

Počítačové sítě – studijní průvodce

autor: Tůma Václav
lektoroval: Ing. Jiří Ledvina, CSc.

6. září 2006

Obsah

1	Obecný přehled	1
1.1	Sítě – systémy vzdáleného přístupu	2
1.2	Distribuované a autonomní systémy	3
1.3	Rozdělení počítačových sítí	4
1.4	Topologie sítí	5
1.5	Síťový provoz	9
1.6	Způsoby propojení sítí	10
1.7	Přenos dat	11
1.8	Přenos dat v síti	14
1.9	Programová struktura PC sítí	17
1.10	Protokoly	19
1.11	Logická struktura počítačových sítí	21
1.12	Propojování sítí	22

Seznam obrázků

1.1	Propojení sítí pomocí modemu	2
1.2	Počítače a terminál	3
1.3	Úplná polygonální síť	5
1.4	Polygonální síť	6
1.5	Stromová síť	7
1.6	Lineární síť	8
1.7	Kruhová síť	9
1.8	Simplexní přenos	9
1.9	Poloduplexní přenos	10
1.10	Duplexní přenos	10
1.11	Schéma přenosu	10
1.12	Schéma přenosu s cache	11
1.13	Mnohobodový spoj	11
1.14	Připojování stanic v mezistupni	11
1.15	Schéma s řídicími signály	12
1.16	Schéma arytmičkého přenosu	12
1.17	Značení přenosu	13
1.18	Přepínání kanálů	14
1.19	Přepínání kanálů – zobrazení stanic	15
1.20	Přepínání zpráv	15
1.21	Přepínání paketů	16
1.22	Schéma vrstev ISO/OSI modelu	20
1.23	Primitivní služby	20
1.24	Rámeček	21
1.25	Hub	22
1.26	Most – schéma komunikace	22
1.27	Směrovač – schéma zapojení	23
1.28	Komunikace vrstev	23
1.29	Aplikační brána	24

1.30 Přepínač	24
1.31 Kaskádní spojení	25
1.32 Páteřní síť	25

Předmluva

Do rukou se Vám dostala studijní příručka pro předměty KIV/UPS a KIV/ZPS. Dokument jsem sepsal jako semestrální práci k předmětu KIV/DTP1, pro potřeby výuky předmětů počítačových sítí studenty FAV a studenty humanitních studií. Pokusím se Vám vyložit látku odborně, ale přitom pochopitelně i pro laiky.

Kniha je dělena do logických celků. **Tučně** jsou značeny důležité informace. *Italika* zdůrazňuje vysvětlení zkratk, cizojazyčná pojmenování a citace.

Kapitola 1

Obecný přehled o počítačových sítích

Vývoj počítačových sítí

„Transatlantický telegrafní kabel (1858) a vypuštění Ruské družice Sputnik (1957), jsou považovány za dva hlavní milníky v oblasti vývoje počítačových sítí a internetu ...“

První pokusy o propojení vzdálených oblastí se objevily již v roce 1858. Jednalo se o propojení evropského a amerického kontinentu (transatlantický telegrafní kabel).

Propojení obou kontinentů mělo sloužit k rychlému přenosu informací, navíc mělo symbolizovat rovnost ve společnosti. Tento pokus se bohužel nepovedl. Úspěch s položením kabelu, srovnatelný s přistáním na Měsíci, se slavil až roku 1866.

Roku 1957 byla vypuštěna první družice – **Sputnik**. Tento čin tehdejšího Sovětského svazu dal Spojeným státům podnět k započetí historického projektu **ARPA**¹. Nejprve Spojené státy vypustily svou družici a později se ARPA začala zaměřovat na komunikační technologie.

Projekt **ARPANET** vznikl v roce 1962 přesunutím ARPA do soukromého sektoru. Ve vývoji komunikačních a informačních technologií nyní pokračovaly univerzity. Později byla společnost **DARPA**² požádána, aby se stala správcem ARPANETu.

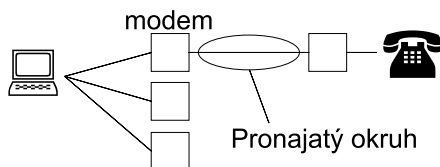
¹Advanced Research Project Agency

²Defense Advanced Research Project Agency

První veřejná demonstrace ARPANETu se konala v roce 1972. Během dvou let se ARPANET rozšířil.

1.1 Sítě – systémy vzdáleného přístupu

Pomocí počítačové sítě byl umožněn přístup k datům na velké vzdálenosti. Na obrázku 1.1 vidíme počítač připojený do sítě pomocí **modemu** a přes pronajatý okruh poskytuje datové spojení mezi jednotlivými lokalitami.



Obrázek 1.1: Propojení sítí pomocí modemu

Pojem **modem** vznikl spojením anglických slov *MOdulator/DEModulator*, což doslova popisuje jeho funkci. Na jedné straně přístroj převede digitální signál na analogový, na straně druhé jiný modem (ve vzdálené síti) provede reverzní operaci (analogový signál na digitální). Momentálně se touto problematikou nebudeme zabývat podrobněji.

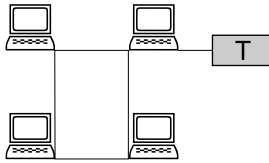
Počítačová síť

Počítačová síť je soubor vzájemně propojených autonomně pracujících počítačů (dale budu používat pojem PC pro počítač). Slovem **propojený** rozumíme schopných vzájemné výměny zpráv. Pod pojmem **autonomní** chápeme vzájemně nezávislý vzhledem k řízení.

Na síť můžeme pohlížet ze dvou úhlů: nejprve jako na hardware, který fyzicky propojuje počítače mezi sebou, dále pak jako na protokoly specifikující služby, které provádí síť. Protokoly přispívají k tomu, aby hardware propojeí bylo použitelné programátory a aplikačním softwarem.

Počítačovou síť dříve tvořil terminál a několik vzájemně propojených počítačů (viz obrázek 1.2).

Komunikace probíhá jak mezi PC a terminálem, tak i mezi jednotlivými počítači. Samozřejmě, že i vzdálené terminály mezi sebou komunikují.



Obrázek 1.2: Počítače a terminál

Počítačovou síť chápeme také stanice propojené mezi sebou, nebo zapojené do určité topologie pomocí hubů, switchů či routerů, o kterých se zmíním později.

