

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/338363014>

# TECHNOLOGIE POČÍTAČOVÝCH SÍTÍ – úvod do problematiky počítačových sítí

Book · January 2020

CITATION

1

READS

1,059

1 author:



Milan Klement

Palacký University Olomouc

212 PUBLICATIONS 434 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



ICT versus teachers: adoration or resistance? [View project](#)



Possibilities of using web and mobile applications as a form of e-learning to support the development of computational thinking [View project](#)



# **TECHNOLOGIE POČÍTAČOVÝCH SÍTÍ – úvod do problematiky počítačových sítí**

**Milan  
Klement**



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Univerzita Palackého jako komplexní vzdělávací instituce  
CZ.02.2.69/0.0/0.0/16\_015/0002337

# **Univerzita Palackého v Olomouci**

Pedagogická fakulta

## **Technologie počítačových sítí - úvod do problematiky počítačových sítí**

Milan Klement

Olomouc 2019



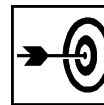
## Obsah

1	Základy počítačových sítí .....	5
1.1	Úvod do počítačových sítí .....	5
1.2	Základní pojmy .....	6
1.3	Topologie počítačových sítí .....	7
1.3.1	Hvězdicová topologie (strom) .....	8
1.3.2	Sběrníková topologie .....	8
1.3.3	Prstencová topologie (kruh) .....	9
1.3.4	Neomezená topologie .....	11
1.4	Komunikační média (kabeláž) .....	11
1.4.1	Měděné vodiče (kroucená dvoulinka) .....	11
1.4.2	Koaxiální kabel .....	12
1.4.3	Optická vlákna .....	13
1.4.4	Radiové spoje .....	14
1.4.5	Optické (laserové) spoje .....	14
1.4.6	Velikosti segmentů kabeláže .....	15
1.5	Způsoby přenosu informací .....	15
1.5.1	Synchronní přenos .....	15
1.5.2	Paketový přenos .....	16
1.5.3	Asynchronní přenos .....	16
2	Protokoly počítačových sítí .....	19
2.1	Síťové protokoly .....	19
2.1.1	Typy protokolů .....	19
2.2	Protokol ISO OSI .....	21
2.2.1	Fyzická vrstva .....	22
2.2.2	Linková vrstva .....	22
2.2.3	Síťová vrstva .....	23
2.2.4	Transportní vrstva .....	24
2.2.5	Relační vrstva .....	24
2.2.6	Prezentační vrstva .....	25
2.2.7	Aplikační vrstva .....	25
2.3	Protokol TCP/IP .....	25
2.3.1	Internet Protokol .....	27
2.3.2	Protokoly TCP a UDP .....	27
2.3.3	Aplikační protokoly .....	27
3	Fyzická vrstva počítačové sítě .....	30
3.1	Fyzická vrstva .....	30
3.2	Sériové linky .....	31
3.3	Digitální okruhy .....	33
3.4	LAN .....	35
3.4.1	Strukturovaná kabeláž .....	35
3.4.2	Ethernet (10 Mb/s) .....	36
3.4.3	Fast Ethernet (100 Mb/s) .....	37
3.4.4	Gigabitový Ethernet (1 Gb/s) .....	37
3.4.5	FDDI .....	37
4	Linková vrstva počítačové sítě .....	40
4.1	Linková vrstva LAN .....	40
4.2	Ethernet .....	41
4.2.1	Opakovač (receiver) .....	42
4.2.2	Most (bridge) .....	44
4.2.3	Přepínač (switch) .....	45
4.3	Ethernet II .....	47
5	IP protokol .....	51
5.1	IP Protokol .....	51
5.2	IP-datagram .....	53
5.3	ICMP Protokol .....	54

5.3.1	Echo.....	55
5.3.2	Nedoručitelný IP-datagram .....	55
5.3.3	Sniž rychlost odesílání .....	55
5.3.4	Změň směrování ( <i>Redirect</i> ).....	56
5.3.5	Žádost o směrování .....	56
5.3.6	Čas vypršel ( <i>time exceeded</i> ) .....	56
5.3.7	Žádost o masku .....	56
5.3.8	Časová synchronizace.....	56
5.4	IGMP Protokol .....	56
5.5	Protokol ARP .....	57
5.6	RARP.....	58

# 1 Základy počítačových sítí

## Cíle



Po prostudování této kapitoly byste měli být schopni:

- ♦ vysvětlit pojem počítačová síť,
- ♦ popsat topologie počítačových sítí,
- ♦ charakterizovat komunikační média,
- ♦ popsat způsoby přenosu informací.

## Průvodce studiem



Vítejte ve světě počítačových sítí, jimiž se budeme podrobněji zabývat v tomto studijním modulu. Dnes je většina počítačů připojených do sítí, výjimky tvoří snad jen počítače pro domácí využití.

Nejprve Vás při studiu budeme „obtěžovat“ nezbytnou teorií, která bude koncentrována převážně v prvních disciplínách tohoto modulu. Závěrečné disciplíny budou opět věnovány praktickým aplikacím. Věříme, že studium se pro Vás stane hrou a společně úspěšně dorazíme do cíle. Z naší strany se budeme snažit o to, aby předkládaná látka byla co nejzábavnější a nejstručnější.

V této kapitole si hned na začátku vymezíme několik málo základních pojmů. V dalším textu se seznámíme s topologiemi počítačových sítí, komunikačními médii a způsoby přenosu informací.

Potřebný čas pro studium kapitoly:

60 minut

## 1.1 Úvod do počítačových sítí

Cíle počítačové sítě:

Cíle a vývoj  
počítačových  
sítí

- dovoluje sdílený přístup k výpočetním zdrojům,
- dovoluje sdílený přístup k programům a datovým souborům,
- medium pomocí kterého mohou geograficky rozptýlení uživatelé komunikovat (e-mail, teleconferencing apod.),
- elektronická obec – skupina uživatelů,
- informační dálnice, národní informační struktura,
- cyberprostor.

Historický vývoj:

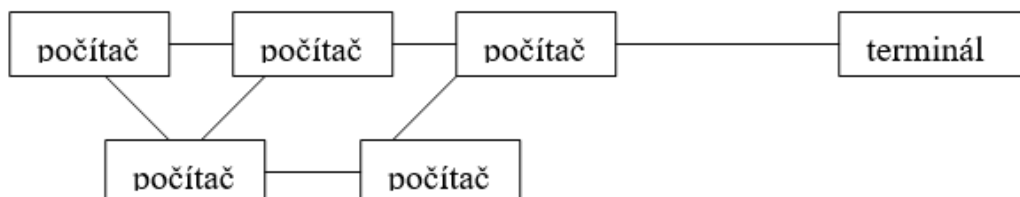
### 1. Systémy vzdáleného přístupu

- veškeré výpočty jsou uskutečňovány na vzdáleném počítači



## 2. Počítačové sítě

- počítačová síť umožňuje realizovat výpočet kdekoli, nejen na jednom konkrétním počítači
- úloha jako celek běží většinou na jednom počítači  $\Rightarrow$  nutnost programového vybavení i dat nutných k řešení úlohy na tomto počítači



## 3. Distribuované systémy

- množina počítačů a terminálů
- výpočet neprobíhá pouze na jednom počítači, ale na několika najednou
- nutnost rozdělení úloh v síti

Rozsah počítačových sítí:

Rozsahy  
počítačových  
sítí

V dnešní době počítačové sítě překonávají velké vzdálenosti a rozprostírají se na velké ploše naší planety.

### WAN – Wide Area Networks

- národní, nadnárodní a světové počítačové sítě  $\Rightarrow$  tisíce a stovky kilometrů
- využití současných infrastruktur  $\Rightarrow$  přenos dat a telefonních hovorů po jedné síti
- původní rychlost 100 kb/s dnes až 100 Mb/s

### MAN – Metropolitan Area Networks

- sítě v městských oblastech a regionech  $\Rightarrow$  několik desítek kilometrů,
- propojení pomocí optických spojů a radiových směrových spojů
- rychlost přenosu až 100 Mb/s

### LAN – Local Area Networks

- počítačové sítě uvnitř budov a areálů  $\Rightarrow$  několik metrů až několik kilometrů
- většinou v majetku instituce, která je vytvořila
- využití speciálních spojení (kroucená dvoulinka, koaxiální kabel, optické vlákno) např. ETHERNET – 10 Mb/s, 100 Mb/s, 1 Gb/s

## 1.2 Základní pojmy

- **LAN (Local area network)** je skupina počítačů a ostatních zařízení jako jsou například tiskárny, plottery, scannery a modemy propojená navzájem **kabeláží**. V každém počítači je nainstalována **sít'ová karta**. Sít'ové karty (počítače) jsou obvykle propojeny přes **HUB** nebo přes **SWITCH**. Zřídka se propojují jeden s druhým. Provoz celé počítačové sítě pak zajišťuje **sít'ový operační systém**.

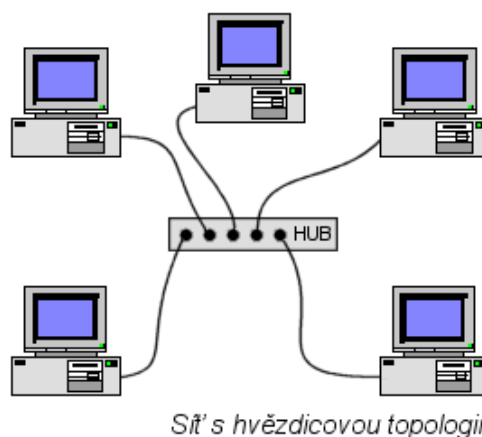


- **Kabeláž** fyzicky spojuje jednotlivé účastníky sítě. Může být koaxiální, twisted pair - "kroucená dvoulinka" nebo optická.
- **Sít'ové karty** (NIC - network interface card) jsou elektronické komponenty, které se zasunují do volných slotů počítačů. Podle druhu sběrnice počítače mohou být karty ISA, EISA, PCI nebo PCMCIA (obvykle u počítačů typu notebook). Na sít'ové kartě je umístěn konektor, který zprostředkuje propojení sít'ové karty s kabeláží. Konektory rozlišujeme BNC (koaxiální kabeláž), RJ-45 (twisted pair) nebo SC a ST (optická kabeláž).
- **HUBy a SWITCHE** jsou zařízení určená k propojení počítačů. HUB zajišťuje jednoduché propojení. Na všech jeho vstupech a výstupech (tzv. portech) se objevuje stejný signál (stejná informace). Oproti HUBu, Switch je už chytřejší. Ví, která zpráva je komu určena (ví, které počítače jsou připojeny ke kterému portu) a jinému ji prostě nepošle. Komunikace dvou účastníků sítě přes SWITCH tedy neblokuje komunikaci ostatních účastníků, tak jako komunikace přes HUB.
- **Sít'ový operační systém** řídí provoz a práci celé počítačové sítě. Operačních systémů je obrovská řada. Vyrábí je firmy jako Microsoft, Novell, Unix, Banyan's VINES a řada dalších. Přesto existují v zásadě pouze dva základní typy - **client/server** (zákazník/služba) a **peer-to-peer** (rovný s rovným).
- **Sít' typu CLIENT/SERVER** je obvykle řízena jedním výkonným počítačem - SERVERem. Ten má více pevných disků, které jsou sdíleny jednotlivými účastníky sítě - pracovními stanicemi (workstation). Rozlišení, zda-li jde o server nebo stanici je v těchto sítích velice jednoduché. Jinými slovy - počítač je vždy server nebo stanice, nikdy ne oba. Stanice mohou komunikovat pouze se serverem (a i spolu tedy pouze přes server). V sítích často bývá více serverů. Obvykle platí, že počet serverů je nižší než počet pracovních stanic. Tento typ sítě je především určen pro větší sítě v průmyslovém nasazení.
- **Sít' typu peer-to-peer** se vyznačuje tím, že počítač může být i pracovní stanicí i serverem. Takže všichni uživatelé spolu navzájem komunikují. Tento typ sítě je především určen pro malé sítě zajišťující komunikaci v kancelářích. Jsou podstatně levnější než sítě client/server.
- **Výběr sít'ového protokolu. V zásadě rozlišujeme 4 druhy: Ethernet, ARCNET, Token Ring a ATM.** Každý z nich má svůj vlastní sít'ový hardware a pravidla. Pravidla určují, jaká kabeláž se může použít, jaké mohou být délky propojovacích kabelů, jak se přenášejí data a řadu dalších.
- **Protokol Token Ring** je velmi stabilní proti poruchám kabeláže. Je však velmi drahý. Používá se zejména v bankovníctví.
- **Protokol ATM** je vhodný zejména do podniků, kde se využívá multimedií, například Videokonferencí. Zatím nejdražší.
- **ARCNET** se dnes již téměř nepoužívá z důvodu malé rychlosti. V současné době je nejobvyklejším sít'ovým protokolem Ethernet. Je levnější než Token Ring nebo ATM a výkonnější než ARCNET.
- **Ethernet** může teoreticky přenášet data rychlostí 10 milionů bitů za vteřinu (10Mbps). Jelikož byte má 8 bitů, je rychlost teoreticky 1.2 milionu bytů za vteřinu. Tato rychlost však nemůže být dosažena, neboť data se přenáší ve skupinách zvaných pakety, které mohou být nejvýše 1500 bytů veliké. Například 150 000 bytů dlouhý soubor se musí rozdělit na 100 paketů. A to zabere nějaký čas.
- **Fast Ethernet** je novější verze Ethernetu. Přenáší data desetkrát větší rychlostí (100 Mbps). **Gigabit Ethernet** je nejnovější verze Ethernetu. Přenáší data stokrát větší rychlostí než Ethernet. Tento standard je však zatím drahý a jeho dosah je pouze asi cca 25m (data z počátku roku 1998).

### 1.3 Topologie počítačových sítí

### 1.3.1 Hvězdicová topologie (strom)

Ve hvězdicové topologii jsou počítače propojeny pomocí kabelových segmentů k centrálnímu prvku sítě, nazývanému rozbočovač. Signály se přenáší z vysílacího počítače přes rozbočovače do všech počítačů v síti. Tato topologie pochází z počátků používání výpočetní techniky, kdy bývaly počítače připojeny k centrálnímu počítači mainframe. Mezi každými dvěma stanicemi musí existovat jen jedna cesta!



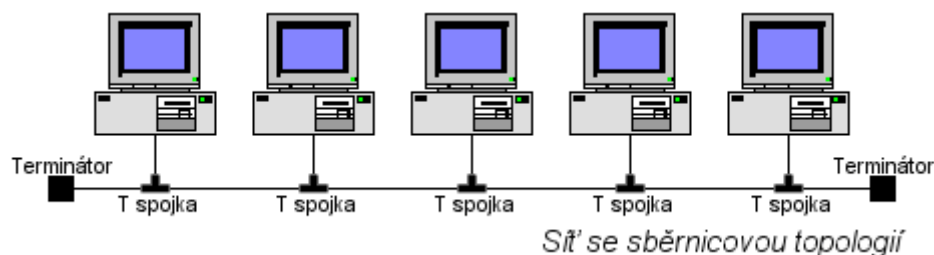
Hvězdicová topologie

Hvězdicová topologie nabízí centralizované zdroje a správu. Protože jsou však všechny počítače připojeny k centrálnímu bodu, vyžaduje tato topologie při instalaci velké sítě velké množství kabelů. Kromě toho, selže-li centrální bod, přestane fungovat celá síť.

Pokud ve hvězdicové síti selže jeden počítač nebo kabel, který ho připojuje k rozbočovači, pouze tento nefunkční počítač nebude moci posílat nebo přijímat data ze sítě. Zbývající část sítě bude i nadále fungovat normálně.

### 1.3.2 Sběrnicová topologie

Sběrnicová topologie je také známa jako lineární sběrnice. Jde o nejjednodušší a nejčastější způsob zapojení počítačů do sítě. Skládá se z jediného kabelu nazývaného hlavní kabel (také páteř nebo segment), který v jedné řadě propojuje všechny počítače v síti.



Sběrníková topologie

### Komunikace ve sběrníkové topologii

Počítače v síti se sběrníkovou topologií komunikují tak, že adresují data konkrétnímu počítači a posílají tato data po kabelu ve formě elektrických signálů. Abyste pochopili, jak počítače ve sběrníkové topologii komunikují, musíte se seznámit se třemi pojmy:

- posílání signálu
- vracející se signál
- terminátor

#### Posílání signálu

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 počátečním signálu. V daný okamžik může zprávy odesílat vždy pouze jeden počítač.

Protože ve sběrníkové síti může v daném okamžiku data posílat vždy pouze jeden počítač, závisí výkon sítě na počtu počítačů připojených ke sběrnici. Čím více počítačů je ke sběrnici připojených, tím více počítačů bude čekat, aby mohly poslat data po sběrnici, a tím bude síť pomalejší.

Sběrníková topologie je pasivní topologií. Počítače ve sběrníkové síti pouze poslouchají, zda jsou v síti posílána nějaká data. Neodpovídají na přesun dat z jednoho počítače na druhý. Pokud jeden počítač selže, neovlivní to zbytek sítě. V aktivní topologii počítače obnovují signály a přesunují data dále po síti.

#### Vracející se signál

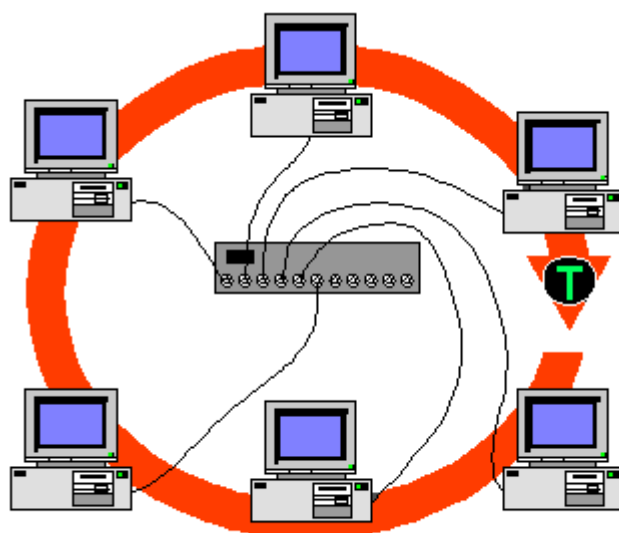
Protože data, neboli elektrický signál, jsou posílána po celé síti, cestují z jednoho konce kabelu na druhý. Kdyby mohl signál pokračovat bez přerušení, neustále by se vracel tam a zpět podél kabelu a zabránil by tak ostatním počítačům v odesílání jejich signálů. Proto je potřeba signál, co měl možnost dosáhnout cílové adresy, zastavit.

#### Terminátor

Aby se zastavilo vracení signálu, umístí se na oba konce kabelu terminátor, který pohlcuje volné signály. Pohlcování vyčistí kabel tak, aby mohly data posílat i další počítače.

### 1.3.3 Prstencová topologie (kruh)

Prstencová topologie propojuje počítače pomocí kabelu v jediném okruhu. Neexistují žádné zakončené konce. Signál postupuje po smyčce v jednom směru a prochází všemi počítači. Narozdíl od pasivní sběrníkové topologie funguje každý počítač jako opakovač, tzn. že zesiluje signál a posílá ho do dalšího počítače. Protože signál prochází všemi počítači, může mít selhání jednoho počítače dopad na celou síť.

Prstencová  
topologie

Síť s prstencovou topologií

### Předávání známky

Jeden způsob přenosu dat po kruhu se nazývá předávání známky. Znamka (token) se posílá z jednoho počítače na druhý, dokud se nedostane do počítače, který má data k odeslání. Vysílající počítač známku pozmění, přiřadí datům elektronickou adresu a pošle ji dál po okruhu.

Data procházejí všemi počítači, dokud nenaleznou počítač s adresou, která odpovídá jim přiřazené adrese.

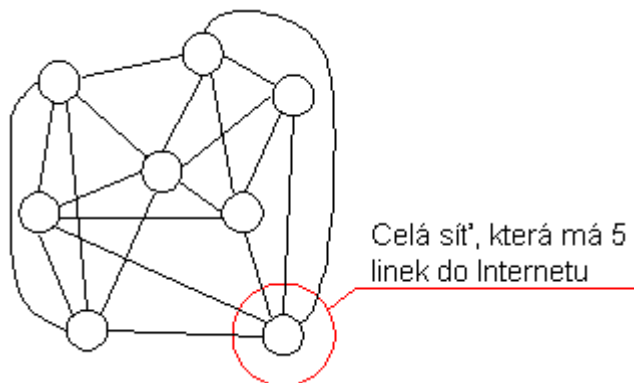
Přijímací počítač vrátí vysílacímu počítači zprávu, že data byla přijata. Po ověření vytvoří vysílací počítač novou známku a uvolní ji do sítě.

Může se zdát, že oběh známky trvá dlouho, ale ve skutečnosti se přenáší přibližně rychlostí světla. Znamka proběhne kruhem o průměru 200m asi 10 000krát za sekundu.

### 1.3.4 Neomezená topologie

Segmenty sítě jsou zapojeny libovolně mezi sebou. Nejedná se o samostatné počítače, ale o navzájem propojené sítě. Například pro připojení do Internetu.

