

Green computing, azaz „zöld IT”

KRAUTH FERENC

krauth.peter@kfki.com

Kulcsszavak: zöld IT, energiafelhasználás, energiatakarékosság, újrafelhasználás

A fenntartható gazdaság és társadalom elméletéhez kapcsolódó „zöld IT” (green IT vagy green computing) ma már szinte szlogenszerűen emlegetett gyakori fogalom. Nem véletlenül, hiszen a zöld IT rendkívül széles körét foglalja magába az informatikai iparnak. A teljes spektrum az internethasználat anomáliáitól (szpemek, kémprogramok miatti többletfeldolgozás) és élenjáró technológiáitól (videó igény szerint, ’szoftver, mint szolgáltatás’ miatti megnövekedő sávszélesség) a vállalati számítóközpontok energia- és költségfókuszú átalakításán (virtualizáció, adaptív hűtési rendszerek) egészen az egyre nagyobb tömegben eladott végberendezések energiaellátásának és újrahajósító módon történő selejtezésének problémaköréig terjed. Látni kell ugyanakkor, hogy a negatívumok mellett az informatika a környezetre nagyon sok pozitív hatást is gyakorol, de csak számtalan áttételen keresztül – szinte mindenbe beépülve – és rendkívül komplex módon fejt ki ezeket. Körültekintő és kiegyensúlyozott megközelítésre van emiatt szükség, amely szervesen ötvözi az energiahatékonyság és környezettudatosság szempontjait a gazdaság társadalmilag – a jelenleginél – hasznosabb és fenntarthatóbb működési módjának kialakításával.

Az informatikai (és távközlési) ipar egyrészt hihetetlen lehetőségeket tár fel és valósít meg a való világ hálózatba szervezésétől kezdve a robotokon és az emberi képességek kiterjesztésén át egészen a virtuális világokig, másrészt azonban mindehhez egyre több energiát használ, globális károsító hatása egyre nagyobb méreteket ölt...

1. Csak egy új szlogen, vagy valóban valami fontos dolog?

Joggal merülhet fel a kérdés, hogy csak egy újabb – kétségtelenül jól hangzó – „gumicsontot” sikerült ismét bedobni a média állóvizébe, vagy sokkal többről lenne szó? Látszatra egyszerű a képlet: minél alacsonyabb fogyasztású, a későbbiekben újra- és újrafelhasználható termékeket, minél kevesebb energiával és környezetkárosító anyaggal kellene előállítani.

Emellett a lehetőség megvan arra is, hogy az IT-vel sokat megtakarítsanak, amit azért sem ártana komolyabban venni, mert állítólag (2008-hoz képest) 2010-re megduplázódnak a szerverek áramfogyasztási költségei. Az IT energiafelhasználása már most nagyobb, mint az autóiparé és ebből csak az interneté több mint évi 100 millió kWh. Az IT-kiadások 10 százalékát jelenleg az energiaszámlák teszik ki – egyes előrejelzések szerint azonban ez a szám hamarosan az 50-et is elérheti. Pedig a hardverek és szoftverek optimalizálásával, a virtualizáció elterjedésével racionálisabbá válhatna az

áramfelhasználás, csökkenhetnének a hűtési költségek. A technológiák¹ ezen a téren már lényegében megvannak és folyamatosan fejlődnek, azonban határozottabb, szélesebb körű és egyénre szabottabb használatukra lenne szükség.

Bár nyilvánvaló, hogy ezeket a technológiákat nem lehet mindig, minden felhasználási környezetben² ugyanúgy használni, azonban nem ártana, ha a használat mindhárom tipikus (tömeges, illetve közösségi, vállalati/intézményi, személyes) szintjén az ezekhez kapcsolódó szolgáltatások kidolgozásakor komolyabban vennék a zöld (energiatakarékos, környezettudatos, természetbarát) ajánlásokat.

Egyértelműnek tűnik ugyanis, hogy a környezetbarát szempontokat erőteljesebben érvényesítő, energiahatékonyabb IT iránt általános az igény. Viszont egy igen komoly hátráltató tényezőről nem szabad megfeledkezni: a „zöld” megoldások jelenleg gyakran még drágábbak a hagyományosaknál vagy legalábbis magas kezdeti befektetéseket igényelnek.

1.1. Egy kis történeti visszatekintés

A történet nagyjából a 90-es évek elejére megy vissza. Az Amerikai Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynöksége (*Environmental Protection Agency, EPA*) ekkor, 1992-ben indította el a monitorok, klímavezérlő berendezések és más technológiák energiahatékonyságát hirdető, elismerő és ösztönző Energy Star programot. Ez a kezdeményezés eredményezte az „alvó” (sleep) üzem-

¹ Ilyen lehetőségeket jelent a merevlemezek fordulatszámának csökkentése, diszkorok (disc array) alkalmazása, alternatív tárolási rendszerek üzembeállítása, a szerverek üresjárati, automatikus (nemcsak éjszakai és hétvégi) „alvó” állapotba helyezése, távvezérelhető Wake-on-LAN technológia (pl. 1E vagy Faronics), mágnesszalagos adatmentő rendszerek (pl. HP, Sun és mások) – mert még mindig ezek használatával lehet hatalmas adatállományokat a legtakarékosabban és legkörnyezetkímélőbb módon archiválni.

² Például időkritikus tranzakciók esetén nem célszerű az éppen nem dolgozó gépet alvó állapotba tenni, hiszen egy következő tranzakciókérés csak lassabban, a „felébresztése” után tudna elkezdni.

módot és magát a 'green computing' kifejezést is a program beindulása után kezdték el használni először a USENET üzeneteiben.

Az amerikai programmal párhuzamosan – részben azzal versengve – a svéd TCO³ Development beindította a katódsugár-csőves számítógépes megjelenítők alacsony mágneses és elektromosenergia-kibocsátását célzó TCO Certificationt, amelyet a későbbiekben az általános energiafogyasztásra, kockázatos anyagok építészeti használatára, ergonómiára is kiterjesztettek.

A zöld IT-t zászlajukra tűző világméretű ipari kezdeményezések, szerveződések azonban csak 2000 után váltak igazán meghatározó tényezővé. Ezek közül a legfontosabbak:

- *Green Electronic Council* (2005): 28 kritérium alapján határozza meg a rendszerek környezetbarát jellegét.
- Az *EPA 2007* elején konferenciát szervezett a számítóközpontok hatékonyságáról, ami arról nevezetes, hogy innentől fogva kezdett az IT-ipar komolyan foglalkozni ezzel a témával⁴.
- *Green Grid* nemzetközi konzorcium (2007): számítóközpontok és számítógépes ökoszisztémák energiatakarékos működését figyeli⁵.
- *Climate Savers Computing Initiative* (CSCI, 2007): célja a PC-k áramfogyasztásának csökkentése aktív és inaktív állapotban, és az ezt támogató „zöld” termékekről katalógust készít.
- *Green Computing Impact Organization* (GCIO, 2008): a végfelhasználók környezettudatos számítógéphasználatára összpontosít.
- *Green500*: a világ első ötszáz legnagyobb teljesítményű szuperszámítógépét rangsorolja energiafelhasználás szerint.

1.2. És mi van az Európai Unióban?

A trend erősödését jelzi, hogy a környezetbarát szempontokat érvényesítendő, széndioxid és más üvegházhatású gázok kibocsátása (GHG), valamint az energiafogyasztás és annak hatékonysága terén az EU ösztönzésére a legnagyobb informatikai-távközlési cégek önkéntes vállalásokat tettek (1. táblázat).

Emellett az Európai Unió 2009. márciusban ismertette zöld IT-re vonatkozó akciótervét, melynek lényege, hogy 2020-ig 15 százalékkal csökkenteni kell a teljes, IT-generálta széndioxid-kibocsátást. A tervek szerint az alacsony széndioxid-kibocsátás és az energiahatékonyság eszközként szolgál majd az EU legnagyobb kihívásainak – a klímaváltozás, az energiabiztonság és természetesen a gazdasági válság – hatékony kezelésére. Az infokommunikációs és a többi nagy energiafogyasz-

Cég	Vállalt csökkentés	Viszonyítási alap	Céldátum
BT	80 %	1996	2020
Cisco	25 %	2007	2012
France Telecom	20 %	2006	2010-2020
Microsoft	30 %	2009	2012
HP	16-40 %	2005	2010-2011
Nokia	6 %	2006	2012
Sun	20 %	2007	2015
Vodafone	50 %	2006-2007	2020
EU (minden szektor)	20 %	1990	2020

1. táblázat Cégek vállalásai az EU felé

tású szektor hatékony együttműködését szintén célként fogalmazták meg. Ezzel – és az egész akciótervvel – kapcsolatban regionális és lokális hatóságok számára is megfogalmaztak gyakorlati útmutatókat. Ennek aktualitását jól mutatja, hogy jelenleg az infokommunikációs szektor felelős az európai széndioxid-kibocsátás 2%-áért (1,75%: termékek és szolgáltatások használata, 0,25%: előállításuk).

Érdemes megemlíteni a BT fenti vállalásával összhangban azt a tervét is, hogy 2016-ra egy olyan 250 MW teljesítményű szélerőmű-farmot épít, amely az angliai energiaszükségletének 25%-át fedezné. A BT a teljes brit energiafogyasztás 0,7%-át tudhatja magáénak, így ez az alternatív energiatermelési rendszer országos szinten is jelentős lesz.

1.3. Kódex számítóközpontok számára

Nyugat-Európában 2008-ban a számítóközpontok becsült éves energiafogyasztása 56 TWh, átlagos teljesítménye pedig 6400 MW volt, ami 2020-ig várhatóan megduplázódik.

Nem véletlen tehát, hogy az EU 2008 októberében közzétett egy felhívást és javasolt egy kódexet a számítóközpontok építésére és működtetésére⁶ (*Code of Conduct on Data Centres Energy Efficiency*) vonatkozóan. Ez fontos lépés és példaértékű kezdeményezés, hogy energiahatékony számítóközpontokat építsenek a világon. Az útmutató olyan környezetbarát technológiákat és gyakorlatot javasol, amelyek nemcsak az üvegházhatású gázok kibocsátását fogják csökkenteni, hanem az érintett szervezetek üzleti eredményességét is elő fogják segíteni az energiaköltségek csökkentésével.

