

Počítačové sítě

- Určeny k přenosu dat
- Dva základní přístupy:
 - Spojované (connection oriented)
 - Paketové sítě

Spojované sítě

- Dvě fáze:
 - Navázání spojení (odtud *spojovaná* síť)
 - Přenos dat
- Klasická telefonní síť
 - Cesta sítí ustavena před vlastním přenosem dat
 - Vysílající ví, že data někdo přijímá
 - Síť ví, kdo s kým „mluví“ (je spojen): **stav**
- V podstatě abstrakce drátu

Paketové sítě

- Data jsou vysílána v „malých“ jednotkách: paket (datagram)
- Každý paket prochází sítí samostatně (žádné spojení)
- Pakety mohou přicházet v různém pořadí (různé cesty)
- Další vlastnosti
 - Větší odolnost
 - Nelze s lidskou spojovatelkou (nestíhala by „přepojovat“ každý datagram zvlášť)
 - Síť neví, jaká data jí tečou: **bezstavová**

Internet

- Datová síť, budovaná od počátku 70. let (tehdy samozřejmě nikoliv jako Internet)
- Inter-net: Síť sítí, hlavní vlastnosti:
 - Hierarchický návrh (propojení malých sítí do větších celků)
 - Postupná konvergence k jedinému protokolu: IP (Internet Protocol)
 - Otevřený návrh (standardy), nezávislý na konkrétních dodavatelích či firmách

Historie Internetu

1969 ARPANET

1971 email

1972 telnet

1973 FTP

1976 královna Elizabeth posílá e-mail

1977 mailing list

1979 Usenet, uucp

1981 BITNET

1982–3 TCP/IP

1984 DNS

1986 NSFNET

1990 ARPANET končí

1991 WWW, gopher

1992 Veronica

1993 Mosaic (následně Netscape)

Optické sítě

Google

Sociální sítě (Facebook)

Současnost Internetu

- Jedna ze základních infrastruktur (jako elektřina, železnice, silnice, voda, plyn, ...)
- Paralelní rozvoj
 - Akademického Internetu: pro akademickou komunitu (univerzity, výzkum, školství, ...)
 - Obecného (commodity) Internetu: pro všechny ostatní (podniky, domácnosti, ...)
- Akademický Internet ukazuje cestu
 - Internet2 (Abilene) v USA
 - Can4net v Kanadě
 - Geant v Evropě

Internet – struktura

- Propojené uzly
- Data přenášená od výchozího do koncového uzlu
- Z pohledu aplikace vnitřní struktura transparentní: tzv. end-to-end pohled, tj. síť stále chápeme jako abstraktní „drát“
- Uzly
 - Koncové – stanice, servery, ... ; především aplikační záležitost
 - Mezilehlé – směrovače (routers), přepínače (switches): odpovídají za přenos dat

Architektura – základy

- Vrstevná architektura
 - Tzv. ISO OSI model (viz. následující slide)
 - Každá vrstva odpovídá za konkrétní funkcionalitu
 - Vrstva je abstrakce, skutečná implementace se více či méně liší
 - Logicky se komunikace odehrává mezi stejnými vrstvami, fyzicky prochází všemi nižšími vrstvami

