Počítačové sítě

Jiří Ledvina
Katedra Informatiky a výpočetní techniky
ledvina@kiv.zcu.cz

Úvod

- Historický vývoj
  - Systémy vzdáleného přístupu – propojení terminálu s počítačem
  - Počítačové sítě – propojení terminálů a počítačů
  - Distribuované systémy – spolupráce při výpočtu na více počítačích

Úvod

- Počítačové sítě dnes
  - Výkonné počítače jsou levné
  - Sítě jsou všude, potřebujete pouze modem, telefonní linku a programy pro připojení
  - Nerozlišujeme zpracování dat a přenos dat
  - Přenos dat, zvuku a videa mají drobné odlišnosti – zavádění QoS
  - Nerozlišujeme mezi jednotlivými procesory, multiprocesory, lokálními sítěmi, metropolitními sítěmi a rozlehlými sítěmi

Úvod

- Definice
  - Počítačová síť je soubor vzájemně propojených autonomně pracujících počítačů.
  - Propojených – znamená schopných vzájemné výměny zpráv.
  - Autonomních – vzájemně nezávislých vzhledem k řízení.
- Dva pohledy na počítačovou síť:
  - Hardware fyzicky propojující počítače mezi sebou.
  - Protokoly specifikují služby, které provádí síť. Protokoly přispívají k tomu, aby hardware propojení bylo použitelné programátory a aplikačním softwarem.

Úvod

- K čemu slouží počítačové sítě:
  - Sdílení zdrojů – sdílení tiskáren, souborů, paměťových systémů, počítačů se speciální architekturou, atd.
  - Sdílení informací – elektronická pošta, news, konference, webové stránky, atd.
  - Zvyšování spolehlivosti – možnost replikovat některé zdroje, např. tiskárny, souborové servery, atd.
  - Snižování ceny – soubor jednodušších počítačů (PC) mající větší výpočetní výkon než jeden výkonný systém a může být lacinější.

Úvod

- Jak zapadají počítačové sítě do počítačových systémů
  - Distribuované operační systémy: počítačová síť je nedílnou součástí operačního systému, operační systém skrývá existenci propojení více systémů, celek se jeví jako rozlehlý výpočetní systém
  - Síťové souborové systémy: dovolují sdílet soubory, umístěné na souborových serverech, síť není úplně integrována do operačního systému, ale soubory jsou přístupné transparentně.
  - Autonomní systémy: samostatně procující počítače, pracující bez nutnosti být připojen k počítačové síti, využívající explicitně příkazy pro přístup ke vzdáleným souborům nebo službám.

Úvod

- Vliv na společnost:
  - Možnost rychlé komunikace mezi lidmi, jednoduché rozesílání zpráv celým zájmovým skupinám, bez (takřka) omezení na vzdálenost a množství přenesených dat.
  - Sdílení informací v diskusních skupinách s tisíci členy z celého světa, s nejrůznějšími zájmy.
  - Možnost rychlého získávání nejrůznějších informací formou přesunu souborů s programy, obrázky, zvuky, atd. mezi naprosto neznámými lidmi.
  - Celosvětové informační systémy.

Obecné vlastnosti

- Typy spojů:
  - Dvoubodové spoje – vzájemné propojení pouze dvou systémů.
  - Mnohabodové spoje – propojení mnoha počítačů ke společnému komunikačnímu médiu.
- Topologie počítačových sítí:
  - Počítačová síť jako graf s uzly a hranami (uzly – komponenty, hrany – propojení).
  - Dvoubodové spoje: topologie úplná polygonální, neúplná polygonální, stromová, hvězdicová.
  - Mnohabodové spoje: topologie sběrnicová, kruhová.

Obecné vlastnosti

- Struktura počítačové sítě:
  - Fyzická – hostitelské systémy, brány, směrovače, přepínače, mosty, opakovače.
  - Logická – výpočetní modul, řídicí modul, modul pro propojení sítí, …
  - Programová – vytvoření obecného modelu systému, jeho programová realizace.

