Zasíťovaný svět

Cesta kolem světa za 17 sekund

Náš testovací e-mail se ze své výpravy do světa vrátil dříve, než jsme si stačili zamíchat kávu. Ne vždy však v celosvětové síti sviští data maximální rychlostí – a také ne vždy bezpečně dorazí k cíli. Proč tedy zprávy často jednoduše zmizí, webové stránky skomírají a vleklé stahování souborů se stává utrpením?

Text: Andreas Henschel, *autor@chip.cz*

ÚSTŘEDNÍ NERV – PODMOŘSKÝ KABEL

Celosvětový internet „drží pohromadě“ především díky husté síti podmořských kabelů. Obrázek ukazuje ukládání takového kabelu v Karibiku.

Svět je jedna velká vesnice – a tu z něj udělal internet. V této „global village“ filozofují burzovní makléři v New Yorku s vyděděnci z Nové Kaledonie. Asijské webové servery jsou stejně blízko jako vlastní pevný disk a fotky právě pořízené při dovolené na Seychelách jsou doma dříve, než se u plážového baru dočkáte svého koktejlu.

Přinejmenším teoreticky. Než fotografie nebo HTML kód dorazí k adresátovi, musí se jejich bity protlačit několika tisíci kilometrů kabelů, ponořit se na dno oceánu a zdolat řadu úzkých hrdel. Usmysleli jsme si, že se jejich dlouhou cestu globální spletí vedení pokusíme přesně vysledovat, a poslali jsme proto jeden e-mail na cestu mezi kontinenty. Prostou zprávu s textem „Náš malý pozdrav letí kolem světa“ reprezentoval soubor o velikosti 400 bajtů. Naši zdravici teď při jejím putování skrze kabely, telefonní ústředny, světlovody, páteřní sítě a sítové uzly můžete doprovodit. Na konci této anabáze budete bohatší nejen o vědomost, jak celosvětová síť funguje a které mechanismy se starají o to, aby každou hodinu odesílané terabajty dat skutečně dopluly tam, kam měly namířeno, ale budete také vědět, čím to je, že se webové stránky občas zdají mrtvé, z jakého důvodu zmizel důležitý e-mail kdesi v Nirváně nebo proč stahování souboru někdy trvá celou věčnost.

Miliony kilometrů kabelů pro miliardy uživatelů

O pokud možno nepřetržitý a rychlý transport našeho pozdravu se stará mezinárodní přenosová síť, jejíž struktura je dnes už prakticky neprůhledná.

Představte si, jak ohromné prostředky asi bylo nutné vynaložit na zasíťování celé zeměkoule: na světě je zhruba jedna miliarda uživatelů internetu, ke kterým proniká hustá síť kabelů a vysílačů – i do těch nejodlehlejších končin všech kontinentů. Světlovodné kabely na dně oceánů a komunikační satelity v kosmu transportují terabajty dat, přenášejí televizní a rádiové signály nebo telefonáty. Mezinárodní tok dat přistává nejprve v hlavních terminálech. Z nich vedou spoje do velkých center, kde se data dále štěpí a rozvádějí na venkov: třeba prostřednictvím změti povrchových vedení, jako například v málo rozvinutých zemích, ale i v mnoha provinciích Spojených států, nebo světlovodnými kabely až do domu, jako →

například v Jižní Koreji, zemi s nejhustší širokopásmovou sítí. Nebo také podzemním vedením, jako ve většině evropských států. Bílá místa na mapě internetu se už vyskytují jen tam, kde je World Wide Web blokován státem (Severní Korea), nebo v málo rozvinutých zemích třetího světa.

50 Mb/s: Datová dálnice z mědi

Se stopkami v ruce chceme náš elektronický pozdrav poslat na dlouhý výlet: T-Systems do poštovní služby Googlu G-Mail v Kalifornii a zpět.

Než se zpráva vydá na cestu, musí ovšem PC vyřídit pár organizačních záležitostí. Při kliknutí na „Odeslat“ převede poštovní program náš text do sedmibitového kódu ASCII, jak to vyžaduje mezinárodní „Simple Mail Transfer Protocol“ (SMTP). Zpráva opouští počítač přes LAN rozhraní k modemu. Ten pracuje jako převodník a upravuje digitální data z počítače do tvaru vhodného pro telefonní vedení. Například ADSL modem kóduje data na 255 nosných kmitočtech a posílá je po sousedních nosičích paralelně. Proto je ADSL v porovnání s analogovými modemy tak rychlé – u těch se všechno vysílá pěkně jedno po druhém.

