

# 1. KORLÁTLAN SÁVSZÉLESSÉG ÉS TÁROLÓKAPACITÁS

Bartolits István

*Az adatátviteli és tárolási kapacitások korlátainak jelentős csökkenése új szolgáltatások és új üzleti modellek megjelenését eredményezi.*

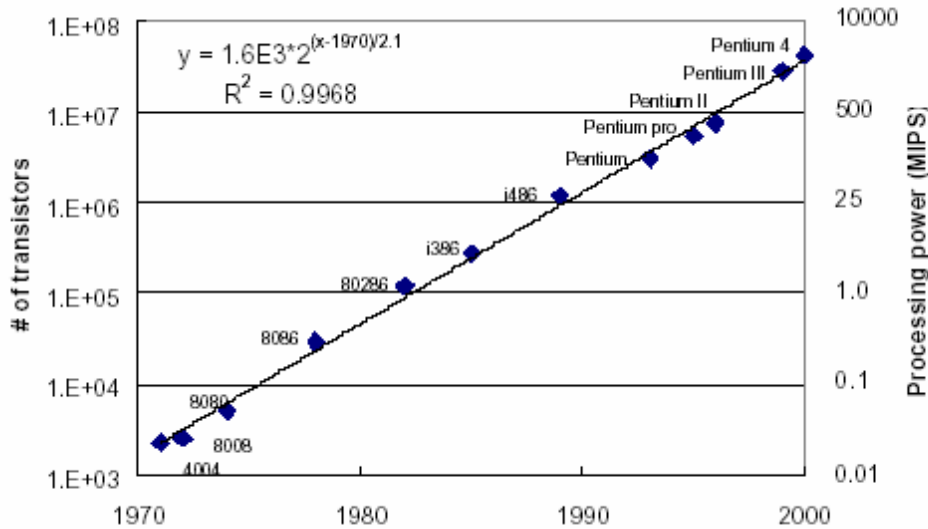
## **1. Megnevezés és rövid leírás**

Az információs és kommunikációs technológiák fejlődésének a határait alapvetően három tapasztalati megfigyelés („törvény”) jelöli ki. A legrégebben – már 40 éve – felismert a *Moore-törvény*, mely azt mondja ki, hogy a feldolgozási kapacitás másfél évenként a kétszeresére nő. A másik fontos törvény a *Gilder törvény*, mely szerint a kommunikációs rendszerek sávszélessége egy év alatt megháromszorozódik. Végezetül a harmadik fontos tapasztalati törvény a *Ruettgers törvény* azt állítja, hogy a memóriachipek kapacitása egy év alatt a duplájára növekszik. Ennek a három törvénynek az érvényessége már hosszabb ideje fennáll, s az előrejelzések szerint ez a helyzet a vizsgált 2007-2013 időszak végéig is igaz marad.

A látszólagos állandóság mégis jelentős technológiai változásokat hoz, aminek két oka van. Egyrészt a sávszélesség és a tárolókapacitás növekedése erőteljesebb, mint a feldolgozó-kapacitásé, aminek következtében hamarosan az informatikai és kommunikációs alkalmazások szempontjából a sávszélesség és a tárolókapacitás már nem fog korlátot jelenteni; gyakorlatilag úgy tekinthetjük, hogy mindkettő korlátlanul a rendelkezésünkre áll. Ennek következményeként teljesen új szolgáltatások fejlődnek ki, melyek már a teljes hálózat erőforrásait kezelik, úgy, hogy azok a szolgáltatás felhasználója számára rendelkezésre állnak (a „hálózat maga a számítógép” elv megvalósulása). Ugyanakkor a végberendezések szintjén is megszűnnek a tárolási és hozzáférési korlátok, amelyek a végberendezés szerepének a módosulását is maguk után vonják. Másrészt a feldolgozó-kapacitás most jut el arra a szintre, hogy a távközlő hálózatokban a vonalkapcsolt beszédátvitel helyett megjelenhet a csomagkapcsolt beszédátvitel. Ennek a következményei pedig a távközlő hálózatok működésére és a szolgáltatók üzleti modelljére alapvető hatással lesznek.