Úloha sítí

Samozřejmě, že stěžejní funkcí je sdílení zdrojů a informací. Hovoříme-li o sdílení zdrojů, máme na mysli sdílení tiskáren (takovou tiskárnu pak nazýváme síťová), souborů, paměťových systémů, počítačů se speciální architekturou atp. Síť není úplně integrována do operačního systému, ale soubory jsou přístupné transparentně. Příkladem sdílených informací je například elektronická pošta, webové stránky atd.

Další funkcí sítě je zvyšování spolehlivosti celku. Pro představu ukážeme na tiskárny, souborové servery apod.

A samozřejmě snižování ceny. Toho docílíme jak už zmíněnou síťovou tiskárnou, tak i souborem jednodušších PC, majících srovnatelný výkon (nebo i vyšší) než jeden superpočítač.

V neposlední řadě využíváme síť k distribuovaným výpočtům (o této problematice se více dozvíte v následující části)

1.2 Distribuované a autonomní systémy

Autonomní systém je samostatně pracující stanice, která provádí činnost bez nutnosti připojení k počítačové síti. Využívá explicitně příkazy pro přístup ke vzdáleným souborům nebo službám.

U distribuovaných systémů je síť nedílnou součástí operačního systému. Takovýto komplex se navenek jeví jako rozlehlý výpočetní systém. Avšak distribuovatelnost si můžeme představit jako dělbu práce mezi stanicemi – daty a programy.

V případě dat se jedná o rozložení do různých uzlů systému. U programů mluvíme o distribuovatelnosti v případě, že běží na více uzlech

(více PC), jejich práce je rozdělena a koordinována.

Celý systém můžeme rozškálovat na dvě hlavní komponenty. První z nich je výpočetní prostředek a druhým komunikační síť (může být nespolehlivá a může zde docházet ke zpoždění).

Projekt BOINC staví na principu distribuce malých částí dat jednotlivým uživatelům po celém světě. Pod BOINCom je možno provozovat několik různých projektů najednou. Koho neoslovil nějaký projekt, může se zapojit do jiného – BOINC je otevřená platforma, takže pod jednou střechou bude několik projektů a nikoliv jen jeden (viz [4]).

Příkladem vybereme projekt Seti@Home, kde se jedná o distribuované výpočty šumů vesmíru.

Hodnocení

- ⊕ rozdělením prováděných úloh získáváme větší výkon, protože je menší zátěž na jednu stanici, což zvyšuje rychlost, a úlohy tedy mohou běžet paralelně,
- ⊖ neznáme globální stav systému.

1.3 Rozdělení počítačových sítí

Sítě můžeme dělit podle mnoha kritérií, uvedeme si zde některá z nich. Nejdříve je však potřeba vyjasnit si pojem *přenosová rychlost*.

Přenosová rychlost

V textu se často objevuje udání přenosové rychlosti Mb/s, MB/s atp. Vysvětleme si tedy, v čem jsou rozdíly.

Přenosová rychlost udává, kolik jednotek informace se přenesou za jednotku času. Základní jednotkou přenosové rychlosti je bit za sekundu (*b/s*). Jednotka udává, kolik bitů informace je přeneseno za jednu sekundu. (viz [5])

Dělení podle rozlehlosti

WAN – Wide Area Networks, jedná se řádově o 100 km a více. Přenosová rychlost v této síti se zpravidla pohybuje řádově v desítkách GB přenesených datových jednotek za 1 s. Jako propojovací médium používáme optická vlákna či satelitní (rádiové) spoje. Příkladem WAN je propojení kontinentů, států apod.

MAN – Metropolitan Area Networks, rozlehlost řádově v desítkách až stovkách kilometrů. Přenosová rychlost této sítě se pohybuje mezi 100 MB/s až 10 Gb/s. Propojuje se na bázi optických vláken. Příkladem těchto sítí je například propojení univerzitní sítě, výzkumných podniků, měst apod.

LAN – Local Area Networks, řádově 1 – 10 km. Přenosová rychlost se pohybuje v rozmezích 100 Mb/s až 10 Gb/s. Propojovací médium je nejčastěji kroucená dvoulinka (eventuelně optická vlákna). Realizuje se u mnohabodových spojů (**ETHERNET**).

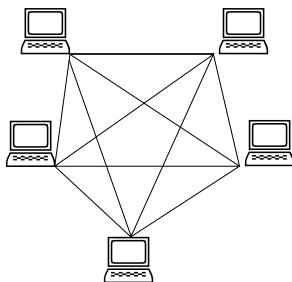
PAN – Personal Area Networks, jde o sítě s velmi malým dosahem, dovolující bezdrátově propojit osobu s počítačovou sítí, nainstalovanou v bytě, nebo okolí bytu.

1.4 Topologie sítí

Topologie, nebo-li prostorové uspořádání sítě, nám zobrazuje způsob zapojení jednotlivých PC. Můžeme tedy říci, že jede o důležitou vlastnost, která se projevuje při návrhu a realizaci celé sítě. Topologie určuje použitý síťový hardware.

V následující části si ukážeme různé způsoby zapojení stanic.

Úplná polygonální síť



Obrázek 1.3: Úplná polygonální síť

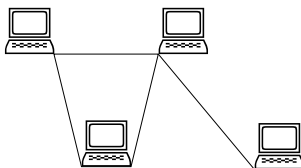
Úplnou polygonální síť charakterizuje propojení počítačů každý s každým. Do určité míry tím můžeme kompenzovat poruchovost sítě, avšak za cenu vyšších nákladů.

Hodnocení

- ⊕ komunikace každý s každým,
- ⊕ použitelné pro malý počet spojů,
- ⊖ využívá $n \cdot (n - 1) / 2$ spojů (spojem rozumíme hranu na orientovaném grafu), kde n je počet pracovních stanic.

Polygonální síť

Tento typ sítě oproti předchozím je šetrnější ve využívání spojů. Používá se pro WAN (MAN) sítě viz obrázek 1.4.



Obrázek 1.4: Polygonální síť

Hodnocení

- ⊖ může nastat situace, že při výpadku jsou některé uzly nedostupné.

