



VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA  
TECHNICKÉ INFORMAČNÍCH  
V BRNĚ TECHNOLOGIÍ



# 1

## Počítačové sítě a Internet IPK/2021L

# Obsah

- . Internet
- . Komunikace
- . Připojení k Internetu
- . Páteří síť
- . Struktura Internetu
- . Model TCP/IP

INTERNET

# Internet



internet

/ˈɪntənɛt/

*noun*

a global computer network providing a variety of information and communication facilities, consisting of interconnected networks using standardized communication protocols.

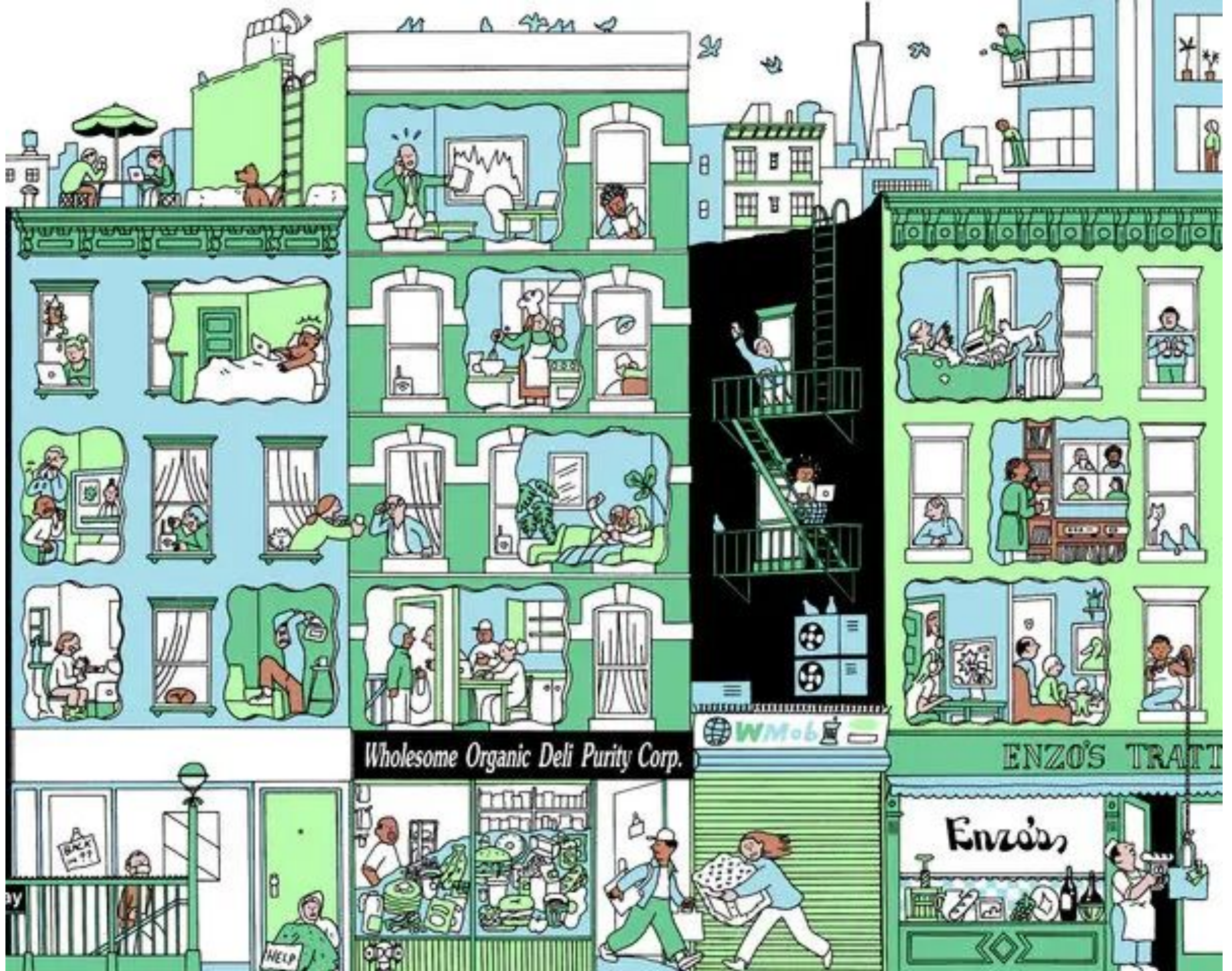
"the guide is also available **on the internet**"

Definitions from Oxford Languages

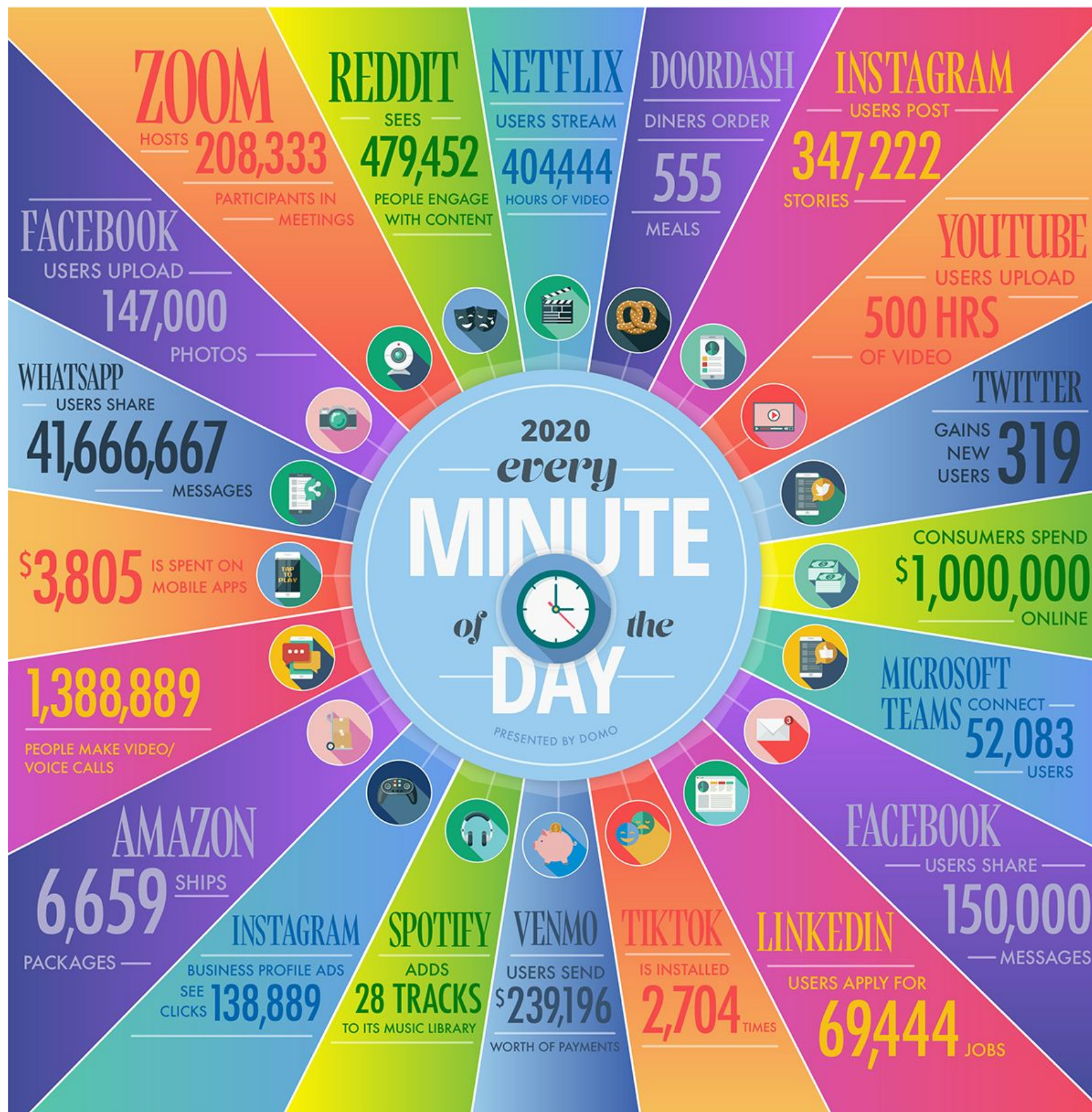
*Feedback*

















KOMUNIKACE

# Přenos dat



Source



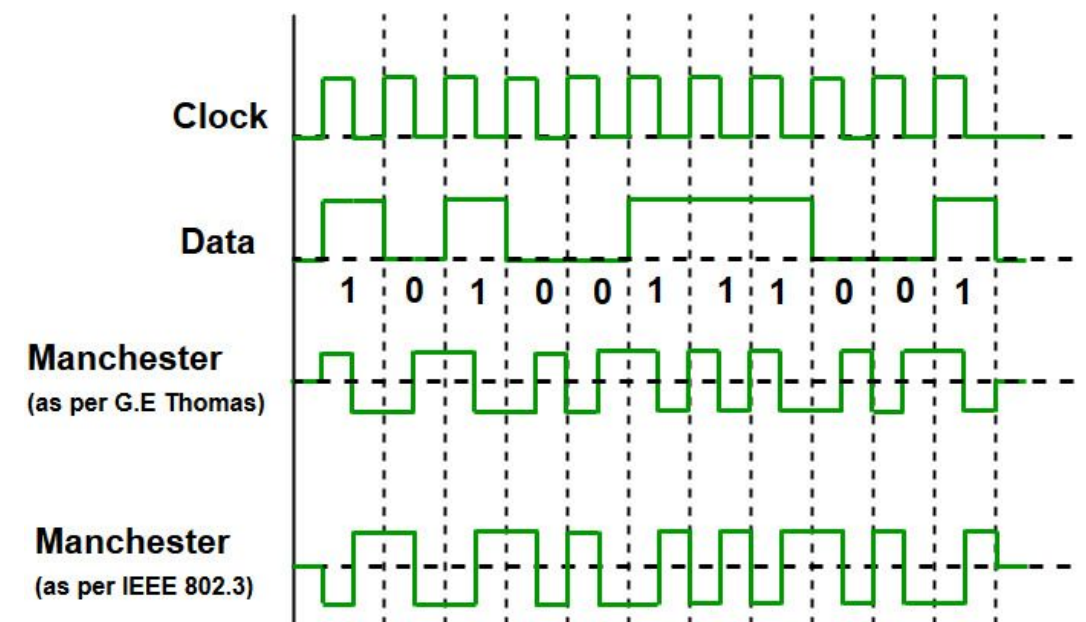
Destination



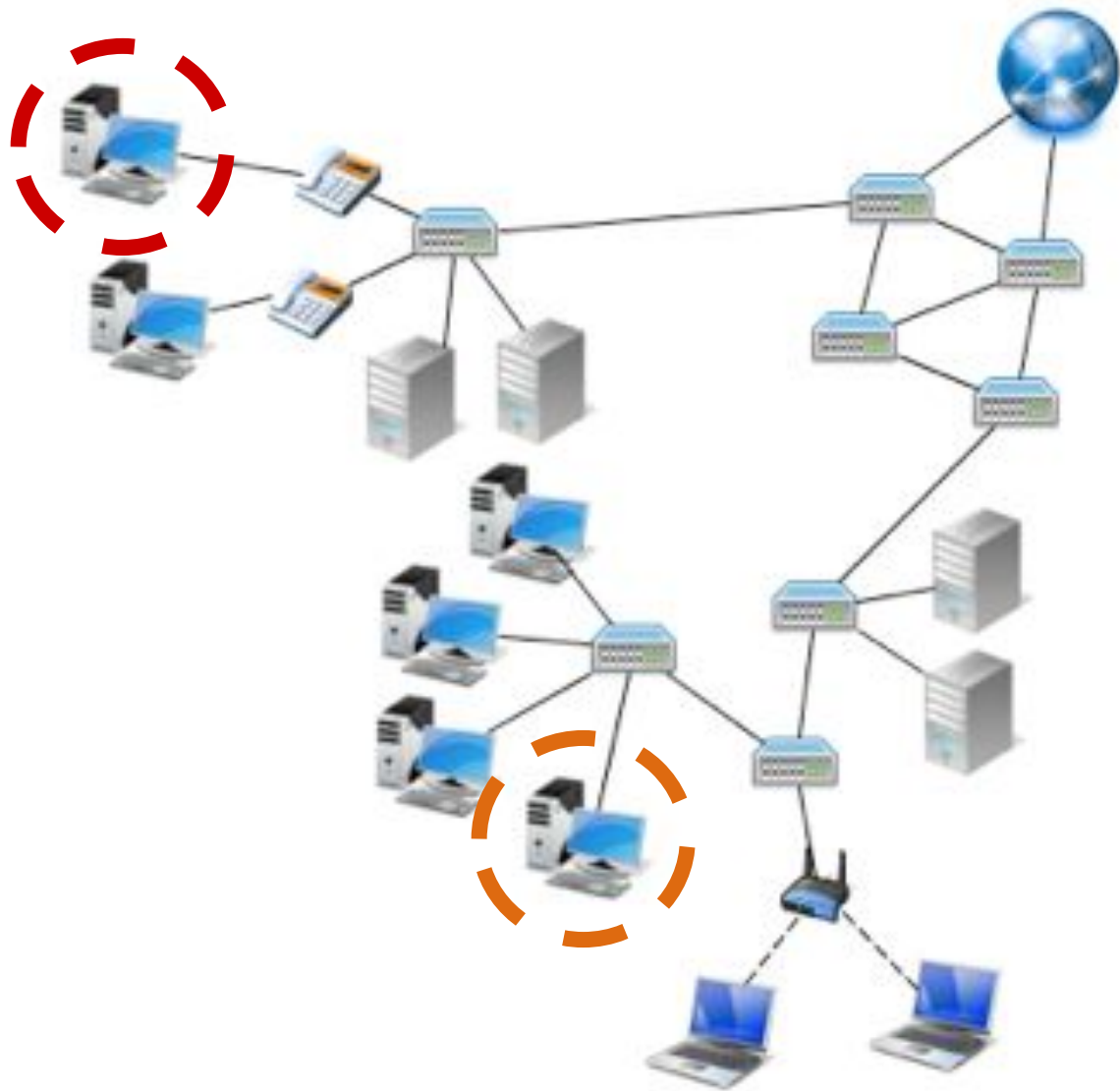
# Přenos dat



- Jak reprezentovat zprávy?  
**FORMÁT DAT**
- Jak přenést zprávy po médiu?  
**KÓDOVÁNÍ DAT**
- Jak zajistit správný přenos?  
**DETEKCE CHYB**



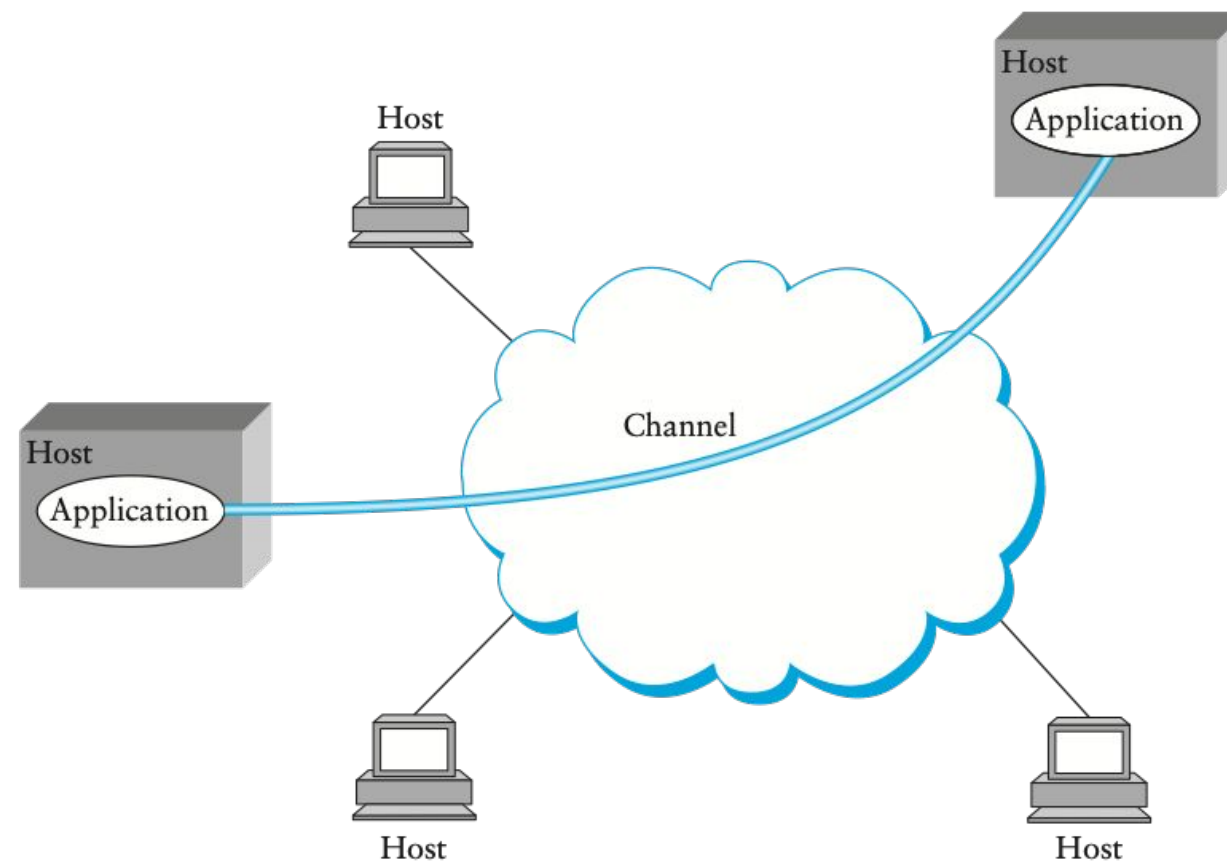
# Komunikace - zařízení



- Jak identifikovat cílové zařízení?  
**ADRESOVÁNÍ**
- Jak nalézt cestu k cílovému zařízení?  
**SMĚROVÁNÍ**
- Jak dostat data na cílové zařízení?  
**PŘEPÍNÁNÍ**



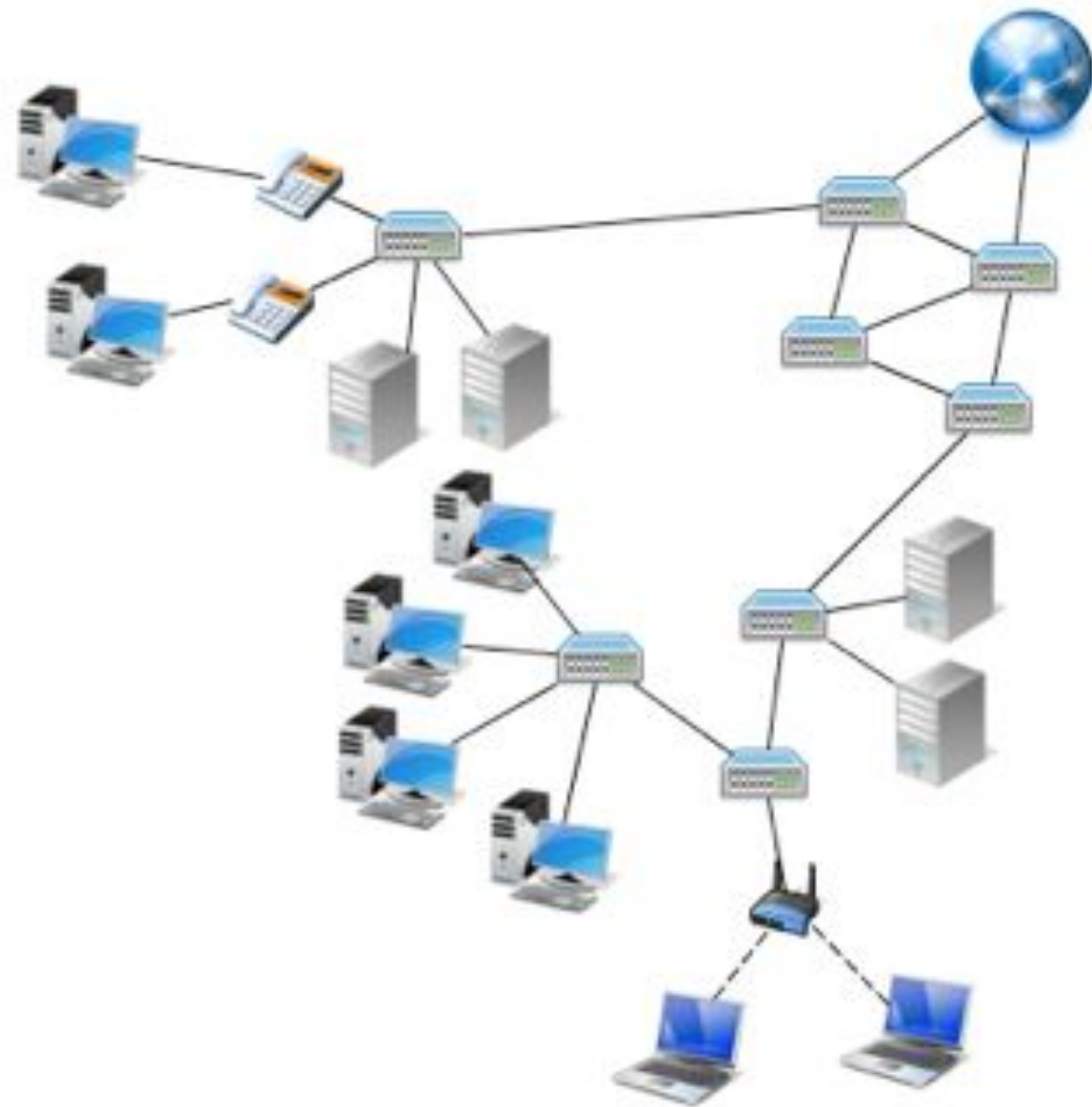
# Komunikace - aplikace



- Jak zajistit spolehlivý přenos dat?
- Jak efektivně využívat dostupných zdrojů?
- Jak řídit (rychlost) komunikace mezi aplikace?