Neomezená  
topologie



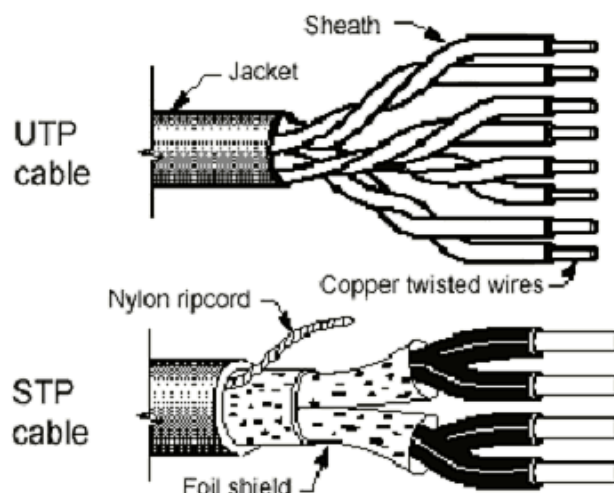
## 1.4 Komunikační média (kabeláž)

### 1.4.1 Měděné vodiče (kroucená dvoulinka)

- 8 žil, několik druhů CAT3 – připojení telefonu (10 Mb/s), CAT5, CAT6 (100 Mb/s)
- proud ve vodiči teče oběma směry – tam i zpět ⇒ eliminace rušivých vlivů



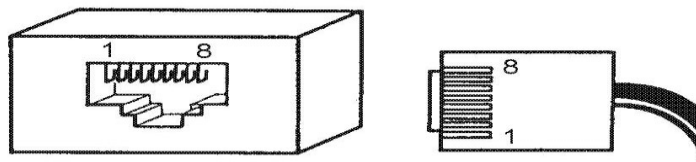
V současné době je v LAN nejpoužívanějším přenosovým médiem **kroucený dvoupár** označovaný jako UTP (Unshielded Twisted Pair). Základním parametrem tohoto kabelu je impedance 100 ohmů. V Evropě je ovšem používanější stíněná STP (Shielded Twisted Pair) nebo FTP (Foiled Twisted Pair). UTP kabely lze používat pro celé spektrum současně používaných technologií – Ethernet Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Token Ring i ATM. Topologií, která je krouceným dvoupárem vytvořena je hvězda. Běžné označení pro síť tvořenou krouceným dvoupárem je **strukturovaná kabeláž**.



UTP a STP kabel

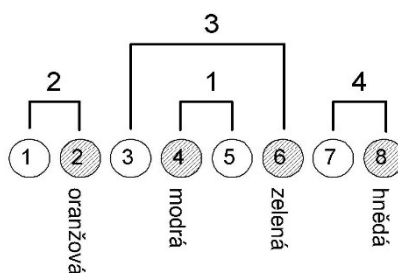
Jednotlivé místnosti se opatřují zásuvkami pro konektor RJ 45

RJ 45



Konektor RJ 45

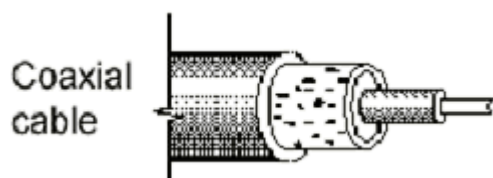
Konektor RJ 45 („kostka cukru“) obsahuje 8 vývodů pro 4 páry. Nejčastěji se používá zapojení dle EIA 568B. Toto zapojení umožňuje např. pár číslo 1 použít pro telefon (analogový) a páry 2 a 3 např. pro Ethernet (pár 4 zůstává v tomto případě volný).



### 1.4.2 Koaxiální kabel

Signál je veden vnitřním vodičem, opřádění funguje jako uzemnění  $\Rightarrow$  stínění vnitřního vodiče.

Ještě před nedávnou dobou byl nejpoužívanějším přenosovým médiem v Ethernet LAN sítích **koaxiální kabel** (v Token Ring sítích s modifikací twinax). Výhodou byla cena a jednoduchost provedení. Nevýhodami jsou náchylnost k poruchovosti a technologická omezení (počet uzlů, rychlost). Typickou topologií tvořenou koaxiálním kabelem je sběrnice.



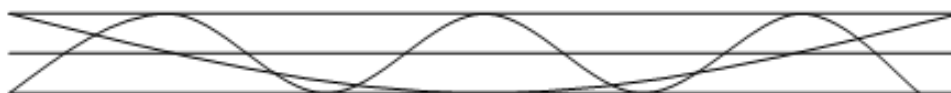
Koaxiální kabel

### 1.4.3 Optická vlákna

Výroba tažením ze speciálního skla, průměr 50  $\mu\text{m}$ , délka až 1 km.

#### **Konstantní index lomu**

- skleněné vlákno je obaleno teflonem, který má jiný index lomu



- paprsky jsou vysílány pod různým úhlem
- každý paprsek tak letí jinak dlouhou cestu, potřebují k tomu jiné množství času  $\Rightarrow$  omezení šířky pásma kvůli slévání  $\Rightarrow$  omezeno na 10 Mb/s

#### **Vlákno s proměnným indexem lomu**

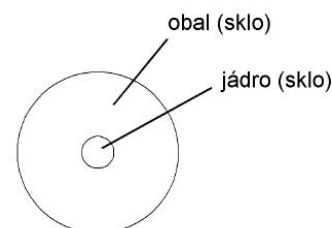
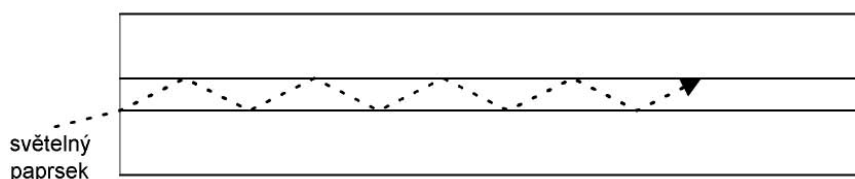
- při okrajích je vlákno „řidší“  $\Rightarrow$  paprsek při okrajích letí rychleji, u středu pomaleji  $\Rightarrow$  celková dráha jednotlivých paprsků je různá ale čas je stejný
- omezení až na 1 Gb/s

#### **Jednovidová vlákna**

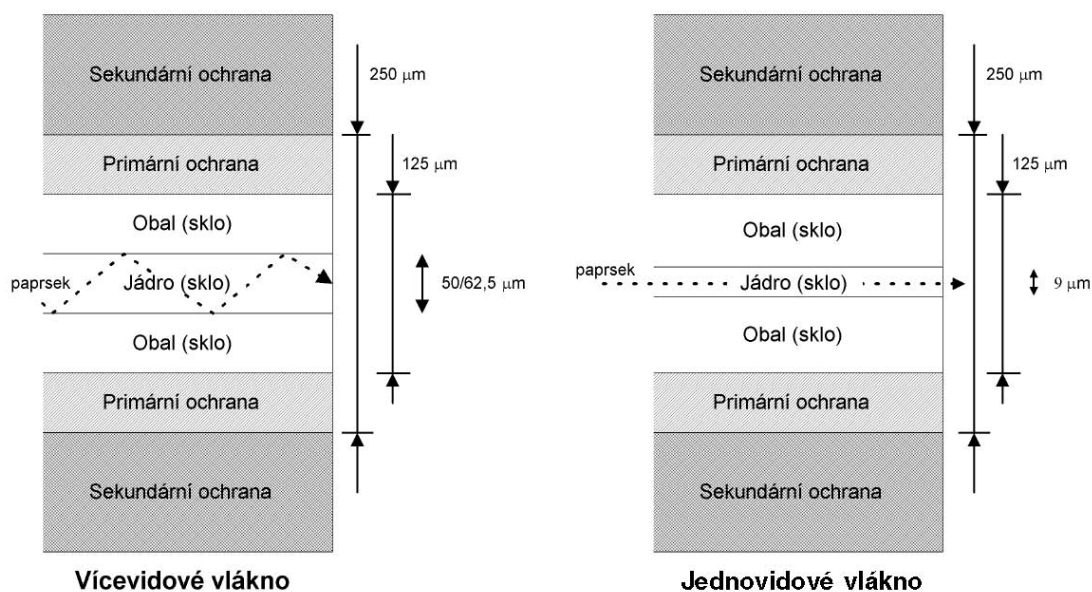
- průměr 2  $\mu\text{m}$ , signál se šíří pouze středem
- rychlost až několik Gb/s
- výhodou je menší útlum signálu  $\Rightarrow$  možnost vedení na větší vzdálenosti (20-30 km)

V LAN sítích se pro překlenutí delších vzdáleností používají optické kabely. Pro kratší vzdálenosti (cca 260 m až 2 km v závislosti na technologii) multimodové (neboli mnohovidové) pro větší vzdálenosti singlemodové (neboli jednovidové). Optické kabely se používají i pro spojování budov tam, kde je nutné realizovat spoj venkovním prostředím, a to i na poměrně krátké vzdálenosti. Typickou topologií tvořenou koaxiálním kabelem je hvězda.

Optické vlákno



Optické vlákno



Jednovidová vlákna mají již tak úzké jádro, že paprsek se šíří jádrem vlákna rovnoběžně, tj. neodráží se od rozhraní mezi oběma druhy skel. Jednovidová vlákna se zásadně budí laserem. Jednovidová vlákna jsou určena pro spoje na velké vzdálenosti.

#### 1.4.4 Radiové spoje

##### **Všesměrové**

- rozhlasové a televizní spoje
- nevýhodou je zabránění celého frekvenčního pásma

##### **Směrové (Wi-Fi, BrezzeNet)**

- signál se šíří v daném směru na vzdálenost až 30 km
- u počítačových sítí zejména toto použití  $\Rightarrow$  minimální výkon a maximální kapacita, minimální investiční náklady
- 2,5 GHz  $\Rightarrow$  1 až 10 Mb/s, 3 GHz  $\Rightarrow$  10 až 52 Mb/s, 5 GHz  $\Rightarrow$  10 až 100 Mb/s

##### **Družicové**

- vyšší přenosové frekvence asi 11 000 GHz
- využití geostacionárních družic (telefon, televize a počítačové sítě) – nevýhodou je velká vzdálenost 40 000 km  $\Rightarrow$  zpoždění tedy 270 milisekund
- využití družic nízké oběžné dráhy – nevýhodou je nenulová rychlost oběhu družic nad zemí a natáčení parabol na povrchu zemském a výhodou malá vzdálenost, např. program IRIDIUM = systém 78 družic – použití u telefonních hovorů

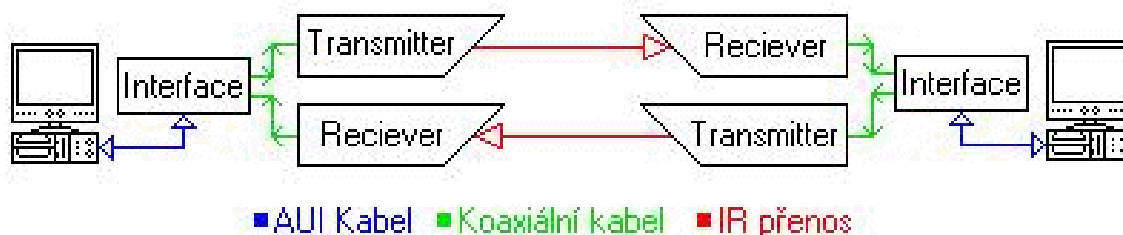
#### 1.4.5 Optické (laserové) spoje

Uvedené systémy pro přenos využívají světelného paprsku, který produkují LED diody. Zařízení je možné s PC propojit buď pomocí AUI rozhraní (Attachment Unit Interface) anebo při požití modulu



twister i přes používanější rozhraní TP. To umožňuje zapojit zařízení například i do switchu. Obě sběrnice podporují rychlost přenosu 10Mbit za sekundu využívají rozhraní Full Duplex.

Laserový spoj



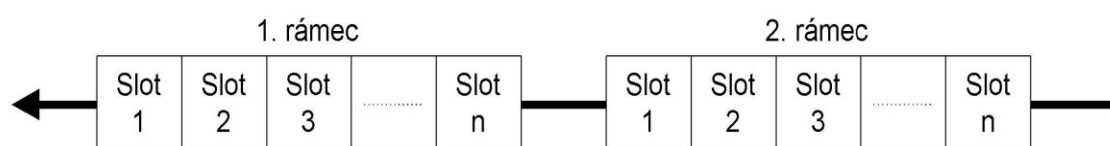
### 1.4.6 Velikosti segmentů kabeláže

Typ kabeláže	Délka kabelu (m)	Průměr sítě (m)
TP	100	500
Optika FOIRL	1000	5000
Optika 10BASE-FL	2000	10000
Tenký koax	185	925
Tlustý koax	500	2500
AUI	50	-

## 1.5 Způsoby přenosu informací

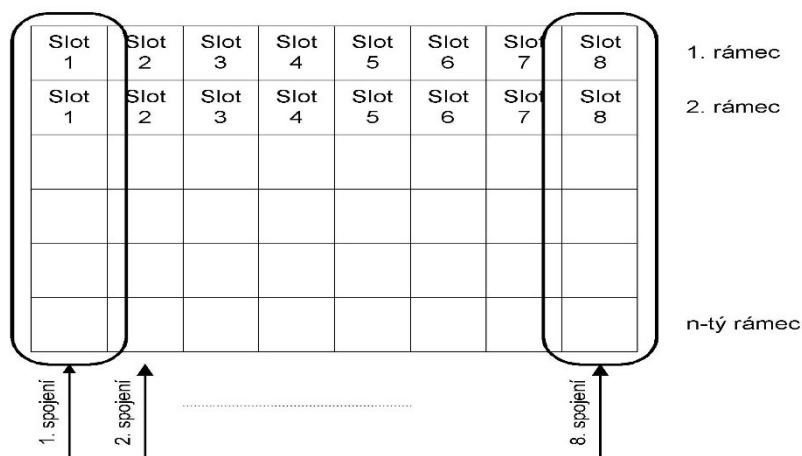
### 1.5.1 Synchronní přenos

Synchronní přenos je vyžadován např. pro zvuk a video, tj. v případě, kdy je třeba stejnoměrně po dobu přenosu zajistit požadovanou šíři pásma. Stane-li se, že odesílatel nevyužije zajištěné pásmo, pak pásmo zůstává nevyužito.



Synchronní  
přenos

Synchronní přenos používá rámce konstantní délky, které jsou přenášeny sítí konstantní rychlostí. Garance šíře přenosového pásma se u synchronního přenosu provádí rozdělením přenášených rámců na sloty. Pro dané spojení se pak v každém přenášeném rámci vyhradí jeden (či více) slotů.

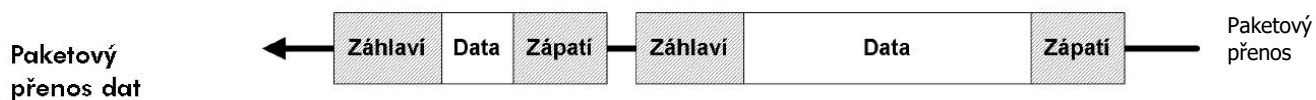


Se synchronním přenosem se setkáváme např. u připojení podnikové telefonní ústředny k ústředně telekomunikační firmy.

Internet nepoužívá synchronní přenos, tj. negarantuje šíři přenášeného pásma. Kvalitní přenos zvuku či videa se v Internetu zpravidla docílí předimenzováním přenosových linek.

### 1.5.2 Paketový přenos

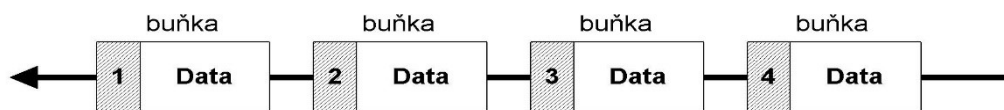
Paketový přenos je výhodný zejména pro přenos dat. Pakety nesou data obecně různé délky.



Paket nese data vždy jedné aplikace (jednoho spojení). Jelikož jsou pakety různé délky, nelze garantovat šíři pásma. Výhodou je efektivní využití pásma, protože v případě, že aplikace nepotřebuje přenášet data, pak pásmo mohou využít jiné aplikace.

### 1.5.3 Asynchronní přenos

Asynchronní přenos používá protokol ATM. Tento typ přenosu kombinuje paketový přenos se synchronním přenosem.



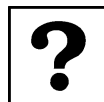
Podobně jako u paketového přenosu jsou u asynchronního přenosu data přenášena v malých paktech, které se však nazývají buňky. Obdobně jako u paketového přenosu se v jedné buňce přenáší data jedné aplikace (jednoho spojení). Avšak buňky mají stejnou délku.

## Shrnutí



- LAN (Local area network) je skupina počítačů a ostatních zařízení jako jsou například tiskárny, plottery, scannery a modemy propojená navzájem *kabeláží*. V každém počítači je nainstalována *síťová karta*.
- Kabeláž fyzicky spojuje jednotlivé účastníky sítě.
- Síťové karty (NIC - network interface card) jsou elektronické komponenty, které se zasunují do volných slotů počítačů. Podle druhu sběrnice počítače mohou být karty ISA, EISA, PCI, PCMCIA, nebo USB (obvykle u počítačů typu notebook).
- HUBy a SWITCHE jsou zařízení určená k propojení počítačů. HUB zajišťuje jednoduché propojení. Na všech jeho vstupech a výstupech (tzv. portech) se objevuje stejný signál (stejná informace). Oproti HUBu, Switch je už chytřejší. Ví, která zpráva je komu určena (ví, které počítače jsou připojeny ke kterému portu) a jinému ji prostě nepošle.
- Síťový operační systém řídí provoz a práci celé počítačové sítě. Operačních systémů je obrovská řada.
- Síť typu CLIENT/SERVER je obvykle řízena jedním výkonným počítačem - SERVERem. Ten má více pevných disků, které jsou sdíleny jednotlivými účastníky sítě - pracovními stanicemi (workstation).
- Síť typu peer-to-peer se vyznačuje tím, že počítač může být i pracovní stanicí i serverem. Takže všichni uživatelé spolu navzájem komunikují.
- Výběr síťového protokolu. *V zásadě rozlišujeme 4 druhy: Ethernet, ARCNET, Token Ring a ATM.* Každý z nich má svůj vlastní síťový hardware a pravidla.
- Ve hvězdicové topologii jsou počítače propojeny pomocí kabelových segmentů k centrálnímu prvku sítě, nazývanému rozbočovač. Signály se přenášejí z vysílacího počítače přes rozbočovače do všech počítačů v síti.
- Sběrníková topologie je také známa jako lineární sběrnice. Jde o nejjednodušší a nejčastější způsob zapojení počítačů do sítě. Skládá se z jediného kabelu nazývaného hlavní kabel (také páteř nebo segment), který v jedné řadě propojuje všechny počítače v síti.
- Prstencová topologie propojuje počítače pomocí kabelu v jediném okruhu. Neexistují žádné zakončené konce. Signál postupuje po smyčce v jednom směru a prochází všemi počítači. Na rozdíl od pasivní sběrníkové topologie funguje každý počítač jako opakovač, tzn. že zesiluje signál a posílá ho do dalšího počítače. Protože signál prochází všemi počítači, může mít selhání jednoho počítače dopad na celou síť.
- Segmenty sítě jsou zapojeny libovolně mezi sebou. Nejedná se o samostatné počítače, ale o navzájem propojenou síť. Například pro připojení do Internetu.
- Synchronní přenos je vyžadován např. pro zvuk a video, tj. v případě, kdy je třeba stejnoměrně po dobu přenosu zajistit požadovanou šíři pásma. Stane-li se, že odesílatel nevyužije zajištěné pásmo, pak pásmo zůstává nevyužito.
- Paketový přenos je výhodný zejména pro přenos dat. Pakety nesou data obecně různé délky.
- Asynchronní přenos používá protokol ATM. Tento typ přenosu kombinuje paketový přenos se synchronním přenosem.

## Kontrolní otázky a úkoly



1. Vysvětlete pojem počítačová síť.
2. Popište jednotlivé typy topologií počítačových sítí.
3. Vysvětlete účel komunikačních médií a jednotlivá média popište.
4. Popište možné způsoby přenosu informací.
5. Jak rozdělujeme počítačové sítě dle jejich rozsahu.

## Pojmy k zapamatování



Počítačová síť, WAN, MAN, LAN, HUB, SWITCH, síťový operační systém, hvězdicová topologie, sběrníková topologie, prstencová topologie, neomezená topologie, synchronní přenos, paketový přenos, asynchronní přenos.

## Literatura



KLEMENT, Milan. *Úvod do problematiky počítačových sítí*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. 64 stran. Studijní opora. ISBN 978-80-244-4570-0.

JANČÍKOVÁ, Zora a FRISCHER, Robert. *The basics of computer networks* [CD-ROM]. 1. vydání. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3713-0.

RUKOVANSKÝ, Imrich et al. *Počítačové sítě* [CD-ROM]. 3. aktualizované vydání. Kunovice: Evropský polytechnický institut, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-7314-336-7.

