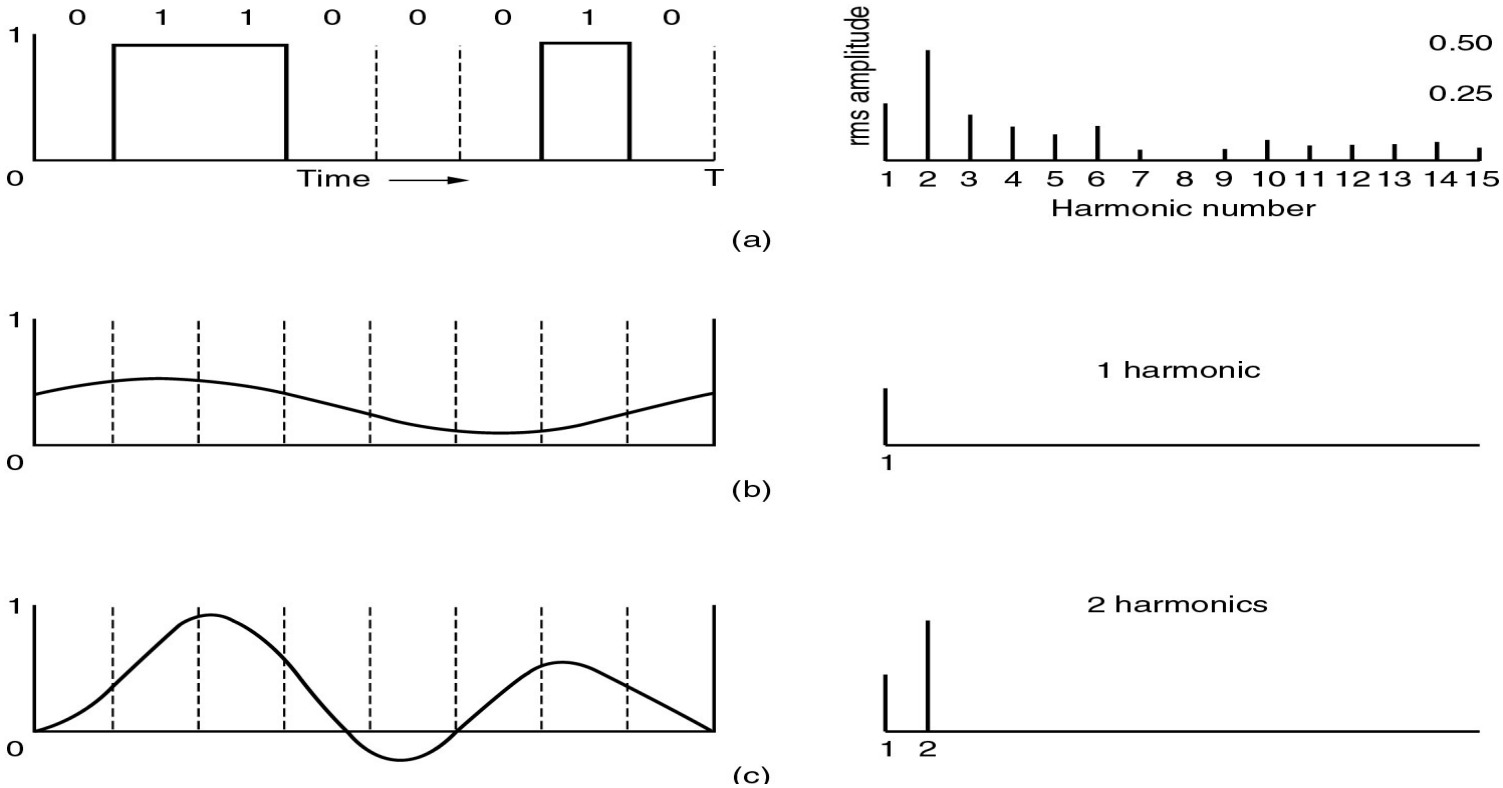
Úvod do počítačových sítí

Fyzická úroveň

Teoretický základ datových komunikací

- Fourierova analýza
- Signály limitované šířkou pásma
- Maximální přenosová rychlost kanálem

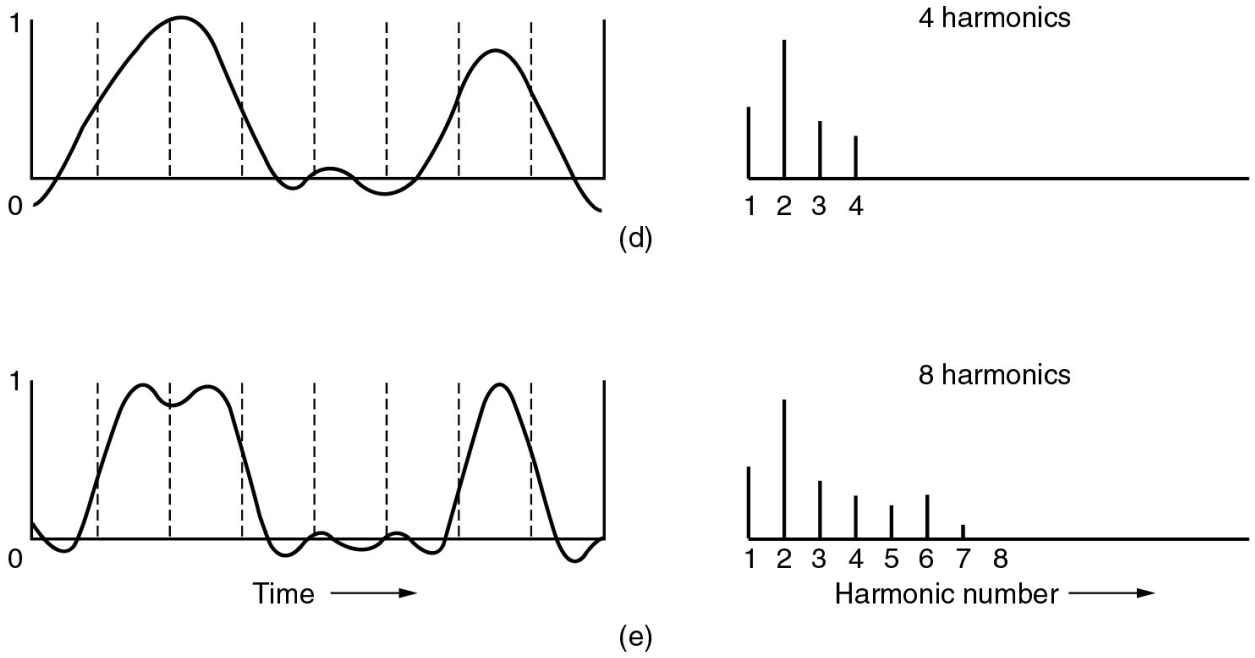
Signály limitované šířkou pásma



(a) Binární signál a druhá odmocnina součtu kvadrátů amplitud násobků základní frekvence.

(b) – (c) následné aproximace originálního signálu.

Signály limitované šířkou pásma (2)



(d) – (e) další aproximace originálního signálu .

Signály limitované šířkou pásma (3)

Bps	T (msec)	First harmonic (Hz)	# Harmonics sent
300	26.67	37.5	80
600	13.33	75	40
1200	6.67	150	20
2400	3.33	300	10
4800	1.67	600	5
9600	0.83	1200	2
19200	0.42	2400	1
38400	0.21	4800	0

Vztah mezi rychlostí přenosu dat a harmonickými.

Přenos dat vedením

- Magnetická média
- Kroucená dvojlinka
- Koaxiální kabel
- Optická vlákna

Kroucená dvojlinka



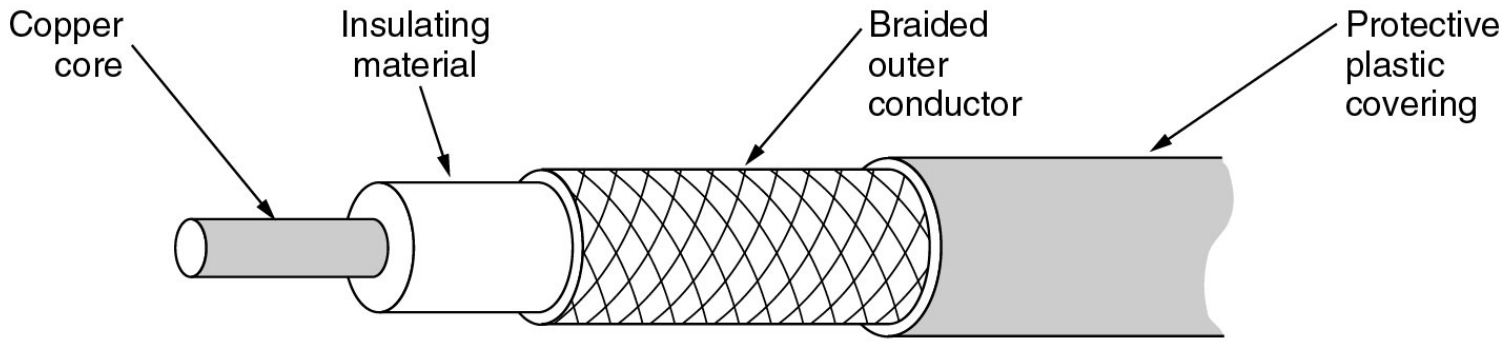
(a)



(b)

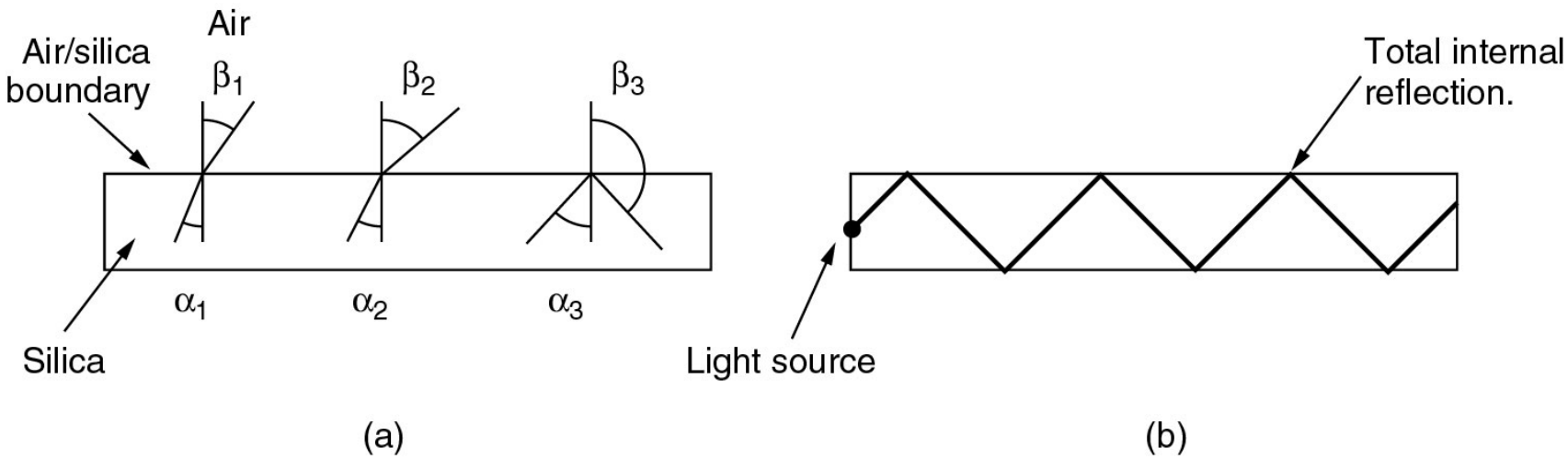
(a) kategorie 3 UTP.
(b) kategorie 5 UTP.

Koaxiální kabel



Koaxiální kabel.

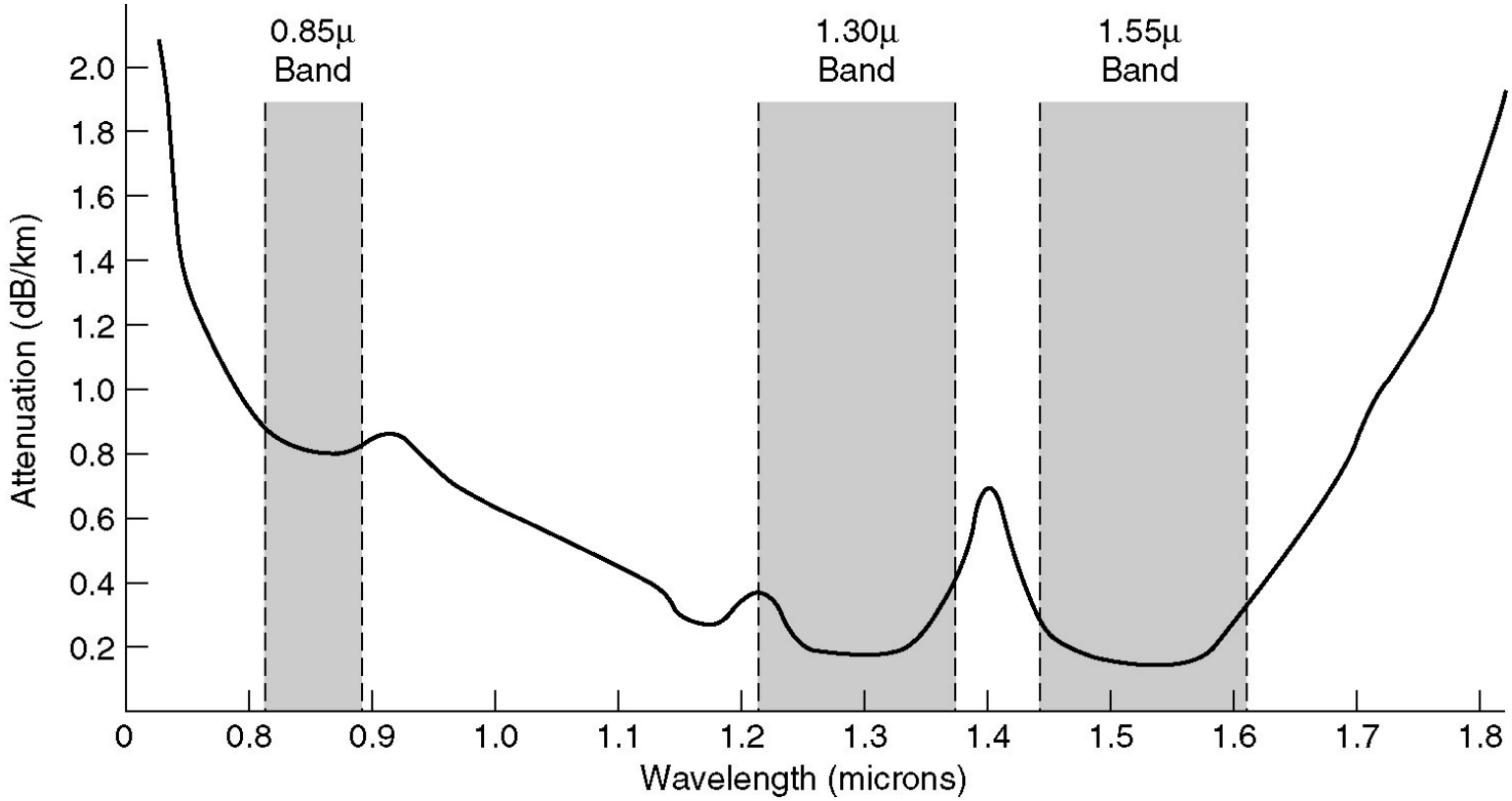
Vláknová optika



(a) Příklady odrazu a lomu světelného paprsku na rozhraní skla a vzduchu.

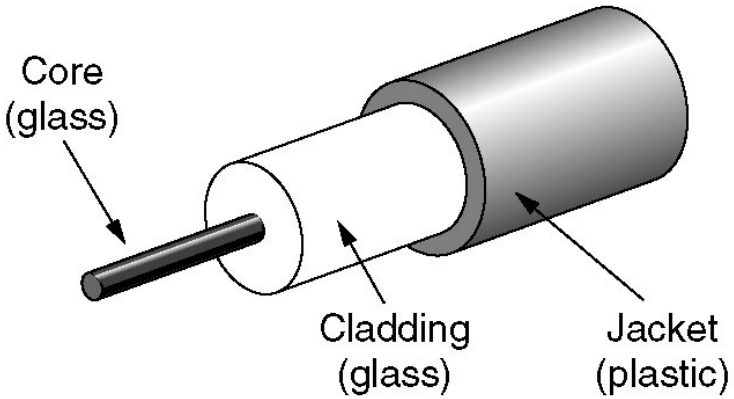
(b) Šíření světla úplným odrazem.

Přenos světla optickým vláknem

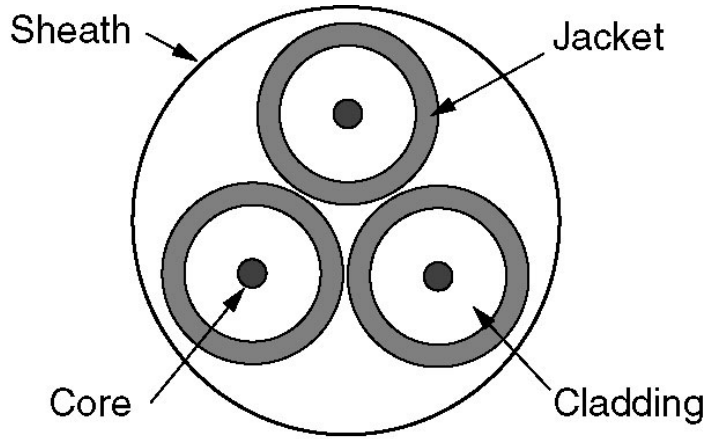


Útlum světla při průchodu optickým vláknem v oblasti infračerveného záření.

Optické kabely



(a)



(b)

(a) Struktura jednoho vlákna optického kabelu.