Az útmutatót az IT iparral szoros együttműködésben hozták létre válaszul a számítóközpontok energiafogyasztásának növekedésére, valamint azokra az igényekre, amelyek a kapcsolódó környezeti, gazdasági és ener-

3 A Total Cost of Ownership-et rövidítők TCO a „birtoklás összköltségére” utal.

Újabbán már a „hasznosítás összköltségére” (Total Cost of Utilization, TCU) vagy a „teljes életciklus költségére” (Total Lifecycle Cost, TLC) is kiterjesztették (például az Ericsson-nál a termékek életciklusának felmérése). Ma már nem kell feltétlenül birtokolni ugyanis az IT különböző komponenseit, lehet bérelni átalánydíjas vagy használati díjas (csak a tényleges használat utáni díjfizetés) konstrukciókban is (mint a salesforce.com vagy virtualoso a T-Systems-től).

4 A konferencia hatására összehasonlító elemzésekkel feltárták, hogy a számítóközpontok a vállalatok legnagyobb energiafogyasztói.

5 Több száz tagja között kormányzati szervezetek és ipari szereplők egyaránt megtalálhatók:

AMD, APC, Dell, HP, IBM, Intel, Microsoft, Rackable Systems, SprayCool, Sun Microsystems, VMware stb.

6 [rc.ec.europa.eu/energyefficiency/pdf/CoC data centres nov2008/CoC DC v1.0 FINAL.pdf](http://ec.europa.eu/energyefficiency/pdf/CoC_data_centres_nov2008/CoC_DC_v1.0_FINAL.pdf)

giaellátás-biztonsági hatások csökkentésére vonatkoznak. A kódex önkéntes kötelezettségvállalásra ösztönöz a számítóközpontok energiafogyasztását illetően olyan bevált gyakorlatok alkalmazásával, amelyek energiamegtakarítási célok elérését teszik lehetővé. A kódex kiterjed a hardvergyártókra is, akik a kódex elfogadásával vállalják, hogy az energiával kapcsolatos adatokat és besorolásokat közzéteszik minden gyártott berendezésre; a garanciákat kiterjesztik a hőmérsékletre és páratartalomra vonatkozó határok betartására és egyértelmű megjelölésére; olyan hardvert és szolgáltatásokat nyújtanak, amelyek betartják a energiafogyasztási korlátozásokat; és az energiatudatossággal kapcsolatos oktatási programokat dolgoznak ki vagy működnek közre azok kidolgozásában.

A kódex létrehozásában részt vett a British Computer Society (BCS) is. Bob Harvey, a BCS etikai fórumának és a környezeti hatásokat vizsgáló munkacsoportjának elnöke szerint biztató, hogy a nagy szervezetek (pl. a Sun) komolyan veszik az ügyet, mert csak az ő segítségükkel tud e kódex ösztönözni arra, hogy monitorozzák és javítsák a számítóközpontok és IT-Infrastrukturák hatékonyságát.

1.4. Kicsi, zöld és sokat spórol

A zöldebb IT-re vonatkozó tervek kivitelezésében fontos szerepet játszhatnak a sikeres kaliforniai és svéd bevezetés után a jelenleg az Egyesült Királyságban tesztelt olyan újgenerációs készülékek, mint például az úgynevezett „okos mérőeszközök” (*smart meters*). Használatuk akár 10%-kal is csökkentheti az energiafogyasztást. Az EU-szintű minimum működési specifikációk ki-

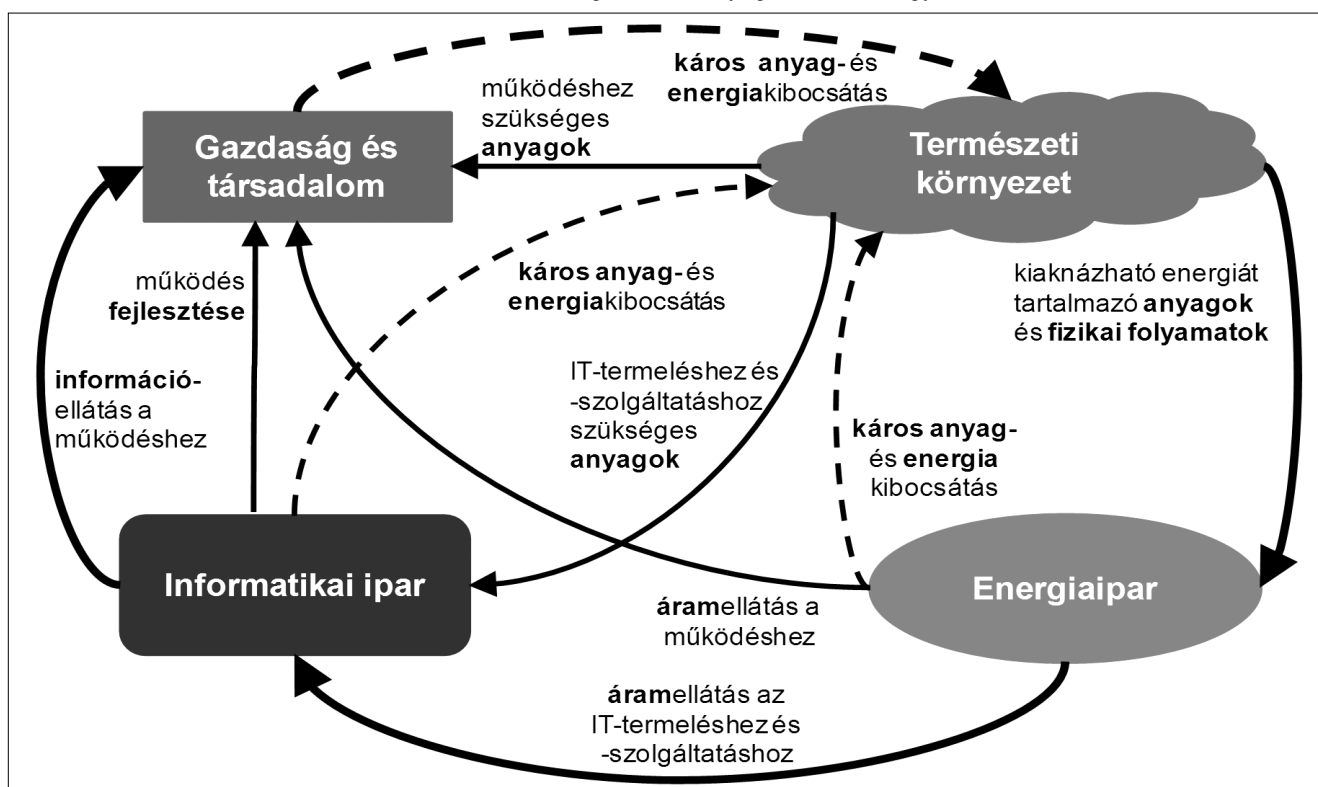
dolgozására váró, kis szerkezet egyedülálló: általános vélemény, hogy ilyen áttörés az energiafogyasztás optimalizálásában a hetvenes évek óta nem történt. Kommunikál a fogyasztóval, szolgáltatóval és más „okos” alkalmazásokkal, automatizálja a mérést, kideríti és jelzi az áramkimaradások helyét.

Kísérleti jelleggel több tízezer brit otthonban jól láthatóan jelzi a lakás energiafelhasználását és a járulékos költségeket. A lakosság körében végzett felmérések kimutatták, hogy a szerkentyű segít szokásaink megváltoztatásában is. A brit kormány hamarosan minden közép- és nagyvállalattól megköveteli majd alkalmazását és a háztartásokban is bevezetik, 2020-ig 47 millió ilyen „okos” mérőeszköz installálása várható. Ez jól mutatja az IT másik, természetes módon zöld jellegét, azaz mindenféle berendezésben optimalizálni tudja annak működését különböző célok irányában, többek között az energiafogyasztás érdekében is.

1.5. Új szemlélet: az információ, mint erőforrás

A hatékonyság előtérbe kerülését egy mélyebb gondolat is alátámasztja. Ha az energiát és az anyagokat (például a vizet) természetes módon erőforrásnak tekintjük, akkor vajon nem kellene az információra (és annak feldolgozási képességére, azaz a számítási képességre) is úgy gondolni, mint erőforrásra? Különösen, ha az emberi társadalom és a gazdaság működését ma már alapvetően meghatározza az információ és az ahhoz való hozzáférés. Ebből a megvilágításból kicsit máshogy néz ki a világ: az energia, az anyag és az információ mindegyike erőforrás, amelyek kölcsönösen hatnak egymásra és átalakulnak egymásba (1. ábra).

1. ábra Az információ, az energia és az anyag kölcsönös egymásra hatásai



A természet a végső forrása minden olyan anyagnak és fizikai folyamatnak, amelyek segítségével a gazdaság és a társadalom működése biztosítható. Az energiaipar fő szerepe az, hogy átalakítsa ezeket olyan egységes formába (220/110 V feszültségű váltóáram), amely univerzálisan felhasználható és stabilan, kis veszteség mellett szállítható nagy távolságokra is. Ennek következtében az energiaipar az, amely a legközvetlenebbül biztosítja az informatikai rendszerek működésének feltételeit is.

A másik oldalról nézve az informatikai ipar úgy is tekinthető, mint ami „egyszerűen” átalakítja az energiát információvá. Az átalakítás különböző számítógépek vagy számítóközpontok (információgyárak) közreműködésével történik és ennek eredményeként ellátja a szükséges információval a gazdaság és társadalom szereplőit.