# Síťová architektura

Application programs
Process-to-process channels
Host-to-host connectivity
Hardware





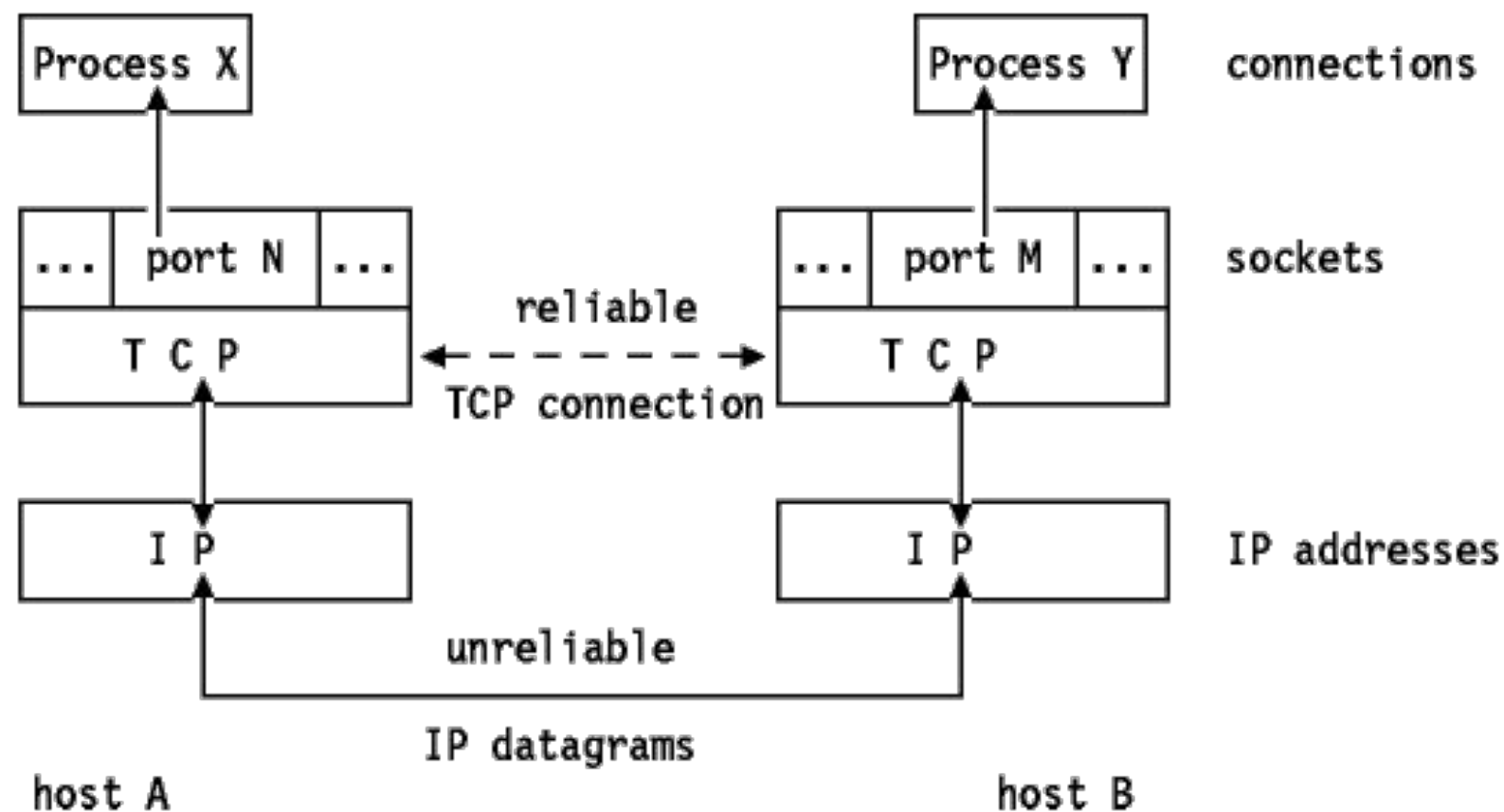
# Spolehlivá komunikace

**Ztráta**

**Zpoždění**

**Poškození dat**

**Změna pořadí zpráv**



Připojení k ISP



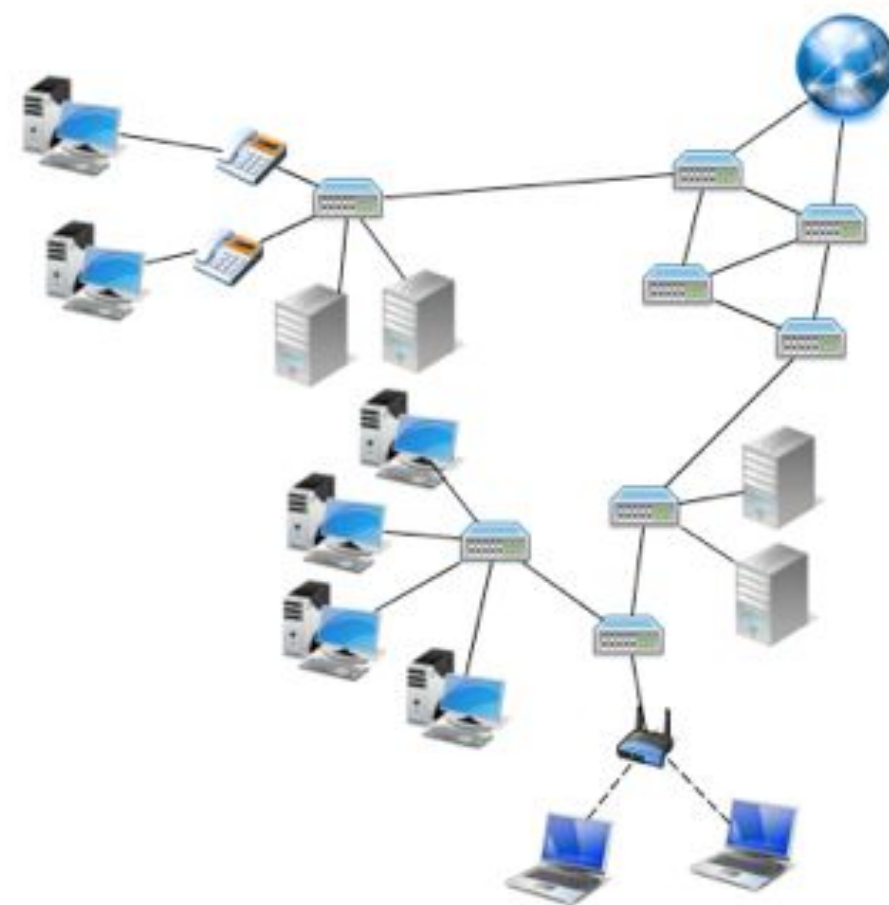
# Typ připojení

## TYP

- sítě pro přístup domácností
- sítě pro přístup institucí (školy, firmy)
- sítě pro mobilní přístup

## KRITÉRIA

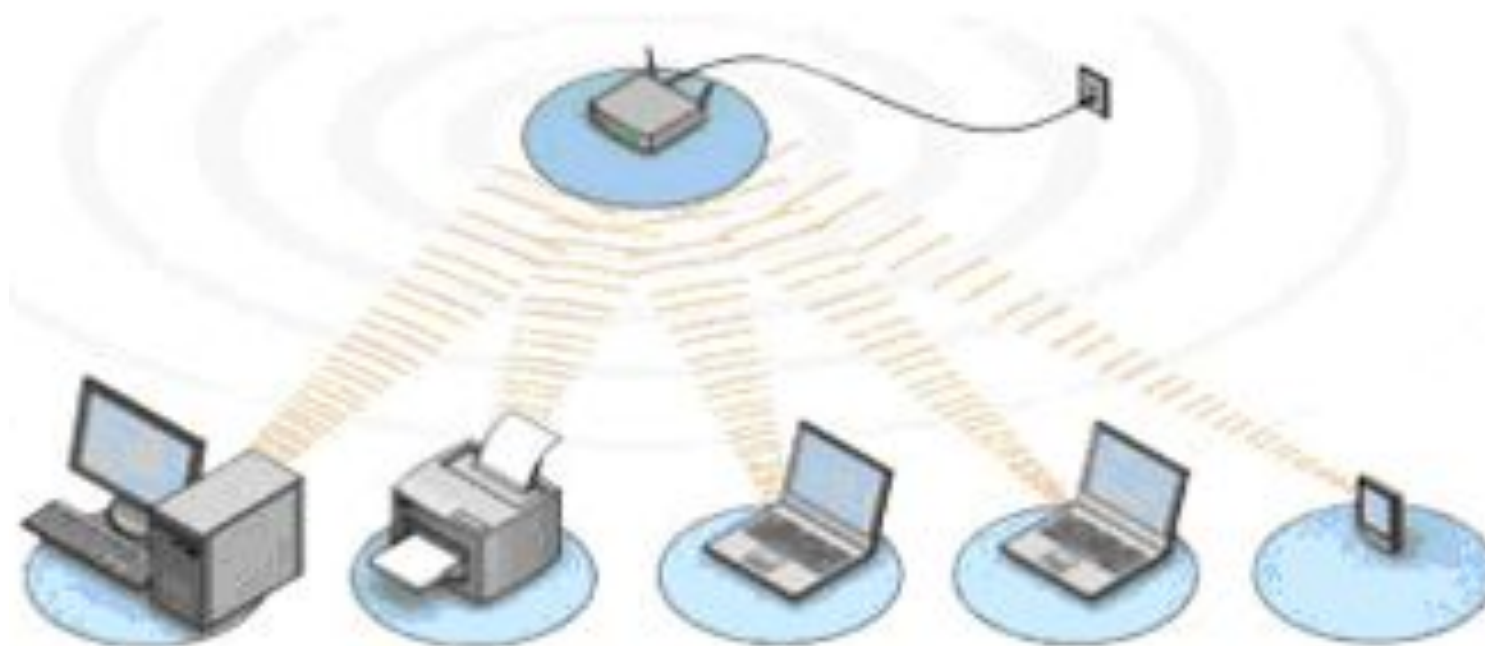
- šířka pásma (bps) přístupové sítě
- sdílená nebo vyhrazená
- cena



# Domácí síť

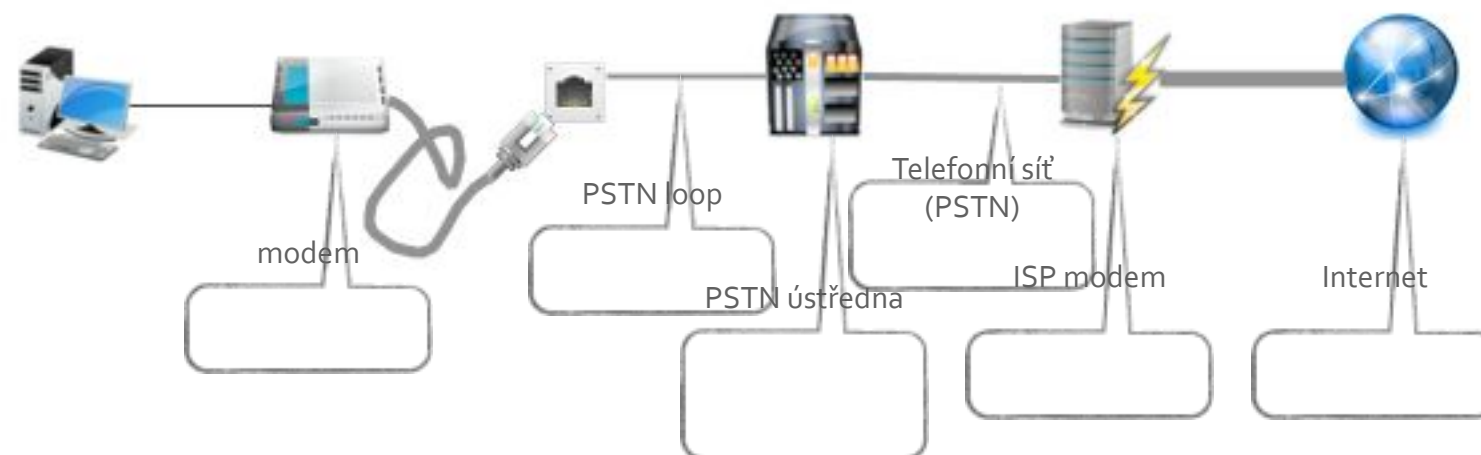
## SOHO Router

- Připojení domácnosti přes ADSL, kabelový modem, FTTH, bezdrátové pojítka
- Směrovač/firewall/NAT
- Ethernet
- Bezdrátový přístupový bod



# Modem

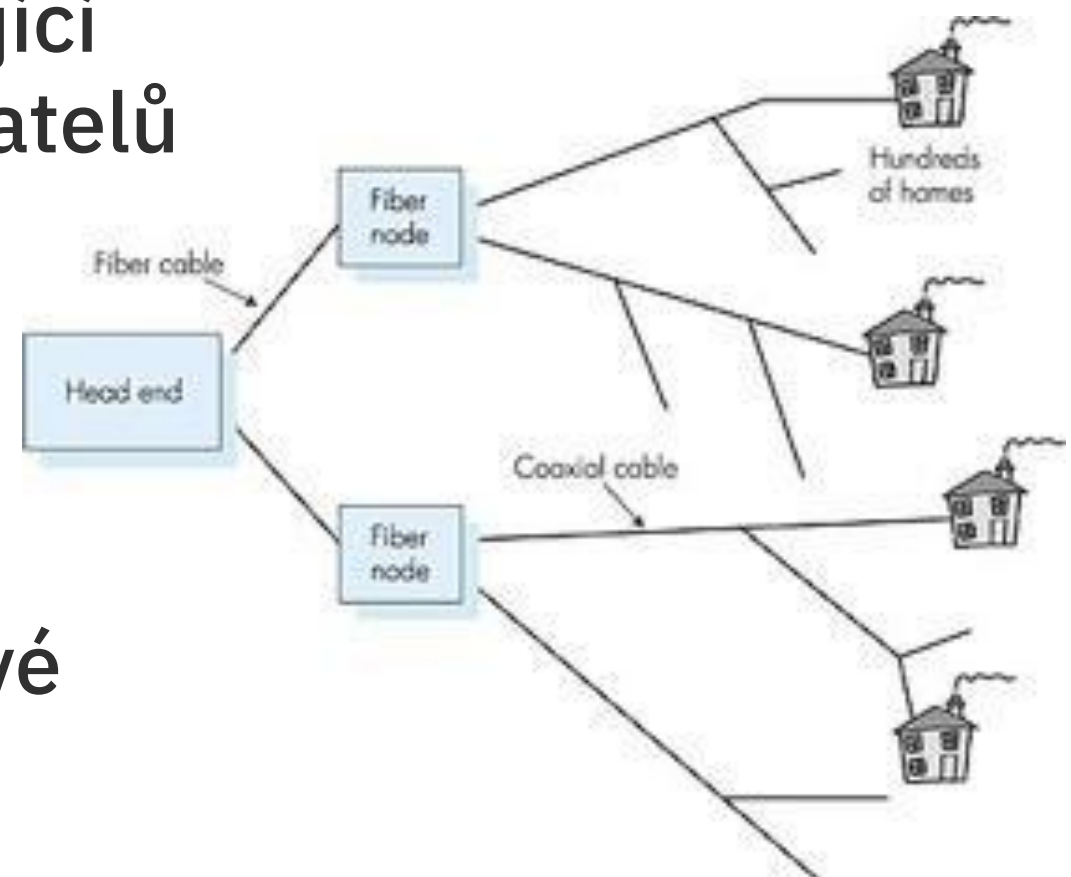
- V devadesátých letech nejrozšířenější připojení
- V roce 2008 ještě 10% uživatelů v USA
- Až 56Kbps přístup ke směrovači (občas méně)
- Nemohu používat internet a zároveň telefonovat (řeší až ISDN)
- Komunikační linku poskytuje Telco



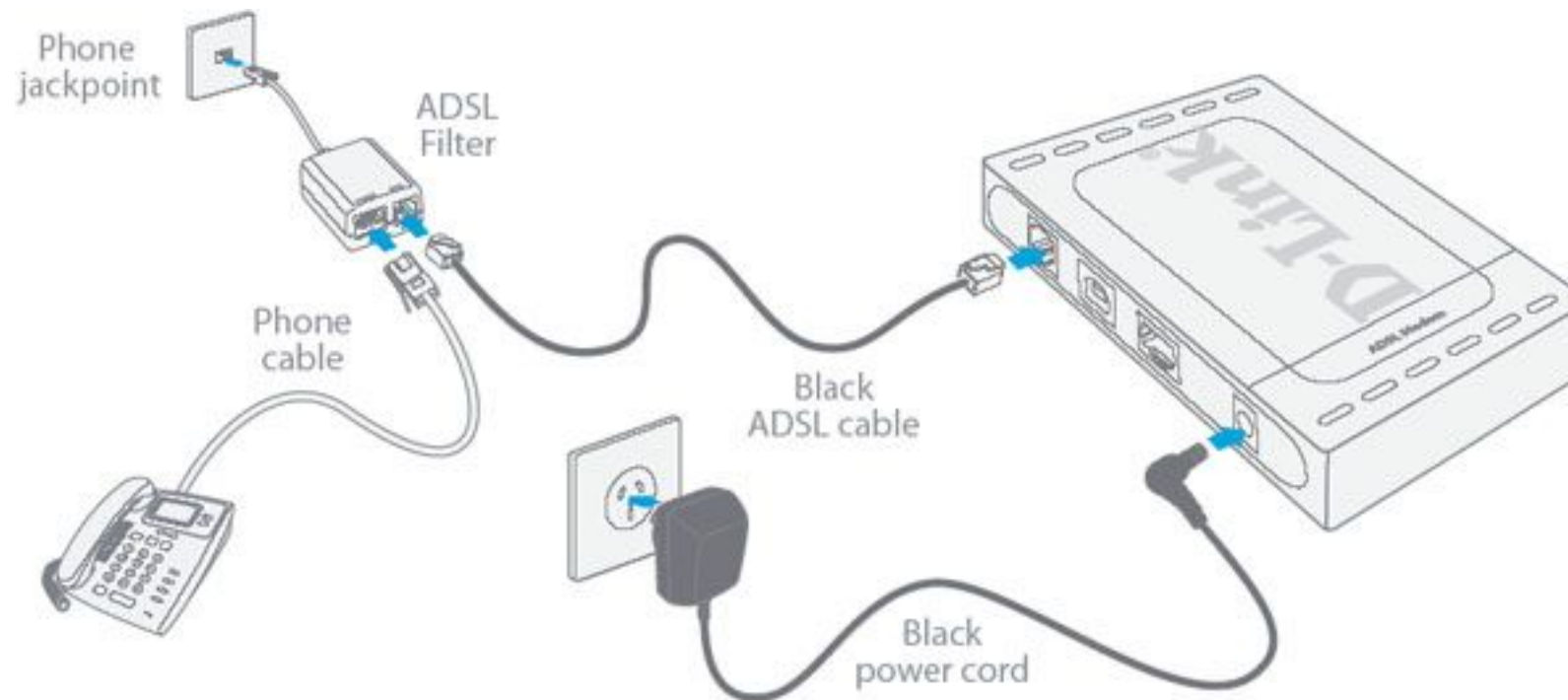
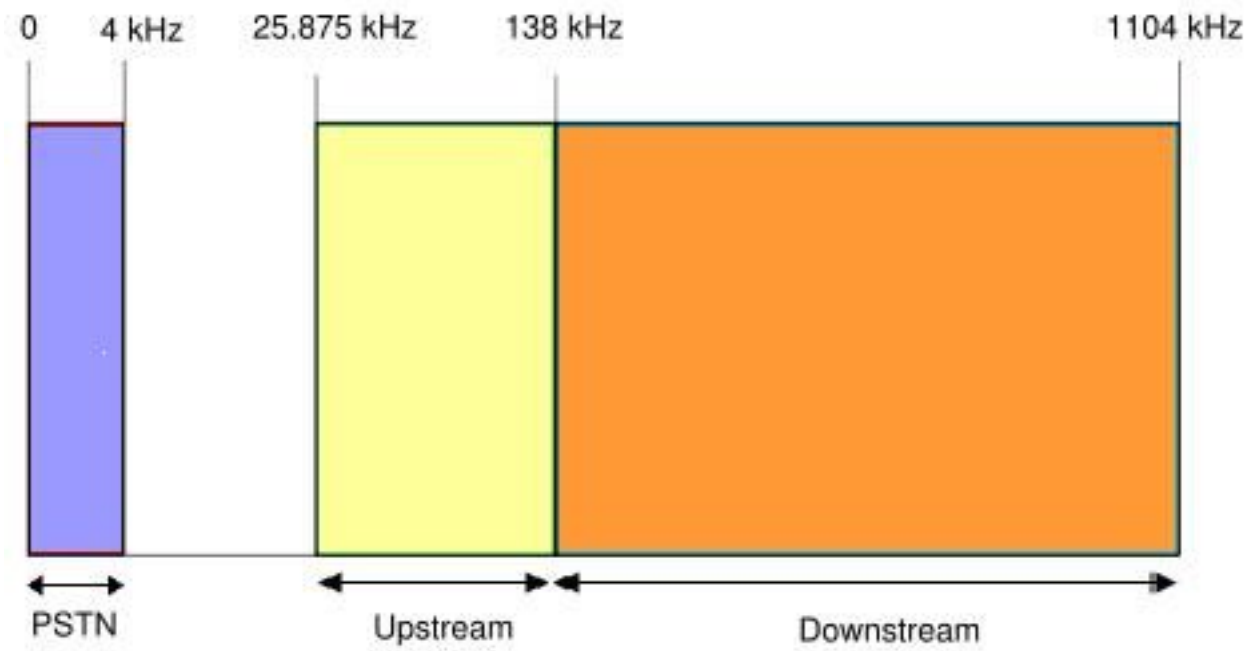


# Kabelové modemy

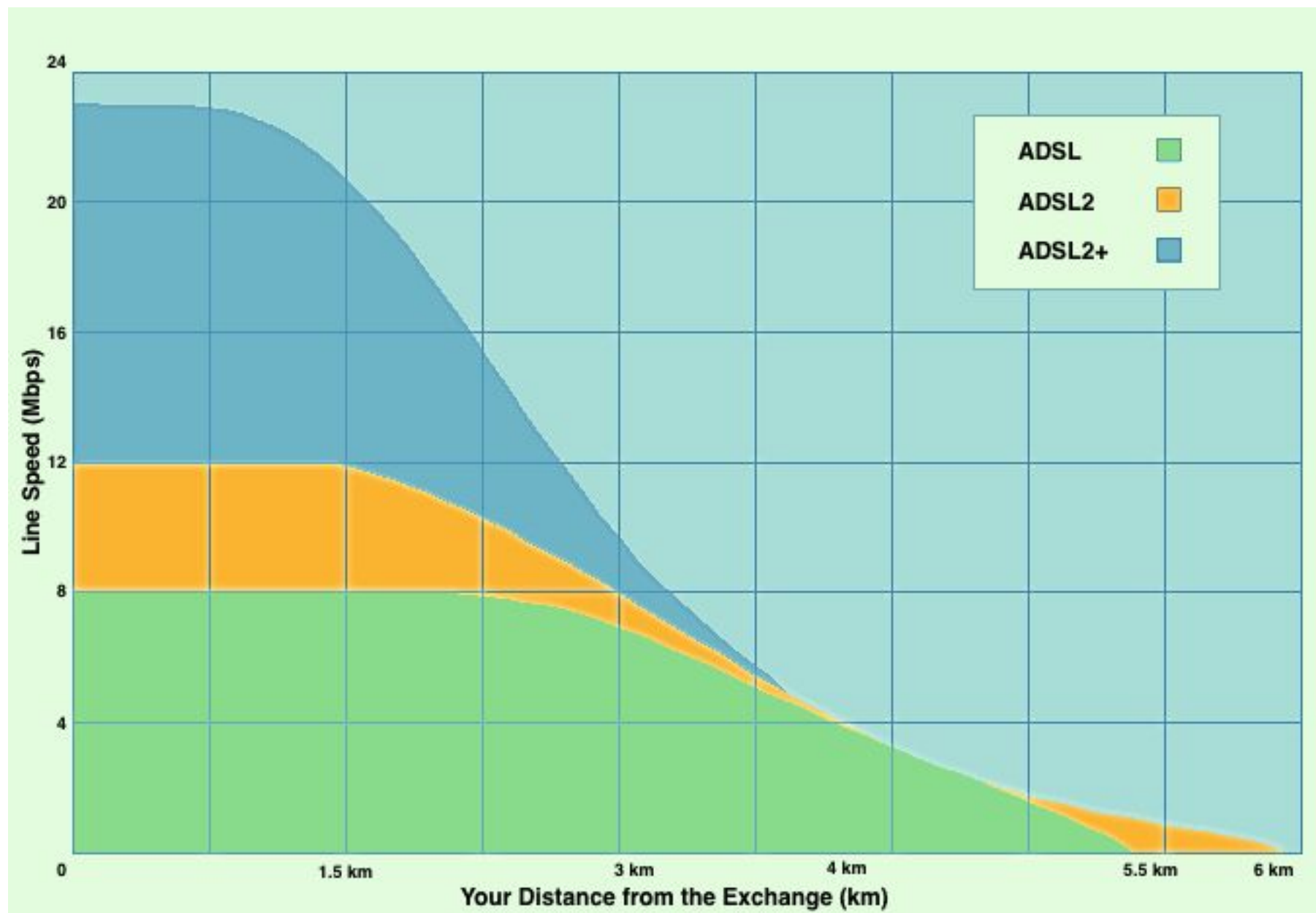
- HFC: hybrid fiber coax
- Asymetrický: až 30Mbps příchozí datový tok, 2 Mbps odchozí datový tok
- Síť kabelů a optických vláken spojující domácnosti se směrovači poskytovatelů (provider) internetu
- Sdílený přístup k celému médiu
- Problém: zahlcení, dimenzování
- Dostupné od poskytovatelů kabelové televize
- Potřeba kabelového modemu