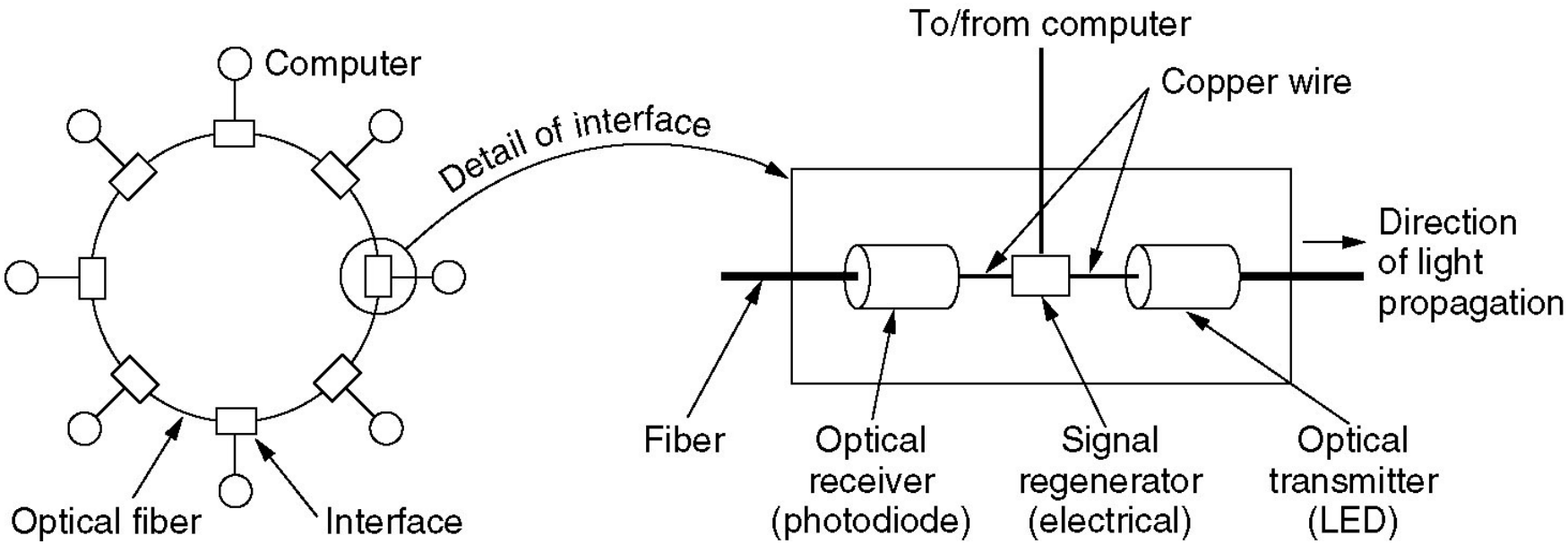
(b) Optický kabel se třemi vlákny.

Optické kabely (2)

Item	LED	Semiconductor laser
Data rate	Low	High
Fiber type	Multimode	Multimode or single mode
Distance	Short	Long
Lifetime	Long life	Short life
Temperature sensitivity	Minor	Substantial
Cost	Low cost	Expensive

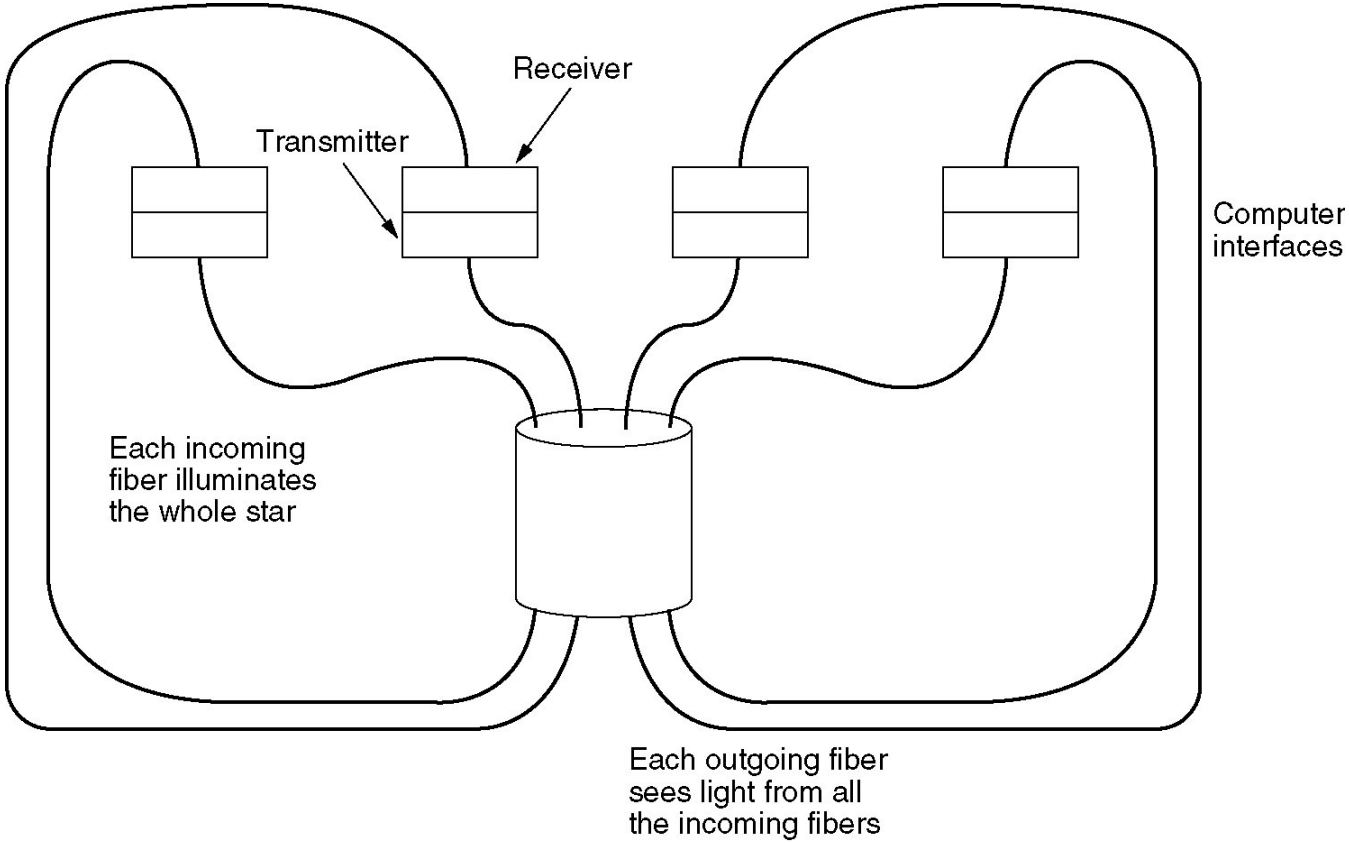
Porovnání zdrojů infračerveného záření – polovodičový laser a LED.

Optické sítě



Struktura optické sítě ve tvaru kruhu s aktivními opakovači.

Optické sítě (2)

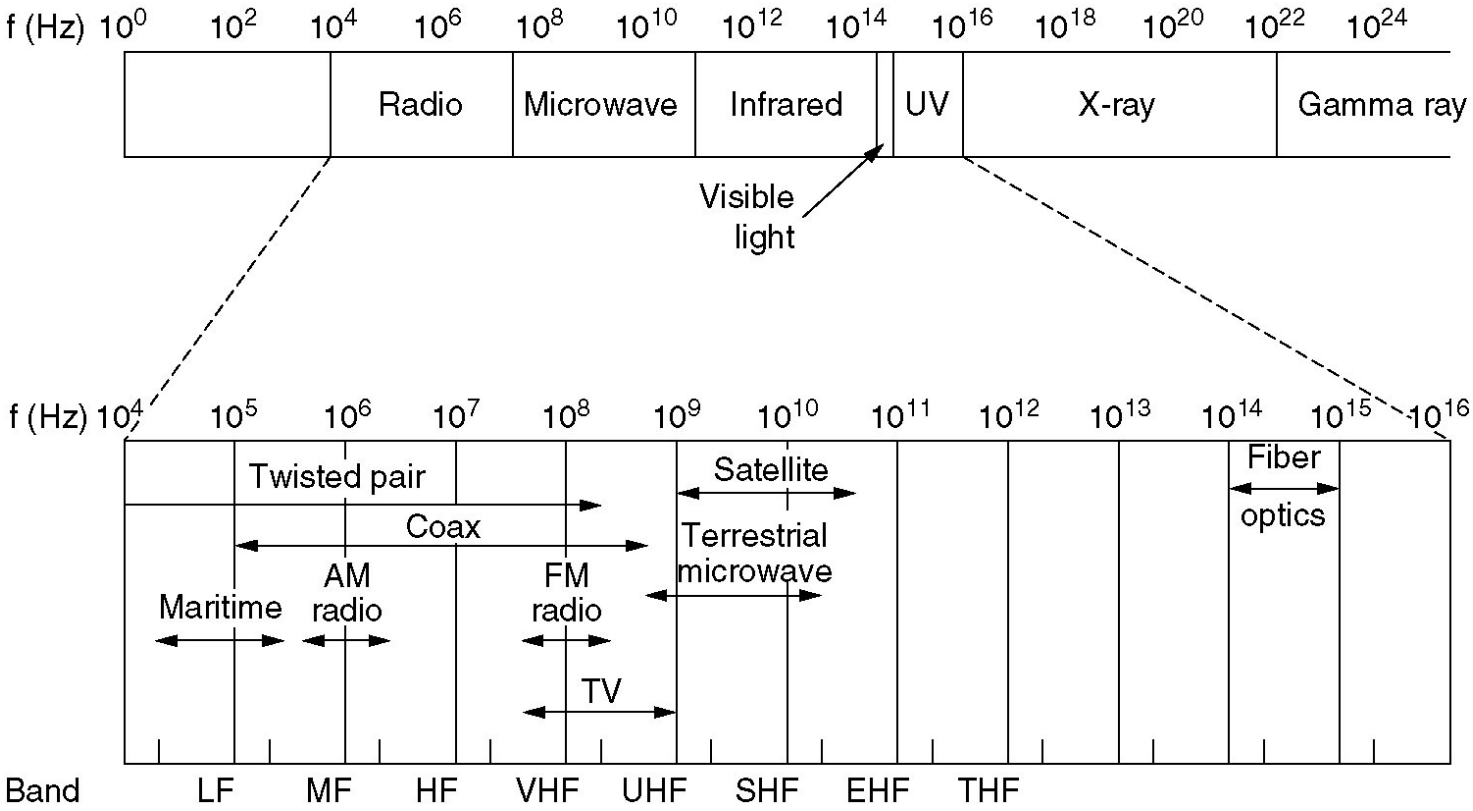


Propojení optických vláken pasivním optickým rozbočovačem ve tvaru hvězdy.

Bezdrátový přenos

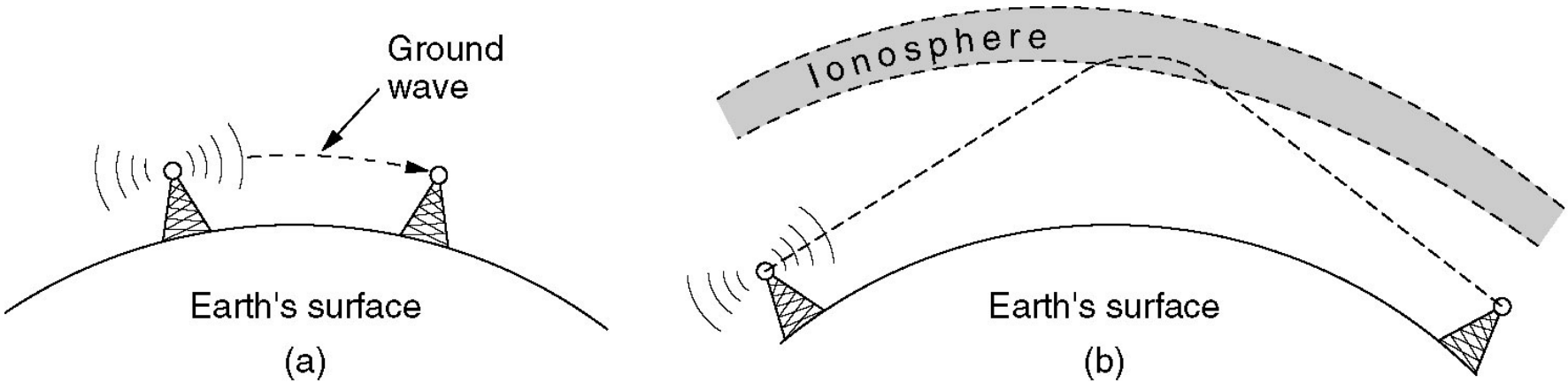
- Elektromagnetické spektrum
- Radiový přenos
- Mikrovlnné přenosy
- Přenos v infračerveném spektru a v mikrovlnném spektru
- Přenos ve viditelném spektru

Elektromagnetické spektrum



Elektromagnetické spektrum a jeho využití pro komunikace.

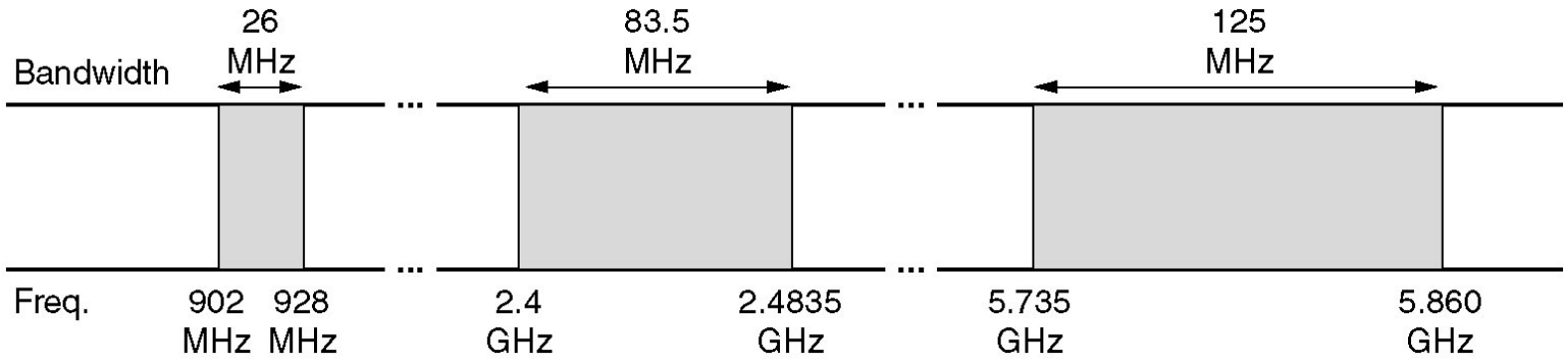
Radiový přenos



(a) Na velmi dlouhých, dlouhých a středních vlnách kopírují radiové vlny povrch Země.

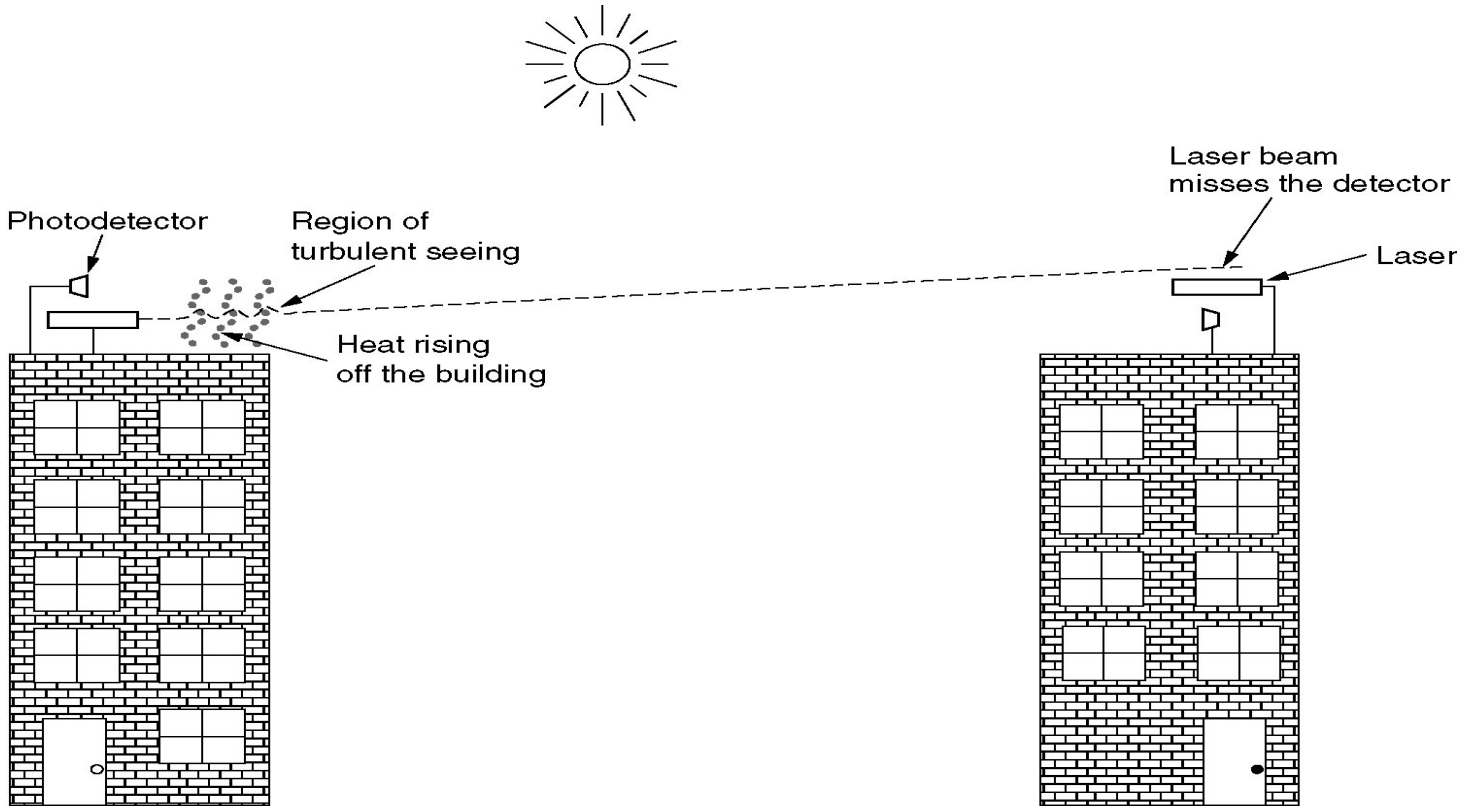
(b) Na krátkých vlnách dochází k odrazům od ionosféry.