## **2. Jelenlegi helyzet**

Jelenleg mindhárom törvény erősen tartja érvényességét és ennek megfelelően folyamatosan nőnek a sávszélességi, memória és feldolgozási kapacitás mutatók.

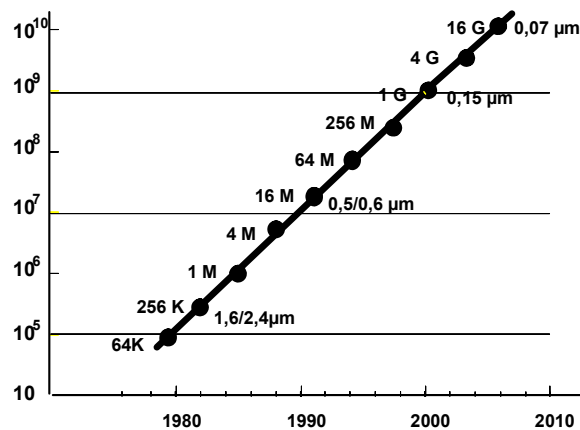


1. ábra: Mutatók növekedése

A feldolgozási sebesség növekedését bemutató grafikokról jól leolvasható, hogy mind az egy chipen elhelyezkedő tranzisztorok számát tekintve, mind a feldolgozási sebességet tekintve (MIPS = másodpercenként egymillió utasítás) a fejlődés logaritmikus skálán ábrázolva 1970 óta egészen a napjainkig egyenletes.

Ugyanez látható a memóriachipek tekintetében a következő ábrán.

### Ruettgers law on memory capacity



2. ábra: Ruettgers törvénye a memóriakapacitásról

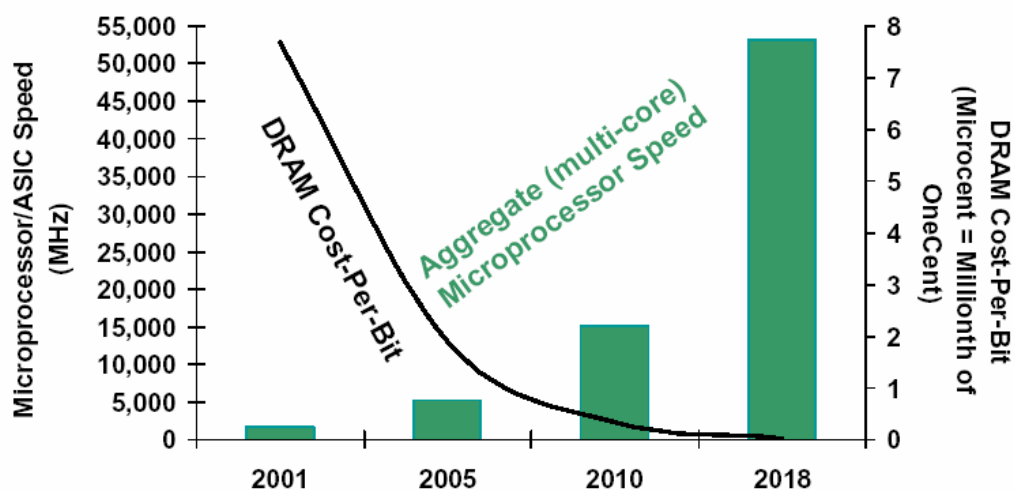
A sávszélesség növekedése már eljutott arra a szintre, hogy a végberendezések hálózati kapcsolata természetessé vált és ennek következtében a hálózat erőforrásai közel ugyanolyan mértékben elérhetők a végberendezés számára, mint a saját belső