Mindeközben – mintegy „viszonzásképpen” – jelenleg az energia- és az informatikai ipar, nemkülönben a gazdaság és a társadalom egésze, a természetet jelentős mértékben károsító anyagokat és energiát bocsát ki olyan formában, ami akadályozza vagy lehetetlenné is teszi a természet erőforrásainak megújulását. Látni kell azonban azt is, hogy az informatikai ipar különleges helyzetben van. Ugyanis egyedül az a már-már felfoghatatlan mértékű információfeldolgozó és -létrehozó képesség az, amely a gazdaság és társadalom működését fejleszteni és optimalizálni tudja, és amelynek segítségével a természet erőforrásaival való ésszerű gazdálkodás egyáltalán lehetségessé válhat.

2. Az internet környezeti hatásai

2.1. A böngészés energiaigénye

Kitekintve az informatika tömeges használatára, figyelemre méltó és a problémakörhöz szorosan kapcsolódik Alex Wissner-Gross harvardi fizikus – a számítógépek energiafogyasztását és széndioxid-kibocsátást gerjesztő hatását tanulmányozó tudós – megállapításai a webkeresések környezeti következményeiről. Vizsgálódásának tárgya a web egészében végzett keresés, böngészés volt, amelyből az derült ki, hogy egy weblap meglátogatása másodpercenként átlagosan 20 mg széndioxid kibocsátással jár. A harvardi kutatás egybecseng a Gartner elemzésével: a globális IT-ipar ugyanannyi üvegházhatású gázt bocsát ki – a földkerekség széndioxid-kibocsátásának 2%-át –, mint a világ légközlekedése.

Mindezek mögött elsősorban azoknak a számítóközpontok, szerverfarmok működtetése áll, amelyek tulajdonképpen a gyors webkeresést lehetővé tevő technológiát valósítják meg és a leginkább energiaintenzív IT-tevékenységek közé tartoznak.

Brit kutatók szerint egy PC egyórás működtetése önmagában 40-80 gramm széndioxid kibocsátását eredményezi, míg az utóbbi évek egyik leghíresebb infokommunikációs témájú könyvét, a *The Big Switch*-et jegyző Nicholas Carr kiszámolta: egy avatár (az ember-gép kapcsolatot megszemélyesítő mesterséges, általában em-

berkinézetű informatikai objektum) éves működtetése a Second Life-ban 1752 kilowattórát fogyaszt el.

Habár a vizsgálattal szintén érintett Google szakemberei kimutatták, hogy egy Google-gyorskeresés kevesebb széndioxidot termel, mint amennyi energiát az emberi test tíz másodperc alatt elhasznál, ugyanakkor elismerik azt a tényt, hogy egy-egy keresésre adott válasz komoly energiafogyasztással járhat: nem mindegy, hol található meg a válasz, hány szerveren tárolják, milyen mélyre kell „leásni” érte stb.

2.2. A szemétkerülő energia

Ma már az online levélforgalom körülbelül 80%-a kéretlen reklám és átverési kísérlet, amelyek levélszemét (szpem) formájában terhelik az internetet. Csak 2008-ban több mint 60 millió szpemet küldtek – derül ki egy ismert IT-biztonsági alkalmazásokkal foglalkozó cég jelentéséből. Mindannyiunk napi tapasztalata, hogy ennek a legnagyobb kára az olvasására és törlésére feleslegesen fordított emberi idő és energia, azonban nem elhanyagolható az a hatás sem, hogy ezzel az internet hasznos sáv szélessége is csökken és kezelésükhöz szintén energia kell.

Jó hír, hogy a szpemeknél a továbbítás, tárolás és törlés energiaigénye tizedrésze sincs a hasznos üzenetekének, amelyek állítólag egyenként 4 gramm széndioxid kibocsátását eredményezik. A nagy számosság miatt mégis 33 milliárd kWh-ra becsülhető a szpemek miatti felesleges energiafogyasztás. Így a levélszemét által generált üvegházhatású gázok mennyisége 7,6 milliárd liternyi üzemanyag elégetésének felel meg.

A szpemeknél a potenciális címzettek e-mail címeinek gyűjtését, illetve a levelek szétküldését a tulajdonosuk tudta nélkül végzik a „zombi” számítógépek (fertőzött szerverek) hálózatai (botnetek), amely többletidőt és -energiát igényel. Ez azonban eltörpül ahhoz a mennyiséghez viszonyítva, ami a címzett gépén jelentkezik. Itt az energiaveszteség túlnyomó része (52%) maguknak a leveleknek az elolvasására és törlésére fordítódik, míg egy kisebb része (27%) a tévesen szemétként ítélt küldemények miatt szükséges többleterőforrás (visszavétel a szpemlistából, újraküldés stb.).

Az egyik lehetséges védekezés szpemszűrő programok használata mind az e-mail-szolgáltatónál, mind a felhasználó saját gépén. Paradox módon természetesen ezek a szoftverek szintén energiát fogyasztanak, szerencsére azonban lényegesen kevesebbet: a levélszemét okozta energiaveszteségnek csak a 16%-a tulajdonítható ennek. Ezek jelenleginél kiterjedtebb használatával a számítások szerint a levélszemét által okozott többletenergia-felhasználás akár 75%-kal is csökkenhetne.

2.3. A szélessávú szolgáltatások energiagondjai

Az internet és a szélessávú IT-alapú távközlés terjedése új termékek és szolgáltatások széles körét hozza létre. Az új, otthoni szolgáltatások közé tartozik az igény szerinti videózás, a web-alapú valós idejű játékhaználás, a közösségi hálózatok építése, a közvetlen elosztó

(peer-to-peer) hálózatok használata és a többi hasonló. Az üzleti oldalon ilyen új szolgáltatás lehet a videókonferencia, a kívülről történő folyamatosan garantált információellátás, a távmunka és különösen a távjelentésre épülő üzleti rendszerek. Ezekhez az új, nagy sáv szélességű szolgáltatások támogatásához az internet kapacitását könnyen beláthatóan jelentősen meg kell növelni. Ha viszont az internet kapacitása megnövekszik, az energiafogyasztás és ennek következtében az internet környezetterhelő „lábnyma” szintén növekedni fog.

Éppen ezt állapította meg egy Ausztráliában végzett kutatás is: az energiafogyasztásnak a szélessáv növekvő használatából eredő nagy hulláma tovább fogja lassítani az internetet. Az olyan értéknövelt szolgáltatások, mint az „igény szerinti videózás” további terheket rak az energiaellátó rendszerre és szűk keresztmetszetet hoz létre az energia terén. Az internet – világon elsőként elkészített – energiafogyasztási modelljében a Melbourne-i Egyetem kutatói ki tudták mutatni, hogy az internet energiafogyasztásának fő tényezője a szélessávú szolgáltatások használatának növekedése lesz az elkövetkező években.

Mára kezd világhosszá válni, hogy az internet exponenciális növekedése fenntarthatatlan. A kutatás eredményei azt mutatják, hogy az internet energiafogyasztása még az elektronikai megoldások energiahatékonyságának javulása esetén is a nemzeti áramfogyasztás a mai 0,5%-ról 2020 körül 1%-ra növekszik.

3. Zöldmezős számítóközpontok

Nem olyan régen a vállalatok még csak kevés figyelmet fordítottak a számítóközpontjaik energiafogyasztására. A szűkülő költségvetés és az emelkedő energiaárak

hatására azonban úgy tűnik, mintha már egy letűnt korszakba tartozna az ilyen hozzáállás. Ma az USA-ban a számítóközpontok a nemzeti összenergia 2%-át használják fel, ezért a pénzügyi vezetőkől az EPA-ig szinte mindenkit érdekel a számítóközpontok „lábnyma”, azaz gazdasági és környezeti hatása. Vannak számítóközpontok, amelyek mellett szinte eltörpül egy futballpálya, és többbe kerül a felépítésük és energiaellátásuk, mint az általuk nyújtott IT-szolgáltatások.

Több különböző tényező is meghatározza a tömegigényeket kielégítő számítóközpontok igénybevételét, és így végső soron az energiafogyasztásukat. Ahogy a számítógépek egyre olcsóbbá és egyre nagyobb teljesítményűvé válnak, egyre több embernek van számítógépe – és egyre többet használják olyan feladatokra, amelyeket a számítóközpontok szolgáltatnak. Az IT-ipar hiperszámítástechnika⁷ felé való fordulása szintén fontos tényező, mert az ilyen számítóközpontok egyre meghatározóbb szerepet töltenek be a „digitális életünk” szintje minden területén.

Jó hír, hogy a számítóközpontok esetében a jövőben nem kell választani a között, hogy vagy környezetbarát, vagy gazdaságossági szempontokat kövessenek. A költség és a fenntarthatóság egy és ugyanaz: a költségek csökkentése ugyanazt jelenti, mint „zöldnek” lenni.

3.1. Átfogó, energiaközpontú optimalizálás

Várhatóan a már említett „információ, mint erőforrás” elv fogja vezérelni az újgenerációs számítóközpontok létesítését is.

Míg jelenleg tipikusan a szerverek a hét minden napján napi 24 órában teljes „gőzzel” működnek, sosem vesznek vissza a teljesítményükből, a jövőben ezzel szemben a számítási erőforrások terhelését rutinszerűen szabályozni fogják és automatikusan kiegyensúlyozottá fogják tenni.

2. ábra A Microsoft egyik korszerű számítóközpontja Quincy-ben (Washington)



⁷ Eredeti elnevezésben (cloud computing) a „felhőkre” való utalás a fizikai (földi) dimenzióktól függetlenítő virtualizációt, és az ennek eredményeként létrejövő új teret („cloud”→ hipertér) jelenti, ahol az informatikai „dolgozók” vannak. A „hiperszámítástechnika” elnevezést az is indokolja, hogy az ilyen számítóközpontok a számítási, tárolási, átviteli és feldolgozási kapacitások rugalmasságának, teljesítményének és elérhetőségének a megszokott határait – korábban szinte elképzelhetetlennek tűnő mértékben – túllépi: a háttérben a szuperszámítógépeknél nagyobb teljesítményű hiperszámítóközpontokról (cloud computing centers) van szó.

