripar ehhez szükséges fontos és kiterjedt részének meglétét jelenti az adott országokban, illetve állam-szövetségben (EU/ESA). Mivel több olyan ország is van, amelyik a szükséges szállítási képességgel nem rendelkezik, de önállóan képes űreszköz gyártására és űrbeli üzemeltetésére, illetve a nagy űrszolgáltatási rendszerek üzemeltetése a leálló illetve meghibásodó műhol-

dak miatt azok folyamatos (azonos vagy fejlettebb műholddal) pótlását kívánja meg, s e szolgáltató rendszerek üzeme legtöbbször nem állami/államszövetségi feladat, a nagy űrszállítási kapacitással rendelkező államok mások/megrendelők műholdjait megfelelő díjért előírt, kért pályára viszik fel az űrbe. Korábban ez eseti együttműködés keretében történt. De mára gyorsan növekvő szállítói piaccá vált, amelyből a legnagyobb részt jelenleg Oroszország és Kína birtokolja. Várható e piacon India szerepének növekedése is, s természetesen érdemi szereplők az ESA és a NASA mellett az észak-amerikai e területre betörő magáncégek is. Új piaci jelenség az „űrturisták” szállítása is, amely téren az igény növekszik. Ma azonban valódi űrutazási és nemcsak egy pár perces űrigrási lehetőséget egyedül Oroszország kínál a Nemzetközi Űrállomáshoz (ISS) induló űrhajóin időnként fennmaradó szabad férőhely eladásával. (Így nyílt mód arra is, hogy sok év után újra egy magyar repülhessen a világűrbe, ifj. Simonyi Károly, azaz Charles Simonyi aki – bár maga fizette két utazása költségeit – jól képzett K+F szakember, repülése hasznos is volt a magyar űrkutatásnak, s nem valódi turista.)

Változatlanul fontos ezért a nagy hordozórakéták fejlesztése és gyártása, amely téren intenzív munka folyik Oroszországban, az USA-ban, Kínában, az ESA-nál, Indiában, Japánban, s aminek eredményeként a különféle tömegigényű startokhoz igazodva hordozórakéta családok alakultak ki. A legrendezetlenebb fejlesztési munka e téren az USA-ban folyik, ahol részben a kormányzati változások okozta zavarok, részben a különböző cégek össze nem hangolt munkája következtében még hordozóeszköz-hiány is fellépett mára. Az USA – mint jeleztük – az űrrepülőgépek leállítását után egy ideig ezért nem lesz képes embert felbocsájtani az űrbe. Ezért ma nagyon feszített tempójú nagyrakéta fejlesztés folyik (az ARES rakéta fejlesztése az Orion űrhajó szállításához), azonban ezt a munkát is zavarja a jelen helyzetben is a fent említett két hatás. Az új hordozóeszköznek egy éven belül startra alkalmas állapotba kellene kerülni. E kapkodástól mentes nagyrakéta-fejlesztés kezdődött Oroszországban is, a szállítási képességeik megnövelése és korszerűsítése érdekében. Fontos azonban kiemelni, hogy ezek az eszközök klasszikus rakéták. Az egy lépésben Föld körüli pályára jutni képes (SSTO) eszközök [3], azaz fejlettebb űrrepülőgépek kifejlesztése megállt. Vagyis e hordozók terén a szükséges és lehetséges technológiai-technikai előrelépés nem történt meg, bár igen fontos lenne.

Szintén szükséges és lehetséges hordozóeszköz fejlesztési lépés lenne a világűrben megépülő vagy csak ott üzemelő, s az ottani pályabeállításat biztosító illetve nagyon nagy sebességet elérve a bolygóközi repülést segítő, valamint a csillagközi repüléshez szükséges eszközök fejlesztése és használatba vétele. Ezen a téren alig történt érdemi előrelépés, pedig lehet, hogy a fúziós energiatemelés megoldását is érdemben segítené ez kutatási irány. A már a '70-es években kifejlesztett nukleáris hajtóművek használatba vételére semmi sem történt, s egyelőre ez a helyzet rövid távon nem vál-

tozik meg. A napvitorlás, ami a nem-tehetetlenségi pályák használatát is lehetővé, illetve a néhány tized fénysebességnyi sebességet elérhetővé tenné – lásd korábban a [3]-ban, illetve a 2. részben – használható készültési szintű technológia. Azonban az első kísérleti napvitorlát is tartalmazó műhold startja hordozórakéta hiba miatt nem sikerült, s a második startra pedig még nem került sor. Ez a közeljövőben várható, legalább is reméljük. Úgy tűnik, hogy a következő évtizedben az új elveket használó hordozóeszközök mégis megjelennek a rájuk vonatkozó növekvő igény miatt.

Az űripar egészének perspektíváit is érinti a következő években várható műhold illetve űrszonda és űrhajó indítási igény alakulása, hiszen ez mind a hordozóeszközök, mind az űreszközök gyártási/használati piacát jellemzi. Az elmúlt évtizedben erős hullámvész mellett a felbocsájtott műholdszám csak lassan növekedett. Azonban mind a civil, mind a katonai/védelmi célú szolgáltatások iránti növekvő igény és az újabb szolgáltatások (pl. globális mobil hírközlés) megvalósításához szükséges nagyobb műholdszám miatt a következő évtizedben a felbocsájtandó műholdak számának erősebb, a jelenlegi körülbelül másfélszeresére növekedése várható. E mellett nem csökken, inkább kicsit megnő a Naprendszer, a Nap és az egyes bolygók, valamint a Hold vizsgálatára induló űrszondák száma.

Az elmúlt időszakban igen nagy technikai eredmény volt az, hogy az USA elindította a Plútó vizsgálatára az első szondát, s a repülési idő elfogadható értéken (9 év) tartása érdekében e szondát a hordozórakétája majd 24 km/s sebességre gyorsította fel. Ez az eddig a Földről elindított legnagyobb sebességű űrszonda! A Nemzetközi Űrállomás üzemeltetése folyamatos és egyenletes startszámot igényel. De a Holdra visszatérés, egy Hold-telep létrehozása, fenntartása és a Marsra készülő intenzív startszám növekedéssel járna. Ezen túlmenően újabb űrszolgáltató rendszerek (űridőjárás, védelmi feladatok ellátása, űrszemét elleni védekezés stb.) megjelenése is várható, s a civilizációnk fenntartásához, az élet védelméhez kellenek is. Ezek kiépítése és fenntartása a fenti startigényen túlmenő startszám növekedést jelent. Mindezek jól mutatják az űripar perspektíváit, gazdasági jelentőségét és a benne rejlő lehetőségeket.

### 3.3 Új technológiák a látóhatáron

E részben csak a valóban nagy újdonságot jelentő űrtechnikai előrelépési lehetőségeket említem meg röviden, az élet normális menete szerinti új technikák, technológiák kifejlesztésével, mint korábban sem, most sem foglalkozom. Ezek az „űrtevékenységi élet” normális, szükségszerű velejárói, egyben mutatván e „high-tech” terület húzóágazat jellegének egyik alapvető motorját. De e normálisan várható fejlődésen túlmutató lehetőségek is felmerültek.

a) A mikroelektronikai alkatrészek, alkotóelemek területén három új lehetőséget tartok említendőnek. A nagy bolygók kutatása és az űridőjárás jelenségek hatásai

előtérbe helyezték a sok más területen (pl. elektronikus harcászat, nukleáris technika) is fontos, sugárzásálló mikroelektronika, integrált áramkörök (IC) és egyéb alkatrészek fejlesztését. Sikerült áttörést elérni azzal, hogy az egyes komponenseknél nem a félvezető rétegek vastagságát illetve homogenitását növelik meg, nem a kristály anyagát változtatják meg új anyagokat vonva be az IC-k készítésébe, hanem a kristályra integrált egyes elemek, alapvetően az aktív elemek (tranzisztorok, diódák stb.) geometriai kialakítását változtatták meg úgy, hogy egy elektron sugárzás miatt keletkezése, vagy ugyanezen okból egy lyuk eltűnése sokkal kisebb hatást tudjon kiváltani a teljes alkatrészelem (pl. záróréteg) paramétereiben. A fejlesztés sikeres, s így az integrált-sági fok csökkentése (rétegvastagság növelés stb.), illetve a sokkal drágább és bonyolultabb technológiát igénylő anyagok bevonása nélkül, akár szilícium-bázisú félvezetőkben mintegy nagyságrendnyi sugárzásállóság növekedést sikerült elérni. E technológia bevezetése az elmondottak miatt nem illetve alig növeli meg az elektronikus alkatrészek gyártási költségeit, miközben nagyságrenddel megnövekszik a társadalom működési feltételeinek biztonsága az űridőjárás hatásokkal (napkitörések stb.) szemben, illetve könnyebbé válik a nagy sugárterhelést produkáló bolygók és holdjaik kutatása.

Rendkívül fontos, s egyben a földi szolgáltatások szükséges és igényelt fejlődését is elősegíti, a nagyfrekvenciás (mikrohullámú illetve optikai sávú) technika miniaturizálásának növelése. Szimultán jelentkezett igény ugyanezen frekvenciákon a nagyteljesítményű erősítők építése az irányított nagyenergiájú mikrohullámú illetve optikai nyalábok jó hatásfokú előállítására a biztonságos információátvitel, illetve egyéb alkalmazások (lásd lentebb) céljára. Az elmúlt időszakban sikerült a mikrohullámú rendszerekben az integrált megoldásokat általánossá tenni, s a gallium-nitride (GaN) erősítők kifejlesztésével az eddigi teljesítmény korlátok is eltűntek, eltűnnek.

Minden elektronikus rendszer működtetésének kulcseleme a tápegység, az elektromos energia forrása. A jelenlegi napelemek, bár hatásfokuk, megbízhatóságuk és élettartamuk sokat javult a kezdeti időkre visszanezve, az űrtevékenységben nem teszik lehetővé a napelemes energiaellátás alkalmazását a Marson túli misszióknál, mert a működésükhöz ott már túl kicsi a Nap fénysugárzásának teljesítménysűrűsége, azaz túl messze van a Nap. Ugyanezért, azaz a kevés fény, a túl kicsi fénytelteljesítmény-sűrűség miatt nem adnak elektromos energiát a napelemek a Földön éjszaka, erősen borult időben stb., ami korlátozza a nagyobb földrajzi szélességeken, akár nálunk is a kiterjedt alkalmazásukat. A NASA azonban napjainkra sikeresen kifejlesztett olyan nagy hatásfokú, új napelem-típust, amellyel – állításuk szerint – a Szaturnuszon túlig lehet rövidesen űrszondákat üzemeltetni. Ez rendkívüli áttörés, hiszen a Földön ez azt jelenti, hogy ezekkel a napelemekkel borult időben és éjjel is lehet elektromos energiát termelni, csak az Űjhord időszakát kell majd e szempontból vizsgálni, s az

éjszakai borult égbolt okozhat (könnyen megoldható) gondot. Az új napelem-technológia, ha beválik az űrbeli, illetve a gyakorlati alkalmazás körülményei között is, lényeges segítséget jelent mind a Naprendszer kutatásában, mind civilizációnk földi működtetésében. Ha ez a megoldás mégsem alkalmazható, akkor is igazolta a fényelektromos áramkonverzió nagy hatásfokú megvalósításának a lehetőségét, s ez esetben a közeli jövőben találunk jobb lehetőséget. De egyelőre várjuk a kifejlesztett megoldás első alkalmazási eredményeit.

b) Az űreszköz tervezési-építési technológia terén is elindult néhány fontos folyamat, átalakítva a közeljövő műholdjai, műholdrendszerei kialakítását. Ennek első része a korábban megjelent kis-műholdas (kis-, mini-, mikro-, piko- műholdas) kutatási technológia átmenetése az általános, kiemelten a szolgáltató űrrendszerek területére. Erre az ad lehetőséget, hogy az űrkutatási területeken egyes kérdések megválaszolása (pl. a magnetoszféra inhomogenitásainak térbeli elrendeződése egy adott pillanatban, vagy az ugyanott terjedő elektromágneses jelek térbeli alakja és mozgása) megkívánja együtt mozgó, azaz formációban repülő műholdcsoportok felbocsájtását, irányítását, követését. Már van is ezt a technikát alkalmazó kísérlet (pl. Cluster) és a jövőben továbbiak esedékesek.

E kutatási technika azonban átvihető az általános műhold-tervezési, építési területre is. A folyamat az űrhírközlés és a védelem területein indul, mert ott van ma szükség nagyon nagy műholdak építésére és üzemeltetésére. Ezek esetében márcsak a felbocsájtás is komoly feladat – például nagy hordozórakétát igényel – s bármely építés közbeni hiba a teljes feladatellátást készteti, illetve ugyanez már fenn a pályán komplett szolgáltatás kiesést jelenthet a hiba jellegétől függően. A globális mobil hírközlés megjelenése rutinszerűvé tette a műhold-műhold kommunikációt is. Így ma mód van arra, hogy a sok funkciót ellátó, nagy műholdak helyett egy-egy vagy néhány funkciót ellátó, együttműködő és egy formációban repülő műhold-csoportokat alkalmazunk. Ez a növekvő üzembiztonság mellett ráadásul az építési és felbocsájtási követelmények egyszerűsödése miatt nemcsak üzembiztonsági és ütemterv-tartási előnyökkel jár, hanem olcsóbb is. Ezért a közeli jövőben a máris gyorsan fejlődő kis-műholdas üzlet további gyors fellendülése várható. Mivel e terület most formálódik, a jövő szempontjából is nagy pozicionális előnyt szerez az, aki már belépett e területre vagy most lép be.

A másik átalakulási folyamatnak a szükséges gyorsító lökést a sikeres kínai műhold-szétlövési kísérlet adta. Ez ugyanis előtérbe helyezte azt a kérdést, hogy egyrészt a műholdak tulajdonképpen könnyen szétlövhetők, s még egyszerűbb üzemeltető hibát okozni, s erre ma már több ország is képes. Amíg ugyanis úgy tűnt, hogy ezt csak az USA és Oroszország tudja megtenni, addig az orosz-amerikai biztonsági egyeztetések és megállapodások kellő biztonságot nyújtottak a civil és katonai műholdak, műholdrendszerek biztonságos üzemének garantálására. Azt legfeljebb az űridőjárás,

azaz a Napunk veszélyeztethette, ritkán. A multipólusú rendszer azonban nem kontrollálható kellő biztonsággal.

A másik új szempont az, hogy részben éppen e kísérletek, részben véletlen műholdtöbbség miatt keletkező törmelék, a startok során stb. leváló kis alkatrészek növekvő száma nagyon megnövelte a műholdak kisebb-nagyobb mértékű, esetleg katasztrófális sérülési valószínűségét. Mindezt, s a műholdas szolgáltatások stabilitásáért is felelős űrparancsnokságok elemzéseit és igényeit is figyelembe véve, továbbá támaszkodva a Hubble űrteleszkóp ismételten a műhold-pályán történt megjavítási tapasztalataira megkezdődött olyan robotok, azaz ember nélkül (is) a feladatát elvégezni képes műholdak kifejlesztése, amelyek alkalmasak meghibásodott, megsérült műholdak kijavítására a jövőben. Mivel e művelet során a javító robotnak és a javítandó műholdnak találkozni és valamiféle módon kapcsolódni is kell, a javítórobot-műholdak megjelenése egyben átalakítja a műhold tervezési-kialakítási technikát is. Az sem zárható ki, hogy e javító műholdak egyben egy jövőben újabb űrszolgálat, űrszolgáltatás előfutárai.

c) Egyelőre még nehezen felmérhető, de mindenképpen rendkívül nagy hatással jár a nagyteljesítményű szilárdtest lézerek sikeres kifejlesztése. Ezek már igen jó hatásfokú és ugyanakkor nem túl nagy méretű eszközök, amelyek képesek igen nagy teljesítményű fény (elektromágneses) impulzus kibocsájtására, ami fénysebességgel repülő lövedék (lásd lézerfegyverek a sci-fi-ben.) Az elmúlt időszakban a laboratóriumi kutató-fejlesztő munka pusztán kutatási jelleggel lezárult. Természetesen tovább folynak a kutatások is. De megkezdődött a fejlesztés, mivel ez az eszközfajta lehetővé teszi a fegyverzet technológia forradalmasításán túlmenően a rakétatámadások biztonságosabb elhárítását és az űreszközök önvédelmi rendszerekkel, például kisebb meteorok elleni védelemmel felszerelését. Ez különösen hosszabb idejű emberes űrmissziók esetén válik nagyon fontossá, de megnyitja az utat a műholdak ellen indított rakéták – lásd a kínai kísérletet – indulás utáni gyors, akár a Földről történő megsemmisítése előtt is megvédve a támadott műholdat. A ma kísérleti eszközként üzemelő rendszerek még relatíve nagyok, azaz az alkalmazási kísérletek során átalakított utasszállító repülőgépre illetve nagy kamionra telepítik a teljes rendszert. De megkezdődött az első védelmi rendszerbe állítandó lézerfegyver végfejlesztése, amelyet az USA haditengerészete használna hadihajóra szerelve, kisebb támadó csónakok stb. elleni védelemre. (Gondoljunk a Szt. István csatahajó I. Világháborúban történt megsemmisítésének menetére, ahol éppen ez a fajta védelem hiányzott.) Oroszország a lézertechnikában élenjáró, de az ottani ezirányú munkákról érdemi információt nem sikerült kapni. Ezzel együtt az valószínűsíthető, hogy ezeket az eszközöket ők is fejlesztik és várhatóan hamarosan alkalmazzák is.

d) Végül nem kerülhető meg a teleportálás, s ha röviden is, de szót kell ejteni a teleportálási kísérletekről. Ennek elvi alapjai még az úgynevezett Einstein-Hei-

senberg vitában rajzolódta ki, amikor Einstein, Podolsky és Rosen igazolták, hogyha két, speciális csatolásban lévő részecske (ma EPR-csatolás) a megmaradási elveknek együtt tesz eleget, akkor, ha az egyik állapota átbillen, a másik azonnal, minden időbeli késedelem – vagyis mindenféle terjedési idő – nélkül az első részecske állapotába kell billenjen [15]. Vagyis az első részecske állapota átkerült a másik részecske helyére, miközben az első részecske helyén eltűnt. A kísérletek a '90-es években már laboratóriumon belül hoztak eredményt, s fényel, vagyis fotonokkal ma száz méteres nagyságrendben sikerült ezt az azonnali állapotátvitelt igazolni. Ha e kísérletek tovább haladnak előre, akkor első lépésben az információ azonnali átvitelében, később esetleg más átvitelben is az ürtevényesség (is) bizonyosan használni fogja. A kulcs az EPR csatolás, az EPR csatorna létrehozása és fenntartása. A kutatás e téren ma nagy intenzitással folyik.

#### 4. Alkalmazások, szolgáltató úrrendszerek

A korábbi helyzetképekben [1-3] az akkor létrejövő, majd kiteljesedő, s a társadalom működésébe egyre jobban beépülő (lásd az 1. részben) gyakorlati alkalmazások egyes fő területeit külön-külön pontban tekintettük át. Mára ezek beintegrálódtak napi életünkbe, s a korábban megindult [3] területek közötti összeintegrálódás is részben megtörtént, részben előrehaladt. Ugyanakkor új alkalmazások, új szolgáltató úrrendszerek rajzolódnak ki a látóhatáron. Ezért indokoltnak gondolom, hogy e területeket mostmár csak egy részbe összefogva tekintjük át tudva, hogy a korábbi fejlődési trendek [3] érdemben helyesnek bizonyultak.

A következőkben először a három, ma már klasszikusnak tekinthető alkalmazást, az úrhírközlést, a helymeghatározást és a távérzékelést (a Föld megfigyelését) tekintjük át, majd áttérünk a megszülető újabb alkalmazásokra.

##### 4.1 Úrhírközlés

Az előző helyzetképben [3] jeleztük, hogy az úrhírközlés terén a kezdeti alkalmazási-szolgáltatási típusok összeintegrálódás elkezdődött, mivel megszűntek a nagyobb fedélzeti adóteljesítmény előállítási nehézségek, s már értelmetlenné vált a hírközlő műholdak kisebb adóteljesítménnyel gyártása. Ez az integrálódás mára nagyobb részt lejátszódott, s jelenleg két kategória maradt az úrhírközlésben. Ezek a fix műholdas szolgáltatók és a globális mobil szolgáltatók. Az első magába integrálja a régi fix műholdas szolgáltatókat, a műsorszóró szolgáltatókat és a kisebb régiókat átfogó, nem globális mobil szolgáltatásokat is. Míg a globális mobil szolgáltató az eredeti definíciója szerint a teljes földfelszínre kell ellátást biztosítson időben folyamatosan (24 órás fedés) a földi mobil feltételeknek (kis földi adó- és vevőteljesítmény, akár gyors mozgású földi végpontok stb.) megfelelően. Megjegyzem, hogy a definícióból is adódóan,

s a [3]-ban leírtakra is visszagondolva (lásd az Inmarsat szolgáltatását), valamint az úripar technológiai lehetőségeinek átalakulását is számításba véve biztosra vehető, hogy e két kategória integrálódása is megindul, amint az első globális mobil szolgáltatók stabilizálódnak és az előfizetők átcsoportosulása az első kategóriából a másodikba nagymértékűvé válik.

##### 4.1.1 Fix műholdas szolgáltatók (FFS)

A területen a fejlődés változatlanul nagy. Ennek motorja a távközlési előfizetői igények további növekedése, amit részben a gazdaság és egyéb társadalmi működés (a tudományos együttműködéstől az állami működésen át a turizmusig) globális együttműködési kényszerének és igényének a növekedése hajt, részben az egyes felhasználók, előfizetők információ átviteli igényeinek a gyors növekedése. Ez egyben a gyors műszaki fejlesztés hajtómotorja is, hiszen fejlettebb műszaki megoldásokkal könnyebben, megbízhatóbban és a réginél olcsóbban lehet az egységnyi információ átvitelét biztosítani és egyben a megnövekedett információ átviteli igényt maradéktalanul kielégíteni.

A gyors fejlődés és a műholdas átviteli kapacitás gyors növekedése ellenére az FSS műholdas rendszerek kihasználtsága Európa, a Közép-Kelet és Észak-Afrika fölött túllépte a biztonságos fejlődést garantáló 60-66%-os szintet, s már elérte a telítést jelentő 90%-os folyamatos kihasználtságot. Másutt is nő a kihasználtsági fok. Mivel az igények nőnek és a kapacitás csak „kvantáltan”, azaz egy-egy újabb műhold teljes kapacitásának a start utáni bekapcsolásával növelhető, közel állunk ahhoz, hogy időszaki kapacitás-hiány álljon elő. Ezen a műszaki fejlesztés és a felbocsátási ráta növelésével segítenek a szolgáltatók, pillanatnyilag. A piac értelemeszerűen nyereséges és a szolgáltatás a rendelkezésre állásával globálisan növeli a társadalmi bevételt, a társadalmi jólétet. További korlátozást jelent már az, hogy e szolgáltatók egyelőre nem léptek fel magasabb frekvenciasávokba, változatlanul a Ku/Ka-sávokban dolgoznak. Jelenleg az FSS rendszerek igen nagy méretű, komplex műholdas hírközlő állomásokkal dolgoznak, e nagy műholdak formációban repülő kisebbek együttesére bontása csak a napvitorlás technika szolgáltatói bevezethetőségével válna lehetővé, de a geoszinkron pálya és környezete zsúfoltsága miatt ez a lehetőség nem feltétlenül jó is. Nem zárható ki, hogy e téren a napvitorlás technika az FSS szolgáltató műholdak GEO pálya mellett közel-GEO pályára telepítésével és ott szinkronban tartásával bővíti majd a kapacitás-növelés lehetőségeit. A miniatürizálás fejlődése eddig lehetővé tette, hogy ugyanazon műhold-tömeg nagyságrendben (pl. tonnás műholdak) maradás mellett a kapacitást növelni lehetett és a szolgáltatás minőségét, összetettségét is.

A teljes piac bevételei 2006-2007-ben elérték a 9 milliárd USD-t évente, s ez 10 év alatt várhatóan 12-13 milliárd USD-re nő. A szolgáltatók bevételei e piacon azonos időben nézve 6 milliárd USD-ről kb. 10 milliárd USD-re növekszenek. Mivel a jelenlegi összetett gazdasági-tár-

sadalmi válságból sem lehet az információ-áramlás intenzív növekedése nélkül kilábalni, ezért az előrejelzések megbízhatónak látszanak. Ha a környezeti károk csökkentése és a válság utazást korlátozó hatásai megerősödnek, akkor az utazások elmaradása miatt szükségképpen megnövekvő információ-átviteli igény tovább erősíti e piac növekedését. A civilizáció megingása, részleges vagy érdemi összeomlása persze ezt a piacot is lerombolja.

Az igények kielégítése műszaki fejlesztést kíván. Az üzleti, azaz civil részen a jelenlegi fejlődés még változatlanul a Ku/Ka-sávok használata mellett zajlik. A fő hajtóerőt ez esetben a HDTV szolgáltatások bevezetése, terjedése és az ezirányú növekvő csatornaigény hajtja. Ezért növelik a műholdak teljes (az összes csatornát magában foglaló) átviteli sáv szélességét, amelyek a legújabb holdaknál eléri a 70 Gbit/s, ill. a 110 Gbit/s értéket. Ugyanakkor az állami-védelmi fejlesztések már sokkal perspektívikusabbak, s erre a mobil elemzésnél is majd gondoljanak vissza. Itt a szükséges nagyobb K+F költségeket is vállalva megkezdődött a magasabb frekvenciasávok használatba vétele, azaz az úgynevezett extrém magas frekvenciákat is használni kezdik.

Technikailag a közel DC-től az ultrabolya fény tartományig bárhol képesek vagyunk távközlésre, s jelenleg gyorsan fejlődik e képességünk a röntgen-gamma tartományokban is, elsősorban az űrkutatás röntgen-gamma csillagászati feladatai megoldásával. De a képesség megléte még nem jelent szolgáltatásban alkalmazható rádió adás-vételi berendezéseket. Azokat külön ki kell fejleszteni. E sávokban a vivőfrekvenciához képest relatíve változatlan sáv szélesség mellett a tényleges (abszolút értékben adódó) sáv szélesség megnő a nagyobb átviteli kapacitást is biztosítva. Így az egyetlen előfizető (!) számára egy csatornán elérhető adatátviteli sebesség már eléri az 1544 Mbit/s-tól a 8192 Mbit/s-ig terjedő értéket. Ezek az eredmények mintegy automatikusan átkerülnek az üzleti-civil szolgáltatásokba is. Ez az átviteli sebesség-tartomány áttörést jelentő csatornkapacitás növekedést tesz lehetővé az űrhírközlésben. A következő időszakban ezért technikai áttörés várható a műholdas hírközlési szolgáltatások terén.

#### 4.1.2 Globális mobil hírközlés (MSS)

E téren a várt [3] és lehetséges fejlődés nem valósult meg, s a történetek rávilágítottak az úrtevékenység, az űrszolgáltatások piacosodásának egy alapvetően fontos és eddig nem realizált tulajdonságára. Ugyanis az elmúlt időszakban a korábban megindult fejlesztések ellenére érdemi „mobile satellite service”, azaz MSS szolgáltatás a köznapi felhasználói piacon nem alakult ki. Az Inmarsat és azonos típusú fejlesztések ugyan létrehozták azt a lehetőséget, hogy adott, megfelelően kialakított FSS műholdak által ellátott területen – jellemzően a legnagyobb térerejű, azaz I. osztályú minőséggel ellátott területen – belül kisebb-nagyobb, egyszerűbb, vagy összetettebb és így egyben nagyobb mobil készülékekkel is lehessen távközlési kapcsolatot létesíteni, ezt előfizetőként igénybe lehessen venni stb. min-

den időbeli korlátozás nélkül, de ez nem biztosít globális fedést, nem elégíti ki a globális mobil követelményeit, azaz nem MSS annak eredeti definíciója szerint. A mai elfogadott kategorizálás is ezt a lehetőséget az FSS piac egy sajátos mobil-szolgáltatási kiegészítésének tekinti.

Azonban az elmúlt időszakban valóban létrejött az első teljes MSS rendszer, az Iridium. Az előző helyzetképben [3] még nyitott kérdésként merült fel, hogy mi történik majd, ha véletlenül egy MSS szolgáltató csődbe megy, mit kezdenek a pályán lévő sok műhoddal. Az Iridium rendszer 66 LEO (alacsony, mindössze 780 km magasságú körpályán keringő) műholdból áll, és elegendően nagy és gyorsan növekvő előfizetői létszám hiányában csődbe ment. Pedig az MSS rendkívüli előnyeire, azok egyik sajátos részére az elmúlt időszak természeti katasztrófái élesen rávilágítottak. Példának tekintsük a jól ismert Katrina hurrikánt. A hurrikán az érintett területen többek között a földi mobil szolgáltatók átjátszó állomásait illetve azok antennáit, valamint energiaellátását szétrombolta. Így azok a segítségre várók, akik közül segítség hiányában sokan meg is haltak, akiknek a hurrikán alatt és a mentés megidulása után még működött a mobil készüléke, a területi ellátás hiányában nem volt módjuk segítséget hívni, a mentők meg nem tudták, hogy merre is keressenek túlélőket... A globális műholdas mobil, az MSS átjátszó a műholdak. Azokat sem hurrikán, sem földrengés nem pusztítja el.

A példa-sorolást nem folytatva is mondhatjuk, hogy a globális műholdas mobil szolgáltatás a civilizáció működése szempontjából ma már kiemelten fontos lenne. Ez igaz. De az is, hogy egy-egy alapvetően új űrszolgáltatás bevezetése, mint más területeken is, megkívánja a fejlesztési-létesítési költségek megtérítését. Ha ezt pusztán piaci alapon akarjuk elérni, akkor a szolgáltatás kezdetén az előfizetői díjak értelemszerűen érdemben magasabbak, mint a már rutinná vált szolgáltatás idején. (Lásd egy példaként a telefont, vagy most éppen a digitális TV szolgáltatást stb.) Ezért, ha egy szolgáltatás a társadalom számára, a közjó szükséges szintjének biztosítása érdekében szükséges, de a piaci szereplők, az egyéni felhasználók, előfizetők nem képesek a magas K+F költségek miatt a szolgáltatás megismerése, bevezetése, felfuttatása idején a magas tarifákat megfizetni, akkor a bevezetés költségeit közteherviselésen, azaz az állami költségvetése(ke)n keresztül a társadalom egészének kell viselni ahhoz, hogy a szükséges új szolgálat, szolgáltatás mégis rendelkezésre álljon. Mivel pedig az úrtevékenységben, így az űrhírközlésben is a fejlesztés költségei nagyok, bár azután az össztársadalmi megtérülés, a közjó alakulása és a közvetlen gazdasági haszon is igen nagy, a K+F kezdeti költségvetési vállalása elkerülhetetlen.

Ez a nem-hírközlési alkalmazások esetében érvényesült, ott nem alakult ki előfizetői piac (lásd [2,3]-ban), s eredetileg az űrhírközlésben is így volt. Hiszen például a geoszinkron technika, lásd a Syncom-I műholdat, ki-fejlesztését az USA költségvetése finanszírozta, majd a kész technikát, technológiát adta át piaci felhasználás-

ra. E piac sikere, lásd az előző pontban, elfedte a teljes mechanizmust és tovább növelte a piac mindenhatóságába vetett tévhitet. Az Iridium rendszer pénzügyi csődje – mert képtelen volt az egyébként jól működő és lassan felfutó rendszer fedezni a K+F és az első létesítés költségeinek tőketörlesztési és kamat terheit –, újra rávilágított a társadalom számára szükséges fejlődés biztosításának tényleges mechanizmusára. A bankok megkapták az Iridium rendszert műholdastul, mindenestül, s nem tudtak mit kezdeni vele, azaz a bankoknál ezzel pénzvesztés keletkezett. Értelemszerűen el akarták adni a rendszert úgy, hogy a veszteségeik megtérüljenek. De ez ilyen egyszerűen nem működött. Végül az USA-kormány a költségvetésből fedezve vette meg védelmi és államigazgatási, kormányzati hírközlési célra, nem zárva ki a széleskörű használat lehetőségét sem. Vagyis a kezdeti K+F és létesítés költségeit mégis a közteherviselésből kellett fedezni. A rendszer most működik, használják, s a felhasználás mértéke lassan növekszik. A jövő attól függ, hogy a társadalom és a döntéshozók hajlandóak-e elfogadni a K+F és az új létesítések alaptermészetével járókat a közjó hosszú távú biztosítása érdekében vagy a pillanatnyi pénz-szempontok oltárán feláldozzák a jövőt.

A gondok ellenére a szükségletek valódiak, csak az egyéni fizetőképes kereslet korlátozott a K+F költségek gyors, a tarifába beépített megfizetése oldaláról nézve. Ezért folytatódik a korábban már szintén tervezett [3] Globalstar (tervezett pályamagasság 1400 km körüli, műholdszám 48) kiépítése, de megváltoztatott pénzügyi konstrukcióban, hogy pénzügyileg a fő részvényes cégeket valamennyire tehermentesítsék, illetve a visszatérítési igényeket csökkenthessék. Az is fontos fejlemény, hogy a legújabb generációs TerreStar GEO műholdak az elsősztályúan ellátott területeken szintén biztosítanak igen jó minőségű műholdas mobil hírközlést már úgy, amint azt az MSS általában megkívánja. Ez a mobil piac elkezdett elég gyorsan növekedni, s ez a növekedés segíti a teljes MSS piac kiépülését. Van remény arra, hogy a teljesértékű MSS rendszerek a következő évtizedben megerősödnek és elkezdik átvenni a földi mobil rendszerek szerepét. Ezt a folyamatot meg fogja erősíteni a társadalom tudatlanságból és tudománytól való régi félelméből táplálkozó, egyre erősebb és tömegesebb elzárkózása a földi mobil rendszerek telepítésének és üzemeltetésének elfogadása elől. A földi átjátszó antennáját látják a tetőn, s a tudatlanságból fakadó magabiztossággal hirdetik, hogy „rákkeltő” stb., míg a műholdas átjátszó messze van és nem látszik. (A társadalmi megítélést rontja, hogy például az 50/60 Hz-es energiaellátó hálózatok mágneses térkomponensének, ha elég közel van a nagyfeszültségű, nagyteljesítményű vezeték, tényleg van élettani hatása, amit egyes cégek pénzügyi okból nehezen ismernek el. A társadalom szemében a nagyfeszültségű vezeték és az átjátszó lényegében azonos: valamiféle elektromos dolog...)

A MSS védelmi alkalmazása a széleskörű civil használat mellett, de attól függetlenül is, kézenfekvő. E téren a földi készülékek miniatürizálása, a magára hagyott kö-

rülmények közötti működés megbízhatóságának növelése és a szolgáltatás bővítése, a sokoldalú adatátvitel megoldása érdekében intenzív fejlesztés folyik. Vizsgálják a már valóban megbízható és egy feltöltéssel néhány napig üzemet biztosító akkumulátorok helyett olyan izotópos energiaforrás használatát, amilyenek alaptípusát a Naprendszer külső térrészeit, a kisbolygó övezeten túli régiót vizsgáló misszióknál használunk az űrűrtatásban. A reálisan remélhető cél az egy készüléket egy-néhány évtizedig működtető izotópos „telep”.

Az MSS-szel szemben támasztott új követelmény az elmúlt időszakban csak egy született, de az nagy feladatot jelent. Eddig ugyanis a műholdas rendszerek (FSS és MSS egyaránt) a földön, vízen, levegőben biztosítottak, biztosítanak kapcsolatot. A tengeralattjáróknál azonban vízalatti kapcsolat szükséges. Eddig ezt úgy oldották meg, hogy a biztonsági kapcsolatot a nagy behatolási mélységű VLF sávokban, e célból üzemeltetett VLF adókon át tartották, ahol azonban igen kicsi az adatátviteli sebesség, azaz a kapcsolat rendkívül korlátozott. A rendes, elfogadható adatátviteli sebességet biztosító kapcsolatot pedig a hajóról vezetékkel összekapcsoltan felbocsájtott, a felszínre kiemelkedő bolyán át hozták létre a műholdakkal. Ez utóbbi azonban sérülékeny és hadi helyzetben könnyen felfedezhető, kiszolgáltatva a hajót. Ezért most olyan rendszer kifejlesztését vetették célba, amelyik kb. 100 m mélységig biztosítani tudja a hírkapcsolatot a fenti problémákat elkerülve. Az új megoldás sem tudja persze megkerülni a hullámterjedési korlátokat, de azokon belül még sok a lehetőség.

#### 4.2 Helymeghatározás és globális időszolgálat

Az elmúlt időszakban a [3]-ban vártakkal összhangban a helymeghatározás (nagy pontosságú műholdas navigáció és geodéziai helymeghatározás) a műholdas hírközléshez hasonló vagy azt talán meg is haladó mértékben beépült a társadalom napi életébe. Alkalmazása mindennapos szinte az élet minden területén. Jól jellemzi a széleskörű felhasználást például a személygépkocsiban használat. Egyrészt a gépkocsi lopás elleni védő rendszerei egyre nagyobb része a műholdas helymeghatározó rendszerrel (ma ez továbbra is a GPS amerikai rendszer) egybeépített sokszor műholdas hírközléssel is kombinálva. Ezen megoldásokban lopás esetén a gépkocsi egyrészt riasztó jelet ad valamely erre hivatott szolgáltatóknak, másrészt folyamatosan jelzi a gépkocsi pillanatnyi helyzetét. Mivel e rendszerek érdemben megnövelték a gépkocsik lopással szembeni biztonságát, a használatuk nagyon gyorsan elterjedt, s ma az értékesebb gépkocsik esetében általánosnak mondható, hazánkban is.

Másrészt a gépkocsikban kiterjedté vált az úgynevezett GPS navigációs rendszer használata, amelyik elfogadhatóan napra kész vagy – drágább változatban és a szolgáltatás ezen részét is biztosító országokban, illetve szolgáltatóknál – valóban napra kész és folyamatosan frissített digitális térképek segítségével mutatja a gépkocsi helyzetét, az előre megadott célhoz vezető, a rendszer által javasolt utat stb. E rendszerben a GPS-

szel egybeintegrálva használják a műholdas távérzékelésből származó, pontos és friss, azaz naprakész térképeket. Ha a rendszer a térképi háttér automatikus és folyamatos frissítését is elvégzi, akkor e kicsiny egységben még a hírközlést is felhasználjuk a műholdas navigációhoz integrálva. A mindennapi életben ez a műholdas alkalmazás már beépült a honvédelmi és rendőrségi, vámhatósági, katasztrófavédelmi stb. területekre ugyanúgy, mint a helyi, regionális és országos illetve államszövetségi méretű közforgalom ellenőrzésre és irányításra (pl. tömegközlekedési autóbusz vagy villamos forgalom irányítása az egyes járművek pillanatnyi helyzetének folyamatos ismeretében), a sportra (pl. sportrepülés), de folyamatosan jelennek meg új és igen érdekes alkalmazások is.