Rozdělení elektromagnetického spektra



Vyšší frekvenční pásma v USA.

Světelný přenos



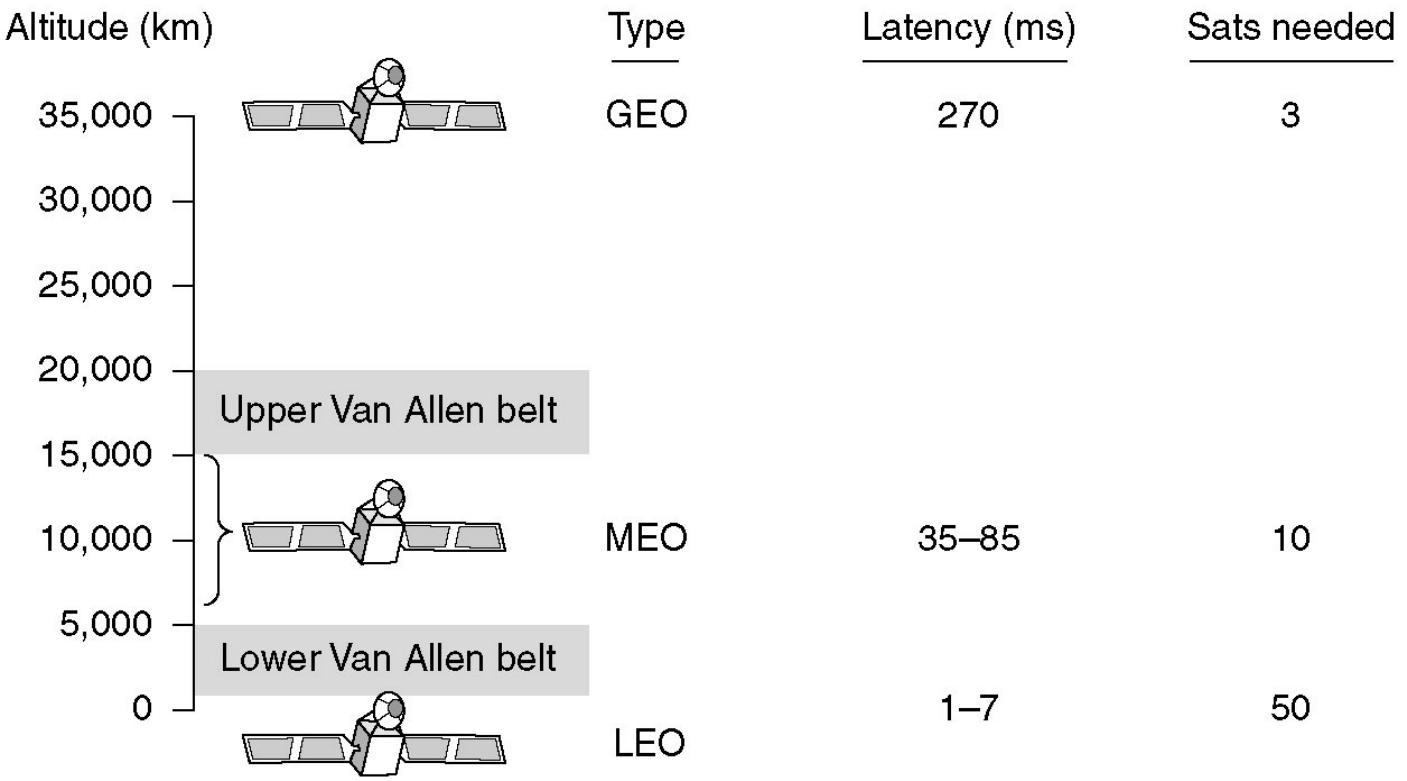
Tepelné proudění vzduchu může ovlivnit laserový komunikační systém.

Obrázek představuje obousměrný komunikační systém se dvěma lasery.

Komunikační satelity

- Geostacionární satelity
- Satelity na střední oběžné dráze
- Satelity na nízké oběžné dráze
- Porovnání satelitů a optických vláken

Komunikační satelity



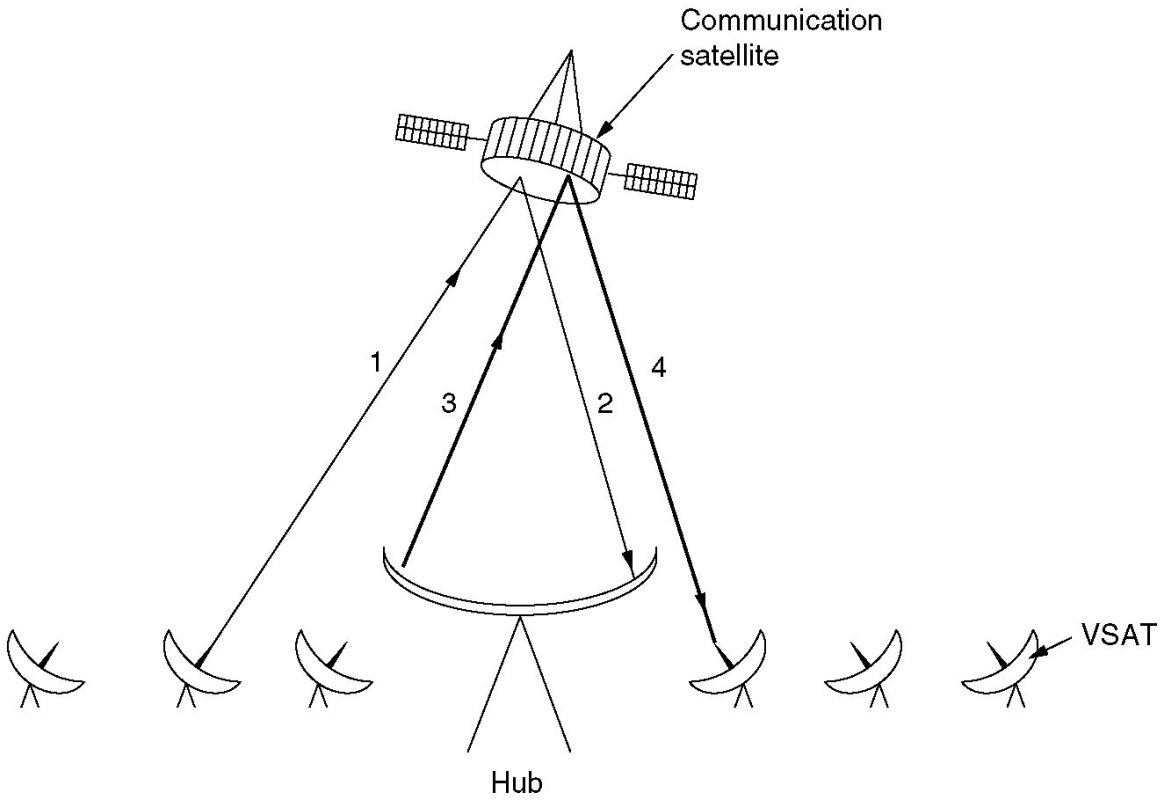
Komunikační satelity a některé jejich vlastnosti, včetně vzdálenosti od Země, doby odezvy a počtu satelitů nutných pro úplné pokrytí.

Komunikační satelity (2)

Band	Downlink	Uplink	Bandwidth	Problems
L	1.5 GHz	1.6 GHz	15 MHz	Low bandwidth; crowded
S	1.9 GHz	2.2 GHz	70 MHz	Low bandwidth; crowded
C	4.0 GHz	6.0 GHz	500 MHz	Terrestrial interference
Ku	11 GHz	14 GHz	500 MHz	Rain
Ka	20 GHz	30 GHz	3500 MHz	Rain, equipment cost

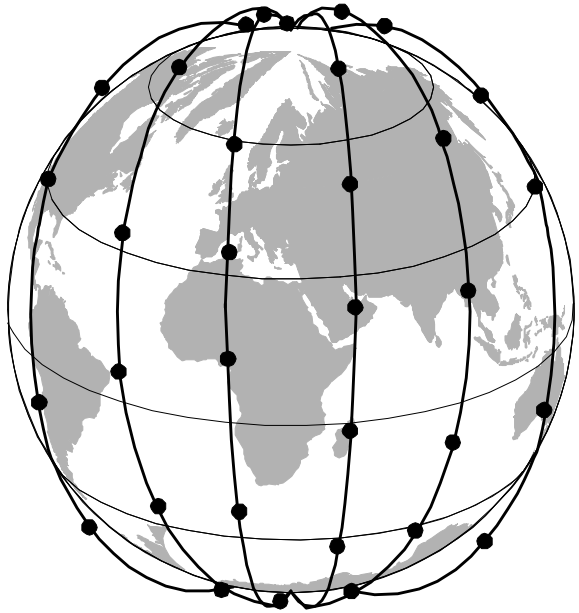
Základní satelitní pásma.

Komunikační satelity (3)

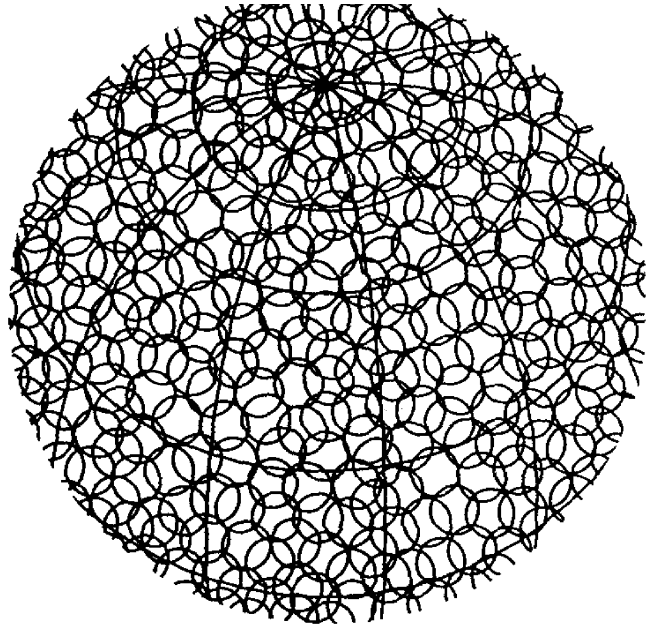


VSATs (Very Small Aperture Terminal) s použitím Hubu.
Velmi malé stanice, běžně menší než 2.4m, používané pro satelitní komunikaci.
Přenosová rychlost až 2MB/s oběma směry.

Satelity na nízké oběžné dráze
projekt Iridium



(a)

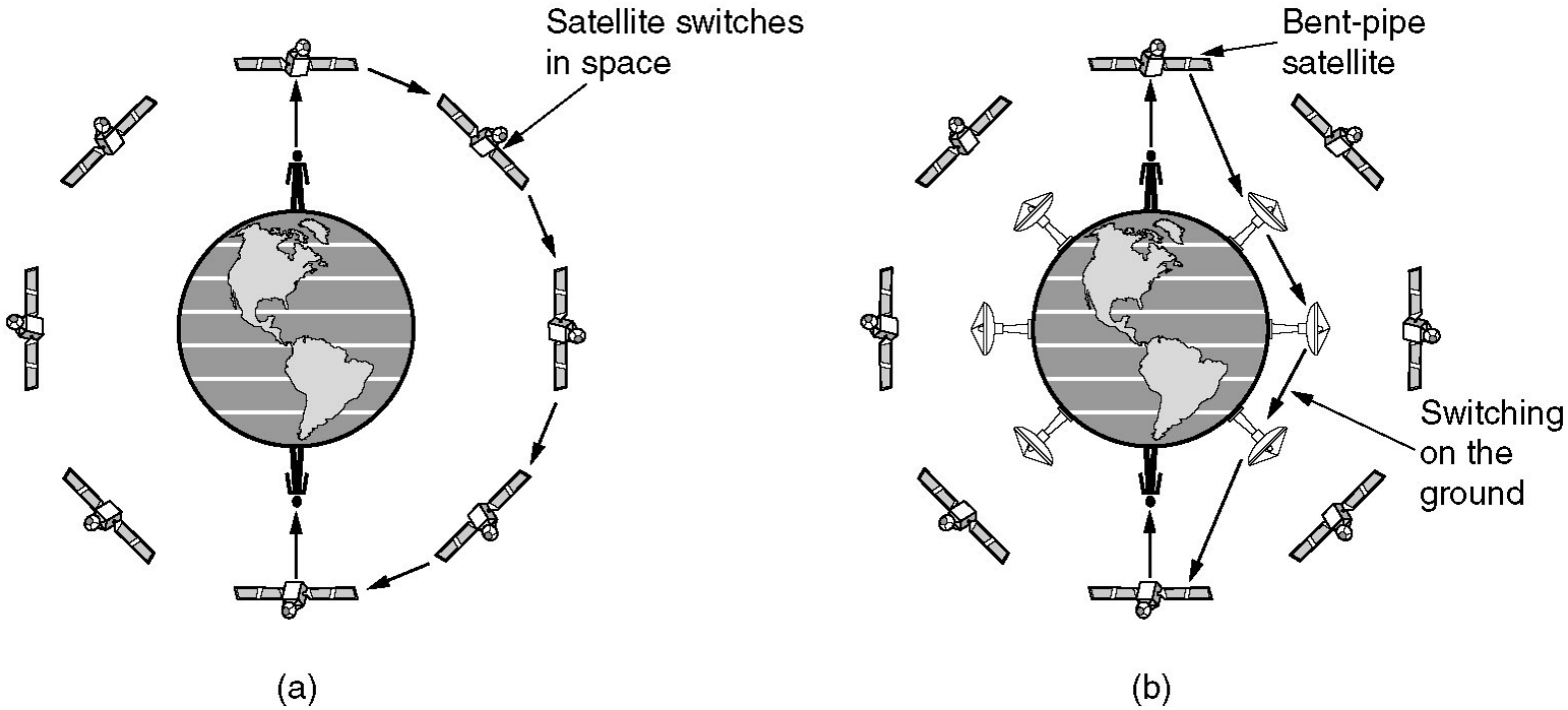


(b)

(a) Rozmístění satelitů Iridia kolem Země.

(b) 1628 pohyblivých buněk zahalí celou Zem.

Globalstar



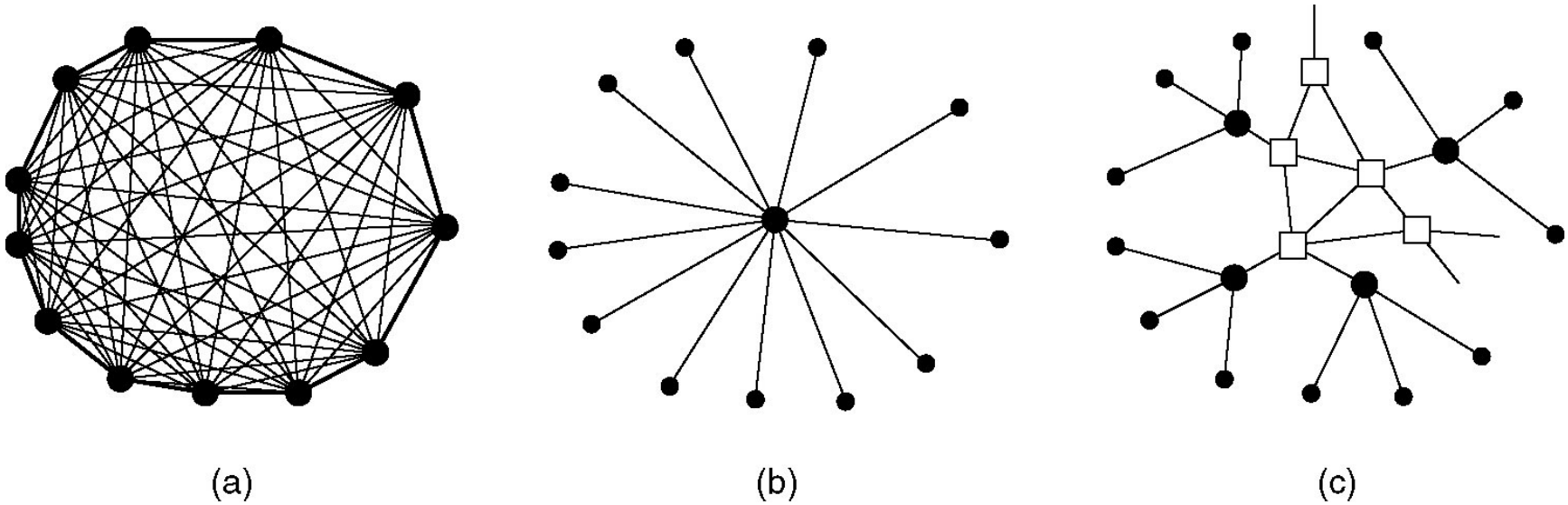
(a) Přepínání ve vesmíru. (b) Přepínání na Zemi

Satelitní telefony, SMS, fax

Veřejné přepínané telefonní systémy

- Struktura telefonního systému
- Rozdělení telefonů
- Lokální smyčka: modemy, ASDL a bezdrátové spoje
- Tranzitní propojení (Trunk) a multiplexování
- Přepínání

Struktura telefonního systému

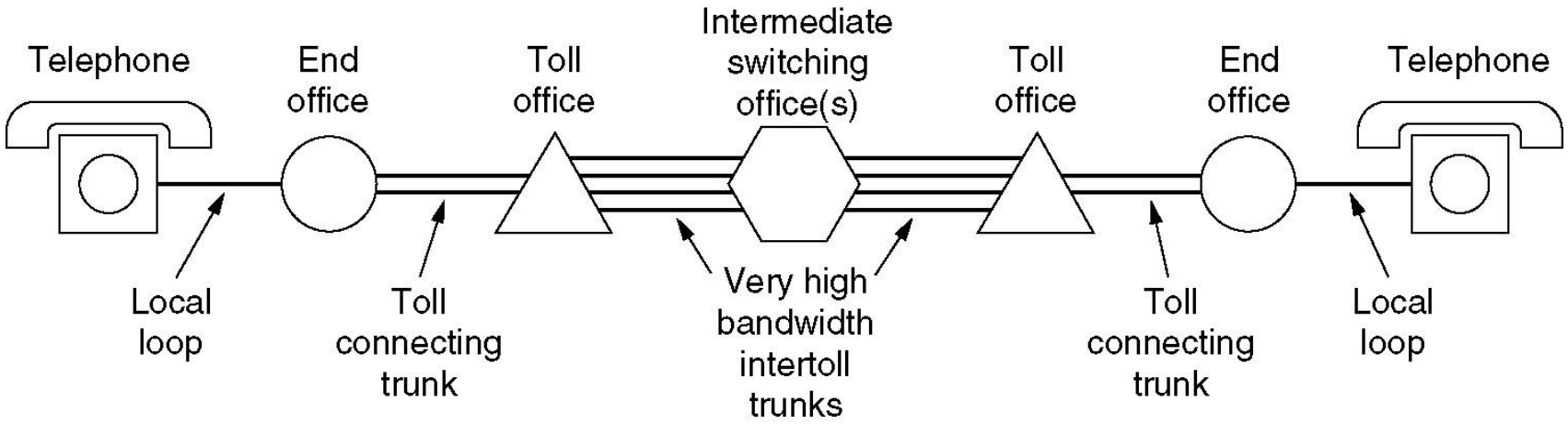


(a) Úplně propojená síť.

