

Áramlatok, amelyek megrázzák a világot



25/2A

17 MÁSODPERC ALATT A FÖLD KÖRÜL

CHIP Magazin, 2006. 11. 11.

Tesztüzenetünknek nincs több időre szüksége a világhálóra, mint amennyi alatt megkeverjük a kávékat. Azonban az üzeneteink nem minden esetben száguldanak villámsebességgel a hálózaton keresztül – és nem minden esetben érkeznek meg biztonságban. Hogy mi az oka annak, hogy az e-mail üzenetek néha egyszerűen csak úgy eltűnnek, hogy a weboldalak meghalnak, illetve hogy a letöltések kínzó lassúságúak, annak okáról az alábbiakban olvashatnak.

A világ egy kis falu, amit az internet tett azzá. New York-i tőzsdeügynökök filozofálhatnak új-kaledóniai részvényesekkel a világhálón keresztül, az ázsiai webszerverek oly közel vannak, mint a saját merevlemezünk, a nyaralási fényképeink sokkal gyorsabban érkeznek haza a Seychelle-szigetektől, mint ahogy a strandbárban megrendelt koktélt kihozza a pincér. Legalábbis elméletileg. Míg egy fénykép vagy egy weboldal HTML kódja megérkezik a címzetthez, a biteknek és a bájtoknak több ezer kilométert kell maguk mögött hagyniuk a kábeleken, mélytengeri búvárkodásba kell fogniuk, valamint vékony üvegszálakon kell átpréselniük magukat. Pontosan végig szeretnénk kíséreni a globális vezetékáron keresztül vezető hosszú utat, ezért egy e-mail üzenetet küldünk világhálóra. Egy egyszerű üzenetet a következő szöveggel: „Egy apró kis üdvözlés megkerüli a Földet”. Az üzenetfájl mérete: 400 bájt. Kísérjük üzenetünket a kábeleken, központi csatlakozóhelyeken, fényvezetőkön, backbone-okon és hálózati csomópontokon keresztül vezető odüsszeusi útjára. Az út végén azután nem csak azt tudjuk meg, hogy miként működik a világháló, és hogy mely mechanizmusok gondoskodnak arról, hogy az óránként elküldött, terabájtban mérhető mennyiségű fájl valóban oda érkezzék meg, ahova azt küldeni szerettük volna. Azt is megtudjuk, hogy mitől függ az, hogy a weboldalak lefagyottnak tűnnek, hogy egy fontos e-mail eltűnik a nirvánában, vagy hogy a fájlletöltés egy örökkévalóságig tart.

Több millió kilométernyi kábel

Üzenetünk ideális esetben hibátlan és gyors átviteléről egy nemzetközi átviteli hálózat gondoskodik, amely struktúrájában gyakorlatilag átláthatatlan. A tengerek mélyén fekvő üvegszál kábelek és a világűrben található kommunikációs műholdak adatok terabájtjait továbbítják, tv- és rádióműsorokat sugároznak, vagy telefonbeszélgetéseket adnak tovább. Az interkontinentális adatfolyam a főhadiszállásokra érkezik be. Innen vezetékeken keresztül jutnak tovább a nagy központokba, ahol ismételten szétszétválasztásra kerülnek, és innen jutnak tovább a vidékekre: a gyengén fejlett országokban, de az Egyesült Államok legtöbb vidékén is felszín feletti vezetékgyógyon; vagy üvegszál vezetékeken keresztül egészen a házakig, mint például Dél-Koreában, a legsűrűbb széles sávú hálózat hazájában. Vagy föld alatti vezetékeken keresztül, mint ahogy az a legtöbb európai államban történik. Fehér, befedetlen internetes területek csak ott találhatóak, ahol az állam tiltja a World Wide Web használatát (Észak-Korea), vagy pedig a harmadik világ gyengén fejlett országaiban.

25/2B

17 MÁSODPERC ALATT A FÖLD KÖRÜL

CHIP Magazin, 2006. 11. 11.