Základní typy počítačových sítí

- Lokální počítačové sítě (LAN):
  - **rozprostřené v geograficky malé oblasti (místnosti, budovy), rychlost přenosu 10Mb/s až 1Gb/s., nízká cena.**
- Metropolitní počítačové sítě (MAN):
  - **pokrývající oblasti jako jsou instituce nebo města, využívající vlastní vedení, např. kabelové systémy, bezdrátové radiové spoje, atd.**
- Rozlehlé počítačové sítě (WAN):
  - **propojující rozlehlé oblasti jako jsou státy nebo světadíly, typicky využívající veřejné sítě pro přenos dat, s přenosovými rychlostmi až 10GB/s (a v budoucnu patrně ještě vyššími).**

Základní typy počítačových sítí

- Bezdrátové a mobilní sítě:
  - **bezdrátové lokální počítačové sítě, satelitní sítě**
  - **Bezdrátové LAN**
  - **Bezdrátové WAN**
- Personální počítačové sítě (PAN):
  - **sítě s velmi malým dosahem, dovolující bezdrátově propojit osobu s počítačovou sítí, instalovanou v jejím okolí (v bytě), např. Bluetooth.**

Úrovňová architektura počítačové sítě

- Úrovňová architektura
  - Rozdělení problému návrhu počítačové sítě na menší části, vyřešení jednotlivých problémů a propojení získaných dílčích řešení do řešení celkového.
  - V případě počítačových sítí rozdělení do úrovní počínaje technickými prostředky a konče aplikačními programy.
  - S každou úrovní jsou spojeny služby, poskytované úrovním vyšším.
  - Každá úroveň navíc komunikuje se stejnolehlou úrovní vzdáleného systému prostřednictvím výměny zpráv. Pravidla výměny a formáty vyměňovaných dat jsou definovány pomocí protokolů.
  - Koncepce abstrakce dovoluje využívat služby na základě znalosti jak službu vyvolat, ne jak je implementována.
  - Každá vrstva poskytuje rozhraní (interface), určující jak jsou služby dostupné z vyšších úrovní.

Úrovňová architektura počítačové sítě

- Zprávy a zapouzdření:
  - Délka zprávy je shora omezená, může být omezená i zdola.
  - Zprávy obsahují řídicí záhlaví, určené pro vzdálený systém a obsahující instrukce, jak má zprávu zpracovat.
  - Zprávy mohou obsahovat i datovou část, obsahující informaci, určenou vyšší vrstvě vzdáleného systému.

Referenční model ISO

- Fyzická úroveň – **přenos bitů mezi fyzicky propojenými sousedními uzly, fyzikální parametry přenosu.**
- Linková úroveň – **přenos rámců mezi sousedními uzly, detekce a oprava chyb, řízení toku dat.**
- Síťová úroveň – **přenos paketů mezi koncovými uzly, směrování, adresování, ochrana proti zahlcení.**

Referenční model ISO

- Transportní úroveň – **přenos segmentů mezi koncovými procesy, obnova po chybě přenosu.**
- Relační úroveň - **Zajištění bezchybného přenosu dat mezi aplikacemi synchronizací přenosu. Odstranění výpadků na nižších úrovních.**
- Prezentační úroveň – **kódování, komprese, šifrování, proces dohadování parametrů přenosu, dohadování přenosového kontextu, ASN.1, BER**
- Aplikační úroveň - **poskytování standardních, opakujících se služeb aplikačním procesům.**

Fyzická úroveň, komunikační média

- Kroucená dvojlinka – **přenos analogových i digitálních signálů, přenosové vzdálenosti do několika kilometrů, rychlost přenosu několik Mb/s, nízká cena UTP-3, UTP-5, … .**
- Koaxiální kabel – **měděné jádro, izolační vrstva, měděné opředení, ochranný plášť z izolačního materiálu, rychlost přenosu typicky desítky Mb/s. Přenos v základním pásmu nebo v přeneseném pásmu (300Mhz, 150Mb/s, do 100 km).**
- Optické vlákno – **tloušťka 7μm až 60μm, vícevidová vlákna s pevným indexem lomu, proměnným indexem lomu, jednovidová vlákna. Vysoká přenosová rychlost (desítky Gb/s), vzdálenost do desítek km, dvoubodové spoje, pasivní nebo aktivní rozbočovače a slučovače.**

Fyzická úroveň, komunikační média

- Pozemní rádiové spoje – **pozemní spoje, družicové spoje. Mikrovlnné pásmo (2,5 Ghz, 5GHz).**
- Satelitní spoje, **nízká, střední oběžná dráha, geostacionární dráha (36000km, 250ms).**
- Přenosy v infračerveném pásmu **(dálkové ovládání, přenosy na malé vzdálenosti).**