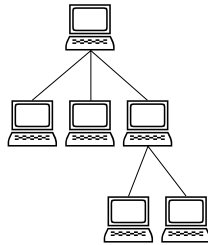
Hvězdicová topologie

Často též nazývána stromová (viz obrázek 1.5), propojuje PC pomocí kabelových segmentů k centrálnímu prvku sítě. O centrálních prvcích (huby, routery atp.) si povíme později, prozatím si představíme zařízení jako černou skříňku, která funguje jako rozdvojka.

Signály se přenáší z vysílací stanice přes centrální prvek do všech počítačů v síti. Tato topologie pochází z počátků používání výpočetní techniky, kdy počítače bývaly připojeny k centrálnímu počítači. Mezi každými dvěma stanicemi musí existovat pouze jediná cesta (viz [6])!

V případě selhání sítě (ať už se jedná o centrální prvek či přenosové médium) dochází k nedostupnosti počítačů nacházejících se za daným místem. Z obrázku 1.5 je patrné, že mluvíme o subkořenech nebo listech grafu. Ostatní části můžou normálně fungovat.

Tento způsob zapojení používáme pro síť LAN.



Obrázek 1.5: Stromová síť

Hodnocení

- ⊕ mezi kořenem (subkořenem) a listem grafu existuje cesta,
- ⊕ centralizovaná správa,
- ⊖ v případě poruchy sítě jsou následovníci daného kořenu nedostupní.

Sběrníková topologie

Sběrníková topologie je také známa jako lineární sběrnice. Jde o nejjednodušší a nejčastější způsob zapojení počítačů do sítě. Síť je tvořena pomocí jediného kabelu, který se nazývá hlavní kabel (také *páteř* nebo *segment*). Hlavní kabel propojuje všechny počítače v síti.

Komunikace lineární sítě probíhá následovně: data se adresují konkrétnímu počítači a posílají se po kabelu ve formě elektrických signálů. Pro lepší pochopitelnost si vymežíme pojmy **signál** a **terminátor**.

Signál

Data v síti ve formě elektrických signálů jsou posílána všem počítačům v síti, nicméně informaci přijme pouze ten počítač, jehož adresa odpovídá adrese zakódované v počítačném signálu. V daný okamžik může zprávy odesílat vždy pouze jeden počítač (viz [6]).

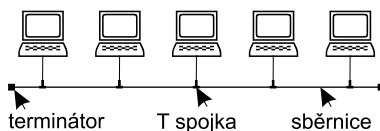
Tento fakt značně snižuje výkon sítě. Se zvyšujícím se počtem připojených stanic roste i čekací doba. Tato doba závisí na samozřejmě i na typu a délce spojovacího média (kabelu) a typu aplikace, která provádí komunikaci.

O této topologii můžeme mluvit jako o pasivní topologii, protože jednotlivé stanice pouze naslouchají, zda pro ně v síti nepřichází data.

Na ostatní data v síti nereagují. V případě vypojení stanice nebo jejího selhání není nikterak ovlivněn chod sítě.

Terminátor

Signál prochází po celém kabelu. V případě, že by nebyl zastaven, znemožňoval by vysílání ostatních stanic. K útlumu signálu se používá tzv. terminátor. Jde o ukončení kabelu, které pohlcením signálu zamezuje jeho vrácení. Terminátory jsou umístěné na obou koncích vedení. Po odstranění signálu může vysílat jiná stanice.



Obrázek 1.6: Lineární síť

Hodnocení

- ⊕ při vhodném adresování není problém se směrováním.

Kruhová topologie

V případě kruhové topologie (viz obrázek 1.7) jsou stanice řazeny v kruhu. Signál se tímto kruhem šíří, a proto každá stanice funguje současně jako opakovač. V případě výpadku stanice selhává celá síť.³

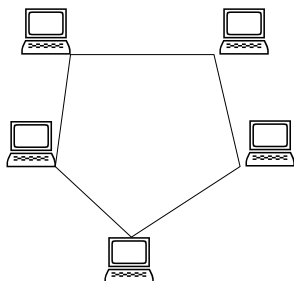
Ve kruhové síti⁴ je jedna hlavní vysílací stanice, která má právo udělovat pověření, tzv. token. Stanice, která vlastní toto pověření, může vysílat. Po skončení vysílání vrátí token (také se mu říká pešek) hlavní stanici.

Hodnocení

- ⊕ vysílací stanice může kontrolovat správnost doručení paketu.

³Tento faktor je možné odstínit, hvězdicovou topologií, kdy kruh je tvořen pouze logicky. Takový typ sítě se nazývá *Token Ring*.

⁴ať už fyzický, či logický kruh



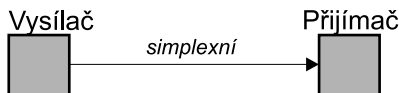
Obrázek 1.7: Kruhová síť

1.5 Síťový provoz

Síťový provoz nám vyznačuje jakým způsobem se data přenáší mezi jednotlivými stanicemi.

Simplexní (jednosměrný)

Data mohou proudit pouze jedním směrem. Příklad takovéto komunikace můžeme vidět na obrázku 1.8.



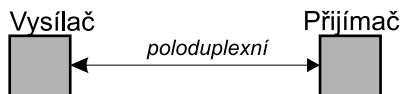
Obrázek 1.8: Simplexní přenos

Poloduplexní (obousměrný)

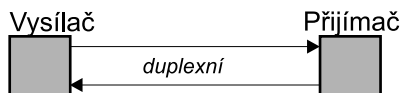
Přenos na takovéto lince je možný oběma směry, avšak stanice se musí o medium střídat. Současné vysílání obou stanic je nemožné. Daný přenos je ilustrován na obrázku 1.9. Tento provoz byl častý na starších sítích sběrniceového typu, když médiem byl koaxiální kabel.

Duplexní (obousměrný)

Data mezi stanicemi proudí oboustranně. Jsou přijímána i odesílána v jednom okamžiku. Typickým představitelem tohoto spojení jsou dnešní LAN sítě. Příklad této komunikace je vidět na obrázku 1.10



Obrázek 1.9: Poloduplexní přenos

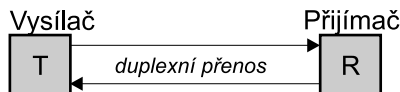


Obrázek 1.10: Duplexní přenos

1.6 Způsoby propojení sítí

Dvoubodové spoje

Tento typ propojení používáme na dlouhé vzdálenosti. Přenosovým médiem je v tomto případě nejčastěji optické vlákno nebo elektrický vodič. Mezi oběma body dochází k duplexnímu přenosu (viz obrázek 1.11).