Adatsugárút rézből

Mi azonban Budapesten vagyunk, és a T-Com DSL vezetékén keresztül lépünk be a virtuális világba. Kezünkben egy stopperórával világkörüli útra küldjük üzenetünket: a T-Online-tól a Google Mail szolgáltatására, a Gmailre, Kaliforniába, majd vissza. Mielőtt még útnak indulna üzenetünk, számítógépünknek kis szervezési munkát kell végeznie. A Küldés gombra kattintva a mailprogram 7-Bit-ASCII-kódra fordítja le a szövegünket – ez szükséges ahhoz, hogy megfeleljen a nemzetközi Simple Mail Transfer Protocolnak (SMTP). Üzenetünk ezt követően elhagyja számítógépünket a modemmel összekötött LAN csatlakozón keresztül. Ez tölti be a fordító szerepét és készíti elő a számítógép digitális adatait a telefonvonal számára.

A DSL-modem 255 átviteli frekvenciára kódolja a biteket és a bájtokat, és a párhuzamosan egymás mellett álló átviteli egységeken keresztül küldi el az adatokat. Ezt a DSL a hagyományos analóg modemhez képest nagyon gyorsan végzi – ott ugyanis szépen komótosan minden egymás után kerül elküldésre. A DSL-modemből a kábel kis kerülőutat téve eltűnik a splitteren keresztül a telefoncsatlakozóban (a splitter választja el a DSL-t a telefonjeltől).

Minden házban minden egyes telefoncsatlakozáshoz saját kábel vezet. Az egyes csavart érpáros rézvezetékek annyira vékonyak, hogy még a többemeletes házak is elláthatók egy kerti locsolócső átmérőjének megfelelő méretű kábellel. A rézdrótok a lakásban található telefoncsatlakozótól közvetlenül a T-Com kábelelosztójához kigyóznak – ezek azok az utcasarkokon található, gyakran graffitikkal díszített szürke dobozok.

Néhány rézkábel már fél évszázada a föld alatt fekszik, azonban a DSL-technika számára használhatók: még az 50 Mbit/másodperces sáv szélességű VDSL is realizálható a csavart érpáros fémvezeték által – még ha csak rövid távolságra is. Legfeljebb négy kilométer lehet ez az ADSL esetében, a VDSL-nél a teljes sebesség mellett pedig csak 300 méter a maximum.

Üzenetünk a szürke T-Com-os dobozban találkozik a szomszédok kábeleivel. Ezekben több más üzenet mellett a szomszédnak az édesanyjával folytatott beszélgetése és egy hollywoodi film néhány bájtja is megtalálható, amelyet egy másik szomszéd kamaszfiá szed le éppen az internetről. Ennél a pontnál minden telefon- és internetfelhasználó egyforma: az utolsó mérföld szigorúan a T-Com kezében van (legalábbis Budapesten, legalábbis a legutóbbi időkhöz). Még ha a felhasználó a TVNet vagy az Externet ügyfele is: minden szolgáltató a volt monopolistától bérlő az utolsó kábelkilométert.

25/2C

17 MÁSODPERC ALATT A FÖLD KÖRÜL

CHIP Magazin, 2006. 11. 11.

Csillagok helyett hálók

A legutolsó mérföld a világot körülölelő hosszú vezetéklánc legérzékenyebb tagja. Gyenge pontja a vezetékek csillag formájú struktúrája. Amennyiben egy túlbuzgó targoncás elvágna az egyik vezetékköteget a kábelelosztó és a házi csatlakozás között, meghalna a telefonvezeték – és üzenetünk még csak az utca túloldaláig sem jut el.

A 60-as évekig a teljes kommunikációs hálózat csillag formájú felosztással rendelkezett – világszerte. A csillagok központjában voltak a nagy telefonközpontok, amelyek csak kábelben csatlakoztak. Amennyiben az egyik telefonközpont valamilyen okból felmondta a szolgáltatást, a teljes hozzá csatlakozó csillag levált a hálózatról. Már egyetlen kábel elvágásával elnémítható volt az ország egy nagy része vagy egykönnyen lehetetlenné lehetett tenni a nemzetközi összeköttetéseket. Persze nem csak a hidegháború vagy a nukleáris fenyegetés idejében számított ez horrorisztikus jelenetnek. Erre a gyenge pontra figyelt fel a 60-as évek idején Paul Baran amerikai mérnök. Pókhálószerű hálózatokat alakított ki, amelynél minden hálózati csomópont csatlakozik közvetlen szomszédjához. Egy ily módon felépített hálózat nem omlik össze, ha az egyes vezetékszakaszok esetében zavar észlelhető. A 70-es években a nyugati iparnemzetek hálózatai ezen elv alapján kerültek átépítésre, hazánkban ez a munka még most sem fejeződött be teljesen.