Eddig a vállalatok egyszerűen az IT-berendezéseik költségének optimalizálására törekedtek. Most a számítóközpontok üzemeltetői és tervezői az energiafelhasználás minden egyes szakaszát és oldalát megvizsgálják: szinte „kipréselik” a hardverből a lehető legnagyobb hatékonyságot, és olyan menedzsmentsoftvert⁸ használnak, amely optimalizálja a teljesítményt az egész létesítményben.

Az ilyen megközelítés eredményeként a korszerű, „zöld” számítóközpontok energiafogyasztása 30-50%-kal alacsonyabb lehet, mint a hagyományos központoké globális szinten. Ha ugyanis több százezer szervert kell felügyelni, elkerülhetetlenné válik, hogy hatékonyan működtessék őket. Ezért kiemelt fontosságú az energiafelhasználás hatékonyságának megfigyelése és nyomon követése az egész számítóközpontban, hogy pontosan tudni lehessen, mennyire jó a számítóközpontok felügyelete és hogy hol, mikor, milyen döntéseket kell hozni.

A gazdasági válság hatására megjelent, külső gazdasági nyomás a hatékonyság szempontjából épp időben jött. Éveken keresztül a számítóközpontok által fogyasztott energia évi 15%-kal nőtt. A Microsoft legújabb számítóközpontjainak mérete akár tíz futballpályát is meghaladhat (lásd 2. ábra), és ennek a területnek körülbelül a felét hűtőberendezések, generátorok és más szervereket támogató berendezések foglalják el. Egy ilyen számítóközpont közel 40 megawattot fogyaszt ellentétben egy átlagos ház 1-2 kilowattos fogyasztásával.

Tulajdonképpen ennek felismerése irányította rá az EPA figyelmét a számítóközpontokra. Az EPA által másfél évtizede elindított Energy Star program után, amely könnyebbé tette az energiahatékony termékek, tevékenységek és épületek felismerését – amelyet már az USA Energiaügyi Minisztériuma kezel –, az EPA ma a számítóközpontokra helyezi a hangsúlyt.

Az új irány hatására több cég is (pl. Microsoft) újr gondolta azt, ahogy a számítóközpontokban az IT-használat díját számítják. Korábban a központ használatának költségeit a szerverek által elfoglalt hely alapján alapították meg, ami kompaktabb szervertervezésre ösztönzött. Ma már azonban a szerverek által elfogyasztott energia alapján történik a díjszámítás, aminek hatására idővel jelentősen csökkent a szerverek energiaigénye.

Az egész számítóközpontban folyamatosan méri a rendelkezésre állást, a teljesítményt és az energiafelhasználás mutatóit, hogy a legoptimálisabb energia-teljesítmény arányt tudják beállítani. Egy ilyen létesítményben minden elem (táv)felügyelhető kell, hogy legyen, a beszállítói szolgáltatásoktól kezdve a szervereken át a hálózatig és a mindennapokban hatékony folyamatokon keresztül kell történnie az üzemeltetésnek. Az IT-szolgáltatások megtervezésénél a hatékonyság érdekében a számítóközpont által biztosított innovatív technológiákat, – mint például a virtualizációt – intenzíven alkalmazni kell.

A fókusz ilyen módon a számítóközpontok hatékonyságának optimalizálásán van az energia- és hűtési rendszerekbe történő befektetésen, a szervertervezés optimalizálásán és a napi energiafelhasználás felügyeletén keresztül. Ebbe olyan megoldások is beletartoznak, mint a külső levegő felhasználása a szerverhűtésre, és együttműködés a szervergyártókkal az üzemi hőmérséklet kiterjesztésén, mivel ez rendkívüli hatékonyságnövekedést eredményezhet a hűtőberendezések kisebb teljesítménye miatt.

3.2. Egyéb energiatakarékosági lehetőségek

A számítóközpontok üzemeltetésére vonatkozó legérzékenyebb elemzéseket a Lawrence Berkeley Laboratórium Környezeti és Energiatechnológiai Divíziójában⁹ végzik. Egy néhány évvel ezelőtti elemzésükben arra a következtetésre jutottak, hogy a forró és hideg légáramlatok elkülönítése azonnali javulást eredményez a nagy sűrűségben telepített lapszerverek (blade server-ek) esetében.

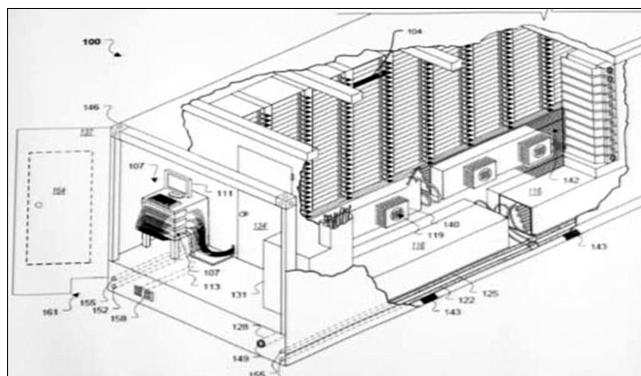
Az elkülönítés lehet, hogy csak annyiból áll, hogy arrébb tolják a számítóközpont hűtőrendszere előtt hagyott mobil diagnosztikai egységet, de persze fel lehet kérni az IBM vagy a HP szakértő tanácsadóit is, hogy készítsék el a számítóközpont komplex légáramlásdinamikai elemzését az energiapazarlás kiküszöbölésére. Harmadik alternatívaként használható az APC zárt, melegfolyosó-rendszere (Hot Aisle Containment), amely – az elemzés szerint javasoltakkal összhangban – elkülöníti a hideg és meleg légáramlatokat, ezzel növelve a teljesítményt. De vannak más lehetőségek is, például:

- 1) a hűtőkapacitás pontos illesztése a hűtött IT-berendezés hőtermeléséhez,
- 2) a páratartalom finom szabályozása,
- 3) a AC/DC konvertálás mértékének csökkentése vagy a konvertálási folyamat egyes lépéseiben a hatékonyság növelése.

3.3. A Google esete az energiatakarékosággal

Tanulságos áttekinteni, hogy a Google milyen *egyedi energiahatékonysági megoldásokkal* tette világsikeré webes szolgáltatásait.

3. ábra Egy Google-konténer belülről

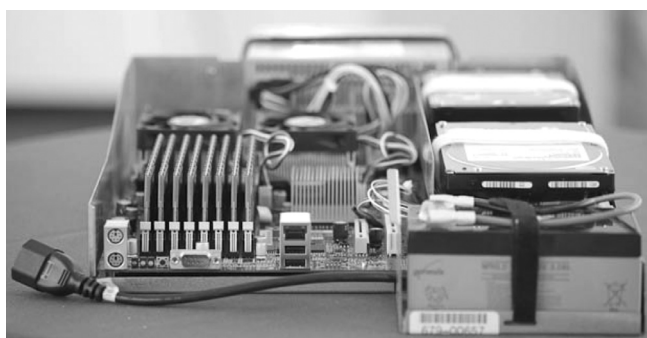


⁸ Ilyen eszköz lehet a Microsoft Windows Azure létesítménymenedzsment eszköze, amelyet egyesek a számítóközpontok operációs rendszerének neveznek, de a többi nagy gyártó fejlesztései is ebbe az irányba mutatnak.

⁹ Environmental Energy Technology Division – EETD (<http://eetd.lbl.gov>)

Igazi úttörőhöz méltóan nem a nagy gyártók (HP, Dell, IBM, Sun) márkás és drága gépeit használta fel, hanem olcsó tömegtermékekből építette fel számítóközpontjait. 2005 óta minden egyes számítóközpontja szabványos 1AAA-típusú, szállító konténerekből áll. Minden konténerben 1160 szerver dolgozik, amelyek közös fogyasztása 250 kilowatt (3. ábra).

A szerverek a Google által egyedileg fejlesztettek és ma már a hetedik generációnál tartanak. A gépekben egyenként két processzor (hagyományos x86-os rendszerű, Intel- és AMD-gyártású) dolgozik a Gigabyte cég által gyártott alaplapokon és két merevlemez szolgálja ki mindegyiket. Az alaplapoknak mind a nyolc memóriacsatlakozója tele van memóriamodulokkal (4. ábra).



4. ábra
A Google egyedi tervezésű, szabványosított szervere

A gépek folyamatos energiaellátását nem egy darab központi szünetmentes tápegység¹⁰ (UPS) biztosítja, hanem a saját tápegységek mellett vészhelyzet esetére minden szerverbe külön 12 voltos akkumulátor van beszerelve. Ez a megoldás 3-4 százalékot csökkent a fogyasztáson, ami százezres nagyságrendű gép üzemeltetésénél már érezhető a villanyszámlán is. Ez a megoldás egyedülálló a világon, amelyet 2005 óta sikerült titokban tartani. Míg a nagy UPS-ekkel 92-95%-os hatékonyságot lehet elérni, azaz nagy mennyiségű energia veszik el, addig a Google-szerverekbe szerelt akkumulátorokkal 99,9%-ot is el tudtak érni.

A tömegtermékek alkalmazása is az ár miatt éri meg. Ugyanezt a számítási kapacitást márkás szuperszámítógépekből összerakni nagyságrendekkel drágább lenne. Ráadásul a keresés tipikusan olyan feladat, hogy az apróbb hibákat a felhasználó észre sem veszi, mert a hiba esetén könnyen át tudja venni a feladatot egy másik szerverre, és ő csak esetleg annyit érzékel, hogy a találatokat a szokásosnál hosszabb idő alatt adja ki a rendszer. Amit a megbízhatóságon veszítenek, azt elenyésztik, hogy nincs gond az esetleg meghibásodott alkatrészek javításával, hiszen bármikor olcsón rendelkezésre áll tartalék mindenből. Erre szükség is van, hiszen a Google-szerverek brutális terhelés alatt dolgoznak éjjel-nappal, megszakítás nélkül.