erőforrásai. A memóriakapacitás növekedése egyrészt lehetővé teszi, hogy a hálózati erőforrások átvállalják a tárolási feladatokat a végberendezésektől, másrészt viszont arra is lehetőséget teremt, hogy a végberendezések sokkal nagyobb mennyiségű rendszerezett információt tudjanak átmenetileg vagy hosszú távon tárolni. Ezzel jelentősen kiteljesednek azok a szolgáltatások, melyek a hálózati erőforrásokra alapozva működnek, illetve azok az alkalmazások, melyek a végberendezések együttesét is képesek rendelkezésükre álló erőforrásként kezelni. Ezek a lehetőségek megnyitják az utat a hálózati alkalmazások, a GRID COMPUTING és a PEER-TO-PEER rendszerek fejlődése előtt.

A jelenlegi helyzetben a feldolgozó-kapacitás eljutott abba a stádiumba, hogy az IP hálózatok útvonalválasztói biztonsággal képesek a nagy sebességű, valós idejű jelfolyamok késleltetés-ingadozás nélküli átkapcsolására, ami mind a VOIP, mind az IPTV elterjedésének az alapját képezi. Ez a változás az, ami az egyenletes fejlődés ellenére is minőségi változást fog hozni a következő 10-15 éves időszakban.

### 3. A várható fejlődés eredményének jellemzése

Az előrejelzések szerint a vizsgált 2007-2013 időszakban mind a három törvény továbbra is érvényes marad, a feldolgozási kapacitás növekedési lehetőségei a NANOTECHNOLÓGIA révén legalább 15 évre adottak, tehát a Moore-törvény érvényességével továbbra is lehet számolni. A DRAM áramkörökre vonatkozó sebességi és árazási előrejelzés a következő ábrán látható.



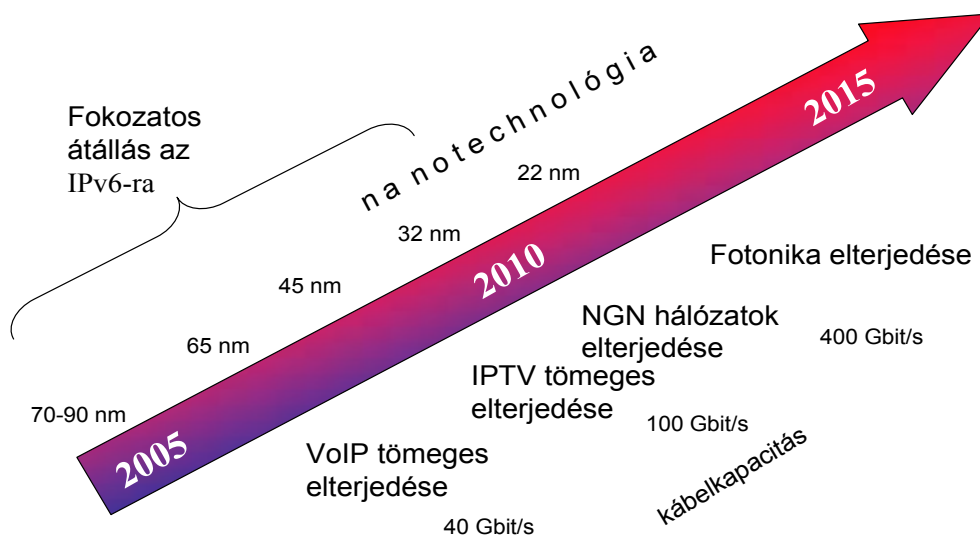
**By 2018, DRAM costs are predicted to be roughly 1/100 of today's costs, and microprocessors are predicted to be 10X faster**

3. ábra: DRAM áramkörökre vonatkozó előrejelzések

Egyenletesen nő tovább a sávszélesség is mind technológiai, mind az előfizetői elterjedtség értelemben.