Obrázek 1.11: Schéma přenosu

Nevýhodou těchto spojů fakt, že při výpadku prostředního uzlu se krajní uzly nedomluví.

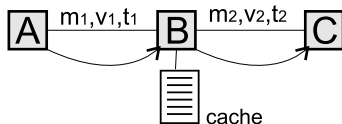
Zajímavou vlastností dvoubodových spojů je celková doba přenosu. Hodnotu celkové doby získáme počítáním jednotlivých přenosových dob, tj. $t = t_1 + t_2$. Pro lepší představu vizte obrázek 1.12.

Mnohabodové spoje

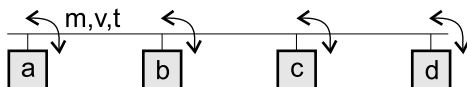
Mnohabodový spoj nám může připomínat sběrnicovou topologii. Data vyslaná do sítě si poslechnou **všechny stanice** (viz obrázek 1.13), ale vyzvedne si je pouze stanice adresovaná. Výhodou mnohabodových spojů je snadná konfigurovatelnost sítě, dynamické připojování a odpojování stanic.

Nevýhodou tohoto spoje je opět závislost na hlavním komunikačním médiu. Při přerušení komunikačního média nebo chybě stanice se síť

rozpadne a musí se znovu konfigurovat. Rozpad systému závisí tedy na spolehlivosti média.



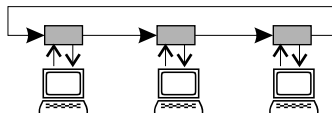
Obrázek 1.12: Schéma přenosu s cache



Obrázek 1.13: Mnohabodový spoj

Mezistupeň

V tomto případě se jedná o mnohabodový spoj, ale jednotlivé stanice jsou do sítě připojovány dvoubodově viz obrázek 1.14. Z dvoubodového připojení stanic vyplývá snadnější konfigurovatelnost.

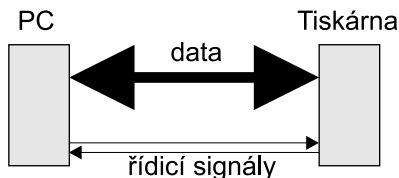


Obrázek 1.14: Připojování stanic v mezistupni

1.7 Přenos dat

Asynchronní

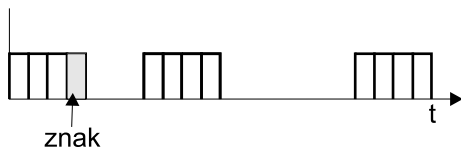
Tento typ přenosu se v sítích nepoužívá. Charakterizuje spíše komunikaci mezi periferiemi a PC. U asynchronního přenosu není konstantní délka bitového intervalu. Proto musí být tento konec vyznačen. K takovému značení používáme tříhodnotovou logiku. Třetí hodnota může být například jiná úroveň napětí ve vodiči. Typickým příkladem je tiskárna, kde jsou oddělena data a řídicí signál (viz obrázek 1.15).



Obrázek 1.15: Schéma s řídicími signály

Arytmický

Jde o znakově orientovaný přenos, který je realizován v blocích. Vzdálenost jednotlivých bloků je rozdílná. V této době se provádí synchronizace. Uvnitř bloků je přenos synchronní. Začátek přenášeného bloku je indikován tzv. **start bitem**. Ostatní bitové intervaly jsou vzorkovány podle hodinového signálu ⁵ (frekvence hodinového signálu odesílatele a příjemce musí být stejná). Tento přenos můžeme využívat i při komunikaci PC s periferiemi. Na obrázku 1.16 vidíme průběh tohoto přenosu. Na ose „ x “ jen promítnut čas (t).



Obrázek 1.16: Schéma arytmičkého přenosu

Značení arytmičkého přenosu dat

První číslice značí počet bitů. Druhým znakem rozlišujeme paritu. Poslední znak je počet stop bitů.

- **N** bez parity,
- **0** lichá parita,
- **E** sudá parita.

⁵Elektrický signál, jehož změna způsobuje změnu stavu sekvenčního digitálního elektronického obvodu.

Tento přenos má i své nevýhody. Hlavní z nich je malá využitelnost, která způsobuje velkou ztrátovost. Ukážeme si to následujícím výpočtem.

$$\text{využitelnost} = \frac{\text{počet datových bitů}}{\text{celkový počet bitů}}$$

$$\text{využitelnost} = \frac{\text{počet datových bitů}}{\text{start bit} + \text{počet bitů} + \text{parita} + \text{stop bity}}$$

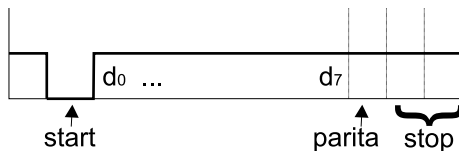
Příklad 1.7.1

Vypočtete využitelnost arytmičkého přenosu je-li zadán označením 8N2.

Řešení:

Tento případ ilustruje obrázek 1.17.

$$\begin{aligned} \text{využitelnost} &= \frac{8}{12} \\ \text{využitelnost} &= 0,6667 \end{aligned}$$



Obrázek 1.17: Značení přenosu

Synchronní

Při synchronním přenosu jsou naprosto stejné hodinové signály u odesílatele i příjemce a tato synchronizace je udržována po dobu přenosu (při přenosu se spočte okamžitá platnost dat). Touto metodou se přenáší velké bloky dat. Na rozdíl od asynchronního přenosu zde (v sítích) není třeba řídicího kanálu.

