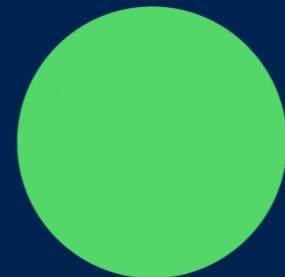




VYSOKÉ UČENÍ FAKULTA  
TECHNICKÉ INFORMAČNÍCH  
V BRNĚ TECHNOLOGIÍ



- Počet



**1**

# Počítačové sítě a Internet

## IPK/2021L

# Obsah

- . Internet
- . Komunikace
- . Připojení k Internetu
- . Páteřní sítě
- . Struktura Internetu
- . Model TCP/IP

# INTERNET

# Internet



**internet**

/'ɪntənet/

*noun*

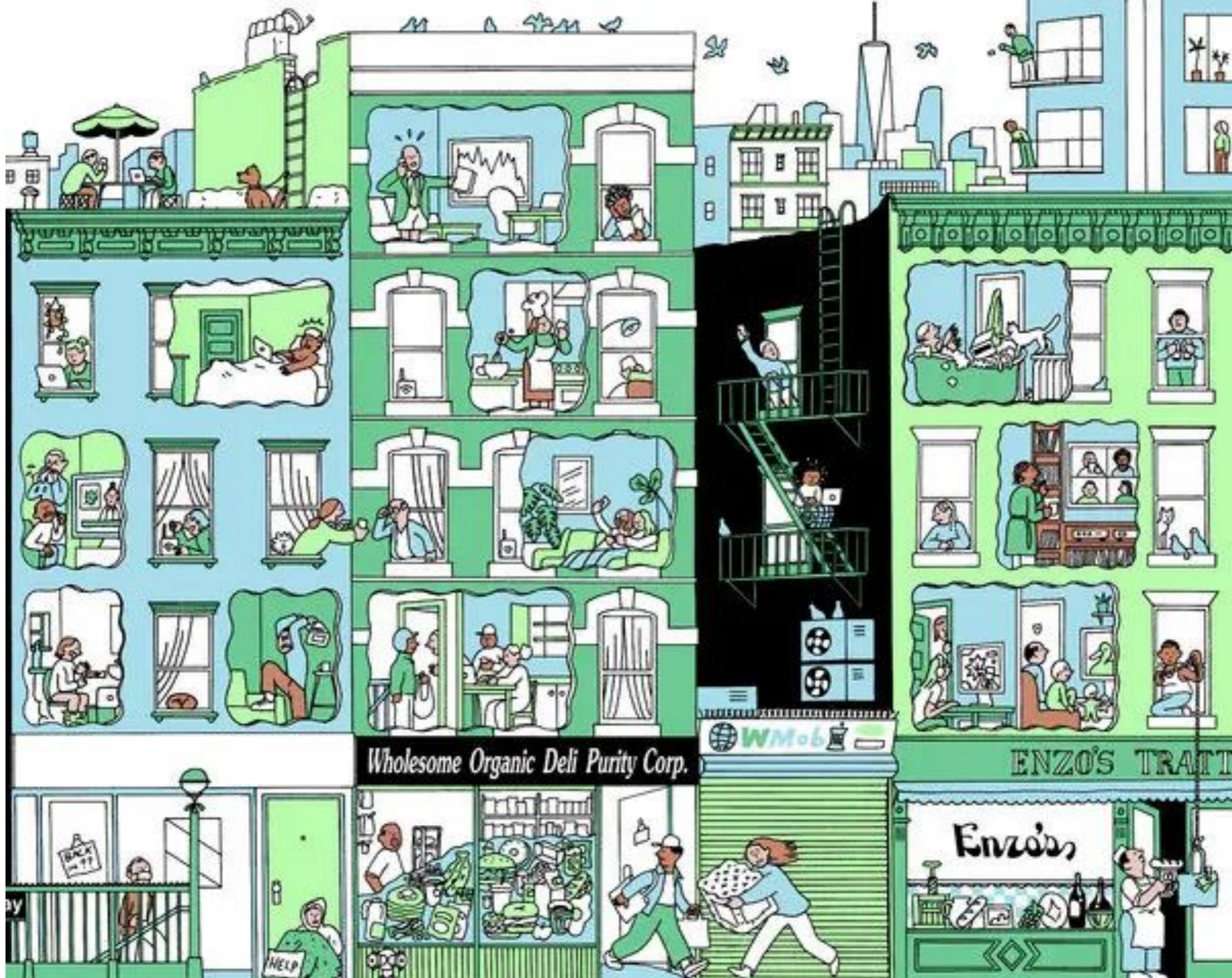
a global computer network providing a variety of information and communication facilities, consisting of interconnected networks using standardized communication protocols.

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

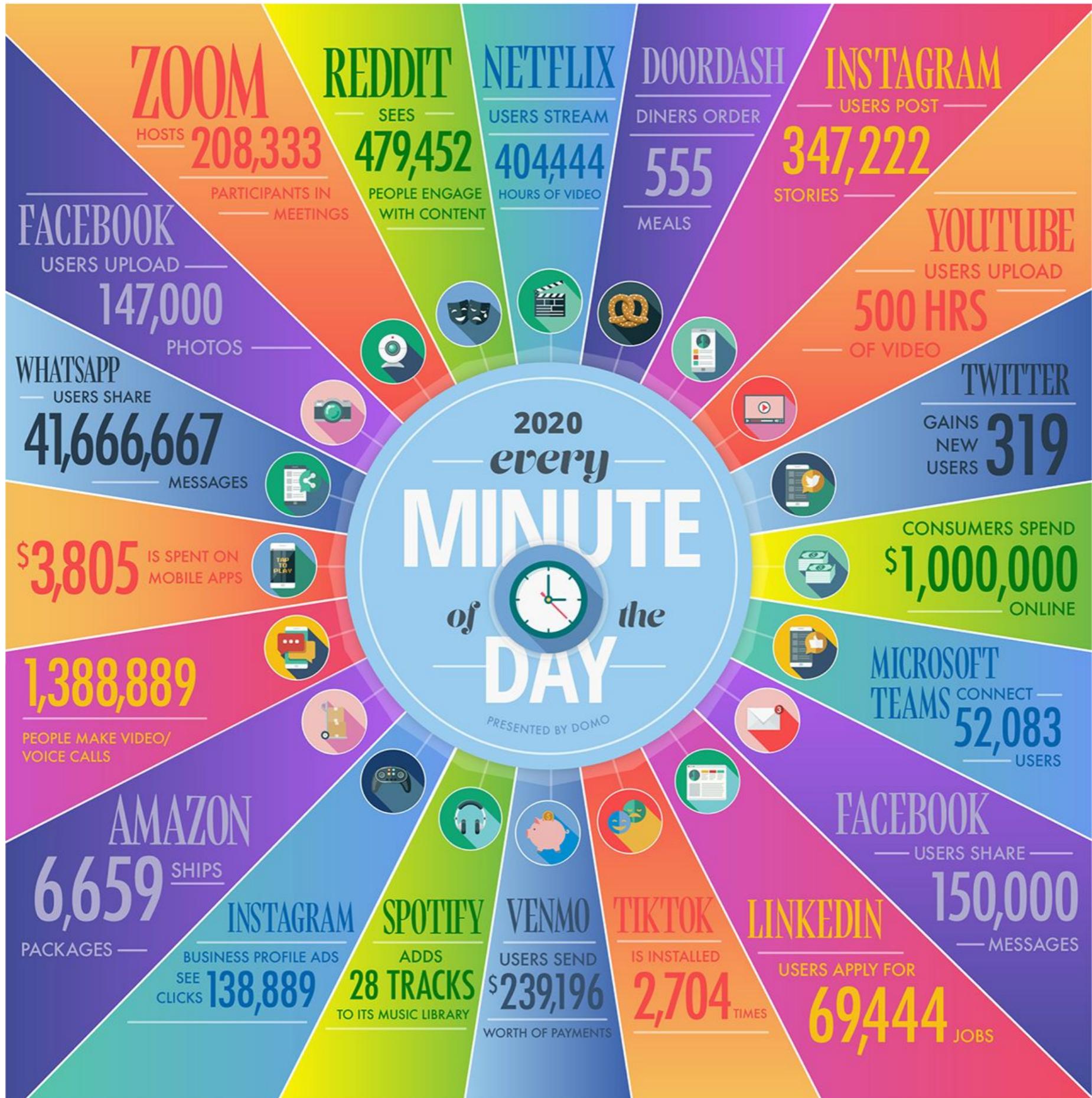
Definitions from Oxford Languages

*Feedback*





Zdroj: NY Times





# KOMUNIKACE

# Přenos dat



Source

!?

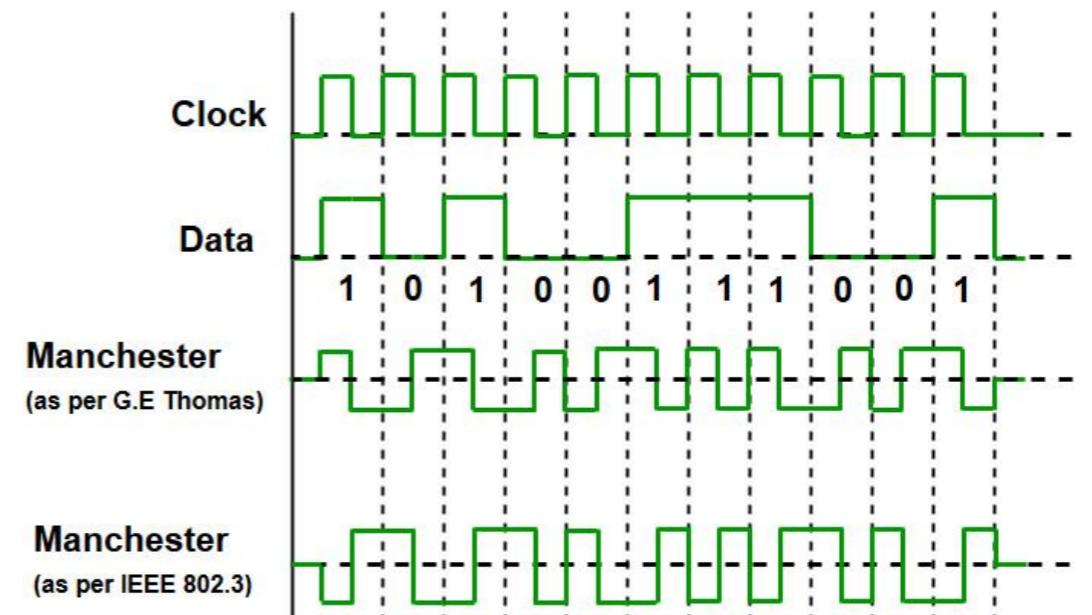
A large red exclamation mark followed by a question mark, indicating a process or action related to data transfer.

Destination

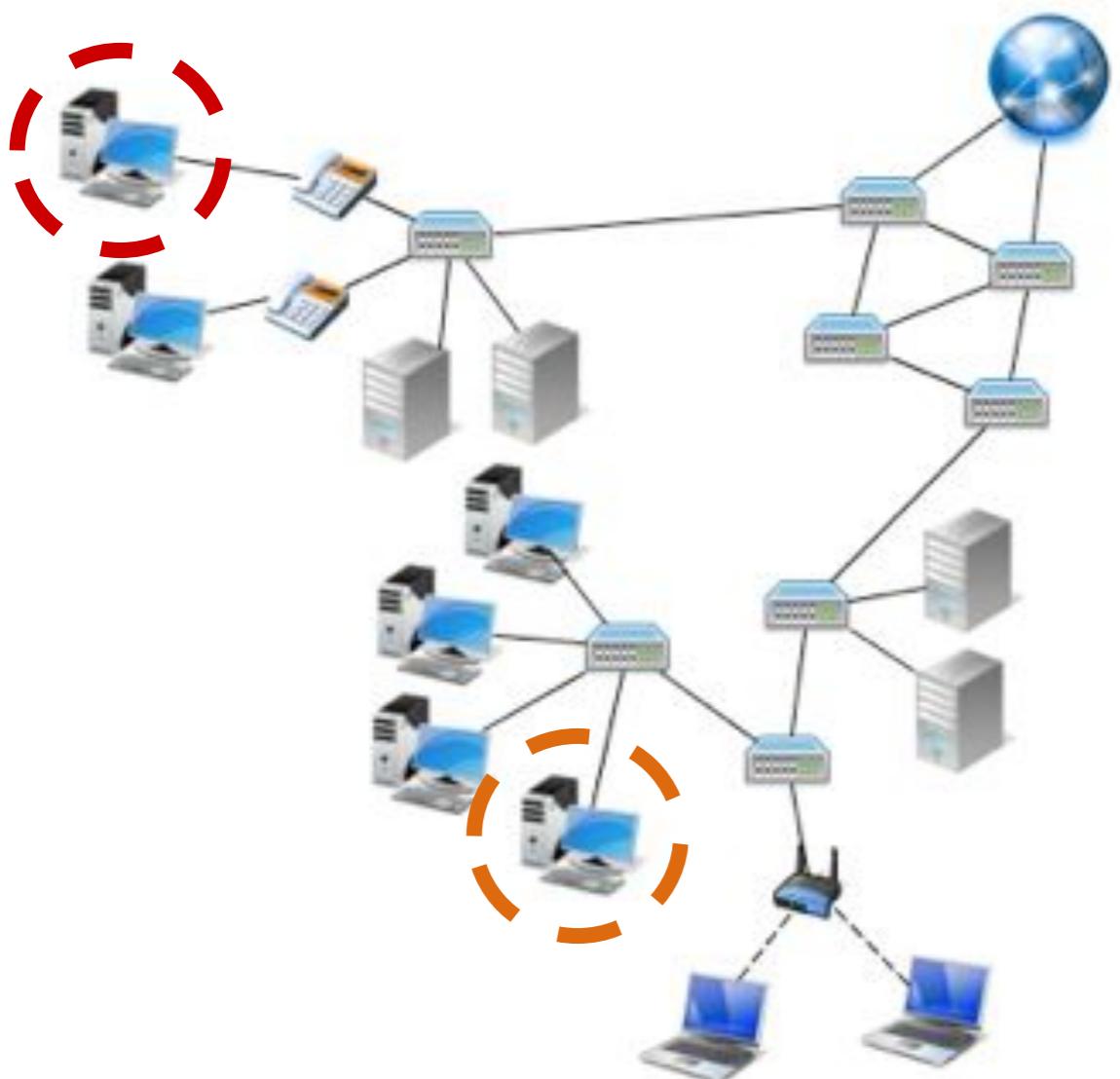
# Přenos dat



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

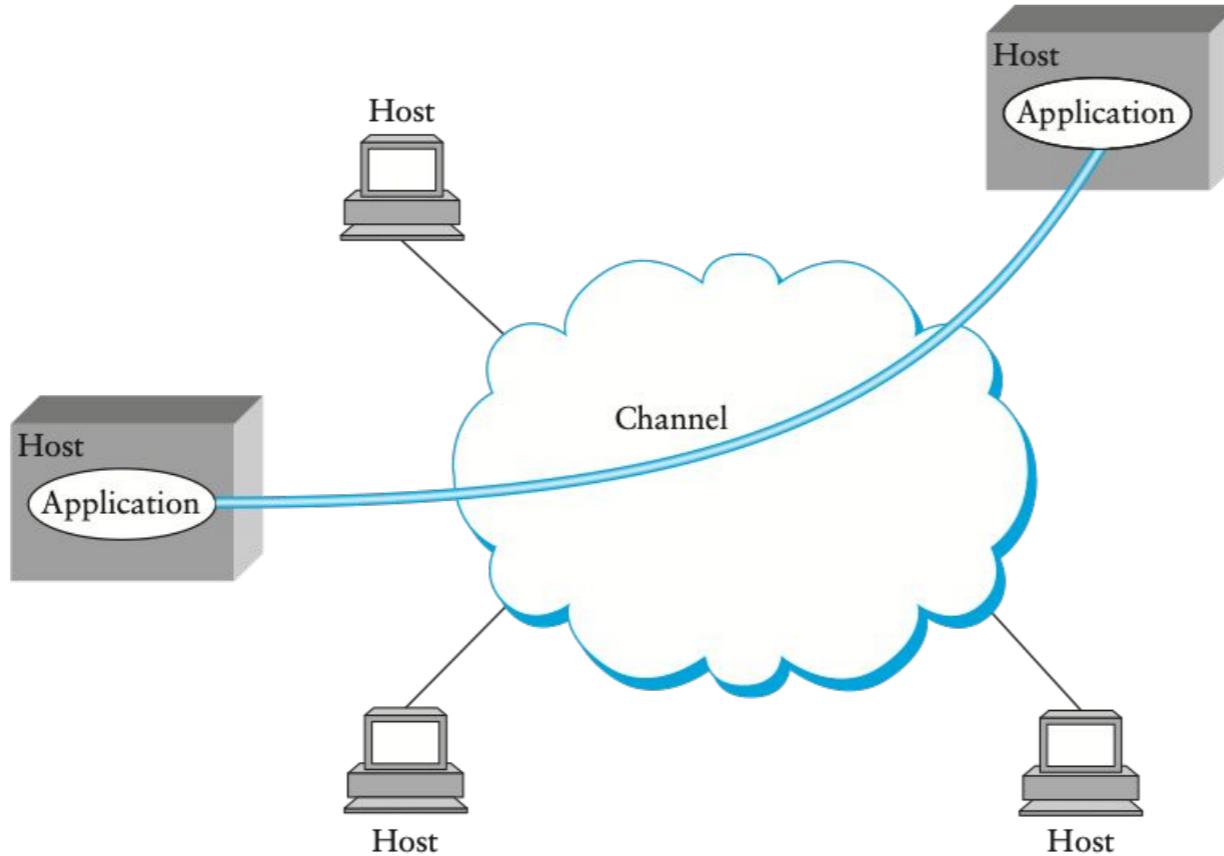


# Komunikace - zařízení



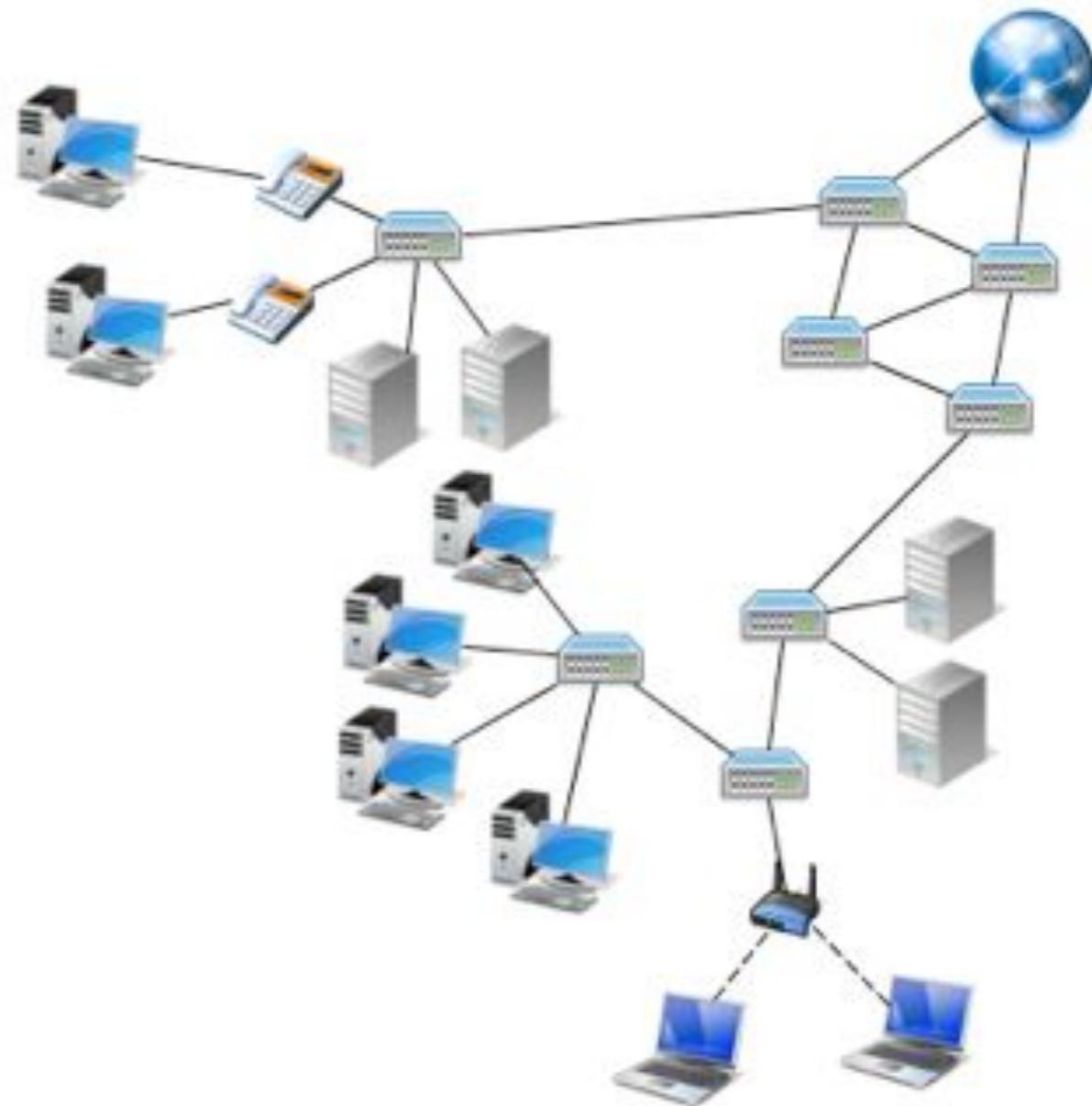
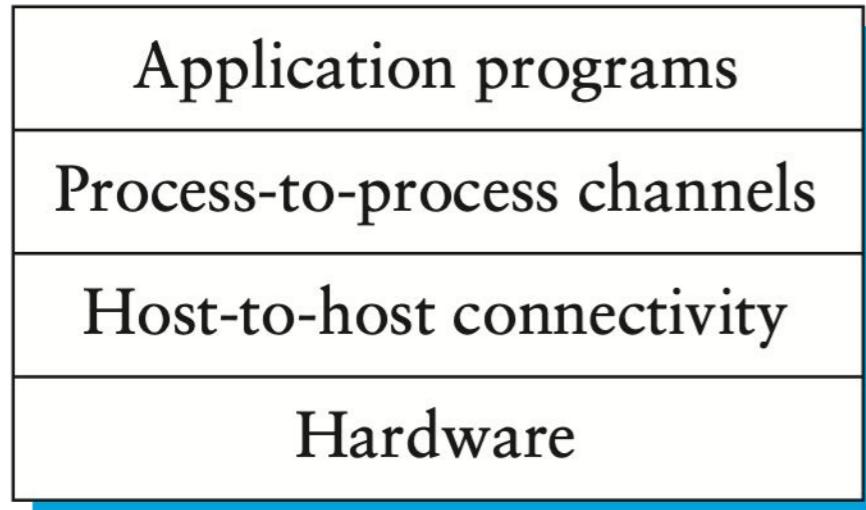
- Jak identifikovat cílové zařízení?  
**ADRESOVÁNÍ**
- Jak nalézt cestu k cílovému zařízení?  
**SMĚROVÁNÍ**
- Jak dostat data na cílové zařízení?  
**PŘEPÍNÁNÍ**