Az egyenletes fejlődés ellenére minőségi változást okoz az, hogy a ROUTERek sebessége elérte azt a szintet, hogy alkalmasak legyenek a VOIP és az IPTV szolgáltatások csomagkapcsolt módon való kiszolgálására. Ennek következtében először csak szórványosan, majd tömegméretekben is megjelenik a VOIP alapú beszédátvitel szolgáltatás az infokommunikációs piacon és fokozatosan le fogja váltani a hagyományos, vonalkapcsolt telefon szolgáltatást. Ez a folyamat egy 10-15 éves időtávban fog lezajlani, tehát teljes mértékben át fogja fedni a vizsgált időszakot. Várhatóan 2010 körül jelennek meg erőteljesebben az IPTV alkalmazások, de pilot projektekkel már jóval korábban is találkozhatunk. A pilot projektek és a kereskedelmi elterjedés közötti viszonylag nagy időrést az IPv6 protokoll vártnál lassúbb elterjedése okozza.

A fejlődés egyik eredménye tehát a sávszélesség, a memóriakapacitás és a feldolgozási kapacitás exponenciális növekedése. A másik eredmény viszont az egységnyi sávszélesség, egységnyi memóriakapacitás és az egységnyi feldolgozókapacitás árának a drasztikus csökkenése. Ennek következtében jelentősen megnő a hordozott információk mennyisége, a hálózatokban és a végberendezésekben megvalósított tárolási képesség, illetve intelligencia. Ennek a trendnek előnyei és veszélyei egyaránt vannak. Az előnyök között jelenik meg a hálózati intelligencia növekedése és ennek következtében az egyre összetettebb hálózati szolgáltatások és sokfunkciós végkészülékek megjelenése. Szintén előnyként jelentkezik a megszerzett információk tetszőleges mennyiségű tárolása, az érdekeltekhez való könnyű, olcsó továbbítása, ami önszerveződő tudásháló kialakulásához fog vezetni, s általában is a társadalom információval való ellátottságát fogja növelni. Ugyanakkor azonban veszélyként jelentkezik a nagy mennyiségben multiplikált információ naprakészen tartása, illetve a multiplikált információk közül az eredetinek számító változat nyilvántartása vagy az anyaforrás felderítése.



1. ábra: Várható fejlődés 2005-2015

A hatalmas mennyiségű információ mozgatása, feldolgozása és tárolása következtében valószínűleg új fogalomként merül fel a környezet információs szennyezésének a problémája is. A jelenséget éppen a sávszélesség és a memóriakapacitás korlátlanra és közel ingyenessé válása fogja kiváltani, és a fogalom arra utal, hogy az egyének, szervezetek képtelenek lesznek értelmesen menedzselni a feljük áramló információmennyiséget.

A korlátlan sávszélesség és tárolókapacitás a hálózatok és a végberendezések viszonyának a megváltozását is maga után vonja és ezzel együtt teljesen új szolgáltatások megjelenése, elterjedése is várható. Ahogy az előbb említettük, a memóriakapacitás növekedése lehetővé teszi, hogy az egyén számára érdekes, fontos információkat a saját számítógépünk memóriájában tároljuk, saját adatbázisként alakítsuk ki. Ugyanakkor a végtelen sávszélesség és az állandó, szinte ingyenes hálózati hozzáférés lehetősége egy ellenkező irányú folyamatot is gerjeszt: a hálózaton keresztül elérhető nagykapacitású szerverek ugyanis saját memóriánkként is használhatók a hálózati elérés segítségével. Ettől kezdve megvalósulhat a „hálózat maga a számítógép” elv. Ennek a jelenségnek az alkalmazásokra is hatása van. Míg korábban a szükséges információkat csak a saját gépünk memóriájában volt módunk tárolni, a korlátlan sávszélesség és az állandó hálózati kapcsolat lehetőséget ad a távoli szervereken való tárolásra, amikhez csak akkor fordulunk, ha szükségünk van a kiválasztott információra. Egy-egy alkalmazásra már ma is van minta, ilyen pl. a Google központi táras levelező rendszere.