Ezek közül egy [16] természetvédelmi alkalmazást emelek ki: A hópárduc az egyik legveszélyeztetettebb nagymacska fajta a Földön. Védelme kiemelten fontos, amihez az életmódját is minden eddiginél pontosabban kell ismerni, s emellett az egyes példányok pillanatnyi tartózkodási helyét is, ami az aktív védelmük biztosítását is lehetővé teszi, ha akarjuk. Ezért speciális GPS nyakörvet fejlesztettek ki (Telonics Inc.), amit a brit Királyi Navigációs Intézet tett fel először egy, az afgán-pakisztáni határtérségben élő hópárduc nyakára. A nyakörv jeleit az Argos műholdas rendszeren át kapják meg, s a jövőben a biztonságosabb összeköttetést adó Globalstar rendszert használják majd az információ átvitelére. A nyakörv a hópárducot nem zavarja, s gyorsan kirajzolódott az első állat valódi mozgása, élettere. A biológusok mindaddig nem tudták, hogy mekkora is például egy állat valódi élettere, mekkora körzetet jár be, hol és hogyan él. A mozgást természetesen műholdas adatok alapján kapott, pontos térképen figyelik. (Ez az eljárás persze nemcsak vadállatoknál alkalmazható, de felügyeletre szoruló betegek és például büntetést töltő bűnözők esetében is. Mielőtt bárki felhördülne, megjegyzem, hogy a „szép, új világot” nem a tudás és a technika hozza létre, hanem az erkölcstelen, eltorzuló ember, mint ahogy a kalapácsos gyilkosságot sem a kalapács okozza...) A három „klasszikus” alkalmazási terület korábban várt integrációja gyorsan halad előre mindennapi életünk szinte minden területét érintve. A műholdas helymeghatározás a társadalmunk fenntartásához ma már alapvetően szükséges.

A műholdas helymeghatározás az általános relativitás elméletét kell alkalmazza szükségképpen [7]. Vagyis a „hely” meghatározása a navigáló térbeli és időbeli helyének, azaz a téridőbeli helyének a meghatározását jelenti. Ezért kell egyszerre 4 műholdat látnia a GPS vevőnek, hogy adatot tudjon szolgáltatni (4 ismeretlen meghatározásához 4 egyenlet kell). Így a 3 térbeli helykoordináta mellett automatikusan megkapjuk a helymeghatározás pillanatának pontos időbeli értékét is. Mivel a szükséges nagy pontosság eléréséhez rendkívül pontos időadat is szükséges a műholdakon, értelemszerűen ugyanilyen nagy pontosságú időadatot kapunk a helymeghatározás során a mérés pillanatáról, illetve folyamatos mérés esetén ilyen rendkívül pontos időadatunk

lesz folyamatosan. A műholdas helymeghatározó rendszerek a Föld jelenlegi legpontosabb, H-mézereket használó időrendszerének az adatait használják, s ilyen pontos ezért a műholdak fedélzeti órája is. De ezért ugyanilyen pontos a helymeghatározás során kapott időadat is a mérés helyén, s ez az idő a globális földi időszolgálat időrendszerében adott. Így automatikusan kialakult az a helyzet, hogy a Föld bármely pontján egyszerűen – egyetlen GPS vevő ottani használatával – rendelkezésre áll a nagyon pontos, egységes időadat. Ehhez szinkronizálhatjuk az ottani mérőrendszerünket, a számítógépeinket, bármely óránkat. Ez meg is történt. Így ma a Földön már lehetséges olyan globális mérőhálózatok üzemeltetése, amelyekben lényeges az egyes, távoli mérőhelyek mért adatai közötti időkülönbség pontos ismerete az adatok felhasználásához. (Például ilyen a Föld, és persze bármely bolygó, elektromágneses környezetének a megismerése és a működés megértése. Ez el is kezdődött, lásd később.)

Ez a változás alapvető, rendkívül fontos, s ugyanakkor szinte teljesen észrevétlenül zajlott le. Csak annyi történt, hogy az órák mindenhol pontosan járnak! A nagy pontosság miatt azonban egy területen máris technikai gond jelent meg, amit a szolgáltatók a dolog fontosságának ismerete hiányában nem realizáltak és egyelőre nem korrigáltak. A pontos idő a GPS vétel helyén áll rendelkezésre. Onnan az „egyszerű” felhasználókig, például kábel-TV előfizetőkig még el kell jusson. Azonban ma még nem figyelnek a szolgáltatók az időjel tőlük az előfizetőhöz eljutásig fellépő jel futási idejének mérésére és kompenzálására. Így a digitális TV és az analóg TV csatornák között nagy időbeli eltérések alakulnak ki, miközben mindegyik mutatja a „pontos időt”. De ez a „pontos idő” csak a jel indulási helyén és pillanatában érvényes idő, ahol az időjellet a GPS-től közvetlenül vették és rátették a TV-jelre, de a nézőnél már nagyonis pontatlan idő. Remélhető, hogy éppen az előfizetői igények következtében ez a primitív hiba eltűnik a köznapi piaci jellegű információ szolgáltatásból a közeli jövőben. Mindezzel együtt létrejött a nagy pontosságú, globális időszolgálat.

A navigációs műholdrendszerek kiépülése folytatódik. Jelenleg egyedül az USA katonai üzemeltetésű és általános felhasználásra minden igénybevételi díj nélkül nyitott GPS rendszere működik teljes kiépítésben. A 24 műholdas GPS rendszer lejáró élettartamú műholdjait újjakkal pótolják, s e pótlások részeként időnként fejlettebb rendszerű műholdakat küldenek fel. Amikor ezek teljesen felváltják a régebbieket, akkor globálisan is megnövekszik a GPS rendszer pontossága. Ugyanakkor a megkövetelt kompatibilitás miatt a régebbi rendszerű GPS vevők is üzemelni tudnak a korábbi pontosságukkal. Az eleve nagy pontosság növelésére folyamatos fejlesztés zajlik. Ennek kiemelt területe a digitális méréstechnikai módszerek és a hullámterjedési elmélet, és annak részeként az úgynevezett korrekciós megoldások fejlesztése. Ma már a harmadik generációs GPS holdak telepítése kezdődött meg. Mivel például a szárazföldi navigációnál – ami többek között az ország-

úti automata gépkocsi mozgás előfeltétele, ahol már 10-20 cm hiba is túl nagy lehet – különösen nagy pontosság kell, s a geodéziai illetve a lemeztektonikai mozgásokat kimutató méréseknél ugyancsak (1-0,1 mm/év elmozdulás kimutatása), a GPS mérések pontossága növelésére kifejlesztették a kiegészítő földi mérésekkel kombinálást. Ekkor a földi referencia pontok között mérik a közvetlen jel-futási időt, s eközben e pontok GPS pozícióját is. A hálózaton belül pedig a felhasználó, megfelelő eszközök birtokában a saját helyét (és idejét) az így pontosított rendszeren belül tudja meghatározni. Ezzel akár nagyságrendnyi pontosság növelés is elérhető. Az elmúlt időszakban e módszert kifejlesztették, részletesen vizsgálták beleértve a pontosságát, majd elfogadva elkezdődött nagy területeken a kiegészítő földi hálózat telepítése is. (Ha valaki ebben nem vesz részt, az kimarad és lemarad, mint hazánk is.) Például India is intenzíven építi ki a rendszert. Ez a típusú működés-pontosítás gyorsan terjed, s különösen fontos ma a nagy légitforgalom sűrűségű régiókban.

Mivel a GPS „tulajdonosa” és üzemeltetője az amerikai hadsereg, két másik, globális rendszer kiépítése is folyik. Az egyik az orosz Glonass rendszer, amelyiket még a Szovjetunió kezdett létrehozni, de e diktatúra összeomlása megállította a rendszer létrehozását is. Oroszország a gazdasági konszolidáció után most nagy intenzitással, mintegy „erőltetett menetben” telepíti fel a még hiányzó Glonass holdakat, s a rendszer napjainkban teljessé válik. Ezzel a GPS mellett egy második rendszer is használhatóvá, bárki számára elérhetővé válik. Fontosságát mutatja az a tény, hogy a GPS esetében – pénzügyi megszorítások, azaz átgondolatlan, ostoba pénzügyi döntések következtében – a GPS holdak cseréjét a döntéshozók lassítani akarták időben elhúzva a szükséges pénzek felhasználását. Így előállt az a helyzet, hogy csak 23 GPS hold üzemelt néhány hónapig a rendszerben, s volt egy, a műholdak mozgásából adódóan vándorló lyuk, ahol a minimálisan szükséges négy-nél kevesebb, csak három műhold látszott. Azután pótolták a hiányt. De ez megmutatta, hogy igen egészségtelen csak egy, és egyetlen kormánynak kiszolgáltatott rendszert használni.

A Glonass teljes kiépülése az első lépés a probléma megoldására. Azonban az EU nem akarja, hogy külső hatalmaknak fontos kérdésekben ki legyen szolgáltatva. Sem az oroszoknak, sem az amerikaiaknak. Ezért meggyorsították a Galileo európai navigációs műholdrendszer kiépítését is, nagy költségvetési összegeket fordítva erre. (Ezért az EU-ban azok, akik otthon az ürtevékenységre kellő mértékben költenek, az így kialakult felkészültségükre támaszkodva kisebb-nagyobb mértékben részt tudnak venni a Galileo létrehozásában sok pénzt hazavive az EU közös költségvetéséből, akik meg nem, azok a saját befizetéseiket sem tudják visszapályázni, s így az másokhoz kerül.) A Galileo holdak technológiai próbája már műholdpályán is megkezdődött, s a teljes rendszer telepítése küszöbön áll. Elképzelhető, hogy a közeli jövőben például Kína is megkezdi saját, független műholdas navigációs rendszere kiépítését.

A helymeghatározás továbbfejlesztésében a NASA teljesen új irányokban gondolkodik. A meglévő rendszerek, a földi alkalmazások fejlesztése végleg átkerült az üzemeltető hadsereghez és a civil felhasználói szférához. A GPS és hasonló többi rendszer holdjai magaspályás műholdak. Így például a Nemzetközi Űrállomás (ISS) is mélyen e műholdak alatt kering a Föld körül. Az ISS is a GPS-t tudja használni pontos pályameghatározásra és időszolgáltatásra. A rendszer jól használható akkor is, ha a műholdak felett vagyunk már, de még elég nagy a látóirány különbség az egyszerre vett minimum négy műhold látóirány között. A Föld közelkörzetében így a jelenlegi műholdas helymeghatározó rendszerek igen jól használhatók.

Azonban a Földtől távolodva a GPS holdak látóirányai közel kerülnek egymáshoz, s a helymeghatározás egyre pontatlanabbá válik. Ma e térségekben mozogva csak az űrkutatás kezdetén kidolgozott és azóta is használt rendszer – alapvetően a „Range and Range Rate” Doppler- és futási idő mérés kombináció valamely változata – használható. Ezek, mint az elmúlt évtizedekben láttuk, nagy pontosságú, azaz 100-1000 km hibánál kisebb hibával terhelt pályameghatározást tesznek lehetővé. El tudtuk érni még a Naprendszer távoli bolygóit is, sőt a nagybolygók holdjai között is tudunk navigálni, illetve ezen égitestek előírt körzeteiben leszállni és mozogni (lásd Mars-járók). De előre tekintve ez a pontosság, illetve pontatlanság már nem fogadható el, ha emberekkel akarunk a Hold körzetében pontosan mozogni, a Marsra vagy távolabbra elmenni, vagy nagyobb pontosságú manővereket akarunk megvalósítani jövőbeni automatáinkkal valamely kutatási feladat jó megoldása érdekében.

A kutatás a NASA-nál két irányban folyik. A Holdon és a Hold körüli pontos mozgáshoz a Hold felszínére telepítenének egy navigációs adókból álló bázisállomás hálózatot, amelyet hozzákalibrálnának a földi GPS-típusú rendszerekhez. Az eljárás esetleg átvihető a Marsra is. Egyelőre nem merült fel, hogy ezen égitestek körül a GPS-hez hasonló navigációs rendszert kellene telepíteni. A Holdnál ez a rendszer megadná a biztonságos mozgás lehetőségét és az eltévedés kockázata minimálisra csökkenne. De a Naprendszeren belül, például egy marsi úton a biztonságos navigáláshoz több kell, s a Földtől függést is csökkenteni kellene legalább a tájékozódásban. Erre is kialakult már elképzelés. Ugyanis a pulzárak igen távoli állócsillagok, amelyek rendkívül pontos időbeni ismétlődéssel és egyedileg egzaktul azonosíthatóan sugároznak rövid impulzusokat. Távoli csillagok lévén a Naprendszeren belülről nézve egy-egy pulzár a Naprendszer bármely pontjáról ugyanazon irányban látszik. Pontossági szempontból a röntgen- (X-) pulzárak a legjobbak. Ha vesszük több X-pulzár jelét és arébb mozdulunk, akkor ezek időbeli helyzete egymáshoz képest egy kicsit megváltozik. Így a helyzetünk változása rendkívül pontosan meghatározható, s mindez a Földtől teljesen független, autonóm rendszer, mint hajdan a hajók csillagokhoz navigálása a tengeren. Csak rendkívül pontos. E lehetőség megvalósítását kutatják, s a sikeres fejlesztés új utat nyit majd a navigálásban.

### 4.3 Távérzékelés

Az elmúlt időszakban [3] a műholdas távérzékelés földi alkalmazása tovább haladt előre. A távérzékelési adatok alkalmazása a napi élet és a mindennapi K+F területein természetessé vált, s az adatok, sokszor az aktuális (real time) helyzet az internet lehetőségeivel élve széles körben, sok esetben mindenki számára hozzáférhetőek. (Az ESA ezért kiemelt feladatként kezeli a megfelelő adatbázisok létrehozását, fenntartását és a széleskörű hozzáférés biztosítását.) Példaként említem az időjárás adatokat, aholis a világ bármely részének aktuális és várható időjárása megtekinthető a világhálón, s ezen adatokat jellemzően kombinálják a pillanatnyi felhőzet eloszlás műholdas képeivel és a csapadékot mutató időjárás radarképekkel. Hasonló szolgáltatás más területeken is megjelent már, például a belvízzel borítottság vagy a növényzet állapota bemutatásával. De az időjárás valamint az árvízi veszélyhelyzet gyors kimutatása, a hóolvadás nyomonkövetése, a növényzet állapota, beleértve már egyik-másik kártevő (pl. gyapjas lepke) megjelenését és nagyobb mértékű elterjedését, a mezőgazdasági művelés, a vetésterület felmérése, a hozambecslés, a belvízborítottság és a felszíni vizek állapota, az erdőtüzek ténye és terjedése nyomonkövetése, a földrengések okozta felszín elmozdulások helye és mértéke meghatározása, a kataszteri nyilvántartás..., ma már mind műholdas adatbázisokra támaszkodik.

A navigációnál említettem a hiteles és napra kész térképek iránti széleskörű felhasználói igény, alapvetően a gépkocsit használó tömegek igényének megjelenését, s ezek fontosságát. A műholdas távérzékelés és a műholdról vett adatok igen pontos térképre, azaz geodéziai koordináta rendszerbe illesztése együtt biztosítja ezen igény kielégítését. Ezért az elmúlt időszakban a távérzékelés adatok, és persze minden más a földfelszínről rendelkezésre álló adat, így a régi, akár történelmi régiségű (pl. ókori, középkori) térképek korszerű geodéziai rendszerbe, kiemelten is a műholdas helymeghatározás (GPS) referencia rendszerébe illesztése – a georeferálás – a szükséges nagy pontossággal a távérzékelés egyik kiemelten fontos területe lett sok, tudományosan is új eljárást eredményezve.

Általában is mondhatjuk, hogy a távérzékelés (műholdas) adatok megszerzése és szolgáltatása – azaz a műholdas rendszerek létrehozása és az adatvétele – a távérzékelésben bár továbbra is fontos, hiszen nélkülözhetetlen, de alapszinten megoldott. Ugyanakkor a vett és tárolt adatok tömeges és egy-egy felhasználói célt a lehető legjobban elérni képes adatfeldolgozási, adatértékelési eljárások csak töredékesen állnak rendelkezésre, s előállításuk igen nagy K+F ráfordítást igényel. Ugyanakkor kiderült, hogy nélkülözhetetlenek a korszerű társadalom megbízható üzemeltetéséhez. A munka globálisan intenzív e területeken, nagyon sok az eredmény, de távol vagyunk attól, hogy akár csak részben is megoldottnak mondhatnánk a műholdas adatok feldolgozási, értékelési eljárásainak kifejlesztését. Ugyanis nagyon kiterjedt a felhasználói kör – lásd a területek számbavé-

telét [3]-ban – és matematikailag is, meg a földtudomány teljes Föld-leírási modelljei oldaláról nézve is igen összetettek e feladatok. Mindenesetre mondhatjuk, hogy a távérzékelés is a társadalom által folyamatosan használt, nélkülözhetetlen űrszolgáltatássá vált ugyanúgy, mint a másik két (lásd a 4.1 és 4.2 pontokat) klasszikus űrszolgáltatás. Ezen újfajta adatrendszer, adatbázis létrejöttével, amelyet minden jól működő országban kiemelten kezelnek, megnövekedett a földfelszínre vonatkozó adatokat egységesen kezelő, úgynevezett GIS rendszerek fontossága, hitelességének és naprakészségének garantálása. Ez is űrkutatási feladat, hiszen a hitelesítés és a naprakészség kikerülhetetlenül a műholdas adatrendszerekhez kapcsolódik.

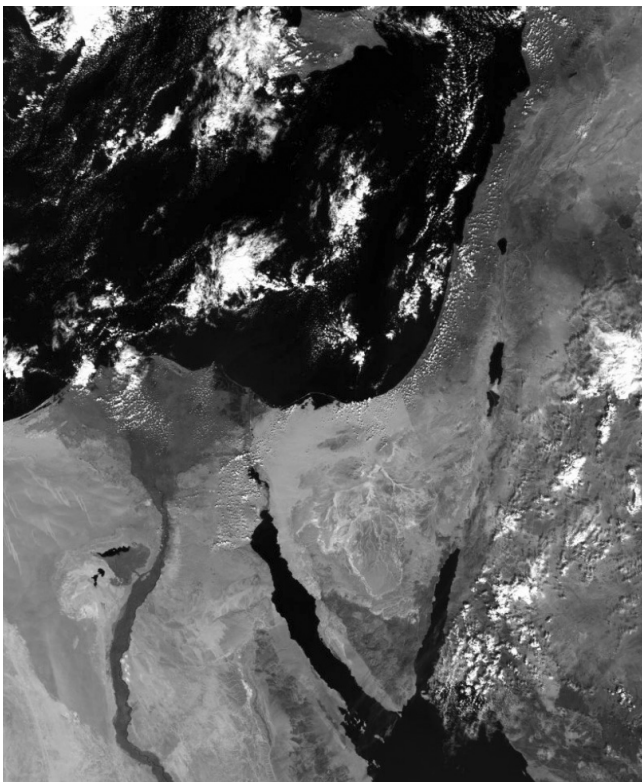
Vizsont a lezajlott fejlődés és a folyamatos távérzékelési adatvétele egyik következményeként a jól kezelt és karbantartott GIS típusú rendszerekben a felszínre (talaj, víz, növénytakaró, felszínborítottság, felszínváltozások, beépítettség stb.) hiteles idősorai állnak rendelkezésre legalább az elmúlt néhány évtizedre visszamenőleg, s ezekhez kapcsolódva akár több évszázadra is visszamenőleg a rendszerek tartalmazzák, tartalmazhatják a korábbi, térképeken rögzített vagy felmérésekből származó adatokat is. Elkezdődhetett a Föld felszíne dinamikájának összetett vizsgálata, amely mind a természeti, mind a civilizációs-társadalmi hatásokra kiterjed. A jövőben ez az összetett folyamat erősödve folytatódik úgy is, hogy egy-egy országról, ha saját maga nem fordít eleget e vizsgálatokra a baráti vagy éppen ellenséges szomszédai, partnerei sokkal többet fognak tudni, mint az adott ország. De ezért nem hibáztathatók azok, akiknél a többlet-tudás van, mert az érintett ország az, amelyik ostobaságból, tudatlanságból, nemtörődomségből nem foglalkozik még saját magával sem.

A műholdas technika is érdemi változásokon megy át úgy, hogy eközben fenntartják a korábban kialakult észlelési eljárások vagy azokkal kompatibilis adatokat szolgáltatató eljárások folyamatos használatát. A mai teljes űrszegmens globálisan részben GEO pályán lévő műholdakból, részben poláris napszinkron pályán lévő műholdakból, részben célhoz optimalizáltan felbocsájtott műholdakból áll. A mai helyzet még tükrözi a korábbi lehetőségeket [3]. Így folyamatosan és az egész földfelszínt naponta lefedően a kis és néhány közepes felbontást biztosító műholdas műszerek adatai állnak rendelkezésre. A nagy felbontást biztosító holdak adatainak egy-egy területen az ismétlődési ideje több nap vagy sok nap, míg az extra nagy felbontást (1m x 1m-től a <0,5m x <0,5m vagy még nagyobb) biztosító, általános, civil célra felbocsájtott műholdak adatai pedig esetlegesen vagy eseti megrendelésre állnak rendelkezésre. Az extra nagy felbontású, civil műholdak képei ma már érdemi katonai felderítést is lehetővé tesznek. Például a kínai nukleáris tengeralattjárók egyik új bázisának az építését és üzembeállítását civil műholdas adattal (Digital Globe) is lehetett igazolni. Ez ma még érdekesség, de a jövőben megváltoztatja az országok együttműködésének az alapjait, hiszen a titkolózás már a széles civil nyilvánosság előtt sem lesz lehetséges.

A fejlődés másik iránya a különleges, célorientált műholdak felbocsájtása, a speciális, új távérzékelő rendszerek kifejlesztése. E téren ma és a közeli jövőben a globális változások (pontatlan, köznapi nevén a globális felmelegedés) és általában a Föld működése finomabb, de meghatározóan fontos részleteinek a megismerése és folyamatos figyelése a kiemelt cél. Így több speciális műhold is készült illetve most készül az óceánok részletes tanulmányozására (Jason misszió a NASA és a CNES együttműködésében), amelyet a tervek szerint a Jason-4 műhoddal a kutatásból már szolgáltatási szintre kívánnak emelni. A másik kiemelt misszió a Föld (a légkör, az óceánok és a szárazföld a bioszférával és az emberekkel) teljes széndioxid forgalmának, a széndioxid mérleg egésze és részletei megismerésére irányul. Ugyanígy speciális, de különösen fontos cél a földi jégtakaró (sarki jég és a gleccserek, magashegyi hósapkák) állapotának és változásainak vizsgálata, amitől többek között az ivóvíz készleteink állapota és mennyisége is függ.

Ugyanezen a területen a speciális műholdak használata mellett a már szokásosnak tekinthető adatrendszerek felhasználásával is célorientáltan az ember, a társadalom környezetre gyakorolt hatásait kutató programok futnak, s továbbiak várhatók. Ezek jellegét jól illusztrálja például az ESA a nagyvárosok fölött és körül kialakuló „hőszigetek” és az így megváltozott környezet hatásainak a kutatása. Az eredményeket ingyen(!) a vizsgálatba bevonásukat kérő nagyvárosok rendelkezésé-

*A sivatagosodás emberi-civilizációs forrásaira mutat rá ez a kép, ahol a Negev sivatagban látható az izraeli-egyiptomi határ. Attól északkeletre a sötét részekben él a félsivatagi növényzet, míg attól délnyugatra lényegében nincs jelen. (Az ELTE állomása vette.)*



re bocsájtják a városi vezetés döntési lehetőségeinek javítása érdekében. (Megjegyzem unikumként, hogy Budapestet is bevonták volna a vizsgálatba, ha a város vezetése deklarálja, hogy fel kívánja majd valahogy használni az ingyen kapott eredményeket. De erre nem voltak hajlandók, így Budapest is és a magyar kutatók is kimaradtak a vizsgálatokból.)

Külön említést érdemel a különösen nagy spektrális felbontású, azaz hiperspektrális műholdas műszerek kifejlesztése az elmúlt időszakban. Ez eddig alapvetően kutatási terület volt, ahol a felszínről visszavert napfényt nem néhány, szélesebb spektrális sávban mérjük meg, hanem sok, keskeny spektrális sávban, megismerve a felszín viselkedését részleteiben is. A hiperspektrális technika eddig teljes egészében kísérleti eljárás volt, amelyben a kapott adatok tulajdonságait és a felszín állapotára vonatkoztatás eljárásait kerestük, hogy a korábbi, szokásos műholdas (multispektrális) távérzékelési adatok által szolgáltatott információknál többet, minőségileg újat, illetve pontosabbat és megbízhatóbbat vezethessünk le a hiperspektrális adatokból.

A MODIS műszer a 36 spektrális csatornájával e technika egyik előfutára és jól használható. De már a közeljövőben várható az első, már nem kísérleti műholdak startja (például német fejlesztésű műszer indiai szolgálati műholdon stb.) hiperspektrális műszerrel, amely lehetővé teszi a kőzetek ásványi összetételének könnyű, pontos és gyors vizsgálatát, a növényzet állapotának eddiginél minőségileg sokkal jobb felmérését stb. A hiperspektrális technika belép a standard távérzékelési eljárások közé. Azonban ugyanúgy, mint korábban a szokásos távérzékelési eljárások esetén is történt, ezen adatrendszer real-time vételét, kezelését és a felhasználás, hasznosítás eljárásait az egyes országok maguk kell megoldják, ha nem akarnak teljesen kiszolgáltatott és alulinformált helyzetbe kerülni.

E téren is van döntéshozói csapda-helyzet; máig folyik például K+F munka a terméshozam megállapítási eljárásai kifejlesztésére. Ezek átkerültek, átkerülnek operatív felhasználásra, a normálisan működő országokban. A szakmailag általában valamennyire kivülről szakmai „bírálok” és a döntéshozók most mégis azt látják, hogy a kutatók ismételten, például termésbecslési eljárások fejlesztésre kérnek pénzt. Nem tudván a fentebb elmondottakat, azok tényleges hatásait, jellemzően úgy döntenek, hogy ez már megoldott kérdés, s akik így döntöttek, döntenek, le is maradnak a többiekhez képest. Hiszen a hiperspektrális technika teljes új lehetőségeivel teljesen új, eddig ki nem fejlesztett eljárást igényel az eredményes felhasználáshoz. Viszont a régi adatokkal és a régi eljárásokkal az új eredményekhez nem lehet hozzájutni.

A már többször említett kis-műholdas technika (mikro- stb. műholdak) megjelenése a távérzékelésben éppen most indított el egy érdemi átalakulást, ami nagy előrelépést hoz. Ugyanis a kis-műholdak olcsók és képesek egy-egy érzékelő-műszert hordozni, üzemeltetni, legyen az akár nagy vagy extra nagy felbontású, optikai sávú műszer, akár mikrohullámú SAR rendszer. A fej-

lődés kétirányú. Egyrészt lehetővé vált, hogy két kis-műhold formációban repültetésével a két egyforma, feldélzeti távérzékelő műszer az éppen vizsgált területről mindig sztereó képpárt készítsen, azaz a távérzékelés rutinszerűen három dimenziós lehet. Ez rendkívüli áttérés és az adatfelhasználást is át fogja alakítani. Másrészt sok mikro-műhold olcsón elkészíthető és olcsón fel is bocsájtható. Így ma már nincs annak sem elvi, sem gyakorlati akadálya, hogy a nagy és extra nagy felbontású műholdas adatok is egy-egy területről például naponta ismétlődően rendelkezésre álljanak megbízható idősorokat produkálva a kutatás és a gyakorlati hasznosítás számára is, csak elegendően sok holdat kell felbocsájtani. Ez a változás is elkezdődött.

Kiemelendőnek tartom még azt, hogy megjelentek új műszerek is és új szemléletet tükröző kutatási irányok. Közülük kiemelem egyrészt a LIDAR nevű léghő és felszín vizsgálatra egyszerre adatokat szolgáltató lézeres műszert, amely alkalmas a léghő összetételének (pl. aeroszol tartalom) függőleges eloszlása meghatározására az éppen a műhold alatt illetve a műszer látóiránya mentén lévő légoszlopban, valamint az ezen légoszlop alatti felszín egyidejű vizsgálatára is. Lehetőségei miatt nemcsak műholdakon, de a közeli jövőben más bolygók (pl. Vénusz) vizsgálatára induló űrszondákon is alkalmazták. A másik új műszer a nagy behatolási mélységű radar (penetrating radar), amellyel műholdról lehetséges a felszín mélyebb, felső rétegeinek vizsgálata néhány száz 10 m mélységtől a felszín anyag-összetételétől is függően akár 1-2 km mélységig. Ez a technika is meghatározóan fontos lesz a jövőben.

#### 4.4 Új szolgálatok megjelenése

Amint az várható volt, az elmúlt időszakban részben megjelentek már várt, új űrkalkalmazási, űrszolgáltatási területek a maguk rendszereivel, részben elkezdődött teljesen új szolgálatok létrehozása. Utóbbiak értelem szerűen az alapot jelentő K+F rész dominanciájával tűntek fel. Ezek kirajzolják a jövő földi társadalmának egyes sajátosságait is feltéve, hogy az emberiség „panem et circenses” felkiáltással nem irtja ki saját magát.

##### 4.4.1 Űrparancsnokságok

Az első űrparancsnokságok (space commands) már korábban elkezdtek formálódni, s ma már működnek. Űrparancsnoksággal rendelkezik az USA, Oroszország, Kína és már kiformalódó India űrparancsnoksága. Az EU realizálta a problémát és a feladatokat, s elkezdte az űrparancsnokság létrehozását tanulmányozni, amit nehezít az EU-n belül a közös védelmi politika és a közös, mondjuk úgy szövetségi jellegű haderő hiánya, amit nem old meg a NATO megléte és működése. Az űrparancsnokságok fő feladata – itt megjegyzendő, hogy a kínairól nem tudunk érdemben semmit – az egész társadalom, azaz az adott ország vagy államszövetség működése szempontjából kulcsfontosságú űrbeli, azaz ma még teljes egészében műholdas szolgáltató rendszereinek a lehetséges mértékű védelme, a rendszerek megóvása akár terror jellegű, akár katonai támadás jellegű sérülésektől. Ugyan-

is, mint láttuk, ez alapjaiban érinti egy-egy ország működési stabilitását, s így a biztonságát és a szuverenitását is.

E fő feladat a többi áttekintése során is markánsan megjelenik. Természetesen ezen alapvetően védelmi, megóvási feladat mellett megjelent a visszavágás képességének létrehozása is. Az is tisztázódott az elmúlt évtizedben, hogy a bármi okból folytatott katonai műveletekben, legyen az például békefenntartás vagy éles hadihelyzet, ahhoz, hogy a bevetett katonai erő, a katonák – mind személyében egyedi, pótolhatatlan – jól és lehetőleg biztonságos körülmények között láthassák el a feladataikat az űreszközök, űrendszerek egész skáláját kell tudják használni, azokra kell tudjanak támaszkodni (felderítés, navigálás, hírközlés stb.). E fő feladat mellett elkezdődött a feladatok rendeződése, körvonalazódása is, s a továbbiakban ehhez igazodom.

Az űrparancsnokságok feladatai közé került a felderítés, amelyik azonban oly régi, mint maga az űrkutatás. Hiszen például az első amerikai katonai felderítő műhold a Discoverer-1 1959. február 28-án startolt. Mint láttuk, az általános, civil célú és irányítású távérzékelő műholdak adatait is egyre nagyobb mértékben lehet, mintegy mellékesen, felderítésre is használni. De ez nem helyettesíti a speciális, katonai célú, felderítő, esetenként felderítő és művelet-irányító műholdak fejlesztését és használatát. A feladatkör két részből áll. Egyrészt legalább napi egyszeri globális fedéssel figyelni kell a földfelszín markáns változásait, mert azok, ha megjelennek, vagy nagy természeti változást, katasztrófát jelentenek, vagy katonai balesetet, illetve műveletet, például támadás előkészítését. Azért csak a nagy változásokat lehet automatikus képfeldolgozással (is) figyelni, mert egyrészt a földfelszín globális lefedése műholdas távérzékeléssel ma még biztosan nem lehetséges a közepesenél érdemben nagyobb felbontással, másrészt a nagy és extra nagy, vagy speciálisan, műveletirányítást is lehetővé tevő mértékű felbontással lefedve a teljes földfelszínt olyan nagy adattömeg keletkezne, amit sem a műholdakról real-time lehozni, sem ugyanígy azonnal feldolgozni ma még biztosan nem vagyunk képesek. De ez a képesség folyamatosan növekszik. Másrészt a katonai felderítő-műveletirányító műholdak egy-egy kijelölt területről rendkívül nagy felbontású „képeket”, azaz adattömeget kell produkáljanak az átvonulásuk ideje alatt. Így lehetőségessé válik egy-egy kijelölt terület megfigyelése, esetleg ott mozgó alakulatok közvetlen irányítása, működésük segítése.

E területen az USA, Oroszország, Kína, India, Japán, Izrael stb. önállóan fejleszt és használ műholdakat, míg az EU-n belül Franciaország e téren a vezető űrhatalom, mind külön nemzeti használatra, mind a közös igények kielégítésére képes műholdakat fejleszteni és üzemeltetni. E speciális feladatkörben új, sajátos érzékelőket is fejlesztenek. Ezek közül most is (még?) az infravörös (IR) érzékelők fejlesztése a legfontosabb. Nagyzérkenységű és nagy felbontású képeket készíteni képes IR érzékelőket fejlesztenek. Az IR kiemelt szerepe érthető, hiszen mind az emberek jól látszanak éjszaka is a hőké-

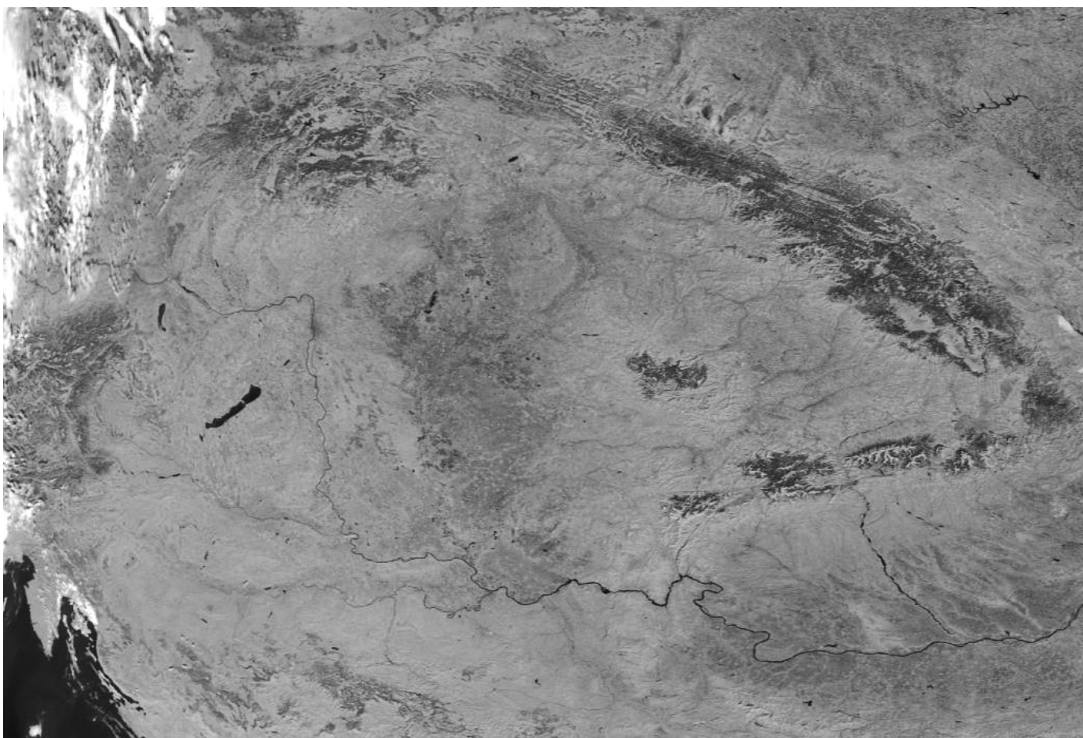
peken, mind a működő, illetve hideg járművek, egyéb műszaki eszközök. (Megjegyzem, hogy e technika használatával a hamis szeszfordék és az embercsempészek is a mainál sokkal egyszerűbben megfoghatók.) Az IR érzékelőknél sajátos cél az induló pl. interkontinentális vagy űrbe szánt rakéták gyors és pontos észlelése is. Ez ugyanis egy remélt elhárítás sikerének ugyanúgy az előfeltétele, mint ahogy egy esetleges nagyobb vagy világméretű konfliktus kitörése megakadályozásának az utolsó lehetősége. A hiperspektrális technika új lehetőségeket nyit a felderítésben is, mivel az álcák és a tényleges objektumok megkülönböztetésének eddig meg nem volt lehetőségét kínálja. E téren a gond az, hogy a nagyon sok spektrális sávban a nagyon nagy térbeli felbontás extrém mennyiségű adatot produkál, amelyek átviteléhez és feldolgozásához új műszaki utakat kell találni. De ez az igény a civil területeken is megjelent, így a fejlesztés nem speciálisan katonai feladat megoldása.

Mivel a mobil hírközlés értelemszerűen a honvédelmi műveletek egyik kulcseleme, s ráadásul – lásd a 4.1 pontot – az első, teljes kiépítésű MSS rendszer, az Iridium a cég csődje következtében állami kézbe (az USA kormánya kezébe) került és nagyobb részt honvédelmi típusú célokra használják, az Egyesült Államok űrparancsnokságának egyik fontos feladata annak vizsgálata, hogy célszerű-e speciálisan honvédelmi feladatokra különálló MSS rendszert létrehozni, valamint az alacsony pályás (LEO) műholdakból álló általános célú MSS rendszerek használhatóságának vizsgálata az Iridiumon, s az ilyen LEO holdakból álló rendszerek védelmének kialakítása támadás esetén.

A műholdrendszerek, pillanatnyilag elsősorban még a LEO holdakból álló rendszerek védelmének szükségessége az elmúlt időszakban egyértelműen kiderült. Ugyanis Kína műholdak elleni támadásra fejlesztett ra-

kétával (Anti SATellite, azaz ASAT rakéta) sikeresen kilőtte az egyik, már üzemképtelenné vált, poláris LEO pályán keringő műholdját, a FengYun-1C-t. Ezzel Kína egyrészt demonstrálta a műhold-megsemmisítési képességét, és olyan időszakban tette ezt, amikor a világban éppen senki sem fenyegeti, mégis a mások elleni támadás megindításának egyik fontos és korszerű elemét fejlesztette ki és a használhatóságát demonstrálta is. Másrészt a szétlőtt műhold és az ASAT sok ezernyi darabja más műholdakat, űrhajókat, induló bolygóközi szondákat veszélyeztetve kering ma a Földünk körül.

Mindkét tényezőnek érdemi következményei vannak. Az utóbbira a 4.4.2 pontban térek vissza. Az első tényező következtében az Egyesült Államok haladéktalanul éles kísérletben, vagyis egy már nem használt saját, az ellenőrzés alól kikerült és nagyméretű, a Földre visszazuhanni készülő műholdat szétlőve, demonstrálta a saját ASAT képessége meglétét, hangsúlyozva, hogy ez csak egy egyszeri, egyedi kísérlet, amit továbbiak nem követnek. (A keletkezett darabok elsöprő többsége visszaesett a légkörbe és elégett.) Oroszország, bár tudunkkal e képessége szintén megvan, nem tudjuk, hogy az USA-val egyeztetve vagy egyeztetés nélkül, nem demonstrálta e képessége meglétét éles kísérletben. Fontos tudni, hogy minden ilyen kísérlet, a már visszatérő, visszazuhánzó pályán lévő műholdak esetét kivéve, növeli a veszélyes űrszemét mennyiségét. Az ASAT technika globális elterjedése előtt ezzel a kínai kísérlettel megnyílt az út. Viszont az így veszélyeztetett műholdrendszerek üzeme nemcsak a katonai-védelmi feladatok számára fontos, hanem elsősorban és alapvetően az egész civil társadalom jó működéséhez (lásd az 1. részben). Ezért az USA vizsgálatokat indított el, hogy megtalálják a jó megoldásokat a műholdrendszerek egyes holdjai önvédelmi képességének a kialakítására. Két fő irányt



*Magyarország az űrből, az ELTE állomása által vett multispektrális kép úgynevezett hamis színű változata*

vizsgálnak: a műholdak rendelkezzenek olyan manőverező képességgel, amelynek a segítségével ki tudnak térni a támadó rakéta elől; illetve fel lehet-e szerelni a műholdakat (civil hírközlő holdakat, navigációs holdakat, távérzékelő holdakat és persze a speciálisan katonai célú holdakat is) olyan lézer-fegyverrel és kapcsolódó érzékelő rendszerrel (lásd még a 3.3 pontot), amelyek segítségével a műhold szét tudja lőni a támadó rakétát. Arról ma nincs érdemi információ, hogy a sok szempontból sajátosan működő Kínában hány ASAT rakéta áll bevetésre készen vagy hányat akarnak telepíteni a közeli jövőben. Azonban a történetek következtében az egyébként is sérülékeny globális emberi civilizáció tovább destabilizálódott.