A Google tervezési döntéseit széles körű költséglemzésre alapozta, amely kiterjedt a szoftvertől kezdve a hardveren az egész létesítményre. Például az energiahatékonyság javítása kiterjedt a szerverek tápellátására (AC/DC konverter) is. Általában a tápegységek 5 és 12 voltos egyenáramot tudnak biztosítani. A Google tápegységei ezzel szemben egyszerűbbek, csak 12 volt-ra konvertálnak úgy, hogy a konvertálás valójában az alaplapon történik. Ezzel persze nagyon keveset lehet csak megspórolni, de sok kicsi sokra megy – százezres nagyságrendben már számít.

Nem csoda hát, hogy a Google számítóközpontjainak PUE értéke¹¹ a legalacsonyabbak egyike a világon, és egyre lejjebb szorítják. 2008 III. negyedévében még 1,21-es értéket tudtak felmutatni (vagyis a gépek fogyasztásának 21 százaléka volt szükséges még többletenergiaként a számítóközpont üzemeltetéséhez), 2009 I. negyedévében viszont már 1,19-nél tartottak. Kedvező időjárás mellett, vagyis amikor nem kell csúcsra járatni a légkondicionálást, már a 1,12-es határfokot is elérték.

3.4. A Sun leghatékonyabb számítóközpontja

A Sun 2009 elején mutatta be partnereinek és ügyfeleinek a *legújabb, legzöldebb* és egyben a *leghatékonyabb* adatközpontját, mely Colorado-ban épült a Sun Broomfield-beli létesítményében.

Kombinálva a legújabb tervezési megközelítéseket élenjáró iparági innovációs megoldásokkal a Sun itt olyan moduláris felépítést valósított meg, amely nagy mértékben skálázható és kellően rugalmas, ezáltal gyorsabb reakciót biztosít a változó üzleti igények követéséhez és alapját képezi a költséghatékony működésnek. Az elért eredmények és célkitűzések:

- **Helykihasználtság:**
66%-al kevesebb helyigény a Sun legújabb architektúrájának (POD) köszönhetően.
- **Skálázható energiaelosztás:**
7MW-os kapacitásról indulva egészen 10MW-ig komolyabb változtatás nélkül.
- **Éljenjáró hűtési megoldás:**
A számítóközpont jelenleg a világ legnagyobb installációja az Emerson-Liebert XD hűtési rendszernek, mely képes dinamikusan kezelni a hűtést akár „rack” szinten, 30kW-os terheléssel is úgy, hogy átlagosan 20%-kal hatékonyabb, mint az átlagos hűtési rendszerek.
- **Energiafelhasználás:**
A konszolidáció eredményeképpen havi szinten 1 millió kWh árammegtakarításra számítanak.
- **Környezetkímélés:**
11.000 tonna éves CO₂-megtakarítás, amely lehetővé teszi, hogy a cég széndioxid-kibocsátási indexét („szénlábnym”) 6%-kal csökkentse az USA-ban.

¹⁰ Uninterruptable Power Supply: lényegében egy óriási akkumulátor, amely akkor kapcsol be, amikor az áramellátás kimarad és mindaddig áramot szolgáltat, amíg az áramgenerátorok beindulnak.

¹¹ A Green Grid által kidolgozott mérőszám az energiafogyasztás hatásfokának mérésére (Power Usage Effectiveness): ez azt mutatja meg, hogy a szerverek fogyasztásának hányszorosa a teljes központ világitással, légkondicionálással és hasonlókkal együtt számolt teljes energiaigénye, így emiatt ez egy 1-nél nagyobb szám.

A PUE-értéket illetően pontos mérési adatok erre a számítóközpontokra még nem állnak rendelkezésre, de a korábban (2007) létrehozott Santa Clara-i számítóközpont már 1,28-as PUE-értéket ért el. Ez a szám még egy kicsit rosszabb a Google által elért PUE-értéknél (1,19), de ebben a legújabb számítóközpontban nagy valószínűséggel már ezt is elérik majd. Annál is inkább, mert a cég 2008-ra érte el az első 20%-nyi csökkentést az áramfogyasztásban 2002 óta és a Broomfield-i számítóközponttal egy nagy lépést terveznek megtenni: újabb 20%-os csökkenést szeretnének megvalósítani.

3.5. A jövő számítóközpontjai

A jövőt tekintve ma már nemcsak a Google és a Sun Microsystems, de több más cég is (pl. Rackable Systems, Microsoft) moduláris felépítésű számítóközpontokban gondolkodik. Manapság ugyanis körülbelül másfél évet igényel egy számítóközpont infrastruktúrájának kiépítése mielőtt egyetlen szerver is elhelyezésre kerülhetne benne.

A jövőben a számítóközpontok olyan modulokból állíthatók majd össze – és így könnyen átméretezhetőek lesznek, – amelyeket „épp időben” le lehet gyártani, aztán konténerbe tenni és teherautóval a kívánt helyre szállítani, bárhol is van szükség rájuk. Ez a „könnyű csatlakoztatás – azonnali használat” elvre épülő megközelítés lehetővé teszi, hogy a fizikai infrastruktúra is az üzleti igények szerint dinamikusan változhasson, valamint segít csökkenteni a kezdeti tőkebefektetési igényt, a működtetési költségeket és az energiafelhasználást. Ezen a módon sok tekintetben jobban meg lehet felelni a hiperszámítástechnika méretezhetőségi követelményeinek is. Ahogy pedig a gazdasági feltételek nehezebbé válnak, várható, hogy a vállalatok számítástechnikai infrastruktúráis igényei egyre inkább lefedhetőek lesznek a hipertér kínálatával.

A Sun moduláris számítóközpontja speciális vízhűtési technológiája révén a hagyományos megoldásokhoz képest negyedakkora helyen, 40%-kal kevesebb hűtési költséggel teszi lehetővé számítóközpont kialakítását.

A számítóközpontoknál azonban nemcsak a *mit* (modularitás), hanem a *hova* is fontos kérdés, így az *elhelyezés terén is lehetnek innovatív környezetkímélő megoldások*. A Marriott International hotellánc-üzemeltető vállalat például egy elhagyott, pennsylvania-i bányáként építi ki, mélyen a föld alatt az új számítóközpontját. A föld alatt az állandó, alacsonyabb hőmérséklet jóval kisebb terhet jelent a hűtőrendszerre, mintha a felszínen, jelentős hőmérséklet változások közepette kellene működnie.

Összehasonlításképpen a magyar Interware szerverhoteljei (5. ábra) összesen mintegy 1000 négyzetméteren 4000 szervert működtetnek. Az ehhez szükséges energiamennyiség egy kisebb magyar település áramfogyasztásának felel meg.

Összefoglalóan tehát megállapítható, hogy a számítóközpontok adják ma is és a jövőben is a világ digitális „szívét” és határozzák meg a gazdasági, társadalmi fo-



5. ábra

Az Interware egyik ADSL-szolgáltató szerverkonténer a SZTAKI parkolójában

lyamatok ütemét, de az új, élenjáró technológiákkal a fejlődésük várhatóan azt is biztosítani fogja, hogy a lábnyomuk zöldebb, azaz hatásuk a fizikai világban a maiénál sokkal inkább elviselhető és fenntartható legyen.

4. Zöldre festett vállalati infrastruktúrák

Az energiahatékonyság és környezettudatosság szempontjából a vállalati informatika két szinten áll alapvető változások előtt. Egyrészt a vállalati IT-infrastruktúra (hardver, alapszoftver, köztes szoftver, menedzsmenteszközök, hűtés, energiaellátás) korszerűsítése terén, másrészt olyan távjelenlétre épülő, üzleti folyamatokat támogató megoldások terén, amelyek csökkentik a vállalat teljes környezeti hatását az informatika segítségével. Az infrastruktúra korszerűsítésében élenjáró szerepet tölt be a virtualizáció, amelynek segítségével – 10-20% teljesítmény rovására – elválasztható a hardver és a szoftver egymástól.

4.1. Vállalati számítóközpontok korszerűsítése

A hiperszámítástechnika viharos terjedése ellenére a vállalati számítóközpontok nem szűnnek meg – csak átalakulnak. A kialakuló modellben egyaránt szerepe van a belső informatikai szervezeteknek és a külső (egyre inkább közműszerűen működő) informatikai szolgáltatóknak. A belső és külső IT-szolgáltatók ugyanazokat a korszerű technológiai megoldásokat fogják használni az energiahatékonyság melletti nagy teljesítmény, magas kihasználtság és a rugalmasság elérésére, mint a nagy közműszerűen szolgáltató IT-cégek (IBM, Google, Microsoft, Sun, Amazon, HP stb.)

Jó példa erre a HP BladeSystem Matrix nevű, kereskedelmi forgalomban kapható megoldása („előkonfigurált virtuális gépek egy kattintásra”), amely lényegében vállalati szintű hiperszámítóközpont („privát felhő”) létrehozását teszi lehetővé. A hagyományos kialakításhoz képest a kísérletek és számítások szerint a bevezetés költségei akár 40%-kal, az energiafogyasztással és hűtéssel kapcsolatos költségek 92%-kal, a birtoklás összköltsége (TCO) pedig 78%-kal alacsonyabbak lehetnek.

További példaként említhető a Nagy Kék (IBM) által 2007 májusában elindított Nagy Zöld projekt (Project Big Green) 1 milliárd dolláros kezdeményezése a cég és ügyfelei által felhasznált energia radikális csökkentésére. Ennek keretében új, energiahatékony termékek és szolgáltatások létrehozása mellett a fő cél egy ötlépéses megközelítés kialakítása a számítóközpontok energiahatékonyságának növelése érdekében. A technológiai infrastruktúrák ilyen módon történő átalakításával a cég ügyfelei 42%-os megtakarítást tudnak elérni. 2008-ban a projektet kiterjesztették az alapszoftverekre is, amely így lehetőséget ad az energiahatékonytáknak a szűkebb értelemben vett számítóközpontokon túli javítására is¹².