(b) Centralizovaný přepínač.

(c) Dvouúrovňová hierarchie.

Struktura telefonního systému (2)

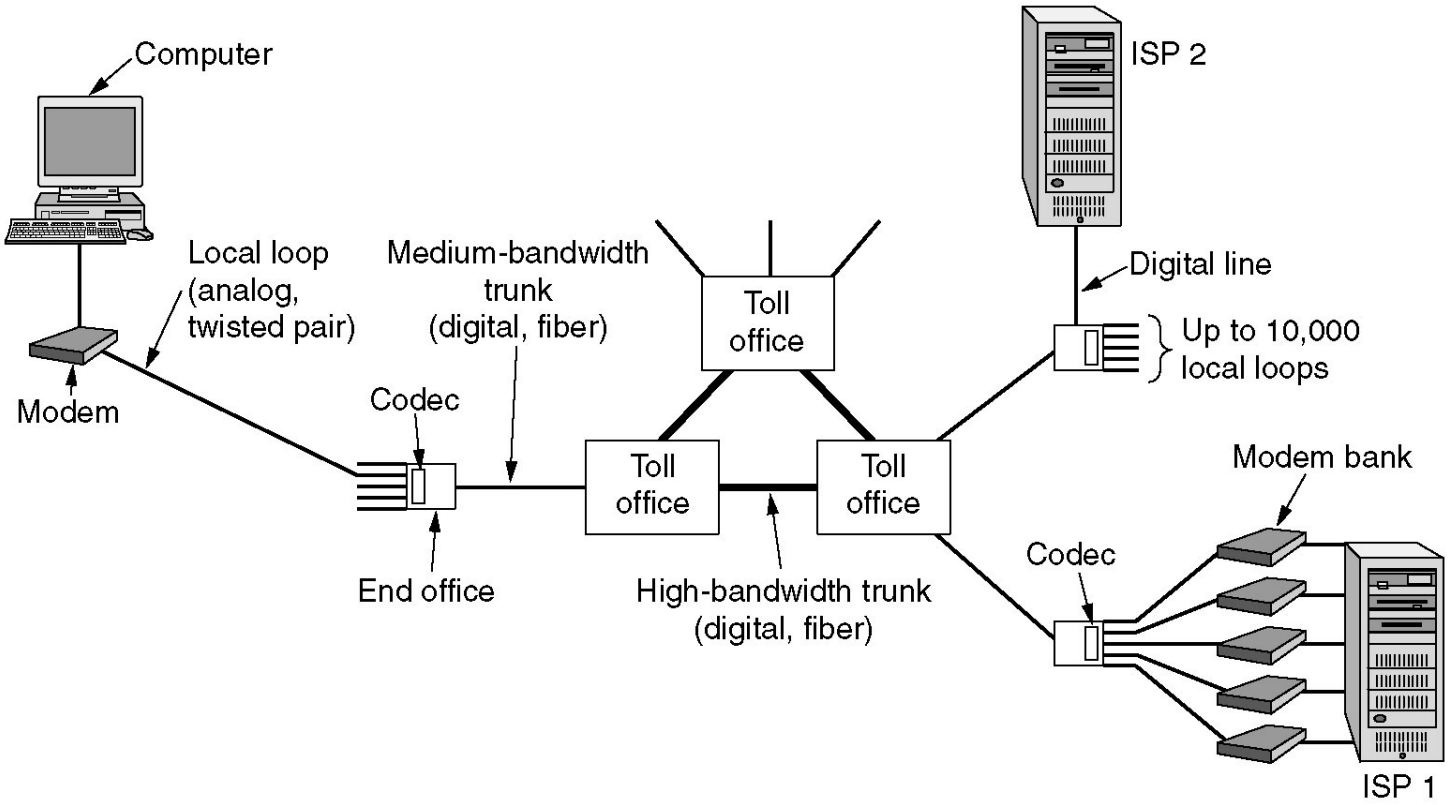


Typická okruh pro volání na střední vzdálenosti.

Hlavní komponenty telefonního systému

- Lokální smyčky
  - Analogové přenosy kroucenou dvojlinkou
- Dálková vedení (Trunks)
  - Digitální přenosy vláknovou optikou propojující digitální ústředny
- Ústředny
  - Propojení jednotlivých dálkových vedení

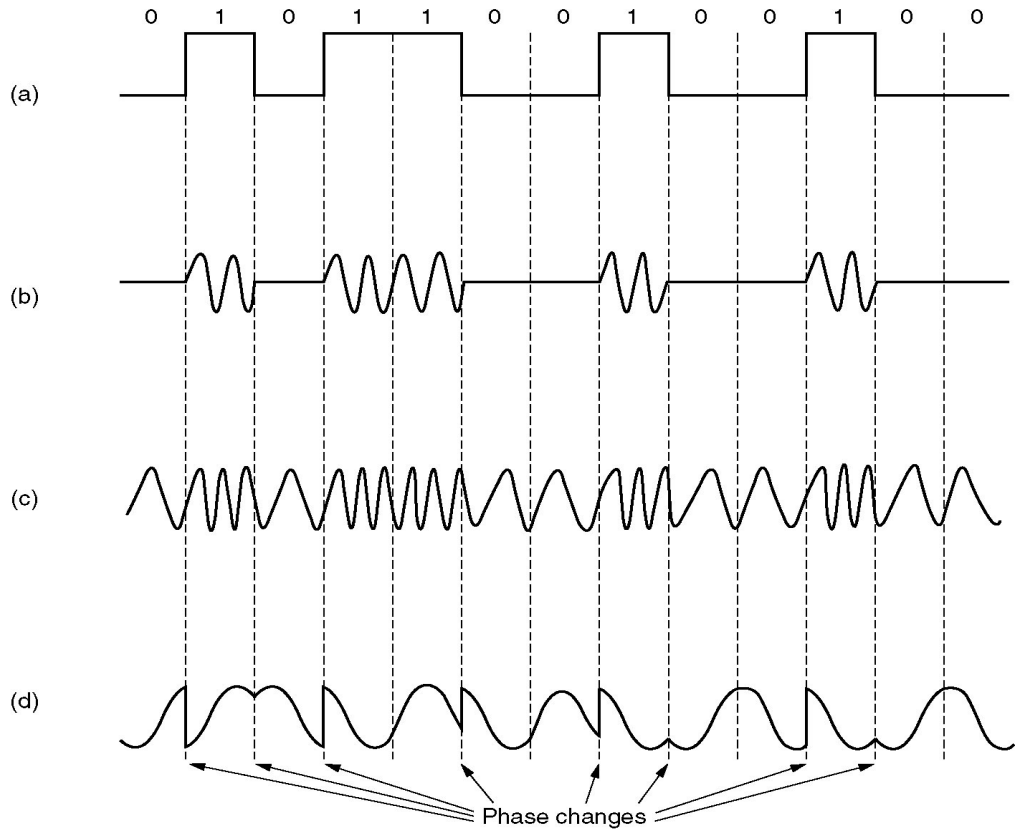
Lokální smyčky: modemy, ASDL, bezdrátové spoje (wireless)



Použití analogových i digitálních přenosů pro propojení počítačů.

Převody jsou realizovány modemy a kodeky (codec).

Modemy



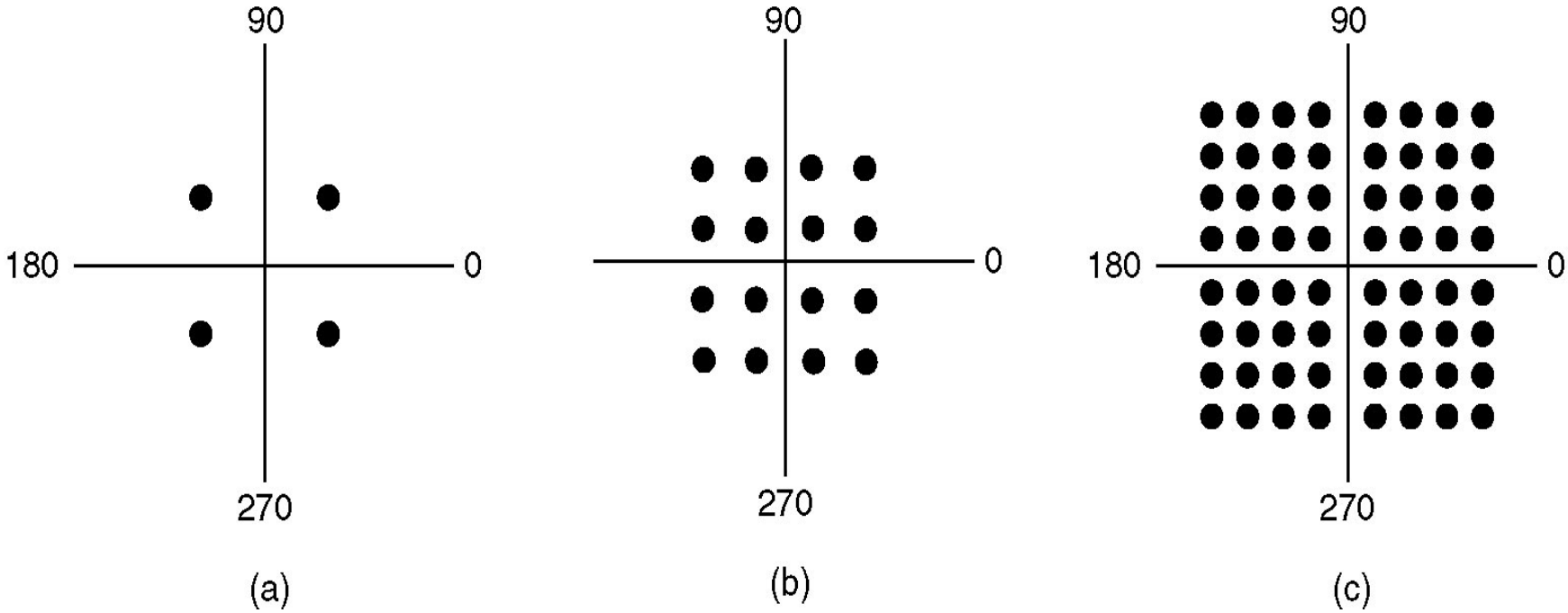
(a) binární signál

(b) amplitudová modulace

(c) Frekvenční modulace

(d) Fázová modulace

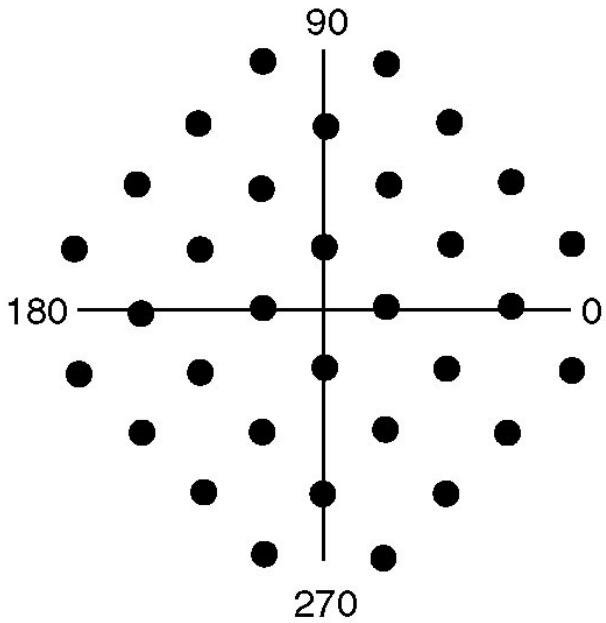
Modemy (2)



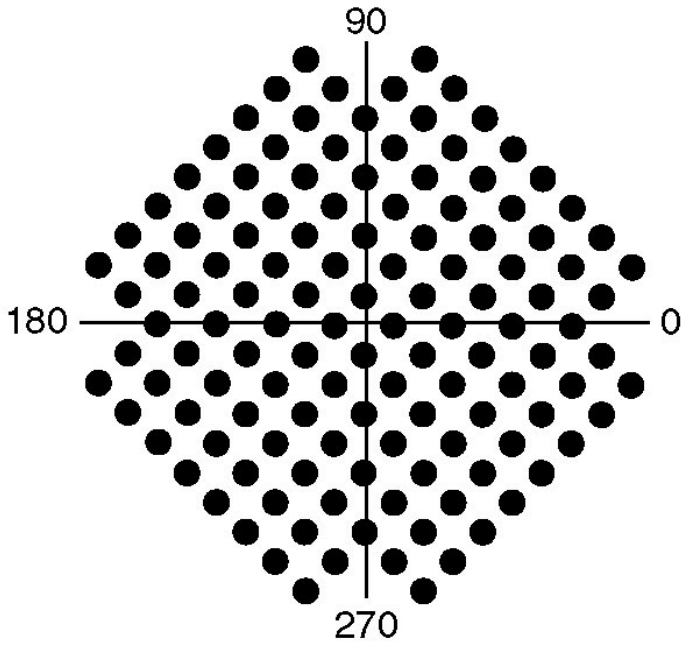
Příklady amplitudo – fázové modulace

(a) QPSK. (b) QAM-16. (c) QAM-64.

Modemy (3)



(a)

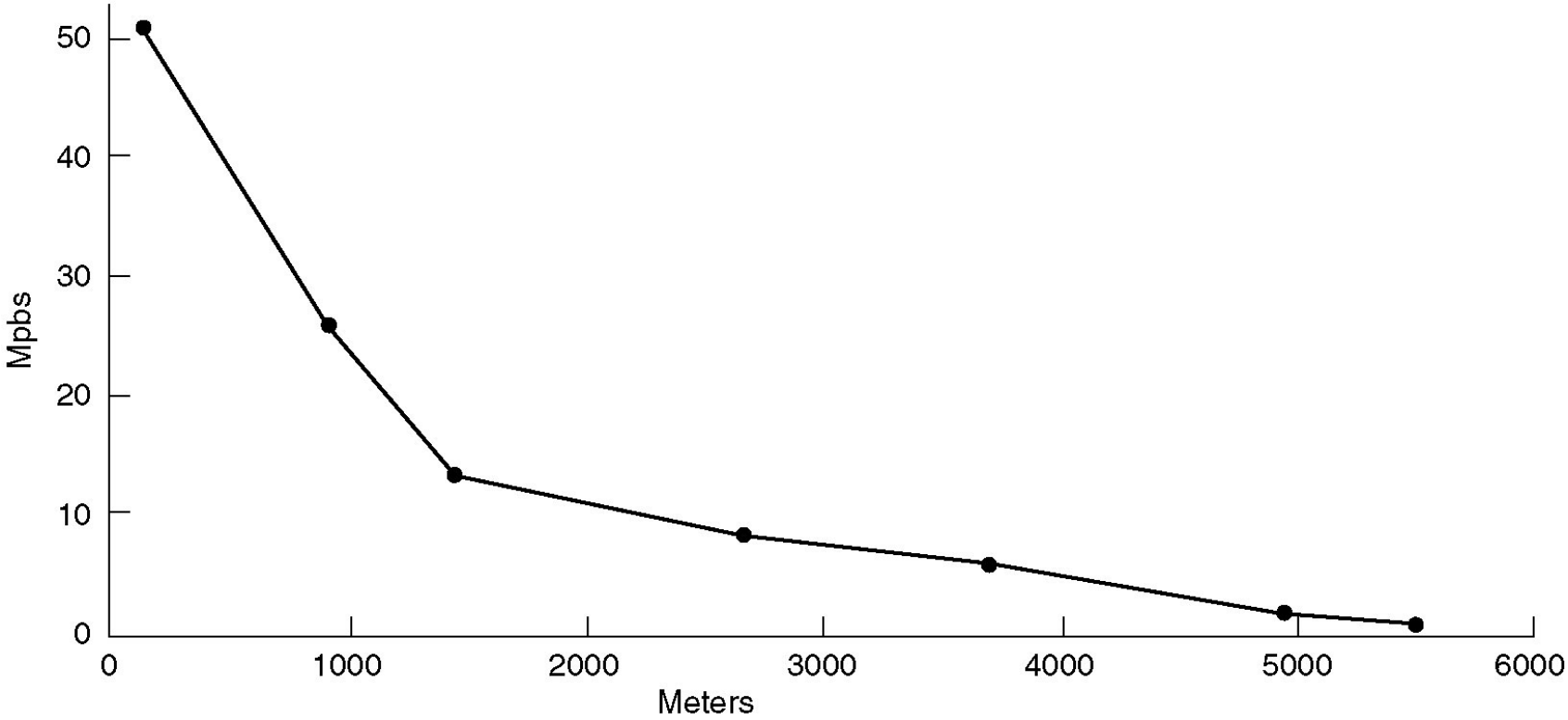


(b)

(a) V.32 pro 9600 b/s.