Kabel vycházející z ADSL modemu mizí po krátké zajížďce přes rozbočovač (který odděluje signál ADSL od telefonního) v telefonní zásuvce. Do každého domu vede pro každou telefonní přípojku vlastní samostatný kabel, či lépe řečeno jeden vodič. Jednotlivé dvoužilové měděné vodiče jsou tak tenké, že dokonce i výškové domy dokáže zaopatřit jeden kabel o průměru zahradní hadice. Měděné vodiče se z telefonní zdířky v bytě plazí přímo do síťového rozváděče Telecomu – to jsou ony šedé (sprejery často ozdobené) skříňky v ulicích. Mnohé měděné kabely už leží pod zemí i půl století, nicméně pro techniku ADSL poslouží dobře: dokonce i VDSL s šířkami pásma až 50 Mb/s se dá realizovat na měděných „dvoužílách“ – byť jen na krátké vzdálenosti. Pro ADSL to smí být maximálně čtyři kilometry, VDSL udrží plnou rychlost dokonce jen na 300 metrech.

Náš pozdrav se v šedém „kastlíku“ Telecomu setkává s kabelovými svazky ze sousedství. V nich proudí desítky dalších mailů, telefonáty sousedky s její tchýní a pár bajtů z hollywoodského filmu, který si přes P2P právě „nasává“ ten klacek odnaproti. Až k tomuto bodu jsou si všichni uživatelé telefonu a internetu rovni: „poslední míle“ už je pevně v rukou Telecomu. A to dokonce i když jste zákazníky různých společností: všichni poskytovatelé si totiž poslední „kabelokilometry“ pronajímají u někdejšího monopolisty.

Pavučiny místo hvězd: Sítě bez výpadků

Poslední míle je nejchoulostivějším článkem dlouhého řetězu spojů, který vede kolem světa. Hlavní slabinou je hvězdicová struktura vedení až k tomuto bodu. Stačí, aby příliš horlivý bagrista překopl svazek kabelů mezi rozváděčem a domovní přípojkou, a telefonní vedení je mrtvé – a náš mail by se pak nedostal ani na druhou stranu ulice. Až do šedesátých let byly veškeré komunikační sítě koncipovány hvězdicově – na celém světě. Uprostřed hvězdic stály velké telefonní ústředny, které byly spojeny jen jediným kabelem. Pokud jedna ústředna vypadla, celá na ni připojená hvězdice zůstala bez spojení. Přerušení jediného kabelu tak mohlo „umlčet“ i velké části země nebo také znemožnit mezinárodní spojení, což představuje hororový scénář nejen v časech studené války a nukleárního ohrožení…

Této slabiny si počátkem šedesátých let povšiml americký inženýr Paul Baran, a dal proto podnět k budování sítí s pavučinovou strukturou. V nich je každý uzel sítě spojen se svým bezprostředním sousedem. Takto redundantně postavená síť při narušení jednotlivých úseků vedení nezkolabuje. V sedmdesátých letech byly proto v západních průmyslových státech komunikační sítě přestavěny podle tohoto principu.

U nás začíná redundantní struktura telefonní sítě v tranzitních ústřednách Telecomu, v nichž se sbíhají prameny vodičů z mnoha šedých skříněk domovních či uličních rozváděčů. Na venkově jsou to většinou přípojky oblasti jedné předvolby, ve velkoměstech se o jednu tranzitní ústřednu zpravidla dělí několik městských okrsků. Zde je náš mail ze signálu modulovaného ADSL modemem zpětně převeden do podoby datových paketů. Ty jsou pak předány takzvanému backbone, centrálnímu nervovému systému či opravdové páteři (jak zní překlad anglického slůvka) našeho informačního věku. Zde také končí panství Telecomu – a od této chvíle začíná být cesta naší zdravice notně chaotická.

Z fyzikálního hlediska se v páteřní síti nashromáždily všechny formy komunikace: telefonáty z pevných i mobilních sítí, VoIP hovory, datový provoz z pevných linek atd. Informace se oddělují na tzv. servisní vrstvě, například podle odlišných nosných kmitočtů. Měď byste v páteřních sítích hledali marně, dnes už jsou tvořeny jen optickými kabely. S jejich přenosovými kapacitami několika stovek gigabajtů za sekundu kov prostě nedokáže držet krok, nehledě k tomu, že než je nutno světelné signály znovu zesílit, urazí desetkrát větší vzdálenost.