Tanulságos példa a KIKA Csoporté is, amelyik Európában és a Közel-Keleten az üzleti tevékenységének kiterjesztését tervezte, de féltő volt, hogy elavult számítóközpontjai nem tudják a megcélzott növekedést támogatni. Olyan új számítóközpont létesítését vették ezért tervbe, hogy az egyúttal nagyobb energiahatékonytágot és kisebb környezetterhelést (ökológiai lábnyomot) is biztosítani tudjon. Az újonnan létesített számítóközpont teljesítette a cég üzleti célkitűzéseit mind az energiafogyasztás csökkentése (40%), mind a teljesítmény növelése tekintetében – javuló biztonsággal és rendelkezésre állással, valamint alacsonyabb birtoklási összköltséggel.

4.2. Hagyományos számítóközpont továbbfejlesztése

Egy átlagos számítóközpont PUE-értéke ma könnyen meghaladhatja a 2,5-ös értéket is, ami azt jelenti, hogy az energiafelhasználás alig 40%-a megy számítási kapacitásokra, a nagyobbik része pedig az IT rendszerek környezetét támogató eszközök működtetésére fordítódik. Hagyományos számítóközpontoknál a legjobb PUE-érték, amit el lehet érni a 2,0, az ennél kisebb értékhez már teljes koncepcióváltásra van szükség, mint ahogy az például a Sun már említett Broomfield-i számítóközpontjánál, vagy a Google számítóközpontjaiban történt.

A két érték között van némi tér és emiatt nem kell feltétlenül a teljes számítóközpontot új alapokra építeni, hogy előre lehessen menni a „zöld folyosón”. A hagyományos szervereket lehet fokozatosan lapszerverekkel (blade server) kiváltani, amelyek önmagukban 30%-kal csökkenthetik az adott szerver energiafogyasztását. Míg a speciális (pl. HP) fogyasztásszabályozó és áramellátó technológiákkal további 15-20% takarítható meg szerverenként. Figyelemre méltó ebből a szempontból az iparág legalacsonyabb fogyasztású, nagy teljesítményű, 8-magos szerverprocesszora is (Sun Niagara).

Újabb lehetőség jelent, hogy különböző, például védelmi funkciókat egy eszközbe integrálnak: az úgynevezett UTM-eszközök (Unified Threat Management) 2004 óta átfogó védelmet tudnak biztosítani a vírus- és behatolásvédelem, a tűzfal, a szpem- és URL-szűrés, a kémprogramok felderítése és VPN-kezelés egy eszközben

történő összeépítésével. Ez közvetlenül lefordítható kisebb helyigényre, kevesebb hőtermelésre és csökkenő energiafelhasználásra.

4.3. Virtualizáció

Ha egy dolgot kellene megnevezni, hogy minek van a legnagyobb hatása az IT-infrastruktúra fejlődésében, akkor feltétlenül a virtualizációt lehetne megjelölni. A költségek – és nem utolsósorban az energiaköltségek – csökkentése, a kapacitások jobb kihasználása és a rendszerek könnyebb kezelhetősége céljából is egyre fontosabbá válik a meglévő architektúrák virtualizációs megoldásokkal történő kiegészítése. A virtualizáció segítségével ugyanis nemcsak, hogy – némi túlzással – „egy kattintással hozható létre új szerver”, de a tapasztalatok szerint akár egy nagyságrenddel is javítani lehet a szerverek kihasználtságát és csökkenteni lehet például a szükséges fizikai szerverek számát.

De mi is a virtualizáció? Virtualizáción az informatikai erőforrások (processzor, memória, diszk, szerver, operációs rendszer, hálózat, platform, alkalmazás stb.) áttételésebb, tulajdonképpen *absztraktabb használatára és kezelésére* lehetőséget nyújtó technológiákat értik. Arról van szó, hogy a fizikailag létező dolgokat és működésüket más módon, más platformon logikailag valósítják meg – számítógépek memóriájában futó, erre a célra szolgáló szoftverek (pl. hipervízorok) formájában. A virtualizáció jelenthet *aggregációt*, azaz például sok szerver kapacitásának egy virtuális szerverbe való szervezését, de jelenthet *particionálást*, azaz egy számítógépen több, akár különböző számítógép logikai működtetését (emulálását). Mindezzel csökkenthető a fizikai szerverek száma, azaz a szükséges összkapacitás, és így a beszerzés, a karbantartás és a működtetés költsége. De növelhető a megbízhatóság is anélkül, hogy újabb tartalékgépeket kellene beszerezni és készenlétben tartani, mert rendszerleállás esetén a kapacitások dinamikus (és nagy mértékben automatizálható) átcsoportosításával a pótkapacitások a szükséges mértékben és a szükséges célra biztosíthatók.

Mivel az üzleti alkalmazásokat futtató szerverek szokásos kihasználtsága 10-20% körülire tehető, a virtualizáció rendkívül hatásos eszköz a fizikai infrastruktúra kapacitásainak optimalizálására és ezen keresztül a felesleges energiafogyasztás minimalizására. Manapság ezért a virtualizációval szinte minden vállalat IT-szervezete foglalkozik valamilyen mértékben, de fontos tudni, hogy az említett, tömeges információszolgáltatást biztosító, korszerű számítóközpontok lényegében mind a virtualizáció valamilyen formájára épülnek.

4.4. Hűtés, mint fő probléma

A hagyományos infrastruktúrák fokozatos továbbfejlesztése elé a legnagyobb akadályt a szerverek meg növekedő teljesítménysűrűsége helyezi, amelyet ugyan csökkent az adott számítási teljesítményre eső energia-

¹² Egy ilyen lehetőség a szolgáltatás-orientált szoftverarchitektúra (SOA) kiépítése, amely az újrafelhasználás magasabb szintjével csökkenti az igényt különálló, alkalmazásspecifikus erőforrásokra és az egyes funkciók által igényelt energiafogyasztást megosztja (optimalizálja) a különböző alkalmazások között.

felvétel, de ezt el is viszi az egy-egy szekrénybe beépíthető megnövekedett szerverteljesítmény¹³, valamint a virtualizációval jelentősen javuló kihasználtság és a dinamikus terhelésszabályozás lehetősége.

Virtualizált környezetben ugyanis az esetleges gyorsan változó üzleti terheléstől függően nőhet vagy csökkenhet a hűtési igény. Ezt a dinamikus változást a hűtési teljesítményben csak intelligens vezérléssel rendelkező, úgynevezett *adaptív hűtési rendszerek* tudják biztosítani. A hűtés maximális igénybevételre való méretezése – a virtualizáció és korszerű szerverek használata ellenére is – növelné az energiafogyasztást, ráadásul sok évre előre kellene meghatározni ezt a maximumot.

A hagyományos teremhűtési megoldások (pl. álpadlós hűtés) ezért rossz hatásfokkal és max. 7 kW-ig tudják növelni az elérhető teljesítménysűrűséget. Az adaptív hűtési megoldás viszont nagy teljesítménysűrűségű alkalmazásokat is ki tud szolgálni – méghozzá akár felére csökkenő energiafogyasztás mellett.

4.5. Távjelenlétre épülő munkakörnyezet

Felfogható a személyek „virtualizálásaként” is, de valójában teljesen külön kategóriát képez a távjelenlét különböző változatainak alkalmazása a vállalatokon belül. A távmunkával és még előtte a tele- majd videokonferenciával kezdődött minden. Nemzetközi projektcsapatoknál a telekonferencia, illetőleg a több telephelyes – elsősorban multinacionális – cégeknél a videokonferencia lehetőségeit régóta kihasználják, ezzel jelentős utazási költségektől és természetesen energiapazarlástól mentesülnek. Mindkét esetben viszonylag egyszerű, szabványos kommunikációs eszközökre van szükség és gyors, de nem túlságosan nagy sáv szélességet biztosító hálózati kapcsolatra.

A távmunka először nagyobb volumenben az ügyfélszolgálati munkakörökben terjedt el egyrészt a rész-munkaidős és alacsony költségű munkavállalók kihasználása érdekében, másrészt ismét csak a vállalat utazási-áramellátási költségeinek racionalizálása jegyében. Ez a foglalkoztatási forma három tényező miatt kerül egyre inkább előtérbe: a gépkocsik által okozott környezetterhelés¹⁴, a növekvő üzemanyagárak és a szélessávú internetelérés.

Vannak olyan vállalatok, amelyek külön úgy tervezik az irodák építését vagy bérletét, hogy minél optimálisabban tudják a dolgozói megközelíteni a cég irodáit. Itthon a BT még csak tervezi a távmunka bevezetésére épülő foglalkoztatási rendszerét, de várakozásaik szerint a környezetbarát jellege mellett jelentős vonzerő is lesz majd a magyar munkavállalók számára.

A Természetvédelmi Világalap (World Wide Fund for Nature, WWF) becslése szerint több mint 22 millió tonna széndioxid kibocsátását lehetne megelőzni, ha csupán az európai munkavállalók 10%-a jóval többet dolgozna

otthonról. Ugyanez az elemzés mutatta ki, hogy ha a dolgozók fele évente akárcsak egyszer is tele- vagy videókonferenciával váltaná ki a megbeszélést, akkor ez 2,1 millió tonnányi széndioxidtól mentesítené a környezetet. Konkrét tény viszont, hogy a Cisco TelePresence videokonferencia-eszközét a cég minden irodájában használják és ezzel 20%-kal tudták csökkenteni az üzleti utak számát.

Új fejezetet jelenthet a *virtuális munkakörnyezetek* megjelenése, amely (a Second Life-hoz hasonló) virtuálisvilág-technikákkal nemcsak előre egyeztetett, illetőleg kétoldalú munkakapcsolatokat tudnak támogatni, hanem a dolgozók sokoldalú, ad hoc és üzleti folyamatok által vezérelt, komplex együttműködésében is ki tudják küszöbölni a földrajzi távolságot, mint akadályozó tényezőt. Ezt megvalósító kísérleti környezetet gyakorlatilag már minden nagy IT-szolgáltató létrehozott, vagy tervehette azt (pl. IBM, Sun, Cisco). A nagy kérdés azonban még továbbra is fennáll, hogy vajon az így elérhető termelékenységjavulás és a további megtakarítás az utazási költségekben ellensúlyozza-e az ilyen megoldásokhoz elengedhetetlen szélessávú hálózati kapcsolat megnövekedő szolgáltatási költségeit és energiafogyasztását. A WWF már említett elemzése szerint mindenesetre 22,4 millió tonnával csökkenhetne a széndioxid-kibocsátás, ha Európában az üzleti utak 20%-át virtuális találkozással váltanák fel.

