

# 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**

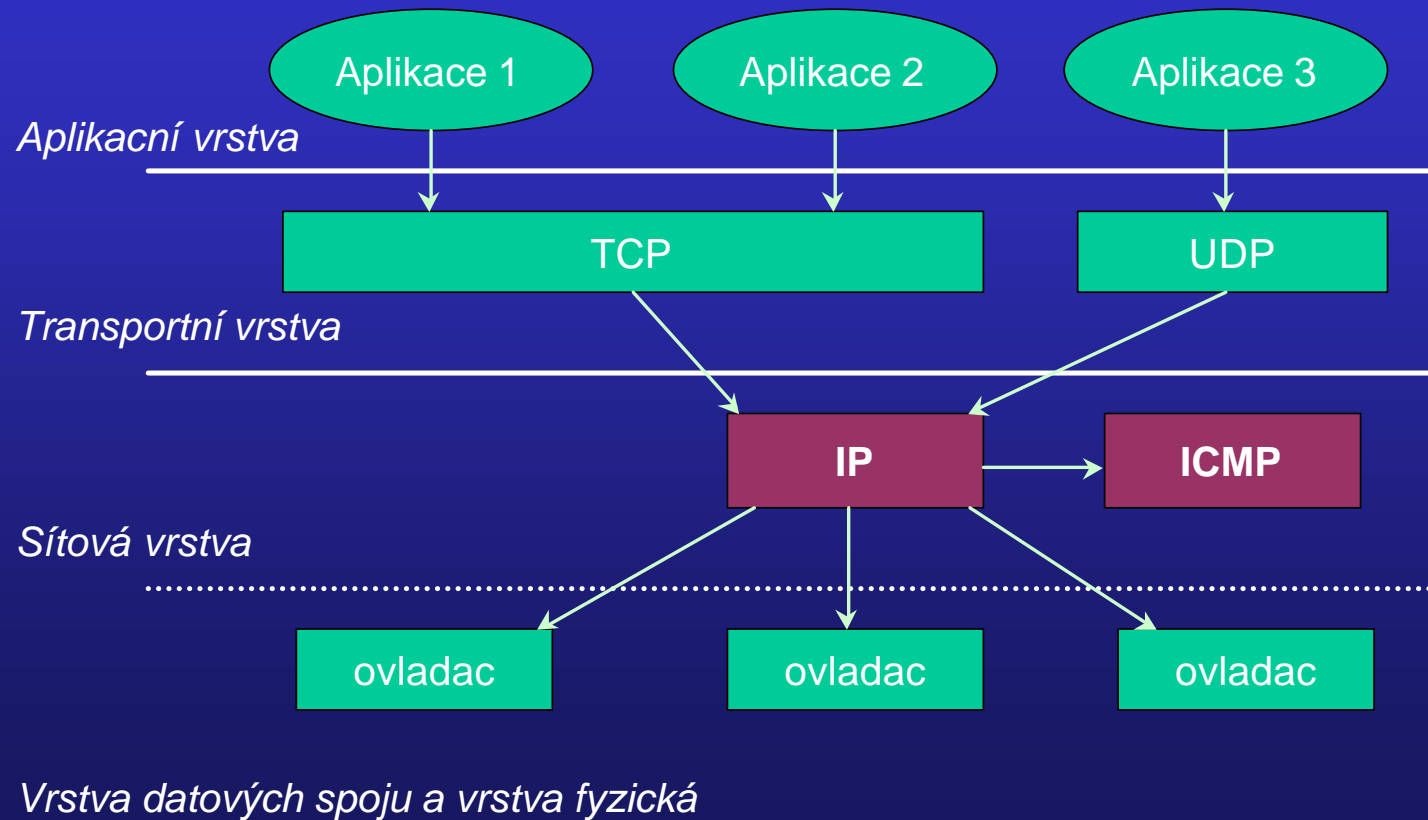
Vrstva datových spojů

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