ISO OSI model

Aplikační vrstva

Prezentační vrstva

Relační vrstva

Transportní vrstva

Síťová vrstva

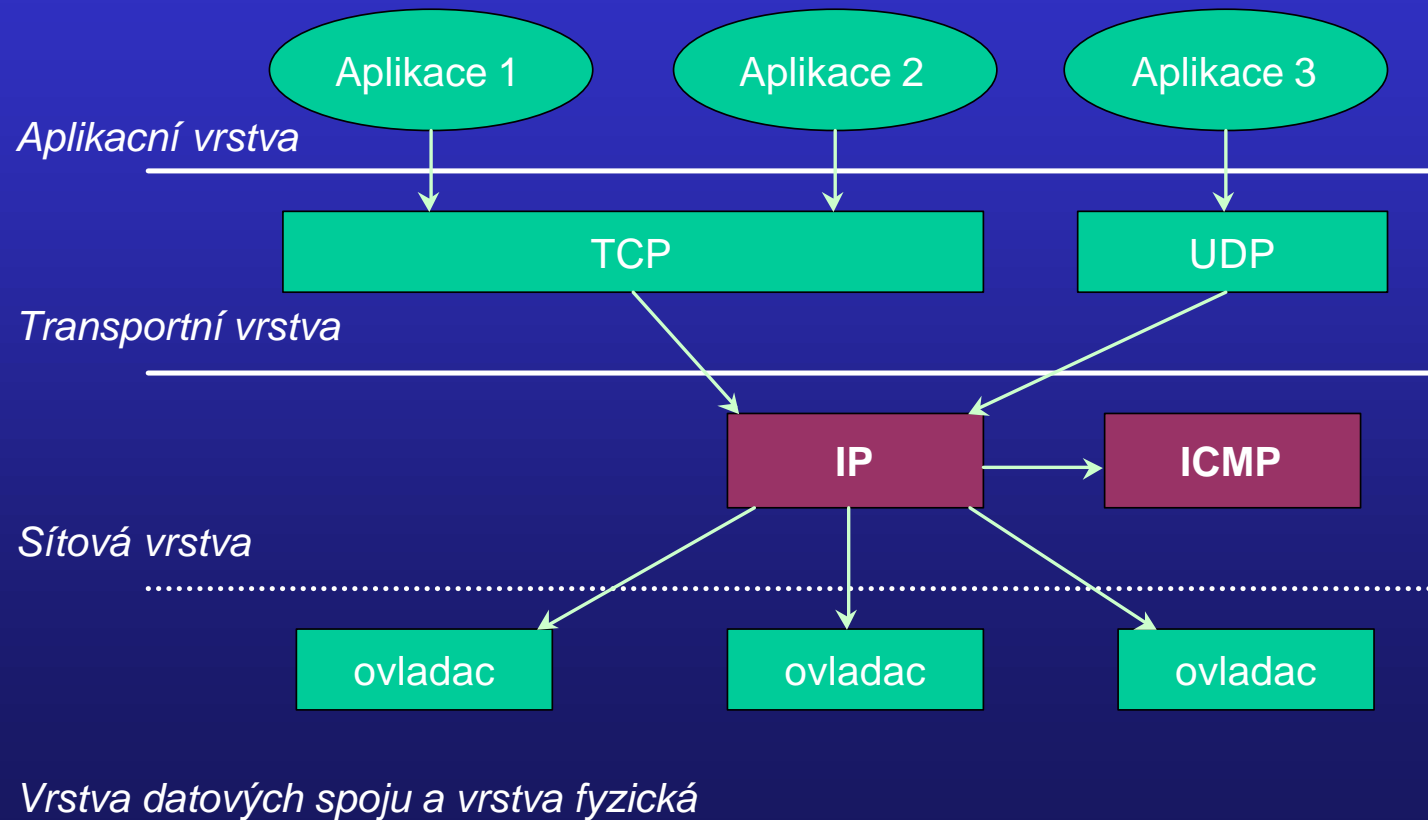
Vrstva datových spojů

Fyzická vrstva

ISO OSI model – barevné rozlišení

- Vrstvy *červenou* barvou jsou většinou součástí aplikací
- **Černá** vrstva zajišťuje pozorované vlastnosti přenosu (např. zda je prováděna kontrola doručení apod.)
- **Zelená** vrstva skutečně přenáší pakety (datagramy), v Internetu bez zaručení
- Modré vrstvy by většinou měly zůstat transparentní (např. použití optických nebo kovových vláken, Ethernet či ATM apod.)

Model presýpacích hodin



Přenosová vrstva – IP

- Internet protokol
 - Odpovídá za dopravu dat mezi uzly
 - Je vysoce škálovatelný: princip použitelný i pro velmi velké sítě
 - Základní jednotkou přenosu *paket* (data plus hlavičky)

Internet protokol

- Určení (adresa) vysílacího a cílového uzlu
- Číselná adresa, 32 bitů (pro IPv4; nový protokol IPv6 má adresy 128bitů dlouhé)
- Struktura: AAA.BBB.CCC.DDD
 - `aisa.fi.muni.cz` má adresu: 147.251.48.1
 - Jeden uzel může mít více adres