KABELOVÁ, Alena a DOSTÁLEK, Libor. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 5., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2008. 488 s. ISBN 978-80-251-2236-5.

## Průvodce studiem

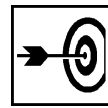


Dospěli jsme společně k závěru první kapitoly. Věříme, že se Vám podařilo zdárně splnit nejen uvedené úkoly, ale i odpovědět na všechny uvedené kontrolní otázky.

Určitě jste si všimli, že v informatice poznatky na sebe postupně navazují a není možné podstatné věci vynechat. Tato skutečnost se musí odrazit i v přístupu k Vašemu studiu. Zpravidla nelze jednotlivé kapitoly libovolně přeskakovat v domněnání, že některé uvedené poznatky nejsou podstatné. Po malé přestávce budeme pokračovat další kapitolou pojednávající o síťových protokolech.

## 2 Protokoly počítačových sítí

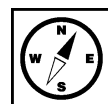
### Cíle



Po prostudování této kapitoly byste měli být schopni:

- ♦ vysvětlit pojem síťový protokol,
- ♦ charakterizovat typ protokolu ISO OSI,
- ♦ charakterizovat typ protokolu TCP/IP.

### Průvodce studiem



Tak jako lidé mají pro komunikaci vytvořena určitá komunikační pravidla, tak i síťové komponenty musí být schopné vzájemně komunikovat. Podmínkou však je, aby komunikovaly pomocí stejných pravidel. Tento problém je v oblasti počítačových sítí vyřešen pomocí tzv. protokolů.

Nyní Vám to vše jistě připadá příliš složité, ale uvidíte sami, že tomu tak není.

Vstupní znalosti:

v této kapitole budeme navazovat na problematiku, která byla vysvětlena v předchozí kapitole,

Potřebný čas pro studium kapitoly:

60 minut

## 2.1 Síťové protokoly

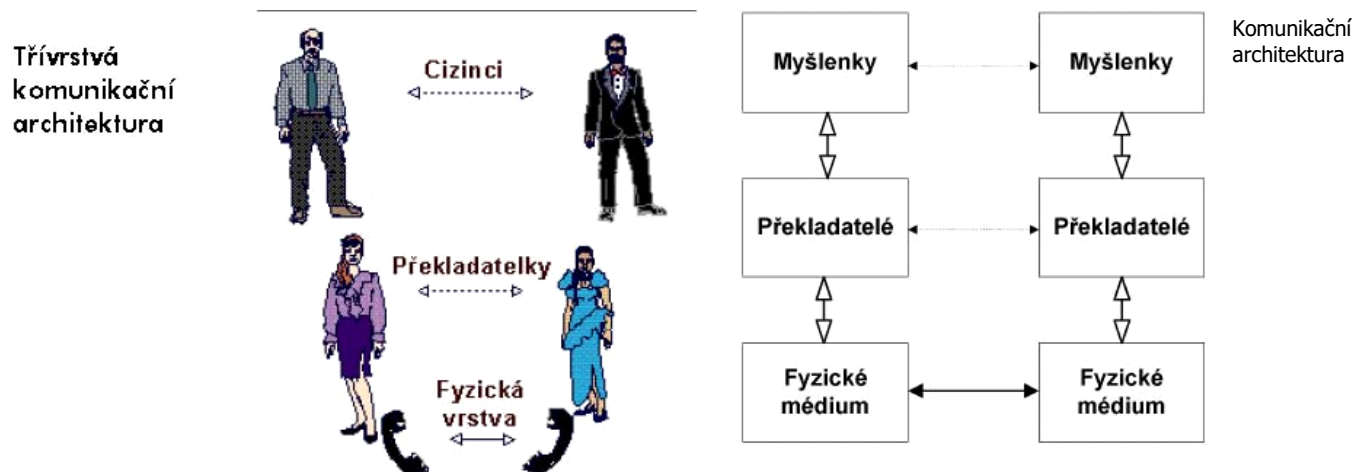
**Protokoly jsou:**

- pravidla, podle kterých síťové komponenty vzájemně komunikují
- definují formáty vyměňovaných zpráv a akce spojené s přenosem zpráv mezi entitami
- protokoly známé z běžného života: řízení dopravy, komunikace lidí, problémy souběžného přístupu apod.
- telekomunikační společnost CCITT vytvořila nejprve protokoly v telekomunikačních sítích a poté se věnovala tvorbě protokolů v síti počítačové

### 2.1.1 Typy protokolů

Rozeznáváme virtuální komunikaci ve vodorovném směru (filozofickou, společným jazykem mezi překladatelkami a elektrickými signály po telefonním vedení) a skutečnou komunikaci ve svislém směru, tj. cizinec – překladatel a překladatel – telefon. Rozlišujeme tedy celkem tři vrstvy komunikace:

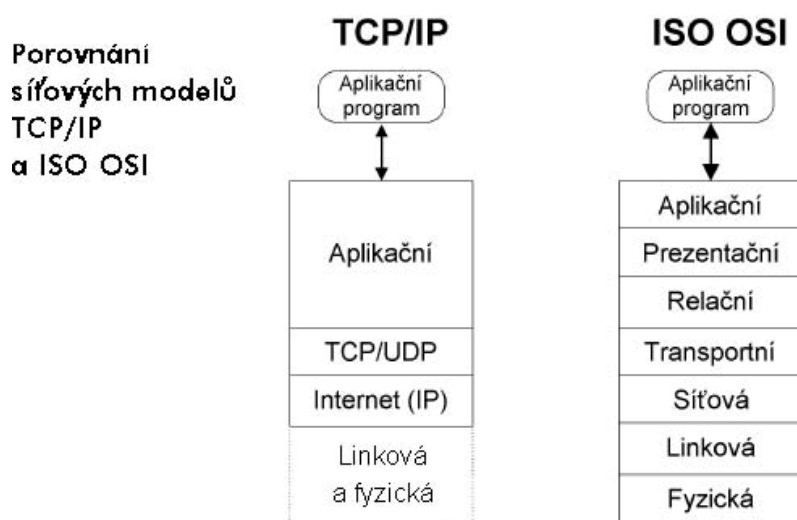
- Komunikace mezi cizinci
- Komunikace mezi překladatelkami
- Fyzický přenos informací po médiu (např. telefonní vedení, zvukové vlny atp.)



Komunikace cizinec – cizinec a překladatel – překladatel je pouze pomyslná (virtuální). Ve skutečnosti (reálně) komunikuje cizinec s překladatelem. V počítačových sítích používáme ještě více vrstev.

Počet vrstev závisí na tom, jakou soustavu síťových protokolů použijeme. Místo o soustavě síťových protokolů někdy též mluvíme o tzv. síťovém modelu. Nejčastěji se budeme setkávat s modelem, který používá Internet, tento model se též nazývá rodinou protokolů TCP/IP. Kromě protokolů TCP/IP se setkáme ještě s modelem ISO OSI, který standardizoval mezinárodní standardizační úřad (ISO).

Rodina protokolů TCP/IP využívá čtyři vrstvy a protokoly ISO OSI používají vrstev dokonce sedm.

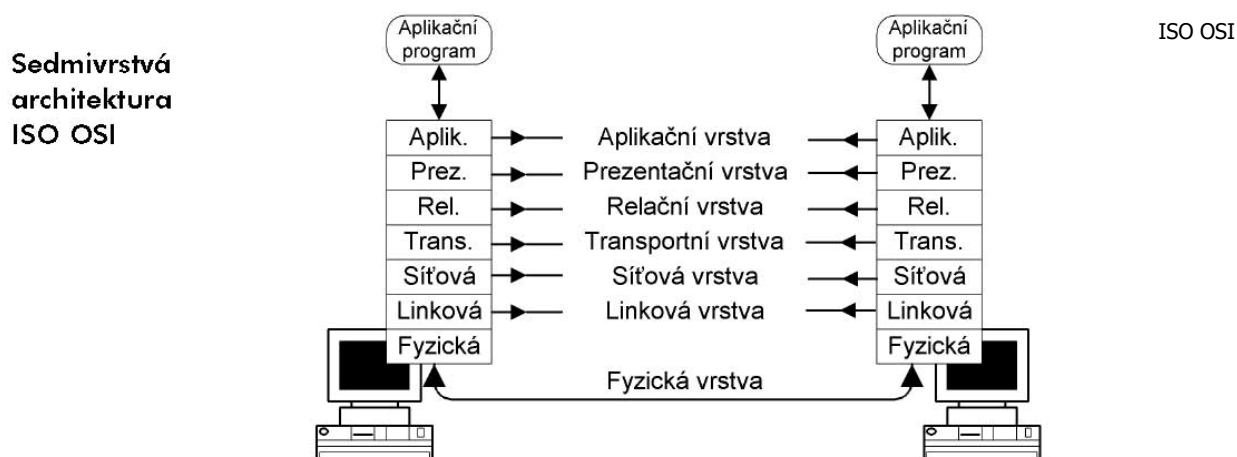


Soustavy sítových protokolů TCP/IP a ISO OSI se od sebe liší – jsou vzájemně neporovnatelné. Z obrázku je však patrné, že na síťové a transportní vrstvě jsou si velmi blízké.

Rodina sítových protokolů TCP/IP neřeší (až na výjimky, jako je protokol SLIP) linkovou a fyzickou vrstvou, proto se i v Internetu setkáváme s linkovými a fyzickými protokoly z modelu ISO OSI.

## 2.2 Protokol ISO OSI

- ISO - zkratka Mezinárodní organizace pro standardizaci.
- OSI - Open Systems Interconnection (architektura pro propojování otevřených systémů).
- Komunikace mezi dvěma počítači je schematicky znázorněna na obrázku.

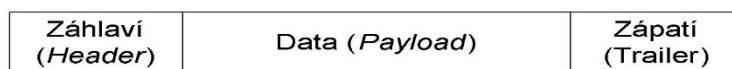


### 2.2.1 Fyzická vrstva

Fyzická vrstva popisuje elektrické či optické signály používané při komunikaci mezi počítači. Na fyzické vrstvě je vytvořen tzv. fyzický okruh. Na fyzický okruh mezi dva počítače bývají často vkládána další zařízení, např. modemy, které modulují signál na telefonní vedení atp.

### 2.2.2 Linková vrstva

Linková vrstva zajišťuje v případě sériových linek výměnu dat mezi sousedními počítači a v případě lokálních sítí výměnu dat v rámci lokální sítě.

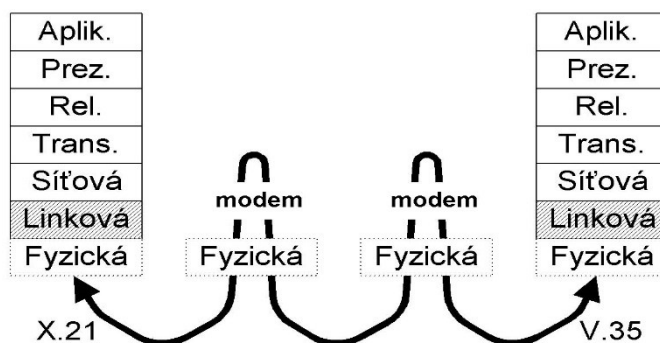


Datový rámeček

Základní jednotkou pro přenos dat je na linkové vrstvě datový rámeček. Datový rámeček se skládá ze záhlaví (*Header*), přenášených dat (*Payload*) a zápatí (*Trailer*). Datový rámeček nese v záhlaví linkovou adresu příjemce, linkovou adresu odesílatele a další řídicí informace. V zápatí nese mj. obvykle kontrolní součet z přenášených dat. Pomocí něho lze zjistit, zdali nedošlo při přenosu k porušení dat. V přenášených datech je pak zpravidla nesen paket síťové vrstvy.

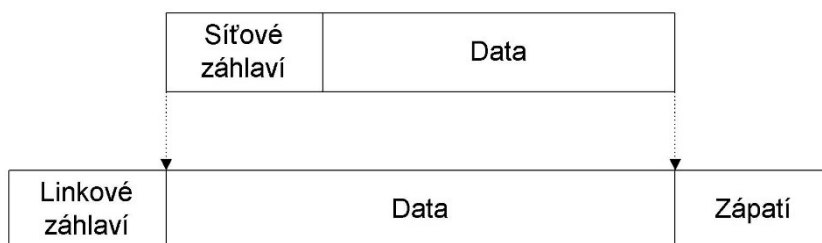
Z obrázku je vidět, že na fyzické vrstvě mohou být pro každý konec spojení použity jiné protokoly. V našem případě jeden konec používá protokol X.21 a druhý konec používá protokol V.35. Tento fakt neplatí jen pro sériové linky, ale i pro lokální sítě. U lokálních sítí se ale spíše setkáváme s komplikovanějším případem, kdy mezi oba konce spojení je vložen např. prepínač (*Switch*).





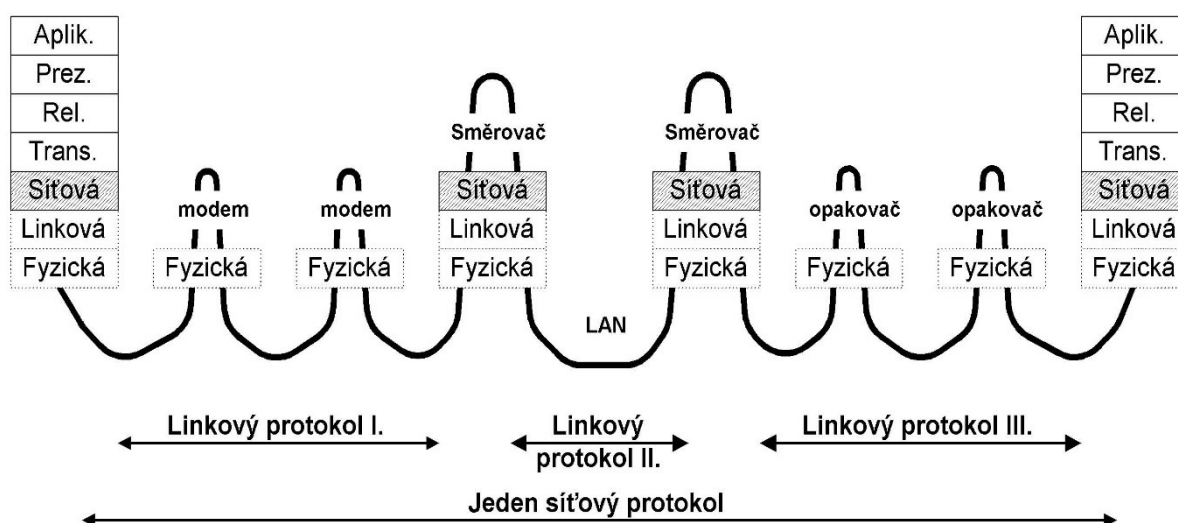
### 2.2.3 Sít'ová vrstva

Sít'ová vrstva zabezpečuje přenos dat mezi vzdálenými počítači WAN. Základní jednotkou přenosu je sít'ový paket, který se balí do datového rámce. Sít'ový paket se také skládá ze záhlaví a datového pole. Se zápatím se u sít'ových protokolů setkáváme jen zřídka.



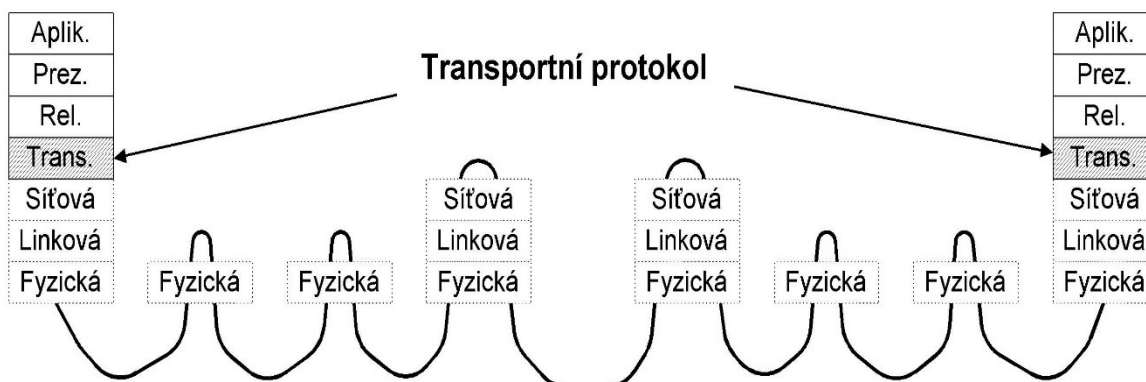
Sít'ový paket

Z obrázku je patrné, že sít'ové záhlaví společně s daty sít'ového paketu tvoří data linkového rámce. V rozsáhlých sítích (WAN) mezi počítači leží zpravidla jeden nebo více směrovačů (routerů). Směrovač vybalí sít'ový paket z datového rámce (jednoho linkového protokolu) a před odesláním do jiné linky jej opět zabalí do jiného datového rámce (obecně jiného linkového protokolu).



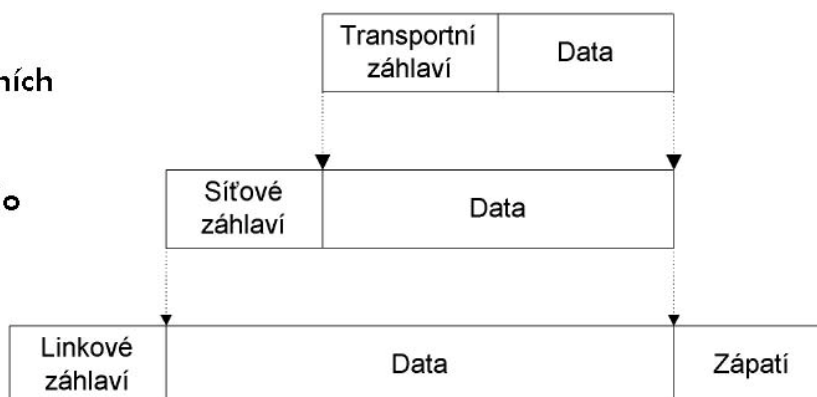
### 2.2.4 Transportní vrstva

Síťová vrstva zabezpečí spojení mezi vzdálenými počítači, takže transportní vrstvě se jeví jakoby žádné modemy, opakovače, mosty či směrovače na cestě nebyly. Transportní vrstva se zcela spoléhá na služby nižších vrstev.



Mezi dvěma počítači může být několik transportních spojení současně, jedno např. pro virtuální terminál a druhé pro elektronickou poštu. Z hlediska síťové vrstvy jsou pakety adresovány adresou počítače (resp. jeho síťového rozhraní). Z hlediska transportní vrstvy jsou adresovány jednotlivé aplikace.

**Vkládání transportních paketů do síťových paketů, které jsou následně vloženy do linkových rámců**



Transportní paket

### 2.2.5 Relační vrstva

Relační vrstva zabezpečuje výměnu dat mezi aplikacemi, tj. provádí tzv. checkpoint, synchronizaci transakcí (*commit*), korektní uzavírání souborů atd.

Základní jednotkou je relační paket, který se opět vkládá do transportního paketu. V literatuře se můžeme často sekat s obrázkem, jak se relační paket skládá z relačního záhlaví a relačních dat a celý relační paket se vkládá do transportního paketu. Od transportní vrstvy výše tomu tak být nemusí.

Informace relační vrstvy mohou být přenášeny uvnitř dat. Ještě markantnější je tato situace u prezentační vrstvy, která data např. zašifruje, takže změní celý obsah paketu.

### 2.2.6 Prezentační vrstva

Prezentační vrstva je zodpovědná za reprezentaci a zabezpečení dat. Reprezentace dat může být na různých počítačích různá. Např. se jedná o problém, zdali je nejvyšší bit v bajtu zcela vlevo nebo vpravo atp. Zabezpečením se rozumí šifrování, zabezpečení integrity dat, digitální podepisování atd.

### 2.2.7 Aplikační vrstva

Aplikační vrstva předepisuje v jakém formátu a jak mají být data přebírána/předávána od aplikačních programů. Např. protokol Virtuální terminál popisuje, jak mají být data formátována, ale i dialog mezi oběma konci spojení.

Na následujícím obrázku vidíme některé protokoly jednotlivých vrstev relačního modelu ISO OSI.

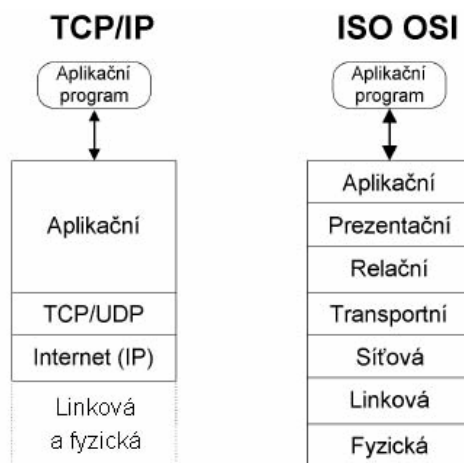
Aplikační	X.400, FTAM, CMIP
Prezentační	X.226, X.216, ASN.1
Relační	X.225, X.215
Transportní	TP 0-4, TP nespoj.
Síťová	X.25, X.75, ISDN
Linková	HDLC, LAPB, ISDN
Fyzická	V.24, V.35, X.21, ISDN

Protokoly ISO  
OSI

## 2.3 Protokol TCP/IP

Rodina protokolů TCP/IP se nezabývá (až na výjimky) fyzickou a linkovou vrstvou. V praxi se i v Internetu používají pro fyzickou a linkovou vrstvu často protokoly vyhovující normám ISO OSI, které standardizoval ITU.