Mivel az elmúlt időszakban a közepes és nagy (interkontinentális) hadi rakéták előállításának képességét egyre több ország, közöttük a kultúránkkal szemben kifejezetten ellenséges Észak-Korea és Irán is megszerezte (3.1 pont), s a rakétaépítési képességét sikeres kísérletekben demonstrálta is, újra a fejlesztési célok közé került a rakéta-elhárítási rendszerek kifejlesztése és kiépítése. (Oroszország és az USA vitája e kérdésben nem e képesség kiépítésének fontosságáról folyik, hanem a mikéntjéről. Például arról, hogy a NATO-rendszer képes legyen-e orosz területről indított rakétákat is elfogni vagy csak a világ más részeiről. A kérdés valódi, hiszen érinti a még 40 évvel ezelőtt kialakított, akkor globális egyensúlyt.) A fejlesztés gyorsul és a jelenlegi K+F cél egyrészt a 3.3. pontban már tárgyalt, földi telepítésű lézerek alkalmazása, másrészt olyan elhárító rakéták kifejlesztése, amelyekben egy rakéta sok elhárító „fejet” visz magával, s így egy starttal sok támadó robbanófej illetve a robbanófejeket védő, megtévesztő ál-robbanófej semmisíthető meg. Intenzívebben folytatják a támadó ál-robbanófejek és valódi robbanófejek azonosítási módszereinek a kutatását is. Ez utóbbi azonban igen nehéz feladat, ha univerzális megoldást akarunk. Viszont a nem univerzális azonosító eljárások az ál-fejek kis módosításával igen könnyen kijátszhatók.

Fontos, de egyedi fejlemény az, hogy vezető katonai hatalom elveszíti az önálló űrrepülési képességét. De az USA-val ez most megtörtént. Ezért a NASA erőltetett ütemű Orion űrhajó és Ares rakéta fejlesztése mellett az Államok légereje felújította annak tanulmányozását, hogy ismételten használható, esetleg SSTO képességű, önálló, a civil programoktól független űrhajó fejlesztést indítson. Az első közlemények szerint ha ez megszületne, akkor hozzájárulnának a civil célú általános használatához is. Más szóval nagyon zavaró az Államokban az az „idétlenkedés”, ami már két évtizede folyik a civil űrhajózás terén, beleértve egyes okoskodó ál-tudósok – „minden megoldható robotokkal, az emberek csak mulassanak itthon a diszkóban” – nézetének a folytonos hangoztatását, s a különféle bizottságokban a vég nélküli és értelmetlen vitákat. Hiszen pillanatnyilag az Orion építését is vitatják egyesek, kihasználva az elnökváltás miatti természetes kezdeti bizonytalanságokat. A többi működő űrparancsnokságnál ilyen gond és feladat nem merült fel.

#### 4.4.2 Űrvédelmi rendszer

##### (Space Situational Awareness – SSA)

Az angol elnevezés kifejtése az ESA definíciója [17] szerint a következő: Az SSA tartalmazza mindazt az infrastruktúrát és tevékenységet, amely ahhoz kell, hogy megbízható ismereteket (riasztáshoz és a jövőben az esetleges elhárításhoz is), időben érkező és pontos adatokat és a szükséges szolgáltatásokat biztosítsa három területen. A területek, azaz veszélyforrások: az űrbe került és veszélyessé váló, ember alkotta objektumok, továbbá az űrbeli környezet hatásai (Nap-Föld kapcsolatok, űridőjárás stb.), valamint a természetes Föld-közei objektumok (kisbolygók, meteorok stb.), amelyek az űrtevékenységet, az űreszközöket, illetve a az emberi javakat és végső soron az egész emberi életet, a pusztalétünket is veszélyeztethetik vagy veszélyeztetik.

Ma e téren a kutatók sokféle munkálkodnak, de összehangolt, célorientált, s így az SSA követelményeinek megfelelő munka alig folyik. Például a világ sok helyén sok csillagász – még amatőr csillagászok is – foglalkoznak a kisbolygók, üstökösök, meteorok kutatásával, de a fenti szempontot kielégítő, összehangolt, veszély esetén az azonnali riasztást biztosító rendszer nem létezik. A munka megindításában Európa élenjárónak tekinthető. Hasonló rendszer részei működnek az USA-ban, a NATO-ban (a NORAD légi és rakéta figyelő, továbbá műhold-, valamint egyéb űrszonda követő rendszer), Oroszországban, de ezektől a fentiekre teljesen kiterjedő és kellően megbízható adatokat az EU és az ESA nem kap, azok ott sem állnak mindig rendelkezésre. Mivel több feladat megoldásához kikerülhetetlenül globális mérőhálózatok szükségesek, ezért remélhető, hogy e téren a szolgáltató rendszer létrejötte egyben erősíteni fogja a globális együttműködést is. Ez az EU, USA és Kanada, Oroszország, Japán, Dél-Afrika, India, Új-Zéland és Ausztrália között már jó és jól működő alapokkal rendelkezik, de más irányokban ez ma nem igaz. A jelzett bázis azonban önmagában elegendő globális fedést ad.

Az SSA területen jelentkező három veszélyforrás:

- Minden lehetséges hatás, amely veszélyezteti az űr-infrastruktúrát – Európa esetében az európai űr-infrastruktúrát –, azaz a kutató, a megfigyelő-távérzékelő, a hírközlő, a navigációs vagy meteorológiai műholdakat, akár ütközéssel, akár ellenséges tevékenység következtében.
- Minden lehetséges zavar vagy rombolás az űrbeli vagy földi infrastruktúrában (műholdak, elektromos energiaellátó rendszer, elektronikai hálózatok, távközlés, ellenőrző és irányító rendszerek), amely a világűr (elektromágneses és részecske-sugárzási) környezetből érkezik, mint például a napkitörések hatásai.
- Az emberi élet védelme mind a földfelszínen, mind a levegőben és a világűrben azokkal a veszélyekkel szemben, amelyeket az űrbeli szemét, törmelék vagy az ún. Föld-közei objektumok (kisbolygók, meteorok, üstökösök, egyéb égi kódarabok) okozhatnak a légkörbe lépve illetve a Földbe csapódva.

Értelemszerűen e három fő irány mentén indul meg az interjú K+F munka azzal a céllal, hogy már a K+F szakaszban kezdődjön meg a döntéshozók részére a lehetséges mértékű adatszolgáltatás, ami majd teljes rendszerre épül ki. Így mostantól kezdve a teljes értékű és nagy megbízhatóságú űrbeli követés, a műholdak és törmelékek folyamatos figyelése és katalogizálása, pályájuk értékelése és a riasztási küszöbök meghatározása kiemelt kutatási feladat az ESA-n és az EU-n belül.

Azonos súlyú feladat az űridőjárási kutatás és a kapcsolódó monitorozó hálózatok, eljárások, a Föld elektromágneses környezetének 24 órás, vagyis megszakítás nélküli figyelése, a mérések automatikus és megbízható értékelése, s a riasztási küszöbök megtalálása. (Ez utóbbi feladat az elektromágneses hullámterjedés kérdéskörének eddig sosem látott mértékű fontossá válását hozta és hozza magával.) Végül az eddig a csillagászatok hobbijának és az amatőrök szórakozásának tekintett természetes Föld-közeli objektumok megtalálása, követése, katalogizálása, a pontos pályaszámítási eljárások fejlesztése és a riasztási szempontok meghatározása is kiemelten fontos kutatási és szolgáltatási iránnyá vált.

Az ember alkotta objektumok veszélyei az elmúlt időszakban világossá váltak. Először néhány nagy méretű űreszköz Földre visszazuhanása okozott gondot. Szerencsére(!) ezek végül is óceáni területeken érték el a felszínt. Majd a kínai ASAT kísérlet mutatta meg, hogy egyetlen döntéssel mily nagy tömegű, veszélyes űrszemetet lehet csinálni. Végül egy ellenőrzés alól kikerült, azaz már az élettartamán túl lévő, meghibásodott orosz műhold ütközött neki egy amerikai LEO pályás távközlési műholdnak, tönkretéve egy Iridium holdat. A kérdést eddig nem kezeltük a súlyának megfelelően. Az űridőjárás területén sok az indikáció, a bolygók és a Föld elektromágneses környezete külön is figyelmet érdemel. De ezek mellett már kiderült, hogy például a nagy trópusi viharok (hurrikánok, tájfunok) keletkezési területei teljes korrelációban vannak az ionosféra elektron-sűrűsége (plazma-sűrűsége) maximumainak felszín feletti elhelyezkedésével. A kapcsolat vélhetően nem közvetlen, de kétség kívül megvan. Vagyis a hatások nemcsak a már kimutatott területeken (zavarok a távvezetéseken, baleseti és rosszullett gyakorisága stb.) vannak meg, hanem sok más területen is, amit korábbi elképzeléseink alapján nem is gondoltunk volna.

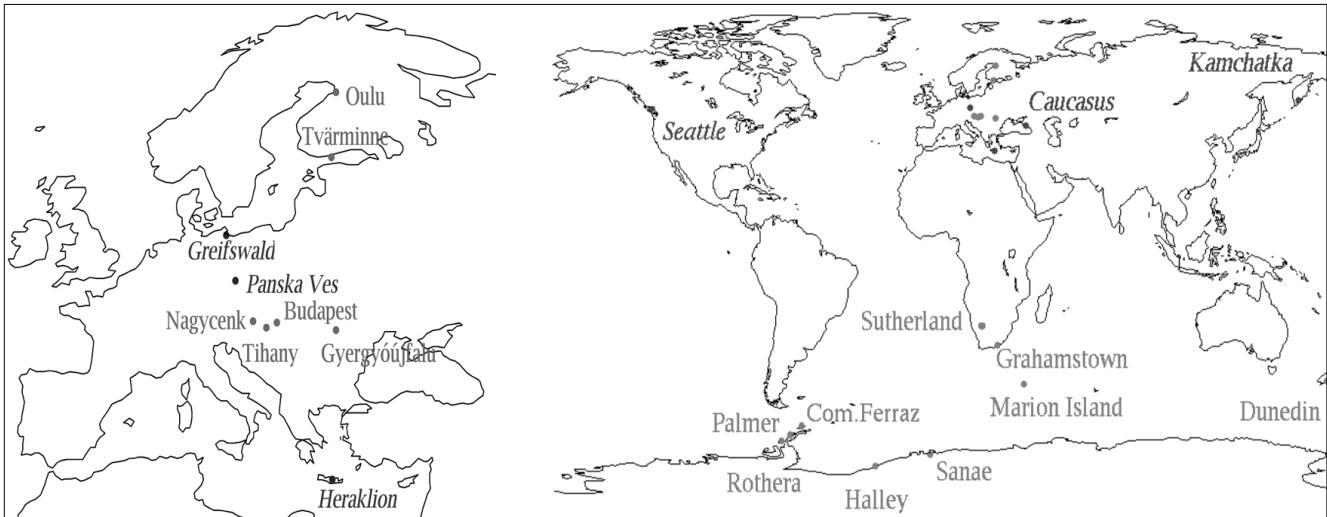
A Föld-közeli objektumok esetében szerencsénkre érdemi demonstratív eset (még) nem történt. De az elmúlt időszakban kiderült, hogy jószereivel nem is ismerjük a Föld-közeli objektumokat, alig néhányról tudunk. Az újabban észrevettek között pedig van olyan, amelyik akár egész civilizációnkat is veszélyeztetheti. Másrészt nagy megbízhatósággal sikerült igazolni, hogy a múltban vissza-visszatérően nagyobb objektumok csapódtak a Földre érdemben befolyásolva a földi bioszféra létét, működését. Ráadásul e kváziperiodikus eseménysorban most éppen olyan időszakban vagyunk, amikor a korábbi hasonló időszakokban csapódott be objektum a Földre. Mindezek ott vannak az SSA megindítása mögött.

#### 4.4.3 A Föld elektromágneses környezetének monitorozása

A Föld és a Naprendszer többi bolygója elektromágneses környezete egyes jelenségeit már az űrkutatás kezdeti ideje óta vizsgáljuk. Például azt, hogy van-e mágneses tere, annak mi a szerkezete stb. De az egységes elektromágneses környezet léte és fontossága csak az elmúlt időszakban rajzolódott ki előttünk. Azt már az előző helyzetképek – elsősorban [2,3] – írása idején tudtuk, hogy a Napból jövő (flare, napfolt stb. által keltett) tranziensek és az állandó napszél valamint a vizsgált bolygó kölcsönhatása részecske befogást és elektromágneses jelenségeket produkál. Azonban ezen jelenségek kör teljessége ekkor még nem sejlett fel előttünk. Mára már tudjuk, hogy mind a Föld, mind a többi bolygó esetében a bolygó működésének, állapotának és a folyamatban lévő vagy várható változásoknak az egyik kísérőjelensége, jelzője illetve akár a teljes megjelenése éppen az elektromágneses tér jelenségeinek együttese. Sőt az is kiderült, hogy a Föld elektromágneses környezetének, speciális szerkezetének sarkalatos szerepe van az életfeltételek biztosításában a Földön!

Ezért a bolygók és a bolygóközi tér kutatásában az ott jelenlévő plazma és az ott fellépő, terjedő elektromágneses jelek mérése mára kiemelten fontossá vált. Az adatok igen jól használhatók a bolygók összehasonlító vizsgálatában is. Ez pedig azért fontos, mert segíti a Föld állapotának és változásainak a megértését. Ez két területen indított változást. Egyrészt megjelentek a terjedő elektromágneses jelek pontos alakját is kimérni képes és egyben nagyon érzékeny mérőeszközök, másrészt a jelenségek pontos megértéséhez és az elektromágneses környezet leírásához – benne az űridőjárási jelenségekkel is – a Maxwell egyenletek egzakt megoldásainak megtalálása volt szükséges e különleges és változatos környezetben, ahol a jel által átjárt közeg inhomogén is, meg összetetten mozog is. Az is kiderült, hogy a jelenségekről, még az előfordulásuk időbeli eloszlásáról sincs teljes értékű adatbázisunk. Például még a villám keltette felsőlégi (magnetoszférikus terjedésű) jelekről sem. E kérdéskörben érdemi magyar részvétellel az elmúlt időszakban sok eredmény született.

Mindezek alapján az elméleti munka eredményes megélénkülése mellett a földi és űrbeli mérőhálózatok kiépítése is megkezdődött. Elindultak az első, kifejezetten az elektromágneses környezetet vizsgáló műholdak. Közöttük is igen fontos az ESA Cluster missziója, az amerikai Image műhold, a francia Demeter műhold és az orosz-magyar-ukrán Kompas-2 műhold. A kapott és még érkező adatok első feldolgozása már megmutatta, hogy az elektromágneses környezet szisztematikus műholdas monitorozására mielőbb szükség van. Az erre orientált műholdas misszók folytatónak. Így rövidesen újabb francia műhold várható, továbbá egy ugyanilyen méréseket végző, orosz vezetésű és nagyobb magyar hozzájárulású műszeregyüttes (Obsztanovka) felvitele a Nemzetközi Űrállomásra, valamint orosz műholdak indulnak ugyanezen célból (szintén magyar mérőeszközzel felszerelve).



Az AWDANet globális hálózat, ami a Föld magnetoszféráját monitorozza 24 órás, megszakítás nélküli üzemen teljesen automatikusan

De ahhoz, hogy az elektromágneses környezetet folyamatosan és kellő pontossággal és kellő mélységben megfigyeljük és megértsük, a műholdas mérések önmagukban nem elegendők. Szimultán földfelszíni mérésekre van szükség. Ezek azonban csak akkor szolgáltathatnak kellően megbízható, teljes értékű eredményt, ha folyamatosan üzemelnek és a vett jeleket folyamatosan, s ezért értelemszerűen automatikusan fel is dolgozzák. Az elmúlt időszakban több globális hálózat telepítése és üzeme is megkezdődött. Nekünk talán fontos, hogy mindegyik magyar részvétellel jött létre és működik, s a sok szempontból unikális AWDANet magyar vezetéssel, magyar szakmai eredmények alapján jött létre és épül tovább, s ez ma az egyetlen olyan rendszer, amely képes folyamatosan a villámok által keltett és a magnetoszférán át terjedt jeleket (whistlereket) folyamatosan regisztrálni automata jelfelismeréssel és most épül ki benne az a szolgáltatás, hogy a regisztrált jelekből automatikusan azonnal számítja a magnetoszféra paramétereit. (Ez az eljárás is magyar eredmény.) Ez azért különösen fontos, mert egyrészt először válik lehetségessé a magnetoszféra állapotának a folyamatos és pontos megismerése, másrészt az SSA részére tudja szolgáltatni az ott kiemelten fontos űridőjárási adatok talán legfontosabb részét, a magnetoszférában keletkező zavarok real-time észlelésével.

A szolgálat ezen teljessé válása éppen folyamatban van, de hasonlóan megkezdődött (e téren újjeländi és amerikai vezetéssel, magyarok részvételével is) a villámok globális és folyamatos detektálása. (Kiemelendő a WWLLN rendszer, újjeländi vezetéssel.) Ez az adatrendszer egyrészt kapcsolódik az előbb elmondottakhoz, másrészt fontos a polgári repülés számára, s el is kezdték a használatát. Végül pedig ezen hálózatok együttes működése lehetővé teszi a globális villám-aktivitás időbeli változásának meghatározását. Ez azért különösen fontos, mert az összehasonlító planetológiai vizsgálatokból, a felforr, izzóan forró Vénusz és a Föld elektromos kisüléseinek eddigi összehasonlításából az derült ki, hogy a globális változásokkal, vagyis az úgyneve-

zett globális felmelegedéssel valószínűleg nem a villámtevékenység erősödése, hanem ezen aktivitás csökkenése és átalakulása járhat együtt. Érthetően rendkívül fontossá vált e jelenségkör megértése, hiszen az itt megjelenő változások lehet, hogy elemi életfeltételeink veszélybe kerülésének az előhírnökei lehetnek, de úgy tűnik, hogy észlelésük időben, elegendően korán történik ahhoz, hogy még változtassunk – ha az emberiség akar és hajlandó változtatni – a rossz folyamatokon.

## 5. A magyar űrtevékenység helyzetéről

E helyzetképnek, elődeihez hasonlóan [1-3] nem célja a hazai helyzet részletező, kimerítő elemzése; azaz nem helyettesít egy átfogó hazai helyzetelemzést. Viszont, megkerülhetetlen, hogy ebben az anyagban, a korábbiakhoz hasonlóan, a hazai helyzet fő vonásait felvázoljuk. Mivel a magyar helyzet, illetve eredmények megjelentek már az előző pontokban is a nemzetközi kép részeként, itt az ismétléseket a lehetséges mértékig kerülöm.

Mivel a társadalmi ismertség és elfogadottság a hazai helyzetet is alapvetően befolyásolja, először e kérdéssel foglalkozom. E körben globálisan is komoly gondok vannak (lásd az 1. részben), azonban a hazai helyzet ezzel összevetve még sokkal rosszabb. Az az általános szétesettség, ami ma a magyar lakosságot jellemzi, s aminek következtében nem alkot működő társadalmat, érdemben minden kérdésre kiterjedően oda nem figyelést, érdektelenséget és nemtörődömséget eredményez. Vagyis a lakosok elsőprő többsége kizárólag a pillanatnyi vélt érdekeivel törődik, s a köz ügyeit számára érdektelenként félresöpri. Hazánkban általában is igaz, hogy K+F munkát valamiféle fölösleges szórakozásnak ítélik, az ezzel foglalkozókat pedig ingyenélőknek. E helyzet létrejöttében és mai meglétében érdemi felelősség terheli a közvélemény formálásában szereplőket, mert legtöbbször mindezt maguk sem ért-

vén még segítik is azon vélemény kiformalódását, hogy a kutatás luxus és nem elemi életfeltétel. Ez a helyzet hazánkban – ha egyáltalán lehet még fokozni –, fokozottan érvényes az űrtevékenységre. Ebben a felelősség összetettebb. A közvéleményt formálók ugyanis maguk sem tudják, hogy minden pillanatban űrrendszereket használnak riportjaik, műsoraik elkészítésekor és leadásakor, de a megkérdezett „szakértők” is – jellemző tévedésük, hogy nálunk az űrtevékenységet csillagászatnak tartják, ami azért ritka helyzet a glóbuszon, ezért egy-egy témához szeretnek ilyen értelemben keresni szakértőket – általában a pillanatnyi szenzációkról, legtöbbször a távoli világűr legelvontabb kérdéseiről beszélnek, így teljesen elsikkad az űrtevékenység valódi jellege és művelésének fontossága, mindennapi szerepe az ipar és a gazdaság fejlődésében, az élet megóvásában, szolgálatában, vagyis mindabban, amiről az előző pontokban volt szó. E mellett a lakosok tájékoztatására széles körben ma is rányomja a bélyegét az a hamis kép, amelyiket még a bolsevik diktatúra idején kötelező materialista szemlélet táplál, ezért aztán nálunk az űrtevékenységet jellemzően a nagy és gazdag országok presztizs-programjainak tekintik, s így is mutatják be. E helyzet azért rossz, mert az országot elzárja a korszerű ipari-gazdasági-környezeti-társadalmi fejlődés egyik legfontosabb hajtómotorja használatától, gyorsítva a lemaradásunkat most még csak Európához, de rövidesen a glóbusz elmaradottabb régióihoz képest is.

A döntéshozói helyzet az általános állapotainkat tükrözi. Az elmúlt időszakban sokat romlott a kép. Ugyanis az előző helyzetkép [3] készítése előtti években, ez az 1990-es évek elejét jelenti, minden parlamenti párt frakciójában volt legalább 2-3 képviselő, és persze velük dolgozó szakértők is, akik tudták, hogy mi az űrtevékenység és akikkel e terület művelésének és fejlesztésének a kérdéseit mind kormány-oldalon, mind az ellenzéki oldalon meg lehetett beszélni. Akkor elkerülhetetlen volt az űrtevékenység irányításának átszervezése a rendszerváltoztatási kezdemény következtében és Európa-konform szervezet jött létre [3]. Ma már nincs a parlamenti pártoknál sem képviselőként, sem szakértőként olyan ember, aki tisztában lenne azzal, hogy mi az űrtevékenység és tudná, hogy az miért fontos, hogy művelni és fejleszteni kell... Jó értelemben színezi e képet, hogy az elmúlt időszakban az egyik Európa-parlamenti képviselőnk lett 2009-cel bezárólag a Galileo-program „felelőse”, s jó mérnökként igen tájékozottá vált az űrtevékenység ügyeiben, sőt mindent meg is tett, hogy a dolgok jó irányba menjenek. De ez csak rövid tranziciensnek látszik ma.

A kormányzati helyzet sem jobb. Ugyanis az elmúlt évek során az űrtevékenység irányítását, szervezetét többször átalakították, degradálták, s ma már az irányítás, szervezés egyáltalán nem Európa-konform (lásd a 3.1 pontban is). Magyarország európai integrálódása, az ESA-hoz teljes jogú tagként csatlakozása és az EU űrpolitikája megvalósításában való részvétele teljes mértékben elakadt. Ez ma már érdemi anyagi kárt is je-

lent Magyarországnak, s e károk a jövőben, – ha igen gyorsan nem változtatunk –, csak növekedni fognak. Jellemző példaként legyen itt most a magyar-indiai űrkapcsolatok alakulása. Kormányfőnk indiai látogatása során a hindu fél – a korábbi jó űrpari és tudományos eredményekre is támaszkodva, amelyekkel ők tisztában voltak – nyomatékkal jelezte, hogy szükséges lenne az űrtevékenységben is a kiemelt kétoldalú együttműködésre. Erre keretet is rögzítettek és a megállapodás megszületett. Ennek ellenére a tényleges szakmai megállapodások megszületésére és a munka megkezdésére a mai napig nem került sor, bár ez legalább lassacskán ballag az úton. A hazai ráfordítások már messze elmaradnak régióink velünk összemérhető országainak ráfordításaitól, ezért elkezdődött a korábban megvolt egyértelmű regionális vezető helyzetünk felmorzsolódása.

Rontja a helyzetet az is, – mint az a provinciákon jellemző –, hogy az általános szakmai döntéshozói-vezetői közeg is a hazai általános társadalmi helyzet egyfajta leképeződése. Így az a mai sajnálatos állapot, hogy országos átlagban az egyetemi-akadémiai közeg sem tudja, nem érti az űrtevékenység fontosságát, értelmét, sőt az elért, a nemzetközi tudományos közéletben elismert eredmények itthoni megítélése is kétes, így az űrkutatási területeken elért eredményeket szinte mellőzik. Csak egyetlen példa erről az, amikor egy egyetemi csúcsvezető meglátta a diákok(!) által épített első magyar műholdat. Ez az ESA által is elismert teljesítmény, a hazai „szakmai-tudományos” csúcsvezetői álláspont azonban az volt, hogy effajta fölösleges marhasággal nem szabad foglalkozni. (Megjegyzem, az érintett diákok olyan szinten képzetek éppen a műhold építésével megszerzett tudásuk következtében, hogy bárhol a világon azonnal el tudnak helyezkedni.)

De visszatérve az államigazgatási területekre, e helyzet következtében (egyelőre) kimaradunk fontos európai szolgáltatásokból is. Például Európában már két éve elkezdtek űrből származó (kezdetben kiemelten a távérzékelési) adatokra támaszkodva olyan katasztrófa-riasztó (időjárás- és veszélyhelyzet stb.) központot létrehozni, amelyik folyamatosan dolgozva figyeli az európai helyzetet és veszélyes szituáció alakulása esetén azonnali értesítést küldene az adatok szerint várhatóan érintett országokba. A rendszerhez kapcsolódó országokban e riasztást vevő és a helyzetet ott azonnal a saját adatok alapján is értékelő hely kell, hogy azután ne vesszen el az információ a semmiben. Hazánk a mai napig nem jelezte mégcsak az érdeklődését sem, pedig a hazai szakmai feltételek megvannak – még...

Ugyanakkor, ha a kutatási-alkalmazási eredményeket nézzük, igen reménykeltő a kép, az űrkutatási munkák rendkívüli alulfinanszírozottsága ellenére. A szükséges pénzek hiányát részben kompenzálja a régi gárda szakmai elhivatottsága, ami azonban nem teszi lehetővé sem az utánpótlás kinevelését, munkába állítását, sem az állami döntést is illetve kicsit is több pénzt igénylő programokban részvételt. Most is csak fontosnak tűnő példákat emelek ki. A Pille doziméter első változata még az első magyar űrrepüléssel jelent meg a

nemzetközi porondon. Azóta is a magyar űrtevékenység egyik sikertörténete. A mai változat már a kutatási szakaszból átkerült az emberes űrrepülés szolgálati rendszerei közé: a Nemzetközi Űrállomás (ISS) standard dozimétere lett. Az is fontos eredmény, hogy az elmúlt években Simonyi Károly professzor úr fia, Charles Simonyi (Simonyi Károly) saját költségen kétszer is járt az ISS-en, mindkét alkalommal dolgozott a Pillével és a második útján elvégezte a már több éve fent dolgozó Pille újrakalibrálását. Kiderült, hogy a Pille hosszú távon is igen stabil, paramétereit tartó műszer, kiváló műszaki alkotás. (A Pille mai változata kifejlesztőjének tudományos-szakmai elismerése itthon nem történt meg.)

De sikerült más téren is jó eredményeket produkálni. Láttuk, hogy a Föld és a többi bolygó elektromágneses környezetének megismerése és az űridőjárás kutatása kiemelten fontossá vált. A korábbi eredmények alapján részben új elektromágneses hullámterjedési elméletet sikerült kidolgozni, amely a természetben mért jelek és az azokat kialakító körülmények leírására sokkal alkalmasabb, mint a korábbi leírások, és sikerült kifejleszteni olyan műholdfedélzeti műszert és annak földi megfelelőjét is, amelyik e jelek vizsgálatára alkalmas.

Ez az Inhomogén Alapmódusok Módszere az elméletben és a SAS2, SAS3 műszer az űreszközökön, valamint a VR-1 és VR-2 műszer a földi mérőrendszerekben. A SAS2 a Kompass-2 műholdon mutatkozott be sikerrel. A Kompass-2 2006. május 24-én startolt, míg a VR-2 az AWDA-net rendszer alapműszere. A sikeres működés és az elméleti eredmények alapján nemcsak az AWDA-net üzemel nagy globális kiterjedéssel, hanem több űrkísérlésben a SAS valamelyik változata fontos műszerként szerepel, s megnyílt az út az előtt, hogy kísérletvezetőként (PI) vegyünk részt előkészületben lévő olyan bolygó vizsgálatban (Vénusz misszió), aminek a célja az összehasonlító elemzések segítségével a Föld működésének sokkal jobb megértése.

Igen nagy eredmény, hogy kutatóink és mérnökeink jó munkával részt vesznek az ESA kiemelt fontosságú, úgynevezett „zászlóshajó” osztályú Rosetta missziójában, ahol a Naprendszer kis égitestjei egyikének vizsgálata a cél. Mondhatjuk, hogy már sok hazai kutatóhely bekapcsolódott az ESA egyes programjaiba, s komoly eredmény, hogy e programok mindegyikében a magyar hozzájárulás eredményes illetve eredményes volt a biológiai kutatástól a fizikai és műszaki kutatásig. Ki kell még emelni, hogy a Nap, a Naprendszer és a Galaxis élet hordozására alkalmasságának vizsgálatában magyar csillagászok élvonalbeli eredményeket értek el. A helymeghatározás, a meteorológia és a távérzékelés terén is eredményes az űrtevékenységben a munkánk.

A hírközlésben a szabad piac érvényesül, amint azt még [3]-ban megmutattam. A helymeghatározásban a magyar hozzájárulás a rendkívül nagy pontosságú mérések realizálása, beleértve a földi kiegészítő hálózatok alkalmazását. De az ESA tagság hiánya és a hazai ráfordítások szinte nevetségesen kicsiny volta miatt az EU lehetőségek kihasználásának a korlátozottsága miatt a Galileo-ba bekapcsolódásunk akadozik, a szüksé-

ges és kívánatos szintet nem éri el. Ebből már anyagi kára is származik hazánknak. A meteorológia és távérzékelés számára lényeges fejlemény volt, hogy a 2001. végi K+F támogatási döntéssel egy olyan műholdmegfigyelő állomást sikerült telepíteni az ELTE-re, amely alkalmas a NOAA, a FengYun és a SAS-okat hordozó holdak adatainak vételére. Ezt még sikerült 2005-ig továbbfejleszteni a közepes felbontású MODIS műholdas adatok vételére is. Ezzel fontos adatforrást kapott a hazai távérzékelési és űrmeteorológiai kutatás és alkalmazás. (Sajnos az állomás üzemeltetési-fenntartási költségeinek biztosítása is akadozik, mint minden más.) Az OMSZ és az egész hazai kutató közösség elismerésének is tekinthető, hogy hazánk az EUMetSat tagja lett. Ez érdemi előrelépés.

A távérzékelésben a haszonnövények állapota és terméshozam-meghatározása mellett az allergiát okozó parlagfű és a növényi kártevők (pl. gyapjas lepke) elterjedése műholdas vizsgálatát érdemes említeni. Ezek a teljesség igénye nélkül kiemelt eredmények valóban szépek és fontosak, s a teljes eredmény sor, amit a 200 főnél kevesebb magyar űrkutatói közösség az elmúlt időszakban elért, biztosítja az országnak, hogy e fontos területen a jelen és a jövő számára szükséges lépéseket – költségvetés biztosítása esetén annak jó felhasználása, teljes jogú ESA tagság, érdemi amerikai, orosz és indiai együttműködés stb. – meg lehessen tenni, akár azonnal is. Ugyanakkor a korábban elmondottak miatt nem tudom elhessegetni magamtól Ady Endre sorait, hogy „még magasról nézvést megvolna az ország...”

Az űriparról érdemes külön is szót emelni. Az elmúlt időszakban, a PECS-et is felhasználva, de nagyrészt teljesen önálló ipari erőfeszítések eredményeként létrejött egy kis, de erős repülő- és űrpar Magyarországon. Világszinten piacképesek a gyártott repülőgépek, s az űrpari termékek. Például India hazánk egyik cégétől (Bonn Hungary Kft.) rendel meg mikrohullámú és egyéb elektronikai eszközöket a saját nagyvolumenű űrfejlesztéséhez. Az előbb emlegetett SAS-ok is hazai űrpari termékek (BL-Electronics Kft.), s nem kutatóintézeti produkciók. A két kiragadott példa csak illusztráció. De mondhatjuk, hogy az elmúlt évtizedben olyan repülő- és űrpar jött létre hazánkban, amelyik egy teljesértékű európai integrálódás (teljes jogú ESA tagság, megfelelő hazai költségvetési háttérű bekapcsolódás az EU űrpolitikájába, az Európa-konform hazai irányítási szervezeti állapot helyreállítása) esetén képes az éles nemzetközi versenyben helytállni és hazánk számára a szükséges eredményeket és gazdasági előnyöket biztosítani.

Összeségében a hazai űrtevékenység az elmúlt időszakban is szakmailag igen eredményes volt. Azonban leépült a hazai irányítási rendszer, egyáltalán nem megfelelő az űrtevékenység finanszírozása – még az inflációt sem kompenzálták az elmúlt évek során – és megakadt az európai integrációs folyamat. A hazai szakmai közösség kész és képes a feladatok megoldására, ezt eredményekkel igazolta most is. A sor a döntéshozókön van, s a döntések nem odázhatók el.

De a meg nem hozott döntés is döntés.

## 6. Összegzés

Az elmondottak alapján megállapíthatjuk, hogy az ürtevékenység integrálódott az emberi társadalomba. A globális társadalom már nem tud létezni az űrrendszerek, az űrinfrastruktúra nélkül, s nem tud megmaradni a jövőben az ürtevékenység nyújtotta új lehetőségek használatba vétele és ezen technológiák továbbfejlesztése nélkül. Világunk átalakult. Ma már a kisebb, illetve elmaradottabb országok is megértették, hogy előrelépésükhöz, problémáik megoldásához használni kell az ürtevékenység szolgáltatásait és az esélyeik javítása, a lehetőségeik kihasználása az ürtevékenységbe aktív bekapcsolódás nélkül nem lehetséges.

Az űrkutatás eredményei a Földről, a Naprendszeréről, az Univerzumból és az élet feltételei mibenlétéről és ezek megmaradásának feltételeiről az elmúlt időszakban tovább egységesültek, s kirajzolódik egy teljesebb természetkép előttünk. Ez alapvetően nem illik bele semmiféle materialista megközelítésbe. Így le kellett számolnunk azzal a téveszmével, hogy az élet feltételei úgymond maguktól állnak rendelkezésre. Már tudjuk, éppen a többi bolygó és a Naprendszeren kívüli, úgynevezett exobolygó-rendszerek egyre kiterjedtebb megismerésével is, hogy a Föld élet hordozására alkalmas állapotát maga az élet tartja fenn bolygónkon eleitől fogva. Ezért mind a bioszférára, mind a Föld általános állapotára nagyon kell vigyázzunk, de nem veszélyeztetve magát az emberi életet, nem az emberi élet ellenében. Az is látszik, hogy az élet csak különös harmóniák megléte esetén lehetséges, amelyek nem lehetnek valamely vakvéletlen játékaik. Ezért viszont nem is kockáztathatjuk meg a feltételrendszer megsértését, ha élni akarunk.

Vagyis az emberiség válaszúthoz ért. Ez az ürtevékenységben és az annak segítségével kirajzolódó világképben, az élethez való viszonyunkban is látszik, ugyanúgy, mint a társadalom minden tevékenységében és világjelenségeiben. El kell döntenünk, hogy mit is akarunk. Szembe fordulunk-e Teremtőnkkel a pénzt és az élvezetet kergetve, vagy az Életért – és ekkor értelemszerűen az emberiség és benne a magunk, a nemzetünk jövőjéért – cselekszünk-e?

### Irodalom

- [15] Einstein A., Podolsky B., Rosen N. (1935):  
Can Quantum-Mechanical Description of  
Physical Reality Be Considered Complete?,  
Physical Review,  
No. 47, pp.777–780.
- [16] Hughes D. (2008):  
Cat tracker, Following one of  
the most elusive animals by satellite,  
Aviation Week&Space Technology,  
Vol.168, No.6, p.54.
- [17] Bobrinsky N. (2009):  
The European SSA Preparatory Programme,  
5th meeting of the PECS committee, ESRIN, Italy.

### A szerzőről



**FERENC CSABA** 1941-ben született Csíksomlyón. A Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett villamosmérnöki diplomát 1964-ben, majd 1964-1968 között a BME-n volt tanársegéd. 1968-1982 között az Űrkutatási Kormánybizottság titkárságán, majd a jogutód MTA Interkozmosz Tanács titkárságán volt önálló csoportvezető, illetve osztályvezető. 1982-2002 között tudományos tanácsadó az MTA-n, az ELTE-re kihelyezve, majd egyetemi magántanár és 2002-től az ELTE tanácsadója. 1968-ban szerzett dr. techn. fokozatot (aranygyűrűvel) a BME-n, 1972-től kandidátus, majd 1981-ben a tudomány doktora az MTA-n, doctor habilitis (1995) és magántanár (1996) a BME-n, majd a BME tiszteleti tanára (2002). A NewYork Academy of Sciences (1995) és a Magyar Mérnökakadémia (1996) tagja. Euromérnök Eur. Ing. FEANI (1996), az URSI, az MTA TRB és az URSI MNB tagja. Az Űrkutatási Tudományos Tanács és a Magyar Űrkutatási Tanács tagja. Tanít és kutat, szakterületei az elektromágneses hullámterjedés, a műholdas távérzékelés és űreszközök fedélzeti műszereinek tervezése. Az „Űrkutatás és gyakorlati alkalmazásai”, az „Elektromágneses hullámterjedés”, a „Műholdas távérzékelés” és a „Globális változások” című tantárgyakat tanítja az ELTE-n és a BME-n. 1961-től létrehozta a komplex űrkutatást Magyarországon, 1965-től a műholdak követésével, 1966-ban a meteorológiai APT képek vételével, 1968-ban műholdas transzocéániai rádióátvitellel. Társaival kifejlesztette az első hazai műholdas műszert, ami 1974-ben az IK-12-n repült. Részt vett az első magyar űrhajós tudományos programja megvalósításában. Új eljárásokat fejlesztett ki az elektromágneses hullámterjedésben és távérzékelésben. Több, mint 300 publikációja van.