IP adresy

- Hierarchie Síť:Uzel
- Centrální správa/přidělování tzv. podsítí
- Rozděleno na několik skupin:
 - A třída: 8 bitů přiděleno, 24 bitů ve správě „vlastníka“ (nejvyšší bit 0, např. 10.0.0.0)
 - B třída: 16 bitů přiděleno, 16 bitů ve správě „vlastníka“ (nejvyšší bity 10, např. 147.251.0.0)
 - C třída: 24 bitů přiděleno, 8 bitů ve správě „vlastníka“ (nejvyšší bity 100, např. 195.211.132.0)
- Dnes používány i podsítě (např. třída B může být rozdělena na 256 podsítí C; možné i hrubší a jemnější dělení)

Pojmenování

- IP čísla nevhodná pro lidi
- Symbolická jména (`aisa.fi.muni.cz`)
- Jmenná služba: převod IP adres a jmen
- DNS (Domain Name Service)
 - Hierarchické
 - Lokální servery obsluhují skupinu „příbuzných“ adres (např. `muni.cz` či `fi.muni.cz`)
 - 13 kořenových serverů (USA, Japonsko, Amerika)

Přenos paketů

- Na IP úrovni každý paket má cílovou adresu
- Pokud není vysílající přímo propojen s cílovým, nutno *doručit* paket skrz síť: *směrování a směrovací protokoly*
- V podstatě grafový problém: síť jako graf
- Algoritmy nalezení cesty mezi dvěma uzly grafu
- Cestu znají uzly, podle cílové adresy rozhodnou, kam poslat dále
 - Uzly znají implicitně nebo explicitně cestu
 - Tuto znalost použijí při vlastním přenosu paketu

Směrování

- Dvě fáze
 - Proces nalezení a udržení směrovacích tabulek
 - Vlastní posílání datových paketů

Směrovací schemata

- *Distribuované* nebo centralizované
- „*Krok za krokem*“ nebo zdrojové
- *Deterministické* nebo stochastické
- *Jednocestné* nebo vícecestné
- *Dynamické* nebo statické

Protokoly používané i Internetu jsou označeny *červeně*

Vlastnosti podrobněji

- **Statické algoritmy**
 - Jednorázové (často ruční) tabulky
 - Vhodné pro statickou topologii
- **Dynamické algoritmy**
 - Flexibilní/robustní (reakce na změny)
 - Nezbytná aktualizace tabulek
 - * Aktualizační algoritmus
 - * Aktualizační protokol

Dynamické směrovací algoritmy

- Centralizované
 - Stav se posílá do centra
 - Centrum spočte tabulky a posílá je uzlům
- Izolované
 - Každý uzel „sám za sebe“
- Distribuované
 - Vzájemná kooperace uzlů

Hierarchie směrování

- Hierarchie sítí
 - Lokální sítě
 - Propojovány do vyšších celků
- Hierarchie směrovačů
 - Směrování uvnitř sítí
 - Směrování mezi sítěmi
- Zde se vrací adresace: adresa (pod)sítě – adresa uzlu

Funkce směrovacího algoritmu

- Výběr komunikační cesty
 - Propustnost
 - Zpoždění („délka“ cesty)
- Vlastní doručení dat
 - Využití směrovacích tabulek

Přepínání

- Nižší vrstva
- Určeno pro propojení lokálních sítí na sdíleném médiu (např. Ethernet)
- Transparentní pro IP

Multicast

- Skupinová komunikace
- Revize všech základních aspektů
 - směrování
 - hierarchie
 - adresace
 - kvalita doručení (spolehlivost, uspořádanost, ...)