# Komunikace - aplikace



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

# Síťová architektura



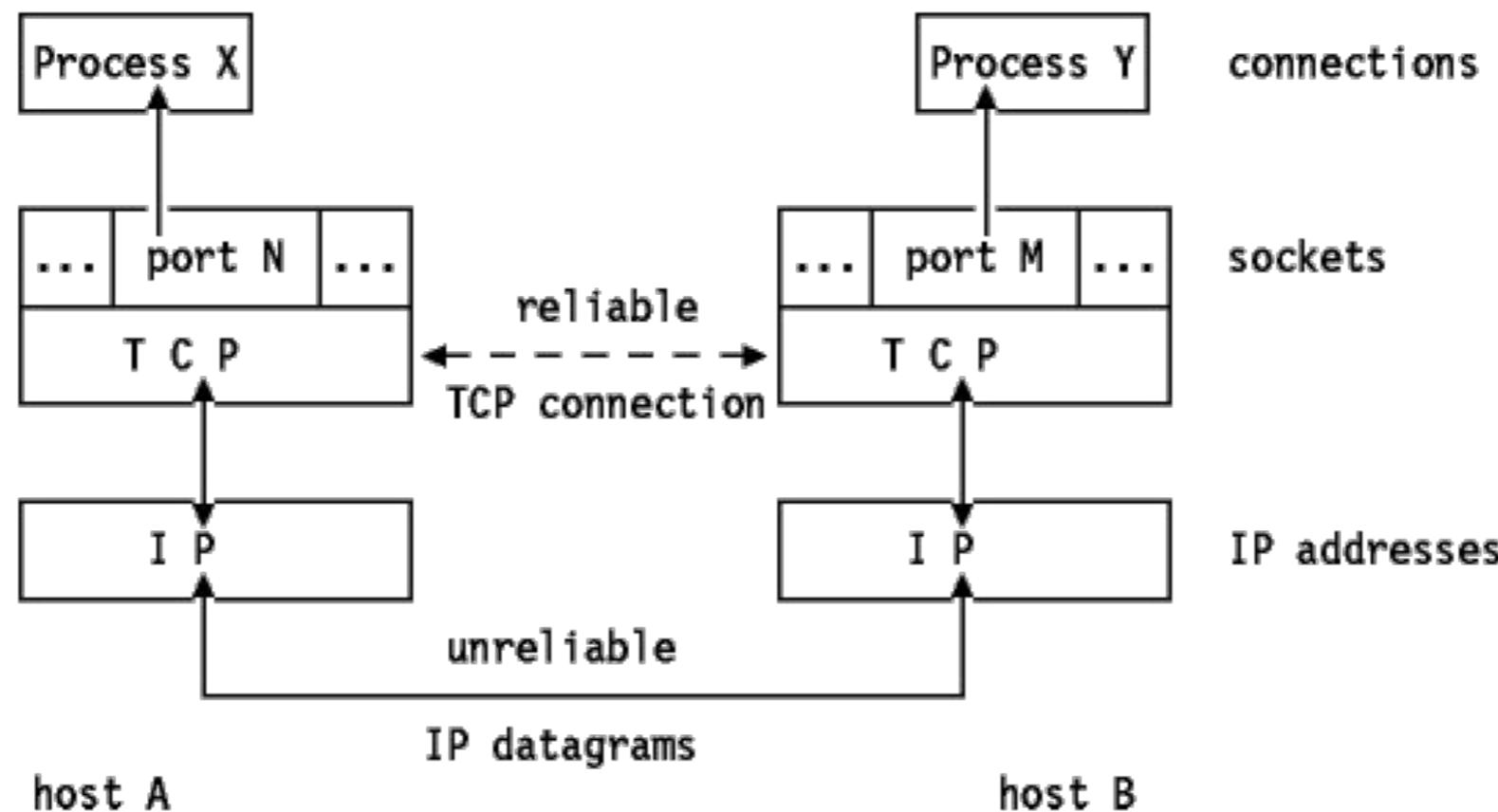
# Spolehlivá komunikace

Ztráta

Zpoždění

Poškození dat

Změna pořadí zpráv



Připojení k ISP

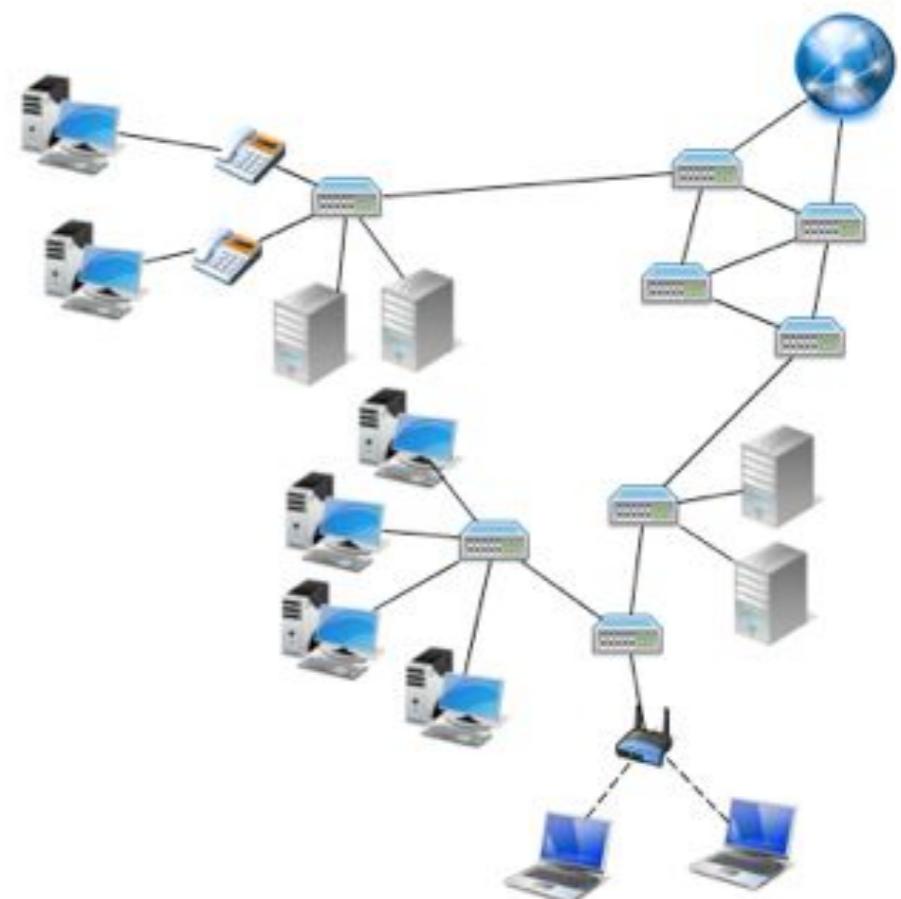
# Typ připojení

## TYP

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

## KRITÉRIA

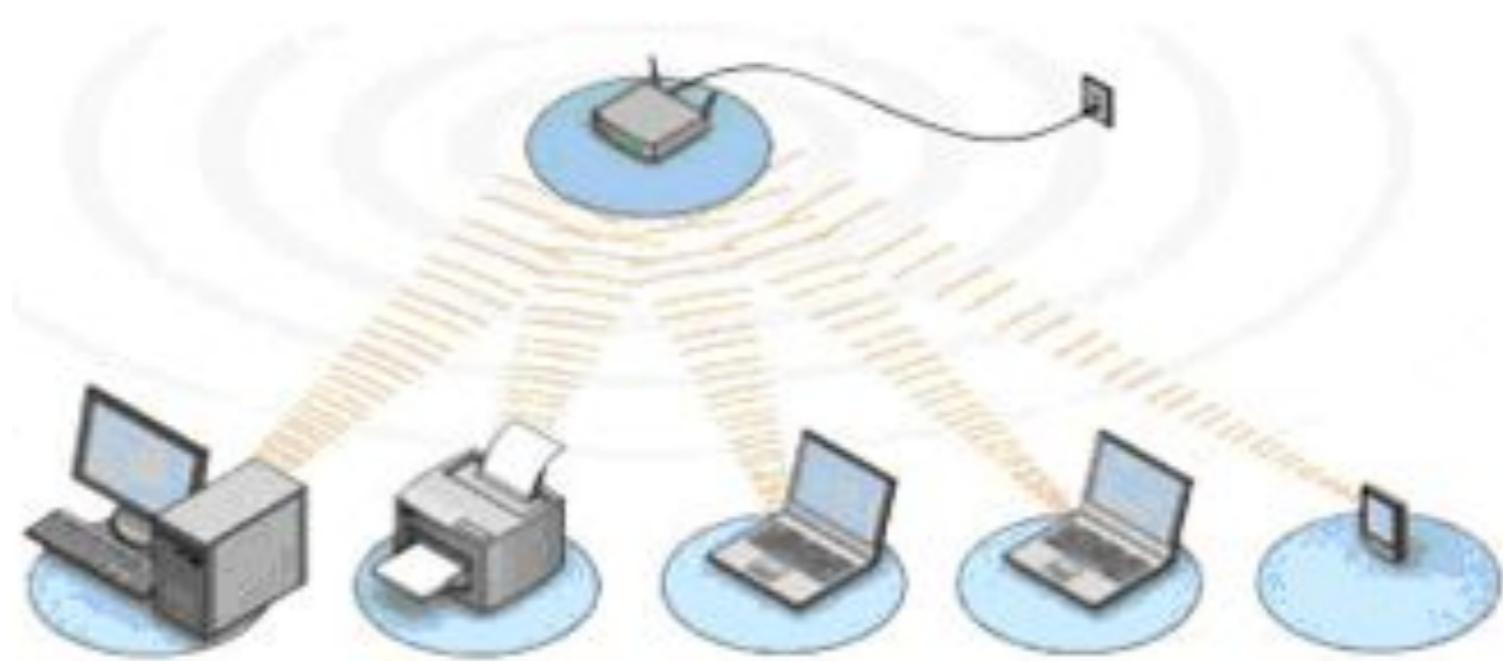
- šířka pásma (bps) přístupové sítě
- sdílená nebo vyhrazená
- cena



# Domácí sítě

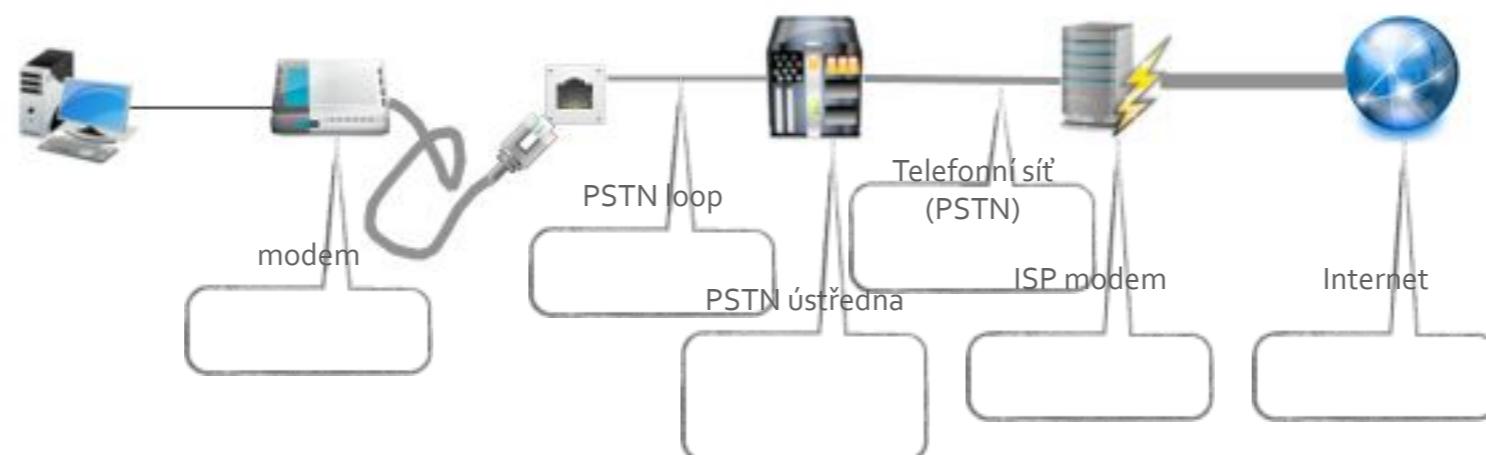
## SOHO Router

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



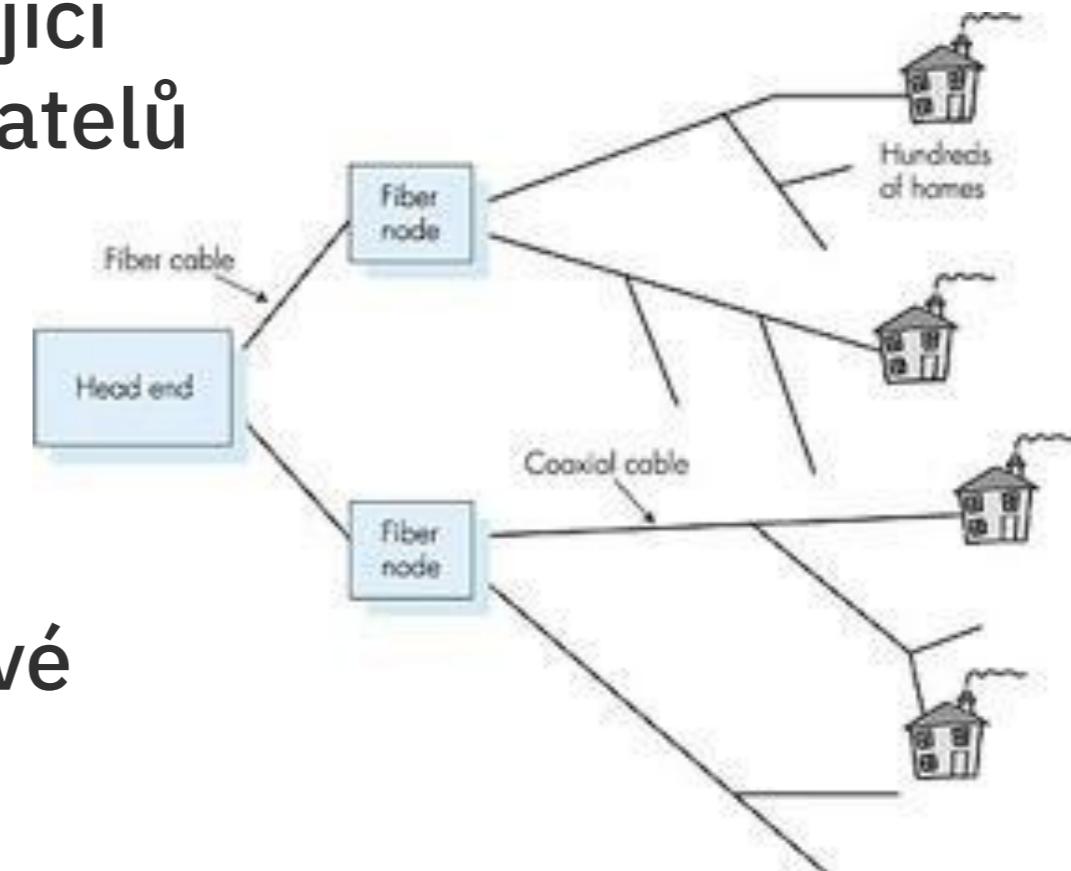
# Modem

- 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

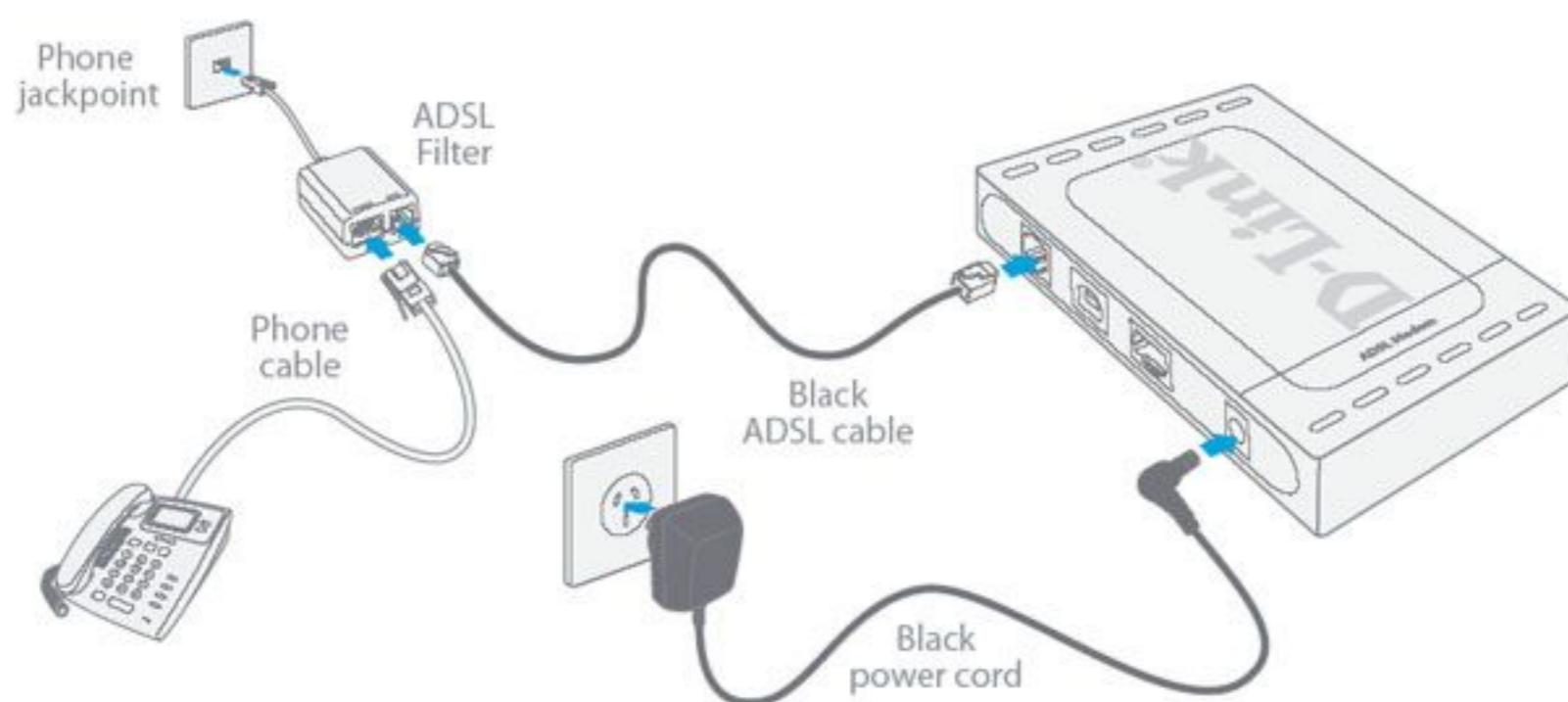
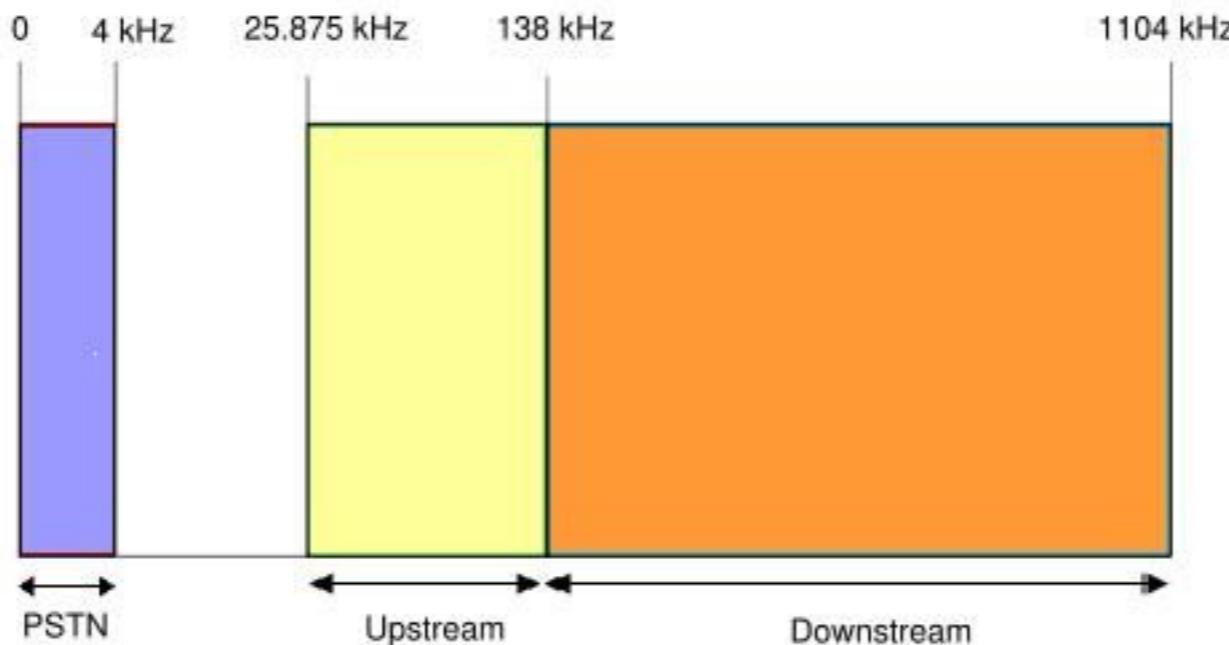