# Kvantumcsatorna a műhold–Föld és műhold–műhold kommunikációban

BACSÁRDI LÁSZLÓ, GALAMBOS MÁTÉ, IMRE SÁNDOR

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Híradástechnikai Tanszék  
{bacsardi, imre}@hit.bme.hu, galambos@mcl.hu

*Kulcsszavak: kvantuminformatika, úrtávközlés, léggöri modellezés*

**Napjaink egyik leggyakrabban használt titkosítási algoritmus a RSA algoritmus, a számítógépek és a számítási kapacitás fejlődésével azonban felmerül a kérdés, mi lesz az RSA után. Az egyik lehetséges megoldást a kvantummechanikai elveken alapuló informatika, a kvantuminformatika kínálja. Már most léteznek olyan megoldások, amelyek segítségével kvantum módon oszthatunk szét kulcsokat, azonban az optikai kábeleket használó megoldások csak korlátozott távolságban működnek. A kisebb veszteségek miatt érdemes a kvantum-alapú kulcsszétosztást műholdak segítségével megvalósítani. Mivel ezekben az alkalmazásokban a kvantumbiteket fotonok segítségével továbbítjuk, ezért pontosan ismernünk kell a léggöri optikai tulajdonságait. Cikkünkben bemutatjuk az űr–Föld és űr–űr csatornák néhány érdekes fizikai tulajdonságát, és megmutatjuk, hogyan tudunk ezeken a csatornákon kvantum módon kommunikálni.**

## 1. Bevezetés

Gordon Moore, az Intel egyik alapítója publikálta 1965-ben egy megfigyelését, miszerint egy integrált áramkörben költséghatékonyan elhelyezhető tranzisztorok száma nagyjából kétevente megduplázódik [1]. Az azóta Moore-törvényként ismertté vált összefüggés a mai napig pontosnak bizonyult, és ezzel egyidejűleg folyamatos méretcsökkenést is megfigyelhetünk az integrált áramkörök világában. Mindez azt jelenti, hogy ha a trend folytatódik, akkor előbb vagy utóbb eljutunk arra a pontra, amikor a jelenlegi technológiával nem tudunk több tranzisztor elhelyezni egyetlen lapkára. Ekkor már nem lesznek érvényesek a klasszikus fizikában létező Ebers-Moll-egyenletek, hanem helyettük kvantummechanikai modelleket kell használnunk. (A kvantuminformatikán kívül más megoldások is lehetségesek, például az elosztott rendszerek vagy a DNS-alapú számítások, de cikkünkben a kvantuminformatikai alkalmazásokkal foglalkozunk.) Ez jelentős működésbeli különbségeket fog jelenteni a mostani számítógépekhez képest. Ennek a hangsúlyozására az így tárolt biteket kvantumbiteknek (vagy röviden qbitnek) szokás nevezni, az ezekkel operáló számítógépeket kvantumszámítógépeknek, általánosságban pedig a kvantummechanikán alapuló információtárolást, feldolgozást és továbbítást összefoglaló néven kvantuminformatikának hívjuk.

Ahhoz, hogy kvantumszinten tároljunk digitális információt, olyan kvantummechanikai objektumokra van szükségünk, melyek legalább két, mérésekkel jól megkülönböztethető állapottal rendelkeznek. Ilyen lehet például az elektronok vagy atommagok spinje (perdülte), fotonok függőleges vagy vízszintes polarizációja, esetleg többtelelektronok jelenléte vagy hiánya nanopöttyökön (vagyis igen kisméretű, legfeljebb néhány ezer atomból álló kristályokon).

Mivel nyújtanak többet a kvantum-alapú eszközök, mint a klasszikus informatika által kínált lehetőségek? A kvantumpárhuzamosság elvének kihasználásával nagy számításigényű műveleteket is könnyen el tudunk végezni (Deutsch-Jozsa-algoritmus), kvantum-alapú prímfaktorizációt is megvalósíthatunk (pl. a Shor-algoritmus segítségével) [2]. A klasszikus módszereknél hatékonyabban tudunk adatbázisban keresni (Grover-algoritmus), különböző kvantumkapukat és kvantumáramköröket építhetünk, szupersűrű kódolást alkalmazhatunk, sőt még kvantum-alapú Fourier-transzformációt is tudunk végezni [3]. A kvantum-kulcsszétosztás protokolljai (BB84, B92) révén biztonságos módon tudunk kulcsot szétosztani [4], az összefonódás jelensége miatt pedig képesek vagyunk információt teleportálni (kvantum teleportáció) [5].

## 2. Kvantumbit és kvantumalgoritmusok

Ebben a szakaszban a kvantuminformatika alapvető posztulátumai mellett a kriptográfiával való kapcsolatot és gyakorlati megvalósításának problémáit mutatjuk be.

### 2.1. A kvantuminformatika alapjai

A kvantuminformatika alapjait négy posztulátum definiálja [3]. Jelen cikkünkben nem szeretnénk mély matematikai részletekbe bocsátkozni, ezért szövegesen bemutatjuk ezt a négy posztulátumot, az érdeklődők pedig a [2,3] irodalomban megtalálhatják a konkrét matematikai leírásokat.

Az *első posztulátum* az állapotleírásról szól és abban nyújt segítséget, hogyan tudunk leírni egy kvantumvilágbeli állapotot. A *második posztulátum* a rendszer időbeli fejlődésére vonatkozik és abban segít, hogy zárt transz-

formációkkal le tudjuk írni a teljes rendszer viselkedését. A *harmadik posztulátum* teszi lehetővé a kapcsolatot a kvantum- és a klasszikus világ között a mérés segítségével. Maga a posztulátum két érdekességet is állít: egyrészt a mérés csak valószínűségi alapon jósolható véletlenszerű esemény, másrészt a mérés elvégzése hatással van magára a rendszerre. Ha van egy bizonytalan állapotban lévő bitünk (mondjuk 75% eséllyel mérünk 1-t, 25% eséllyel 0-t), azt megmérjük, és 1-es állapotot mérünk, akkor a kvantumbit onnantól kezdve 100%-osan az 1-s állapotban lesz. A *negyedik posztulátum* az összetett rendszerekről szól.

A kvantuminformatikában több dimenziós kvantumbiteket is tudunk definiálni. Egy kétdimenziós kvantumbitet az alábbi módon írhatunk le:

$$|Q\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle \quad (1)$$

Ez azt jelenti, hogy a  $|Q\rangle$  kvantumbitünk értéke nem más, mint az  $\alpha|0\rangle$  (annak a valószínűsége, hogy 0 az érték) és a  $\beta|1\rangle$  (annak a valószínűsége, hogy 1 az érték) az összege. (Az  $\alpha$  és  $\beta$  értékeket valószínűségi amplitúdóknak nevezzük.)

### 2.2. A kvantummechanika és a kriptográfia

A kvantummechanika alapvető axiómái tulajdonképpen a kriptográfiához illeszkednek a legtermészetesebben. A biztonságos one-time pad tökéletes véletlenszámokat kíván, viszont a legelterjedtebb klasszikus módszerek csak ál-véletlenszámokat állítanak elő. Ezzel szemben a kvantummechanikai folyamatok valódi véletlenszámokat eredményeznek, olyannyira, hogy a jelenlegi ismereteink szerint nincsenek olyan rejtett paraméterek, amik előre meghatároznák egy kísérlet kimenetelét. Például egy kockadobás klasszikus véletlenszám-generálási algoritmusként fogható fel, azonban ebben az esetben vannak olyan rejtett paraméterek, mint a kocka sebessége, a dobás iránya, a kocka kezdeti helyzete, a súrlódás a kocka és az asztallap között stb., me-

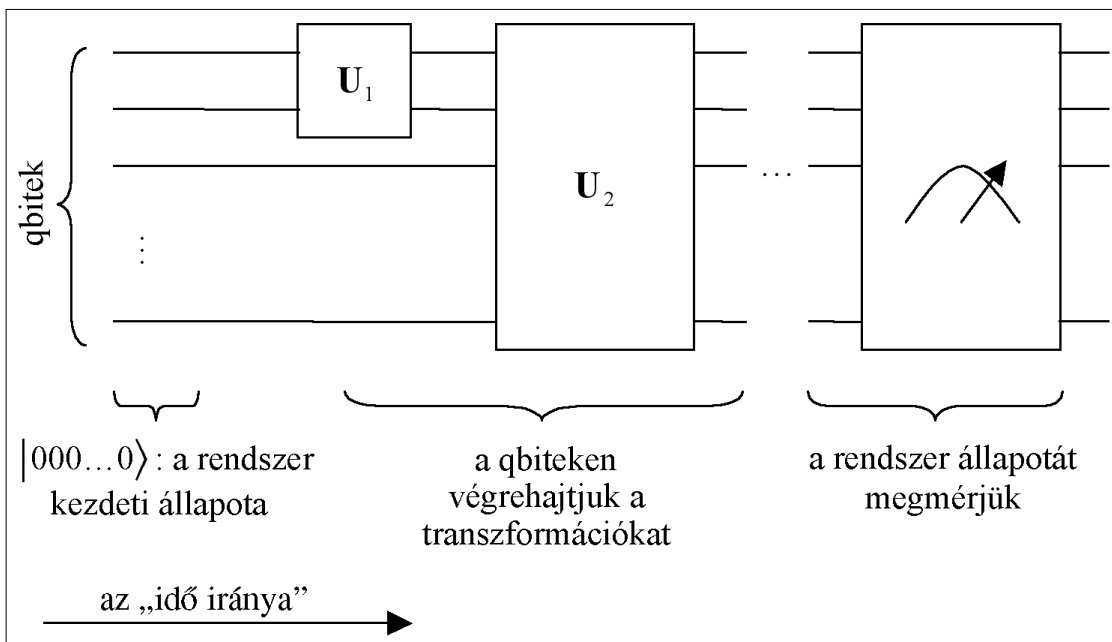
lyek a newtoni mechanika értelmében egyértelműen meghatározzák a végeredményt. A kockadobás eredményét mégis véletlenszerűnek tekinthetjük, mivel a rejtett paraméterek száma nagy, értékük nem ismert és a végeredmény ezeknek a paramétereknek a kis megváltozására is érzékeny lehet. A kvantummechanikában azonban ilyen rejtett paraméterek a Bell-tétel értelmében [3] nincsenek.

A másik, kriptográfia számára nagyon hasznos elve a kvantuminformatikának a No-Cloning tétel [3], mely azt mondja ki, hogy egy tetszőleges kvantumállapotról (speciális esetektől eltekintve) nem készíthető másolat. Ez rendkívül hasznos tulajdonság, hiszen ha ezt ügyesen kihasználjuk, biztosíthatjuk, hogy egy kvantumcsatornán folyó kommunikációba egy harmadik, illetéktelen fél – nevezzük Eve-nek – nem tud belehallgatni anélkül, hogy fel ne fedné a jelenlétét.

A harmadik fontos dolog, ami a kriptográfia szemszögéből előnyös, hogy a mérés befolyásolja az állapotot, ennek következtében pedig vannak olyan információk, amikhez egyidejűleg nem lehet hozzáférni. Ez azt jelenti, hogy ha azt használjuk a dekódoláshoz szükséges kulcsnak, hogy egy  $n$  db qbitből álló sorozat  $i$ -edik elemén egymással nem felcserélhető mérések közül melyiket kell végrehajtani, akkor biztosíthatjuk, hogy csak egyetlenegyszer legyen lehetőség a dekódolásra. Hibás dekódolási kísérlet után minden további kísérlet eleve kudarca ítéltetett, hiszen az eredeti információt a mérés „felülírta”, így nem lehet az összes lehetséges kulcsot végigpróbálgatva feltörni a kódszót.

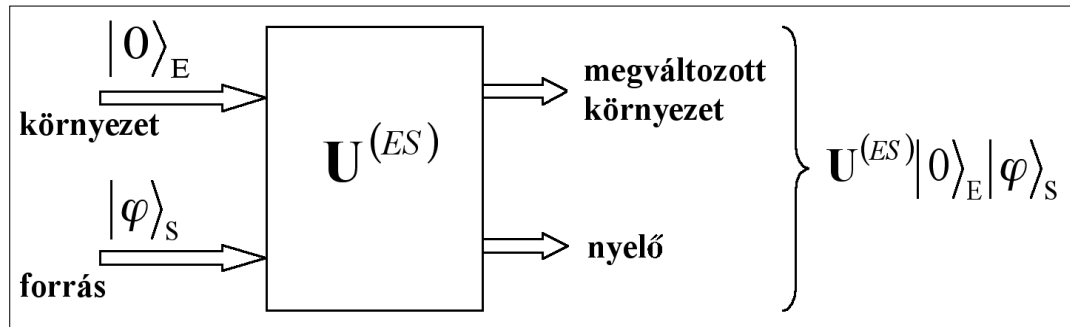
### 2.3. Problémák

Annak ellenére, hogy a kvantumszámítógépek teljesítőképessége bizonyos területeken messze meghaladja klasszikus társaikét, a gyakorlati alkalmazás még mindig gyerekcipőben jár. Ennek egyik oka, hogy meg kell találni a kényes egyensúlyt a manipulálhatóság és a környezeti hatásokkal szemben tanúsított ellenálló-



1. ábra  
Egy általános kvantumáramkör felépítése

2. ábra  
A kvantumcsatorna  
vázlatos felépítése.  
A csatornában  
megjelenő zaj részben  
a környezettel történő  
összefonódás  
eredménye.



képesség között. Egyrészt az algoritmusok működéséhez elengedhetetlen, hogy a qbiteket könnyű legyen egymással összefonni (vagyis könnyű legyen Bell-állapotokat vagy kettőnél több bitből álló, erősen korrelált qbit csoportokat létrehozni), másrészt a környezettel szemben a qbitek „robusztusak” kell, hogy legyenek, hogy a külső hatások ne zavarják a kvantumáramkörök működőképességét. Egy általános kvantumáramkör felépítése az 1. ábrán látható.

Általánosságban elmondható tehát, hogy már létező qbitek összefonása és ezzel együtt a *CNOT* egy nehezen végrehajtható művelet. A legtöbb jelenleg létező kvantumszámítógép kevesebb, mint 20 qbitet tud kezelni és úgy tűnik, hogy további qbitok hozzáadása a bitek számának növelésével egyre nagyobb nehézségekkel jár. A rekordot jelenleg a D-wave cég tartja, akik szupravezető gyűrűkben tárolt fluxuskvantumokat használnak bitekként, és állításuk szerint 2008 decemberében egy 128 bites kvantumchipet hoztak létre.

A gyakorlati problémák mellett vannak elméleti nehézségek is, például a tény, hogy egy általános kvantumbitet nem lehet másolni, hasznos lehet a kriptográfiában, viszont megnehezíti a kvantumszámítógépek hétköznapi alkalmazását.

### 3. Szabadtéri kvantumcsatorna

Ha kommunikációról beszélünk, akkor szükségünk van a kommunikáció lefolyását biztosító közvetítő közegre, azaz egy kommunikációs csatornára. Ez létezik a kvantumvilágban is.

A 2. ábrán a kvantumcsatorna általános felépítését mutatjuk be. A  $|\varphi\rangle_S$  forrásból érkező információk a nyelőn keresztül fognak távozni a csatornából. A  $|0\rangle_E$  környezet is a csatorna bemeneti változója. A csatornát egy  $U^{(ES)}$  unitér transzformáció szimbolizálja. A csatorna hatása képpen a környezet is megváltozik, ezért mondható el, hogy a kimenet  $U^{(ES)}|\varphi\rangle_S|0\rangle_E$ . A gyakorlatban azonban nem ismerjük sem a környezet kvantumállapotát, sem az  $U^{(ES)}$  transzformációt, így e helyett a megközelítés helyett kénytelenek vagyunk a légköri és műholdas kommunikáció félempirikus modelljeire támaszkodni és a klasszikus egyenletek felől közelíteni, melyek megoldása végső soron nem más, mint a kvantum viselkedés mérés utáni statisztikája.

Az optikai kábelek kiváló lehetőséget nyújtanak a rövid távú kommunikációra, például egy városon belül

a különböző bankfiókok vagy szomszédos városok esetén a nagy biztonságot igénylő polgári vállalkozások, esetleg katonai létesítmények között. Erre már több cég szakosodott, például az id Quanticque Genfben, a MagiQ Technologies New Yorkban, a Smart Quantum Franciaországban és a Quintessence Labs Ausztráliában, azóta pedig, hogy a svájci választások eredményét 2007-ben ilyen csatornán továbbították [6], széles körben elfogadott, hogy a módszer hatékony és biztonságos.

A műholdas kommunikáció során hatalmas információigény lép fel, ezért érdemes megvizsgálni, hogyan tudnánk használni a kvantumalgoritmusokat ezekben a kommunikációs folyamatokban. Az optikai kábelon megvalósított alkalmazásoktól eltérően ezekben az esetekben egy szabadtéri csatornára van szükség, amelyen keresztül áramlanak az adatok. Ezt a szabadtéri kvantumcsatornát számos fizikai tényező befolyásolja.

Az első szabadtéri kvantumkulcs-szétosztással 1991-ben találkozhattunk, ekkor sikerült ezt először egy 30 cm-es szakaszon megvalósítani [7]. A következő években folyamatos fejlődést figyelhattunk meg, elérték a 250 méteres távolságot laboratóriumon belül [8], valamint a 90 méteres távot laboratóriumon kívül [9]. 1998-ban a Los Alamos National Laboratory 950 méteres távolsággal végzett sikeres kísérletet [10]. A hibaarány (BER) 1,5%-os volt, ez a felhasznált optikai elemek (szűrők, cellák) tökéletlenségére vezethető vissza. Az elvégzett kísérletben Alice (a küldő fél) egy lézerdíoda segítségével fényimpulzust küld Bobnak (fogadó fél). Mindegyik impulzus szabadtéri és egy interferenciaszűrőn megy keresztül. 2004 januárjában ugyanezen kutatócsoport már 9,81 km-es távolságban végzett sikeres kísérletről számolt be [11]. A kísérlethez 772 nm-es hullámhosszú fényt használtak és az eddigiektől eltérően nemcsak éjszaka, hanem nappali és szürkületi időpontokban is végrehajtották a tesztek. Ez azért érdekes, mert a külső fényből származó háttérzaj intenzitása a napszaknak megfelelően változik.

2006-ban egy nemzetközi kutatócsoport 144 km-es távolságon valósította meg mindezt [12]. Ez azért jelentős eredmény, mert a légkör lézeres kommunikáció szempontjából számottevő rétege csupán 20-25 km vastag, a világűrben pedig a veszteségek jóval kisebbek, így lehetőség nyílt Föld-űr, illetve űr-űr kvantumkommunikációra is. 2008-ban az Európai Űrügynökség (ESA) a következő öt év egyik legfontosabb áttörésének jelölte meg a kvantum-alapú űrkommunikáció sikeres gyakorlati megvalósítását. Az ESA terveiben szerepel többek

között a kulcsnövesztés megvalósítása műhold-Föld és műhold-műhold csatornán, illetve szupersűrű kódolás használata műholdas kommunikációban és mélyűr-miszsiók során [13].

## 4. A kvantuminformatika használata az űrtávközlésben

### 4.1. Műholdas kommunikáció

A műholdas kommunikáció azért érdekes számunkra, mert az űrben a veszteségek sokkal kisebbek, mint akár a legjobb minőségű optikai kábelben, így remélhetőleg nagyobb távolságban lehet megvalósítani ugyanazokat a protokollokat, amiket a földön már sikerrel kipróbáltak. A jelenleg létező technológiákra építő számításaink segítségével megvizsgáltuk ezeknek az elképzeléseknek a megvalósíthatóságát és teljesítőképességét.

Az általunk felállított egyik modell szerint a szabad légköri kvantumkommunikációt négy különböző (de egymásra épülő) lépésben érdemes alkalmazni [14]:

#### 1. Nyílt légköri

Ez egyszerű szabadtéri kapcsolattartás, 100 km-nél kisebb távolságok jellemzik. A kvantumkommunikáció segítségével titkosítást valósíthatunk meg, valamint a BER csökkentésére szolgáló algoritmusokat használhatunk.

#### 2. Alacsony pályás műholdas kommunikáció

300 és 800 km közötti távolság jellemzi ezt a csoportot, a jelek kódolására és dekódolására tudjuk felhasználni a kvantuminformatikán alapuló algoritmusokat. A kvantum hibajavítás algoritmusával tudjuk csökkenteni a BER-t.

#### 3. Műholdas műsorszórás

A jelenlegi műholdas műsorszóró rendszerek a geostacionárius pályán keringenek, 36 000 km magasan [15]. A műholdas műsorszórásra is elmondható, hogy nagy mennyiségű adatot kell eljuttatnunk viszonylag kis sáv szélességgel. A kvantuminformatikai algoritmusok segítségével hatékonyabb effektív sáv szélességet érhetünk el, mint jelenleg.

#### 4. Műhold-műhold kommunikáció

A műholdak közötti kvantumkommunikáció azért lehet a közeljövőben jelentős, mert a légkör zavaró hatásai ebben a kommunikációban nem érvényesülnek.

Mostani cikkünkben azt vizsgáljuk, hogyan tudjuk modellezni az űr-Föld és űr-űr kommunikációs kapcsolatok kvantumcsatornáit.

### 4.2. Bitráták és hibaráták kvantumkommunikáció esetén

Nagy távolságokon zajló kvantumkommunikáció esetén a fotonok bizonyultak legpraktikusabbnak az információ hordozására. Optikai kábelelekben a fotonok fázisában szokták a kvantumbitek 0-1 értékét kódolni, szabadtéri kommunikációban viszont inkább a polarizációt használják [16]. Az utóbbi esetben fontos kérdés, hogy mekkora depolarizációval kell számolnunk a kommunikáció során, hiszen részben ez lesz felelős a kialakuló hibákért. Szintén kulcsfontosságú ismerni a csatorna veszteségeit, vagyis azt, hogy az adó oldalán – a továb-

biakban Aliz oldalán – útjára indított fotonok hány százaléka érkezik meg a vevő – a továbbiakban Bob – detektorához.

Az egyik legegyszerűbben megvalósítható és manapság leginkább elterjedt kvantumkriptográfiai algoritmus az úgynevezett BB84 protokoll. Ennek egyik különlegessége, hogy hagyományos értelemben lehallgathatatlan, ugyanis ha egy harmadik nemkívánatos személy – a továbbiakban Eve – méréseket végez a csatornában, ezzel akaratlanul is olyan hibákat okoz a kvantumkommunikáció folyamatában, amelyek Aliz és Bob számára felismerhetőek, így azonnal észlelhető Eve jelenléte. Éppen ezért fontos ismerni a csatorna veszteségeit és torzító hatását, hiszen ha ez meghalad egy bizonyos értéket, már nem tudjuk eldönteni, hogy a lehallgatás által okozott hibákat, vagy a csatorna természetes zaját látjuk és így azt sem tudjuk eldönteni, hogy a csatorna biztonságos-e.

A csatornában keletkező hibák mennyiségének méréséhez fontos segédfogalom a kvantumbithiba-ráta (QBER – *Quantum Bit Error Rate*), ami a hibás bitek arányát adja meg a csatornán átküldött összes bithez viszonyítva [16]. Ennek kiszámításához számos paramétert ismerni kell, ezek közé tartozik a csatorna  $t$  transzmittanciája (vagyis annak fényáteresztő képessége), a detektálás  $\mu$  hatásfoka, az egyfoton forrás elsütésének  $f$  frekvenciája és  $\eta$  átlagos foton száma, a detektorok  $n$  száma, a zajból származó beütések  $p_{dark}$  gyakorisága, illetve annak  $p_{depol}$  valószínűsége, hogy egy foton rossz detektorba érkezik.

Mindezek alapján a QBER BB84-es protokoll esetén a következőképpen számolható ki [16]:

$$QBER = \frac{N_{Hibás}}{N_{Összes}} = p_{pol} + \frac{p_{dark} \cdot n}{t_{link} \cdot \eta \cdot 2 \cdot \mu} \quad (2)$$

Elméleti úton megmutatták, hogy amennyiben a QBER meghaladja a 11%-ot, a kommunikáció nem biztonságos [16]. Ez egyúttal korlátot jelent arra is, hogy milyen távolságban lehet a BB84-es protokollt használni, ugyanis az optikai út növekedésével nő a veszteség, ami adott zaj- illetve fotonforrás és detektorhatásfok mellett korlátot jelent az áthidalható távolságra.

BB84 segítségével egy titkos kulcs kialakításának bitrátája szintén függvénye a transzmittanciának és ezzel a kábel hosszának, pontos értéke a következőképpen számolható ki [16]:

$$R = \frac{1}{2} \cdot f_{pulz} \cdot t_{link} \cdot \eta \cdot \mu \quad (3)$$

ahol  $f_{pulz}$  Aliz oldalán a lézer elsütés frekvenciája.

## 5. Űr-Föld és űr-űr kapcsolat modellezése

### 5.1. Veszteségek

Az űr-űr kommunikációs csatorna esetén Aliz és Bob szerepét is egy-egy műhold játssza. Ebben az esetben eltekinthetünk a légkör hatásától, azonban így is számolnunk kell veszteségekkel. Az egyik tényező, amit fi-

gyelemben kell vennünk, a célzás hibája. Ez a két műhold közötti távolság és a detektor átmérőjének függvényében okozhat veszteségeket, hiszen előfordulhat, hogy a foton elhalad a detektor mellett. A célzás hibája általános esetben egy kétdimenziós Gauss-eloszlással modellezhető, néhány mikroradián nagyságrendjébe eső szórással [17].

A másik lehetséges veszteségforrás a fotonok detektálási valószínűségének térbeli különbségeiből származik. Ennek nagyságára Gauss-eloszlású nyalábok vizsgálatából következtethetünk (ugyanis a fény intenzitása és a fotonok detektálásának valószínűsége egymásnak megfeleltethető fogalmak), melyek terjedése az irodalomból ismert [18].

A két hiba hatását együttesen kell kezelni, így kaphatjuk meg azoknak a fotonoknak az arányát, melyek nem jutnak el a detektorhoz.

A modell teljességének érdekében olyan veszteségeket is figyelembe kell venni, melyek nem képezik ugyan a szigorú értelemben vett csatorna részét, de mégis befolyásolják a fotonok detektálásának hatásfokát.

Aliz oldalán veszteségeket jelent a fotonforrások tökéletlensége. Bob oldalán a legnagyobb veszteséget maga a detektor adja. A legpraktikusabb egy-foton detektorok a szilícium alapú lavina fotodiódák, melyek detektálási hatásfoka elérheti a 70%-ot [16].

Légkörben folytatott kommunikáció esetén egyéb veszteségekkel is számolhatunk. Elsőként figyelembe kell vennünk, hogy a légkör elnyelheti és szórhatja fényt. Ebben az esetben kétféle veszteségforrást különböztethetünk meg: az egyik a molekuláris veszteség, mely a fény és a légkör gázainak kölcsönhatásából adódik, a másik az aeroszokok, vagyis a levegőben lebegő szilárd szemcsék és folyadékcsseppek hatása (a felhőket és ködöt az aeroszokokhoz sorolhatjuk). Általánosságban elmondható, hogy az aeroszokok hatása nagyobb szokott lenni, mint a molekuláris nyalábggyengítés (előbbi az időjárástól függően a fotonoknak akár 15-45%-át is elnyelheti, utóbbi jól megválasztott hullámhossz esetén a fotonoknak kevesebb, mint 5%-át nyeli el).

Második közelítésben az optikai turbulenciákat is figyelembe kell vennünk. A levegő fénytörése hőmérséklettől függő jelenség, így a különböző hőmérsékletű légrétegek keveredése a törésmutató térbeli és időbeli ingadozása miatt megváltoztathatja a fotonok útját. Mivel a légkörben turbulens szélesedéssel kell számolnunk, ami nagyobb, mint a világűrben tapasztalható diffrakciós szélesedés, ezért a Föld-műhold és műhold-Föld csatorna vesztesége alapvetően különbözik egymástól, hiszen földi adóállomás esetén rögtön az optikai út elején a lehető legnagyobb szélesedést szenved el a nyaláb (ami felfogható az egyes fotonoknak a nyaláb középpontjától való szögeltéréseként is), így hosszú út megtétele után a kezdeti hiba egyre nagyobbá válik. Ellenkező esetben, amikor a műhold játssza az adó, és a földi adóállomás a vevő szerepét, több száz vagy akár több ezer kilométeren keresztül csak a diffrakciós nyalábszélesedés hat a lézersugárra, és csak az utolsó 20-30 km-es szakaszon kezdődik meg a turbulens nyalábszélesedés.

A turbulenciának ezenkívül egyéb torzító hatása is van, például a scintilláció, vagyis pontszerű detektor esetén a befogott fényintenzitás ingadozása, amit a hétköznapi életből a csillagok pislákolásaként ismerhetünk, azonban műhold-Föld csatornánál 0,5 m-nél nagyobb detektorátmérő esetén ez a hatás elhanyagolható az úgynevezett apertúra-átlagolás miatt [18,19].

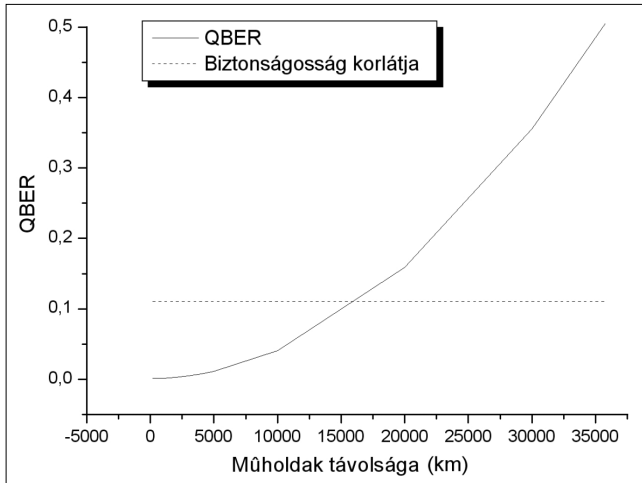
## 5.2. Zaj és egyéb hibák

Léteznek egyéb hibák is, melyeket nem lehet a veszteségekhez sorolni, azonban a QBER kiszámításánál fontos szerephez jutnak. Az egyik ilyen hibaforrás lehet a zaj, ami két tényezőből tevődik össze. Az egyik a detektor úgynevezett sötétzaja, ami a teljes sötétségben regisztrált hibás beütések számát jelenti. Szilícium alapú lavina-fotodiódák esetén ez a hűtés függvényében változhat [16] (mivel a sötétzaj a termikus gerjesztésekből származik, ez a detektor hűtésével kompenzálható). A másik a háttérzaj, ami a nem Aliztól származó fotonok detektálását jelenti. Ez erősen függhet az időjárástól és napszaktól, műhold-Föld csatorna esetén elsősorban a légkörben és aeroszokokon szóródó napsugárzás, illetve éjszaka a csillagok és a hold fénye okozzák. Ez első ránézésre lehetetlenné teszi a kommunikációt, valójában azonban kellő mértékben le lehet szorítani a zajt erős sávszűrőkkel (melyek néhány nanométeres hullámhossz tartományban eresztenek át fotonokat), illetve rövid detektálási időablak használatával (ami 10 ns vagy rövidebb).

A másik lehetséges hibaforrás a polarizációmérés hibája, vagyis egy olyan helyzet, amikor Aliz fotonja megérkezik Bob detektorához, azonban a polarizációmérés hibás eredményt ad. Ennek több oka lehet: egyrészt a foton polarizációja a csatornában megváltozhat a Faraday-effektus, optikai turbulencia vagy kisszögű szórás miatt [20], másrészt a nyaláb pozicionálásához használt tükör (illetve a detektortükör) mozgása okozhat depolarizációt a fény beesési szögének változása miatt. Ennek hatása a kommunikációra csökkenthető eltérő hullámhosszú referencialézerek használatával, így a depolarizációból adódó hibák arányát kisebbé lehet tenni 1%-nál.

## 5.3. Eredmények különféle csatornák esetén

Az első kérdés, amire kereshetjük a választ, hogy két műhold mennyire távolodhat el egymástól ahhoz, hogy a BB84 protokoll segítségével még biztonságos kommunikációt tudjanak folytatni. Ennek a kérdésnek a megválaszolásához ismerni kell a kvantumhiba rátát a távolság függvényeként. Tegyük fel, hogy Aliz műholdjának apertúra-átmérője 20 cm, és a célzás hibája 1 μrad. Bob műholdján a detektortükör átmérője legyen 1 méter, a kommunikációt folytassuk 800 nm-es hullámhosszon (ugyanazon a hullámhosszon, ahol az eddigi legsikeresebb Föld-Föld kísérletet végrehajtották [12]). A detektor hatásfoka legyen 0,7, vagyis 70%, Aliz oldalán pedig a nyalábggyengítési tényező legyen 0,1. A zajból adódó beütések száma legyen átlagosan  $5 \times 10^{-7}$  egy 10 ns-os detektálási időablakban.

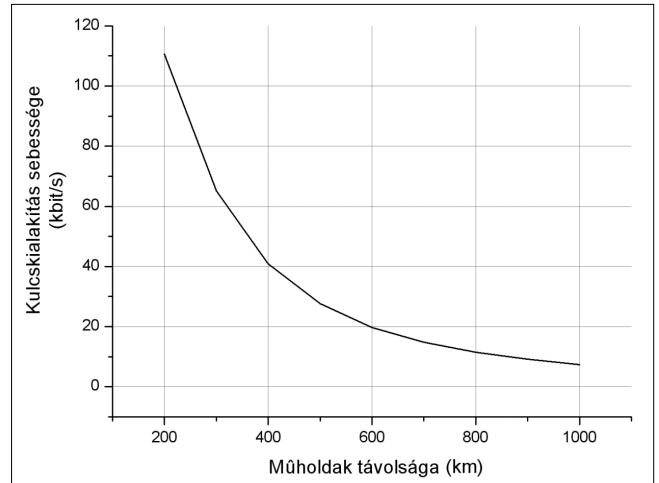
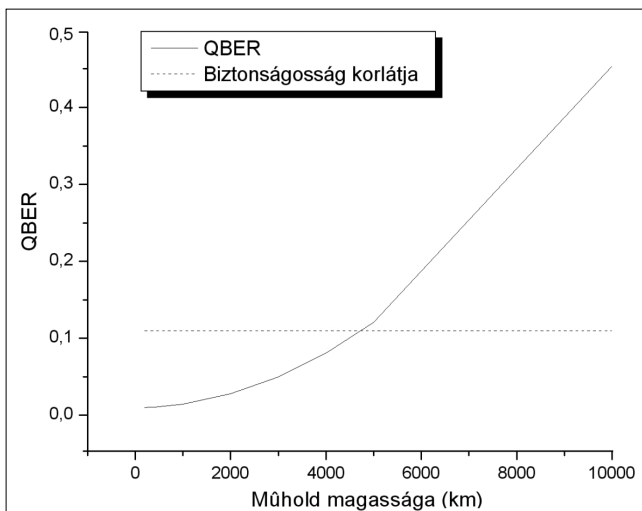


3. ábra  
A kvantumbithiba-ráta űr-űr csatorna esetén a két műhold távolságának függvényében.  
A biztonságos kulcskialakítás 0,11-nél nagyobb QBER esetében nem lehetséges, így az adott paraméterek mellett legfeljebb 15 000 km hidálható át.

Ezzel a (2) képlet szerint számolt eredményeink az 3. ábrán láthatóak.

A biztonságos kommunikáció korlátja tehát nagyjából 15 000 km, a két műhold maximum ennyire távolodhat el egymástól. Műholdas kvantumkommunikációval akár interkontinentális távolságokat is át lehet hidalni, azonban az alacsony (LEO műholdas) pályák és a geostacionárius GEO pályák közötti körülbelül 35 000 km-es távolság összehasonlításából látszik, hogy még egy alacsonyan keringő műhold sem képes elérni egy geostacionárius pályán mozgót. A második kérdés, amire választ várhatunk, hogy a műholdak milyen sebességgel képesek kulcsot kialakítani a BB84 protokoll segítségével a távolság függvényében. Tegyük fel, hogy Aliz oldalán a lézer elsütésének frekvenciája 1000 Hz és minden egyéb paraméter a fent leírtakkal egyezik meg.

5. ábra  
Kvantumbithiba-ráta Föld-űr csatorna esetén, a műhold magasságának függvényében.  
Az alacsony LEO műholdpályákat biztonságosan el lehet érni BB84 protokoll segítségével, a magasabb pályákat azonban (például a geostacionárius pályát) már nem.



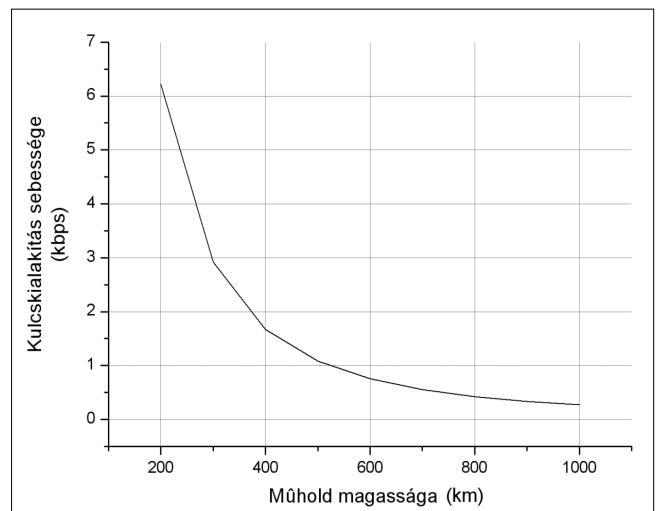
4. ábra  
A kulcskialakítás sebessége űr-űr csatorna esetén, a műholdak távolságának függvényében.  
Látható, hogy a távolság függvényében a kulcskialakítás bitrátája rendkívül gyorsan csökken.

A kulcskialakítás bitrátája a (3) képlet alapján számolható ki, eredményeink a 4. ábrán láthatóak, melyen az is megfigyelhető, hogy a távolság függvényében a kulcskialakítás bitrátája rendkívül gyorsan csökken.

Ugyanezeket a kérdéseket feltehetjük Föld-műhold kommunikáció (uplink) esetén is. Tegyük fel, hogy Aliz műholdja 20°-os zenitszög alatt látszik, a légkör a fotonok 82,5%-át engedi át, ami mérsékelt égövön tiszta nyári időnek felel meg [21] és minden egyéb paraméter a korábbiakkal egyezik meg. Az optikai turbulenciák hatását is figyelembe véve a QBER értékeit az 5. ábrán láthatjuk.

Az eredmények alapján megállapíthatjuk, hogy a 200-300 km felett kezdődő LEO pályák biztonságosan elérhetőek, azonban a geostacionárius pályák nem, ami a korábbi eredmények fényében nem meglepő. Ugyanebben az elrendezésben a kulcskialakítás sebessége a 6. ábrán látható, amelyből egyértelmű, hogy az alacsonyabb műholdpályák sokkal előnyösebbek.

6. ábra  
Kulcskialakítás sebessége Föld-űr csatorna esetén a műhold magasságának függvényében.



## 6. Összefoglalás

A Moore-törvény hatására történő méretcsökkenés problémái miatt új megoldásokat kell keresnünk. Az egyik kínáló megoldás a kvantummechanikán alapuló kvantumszámítógép. A kvantummechanika azonban arra kényszerít minket, hogy újraalkossuk az információról, az információfeldolgozásról és a számítási komplexitásról alkotott képünket.

Cikkünkben megvizsgáltuk a kvantumalapú műholdas kommunikáció gyakorlati megvalósításának bizonyos paramétereit. Úgy véljük, hogy ha a szabadtéri kvantumkulcs-csere-kísérletek sikerrel járnak, ha megfelelően tudjuk szimulálni a szabadtéri kvantumcsatorna, a kvantuminformaticai algoritmusok és a műholdas kommunikáció kapcsolatát, valamint sikerül ezeket fizikailag is megvalósítani, akkor a műholdas kommunikáció történelmében ugyanolyan nagy váltást érhetünk el, mint amilyen az analóg technikáról digitális technikára történő átállás volt.

### A szerzőkről



**BACSÁRDI LÁSZLÓ** 1982-ben született Sopronban. 2006-ban okleveles mérnök-informatikus diplomát szerzett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Híradástechnikai Tanszékén. Jelenleg doktorandusként vesz részt a tanszéken folyó oktatási és kutatási feladatokban. Kutatási területei közé a kvantumkommunikáción alapuló távközlés és az ad-hoc hálózatokban zajló információterjesztés tartoznak.



