

A jubiláló Internet: 40-25-20 évvel ezelőtt történt

SZABÓ CSABA ATTILA

szabo@hit.bme.hu

Kulcsszavak: ARPANET, csomagkapcsolás, Internet, TCP/IP, WWW

2009. október 29-én este az Egyesült Államokban, a University of California at Los Angeles (UCLA) egyetemen ünnepélyes eseményre került sor, az ezen a napon rendezett több jubileumi rendezvény egyikeként. Az UCLA-n egy emléktáblát helyeztek el, melyen a következő szöveg állt: „On October 29, 1969, at 10:30 p.m., the first Internet message was sent from this site. It traveled in separate packets...” Azaz a fenti időpontban küldték el innen az első internet-üzenetet, amely különálló csomagok formájában utazott. Precízen szólva, a csomagkapcsolt számítógép-hálózat születésének a dátuma ez. Hogy az Internet születésnapját is ünnepeljük-e egyidejűleg? Ha azt mondjuk, hogy az Internet alapja egy világméretű, csomagkapcsolt elven működő számítógép-hálózat, akkor igen. De továbbmenve: egy kicsit később rámutatunk az Internet további kulcsfontosságú komponenseire és visszatekintünk azok létrejöttére, nagyon érdekes, hogy idén azokra vonatkozóan is kerek életkorokat mondhatunk...

Az első üzenetküldésre még visszatérünk, de előbb lássuk, hogyan sikerült eddig az eseményig eljutni, és kiknek köszönhető ez. Van egy érdekes „klub”, amelybe nem lehet belépni, és amelynek nem is teljesen egyértelmű, hogy kik a tagjai, mert az, hogy kiket sorolunk ide, némiképpen szubjektív dolog is: „The Fathers of Internet” – az Internet atyjai. Mindenesetre e néhány ember tevékenységének, műveinek jelentősége összemérhető bármelyik világhírű fizikuséval vagy matematikuséval, de mivel viszonylag friss ez a történelem, ezek a nevek még nem váltak általánosan ismertté a köztudatban.

Kezdjük talán azzal a nagy emberrel, akit talán legkevesebbet emlegetnek az Internet létrehozói között, mi-

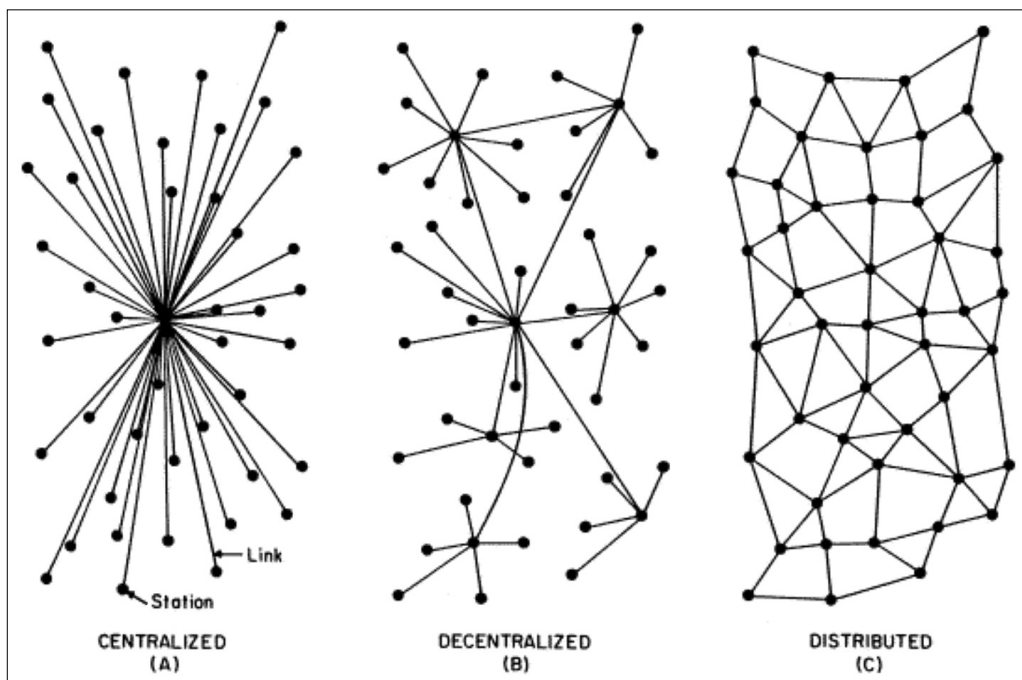
vel általában azokat szokták megjegyezni, akik tényleg létre is hoztak valamit, tehát összerakták azt az eszközt, létrehozták azt a szoftvert, ami működteti a dolgokat, de akik az elveket kitalálták, azok néha háttérben maradnak. Ő *J.C.R. Licklider*, aki, mint annyian mások az Internet és a számítógép-hálózatok létrehozói közül, az Egyesült Államok Védelmi Minisztériumában dolgozott az ARPA (Advance Research Project Agency), később DARPA, azaz az új, „advanced” kutatási projektekkel foglalkozó szervezetben. Licklidernek van egy alapműve 1960-ból [1], ahol először beszélt összekapcsolt számítógépekről és emellett először vízionálta az ember-gép kapcsolatot, tehát hogy itt nem csak egyszerűen arról