Internetové uzly: WWW sestává z minisítí

Vedle zmíněných fyzických transportních cest procestuje náš mail desítky úrovní služeb, které ztělesňují „politické“ vztahy uvnitř internetu. World Wide Web je tvořen mnoha malými sítěmi poskytovatelů a provozovatelů sítí. Podle velikosti a finančních možností provozují poskytovatelé vlastní páteřní sítě nebo si u jiných provozovatelů páteří přenosovou kapacitu pronajímají, což je stejné po celém světě. Vlastní internet se z minisítí stává teprve díky uzlovým

POSLEDNÍ MÍLE

Z telefonní zásuvky vede pod zemí dvoužilový měděný kabel do síťového rozváděče Telecomu (dole). A to i v případě, že už nejste jeho zákazníkem – na „poslední míli“ se bývalému monopolnímu poskytovateli nevyhnete.

ÚNIK ZE SÍTĚ TELECOMU

V takzvaných kolokačních místnostech se data a telefonáty převádějí ze sítě Telecomu do sítí jiných poskytovatelů.

SYSTÉM VE ZMĚTI KABELŮ

V telefonních ústřednách se sbíhají všechny linky celého města, případně jeho části. Zde se data předávají do vysokorychlostní páteřní sítě Telecomu – nebo opačně.

bodům. Po celém světě je rozmístěno celkem 108 internetových uzlů, z toho 60 v Evropě.

Tyto uzly řídí výměnu dat mezi poskytovateli. Starají se tedy o to, abyste třeba s paušálem u jedné společnosti mohli vyvolávat také webové stránky u jiného poskytovatele. Má-li síťový uzel poruchu, nic se neděje: díky redundantní struktuře páteřní sítě převezmou nabíhající datový provoz prostě jiné síťové uzly. Taková „objížďka“ je zřízena ve zlomcích sekundy, ztráty rychlosti se měří v milisekundách.

Do Ameriky rychlostí světla

Než náš mail vstoupil do „backbone“, urazil teprve několik kilometrů. Teď však „přidává plyn“: po kabelech z optických vláken doletí rychlostí světla až do poštovního serveru T-Systems. Ten nyní zjistí, že adresát zprávy nemá u T-Systems poštovní schránku – kdyby tomu tak bylo, server by do ní zprávu doručil a její cesta by tím skončila. Poštovní server si tedy u tzv. root serveru správy doménových jmen DNS (Domain Name System) zjistí IP-adresu domény gmail.com a náš mail na ni přepošle. Tyto root servery přijímají z počítačů celého světa dotazy na domény a přiřazují jim odpovídající IP-adresy. Celkem existuje 13 root serverů pojmenovaných od A do M, které ještě částečně sestávají z řady vzájemně logicky propojených počítačů. Například evropskou koordinační službou RIPE provozovaný K-server rozděluje všechny obdržené doménové dotazy mezi 16 serverů rozmístěných po celé Evropě. Členy neziskové organizace RIPE jsou především

Placená inzerce

poskytovatelé internetových služeb – díky tomu je nezávislá na politických vlivech.

Propojení počítačů zajišťuje síťový protokol Anycast. Anycast automaticky přeposílá dotaz tomu serveru, který je dosažitelný nejkratší cestou. Pokud je tento server přetížen, či dokonce porouchán, protokol samočinně předá dotaz dalšímu nejbližšímu serveru – a tak dále, dokud nepřijde odpověď. Těmito servery používaný „seznam internetu" je aktualizován dvakrát denně.

Ale zpět k našemu cestovatelskému mailu. Ten se nyní noří do mořských hlubin. Zde, nedaleko holandských hranic, ústí TAT-14, transatlantický podmořský kabel, který spojuje Evropu s Amerikou. Jenom mezi Severní Amerikou a Evropou leží na mořském dně tucet kabelů z optických vláken. Jejich přenosová kapacita je gigantická: například TAT-14 přenáší až 1,28 terabitu za sekundu – to je více než stonásobek celkového českého internetového provozu.

Jakou cestou se bude náš pozdrav ubírat dále, určí Transmission Control Protocol (TCP), na němž je veškerá výměna dat na internetu založena. Velmi zjednodušeně vyjádřeno funguje TCP takto: Data, která mají být odeslána, jsou nejprve „rozsekána" do balíčků po cca 1500 bajtech – e-mail s rozsáhlou přílohou se tak rozloží třeba i do tisíců jednotlivých částí. Každou z těchto částí vybaví TCP pořadovým číslem a IP-adresami serveru odesílatele a adresáta. Během přenosu dat hledá TCP pro každý paket nejvýhodnější trasu. Tou nemusí být nejkratší spojení, nýbrž to s nejlepší rychlostí. Tak se zátěž rovnoměrně rozdělí a zabrání se datovým zácpám. Nejtvrdošíjnějšími brzdiči jsou zde samotné poštovní servery: jsou-li přetíženy, může se doručení opozdit až o hodiny – nebo k němu v extrémních případech nedojde vůbec.