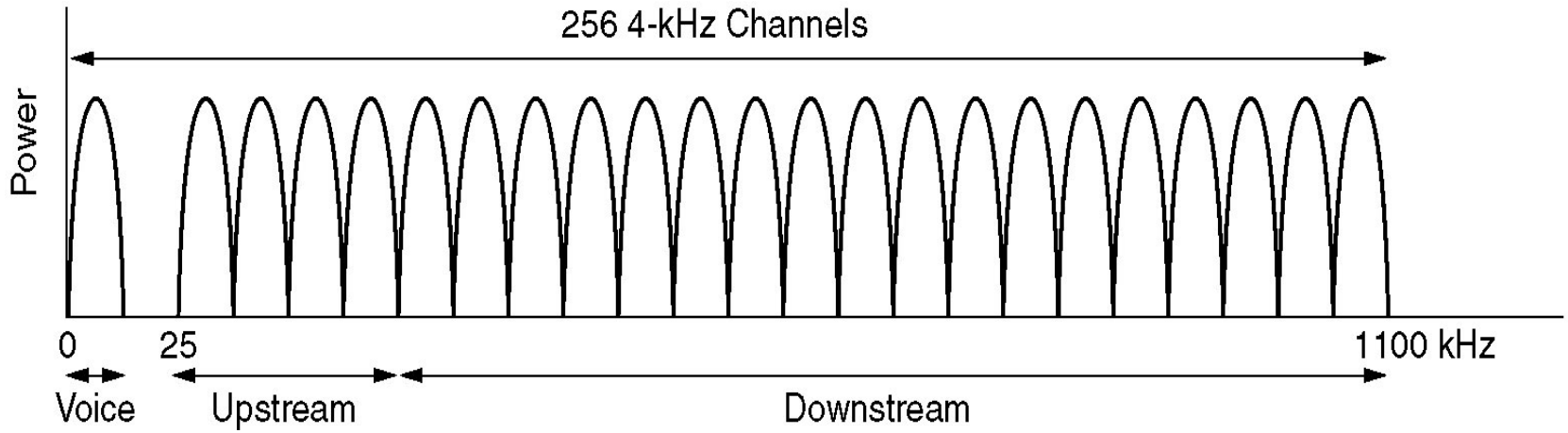
(b) V32 bis pro 14,400 b/s.

Digitální účastnické linky (Digital Subscriber Lines - DSL)



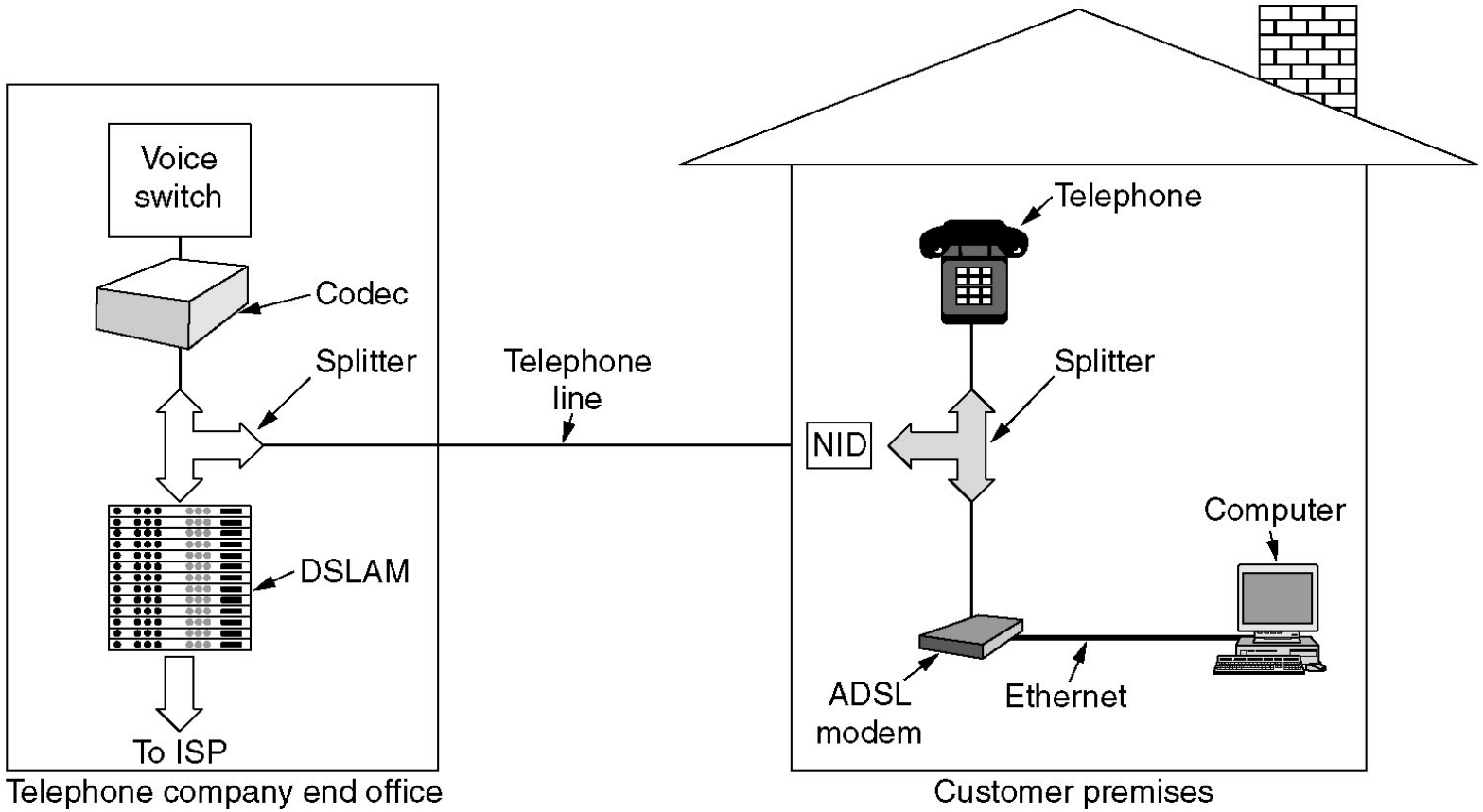
Závislost šířky pásma na vzdálenosti pro přenos DSL kroucenou dvojlinkou (UTP) kategorie 3 (telefonní vedení).

Digitální účastnické linky (2)



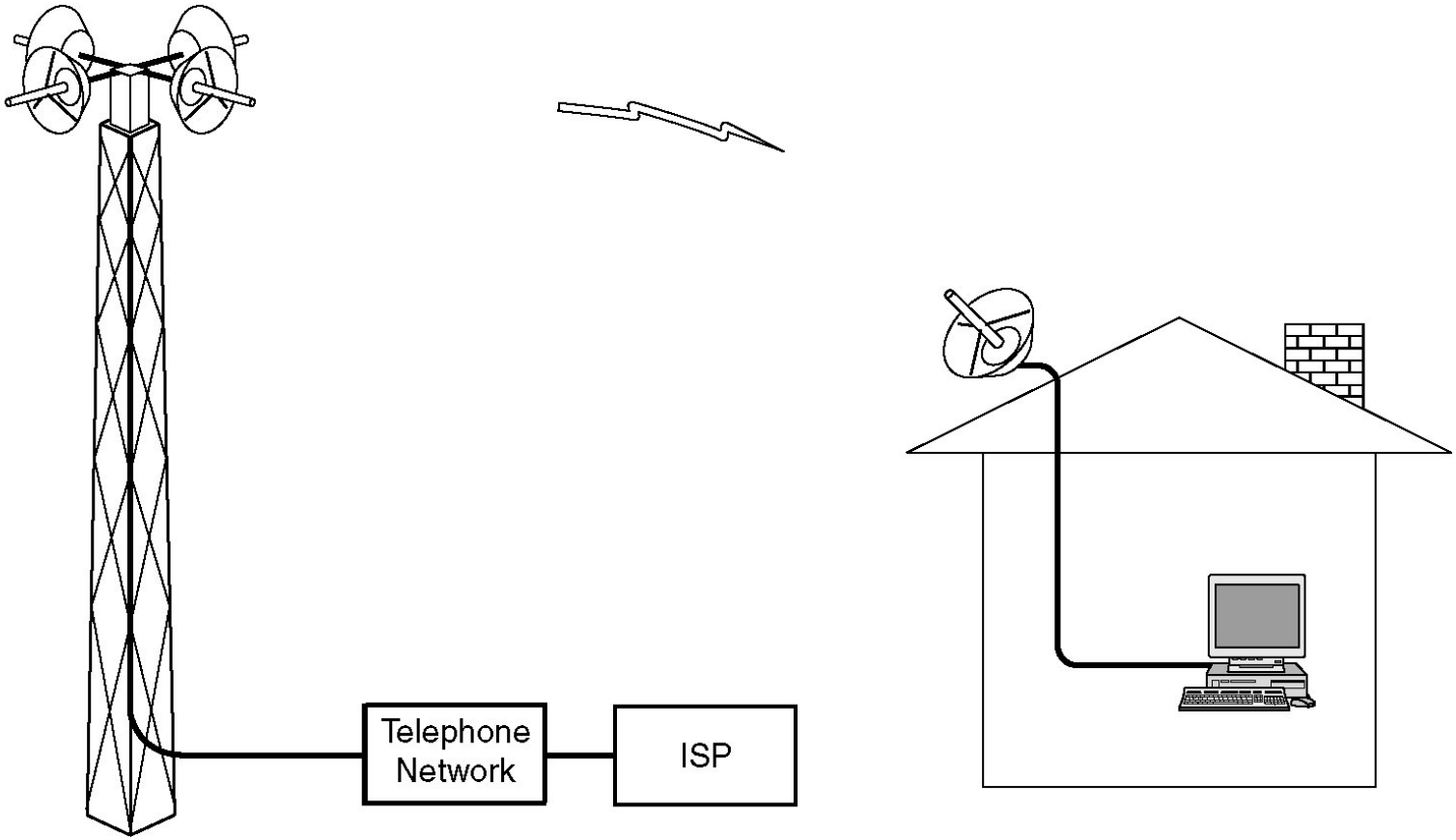
Provoz ADSL s použitím diskrétní vícetónové modulace.

Digitální účastnické linky (3)



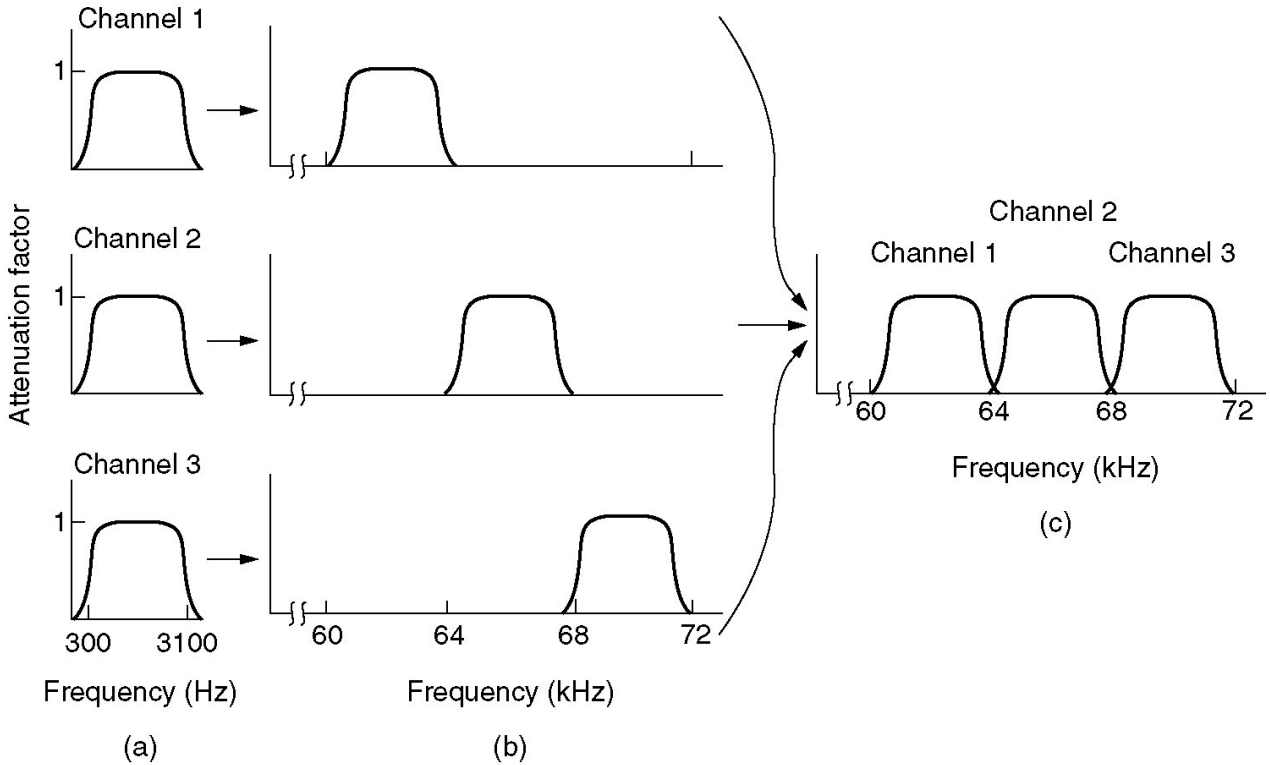
Typická konfigurace ASDL.

Bezdrátové lokální smyčky



Architektura LMDS (Local Multipoint Distribution Service), 28 & 31 GHz, šířka pásma ve dvou blocích (A a B) 1150MHz (850+150+1150) a 150MHz (75+75).

Frekvenční multiplexování

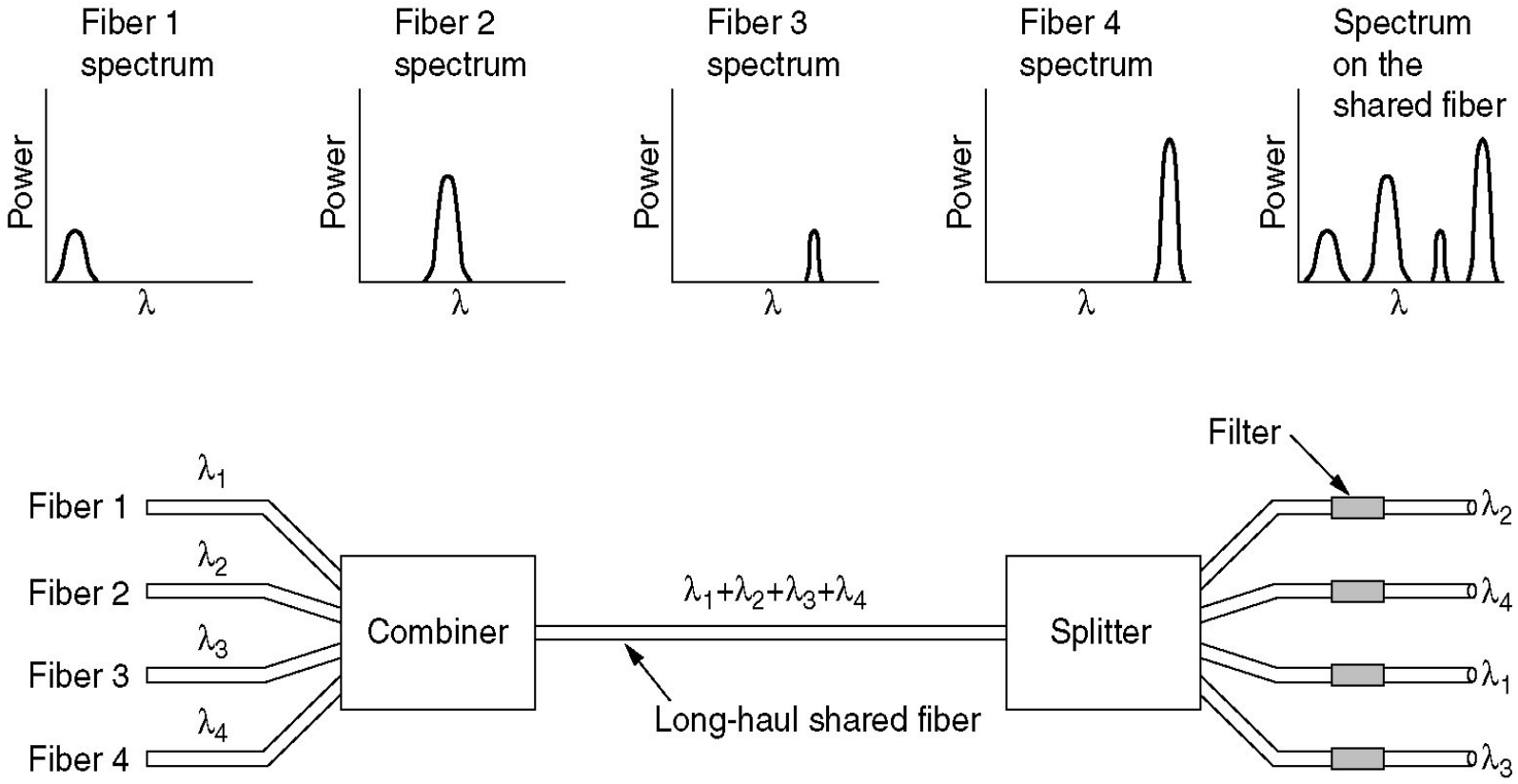


(a) Originální pásmo.