A jelenlegi korlátoktól és a jövő bizonytalanságaitól függetlenül azonban könnyű megjósolni, hogy a távjelenlét egyre nagyobb mértékben épül be a vállalatok mindennapi tevékenységébe és fog hozzájárulni a fenn tartható teljesítménynöveléshez.

5. Zöld utak a végeken is

5.1. Személyi eszközök energiaellátása

Az átlagos asztali számítógépek 70-75%-os energiahatékonyságot tudnak felmutatni. A „80PLUS” tanúsítvány éppen arra ad ösztönzést, hogy a gyártók törekedjenek 80% feletti hatékonyságra és ezzel a szó legjobb értelmében meg tudják magukat különböztetni a piacon. Bizonyosan ezek közé tartozik a Sun SunRay ultravékony kliensgépe, amely max. 4 Wattot fogyaszt, azaz mintegy huszadát az átlagos asztali gépek energiafelvételének.

A kisebb, de egyre „okosabb” eszközöknél (például egér, billentyűzet) még használhatók szárazelemek. A cél persze az, hogy mindenütt újratölthető akkumulátorokat alkalmazzanak, de egyes gyártók (pl. Logitech) már ügyelnek arra is, hogy hardveres vagy szoftveres technológiákkal maximalizálják az elemek és akkumulátorok energiafelhasználását.

A személyes eszközök számának robbanásszerű növekedésével együtt egyre több akkumulátortöltőt¹⁵ is hasz-

¹³ Jelenleg ez 15-20 kW szekrényenként, míg tíz évvel ezelőtt csak 2-3 kW volt a jellemző.

¹⁴ Jó hír lehet az alkalmazottak számára, hogy egyes becslések szerint dolgozónként hetente egy otthoni munkával töltött nap 20 százalékkal csökkentené az utazásból keletkező környezetterhelést.

¹⁵ Sajnos, úgy tűnik a hardvergyártók egyelőre nem törekednek arra, hogy az akkumulátorok és töltők szabványosak és egymással kompatibilisek legyenek. Gyakran még egy-egy gyártó esetében is több különböző, inkompatibilis fajtával kell bajlódniuk a fogyasztóknak.

nálunk és kényelmi szempontok miatt gyakran hagyjuk ezeket az áramhálózatban. Évente akár több mint száz-ezer otthon energiaellátása lenne biztosítható azzal, hogy a tulajdonosok kihúznák onnan ezeket az eszközöket. A mobiltelefonok esetében a Nokia célul tűzte ki, hogy 2010-ig 50%-kal csökkentse a konnektorban felejtett töltők energiafogyasztását. Az Ericsson ezzel szemben radikálisan más megoldáson dolgozik: a napenergiával működő mobiltöltő megalkotásán.

5.2. Nyomtatás

A „papírmentes iroda” több évtizedes álma még mindig messze van a megvalósulástól és hiába tört meg látványosan a papírnak mint egyértelműen uralkodó, információhordozó médiumnak a szerepe, egyre több papírt termelünk IT-eszközeinkkel. A kétoldalas nyomtatás általános használatával elméletileg rögtön 50%-kal csökkenthető lenne a papírfelhasználás. Ezért kritikus feltétel, hogy – úgy mint a HP-nél – minden nyomtató képes legyen erre és könnyen beállítható legyen ez a nyomtatási lehetőség.

5.3. Az operációs rendszer lehetőségei

A végberendezésekben az energiahatékonyság érdekében az egyik legígéretesebb „zöldítési” lehetőség az, hogy az operációs rendszer közvetlenül kontrollálja a hardver energiafogyasztását és ezzel lehetővé teszi a berendezés inaktív elemeinek automatikus kikapcsolását, hibernálását. Sok ilyen számítógép van már forgalomban, de hogy ez ne csak ad hoc módon – azaz a különböző operációs rendszereknél különféleképpen és szinten – történjen, például az Advanced Configuration and Power Interface (ACPI) ipari szabvány használatával elérhető.

A Microsoftot sokan támadják nem túl energiatakarékos Windows operációs rendszerei miatt. A gyártó állítása szerint javult a helyzet a Vistánál, amit sokan vitatnak, de még ha igaz is az állítás, a Vista alacsony elterjedtsége miatt ez nem tud érvényesülni. Így marad az ebből a szempontból sokkal jobb, de kevésbé elterjedt Linux, vagy a remény egy újabb, használhatóbb és hatékonyabb Windows-ra...

5.4. Processzorok hatékonyságjavítása

Egy másik lehetőség természetesen magukban a processzorokban az energiahatékonyság javítása, amely viszont alapvetően az alkalmazott gyártástechnológia függvénye. Különösen fontos ez a grafikus processzorok (GPU) esetében, amelyek hagyományosan a számítógép legtöbb energiát fogyasztó részei.

A többmagos processzorok használata eleve javítja a felvett kilowattónkénti kimenő teljesítményt. Ezen felül az olyan nagy gyártóknál, mint az Intel és az AMD is folyamatosan napirenden van, hogy az új (többmagos) processzorok jelentős teljesítményjavulás mellett is kevesebb energiát fogyasszanak, így a tipikus alkalmazá-

sok egyre gyorsabb és kisebb energiafelvétel melletti működésre képesek.

További újabb fejlemény, hogy hat vállalat (Chartered Semiconductor Manufacturing, Global Foundries, Infineon Technologies, Samsung Electronics, STMicroelectronics és az IBM) 2009 elején egyesítette erőforrásait, hogy kidolgozzák a 28 nanométeres gyártástechnológia alapjait, amelytől 40%-kal kisebb energiafogyasztás és 20%-kal nagyobb teljesítmény várható a jelenlegi 45 nanométeres technológiához képest. Ha elkészülnek, a 28 nanométeres processzorok nagyobb akkumulátoros üzemidőt és nagyobb teljesítmény biztosítanak majd a 32 nanométeresekhez képest is – igaz, még ez utóbbiak sem kerültek tömeggyártásba¹⁶.

A több magon kívül a processzorokban egyre inkább használnak olyan élenjáró technológiákat, amelyek az energiafelhasználást csökkentik, például „okos” memóriaelérést, igény szerinti átkapcsolást, tápkikapcsolást, gyorsító lépéseket. Mindezekkel az úgynevezett készenléti fogyasztást igyekeznek csökkenteni, azaz ha egy processzorelemnek nincs feladat, akkor akár a másodperc ezredrészére is, de kikapcsolják.

Az energiafelhasználáson túl figyelni kell a károsanyagok beépítésére és felhasználására is, amelyek előbb vagy utóbb környezeti terhelésként is megjelennek a gyártás, a használat vagy a selejtezés során. Az Intel például már megszüntette a különböző halogének és származékaik, valamint az ólom felhasználását a termékeiben.

5.5. Az elektronikus hulladék kezelése

Sok IT-cég ma már nagy figyelmet fordít az IT-termékek megfelelő kezelésére és az újrahasznosításra az életciklusuk végén. Az IBM például az elmúlt négy év alatt az úgynevezett Global Asset Recovery kezdeményezésének keretében 4,6 millió számítógépet gyűjtött össze és hasznosított újra – miközben a feldolgozott hulladéktermékekből csak kevesebb, mint 1%-ot kellett szeméttelakókban elhelyezni. A HP 1 milliárd kilogrammnyi elektronikai hulladékot tervez újrahasznosítani 2010-ig. 2007-ben azonban ebből még csak 2,5 millió darab hardvereszközt (22,6 millió kg) gyűjtött össze feldolgozásra vagy ajándékozásra.

Fontos természetesen, hogy már a gyártás során olyan anyagokat használjanak, amelyeket egyszerűen, kevés energia felhasználásával lehet lebontani. A Nokia-nál például a beszállítóktól teljes körű igazolást követelnek meg az általuk használt alapanyagokról és maguk is aktívan kutatnak kevesebb környezeti terhelést okozó anyagok után (2006 óta nem használnak PVC-t). Egyébként pedig több mint 80 országban sokezer begyűjtő központot működtet a használt készülékek visszavételére és feldolgozására. A Sun szintén nem használ PVC-t, és minden termékének korábbi műanyagburkolatát fémre cserélték, amelynek könnyebb az újrahasznosítása.

¹⁶ Az Intel abban bíz, hogy 2009 végén bevezetheti ezt a fejlettebb gyártástechnológiát, jelenleg ugyanis még 45 nanométeres csíkszélességgel készülnek a Core 2-esek és Core i7-esek.

A hulladék témakörébe tartozik a csomagoló anyagok kérdése is. A racionalizált csomagolással egyes tapasztalatok szerint nemcsak az anyagszükséglet csökkenthető akár 40-50%-kal, de a kiszállítások számát is jelentősen mérsékelni lehet, és ezzel végső soron a széndioxid-kibocsátást is. Európában már kiiktatták a PVC-t, mint csomagoló anyagot, remélhetőleg rövid időn belül ebben követi az egész világ is.

6. A zöld középút

Persze, miért is lepődünk meg mindezen? Ha az agy az emberi test legtöbb energiát fogyasztó része és a sok milliárd emberi agy tevékenységének „köszönhetően” energiaválságok és környezeti problémák jelentek meg, akkor a globális informatika, mint a Föld „idegrendszer” szinte természetes, hogy előbb-utóbb energiaellátási és környezetterhelési kérdéseket vet fel.

Ma éppen ez történik velünk. Úgy tűnik, hogy az informatika lassan kilép a naiv gyermekkorból, amikor is az újabb és újabb informatikai lehetőségek azt a képzetet kelthették, hogy mindennek igazában nincs is ára és következménye (mint ahogy korábban a vasútról, az úthálózatról és más nagy infrastruktúráról is ezt gondolták).