Lokální počítačové sítě

- Protokoly náhodného přístupu
  - ALOHA, synchronizovaná ALOHA
  - CSMA, naléhající, nenaléhající, p-naléhající CSMA
  - CSMA/CD – CSMA s detekcí kolize
- Protokoly rovnoměrného přístupu
  - Token Ring – kruhová síť s předáváním pověření
  - Token Bus – sběrnicová síť s předáváním pověření

Lokální počítačové sítě

- Ethernet
  - Metoda náhodného přístupu, sběrnicová nebo hvězdicová topologie, 10Mb/s až 1Gb/s, rozlehlost stovky metrů až několik km, nejrozšířenější lokální síť.
- Typy sítě Ethernet:
  - IEEE 802.3, Ethernet II:
    - 10BASE-5, 10BASE-2, 10BASE-T
  - Fast Ehernet (IEEE 802.3u):
    - 100BASE-TX (100m, UTP 5)
    - 100BASE-FX (2000m, MMF)
  - Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z):
    - 1000BASE-SX (550m, MMF 50μm, 62,5μm)
    - 1000BASE-LX (5000m, SMF 10μm, MMF)
    - 1000BASE-T (100m, 4 páry UTP 5)
    - 1000BASE-CX (25m, 2 páry STP)

Lokální počítačové sítě

- FDDI
  - Optická síť, kruhová topologie (dvojitý kruh), metoda předávání pověření, 100Mb/s, 100km, páteřní sítě, propojení rychlých stanic.
- Token Ring
  - Kruhová síť, kroucená dvojlinka, 4 nebo 16 Mb/s, metoda předávání pověření, 250 stanic v kruhu, odolnost proti poruchám.

ATM

- Použití ve všech typech sítí (lokální, metropolitní, rozlehlé)
  - Přenos hlasu, videa a dat
  - Přenos optickými vlákny, rychlost přenosu až jednotky Gb/s, dvoubodové spoje, přepínaná síť (používá přepínače).
  - Základní přenosová jednotka buňka (53 slabik, 5 řídicích, 48 datových).
  - Vytváří virtuální okruhy (vytvoření, přenos dat, rušení).
  - Pevné okruhy, přepínané okruhy, virtuální okruh, virtuální cesta.
  - Různé druhy přenosu – přenosy v reálném čase (zvuku, videa), přenos dat.
  - Původně zamýšlen jako náhrada ostatních přenosových technologií

Bezdrátové sítě

- Topologie bezdrátových sítí
  - Propojení dvou základních komponent.
    - PC karta s přijímačem, vysílačem a integrovanou anténou.
    - Přístupový bod (Access Point) pro propojení se sítí Ethernet.
  - Přístupový bod funguje jako most mezi drátovou a bezdrátovou sítí. Může obsahovat základní směrovací funkce.

Bezdrátové sítě

- Standardy bezdrátových sítí
  - IEEE 802.11 (starší, 2 Mbps)
  - IEEE 802.11b (11 Mb/s, 2.4 GHz)
  - IEEE 802.11a (54 Mb/s, 5 GHz, v r.2002)
  - IEEE 802.11g (54 Mb/s, 2.4 GHz, v r.2002)
  - HiperLAN/2 (evropský standard, 54 Mb/s v pásmu 5 GHz)
  - IEEE 802.15 Personal Area Networks (Bluetooth)
  - IEEE 802.16 Bezdrátové širokopásmové sítě

Přenosové technologie rozlehlých sítí

- ISDN – Integrated Services Digital Network
  - Digitální telefonní síť pro přenos hlasu i dat
  - Základní pásmo: 2B+1D
  - Primární pásmo: 23B+1D, 30B+1D
  - Multiplexování (T1, T2, T3, T4, E1, E2, E3, E4, E5)
- DSL – Digital Subscriber Line
  - Telefonní linka pronajatá uživatelem
  - Poskytování digitálních služeb
  - Poskytování DSL služeb prostřednictvím ISDN