Jaký je vztah mezi protokoly ISO OSI a TCP/IP? Každá skupina má vlastní definici svých vrstev i protokolů jednotlivých vrstev. Proto jsou protokoly ISO OSI a TCP/IP obecně nesouměřitelné. V praxi však je třeba využívat komunikační zařízení vyhovující ISO OSI pro přenos IP-paketů nebo např. naopak realizovat služby podle ISO OSI přes Internet.

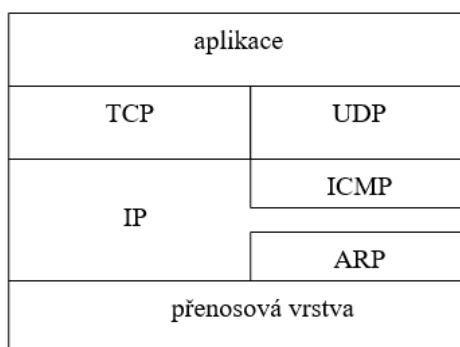


### Vývoj protokolu TCP/IP je možné shrnout do těchto bodů:

- byla velká snaha uvést sedmiúrovňový model v život, jenže bylo mnoho proti: nutnost celé řady protokolů, vysoké náklady, malá používanost
- americké ministerstvo obrany zadalo projekty univerzitám (zač 70. let), aby vymysleli systém pro posílení armády, jedním z úkolů byla také počítačová síť
- došlo k vytvoření modelu přenosu dat přepínáním paketů (rozdělení, posílání samostatně, opětovné spojování)
- koncem 70. let představení tohoto modelu veřejnosti ⇒ velký zájem univerzit podílet se na tomto projektu
- začátkem 80. let je už dost přípojných bodů, dochází k oddělení vojenské části
- počátkem 90. let komercializace ⇒ vznik Internetu

### Internet je tedy postaven na přenosových protokolech ze 70. let: TCP/IP

- TCP.....Transport Control Protocol ..... 4. úroveň
- IP.....Internet Protocol.....3. úroveň
- Internet – celosvětová síť
- intranet – propojení sítí s TCP/IP
- architektura TCP/IP:



### fyzická + linková úroveň

přenosová vrstva – spolupráce se současnými schopnostmi, přenos informací z jednoho uzlu do druhého

### síťová úroveň

ICMP.....Internet Control Message Protocol – přenos řídicích zpráv

ARP.....Adress Resolution Protocol – převod síťové adresy na fyzickou

**transportní úroveň**

UDP.....User Datagram Protocol – datagramové služby

TCP.....Transport Control Protocol – přenos pomocí segmentů

**2.3.1 Internet Protokol**

Internet Protokol (dále jen IP-protokol) prakticky odpovídá síťové vrstvě. IP-protokol přenáší tzv. IP-datagramy mezi vzdálenými počítači. Každý IP-datagram ve svém záhlaví nese adresu příjemce, což je úplná směrovací informace pro dopravu IP-datagramu k adresátovi. Takže se může přenášet každý IP-datagram samostatně. IP-datagramy tak mohou k adresátovi dorazit v jiném pořadí, než byly odeslány.

Každé síťové rozhraní v rozsáhlé síti Internet má svou celosvětově jednoznačnou IP-adresu (jedno síťové rozhraní může mít více IP-adres, avšak jednu IP-adresu nesmí používat více síťových rozhraní). Internet je tvořen jednotlivými sítěmi, které jsou propojeny pomocí směrovačů. Směrovač se anglicky nazývá *router*, ve starších publikacích se však označuje jako *gateway*.

**2.3.2 Protokoly TCP a UDP**

Protokoly TCP a UDP odpovídají transportní vrstvě. Protokol TCP dopravuje data pomocí TCP segmentů, které jsou adresovány jednotlivým aplikacím. Protokol UDP dopravuje data pomocí tzv. UDP datagramů.

Protokoly TCP a UDP zajišťují spojení mezi aplikacemi běžícími na vzdálených počítačích. Protokoly TCP a UDP mohou zajišťovat i komunikaci mezi procesy běžícími na téže počítači, to je však z našeho pohledu nepříliš zajímavé.

Rozdíl mezi protokoly TCP a UDP spočívá v tom, že protokol TCP je tzv. spojovanou službou, tj. příjemce potvrzuje přijímaná data. V případě ztráty dat (ztráty TCP segmentu) si příjemce vyžádá zopakování přenosu. Protokol UDP přenáší data pomocí datagramů (obdoba telegramu), tj. odesílatel odešle datagram a už se nezajímá o to, zdali byl doručen.

Adresou je tzv. port. Pro pochopení rozdílu mezi IP-adresou a portem se používá srovnání s poštovní adresou. IP-adresa odpovídá adrese domu a port jménu a příjmení osoby, které má být dopis doručen.

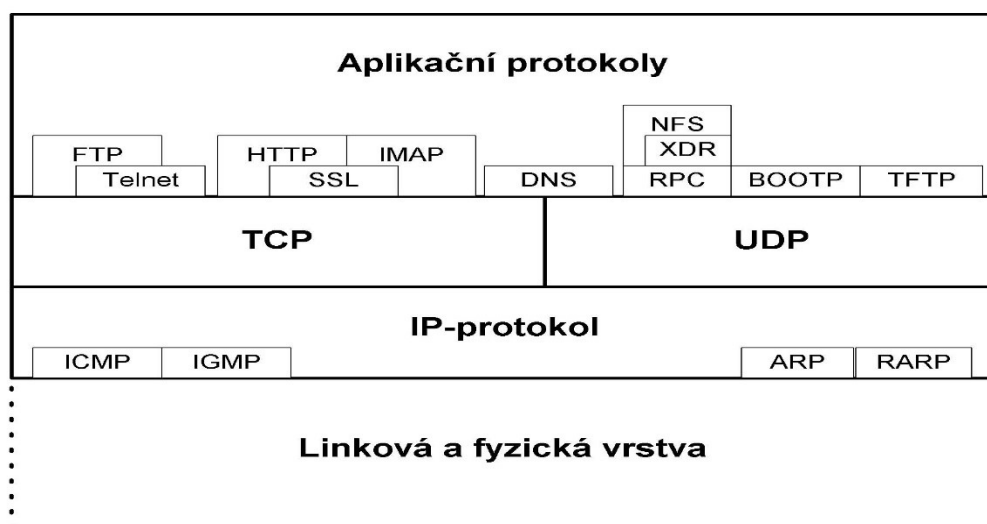
**2.3.3 Aplikační protokoly**

Aplikační protokoly odpovídají několika vrstvám ISO OSI. Relační, prezentační a aplikační vrstva ISO OSI je zredukována do jedné aplikační vrstvy TCP/IP. Absence prezentační vrstvy se řeší zavedením specializovaných „prezentačních-aplikačních“ protokolů, jako jsou protokoly SSL a S/MIME specializující se na zabezpečení dat. Nebo protokoly Virtuální terminál a ASN.1 určené pro prezentaci dat. Protokol Virtuální terminál (nezaměňovat se stejnojmenným protokolem v ISO OSI) specifikuje prezentaci dat v síti pro protokol Telnet, avšak využívají jej i další protokoly (FTP, SMTP a částečně i HTTP).

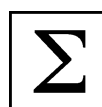
**Aplikačních protokolů je velké množství. Z praktického hlediska je lze rozdělit na:**

- Uživatelské protokoly, které využívají uživatelské aplikace (např. pro vyhledávání informací v Internetu). Příkladem takových protokolů jsou protokoly: HTTP, SMTP, Telnet, FTP, IMAP, POP3 atd.
- Služební protokoly, tj. protokoly se kterými se běžní uživatelé Internetu nesetkají. Tyto protokoly slouží pro správnou funkci Internetu. Jedná se např. o směrovací protokoly, které používají směrovače mezi sebou, aby si správně nastavily směrovací tabulky. Dalším příkladem je protokol SNMP, který slouží ke správě sítí.

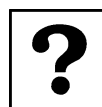
Přehled protokolů využívající relační model TCP/IP je uveden na dalším obrázku:



Aplikační  
protokoly

**Shrnutí**

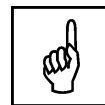
- **Protokoly jsou** pravidla, podle kterých síťové komponenty vzájemně komunikují.
- Rozeznáváme virtuální komunikaci ve vodorovném směru (filozofickou, společným jazykem mezi překladatelkami a elektrickými signály po telefonním vedení) a skutečnou komunikaci ve svislém směru.
- Počet vrstev závisí na tom, jakou soustavu síťových protokolů použijeme. Místo o soustavě síťových protokolů někdy též mluvíme o tzv. síťovém modelu. Nejčastěji se budeme setkávat s modelem, který používá Internet, tento model se též nazývá rodinou protokolů TCP/IP.
- Rodina protokolů TCP/IP využívá čtyři vrstvy a protokoly ISO OSI používají vrstev dokonce sedm.
- Soustavy síťových protokolů TCP/IP a ISO OSI se od sebe liší – jsou vzájemně neporovnatelné. Z obrázku je však patrné, že na síťové a transportní vrstvě jsou si velmi blízké.

**Kontrolní otázky a úkoly**

1. Vysvětlíte pojem síťový protokol.

2. Popište protokol ISO OSI.
3. Popište protokol TCP/IP.

## Pojmy k zapamatování



Síťový protokol, Protokol ISO OSI, Protokol TCP/IP.

## Literatura



KLEMENT, Milan. *Úvod do problematiky počítačových sítí*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. 64 stran. Studijní opora. ISBN 978-80-244-4570-0.

JANČÍKOVÁ, Zora a FRISCHER, Robert. *The basics of computer networks* [CD-ROM]. 1. vydání. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3713-0.

RUKOVANSKÝ, Imrich et al. *Počítačové sítě* [CD-ROM]. 3. aktualizované vydání. Kunovice: Evropský polytechnický institut, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-7314-336-7.

KABELOVÁ, Alena a DOSTÁLEK, Libor. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 5., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2008. 488 s. ISBN 978-80-251-2236-5.

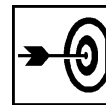
## Průvodce studiem



Takže už víme, jak spolu síťové komponenty komunikují a můžeme se v klidu podívat na výše popsané vrstvy podrobněji. V další kapitole to bude fyzická vrstva. Doporučujeme přestávku s trochu pohybu a pak s chutí do toho!

## 3 Fyzická vrstva počítačové sítě

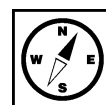
### Cíle



Po prostudování této kapitoly byste měli být schopni:

- ♦ charakterizovat fyzickou vrstvu,
- ♦ popsat sériové linky,
- ♦ popsat připojení pomocí modemů,
- ♦ orientovat se v problematice digitálních okruhů,
- ♦ charakterizovat síť LAN.

### Průvodce studiem



V předchozí kapitole jsme si vysvětlili, že v oblasti počítačových sítí existuje několik vrstev. Jak jsme si řekli, fyzická vrstva popisuje elektrické či optické signály používané při komunikaci mezi počítači a je na ní vytvořen tzv. fyzický okruh. Na fyzický okruh mezi dva počítače bývají často vkládána další zařízení, např. modemy, které modulují signál na telefonní vedení atp.

Pro plné pochopení fyzické vrstvy je nutné podívat se na problematiku o něco podrobněji, což bude náplní této kapitoly.

Jestliže jste si již dostatečně odpočinuli, pusťme se tedy opět do studia. Jistě Vám při něm napomůže řada obrázků v textu.

Potřebný čas pro studium kapitoly:

75 minut

### 3.1 Fyzická vrstva

Pro drtivou většinu uživatelů jsou protokoly na fyzické vrstvě „ty naprosto odtažité protokoly, které popisují signály na konektorech (uživatelé říkají zástrčkách) na zadní straně počítače, na které je připojena šňůra propojující počítač s počítačovou sítí“.

V zásadě rozlišujeme dva typy počítačových sítí: lokální síť (LAN) a rozsáhlé síť (WAN). Z hlediska fyzické vrstvy jsou v podstatě protokoly pro LAN jednou skupinou protokolů a protokoly pro WAN druhou skupinou. Kromě toho dnes populární protokol ATM smazávající rozdíl mezi LAN a WAN používá nejen nové protokoly, ale je zejména schopen využít stávající linky pro WAN včetně jejich protokolů (např. linky E1). Na druhou stranu ATM i emuluje protokoly pro LAN.

#### WAN

Rozsáhlé síť pokrývají velkou škálu situací. Od připojení domácího PC k Internetu pomocí sériové asynchronní linky rychlostmi uváděnými v kb/s až po mezikontinentální linky realizované podmořskými kabely či družicovými spoji o rychlostech uváděných v Gb/s.



## LAN

Lokální sítě jsou středně rychlé sítě. Základní vlastností LAN je, že na lokální síti spolu zpravidla komunikuje několik stanic na sdíleném médiu. Na LAN je běžné použití oběžníků. V rámci jedné LAN se používá stejný linkový protokol (např. Ethernet). Dnes se však pod pojmem LAN často myslí tzv. rozšířené LAN, které mohou obsahovat mosty a přepínače, které mají síťová rozhraní pro více linkových protokolů a umí konvertovat rámce jednoho linkového protokolu na rámce jiného linkového protokolu. Z hlediska fyzické vrstvy nás však budou zajímat pouze klasické LAN, protože na rozšířené LAN se fyzická vrstva dívá jako na soustavu jednotlivých LAN.

Pro připojení LAN k rozsáhlé síti (WAN) se využívají směrovače. Směrovač je zařízení předávající IP-datagramy z jednoho síťového rozhraní na jiné své síťové rozhraní, přitom každé rozhraní může být na jiné LAN, nebo může být rozhraním do WAN.

Přenosové rychlosti na dnešních LAN se pohybují od 10 Mb/s až po Gb/s.

## 3.2 Sériové linky

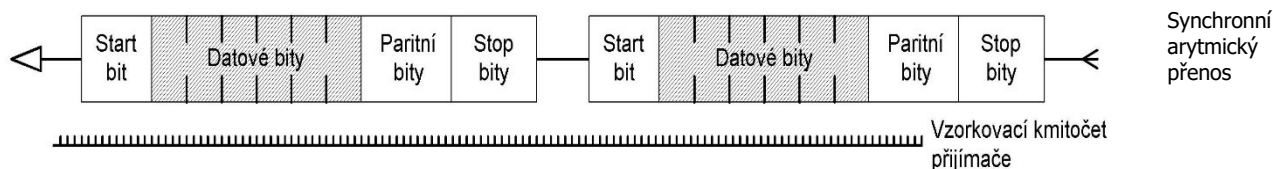
Sériové výstupy PC používají signály specifikované normou ITU V.24 (v USA analogická norma RS232). Jedná se o rozhraní pro sériový asynchronní arytmičtý přenos dat. V praxi se běžně používá do 64 kb/s, ale modem si doma na něj nejspíše připojíte rychlostí 115 200 b/s a ono to kupodivu bude také pracovat.

Chcete-li se s někým např. telefonem o něčem domluvit, pak musíte mluvit tak rychle, aby on byl schopen vám rozumět. Např. budete-li mluvit desetkrát rychleji, pak vám stěží porozumí. Tj. ten kdo poslouchá se musí synchronizovat s tím kdo mluví.

Z hlediska synchronizace rozeznáváme přenos:

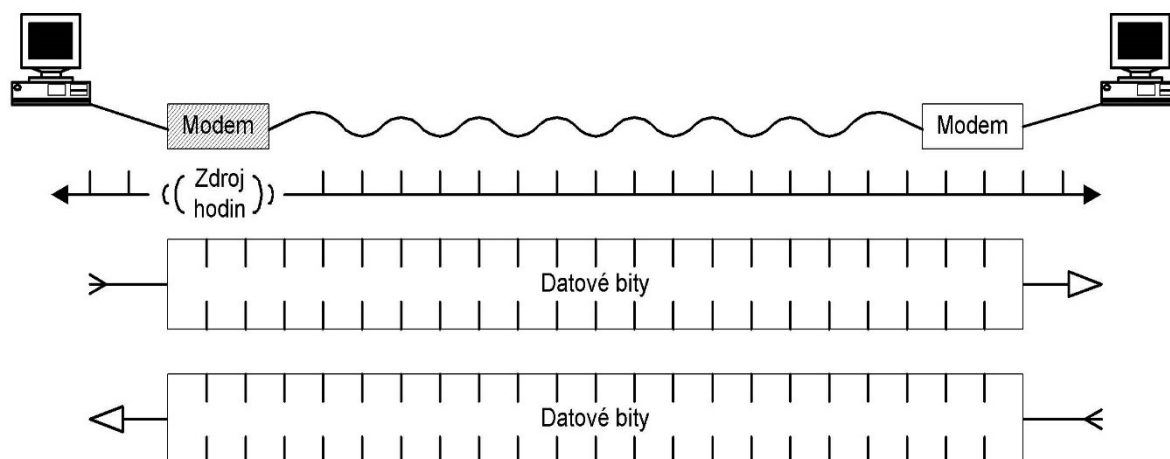
- Synchronní, kdy se informace přenášejí po jednotlivých bitech. Okamžiky přechodu od přenosu jednoho přenášeného bitu k přenosu dalšího bitu jsou vždy stejně vzdáleny.
- Asynchronní, kdy okamžiky přechodu od přenosu jednoho bitu k přenosu dalšího bitu nejsou stejně vzdáleny. Zvláštním případem asynchronního přenosu dat je tzv. arytmičtý přenos.

Při asynchronním arytmičtém přenosu je odesílaný znak obalen obálkou tvořenou startovacím bitem, paritními bity a stop bity (viz obr.).



Přijímač generuje vzorkovací kmitočet o řád vyšší frekvence než je maximální možná frekvence přenosu jednoho bitu. Přijímač touto frekvencí testuje vzorky přijímaného signálu. Pokud vzorek odpovídá s jistou pravděpodobností startovacímu bitu, předpokládá, že narazil na přenášený znak. Pokračuje ve vzorkování, vše až do stop bitů považuje za bity přenášeného znaku. Mezi start bitem a stop bity jsou datové bity přenášeného znaku, navíc tam může být ještě paritní bit zabezpečující jednoduchý kontrolní součet přenášeného znaku.

Dnes je však běžnější zcela jiný princip. Kromě přenášených dat se přenáší ještě synchronizační signál (hodiny). Na obr. 3.2 se na komunikaci podílí čtyři zařízení (dva modemy a dva počítače).



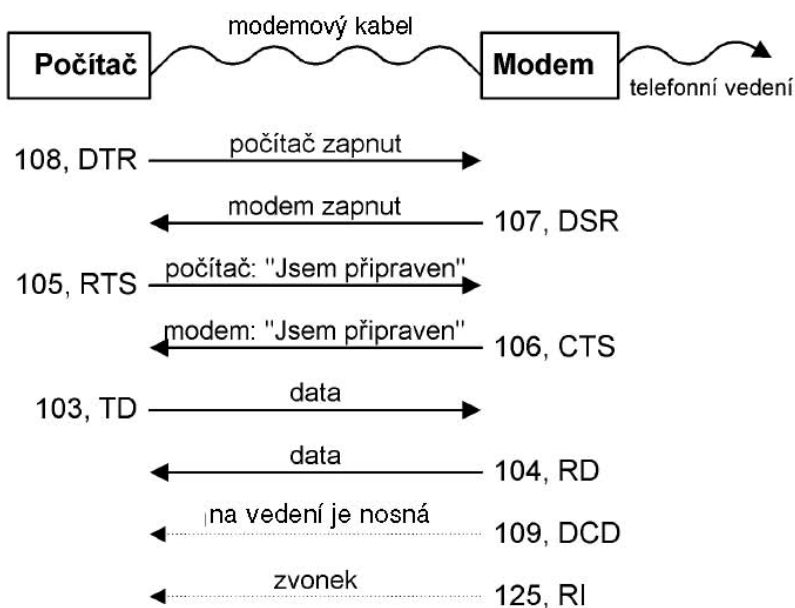
Podobně jako v orchestru může být jen jeden dirigent, tak zdrojem hodin může být jen jedno z těchto čtyř zařízení. Zpravidla to bývá jeden z modemů (*originator*). Ostatní zařízení si přizpůsobí takt svých obvodů tomuto dirigentovi. Jelikož všechna čtyři zařízení jsou synchronizována, tak mohou mezi sebou přímo komunikovat (bez vzorkování).

Na fyzické úrovni se pro sériová rozhraní nejčastěji používají normy V.35, X.21 a u PC oblíbená norma V.24. Pochopitelně existují i jiné normy, s těmi se však setkáváme méně často.

Dialog mezi počítačem a modemem je schématicky vyjádřen na obr. Signály DTR a DSR signalizují svému protějšku, že zařízení je zapnuto. V praxi se tyto signály někdy nepoužívají (vývody se nezapojují nebo naopak přímo v konektoru jsou vývody DTR a DSR propojeny).