1. ábra Kis Internet-arcképcsarnok [9]

Balról jobbra, fent: J.C.R. Licklider, Paul Baran, Larry Roberts, Leonard Kleinrock;
lent: Vinton Cerf, Robert Kahn, Vannevar Bush, Ted Nelson, Tim Berners-Lee



2. ábra
Centralizált,
decentralizált és elosztott
hálózati topológiák



van szó, hogy gépek fognak kommunikálni, hanem az ember szerves kapcsolatba lép majd a számítógépekkel és hogy ez mire vezet, milyen jó származik belőle.

Egy másik jelentős személyiség, *Paul Baran* szintén ennél a szervezetenél dolgozott és egy olyan felfedezést tett, ami mára nem tűnik számunkra nagy dolognak, ha megnézzük a 2. ábrán látható három egyszerű hálózati topológiát, de akkor ez megint csak úttörő lépésnek számított. Ő azon dolgozott, hogy a létezőknél sokkal kevésbé sebezhetőbb hálózatokat hozzon létre, amelyek túlélnek sokféle támadást és mindaddig kommunikációképesek maradnak, amíg két csomópont marad és azok tudnak egymással kommunikálni. Baran eljutott a centralizált topológiától a decentralizálton keresztül a szétosztott topológiáig, és azt vizsgálta, hogyan viselkedik egy ilyen topológia, különböző támadásokkal és károsodásokkal szemben. A hálózatokról nagyon sok ismeretünk van ma már, és eléggé természetesnek tűnik, hogy egy ilyen elosztott topológián két tetszőleges pont között nem csak egy kapcsolat van, hanem több útvonalon is lehet vezetni az információ áramlását és természetesen rendelkezik egy komoly hibatűrő képességgel, de annak idején ez úttörő felismerésnek számított, ezért joggal sorolhatjuk Barant is az Internet atyái közé.

Amit eddig mondtunk, az még mindig a most jubiláló első számítógép-hálózat, az ARPANET előtt volt. Az ARPANET megtervezése, a megvalósítás vezetése elsősorban *Lawrence Roberts* nevéhez fűződik. Ő mutatta be először ezt a forradalmian új hálózatot a [3]-ban. Roberts mellett talán a legismertebb személy, aki az első számítógép-hálózat megszületésénél bábáskodott, *Leonard Kleinrock*. Kleinrock az MIT-n, az egyik legjobb amerikai műszaki egyetemen szerezte meg PhD fokozatát és aztán a fent említett UCLA-n dolgozott nagyon sokáig és valószínűleg ő fogalmazta meg a csomagkapcsolás elvét elsőként, még diákként a PhD disszertációjában, 1961-ben és publikálta azt egy kicsit később [4]. Még mindig

nem vagyunk 1969-nél, az első számítógép-hálózat megjelenésénél, de már gyűlnek azok az elvek, amelyek oda vezetnek, hogy az létre tudott jönni.