(b) Posunuté pásmo.

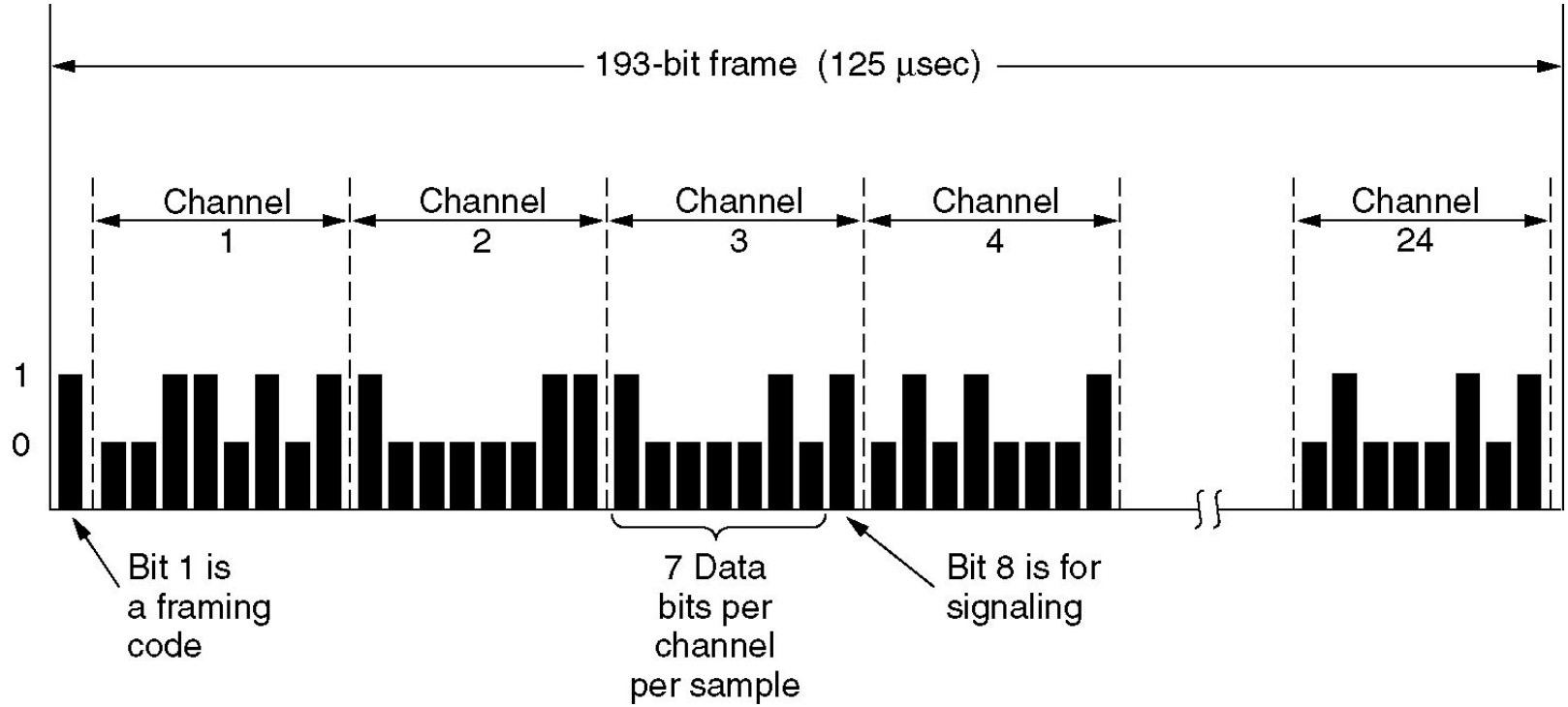
(c) Multiplexovaný kanál.

Multipexování podle délky vlny (Wavelength Division Multiplexing)



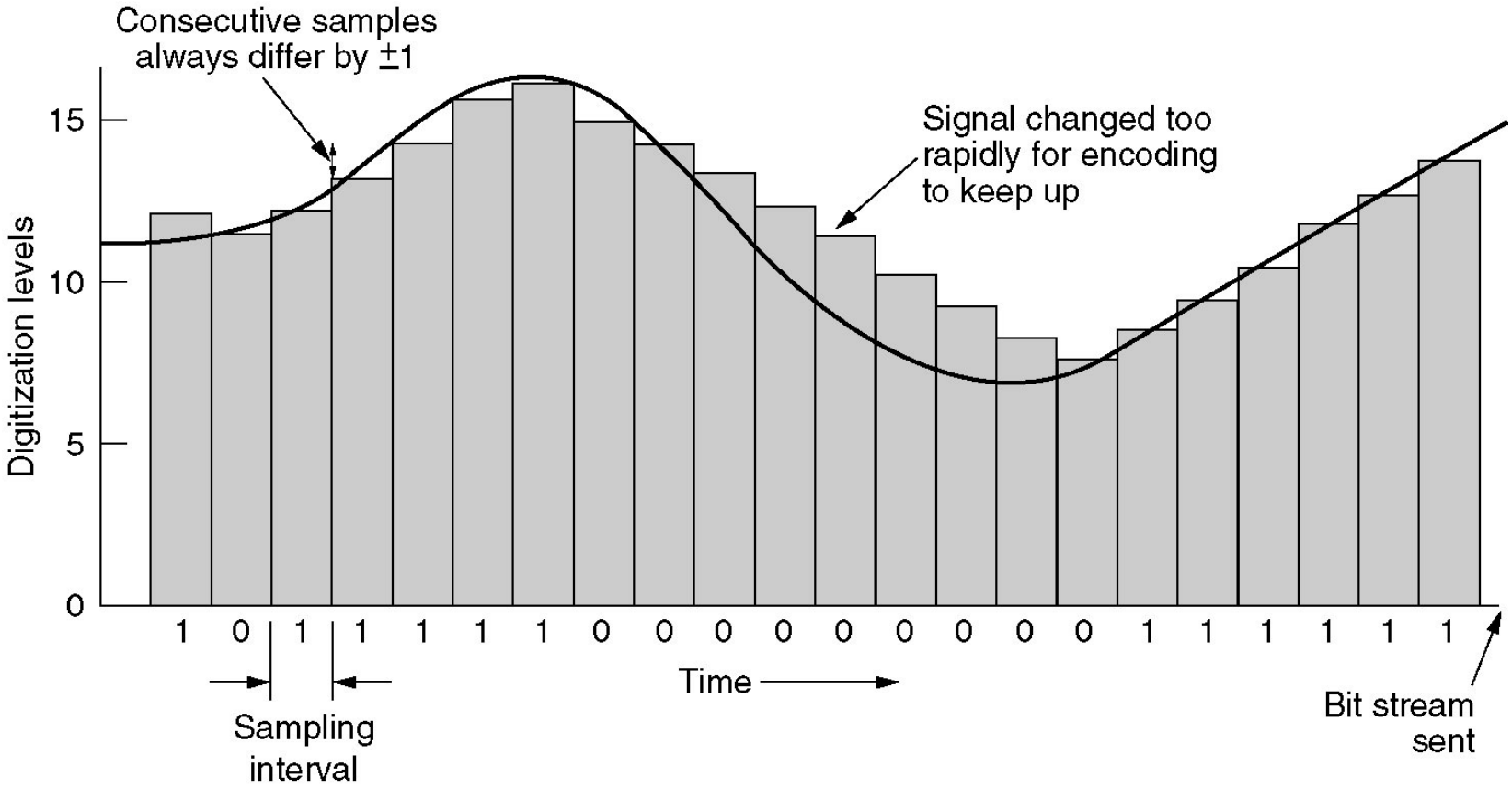
Multiplexování podle délky vlny.

Časové multiplexování
(Time Division Multiplexing)



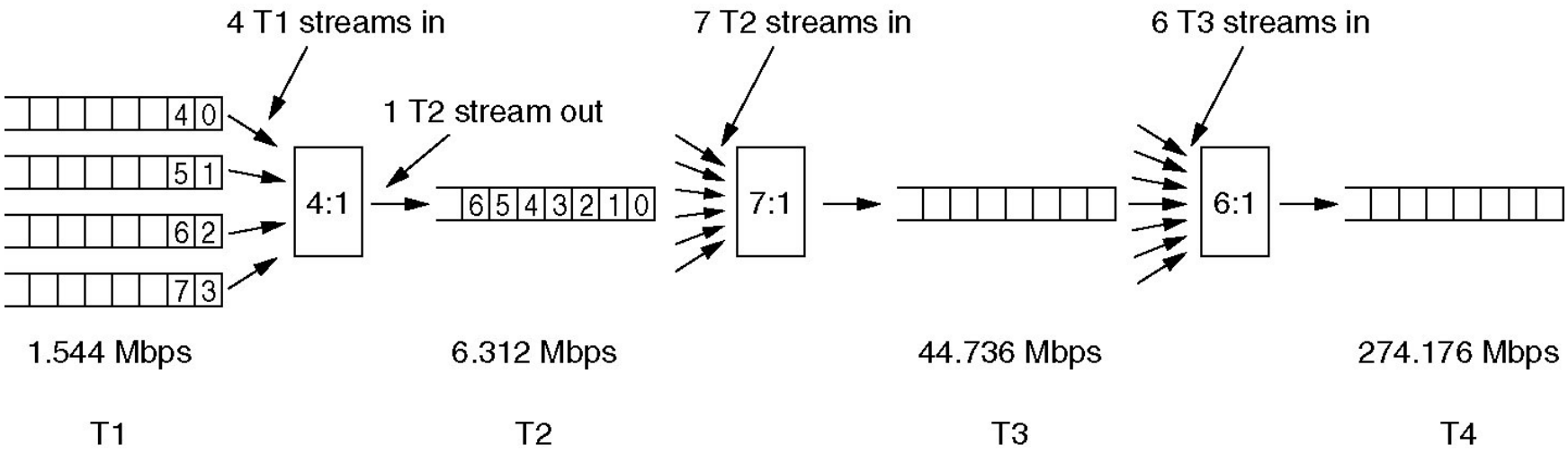
Přenosový systém T1 (1.544 Mbps).

Časové multiplexování (2)



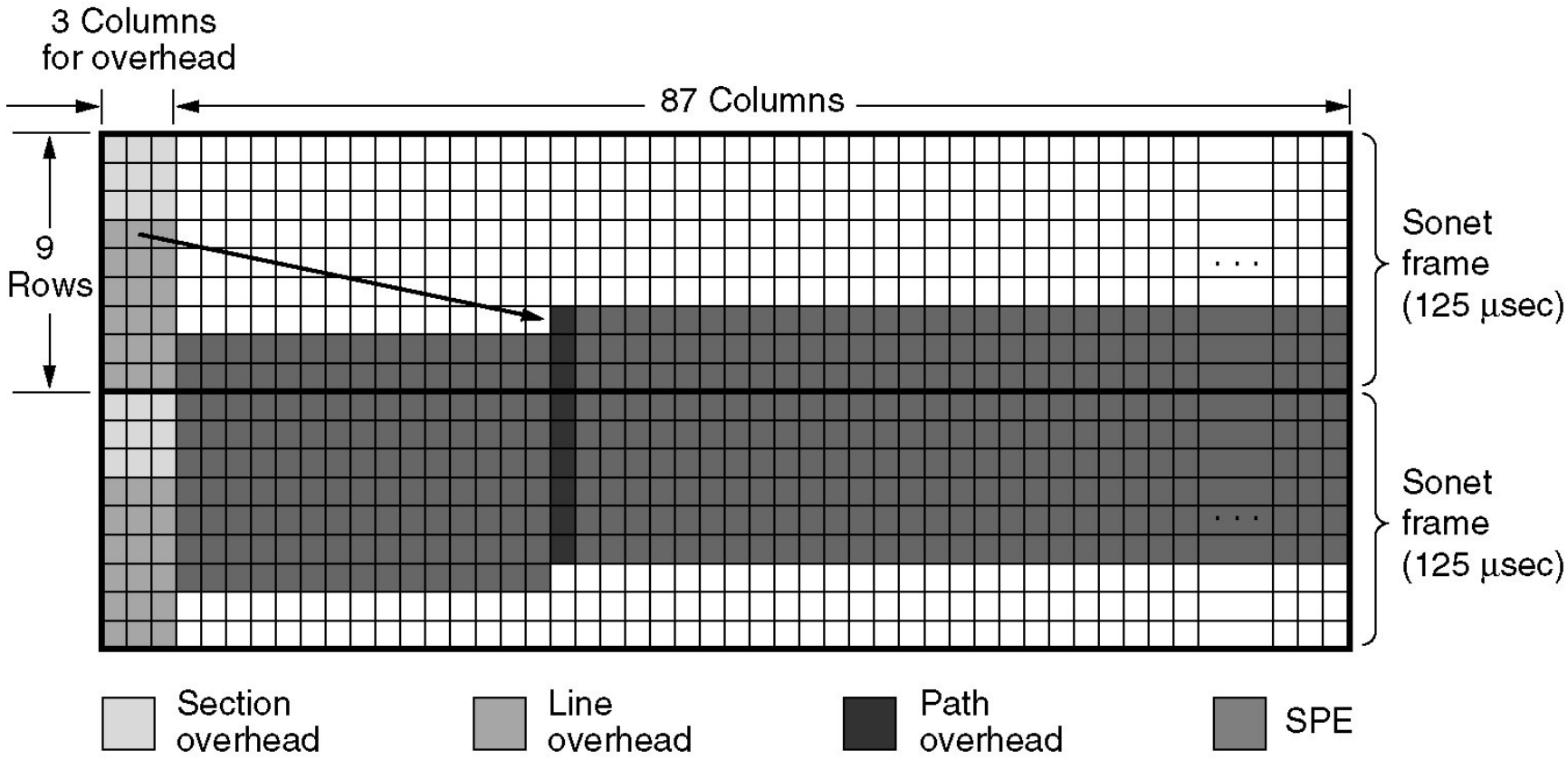
Delta modulace.

Časové multiplexování (3)



Multiplexování T1 do vyšších přenosových systémů (T2, T3, T4).

Časové multiplexování (4)



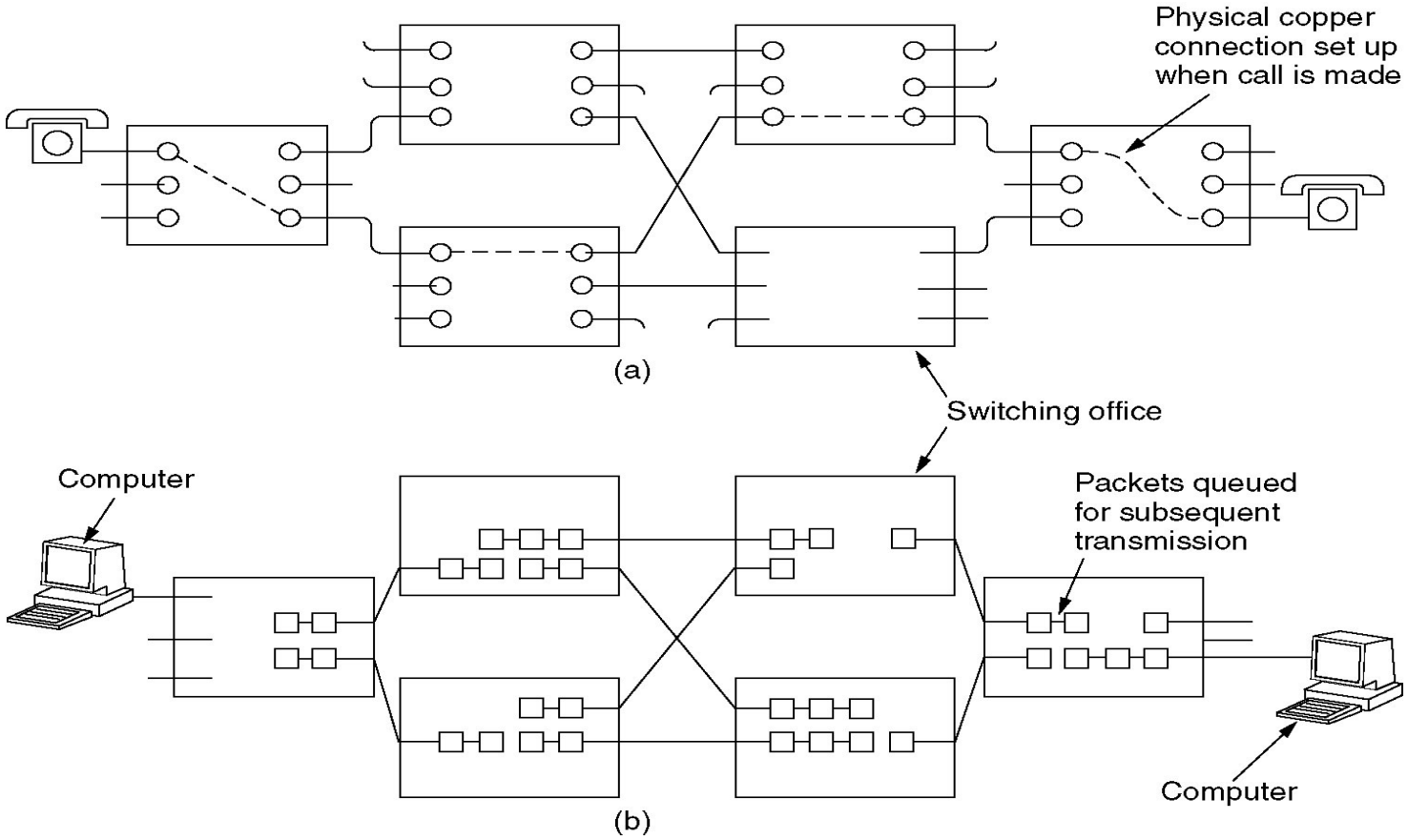
SONET Synchronous Optical NETwork) rámce.