Přenosové technologie rozlehlých sítí

- ASDL – Asymmetric DSL
  - Není založeno na ISDN
  - Video-on-demand, 8Mb/s, 1MB/s
- VSDL – Very-high-speed DSL
  - Není založeno na ISDN
  - 20Mb/s symetricky
  - 52Mb/s+1.5Mb/s nesymetricky
- Kabelové televizní rozvody
  - Kabelové modemy
  - Přenos telefonu, dat, videa
- GSM sítě

Referenční model TCP/IP

- Přenosová (Host-to-Network) – **zahrnuje různé přenosové protokoly jako jsou Ethernet, Token Ring, PPP, SLIP, X.25, FDDI, atd.**
- Síťová (Internet) – **je představována protokolem IP (Internet protocol), řídicím protokolem ICMP (Internet Control Message Protocol) a doplněna ARP s RARP (Address Resolution Protocol a Reverse ARP).**

Referenční model TCP/IP

- Transportní – **zahrnuje protokol pro spolehlivé spojované služby TCP (Transport Control Protocol) a nespolehlivý datagramově orientovaný protokol UDP (User Datagram Protocol).**
- Aplikační – **zahrnuje různé uživatelské aplikace, jako je elektronická pošta, přenos souborů, emulace terminálu, webové služby, atd. Kromě aplikačních služeb pro uživatele jsou zde implementovány i služby pro řízení sítě (DNS, SNMP, DHCP apod.).**

Protokoly TCP/IP

- IP – Internet Protocol
- Adresy IPv4:
  - délka 32 bitů, část pro adresování sítě, část pro adresování počítače (podle příslušnosti ke třídě)
  - rozdělení do tříd
    - třída A – velké sítě
    - třída B – střední sítě
    - třída C – malé sítě
    - třída D – skupinové adresování
    - třída E – experimentální
  - nově – beztřídní adresování (Classless InterDomain Routing – CIDR), IP adresa/počet síťových bitů, také supernetting.

Protokoly TCP/IP

- Nyní se používají adresy IPv4, příprava na protokol IPv6
  - Adresa 128 bitů
  - Rozdělení záhlaví do samostatných sekcí
  - Podpora virtuálních okruhů, bezpečnosti, kvality služeb, směrování, … .
- ARP – Address Resolution Protocol
  - Převod síťové adresy na fyzickou adresu (např. v sítích Ethernet).
- ICMP – Internet Control Message Protocol
  - Přenos zpráv reagujících na chyby (nedosažitelnost cíle, vyčerpání časového limitu, …).
  - Test dostupnosti cíle (echo).
  - Další funkce.

Protokoly TCP/IP

- Základní informace o směrování v IP sítích.
  - Síť je rozdělena na autonomní oblasti (např. WebNet na Západočeské univerzitě).
  - Oblasti jsou vzájemně propojeny páteřní sítí.
  - Uvnitř oblastí se používají protokoly interního směrování
    - RIP Routing Internet Protocol
    - OSPF Open Shortest Path First.
  - V páteřních oblastech se používají protokoly externího směrování
    - EGP Exterior Gateway Protocol
    - BGP Border Gateway Protocol.

Protokoly TCP/IP

- Transportní vrstva
  - Identifikace požadované služby pomocí čísel portů. Pro přenos se používají dva základní protokoly – TCP a UDP.
- Protokol TCP (Transport Control Protocol)
  - Spojovaná služba (navázání spojení, přenos dat, ukončení spojení).
  - Duplexní přenos, přenáší posloupnost slabik.
  - Spolehlivý přenos dat, obnova po chybě.
  - Vyšší režie daná navazováním a rušením spojení.

Protokoly TCP/IP

- Protokol UDP (User Datagram Protocol)
  - Nespojovaná služba (přenos datových jednotek – datagramů)
  - Nekontroluje ztrátu, při opakování přenosu mohou vzniknout duplicitní zprávy.
  - Minimální režie, vhodný pro komunikaci typu příkaz/odpověď.