Kleinrock érdeme a csomagkapcsolás elvének ki-mondásában és vizsgálatában akkor is jelentős és úttörő voltának elismerése azzal együtt is jogos, ha – mint minden komoly, új elvnel ez történni szokott – egyidejűleg többen dolgoztak ilyen kérdéseken és sokan jutottak hasonló következtetésekre, jóllehet egymástól függetlenül, egymásról nem tudva vizsgálták a csomagkapcsolás elvét. Mivel Kleinrock nem csak tehetséges fiatal tudós volt, hanem további figyelemreméltó képességekkel is rendelkezett, meggyőzte az előbb említett kutatásfejlesztési szervezetet, az ARPA-t, hogy az általa megvalósítani tervezett ARPANET hálózat működjön csomagkapcsolt elven.

Mi is az a csomagkapcsolás? Az 1960-as években a hálózatépítés kizárólagosan alkalmazott elve az úgynevezett vonalkapcsolás volt, az a módszer, amelyet az akkor már jó régen, több mint fél évszázada létező telefonhálózatban alkalmaztak. A csomagkapcsolás új elve az volt, hogy ne folyamatosan továbbítsuk a továbbítandó adatfolyamot, és ne hozzunk erre a célra létre egy állandóan fennálló összeköttetést, erőforrások lefoglalásával, amit vagy használunk vagy nem, hanem daraboljuk szét a továbbítandó adatfolyamot, bontsuk azokat úgynevezett csomagokra és továbbítsuk ezeket az adategységeket akár egymástól függetlenül, akár különböző útvonalakon, csomópontról csomópontra, az úgynevezett „store-and-forward”, „tárolj és továbbíts” elv alkalmazásával. A csomópontok tehát fel vannak ruházva csomag-tárolási képességgel, veszik az adategységet, majd továbbítják az adategységet. Hova? Oda ahová kell, ahhoz, hogy előbb-utóbb célba jusson. A csomagkapcsolás elvében benne volt az is, a csomagkapcsolás tiszta formájában legalábbis, hogy mindent megtesz a számítógép hálózatunk annak érdekében, hogy az adott információ-

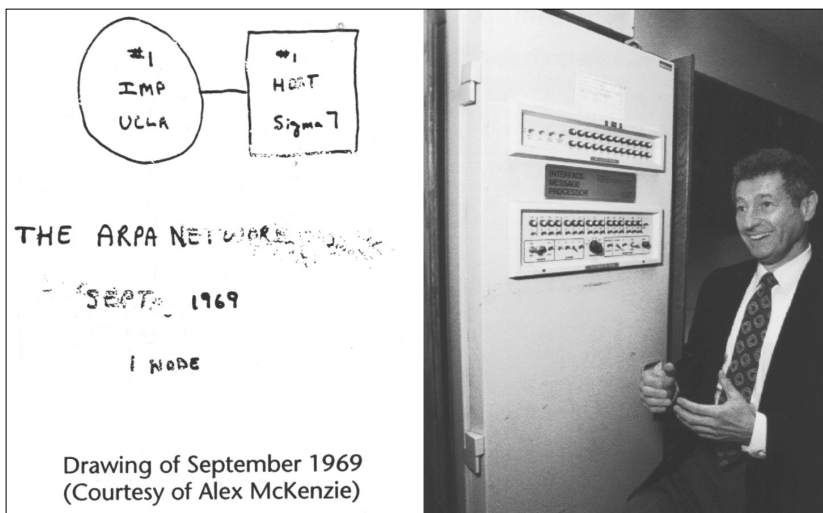
egységet tartalmazó csomag célhoz érjen, de ez nem biztos, hogy megtörténik, tehát ennek az új elvnek az elfogadásához ezzel az azóta széleskörben „best effort”-nak nevezett aspektusával is meg kellett barátkozni.