Multicast – motivace

- Data pro více „odběratelů“
 - všesměrové vysílání (broadcast)
 - vzdálená spolupráce (telecollaboration)
 - update programového vybavení a dat (antiviry)
- Dotaz „neznámému“ (vyhledávání)
 - peer-to-peer sdílení souborů (gnutella, napster)
 - hledání zdrojů
 - distribuované databáze

Multicast – požadavky

- Každým uzlem prochází data pouze jednou
- Nezaručené doručení
- Nelze zajistit bez podpory sítě

Transportní vrstva

- **Pojem portu**

- Více aplikací na jednom stroji: nutná jemnější adresace
- Port: adresa poskytované služby

- **UDP protokol**

- Pouze nezaručený přenos
- Datagramy jsou zasílány do sítě bez další kontroly
 - * Žádná garance ani kontrola doručení

- **TCP**

TCP

- Transmission Control Protokol
- Staví „spojovanou“ službu nad IP
 - Iniciacce spojení
 - Garantovaný přenos
- Schopen reagovat na zahlcení (zpomalí a znovu postupně „přidává“)
- Hlavní přenosový protokol na Internetu

Vyšší vrstvy

- Protokoly vyšších vrstev
- Příklady
 - `http`: komunikace s webovým serverem, přenos webových stránek
 - `ftp`: přenos dat
 - `telnet`: připojení na vzdálený počítač
 - `ssh`: rovněž připojení, ale se zabezpečením (šifrování)

Multimediální systémy

- Primárně přenos zvuku a obrazu
- Požadavky na kvalitu (vlastnosti) spojení
 - Včasné doručení
 - Nepříliš velký rozptyl doručení paketů
- Spojované sítě (telefony) nabízí jednodušší řešení
 - Nedostatečná koncová kapacita
 - Potenciální plýtvání pásmem (musí být vyhrazeno, i když mlčíte)

Multimedia – podpora v IP sítích

- Mohou dobře využít multicast
- Vyžadují *Kvalitu služby*: rezervace
- Možná řešení
 - Overprovision (dostatek kapacity bez ohledu na požadavky)
 - Dedikované okruhy (à la telefony): VPN
 - Rezervace pro každý tok zvlášť: RSVP
 - Agregace toků, rezervace (statická) pro agregace: DiffServ
- Pro současný Internet vhodné poslední řešení

Bezdrátové sítě

- Optické

- infra: např. infraport notebooku či mobilního telefonu
- laser: větší vzdálenosti

Silně závislé na vnějších podmínkách (přímá viditelnost, mlha, ...)

- Radiové

- Kapacita přenosu závislá na frekvenci, kvalita souvisí s kódováním a vyzářenou energií (v lokálních sítích pod 1 W)

Radiové sítě – příklady

- Mobilní telefony: 800, 900, 1 800 a 1 900 MHz
 - Kapacita desítky až stovky Kb/s (pod jedem Mb/s)
- Bluetooth: 2,4 GHz (nelicencované pásmo)
 - Nízká spotřeba, krátká vzdálenost
 - Kapacita jednotky Mb/s
- WiFi (např. fakultní bezdrátová síť)
 - Základní protokol: 2,4 GHz; kapacita od 1 Mb/s (802.11) přes 11 Mb/s (802.11b) až po 54 Mb/s (802.11g)
 - WiFi na vyšší frekvenci: 5 GHz, kapacita 54 Mb/s (802.11a)
 - Multiple input, multiple output (MIMO), kombinace obou frekvencí, vícenásobné kanály, propustnost až 600 Mb/s (802.11n)

Radiové sítě – příklady pokr.

- WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access)
 - Rodina protokolů IEEE 802.16
 - Frekvence 2,5–10,5 MHz íčást licencovaná, zahrnuje i nelicencovaná pásma WiFi).
 - Velký dosah a plošné pokrytí (do 100 km)
- Vyšší frekvence (desítky GHz)
 - Licencované, kapacita až stovky Mb/s

Bezdrátové sítě – specifika

- Podstatně vyšší chybovost
 - vhodná oprava přímo na spojení, ne ve vyšších protokolech
 - často kombinováno s redundancí (vysílá se více a na druhé straně se rekonstruuje)
- Nové typy způsobu práce

Mobilní počítání

- Podpora pohyblivosti
- Dva základní mody
 - always on
 - přenos prostředí (připojení kdykoliv odkudkoliv)
- Bezdrátové sítě umožňují první způsob
- Softwarová podpora pro druhý způsob

Mobilita s přenosem prostředí

- Příklad: čtení pošty přes webový prohlížeč
- Problémy
 - Různost operačních systémů
 - Bezpečnost
 - * autentizace uživatele
 - Vnímaná kvalita
 - * adaptace na různou kvalitu spojení

Distribuované systémy

- Počítač: několik vzájemně propojených komponent
- Co se stane, když některé z propojení nahradíme sítí?
Vznikne distribuovaný systém
- Definice:
 - Systém, který je tvořen dvěma nebo více *nezávislými* počítači propojenými sítí a komunikujícími formou *předávání zpráv*.
 - Distribuovaný systém tvoří nezávislé počítače, které se uživateli jeví jako jeden celek [Tanenbaum].