# ADSL

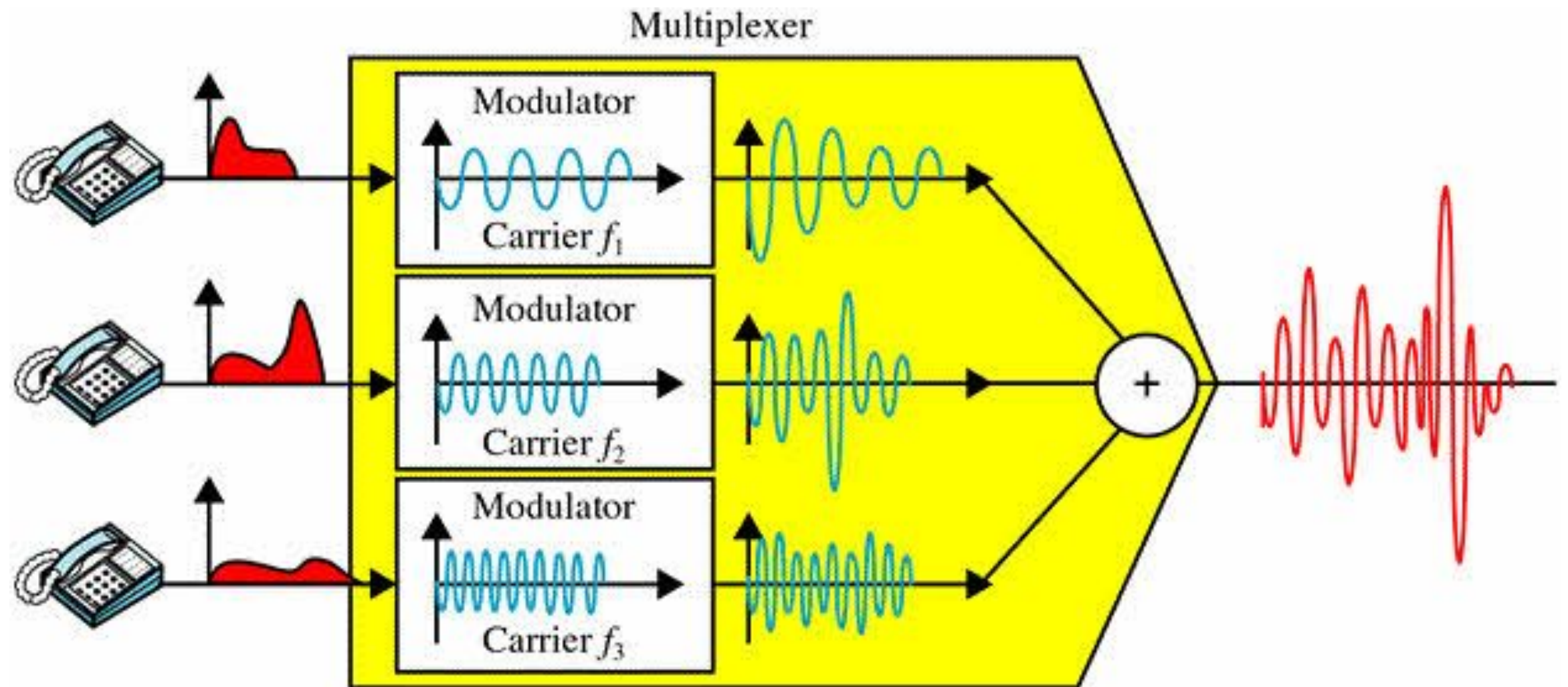


# ADSL Speed





# FDM



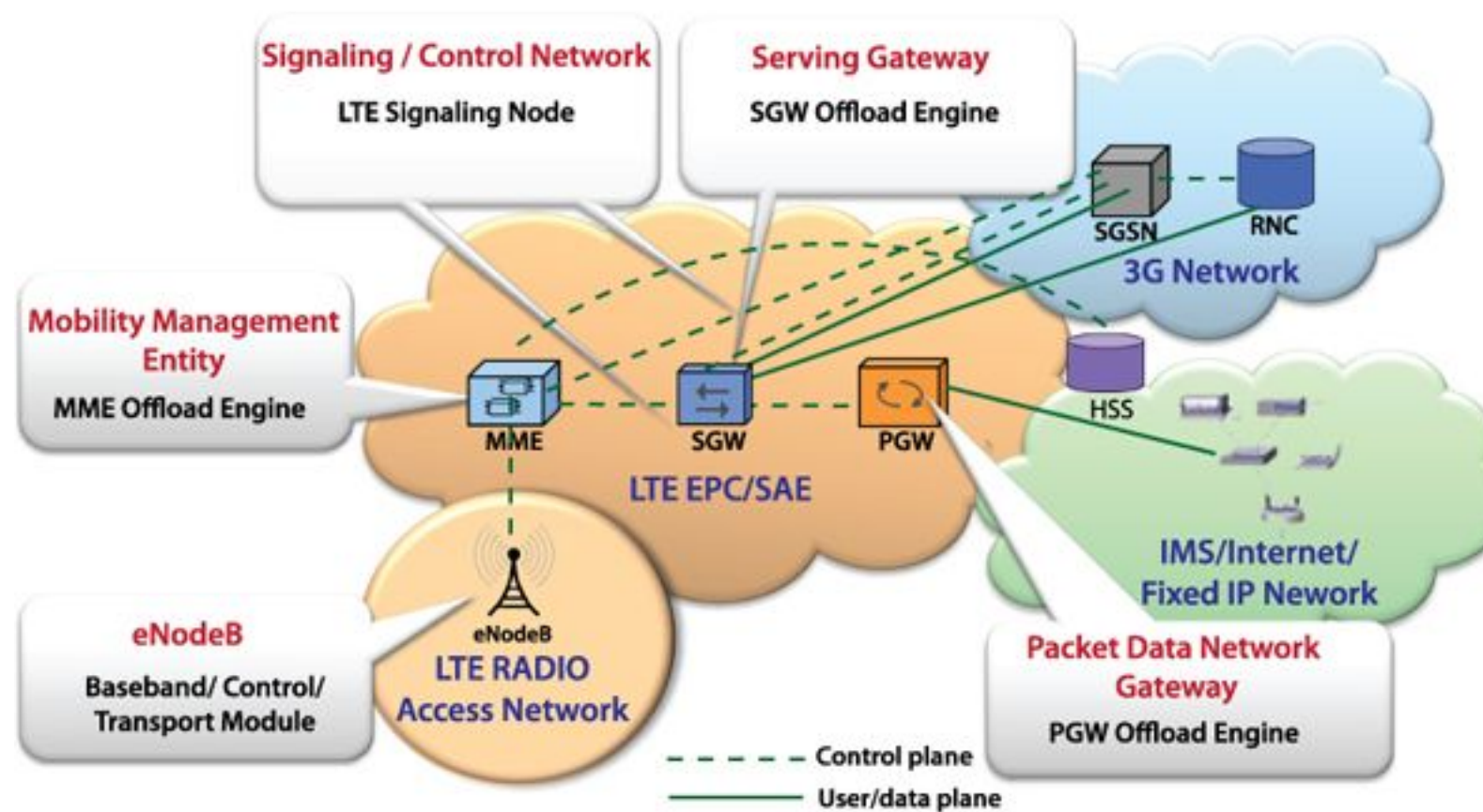
# Bezdrátové připojení

## Wireless ISP



Base Station with 3 Sector Panel + Backhaul

# LTE Internet





# Mobilní sítě

**Table 11.1** Characteristics of Different Cellular Networks

	2.5G		3G		3.5G		4G
	<i>EDGE</i>	<i>cdma2000</i>	<i>UMTS</i> <sup>1</sup>	<i>EV-DO</i> <sup>2</sup>	<i>HSDPA</i>	<i>EV-DV</i>	<i>LTE</i>
Channel bandwidth (MHz)	0.2	1.25	5	1.25	5, 10	1.25, 3.75	5, 10, 15, 20
Duplexing	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD	FDD/TDD
Multiplexing	TDMA	TDMA	WCDMA	TD-CDMA	WCDMA	TD-CDMA	OFDM/ SCFDMA
Modulation	GMSK/8PSK	GMSK/8PSK	QPSK	QPSK/8PSK /16QAM	QPSK/ 16QAM	QPSK/8PSK /16QAM	QPSK/ 16QAM/ 64QAM
Coding	C	CTC	CTC	CTC	CTC	CTC	CTC
Maximum data rate	(UL) 0.04	(UL) 0.05	(UL) 0.14	(UL) 1.8	(UL) 2	(UL) 1	(UL) 50
(Mbps)	(DL) 0.18	(DL) 0.38	(DL) 0.38	(DL) 3.1	(DL) 7.2	(DL) 3-5	(DL) 100 <sup>3</sup>

1: Universal Mobile Telecommunications Systems R99

2: Evolution data optimized (EV-DO) REV A

3: No MIMO

GMSK: Gaussian minimum shift keying

QPSK: Quadrature phase shift keying

QAM: Quadrature amplitude modulation

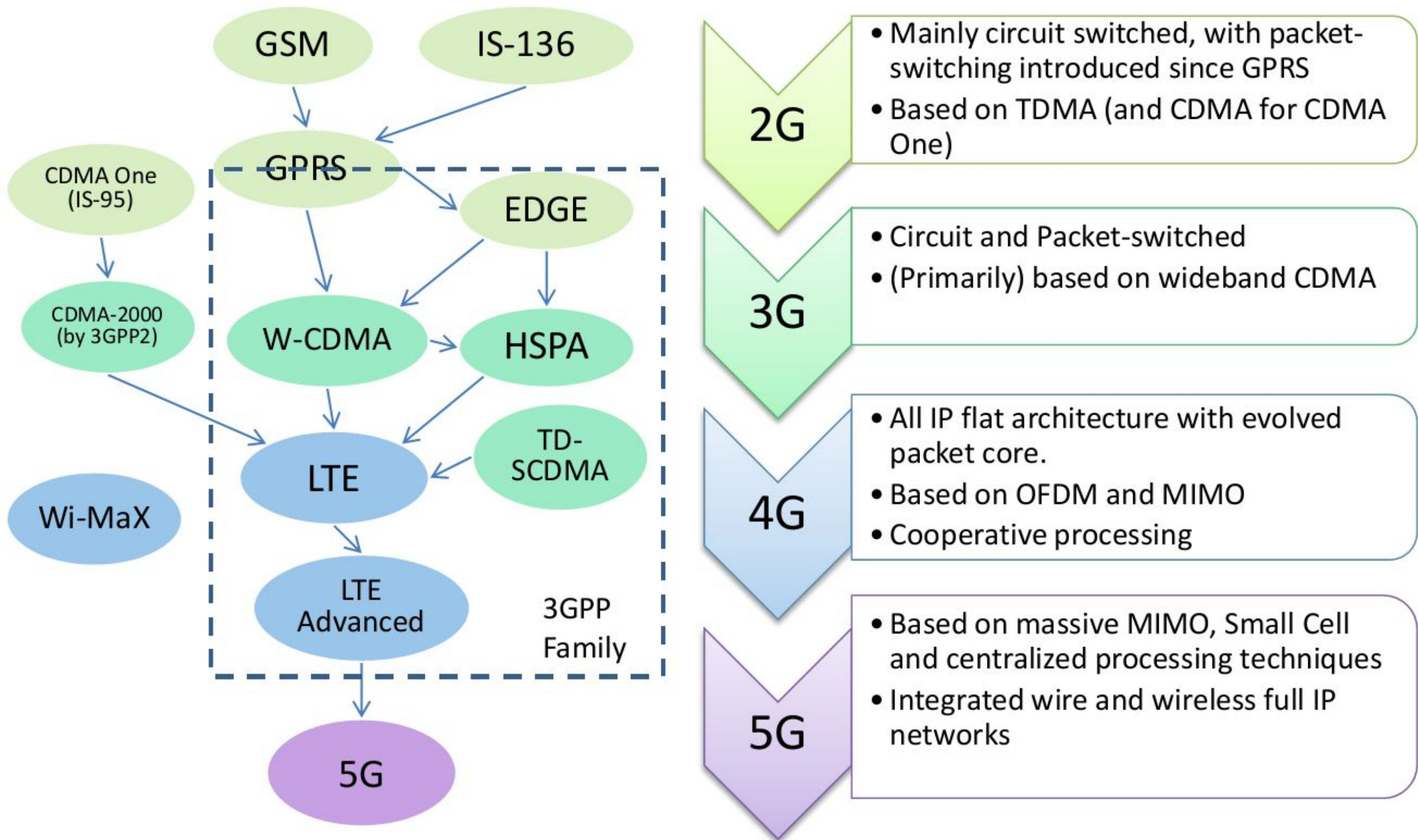
TD-CDMA: Time division-synchronous CDMA

OFDMA: Orthogonal frequency division multiple access

SC-FDMA: Single carrier frequency division multiple access

CTC: Convolutional/Turbo coding

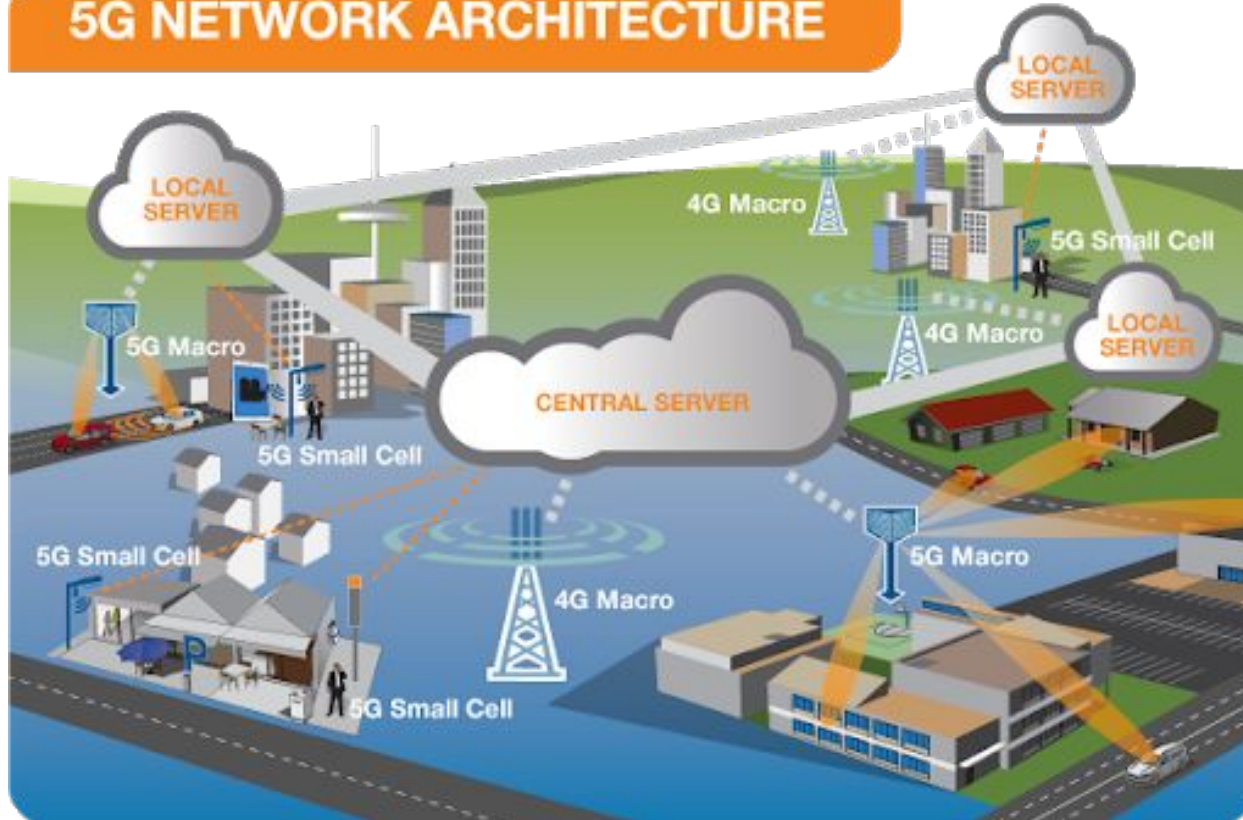
# GSM Evolve



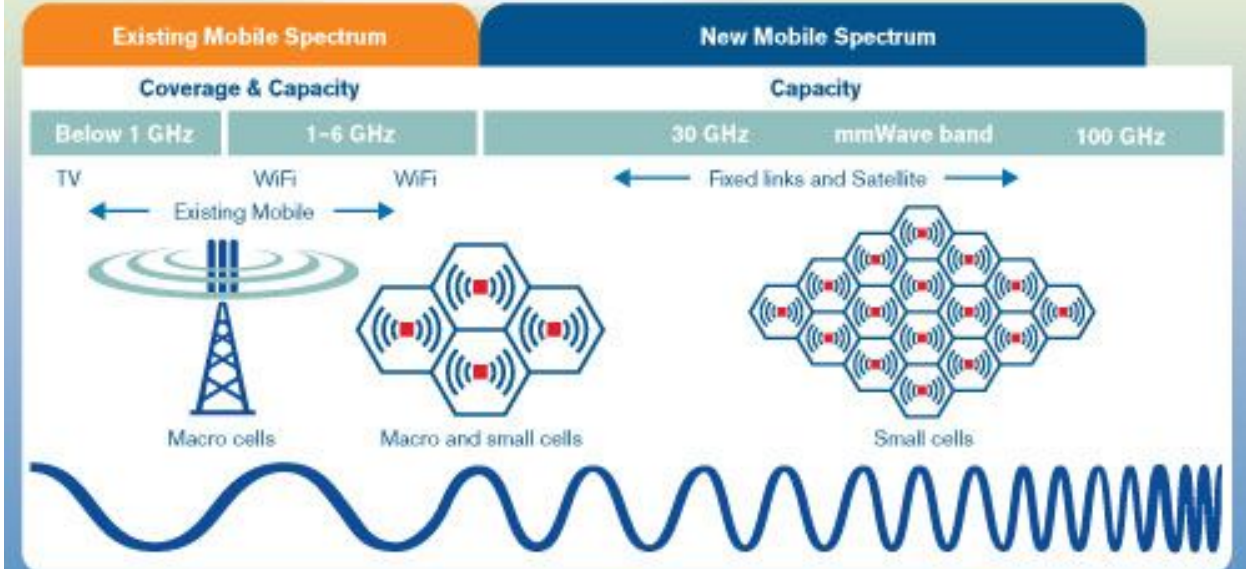


# 5G síť

## 5G NETWORK ARCHITECTURE



## 5G SPECTRUM



Zdroj: <http://www.emfexplained.info/?ID=25916>

Current  
(4G)

Antenna for  
4<sup>th</sup>-generation  
base stations



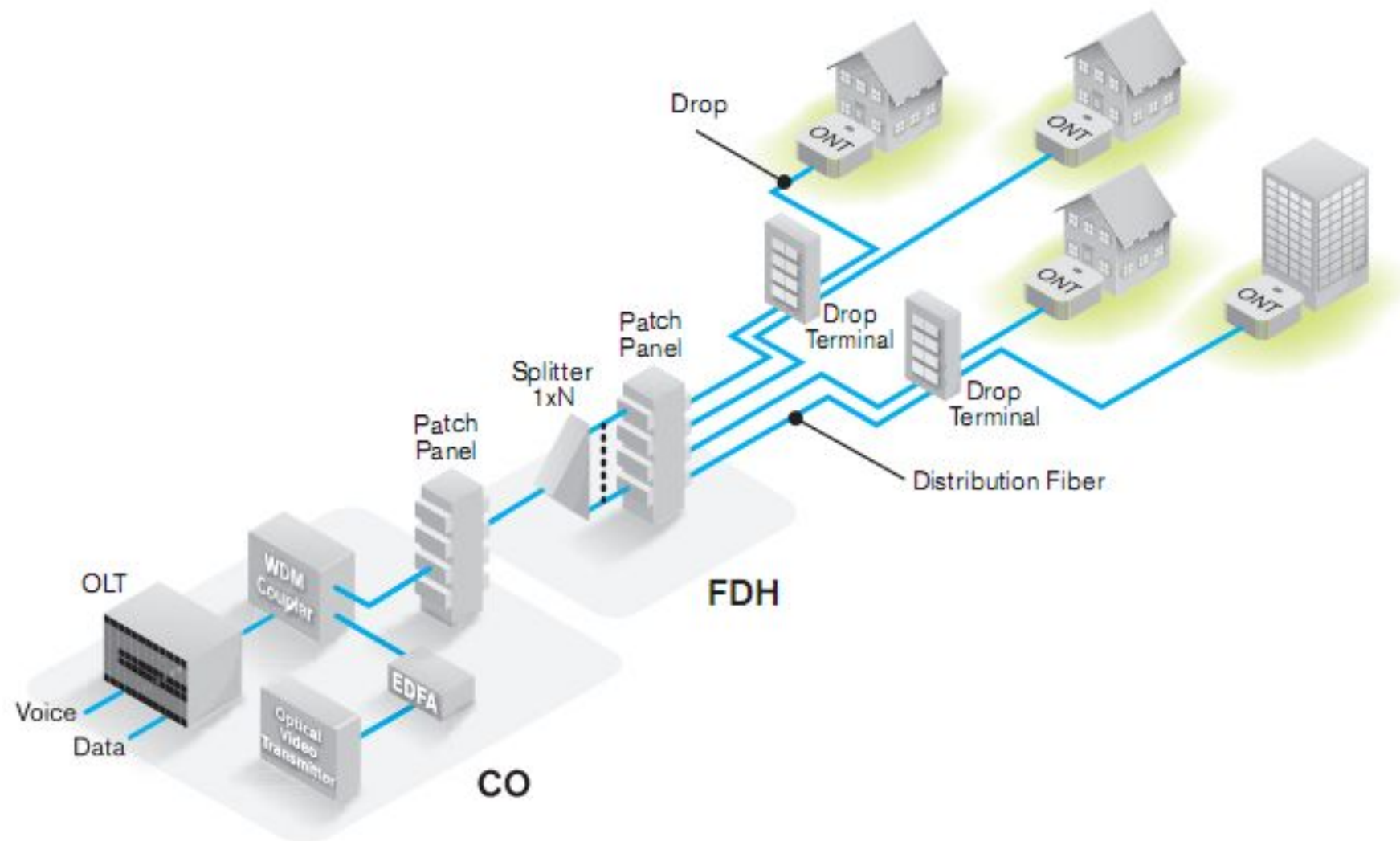
New  
(5G)

Massive APAA for  
5<sup>th</sup>-generation  
base stations



Zdroj: <https://www.ni.com/cs-cz/innovations/white-papers/14/5g-massive-mimo-testbed--from-theory-to-reality--.html>

# Fiber to the Home

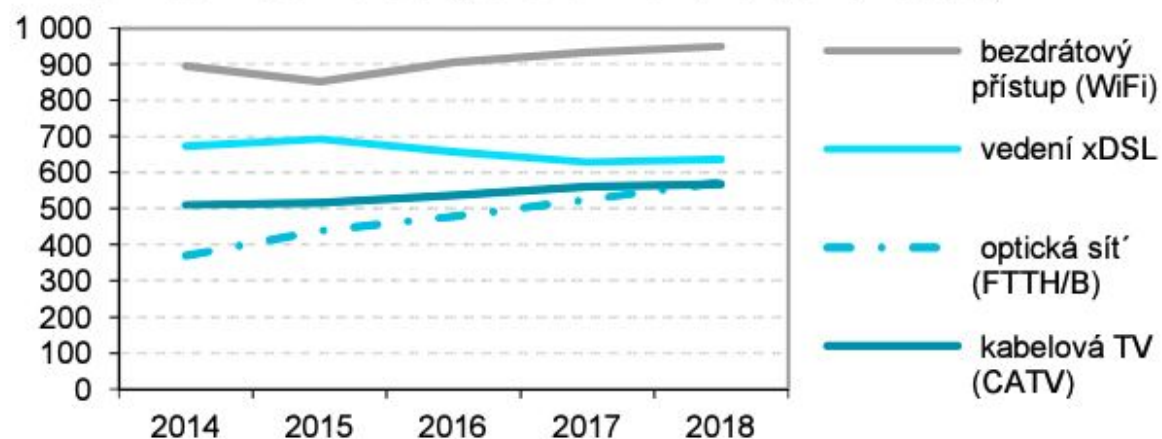




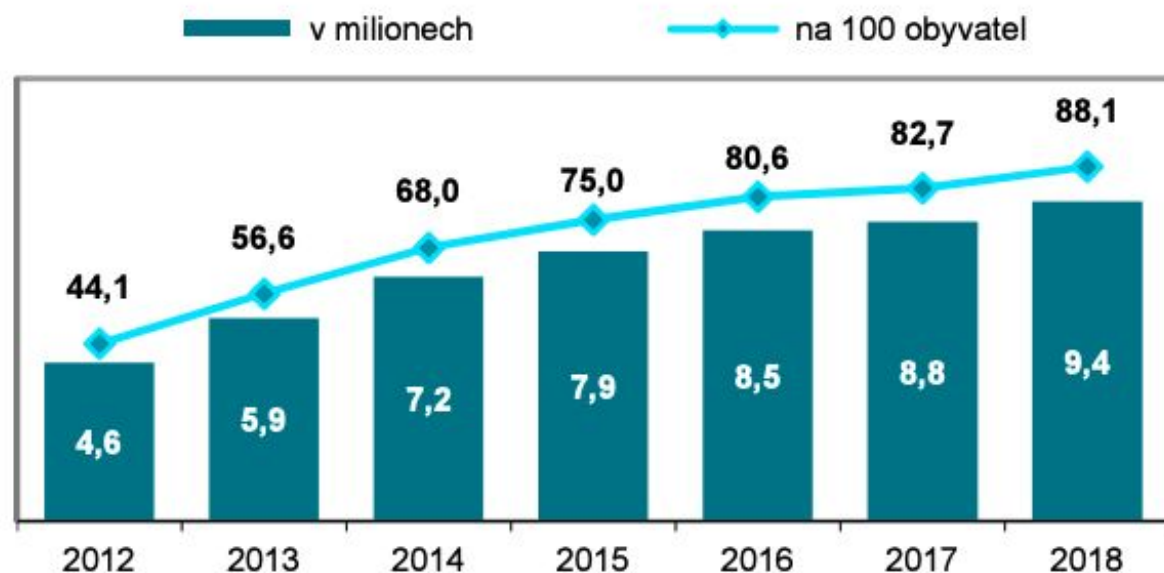
# Jak jsme na tom?