Ezen a csomagkapcsolt elven működött tehát az ARPANET hálózat. A 3/a. ábrán látható egy technikatörténeti rajz, amely a hálózatnak egy kicsi szegmensét tartalmazza, amely a végponti számítógépből és a legközelebbi csomagkapcsoló gépből áll, amit akkor egy kacifántos néven „Interface Message Processor”-nak neveztek. Kleinrock csapata az UCLA-án hozta létre az ARPANET első csomóponti kapcsológépét, amely a 3/b. ábrán látható szekrény volt. Ezt ma úgy hívnánk, hogy router, és attól függően, hogy milyen képességű routerre van szükségünk, vagy egy kicsi doboz, vagy egy kicsit nagyobb doboz lenne. És az ARPANET, mint hálózat úgy kezdődött, hogy mindössze 5 darab csomóponti gépet tartalmazott és minden egyes csomóponti géphez egy-egy számítógép kapcsolódott. Ezek 5 egyetemi, illetőleg kutatóhelyen kerültek elhelyezésre, ebből három Kaliforniában, a UCLA-en, a Stanford Research Institute-on, és a University of California at Santa Barbara-n, egy további Utah-ban, az ötödik pedig a keleti parton, Bostonban helyezkedett el.

Leonard Kleinrock elmondta egy interjúban, hogyan zajlott le az első számítógépes kommunikáció ezen a bizonyos kezdeti ARPANET-hálózaton. Létrehoztak egy párhuzamos telefonkapcsolatot a két kaliforniai intézmény között és ezen beszélgettek is. – „Leütöttünk egy L-betűt UCLA-en és megkérdeztük az ellenoldalt, a Stanfordot, hogy látja-e az L-et...” – mesélte Kleinrock. – „Yes, we see the L!” – volt a válasz. Ezek után leütöttek (nem nehéz kitalálni, hogy mit) egy O-t. – „Látjátok az O-t?” – kérdezték. – „Igen, látjuk az O-t.” A telefonkapcsolat ekkor még megbízhatóan működött. Egyelőre az adatkommunikáció is... Amikor azonban a G-t is leütöttek, akkor összeomlott a rendszer. De mindenképpen történetileg ez volt az első számítógépek közötti számítógép-hálózati kapcsolat és jogos volt Kleinrock megjegyzése az interjúban, hogy ezzel mégis csak egy forradalom kezdődött el.

3. ábra

- a) Az ARPANET-csomópont korabeli vázlata.
b) Leonard Kleinrock és az első csomagkapcsoló gép



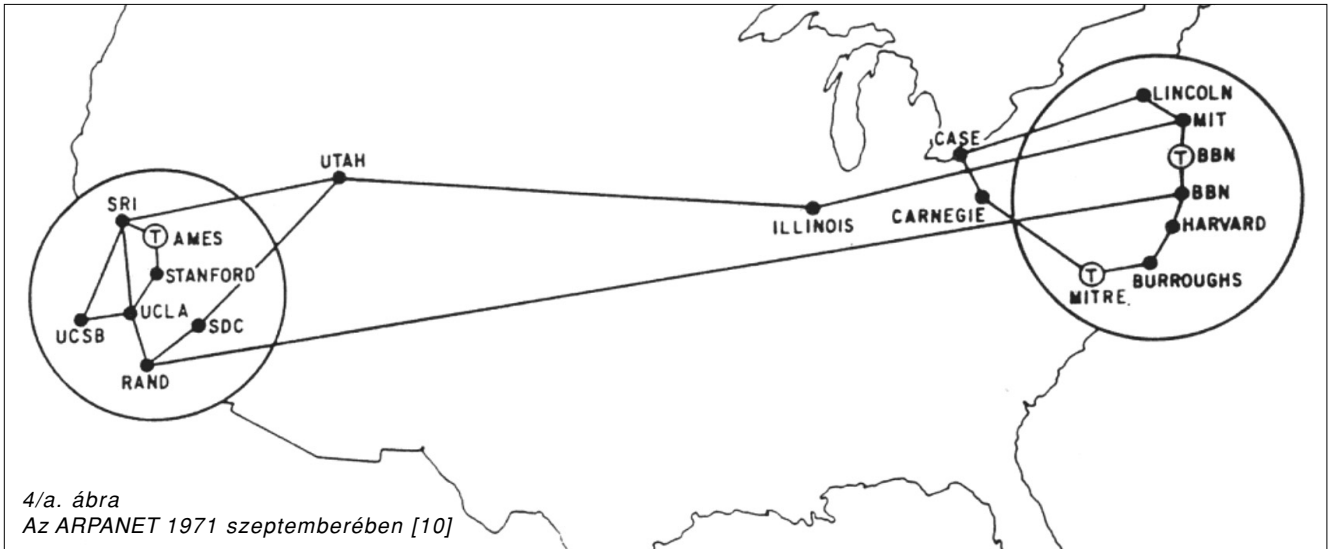
Ezt követően az ARPANET elkezdett fejlődni és nőni, mint a gomba. A 4/a. ábrán az 1971-es, a 4/b. ábrán pedig az 1980-as állapota látható, tehát ekkorra már egy egészen komoly hálózattal álltunk szemben, sőt már Európában is létrejöttek az első számítógép-hálózatok: Franciaországban a Ciklades, Angliában is egy hasonló hálózat és a b) ábrán már látszanak is az ezeket az ARPANET-tel összekötő kapcsolatok.