A telefonos hálózat redundáns struktúrája a T-Com elosztóhelyein kezdődik, ahol a sok szürke kábelelosztó dobozból induló vezetékek összefutnak. A vidéki területeken ezek a legtöbb esetben az adott előhívószám területét jelentik, a nagyvárosokban pedig néhány kerület osztozik egy-egy elosztóhelyen, amely a DSL-modem által modulált jelből ismét adatcsomaggá fordítja az üzenetünket. Az adatok a backbone-hoz kerülnek, amely információs korunk központi idegrendszerét vagy gerincét képezi. Itt fejeződik be a T-Com uralma – és innen kezdődik mailünk kaotikus utazása. Bár a T-Comnak van saját backbone hálózata, mégis akad konkurenciája.

Fizikai értelemben a backbone a kommunikáció minden formáját összegyűjti: a vezetékes és a mobilhálózatos telefonbeszélgetéseket, a Voice over IP beszélgetéseket stb. Az információk szolgáltatás szinten kerülnek szétválasztásra, például a különböző átviteli frekvenciákon keresztül. Rezet a backbone-ban hiába is keresnénk, helyette már csak modern üvegszál hálózatra bukkanhatunk. Ennek másodpercenkénti több száz gigabájtnyi átviteli kapacitásával a fém nem képes iramot tartani. Ezen kívül a fényjelek sokkal hosszabb utat tesznek meg, mielőtt újra meg kell őket erősíteni.

Mini hálózatokból WWW

A fizikális értelemben vett vezetékeken keresztül megtett utak mellett e-mail üzenetünk számtalan olyan szolgálati szinten jut át, amelyek az internet politikai kapcsolatait képezik. A World Wide Web a szolgáltatók és a hálózatüzemeltetők sok kis hálózatából áll. Mérettől és pénzügyi helyzettől függően a szolgáltatók saját backbone-hálózatokat üzemeltetnek, vagy bérelnék más backbone-üzemeltetőnél – ez Magyarországon is ugyanúgy van, mint a világ bármely más országában. A mini hálózatok csak a hálózati csomópontokon alakulnak át az igazi internetté.

25/2D

17 MÁSODPERC ALATT A FÖLD KÖRÜL

CHIP Magazin, 2006. 11. 11.

Világszerte 108 internetcsomópont található, ebből 60 Európában van. Ezek a csomópontok szabályozzák a szolgáltatók adatcseréjét. Vagyis arról gondoskodnak, hogy az 1&1 flat-értékkel is előhívhatók legyenek a Frenet, a T-Online vagy más szolgáltatók weboldalai. Ha egy hálózati csomópont nem működik, általában az sem okoz problémát: a redundáns backbone-struktúrának köszönhetően a forgalmat egész egyszerűen más hálózati csomópontok bonyolítják le. Az ilyen forgalomelterelés a másodperc töredéke alatt történik, a sebességvesztés pedig a másodperc ezredrészében mérhető.

Fénysebességgel Amerikába

A backbone-ba történő belépésig üzenetünk csupán néhány kilométert tett meg. Azonban most rálép a gázra: az üvegszál kábelén keresztül fénysebességgel száguld a T-Online egy mailszerveréhez. Ez megállapítja, hogy az üzenet címzettje nem rendelkezik T-Online postafiókkal – ha lenne postafiókja, akkor a szerver kézbesítené az üzenetet, és az út befejeződne. A mailszerver lekérdezi tehát a Domain Name System egy rootszerverénél a gmail.com domain IP-címét, és oda továbbítja az üzenetünket. Ezek a rootszerverek a számítógépek domain-lekérdezéseit az egész világról fogadják, és hozzájuk rendelik a megfelelő IP-címeket. 13 rootszerver létezik, amelyeket A-tól M-ig neveztek el, és részben további, logikusan összekötött számítógépekből állnak. Így osztja el az európai IP-koordinációs központ, a RIPE által üzemeltetett K-szerver a hozzá beérkezett összes domain-lekérdezést az Európa-szerte elosztott 16 szerveren. A nonprofit RIPE szervezetnek mindenek előtt internetszolgáltatók a tagjai – így politikai befolyástól független.

A számítógépek anycast sémában csatlakoznak egymáshoz; az anycast a lekérdezéseket automatikusan ahhoz a szerverhez továbbítja, amely a legrövidebb úton elérhető. Ha ez túlterhelt vagy nem működik, a protokoll automatikusan továbbítja a lekérdezést a legközelebbi szerverre – amíg nem érkezik válasz. Ez a gépileg olvasható webes tartalomjegyzék naponta kétszer frissítésre kerül.