<https://www.czso.cz/csu/czso/informacni-spolecnost-v-cislech-2020>

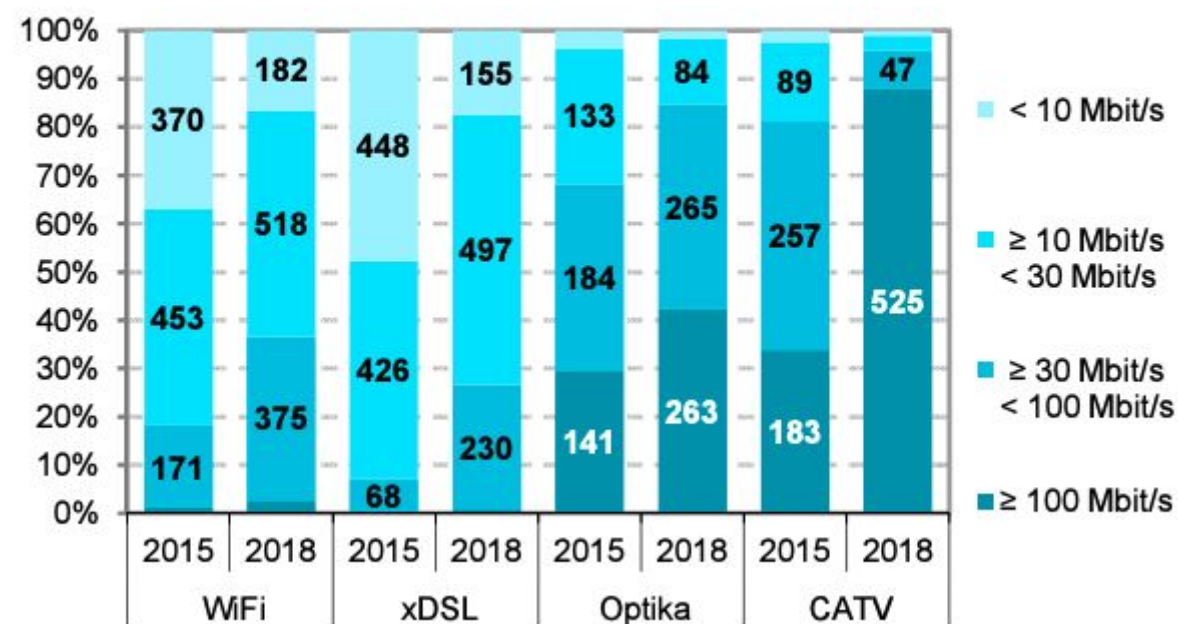
**Graf A19 Připojení používané domácnostmi pro přístup k internetu v pevné síti (tis. aktivních přípojek/přístupů)**



**Graf A26 Internet v mobilní síti - počet účastníků**

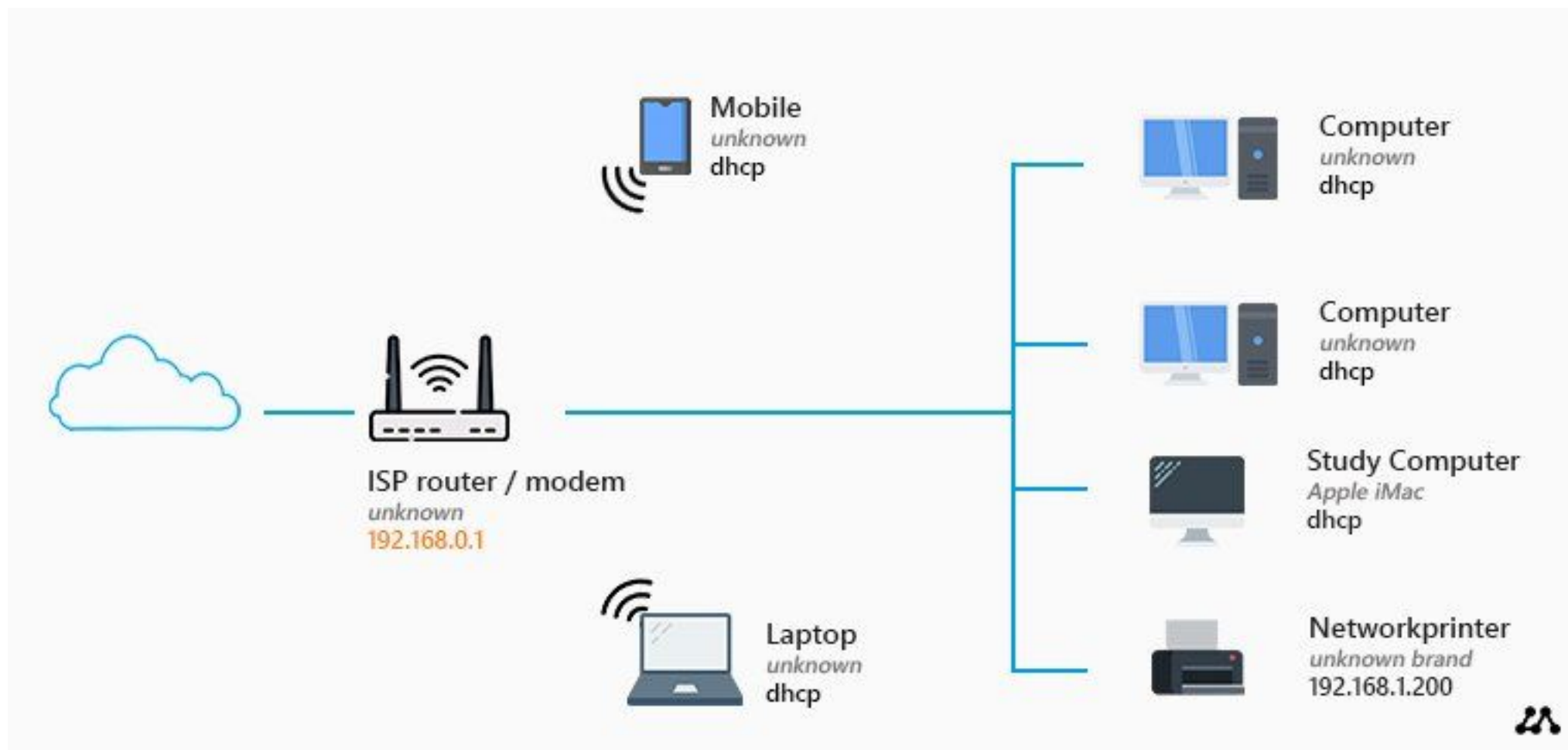


**Graf A23 Nabízená rychlost připojení k internetu v pevné síti vybraných technologií (tis. aktivních přípojek/přístupů; %)**



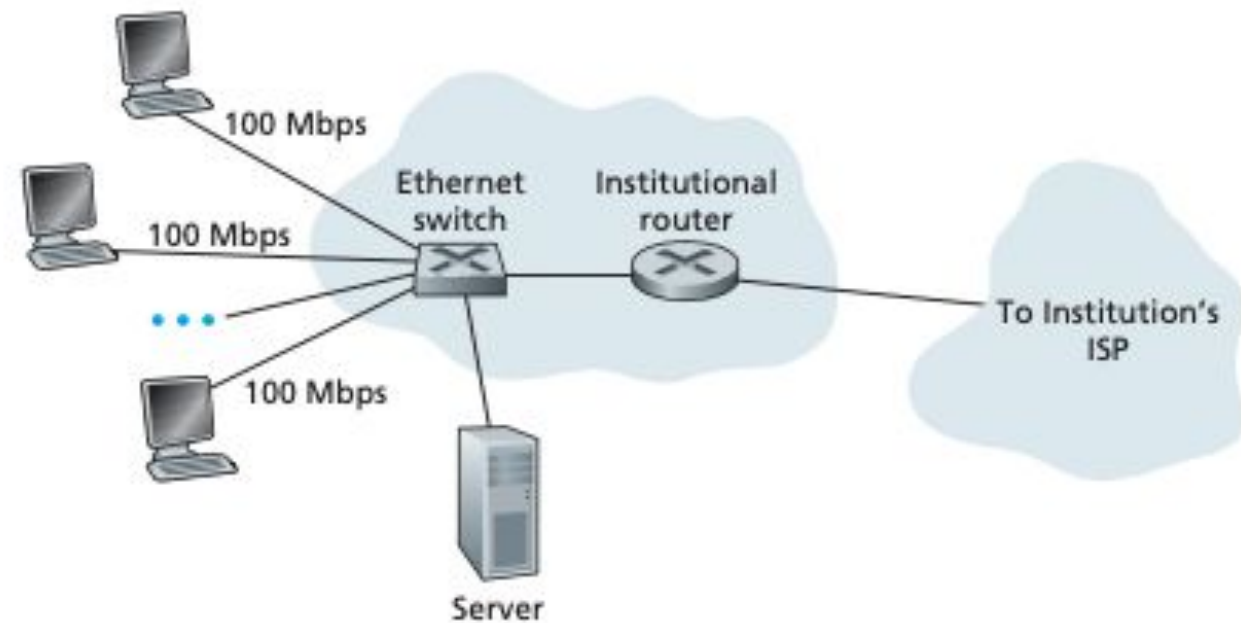
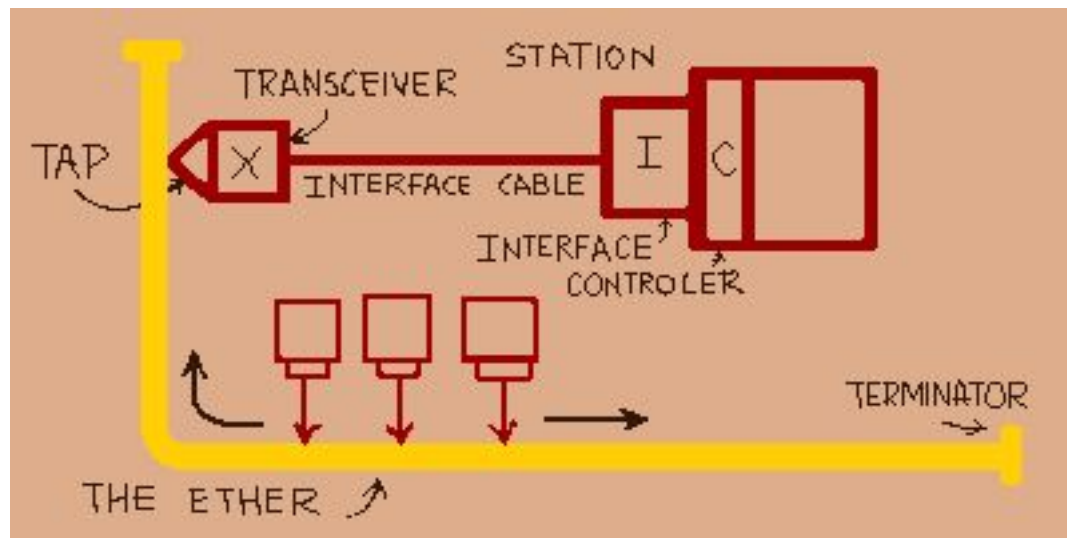
Domácí síť

# Malá domácí síť



Zdroj: <https://lazyadmin.nl/home-network/home-network-diagram/>

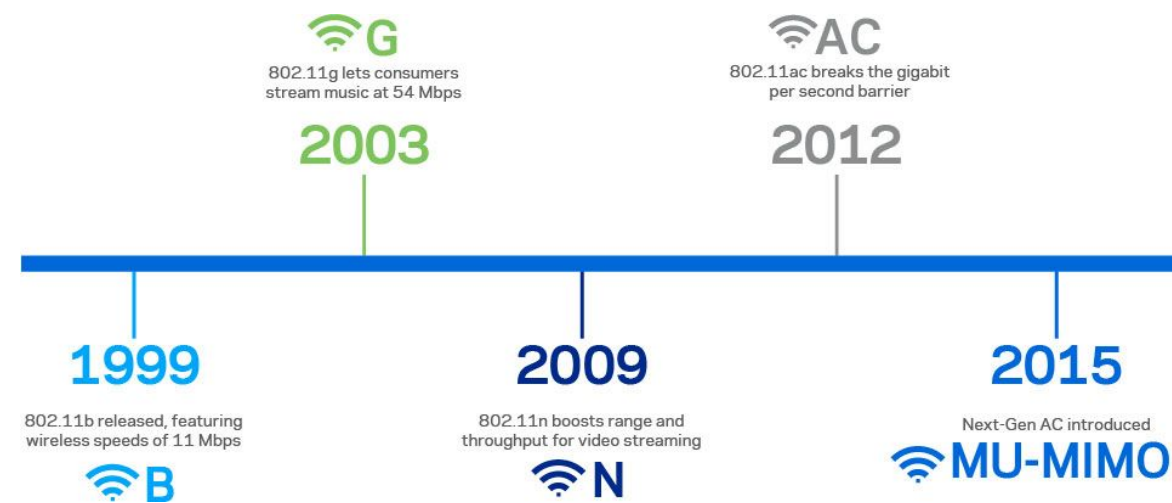
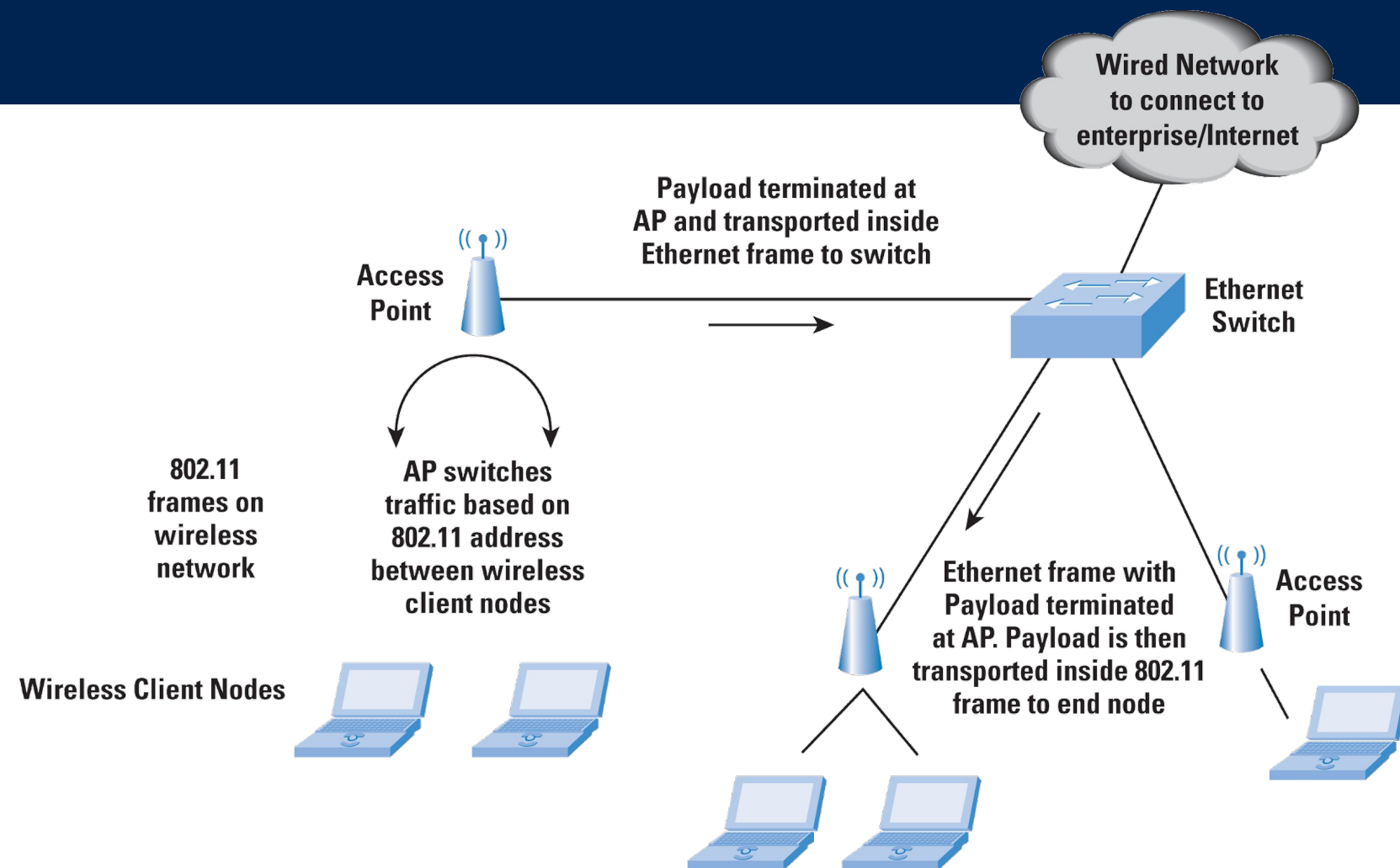
# Ethernet



Name	IEEE standard	Data rate	Media type	Maximum distance
Ethernet	802.3	10 Mbps	10Base-T	100 meters
Fast Ethernet/100Base-T	802.3u	100 Mbps	100Base-TX	100 meters
			100Base-FX	2,000 meters
Gigabit Ethernet/GigE	802.3z	1000 Mbps	1000Base-T	100 meters
			1000Base-SX	275/550 meters
			1000Base-LX	550/5000 meters
10 Gigabit Ethernet	IEEE 802.3ae	10 Gbps	10GBase-SR	300 meters
			10GBase-LX4	300m MMF/ 10km SMF
			10GBase-LR/ER	10km/40km
			10GBase-SW/LW/EW	300m/10km/40km



# Wifi



# Wifi Standards

IEEE 802.11 PHY Standards

Release date	Standard	Frequency Band	Bandwidth	Transmission Scheme	Max Modulation	MIMO	Max Data Rate
1997	802.11	2.4 GHz	20 MHz	DSSS, FHSS	QPSK	N/A	2 Mb/s
1999	802.11b	2.4 GHz	20 MHz	DSSS	QPSK	N/A	11 Mb/s
1999	802.11a	5 GHz	20 MHz	OFDM	64QAM	N/A	54 Mb/s
2003	802.11g	2.4 GHz	20 MHz	DSSS, OFDM	64QAM	N/A	54 Mb/s
2009	802.11n	2.4 GHz 5 GHz	20 MHz 40 MHz	OFDM	64QAM	4x4	600 Mb/s
2013	802.11ac	5 GHz	20 MHz 40 MHz 80 MHz 160 MHz	OFDM	256QAM	8x8	6.93 Gb/s
2018	802.11ad	60 GHz	2160 MHz	SC, OFDM	256QAM	Beamforming	6.93 Gb/s

<https://www.grandmetric.com/2018/05/29/wi-fi-standards-evolution/>

# Wifi 6 / 7

	Wi-Fi 6	Wi-Fi 7
IEEE standard	802.11ax	802.11be
Maximum transmission rate	9.6 Gbps	30 Gbps
Frequency band	2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz (Wi-Fi 6E)	2.4 GHz, 5 GHz, and 6 GHz
Security protocol	WPA3	WPA3
Channel bandwidth	20 MHz, 40 MHz, 80 MHz, 160 MHz, 80+80 MHz	Up to 320 MHz
Modulation mode	1024-QAM OFDMA	4096-QAM OFDMA
MIMO	8x8 UL/DL MU-MIMO	16x16 UL/DL MU-MIMO

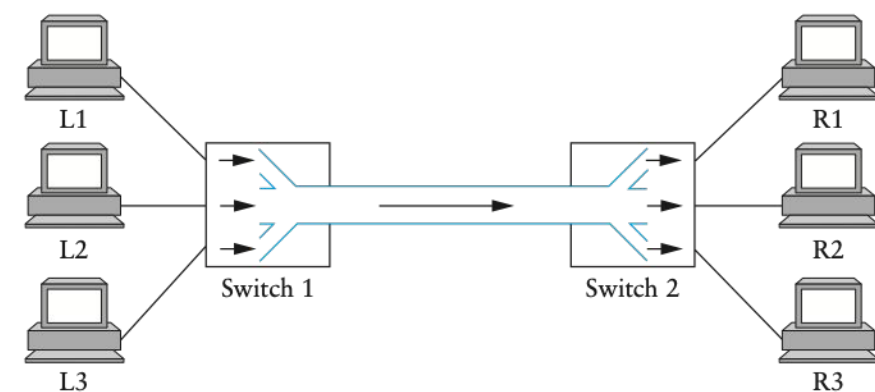
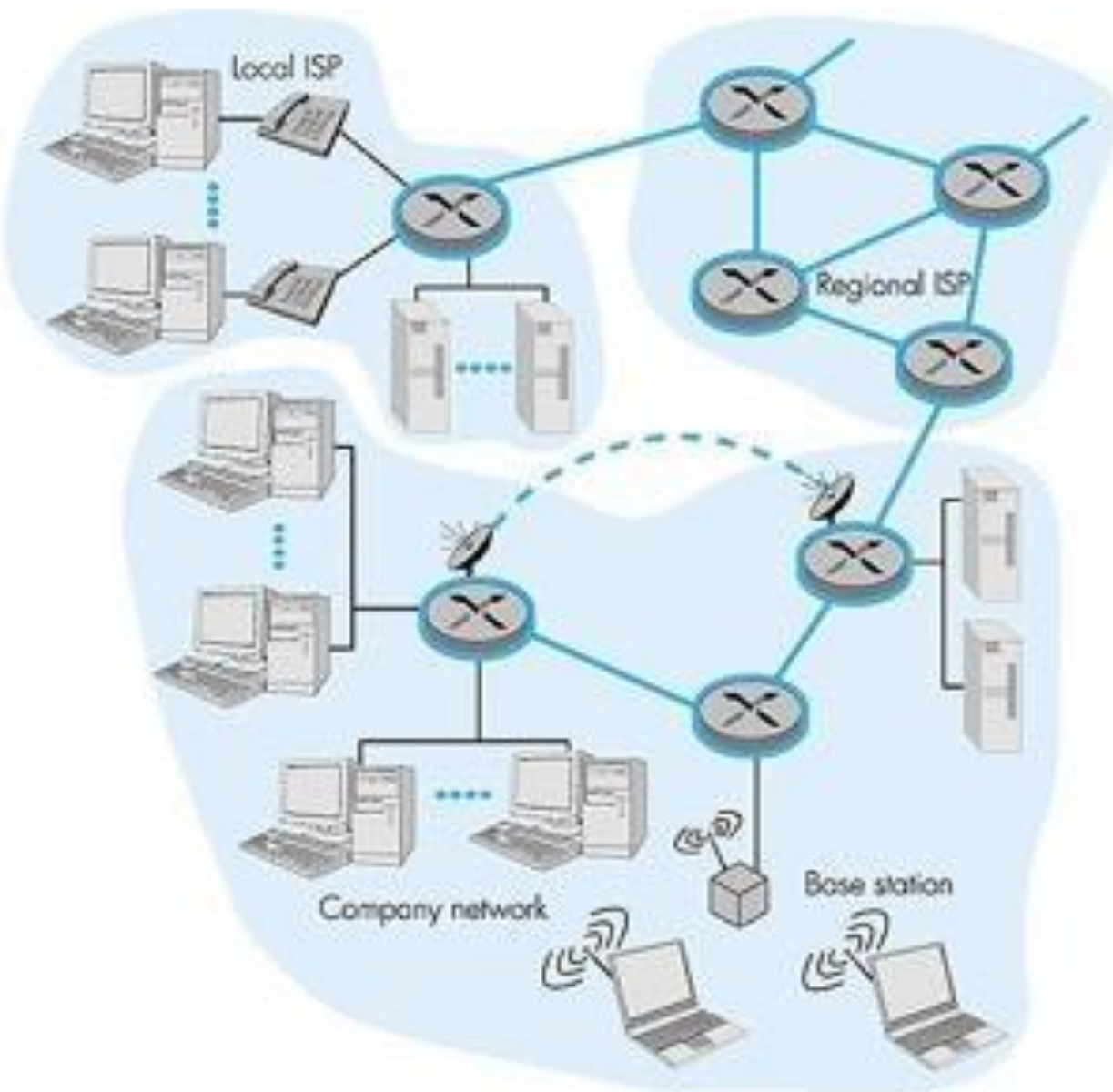
# Zjistěte si...