#### **4. Szükséges technológiai előfeltételek**

A feldolgozó- és a tárolókapacitás további növekedésének a feltétele a félvezetőgyártás trendjeinek a töretlen folytatódása, a jelenlegi 70-90 nm-es technológiáról a 70-90 nm-es, 65-45 nm-es, majd 2009 körül a 32nm-es, 2011 körül pedig a 22 nm-es technológiára való áttérés. Összességében tehát a *NANOTECHNOLÓGIA* fejlődése az egyik szükséges előfeltétel.

A sávszélesség növekedését az egyre nagyobb kapacitással rendelkező monomódusú és multimódusú optikai szálak, illetve az optikai szálakon használt hullámhossz multiplexált megoldás, a *DWDM technológia* fejlődése teszi még hosszú távon lehetővé. Ezzel párhuzamosan fejlődik az optikai végberendezések világa is és várhatóan öt éven belül megjelennek az optikai kapcsolás, illetve a fotonika fejlesztési eredményei is a piacon. Ez megteremti a kapcsolatot a sávszélesség növekedése és a növekvő feldolgozási igény egyensúlyában, a fotonika eszköztára ugyanis nagyobb határsebességeken képes a működési feltételeket teljesíteni.

A hálózatok szintjén a vonalkapcsolt hálózatokról a csomagkapcsolt rendszerekre való áttérés feltétele a ROUTERek feldolgozókapacitásának a további növekedése. Ez teremti meg a lehetőségét a valós idejű információk IP alapú átvitelének, elsősorban a VOIP technológiának és az IPTV elterjedésének. További feltétel az IPv6 protokoll általánossá válása a hálózatban, melyre egyrészt a jelenlegi címzési rendszer szűkös volta miatt, másrészt a hatékony multicast képességek bevezetése miatt van szükség.

Fontos technológiai előfeltétel a fentiekén kívül az *alkalmazások* fejlődése is, melyekkel szemben egyrészt új igények fognak megjelenni, másrészt az erőforrások

rendelkezésre állásának a bővülése újabb lehetőségeket kínál fel az alkalmazások fejlesztői, ill. nyújtói számára. A végberendezésen futtatott alkalmazások helyett egyre dominánsabb lesz a távoli szerveren vagy éppen magán a hálózaton futtatott alkalmazások elterjedése, melyre speciális technológiát kell kidolgozni.

## **5. Folyamatban lévő kutatások, fejlesztések**

A korlátlan sávszélesség témakörében igen sok K+F projekt van folyamatban. Mivel a szélessávú kommunikáció alkotja az alapját az információs társadalom kiteljesedésének, ezért az EU IST FP6 is igen sok ilyen jellegű kutatási projektet finanszíroz. A BREAD (Broadband in Europe for all) egy multidiszciplináris kutatási projekt, mely egyaránt átfogja a kérdéskör szociális, gazdasági, szabályozási és technológiai részterületét. A MUSE (Multiservice Access Everywhere) a hozzáférési hálózatok kapacitásának jelentős bővítését és univerzális alkalmazási módját kutatja. A vezeték nélküli szélessávú elérés témakörében kíván eredményeket elérni a BROADWAN project. Az Internet európai szegmensének a felfejlesztését és a gerinchálózati sávszélesség bővítését kutatja a COCOMBINE (Competition, Contents and Broadband for the Internet in Europe), ez a K+F a konvergencia jegyében már kiterjed a tartalom-előállítási kérdésekre is. Speciális területre, az erősáramú hálózaton keresztüli szélessávú információszállításra koncentrál az OPERA (Open PLC European Research Alliance). Ezeken a projekteken kívül még természetesen számtalan kutatás foglalkozik az optikai átvitel további technológiai megoldásaival, a nagysebességű hálózatok menedzselésével és az új hálózati technológiák kialakításával, tesztelésével. Ilyen projekt például az EUROLABS, melyben öt ország, Belgium, Franciaország, Németország, Svájc és Magyarország vesz részt, utóbbi a BME részvételével.