Az Európa felé irányuló kapcsolatok mellett látható egy másik a Csendes-óceán felé a nyugati partról, a végpont Hawaii. Ez már egy másik történet, a csomagkapcsolt rádióhálózatok létrehozásának története, amely Norman Abramson nevéhez fűződik, aki a csomagkapcsolást „a levegőben” valósította meg. Ez egy nagyon érdekes csomagkapcsolás volt, mivel a rádiócsatorna egyetlen nagy nyitott térnek, tehát egy minden végpont számára közös közegnek tekinthető, nem pedig egy összeköttetésekéből és csomópontokból álló szövevényes hálózatnak. Abramson találta ki az azóta is több hírközlő rendszerben használt, úgynevezett Aloha-módszereket az ebben a közös térben, a többszörös hozzáférésű rádiócsatornán folytatott csomagkommunikációra.

Visszatérve az első csomagkapcsolt számítógép-hálózatra, az ARPANET-re, – amelynek tehát az volt az alapelve, hogy a csomópontok mindent megtesznek annak érdekében, hogy a csomagokat abba az irányba továbbítsák, amely irányban jó eséllyel eljut majd a végponthoz –, felmerült egy fontos kérdés: hogyan hozzanak létre megbízható kapcsolatokat a végberendezések között.

Az első, az ARPANET-ben működő, végpontok közötti protokoll az NCP (Network Control Protocol) volt, amely még megbízható átvitelt tételezett fel a hálózaton és ha mégis hiba lépett fel, annak kiküszöbölésére nem tett semmit. Hamar felmerült azonban az az igény, hogy a végrendszerek közötti protokoll megbízható kommunikációt valósítson meg, azaz meghibásodások esetén megfelelő mechanizmusokat léptessen életbe a csomagok sikeres célbajuttatására. Az ARPANET-hez kapcsolódó nagy nevek sora lassan véget fog érni, de még meg kell említenünk Robert Kahn és Vinton Cerf nevét. Kahn is az ARPA-nál dolgozott, ahol nem csak kutatásirányítással foglalkozott, hanem olyan menedzser volt, aki maga is értett ahhoz, amit menedzselte és Cerf-fel közösen létrehozta a TCP-protokollt (Transmission Control Protocol). Ez 1974-ben történt [5], de csak jóval később, 1984-ben lett az ARPANET és az Internet hivatalos, végpontok közötti megbízható átvitelt biztosító szállítási protokollja. A TCP-t és a csomagtovábbítást megvalósító IP-protokollt együttesen TCP/IP-ként emlegetjük és ezek mind a mai napig a számítógép- és adathálózatok működésének alapját képezik. Mindennek 25 éve, – ez tehát a második jubileumunk ebben az évben.