Příklady

- Internet
- Telefonní systém (automatické ústředny)
- Multimediální systémy (videokonference, e-Learning)
- Mobilní systémy
- World Wide Web
- Clustery
- Gridy

Srovnání

- Počítačové sítě
 - Každý počítač je explicitně viditelný
- Distribuované systémy
 - Počítače jsou *skryty*
- Společné vlastnosti
 - Počítačová síť je z určitého pohledu rovněž distribuovaným systémem (např. systém směrovačů, jmenných serverů, . . .)
 - Každý distribuovaný systém využívá služeb počítačové sítě

Problémy distribuovaných systémů

- Heterogenita jednotlivých složek
 - Middleware: skrývá heterogenitu
 - * CORBA, Globus
 - Mobilní kód (Java)
- Otevřenost/interoperabilita
 - Nezbytné využití standardů

Problémy distribuovaných systémů II

- Bezpečnost
 - Autentizace
 - Autorizace
 - Soukromí
- Rozšiřitelnost

Problémy distribuovaných systémů III

- Zpracování výpadků
 - Detekce
 - Maskování
 - Tolerance
- Paralelismus
 - Nebezpečí „smrtného objetí“ (deadlock)
 - Závislosti (synchronní pohled)

Problémy distribuovaných systémů IV

- **Transparence**
 - Přístup
 - Místo
 - Replikace
 - Selhání
 - Mobilita/přenositelnost
 - Výkon
 - Škálovatelnost/rozšiřitelnost

Gridy

- Rozsáhlé distribuované systémy
 - Heterogenní
 - Geograficky rozsáhlé
 - Dynamické (z pohledu uživatele)
- Velký výkon (desítky tisíc procesorů)
- Velké datové objemy (PB a více)

Gridy – příklady

■ Data Gridy

- Zpracování velkých objemů dat, generovaných
 - * zařízeními částicové fyziky
 - * radioteleskopy
 - * analýzou genomu
 - * 3D snímky (mozek)

■ Výpočetní Gridy

- Náročné výpočty, např.
 - * astronomie
 - * vlastnosti materiálů
 - * předpověď počasí (též Data Grid)
 - * struktura a chování molekul

Cloud Computing

- Nový přístup k nabídce výpočetních a úložných služeb
- Postaven na *virtualizaci* zdrojů
 - Ta umožňuje nabídnout počítač nebo celou skupinu počítačů (cluster, grid) při zachování spravovatelnosti (manageability)
 - Uživatel dostává „holý“ systém, který sám spravuje
 - Jednoduchý přístup, zpravidla přes webové rozhraní
 - Pay per use, tj. žádné počáteční investiční náklady

Amazon Elastic Cloud

- Příklad reálného cloud systému (Amazon EC2)
 - Přístup přes webové rozhraní
 - Platba kreditní kartou
 - Součástí nabídky i úložný prostor (Amazon S3)
 - * Nestrukturované objekty (upload/download), blokový systém (holý disk), filesystém
 - * Platba i za přenos dat z/do S3, nikoliv za interní přesuny dat

Cloudy – shrnutí

- Cloudy nabízí *flexibilní* kapacity
 - Je možné okamžitě dokoupit další zdroje
 - Virtualizace podporuje navyšování výkonu poskytnutím kopií
 - Potenciál pro odolnost proti výpadku
- Otevřené bezpečnostní problémy
 - Nejistota, kde jsou skutečně data uložena
 - Data i výpočty de-facto outsourcovány – ztráta kontroly
- Vhodné zejména tam, kde bezpečnost není kritická a není možné předem odhadnout skutečnou potřebu zejména výpočetního výkonu (a ta silně kolísá v čase)