Internetfék: tönkrement tengeri kábelek

A tengeri kábelhálózat is redundánsan van felépítve. Amikor 2003 novemberében a Franciaország és Hollandia között fekvő TAT-14 megsérült, másodpercek alatt más elosztást kapott az adatfolyam. Csak Nagy-Britanniában jelzett a London Internet Exchange internetes csomópont másodpercenként 2 gigabites forgalomcsökkenést – akkoriban a 32 Gbit volt a normális. Azonban ez sem vezetett totális kieséshez, csak kízóan lassúak lettek a kapcsolatok. Rosszabbul jártak 2002-ben az izlandiak, akik kilenc órán keresztül el voltak vágva a külvilágtól. Itt is egy mélytengeri kábel defektje okozta a galibát: a CANTAT-3 a Farör-szigetek és Nagy-Britannia között tört meg. Mivel ez volt az egyetlen vezeték Izland felé, a szigetről nem lehetett külföldi telefonbeszélgetéseket indítani vagy külföldi weboldalakat hívni. Kilenc óra múlva rendelkezésre állt egy műholdas kapcsolat az adatátvitel számára.

25/2E

17 MÁSODPERC ALATT A FÖLD KÖRÜL

CHIP Magazin, 2006. 11. 11.

Most üzenetünk az észak-német Norden/Großheidénél alámerül a tengerbe. Itt, közel a holland határhoz található a TAT-14, egy transzatlanti mélytengeri kábel, amely Németországot Amerikával köti össze. Csupán Észak-Amerika és Európa között egy tucat üvegszál kábel fekszik a tenger mélyén. Kapacitásuk gigantikus méretű: a TAT-14 például 1,28 terabitnyi adat átvitelére képes másodpercenként. Hogy melyik utat választja üzenetünk, azt az Internet Protocol (IP) határozza meg, amelyen az internet teljes adatszeréje alapul. Leegyszerűsítve az IP a következőképpen működik: az elküldendő adatokat általában legfeljebb 1500 bájtos csomagokra osztja, vagyis a nagyméretű e-mail mellékleteket több ezer különálló részre darabolja. (A részek sorszáminformációkat is hordoznak az esetleg felboruló sorrend helyreállíthatósága érdekében.) Az adatátvitel közben az IP gondoskodik arról, hogy a csomagok hálózatról hálózatra haladva haladjanak a helyes úticél felé. Az útválasztók valamilyen módszerrel az útvonalak tulajdonságait is mérik, igyekeznek vagy a legkevesebb ugrással, vagy – ma már ez a jellemző – a legkisebb „költséggel” továbbítani a csomagokat. Ez nem feltétlenül a földrajzilag legrövidebb, hanem a legnagyobb sebességű utat jelenti. Gondoskodnak a terhelés elosztásáról is, amivel az adatok által okozott forgalmi dugók is megelőzhetők. A legkomolyabb fékezőerőt maga a mail-szerver jelenti: amennyiben ez túlterhelt, a kézbesítés akár órák is eltelhetnek – vagy a kézbesítés egyáltalán nem is történik meg.

Világszerte összesen több mint egymillió kilométernyi üvegszál hálózat található az óceánok mélyén. Mindegy, hogy melyiken keresztül hagyja el üzenetünk Európát – egy mélytengeri kábelon keresztül érkezik Észak-Amerikába. Innen földi úton jut tovább Mountain View-ba, Kaliforniába, egészen a Gmail postafiókig. A Web-Mail-en keresztül válaszolunk az üzenetre, és azt visszaküldjük Budapestre. A backbone-hálózaton és az Egyesült Államok hálózati csomópontjain, az Atlanti óceán egyik mélytengeri kábelén, az európai backbone-hálózaton, a DE-CIX hálózati csomópontokon keresztül először Frankfurtba, majd a Telekom-Backbone-on és egy elosztóhelyen keresztül Budapestre kerül, átjut a szomszédok kábelelosztóján, a pincén keresztül fel a házunk harmadik emeletére, keresztül a telefoncsatlakozón és a DSL-modemen a számítógép LAN bemenetelére – majd közvetlenül a képernyőre.

A világkörüli út kereken 17 másodpercet vett igénybe.