Prostředky pro jednoduchou diagnostiku

- Zjišťování stavu rozhraní a služeb síťové a transportní úrovně
  - ifconfig (ipconfig), netstat
- Zjišťování stavu okolí počítače a sítě
  - ping, traceroute (tracert)
    - Program ping – testování dostupnosti cíle (ICMP zprávy typu Echo request a Echo Replay).
    - Program traceroute – výpis cesty mezi zdrojem a cílem (datové zprávy s omezenou dobou života, ICMP zprávy – vyčerpání časového limitu).
- Práce se jmény
  - nslookup, host, dip

Nastavení síťových parametrů počítače a bootování

- Manuální nastavení
  - IP adresa
  - Adresa směrovače lokální subsítě
  - Maska subsítě
  - Adresa jmenného serveru
- Automatické nastavení – podle fyzické adresy počítače
  - Pomocí BOOTP (Bootstrap protocol)
  - Pomocí DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

Nastavení síťových parametrů počítače a bootování

- Zavedení operačního systému počítače (bootování)
  - Získání základních parametrů pomocí BOOTP nebo DHCP.
    - Systém dotaz/odpověď
    - Výběr podle fyzické adresy počítače
  - Získání jména bootovacího počítače a jména bootovaného souboru včetně cesty.
    - Součást informace poskytnuté BOOTP nebo DHCP
  - Zavedení operačního systému.
    - Protokol TFTP (Trivial File Transfer Protocol)

Systém jmenných domén (DNS)

- Každý objekt **má svůj jednoznačný identifikátor (adresu) a jméno, pomocí kterého je označován uživateli (dobře zapamatovatelné). DNS se zabývá problematikou převodu jmen na adresy a naopak.**
- DNS **je hierarchický, distribuovaný jmenný systém, navržený pro řešení problému převodu jmen na adresy v rozlehlých sítích jako je Internet.**
  - Hierarchický, protože prostor jmen je rozdělen na subdomény.
  - Distribuovaný, protože administrace prostoru jmen je delegována do lokálních oblastí.
  - Zajišťuje nejen převod jmen, ale i další mapování jmen na počítače.

Systém jmenných domén (DNS)

- Domény nejvyšší úrovně:
  - edu – výuové organizace
  - com – společnosti
  - net – organizace poskytující síťové služby
  - gov – vládní organizace
  - mil – vojenská část sítě
  - org – různé organizace (ieee, acm)

Systém jmenných domén (DNS)

- Domény nejvyšší úrovně podle geografického rozdělení:
  - cz – Česká republika
  - sk – Slovenská republika
  - pl – Polsko
  - uk – Velká Británie
  - au – Austrálie.
- Aliasy:
  - Zavedení „funkčních jmen“
  - Snadnější zapamatování, např. www, ftp, time, ns, …

Systém jmenných domén (DNS)

- Hierarchický systém jmenných serverů
  - Kořenové jmenné servery (14 na světě)
  - Primární jmenné servery jmenných domén
  - Sekundární jmenné servery jmenných domén
- Postup převodu jména na adresu
  - V jedné oblasti
  - V různých oblastech
  - Využití vyrovnávacích pamětí

Elektronická pošta v síti Internet

- Neinteraktivní zpracování a přenos zpráv
- Formát adresy elektronické pošty
  - jmeno@host.subdomena.domena
- Formát zprávy, parametry záhlaví

To:
Cc:
Bc:
From:
Sender:
Receiver:

Date:
Reply-To:
In-Reply-To:
Message-Id:
Subject:

MIME-Version:
Content-Description:
Content-Id:

Content-Transfer-Encoding:
Content-Type:

Elektronická pošta v síti Internet

- MIME (Mutipurpose Internet Mail Extension)
- Aliasy
- Poštovní klienti a servery, princip přenosu elektronické pošty
- Protokoly pro vysílání a přenos elektronické pošty (SMTP) a příjem elektronické pošty (POP, IMAP)
- Systémy pro zpracování elektronické pošty
  - Přímý přístup
  - Nepřímý přístup – POP, IMAP, WWW

Aplikační programy

- Přehled základních typů aplikačních programů a služeb
  - Přenos souborů (ftp, scp)
  - Elektronická pošta (SMTP, POP, IMAP)
  - Vzdálený přístup (telnet, ssh)
  - Distribuované informační služby (gopher, www)
  - Síťové souborové systémy (NFS, AFS, NTFS – Samba, …)
  - Protokoly pro řízení sítě (SNMP, RMON)

Aplikační programy

- Bezpečnost v sítích
  - Ověřování pravosti uživatele
  - Ověřování přístupových práv
  - Šifrování zpráv
  - Ochrana proti modifikaci zpráv
- Napadení
  - Pasivní
  - aktivní
- Ochrana vnitřních sítí
  - Obranné valy
  - Virtuální privátní sítě