6.1. A „zöld”-ség mérése és tervezése

Az informatika egyre intenzívebb használata a legkülönbözőbb szervezetek és termékek működésében annak a lehetőségét is magában rejt, hogy e szervezetek és termékek kevesebb energiát fogyasszanak, és kisebb terhelést jelentsenek a környezetre – annak ellenére, hogy esetleg a szervezetek/termékek IT-részének energiafelhasználása viszonylagosan nő.

A fő kérdés az, hogy mennyi energiafogyasztásbeli növekedés az egyik (IT) oldalon mekkora energiamegtakarítást hoz a másik oldalon (szervezet/termék működése). Kritikus fontosságú ezért, hogy megbízható számítási módszerek és megközelítések alakuljanak ki, amelyeket az IT- és távközlési iparágban széles körben elfogadnak és használnak. A jövő informatikáját ezért várhatóan az fogja jellemezni, hogy az új IT-szolgáltatásokat és termékeket az energia- és környezeti hatásaik szempontjából *teljes életciklusukra optimalizálják* és ezt *globális költség-haszon elemzéssel* támasztják alá.

Jelenleg több szervezetnél is folyik ezzel kapcsolatos tevékenység. A szerverek és egyéb számítógépek területén a SPEC konzorcium (Standard Performance Evaluation Corporation) vezetett be módszert az összemérésükre¹⁷. A számítóközpontok területén pedig, ahogy már említésre került, a Green Grid¹⁸ javasolt mérőszámot az *energiafogyasztás hatásfokának* mérésére:

$$PUE = \frac{\text{számítóközpont teljes energiafelhasználása}}{\text{fő informatikai berendezések¹⁹ energiafelhasználása}}$$

A PUE fordított hányadosa a *számítóközpont infrastruktúrájának hatékonyságát* (DataCenter Infrastructure Efficiency) mutató arányszám:

$$DCiE = \frac{\text{fő informatikai berendezések energiafelhasználása}}{\text{számítóközpont teljes energiafelhasználása}} \times 100\%$$

Mindkét mutató azt tükrözi, hogy az adott számítóközpont mennyire eredményesen használja fel az áramellátást.

Mérés nélkül még a különböző gyártók kínálatának összehasonlítására sincsen lehetőség. Különösen fontos azonban a megbízható mérés, hogy hitelt érdemlően lehessen a *zöld fejlesztések megtérülését* kimutatni. Anélkül, ugyanis, hogy a számítóközpontokban „okos” mérőeszközöket vagy áramelosztó berendezéseket telepítenének, amelyek az IT-infrastruktúra és a kiszolgáló létesítmények (például hűtőrendszerek) energiafogyasztását egyenként mérni és összeségében kimutatni tudnák, nem várható, hogy komolyabb – esetenként működési kockázatokat is jelentő – átalakításokra vállalkoznának az üzemeltetők. Természetesen kisebb szerverkonfigurációknál egyszerű (pl. Radio Shack) árammérőkkal is monitorozni lehet az energiafogyasztást.

Ezért a legjobb tanács, ami adható, a zöld útra térő szervezeteknek, hogy legyen erre vonatkozóan egy „IT-zöldítési” tervük. A kormányzatok várhatóan úgyis növelni fogják a nyomást szigorúbb követelmények és jogszabályok formájában. Jobb ennek elébe menni és összefogni a piac azon szereplőivel, egyetemekkel, egyesületekkel, energiatermelő és -szolgáltató vállalatokkal, amelyek már elkötelezték magukat arra, hogy károsanyag-semlegessé váljanak.

Kis erőfeszítéssel és egy végrehajtható tervvel az energiahatékonyság érezhetően csökkenteni fogja a működés költségeit mind a szolgáltatói, mind a fogyasztói oldalon. A terv lehet egyszerűen a virtualizáció szervezett kipróbálása és energiatakarékos gépbeszerzési gyakorlat kialakítása, de lehet olyan komplex is, amely a környezeti károkozás megszüntetéséhez vezető utat határozza meg.

6.2. Az IT komplex hatása

Az informatikának a környezetre gyakorolt pozitív hatásait számtalan áttételen keresztül – szinte mindenbe beépülve – és rendkívül komplex módon fejti ki. Álljon itt néhány példa ennek illusztrálására:

A CO₂-kibocsátás ellenőrzése

Az informatika javítani tudja a saját működését (energiafogyasztás csökkentése), az energiatermelést (hatékonyabb energiaelőállítás és a közben fellépő káros hatások csökkentése), de javítja, optimalizálja a gazdaság és társadalom szinte minden más területén is az energiafogyasztást és károsanyag-kibocsátást. Az informa-

¹⁷ Lásd SPECpower benchmark: www.spec.org/power_ss2008

¹⁸ Lásd: <http://thegreengrid.org>

¹⁹ A fő informatikai berendezések közé tartoznak a számítóközpontban fizikailag elhelyezett szerverek, tárolók és hálózati elemek.

tika segítségével javítani lehet például a tisztánlátást a CO₂-kibocsátás mértékét illetően (mérések és jelentések) és a CO₂-kibocsátás csökkentésére irányuló legjobb, bevált megközelítések összegyűjtésével és terjesztésével (Carbon Disclosure Project).

A szállítmányozás optimalizálása

Ma a szállítás okozza a környezetszennyezés 25%-át, de előrejelzések szerint ez akár a dupláját is elérheti 2050-re. Az informatikával optimalizálni lehet a szállítást (GPS-alapú szállítmányozási és forgalomirányítási rendszerek), de akár ki is válthatja azt egyes esetekben (például könyvek elektronikus eljuttatása és helyi nyomtatása, ha egyáltalán ki kell nyomtatni). Bár – mint láttuk – az informatika működtetése is jelentős energiákat igényel, az energiefelhasználás a számítóközpontokban jóval koncentráltabb, ellenőrzöttebb és ezért ott jobban optimalizálható/csökkenthető, mint az utakon elfűtött energia. A Cisco szerint az információtechnológia okos használatával a szállításból származó széndioxid-kibocsátás is csökkenthető.

Áramszolgáltatás globális optimalizálása

A Global Intelligent Utility Network Coalition közműcégek egy olyan csoportját jelenti, amely a közműhálózatok korszerű technológiáinak és üzleti megoldásainak egész világon való elfogadtatására szerveződött. Az intelligens közműhálózat radikálisan átalakítja azt, ahogy az energiát előállítják, szétosztják és felhasználják. Az intelligens információkezeléssel meglepő mértékben lehet csökkenteni a kimaradásokat és hibákat az áramszolgáltató hálózatokban, javítani a reakciósebességet (a kereslet változása esetén), kezelni a jelenlegi és jövőbeli igénybevételt, növelni a hatékonyságot és kordában tartani a költségeket. Külön feladatot jelent az alternatív (tehát megújuló természeti erőforrásokból előállított) energiák használatára történő optimalizálás.

7. Út a jövőbe

Mindez egyelőre csak lehetőség, amit még valóra kell váltani. Az út azonban semmiképpen sem az informatika korlátozásán vagy kiiktatásán (az ipari forradalom géprombolóihoz, a ludditákhoz hasonló „számítógéprombólók” megjelenésén) keresztül vezet, hiszen ezzel annak a lehetőségét is korlátoznánk, hogy – ha közvetett módon is, de – a gazdaság és társadalom minden területén az informatika kifejthesse említett pozitív hatásait. Körültekintő és *kiegyensúlyozott megközelítésre* van emiatt szükség, amely szervesen ötvözi az energiahatékonyság és környezettudatosság szempontjait a gazdaság társadalmilag – a jelenleginél – hasznosabb és fenntarthatóbb működési módjának kialakításával.

Az informatikának nemcsak ki kell „zöldülnie”, hanem „termőre” is kell fordulnia, hogy esélyünk legyen a jövőre. Ezért fontos az is, hogy az IT és a környezet sokoldalú kapcsolatáról a társadalom rendszeresen hírt kapjon, mivel így az informatika környezeti hatásaira még

többen fognak odafigyelni és tesznek meg remélhetőleg egyre többet azért, hogy valóban kizöldüljön és termőre forduljon az IT.

A szerzőről



KRAUTH PÉTER az ELTE matematikus szakát végezte el 1979-ben. Ezt követően a KFKI Mérés- és Számítástechnikai Kutató Intézetében dolgozott és vett részt relációs adatbázisokhoz és szoftvertchnológiához kapcsolódó kutatás-fejlesztési projektek mellett a KFKI alkalmazásfejlesztési tevékenységének kialakításában. Ennek keretében úttörő jelleggel alkalmazott munkatársaival együtt korszerű informatikai módszereket és eszközöket. Később az MTA Információtechnológiai Alapítvány és az IBIS Informatikai Kft. munkatársaként szoftvertchnológiai eszközök és minőségbiztosítási módszerek üzleti alkalmazásával foglalkozott. A 2000-es évek elején az EU K+F keretprogramjának egyik projektjét vezeti és koordinálja az IQSOFT Rt. képviselőjében, majd – ennek folytatásaként – a Nemzeti Kutatás-Fejlesztési Program keretében vezetett egy projektet, amely a szemantikus információintegráció hazai, gyakorlati megvalósítását tűzte ki célul. Ezzel párhuzamosan a hazai IT-szolgáltatás-menedzsment kultúrájának megteremtésével és fejlesztésével foglalkozik: elnökségi tagja az itSMF Magyarország közhasznú egyesületnek és több mint másfél ezer informatikusnak tartott ilyen témában nemzetközi szintű képzést adó tanfolyamot. A fejlesztési, tanácsadási és oktatási tevékenységeket saját vállalkozásában végzi, valamint közreműködik a Nemzeti Hírközlési és Informatikai Tanács IT3 projektjében (Információs Társadalom Technológiai Távlatai). Közel másfél évtizede elnöke a Magyar Szabványügyi Testület informatikai műszaki bizottságának, amelynek eredményeként számos szoftvertchnológiai és információvédelmi nemzetközi szabvány került honosításra.