**GALAMBOS MÁTÉ** 1985-ben született Budapesten. Jelenleg a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Természettudományi Karának mérnök-fizikus szakos hallgatója. Szakmai érdeklődési körébe tartozik a szén nanocsövek elektronikus szerkezetének ESR módszerrel történő vizsgálata és a műholdas kvantumkommunikáció modellezése.



**IMRE SÁNDOR** Budapesten született 1969-ben. A BME Villamosmérnöki és Informatikai Karán szerzett diplomát 1993-ban. 1996-ban Dr. Univ., 1999-ben PhD, 2007-ben MTA Doktora fokozatot szerzett. Jelenleg a BME Híradástechnikai Tanszékének vezetője, valamint a BME Mobil Innovációs Központjának tudományos kutatási igazgatója. Főbb kutatási területei a korszerű mobil infokommunikációs rendszerek rádiós és hálózati kérdései, valamint a kvantumalapú informatika.

### Irodalom

- [1] Gordon E. Moore, 'Cramming More Components Into Electrical Circuits', *Electronics*, Vol. 38, No. 8, 19 April 1956.
- [2] S. Imre, B. Ferenc, 'Quantum Computing and Communications: An Engineering Approach', Wiley, 2005.
- [3] Michael A. Nielsen, Isaac L. Chuang, 'Quantum Computation and Quantum Information' Cambridge University Press, 2000.

- [4] Charles H. Bennett, Gilles Brassard, 'Quantum Cryptography: Public Key Distribution and Coin Tossing', *Int. Conf. on Computers, Systems & Signal Processing*, Bangalore, India, 10-12 December 1984.
- [5] C.H. Bennett, G. Brassard, C. Crépeau, R. Jozsa, A. Peres, W.K. Wootters, 'Teleporting an Unknown Quantum State via dual Classical and Einstein-Podolsky-Rosen Channels', *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 70, No. 13, pp.1895., March 1993.
- [6] Paul Marks, 'Quantum cryptography to protect Swiss election', *New Scientist*, [www.newscientist.com](http://www.newscientist.com) (elérhető: 2010. március 3.).
- [7] C.H. Bennett et al., *Lecture Notes In Computer Science* 473, 253 (1991).
- [8] W.T. Buttler et al., *Phys. Rev. A* 57, pp.2379-2382., 1998.
- [9] B.C. Jacobs, J.D. Franson, *Opt. Lett.* 21, pp.1854-1856., 1996.
- [10] W.T. Buttler, R.J. Hughes, P.G. Kwiat, S.K. Lamoreaux, G.G. Luther, G.L. Morgan, J.E. Nordholt, C.G. Peterson, and C.M. Simmons, 'Practical free-space quantum key distribution over 1 km', (arXiv:quant-ph/9805071).
- [11] Richard J. Hughes, Jane E. Nordholt, Derek Derkacs and Charles G. Peterson, 'Practical free-space quantum key distribution over 10 km in daylight and at night', *New Journal of Physics* 4 (2002) 43., pp.1-43.
- [12] Tobias S-Manderbach et al., 'Experimental Demonstration of Free-Space Decoy-State Quantum Key Distribution over 144 km', *Phys. Rev. Lett.* 98, 010504, 2007.
- [13] Josep Maria Pridigues Armengol et al., 'Quantum Communications at ESA: Towards a space experiment on the ISS', *Acta Astronautica* 63, pp.165-178., 2008.
- [14] L. Bacsardi, 'Satellite Communication Over Quantum Channel', *Acta Astronautica* 61:(1-6) pp.151-159., 2007.
- [15] Dr. Gschwindt András, 'Műholdas műsorszórás', Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1997.
- [16] Nicolas Gisin et al., 'Quantum Cryptography', *Reviews of Modern Physics*, 1 February 2008.
- [17] Stephen G. Lambert, William L. Casey, 'Laser Communications in Space', Artech House, 1995.
- [18] Ronald F. Lante, 'Electromagnetic Beam Propagation in Turbulent Media', *Proc. IEEE*, Vol. 63, No. 12, December 1975.
- [19] Larry C. Andrews, Ronald L. Phillips, 'Laser Beam Propagation through Random Media', SPIE Press Book, 2005.
- [20] C. Bonato et al., 'Polarization transformation induced on qubits in a Space-to-Earth quantum communication link', *Quantum Electronics and Laser Science Conf.*, 2007.
- [21] Walter G. Discoll, 'Handbook of Optics', McGraw-Hill, 1978.

# Amit a Szemantikus Webről feltétlenül tudni kell

LULICH EMESE

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
lulich.emese@simonyi.bme.hu

Kulcsszavak: Szemantikus Web, világháló, internet, jövő, ontológia, hálózatok

**Sokan Web 3.0-ként emlegetik, utópisztikus dolgokat mesélnék róla, például, hogy majd leveszi az ember válláról a terhet és ezzel végre elérjük az emberközpontú számítógép-használatot... Vajon miért gondolják, hogy a Szemantikus Web forradalmasítani fogja az Internetet? Milyen technológiákra van szükség ahhoz, hogy a Web használhatóbbá, átláthatóbbá és intelligenssé váljon? Hogyan kell az új Webet elképzelni? Ezekre a kérdésekre próbál közérthető válaszokat adni e cikk.**

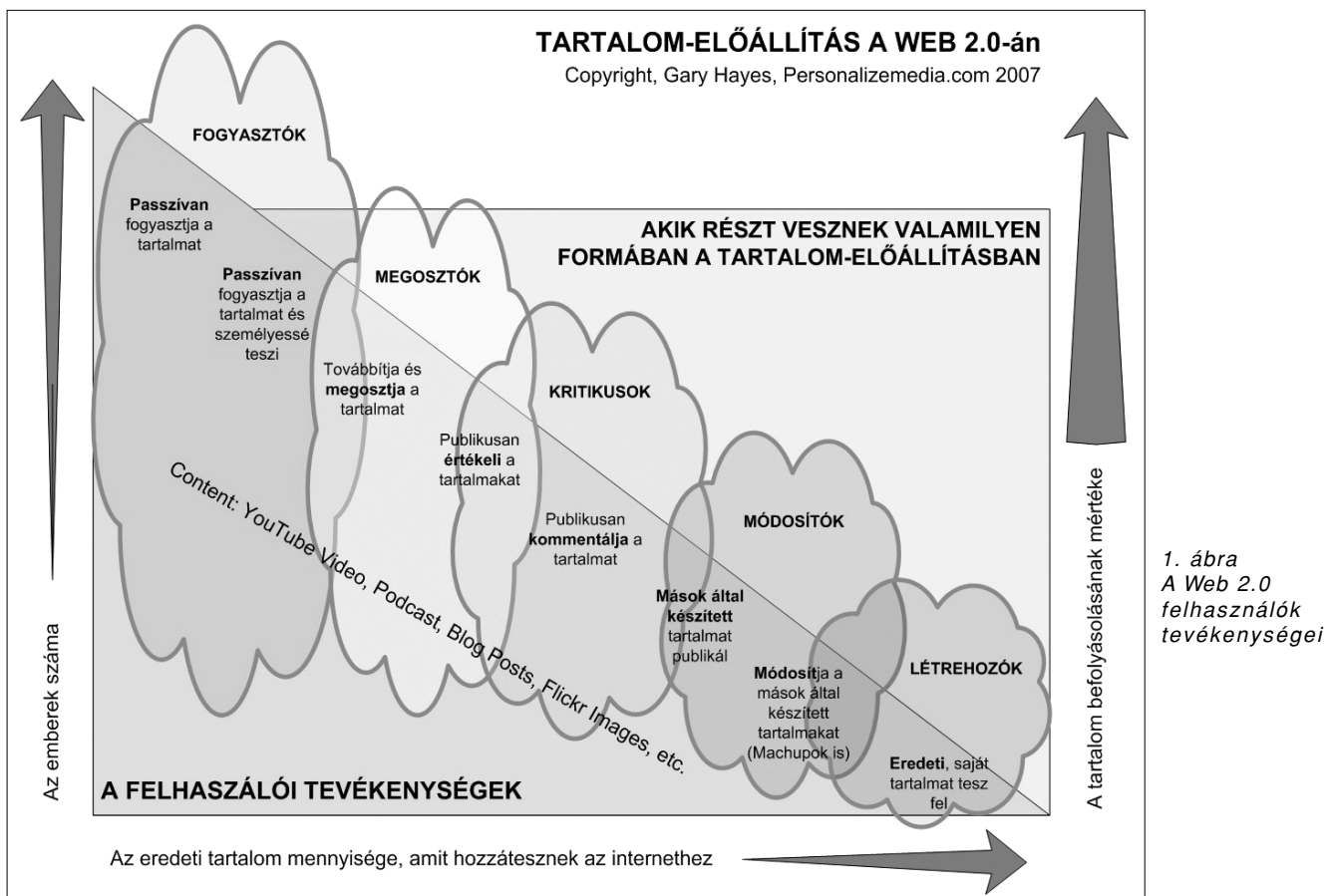
## 1. A World Wide Web fejlődése

A világháló kezdetekben adatok, információk online megjelenítésére szolgált. Két csoportra oszlott az internetet használók csoportja. Voltak, akik a tartalmat előállították és voltak, akik fogyasztották. A Webnek ezt a felhasználását hívjuk ma Web 1.0-nak.

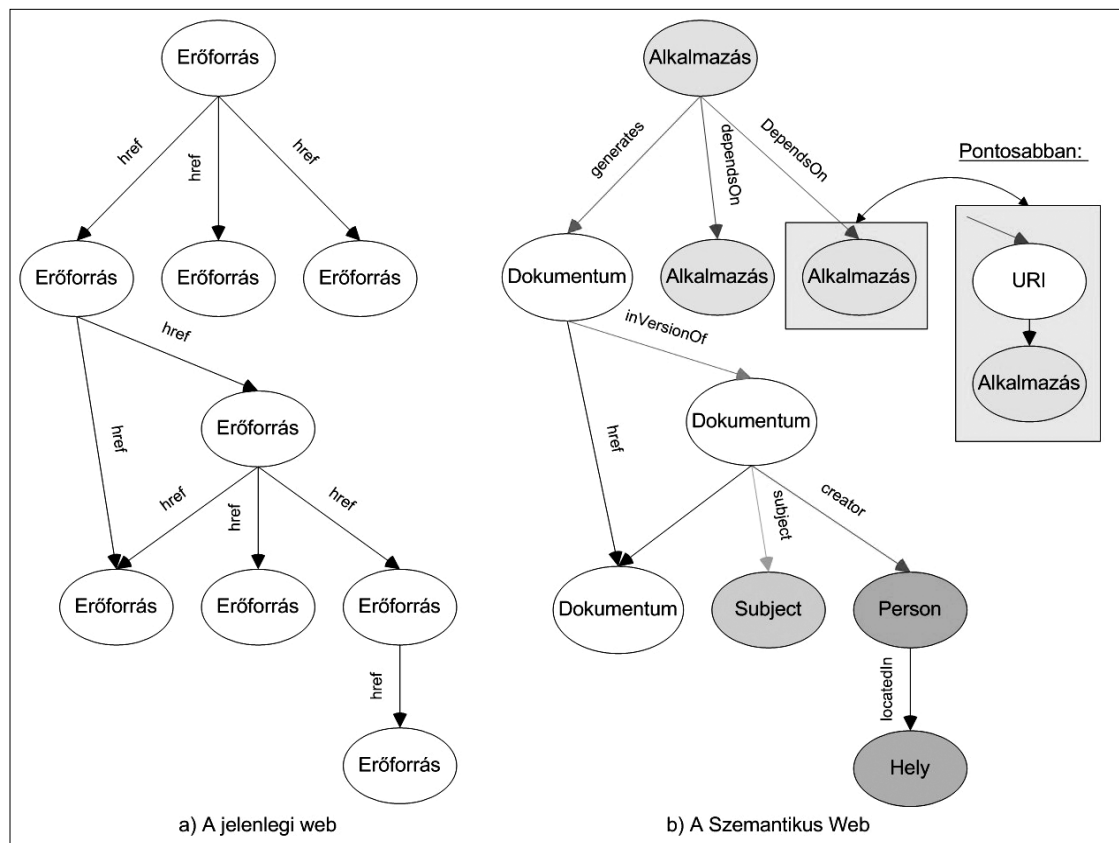
A Web 2.0 annyiban hozott újat, hogy fontossá vált az interaktivitás. A fogyasztók is beleavatkozhatnak a tartalomba. Jelentőssé válik a közös tartalom-létrehozás. Gondoljunk csak a wikik közül a legismertebbre, a

Wikipedia-ra, a YouTube videómegosztó portálra, az egyre nagyobb népszerűségnek örvendő blogokra, a Flickr fotómegosztó oldalra vagy a különböző fórumokra. De ide sorolhatjuk a fájlcsereelő programokat is. Fontos aspektus lett a személyesség és a szórakoztatás. Ehhez az olyan közösségi oldalak is hozzájárulnak, mint az iwiw és a Facebook.

Az 1. ábrán látható a felhasználói csoportok megoszlása. Legtöbben a fogyasztók vannak, utána következnek sorban a megosztók, a kritikusok, az editálók és csak utolsó helyen a tartalom-létrehozók.



2. ábra  
A jelenlegi Web  
és a  
Szemantikus Web  
szerkezete



## 2. Mi jellemzi a mai Webet?

Jelenleg a Weben az információk különböző formákban találhatóak meg: természetes nyelveken (angol, magyar, kínai, holland stb.), grafikákon, képeken, audió és videó formájában. Ez az emberi felhasználóknak nem okoz problémát, mivel számukra ez könnyen fogyasztható. A tartalmak strukturálatlanok, nincs egy rendszer, ami megmondja, hogy hol mit találunk, vagy hol vannak hasonló tartalmak.

A Weben gyakran van szükség adatok kombinálására. Például a különböző forrásból származó szállodai és utazási adatokat általában egyszerre és együtt szoktuk használni. Az emberek számára ez sem probléma, mivel intelligens lények lévén kiegészíti őket az asszociáció képessége.

Ezzel szemben a gépek buták. Részleges információt nem tudnak használni, képeket még nem tudnak értelmezni, analógiákat nehezen tudnak automatikusan megtalálni. Az adatok kombinálása is nehézkes, mivel az adatokat megtartják maguknak az alkalmazások. Például a fényképeimet, a folyószámla-kivonatokat és a naptáramat láthatom a weben. De miért nem láthatom azokat a naptáramban? Egyelőre az információk csak adatok, a gépek csak olvasni tudják őket, általában nem ismerik a jelentésüket.

*„A Szemantikus Web a mai Web egy kiterjesztése, melyben az információk jól definiált jelentéssel bírnak, jobb együttműködést lehetővé téve az emberek és a számítógépek között.”*

Tim Berners-Lee, James Hendler, Ora Lassila:  
The Semantic Web,  
Scientific American, May 2001

## 3. Hogyan keresünk ma?

A mostanság használt keresők, a Google és társai csodálatos eszközök, de túl sok hamis találatot adnak. Rá kell jönnünk, hogy nem elég a szónak a szöveges alakját keresni a releváns találatokhoz, hanem szükség van olyan adatokra is, mint a frissítési gyakoriság, minőség, népszerűség, hivatkozások száma. Mivel jelenleg a keresők nem a fellelhető dokumentumok és a keresőkérdés jelentésével foglalkoznak, hanem kizárólag annak szöveges alakjával, ezért csak adott nyelven találnak találatokat, illetve sokszor nem adnak megfelelő képi találatot.

Eddig úgy tették könnyebbé a keresést, hogy olyan katalógusoldalakat, tematikus linkgyűjteményeket hoztak létre, mint az Origo, a Startlap vagy az Open Directory Project. Egy másik módszer, amivel segítették a keresést, az a folkszonomikus kategorizálás, ismertebb néven tagelés. Ezt azt jelenti, hogy a felhasználók nyílt/szabodon szerkeszthető címkéket (tag-eket) kapcsolnak a tartalmakhoz.

## 4. Mitől más a Szemantikus Web?

A „szemantika” magyarul jelentéstant takar. A szavak, szimbólumok, mondatok jelentésével és jelentésváltozataival foglalkozó tudományág. A „szemantikus” szó ebben az esetben azt jelenti, hogy jelentést társít az adatokhoz. Metaadatokat rendel hozzájuk (például <datum> 2009.12.08.</datum>). Így a gépek az adatokat, illetve

oldalelemeket a jelentésük szerint tudják használni, összekapcsolni. Ezzel pedig a gépek számára is elemezhetővé, kombinálhatóvá válik az internet tartalma.

A jelenlegi weben csak erőforrások vannak és linkek. Az erőforrások olyan dokumentumok, amelyek emberi „fogyasztásra” készültek. Egy ember ránézésre meg tudja mondani, hogy egy híroldalt, egy levelező programot, egy blogot vagy egy webáruházat lát maga előtt. Ezeknek az oldalaknak a nagy része nem tartalmaz meta-adatokat, ezért a gépek nem tudnak információt szerezni a dokumentumról és annak tartalmáról.

Ezzel szemben a Szemantikus Weben azonosítva vannak az erőforrások, tartozik hozzájuk egy-egy leíró fájl, ami a velük kapcsolatos adatokat tárolják. Emellett az erőforrások közötti kapcsolatokat is jellemezzük, címkékkel látjuk el. Például: creator, subject, LocatedIn, inVersionOf, ahogy az a 2. ábrán látható.

## 5. Hogyan képzeljük el a Szemantikus Webet?

A Szemantikus Webet úgy lehet elképzelni, mint egy speciális iwiw/facebook-rendszert, amelyben nem csak az emberek közötti kapcsolatok vannak megjelenítve és kezelve, hanem minden erőforrás (személy, dolgok, fogalom) rendelkezik egy „profiloldallal”, ahol szerepelnek a jellemzői, azaz metaadatok vannak hozzákapcsolva. Vegyünk egy kávézót. A kávézó a Szemantikus Weben saját maga kapcsolódhatna egy geolokációhoz és minden tulajdonsághoz, ami jellemzi, nem lenne szükség a keresőre, mint közvetítő eszközre. Képzeljük el, hogy a profiloldalak képesek egymással információt megosztani, azt feldolgozni, és következtetni. Felfedezhetik egymást és kapcsolódhatnak egymáshoz automatikusan.

Az internetes alkalmazások szintjén ez úgy valósul meg, hogy az alkalmazás ismeri a szokásaimat, igényeimet, a múlt alapján további tudást alakít ki rólam és a helyi információt össze tudja kombinálni távoli információkkal, ezzel időt spórolva és levéve az ember válláról a terhet. Ezzel a Szemantikus Web az emberközpontú számítógép-használat felé mutat, ahol a gép kiszolgálja az embert és nem kell az embernek kiszolgálni a gépet.

Mit is jelent ez? A határidőnaplónk automatikusan figyelmeztetni fog egy megbeszélés vagy születésnap közeledtére, a címjegyzékbe beírt névhez a következő alkalommal már ott állnának az elérhetőségei. Vagy az is lehetséges, hogy egy online alkalmazás összekapcsolódik a felhasználó preferenciáinkkal, határidőnaplónkkal és az alapján automatikusan megrendeli a Fidszi-szigetekre a repülőjegyünket. Arra is figyel-

ve, hogy az ablak mellé szóljon a jegy, mert azt szeretjük, továbbá, hogy lehetőség szerint ne állami ünnepen érkezzünk, mert akkor nehézkes a közlekedés. A hoteltől pedig vegetáriánus ételt rendel számunkra, mivel tudja, hogy vallási okokból böjtölünk. Megnézi, hogy hány napra elég a gyógyszerünk és rendel még, ha a nyaralás közben fogyna el, de ha azt szeretnénk, akkor megrendeli a hiányzó Asimov regényt, természetesen a kemény borítóval, mert azt szeretjük.

A webes keresők terén is változás várható. Nem „ész nélkül” fognak szavak vagy kifejezések után kutatni, értelmezni fogják, hogy a keresett „krumplistésza” kifejezés egy ételt jelent, amit „grenadírmarsnak” is hívnak, így erre a kifejezésre is kapunk keresési eredményeket.

## 6. A technikai megvalósítás feltételei, a meta-adatok tárolása

A megvalósításhoz szükség van egy egységes nemzetközi karakterformátumra, hogy a gépek ugyanazokat a „hangokat” használják (Unicode), az erőforrások egyértelmű azonosítására (URI); ezek lesznek a már említett „profiloldalak” (3. ábra), valamint egy önleíró, érvényesíthető dokumentumformátumra, amely alkalmas az önálló gép-gép kommunikáció alapjainak megteremtésére (XML és XML sémák).

Az is alapvető fontosságú, hogy tudjunk definiálni címkézett kapcsolatokat. Azaz egyszerű metaadat-állításokat tudjunk tenni, ezzel erőforrásokat egymáshoz rendelve és a kapcsolatot jellemezve. Például: „Ez a vers Sün Balázsról szól.” „A verset Csukás István írta.” Erre szolgál az *RDF* (Resource Description Framework). Az egyszerű hozzárendelés nem elegendő, a hozzárendelést el kell nevezni. A hozzárendelés például a vers írójához nem ugyanaz, mint a főszereplőhöz. Az elsőnek ki kell fejeznie, hogy „írója”, míg a másodiknak, hogy „főszereplője”.

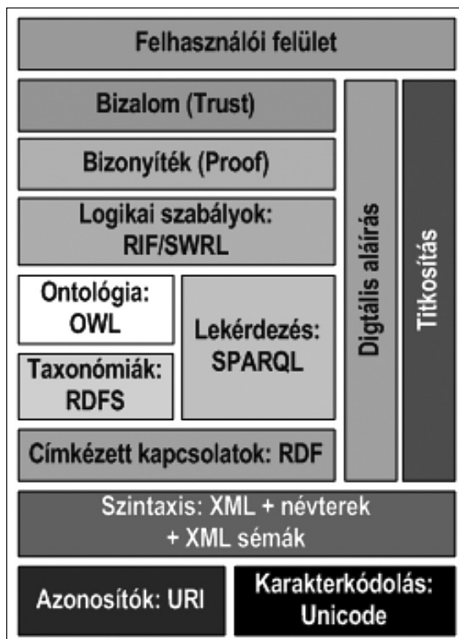
Az *RDF*-adatmodell specifikációja a halmazelméleten nyugszik. A következő halmazok léteznek benne: Erőforrások (Resources), Tulajdonságok (Properties), Literálok (Literals) és Állítások/Hármasok (Statements). A halmaz elemei hármasok vagy más néven állítások, kijelentések, melyek igazak. Alanyból (subject), állítványból (predicate) és a tárgyból (object) állnak. Alany lehet egy tetszőleges *RDF*-erőforrás. Az állítvány egy tetszőleges *RDF*-tulajdonság, a tárgy tetszőleges *RDF*-erőforrás vagy literál.

Az *RDF*-állítások halmaza tulajdonképpen egy irányított, címkézett gépileg olvasható gráfot alkot. A gráf csomópontjai az alany és tárgy, a gráf élei pedig az állítványok. Több *RDF* dokumen-

3. ábra  
Uniform Resource Identifier



4. ábra  
A Szemantikus  
Web technikai  
felépítése



tum is mondhat állítást ugyanarról az erőforrásról, így a metaadatokat egymástól független szereplők definiálhatják és bármely alkalmazás kombinálhatja, összevonhatja, egyként kezelheti őket.

## 7. Mi kell ahhoz, hogy a gép következtetni tudjon?

A kapcsolatok létrehozása és programból való használata működik, feltéve, hogy a program tudja, hogy milyen terminológiát használhat! Az első példában használtuk a következő fogalmakat: naptáram, author. Ismeretek-e ezek? Korrektek-e? Mely szavak használhatók? Ismert-e a terminológia? Korrekt módon használjuk-e a tulajdonságokat? Van-e értelmük az adott erőforrások esetén (például: hang esetén az illat)? Lehet-e következtetéseket levonni? Például „ha „A” „B”-től balra van, és „B” „C”-től balra van, akkor balra van-e „A” „C”-től?” Nekünk, embereknek ez nyilvánvaló, de egy programnak nem. Vagyis: levonhatják-e a programok ezeket a következtetéseket? Ha valaki más definiál egy állításhalmazt: ugyanaz-e, mint a mienk?

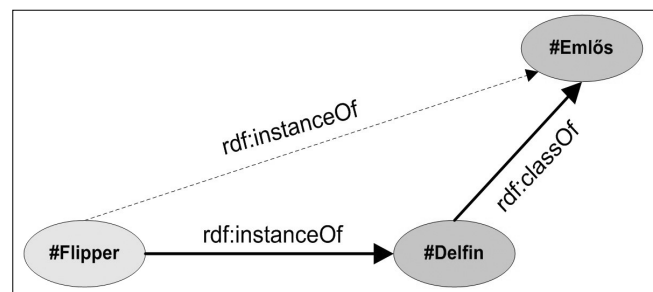
Ontológiákra<sup>1</sup> van szükség a megoldáshoz. Ezekkel kifejezéseket és fogalmak közötti összefüggéseket definiálhatunk. Megadhatjuk az adott kontextusban használható fogalmakat, a tulajdonságokra érvényes korlátozásokat, a tulajdonságok logikai jellemzőit (kommutatív, szimmetrikus, tranzitív stb.), a fogalmak és tulajdonságok ekvivalenciáját (vagy különbözőségét) stb.

Az ontológiák támogatják a fejlett webes keresést, a szoftveres eszközöket és a tudásmenedzsmentet. Erre a célra specifikálták az *RDFS*-t (RDF Séma) és az *OWL*-t (Web Ontology Language). A *Dublin Core* az egyik első ontológia, amelyet RDF-ben írtak. Ez tulajdonképpen egy

metaadat-szókészlet elosztott digitális könyvtárak számára. Megtalálható a <http://www.dublicore.org> címen.

Az RDF sémákkal taxonómiát<sup>2</sup> tudunk felállítani az egyes dolgok között, a közös szóhasználat érdekében. Gondoljunk az ismert, tradicionális taxonómiákra. Tegyük fel, hogy valahonnan ismerjük az „emlős” fogalmát és emellett van két állításunk: „minden delfin emlős”, továbbá „Flipper egy delfin”. Ebből mi tudjuk, hogy akkor Flipper emlős, viszont egy gépnek ezt meg kell mondani. Ezeket a (tradicionális) fogalmakat formalizálják az RDF sémák (RDFS – 5. ábra).

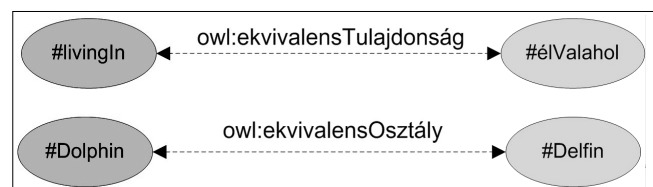
Tulajdonképpen RDF állításokkal egy fastruktúrába rendezik a halmazokat. Ezzel bizonyos tulajdonságokra lehet következtetni a gépnek is. Megadható az is, hogy milyen kapcsolatban állhatnak ezen osztályok példányai, illetve az osztályokhoz hasonlóan a kapcsolataikat is egy öröklésszerű hierarchiába szervezhetjük (például: ismeretség < barátság < házasság stb.)



5. ábra Példa a következtetett tulajdonságokra

De ennél bonyolultabb összefüggéseket is le kell tudnunk írni. Erre szolgál a már említett OWL. Míg az RDFS az alapelveket definiálja, az OWL hozzáad bonyolultabb lehetőségeket is. Így leírható benne a tulajdonságok logikai jellemzése (tranzitivitás, szimmetria, disztributivitás, függvénykapcsolat stb.), megadhatóak benne bonyolultabb halmazműveletek (metszet, komplementer, kivonás stb.).

Az alkalmazások több, egymástól különböző ontológiát használhatnak, vagy ugyanazon ontológiát, de különböző nyelveken, ezért nagy figyelmet kell fordítani a karbantartásukra. A terminológiák ekvivalenciája is fontos kérdés. Az OWL lehetőséget ad az osztályok/tulajdonságok ekvivalenciájára, verziókontrollra stb. (6. ábra).

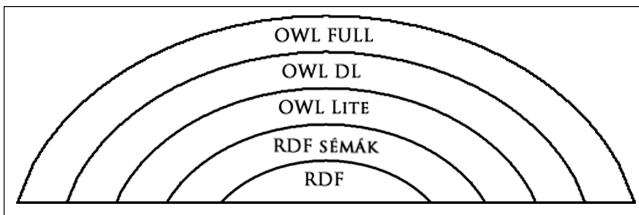


6. ábra A nyelvek közötti ekvivalencia-hozzárendelések

Az ontológiák nagyon nagyok lehetnek és bonyolultak. Nehéz egy teljes ontológiarendszert implementálni, és egyes alkalmazások számára felesleges is lehet.

<sup>1</sup> ontológia: egy adott tudásterület leírására használt fogalmak és összefüggések definíciója

<sup>2</sup> taxonómia: tudományos rendszerre épülő osztályozás, meghatározva a hierarchiai szinteket, a fogalmak szabályozott formában szerepelnek benne a jobb visszakereshetőség érdekében (pl.: biológiai rendszertan)



7. ábra OWL rétegek

Ezért alakult ki az egyre bonyolultabb specifikációk „réteges” modellje (7. ábra), melyben az ontológiák több verziója szerepel. Az RDFS, az OWL Lite és az OWL-DL kiszámítható, míg az OWL Full nem.

További szükséges összetevő még a *SPARQL* lekérdező nyelv, amely arra szolgál, hogy az adatokat a modell alapján (akár más alkalmazásoknak is) el kell tudják érni, ki tudják értékelni. Szintaktikája az SQL-hez hasonló, specifikációja még nem teljes, de már nagyon sok implementáció és alkalmazás létezik, ami használja.

## 8. A munka folytatódik... (a W3C-ben vagy azon kívül)

A Logic, Proof, Trust és User Interface rétegeket még kutadják és fejlesztik.

A *Logic* réteg feladata lesz, hogy leírja azokat a logikai kapcsolatokat, szabályokat, amelyek nem írhatók le OWL-ben sem. További logikákat alkalmaz (pl. Horn-logika). A *RIF* (Rule Interchange Format) és *SWRL* (Semantic Web Rule Language) lesznek e réteg nyelvei.

A *Proof* és *Trust* (Bizonyíték és Bizalom) rétegek feladata lesz, hogy együtt eldöntsék az alkalmazások számára, hogy megbízhatnak-e abban, akitől az információt kapták, azaz hiteles-e az illető erőforrás.

A *User Interface* (felhasználói felület) a legfelső réteg, amin keresztül a felhasználók használni tudják majd a Szemantikus Web alkalmazásokat.

Fontos eleme lesz a Szemantikus Webnek a titkosítás, melyet digitális aláírással terveznek megvalósítani.



## 9. Alkalmazási példák

Már ma is vannak RDF- és ontológia-alapú keresők. Rövidebb idő alatt megtalálhatók vele a keresett tartalmak (pl. Vodafone Live!). Ontológia alapú keresést valósít meg a GoPubMed is, amely egy olyan keresőoldal, ami a *pubmed.org*-ra felkerült orvosi folyóiratcikkek között lehet keresni. A keresés eredményeit újrendezi speciális ontológiák segítségével, illetve a Princeton Egyetemen fejlesztett online szótár, a WorldWeb Online is ezt használja (<http://www.worldwebonline.com/>), a Wolfram Alpha Project keresőjével pedig akár csevegni is lehet.

## 10. Mit hoz a jövő?

A Szemantikus Webet sokan korszakalkotó újításnak tartják a web történetében és nagy változásokat várnak tőle. Szerintük kijárna neki a 3.0-es verziószám. Ám még sok elméleti és technológiai kérdés nyitott, ami azt mutatja, hogy az okos és szervezett internet egyelőre még várat magára.

Sok aggály merül fel a Szemantikus Webbel kapcsolatban. Egyik ezek közül az, hogy már most nagyon sok a tartalom a weben, sok a redundancia. A jövőbeli webes alkalmazásoknak nagyon sok inputtal kell majd megbirkózni, ami nem egyszerű feladat. Illetve a tartalmakat egyaránt jól kell elkészíteni az ember és a gép számára is. Egy másik aggályos pont a határozatlanság, a relativitás. Sokszor a megfogalmazások nem precízek (pl. fiatal, magas). Ezekre a Fuzzy-logikától várják a megoldást. Kérdés még a bizonytalanság. Például, egy beteg által megadott tünetek meghatározhatnak több diagnózist, különböző valószínűségekkel. Ez szintén kezelendő. Valószínűségi alapon közelítik meg a problémát. Szintén gondot okoz a következtelenség. A nagy ontológiák, illetve az ontológiák kombinációi ugyanis logikai ellentmondásokat fognak szülni. Kiküszöbölésre vár még a csalás és megtévesztés esete. Meg kell küzdeni azzal az esettel is, amikor az információ készítője szándékosan félre akarja vezetni az információ fogyasztóját. Erre a megoldást a titkosítástól és a már említett felső rétegektől (Logika, Bizonyíték és Bizalom) várják.

Habár sok a felvetődő kérdés és megoldandó probléma, ne csüggedjünk, mert a fejlesztések során keletkező melléktermékek eközben is fejlődést jelentenek. A keresők, naptárak és levelezők is egyre okosabbak, egyre relevánsabb találatokat adnak és sok téren érzékelhető a fejlődés.

### A szerzőről



**LULICH EMESE** 1986-ban született, középiskolai tanulmányait az Eötvös József Gimnáziumban végezte. Jelenleg a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem végzős villamosmérnök hallgatója, Média-kommunikáció szakirány és Akusztika-hangtechnika mellékszakirányon. A Simonyi Károly Szakkollégium tagja. Weblapkészítéssel foglalkozik a gimnázium óta.

## Irodalom

- [1] Herman Iván,  
Szemantikus Web: egy rövid bevezetés c. előadása,  
W3C, Budapest, 2006. március 18.  
<http://www.w3.org/2006/Talks/0318-Budapest-IH/>  
<http://www.w3.org/2006/Talks/0318-Budapest-IH/Overview.pdf>
- [2] A W3C és a W3Schools alábbi oldalai:  
<http://www.w3.org/2001/12/semweb-fin/w3csw>  
<http://www.w3.org/2002/Talks/2409-Budapest-IH/OverviewPrint.html>  
<http://www.w3c.hu/forditasok/RDF/REC-rdf-concepts-20040210.html>  
[http://www.w3c.hu/rendezvenyek/2006/szemweb/eak/progos\\_tamasia.pdf](http://www.w3c.hu/rendezvenyek/2006/szemweb/eak/progos_tamasia.pdf)  
<http://www.w3schools.com/rdf/RDFvalidationresult.htm>  
[http://www.w3schools.com/RDF/rdf\\_schema.asp](http://www.w3schools.com/RDF/rdf_schema.asp)
- [3] A Wikipedia alábbi szócikkei:  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Szemantika>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Semantic\\_Web\\_Stack](http://en.wikipedia.org/wiki/Semantic_Web_Stack)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/URI\\_scheme](http://en.wikipedia.org/wiki/URI_scheme)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Semantic\\_Web](http://en.wikipedia.org/wiki/Semantic_Web)  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Unicode>
- [4] Egyéb weboldalak:  
[http://webbolt.webwall.hu/computerbooks/Szemantikus\\_web/Szemantikus\\_web.php?k%F6nyv=Szemantikus%20web&kategoria=Akci%F3s%20k%F6nyvek&mn=tartalom&pid=79](http://webbolt.webwall.hu/computerbooks/Szemantikus_web/Szemantikus_web.php?k%F6nyv=Szemantikus%20web&kategoria=Akci%F3s%20k%F6nyvek&mn=tartalom&pid=79)  
[http://webbuilder.hu/index.php/Szemantikus\\_web](http://webbuilder.hu/index.php/Szemantikus_web)  
[http://tmt.omikk.bme.hu/show\\_news.html?id=3648&issue\\_id=452](http://tmt.omikk.bme.hu/show_news.html?id=3648&issue_id=452)  
<http://krono.inaplo.hu/index.php/inter/8-networkstudies/76-szemantikus-web-taxonomia-es-folkszonomia>  
[http://webisztan.blog.hu/2006/11/20/a\\_szemantikus\\_web\\_avagy\\_mirol\\_is\\_szol\\_az](http://webisztan.blog.hu/2006/11/20/a_szemantikus_web_avagy_mirol_is_szol_az)  
[http://webisztan.blog.hu/2008/03/15/berners\\_lee\\_a\\_szemantikus\\_web\\_le\\_fogja\\_nyomni\\_a\\_google\\_t\\_es\\_a\\_facebookot](http://webisztan.blog.hu/2008/03/15/berners_lee_a_szemantikus_web_le_fogja_nyomni_a_google_t_es_a_facebookot)  
<http://damjanovich.hu/cikkek/web3.0-a-szemantikus-web.html>
- [5] További információk magyarul:  
*Szabványok:*  
A teljes RDF és OWL szabvány rendelkezésre áll magyarul Pataki Ernő fordításában (lásd a W3C Magyar Iroda fordításjegyzékét).  
*Könyvek magyarul:*  
Gottdank Tibor,  
Szemantikus Web  
(Bevezetés a tudásalapú Internet világába),  
ComputerBooks, Budapest, 2005.  
Szeredi Péter, Lukács Péter, Benkő Tamás,  
A szemantikus világháló elmélete és gyakorlata,  
TypoTex, Budapest, 2005.

# Felhívás

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

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

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

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

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

**A kéziratosokat kérjük a főszerkesztőnek elektronikusán megküldeni a [szabo@hit.bme.hu](mailto:szabo@hit.bme.hu) címre, akihez a témákkal és a cikkek elkészítésével kapcsolatos bármilyen kérdéssel is fordulhatnak a fenti e-mail-címen. A szerzőinknek szóló tájékoztató elektronikus változatát lapunk internetes portálján találhatják meg, a [www.hiradastechnika.hu](http://www.hiradastechnika.hu) cím alatt.**

A Szerkesztőség

# Megosztott védelem többrétegű hálózatokban

HEGYI PÉTER, CINKLER TIBOR

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Távközlési és Médiainformatikai Tanszék  
{hegyi, cinkler}@tmit.bme.hu*

*Kulcsszavak: WDM, optikai hálózatok, többrétegű hálózatok, megosztott védelem, forgalomkötegelés, optikai-elektronikai átalakító, fényutak*

**Az optikai hálózati eszközök fejlődésével a fényút-készlet módosítása egyre gyorsabban elvégezhető. Ez a tulajdonság előrelépést jelenthet az optikai hálózatokban alkalmazott megosztott védelem terén, mert segítségével lehetővé válik a védelmi útvonalak beállítása és aktiválása a hiba bekövetkeztekor, illetve annak ismeretében. Ezzel lehetséges lesz az optikai hálózatokban nem csak a kapacitás, hanem a belépő, illetve kimenő portok, valamint az optikai-elektronikai átalakítók megosztása is. Ennek kihasználásához a védelmi útvonalak előzetes, körültekintő megtervezése szükséges.**

## 1. Bevezetés

Egy optikai hálózatot tartalmazó hálózati architektúrában legalul helyezkedik el a hullámhossz-osztásos nyálbólást (Wavelength-Division Multiplexing, WDM) alkalmazó optikai réteg. Segítségével egyetlen fényszál számos hullámhossz-csatorna (wavelength-channel) átvitelére ad lehetőséget [1]. Az optikai rétegre közvetlenül valamilyen elektronikus réteg épül (SDH, SONET, ATM stb.) [2]. Az elektronikus rétegben kezdődő és végződő, kizárólag az optikai rétegben haladó útvonalakat fényutaknak (lightpath,  $\lambda$ -path) nevezzük [3]. Az elektronikus rétegben keletkező forgalmi igényeket egy, vagy több összefűzött fényúton vezetjük el.