Nem lenne teljes ez a rövid áttekintés az Internet, mint számítógép-hálózat történetéről, ha nem tennénk említést az



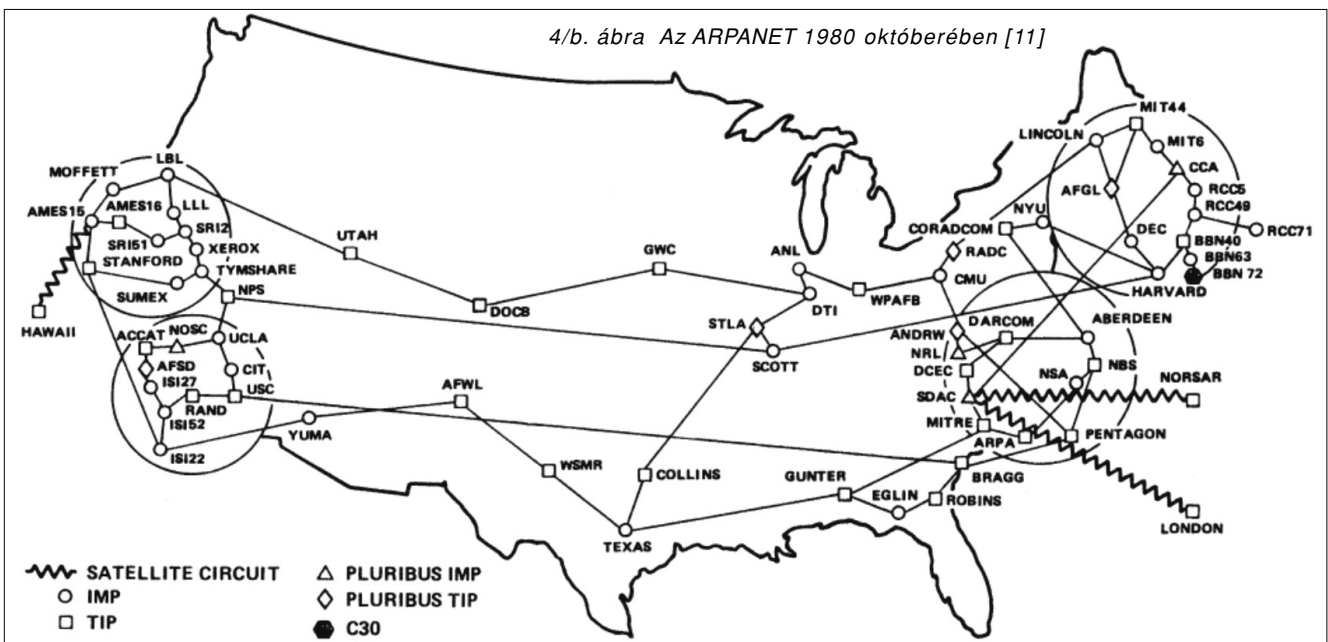
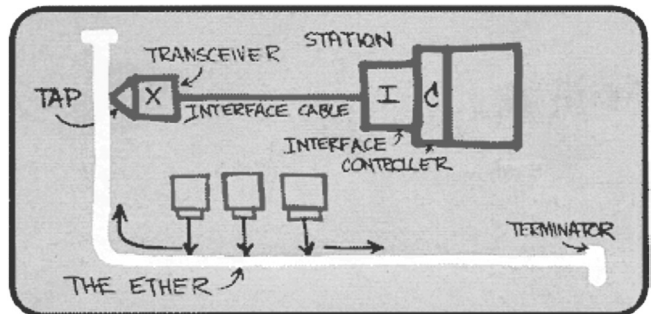
4/a. ábra
Az ARPANET 1971 szeptemberében [10]

Ethernetről. A 70-es években megjelent és a 80-as években világszerte elterjedt személyi számítógépek, PC-k merőben más hálózatba kapcsolási módszert igényeltek, mint az ARPANET-, illetve internet-hostok összekapcsolására alkalmazott, csomópontokból és linkekből álló hálózat. Az egy-egy helyen (kis-közepes vagy nagyvállalat, intézmény telephelyén) fizikailag egymáshoz közel található jónéhány, de akár sokszáz munkaállomás összekapcsolására Robert Metcalfe – forradalminak is nevezhető újításként – egy olyan átviteli közeget javasolt, amelyhez minden végpont szabadon hozzáférhet és ezen a közös csatornán kommunikálhatnak egymással. Metcalfe ezt a közeget „ether”-nek, éternek nevezte a nyitott rádiócsatorna analógiájára, de a megvalósítást kábelre dolgozta ki (5. ábra).