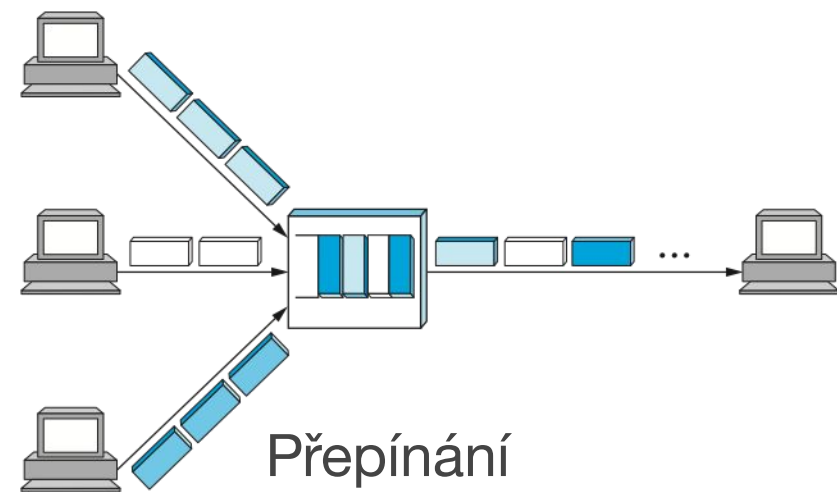


Páteřní síť

# Páteřní síť

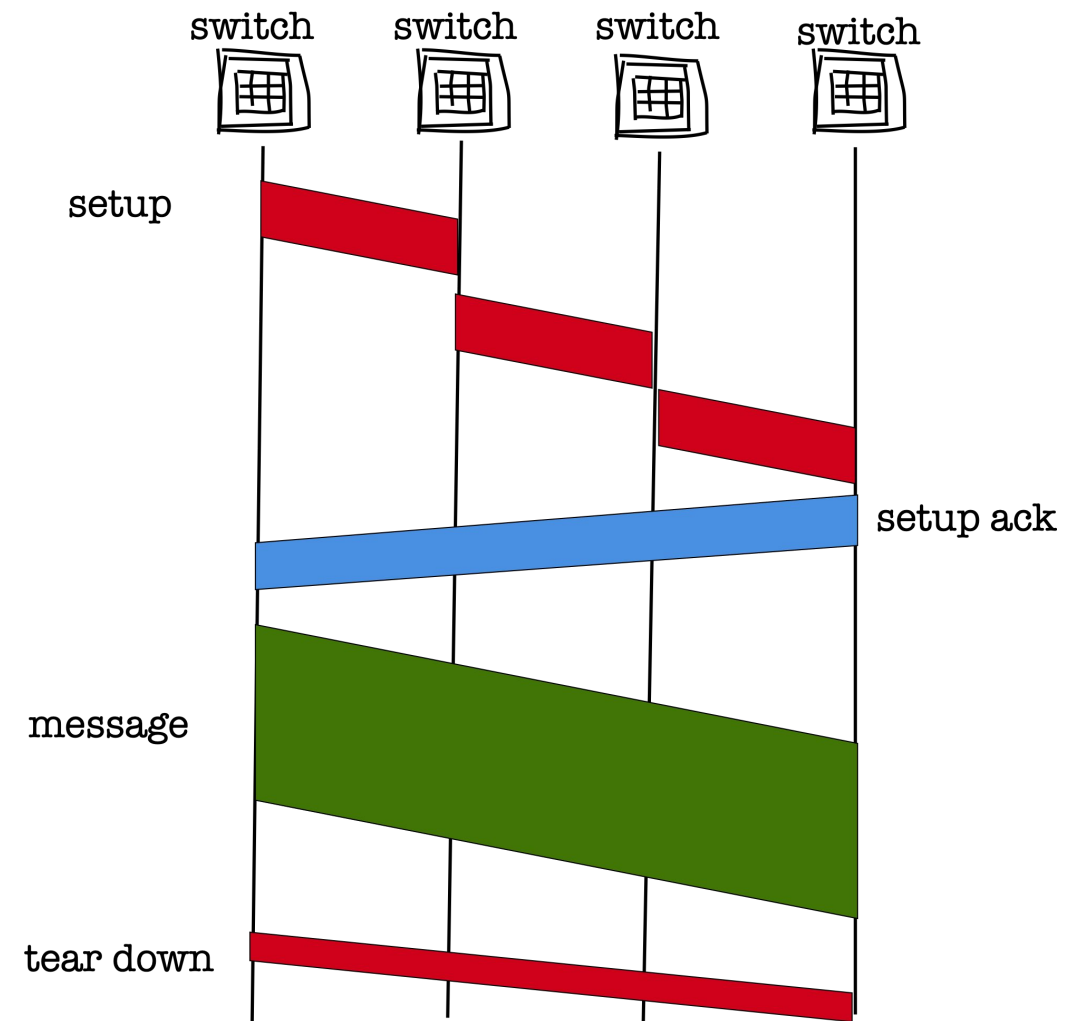
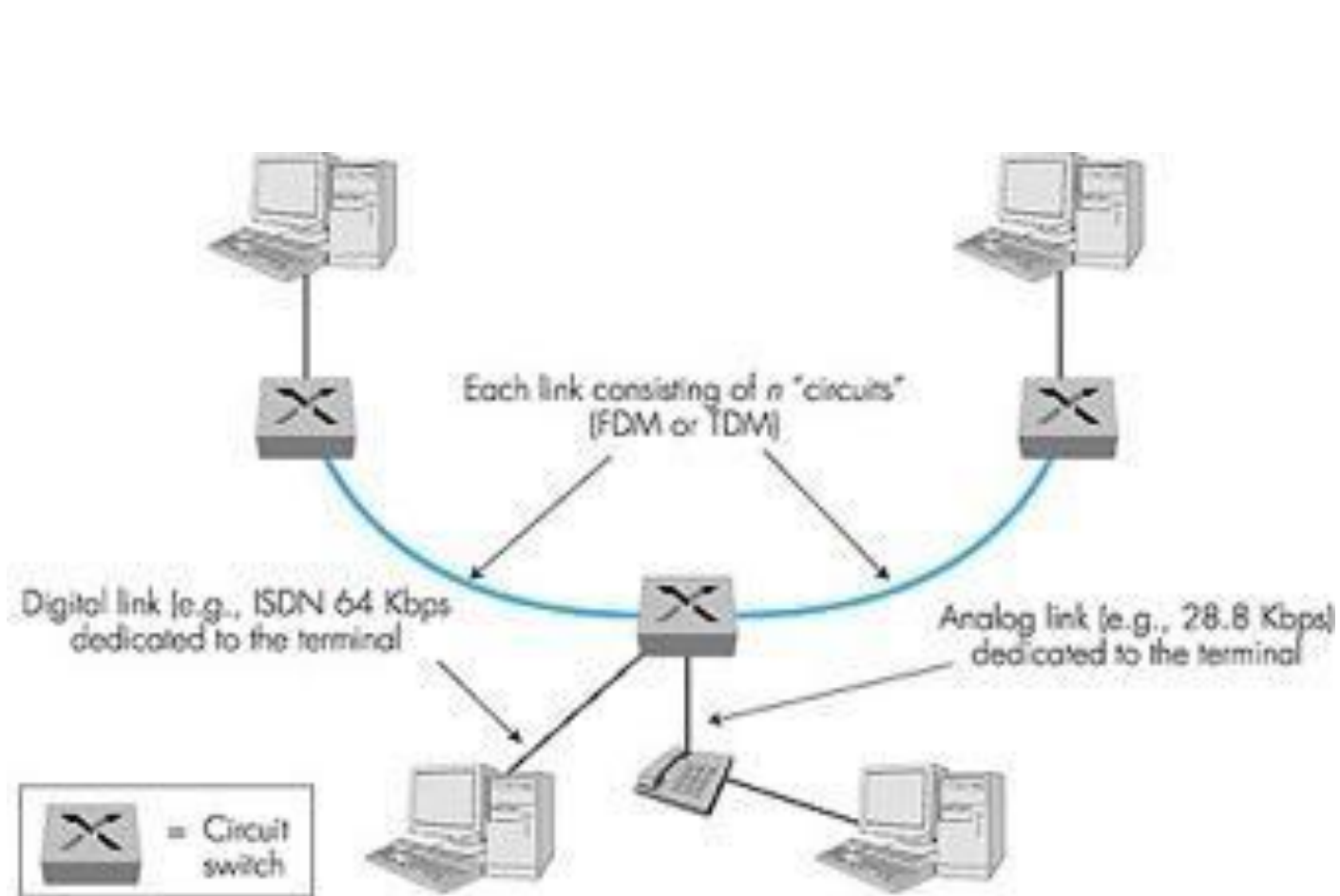