A korlátlan memóriakapacitás és feldolgozó-kapacitás témakörében leginkább a nanoelektronikai K+F tevékenységnek jut kiemelkedő szerep a jövő szempontjából. Itt kiemelhető a CANDICE (Carbon Nanotube Devices for Integrated Circuit Engineering) projekt, mely a szénalapú nanocsövek INTEGRÁLT ÁRAMKÖRI alkalmazásait kutatja vagy a MOLDYNLOGIC (Molecular Logic Machines) projekt, mely már a molekuláris méretű logikai rendszerek felhasználását tűzi ki célul. Ezek a kutatások alapozhatják meg a Ruettggers-törvény és a Moore-törvény határainak a további időbeli kiterjesztését.

A feldolgozó-kapacitás szempontjából nagy jelentősége van még az optoelektronikai és fotonikai kutatásoknak, mint pl. a NATCO, a FUNFACS vagy a STIMSCAT.

## **6. Az IKT más területeire való hatások bemutatása**

A három törvény további hatása, valamint az egymáshoz való viszonyuk jelentős befolyással van az IKT szinte minden területére. A legfontosabb változásokat a sávszélesség korlátlaná válása okozza. Hatásaiból kettőt emelünk ki. Az egyik hatás, hogy mivel a sávszélesség növekedése intenzívebb, mint a feldolgozó-kapacitás

növekedése, ezért előtérbe kerül a távoli számítási kapacitások összekapcsolása. Ez a hatás a *GRID számítógépes rendszerek* fejlődését fogja eredményezni. A sávszélesség korlátlaná válása önmagában a *PEER-TO-PEER rendszerek* számára is megnyitja a lehetőségeket.

A másik hatás a valós idejű kommunikáció csomagkapcsolt alapon történő továbbításának a lehetősége. Míg a valós idejű kommunikáció (interaktív beszéd, passzív élő videó stb.) eddig csak vonalkapcsolt hálózat vagy bérelt vonali összeköttetés révén volt kielégíthető, addig mára a feldolgozási kapacitás fejlődése elérte azt a szintet, hogy a csomagkapcsolt hálózatokon is lehetőség nyílik a valós idejű kiszolgálásra. Megjelenik és általánossá válik az IP alapú beszédátvitel, a VOIP és elterjednek a stream alapú médiatartalom szolgáltatások (pl. az IPTV).

Az IP alapú átvitel általánossá válása jelentős hatással lesz a hálózatok konvergenciájára is. A tartalmak IP platformra helyezése szükségtelemmé teszi az eltérő technológiájú hálózatok fenntartását és megkönnyíti a több szolgálatot kiszolgáló *NGN hálózatok* elterjedését.

A gyakorlatilag korlátlan sávszélesség és tárolókapacitás megjelenése jelentős változást hoz az üzleti modellek terén, aminek következtében komoly hatással lesz az üzleti informatika egészére is. Az *információtechnológiai piac* és a *tartalomszolgáltatási üzletág* lehetőségei kiteljesednek, s a *szolgáltatásalapú rendszerek* köre is sokkal hozzáférhetőbbé válik. A magánfelhasználás területén is segíti a távmunka elterjedését a jelenség, valamint lehetővé teszi a hálózat alapú társadalom kiszélesedését is. A sávszélesség és a tárolókapacitás növekvő mérete újra előtérbe hozza a PC-k helyett a központi alkalmazások és a személyes információk központi adattárolásának a kérdését. Ezen keresztül a biztonság és a szabályozás területére is hatással van a jelenség, mert hihetetlen mértékben felerősödik a koncentrált adatkezeléssel és a személyes adatok kezelésével kapcsolatos szabályozási igény.