A fényutak végein elektronikai-optikai, illetve optikai-elektronikai átalakítókra van szükség. Ha egy forgalmi igényt több fényúton vezetünk el, akkor a forgalom többször is átesik optikai-elektronikai átalakításon. Ez időt vesz igénybe [4], ami késleltetéshez vezet, ráadásul terheli az elektronikus réteget. Az átalakítók továbbá az optikai hálózat legdrágább elemei. Alapvető cél tehát a szükséges átalakítók számának alacsonyan tartása.

A valóságban előforduló forgalmi igények sávszélességei jellemzően sokkal kisebbek, mint egy hullámhossz-csatorna kapacitása. Ezért a gyakorlatban elterjedt a forgalomkötegelés (grooming) használata. Ez azt jelenti, hogy az elektronikus rétegben több igény forgalmát összefogjuk és együtt engedjük be a választott fényútba [2].

Forgalmi igények folyamatosan keletkeznek az elektronikus rétegben, majd adott tartási idő után elévülnek (dinamikus forgalmi modell). Az érkező igényeket az optikai hálózat aktuális állapotát pontosan reprezentáló gráfon vezetjük el. A gráf szerkesztése olyan módon történik, hogy a rajta futtatott legrövidebb utat kereső algoritmus egy lépésben meghatározza a forgalmi igény számára létrehozandó, illetve foglalandó fényutakat [1, illetve 5-7].

A hálózatban hamar létrejönnek a korai igények alapján bizonyos fényutak. Előfordulhat, hogy egy később érkező igényt már csak úgy tudunk elvezetni, hogy már létező fényutak forgalma mellé kötegeljük forgalmát [8]. Bár nem kell visszautasítanunk az érkező igényt, a hálózatot az esetlegesen létrejövő kerülőúttal a szükségesnél jobban megterheljük.

Ha a csomópontokban engedélyezzük a már létező fényutak felszakítását (lightpath fragmentation, cutting of lightpaths) [9], a kerülőutak által okozott túlterhelés jelentősen csökkenthető, így a hálózat nagyobb forgalom átvitelére képes. A fényutak felszakítása azt jelenti, hogy a szakítandó fényutat lebontjuk és helyette két másikat hozunk létre. Ez időigényes feladat, ezért olyan forgalmak esetében használhatjuk ezt a technikát, melyek elviselnek bizonyos késleltetéseket (pl. Video on Demand, FTP). Nem szabad felszakítani olyan forgalmakat szállító fényutakat, melyek nem tűrik a késleltetést (pl. élő sportközvetítés).

A vágás helyén a fényút eredeti forgalma felkerül az elektronikus rétegbe. Itt más forgalmakkal kötegelhetjük a szállított forgalmat, és úgy engedjük vissza az optikai rétegbe. A fenti műveletre képes csomópontokat fényutak tördelésére képes csomópontoknak nevezzük (Optical Grooming with lightpath Tailoring capability, OGT). A továbbiakban OGT csomópontokból álló optikai hálózatokról lesz szó.

Az OGT csomópontok modellezésével, működésüket leíró algoritmusokkal, más modellekkel való összehasonlításával részletesen foglalkozik [10].

A 2. szakaszban általános védelmi kérdésekről lesz szó. Ezt követően a többrétegű hálózatok védelmével kapcsolatosan előkerülő speciális kérdéseket vesszük sorra. A 4. szakaszban kiterjesztjük a megosztást optikai hálózatokra jellemző erőforrásokra, majd a fényutak szerkesztési elveit tekintjük át. A 6. szakaszban egy a megosztott védelemhez szükséges nagy mennyiségű információ terjesztéséhez szükséges módszert terjesztünk ki optikai hálózatokban használható módszerré. Ez-

után a megosztott védelem hatását felerősítő súlyozást mutatunk be. Végül az utolsó szakaszban a WDM hálózatokban történő útpár-keresésről lesz szó.

## 2. Védelem

Egy hálózatban a szakaszok megszakadhatnak, a hálózati csomópontok meghibásodhatnak, ezért a forgalmat védeni kell. Az irodalomban számos módszer, stratégia található. Az alap gondolat az, hogy védelmi utakat definiálunk, így ha megsérül egy hálózati elem, akkor az azon haladó forgalmat más útvonalra tereljük.

Lehet védeni teljes útvonalakat, azoknak részeit (szegmenseit) külön-külön, vagy pedig a hálózat minden egyes szakaszát. A továbbiakban útvonalvédelemről lesz szó. Előnye, hogy esetében a sáv szélesség kihasználás kedvezőbb, mint szegmens-, illetve szakaszvédelem esetén, de a hibára történő válasz késleltetése nagyobb azoknál. Ez azonban esetünkben kevésbé jelent hátrányt, mert a fényutak felszakításának lehetősége miatt a szállított forgalom eltűr kisebb késleltetésingadozásokat.

Mivel a védelmi útvonal megtervezése hosszabb idő, mint egy-egy fényút felszakítása, a további késleltetések elkerülése érdekében az igények védelmi útvonala nem a hiba bekövetkeztek, hanem az üzemi útvonallal együtt kerül megtervezésre.

Hozzárendelt védelem esetén a védelmi útvonalak másodlagos üzemi útvonalakként működnek: amerre a védelmi útvonal halad, ott lefoglaljuk az igény számára szükséges sáv szélességet és egyéb erőforrásokat. Több igény védelmi útvonalainak közös élein az igények kapacitásának összegét foglaljuk le.

Ez azonban sosincs teljesen kihasználva, ha figyelembe vesszük, hogy a meghibásodások meglehetősen ritkák. Feltételezhetjük, hogy két meghibásodás között eltelik annyi idő, amennyi alatt a korábbi hiba kijavítható, tehát a hálózatban egyszerre legfeljebb egy hiba van jelen. Ezért több igény közös szakaszon áthaladó védelme esetén elég az igények legnagyobbikának elegendő erőforrást lefoglalni. Ezt a megoldást hívjuk megosztott védelemnek.

Előfordul, hogy több igény üzemi útvonala ugyanazon az élen halad. Az is előfordulhat, hogy ezek közül az igények közül néhánynak a védelmi útvonalában is előfordul közös él. Ha pont a közös üzemi él esik ki, akkor a közös védelmi élen nem elég csupán ezen igények közül a legnagyobbiknak elegendő kapacitás, mert a többi igény forgalma is áthalad a közös védelmi élen. Ilyenkor a közös üzemi szakaszt használó igények kapacitásösszegét kell figyelembe venni.

## 3. Többretegű hálózatok védelme

Többretegű hálózatok esetében felmerül a kérdés, hogy a forgalmi igényeket melyik rétegben érdemes védeni [11]. A legbiztosabb és legegyszerűbbnek tűnő megoldás

az, ha mind az elektronikus rétegben, mind az optikai rétegben védjük az útvonalakat. Ez azonban igen nagy erőforráspazarlást okozó túlvédekezés, hiszen így az elektronikus rétegnek mind az üzemi, mind a védelmi útvonalához rendelünk 1-1 üzemi és védelmi útvonalat az optikai rétegben. Ezért általában az elektronikus réteg védelmi útvonalát nem szokták védeni az optikai rétegben.

Átmenetet jelent az a megoldás, mely részleges védelmet nyújt a különböző rétegekben. Ha az optikai rétegben a fényút védett, akkor azt a szegmenst az elektronikus rétegben nem szükséges védeni [12].

Az optikai rétegben bekövetkező hibára válaszolhatunk a fényút-készlet egy részének, vagy egészének újrakonfigurálásával is. Ilyenkor az elektronikus réteg nem kerül módosításra [11].

Ha a hálózatban minden fényút egy szakasz hosszú (átlátszatlan a hálózat), akkor minden szakaszhoz rendelhető egy kerülő-fényút, melyre a forgalmat hiba esetén terelhetjük. Ha azonban a fényutak hosszabbak egy szakasznál (átlátszó hálózat), a védelmi fényutak fenntartása jóval bonyolultabb, hiszen a bennük védett igények elágazását is figyelembe kell venni [13]. A problémát megoldja, ha a védelem számára foglalt útvonalakat tördeljük, de így túl sok optikai-elektronikai átalakítóra lenne szükség, ami kerülendő, mert késleltetést okoz és drága. A másik megoldás az, ha a védelmi útvonalakat előre megtervezzük, de csak a hiba bekövetkeztekor aktiváljuk. Ez utóbbi lehetőségnek a technológia egyre kevésbé akadályos.

Egy ilyen megoldás az, ha minden üzemi fényút mellé egy független védelmi fényutat rendelünk. Ilyenkor nem kell a védelem számára optikai-elektronikai átalakítót foglalni, mert hiba esetén az üzemi fényút végein található optikai-elektronikai átalakítókat kell a védelmi út hullámhosszára és portjára ráállítani [5].

A továbbiakban egy ettől különböző, de a védelmet szintén hiba esetén aktiváló megközelítés kerül bemutatásra. Ebben a forgalmi igényeket védjük olyan módon, hogy azok számára üzemi és védelmi útvonalat keresünk, egymástól független fényutakon keresztül. A módszer újdonsága, hogy a hiba ismeretében történő beállítással lehetőséget nyújt az erőforrások megosztására.

## 4. Optikai-elektronikai átalakítók és alportok megosztása

A legkézenfekvőbb megosztható erőforrás a szakaszokon foglalandó kapacitás. Optikai hálózatokban azonban megoszthatók védelmi szempontból az optikai be-, illetve kimenő portok, valamint az optikai csomópontok legdrágább alkatrészei, az optikai-elektronikai átalakítók is.

A forgalom csomópontba történő belépésének, illetve kilépésének helyét jellemzi a használt port, illetve azon belül az igénybevett hullámhossz. Az ilyen logikai be-, illetve kilépő pontokra a továbbiakban alport néven hivatkozunk. Egy-egy alporton csak egyféle visel-

kedés engedhető meg, az optikai jel nem ágazhat el: nem lehetséges egy bemenetről két vagy több csomóponton belüli irányba továbbítani a forgalmat, illetve egy kimeneten két vagy több csomóponton belüli irányból érkező jelet továbbítani.

Az alportok megosztása azt jelenti, hogy a rajtuk áthaladó védelmi útvonalak különböző csomóponton belüli irányokban haladhatnak tovább, illetve különböző csomóponton belüli irányokból érkehetnek. Ez úgy valószínűsíthető, hogy a megosztott alportok kapcsolódási irányát csak akkor állítjuk be, amikor a hálózatban olyan erőforrás hibásodik meg, melynek védelmi útvonala áthalad az alporton. Így nem oszthatók meg olyan alportok, amelyekben forgalmi igények üzemi útvonala halad keresztül, mert ezek az alportok nem maradhatnak beállíthatatlanul.

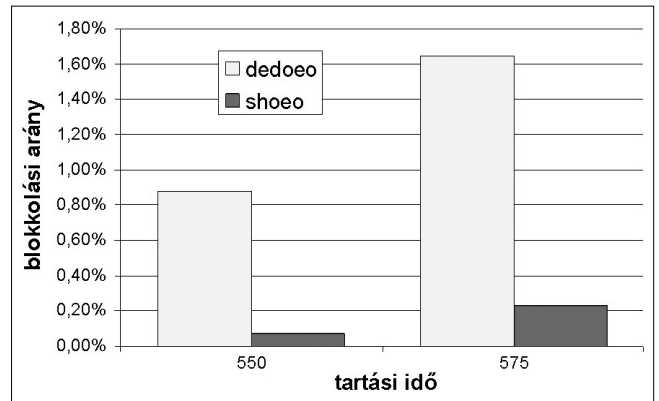
Szükséges továbbá a védelmi útvonalak irányait úgy meghatározni, hogy a hálózatban bekövetkező egyetlen várt hiba esetén annak helyétől függetlenül alportonként legfeljebb egy irány váljon aktívvá.

Ha egy alportban olyan forgalmi igények kerülnek össze, melyek üzemi útvonalukban közös erőforrást használnak, de az adott alporton eltérő irányú védelmi útvonallal haladnának keresztül, akkor az érintett védelmi útvonalakat az elektronikus rétegen keresztül kell vezetni. Így ha az üzemi útvonalban közösen alkalmazott erőforrás hibásodik meg, mind a két forgalmi igény üzemi útvonala aktívvá válhat, hiszen az elektronikus réteg szét tudja választani, illetve össze tudja fésülni a két eltérő irányban haladó védelmi útvonal forgalmát. Hasonlít ez a fényutak felszakításához, mindössze az az a különbséggel, hogy itt valódi felszakítás nem történik, hiszen az útvonal elemeinek beállítása csak a védelmi útvonalak aktiválásakor történik meg. Így bár forgalomkiesés-többletet – a védelmi út felállításán túl – nem okoz egy ilyen virtuális felszakítás, használata mégis kerülendő, mert ezzel a fényutak száma szaporodik, az elektronikus réteg terheltsége emelkedik és a foglalandó optikai-elektronikai átalakítók száma ezáltal nő.

Az üzemi útvonalakhoz hasonlóan optikai-elektronikai átalakító szükséges minden egyes védelmi fényút kezdetéhez és végéhez is. A védelem számára azonban nem szükséges annyi átalakító, amennyi védelmi fényút az adott csomópontban kezdődik, illetve végződik. A legtöbbször egy hiba bekövetkeztekor a csomópontban kezdődő, illetve végződő védelmi fényutaknak csak egy része aktiválódik. Ezért a különböző hullámhosszakot kezelő átalakítókból elegendő csak annyit foglalunk – hasonlóan a megosztott kapacitáshoz – amennyi a különböző meghibásodások esetén legfeljebb szükséges. Ennek feltétele, hogy ahogyan az alportokat, úgy az átalakítókat is csak akkor irányítsuk, amikor a hiba bekövetkezik és az aktiválendő védelmi fényutak ismertté váltak. Ez az optikai-elektronikai átalakítók megosztása.

Így védelemre hullámhosszanként annyi optikai-elektronikai átalakítót kell foglalni, amennyi a különböző hibák által érintett azon portok maximális száma, melyeken üzemi útvonal nem halad keresztül.

Az optikai-elektronikai átalakítók megosztása több igény elvezetését teszi lehetővé a hálózatban, mert kevesebb igényt kell visszautasítani azzal az indokkal, hogy erőforrás hiányában nem lehetséges hullámhosszváltás, kötegelés, illetve végződtesítés. Az átalakítók megosztásának hatását mutatja az 1. ábra.



1. ábra  
Optikai-elektronikai átalakítók megosztásának hatása

A *dedoeo* oszlop a visszautasított igények arányát mutatja az összes igényhez képest akkor, amikor a foglalandó védelmi kapacitást megosztjuk, de az optikai átalakítókat nem. A *shoeo* oszlop pedig abban az esetben mutatja a blokkolási arányt, amikor az átalakítókat is megosztjuk. A szimulációban 100 000 igényt vezetünk el a COST266 referenciahálózat csomópontjai között egyenletes eloszlásban. Fényszálanként 16 hullámhossz kezelését tételeztünk fel, hullámhossz-csatornánként pedig 10 Gbit/s kapacitást. Az igények átlagos sávzélessége 500 Mbit/s volt, Poisson-folyamat szerint érkeztek és tartási idejük exponenciális eloszlású volt. Az ábra két különböző átlagos tartási idő feltételezése, tehát eltérő forgalomszint mellett adódó blokkolási arányokat mutat.

## 5. Forgalmi igények elvezetése megosztott alportok esetén

Ahogy korábban már volt szó róla, az alportok megosztásánál arra kell ügyelni, hogy a hálózatban előforduló bármely hiba esetén alportonként legfeljebb egy irány aktiválódjon.

Ha az alporton üzemi útvonal halad át, akkor szükség-szerűen az áthaladó igények iránya ugyanaz a kimenő alport, vagy az elektronikus réteg.

Ha olyan igény védelmi útvonalának áthaladását tervezünk egy, csak védelmet továbbító alporton keresztül, mely üzemi útvonalában egy, már ott védett igénnyel közös erőforrást használ, de védelmi útvonalai iránya különböző, akkor a két védelmi útvonalat fel kell szakítani. Amennyiben nem áll rendelkezésre szükséges mennyiségű optikai-elektronikai átalakító, az igényt vissza kell utasítani.

Ha egy alporton csak védelmi útvonalak haladnak át, majd érkezik egy üzemi útvonal, akkor az összes útvo-

nal felszakítására szükség lehet, hiszen az üzemi útvonal megköveteli az igénybevett portok rögzített beállítását. A felszakítás alól kivétel az az eset, amikor az összes védelmi út és az üzemi útvonal irányítása ugyanaz.

Egy-egy igény elévülése után lehetőség nyílik a megmaradt fényutak összekötésére. Erre azért van szükség, hogy a foglalt optikai-elektronikai átalakítók száma a lehető legalacsonyabb legyen. Védelem nélküli esetben elég megvizsgálni, hogy vannak-e olyan bejövő és kimenő alport-párok, melyek azonos hullámhosszhoz tartoznak, és ugyanazon forgalmi igényeket továbbítják a rajtuk végződő, illetve kezdődő fényutak. Az alportok megosztása tehát a többirányúság engedélyezése esetén bonyolultabb.

Az összefűzhető igények meghatározásához a bemenő alportok igényeiből csoportokat képezünk. Egy csoportba azok az igények tartoznak, melyeknek együtt kell haladniuk, nem válhatnak szét. Amennyiben egy alporton üzemi útvonal halad át, akkor az alporton áthaladó összes igény egy csoportot képez, hiszen üzemi útvonalat továbbító alporton az irányok nem különbözhetnek. Ha azonban csak védelmi útvonalak haladnak át egy alporton, akkor azok az igények kerülnek egy csoportba, melyek üzemi útvonalában közös erőforrás található. Egy alportban több ilyen igénycsoportot is képezhetünk, és egy igény több csoportban is előfordulhat. Ha az egy csoportban található összes igény ugyanazon az azonos hullámhosszt továbbító alporton hagyja el a csomópontot, akkor a csoportot szállító fényutak összeköthetők.

Az elvezetés alatt álló igény üzemi útvonalát ismerünk kell, hiszen enélkül nem tudnánk megállapítani, hogy mely igények oszthatnak meg erőforrásokat és melyek nem. Ahhoz azonban, hogy ez az információ minden csomópontban naprakészen rendelkezésre álljon, nagy mennyiségű információ terjesztésére van szükség. Ennek hatékony megoldására egy Full Information Restoration (FIR) nevű hatékony algoritmust mutat be [14]. Eredeti formájában ez az algoritmus nem használható optikai hálózatokon, mert olyan gráfokra készült, ahol egy szakaszt egy él modellez. Optikai hálózatok gráfmodelljén azonban legtöbbször egy szakaszt élek csoportja (SRG) modellez. Ezért a meghibásodások sem éleket, hanem élek csoportját érintik. Ennek megfelelően kell az algoritmus által karbantartott adatszerkezetet módosítani.

Megosztott védelem esetén arra törekszünk, hogy az új üzemi útvonal védelme a védelemre már lefoglalt erőforrásokat használja, így a legkevesebb többlet-erőforrást igényelje. A fentiek szellemében a választott védelmi útvonal a legkisebb többletkapacitás és a legkevesebb optikai-elektronikai átalakító foglalását igénylő útvonal. A csomópontokat modellező részgráfokon belül tehát olyan súlyozást kell alkalmazni, mely az átalakításhoz és az igények felszakításához magas költséget, míg az optikai rétegen való áthaladáshoz alacsony költséget rendel.

Mivel az optikai-elektronikai átalakítók megoszthatók, a csomóponton belüli útvonalak súlyozásakor (hul-

lámhosszváltás, felszakítás, áthaladás elektronikus rétegen, továbbhaladás optikai rétegben) figyelemmel kell lennünk arra is, hogy melyiken való áthaladás során lehetséges a már foglalt átalakítók megosztott használata, illetve melyiken szükséges új átalakítókat foglalni.

## 6. Útválasztás megosztott védelem esetén

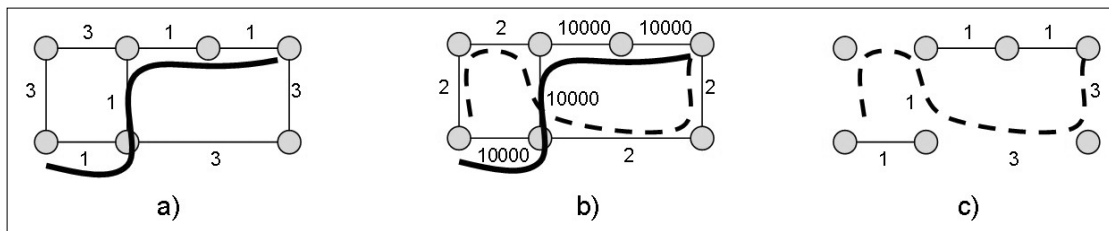
Útvonalvédelem során két egymástól független útvonalat kell kijelölni az igény számára. Elterjedt modellezési módszer, hogy az optikai hálózat gráfmodelljében egy szakaszt annyi él jelenít meg, ahány hullámhosszon a forgalmat továbbítja. Így a függetlenség speciális értelmet nyer.

Útvonalpár keresésekor előfordulhat ugyanis, hogy a gráfban független útvonalpár ugyanazon a fizikai erőforráson halad keresztül, melynek meghibásodása így mindkét útvonalat érinti. Ezért a hullámhossz-gráfot közös kockázatú csoportokra (Shared Risk Group, SRG) kell osztani [3]. Ezek a gráf éleinek olyan csoportjai, melyek egy fizikai eszközt (szakasz, hálózati csomópont) modelleznek. Ha a fizikai eszköz meghibásodik, akkor a csoportban található összes él együtt hibásodik meg.

Suurballe algoritmus [15] a megadott forrás és cél-csomópont között több élfüggetlen útvonalat ad meg, melyek keresése során ugyanazt a súlyozást alkalmazza. Láthattuk azonban, hogy megosztott védelem alkalmazásakor más-más tulajdonságokat tartunk előnyösnek védelmi, illetve üzemi útvonalak esetén. Láthattuk azt is, hogy a védelmi útvonal keresésekor alkalmazott súlyozás a választott üzemi útvonal függvénye, ami megakadályozza azt, hogy optimálisan egyszerre lehessen elvezetni üzemi és védelmi útvonalat.

Ahhoz tehát, hogy az üzemi és védelmi útvonalakat eltérő súlyozás alkalmazásával kereshessük, érdemes legrövidebb utat kereső algoritmust használni. Mivel azonban ezek csak a keresett út optimalitását tartják szem előtt, nagyon könnyen előfordulhat, hogy az elsőként keresett üzemi útvonalak a rövidsége törekedvén kettévágják a hálózatot. Így viszont nem találunk az üzemi-től független védelmi útvonalat. Ezért a legrövidebb utat kereső algoritmusok használata körültekintést igényel. Különböző súlyozások, heurisztikák találhatóak az irodalomban, melyek célja az, hogy növeljék az útvonalpár megtalálásának valószínűségét [16,17]. Ezek közé tartozik a továbbiakban bemutatott algoritmus is.

Elsőként ki kell jelölni a megfelelő súlyozás használatával az üzemi útvonalat. Az útvonal által érintett SRG-k éleinek súlyát ezután jelentős mértékben meg kell növelni, hogy amennyiben lehetséges, a védelmi útvonal elkerülje azokat. Ezután történik a védelmi útvonal kijelölése. Ha az útvonalpár nem metszi egymást, akkor a keresés sikeres. Ha azonban, az elsőként keresett üzemi útvonal a hálózatot kettévágja, akkor törölni kell azt, majd a másodikként talált védelmi útvonal SRG-it ideiglenesen letiltani.



2. ábra  
Eltérő súlyozású  
útvonalat kereső  
algorithmus  
csapdája

Mivel az üzemi utat töröltük, a következő (harmadik) útvonalat üzemi súlyozás alkalmazásával kell keresni. Ha az útvonalkeresés sikertelen, akkor ezzel az eljárással nem lehet egymástól független útvonalakat találni, ilyenkor más módszerrel kell próbálkozni. Ellenkező esetben a keresés sikeres volt, rendelkezésünkre áll egy útvonalpár. A rövidebbik lesz az üzemi útvonal. A hosszabbat töröljük és védelmi súlyozással újat keresünk helyette. Az előzmények miatt legrosszabb esetben az imént kitörölt útvonalat kapjuk vissza.

A fent vázolt eljárás esetében előfordulhat, hogy bár a hálózatban létezik két egymástól független útvonal, azokat az algoritmus mohósága miatt mégsem találja meg. A 2. ábra egy ilyen csapdászituációt mutat be. Az a) ábrán láthatók az üzemi súlyok és a mellettük adódó legkisebb költségű útvonal (folytonos vonal). A b) ábrán a védelmi súlyok láthatók, illetve az üzemi útvonal által érintett szakaszokon a megemelt súlyok. Így védelem számára a szaggatott vonallal jelölt út adódik. Mindkét útvonal átvágja a hálózatot, ezért bármelyik éleit kivéve nem fogunk utat találni a forrás és célcsofópontok között, holott a hálózatban létezik független útvonalpár. A bemutatotthoz hasonló körülmények azonban jelentéktelen számban fordulnak elő valós hálózati körülményeket feltételezve, például a csomópontok magasabb fokszáma miatt.

Mivel azonban a fenti csapdászituáció létezik, a bemutatott heurisztikát ki kell egészíteni. Ha lemondunk a védelmi súlyozás használatáról, akkor Suurballe algoritmus a csapda-szituációban is megtalálja az útvonalpárt, ha az létezik.

Mivel Suurballe algoritmus egyszerűen adja vissza a két útvonalat, nincs lehetőség arra, hogy letiltásokkal megakadályozzuk az üzemi és a védelmi útvonalak azonos SRG-n való áthaladását. Ezért az algoritmust az optikai hálózat SRG-iből alkotott gráfon kell futtatni. Ilyen gráfot a következőképpen generálhatunk a fizikai hálózatból.

Egy fizikai útvonalban váltják egymást a csomópontok és a szakaszok. Ahhoz, hogy az állítás az SRG-kből alkotott gráfban talált útvonalra is igaz legyen, a gráfnak irányítottnak kell lennie. Egy csomópont modelleje áll egy-egy a bemenő, illetve kimenő oldalát modellező gráfpontból és egy a bemenő oldalból a kimenő oldalra mutató élből. Egy szakaszt két él modellez, melyek a vég-csomópontok kimenő oldalából az ellenoldali csomópont bemenő oldalára mutatnak.

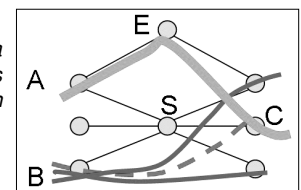
Útvonalpárok keresése során tehát alkalmazhatunk eltérő és azonos súlyozást. Ennek védelmi útvonalakra gyakorolt hatását foglaltuk össze az 1. táblázatban. A szimulációt a már ismert paraméterekkel futtattuk. Suur-

balle-algoritmus esetében az elektronikus réteg használatának minimalizálását megcélzó súlyozást alkalmaztuk.

Az eredményeken azt látjuk, hogy Suurballe-algoritmus használatakor a fényutak hosszabbak és a teljes útvonal kevesebb fényútból áll össze, melyet a választott súlyozás indokol. Ugyanakkor azt is láthatjuk, hogy különböző súlyozás alkalmazásakor célunknak megfelelően mégis kevesebb optikai-elektronikai átalakítóra van szükség. A látszólagos ellentmondásra a magyarázatot a felszakítások adják meg.

Azonos súlyozás használatakor ha csak lehet az optikai rétegen való áthaladást részesítjük előnyben. Ez azonban sok esetben a közös üzemi erőforrások miatt mégis felszakítást jelent, ilyenkor ugyanis nem tudjuk figyelembe venni az erre utaló információkat. Eltérő súlyozás alkalmazása esetén viszont elképzelhető, hogy pont a felszakítás és ezáltal a szükséges átalakítók számának minimalizálása érdekében az elektronikus rétegen át vezetjük az útvonalat. Egy ilyen esetet mutat be a 3. ábrán látható csomópont.

3. ábra  
Eltérő döntés azonos és  
különböző súlyozások esetén



Tegyük fel, hogy a szomszédos csomópontok állapota lehetővé teszi mind az A, mind a B alportokon történő belépést, de a kilépésnek a C alporton kell történnie. Az elektronikus réteg minimális használatára törekvő súlyozás esetén a szaggatott vonallal jelzett BSC útvonal lesz a csomóponton belül a legalacsonyabb költségű, mert a súlyfüggvény nem tudja figyelembe venni, hogy a két folytonos vonallal jelzett védelmi fényút felszakításával jár. Így 3+1 új átalakító foglalására lenne szükség. A védelmi súlyozás azonban ezt figyelembe veszi és az AEC vastag vonallal jelölt, elektronikus rétegen áthaladó útvonalat választja, mely csak 1+1 új átalakító foglalásával jár. Az ilyen esetek miatt az átalakítók megosztása jobb, kevesebb kell belőlük és a felszakítások száma is kisebb. Ez utóbbi a magyarázata a kicsit hosszabb útvonalaknak is.

## 7. Összegzés

A fentiekben áttekintettük a megosztott védelem alkalmazási lehetőségeit optikai hálózatokban. A megosztás fogalmát kiterjesztettük az optikai belépő, illetve kimenő portokra, valamint az optikai-elektronikai átalakítók-

1. táblázat  
Eltérő és azonos súlyozású  
útpár-keresés összehasonlítása

Súlyozás	Védelmi				
	fényutak		utak	átalakítók	szakítások
	hossza	száma igényenként	hossza	száma	száma
azonos	3,078	3,246	7,158	261	149
eltérő	1,997	3,743	7,252	151	34

ra. Körbejártuk ezek megosztása mellett a fényút-szerkesztés lehetőségeit. Az útvonalak tervezésével kapcsolatos kérdésekkel is foglalkoztunk. Végül bemutattunk egy a megosztás hatását felerősítő súlyozást, melynek eredményességét szimulációkkal alá is támasztottuk.

### A szerzőkről

**HEGYI PÉTER** 2004-ben mérnök informatikus szakon végzett a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Karán. Diplomamunkáját virtuális magánhálózatok tervezéséből írta. Az egyetem után többretegű hálózatok forgalomterelési és védelmi kérdéseivel foglalkozott a Távközlési és Médiainformaticai Tanszéken állami ösztöndíjas doktorandusz hallgatóként, majd doktorjelöltként. Munkája publikálásra került 15 konferencia- és 3 folyóiratcikkből, valamint számos kutatási projekt részét képezte (e-Photon-ONE, NOBEL I, NOBEL II, ETIK). Jelenleg az Ericsson Magyarország Kft. fejlesztője.

**CINKLER TIBOR** 1994-ben szerzett villamosmérnöki oklevelet, majd 1999-ben PhD fokozatot a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen, ahol jelenleg egyetemi docens a Távközlési és Médiainformaticai Tanszéken. Kutatási területe az IP, MPLS, ngSDH, OTN és általában az optikai alapú GMPLS-vezérelt heterogén (többretegű, többtartományú) hálózatok optimalizálása. Több, mint 180 bírált kutatási cikk és 4 szabadalom szerzője vagy társszerzője. Számos európai és hazai projektben vett részt, valamint tagja volt sok nemzetközi konferencia programbizottságának.

### Irodalom

- [1] E. Modiano, P.J. Lin, „Traffic grooming in WDM networks” IEEE Com. Magazine, 39(7):124–129, July 2001.
- [2] T. Cinkler, „Traffic and  $\lambda$  grooming” IEEE Network, 17(2):16–21, March/April 2003.
- [3] R. Ramamurthy, Z. Bogdanowicz, et al., „Capacity performance of dynamic provisioning in optical networks” Journal of Lightwave Technology 19, pp.40–48, January 2001.
- [4] Hong-Hsu Yen, Steven S.W. Lee, „QoS aware traffic grooming and integrated routing on IP over WDM networks” Photonic Network Communications, 14(1):1–10, 2007.
- [5] C. Ou, K. Zhu, et al., „Traffic grooming for survivable WDM networks – shared protection” IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 21(9):1367–1382, November 2003.
- [6] M. Tornatore, A. Baruffaldi, „Holding-time-aware dynamic traffic grooming” IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 26:28–35, April 2008.
- [7] G. Mohan, E. Cheng Tien, „QoS routing in GMPLS-capable integrated IP/WDM networks with router cost constraints” Computer Communications, 31(1):19–34, January 2008.
- [8] K. Zhu, B. Mukherjee, „Traffic grooming in an optical WDM mesh network.” IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 20(1):122–133, January 2002.
- [9] Saradhi C.V., L. Zhou, et al., „IOPEN: Integrated Optical Ethernet Network for efficient dynamically reconfigurable service provisioning” In Proc. of Optical Fiber Communication Conference, and the National Fiber Optic Engineers Conference, OFC 2006, 5-10 March 2006.
- [10] T. Cinkler, P. Hegyi, „Automated adaptive on-line multi-layer traffic engineering through ‘tailoring’ wavelength-paths in the fragment graph” Optical Switching and Networking, 2009.
- [11] S. De Maesschalck, D. Colle, et al., „Intelligent optical networking for multilayer survivability” IEEE Com. Magazine, 40(1):42-49, January 2002.
- [12] A. Urra, E. Calle, J.L. Marzo, „Partial disjoint path for multilayer protection in GMPLS networks” In Proc. of 5th International Workshop on Design of Reliable Communication Networks (DRCN 2005), 16-19 October 2005.
- [13] D. Staessens, D. Colle, et al., „Influence of protection on cost savings in transparent optical networks” In Proc. of 7th International Workshop on Design of Reliable Communication Networks (DRCN 2007), La Rochelle, France, 7-10 October 2007.
- [14] G. Li, D. Wang, et al., „Efficient distributed path selection for shared restoration connections” IEEE Infocom, 1:140–149, 2002.
- [15] J. W. Suurballe, R.E. Tarjan, „A quick method for finding shortest pair of disjoint paths” Networks, 14(2):325–336, 1984.
- [16] Lei Guo, Hongfang Yu, Lemin Li, „Path protection algorithm with trade-off ability for survivable wavelength-division-multiplexing mesh networks” Optics Express, 12(24):5834–5839, 2004.
- [17] Pin-Han Ho, János Tapolcai, Hussein T. Mouftah, „Diverse routing for shared protection in survivable optical networks” In Proc. of Global Telecom. Conf. (GLOBECOM'03), IEEE, Vol. 5, pp.2519–2523., 1-5 December 2003.

# Sajátos eszközök és módszerek a projektmenedzsment államigazgatási gyakorlatában

KÁRPÁTI JÓZSEF

Központi Statisztikai Hivatal  
jozsef.karpati@ksh.hu

*Kulcsszavak: projektmenedzsment, államigazgatás, stratégia, tervezés, projektszponzor, monitoring*

**A cikk célja, hogy betekintést nyújtson azokba az államigazgatásban tetten érhető jelenségekbe, amelyek számos tekintetben megkülönböztetik a versenyszférától, már önmagában a projektekhez való hozzáállást illetően is. Rávilágít néhány olyan, alapvető eltérésre, amely miatt a felső vezetés elkötelezett támogatása és aktív részvétele elengedhetetlen a projektmenedzsment terén, egy beváltnak tekinthető gyakorlat néhány elemének bemutatásával pedig megfogalmaz egy megoldási lehetőséget.**

## 1. Bevezetés

Az államigazgatási projektmenedzsment nagy dilemmája, hogy egyszerre kell biztosítani a hierarchikus szervezeti működést és a projektszerű gondolkodást. Az állam s az állami szervezetrendszer nem egy (vagy több) vállalat, de legalábbis működésének peremfeltételei és motivációja teljesen eltérnek a versenyszférától. Ez szükségképpen ütközésekhez vezet, ha csak nem tagoljuk be az eltérő gondolkodásból fakadó ötleteket egymás mellé egy magasabb szintű keretrendszerbe. Hogyan lehet mégis biztosítani a középtávú fejlődési pályát és miért van erre egyáltalán szükség a közigazgatásban? Véleményem szerint ez a projektmenedzsment államigazgatási meghonosodásának legfontosabb, alapvető kérdése.

A választ, a kereteket a szervezeti stratégiaalkotás adhatja meg. A közigazgatási szervezetek körében a stratégiaalkotás mostanában kezd népszerűvé válni. Különösen azok a szervezetek képesek jól stratégiát alkotni, ahol a működés közepette a politikai tényezők kevésbé érvényesülnek. Helyettük az adott szervezetre jellemző hatósági/közfeladat-ellátási/közszolgáltatási feladatok és a külső érdekhordozók szakmai nézetei, elvárásai, illetve a szervezethez forduló felhasználók, ügyfelek igényei szabják meg – bizonyos keretek között szabadon mozogva – a fejlődés irányát [1].

Ilyen intézmények például az APEH, a KSH, az ÁSZ, vagy a települési önkormányzatok is, ugyanakkor például a minisztériumokban a szakpolitika és a kormányprogram viszonya a legfőbb stratégia-meghatározó tényező.

## 2. Alkossunk középtávú programot!

Az államigazgatási szervezetek működésének tehát eltérő az alapállása. A piacon a tulajdonosi céloknak történő megfelelés ugyanis az elsődleges szempont: a vállalat működését a gazdasági racionalitás befolyásolja,

működésének orientációja pedig pénzügyi, piaci, nyereségközpontú. Ezzel szemben a közigazgatásban az intézmény átpolitizáltságának szintjétől függően a politikai vagy szakmai külső érdekhordozói céloknak kell megfelelni, a működés racionalitása a politikai, szolgáltatói, hatósági szubjektív célokon múlik, s a szervezetet sajátos eredményorientáció jellemzi, hiszen a küldetésétől függően az ügyfelek, felhasználók vagy éppen szakmai érdekeltek igényeinek kielégítésre vagy hatósági feladatok végrehajtására jönnek létre [2].

Hosszútávú gondolkodásra azonban itt is szükség van. Jövőkép nélkül nem létezhet egy államigazgatási szervezet sem, ennek megvalósításához pedig átgondolt és nyomon követett fejlesztésekre van szükség.

## 3. Eszköztár a megvalósításhoz

A projektmenedzsment akkor tud tehát hatékonyan működni egy közigazgatási szervezetben, ha megteremtjük azokat az alapvető struktúrákat (kialakítjuk azokat a játékszabályokat), amelyek mentén a hagyományos hierarchikus berendezkedés áthidalható. Kritikus tényezőként kell kezelnünk azt, hogy a projektszemlélet mennyire van hatalommal rendelkező kezekben. Ennek három alapvető eszköze lehet: elkötelezett felsővezetői magatartás, a projekteredmények áttekintésének/értékelésének/elfogadásának intézményesítése és az ugyancsak intézményesített projekt támogatás.

A közigazgatási szervezetek hierarchikus struktúrájában rendkívül fontos, hogy a projektszemléletnek kellő felsővezetői támogatottsága legyen házon belül. Az alapvető kritérium tehát az, hogy a szervezet legfelső vezetésének elkötelezettnek kell lennie a jövőkép megvalósításának érdekében a bonyolult fejlesztések problémáit jobban megoldani képes, projektszemléletű munkavégzés támogatására. A szándék azonban még kevés – a hierarchikus szervezetben ugyanis ez az elkötelezettség csak akkor tud igazán hatásos lenni, ha megvan a megfelelő fóruma [3].

Ezért szükséges az, hogy a szervezet vezetése hozzon létre az intézményen belül egy olyan testületet, illetve vezetői csoportot, amely vállalja a szponzori felügyelet felelősségét. Ez tehát egy véleményező, tanácsadó testület a legfelső vezetés mellett, amely megteremti a projektekhez kapcsolódó viták, vélemények szervezett mederbe történő terelésének a lehetőségét a közpvezetői szinten, képviseleti alapon. Annak érdekében, hogy a testület igazi stratégiai döntéselőkészítő csoportként működjön, meg kell határozni a fejlesztési feladatok alapvető felelősségi rendjét illetve a projektvezetők kötelezettségeit is. Ezt szolgálják a belső rendelkezések, kvázi jogforrások. Fontos tényező, hogy a projektmunkát, részvételt lehetővé kell tenni a szabályozás szintjén, oly módon is, hogy a különböző szervezeti pozíciókban lévő munkatársak projektmunkáját a közvetlen munkáltatói jogokat gyakorló vezetőknek kötelező legyen engedélyezniük. Tekintettel arra, hogy ugyanezek a személyek véleményezik a projektfelügyelő testület felé a projektanyagokat, az azokban foglalt erőforrás-tervek szerint – amennyiben nem tiltakoznak – a munkatársak részvételét is lehetővé kell tenniük.