Přepínání  
okruhů

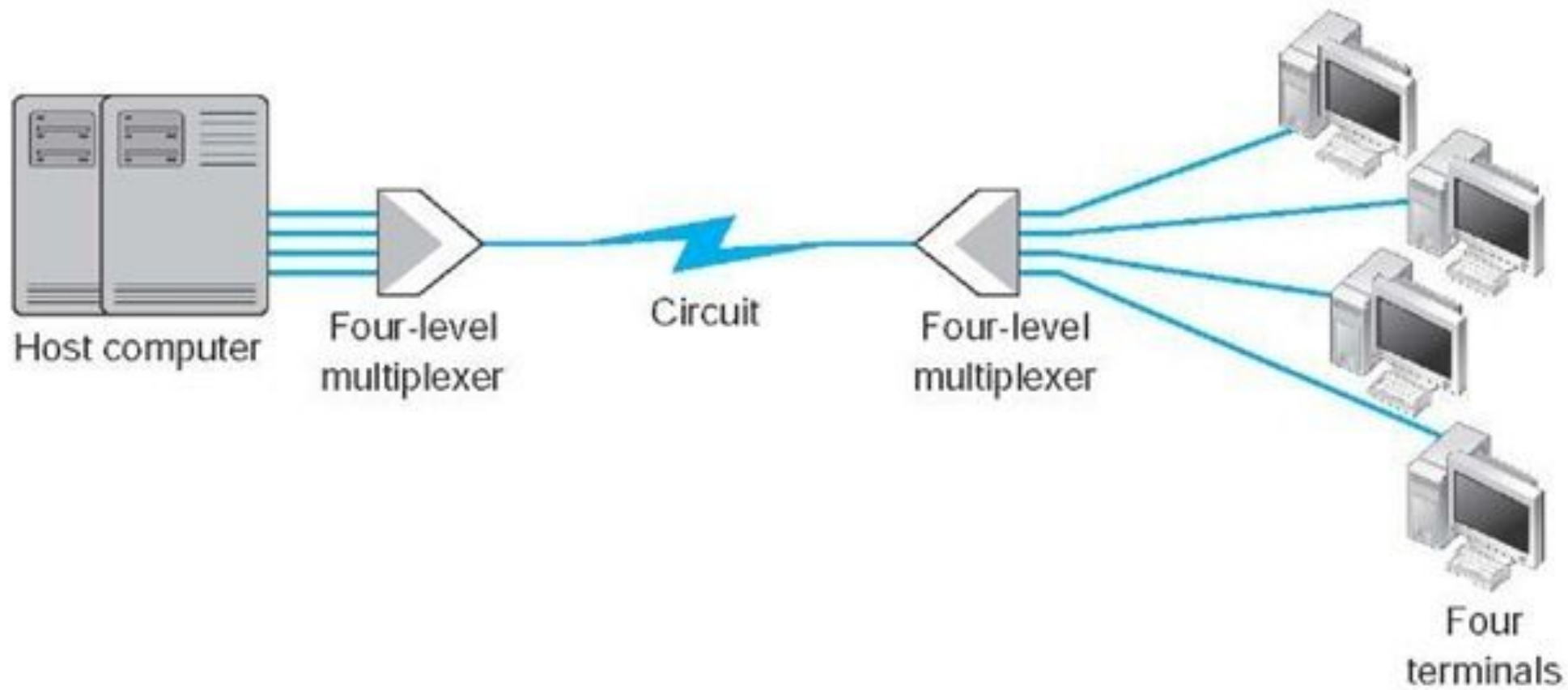


Přepínání  
paketů

# Přepínání okruhů

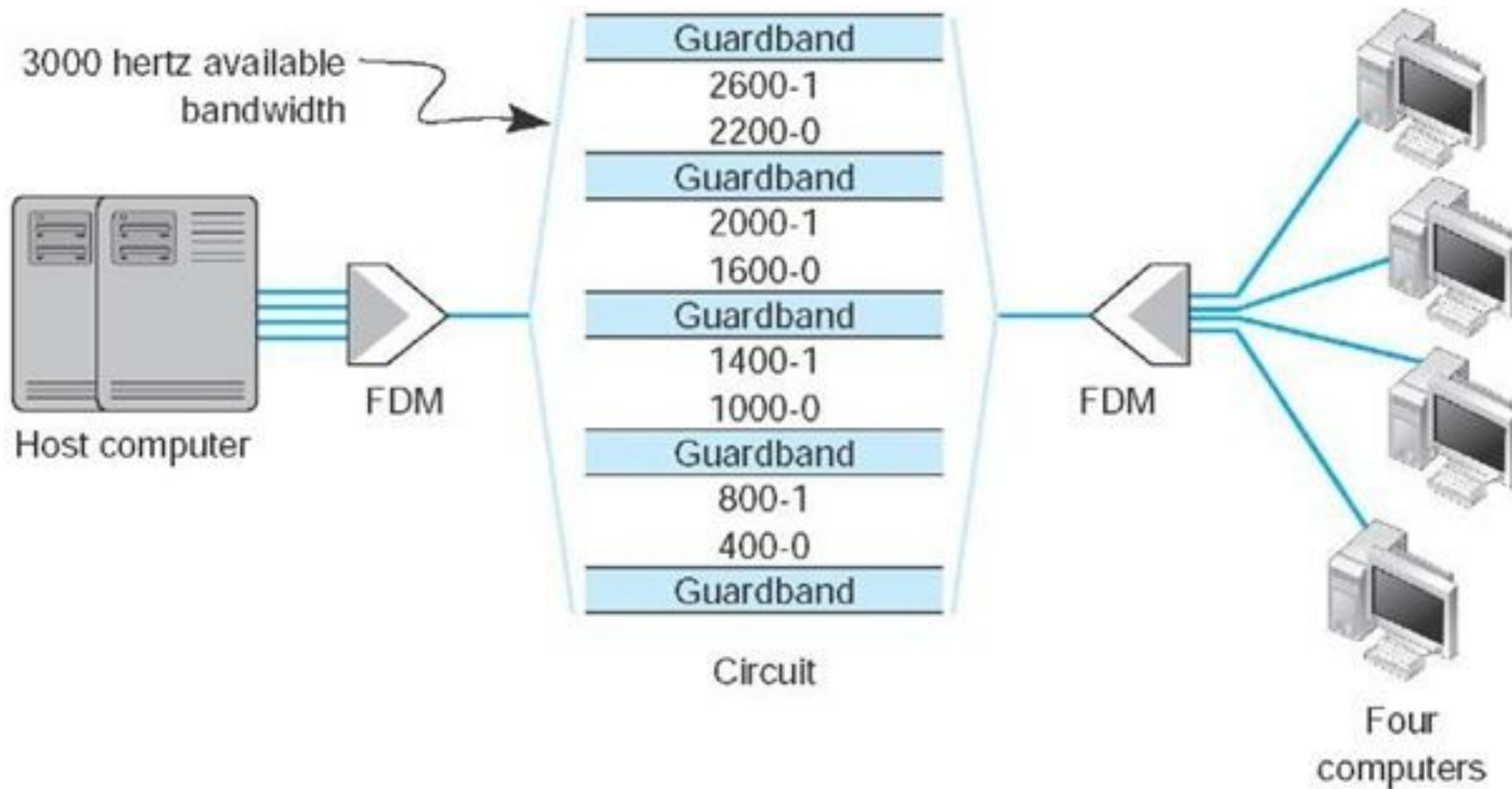


# Multiplexing

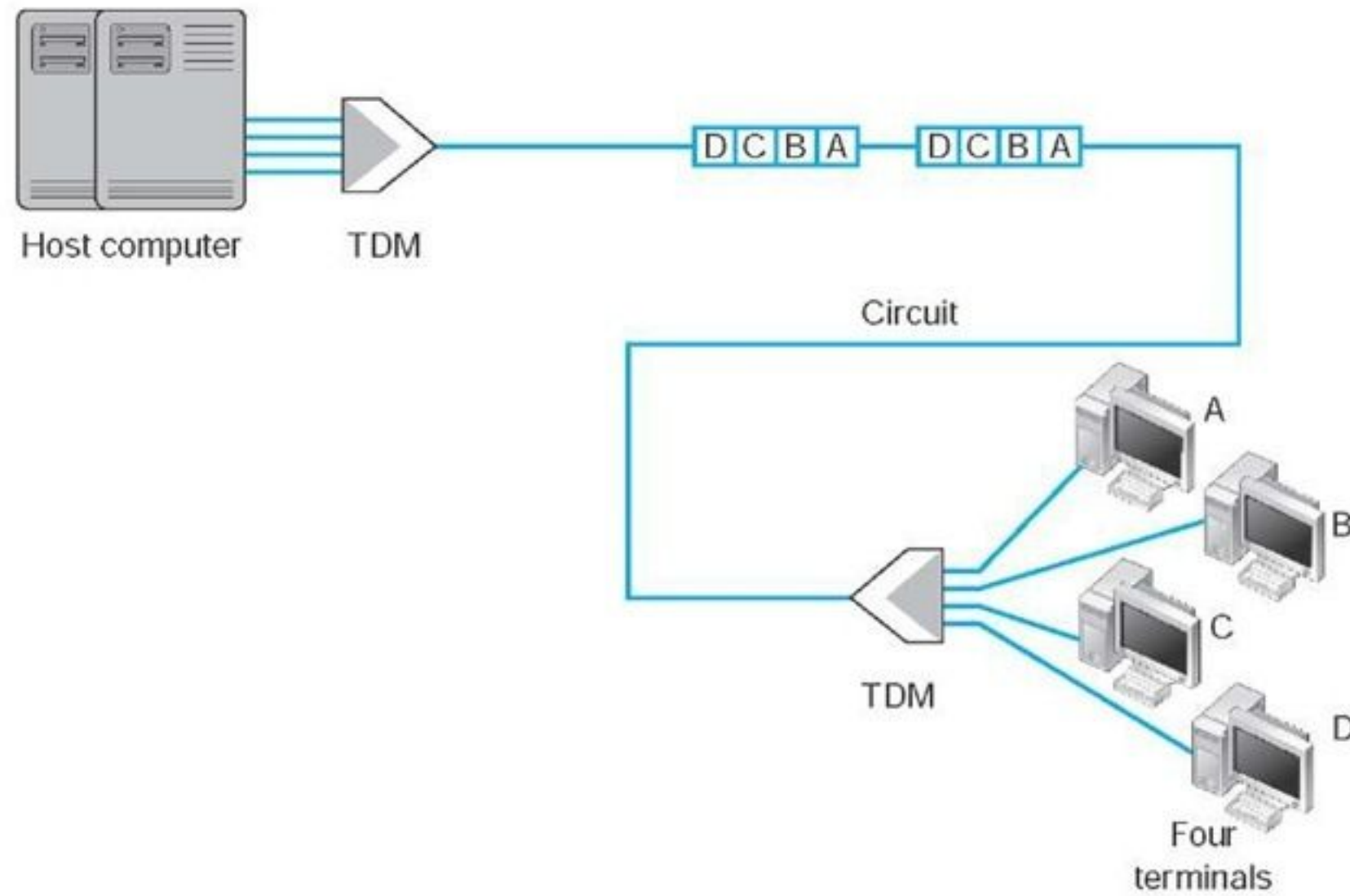




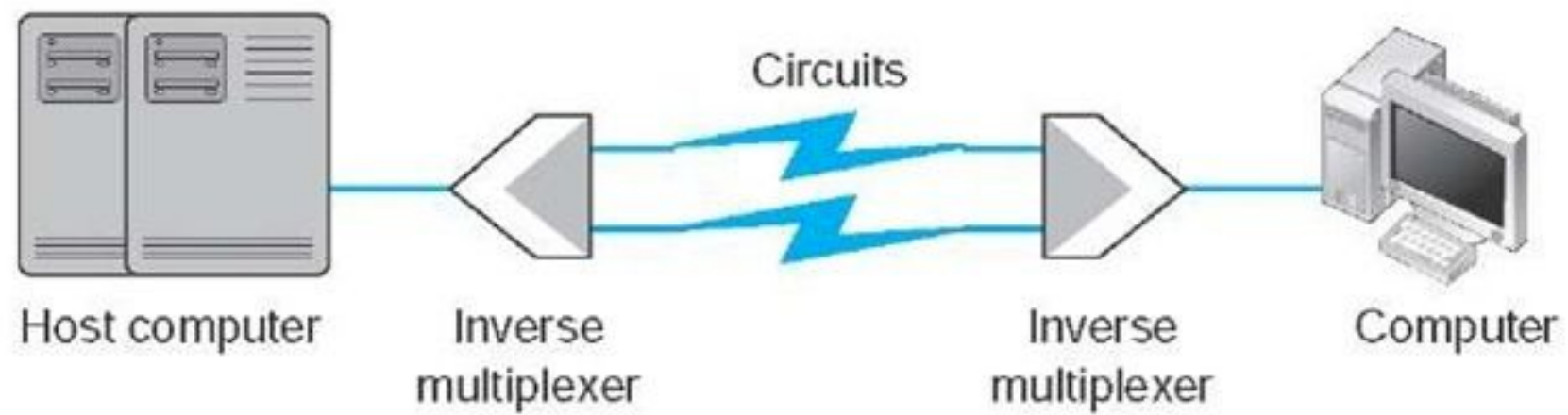
# FDM



# TDM



# Bonding

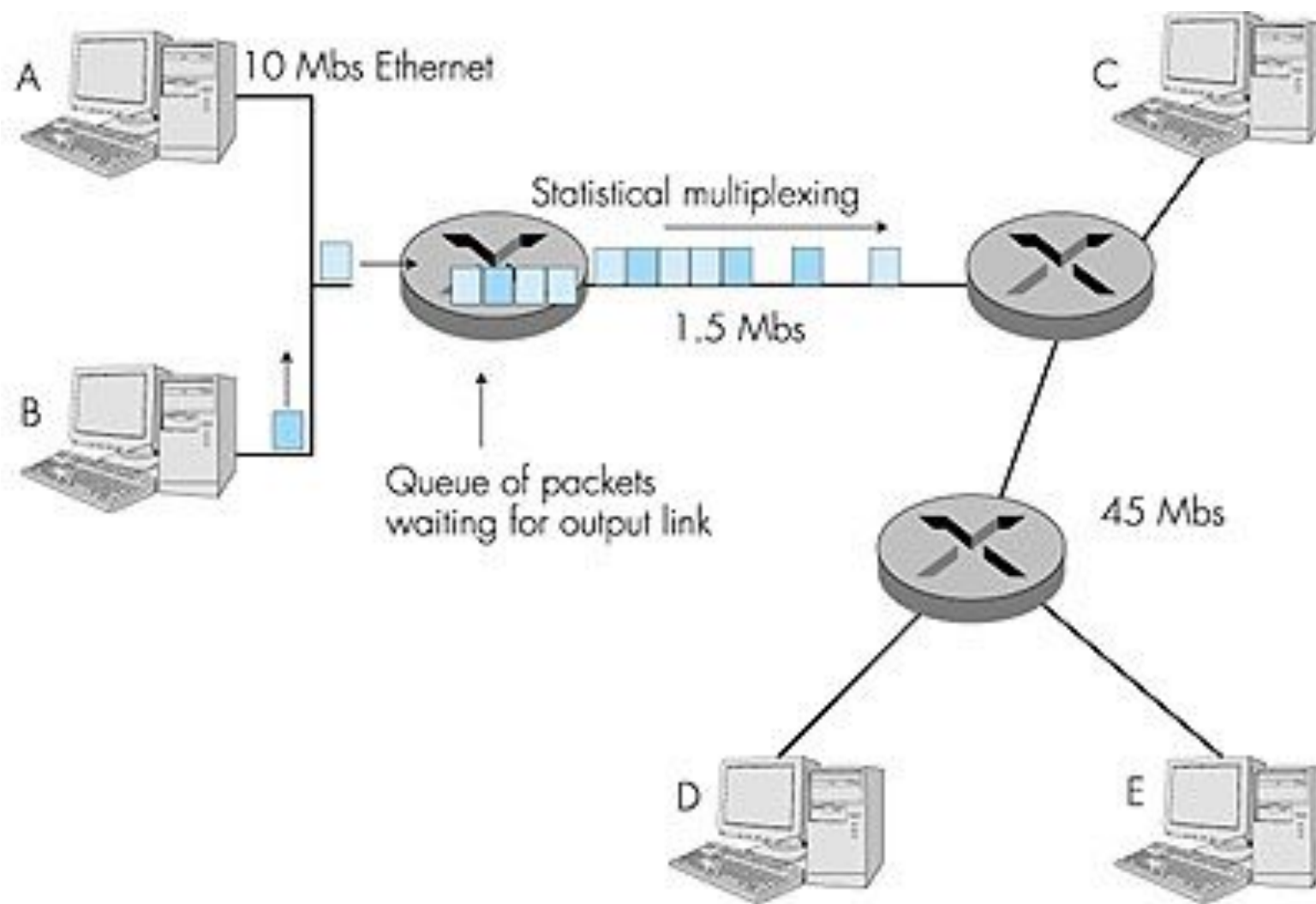


# Příklad

Pro TDM o 24 slotech vypočítejte dobu potřebnou pro přenos bloku dat o velikosti 640 000 bitů. Přenosová rychlost okruhu je 1 536Mbps. Zahájení spojení trvá 500ms. Zpoždění přenosu zanedbejte.

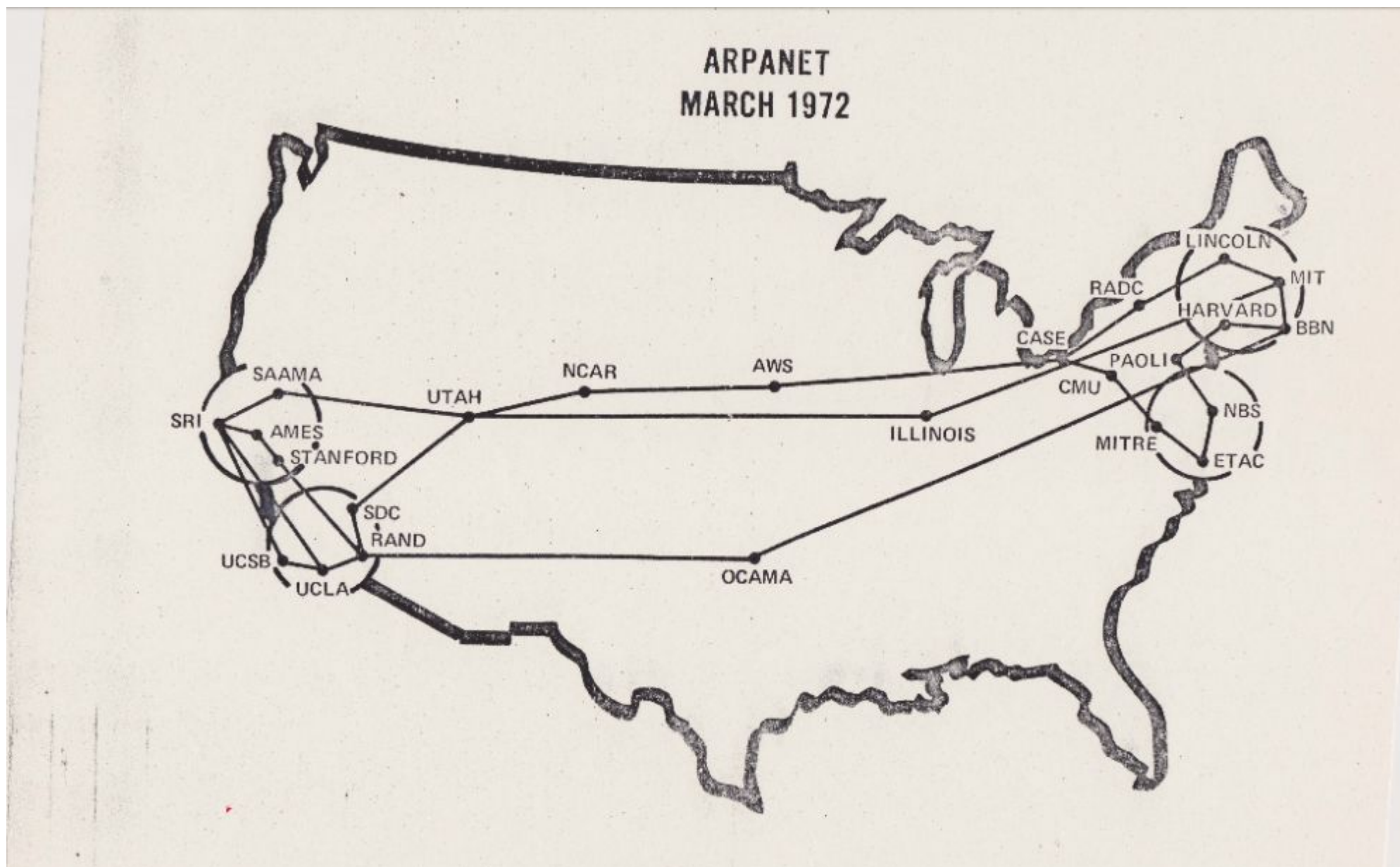


# Přepínání paketů



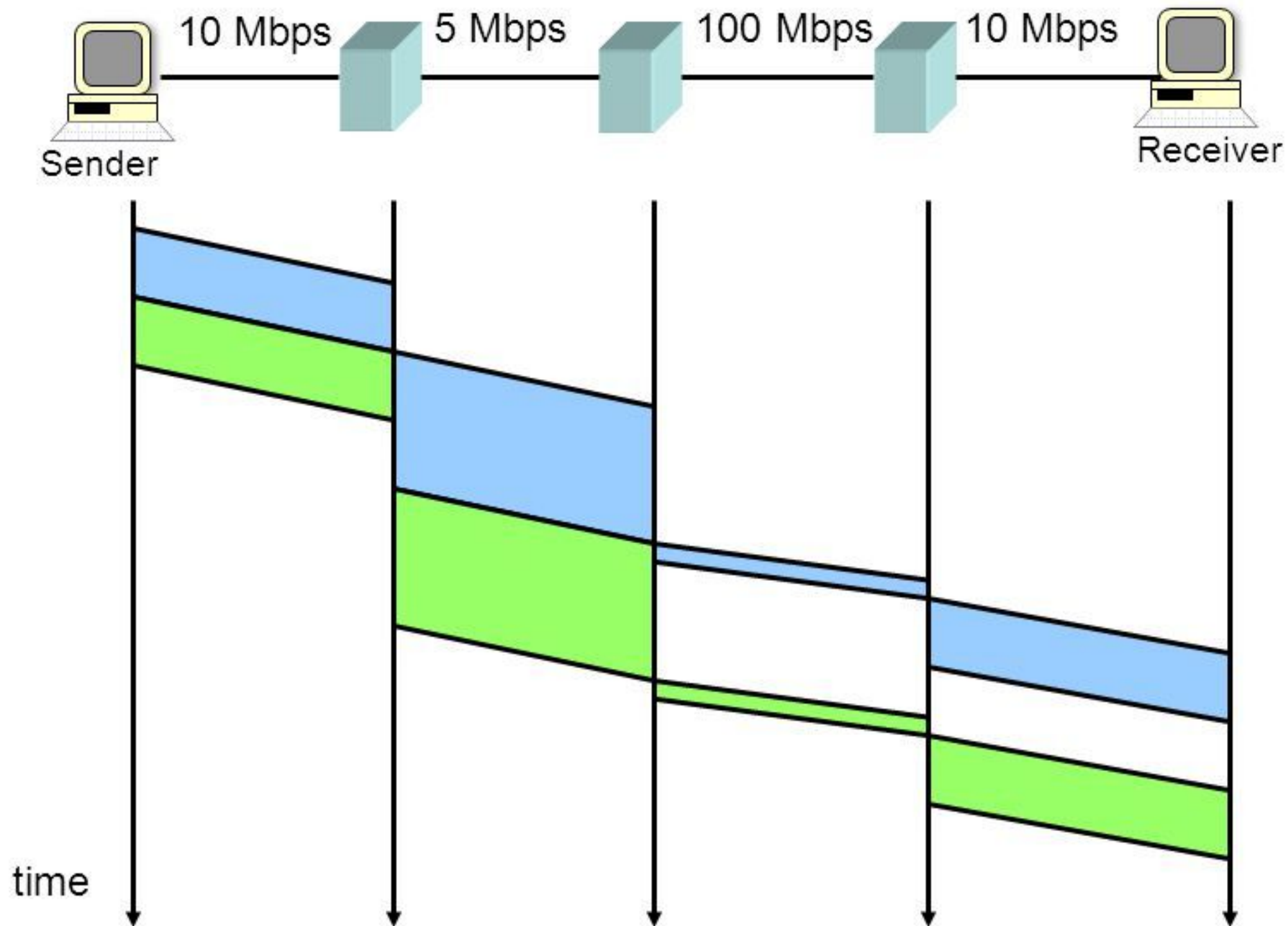
# ARPANET

1969 první přenesený paket - vznik ARPANETu.