# Kabelové modemy

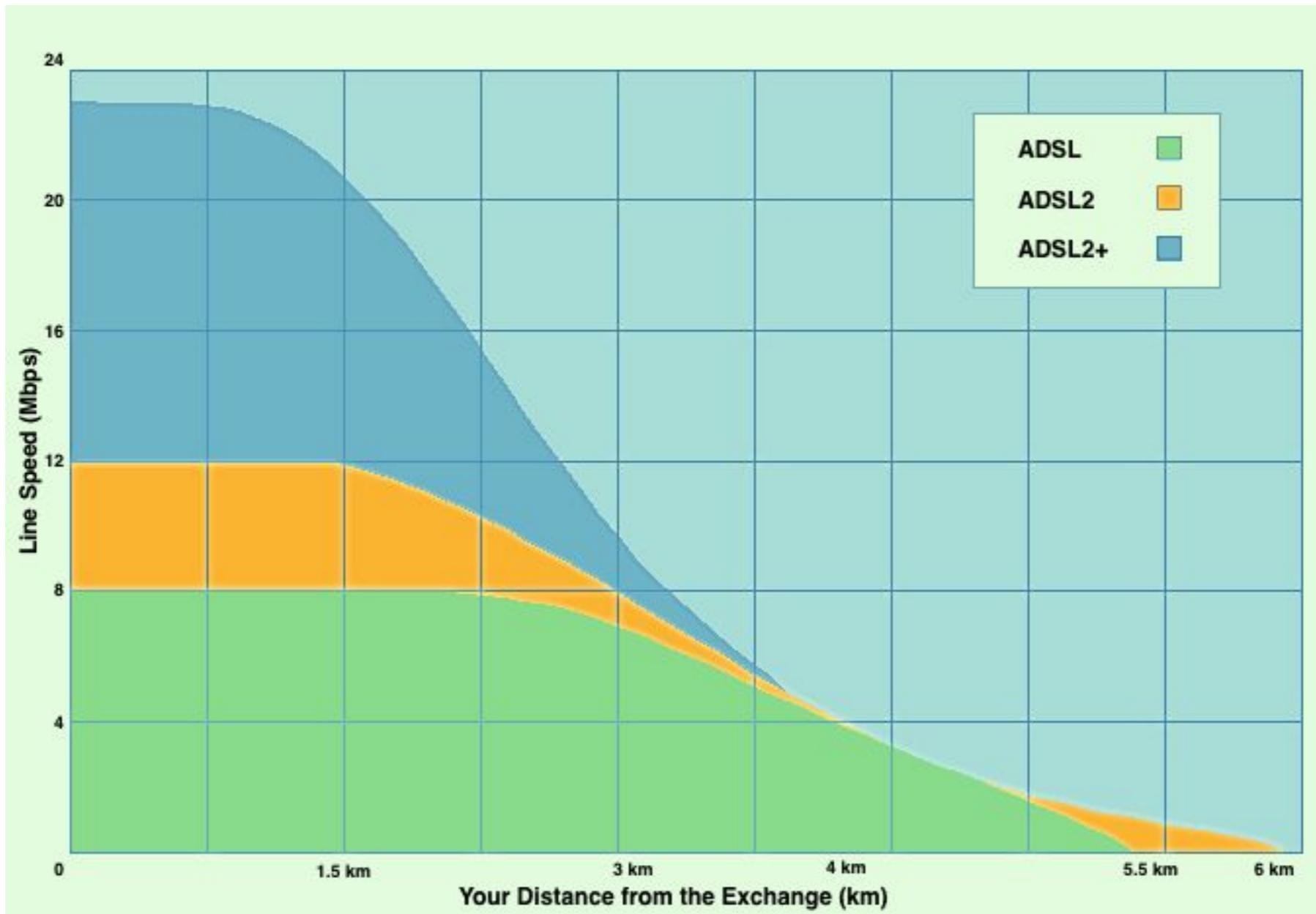
- HFC: hybrid fiber coax
- Asymetrický: až 30Mbps příchozí datový tok, 2 Mbps odchozí datový tok
- Síť kabelů a optických vláken spojující domácnosti se směrovači poskytovatelů (provider) internetu
- Sdílený přístup k celému médiu
- Problém: zahlcení, dimenzování
- Dostupné od poskytovatelů kabelové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



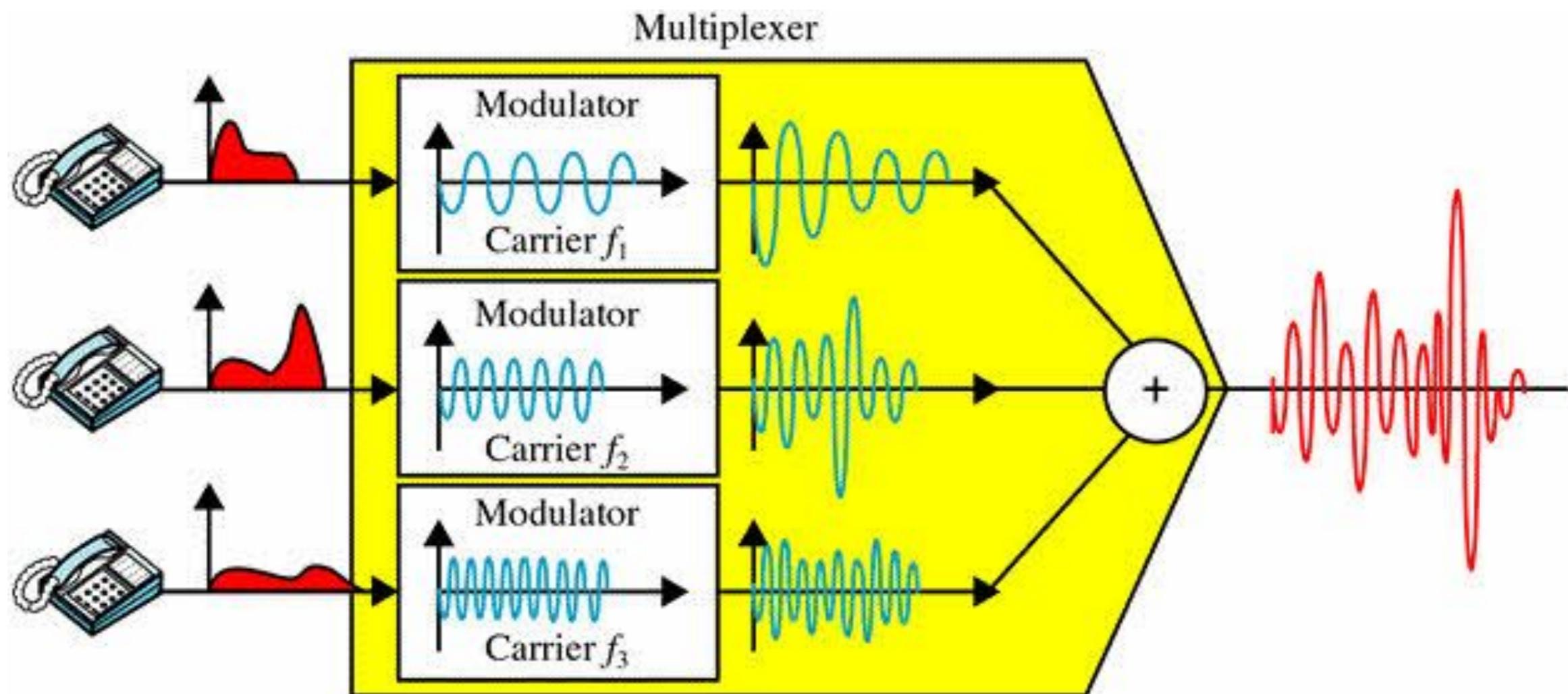
# ADSL



# ADSL Speed



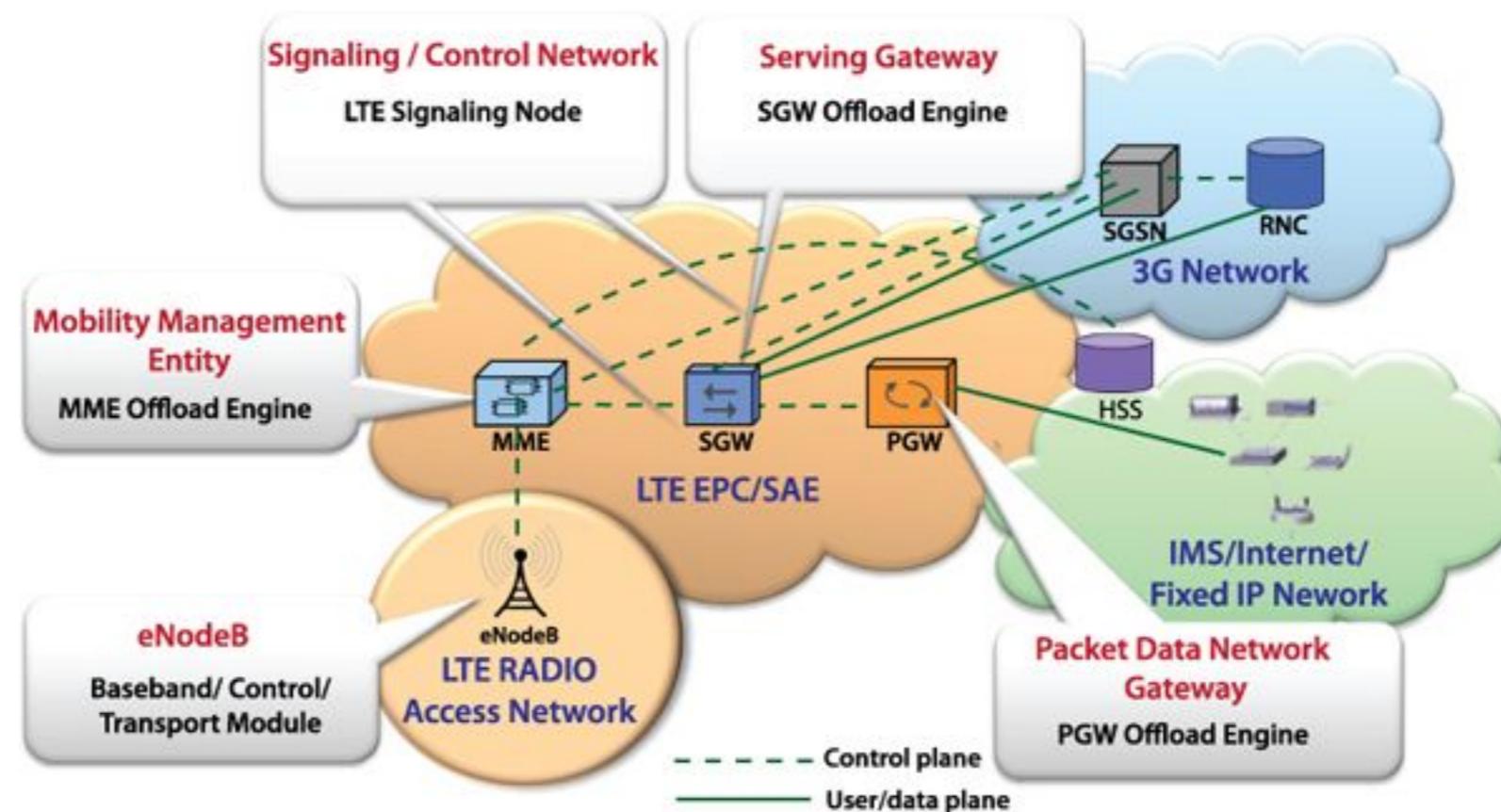
# FDM



# Bezdrátové připojení



# LTE Internet



# Mobilní sítě

Table 11.1 Characteristics of Different Cellular Networks

	2.5G		3G		3.5G		4G
	EDGE	cdma2000	UMTS <sup>1</sup>	EV-DO <sup>2</sup>	HSDPA	EV-DV	LTE
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	OFDMA 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 (Mbps)	(UL) 0.04	(UL) 0.05	(UL) 0.14	(UL) 1.8	(UL) 2	(UL) 1	(UL) 50
	(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