Az Ethernet azóta rendkívüli módon elterjedt és az internet-végpontok döntő többsége ma is ilyen lokális hálózaton keresztül csatlakozik a világméretű hálózathoz. Az internet-protokollok az Etherneten is működnek, végpontok közötti kommunikációt valósítva meg.

Eddig az Internettel, mint számítógép-hálózattal foglalkoztunk, ebben az értelemben szoktuk nagy betűvel írni (némi szabadon értelmezve az MTA érvényes helyesírási szabályzatát, mely szerint az internet általában kisbetűvel írandó, kivéve, ha az „intézményt” jelöl – nos ilyen nincs, de van az Internet, mint hálózati infrastruktúra). Az Internet másik fontos komponense a Web, a WWW – World Wide Web, a világháló, amelyen a klasszikus és

5. ábra Robert Metcalfe saját rajza az Ethernetről (1976)



4/b. ábra Az ARPANET 1980 októberében [11]

újabb internetalkalmazások egész sora alapul. Nézzük most röviden a WWW történetét, azért is, mert ahogy az elején jeleztük, itt is évfordulót ünnepelhetünk az idén.

Csakúgy, mint a számítógép-hálózat létrehozóinak sorát, itt is egy olyan nagy emberrel kell kezdenünk, akit szintén kevesen emlegetnek, kevesen ismernek. Ő *Vannevar Bush*, aki nagyon régen, közvetlenül a II. világháború befejezése körül fektetett le egy nagyon fontos elvet. Bush annak idején szintén az USA Védelmi Minisztériumának a gépezetében dolgozott, ott kutatásokat irányított és amivel foglalkozott, azt úgy hívhatjuk, hogy asszociatív keresés. Például könyvtárakkal, könyvtárakban tárolt információhalmazokkal és azokon való kereséssel foglalkozott. Ő gondolt először arra, – és írta le gondolatait rendezett formában arról –, hogy nem csak lineárisan kereshetünk, ahogyan egy könyvet olvasunk, hanem ahogy az emberi agy általában dolgozik, asszociatív módon is. Alapvető munkájának címe hozzávetőlegesen: „Ahogy gondolkodhatnánk”, a dátuma pedig 1945! [6]. Vannevar Busht szokták a hipertext-elv atyjának tekinteni, mivel e munkájában javaslatot tett egy olyan berendezés elkészítésére, amelynek segítségével az emberiség által összegyűjtött, egyre növekvő mennyiségű tudásanyag áttekinthető lenne, és abból az egyes részinformációk könnyen és gyorsan kereshetők lennének.

Magát a hipertext fogalmát húsz évre rá, 1965-ben vezette be *Ted Nelson*, Bush elképzelései által inspirálva [7]. Használata az Interneten annyira rutinná vált, hogy ma már nem is gondolunk arra, hogy a hipertext egy mérőben új dokumentumkezelési elv: szakít az évezredek „kétdimenziós” struktúrával és az azon való lineáris előrehaladással (például könyvolvasás). Ehelyett az olvasás sorrendjét, az ismeretszerzés útját az elsődleges szövegbe ágyazott elágazások (hiperlinkek) segítségével teljesen magunk határozzuk meg. A hipermédia a hipertext kézenfekvő továbbfejlesztése, amikor a hivatkozott dokumentumok nem csupán szövegek, hanem hang, kép, videó, – összefoglaló néven: multimédia tartalom.