Význam signálů RTS a CTS spočívá v řízení toku dat. V případě, že modem má svou vyrovnávací paměť plnou, pak shodí signál CTS a počítač tak signalizuje svému protějšku, aby pozastavil odesílání dat.

### Schématické znázornění dialogu mezi počítačem a modemem



Hovoříme-li o přenosové rychlosti modemu, pak máme na mysli přenosová rychlost po telefonním vedení. Přenosová rychlost je dána doporučeními ITU, která modem podporuje.

Doporučení ITU	Rychlost v Kb/kb/s
V.32	9,6
V.32bis	14,4
V.34	28, 8
V.34+	33,6
V.90	56 (od ústředny k modemu) 33,6 (od modemu k ústředně)

## 3.3 Digitální okruhy

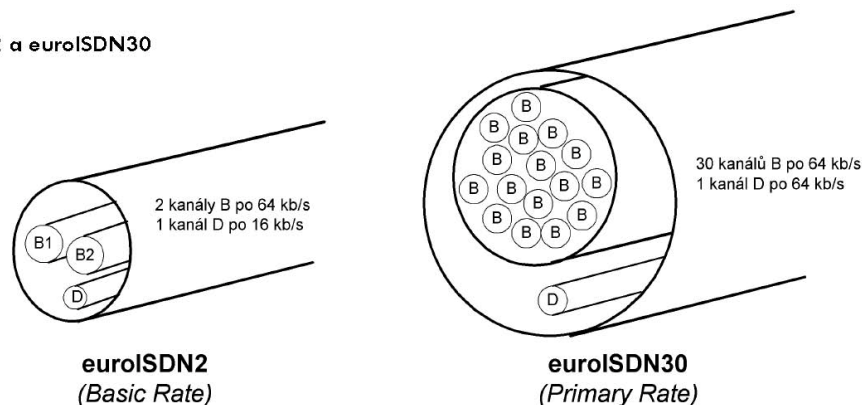
Doposud jsme popisovali analogové okruhy. Život však jde dále a analogové rozvody jsou nahrazovány digitálními. Nejprve se tak dělo uvnitř telekomunikačních firem. Dnes však i uživatelé mohou používat digitální okruhy – ISDN.

Telekomunikační firmy u nás nabízejí připojení euroISDN2 a euroISDN30. To jsou spíše obchodní označení, v literatuře se spíše setkáme s anglickými názvy:

- *Basic Rate* pro euroISDN2, což je typ připojení, kdy ve fyzicky jednom vedení (jedné kroucené dvojince) jsou dva datové kanály B každý o kapacitě 64 kb/s a jeden signalizační kanál D o kapacitě 16 kb/s.
- *Primary Rate* pro euroISDN30, což je typ připojení, kdy ve fyzicky jednom vedení (např. lince E1) je třicet datových kanálů B, každý o kapacitě 64 kb/s a jeden signalizační kanál D o kapacitě 64 kb/s.

euroISDN2 a euroISDN30

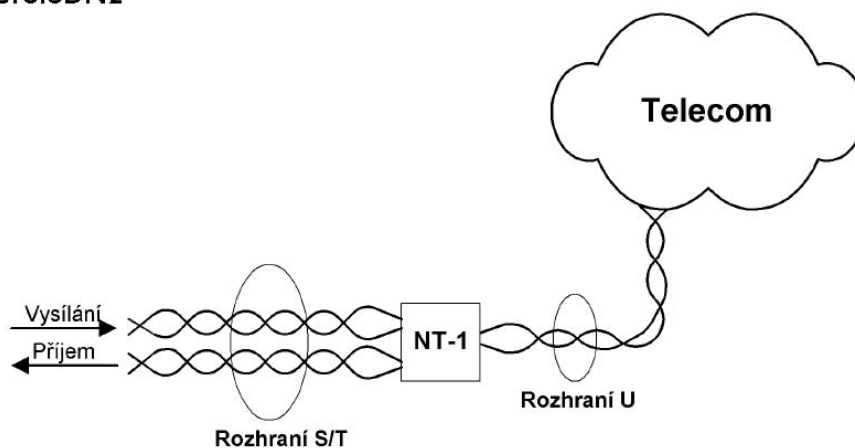
euroISDN



euroISDN2 využívá stávající telefonní rozvody kroucenou dvoulinkou. Tj. většinou lze využít pro rozvod euroISDN2 i stávající metalické rozvody pro analogové telefony. Připojení ISDN popisuje norma V.110.

euroISDN2

Poskytovatel



Jak je znázorněno na obr., jednotlivá zařízení se na rozhraní S/T připojují jako na sběrnici. Jelikož euroISDN2 má k dispozici dva datové kanály B, tak v jednom okamžiku mohou komunikovat současně dvě zařízení (např. digitální telefon a digitální modem nebo dva digitální telefony atd.).

Základem je linka o přenosové rychlosti 64 kb/s (v tabulce označena jako E0). Linka E1 pojme 32 takových základních linek. Linka E2 pojme 4x E1. Používanější je však E3, která pojme 16x E1 (resp. 4x E2) atd.

Linka	Přenosová rychlost kb/s
(E0)	64
E1	2 048
E2	8 448
E3	34 368
E4	139 264

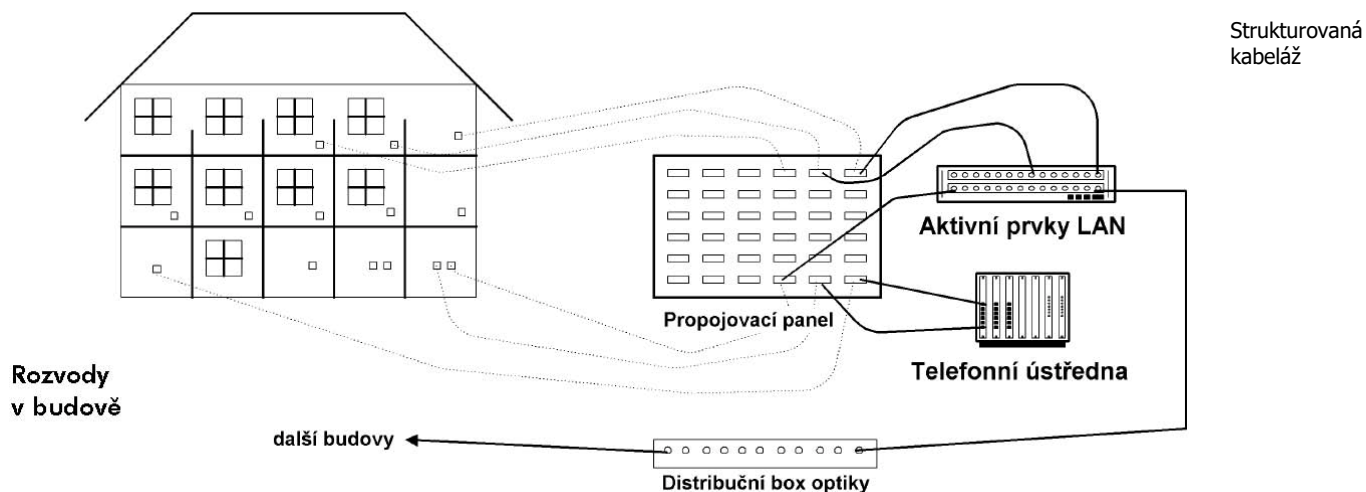
## 3.4 LAN

Lokální sítě jsou určeny pro propojení počítačů na kratší vzdálenosti (stovky metrů až kilometry). U lokálních sítí závisí volba fyzického rozhraní na volbě linkového protokolu. V dnešní době přicházejí v úvahu zejména čtyři typy linkových protokolů: Ethernet, Fast Ethernet, Gigabitový Ethernet a FDDI. Protokoly Arcnet a Token Ring jsou v praxi málo běžné.

### 3.4.1 Strukturovaná kabeláž

Strukturovanou kabeláží se rozumí komplexní řešení nízkonapěťových rozvodů v budově. Zahrnuje zejména telefonní rozvody a rozvody pro LAN. Většinou zahrnuje i další rozvody jako jsou bezpečnostní a jiné signalizace.

V jednotlivých místnostech budovy jsou umístěny telefonní zásuvky, zásuvky LAN a jiné vývody.



Propojovací panel a distribuční box optiky bývají uzavřeny v jedné skříni (*RackMount*) spolu s aktivními prvky LAN či dokonce i s telefonní ústřednou. Propojení mezi propojovacím panelem a aktivními prvky se provádí propojovací kabely (*Patch Cord*).

Rozvod od zásuvek na propojovací panel je poměrně drahou záležitostí, protože se mnohdy jedná i o stavební úpravy. Snahou je proto rozvod provést maximálně kvalitně, aby se rozvody nemusely často předělávat. Základní filozofií nových protokolů je pak v maximální míře využít stávající kabeláže. Proto také kvalitním rozvodům původně vytvořeným pro Ethernet 10Base-T nedělal problémy přechod na 100Base-TX.

**Existují normy pro rozvody – tzv. kategorie. Dnes jsou aktuální kategorie:**

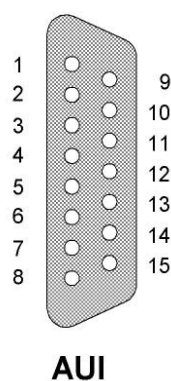
- Kategorie 5, kdy dodavatel garantuje práci v šířce pásma do 100 MHz nezávisle na použitém protokolu (Ethernet, Token Ring, CDDI atd.).
- Rozšířená kategorie 5 (nebo také 5+), pracuje rovněž v šířce pásma do 100 MHz, avšak vyžaduje nové způsoby měření parametrů a v některých parametrech je přísnější. Cílem je provozovat Gigabitový Ethernet.
- Kategorie 6 s šířkou pásma do 200 MHz.
- Kategorie 7 s šířkou pásma do 600 MHz.
- Dříve existovaly i kategorie 3 a 4. Rozvody dle těchto kategorií je dnes většinou nutné předělat.

### 3.4.2 Ethernet (10 Mb/s)

Ethernet používá čtyři typy rozhraní: **AUI**, **BNC**, **TP** nebo **optický spoj**.

**AUI (označované též jako 10BASE-5)** je rozhraní (konektor CANNON 15), na které se připojuje kabel propojující počítač s tzv. *transceiverem*. Transceiver je zařízení, které vysílá/přijímá původně na tlustý koaxiální kabel rozvodu LAN. Existují však i transceivery pro rozvod tenkým koaxiálním kabelem („redukce AUI/BNC“) i transceivery pro kroucenou dvojlinku („redukce AUI/TP“).

**Obr. 3.27**  
Zapojení  
rozhraní AUI



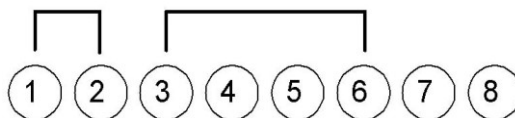
AUI

**BNC (označované též jako 10BASE-2)** je rozhraní pro připojení na tenký koaxiální kabel. Koaxiální kabel je v místě připojení přerušen. Na oba konce přerušení se speciálními kleštěmi připevní BNC-konektory. Oba BNC-konektory se připojí na BNC T-konektor, který je připojen do počítače.

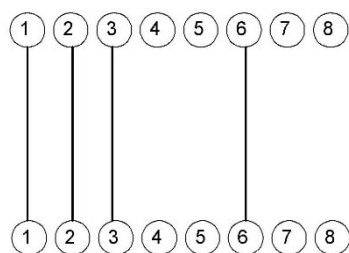
**Kroucená dvojlinka (zkratkou TP, označovaná též jako 10BASE-T)** se připojuje konektorem RJ45 („kostka cukru“). Kroucená dvojlinka vede zpravidla společně s telefonním rozvodem na centrální propojovací panel.

TP používá dva páry v konektoru RJ45, jak je znázorněno na obrázku. (Všimněte si, že vývody 4 a 5 zůstávají volné, takže je lze použít pro telefon (analogový)).

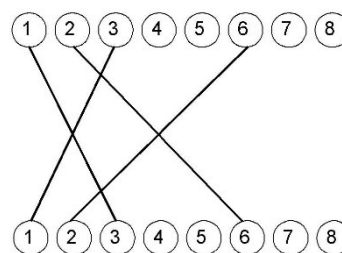
Kroucená  
dvojlinka (TP)



V konektoru RJ45 se používají pro Ethernet dva páry. Jeden pár pro vysílání, druhý pár pro příjem. V případě, že ethernetový segment sdílejí pouze dvě stanice, které jsou propojeny přímo propojovacím kabelem, pak musí být páry překříženy (tj. překřížen příjem s vysíláním).



Propojovací kabel



Křížený propojovací  
kabel

**Ethernet na optických vláknech se označuje též jako 10BASE-F.** Zásadně se vždy používá pár optických vláken – pro každý směr komunikace jedno vlákno.

### 3.4.3 Fast Ethernet (100 Mb/s)

Fast Ethernet se připojuje kroucenou dvojlinkou (označení **100BASE-TX**) nebo optickým spojem (označení **100BASE-FX**). Rozdíl oproti klasickému Ethernetu je pouze v kvalitě vedení. Současné rozvody se většinou staví minimálně kategorie 5, takže nasazení Fast Ethernetu jim nečiní potíže.

### 3.4.4 Gigabitový Ethernet (1 Gb/s)

Gigabitový Ethernet je standardizován pro optické spoje a pro kroucenou dvojlinku (4 páry). Pro jednovidová vlákna je určen standard pod označením **1000BASE-LX** buzený laserem o frekvenci 1300 nm s maximální délkou segmentu do 2 km (jednovidová vlákna na plně duplexních segmentech až do 40 km). Pro vícevidová vlákna může též standard (1000BASE-LX) pracovat až do vzdálenosti 450 m. Pouze pro vícevidová vlákna je určen standard 1000BASE-SX, který je buzen laserem o frekvenci 850 nm a je určen pro vzdálenosti do 250 m.

Standard pro metalické spoje **1000BASE-CX** může využívat současných rozvodů kategorie 5+ (100 MHz), avšak využije všechny čtyři páry kroucené dvojlinky (tj. všech 8 vývodů konektoru RJ 45).

### 3.4.5 FDDI

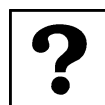
FDDI existují dvě varianty: na optickém vlákně (**FDDI**) nebo na kroucené dvoulince (**CDDI**). Na jedné LAN je možné obě eventuality i kombinovat. Přednost se dává kroucené dvojlince a pro připojení vzdálenějších uzlů se použije světelné vlákno. Vývody opět zpravidla vedou na distribuční box optiky v případě optických rozvodů a na propojovací panel v případě měděných rozvodů.

## Shrnutí



- V zásadě rozlišujeme dva typy počítačových sítí: lokální síť (LAN) a rozsáhlé síť (WAN). Z hlediska fyzické vrstvy jsou v podstatě protokoly pro LAN jednou skupinou protokolů a protokoly pro WAN druhou skupinou. Kromě toho dnes populární protokol ATM smazávající rozdíl mezi LAN a WAN používá nejen nové protokoly, ale je zejména schopen využít stávající linky pro WAN včetně jejich protokolů (např. linky E1).
- Sériové výstupy PC používají signály specifikované normou ITU V.24 (v USA analogická norma RS232). Jedná se o rozhraní pro sériový asynchronní arytmičtý přenos dat. V praxi se běžně používá do 64 kb/s, ale modem si doma na něj nejspíše připojíte rychlostí 115 200 b/s a ono to kupodivu bude také pracovat.
- Z hlediska synchronizace rozeznáváme přenos: synchronní, kdy se informace přenášejí po jednotlivých bitech a asynchronní, kdy okamžiky přechodu od přenosu jednoho bitu k přenosu dalšího bitu nejsou stejně vzdáleny.
- Chceme-li použít telefonní vedení pro počítačovou komunikaci, pak se musí datové informace na telefonní vedení modulovat a na druhé straně demodulovat. Komunikace je ale obousměrná, takže na obou koncích je potřeba modulátor/demodulátor, tj. modem.
- Lokální síť jsou určeny pro propojení počítačů na kratší vzdálenosti (stovky metrů až kilometry). U lokálních sítí závisí volba fyzického rozhraní na volbě linkového protokolu. V dnešní době přicházejí v úvahu zejména čtyři typy linkových protokolů: Ethernet, Fast Ethernet, Gigabitový Ethernet a FDDI. Protokoly Arcnet a Token Ring jsou v praxi málo běžné.

## Kontrolní otázky a úkoly



1. Vysvětlíte pojem fyzická vrstva.
2. Charakterizujte sériové linky.
3. Objasněte, k jakému účelu slouží modemy.
4. Popište realizaci sítí digitálními okruhy.
5. Popište realizaci sítí LAN.

## Pojmy k zapamatování



Fyzická vrstva, sériová linka, modem, komutovaná linka, pevná linka, automatický modem, základní pásmo, přeložené pásmo, přenosová rychlost, digitální okruh, LAN, strukturovaná kabeláž, Ethernet, Fast Ethernet, Gigabitový Ethernet, FDDI.

## Literatura





KLEMENT, Milan. *Úvod do problematiky počítačových sítí*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. 64 stran. Studijní opora. ISBN 978-80-244-4570-0.

JANČÍKOVÁ, Zora a FRISCHER, Robert. *The basics of computer networks* [CD-ROM]. 1. vydání. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3713-0.

RUKOVANSKÝ, Imrich et al. *Počítačové sítě* [CD-ROM]. 3. aktualizované vydání. Kunovice: Evropský polytechnický institut, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-7314-336-7.

KABELOVÁ, Alena a DOSTÁLEK, Libor. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 5., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2008. 488 s. ISBN 978-80-251-2236-5.

## Průvodce studiem

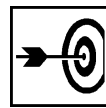


Takže už víme, jakým způsobem jsou počítačové sítě po fyzické stránce realizovány. V další kapitole se podíváme na linkovou vrstvu.

Nyní již ale nastal čas na pořádnou přestávku. Způsob oddychu ponecháme zcela na Vaší vůli. Občerstvení ducha i těla Vám jistě pomůže utřídit si získané poznatky a dovednosti, které využijete při studiu dalších kapitol.

## 4 Linková vrstva počítačové sítě

### Cíle



Po prostudování této kapitoly byste měli být schopni:

- ♦ objasnit problematiku linkové vrstvy LAN,
- ♦ popsat systém Ethernet,
- ♦ popsat systém Ethernet II.

### Průvodce studiem



V uplynulých deseti letech byla vyvinuta celá řada systémů LAN. Masového rozšíření se však dočkaly jen dva: Ethernet a v menším rozsahu FDDI (někdy se ještě setkáváme se systémem Token Ring firmy IBM, ale to spíše v případech, že uživatel je kompletně vybaven systémy firmy IBM.).

V této kapitole se společně budeme podrobněji zabývat systémem Ethernet a jeho variantou Ethernet II.

Potřebný čas pro studium kapitoly:

90 minut

### 4.1 Linková vrstva LAN

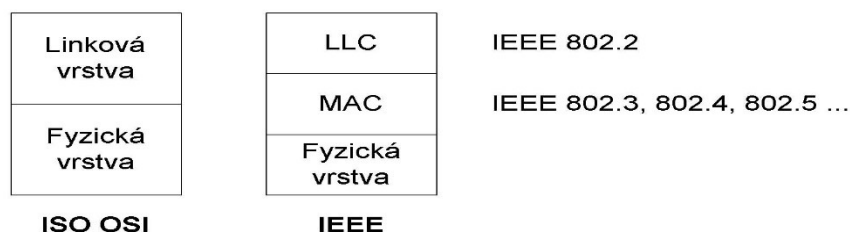
V uplynulých deseti letech byla vyvinuta celá řada systémů LAN. Masového rozšíření se však dočkaly jen dva: Ethernet a v menším rozsahu FDDI. (Někdy se ještě setkáváme se systémem Token Ring firmy IBM, ale to spíše v případech, že uživatel je kompletně vybaven systémy firmy IBM.)

Pro připojení stanice na LAN je nutné do stanice vložit příslušnou síťovou kartu. Linkové protokoly LAN jsou realizovány z části přímo v síťové kartě. Problematika LAN se vždy skládá z:

- Problematiky kabeláže, která patří do fyzické vrstvy.
- Problematiky síťových karet, které se vkládají do počítačů a ostatních zařízení. To je součást jak fyzické vrstvy, tak i linkové vrstvy, protože část softwaru pro obsluhu linkové vrstvy je realizována přímo na síťové kartě.
- Problematiky samotného linkového protokolu (včetně obsahu linkových rámců) a jeho realizace programy v počítači (ovladači).

Instituce IEEE před dvaceti lety předložila projekt, jehož cílem bylo vypracovat normy pro jednotlivé typy LAN (např. Ethernet, Arcnet, Token Ring atd.). Tyto normy popisovaly pro každý typ LAN vrstvu MAC. Vznikla tak norma IEEE 802.3 pro Ethernet, IEEE 802.4 pro Token Bus, IEEE 802.5 pro Token Ring atd.

Pro všechny systémy pak byla vypracována společná norma pro vrstvu LLC pod označením IEEE 802.2, což schématicky vyjadřuje obrázek.