Časové multiplexování (5)

SONET		SDH	Data rate (Mbps)		
Electrical	Optical	Optical	Gross	SPE	User
STS-1	OC-1		51.84	50.112	49.536
STS-3	OC-3	STM-1	155.52	150.336	148.608
STS-9	OC-9	STM-3	466.56	451.008	445.824
STS-12	OC-12	STM-4	622.08	601.344	594.432
STS-18	OC-18	STM-6	933.12	902.016	891.648
STS-24	OC-24	STM-8	1244.16	1202.688	1188.864
STS-36	OC-36	STM-12	1866.24	1804.032	1783.296
STS-48	OC-48	STM-16	2488.32	2405.376	2377.728
STS-192	OC-192	STM-64	9953.28	9621.504	9510.912

Rychlosti multiplexování SONET and SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

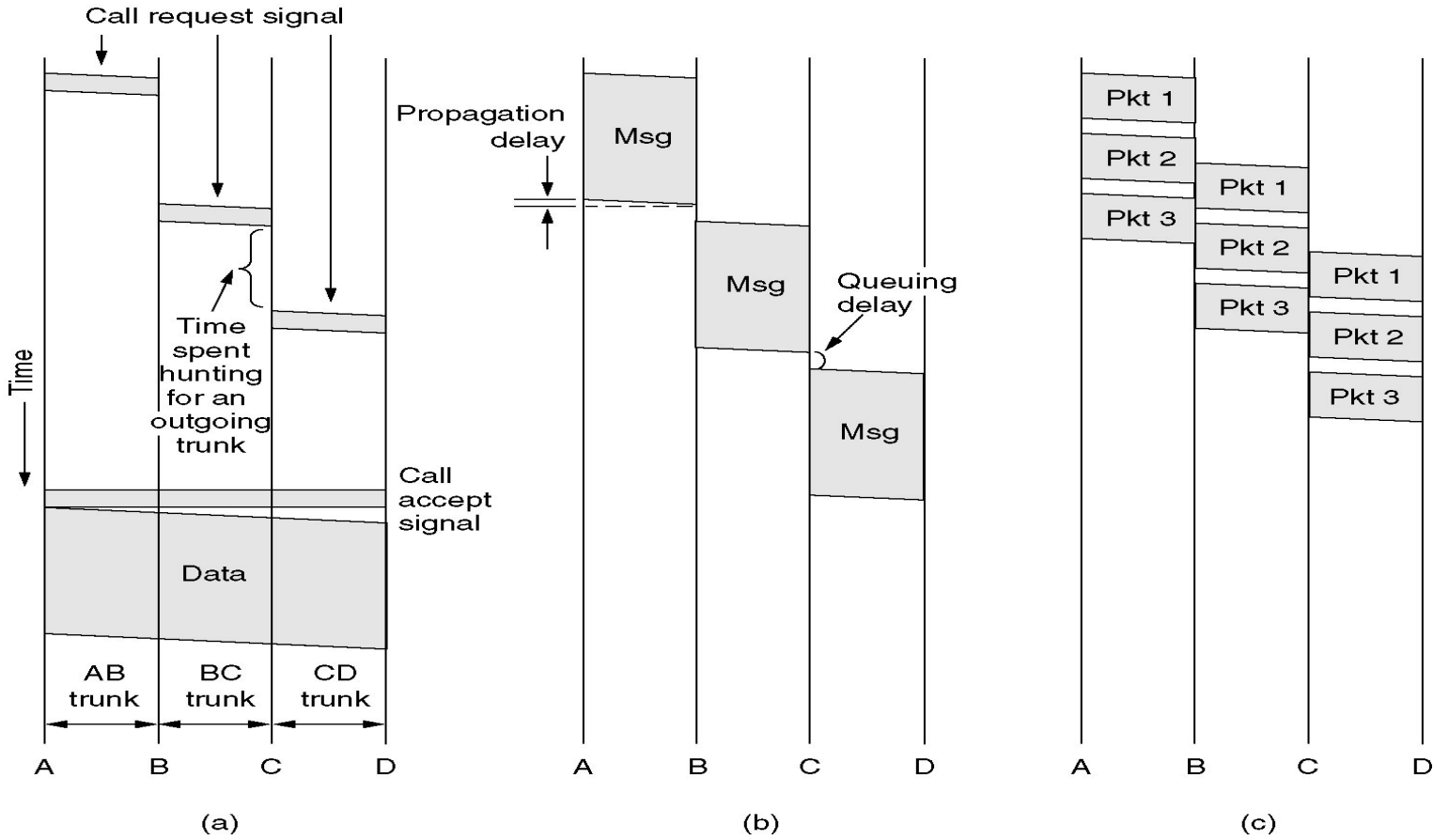
Přepínání okruhů



(a) Přepínání okruhů.

(b) Přepínání paketů.

Přepínání zpráv



(a) Přepínání okruhů (b) přepínání zpráv (c) přepínání paketů

Přepínání paketů

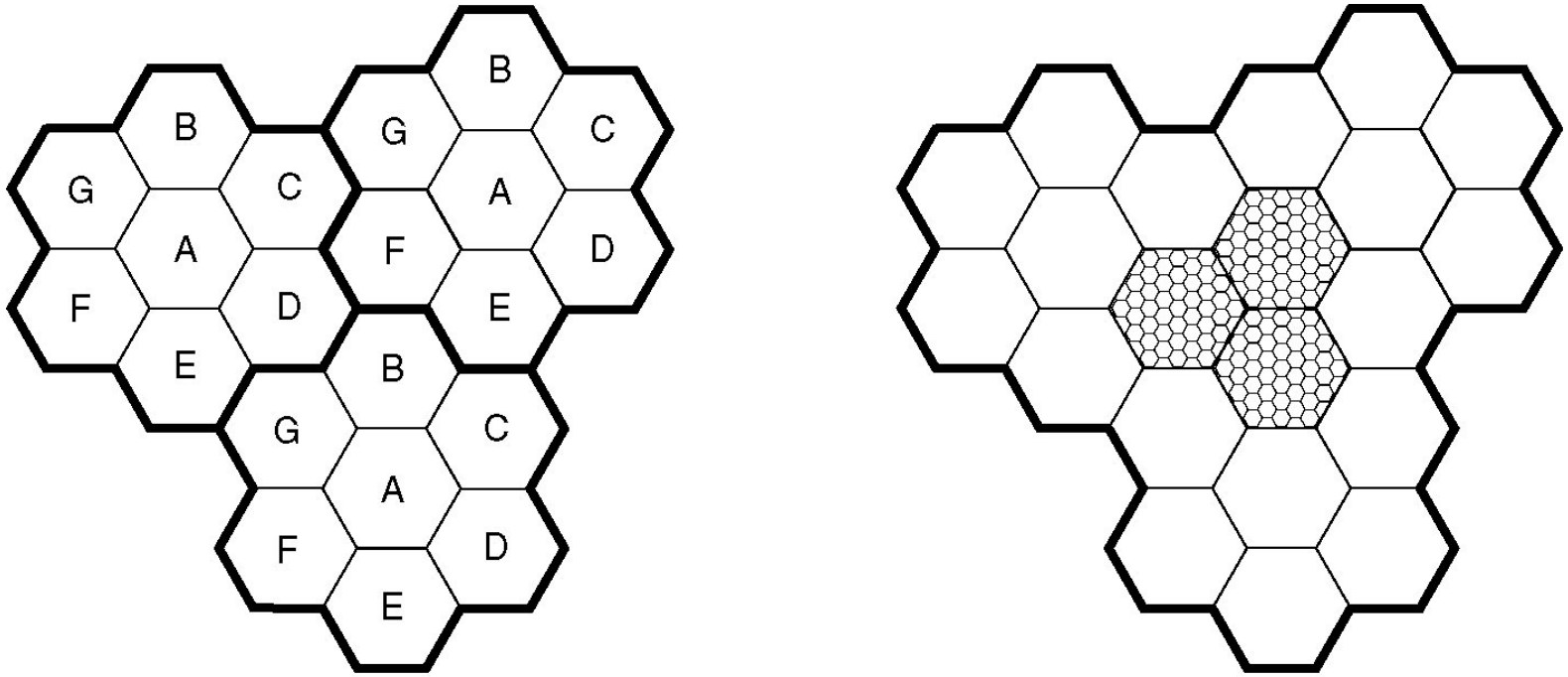
Item	Circuit-switched	Packet-switched
Call setup	Required	Not needed
Dedicated physical path	Yes	No
Each packet follows the same route	Yes	No
Packets arrive in order	Yes	No
Is a switch crash fatal	Yes	No
Bandwidth available	Fixed	Dynamic
When can congestion occur	At setup time	On every packet
Potentially wasted bandwidth	Yes	No
Store-and-forward transmission	No	Yes
Transparency	Yes	No
Charging	Per minute	Per packet

Porovnání sítí s přepínáním paketů a přepínáním okruhů.

Mobilní telefonní systém

- První generace mobilních telefonů: analogové přenosy hlasu
- Druhá generace mobilních telefonů: digitální přenosy hlasu
- Třetí generace mobilních telefonů: digitální přenosy hlasu i dat

Zdokonalený mobilní telefonní systém



(a) (b)

(a) V sousedních buňkách se nemohou použít stejné frekvence.

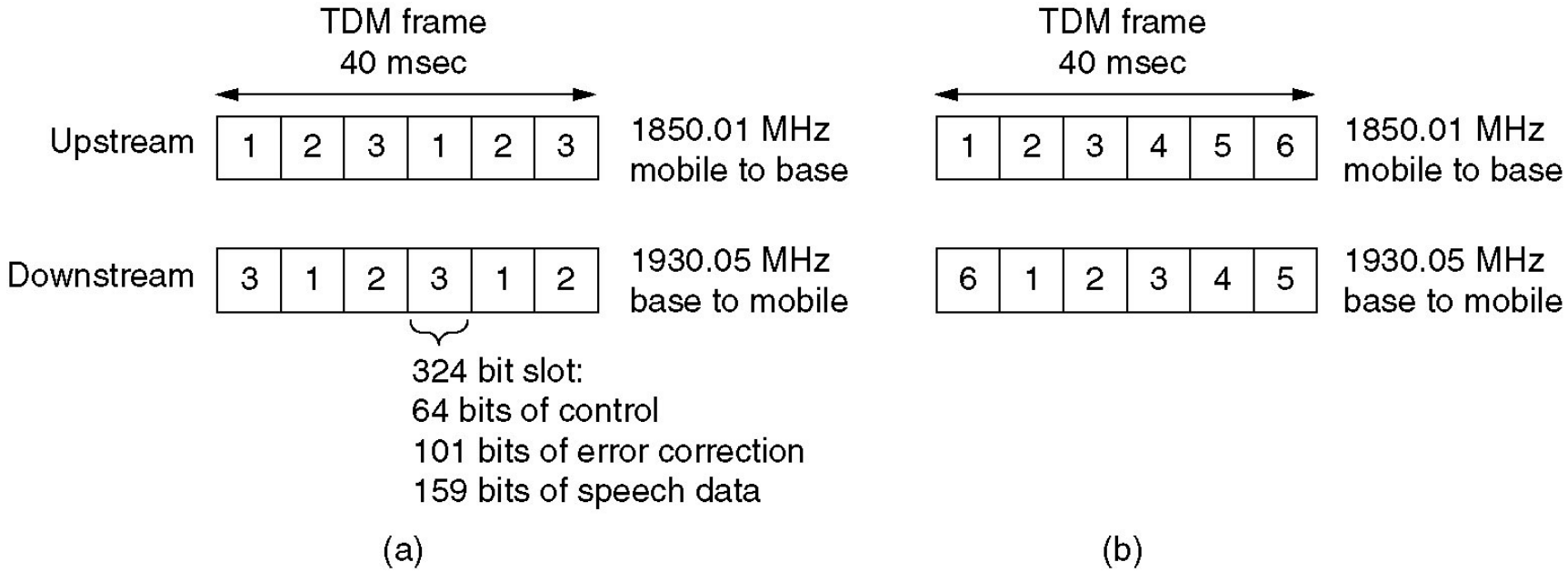
(b) Použití menších buňek dovoluje zvýšit počet uživatelů.

Kategorie kanálů

832 kanálů rozděleno do 4 kategorií:

- Řízení (základna do mobilu) pro řízení systému
- Paging (základna do mobilu) upozornění uživatelů na volání
- Přístup (obousměrný) pro vytváření spojení a přidělení kanálu
- Data (obousměrný) pro hlas, fax a data

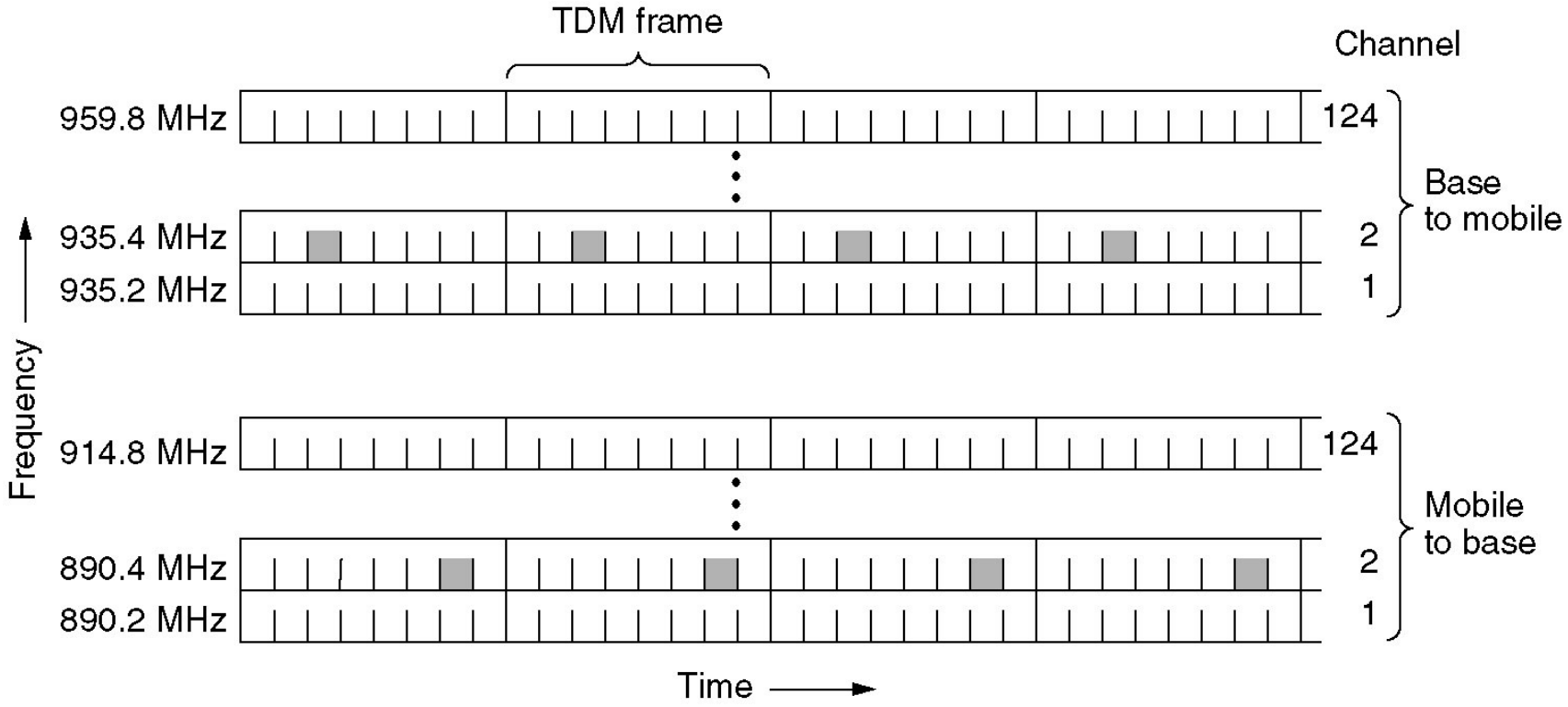
D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone System)
Zdokonalený systém mobilních telefonů



(a) D-AMPS kanál se třemi uživateli.