## **7. Társadalmi-gazdasági hatások elemzése**

A gyakorlatilag korlátlan sávszélesség és tárolókapacitás megjelenése teljes mértékben átalakítja az IKT szektor társadalomban és gazdasági folyamatokban betöltött szerepét. A korlátok relatív megszűnése kitágítja a hálózat alapú társadalom lehetőségeit, átalakítja az infokommunikációs szolgáltatások értékláncát, és teljessé teszi a hírközlés, az informatika és a média konvergenciáját.

A hálózatra kapcsolódó társadalom alapja az alkalmazások és a szükséges információk bármikor, bárhol, szinte bármilyen eszközzel való elérhetősége. A „bárhol” ebben az értelemben a mobilitást és a személy autentikációját jelenti, a „szinte bármilyen eszköz” pedig arra utal, hogy az eltérő tulajdonságú végberendezések ne képezzék gátját a hozzáférésnek. A megvalósulás egyik fontos motívuma a megfelelő sávszélesség mindenkor rendelkezésre állása akár vezetékes, akár vezeték nélküli esetben. Ebben segít a korlátlan sávszélesség megvalósulása, mely nem csak a hozzáférés szintjén, hanem a gerinchálózati szinten is megadja a szükséges feltételeket. A világ ekkor jelentősen megváltozik, hiszen mindazok a lokális és globális alkalmazások, melyek a társadalom és a gazdaság életében fontos

szerepet játszanak, ettől kezdve kínálati oldalon megjelenhetnek a fogyasztói piacon. Ezzel párhuzamosan megnő a tartalom-előállítók szerepe, de megnő a tartalomszerkesztők szerepe is, mert az értékláncnak ez egy másik fontos elemévé válik. Ugyanakkor az infrastruktúra alapját képező transzparens bitszállítás értéklánc-beli szerepe leértékelődik.

Az infokommunikációs értékláncok átalakulásának éppen ez a fenti folyamat a kiváltója. A hagyományos hálózati szolgáltatók igyekeznek az értéklánc további elemeit is magukhoz vonni annak érdekében, hogy meg tudják őrizni nyereségességüket, miközben az értéklánc felsőbb régióiban a kisebb cégek erősödő versenyével kell szembenézniük. A jelenség egyik nagyon erőteljes példája lesz a hagyományos telefonszolgáltatók átalakulása a 2007-2013-as időszakban. A hagyományos távbeszélő hálózatokon nyújtott szolgáltatásokat egyre inkább megszorítja a VOIP technológia megjelenése, ahol a hangátvitel szélessávú adatátvitellel, a percdíjaktól teljesen eltérő díjazással működik. A hagyományos szolgáltatók reális lehetősége az IP hozzáférés bevezetése, s ezzel párhuzamosan az előfizetési díj jelentős emelése várható a percdíjak marginalizálódása, esetleg teljes eltűnése mellett. Ez a folyamat fog elvezetni az NGN hálózatok kialakulásához, elterjedéséhez.

Ugyanakkor az IP hozzáférés általánossá, bárholnan elérhetővé válása elvezet a tartalomszolgáltatás átalakulásához, ahol az információ naprakész módon, helyfüggetlenül és eszközbarát módon jut el a fogyasztóhoz. Ezzel teljesebbé válik a média és az infokommunikáció konvergenciája.