Problematika linkové vrstvy pro LAN tak byla rozdělena do dvou podvrstev:

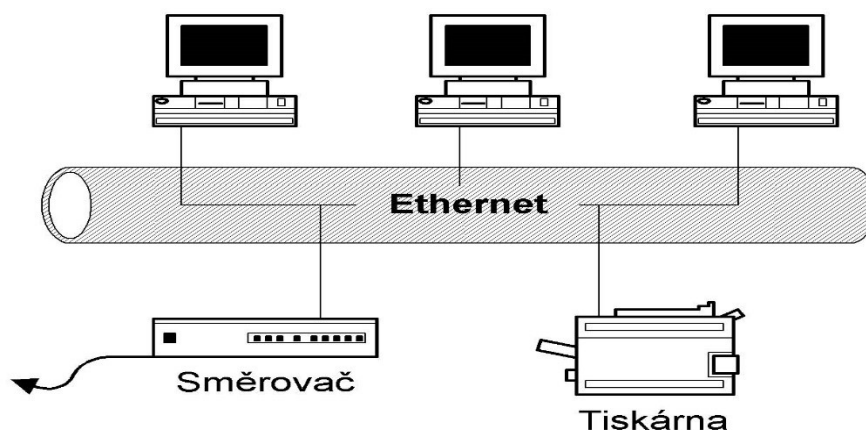
- **Spodní vrstva Medium Access Control (MAC)** částečně zasahující do fyzické vrstvy se zabývá přístupem na přenosové médium.
- **Horní vrstva Logical Link Control (LLC)** umožňuje navazovat, spravovat a ukončovat logická spojení mezi jednotlivými stanicemi LAN.

Uvedené normy IEEE byly převzaty později ISO. Z normy IEEE 802.2 tak vznikla norma ISO 8802-3, z normy IEEE 802.3 vznikla norma ISO 8802-3 atd.

## 4.2 Ethernet

Protokol Ethernet byl původně vyvinut firmami DEC, Intel a Xerox. Jeho varianta 600 MHz se označuje jako Ethernet II. Později byl Ethernet normalizován institutem IEEE jako norma 802.3. Tato norma byla převzata ISO a publikována jako ISO 8802-3. Formát rámců podle normy Ethernet II se mírně odlišuje od formátu ISO 8802-3. Postupem času vznikla norma IEEE 802.3u pro Ethernet na frekvenci 100 MHz (Fast Ethernet) a norma IEEE 802.3z pro frekvenci 1 GHz (gigabitový Ethernet).

Původní rozvod Ethernetu by prováděn tzv. tlustým koaxiálním kabelem označovaným 10BASE5. Koaxiální kabel, který mohl být dlouhý maximálně 500 metrů, tvořil jeden segment lokální sítě. Segment tlustého Ethernetu (jak se tomuto rozvodu často říkalo) byl většinou tvořen jedním kusem koaxiálního kabelu. Na koaxiální kabel byly napichovány transceivery, které se propojovaly kabelem na AUI-port ethernetové přídatné karty v počítači. AUI-port zpravidla používá konektor CANNON-15. Označení 10BASE5 vyjadřuje, že se jedná o síť používající přenosovou frekvenci 10 MHz (ta je v případě Ethernetu rovná i teoretické přenosové rychlosti sítě).



Ethernet

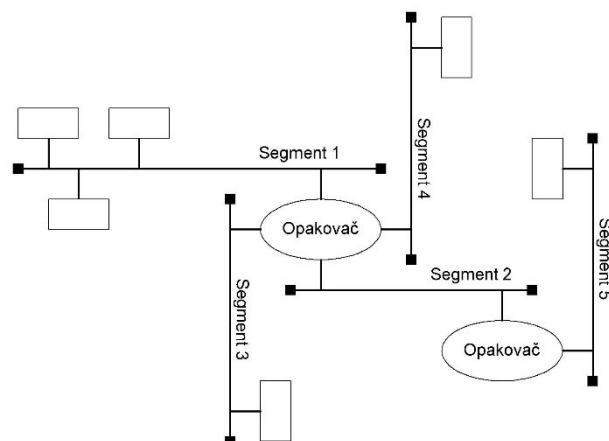
Masově se Ethernet rozšířil na tzv. tenkém koaxiálním kabelu. Tenký koaxiální kabel je u každé stanice přerušen a na oba konce přerušení je buď napájen nebo speciálními kleštěmi namáčknut BNC-konektor. Mezi dva BNC-konektory se vloží BNC-T-konektor – “odbočka k počítači”. Třetí vývod BNC-konektoru se nasadí přímo na ethernetovou síťovou kartu v počítači (na její BNC-konektor). Existují však i transceivery pro tenký Ethernet, pak se BNC-T-konektor připojí na transceiver pro tenký Ethernet a kabel z transceiveru se připojí na AUI-port počítače.

Tenký Ethernet, označovaný jako 10BASE2 může být tvořen segmentem o maximální délce 185 metrů. Použijí-li se na segmentu stejné síťové přídatné karty, pak v případě některých karet je možné segment zvětšit až na 300-400 metrů.

#### 4.2.1 Opakovač (receiver)

Délka segmentu LAN je tedy 500 (resp. 185 – 300) metrů. Rozsah LAN je možné zvětšit tím, že použijeme více segmentů, které mezi sebou propojíme tzv. **opakovači**. Opakovač je tvořen dvěma nebo více síťovými kartami, které jsou vzájemně propojeny. Objeví-li se nějaký datový rámec na jednom rozhraní, pak je automaticky zopakován na všechny ostatní. Opakovač může být osazen AUI i BNC porty, takže některé segmenty mohou používat tlustý a jiné tenký Ethernet.

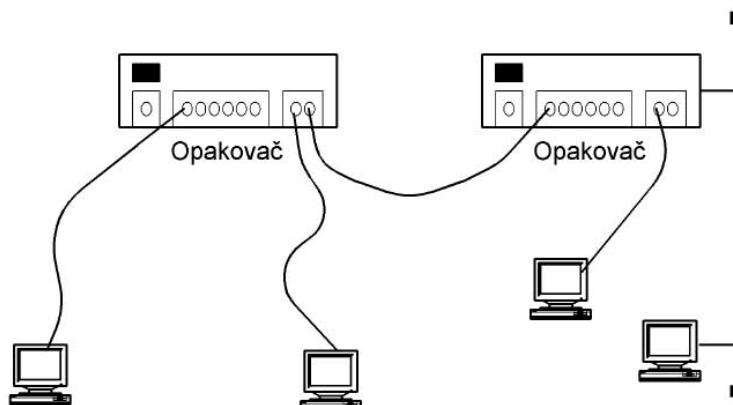
Mezi dvěma opakovači může být použita i dvojice optických kabelů, tento typ Ethernetu se někdy označuje jako 10BASE-F. Délka optického propojení dvou opakovačů může být 1 km. Nyní si řekneme, že opakovač může být osazen i porty pro kroucenou dvojlinku. V případě kroucené dvojlinky je situace trochu odlišná. Kroucená dvojlinka (přesněji řečeno dva páry vodičů) je rozhraní mezi opakovačem a počítačem.



Sít' s opakovači

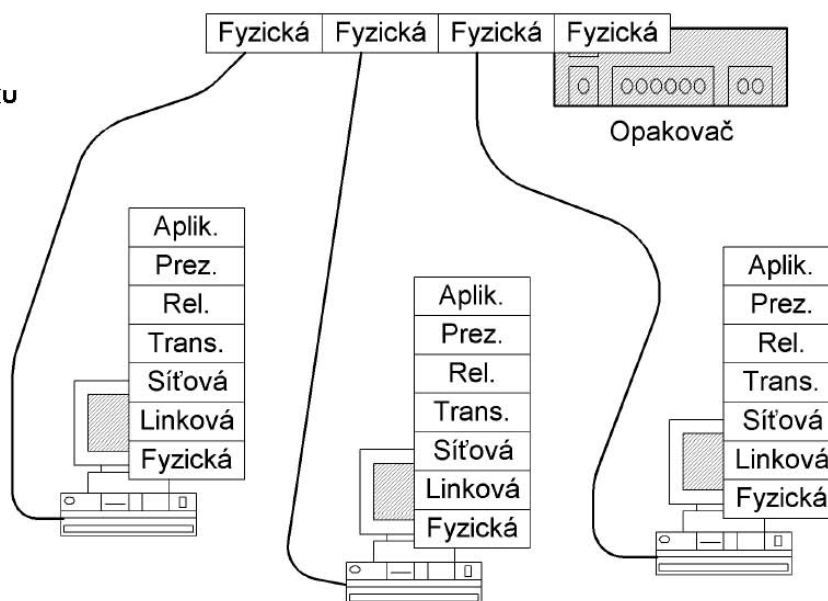
Spíše toto rozhraní připomíná rozhraní mezi transceiverem a AUI-konektorem (neobsahuje však napájení). V případě kroucené dvojlinky je jádrem sítě opakovač (na rozdíl od koaxiálního kabelu). Z opakovače se hvězdicovitě rozbíhají kroucené dvojlinky k jednotlivým počítačům. Opakovač pro kroucenou dvojlinku se označuje jako HUB (označení HUB se používalo pro aktivní prvek u sítí s hvězdicovou topologií). HUB může mít pochopitelně i BNC nebo AUI-porty.

### Opakovač pro kroucenou dvojlinku (HUB)



Spoj mezi opakovačem a počítačem je tvořen dvěma páry kroucené dvoulinky (4 vodiče). Jedná se o duplexní spoj, kde pro každý kanál je určen jeden pár. Z hlediska počítače je tedy jeden pár "vysílání" a druhý pár "příjem". HUBy pro kroucenou dvojlinku je možné mezi sebou vzájemně propojovat. Ale pozor, co je pro jeden "vysílání", je pro druhý "příjem", takže v propojovací šňůře musí být páry překřížené (jako např. v případě nulových modemů). Většinou se však dodávají HUBy, kde jeden port je osazen přepínačem, který právě způsobí překřížení párů, takže stačí použít „normální“ propojovací šňůru a připojit ji do portu s přepínačem a ten přepnout do vhodné polohy.

### Opakovač pro kroucenou dvojlinku



Ethernet na kroucené dvojlince se označuje jako 10BASE-T. Existuje i verze desetkrát rychlejšího Ethernetu označovaná 100BASE-TX a gigabitový Ethernet označovaný 1000BASE-CX. Pomocí opakovačů nelze kombinovat 10BASE-T, 100BASE-TX a 1000BASE-CX – propojit je lze až pomocí přepínače. Délka dvojlinky mezi opakovačem a stanicí je standardně do 100 metrů.

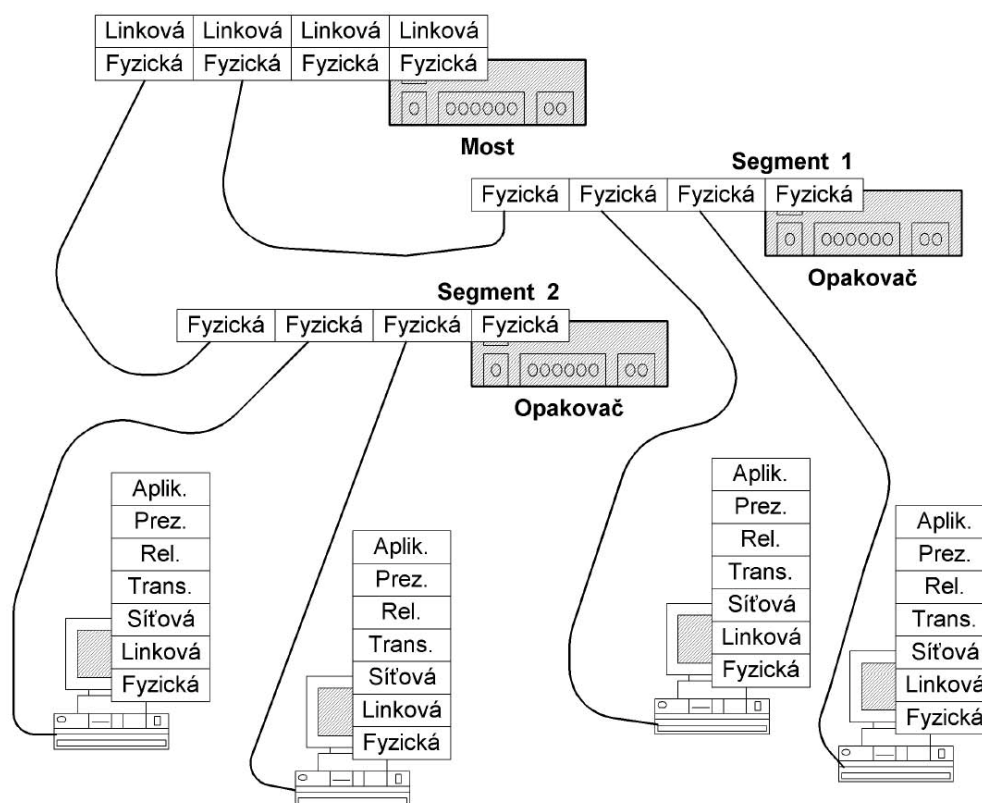
Z hlediska síťového modelu pracuje opakovač (HUB) na fyzické úrovni. Komunikace mezi počítači je v LAN osazené opakovači transparentní (průhledná), tj. počítače na LAN spolu komunikují, aniž by o opakovači věděly.

### 4.2.2 Most (bridge)

Oproti opakovači **most** také spojuje mezi sebou jednotlivé segmenty LAN, ale neopakuje mechanicky všechny rámce, které se na nějakém z jeho portů objeví. Most je realizován specializovaným počítačem, který má předávací tabulku. V tabulce je seznam všech linkových adres všech síťových rozhraní LAN. U každé adresy má poznamenáno, za kterým síťovým rozhraním mostu se nachází. Objeví-li se datový rámec na nějakém síťovém rozhraní mostu, pak se most podívá do datového rámce na adresu příjemce a z předávací tabulky zjistí, za jakým rozhraním se adresát nachází. Rámec pak zopakuje pouze do rozhraní, za kterým je adresát. V případě, že se adresát nachází za stejným rozhraním, pak jej neopakuje vůbec. Oběžníky se pochopitelně opakují do všech rozhraní.

Důležitým parametrem mostu je, jak velkou může mít předávací tabulku, tj. kolik na ní má paměti. Avšak kardinální otázkou je, jak takovou tabulku naplnit správnými údaji. Naskýtá se odpověď, že data do ní může pořídit správce LAN ručně. Možná, že vám to připadá jako směšné řešení, ale toto řešení je oblíbené v případě sítí, kde se klade velký důraz na bezpečnost. Pak správce LAN takovou tabulku přesně nastaví. Dnes se mosty doplňují i o další tabulku, která je obdobou předávací tabulky a která vyjadřuje, kdo kam nemůže.

Jak se ale předávací tabulka naplní automaticky? Algoritmus je velice jednoduchý. Most pracuje po zapnutí v podstatě jako opakovač, tj. opakuje vše na všechna rozhraní. Avšak každému příchozímu rámci se podívá na adresu odesílatele. Most ví, z jakého rozhraní rámec přišel, takže si může jako novou položku do předávací tabulky uložit adresu odesílatele a příslušné rozhraní.



Sít' s mosty a opakovači

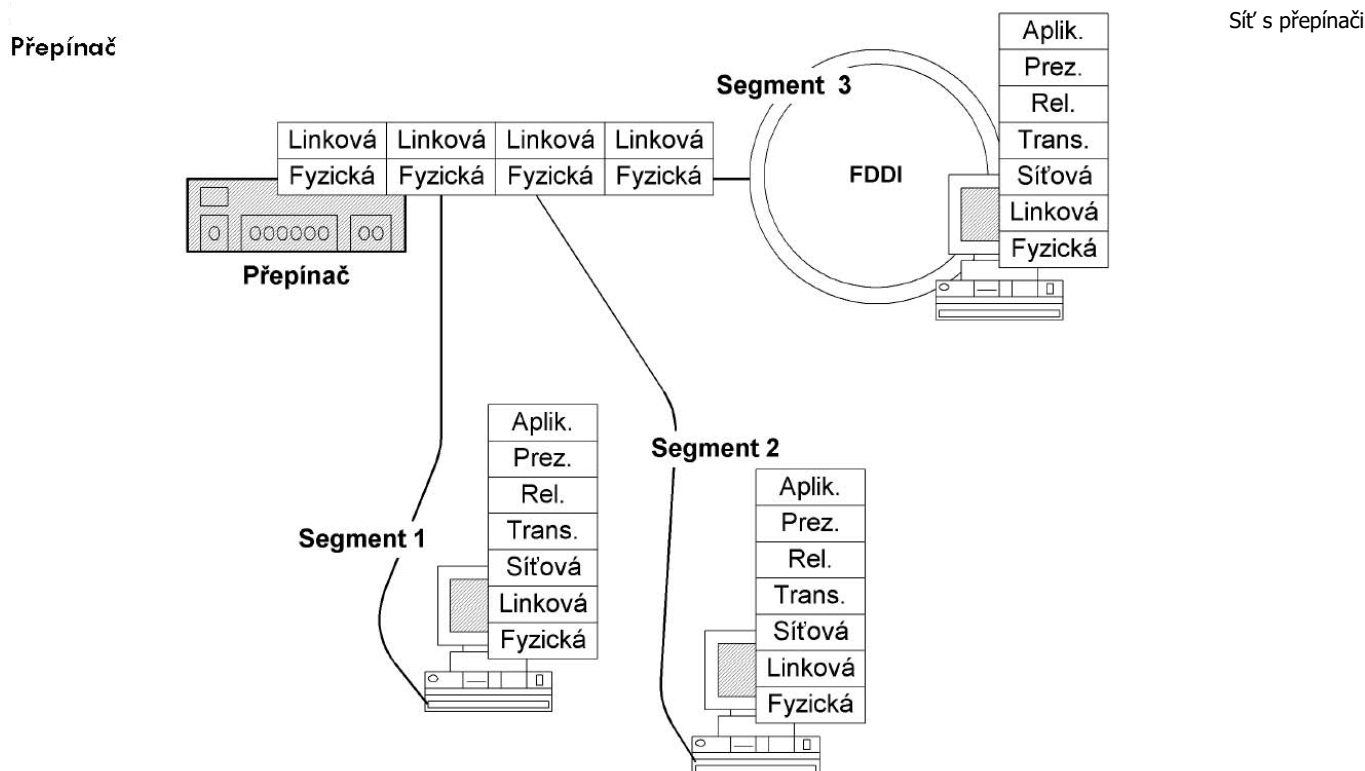
V lokální síti můžeme mít i více mostů. Předávání rámců mezi jednotlivými rozhraními mostu nemusí být tak rychlé jako u opakovače (může být delší doba odezvy). To otevírá cestu k tomu, aby dva mosty sítě byly propojeny např. sériovou linkou s modemy nebo radioreleovým spojem.

Jádrem jednotlivých segmentů LAN je opakovač. Jednotlivé segmenty jsou propojeny pomocí mostu. Na segment se pak umísťují počítače, které spolu více komunikují. Např. počítače jednoho oddělení. Na port mostu je užitečné připojit např. směrovač směřující do Internetu nebo na centrální server atp. Pomocí mostu lze tedy oddělit provoz mezi segmenty.

Jiným řešením je použít most s velkým počtem portů a nepoužít již opakovače pro jednotlivé segmenty sítě. Takovéto řešení se někdy nazývá přepínaný Ethernet. Jádrem přepínaného Ethernetu je inteligentní most, který v okamžiku, kdy zjistí, na které rozhraní má rámec opakovat, paralelně již začíná zpracovávat další rámec. Takovýto most se již označuje jako

### 4.2.3 Přepínač (switch)

Přepínačem se označují výkonnější mosty, které umí opakovat rámce nejen mezi jednotlivými segmenty Ethernetu, ale i např. mezi Ethernetem a Fast Ethernetem, mezi Ethernetem a FDDI atd. Přepínač musí umět nejenom změnit tvar rámce např. z Ethernetu na FDDI, ale i pokusit se překlenu rozdíly mezi přenosovými rychlostmi. Problém je totiž při přenosu dat mezi rychlým segmentem (FDDI) a např. Ethernetem, kdy se musí směřovat na Ethernet takové množství dat, aby jej Ethernet dokázal odebrat.



Rámce se musí ukládat do vyrovnávací paměti přepínače atd. Pro výměnu rámců mezi stanicemi se používá protokol CSMA/CD. V tomto protokolu jsou si všechny stanice na LAN rovny. Potřebuje-li nějaká stanice vysílat, pak si poslechne, zdali jiná stanice právě nevysílá. V případě, že médium není používáno (jiná stanice nevysílá), pak může stanice začít vysílat. Jenže v přibližně stejném okamžiku to mohlo napadnout dvě stanice najednou. Takže kromě toho, že stanice vysílá data, tak ještě připoslouchává, jestli nezačal vysílat současně někdo jiný. V případě, že současně začala vysílat jiná stanice, dochází ke kolizi. Při kolizi nemohou obě stanice okamžitě přestat vy sílat (aby kolize byla i ostatními detekovatelná), tak ještě nějakou dobu vysílají bezvýznamné znaky a pak se na náhodně zvolený časový interval odmlčí. Čím je na Ethernetu větší provoz, tím je větší pravděpodobnost vzniku kolizí. Rozumnou zátěží je využití sítě asi na 20 %. Takže u varianty Ethernetu s frekvencí 10 MHz kalkulujeme propustnost sítě asi na 2 Mb/s (tj. 256 KB/s. Pro ilustraci u FDDI (100 MHz) je výtěžnost 80-90 %, takže lze kalkulovat 90 Mb/s, tj. asi 11 MB/s.