Internet zpomalují vadné podmořské kabely

Také síť podmořských kabelů je vystavěna s redundancí. Když v listopadu 2003 selhal TAT-14 mezi Francií a Holandskem, byl datový tok přerozdělen během zlomků sekundy. Jen ve Velké Británii zaznamenal internetový uzel „London Internet Exchange" pokles datového provozu na 2 Gb/s – normálně to v té době bývalo 32 Gb/s. Ale ani to nevedlo k totálnímu kolapsu, spojení se jen dosti bolestivě zpomalilo. Horší to bylo v roce 2002 na Islandu, který byl na celých devět hodin zcela odříznut od světa. Také tady byl příčinou vadný podmořský kabel: mezi Faerskými ostrovy a Velkou Británií se přelomil CANTAT-3. A poněvadž byl tento kabel jediným spojením s Islandem, nedalo se z ostrova telefonovat ani otevírat webové stránky. Po devíti hodinách zajistilo datovou objížďku spojení přes satelit.

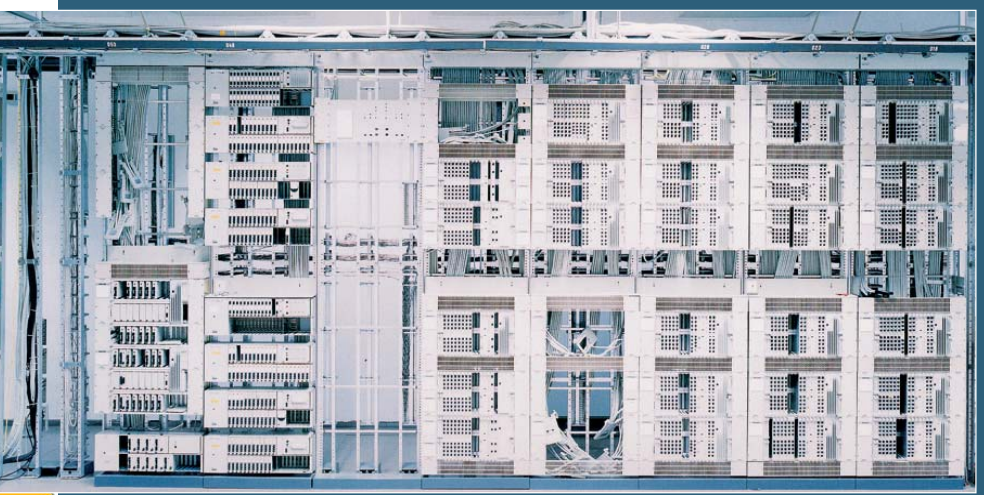
VE VEDLEJŠÍ ROLI

Satelity mají v internetu jen pomocnou úlohu – jeho obrovským přenosovým nárokům dosud nedorostly. Komunikační družice transportují především televizní signály.

Na dně světových oceánů dnes leží síť optických kabelů o celkové délce přes milion kilometrů. Po ní také náš pozdravný e-mail opouští Evropu – a podmořským kabelem vstupuje na americkou půdu. Pak už se pozemní cestou vydává do kalifornského Mountain View, až do naší poštovní schránky u G-mailu. Na pozdrav odpovídáme přes WebMail a posíláme jej zpět k nám. Přes páteřní síť a síťové uzly ve Spojených státech, jedním z atlantických podmořských kabelů, po evropské páteřní síti, skrz páteřní síť Telecomu a tranzitní ústřednu v Praze, přes síťový rozváděč v sousedství, a pak už přes sklep až do pátého patra našeho domu, skrz telefonní zdířku, rozbočovač a ADSL modem do LAN vstupu našeho počítače a odtud rovnou na obrazovku. Naše zdravice cestovala po světě 17 sekund. ■ ■ ■

ODKAZY

Dlouho vedené a rozsáhlé FAQ na téma rozesílání mailů:
http://faq.kab.cz/tema1.htm
http://faq.kab.cz/tema1a.htm
Oficiální specifikace protokolu TCP/IP – jen pro odborníky:
www.earchiv.cz/l215
Poněkud snáze stravitelné vysvětlení k TCP/IP:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Sada_protokolů_Internetu
Rozsáhlá sbírka odkazů k podmořským kabelům včerejška i dneška:
www.lupa.cz/clanky/podmorske-kabely-by-teliasonera



UZLY CELOSVĚTOVÉ „PAVUČINY"

V celkem 108 webových uzlech celého světa – zde DE-CIX ve Frankfurtu – se malé lokální sítě spojují v celek, který známe jako internet.