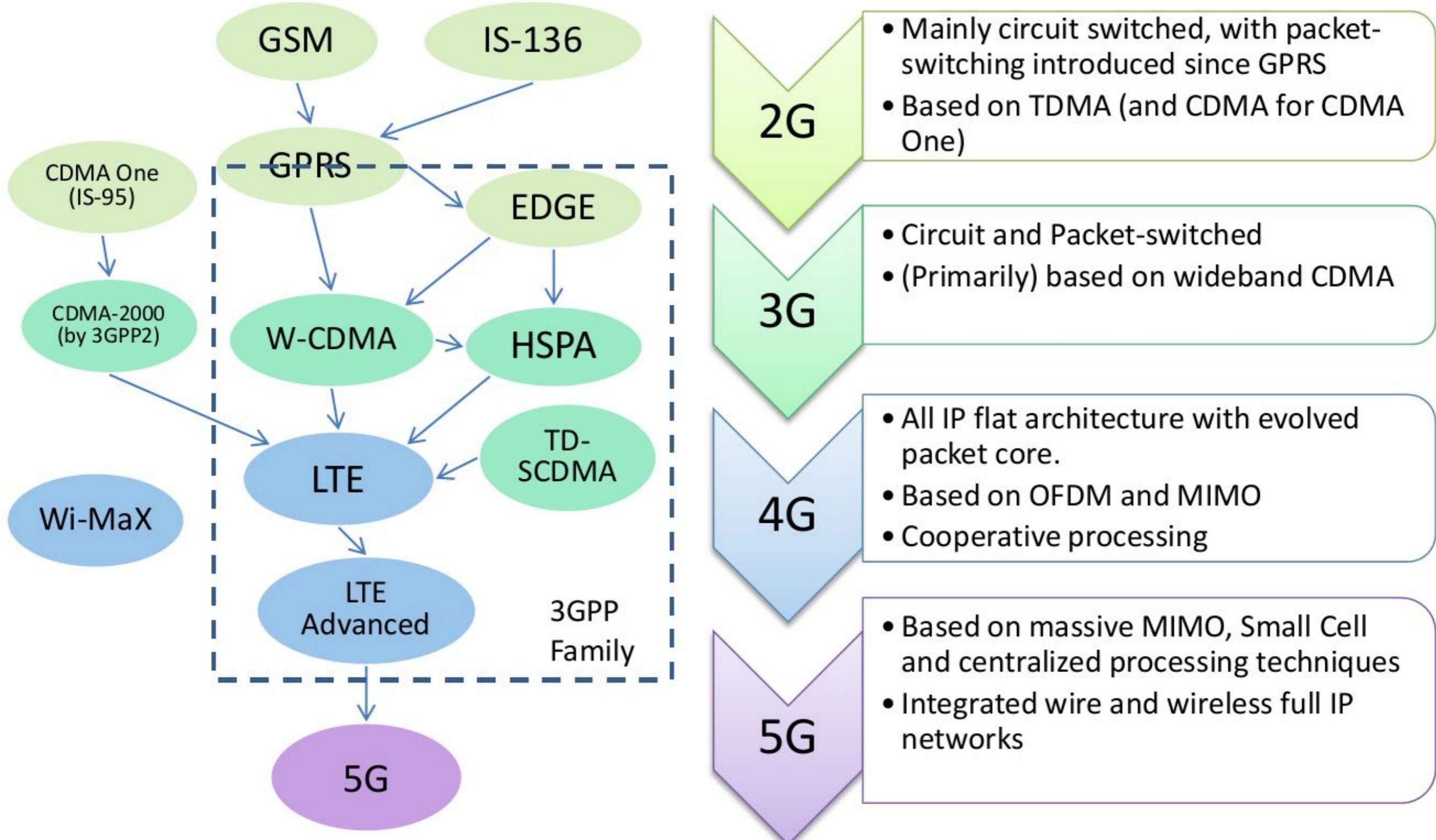
TD-CDMA: Time division-synchronous CDMA

OFDMA: Orthogonal frequency division multiple access

SC-FDMA: Single carrier frequency division multiple access

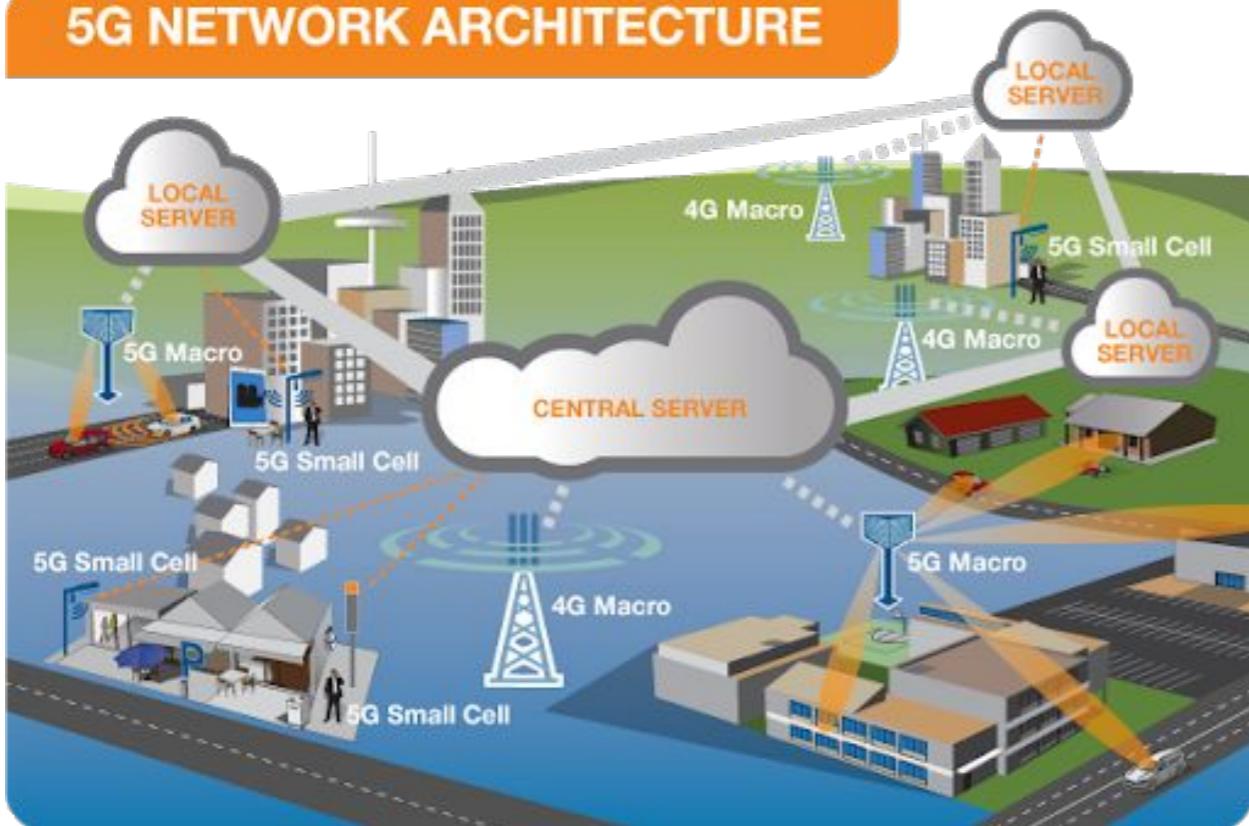
CTC: Convolutional/Turbo coding

# GSM Evoluce

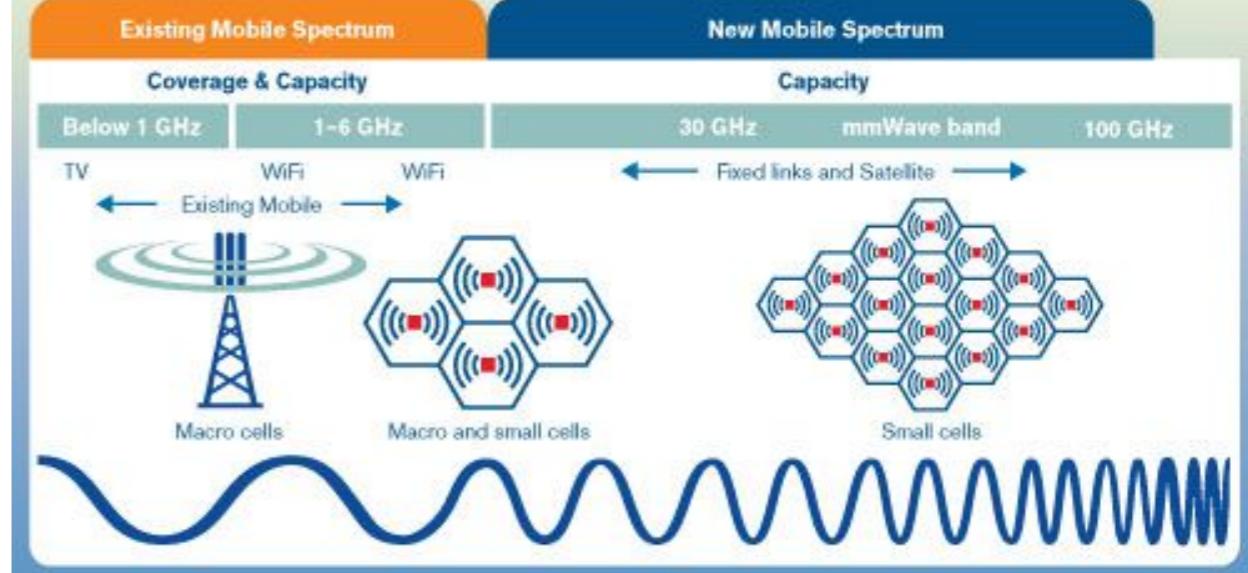


# 5G sítě

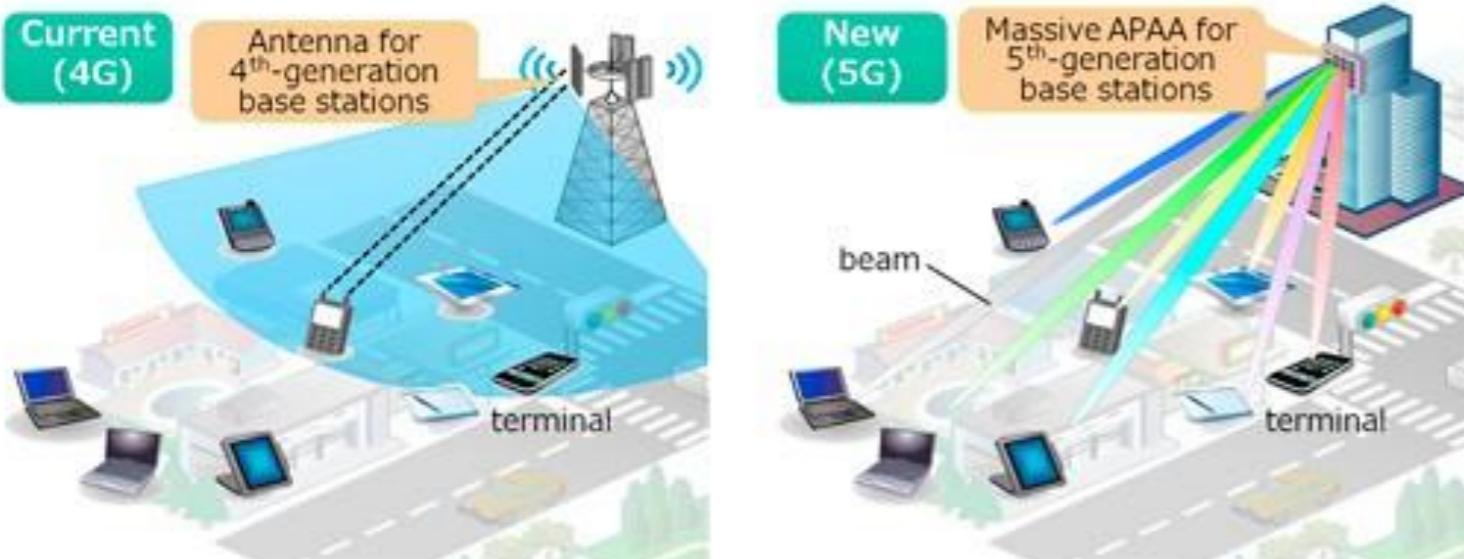
## 5G NETWORK ARCHITECTURE



## 5G SPECTRUM

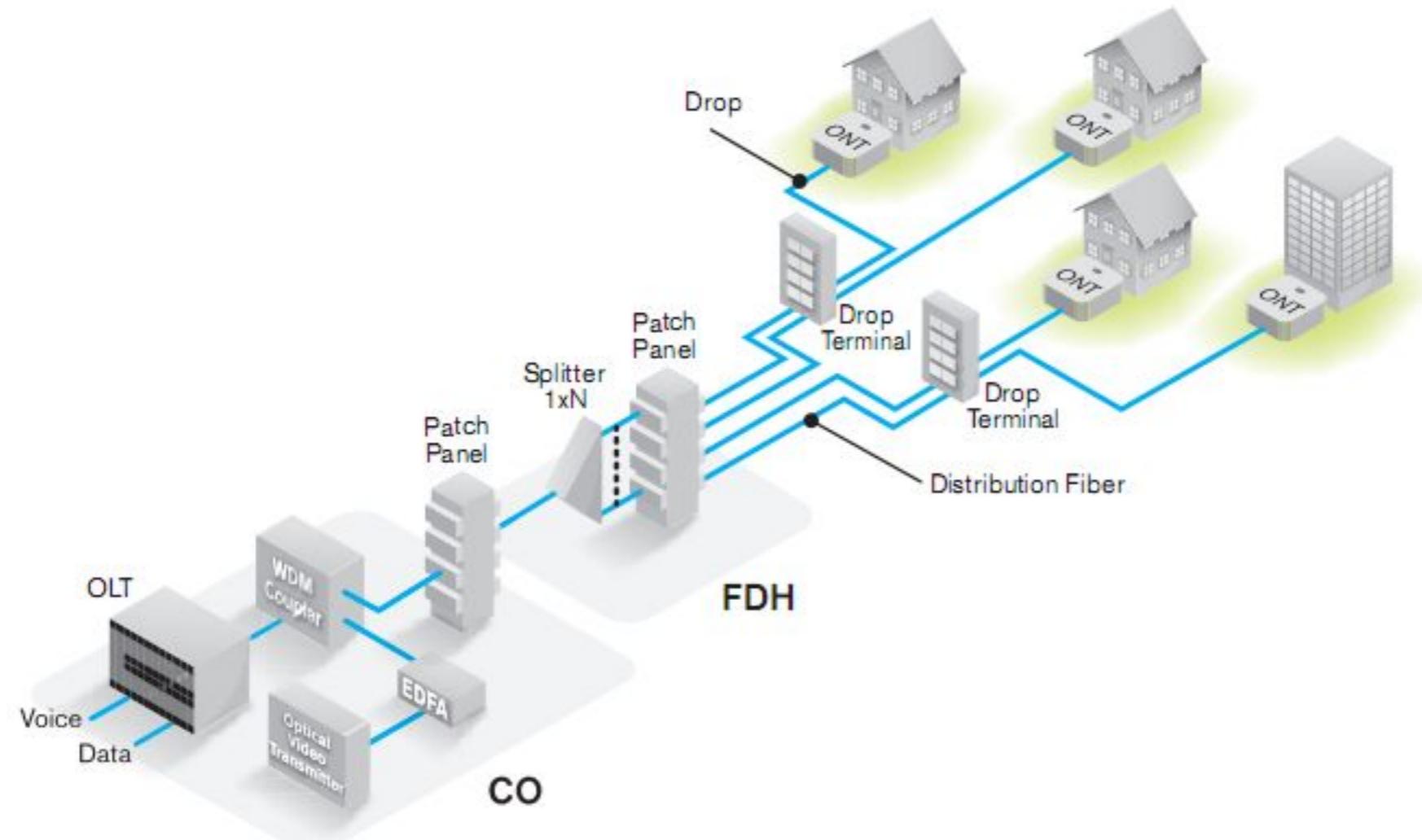


Zdroj: <http://www.emfexplained.info/?ID=25916>



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

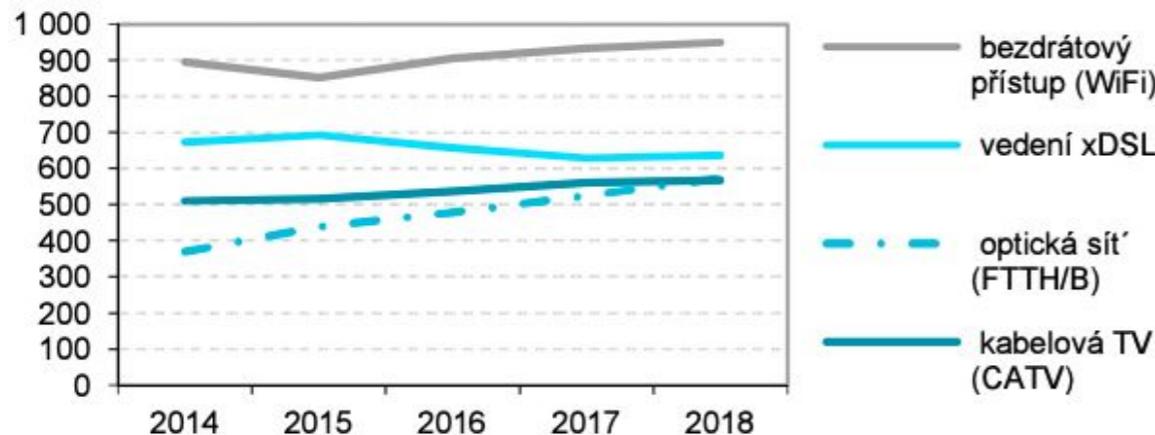
# Fiber to the Home



# 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 připojek/přístupů)**

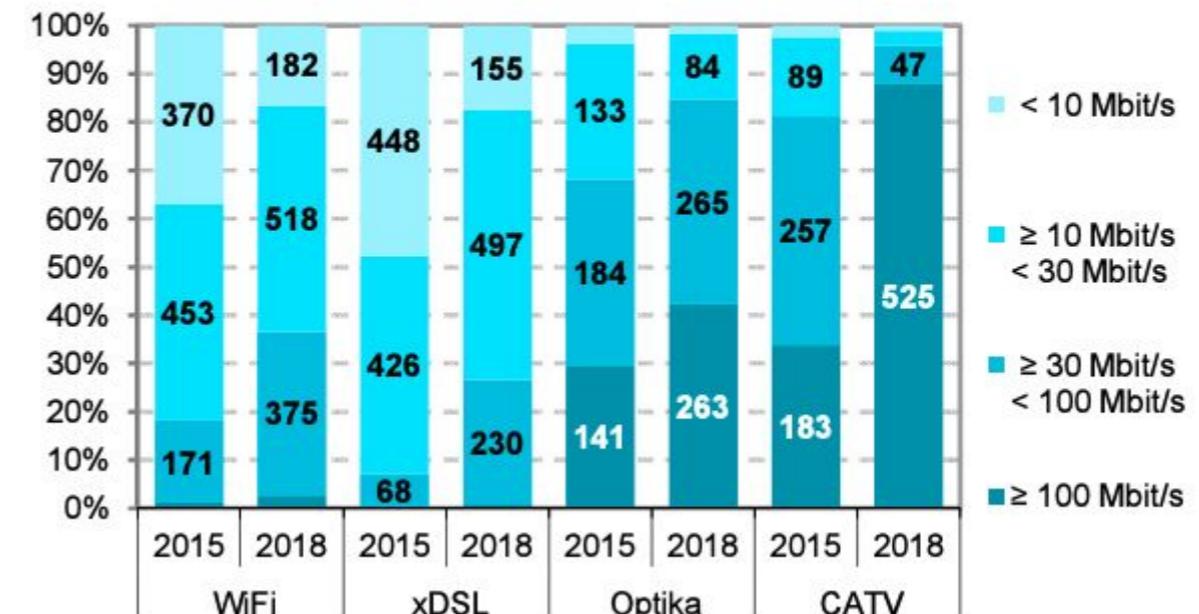


**Graf A26 Internet v mobilní síti - počet účastníků**

v milionech      na 100 obyvatel

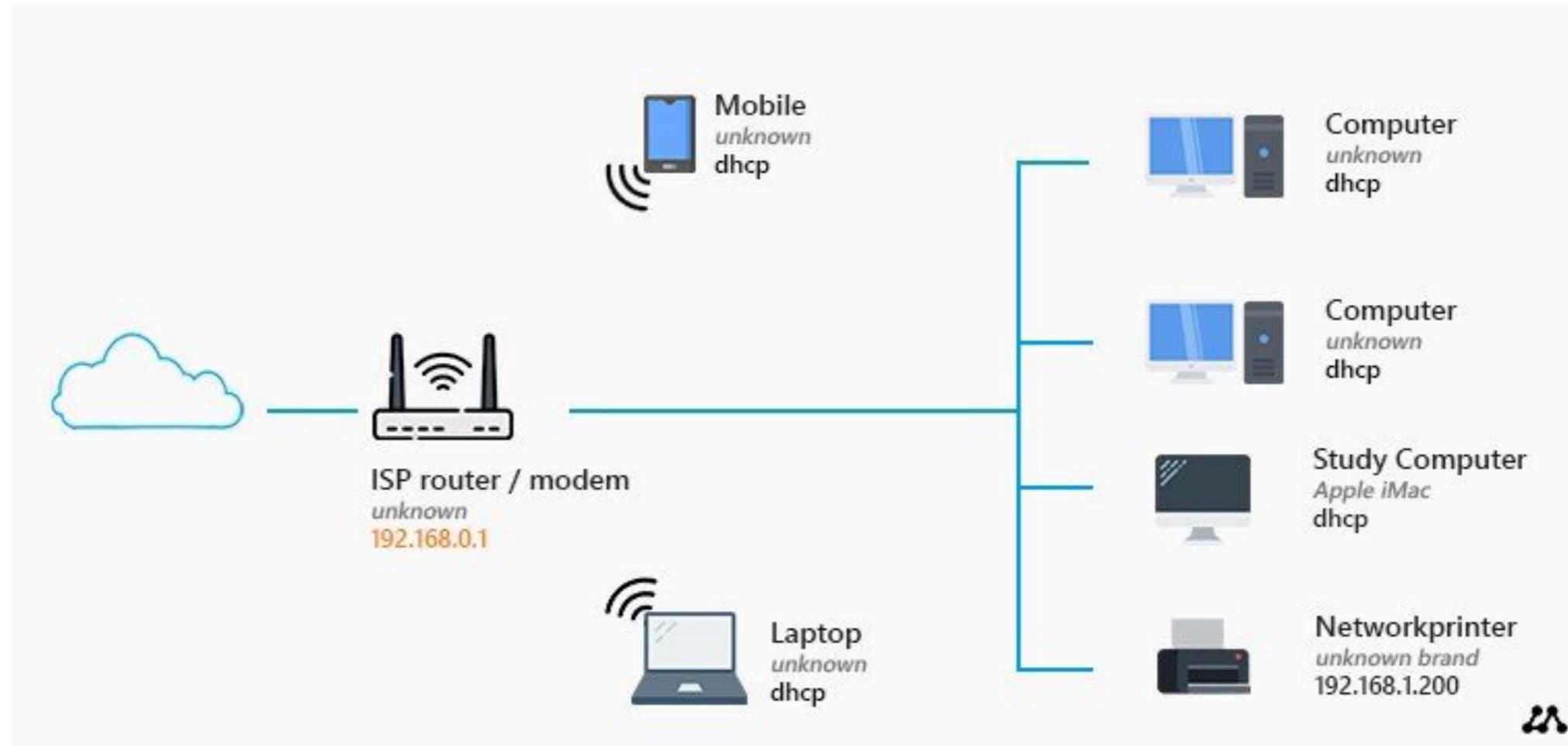


**Graf A23 Nabízená rychlosť připojení k internetu v pevné síti vybraných technologií (tis. aktivních připojek/přístupů; %)**



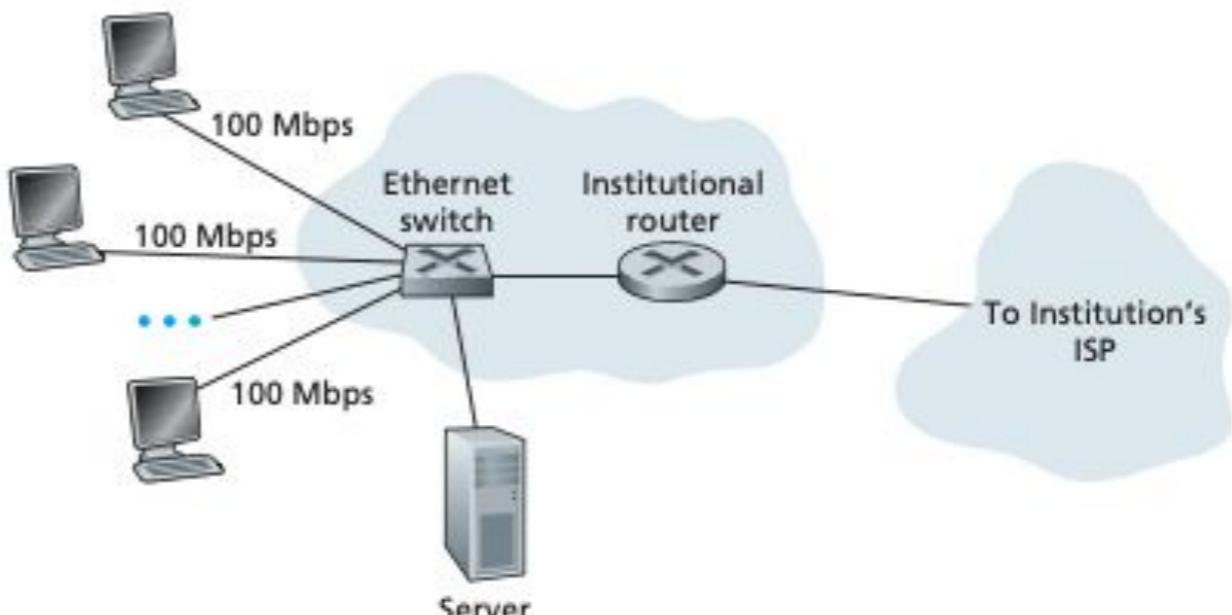
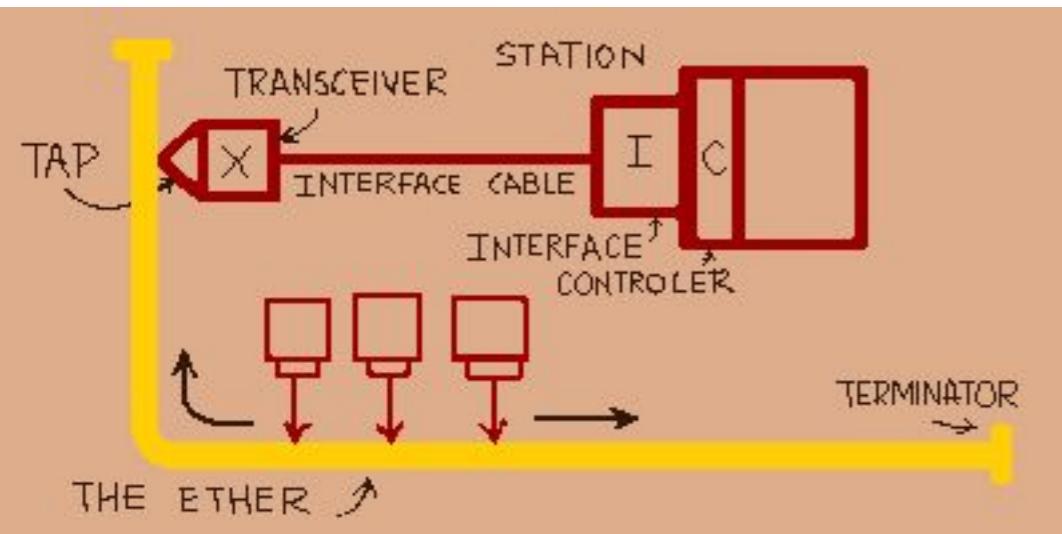
Domácí síť

# Malá domácí síť



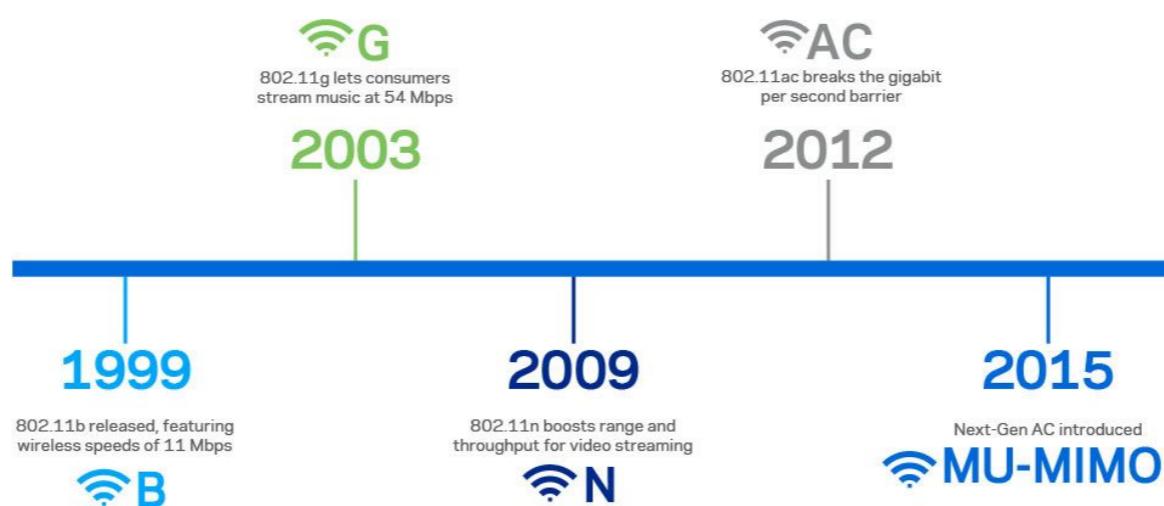
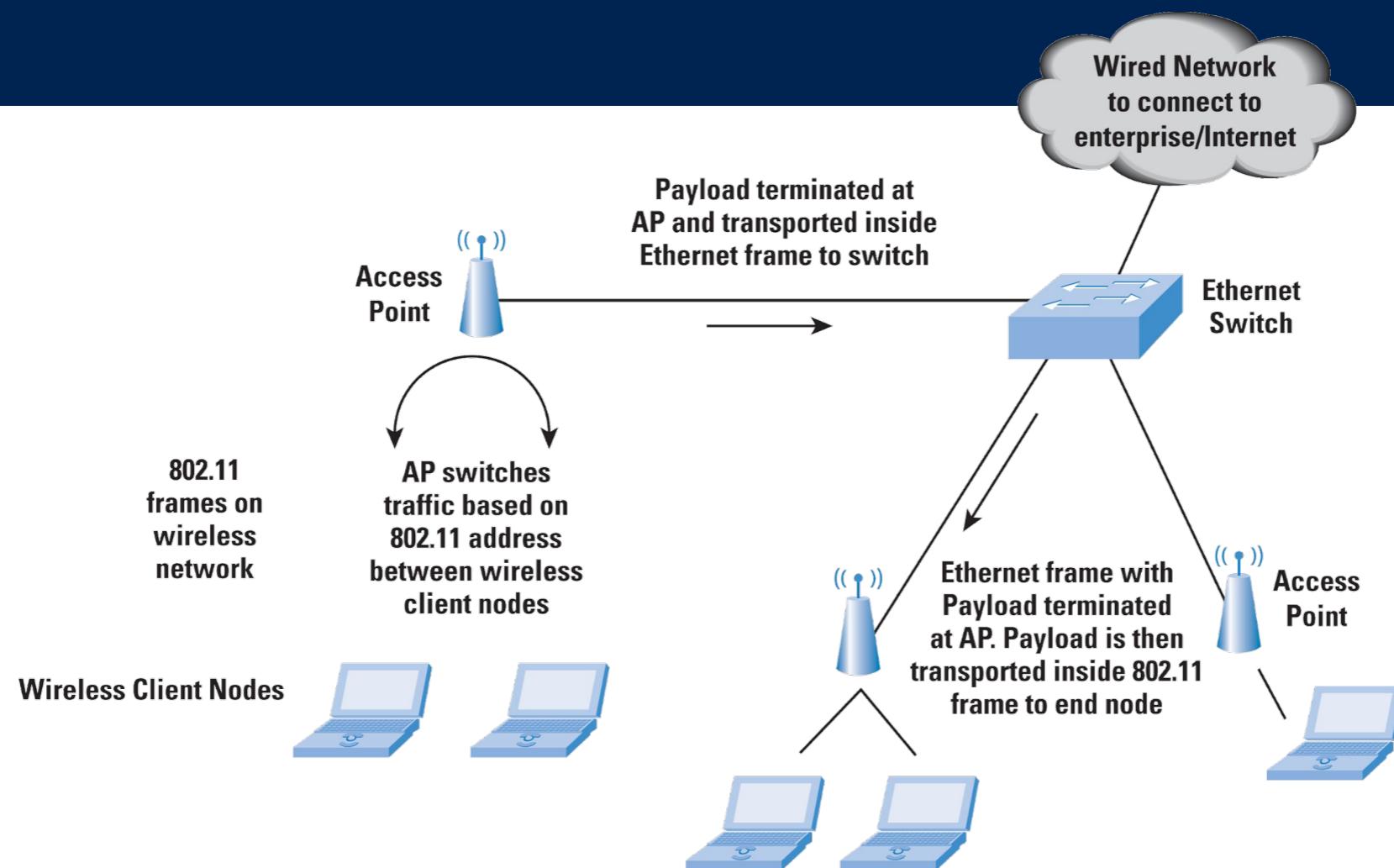
Zdroj: <https://lazyadmin.nl/home-network/home-network-diagram/>