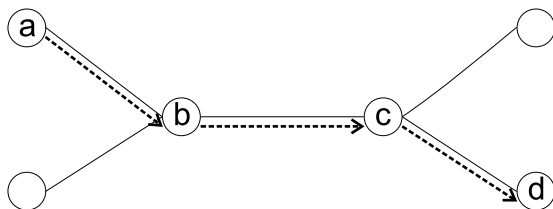
1.8 Přenos dat v síti

Přepínání okruhů (kanálů)

V anglické terminologii známé jako (*circuit switching*). Při přenosu je médium vlastněno párem stanic, které vytvoří komunikační kanál (viz obrázek 1.18). Vytvoří se okruh (spojení) mezi zdrojovou a cílovou stanicí. Všechna data procházejí po jedné (předem dané) cestě v síti a jsou doručena ve správném pořadí. Přidělování lze provádět multiplexováním (o tom se blíže zmíníme v další kapitole). Tímto způsobem vzniká spolehlivá komunikace, avšak nevýhodou jsou postoje, které vznikají, když právě neprobíhá vysílání. Příkladem může být telefonní hovor.

Podívejme se ještě blíže na dobu přenosu. Ta je stanovena následujícím výpočtem, který není nic jiného, než součet času přenosu a zpoždění

$$t_{total} = t_{transmit} + t_{delay}$$



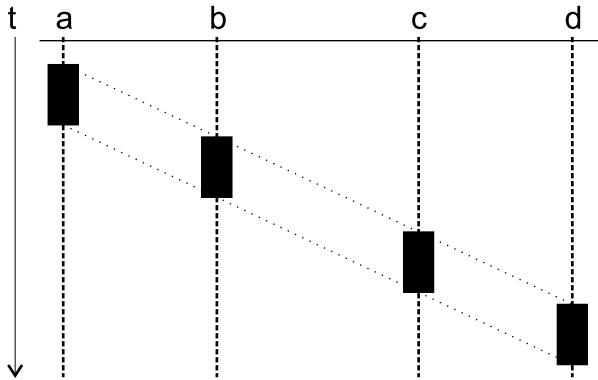
Obrázek 1.18: Přepínání kanálů

Přepojování okruhů se dále dělí na **prostorové** a **časové**. Prostorové přepojování se inspirovalo klasickými ústřednami s mechanickými, elektromechanickými nebo elektronickými prvky, zatímco časové přepojování vychází z podstaty časového dělení s tím, že se ze společného časového rámce oddělují časové úseky do různých směrů (*TDM, Time Division Multiplex*) (viz [7]).

Závěrem k problematice přepínání kanálů prostudujme obrázek 1.19, na kterém je vidět, jak probíhá vysílání ze stanice „a“ do stanice „d“. Stanice „b“ a „c“ tvoří okruh, přes který prochází data. Čas „t“ je znázorněn vertikální šipkou.

Přepínání zpráv

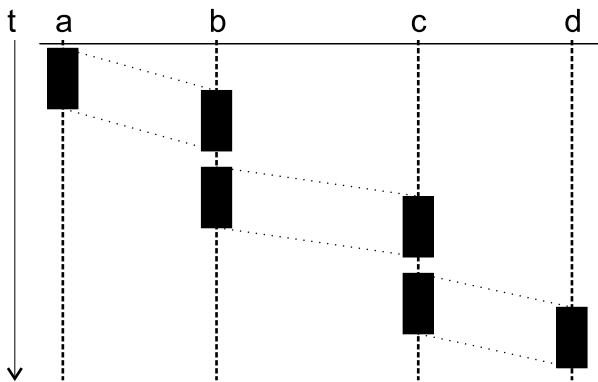
Je podobné přepínání kanálů, avšak s tím rozdílem, že komunikační kanál je jim přidělen jen na dobu přenosu. Nevýhodou této technologie je delší



Obrázek 1.19: Přepínání kanálů – zobrazení stanic

doba čekání při vícenásobném přenosu.

Z obrázku 1.20 je patrný rozdíl oproti předchozímu přepínání okruhů. Mezi jednotlivými stanicemi je komunikační kanál vlastněn pouze při přenosu, po přenosu je uvolněn.



Obrázek 1.20: Přepínání zpráv

Přepínání paketů

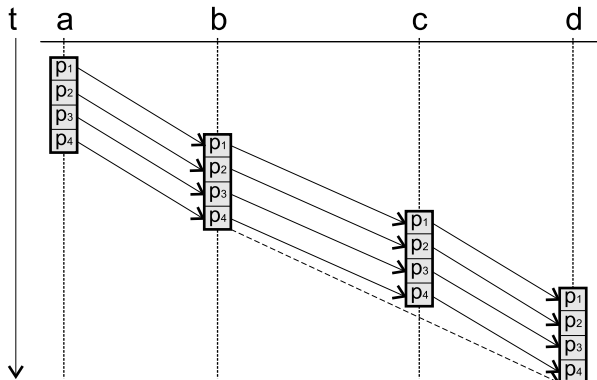
V anglické terminologii známé jako (*packet switching*). Teno způsob přenosu charakterizuje fakt, že mezi zdrojovou a cílovou stanicí neexistuje sestavený okruh. Každá zpráva se rozdělí do menších přenášených

částí, tzv. paketů. Při posílání dat se každý mezilehlý uzel (směrovač), na který data dorazí, rozhoduje, kterou cestou předá paket dál. Vysílací stanice posílá pakety individuálně, tzn. každý má ve svém záhlaví informační rámce pro cílovou stanici a samozřejmě i číslo pořadí paketu. Jednotlivé pakety tedy nemusí procházet stejnou cestou. Na první pohled by se mohlo zdát, že pokud mohou pakety cestovat „paralelně“ a kanál je vlastněn jen po dobu přenosu, komunikace se jen urychlí. Avšak je zde i pár nevýhod, kterými jsou například duplicitní doručení či ztráta paketu. Tyto problémy neřeší síť, ale koncová (resp. výchozí) stanice. Toto je samozřejmě ovlivněno kvalitou přenosového média, vzdáleností a ostatními faktory, které působí na přenos.

Na obrázku 1.21 vidíme pouze zjednodušeně znázorněný přenos mezi našimi fiktivními stanicemi. Dozajista Vás zaujala ona čárkovaná šipka – je zde pouze z ilustrativních důvodů. Kdyby totiž mezi stanicemi „b“ a „d“ existovala cesta, a stanice „b“ se rozhodla, že z nějakého důvodu zašle paket tudy (což dle textu v předchozím odstavci možné je), přišel by paket rovnou do stanice „d“, a třeba i dříve.