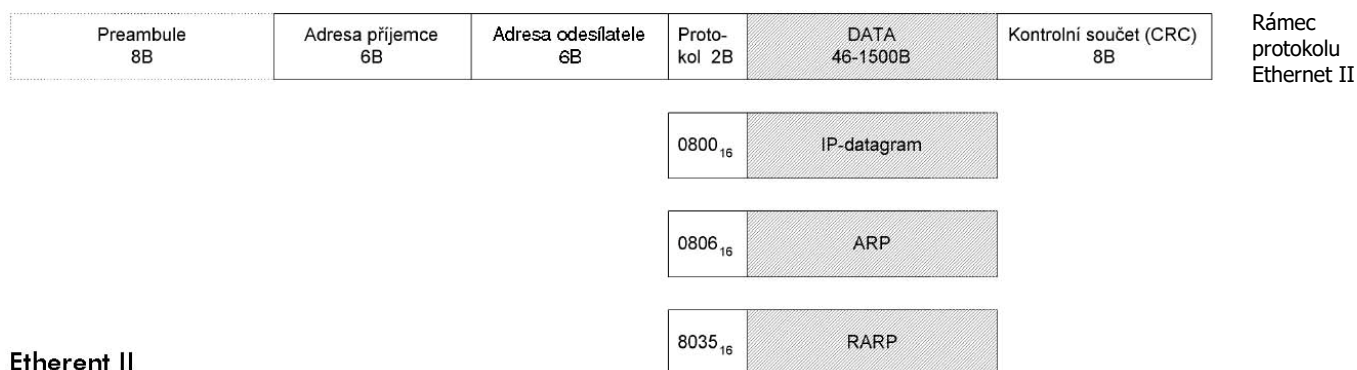
Pokud ale máme segment, kde jsou pouze dvě stanice, tak na koaxiálním kabelu může dojít na takovémto segmentu také ke kolizi. Jiná je situace v případě, že segment o dvou stanicích je na kroucené



dvoulince, která má samostatný pár pro vysílání a samostatný pár pro příjem. Síťové karty se pak na takovýchto segmentech přepnou do plně duplexního provozu, ve kterém může stanice současně přijímat i vysílat data. Takovýto segment se nazývá bezkolizním segmentem. Na bezkolizním segmentu můžeme dosahovat praktických přenosových rychlostí blížících se až k teoretickému maximu. Pokud jádrem LAN není opakovač, ale přepínač a jednotlivé stanice jsou připojeny bezkolizním segmentem, pak hovoříme o přepínaném Ethernetu. Bezkolizní segment je tvořen z jedné strany počítačem a z druhé strany rozhraním přepínače.

## 4.3 Ethernet II

Struktura rámce protokolu Ethernet závisí na použité normě. Struktura rámce protokolu Ethernet II je znázorněna na obrázku.



Ethernet II má na počátku synchronizační preambuli (součást fyzické vrstvy), při které se synchronizují všechny stanice přijímající rámec. Na konci rámce je kontrolní součet, ze kterého lze zjistit, nebyl-li rámec přenosem poškozen. Dále obsahuje šestibajtovou linkovou adresu příjemce a odesílatele, pole specifikující protokol vyšší vrstvy (tj. síťové vrstvy) a vlastní přenášená data (specifikace protokolů: IP verze 4, ARP a RARP je patrná z obrázku).

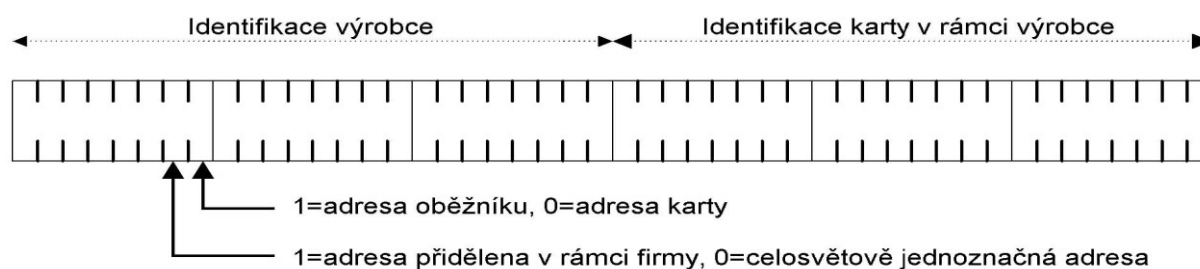
Datové pole musí být minimálně 46 bajtů dlouhé, takže v případě, že je potřeba přenášet méně dat, tak se datové pole zprava doplní bezvýznamnou výplní.

Fyzická adresa je šestibajtová. První tři bajty specifikují výrobce síťové karty a zbylé tři bajty kartu v rámci výrobce, takže adresy jsou celosvětově unikátní. Toto platí pouze pro tzv. globální adresy, které

jsou celosvětově jednoznačné. Tyto adresy jsou uloženy v permanentní paměti síťové karty. Při inicializaci karty ovladačem lze kartě sdělit, aby nepoužívala tuto adresu, ale adresu jinou. V rámci firmy tak lze používat vlastní systém linkových adres. Tento mechanismus využíval např. protokol DECnet fáze IV.

Síťová karta může používat globálně jednoznačnou adresu nebo jednoznačnou adresu v rámci firmy. Kromě těchto jednoznačných adres existují ještě oběžníky. Všeobecný oběžník (adresa se skládá z 48 jedniček) je určen pro všechny stanice na LAN. Adresný oběžník (má nastaven nejvyšší bit prvního bajtu na jedničku) je určen pouze některým stanicím na LAN, stanicím, které akceptují uvedenou adresu.

Nultý a první bit prvního bajtu linkové adresy mají specifický význam (viz obr.):



- Nultý bit specifikuje, zdali se jedná o jednoznačnou adresu nebo adresu oběžníku.
- První bit specifikuje, zdali se jedná o globálně jednoznačnou adresu.

Uvedme si příklad výpisu rámce protokolu Ethernet II z MS Network Monitoru:

```
+ FRAME: Base frame properties
  ETHERNET: ETYPE = 0x0800 : Protocol = IP: DOD Internet Protocol
    ETHERNET: Destination address : 00000C31D211
      ETHERNET: .....0 = Individual address
      ETHERNET: .....0. = Universally administered address
    ETHERNET: Source address : 0010A4F18B3E
      ETHERNET: .....0 = No routing information present
      ETHERNET: .....0. = Universally administered address
    ETHERNET: Frame Length : 74 (0x004A)
    ETHERNET: Ethernet Type : 0x0800 (IP: DOD Internet Protocol)
    ETHERNET: Ethernet Data: Number of data bytes remaining = 60 (0x003C)
+ IP: ID = 0xAB06; Proto = ICMP; Len: 60
+ ICMP: Echo, From 195.47.37.200 To 194.149.105.18

00000: 00 00 0C 31 D2 11 00 10 A4 F1 8B 3E 08 00 45 00    ...1.....>..E.
00010: 00 3C AB 06 00 00 20 01 DB 1B C3 2F 25 C8 C2 95    .<....../%...
00020: 69 12 08 00 42 5C 01 00 0A 00 61 62 63 64 65 66    i...B\....abcdef
00030: 67 68 69 6A 6B 6C 6D 6E 6F 70 71 72 73 74 75 76    ghijklmnopqrstuv
00040: 77 61 62 63 64 65 66 67 68 69                      wabcdefghijkl
```

Preamble 8B	Adresa příjemce 6B	Adresa odesílatele 6B	Délka 2B	DATA 46-1500B	Kontrolní součet (CRC) 8B
----------------	-----------------------	--------------------------	-------------	------------------	------------------------------

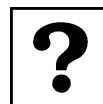
Situace u protokolu ISO 8802-3 je poněkud složitější. Datový rámec protokolu ISO 8802-3 se liší pouze v jednom poli proti protokolu Ethernet II.

## Shrnutí



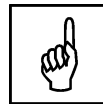
- V uplynulých deseti letech byla vyvinuta celá řada systémů LAN. Masového rozšíření se však dočkaly jen dva: Ethernet a v menším rozsahu FDDI.
- Pro připojení stanice na LAN je nutné do stanice vložit příslušnou síťovou kartu. Linkové protokoly LAN jsou realizovány z části přímo v síťové kartě.
- Instituce IEEE před dvaceti lety předložila projekt, jehož cílem bylo vypracovat normy pro jednotlivé typy LAN (např. Ethernet, Arcnet, Token Ring atd.). Tyto normy popisovaly pro každý typ LAN vrstvu MAC. Vznikla tak norma IEEE 802.3 pro Ethernet, IEEE 802.4 pro Token Bus, IEEE 802.5 pro Token Ring atd.
- Protokol Ethernet byl původně vyvinut firmami DEC, Intel a Xerox. Jeho varianta 100 MHz se označuje jako Ethernet II. Později byl Ethernet normalizován institutem IEEE jako norma 802.3. Tato norma byla převzata ISO a publikována jako ISO 8802-3. Formát rámců podle normy Ethernet II se mírně odlišuje od formátu ISO 8802-3. Postupem času vznikla norma IEEE 802.3u pro Ethernet na frekvenci 100 MHz (Fast Ethernet) a norma IEEE 802.3z pro frekvenci 1 GHz (gigabitový Ethernet).
- Původní rozvod Ethernetu by prováděn tzv. tlustým koaxiálním kabelem označovaným 10BASE5. Koaxiální kabel, který mohl být dlouhý maximálně 500 metrů, tvořil jeden segment lokální sítě.
- Masově se Ethernet rozšířil na tzv. tenkém koaxiálním kabelu. Tenký koaxiální kabel je u každé stanice přerušen a na oba konce přerušení je buď napájen nebo speciálními kleštěmi namáčknut BNC-konektor. Mezi dva BNC-konektory se vloží BNC-T-konektor – "odbočka k počítači". Třetí vývod BNC-konektoru se nasadí přímo na ethernetovou síťovou kartu v počítači (na její BNC-konektor).
- Délka segmentu LAN je tedy 500 (resp. 185 – 300) metrů. Rozsah LAN je možné zvětšit tím, že použijeme více segmentů, které mezi sebou propojíme tzv. **opakovači**.
- Oproti opakovači **most** také spojuje mezi sebou jednotlivé segmenty LAN, ale neopakuje mechanicky všechny rámce, které se na nějakém z jeho portů objeví. Most je realizován specializovaným počítačem, který má předávací tabulku.
- Přepínačem se označují výkonnější mosty, které umí opakovat rámce nejen mezi jednotlivými segmenty Ethernetu, ale i např. mezi Ethernetem a Fast Ethernetem, mezi Ethernetem a FDDI atd. Přepínač musí umět nejenom změnit tvar rámce např. z Ethernetu na FDDI, ale i pokusit se překlenout rozdíl mezi přenosovými rychlostmi.
- Ethernet II má na počátku synchronizační preambuli (součást fyzické vrstvy), při které se synchronizují všechny stanice přijímající rámec. Na konci rámce je kontrolní součet, ze kterého lze zjistit, nebyl-li rámec přenosem poškozen. Dále obsahuje šestibajtovou linkovou adresu příjemce a odesílatele, pole specifikující protokol vyšší vrstvy (tj. síťové vrstvy) a vlastní přenášená data.

## Kontrolní otázky a úkoly



1. Uveďte, jaké okruhy problémů oblast LAN vždy zahrnuje.
2. Vysvětlete pojem Ethernet.
3. Vysvětlete pojem Ethernet II.
4. Popište, k jakému účelu slouží opakovač, most a přepínač.
5. Vysvětlete, co znamená pojem HUB.

## Pojmy k zapamatování



Linková vrstva, Ethernet, opakovač, repeater, most, bridge, přepínač, switch, Ethernet II.

## Literatura



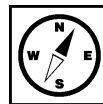
KLEMENT, Milan. *Úvod do problematiky počítačových sítí*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. 64 stran. Studijní opora. ISBN 978-80-244-4570-0.

JANČÍKOVÁ, Zora a FRISCHER, Robert. *The basics of computer networks* [CD-ROM]. 1. vydání. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3713-0.

RUKOVANSKÝ, Imrich et al. *Počítačové sítě* [CD-ROM]. 3. aktualizované vydání. Kunovice: Evropský polytechnický institut, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-7314-336-7.

KABELOVÁ, Alena a DOSTÁLEK, Libor. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 5., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2008. 488 s. ISBN 978-80-251-2236-5.

## Průvodce studiem

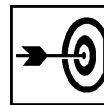


Opět připomínáme! Pokud se Vám zdá, že zapomínáte to, co jste se naučili v předchozích kapitolách, tak nezoufejte. To je normální průvodní jev při učení. Jak se sami přesvědčíte, ke zopakování Vám však bude tentokrát stačit o mnoho méně času.

Doporučujeme Vám nepodceňovat kontrolní otázky uvedené vždy v závěrech kapitol. Dotazují se na základní učivo, které je potřebné znát. Nepodceňujte význam relaxace a odpočinku. Rychlé memorování nelze považovat za efektivní metodu učení a vědomosti nejsou trvalé. To jistě ale víte, a proto se učíte průběžně.

## 5 IP protokol

### Cíle



Po prostudování této kapitoly byste měli být schopni:

- ♦ popsat protokol IP a znát jeho využití,
- ♦ analyzovat IP-datagram,
- ♦ popsat služební protokol ICMP,
- ♦ popsat služební protokol IGMP,
- ♦ popsat služební protokol ARP,
- ♦ popsat služební protokol RARP.

### Průvodce studiem



Některé linkové protokoly jsou určeny pro dopravu dat v rámci lokální sítě, jiné linkové protokoly dopravují data mezi sousedními směrovači rozsáhlé sítě. IP-protokol na rozdíl od linkových protokolů dopravuje data mezi dvěma libovolnými počítači v Internetu, tj. i přes mnohé LAN.

Více se o IP protokolu dovíme v následujícím textu této kapitoly.

Potřebný čas pro studium kapitoly:

90 minut

### 5.1 IP Protokol

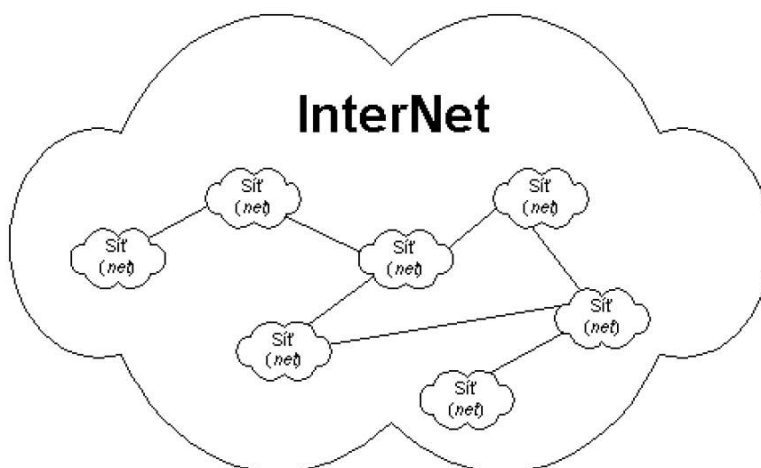
Některé linkové protokoly jsou určeny pro dopravu dat v rámci lokální sítě, jiné linkové protokoly dopravují data mezi sousedními směrovači rozsáhlé sítě. IP-protokol na rozdíl od linkových protokolů dopravuje data mezi dvěma libovolnými počítači v Internetu, tj. i přes mnohé LAN.

Data jsou od odesílatele k příjemci dopravována (směrována) přes směrovače (*router*). Na cestě od odesílatele k příjemci se může vyskytnout celá řada směrovačů. Každý směrovač řeší samostatně směrování k následujícímu směrovači. Data jsou tak předávána od směrovače k směrovači. Z angličtiny se počestil v tomto kontextu termín následující hop (*next hop*), jako následující uzel kam se data předávají. Hopem se rozumí buď následující směrovač, nebo cílový stroj.

IP-protokol je protokol, umožňující spojit jednotlivé lokální sítě do celosvětového Internetu. Od protokolu IP dostal také Internet své jméno. Zkratka IP totiž znamená InterNet Protocol, tj. protokol spojující jednotlivé sítě. Později, se místo InterNet začalo psát Internet a Internet byl na světě.

**Obr. 5.1**  
InterNet

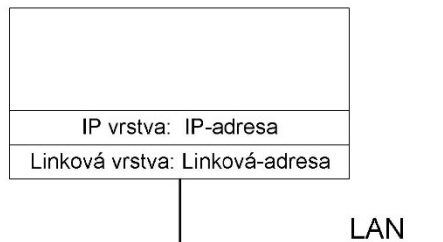
InterNet  
protokol



IP-protokol je tvořen několika dílčími protokoly:

- Vlastním protokolem IP.
- Služebním protokolem ICMP sloužícím zejména k signalizaci mimořádných stavů.
- Služebním protokolem IGMP sloužícím pro dopravu adresných oběžníků.
- Služebními protokoly ARP a RARP, které jsou často vyčleňovány jako samostatné, na IP nezávislé protokoly, protože jejich rámce nejsou předcházeny IP-záhlavím.

Zatímco v linkovém protokolu mělo každé síťové rozhraní (*network interface*) svou fyzickou (tj. linkovou) adresu, která je v případě LAN zpravidla šestibajtová, tak v IP-protokolu má každé síťové rozhraní alespoň jednu IP-adresu, která je v případě IP-protokolu verze 4 čtyřbajtová, a v případě IP-protokolu verze 6 šestnáctibajtová.

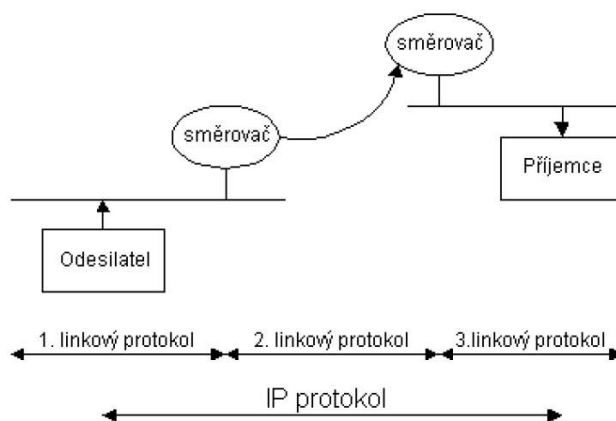


**Základním stavebním prvkem WAN je směrovač (anglicky *router*),** kterým se vzájemně propojují jednotlivé LAN do rozsáhlé sítě. Jako směrovač může sloužit běžný počítač s více síťovými rozhraními a běžným operačním systémem nebo specializovaná skříňka (*box*), do které nebývá běžně zapojen ani monitor ani klávesnice. Tyto specializované skřínky se u nás v Česku mezi odbornou veřejností nazývají routery a v tiskovinách směrovače.

**Schopnost předávat datové pakety mezi síťovými rozhraními směrovače se nazývá jako předávání (*forwarding*).** Zatímco u směrovačů je tato funkce požadována, tak u počítačů s klasickým operačním systémem (UNIX, OpenVMS, NT apod.) je někdy dotazováno, jak přinutit jádro operačního systému předávání zakázat.

Základní otázkou je: „Proč jsou třeba dva protokoly: linkový protokol a protokol IP? Proč nestačí pouze linkový protokol?“. Linkový protokol slouží pouze k dopravě dat v rámci LAN. Tj. k dopravě dat k nejbližšímu směrovači, ten z linkového rámce data „vybalí“ a „přebalí“ je do jiného linkového rámce.

Obr. 5.3  
Linkové protokoly  
a IP protokol



Obrázek znázorňuje, že linkový protokol dopravuje datové rámce pouze k následujícímu směrovači, kdežto IP-protokol dopravuje data mezi dvěma vzdálenými počítači rozsáhlé sítě (WAN). Zatímco obálka, kterou jsou na linkové vrstvě data obalena je na každém směrovači vždy zahozena a vytvořena nová, tak IP-datagram není směrovačem změněn. Směrovač nesmí změnit obsah IP-datagramu. Výjimkou je pouze položka TTL ze záhlaví IP-datagramu, kterou je každý směrovač povinen zmenšit alespoň o jedničku a v případě změny na nulu se IP-datagram zahazuje. Tímto mechanismem se Internet snaží zabránit nekonečnému toulání paketů Internetem.

Zatímco u linkových protokolů jsme základní přenášené kvantum dat označovali jako linkový rámec, tak u IP-protokolu je základní jednotkou přenášených dat IP-datagram.