# 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

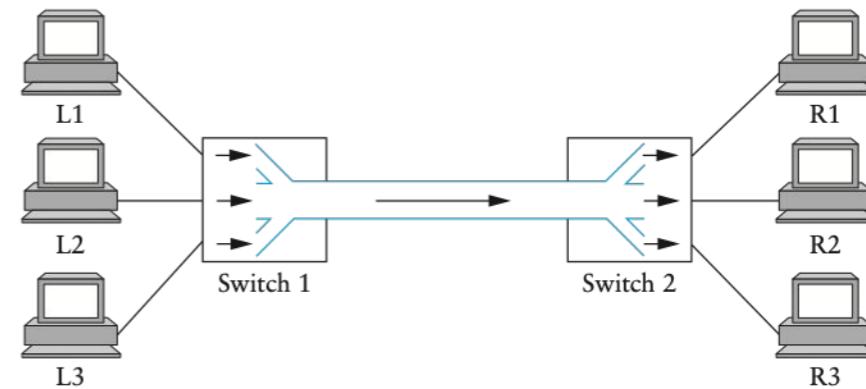
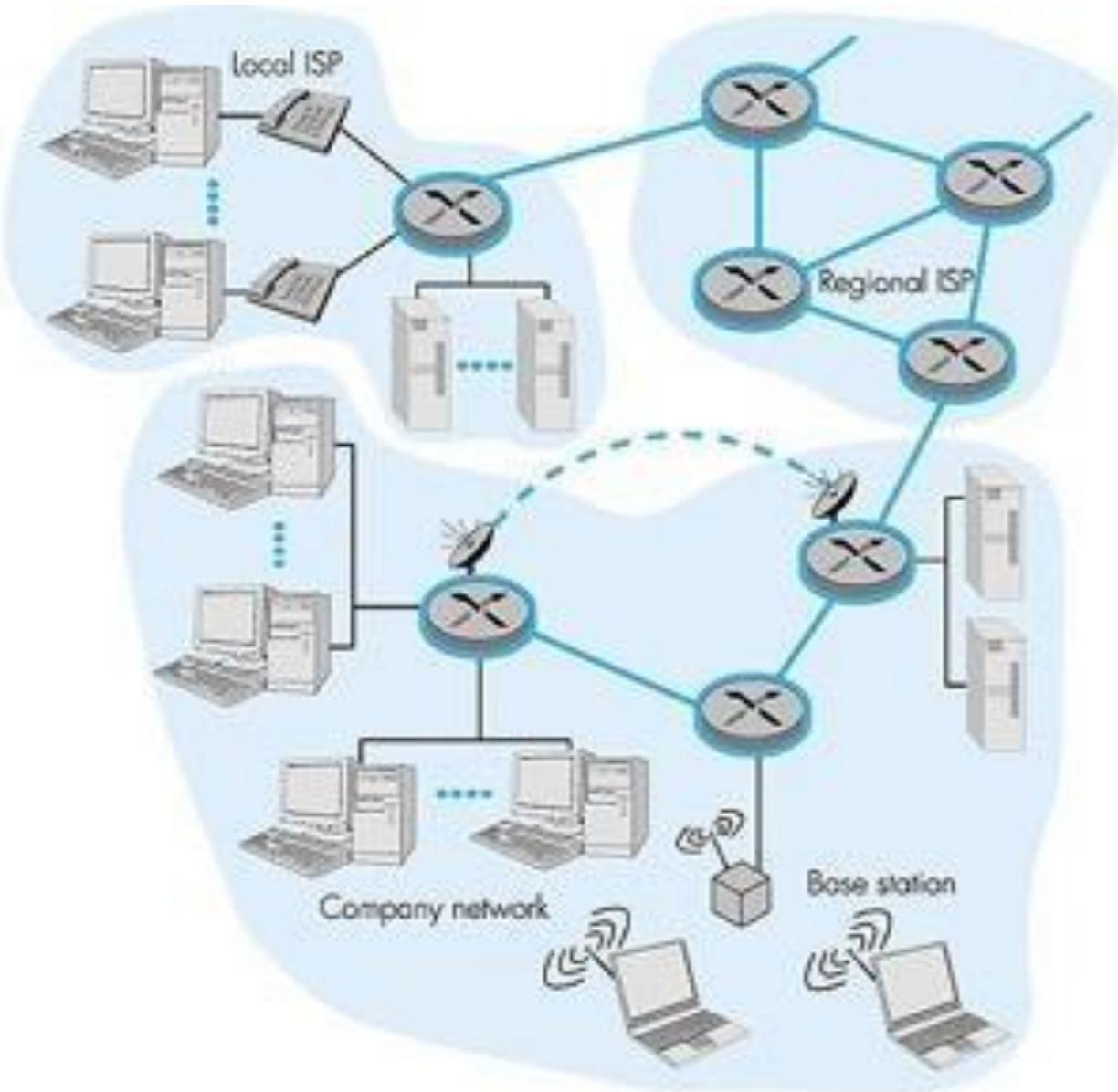
	Wi-Fi 6	Wi-Fi 7
IEEE standard	802.11ax	802.11be
Maximum transmission rate	9.6 Gbps	30 Gbps
Frequency band	2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz (Wi-Fi 6E)	2.4 GHz, 5 GHz, and 6 GHz
Security protocol	WPA3	WPA3
Channel bandwidth	20 MHz, 40 MHz, 80 MHz, 160 MHz, 80+80 MHz	Up to 320 MHz
Modulation mode	1024-QAM OFDMA	4096-QAM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

# Zjistěte si...

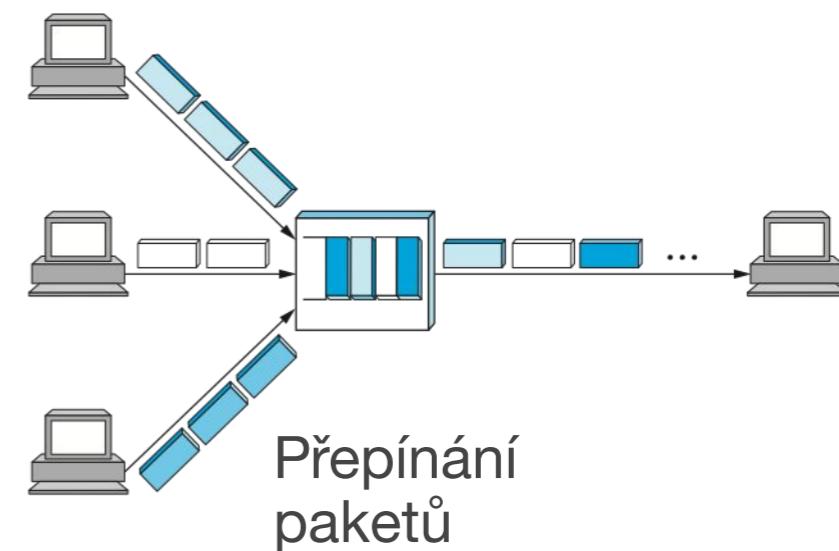


# Páteřní síť

# Páteřní síť

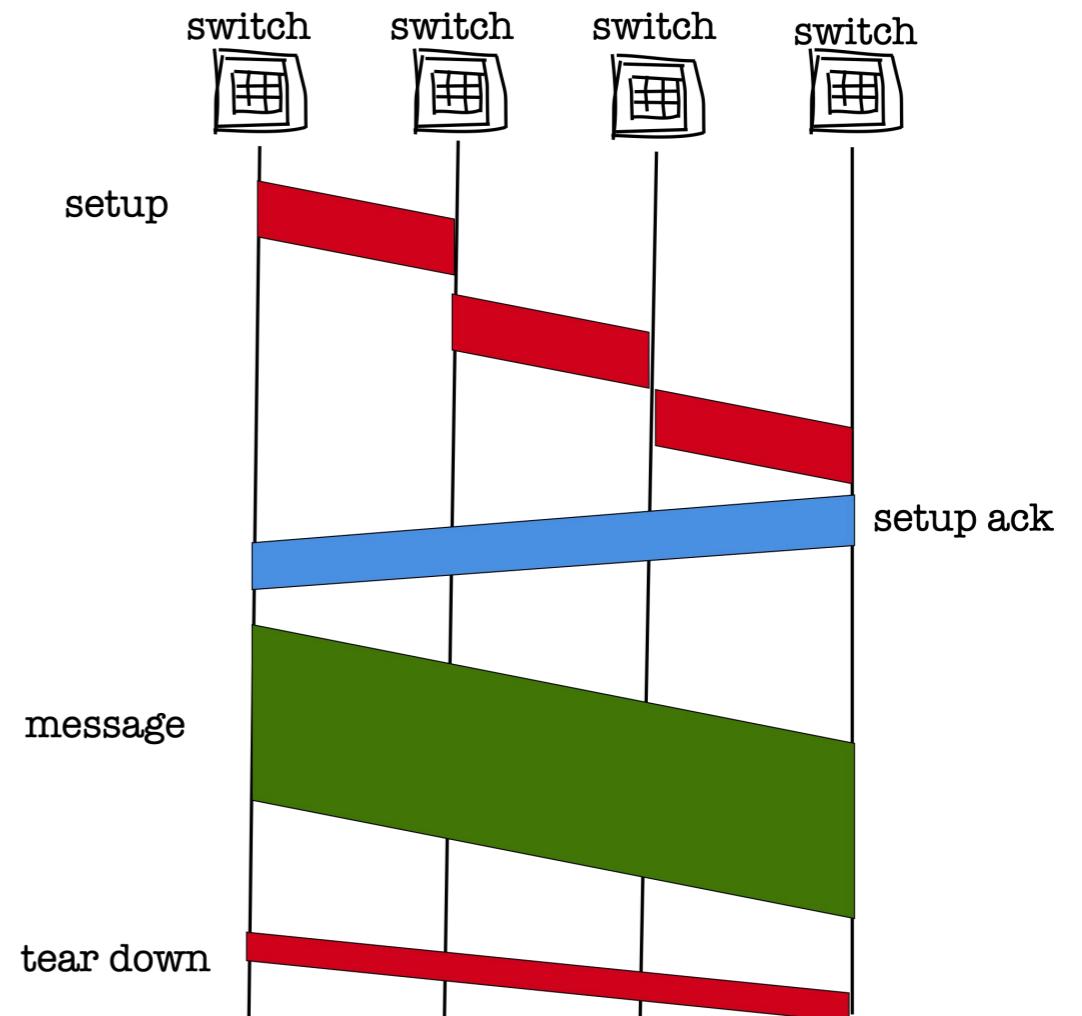
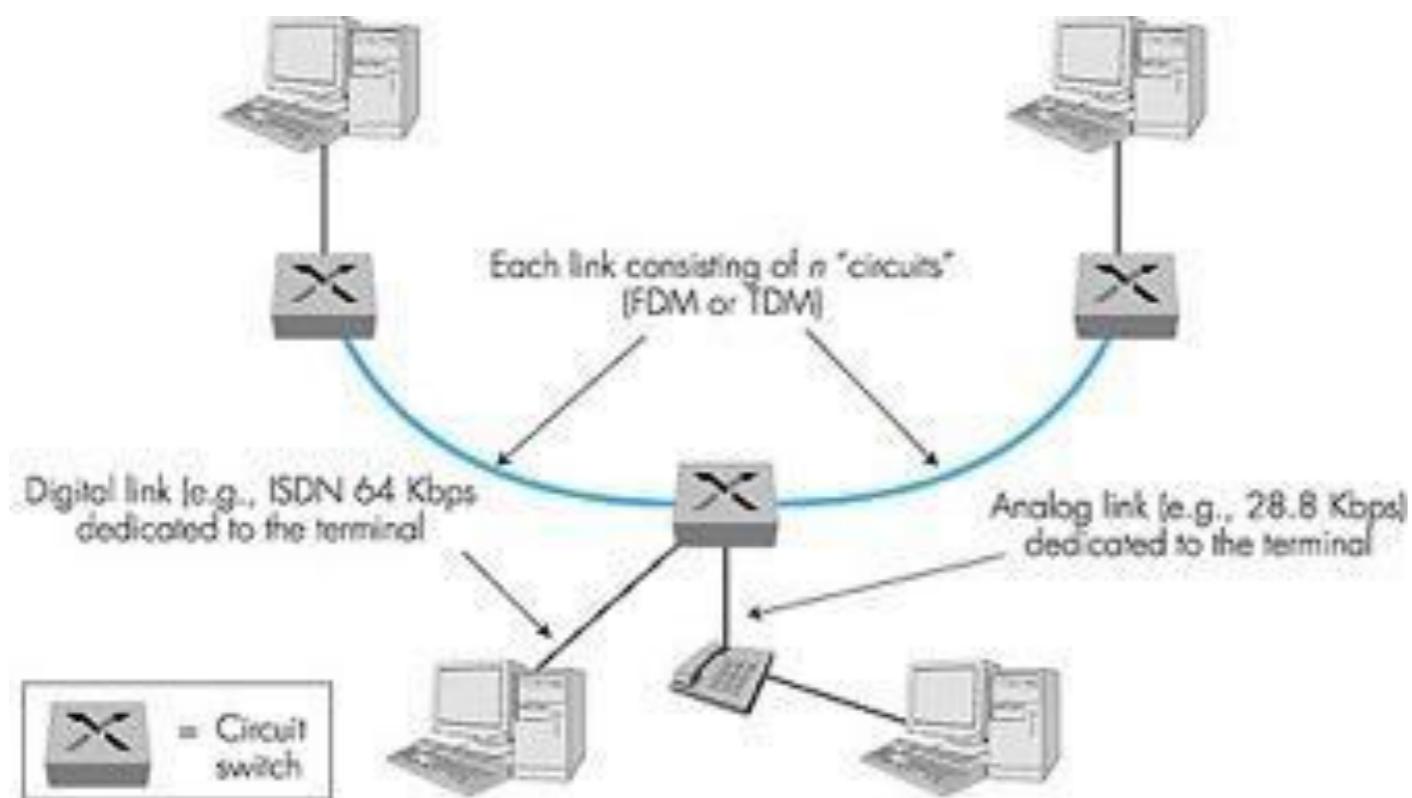