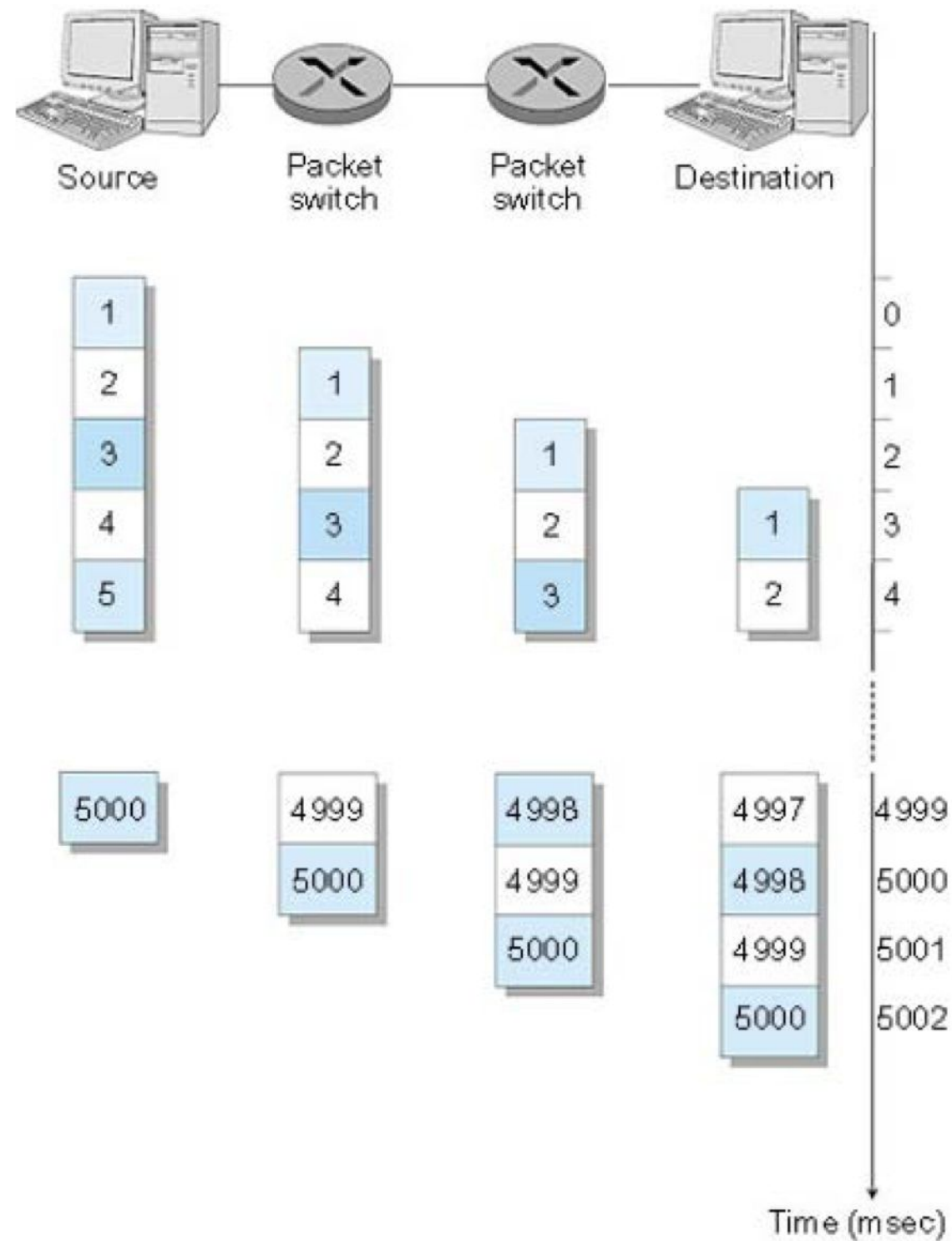


Zdroj: UCLA

# Přenos paketů

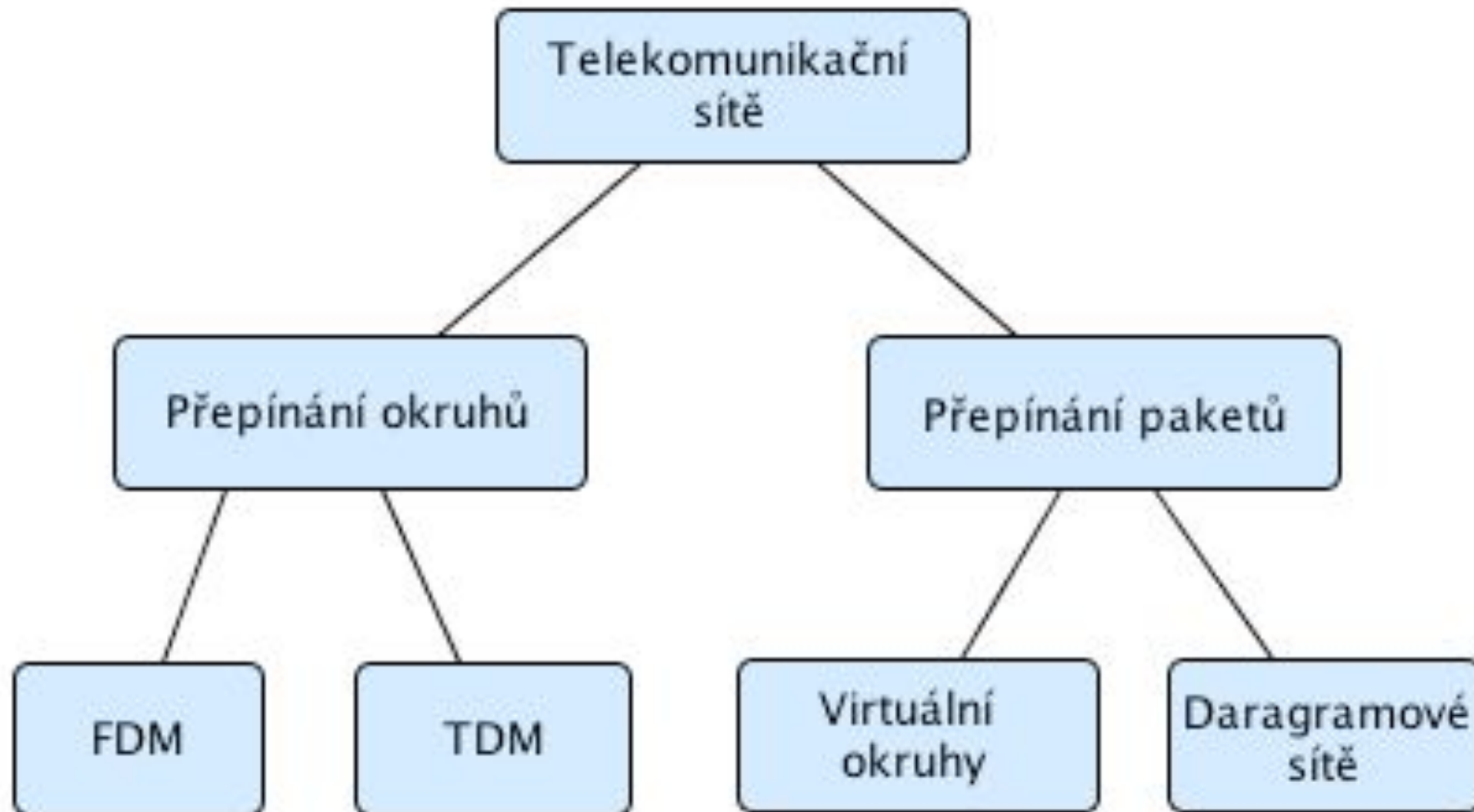


# Segmentace



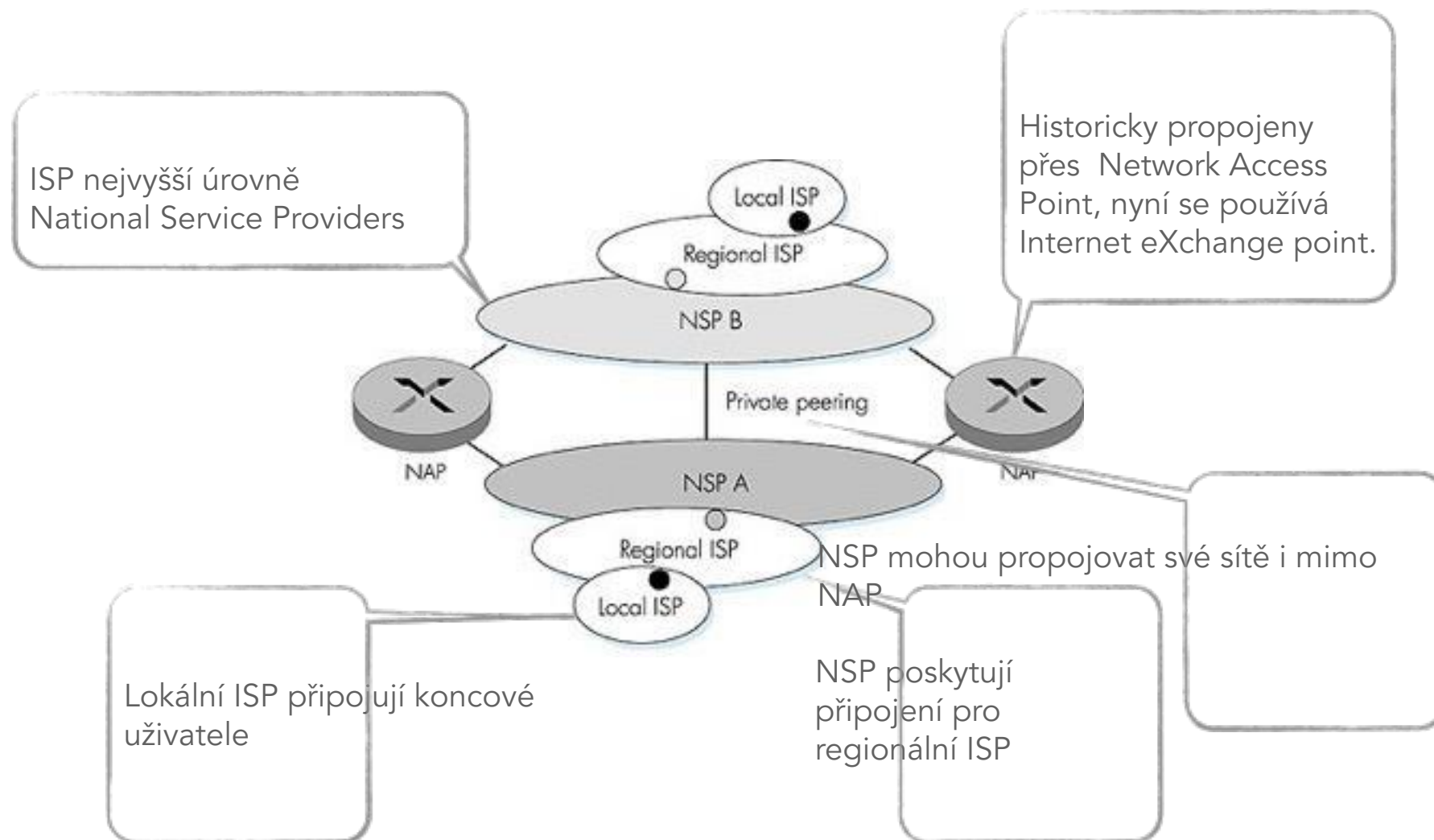


# Taxonomie

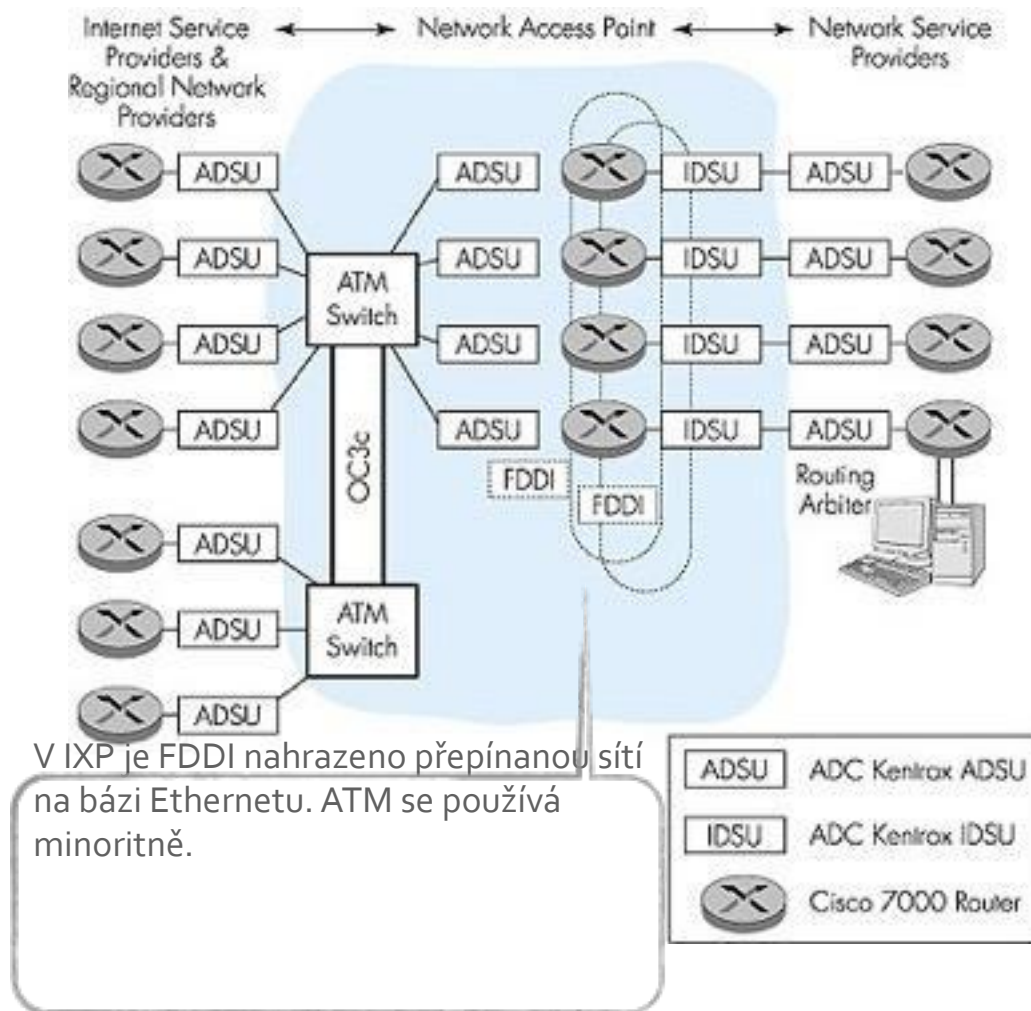


# Struktura Internetu

# ISP



# NAP, IXP



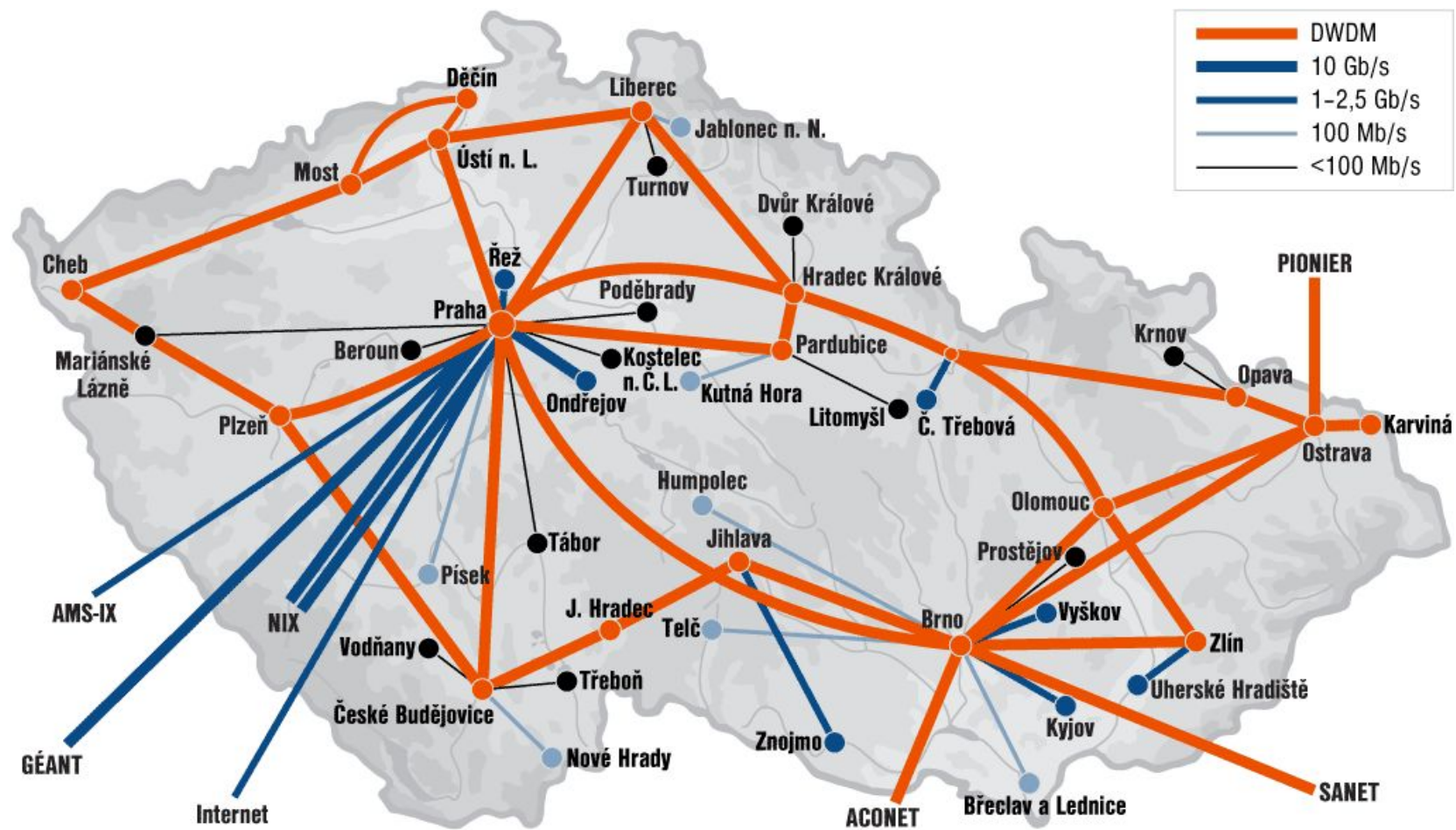
IXP nahrazuje NAP



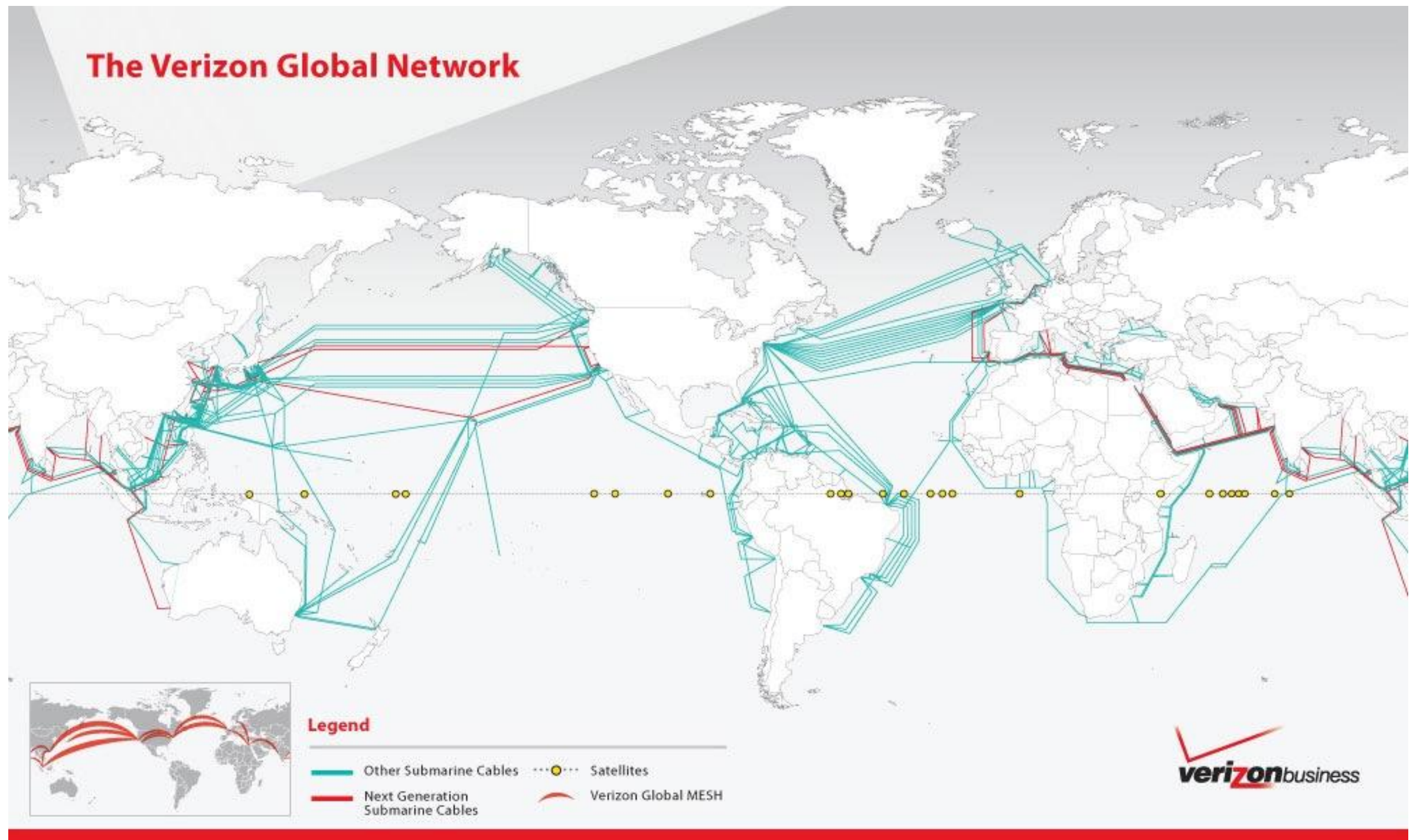
Budova LINX (Londýn)



# CESNET 2

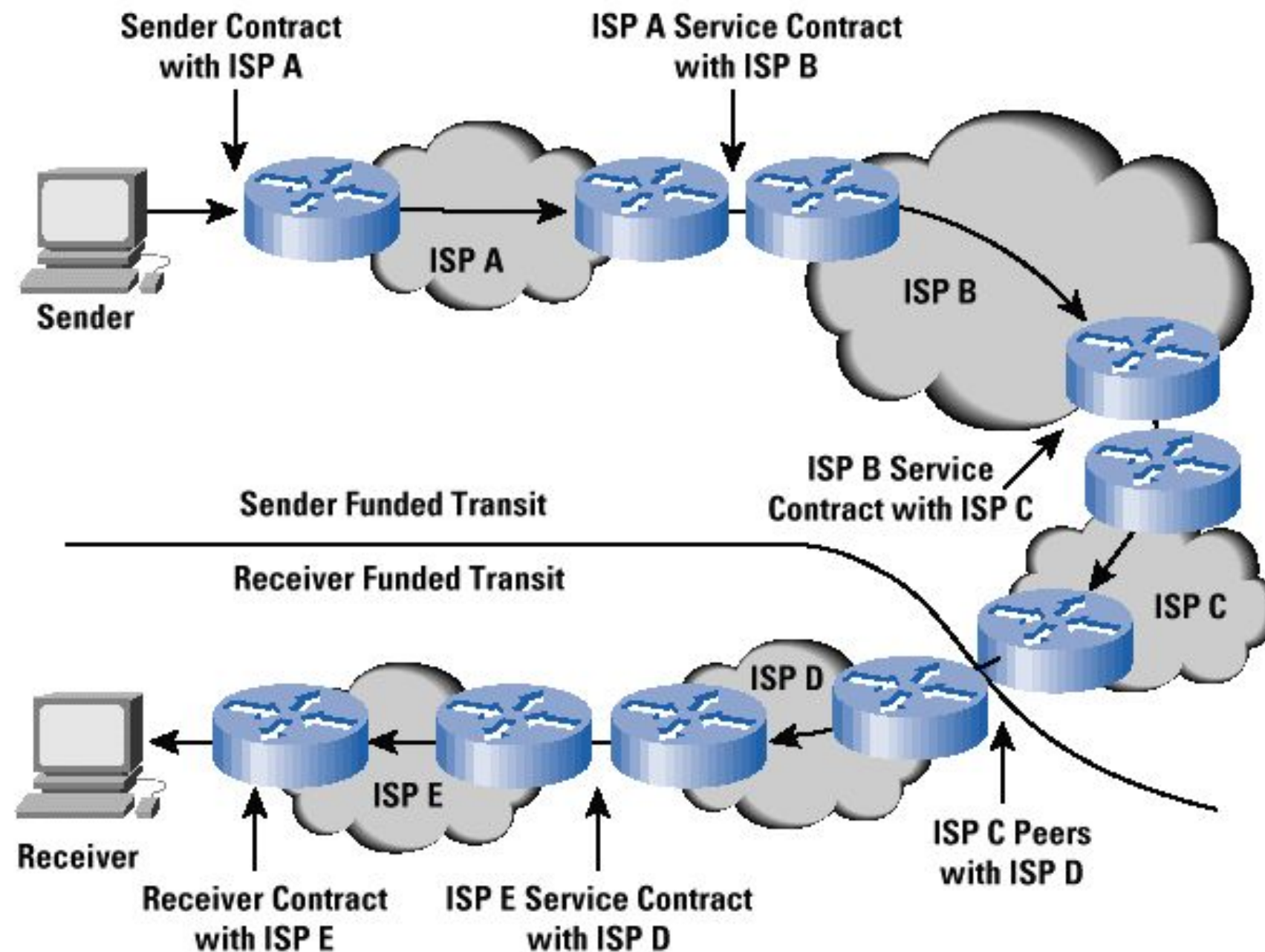


# Verizon





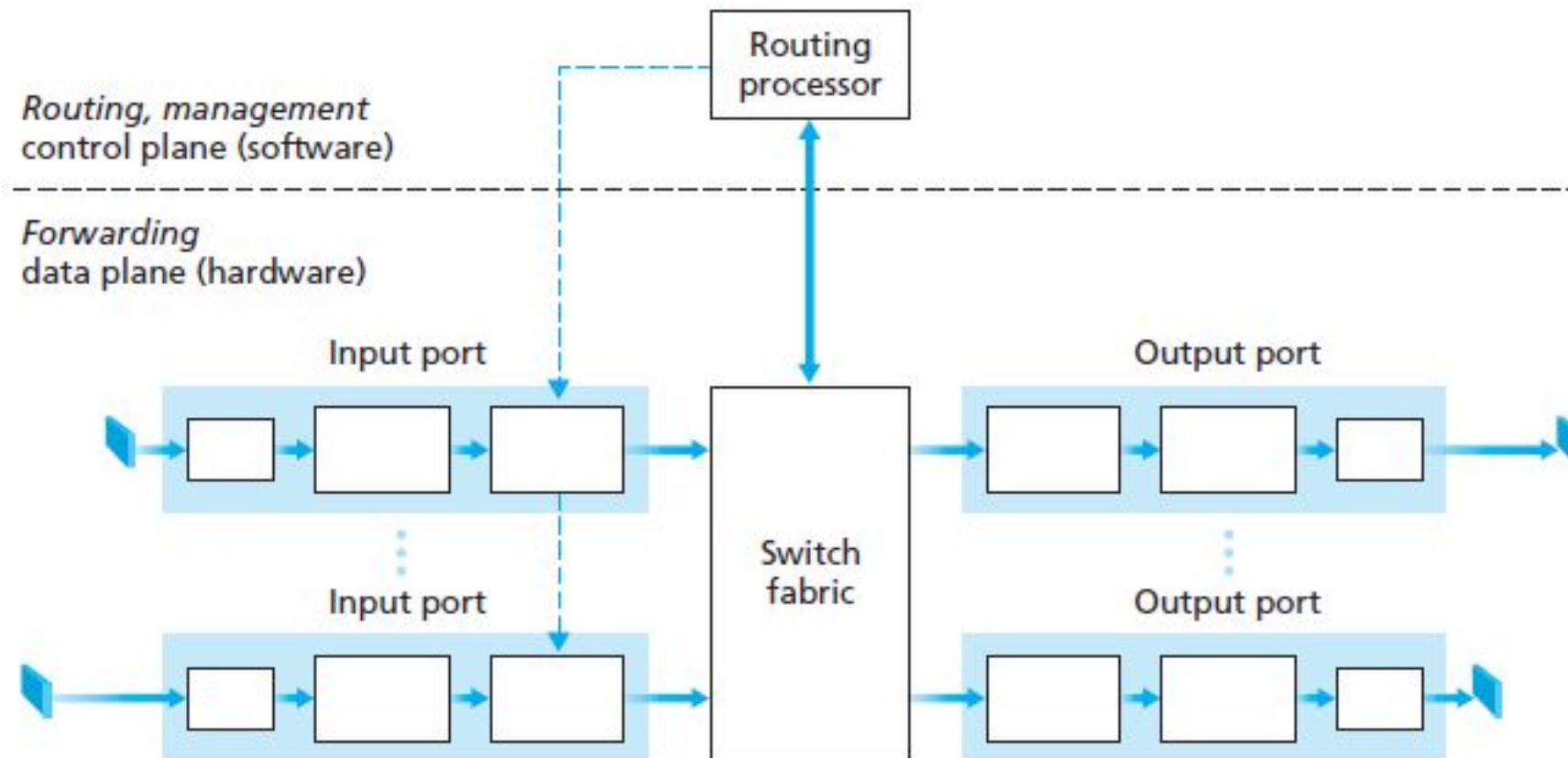
# Přenos dat v sítích ISP



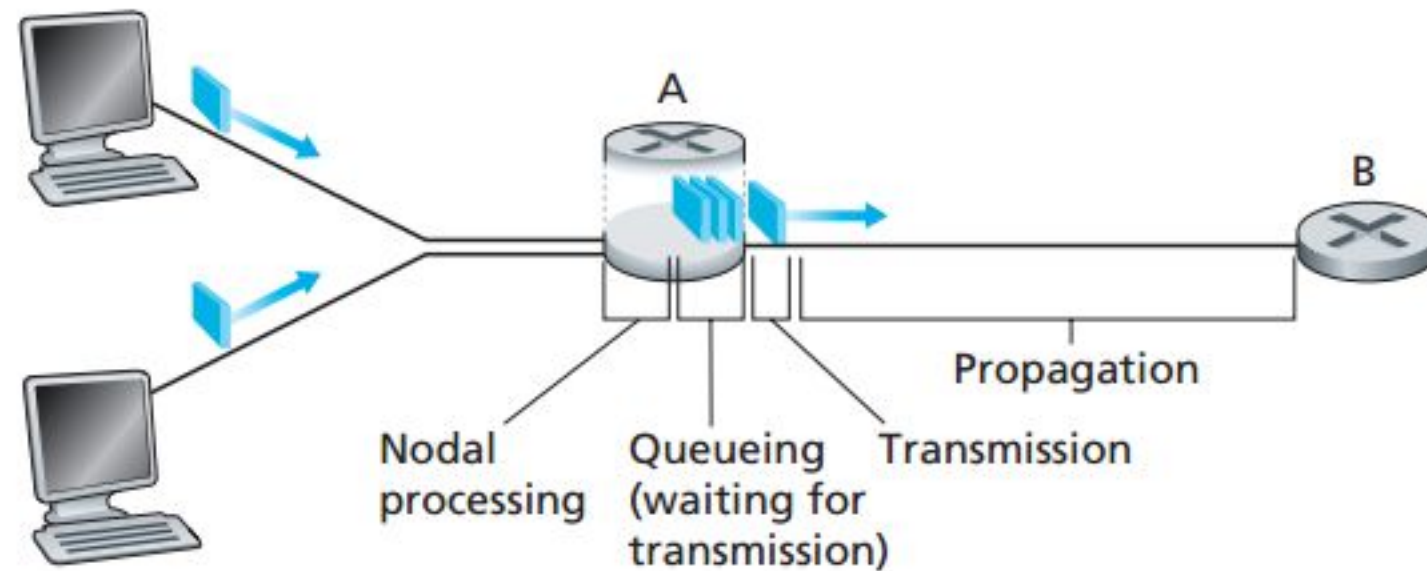
Zpoždění, ztráta a  
propustnost



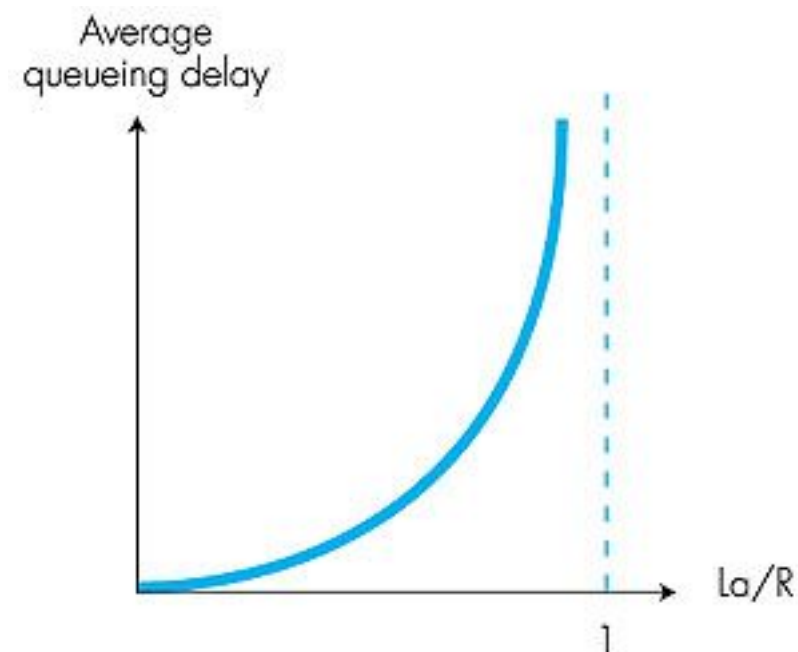
# Model směrovače



# Zpoždění



**Figure 1.16** ♦ The nodal delay at router A



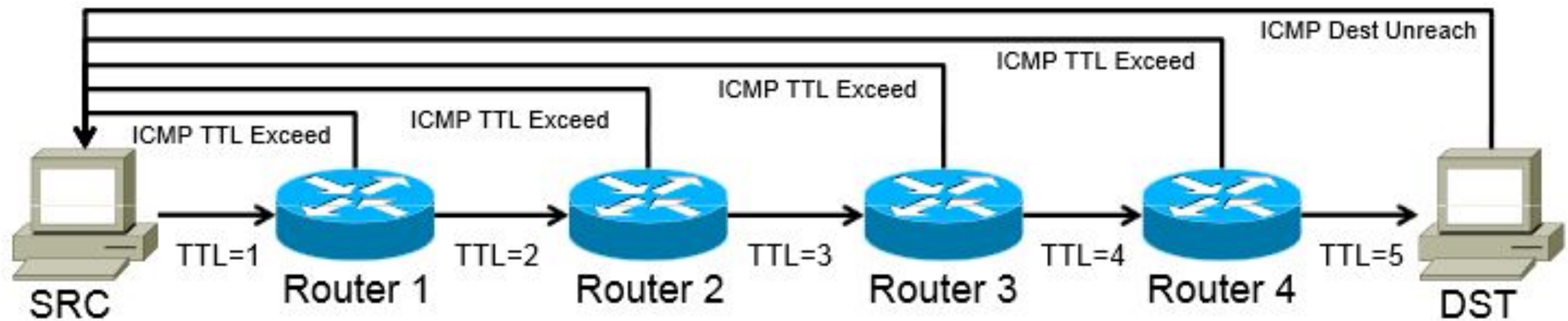
R.....šířka pásma (bps)