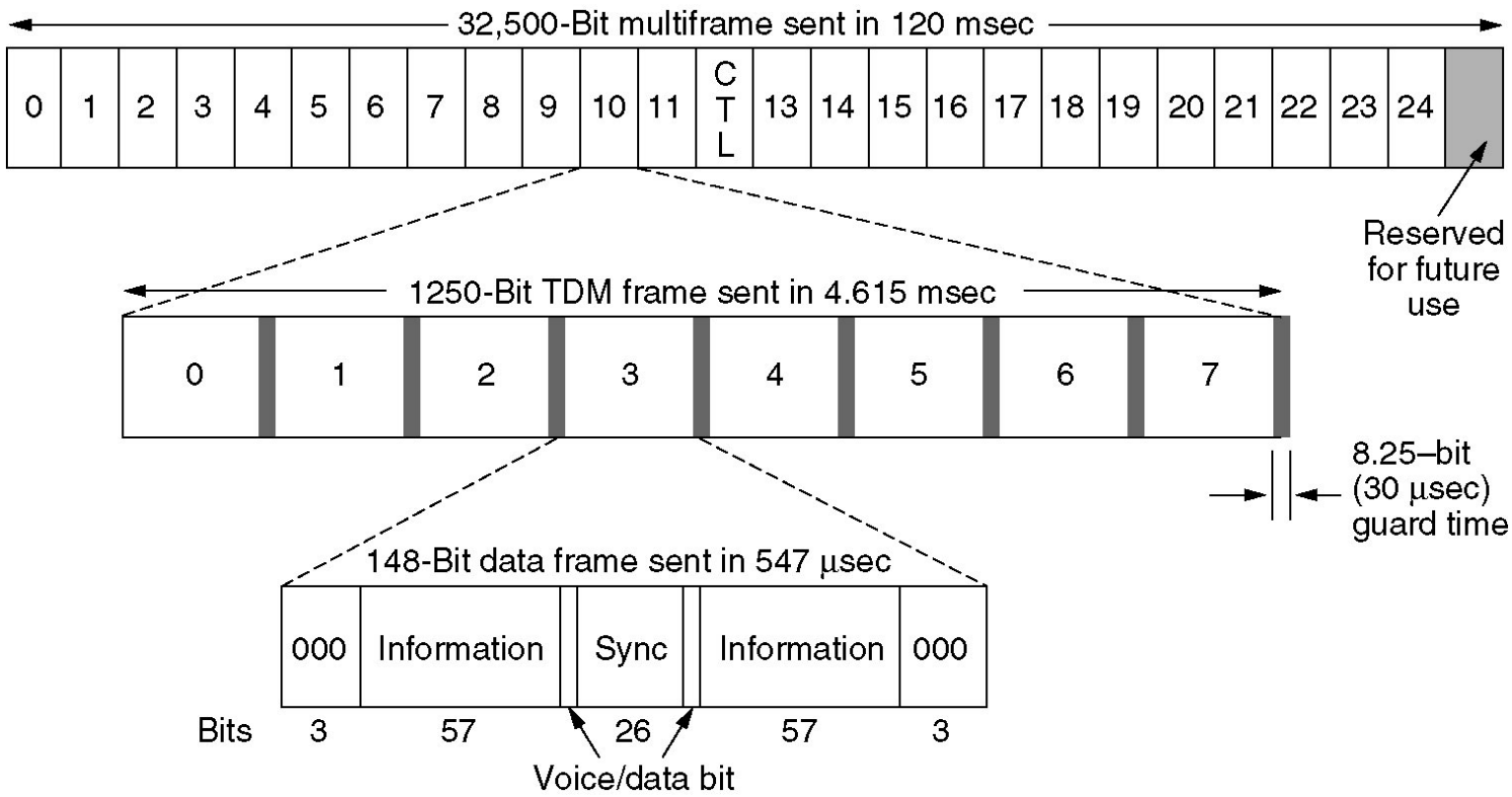
(b) D-AMPS kanál se šesti uživateli.

GSM (Global System for Mobile Communications)
Globální systém pro mobilní komunikace



GSM používá 124 frekvenčních kanálů, každý z nich používá 8 časových slotů systému časového multiplexu (TDM)

GSM (2)



Část struktury rámce GSM .

Třetí generace mobilních telefonů: digitální zvuk a data

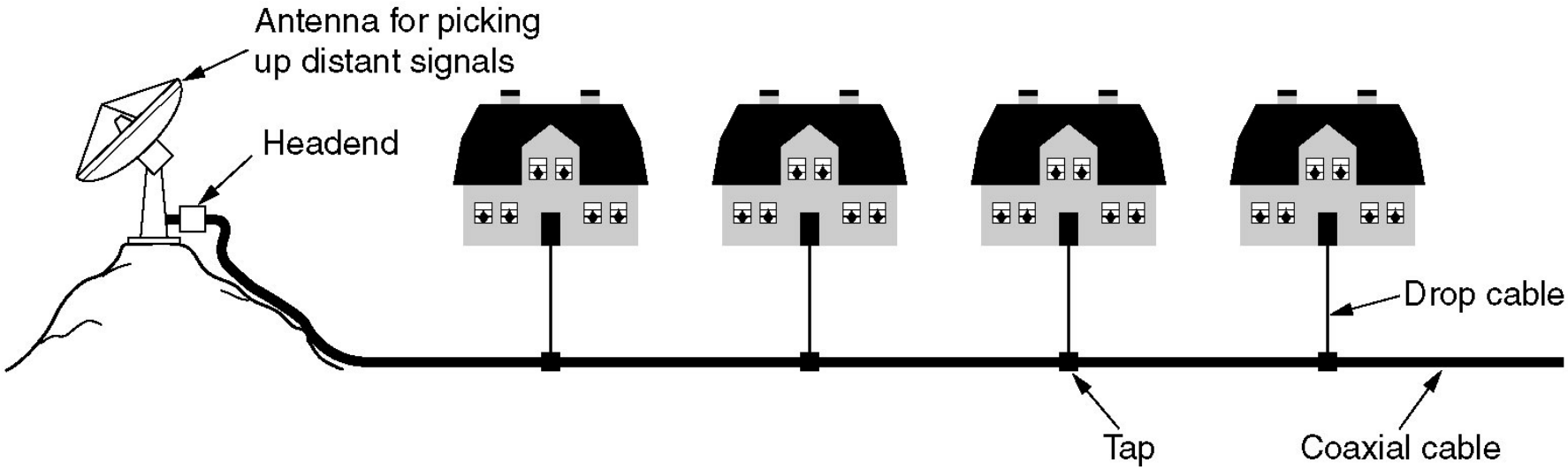
Základní služby sítě International Mobile Communications - 2000 (IMT-2000) zahrnují

- Přenos zvuku s velmi vysokou kvalitou
- Posílání zpráv (náhrada e-mail, fax, SMS, chat, atd.)
- Multimédia (hudba, video, film, TV, atd.)
- Přístup k Internetu (surfování, multimédia)

Kabelová televize

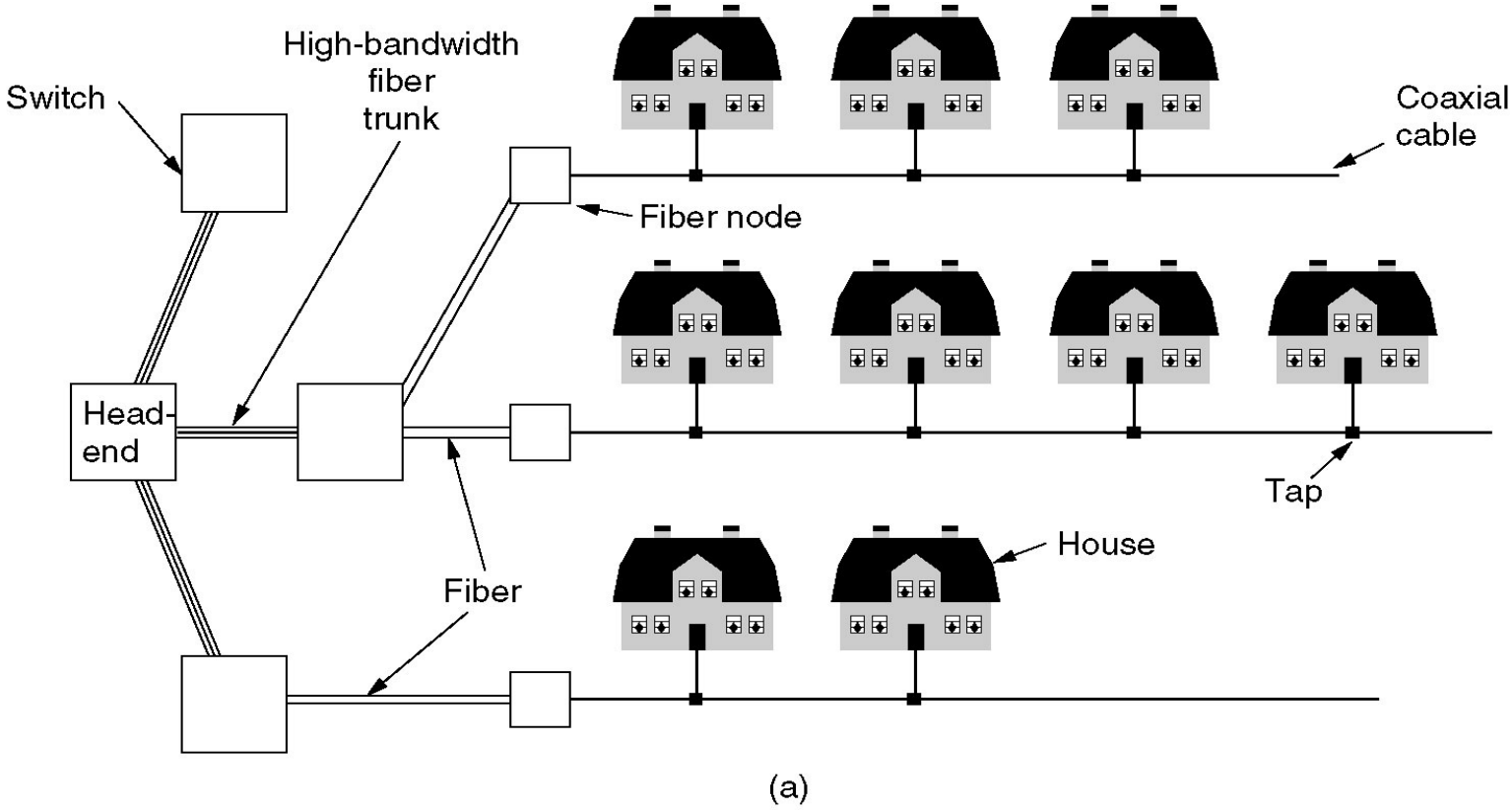
- Společná televizní anténa
- Přístup k Internetu prostřednictvím účastnického kabelu
- Rozdělení přenosového spektra
- Kabelové modemy
- ADSL kontra kabelové přenosy

Skupinová televizní anténa



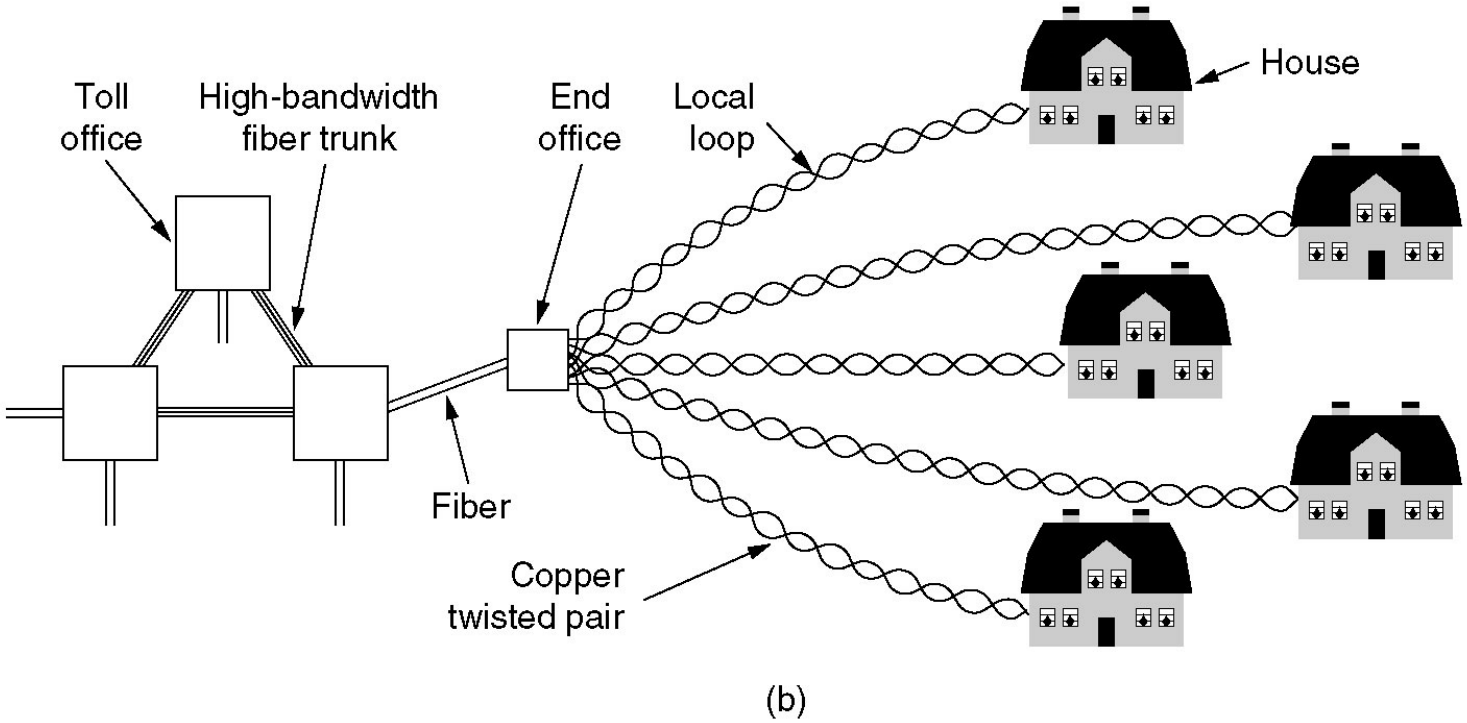
Původní systémy kabelové televize.

Kabelový Internet



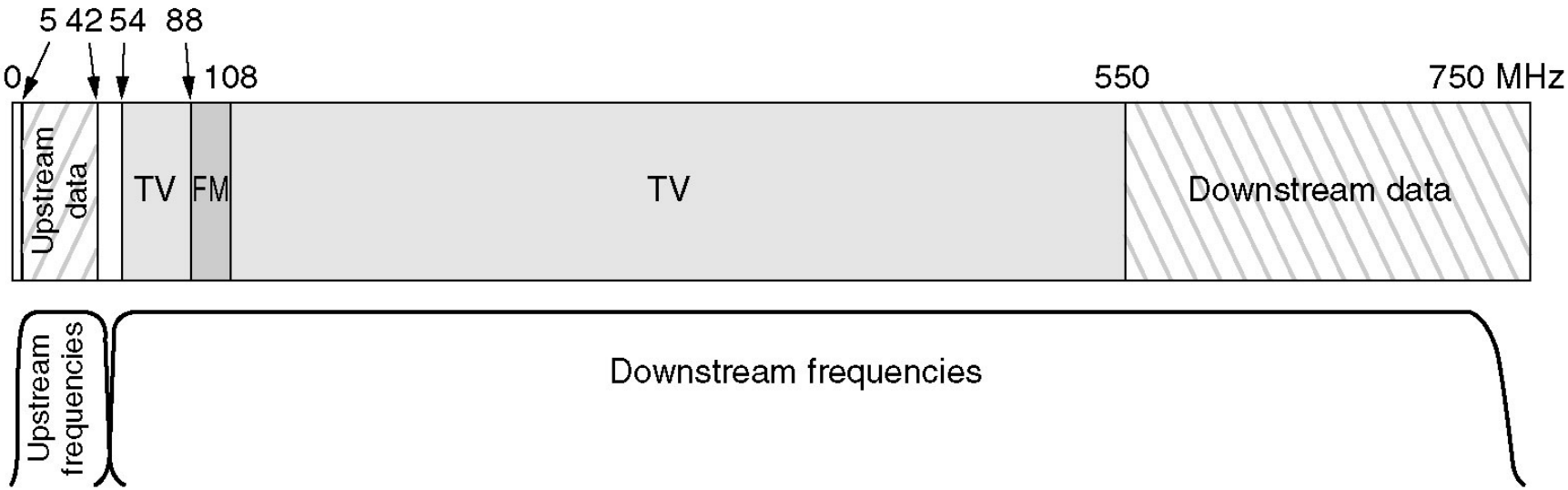
Kabelová televize

Kabelový Internet (2)



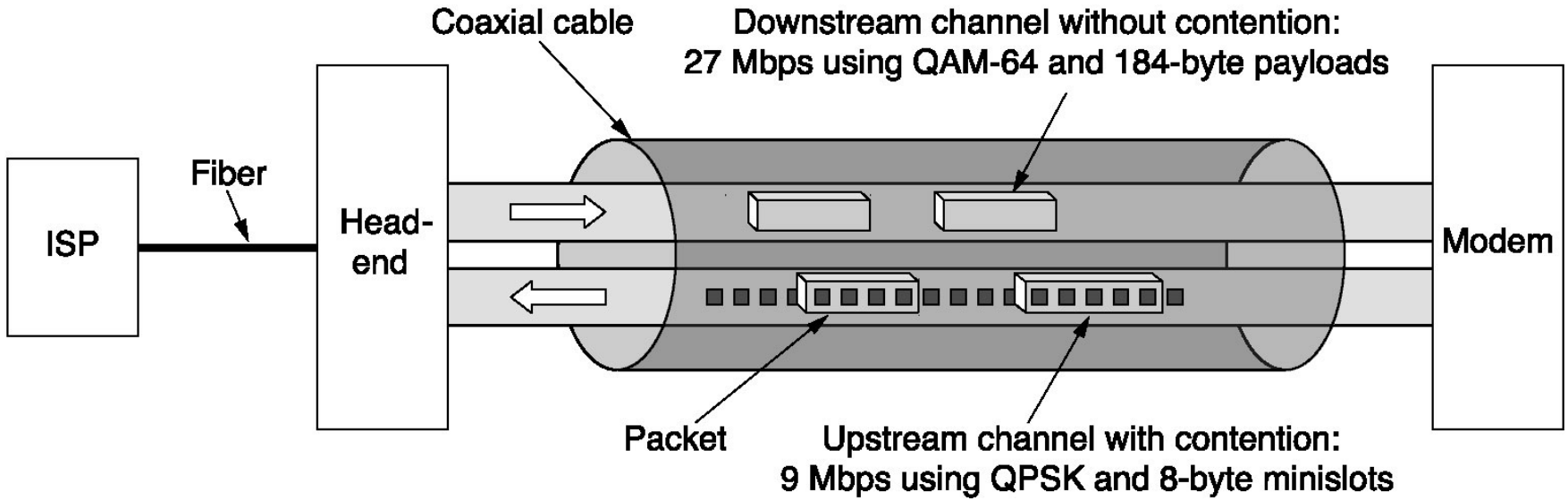
Fixní telefonní systém.

Rozdělení spektra



Rozdělení spektra v typickém TV kabelovém systému s možností přístupu k Internetu.

Kabelové modemy



Upstream a downstream kabelové televize.