Přepínání  
okruhů

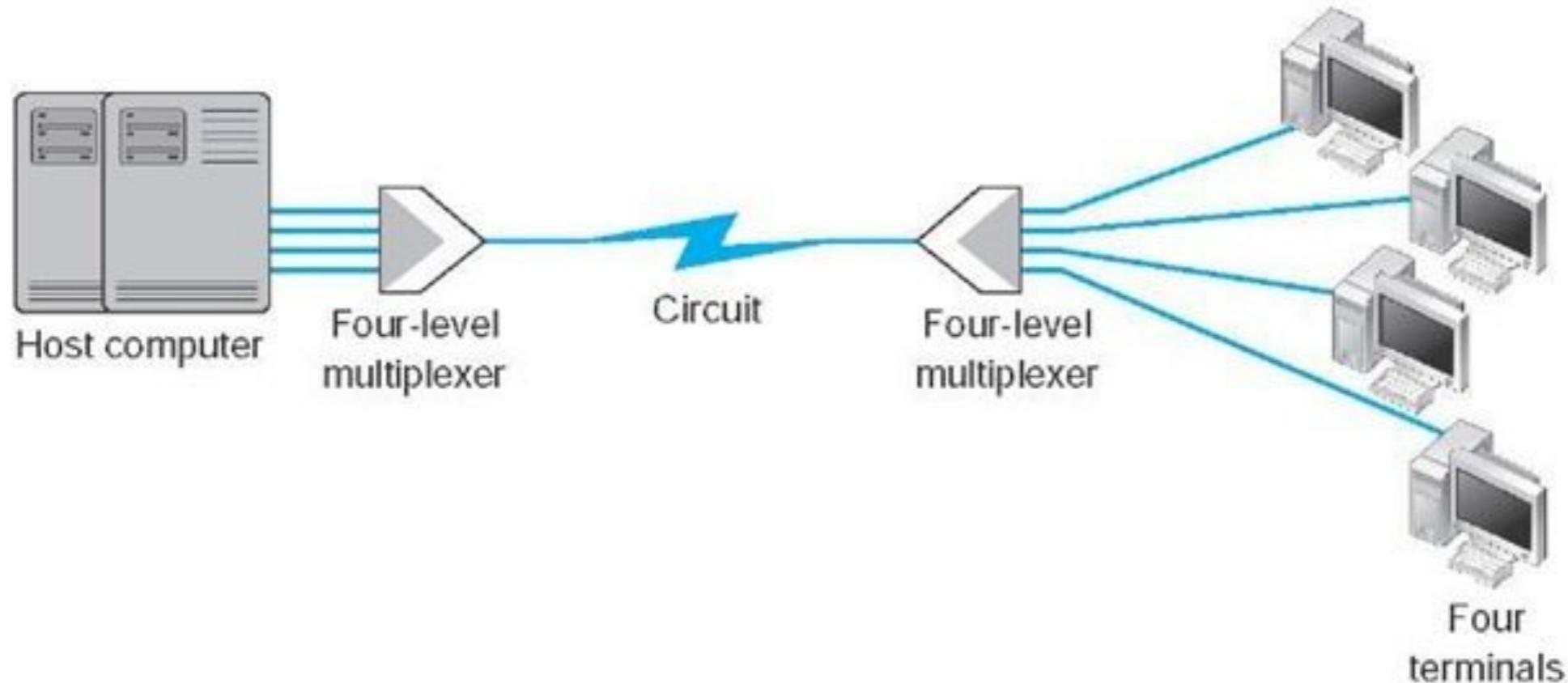


Přepínání  
paketů

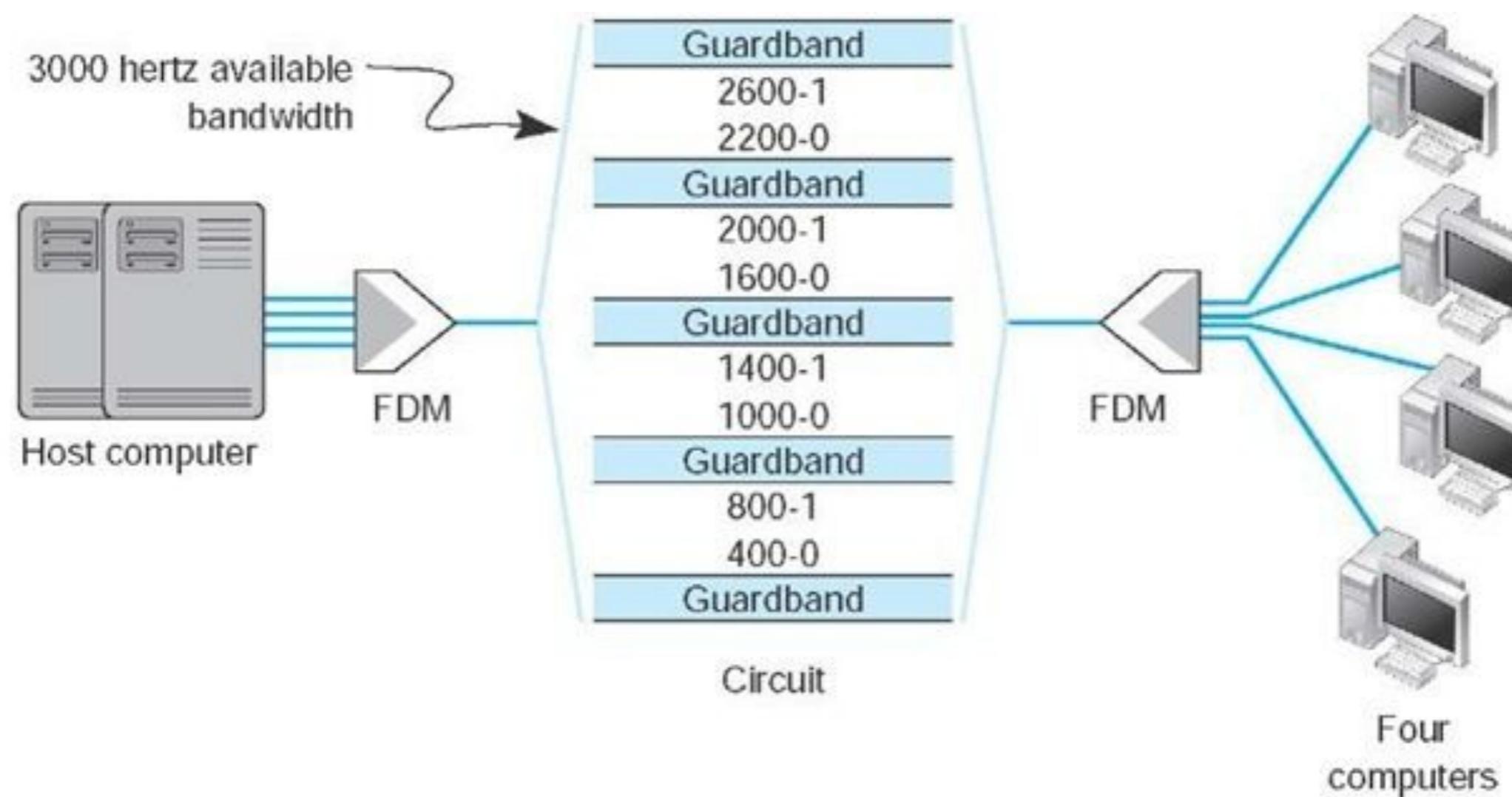
# Přepínání okruhů



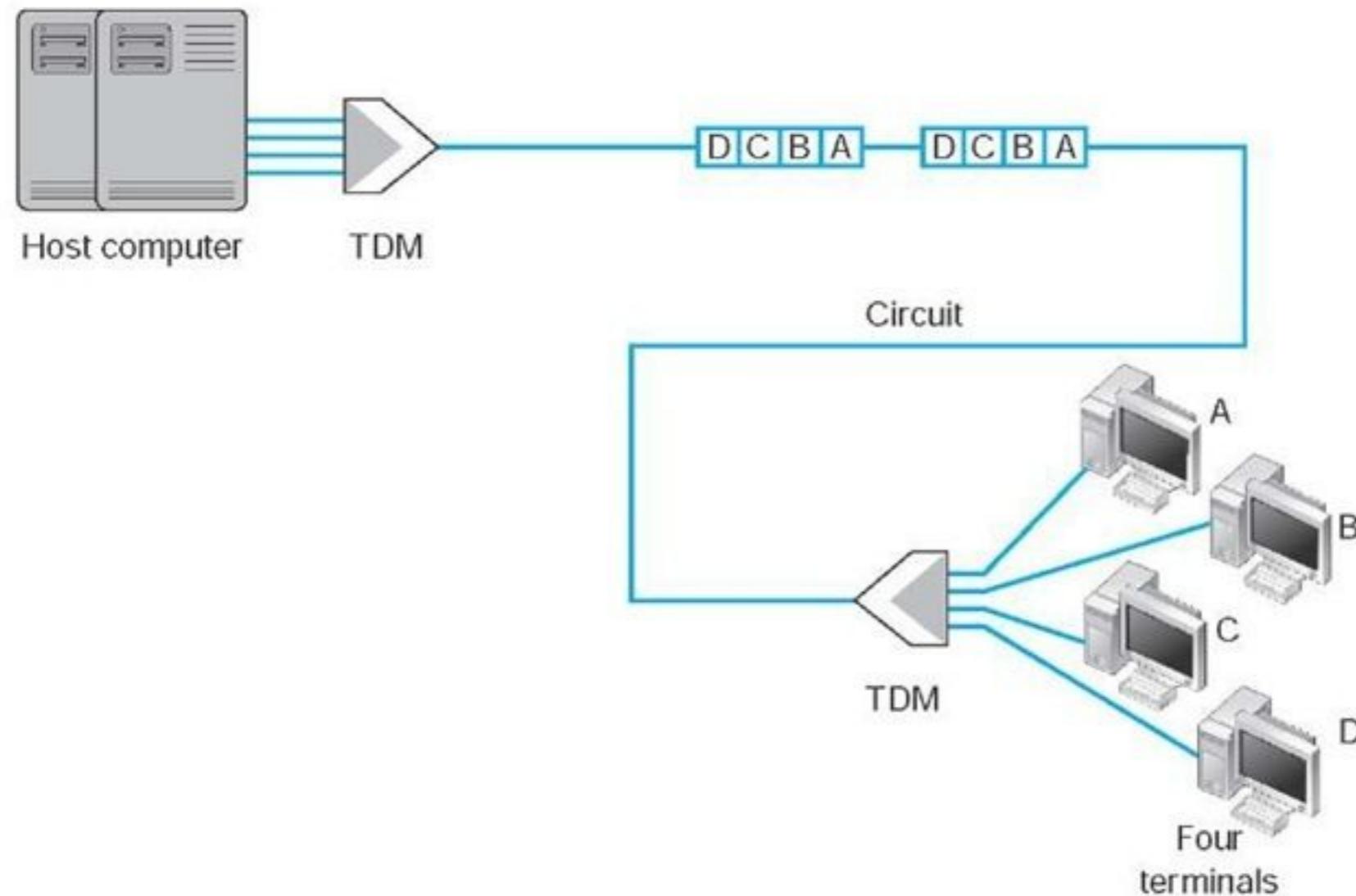
# Multiplexing



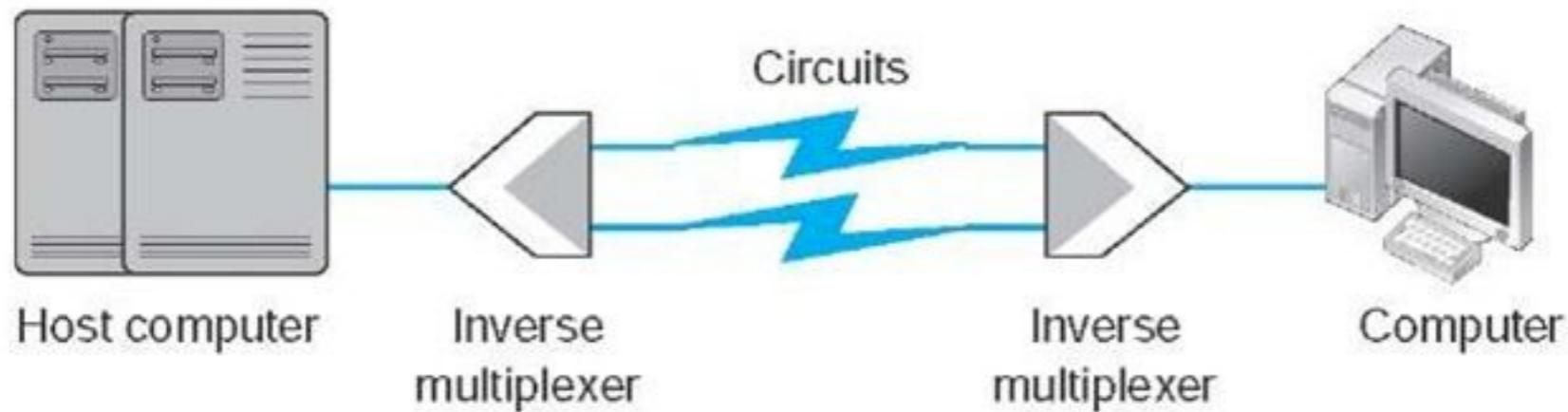
# FDM



# TDM



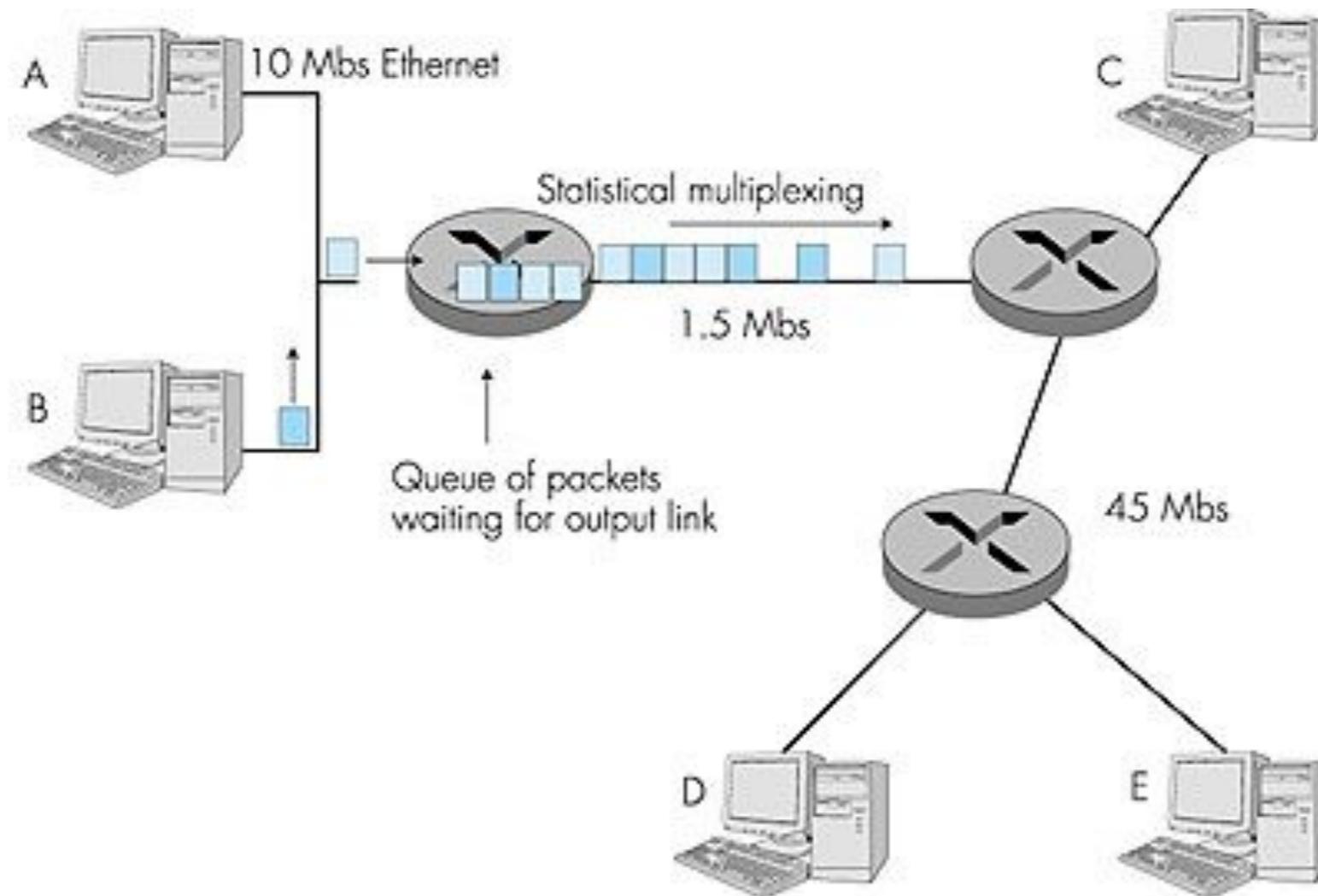
# Bonding



# Příklad

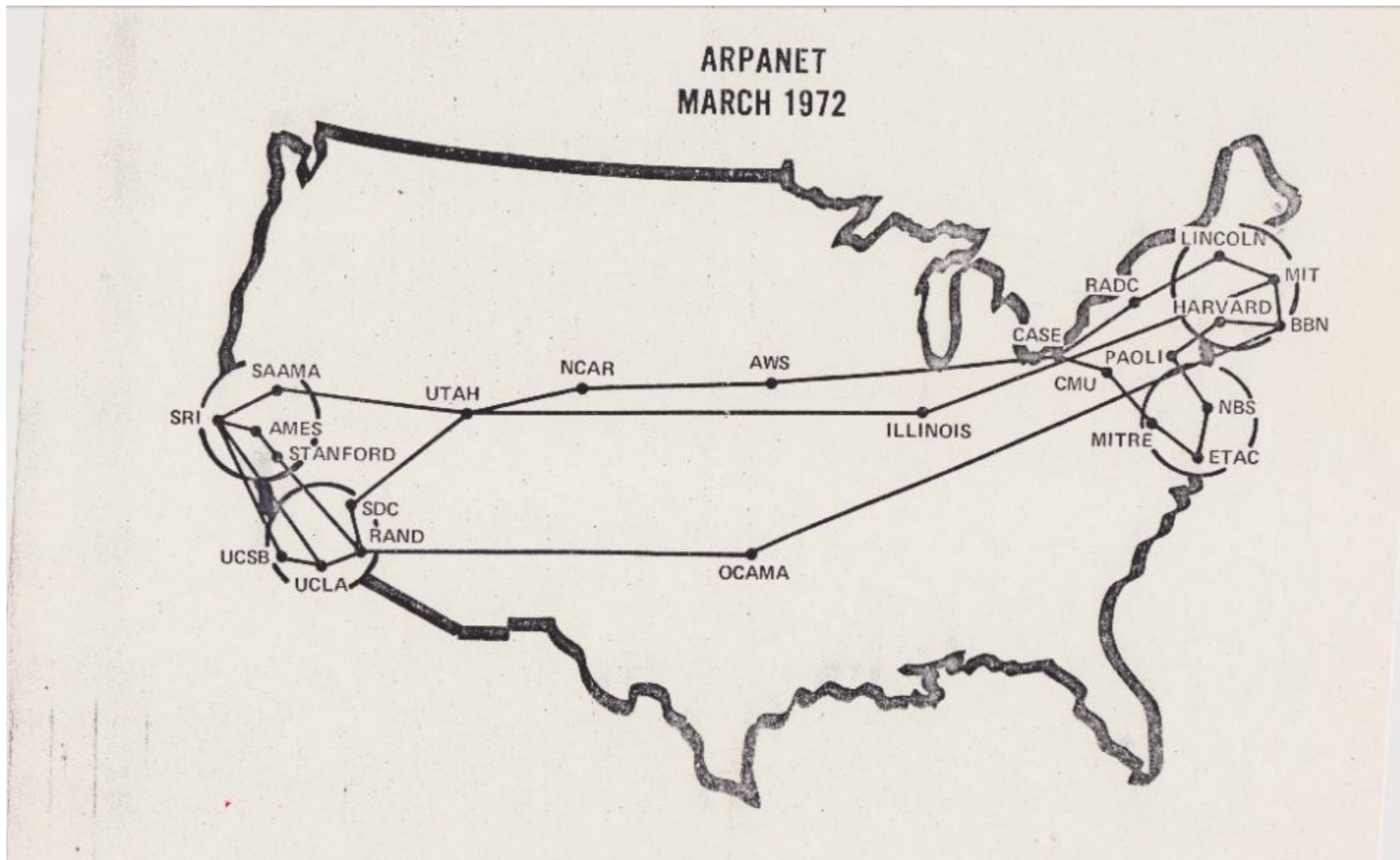
Pro TDM o 24 slotech vypočítejte dobu potřebnou pro přenos bloku dat o velikosti 640 000 bitů. Přenosová rychlosť okruhu je 1 536Mbps. Zahájení spojení trvá 500ms. Zpoždění přenosu zanedbejte.

# Přepínání paketů



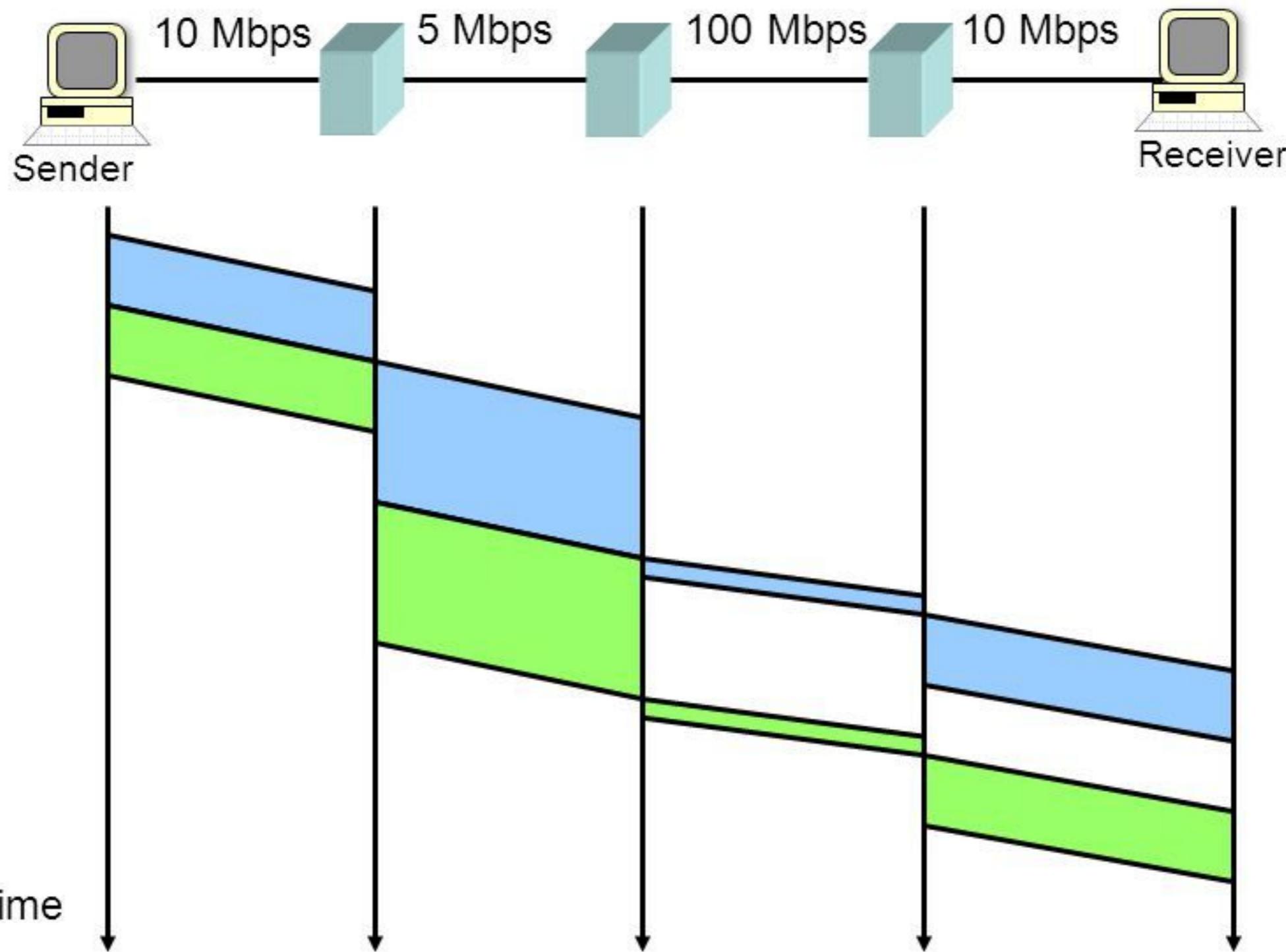
# ARPANET

1969 první přenesený paket - vznik ARPANETu.