Závěrem se opět podíváme na výpočet doby přenosu paketu. Opět ji tvoří celková doba přenosu zprávy (rámce), prodleva zpoždění, a v tomto případě ještě i doba jednotlivých přenosů každého paketu.

$$t_{total} = t_{frame\ transmit} + t_{delay} + t_{packet\ transmit}$$



Obrázek 1.21: Přepínání paketů

1.9 Programová struktura PC sítí

Referenční model ISO/OSI – **International Standards Organization / Open System Interconnection (Mezinárodní organizace pro normalizaci / Propojení otevřených systémů)**.

Tento doporučený model byl definován v roce 1980. Jeho úkolem je rozdělení vzájemné komunikace mezi počítači do sedmi hierarchicky položených vrstev a zahrnuje pravidla pro vytváření protokolů. Tyto vrstvy jsou označovány jako sada *vrstev protokolu*.

Úkolem každé vrstvy je poskytnout služby vrstvě vyšší. Ty nepotřebují vědět, jak nižší vrstva pracuje. Jednotlivé úrovně jsou propojeny spojkami (*stubs*). Každá úroveň přidá svoji informaci potřebnou pro přesné doručení. Pro lepší představu: existuje systém „ruských matřošek“, kdy vnější vrstva představuje nejnižší, tj. fyzickou vrstvu.

Fyzická úroveň – physical layer

Hierarchicky nejnižší položená úroveň. Jejím úkolem je zajistit přenos jednotlivých bitů mezi příjemcem a odesílatelem prostřednictvím fyzické přenosové cesty. Tato vrstva je spíše elektrotechnického charakteru.

Problematika fyzické úrovně zahrnuje tyto oblasti:

- navázání, rušení, udržení spojení,
- přenos bitů U, I, Z, b, délky, kódování signálu, synchronizace,
- druhy konektorů na propojovacím médiu a druh přenášeného signálu,
- úrovní napětí reprezentující logickou jedničku, resp. nulu (délka trvání jednoho bitu).

Linková úroveň – data link layer

Linková úroveň využívá služeb úrovně fyzické. Ta se také často nazývá **spojová vrstva** či vrstva datového spoje. Jejím úkolem je propojení dvou sousedních uzlů a zajištění bezchybného přenosu celých bloků dat označovaných jako **rámce** (*frames*). Na této úrovni adresujeme data pomocí **MAC adresy**, což je adresa daná výrobcem síťové karty. Vzhledem k faktu, že fyzická vrstva nijak neinterpretuje jednotlivé přenášené bity, nachází se na linkové vrstvě, aby správně rozpoznala začátek a konec rámce i jeho jednotlivé části. Při přenosu dochází vlivem rušení a poruch

k chybám. Potvrzuje bezchybně přijaté rámce, u chybných žádá o opakování. Rozpoznání chyb a kontrola je tedy také úkolem linkové úrovně. V neposlední řadě se linková úroveň stará o transparentnost přenosu. Ta spočívá v možnosti přenést např. řídicí znak, interpunkci atp. jako znak datový.

Síťová úroveň – network layer

Síťová úroveň zajišťuje přenos dat mezi koncovými uzly (v případě, že se nejedná o sousední uzly, ale data cestují přes více mezilehlých uzlů), přenos paketů (*packets*), řízení toku dat, adresování (logické adresování pomocí IP adres), směrování (*routing*), vytváření virtuálních okruhů, datagramové služby (přenos samostatných datových jednotek) a spojované služby (komunikace před přenášením dat).

U **spojovaných služeb** se provádí kontrola, zda byla data doručena či nikoli (systém potvrzování). Tento typ komunikace se v praxi velmi často používá např. pro přenosy souborů apod. U nespojovaných služeb se jedná o přenos části dat (datagramu) bez návaznosti na okolí, v případě nespojovaných služeb nemáme informaci o tom, zda informace dorazila do cíle.

Nespojované služby využijeme například při přenosu audio nebo video streamovaných služeb – internetové rádio, on-line přenos videokonference apod., kde ztráta datové jednotky nevede ke zhroucení přijímaného obsahu.

Síťová úroveň komunikuje mezi jednotlivými uzly a odstraňuje problémy konkrétní topologie sítě (tj. způsob vzájemného přímého propojení jednotlivých uzlů).

Transportní úroveň – transport layer

Transportní úroveň plně využívá služeb nižších úrovní, a tím zajišťuje přenos paketů mezi libovolnými dvěma uzly. Pomocí této úrovně jsou odstiňovány rozdílnosti různých druhů sítí a působí dojem, že propojení uzlů je přímé. Takovému typu komunikace říkáme komunikace koncových účastníků (*end-to-end communication*), tj. dialog mezi odesílatelem a příjemcem.

Při přenosu zajišťuje rozdělování dat do jednotlivých paketů a na druhé straně jejich opětovné složení. Paket má omezenou velikost, avšak posílání počtu paketů je neomezené, takže můžeme přenášet libovolně velká data.

Relační úroveň – session layer

Vytváří jednotlivá relační spojení nad transportní úrovní. Při spojování žádá transportní úroveň o vytvoření spojení, které následně využívá (duplexní, poloduplexní apod.). Dalším úkolem této úrovně je synchronizace a řízení přenosu, co je určení, která strana právě vysílá. A samozřejmě se také postará o ukončení a zrušení spojení.

Prezentační úroveň – presentation layer

Data přenášená mezi dvěma stanicemi musí mít na obou stranách stejný charakter, tzn. že tato vrstva přizpůsobuje aplikační proces síťovému prostředí, šifrování, kódování (dat libovolné délky) a kompresi dat. Kódování obsahu souvisí s heterogeností systému. Jednotlivé firmy mohou využívat různá kódování, avšak přenosová vrstva tyto rozdíly odšťiňuje.

Příkladem si uveďme IBM a jejich znakovou sadu EBCDIC oproti ASCII, různé zobrazení čísel v počítači (přímý kód, doplňkový kód apod.). S kódováním tedy mohou vznikat problémy při zobrazení, proto používáme univerzální tvar.

Univerzální tvary

- **xDR** umožňuje zakódování do univerzálního tvaru,
- **ASN.1** abstract syntax notation,
- **BER** basic encoding rules, explicitně vyjádřené datové typy.