## 5.2 IP-datagram

IP-datagram se skládá ze záhlaví a přenášených dat. Záhlaví má zpravidla 20 bajtů. Záhlaví však může obsahovat i volitelné položky a v takovém případě je záhlaví o ně delší.

0	8	16	24	IP datagram	
Verze IP 4 bity	Délka záhlaví	Typ služby 8 bitů	Celková délka IP-datagramu 16 bitů		
Identifikace IP-datagramu 16 bitů			Příznaky (flags)	Posunutí fragmentu od počátku (fragment offset) - 13 bitů	
Doba života datagramu (TTL) - 8 bitů		Protokol vyšší vrstvy (protocol) - 8 bitů	Kontrolní součet z IP-záhlaví (checksum) 16 bitů		
IP-adresa odesílatele (source IP-adress) 32 bitů					
IP-adresa příjemce (destination IP-adress) 32 bitů					
Volitelné položky záhlaví					
Přenášená data (nepovinné)					

- **Délka záhlaví** (*header length*) obsahuje délku záhlaví IP-datagramu. Maximální délka záhlaví IP-datagramu je tedy omezena tím, že položka délka záhlaví má k dispozici pouze 4 bity.

- **Typ služby** (*type of service – TOS*) je položka, která v praxi nenašla svého naplnění. Záměr spočíval v jistém nedostatku IP-protokolu jehož podstatou, je skutečnost, že v Internetu není zaručena šíře přenosového pásma mezi účastníky.
- **Celková délka** IP-datagramu (*total length*) obsahuje celkovou délku IP-datagramu v bajtech. Jelikož je tato položka pouze dvojbajtová, tak maximální délka IP-datagramu je 65535 bajtů. **Identifikace IP-datagramu** (*identification*) obsahuje identifikaci IP-datagramu, kterou do IP-datagramu vkládá operační systém odesílatele. Tato položka se společně s položkami **příznaky** (*flags*) a **posunutí fragmentu** (*fragment offset*) využívá mechanismem fragmentace datagramu.
- **Doba života datagramu** (*time to live – TTL*) slouží k zamezení nekonečného toulání IP-datagramu Internetem. Každý směrovač kladnou položku TTL snižuje alespoň o jedničku. Není-li už možné hodnotu snížit, IP-datagram se zahazuje a odesílateli IP-datagramu je tato situace signalizována protokolem ICMP.
- **Protokol vyšší vrstvy** (*protocol*) obsahuje číselnou identifikaci protokolu vyšší vrstvy, který využívá IP-datagram ke svému transportu. V praxi se nesetkáváme s případem, že by se komunikovalo přímo IP-protokolem. Vždy je použit protokol vyšší vrstvy (TCP nebo UDP) nebo jeden ze služebních protokolů ICMP či IGMP.
- **Kontrolní součet z IP-záhlaví** (*header checksum*) obsahuje kontrolní součet, avšak pouze ze záhlaví IP-datagramu a nikoliv z datagramu celého. Jeho význam je tedy omezený. Problém s kontrolním součtem spočívá v tom, že když směrovač změní nějakou položku v záhlaví IP-datagramu (např. TTL změnit musí), tak musí změnit i hodnotu kontrolního součtu, což vyžaduje jistou režii směrovače.
- **IP-adresa odesílatele a IP-adresa příjemce** (*source and destination adress*) obsahuje čtyřbajtovou IP adresu odesílatele a příjemce IP-datagramu.
- **Volitelné položky** jsou využívány ojediněle a zpravidla směrovače bývají nakonfigurovány tak, aby IP-datagramy s použitými volitelnými položkami byly bez okolků zahozeny.

## 5.3 ICMP Protokol

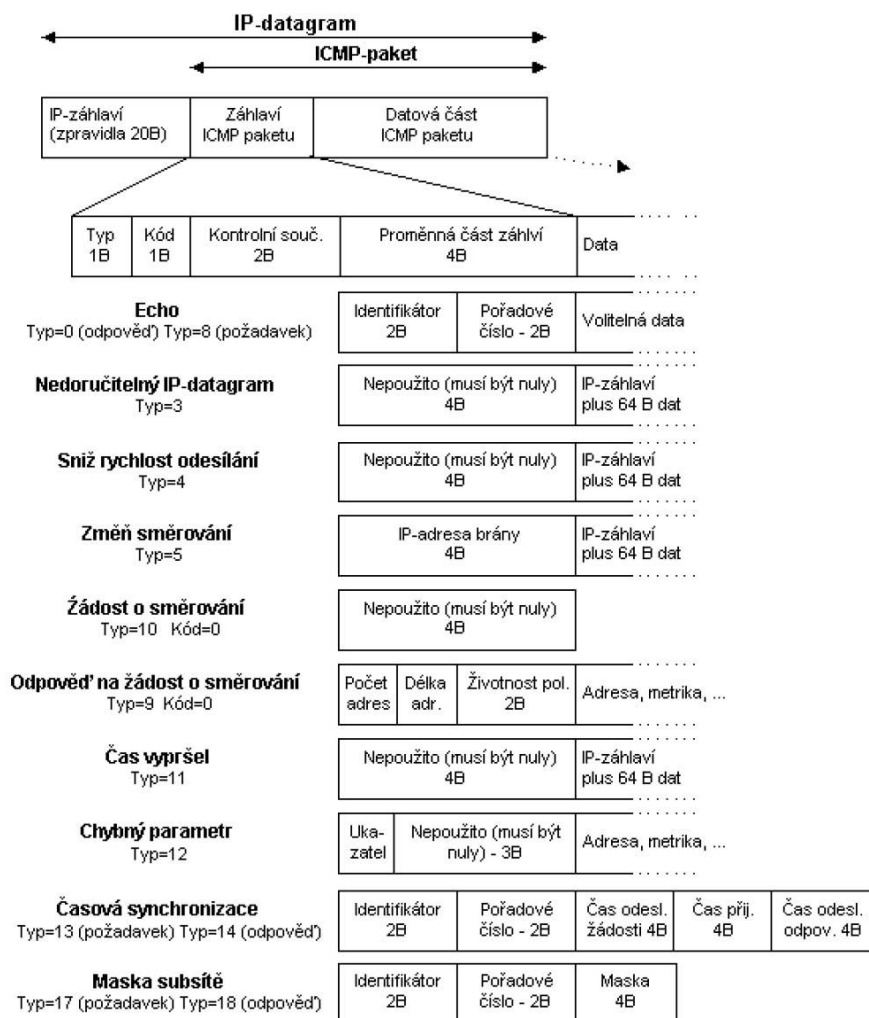
Protokol ICMP je služební protokol, který je součástí IP-protokolu. Protokol ICMP slouží k signalizaci mimořádných událostí v sítích postavených na IP-protokolu. Protokol ICMP svoje datové pakety balí do IP-protokolu, tj. pokud budeme prohlížet přenášené datagramy, pak v nich najdeme za linkovým záhlavím záhlaví IP-protokolu následované záhlavím ICMP paketu.

Protokolem ICMP je možné signalizovat nejrůznější situace, skutečnost je však taková, že konkrétní implementace TCP/IP podporují vždy jen jistou část těchto signalizací, a navíc z bezpečnostních důvodů mohou být na směrovačích mnohé ICMP signalizace zahazovány.



Obr. 5.10  
ICMP-paket

ICMP paket



### 5.3.1 Echo

Je jednoduchý nástroj protokolu ICMP, kterým můžeme testovat dosažitelnost jednotlivých uzlů v Internetu. Žadatel vysílá ICMP-paket „Žádost o echo“ a cílový uzel je povinen odpovědět ICMP-paketem „Echo“.

Všechny operační systémy podporující protokol TCP/IP obsahují program ping, kterým uživatel může na cílový uzel odeslat žádost o echo. Program ping pak zobrazuje odpověď.

### 5.3.2 Nedoručitelný IP-datagram

Nemůže-li být IP-datagram předán dále směrem k adresátovi, pak je zahozen a odesílatel je protokolem ICMP o tom uvědomen zprávou „Nedoručitelný IP-datagram“.

### 5.3.3 Sníž rychlost odesílání

Jestliže je síť mezi odesílatelem a příjemcem v některém místě přetížena, pak směrovač, který není schopen předávat dále všechny IP-datagramy, signalizuje odesílateli „Sníž rychlost odesílání“.

### 5.3.4 Změň směrování (*Redirect*)

Pomocí tohoto ICMP-paketu se provádí dynamické změny ve směrovací tabulce.

### 5.3.5 Žádost o směrování

Jedná se o poměrně novou záležitost, pomocí které nemusíme do směrovací tabulky počítačů na LAN ručně konfigurovat vůbec žádnou položku *default*. Počítač po svém startu vyšle oběžníkem „Žádost o směrování“ a směrovač mu odpoví ICMP-paketem.

### 5.3.6 Čas vypršel (*time exceeded*)

Tento typ zahrnuje dva velmi odlišné případy.

Pro kód=0 signalizuje, že položka TTL by byla na směrovači snížena na nulu, tj. že je podezření, že IP-datagram v Internetu zabloudil, proto bude zlikvidován.

Pro kód=1 signalizuje, že počítač adresáta není schopen v daném čase sestavit z fragmentů celý IP-datagram.

### 5.3.7 Žádost o masku

Tímto ICMP-paketem může bezdisková stanice žádat o masku své sítě poté, co protokolem RARP obdržela svou IP-adresu. Tento mechanismus je v praxi dnes již málo běžný.

### 5.3.8 Časová synchronizace

Tímto ICMP-paketem se žádá cílový počítač o čas.

## 5.4 IGMP Protokol

Protokol IGMP je podobně jako protokol ICMP služebním protokolem (podmnožinou) protokolu IP. Pakety IGMP-protokolu jsou baleny do IP-datagramů.

Protokol IGMP slouží k šíření adresných oběžníků (*multicasts*).

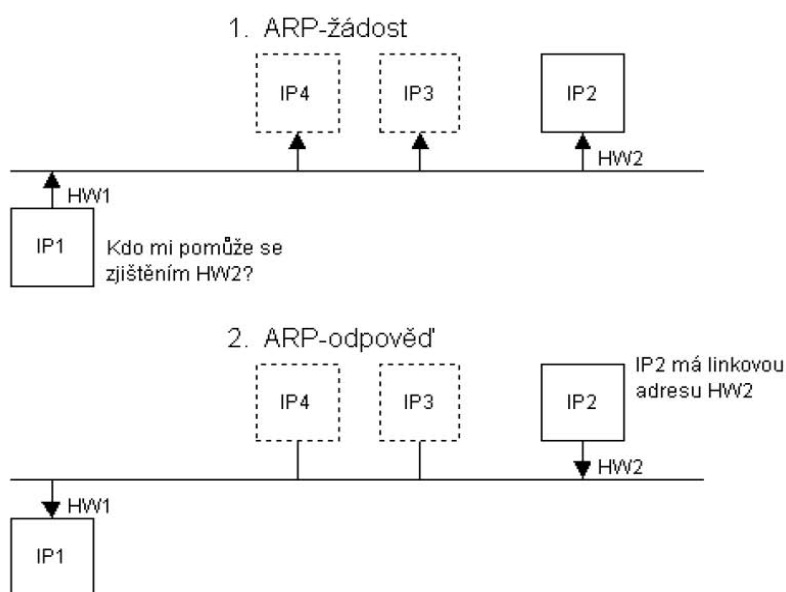
IP-záhlaví	Typ 1B	MRT 1B	Kont.součet 2B	IP-adresa ardr.oběžníku 4B
------------	-----------	-----------	-------------------	-------------------------------

- **Pole MRT** (*Maximum response time*) se používá pouze v dotazu směrovače a specifikuje v desetinách sekundy čas do kterého musí členové skupiny opakovat požadavky na členství ve skupině. Ve všech ostatních případech má pole MRT hodnotu 0.
- **Kontrolní součet** se počítá stejně jako u protokolu ICMP.

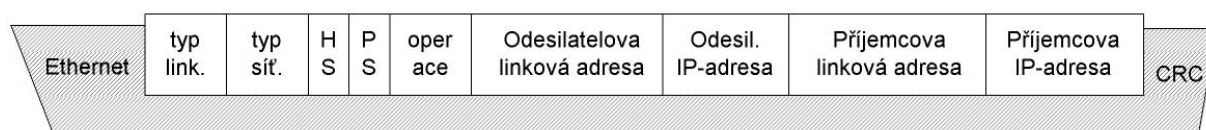
- **Pole IP-adresa** adresného oběžníku je nulové u všeobecného dotazu, v ostatních případech specifikuje konkrétní IP-adresu adresného oběžníku.

## 5.5 Protokol ARP

Protokol ARP (*Address Resolution Protocol*) řeší problém zjištění linkové adresy protějšší stanice ze znalosti její IP-adresy. Řešení je jednoduché, do LAN vyšle linkový oběžník (linková adresa FF:FF:FF:FF:FF:FF) s prosbou: „Já stanice o linkové adrese HW1, IP-adrese IP1, chci komunikovat se stanicí o IP-adrese IP2, kdo mi pomůže s nalezením linkové adresy stanice o IP-adrese IP2? Stanice IP2 takovou žádost uslyší a odpoví. V odpovědi uvede svou linkovou adresu HW2.



ARP-paket je balen přímo do Ethernetu, tj. nepředchází mu žádné IP-záhlaví. Protokol ARP je vlastně samostatný, na IP nezávislý protokol. Proto jej mohou používat i jiné protokoly, které s protokoly TCP/IP nemají nic společného.



Žádost je posílána linkovým oběžníkem a v poli příjemcova linková adresa má vyplněny nuly. Odpověď pak má již vyplněna všechny pole a nemusí být odesílána oběžníkem. Je třeba zdůraznit, že v odpovědi je odesílatelem dotazovaný a příjemce tazatel (došlo k výměně příjemce a odesílatele).

ARP cache můžeme vypsát příkazem:

```
D:\> arp -a
Interface: 194.149.104.121
Internet Address Physical ADDRESS Type
```

194.149.104.126 00-60-3e-1d-90-01 dynamic  
10.1.1.1 00-01-11-11-ff-08 static

V ARP cache mohou být položky získané ARP dotazem, ty jsou typu dynamic. Do ARP cache můžeme také zapsat položky explicitně příkazem arp. Takové položky jsou typu static. Rovněž je možné položky ARP cache příkazem arp rušit.

Příklad vložení statické položky:

D:\> arp -s 10.1.1.1 00-01-11-11-ff-08

Příklad zrušení položky

D:\> arp -d 10.1.1.1

Jak dlouho zůstávají dynamické položky v ARP cache? Tento interval je parametrem jádra operačního systému. Nejčastěji mají položky dobu života 20 minut.

## 5.6 RARP

Protokolem ARP je také možné odeslat žádost s vyplněnou IP-adresou odesílatele i příjemce a také s oběma vyplněnými linkovými adresami. Takovou žádost je možné chápat jako: „Neexistuje náhodou na LAN ještě jiná stanice, která používá stejnou IP-adresu jako já?“. V případě, že se obdrží odpověď, tak se uživateli signalizuje zpráva „*Duplicate IP address sent from Ethernet address xx:xx:xx:xx:xx:xx*“. To pochopitelně signalizuje chybu v konfiguraci jedné ze stanic používajících tuto adresu.

Zatímco protokol ARP slouží k překladu IP-adres na linkové adresy reverzní ARP označované jako RARP slouží k překladu linkové adresy na IP-adresu. Avšak proč takový překlad provádět?

Smysl protokolu RARP je u bezdiskových stanic. Bezdisková stanice (tenký klient) po svém zapnutí nezná nic jiného než svou linkovou adresu (tu má uloženu výrobcem v paměti ROM). Po svém zapnutí se potřebuje dozvědět svou IP-adresu. Proto do LAN vyšle oběžník s prosbou: „Já mám linkovou adresu HW1, kdo mi řekne, jakou mám IP-adresu“. Protokol RARP se v praxi téměř nepoužívá, nahradil jej protokol DHCP, který je komplexnější.

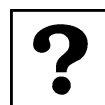
### Shrnutí

- Některé linkové protokoly jsou určeny pro dopravu dat v rámci lokální sítě, jiné linkové protokoly dopravují data mezi sousedními směrovači rozsáhlé sítě. IP-protokol na rozdíl od linkových protokolů dopravuje data mezi dvěma libovolnými počítači v Internetu, tj. i přes mnohé LAN.
- Data jsou od odesílatele k příjemci dopravována (směrována) přes směrovače (*router*). Na cestě od odesílatele k příjemci se může vyskytnout celá řada směrovačů. Každý směrovač řeší samostatně směrování k následujícímu směrovači. Data jsou tak předávána od směrovače k směrovači.



- IP-protokol je protokol, umožňující spojit jednotlivé lokální sítě do celosvětového Internetu. Od protokolu IP dostal také Internet své jméno.
- IP-protokol je tvořen několika dílčími protokoly: vlastním protokolem IP, služebním protokolem ICMP, služebním protokolem IGMP, služebními protokoly ARP a RARP.
- IP-datagram se skládá ze záhlaví a přenášených dat.
- Protokol ICMP je služební protokol, který je součástí IP-protokolu. Protokol ICMP slouží k signalizaci mimořádných událostí v sítích postavených na IP-protokolu.
- Protokol IGMP je podobně jako protokol ICMP služebním protokolem (podmnožinou) protokolu IP. Pakety IGMP-protokolu jsou baleny do IP-datagramů.
- Protokol ARP (*Address Resolution Protocol*) řeší problém zjištění linkové adresy protější stanice ze znalosti její IP-adresy.
- Protokolem ARP je také možné odeslat žádost s vyplněnou IP-adresou odesílatele i příjemce a také s oběma vyplněnými linkovými adresami.

## Kontrolní otázky a úkoly



1. Uveďte, kterými dílčími protokoly je tvořen IP protokol.
2. Popište, z jakých složek se skládá IP-datagram.
3. Popište služební protokol ICMP.
4. Popište služební protokol IGMP.
5. Vysvětlete, jaký řeší problém protokol ARP.
6. Popište protokol RARP a vysvětlete jeho účel.

## Pojmy k zapamatování



IP protokol, IP-datagram, ICMP protokol, IGMP protokol, protokol ARP, protokol RARP.

## Literatura



KLEMENT, Milan. *Úvod do problematiky počítačových sítí*. 1. vydání. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2015. 64 stran. Studijní opora. ISBN 978-80-244-4570-0.

JANČÍKOVÁ, Zora a FRISCHER, Robert. *The basics of computer networks* [CD-ROM]. 1. vydání. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3713-0.

RUKOVANSKÝ, Imrich et al. *Počítačové sítě* [CD-ROM]. 3. aktualizované vydání. Kunovice: Evropský polytechnický institut, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-7314-336-7.

KABELOVÁ, Alena a DOSTÁLEK, Libor. *Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS*. 5., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2008. 488 s. ISBN 978-80-251-2236-5.

## Průvodce studiem



Společně jsme dospěli k závěru kapitoly i celé disciplíny. Víme, že jste studiu věnovali hodně úsilí a trpělivosti. Odměnou Vám však může být to, že jste se obohatili o nové informace a poznatky, které jistě využijete ve svém osobním a pracovním životě.

Jak jste asi poznali, počítačové sítě - to není jen Internet a surfování webovými stránkami. Problematika počítačových sítí je značně široká a provázanější a proto se budeme tímto tématem zabývat i v další disciplíně.

KATALOGIZACE V KNIZE - NÁRODNÍ KNIHOVNA ČR

Klement, Milan, 1974-

Technologie počítačových sítí - úvod do problematiky počítačových sítí / Milan Klement. -- Olomouc : Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta, 2019. -- 1 online zdroj  
Obsahuje bibliografie

ISBN 978-80-244-5580-8 (online ; pdf)

\* 004.7 \* (07)

– počítačové sítě

– učební texty

004.7 - Počítačové sítě [23]

37.016 - Učební osnovy. Vyučovací předměty. Učebnice [22]

**Recenzenti:** doc. RNDr. Petr Šaloun, Ph.D.  
Mgr. Květoslav Bártek, Ph.D.  
Ing. Jiří Štencel

Neoprávněné užití tohoto díla je porušením autorských práv a může zakládat občanskoprávní, správněprávní, popř. trestněprávní odpovědnost.

2., aktualizované vydání

© Milan Klement, 2019

© Univerzita Palackého v Olomouci, 2019

ISBN 978-80-244-5580-8 (online, pdf)

# **Technologie počítačových sítí – úvod do problematiky počítačových sítí**

**doc. PhDr. Milan Klement, Ph.D.**

Výkonný redaktor doc. PhDr. Vojtech Regec, Ph.D.

Odpovědný redaktor Mgr. Tereza Vintrová

Technická redakce doc. PhDr. Milan Klement, Ph.D.

Návrh a grafické zpracování obálky Lenka Wünschová

Vydala Univerzita Palackého v Olomouci

Křížkovského 8, 771 47 Olomouc

[www.vydavatelstvi.upol.cz](http://www.vydavatelstvi.upol.cz)

[www.e-shop.upol.cz](http://www.e-shop.upol.cz)

[vup@upol.cz](mailto:vup@upol.cz)

2., aktualizované vydání

Olomouc 2019

ISBN 978-80-244-5580-8 (online, pdf)

VUP 2019/0298