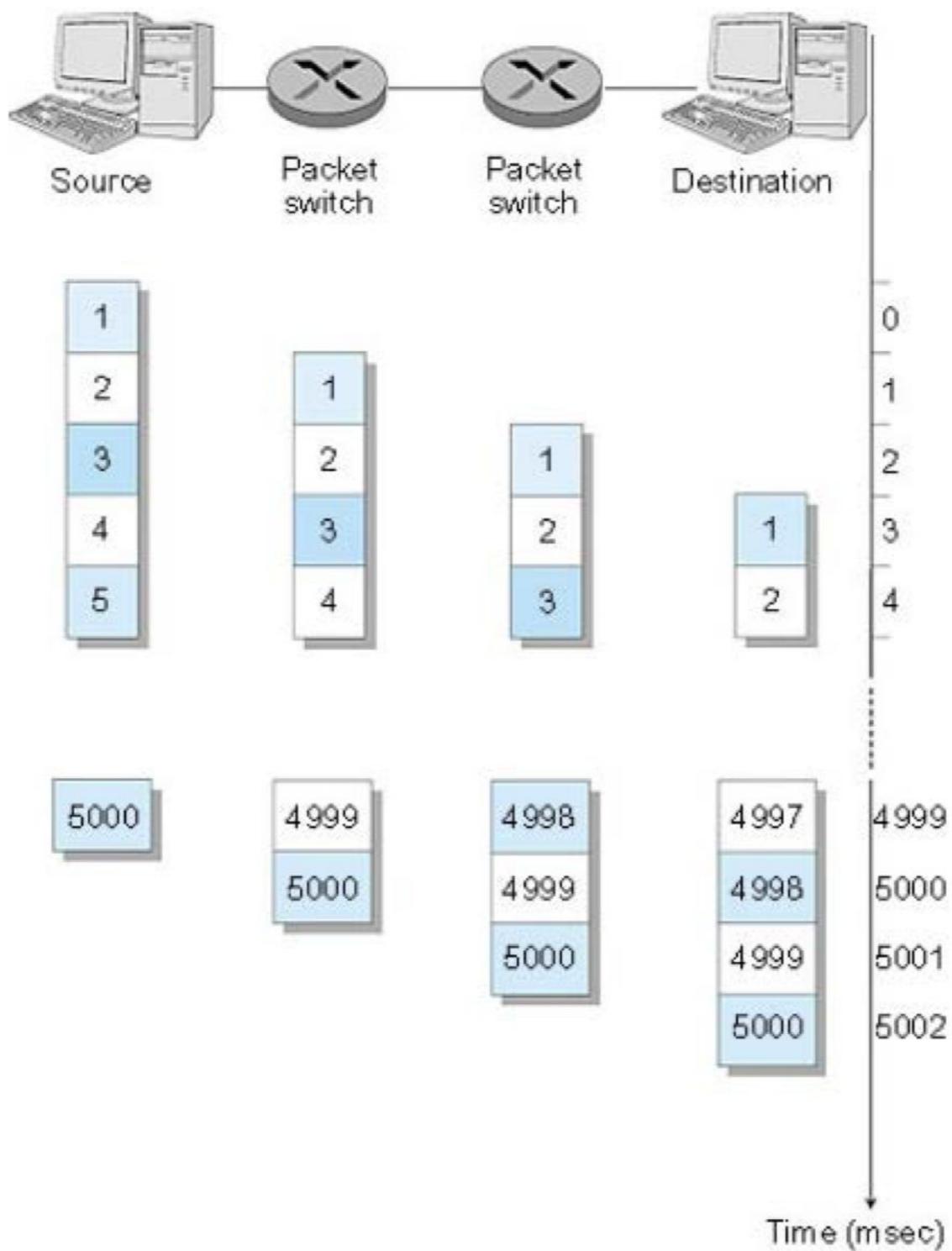


Zdroj: UCLA

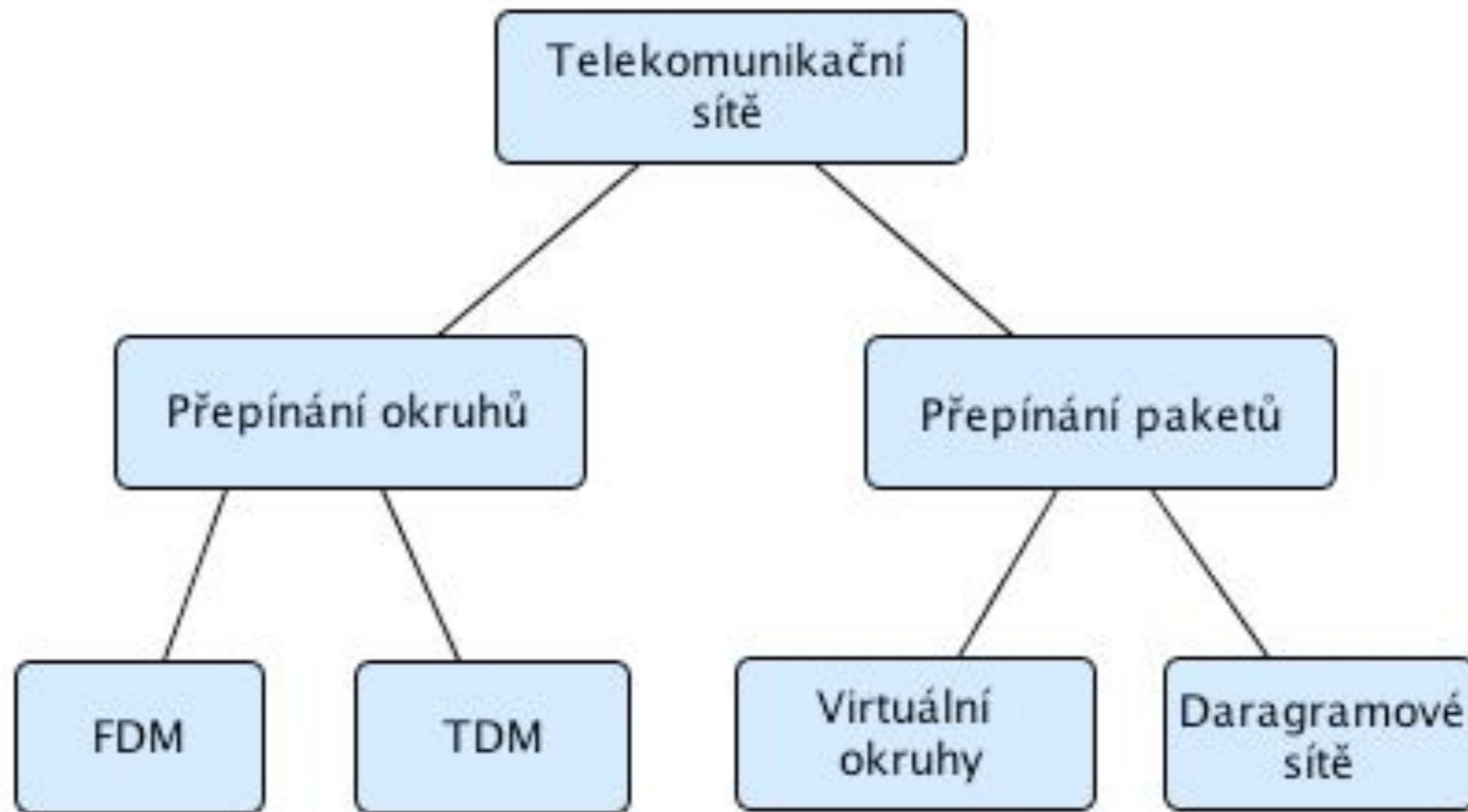
# Přenos paketů



# Segmentace

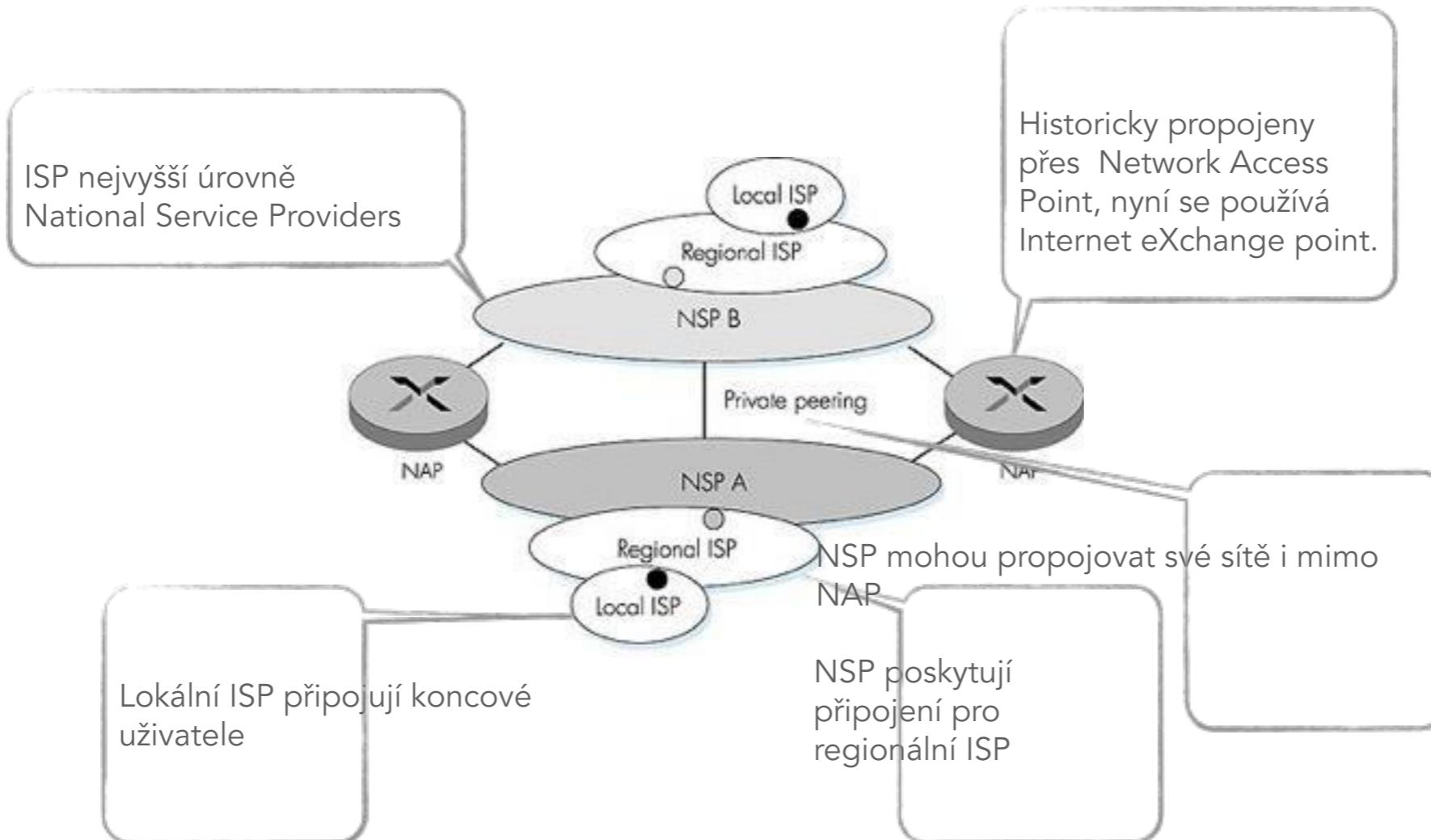


# Taxonomie

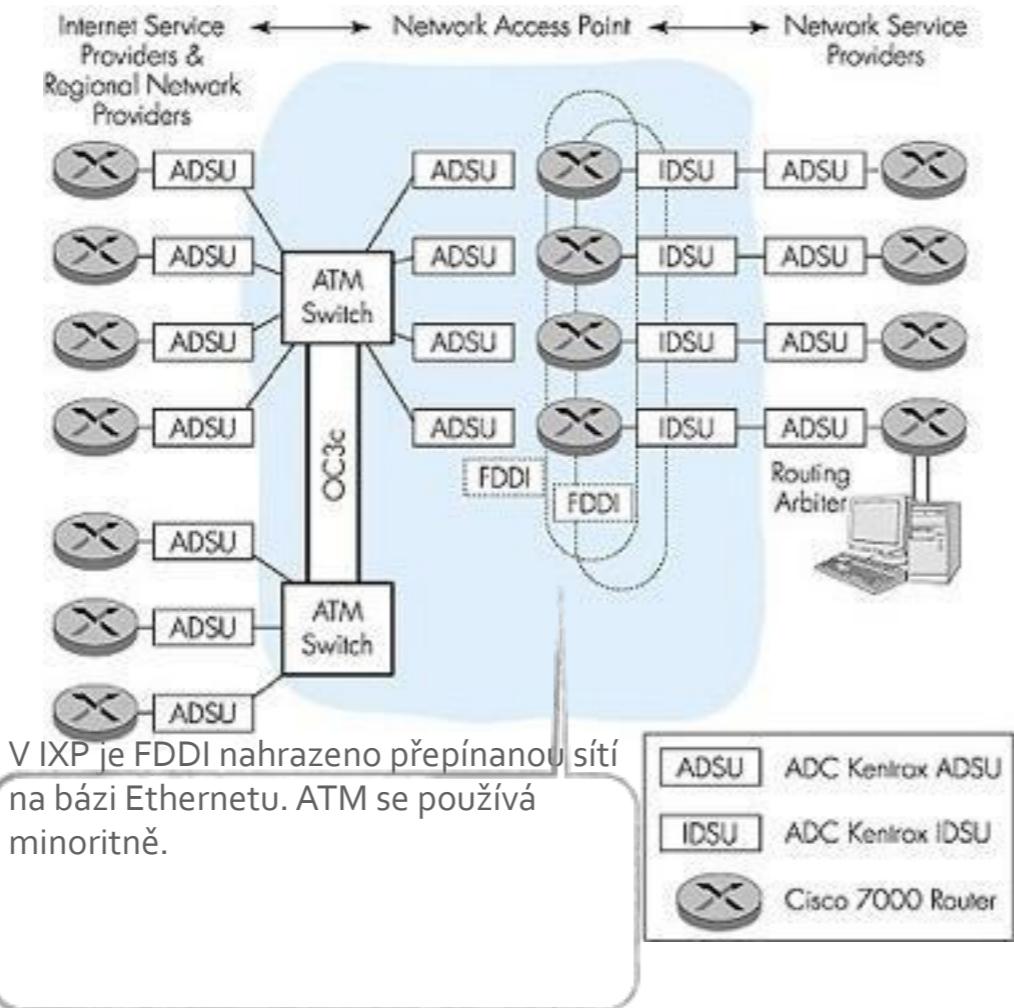


# Struktura Internetu

# ISP



# NAP, IXP

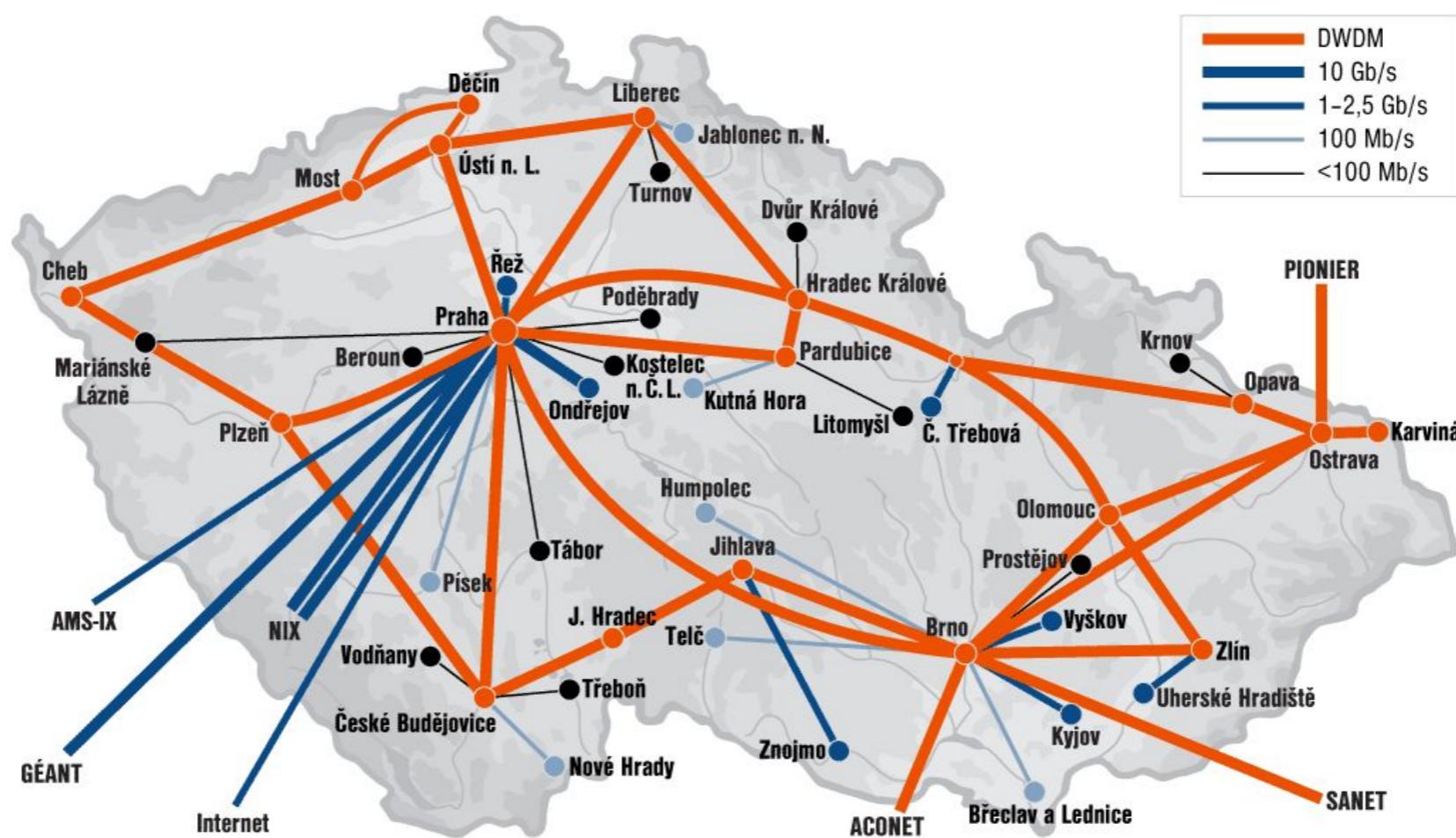


IXP nahrazuje NAP

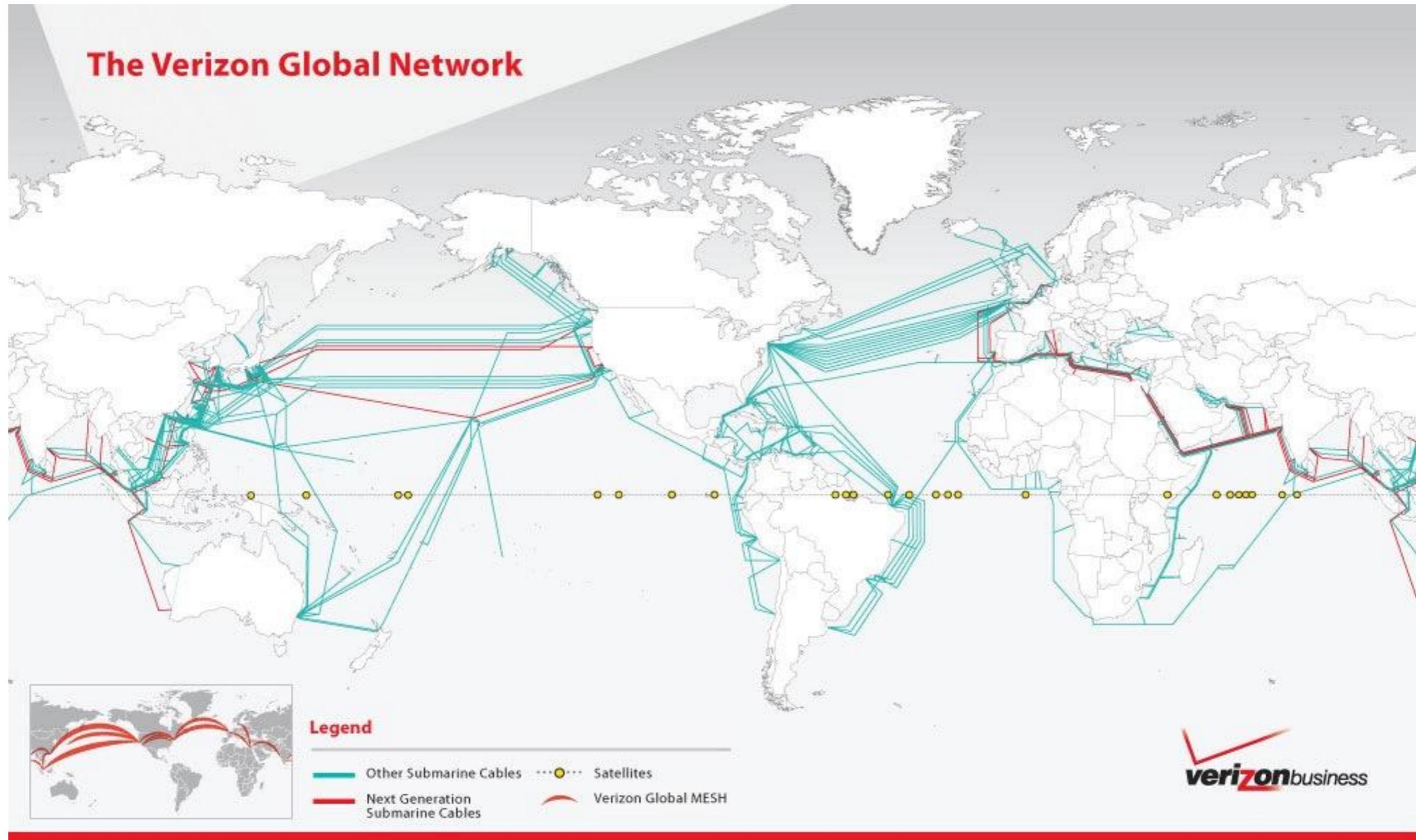


Budova LINX (Londýn)