Aplikační úroveň – application layer

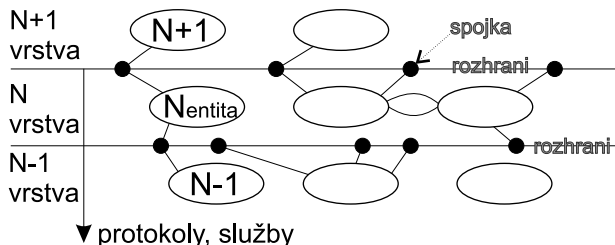
Aplikační úroveň je část mechanismu, kterou využívá konkrétní aplikace pro realizování síťových služeb (např. elektronická pošta, přenos souboru, RPC, Telnet apod.). Všechna přenášená data jsou označena hlavičkou, podle které ji prezentační úroveň na druhé straně zpracuje.

1.10 Protokoly

Protokol je souhrn pravidel, podle kterých síťové komponenty vzájemně komunikují. Jednotlivé protokoly definují formáty vyměňovaných zpráv a akce spojené s přenosem zpráv mezi komunikujícími entitami.

Úrovňová architektura

Architektura složitějších systémů může být zjednodušena rozdělením do více úrovní. Pro lepší pochopení si uvedme obrázek, na kterém je úroveň $n - 1$, n , $n + 1$. Z obrázku 1.22 je patrné, že n -tá úroveň využívá služeb $n - 1$ a zajišuje další služby pro $n + 1$ rozhraní.

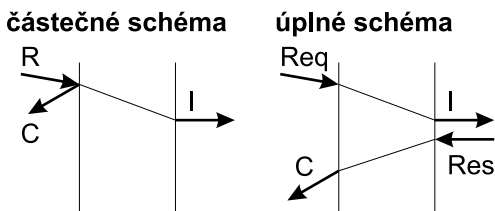


Obrázek 1.22: Schéma vrstev ISO/OSI modelu

Výhodou tohoto modelu je odstranění složitosti systému. Změny uvnitř jednotlivých vrstev nikterak neovlivní vrstvy ostatní. Každá vrstva má rozhraní, s nímž komunikuje s okolními vrstvami. Toto rozhraní definuje, jak jednotlivé vrstvy používat.

Primitivní služby – pilíře komunikace

- *request* (požadavek),
- *indication* (ohlášení požadavku),
- *response* (vyvolání potvrzení),
- *confirm* (potvrzení lokální nebo vzdálené).

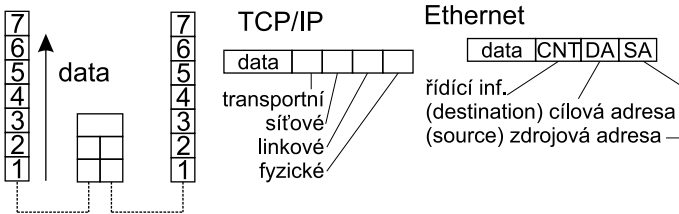


Obrázek 1.23: Primitivní služby – písmena jsou z počátečních slov jednotlivých pilířů komunikace

Výše zmíněný výčet služeb znázorněném na obrázku 1.23 a popisuje schéma komunikace mezi vrstvami. Svislé čáry znázorňují jednotlivé vrstvy. Částečné schéma na rozdíl od úplného nevyužívá odpověď.

Postup vytváření rámce

Rámec (frame) přenáší data po síti. Každý rámec se skládá ze záhlaví a dat. Záhlaví obsahuje fyzickou (*MAC*) adresu příjemce a odesílatele, navíc ještě řídicí informace, které zde nebudu dále popisovat. Data obsahují přenášenou informaci. Ta obsahuje opět záhlaví a data, avšak toto záhlaví patří vyšší vrstvě. Takto hierarchicky jsou do sebe vkládány jednotlivé vrstvy ISO/OSI modelu. Na obrázku 1.24 vidíme strukturu vrstev. Šipka nám určuje, kam putují cílová data (tj. do nejvyšší, aplikační vrstvy). Pokud bychom postupovali od nejvyšší vrstvy směrem dolů, postupně by se nám nabalovala jednotlivá záhlaví, až nakonec získáme již výše zmiňované záhlaví vrstvy fyzické.



Obrázek 1.24: Rámec

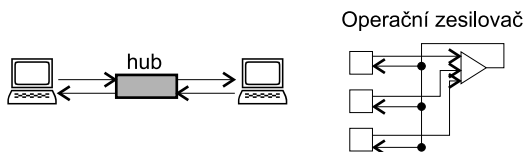
1.11 Logická struktura počítačových sítí

Strukturu počítačových sítí můžeme členit do různých modulů. Hostitelské moduly, terminální moduly, moduly pro řízení sítě, komunikační moduly (spojují jednotlivé trasy např. routery, switche atd.), moduly pro propojení sítí (propojují různé typy sítí pomocí brány transformace zpráv a protokolů).

1.12 Propojování sítí

Opakovače

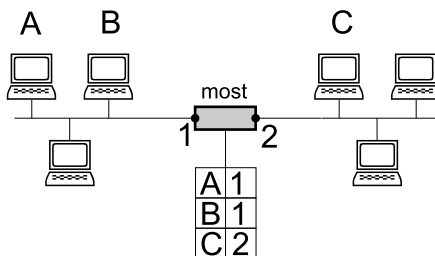
Opakovače (**HUBy**) jsou zařízení, která **prodlužují délku segmentu sítě**. **Zesilují signály** na fyzické úrovni a současně se využívají pro změnu přenosového média, např. optické vlákno, metalický vodič aj. Použití opakovače můžeme vidět na obrázku 1.25, kde je schématicky znázorněn zesilovač pro posílení signálu.



Obrázek 1.25: Hub – diagram komunikace, schéma operačního zesilovače

Mosty

Mosty pracují s *linkovou úrovní* (zpracovávají fyzické adresy **MAC** a podle této adresy třídí pakety). **Oddělují segmenty** sítě, využívají se při **filtrování** a propouštění paketů. Filtrování probíhá v případě, že pošleme zprávou, která se nemá dostat z daného segmentu sítě – most ji zadrží. Při propouštění se jedná o přesměrování zprávy.