## **8. Magyar vonatkozások**

A három törvény együttes érvényesülése és az üzleti modellekre gyakorolt hatása itthon is jelentkezik, mégpedig legfeljebb 1-3 éves késleltetéssel az élvonalbeli országokhoz képest. Ennek megfelelően itthon is várható a hálózat alapú társadalom egyre erősebb megjelenése, a szélessávú hozzáférés terjedésével a bázis kiszélesedése és az ebből fakadó előnyök és veszélyek (DIGITÁLIS SZAKADÉK) erősödése. Az eszközök és berendezések, illetve az infrastrukturális fejlesztések tekintetében itthon is a világtrendek érvényesülésével kell számolnunk, ugyanakkor figyelembe kell venni az eltérő hazai szokásokat. Ezek közül a legmarkánsabb az Internet iránti fogékonyság viszonylagosan alacsony volta, ami arra utal, hogy a hálózat alapú társadalom kialakulása is lassabb lesz itthon, mint a világ fejlettebb régióiban.

Az infokommunikációs szolgáltatók üzleti modellje hazánkban is meg fog változni, ami elsősorban a hagyományos, jelentős súlyt képviselő szolgáltatókat fogja érinteni (Magyar Telekom, T-Mobil, Invitel). Ennek az első jelei már tulajdonosi fúziók képében megjelentek, s hamarosan megkezdődik az üzleti modellek átforgalmazására való felkészülés. A VOIP technológia bevonulása a szolgáltatók világába itthon is megkezdődött, s hamarosan (2006-2007 táján) olyan szintre fejlődik, hogy a nagy szolgáltatók lépéskényszerbe kerülnek a szolgáltatási portfóliójuk tekintetében. 2010 tájára általánossá válik a hagyományos hangszolgáltatások és a VOIP alapú szolgáltatások versenye és megkezdődik az NGN hálózatok felé való migráció.

Nem lesz egyszerű a helyzet a tartalomszolgáltatások körül, mivel a magyar nyelvű tartalomszolgáltatásra szükség lesz a hazai piacon, de az ide fektetett tőke és szellemi investíció nem lesz versenyképes az európai piacon. Ezen a téren a fejlődés tehát vontatott lesz egészen addig, amíg általánosan el nem terjednek azok a technológiák, melyek segítségével az angol nyelvű tartalom szinte automatikusan átültethető lesz magyar nyelvű tartalomra. Ettől kezdve már csak a kulturális különbségek áthidalását kell honos tartalomfejlesztés segítségével megoldani.

## **9. Következtetések**

A sávszélesség és a memóriakapacitás tapasztalati törvények szerinti exponenciális növekedése töretlenül folytatódik a következő 10-15 évben, csakúgy, mint a feldolgozó-kapacitásra vonatkozó – immár 40 éves – tapasztalati összefüggés. Az egyenletes fejlődésnek a következő időszakra kettős hatása van. Egyrészt a feldolgozó-kapacitás most lépte át azt a határt, mely lehetővé teszi, hogy a csomagkapcsolt hálózatok ROUTEREI valós idejű jelfolyamok továbbítására is tömegméretekben alkalmasak legyenek. Másrészt a jövőben egyre inkább azzal számolhatunk, hogy a sávszélesség és a memóriakapacitás szinte korlátlanul rendelkezésre áll majd a felhasználóknak.

A két trendből együttesen következik, hogy a közel 130 éves vonalkapcsolt technológiát a legtöbb hálózatban lavinaszerűen felváltja a csomagkapcsolás és ennek jelentős hatása lesz a szolgáltatók üzleti modelljére is. Másrészt az infokommunikáció legtöbb területén megjelennek azok az alkalmazások, melyek ezt a közelítő korlátatlanságot felhasználva olyan szolgáltatásokat hoznak létre, melyek kihasználják a távoli memória- és feldolgozó-kapacitások tetszőleges időben való elérhetőségét, ilyenformán kialakulnak a GRID számítógépekhez erősen hasonló elosztott feldolgozó rendszerek és a privát információk távoli szervereken való tárolása is megoldottá válik. Ennek a ténynek szintén jelentős hatása lesz a szolgáltatók üzleti modelljeire, megjelennek azok a szolgáltatások, melyek a „hálózat maga a számítógép” elv megvalósítását hozzák előtérbe.