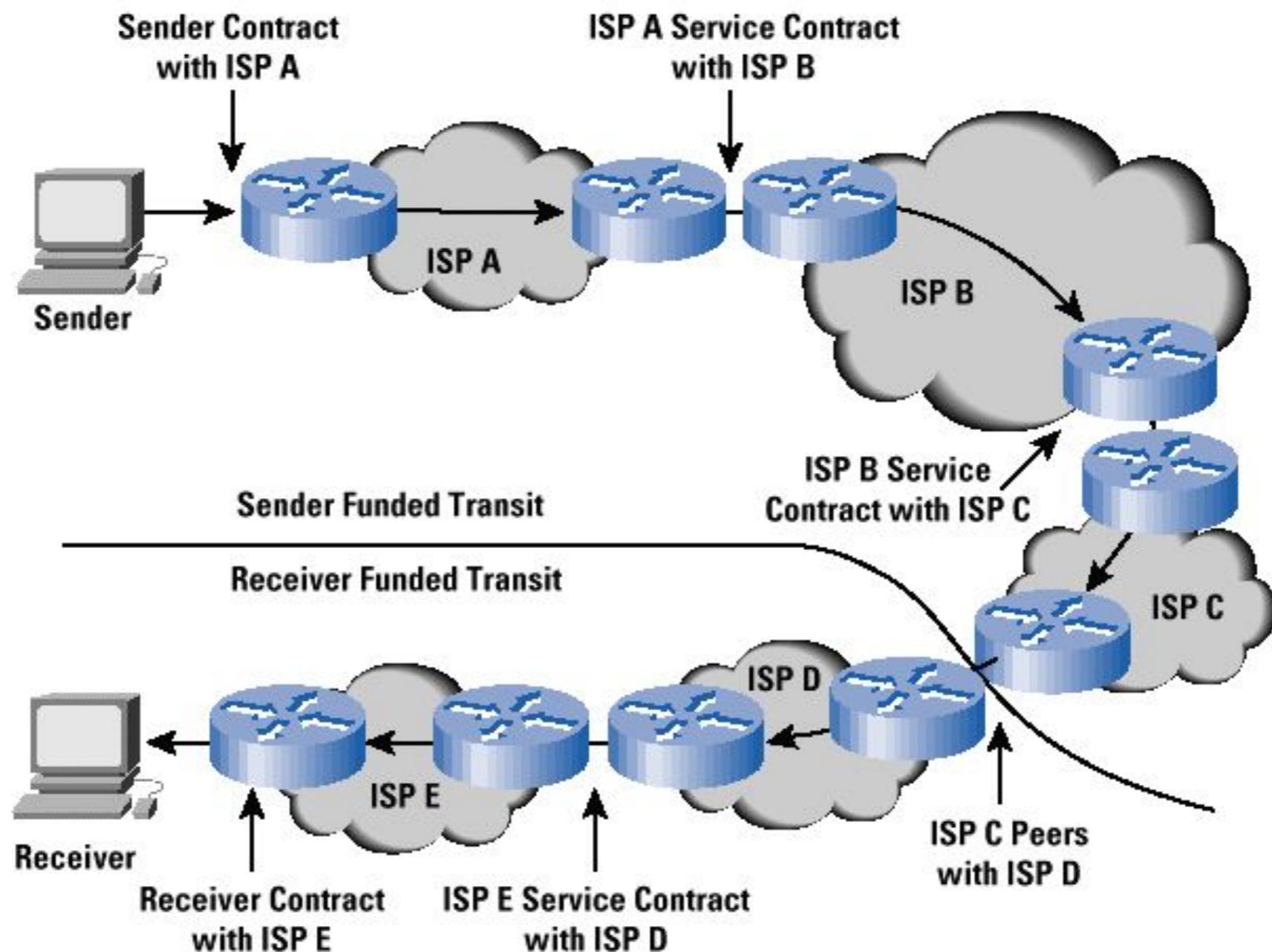
# CESNET 2



# Verizon

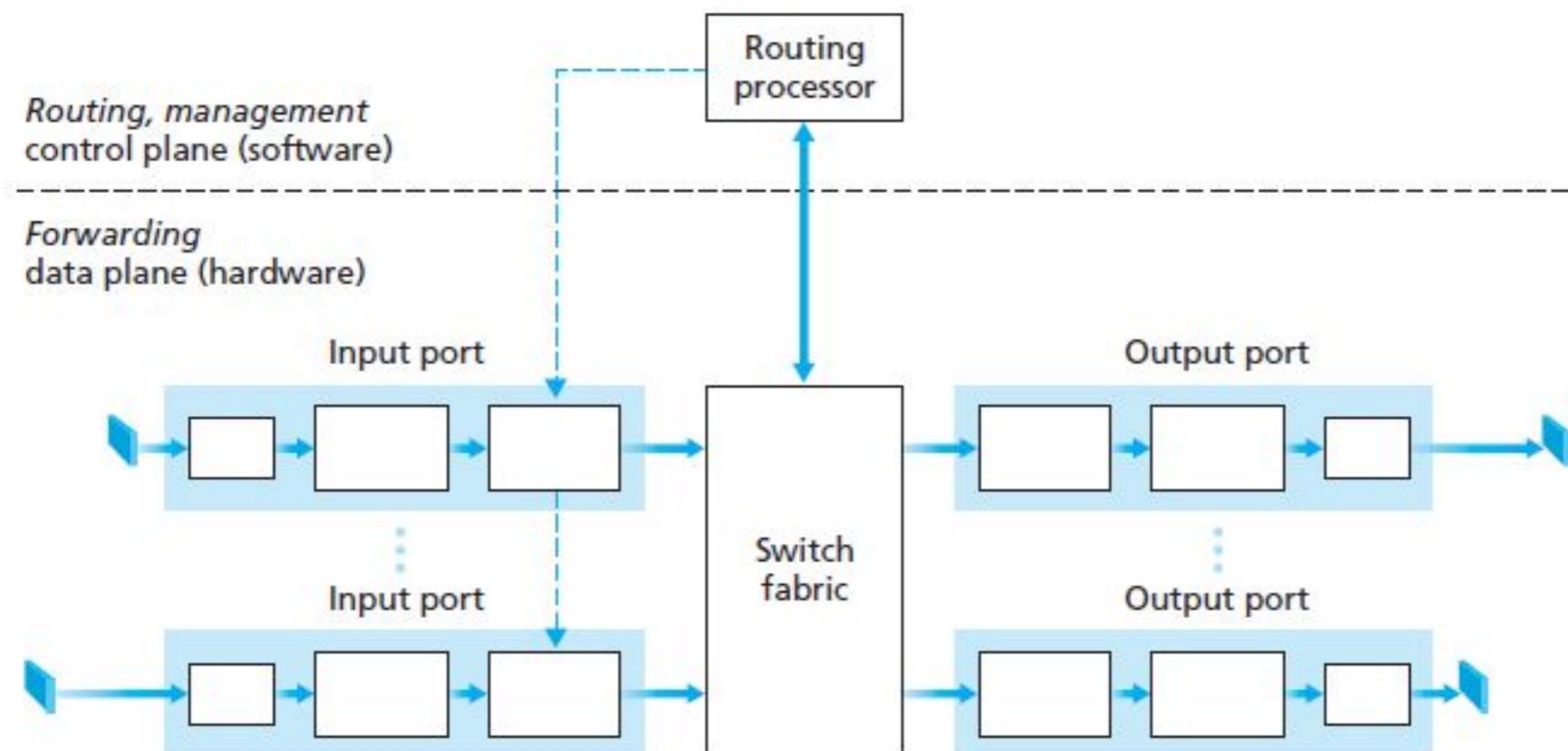


# Přenos dat v sítích ISP

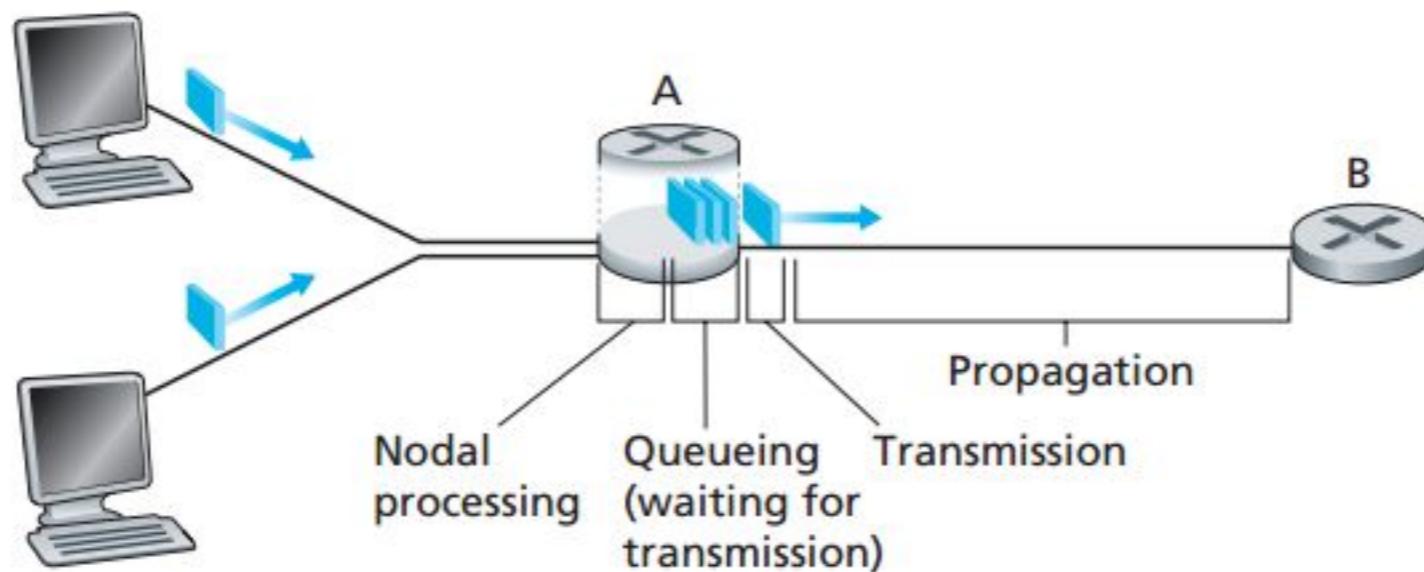


Zpoždění, ztráta a  
propustnost

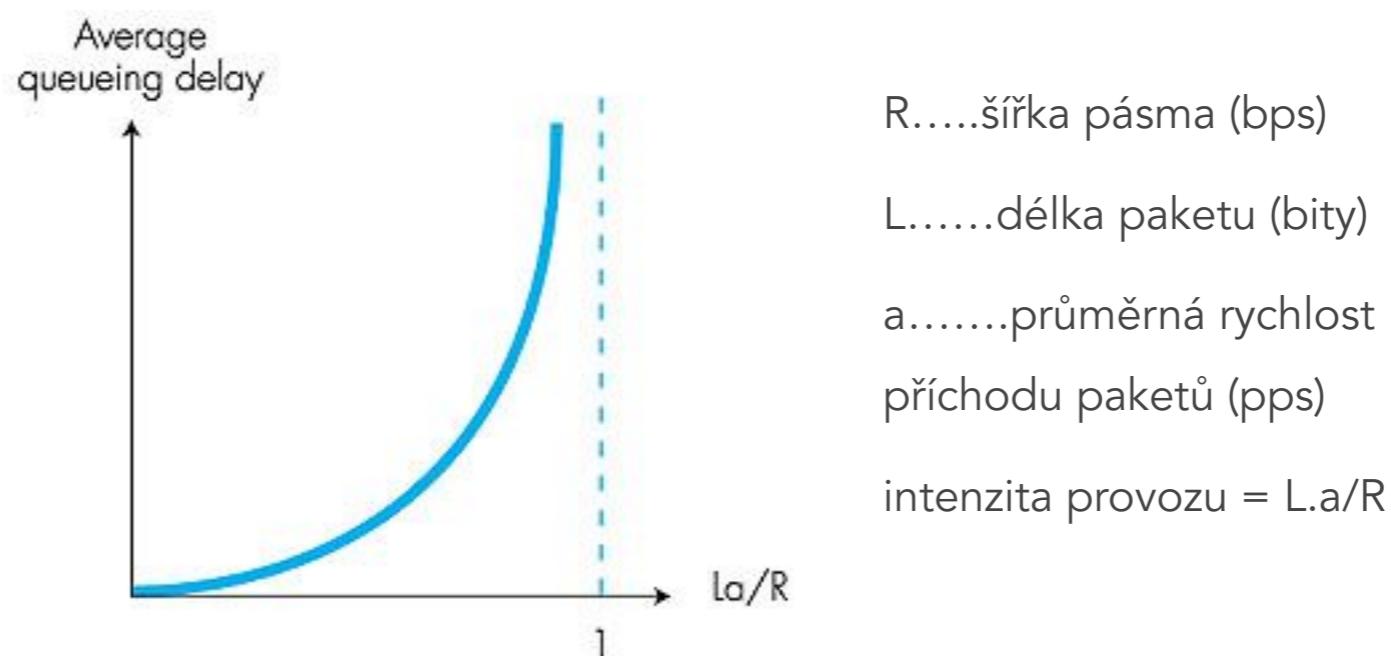
# Model směrovače



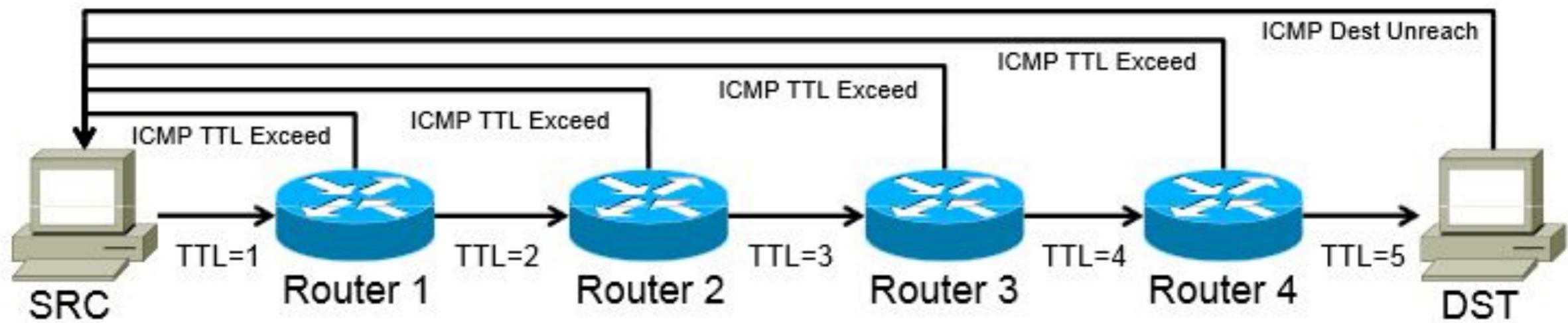
# Zpoždění



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



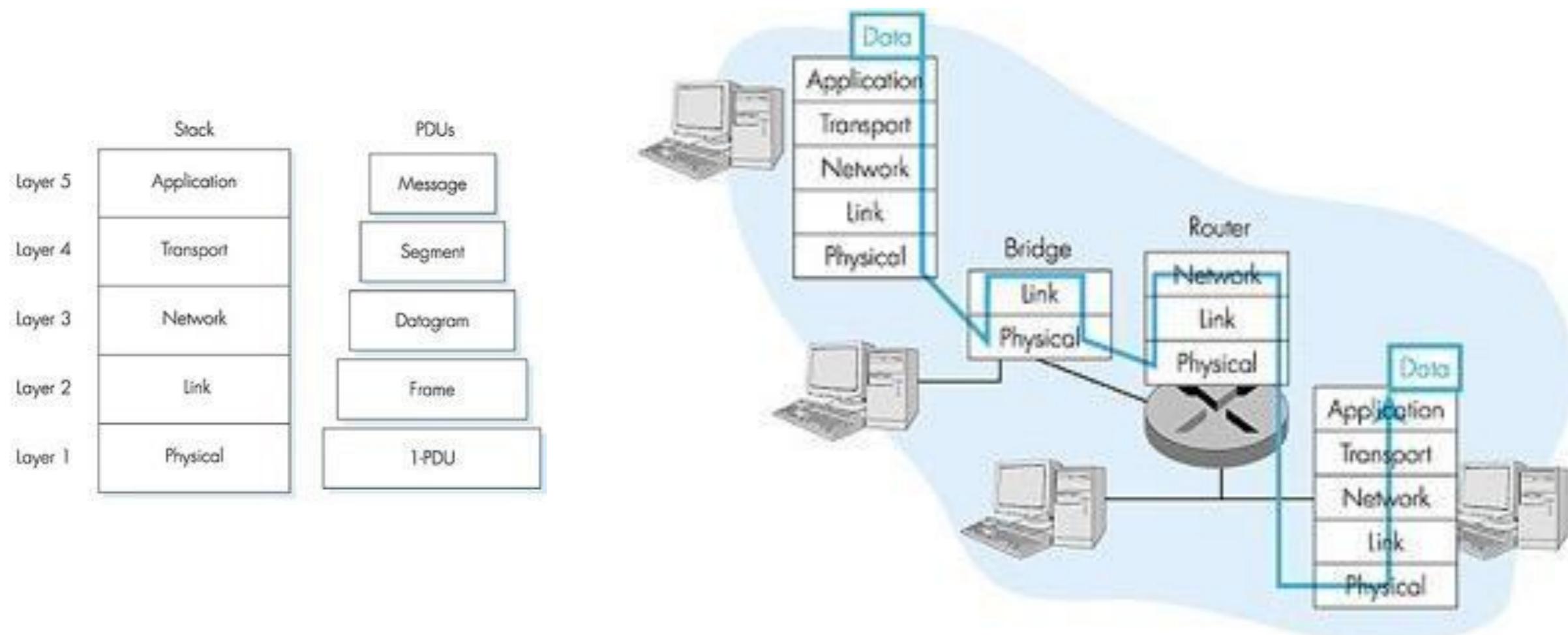
# Traceroute



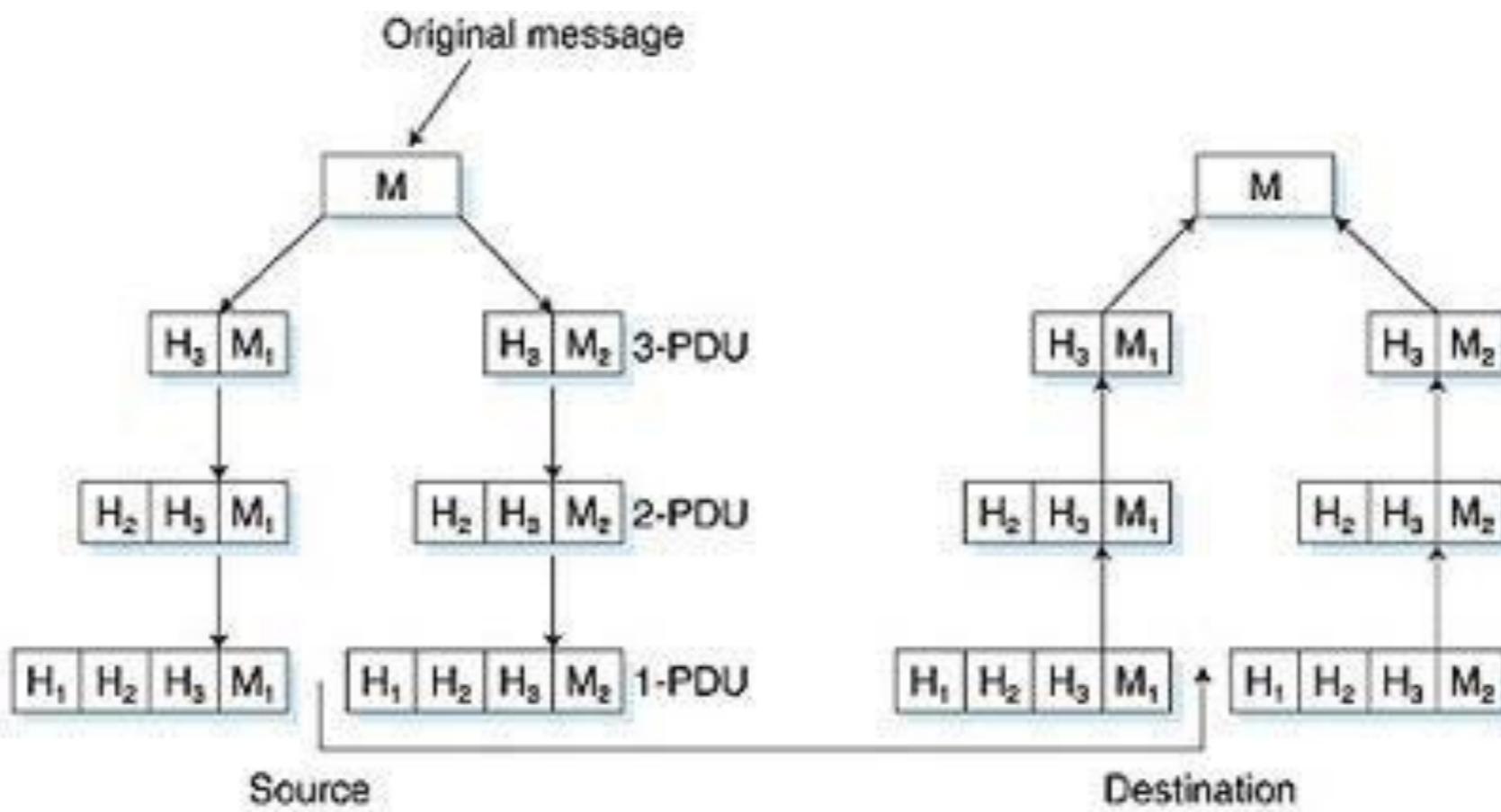
# Model TCP/IP

POKRACOVAT V UTERY

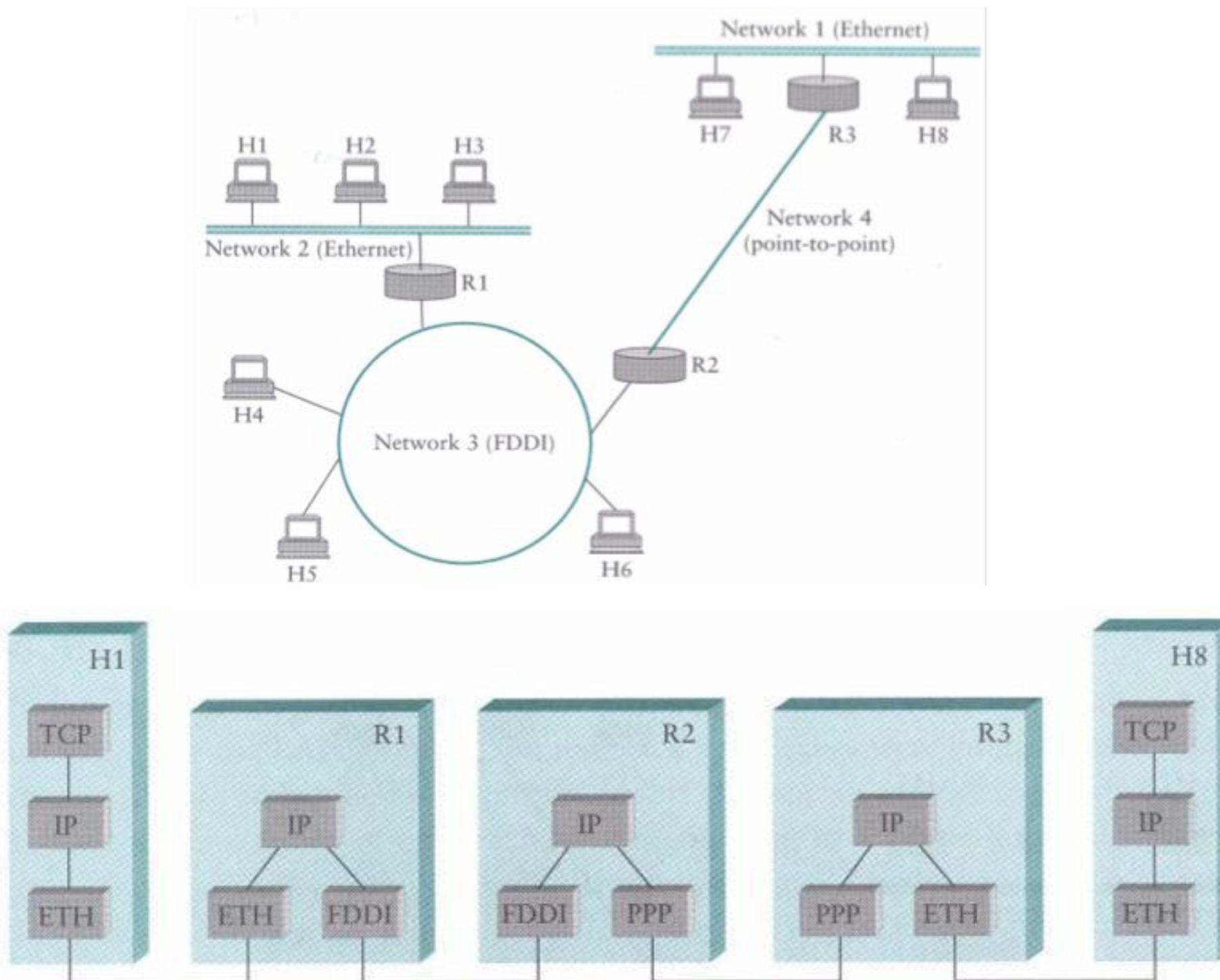
# Vrstvy



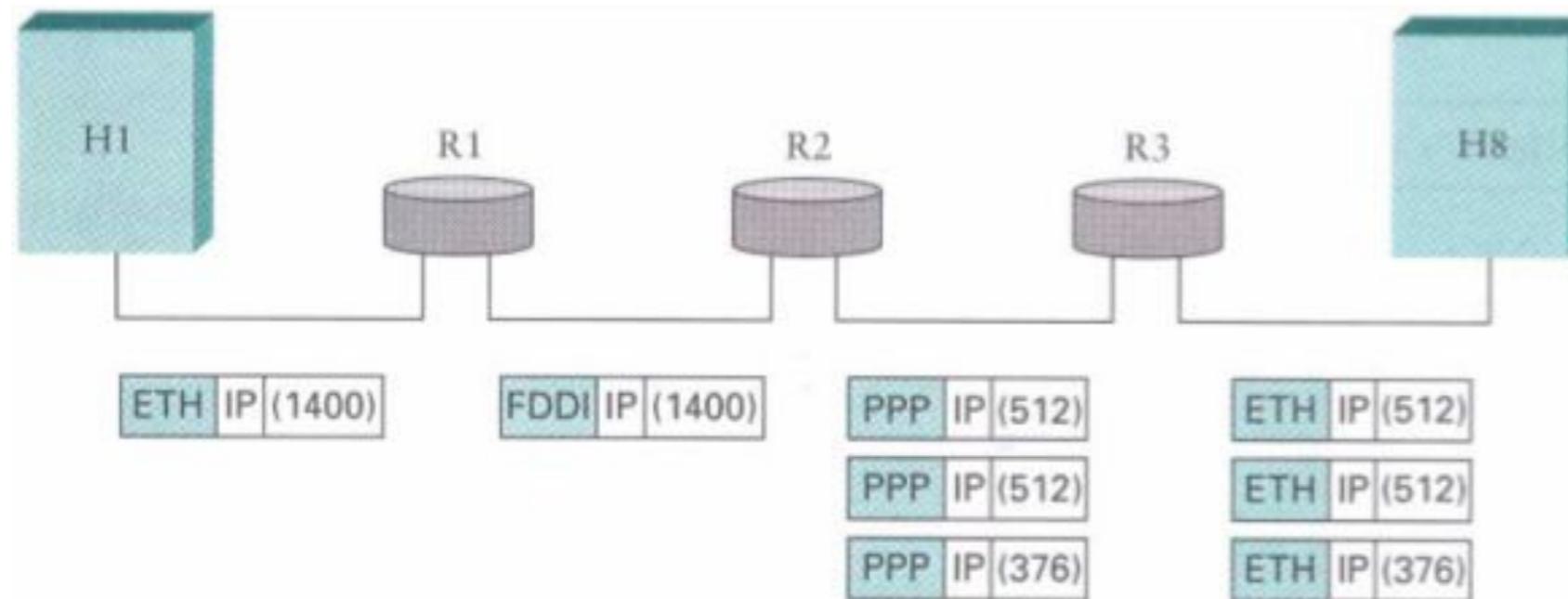
# Zapouzdření



# 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
- dostupnosti
- 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

# Páterňí sítě

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

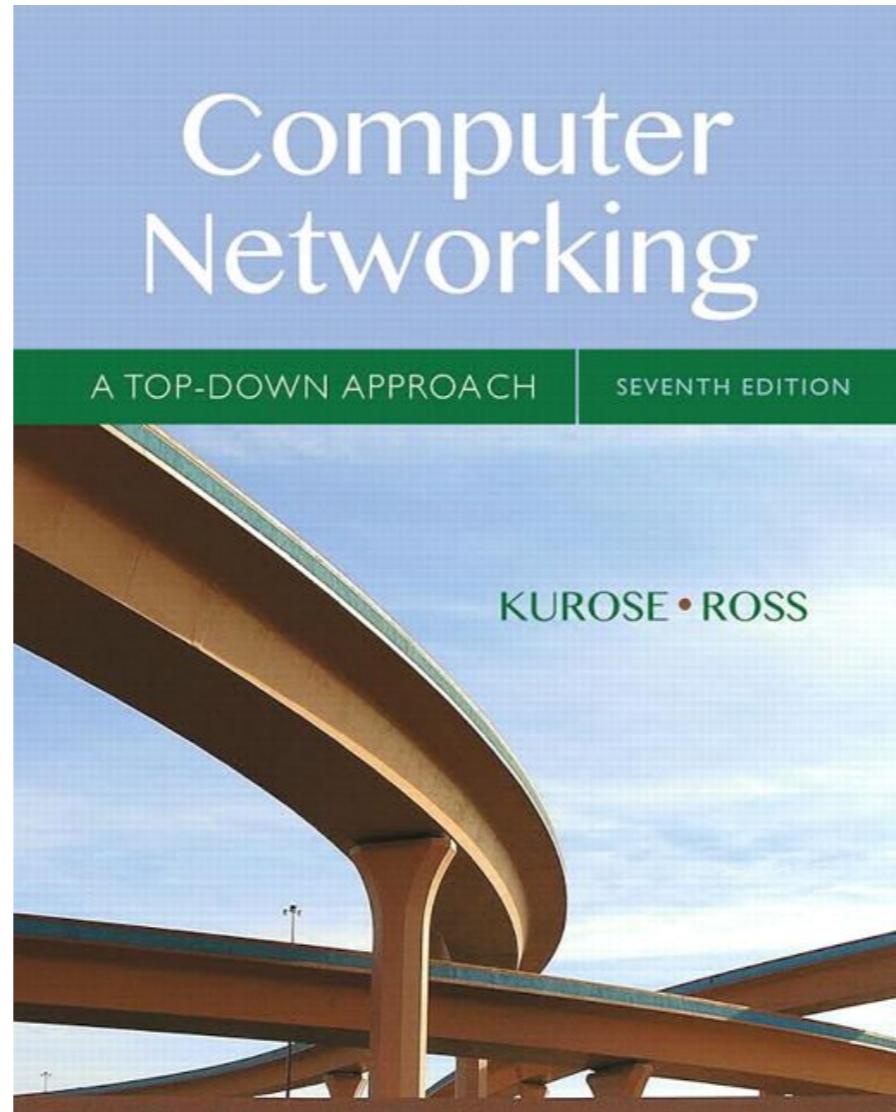
Ztráta paketu

TCP/IP Model komunikace

Síťové vrstvy

Zapouzdření při přenosu

Fragmentace



# CHAPTER 1:

# Homework Problems

# and Questions