A hipertext-elv világméretű alkalmazása azonban még váratott magára. Ehhez előbb az kellett, hogy a web-konceptió megszülessen. 2009-ben ezzel kapcsolatban is kerek évfordulót ünnepelhetünk: 1989-re tehető az a felfedezés értékű alkotás, amelyet egy bizonyos *Tim Berners-Lee* (azóta már érdemei elismeréseként Sir Tim) talált fel a genfi CERN-ben, a világhírű atomkutató központban. Berners-Lee társával együtt a hálózatba kapcsolt webszerverek koncepcióját és az azokon tárolt információ hipertext/hipermédia-alapú kereshetőségét a CERN-en belüli vállalati információátvitel és -kommunikáció hatékony megvalósítása céljára dolgozta ki [8].

Innen már csak egy kis lépés volt a web-konceptió kiterjesztése az akkor már világméretű Internetre, ez volt a WWW kezdete. Azóta a WWW második generációja, a Web2.0, a szociális momentummal gazdagított Web időszakát éljük és reméljük, nincs messze az az idő, amely a csaknem tízéves, és szintén Berners-Lee víziója által elindított gondolkodás a szemantikus Web körül, Web3.0 néven valósággá válik, mert az valóban segíteni fogja az életünket. De ez már egy másik történet...

A szerzőről



SZABÓ CSABA ATTILA kandidátusi (Ph.D.) és műszaki tudomány doktora fokozatot szerzett, jelenleg a Budapesti Műszaki Egyetem professzora, a Híradástechnikai Tanszéken a „Multimédia-hálózatok” laboratóriumot vezeti. Évek óta vezető tanácsadója a Create-Net trentói székhelyű nemzetközi kutatóközpontnak. Több nemzetközi folyóirat, köztük a „Computer networks and ISDN System” szerkesztőbizottsági tagja volt, jelenleg a Híradástechnika folyóirat főszerkesztője. Elnöki, társelnöki és Steering Committee társelnöki minőségben számos nemzetközi konferenciát szervezett, köztük a Multimedia Services Access Networks-ot, a Tridentcom konferencia-sorozat 2005 és 2008 között, az „1st Int'l Workshop on Telemedicine over Broadband”-ot. A Wiley-nél 2005-ben megjelent Broadband Services könyv társszerkesztője és társszerzője. Tagja az „Int'l Society for Telemedicine and e-health”-nak és alapító tagja a magyar tagegyesületnek. Az IEEE Senior Member fokozatú tagja.

Irodalom

- [1] J.C.R. Licklider, „Man-computer symbiosis”, IRE Trans. on Human Factors in Electronics, Vol. HFE-1, pp.4–11., March 1960.
- [2] P. Baran, „On Distributed Communications Networks”, IEEE Trans. Comm. Systems, March 1964.
- [3] L. Roberts, „Multiple Computer Networks and Intercomputer Communication”, ACM Gatlinburg Conf., October 1967.
- [4] L. Kleinrock, „Information Flow in Large Communication Nets”, RLE Quarterly Progress Report, July 1961.
- [5] V.G. Cerf, R.E. Kahn, „A protocol for packet network interconnection”, IEEE Trans. Comm. Tech., Vol. COM-22, V.5, May 1974. pp.627–641.
- [6] Vannevar Bush, „As we may think”, Atlantic Monthly 176, July 1945. magyarul: <http://www.artpool.hu/hypermedia/bush.html>
- [7] Ted Nelson, Literary Machines, Self-published, 1981. magyarul: Hipervilág – a szellem új otthona: <http://www.artpool.hu/hypermedia/nelson.html>
- [8] T. Berners-Lee, R. Cailliau, „WorldWideWeb: Proposal for a HyperText Project”, CERN, 1990. <http://www.w3.org/Proposal>
- [9] Paul Baran, RAND Memorandum, "On Distributed Communications: 1. Introduction to Distributed Communications Network" (August 1964).
- [10] Heart, F., McKenzie, A., McQuillan, J., Walden, D., ARPANET Completion Report, Bolt, Beranek & Newman, Burlington, MA, January 1978.
- [11] http://mundi.net/maps/maps_001/, (eredetije: The Museum of Science, Boston)