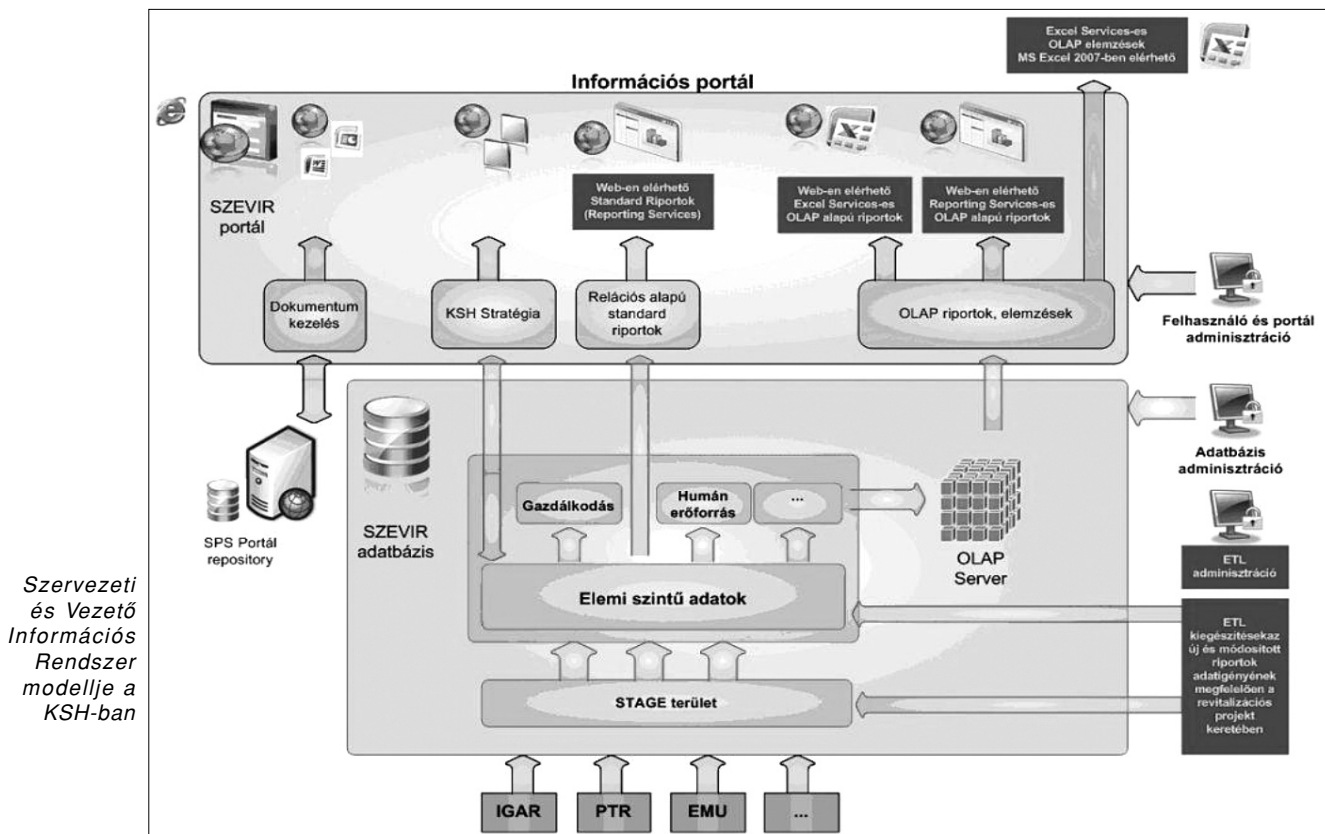
Egyre több közigazgatási szervezetben működik projektirodai funkció is valamilyen szervezeti egységen belül. Ez a csapat tanácsokat ad a projektek tervezéséhez és a projektvezetői „ügyvitelhez”, szervezi a döntéselőkészítő munkát, biztosítja és ellenőrzi a fejlesztésekhez kapcsolódó dokumentáció és nyilvántartások vezetését, valamint koordinációs feladatokat lát el a projektek közötti összehangolt munka érdekében. Az esetek nagy többségében feladata lehet ugyanakkor a belső és részben a külső, projektekkel kapcsolatos kommunikáció is.

#### 4. Fejlett kommunikációs eszközök

Amennyiben a szervezeti hátteret sikerült biztosítanunk, gondoskodnunk kell arról is, hogy az információk rendezett és áttekinthető módon nyilvántartásra kerüljenek. Ebből az információvagyonból lehet a kommunikációt megvalósítani, mind a szervezeten belül, mind azon kívül. Ennek kézenfekvő eszköze egy vezetői információs rendszer létrehozása a szervezetben. A vezetői információs rendszer képes integráltan kezelni és megjeleníteni a különböző forrásrendszerekben keletkező, a tartalmuk szempontjából vezetői és tájékoztatósi célokra hasznosítható adatokat, dokumentumokat stb. Az *ábra* egy közelmúltban megvalósított példát mutat be; a KSH SZEVR projektjének fejlesztését.

A hivatalban számos tranzakciós rendszer működik, ezek mozaikneveinek nem teljeskörű felsorolása látható az ábra alján lévő dobozokban. Mivel az elmúlt évek során a különböző rendszerekben több olyan, a hivatalban egységesen használt nomenklatúra került bevezetésre, melyek egységes azonosítókkal látnak el feladatokat (programalapú tervezés), az egyes feladatokra vonatkozóan keletkező információk ezek mentén integrálhatóak és többdimenziós OLAP adatbázis [4] hozható létre belőlük.

Ezeket egy-két paraméter mentén lekérdezhető riportokban, illetve Excel Services segítségével szabadon szerkeszthető pivot-táblákban adjuk közre a felhasználóknak. Jelen cikk szempontjából azonban még fontosabb, hogy a stratégiára vonatkozó információk, különösen a fejlesztési projektinformációk kezelését is ennek a rendszernek a keretében alakítottuk ki.



Számos közigazgatási szervezet lemond az elterjedt MS Project használatáról, mivel azt túl bonyolultnak és erőforrás-igényesnek tartja. Egyedi, ám egyszerű megoldással azonban egy jobban személyre szabható rendszer alakítható ki a projektmonitoring céljára, ahol a feladatok nyilvántartása, a Gantt-diagram kezelés és a dokumentummenedzsment egy platformra helyezhető, sőt, még a Stratégiai Fejlesztési Tanács (a szervezeti projektszponzor) üléseinek értekezletszervezési felülete is könnyedén kialakítható volt. (Erre a KSH egy olyan portáltechnológiát használt fel, amely az intranetes honlap működtetése céljára egyébként is rendelkezésre állt.) Mindezen funkciók kihasználásával szervezeti célokra jól használható és megjelenésében is látványos, a stratégia egyes fejezeteihez kötve lebontható, „lefűrhető” fejlesztési nyilvántartásunk jött létre, amely nemcsak passzív tájékoztatásra szolgál, hanem egyúttal dinamikus munkafelülete is a projektek vezetőinek, további érintettjeinek.

A rendszer funkcionalitása tehát kettős: egyrészt minden(!) hivatali dolgozó számára nyilvános projekt-dokumentumtárat és információs rendszert hoztunk létre, működtetünk tehát egy kifelé forduló információs rendszert, biztosítani tudjuk az átláthatóságot. A közigazgatásban egyébként sajátos a szerző véleménye a vezetői információs rendszerek ügyfélköréről. Álláspontja az, hogy a közigazgatási szervezetekben néhány személyes adattól eltekintve nincs olyan, a szervezet működéséről szóló információ, amely ne lenne közérdekű, azaz a szervezet dolgozója jogosult minden összegyűjtött működési információt megismerni. Másrészt hatékony rendszert alakítottunk ki a projektek, egyéb fejlesztési információk, hírek nyomon követésére, amely a vezetői funkciókat támogatja és ebben a megközelítésben klasszikus vezetői információs rendszerként működik.

Ezek az eszközök, kiegészítve egy aktív házon belüli személyes kommunikációval segítenek abban, hogy a projektmenedzsment értékeit, hasznát a munkatársak megértsék és átérezzék.

## 5. Összefoglalás

Ebben a rövid írásban az államigazgatási projektmenedzsment három témájára koncentráltunk: a stratégiaalkotásra, mint keretre, a szervezeti támogatásra, amelyvel áthidalható a hagyományos hierarchia és a technológiai aspektusra, amely segít áttekinteni a projektműködés eseményeit a szervezetben.

A szerző véleménye szerint ez a három tényező egymással szoros összefüggésben van. Explicit keretek nélkül nincs kiindulási alap. Szervezetileg támogatott működtetés nélkül a projektmenedzsment nem jut mozgástérhez a terepen. Információs rendszer, kommunikáció nélkül pedig nem lehet követni a munkát, illetve elemezni, kommunikálni az eredményeket [5]. Ezek közül az alappillérek közül szeretnénk hangsúlyozni, hogy a korszerű vezetői információs rendszerek álláspontom szerint a közigazgatási szervezetekben jóval túlmutat-

nak a kizárólag belső használati funkciókon. Olyan bázist teremt az adattartalmuk, amely jól használható az ügyfélkapcsolatokban, az érdekhordozók meggyőzésében és a tanulságokat, tapasztalatokat is össze tudjuk gyűjteni velük, azaz fontos kiindulási pontot jelentenek a jövőbeni fejlesztésekhez használt módszerek kiválasztásában.

Mindezek alapján az fogalmazható meg az államigazgatásban, hogy a sajátos alapállás miatt célszerű e fenti három tényező megvalósulásának feltételeit megteremteni és ezekre alapozva kidolgozni egy projektmenedzsment-rendszert, amely szerves részévé válik a szervezet mindennapjainak.

## A szerzőről



**KÁRPÁTI JÓZSEF** jogász-közgazdász, a Központi Statisztikai Hivatal főosztályvezetője. Jelenleg készülő PhD doktorátusára közgazdaságtudományból a Szegedi Tudományegyetemen, témája a controlling módszerek alkalmazhatósága a közigazgatásban. Három éves bírósági gyakorlat után 2001-ben csatlakozott a KSH-hoz. Az elmúlt évtized során vezetője volt többek közt a 2009-2012 közötti stratégia kialakításának, valamint a hivatali programtervezési rendszer bevezetését, illetve a Szervezeti és Vezetői Információs Rendszer létrehozását előirányozó projekteknek. Az általa vezetett Tervezési főosztály, illetve szervezeti elődje honosította meg a komplex stratégiai gondolkodást és a kapcsolódó menedzsment eszközöket a KSH-ban. Szervezeti egysége a hivatal tevékenység-controllingjával foglalkozik stratégiaalkotástól a minőségmutatókon át a működésről szóló elemzések készítéséig. A Stratégiai Fejlesztési Tanács titkáráként a hivatal fejlesztési projektjeinek folyamatos figyelemmel kísérése, áttekintése és a kapcsolódó projekttanácsadás is feladatai közé tartozik. Az elmúlt években több EU-szintű, nemzetközi munkabizottság tagja is volt a statisztika menedzsmentjét érintő kérdésekben.

## Irodalom

- [1] Kárpáti József dr., Sajátosságok a projektmenedzsment közigazgatási gyakorlatában – 12. Projektmenedzsment Konferencia, HTE, Budapest, 2009. április.
- [2] Kárpáti József dr., Egy gyakorlati példa a „3E controlling modell” megvalósításáról a magyar közigazgatásban, A Controller, VI. évfolyam, 2., p.9., Ecovit Kiadó, Budapest, 2010.
- [3] Kárpáti József dr., A projektmenedzsment visszahatása a szervezeti kultúrára – 13. Projektmenedzsment Konferencia, HTE, Budapest, 2010. április.
- [4] Codd E.F., Codd S.B., Salley C.T., “Providing OLAP (On-line Analytical Processing) to User-Analysts: An IT Mandate”, Codd & Date, Inc. 1993.
- [5] Éves Jelentés a Központi Statisztikai Hivatal 2008. évi tevékenységéről, KSH Budapest (2009), [http://portal.ksh.hu/pls/ksh/docs/bemutakozas/hun/evves\\_jelentes\\_2008.pdf](http://portal.ksh.hu/pls/ksh/docs/bemutakozas/hun/evves_jelentes_2008.pdf)

# Szemelvények az IT3 Körkép blogból

ÖSSZEÁLLÍTOTTA: KÖMLÓDI FERENC

*technodr@t-online.hu*

**A Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács (NHIT) Információs Társadalom Technológiai Távlatai (IT3) műhelyének keretében 2005 és 2008 között kéthavonta nyomtatott formában megjelent IT3 Körkép rendeltetése egyrészt az IKT területén végbemenő fontos változásokról tudósító, on-line és off-line világsajtóban napvilágot látott szakmai hírek összegyűjtése és kommentálása, másrészt egy-egy előremutató jelenség, illetve trend rövid tanulmány formában történő bemutatása volt. A kor szellemére és a web 2.0 világra reagálva, a Körkép élete 2009 januárjától új, modernebb formában, blogként folytatódik (<http://korkepblog.blogspot.com>). Az alábbi híreket e blogból válogattuk.**



2010. január 27.

NODE projekt koordinátora. – A nanocső növesztéssel versenyző top-down technológia problémája, hogy eredményeként nagyon sok hibás elem jön létre. Az úgynevezett irányított önfelépítő folyamat eredményeként azonban sokkal kevesebb a hiba.” – mondja Samuelson. A projekt NODE keretében szilícium és indium-arszenid, valamint szilícium és szilícium-germánium kombinációjával kísérleteztek, mindkettő nagyon ígéretes anyag. A projekt során a nanocső előállítási lánc minden elemét vizsgálták.

Forrás: [www.physorg.com](http://www.physorg.com)

## Európában nőnek a nanocsövek

**Az EU kutatóműhelyeiben kidolgozott nanovezeték-technológiák fontos szerepet játszhatnak a jövőbeni infokommunikációs eszközök gyártásában.**

A nanocső egy olyan ígéretes új technológia, ami a következő tíz évben ki tudja majd szolgálni az integrált áramkörök területén tapasztalható, gyorsan növekvő teljesítményigényeket. Alkalmazásuk kisebb, gyorsabb és alacsonyabb energiaigényű elektronikai megoldásokhoz vezethet, valamint teljesen új architektúrák jöhetnek létre mint a 3D mikrocsipek, amelyek jelentősen megnövelik az adott területen elhelyezhető áramkörök számát.

A nanocsövek annyira keskenyek, hogy gyakran nevezik „egydimenziós” struktúráknak is, a kis szélessége miatt pedig az elektronok oldalirányú mozgása is korlátozott, a henger alakú geometriájuk pedig a leghatékonyabb áramköri kapuk kialakítását teszi lehetővé. Japán úttörő szerepet játszott a terület kutatásában, majd az Egyesült Államok kutatói csatlakoztak és mostanra már az európai kutatócsoportok is kezdenek felzárkózni. A NODE projekt eredményeként például 40 szabadalmat jegyeztek be.

„A szilícium alapú technológia számára az igazi kihívást a 10-15 nanométeres tartomány jelenti – magyarázza Lars Samuelson a Lund-i Egyetem kutatója, aki a

*IT3-komment: Az Európai Unió által támogatott NODE kutatási projekt eredményeként úgy tűnik, hogy Európa is be tud kapcsolódni a szilícium alapú nanocsövekre épülő nanotechnológiás csipgyártásba. A technológia ugyan még nem érett arra, hogy segítségével működő processzorokat állítsanak elő. A kutatási eredmények arra utalnak, hogy ehhez még 5-10 év szükséges.*



2010. február 1.

## Túl hatékonyak a képfelismerő technológiák?

**Mivel az ember sokkal jobb mozgóképek felismerésében, mint a gépek, ezért mozgó tárgyak jelenthetik a CAPTCHA-k újabb, a jelenlegieknél sokkal biztonságosabb generációját.**

Gyakran találkozhatunk a népszerű „captcha” biztonsági megoldással – bizonyos honlapok és webes regisztrációk rendszeresen azt kérik tőlünk, hogy a hullámzó képen látható betűket egy mezőbe írjuk be. Ezt a megoldást az internetes oldalak azért használják, hogy elkerüljék, hogy ártalmas botok betörhessenek a szer-

verekbe és adatbázisokba. Azonban ez a megoldás sem nyújt 100%-os biztonságot, annak ellenére sem, hogy ember számára gyakran nehezen olvasható a szöveg.

Prof. Danny Cohen, a Tel Aviv-i Egyetem professzora egy olyan új megoldást mutatott be, amit sokkal nehezebb kijátszani. „Az embereknek van egy olyan különleges képessége, amit a számítógépek még nem képesek utánozni. – mondja Cohen. – Az úgynevezett emergens képek felismerése, amelyek akkor válnak láthatóvá, amikor a kép mozog. Az egyébként statikusan értelmezhetetlen képet mozgatva másodpercek alatt összeáll az emberi tudatban a kép látványa.”

A kutatók a nemrég publikált tudományos közleményükben tették közzé, hogy hogyan lehet 3D-s tárgyakról készült felvételekből, mint egy futó ember vagy egy repülő ilyen emergens képeket előállítani. A technikával olyan képeket lehet létrehozni, amelyek visszafejtése praktikusán lehetetlen. A meghatározásuk szerint az emergencia egy olyan sajátos emberi tulajdonság, amely révén az ember képes látszólag értéktelen információtüredékekből összerakni a teljes látványt. Erre jelenleg a számítógépek nem képesek. A kutatók felhívták a figyelmet arra is, hogy további kutatások szükségesek ahhoz, hogy a technológia gyakorlatban is használható legyen. Jelenleg a biztonsági szintek meghatározásán dolgoznak.

Forrás: www.aftau.org

*IT3-komment: A képfelismerő technológiák határozottan sokat fejlődtek az elmúlt két évtizedben. Legálábbis ezt látszik alátámasztani az a tény, hogy a kétdimenziós caphcha-k egyre kevésbé alkalmasak arra, hogy távol tartsák a weboldalaktól a rosszindulatú (ro)botokat. A Tel-Aviv-i Egyetemen fejlesztett emergens, három dimenziós képalkotó algoritmusok alkalmasak lehetnek a „túlságosan fejlett” két dimenziós képfelismerő technológiák okozta biztonsági problémák kezelésére is. Természetesen csak addig, amíg ki nem fejlesztik az emergens, háromdimenziós képek felismerését is lehetővé tevő megoldásokat.*



2010. március 1.

## Modellkeresés bővített valósággal

**A bővített valóság térhódítását jól szemlélteti, hogy az egyik legnagyobb divatcég, a Benetton is használja.**

A provokatív hirdetési kampányairól, például a köldökzsinóros csecsemőről készült képről híres divatmárka, a Benetton mindig is igyekszik egy lépéssel a töb-

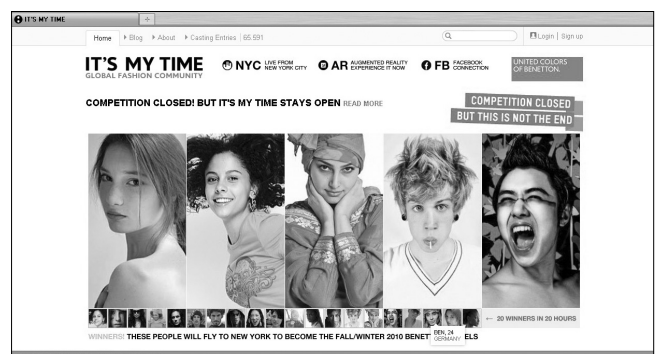
biek előtt járni. Mostani modellkeresésükkel a Web 2.0 világába látogatnak: az egész világra kiterjedő „Ez az én időm” elnevezésű online casting rendeltetése a „21. század új arcainak” felfedezése. „Hivatásos modellek felkérése, vagy ahelyett, hogy az emberek elé tárjuk, szerezünk meg nézőket ki, arra gondoltunk, jobb, ha őket kérjük fel: mutassák meg magukat, miként is festenek valójában” – nyilatkozta Andy Cameron, a Benetton interaktív kampányát vezető Fabrica ügyvezető igazgatója.

Az online kampány magas szintű interaktív elemeket tartalmaz és ami a legérdekesebb: bővítettvalóság-technológiával az olvasó is az események részévé válik. Az ötlet felettébb egyszerű: bejelentkezünk a casting.benetton.com-ra, kinyomtatunk egy fekete-fehér vonalkódos oldalt a kampányról, webkameránkat a vonalkódra irányítjuk, s máris egy animált videóban járunk. A modellekről látunk mozgóképeket. „Nem csak mozdulatlanul néznek ki jól – jelentette ki Cameron, a technológiáról elmélkedve. – Olyan modellekről szól az egész, akik tudnak mozogni, énekelni, történetet mesélni, táncolni. A technológia életre kelti őket.”

A közönség az erre a célra létrehozott honlapon szavazhat a legötletesebb fotókra és videókra. A Benetton több online közösségi médium (Facebook, Twitter, YouTube) segítségével igyekszik felkelteni a világméretű verseny iránti közérdeklődést. „Olyan személyeket keresünk, akik nem feltétlenül hivatásos modellek, nem feltétlenül 180 centi magasak – kezdeményezésünkkel a világ sokszínűségét szeretnénk megragadni” – tette hozzá Cameron. A legtöbb szavazatot kapott száz jelentkezőt szakértői panel értékeli majd ki, s húszan a Benetton New Yorki divatbemutatóján fognak fellépni.

Forrás: www.cnn.com

*IT3-komment: A divatvilág nyilvánvalóan ugyanúgy él az infokommunikációs technológiák adta lehetőségekkel, mint a kulturális, művészi élet más alkotói, csak hogy ez a kapcsolat – ellentétben például a filmiparral vagy a zenével – eddig inkább „láthatatlan” maradt, a médiát hidegen hagyta, nem eredményezett látványos újításokat, nem forradalmasította a szakterületet. Az új iránt mindig fogékony Benetton úgy tűnik, felkavarja az állóvizet és modellkiválasztásában felhasználja a bővített valóság technológiát. A versenynek pedig természetesen a közösségi média legnépszerűbb oldalain, Facebookon, Twitteren és Youtube-on csap komoly hírvérést.*





2010. március 19.

## Munkatársaiktól tanuló robotok

### Hogyan tanuljanak meg és alkalmazzanak dinamikusan változó környezetben komplex viselkedésformákat a robotok?

Ha egy új európai uniós kutatási projekt eléri célját, és létrehozzák a robotok fejlett motorikus adottságainak kivitelezéséhez szükséges architektúrát, a jövőbeli gépek minden eddiginél összetettebb viselkedésformákat lesznek képesek elsajátítani. Siker esetén a márciusban indult és négy évesre tervezett AMARSi („Adaptív moduláris architektúra gazdag motorikus adottságokhoz”) projekt résztvevői meglepedettséggel nyugtázhatják: a gyártás világa tele lesz a munkatársaiktól interakció során újabb adottságokat elleső, elsajátító, intelligens, autonóm humanoid dolgozó botokkal. Olyan társadalmat láthatnak majd, amelyben a személyes gondozó botok komplex környezetekhez és a változó emberi szükségletekhez alkalmazkodnak.

A 7 millió eurós projekt lehetővé teszi, hogy humanoid (és négy lábú) botok ugyanúgy autonóm módon tanuljanak és fejlesszék ki motorikus képességeiket egy állandóan változó világban, mint mi, emberek. A mozgás által szolgáltatott adatokból sajátítanak el ismereteket, „újradrótoznak” az ismeretek feldolgozásához és tárolásához szükséges áramköreiket. A prózai valóság azonban az, hogy az elképzelések igencsak távol állnak a jelenlegi botok korlátozott motorikus adottságaitól. A kivitelezés több fejlett technológiától függ: dinamikus neurális hálótól, új robotikai hardver designtól és kifinomult szoftveralgoritmusoktól.

„A hagyományos koncepció szerint van egy célpont, megtervezzük az utat és a gép odamegy – elmékedik Jochen Steil projektkoordinátor. – A gyártási munkálatokban résztvevő robotok így működnek, és még mindig ez a motorikus funkciók programozásának bevett módszere. Szerintünk a valódi sokszínűség azért nem kivitelezhető ezzel a programozási eljárással, mert sem a környezet komplexitása, sem az, hogy mikor mozoghatunk szabadon benne, nem látható előre.”

A Steil által elképzelt jövőben a gyártóbotokat könnyű lesz programozni és még képzetlen humán munkatársaik is képesek lesznek tanítani őket. Azaz, nem lesz majd szükség méregdrága és időigényes újraprogramozásukra.

Forrás: [www.wired.co.uk](http://www.wired.co.uk)

*IT3-komment: A biológiailag inspirált számítástudomány jegyében, európai kutatók – elsőként a világon – a jelenlegi robotoknál összetettebb viselkedésformák elsajátítását eredményező motorikus adottságokhoz fejlesztik architektúráját. Nehéz feladat előtt állnak, hiszen senki nem tudja, milyen az optimális architektúra. Az emberi agyból indulnak ki, fejlesztésüket két humanoid roboton fogják tesztelni. Munkájuk túlmutat a motorikus adottságok egyszerű másolásán: a sikeres kivitelezéshez több technológiát, mesterségesintelligenciaterületet kell elosztott robotikai platformokon integrálniuk. Hardver- és szoftverfejlesztéseik egyaránt nyílt forráskódúak lesznek.*



2010. március 23.

## Szélessávú adattovábbítás emberi karral

**Nemcsak vezetékek és vezeték nélküli közegek, hanem az emberi bőr is használható hálózati kommunikációs csatornaként, legalábbis egy koreai kutatócsoport szerint.**

Először vezetékeket, majd a levegőt és legújabban az emberi testet használhatjuk adatátviteli eszközként. A szöuli Korea Egyetem kutatói 10 Mbit/s sebességgel továbbítottak adatot az emberi bőrön keresztül két egymástól 30 cm-re elhelyezett elektróda között. A vékony és rugalmas elektródák lényegesen kevesebb energiát használnak az adattovábbításhoz, mint egy bluetooth-kapcsolat. Ennek oka, hogy az alacsony frekvenciájú elektromágneses jelek a bőrben alacsony csillapítással és úgy továbbítódnak, hogy közben külső interferenciától is védettek.

A kutatók elsősorban egészségügyi alkalmazásokban látják a technológia jövőjét. Egyes élettani jellemzők, mint a vércukorszint és szív elektromos aktivitása nehezen monitorozhatók, mivel vagy be kell húzalozni az embereket és az érzékelőket egy rögzítő egységbe bevezetni, vagy pedig olyan vezeték nélküli megoldásokat kell alkalmazni, amelyek nagy energiaigényűek. A bőrt adatátviteli közegként használó megoldásban nem igényel vezetékeket, ráadásul 90%-al kevesebb energiát fogyaszt, mint egy vezeték nélküli megoldás.

Az első ilyen megoldást 2005-ben mutatták be a japán Tokyo Egyetemen, azonban a megoldás nagy méretű elektródákat igényelt és bőrirritációt okozott. Az új megoldás központi eleme egy rugalmas, szilícium-polimerrel borított elektróda, amelynek használata a kísérletek tanúsága szerint semmilyen káros mellékhatás-

sal nem jár. Az elektróda 300 mikrométer vékony és 90 fokban meghajlítható. Az eszköz továbbfejlesztett változatát a bőr alá is be lehet majd ültetni.

Forrás: [www.newscientist.com](http://www.newscientist.com)

*IT3-komment: Az IKT implantátumok elterjedésének egyik korlátja a testbarát anyagok hiánya. A Koreai Egyetem kutatóinak sikerült demonstrálniuk, hogy az emberi bőr is használható adatátviteli közegként. A kísérlet az mutatja, hogy lehetséges olyan megoldások kidolgozása, amely szükségtelessé teszi az emberi testbe ültetett eszközök kommunikációs interfészének kivételét a bőrfelületig. Az adatátviteli megoldás ráadásul 90%-kal kevesebb energiát használ fel, mint amit a hasonlóan testbarát vezeték nélküli megoldások.*



2010. március 26.

## Virtuális családi összejövetelek

**A videókommunikáció terjedésével hatékonyabbá válnak a telejelenlét-megoldások.**

Egy európai kutatócsoport azt reméli a legmodernebb videó- és audiókommunikációs technológiák és a digitális média, interaktív eszközök, valamint környezet-intelligencia összeházasításától, hogy az összes életkor-csoporthoz tartozó személyeknek – akár sokezer kilométer távolságból is – több lehetősége lesz összejönni, játszani, megosztani élményeiket és általában kommunikálni, kapcsolatban maradni egymással, valamint szórakozni. A cél nem kevesebb, mint az emberek közti technológiai és szociális korlátok felszámolása.

„E-mail, internet, mobiltelefon, webes telefonhívások, mind úgy lettek tervezve, hogy egy személy használ egy gépet, s nem családok vagy csoportok közti kommunikáció elősegítésére – mondja Nikolaus Färber, a Fraunhofer Intézet kutatója. – A technológia elválasztja egymástól, izolálja az embereket.”

Az EU által finanszírozott TA2 („Together anywhere, together anytime”, azaz „Bárhon, bármikor együtt”) projekten dolgozva, Färber és egy kutatócsoport a telejelenlétet olcsón és hozzáférhető módon az átlagos háztartásokba juttatva akar változtatni a technológia jelen állásán. Elképzelésük szerint barátok, családtagok csoportjai látnák egymást a televízió képernyőjén, hallanák egymást sztereórendszerükön, fényképeket és videókat osztanának meg, játszanának egymással. Ráadásul mindezt olyan természetességgel tennék, mintha ugyanabban a szobában lennének.

Az álom megvalósulásához, az elérhető árú és könnyen installálható telejelenlét-rendszer létrehozásához most fejlesztik a szükséges összetevőket, amelyekkel speciális szobák és óriásképernyők nélküli rendszerek építhetők ki a virtuális együttlétekhez. A szobában elég egy televízió, hangrendszer, kamera és mikrofonok, s máris kivitelezhető a kellő mértékben interaktív és immerzív élmény. A kommunikációs alapokról, működésükről a végfelhasználó számára is átlátható szoftver gondoskodna. A Fraunhofer Intézet fejlesztési stádiumban lévő audiókommunikációs motorja valós időben, hi-fi hangminőségben fog működni, ami bizony komoly előrelépés a jelenlegi internetes telefonok remegő képeihez és visszhangjaihoz képest. Más projektpartnerek, többek között a Philips, a BT és az Alcatel-Lucent interaktív eszközök és környezet-intelligencia összekapcsolásával igyekeznek javítani a videókommunikáció minőségén.

Képzeld csak el, mekkora élmény lesz, ha két vagy több család játszik valamilyen táblás játékot, s közben hallják és látják egymást. A kamerákat a háttérben működő mesterséges intelligencia irányítja a beszélő személyre, a játék során következő mozzanatra stb.

Forrás: [www.cordis.europa.eu](http://www.cordis.europa.eu)

*IT3-komment: A környezet-intelligenciával összekapcsolt jó minőségű telejelenlét-technológiák és – a szimp-la telefonáláson, üzenetváltáson túlmutató – alkalmazásaik új kommunikációs, interakciós forogatókönyvek sokaságával kecsegtetnek, amelyekben az egyénről a közösségekre, például a családokra tevődik át a hangsúly.*

# Az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karának Híradástechnika Intézete

LUKÁCS GYÖRGY

lukacs.gyorgy@kvk.uni-obuda.hu

**2009 év végén még a Budapesti Műszaki Főiskola szerepelne a címben, azonban 2010. január 1-től egyetemi besorolást kaptunk és „Óbudai Egyetem”-ként működünk tovább. Karunk, a Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar első jogelődje, a Magyar Királyi Állami Mechanikai és Órásipari Szakiskola 1898-ban kezdte meg működését a Tavaszmező utcában...**

## 1. Történetünk röviden

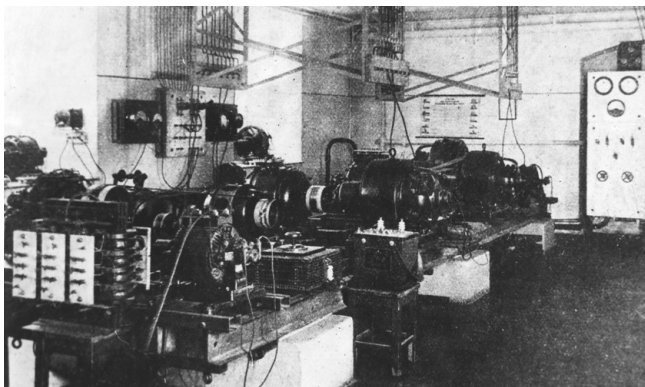
Az iskola 1927/28. tanévtől elektrotechnikai felső tagozattal bővült és tantervében már megjelentek a távjelző- és távbeszélőtechnika, a rádiótechnika, az elektromos mérőműszerek és mérések tantárgyak is.

### Tanműhely az 1930-as években

Az 1941/42. tanévben az intézmény villamosipari középiskolaként is működött és felvette Kandó Kálmán nevét. 1945/46. tanévtől Műszaki Középiskola lett, majd szinte minden évben változott az intézmény neve. 1957-től Kandó Kálmán Híradás- és Műszeripari Technikum. 1962-től a Felsőfokú Technikum is létrejött, majd 1969-ben törvényerejű rendeletben hívták életre a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskolát, amely lényegében a 2000. évi integrációig önállóan működött.

A gyengeáramú karon a négy szak között a legnagyobb létszámú a Híradástechnika szak volt, a szakirányú oktatást a Vezetékes Híradástechnikai Tanszék és a Vezetéknélküli Híradástechnikai Tanszék művelte. Az 1979-es szervezeti változást követően jött létre a két szak-tanszékből a Híradásipari Intézet (HIPI), a főiskola neve Kandó Kálmán Műszaki Főiskola lett és a szakmai profilja szélesedett. Intézetünk 1992-ben vette fel a mai nevét.

Tanműhely az 1930-as években



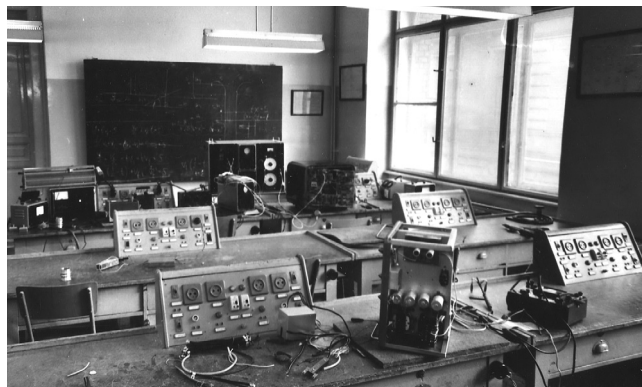
### Rádió-televízió laboratórium a 1970-es évek elején

1979-et követően az intézet vezetői Kerpán István (1990-ig), Nagy János (1998 októberéig) és Lukács György voltak.

2000-ben a Kandó Főiskola, a Bánki Főiskola és a Könyvnyűipari Műszaki Főiskola integrálódott Budapesti Műszaki Főiskola néven és hozott létre öt kart. A Kandó Kálmán Villamosmérnöki Főiskolai Kar gondozta a villamosmérnöki képzést nappali, levelező és távoktatási tagozaton, valamint részt vettünk a biztonságtechnikai mérnök, a mérnök-asszisztens, továbbá több szakmérnöki képzésben. Ezen időszak elején a Híradástechnika Intézet a telephely valamennyi hallgatója számára a Villamosságtan és a Híradástechnika I. tantárgy oktatása mellett a következő szakmai irányokban (modul) nyújtott képzést: digitális átviteltechnika, mikrohullámú technika, digitális központtechnika, műszaki akusztika, távközlési informatika, rádiótávközlés technika, stúdiótechnika. Jelenleg az intézet szakmai moduljai négy területen engednek meg választást a hallgatóknak: távközlési hálózatok, infokommunikációs hálózatok, szélessávú optikai és RF kommunikáció, média technológia és kommunikáció. Az intézet jelenlegi létszáma 17 oktató és 11 fő műszaki és adminisztrációs személyzet.

Az intézethez tartozó hallgatók csökkenő száma és a korábbiakhoz képest szerényebb középiskolai előkészítés miatt az intézet különböző megoldásokat keres az előrejutás érdekében. Külföldi részképzésre találtunk partnert, részt veszünk OKJ-s mérnökasszisztens képzésben, MSc képzésben és újabb MSc tanterv kidolgozásában.

A Híradástechnika Intézet közel három évtizedes oktatási tevékenységét külső szakemberek is figyelemre méltóan sikeresnek ítélik. A korábbinál nehezebb felté-



telek mellett is azon vagyunk, hogy a legkorszerűbb ismereteket adjuk át hallgatóinknak, folyamatosan fejlesszük oktatásunkat és megőrizzük a gyakorlati képzésünk minőségét.

## 2. Gyakorlatorientált képzés, laboratóriumi háttér

A régi Kandó Főiskola-i szemléletű tantervnek megfelelően a hallgatók sok órát töltenek laboratóriumi munkával, különösen az utolsó félévekben, ahol valóságos berendezéseken, eszközökön a gyakorlatban is alkalmazott mérőműszerekkel dolgoznak. Mintegy 15 tantárgyhoz tartozik laboratóriumi foglalkozás. Az összes kontaktóraszám körülbelül 30%-a laboratóriumi munka.

A laboratóriumok jól felszereltek, korszerű berendezésekkel, műszerekkel ellátottak. Ez korábban a hazai nagyvállalatoknak (Orion, BHG, Telefonyár stb.) és kutató intézeteknek (KFKI, TÁKI, SZTAKI) volt köszönhető. Az utóbbi időben a laboratóriumi fejlesztéseket alapítványi és szakképzési hozzájárulásból tudjuk finanszírozni, amely évente több tízmillió forint. A fejlesztésekben a hallgatók az úgynevezett „önálló laborprojekt” keretében vesznek részt.

Példaképpen néhány korszerű mérés: Cisco-route-rek alkalmazása hálózatokban, ADSL, DSLAM berendezés vizsgálata, 2,5 Gbit/s-os metro-optikai összeköttetés menedzselése, SDH gyűrűs hálózat konfigurálása, GPON passzív optikai elérési hálózat menedzselése, valóságos IP-alközpont programozói beállítása, jitter-mérések 34 Mbit/s-os elektromos/optikai összeköttetésekben, hangposta-rendszer menedzselése, digitális videovágó stúdió stb.

## 3. Hazai és nemzetközi kapcsolatok

Intézetünk az évek során számos ipari kapcsolatot épített ki. Ez a kapcsolatrendszer kiterjed a kis- és középvállalatokra ugyanúgy, mint a multinacionális cégekre. Ezen együttműködések fő területei a következők:

### Oktatási együttműködés

Az oktatástámogatási tevékenységek között említethetők a tantárgyak tananyagának kialakításához adott információs anyagok, szakmai kiadványok, irodalmi források, konzultációs lehetőségek biztosítása, órák megtartása, záró dolgozatok kiírása, konzultálása, részvétel a Záróvizsga Bizottságok munkájában.

Fontos szerepe van az üzemeltetések szervezésének, a laboratóriumi gyakorlatok kidolgozásához szükséges eszközátadásoknak, esetenként kölcsönzéseknek.