Obrázek 1.26: Most – schéma komunikace

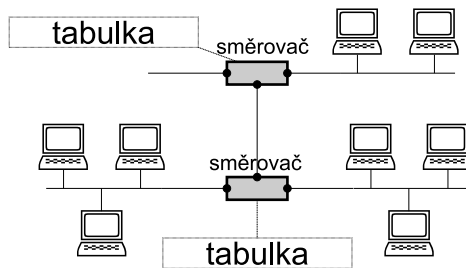
Příklad 1.12.2

Filtrování – PC A pošle zprávu pro PC B, zpráva se odešle do všech segmentů. Most zprávu zachytí, a protože zná topologii, nechá ji uvnitř

segmentu (PC *A* i *B* jsou ve stejném segmentu (viz obrázek 1.26))
 Tabulka s písmeny a čísly znázorňuje uložení adres a portů, za kterými se nachází daná stanice.

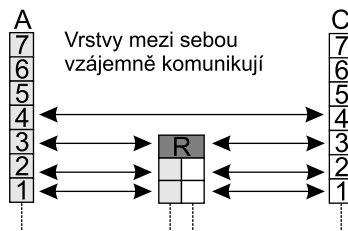
Směrovače

Směrovače nebo-li **routery** jsou zařízení, která slouží pro spojení vzdálených segmentů lokálních sítí. Toto směrování se provádí podle síťové adresy. Každý směrovač obsahuje směrovací tabulku s položkami **síťová adresa**, **masku sítě**⁶, **adresa nejbližšího routeru**, **metrika** a **označení rozhraní**. Tabulka není statická (může se však i staticky nastavovat), ale upravuje se na základě informací zasílaných mezi jednotlivými routery.



Obrázek 1.27: Směrovač – schéma zapojení

Routery komunikují na více vrstvách, tzn. mohou propojovat dvě různé linkové či fyzické vrstvy. Rámec je rozebírán až na úrovni vrstvy síťové (viz (viz obrázek 1.28)).



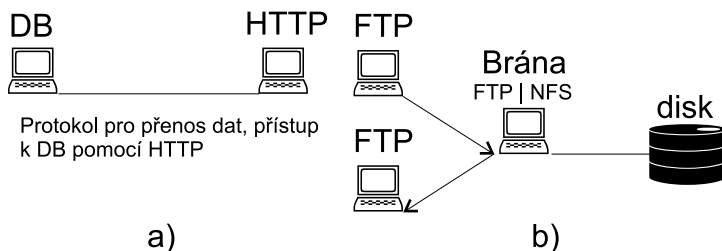
Obrázek 1.28: Komunikace vrstev

⁶detaillně si vysvětlíme u adresování

Brány – gateways

Brány jsou zařízení, která jsou používána k propojení různých sítí. V privátních sítích jsou hlavními komunikačními body, přes které procházejí všechna data oběma směry.

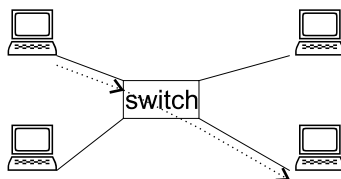
Na branách často běží různé služby, např. měření přenesených dat, firewall atp. Příklad brány je lépe zobrazen na obrázku 1.29.



Obrázek 1.29: Aplikační brána – a) představuje spojení přes http server na databázový server, b) Network File System, disk i ftp server jsou různá PC než brána

Přepínač – switch

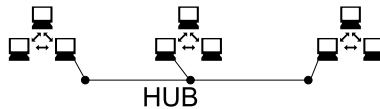
Přepínač využíváme k přepínání segmentů sítě, přepínání portů, pracovních skupin apod. Přepínače eliminuje množství kolizních domén. Pro lepší a rychlejší komunikaci navzájem propojuje jednotlivé dvojice stanic. Umožňuje dynamické přepínání modulů. Další velkou výhodou je možnost sledovat zatížení sítě. Schéma přepínače nalezneme na obrázku 1.30.



Obrázek 1.30: Přepínač

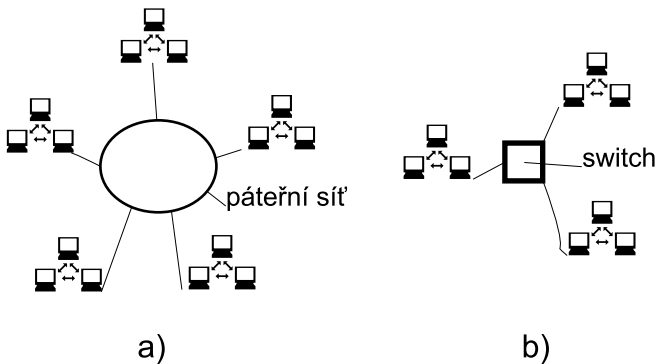
Používané topologie sítí

Kaskádní spojení – nejjednodušší řešení. Je realizováno pomocí síťového kabelu, který je připojen na libovolný výstupní port jednoho HUBu, a jeho propojení s přímým portem druhého HUBu. Tato topologie má bohužel i omezení kaskádování, a to takové, že lze spojit maximálně čtyři Ethernet HUBy ve vzdálenostech 100 m. Pro jiné typy HUBů jsou podmínky přísnější, ale tím se momentálně nebudeme zabývat.



Obrázek 1.31: Kaskádní spojení

Páteřní síť – je hlavní segment celého komplexu sítí, kterým jsou ostatní části svázány. Pomocí tohoto toku se připojují do okolního světa viz obrázek 1.32 a.



Obrázek 1.32: Páteřní síť – a) páteřní síť; b) zhroucení páteřní sítě

Zhroucení páteřní sítě – páteř je nahrazena jedním uzlovým místem. Na obrázku 1.32 pod písmenem **b** je tímto místem switch.

Literatura

- [1] Ing. Jiří Ledvina, CSc., *Přednášky UPS*, 2002/03
- [2] Jiří Peterka, *Počítačové sítě*, 1993
- [3] L. Dostálek, A. Kabelová Peterka, *Velký průvodce TCP/IP a systémem DNS*, 2000
- [4] <http://www.boinc.cz/>, *Distribuované výpočty*
- [5] <http://cs.wikipedia.org/>, *Wikipedia, otevřená encyklopedie*
- [6] <http://site.the.cz/>, *Počítačové sítě*
- [7] <http://www.svetsiti.cz/>, *Věčné téma: přepojování okruhů či paketů*