L.....délka paketu (bity)

a.....průměrná rychlost  
příchodu paketů (pps)

intenzita provozu =  $L.a/R$

# Traceroute

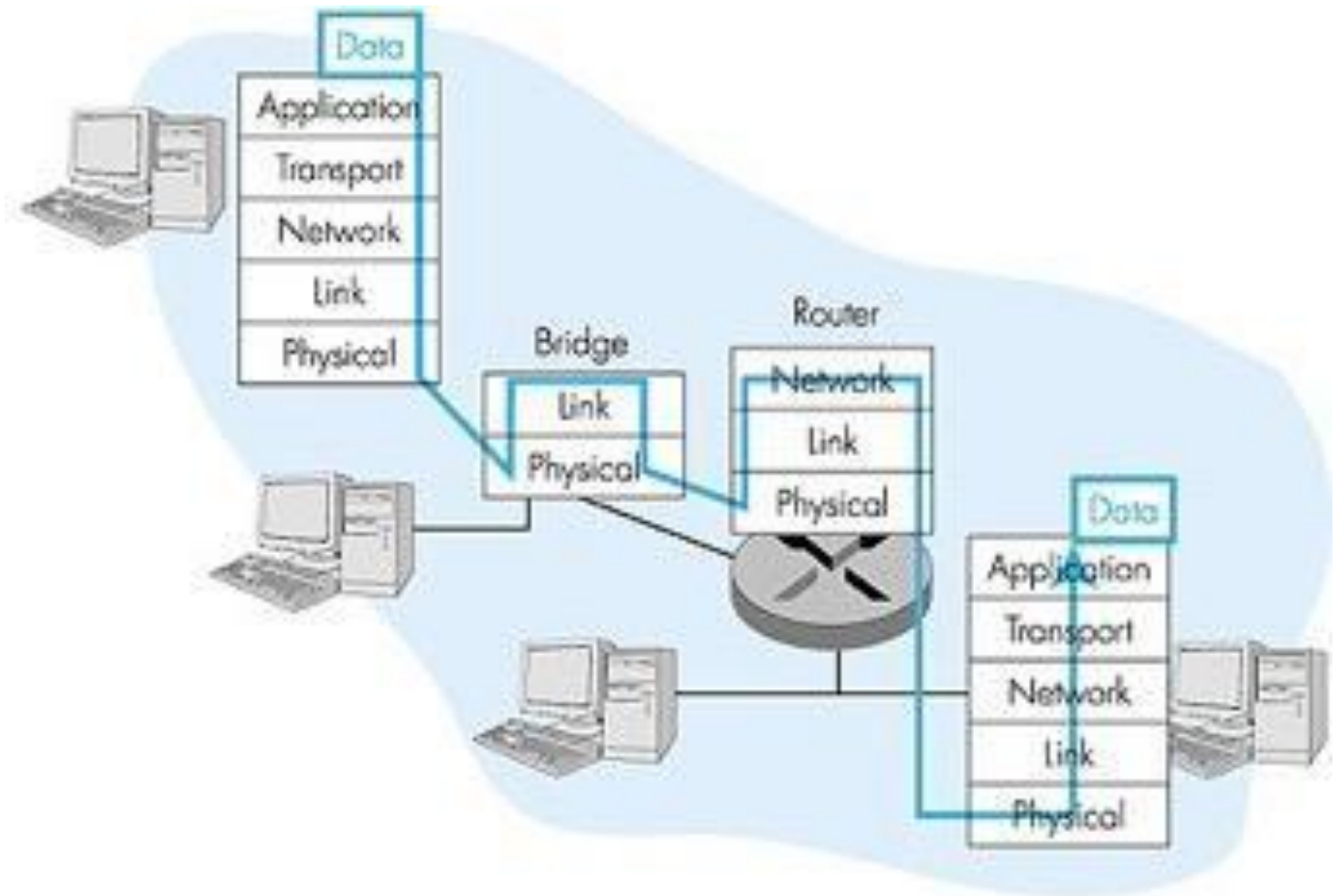
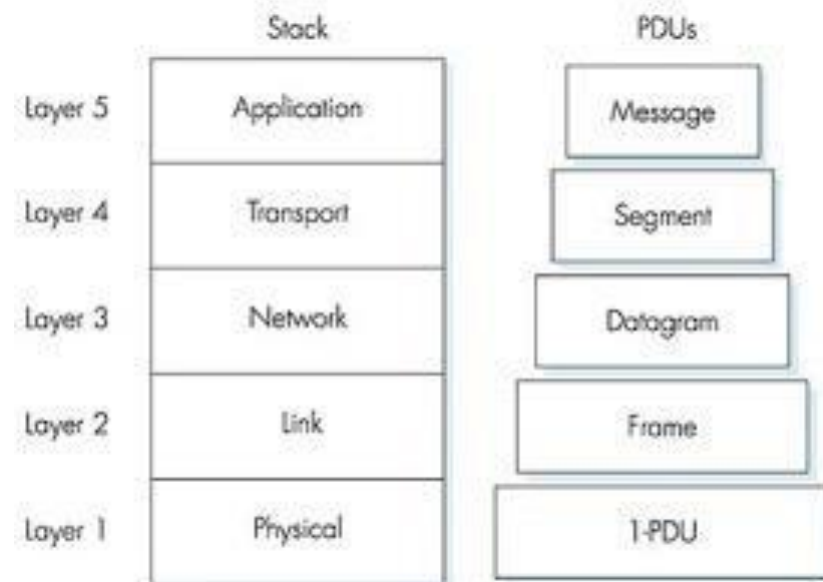


# Model TCP/IP

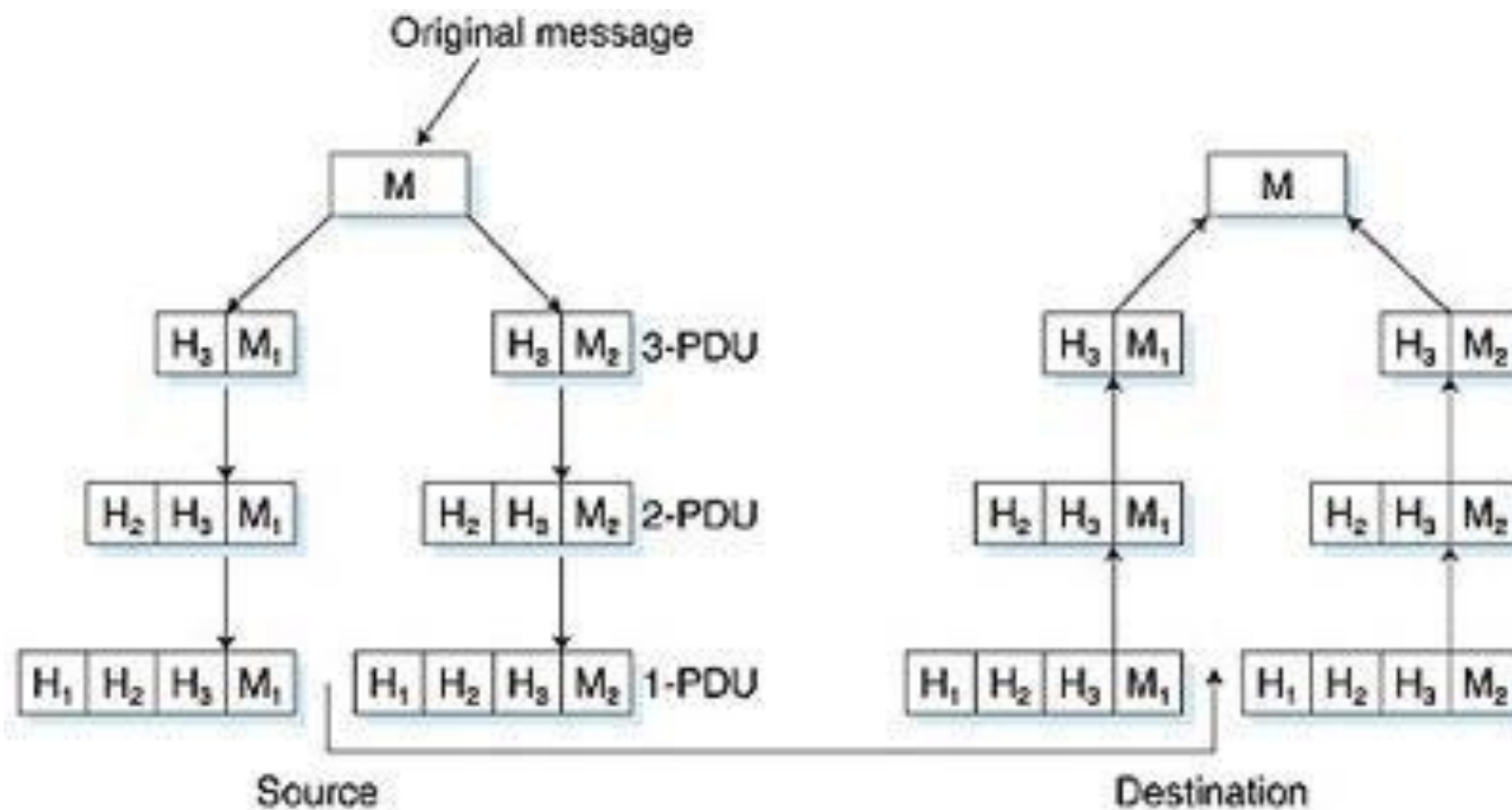
POKRACOVAT V UTERY



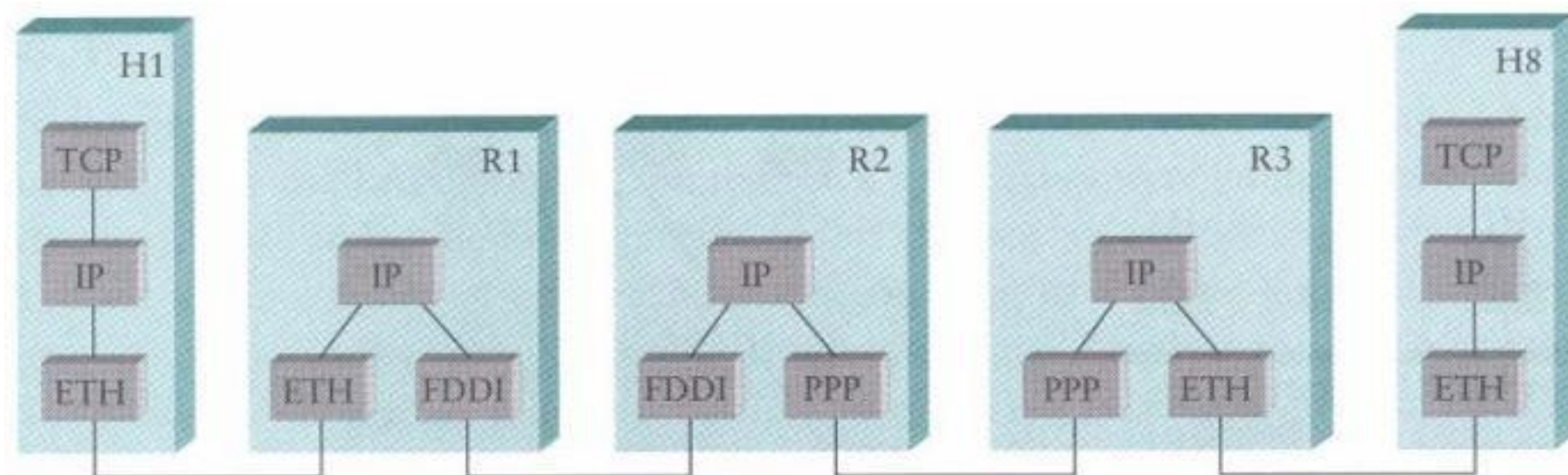
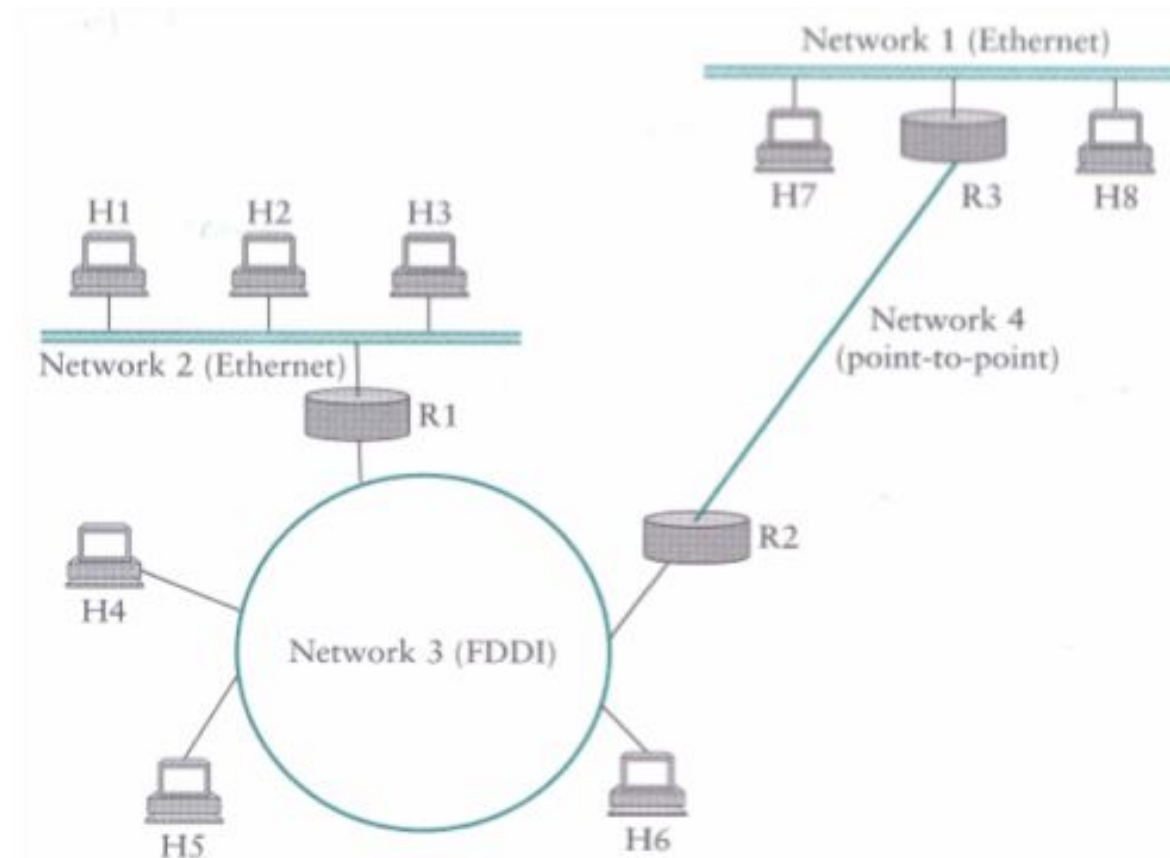
# Vrstvy



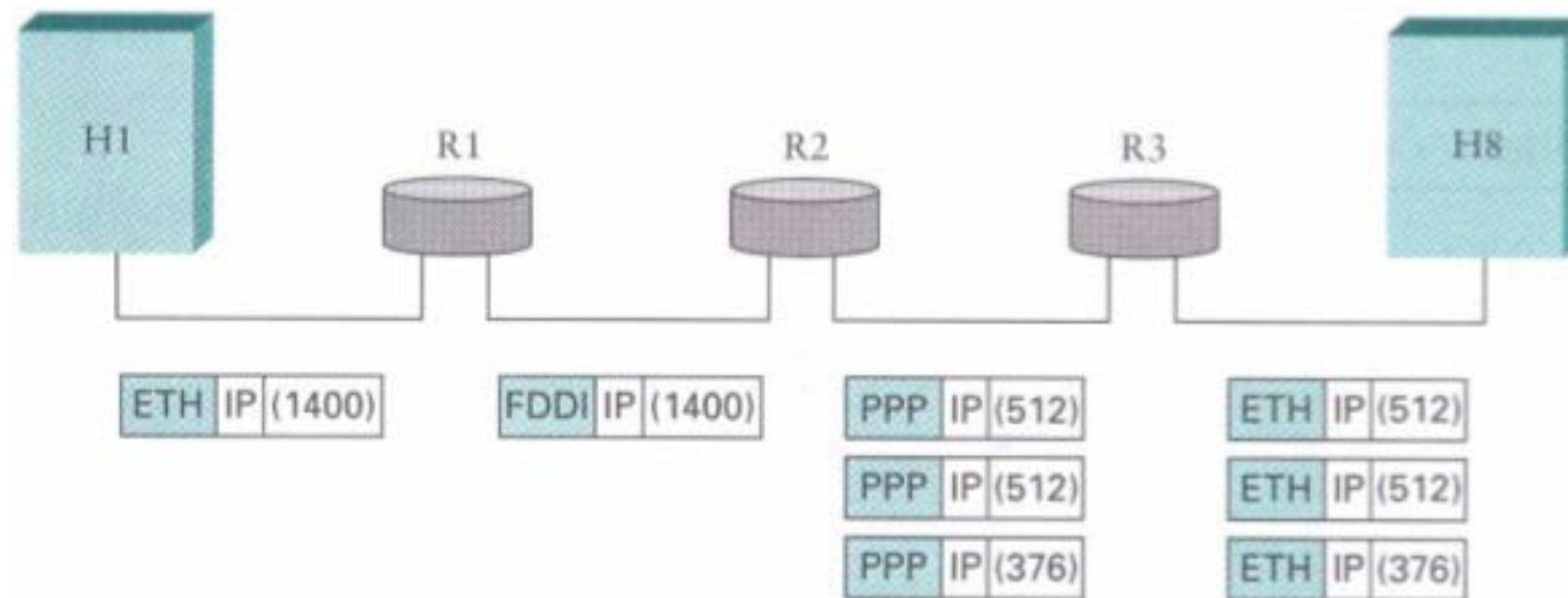
# Zapouzdření



# Různé sítě



# Fragmentace



Závěr



# Komunikace

Pro vytvoření funkční počítačové sítě musíme vyřešit:

- formát a kódování dat
- detekci chyb
- adresování
- směrování a přepínání

Síťové aplikace uvažují virtuální komunikační kanál

Síťová architektura má několik vrstev pro separaci funkcí a snížení složitosti v případě monolitického návrhu

Spolehlivá komunikace v paketových sítích je realizována jako samostatná vrstva v síťové architektuře.

# Připojení

Různé typy připojení, které se liší:

- použitou technologií
- rychlostí komunikace
- dostupností
- cenou

Nové technologie:

- optické spoje
- vysokorychlostní bezdrátový přenos
- mobilní připojení (4G/5G)

# Koncové sítě

## Ethernet:

- postupná evoluce od 10Mb/s až na X Gb/s rychlosti
- levná zařízení, instalace
- spolehlivé pro lokální sítě

## Wifi:

- použití 2,4GHz a 5 GHz
- různé standardy
- liší se rychlostí
- pořád sdílené médium, zvýšení “kapacity” pomocí MIMO a beam steering

# Páteřní síť

Sítě ISP, původně telekomunikační společnosti

Přepínání okruhů

- Multiplexing (TDM, FDM,...)

Přepínání paketů

- Statistický multiplexing

- Efektivní sdílení média

Struktura Internetu

- Propojování ISP, peering, účtování

- Autonomní systémy

# Paketové sítě

Přenos paketů v síti

Model směrovače

Zpoždění

Ztráta paketu

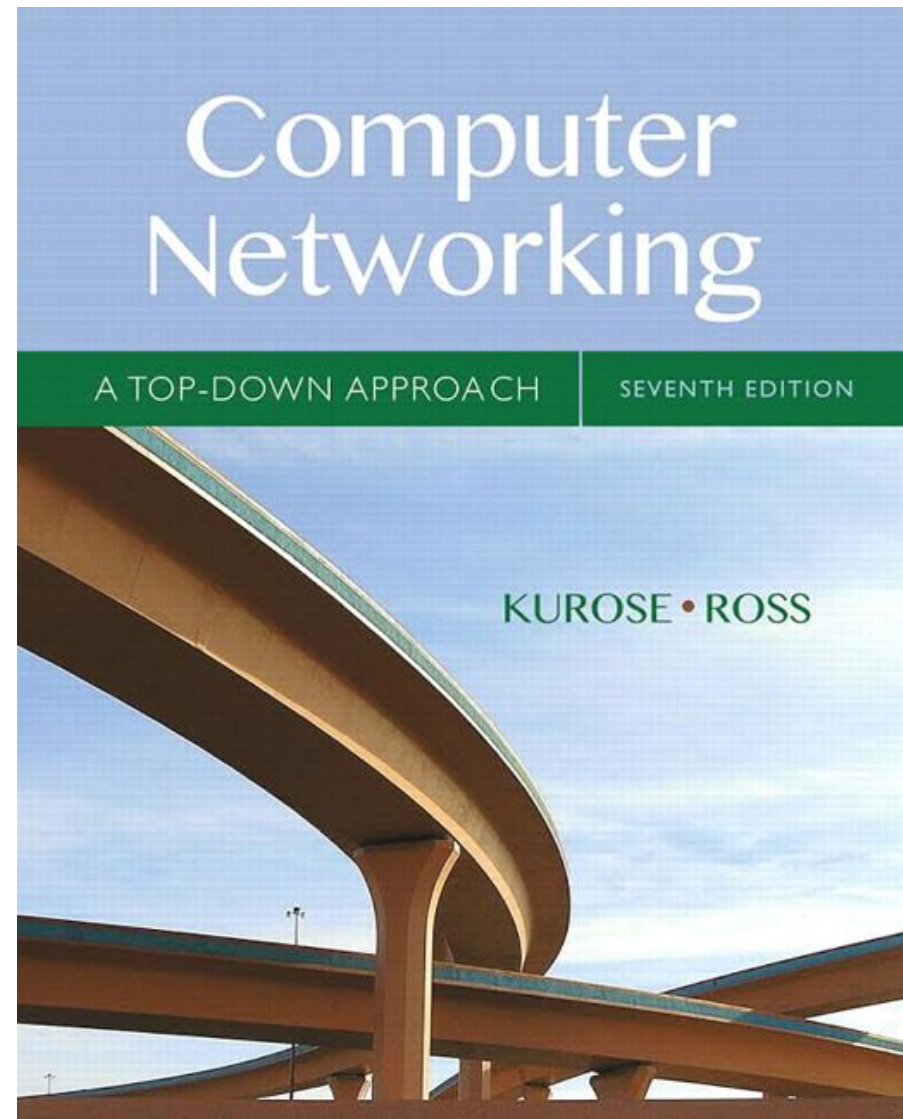
TCP/IP Model komunikace

Síťové vrstvy

Zapouzdření při přenosu

Fragmentace





# CHAPTER 1:

## Homework Problems and Questions