Jelentős a kooperatív képzésben való ipari részvétel is, mely során a cégek egy, illetve két félév során a hét négy napján munkalehetőséget biztosítanak az e képzésen résztvevő hallgatóknak. További együttműködési színteret jelent a mérnökasszisztens, a távoktatás és a posztgraduális szakmérnök képzésben való részvétel, amely képzésekre jelentkezők támogatását a cégek biztosítják.

### Szakképzési támogatás nyújtása

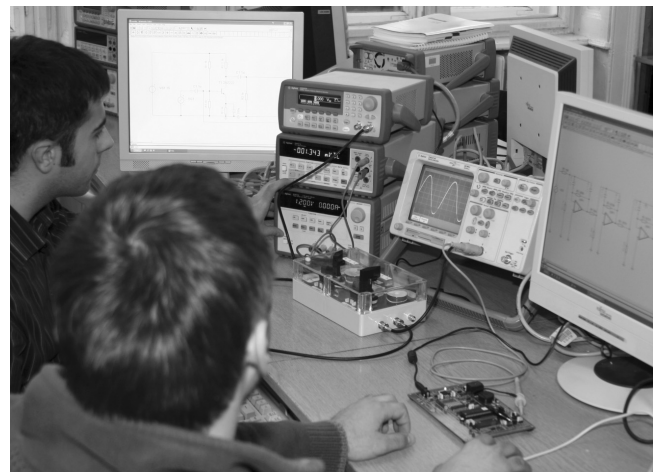
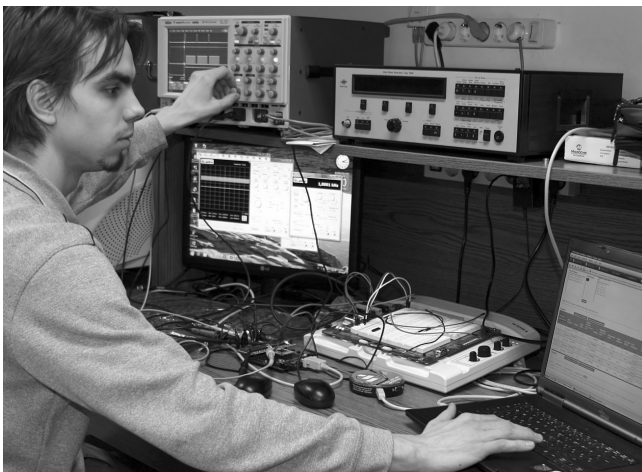
A szakképzési fejlesztési támogatás kiemelkedő jelentőségű az Intézet életében. A támogatási összeg 80%-a fordítandó eszközbeszerzésre, amely révén az iparban is használatos műszerek, korszerű eszközök kerülnek a laboratóriumokba. Az ilyen eszközállományon tanuló diákok majdan végzett mérnökök azonnal „mélyvízbe dobhatók” az ipari vállalatoknál, szolgáltató üzemeknél. Régi tapasztalat, hogy a munkaerőpiac szívesen fogadja az ilyen szinten képzett mérnököket. A szakképzési fejlesztési támogatás fennmaradó 15%-a a gyakorlati képzéssel kapcsolatos működési kiadásokra, míg 5%-a a szakképzés korszerűsítéséhez szükséges tananyag- és taneszköz-fejlesztésre, valamint a szakmai, elméleti és gyakorlati oktató tanárok és gyakorlati oktatók akreditált továbbképzésére fordítható.

2001 és 2010 között a fejlesztési támogatások összege Intézetünkben elérte a 307 millió Ft-ot. A 2009-es évben ez a bevétel 33 millió Ft volt.

### Innovációs kutató-fejlesztő együttműködés

Intézetünk kezdetektől végez kutató-fejlesztő munkát az ipar széles köre számára. A Kandó Kar kutatócsoport-

*A laboratóriumok jól felszereltek, korszerű berendezésekkel, műszerekkel ellátottak*



jai a Kandó Technológia Transzfer Központ (KTTK) keretében öt K+F műhelyben végzik tevékenységüket, amelyek között az Info-kommunikációs rendszerek műhely gondozója az intézetünk 2005 és 2010 közötti innovációs munkákból származó intézeti bevétel 190 millió forint volt. A Karon az öt műhely összesített bevétele ezen időszakban meghaladta az egymilliárd Ft-ot.

A műhelyek által elvégzett innovációs K+F munkák témái megtalálhatók a Kar honlapján az Innováció menüpontban. Itt az együttműködő partnereket, megbízókat is feltüntettük.

Fontos körülmény, hogy az innovációs K+F munkákban szerzett tapasztalatok, ismeretek beépülhetnek az oktatott tantárgyakba is, ezáltal folyamatosan korszerűsödik tananyagunk. További hasznos velejárója, hogy hallgatóink részt vehetnek ezen kutatómunkákban, melyek révén olyan tapasztalatokat szerezhhetnek tanulmányaik során, melyeket gyümölcsözően kihasználhatnak majd leendő munkahelyeiken. A tudományos tevékenység további színtere a hallgatói Tudományos Diákkör (röviden: TDK). A Kar diákjai 2000-2009 között az évenként megrendezett Intézményi Diákköri Konferenciákon több mint 500 előadást tartottak.

A nemzetközi együttműködések területén nagy jelentőséggel bírnak az ERASMUS keretében folyó oktatói és hallgatói csereprogramok. Hallgatóink egy vagy két félévet tölthetnek külföldi partnereknél tanulmányi vagy gyakorlati programok céljából. A Híradástechnika Intézet együttműködő partnerei Németországban, Finnországban, Spanyolországban, Franciaországban, Portugáliában és Romániában található felsőoktatási intézmények.

A Kar – és ezen belül az Intézet – részt vesz az úgynevezett kettős diploma (Double Degree) programban. Hat ország nyolc felsőoktatási intézménye írta alá az egyezményt, amely révén lehetőség van kettős diploma megszerzésére, ha a hallgató legalább két szemesztert eltölt valamely partnerintézménynél és teljesíti a szakmai szemeszterek követelményeit. Ezen szemeszterek a képzés utolsó időszakára tehetőek, mikor már a szakirányú ismeretek kerülnek sorra.

A Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar 2010. január 13-án együttműködési megállapodást írt alá az egyiptomi Higher Technological Institute 10th of Ramadan és az El Asher 10th of Ramadan felsőoktatási intézményekkel annak érdekében, hogy az egyiptomi diákok megfelelő képzési szint elérése után intézményünkben folytathassák tanulmányaikat és megkaphassák az általunk kibocsátott diplomát. A képzés nyelve az angol és a jelenleg választható két szakirány a híradástechnika, valamint a műszertechnikai és automatizálási szakirányok.

Intézetünk dolgozik a komplex angol nyelvű képzési kínálat kidolgozásán annak érdekében, hogy már az első szemesztertől tudjunk külföldi diákokat fogadni. A beérkezett információk alapján jó esélyt látunk arra, hogy mind az egyiptomiak számára kidolgozott program, mind a komplex angol nyelvű képzési forma nagy érdeklődésre tarthat számot számos afrikai és ázsiai ország diákjai körében.

#### 4. Tudományos munka, K+F publikációk

Intézetünk a kutatás-fejlesztés terén nagy múltra tekint vissza. Többnyire az iparral szoros együttműködésben, a versenyszférában valós kutatási és gyakorlatban is jól hasznosítható témákban végezzük tevékenységeinket. Az elmúlt öt év legfontosabb kutatási témái a következők voltak:

- Közüemi fogyasztásmérők elektronikus leolvasása és adattovábbítás (smart metering);
- Telekommunikációs hálózatban hívásadat-gyűjtés (CDR) és továbbítás;
- Nagy sáv szélességű előfizetői hozzáférés IP-hálózathoz kábeltévé-hálózaton (DOCSIS3.0);
- Kábeltévé-hálózat optikai gyűrűs továbbfejlesztési lehetőségei;
- IP-TV gyakorlata és pilottesztek kábeltévé-hálózati hozzáférés esetén;
- Televíziós műsorszórás technikákkal kapcsolatos tanulmányok (DVB-S2, DVB-C2);
- Passzív optikai hálózatok kialakíthatósága a gyakorlatban (FTTx tanulmány).

A **közüemi fogyasztásmérők** elektronikus leolvasása témában több ipari partnerünk is volt. Kutatást folytattunk gázfogyasztás-mérők leolvasásával és adatok összegyűjtésével, majd azok továbbításával kapcsolatban, de kutatási feladatokat láttunk el elektromos fogyasztásmérők adattovábbításával kapcsolatban is.

A **gázfogyasztás-mérők** elektronizálása esetén külön gondot jelent az adatleolvasó és adattovábbító eszközök tápfeszültséggel történő ellátása. Sok esetben sem műszakilag, sem pedig jogilag nem megoldható a 230V-os hálózatról történő táplálás. Telepes, illetve akkumulátoros üzem esetén a kutatás fókuszába került a hatékony energiátárolás és felhasználás. A hatékony energiafelhasználás alapja az, hogy megfelelő chip-ek és azokon tápáram-takarékosság szempontjából megfelelő technikájú szoftverek készüljenek és közösen alkotson egy összehangolt rendszert. Kutatásaink során megvizsgáltuk a gázfogyasztás-mérők esetén a helyi tápáram-termelés lehetőségeit is. Kísérletekkel bizonyítottuk, hogy membrános kivitelű, mechanikus mérők esetén a gázfogyasztás során előálló mozgási energiát át lehet alakítani elektromos energiává úgy, hogy közben a gázmérő be- és kimeneti csatlakozásai közt a nyomáscsökkenés a megengedett határértéken belül maradjon. Energiamérlegünk kimutatta, hogy az így előállított elektromos energia elegendő a folyamatos méréshez, az óránkénti fogyasztás összegzéséhez és az adatok továbbításához. Adattovábbításra az ISM sávban működő rövid hatótávolságú rádiós interfészt alakítottunk ki, amelyen keresztül a mérési adatok központi gyűjtőhöz jutottak. A központi gyűjtő eszköz a központi szerverrel nyilvános mobil hálózaton kommunikált csomagkapcsolt (GPRS) átvitelrel.

**Elektromos fogyasztásmérők** esetén a „smart metering” egészen más problémákat rejt. Kutatásaink egy meglévő rendszer tökéletesítésére és modernizálási le-

hetőségeinek áttekintésére terjedt ki. A meglévő rendszer áramkörkapcsolt adatátvitellel (CSD) kommunikált. Kísérleti rendszerünkkel bizonyítottuk, hogy a hatékonyabb csomagkapcsolt (GPRS) átvitelre lehetséges az átállítás, miközben a meglévő rendszer (ami később backup rendszerként üzemelhet) párhuzamosan működhet az újjal. A GPRS kommunikációra képes eszköze „Open AT” környezetben fejlesztettünk kísérleti alkalmazásokat. Az elektromos fogyasztásmérő a kommunikációs eszközzel DLMS/COSEM protokollnak megfelelően kommunikált.

Az előzőleg bemutatott alkalmazások kis adatátviteli sávszélesség-igényt támasztanak. Napjainkban számos olyan alkalmazás (elsősorban multimédiás) létezik, amely sávszélesség-igénye meglehetősen magas. Ezen alkalmazások elvárásai elsősorban FTTx, vagy DOCSIS hozzáférésekkel valósíthatók meg. A néhány száz 100 Mbit/s adatátviteli sebesség biztosítása az előfizetői végponton manapság már realitás. Ez nem volt így pár évvel ezelőtt, amikor intézetünkben szélessávú hozzáférések kutatása zajlott. A DOCSIS 3.0 specifikációknak részben megfelelő (Pre-DOCSIS) pilothálózat tesztelésében is részt vettünk. Szélessávú hozzáféréseken IP-TV platformot is vizsgáltunk, feltérképeztük a gyors csatornaváltás lehetőségeit (SD és HD adások esetén egyaránt) és annak esetleges hibáit.

Intézetünk az **NHH-val kötött együttműködési szerződés** keretében az aktuális feladatok figyelembe vételével kidolgozott, évente megújított munkaprogram szerint kiemelt figyelemmel kíséri a rádió- és televízió-műsor-szolgáltatás különböző platformjain alkalmazható új műszaki technológiákat és szolgáltatásokat, azok szabványosítási helyzetét, valószínűsíthető jövőbeli változásait.

Az elmúlt két év jelentősebb projektjei:

- Elektromágneses terek emberi expozíciója témakörében a törvényi szabályozás, szabványok, ajánlások összegyűjtése, rendszerezése, egészségi kockázatok, mérési- és kiértékelési módszerek, monitorozási megoldások áttekintése, valamint összefoglaló tanfolyam tartása;
- Adatátviteli megoldások, szabványok áttekintése 2G, 2.5G, 3G, 3.5G, 4G rendszerekben, FM-adások zavartatási problémáinak áttekintése, a megnövelt MPX teljesítmény hatásainak, a hatásokat kompenzáló lehetséges eljárások, megoldások elméleti vizsgálata, mérésorozat végzése, kiértékelése.

Az NHH lehetőséget biztosít hallgatóink elméleti és gyakorlati kiegészítő képzésére a korszerű eszközökkel felszerelt kábel-TV laboratóriumában. A képzés szervezeten illeszkedik a laboratóriumi órarendünkbe.

A **veszélyhelyzeti kommunikáció** egyes műszaki és szabályozási kérdései az elmúlt években a világ számos országában kiemelt fontosságot kaptak, így Magyarországon is. Egy katasztrófa bekövetkezésekor a készenléti, állami- és kormányzati szervezetek eredményes együttműködésének előfeltétele a gyors és hatékony információcsere és kommunikáció, melyhez alapvető-

en szükséges az elektronikus hírközlési- és informatikai hálózatok, a lakossági segélykérő és segélyhívó rendszerek megbízható működése, valamint a modern információs társadalom elvárásainak is megfelelő lakossági riasztási és tájékoztatási megoldások alkalmazása.

A veszélyhelyzeti kommunikáció jelenleg intézetünk egyik kiemelt kutatási területe. 2007. szeptember 10-11-én Budapesten első ízben rendeztünk magyarországi szakmai konferenciát ebben a témakörében (EMCOM' 2007), amelyen 170 szakember vett részt, többek között távközlési szolgáltatóktól, készenléti- és kormányzati szervezetektől. A nagy érdeklődésére való tekintettel a konferencia (150 résztvevővel, 30 előadással) ismételt megrendezésre került Hajdúszoboszlón (EMCOM' 2008), a PRO-SEC Kft-vel közösen. 2009-ben a HTE-vel közösen szerveztük a következő konferenciát Hévízen (EMCOM' 2009), ami már harmadik volt a sorozatban. Az Apponyi Albert Mecenatúra pályázati program támogatását két ízben is elnyerve lehetővé vált 12 hallgatónk és 4 oktatónk ingyenes részvétele a konferenciákon. Az EMCOM-konferenciasorozat immár intézetünk, karunk védjegyévé vált.

Intézetünkben az elmúlt 3 évben három kollégánk szerezte meg a PhD fokozatot, további három kolléga közel jár hozzá. A publikációk számukra feltétlen szükségesek, azonban igyekszünk a K+F munkáink eredményeit is közzétenni. Az elmúlt öt évben 1 könyv (írás, szerkesztés), 14 oktatási jegyzet, 8 cikk, és 12 konferenciaelőadás fűződik Intézetünkhöz.

Jelenleg az egyetemmel való válással kapcsolatos változásokat éljük. Próbálunk a magasabb követelményeknek eleget tenni, úrrá lenni a generációs problémákon (előregedett oktatói kar, hiányzó utánpótlás). Bízunk abban, hogy hagyományainkhoz hűen továbbra is a villamosmérnökök elismert képző helye leszünk.

# Az első nyolcvan év

## Dr. Lajtha György 80. születésnapjára

DOMBI ANDRÁS

*dombiandras@t-online.hu*

**Március 9-én megható ünnepségen vehettünk részt, meghívtak a Magyar Telekom Székházának földszinti, később szűknek bizonyult előadótermében.**

**Lajtha György professzor úr számtalan, (e cikk terjedelme miatt felsorolhatatlan) cím birtokosa tiszteletére ünnepséget rendezett nagyszámú tisztelőtáborba szűk csapata, Bajtainé Szilasi Hedvig vezetésével.**

A gyorsan növekvő számú ünnepelő társaság hamar megtöltötte az aulát, türelmesen várva a díszterem megnyitását, jóval a meghirdetett időpont előtt. Szinte percre pontosan jelent meg mindannyiunk Gyuri bácsija, a maga egyszerűségével, gyakran meghajlogató, kedvesen bólogató, ám hatalmas tiszteletet követelő mosolygásával, kedves felesége, Brebovszky Judit társaságában.

Mindkettőjük arcán az a jellegzetes mosoly volt látható most is, melyet e sorok írója annyi évtizeden át közvetlen beosztottként, kezdő mérnöként megismerhetett. A viszonylag kis terem hamar megtelt, kellemes emlékekkel „belehelve” annak hangulatát. (Ez szó szerinti problémát is okozott a rendezőségnek és a technikusoknak, nem győzván megoldani a túlmelegedést jelző termosztátok vészjelzésének megelőzését.) Gyuri Bácsi alig tudott eljutni a mindig gondosan kiválasztott második sorban levő székéhez, a gratulálók sorfala mellett.

A köszöntő szavakat Dr. Sallai Gyula a BME tanszékvezető professzora zárta, munkatársa, tanártársa és kollégájaként. Szinte felsorolni is lehetetlen volt azokat a méltán kiérdemelt magyar és nemzetközi szakmai címeket, melyek Lajtha György neve után következnek, – egy hatalmas szakmai múlt méltán kiérdemelt

elismeréseként. Szándékosan nem az után szó illik ide, hiszen ez még csak az első 80 év tevékenységét jelenti.

1952-ben lépett be az akkori Posta Kísérleti Állomás munkatársai közé, ahol hamarosan közép, majd felsővezetői pozícióba jutott, soha nem mulasztván napi szakmai munkáinak ellátását, a „fél nyolcas kezdéssel”. A rengeteg újító szakmunka, melyeknek sorát lehetetlen e cikk keretében felsorolni, örökre a PKÁ-hoz, későbbi nevén a PKI-hoz kötötte. De nemcsak ez a szakmai munka, hanem az akkor szokásban levő kedves tevékenység következménye is, miszerint az intézeti esti rendezvények után a szervezők sorsot húztak, hogy melyik fiatal kísérje haza az összejövetellek hölgytagjait, hogy az estékben ne kelljen egyedül hazamenniük. (Manapság ez már talán ismeretlen fogalom.) Lajtha Györgynek akkor Judit kisasszonyt sorsolták ki, amiből egyre gyakoribb hazakísér-

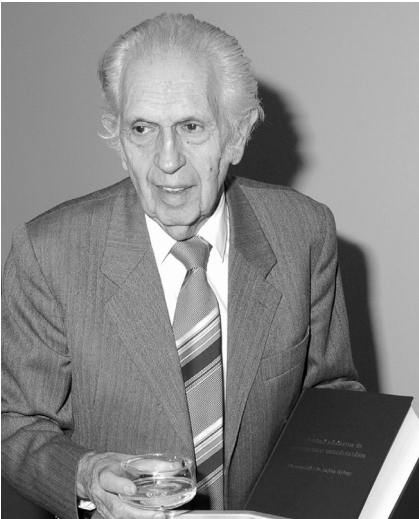
getés lett. Persze nem következmények nélkül, hiszen 1958-ban az akkori PKÁ-sok örömmel vehettek részt a két fiatal postás esküvőjén, melyből életre szóló házasság lett.

Felsorolhatatlan azoknak a szakmai munkáknak, új technológiáknak, eljárásoknak a sora, melyeket Gyuri bácsi első 80 éves tevékenysége során bevezetett, fejlesztett, kisebb-nagyobb munkatársi gárdájával. Munkatempóját mutatja, hogy ma is az Egyetem gyakorló professzora, a – nevében, eredeti szervezetében már csak volt – PKI szaktanácsadója és a legkülönbözőbb szakmai fórumok kritikus hallgatója, résztvevője, előadója.

Véget nem akart érni azoknak a sora, akik a pezsgőspohárral kocintani kívántak a köszöntők elhangzása és az ajándékok átadása után. A meglepetések között szerepelt egy különleges kötet, mely szakmai almanachnak is mondható. Ez egyet-

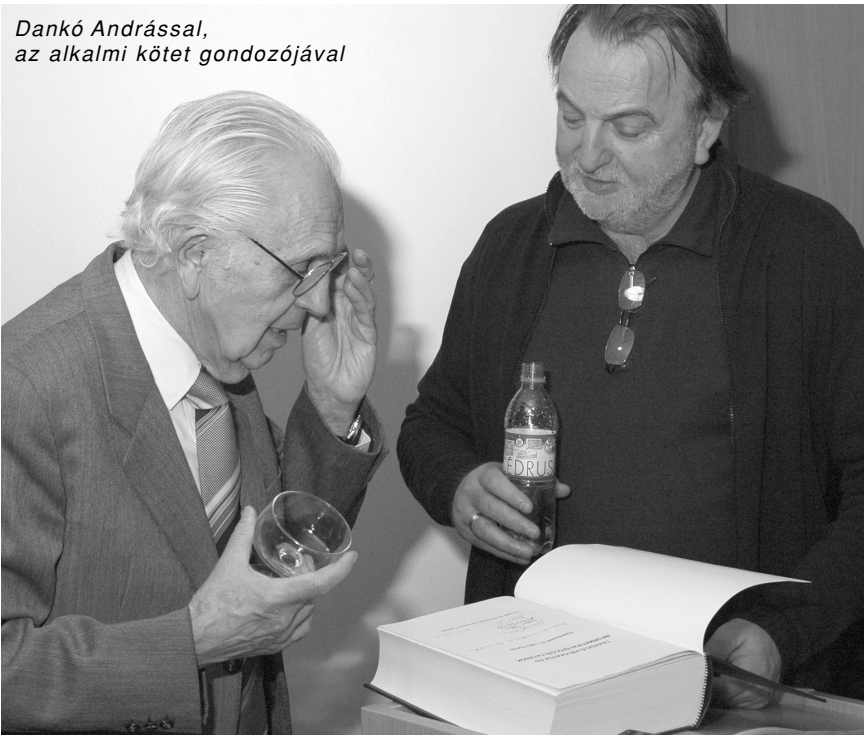
*Sallai Gyula átadja az online-könyv díszkötéses, egyedi példányát*





len díszpéldányban jelent meg Lajtha György szerkesztésében, a HTE kiadásában, a korábbi kolléga, *Dankó András* kitartó munkájaként. A benne levő információk mennyiségét és szó szerinti súlyát is jelzi, hogy a sűrű fényképezések közepette az Ünnepeletnek legtöbbször két kézzel kellett tartania a világon egyetlen példányban megjelent kiadványt. Gyuri bácsi eddigi tevékenysége örökre beíródott a hazai és nemzetközi szakirodalom almanachjába, melyet jelképez ez a hatalmas kötet is, amelynek értékét jól mutatja, hogy az ünnepelet után egy kulccsal elzárt helyre kerülve várja a jogos tulajdonos számára a hazajuttatást.

*Dankó Andrással,  
az alkalmi kötet gondozójával*



A PKI ugyan jogilag megszűnt, de munkása, dolgozója, szellemi, később fizikai irányítója azóta is fáradhatatlanul járja a szakmai berkeket, rövid, de igen megszívlelendő tanácsaival erős adva fiatalabb-idősebb kollégáinak, szakembereknek. E sorok írója is Tőle kapta első nagylélegzetű szakmai munkáját, melyet rendszeres látogatásával, szigorú kérdéseivel segített eredményesen lezárni, majd az első országos előadása elé szervezni. Igaz, ott jött csak a legszigorúbb jelzés, ami az előadás idejét limitálta... Életre szóló tanács volt: „röviden, de lényegre törően”!

Lajtha György nem fárad, de nem is teheti, hiszen idáig ez még csak az első 80 esztendő volt. Hol van még a következő...! Szeretnénk akkor is ott lenni, ünnepelni.

*Kedves Lajtha szaktárs,  
Gyuri bácsi!*

*Nagy tisztelettel kívánunk sok erőt, egészséget és legalább ilyen vitalitást az elkövetkezendőkre, mindannyiunk örömére, tanulására, okulására. Köszönjük az első nyolcvanadot, és várjuk a többit... Isten éltesse sokáig, erőben, egészségben!*

(A szerző fotóival)

## Hírek

### Mindentudás Egyeteme: megújult forma, új tartalom

Szeptembertől új formában jelentkezik a nagyszerű előadás- és televíziós sorozat az MTA és a Magyar Telekom együttműködésével. A „Mindentudás Egyeteme 2.0” műsoraiban a tudományos igényesség a legkorszerűbb technikával ötvöződik.

A tervek szerint 48 adásból álló műsorsorozat 16 tudományterületet mutat be, amelyeket Magyarországon kiemelkedő tudósai, a program Szakmai Tanácsadó Testületének tagjai választottak ki a Mindentudás Egyeteme Kft. szakmai vezetőinek közreműködésével. Az előadássorozat témái szorosan kapcsolódnak a világszínvonalú K+F tevékenységhez és a bemutatandó eredmények közvetlen hatást gyakorolnak a társadalom tagjainak mindennapi életére is.

Az új elgondolások szerint egy-egy témáról három – egymással összefüggő – részből álló televíziós adás készül. A korábban is nagy érdeklődéssel kísért egyetemi előadás jellegű részt követően egy-egy téma felkért szakértői kerekasztal-beszélgetésen vitatják meg az előadásokban felvetett szakmai kérdéseket és azok társadalmi vonatkozásait. A kutatási eredmények gyakorlati hasznosításáról pedig dokumentumfilm-szerű műsorban tájékozódhat a nagyközönség.

A hét hónapon át tartó műsorfolyamat kéthetes sugárzási ciklusokban követhetik a nézők a Duna Televízión. Az adások időpontjáról plakátokról, kiadványokból, tv-spotokból és a program honlapjáról értesülhetnek az érdeklődők. A programok egy részét vidéki egyetemi városokban rögzítik, így több nemzetközi hírnevet szerzett tudományos műhely is bemutatkozhat az új sorozatban.

Megújul a Mindentudás Egyeteme honlapja is, ahol a legkorszerűbb kommunikációs eszközök és formák közvetítik a 21. század tudományát. Nemcsak az előadások és az azokat kiegészítő háttérinformációk jelennek meg és tölthetők le szeptembertől, de az új portál nagyobb mértékű interaktivitást is lehetővé tesz majd. Az adásokat elektronikus tananyag egészíti ki, amely nélkülözhetetlen segítség lehet középiskolai tanárok, diákok, felvételizők számára.

## Emlékezés egy „abszolút” mérnökre

SZÉKELY-DOBY SÁNDOR

*szekelydoby@freemail.hu*

**Neve: Nemes Tihamér**

**Foglalkozása: mérnök**

**Született: 1895. április 29-én Budapesten**

**Meghalt: 1960. március 30-án Budapesten**



**K**i is volt tulajdonképpen az 50 éve elhunyt Nemes Tihamér? Ha most összegyűjthetnénk régi ismerőseit, munkatársait, bizonyára egymás szavába vágnának:

- a hazánkban legelterjedtebb CB-35-ös típusú asztali telefonkészülék egyik konstruktöre,
- a hazai televíziózás megteremtésének egyik úttörője,
- a klasszikus számító- és kibernetikai gépek kiváló szakértője,
- a logikai és játszma-játszó gépek egyik legkiválóbb ismerője,
- az emberi szervezet és a gépi szerkezetek közötti analógiák szenvedélyes kutatója.

Munkásságát első sorban találmányai fémjелеzik. Hőtechnikai találmányával, a hőszivattyúval megelőzte korát, jelentőségét csak később ismerték fel. Szabadalmat kapott elektronikus („éter”-)orgonájára, melynek egy oktávját el is készítette. Szabadalmaztatta a saját találmányú kettős optikai rendszerrel kialakított 625 soros „flying-spot” filmközvetítő egységet. Az emberi szervezet és a gépi szerkezet közös vonásait kutatva 1935-ben feltalált egy beszédíró gépet, majd járógép-találmányával keltett feltűnést.

Tervezett különféle játszma-játszó gépeket; egyik tanulmányában a kétlépéses sakkeladványok megfejtésének az algoritmusát tárgyalta és közölte erre szolgáló gépének a blokk-sémáját is. (Nemes Tihamér nem érte meg a félvezetős technika robbanásszerű elterjedését. Gépei az akkor rendelkezésre álló mechanikus, elektromechanikus és elektronikus elemekből megalkotható leghatékonyabb, legkorszerűbb szerkezeteknek tekintették.)

Nem volna megfelelő képünk az egyéniségéről, ha csak életrajzszerűen felsorolnánk, hol tanult és mit dolgozott. Ám annyi bizonyos, hogy hatással voltak rá kiváló műegyetemi tanárai (többek között Bánki Donát, Kürschák József és Zipernowsky Károly), akik révén nemcsak a diplomáját szerezte meg 1917-ben, hanem akiktől egy életre kiható mérnöki szemléletmódot is kapott.

Mint a Standard-gyár fiatal mérnöke személyesen is megismerkedtem vele. Édesapám, akivel majdnem pontosan egyidősek voltak, s kis híján évfolyamtársak is, gyanította, hogy ő valószínűleg azonos azzal a Nemes Tihamérral, aki évek hosszú során át volt – az egyetemi életet, annak bohóságait és bosszúságait kifigurázó – „Vicinális Dugóhúzó” szerkesztőbizottságának a tagja. A gépészmérnökök e nevezetes lapjának az 1928-as évfolyamában azután meg is találtuk Nemes Tihamér egy önarckép-grafikáját, az alábbi szöveggel: „Fenti képünk egy darab Nemes Tihamért ábrázol Vicinális Dugóhúzó szerkesztői mivoltának 7. évfordulója alkalmából. Foglalkozásra nézve gépészmérnök, akit az oklevelesek szigorlónak néznek, a szigorlók festőnek, a festők jó zenészeknek, a zenészek kiváló művésznek, a művészek viszont abszolút mérnöknek tudják. Balkézssel rajzol, jobb szemén óraüveggel.”



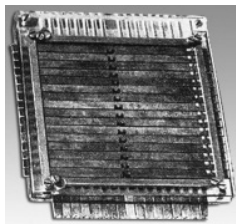
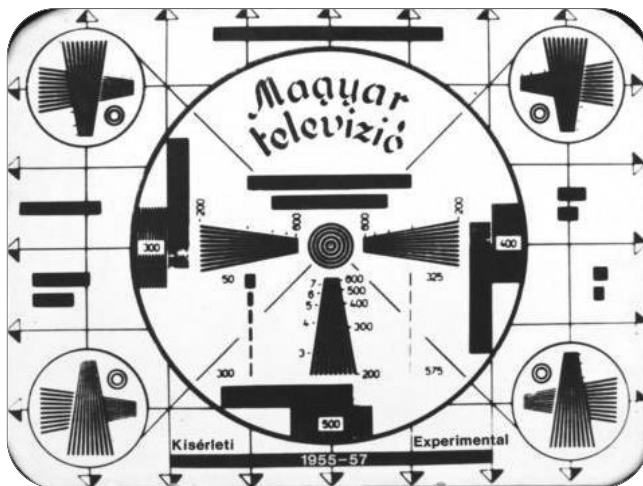
*Nemes Tihamér  
önarckép-grafikája  
a „Vicinális Dugóhúzó”  
1928-as számában,  
(45. oldal)*

Utóbb magam is meggyőződtem arról, hogy a Vicinális Dugóhúzó megállapítása nem légből kapott. Tihi bácsi a matematikától a műszaki területekig, a zenétől az orvostudományig kiterjedt és széleskörű ismeretanyaggal rendelkező szaktekintély volt. Ezért azután valami olyan kép alakult ki bennem, hogy ha Nemes Tihamér néhány évszázaddal korábban Észak-Olaszországban született volna, talán ő lett volna Leonardo da Vinci. Akkoriban valóban úgy gondoltam; Nemes Tihamért polihisztor-skatulyába kell besorolni, aki minden tudománynak és művészetnek a kiváló művelője.

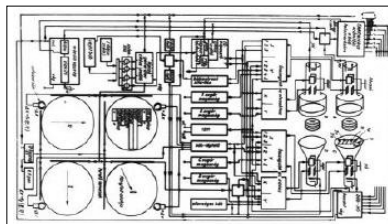
Később aztán rájöttem, hogy a polihistorok kora lejárt, s Tihi bácsi egyébként sem az. Ízig-vérig mérnök volt vagy ahogyan a „Vicinális Dugóhúzó” fogalmazta: abszolút mérnök. Igaz, hogy minden szakterület érdekelte, de minden inkább csak mérnöki hivatásának a szemüvegén keresztül.

Valóban sokat foglalkozott a matematikai logika alapjaival, de úgy gondolom erre azért kényszerült, mert egy-egy jelöléstechnika híján csak így volt lehetősége arra, hogy a logikai gépek működését tanulmányozza, leírja, elemezze. Behatóan tanulmányozta az élettant azért, hogy minél jobb orvosi ismeretekkel rendelkezék az idegműködések működésének a szimulálásához. Jellemző Nemes Tihamér szárnyaló fantáziájára, hogy már akkor szemléletesen modellezte az idegrendszer működését, amikor az elektronika miniaturizálása még sehol sem volt.

Nemes Tihamér-féle monoszkóp az ötvenes évekből



Nemes Tihamér logikai gépe



Sakkfeladványokat megoldó gép vázlat

Hasonló volt a helyzet a nyelvtudományok tanulmányozásával is, hiszen már akkor részletesen megadta a fordító-gépek működésének a funkcionális leírását, amikor azok reális körülmények között történő megvalósítása aligha volt elképzelhető. Zenei tanulmányainak az indítéka is bizonyára az volt, hogy megálmodhassa a komponáló gépek mechanizmusát, funkcionális működését. A legkülönbélebb életfunkciók bemutatására felvázolt gépeket: szimulálta a növények tavasz-megérző képességétől a komikum mechanizmusáig a legkülönbélebb jelenségeket. Azt is leírta, hogyan lehet elképzelni olyan gépet, amely szaporodni képes.

Ha kellett, utána nézett az elméleti alapoknak, de úgy gondolom, sokkal nagyobb sikerélményt jelentett számára egy találmány, vagy akár csak egy szellemes mű-

szaki megoldás, mint egy matematikai vagy fizikai összefüggésnek a felismerése. A kizárólag mechanikus elemekből felépített Jevons-féle logikai pianínó (ami nem hangszer, hanem egyszerű logikai feladatok demonstrálására, illetve megoldására szolgáló logikai gép) szellemes kialakítása annyira rabul ejtette, hogy nem átalította – időt s fáradságot nem kímélve – elkészíteni annak egy rekonstrukcióját.

Mint mérnök a leghaladóbb réteget képviselte. A műszaki életben megjelenő újdonságokra azonnal reagált. A villamosság és az elektronika előretörésével lépést tudott tartani. Sok találmánya jelent meg a rádióval, televízióval kapcsolatban, de talán még ennél is nagyobb jelentőségű a munkássága olyan vonatkozásban, hogy egy-egy műszaki újdonságnak rögtön igyekezett megtalálni a helyét a mindennapi élet alkalmazásában. Mi sem jellemzőbb szerteágazó érdeklődési körére, mint az, hogy későbbi (posztumusz) „Kibernetikai gépek” című könyvének a lektorai között a szakmabeliek mellett olyan nevek is olvashatók, mint Ádám György orvos, Bárdos Lajos zeneszerző, Kalmár László és Rényi Alfréd matematikusok.

Sokan éppen ezt a könyvet tekintik Nemes Tihamér tudományos hagyatékának. Ebben valóban szinte minden megtalálható, ami műszaki pályafutása alatt érdeklődési körébe tartozott. Hozzá kell azonban tenni, hogy ennél sokkal többet adott át fiatal munkatársainak, akiket felkészített a műszaki élet további fejlődésére, és akik közül többen is jelentős szerepet vállaltak a híradástechnika, távközléstechnika, a számítógépes technika és informatika továbbfejlesztésében.

Mindenkor örömmel és szeretettel emlékezem vissza Tihi bácsival folytatott beszélgetéseinkre és életem egyik nagy megtiszteltetésének tekintem, hogy részt vehettem a „Kibernetikai gépek” könyve lektorálásában. Úgy gondolom, Nemes Tihamér tényleges műszaki munkássága mellett egyik legnagyobb erőnye, hogy példát mutatott az utókornak arra, milyen a hivatása magaslatán álló mérnök.

Azt hiszem, a mai mérnökgeneráció Nemes Tihamérnak azzal tudna legszebb emléket állítani, ha az ő érdeklődését, munkásságát és kreatív egyéniségét tekintené eszményképének.

### Conditions and trends in space activity (2009) – Part 2

*Keywords: space research, futurology, space and society, space communication, global positioning, remote sensing*

It is informative to overview the condition and probable directions of changing, the deterministic trends of space activity. The goal of this paper, which is the fourth in a series in the last 40 years, is to present an overview summing up the actual conditions and probable changing of the global space activity and a brief summary of the situation of the space activity in Hungary.

### Quantum channel

#### in Earth–satellite and satellite–satellite communications

*Keywords: quantum communications, space telecommunications, atmospheric modelling*

Nowadays RSA is one of the most used algorithms, but what will be the next one? Quantum informatics based on quantum mechanical principles is one of the promising future technologies. Long-distance free-space and satellite quantum communication experiments have been demonstrated the feasibility of extending quantum channel from the ground to a satellite, and between satellites in free space. In this paper we present some interesting physical properties of the Earth-space and space-space channels and show how we can establish a quantum based space communications.

### Semantic Web: All that you should know about it

*Keywords: Semantic Web, WWW, network, future, ontology*

It is often referred to as Web 3.0. There are utopian things told about it: that it will make people's life easier, and that the human-centered usage of computers will be reached with it. Why do experts think that the Semantic Web is going to revolutionize the Internet. Which technologies are needed to make the Web more usable and intelligent? How should we imagine the New Internet? The article is trying to answer these questions in an easy to understand way.

### Shared protection in multilayer networks

*Keywords: WDM, optical networks, multilayer networks, traffic grooming, lightpaths optical-electrical converter*

Due to the evolution of optical components the light-path set can be modified increasingly faster. This fact means a step forward in the topic of shared protection in optical networks, since protection routes can be set-up and activated as the failure happens in the network. This way also sharing of optical incoming and outgoing ports, as well as sharing of optical-electrical converters become possible. In order to exploit this feature protection routes have to be designed in advance in a cautious way.

### Specific tools and methods in the project management in the practice of public administrations

*Keywords: project management, project sponsor, public administration, strategy, planning, monitoring*

The goal of this article is to give a brief insight into phenomena of public administration organisations that already differ, at the basic attitude level of these organisations concerning projects, from the attitude of actors of the competitive sector. It reflects on a few basic differences that require a committed, inevitable support and active participation of the top management. The article also introduces some elements of a good practice, proposing three joint keys to the solution: strategy, committed top management support and share of information within the organisation.

### Excerpts from the IT3 Panorama blog

*Keywords: nanotechnology, picture recognition, enhanced reality, robots, virtual meetings*

The Hungarian National Council for Communications and Information Technology launched an ICT technology assessment and forecasting project in 2005. As a useful by-product, a bimonthly newsletter „IT3 Panorama” is being published containing actual news items relevant to the topics of the project, currently in a blog form. We publish excerpts from this interesting collection of short articles.

### Introducing Institute of Communications Technology of Budapest Polytechnic

The article summarizes the history of the university and the department, gives an overview of educational and research activities of the department, highlighting the most important research and development projects.

---

### Szerkesztőség

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

### Hirdetési árak

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

### Cikkek eljuttathatók az alábbi címre is

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

### Előfizetés

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

### 2010-es előfizetési díjak

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

### Subscription rates for foreign subscribers:

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

www.hte.hu

Felelős kiadó: NAGY PÉTER  
Lapmenedzser: DANKÓ ANDRÁS

---

HU ISSN 0018-2028

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