

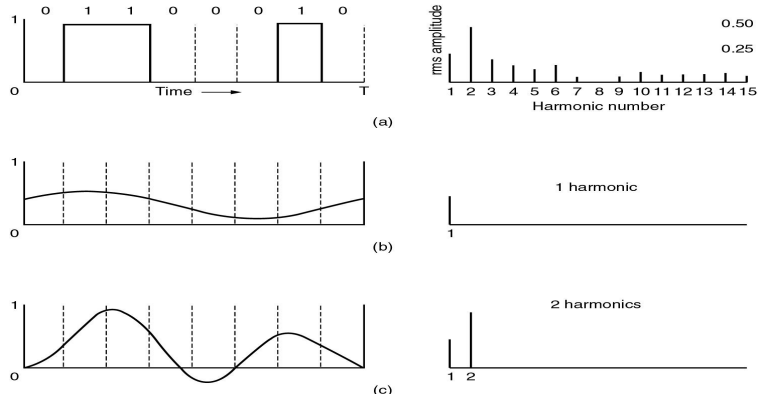
# Úvod do počítačových sítí

## 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.

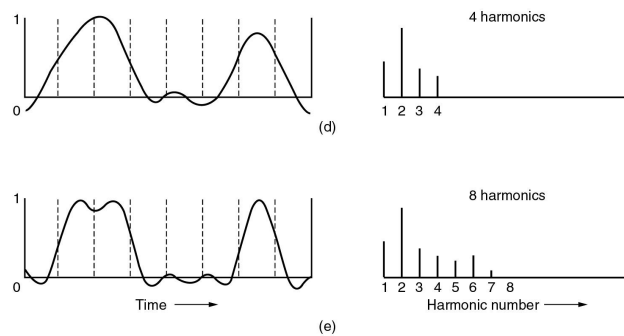
(b) – (c) následné aproximace originálního signálu.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

3

## Signály limitované šířkou pásma (2)



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

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

4

## 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.

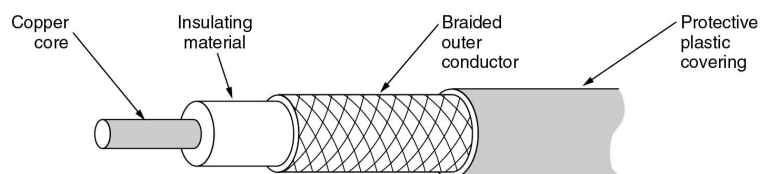
(b) kategorie 5 UTP.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

7

## Koaxiální kabel



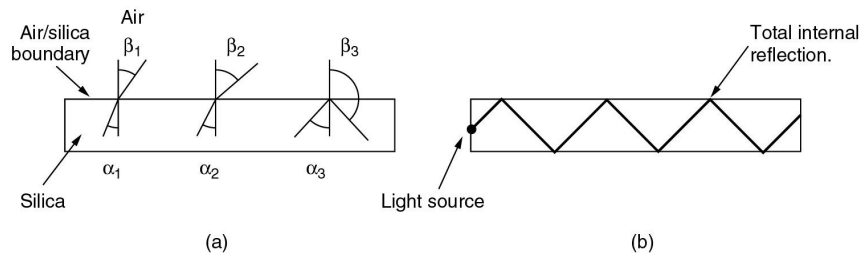
Koaxiální kabel.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

8

## Vláknová optika



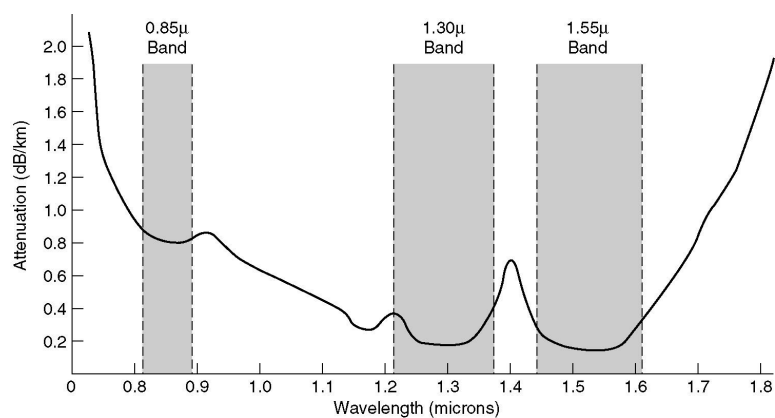
- (a) Příklady odrazu a lomu světelného paprsku na rozhraní skla a vzduchu.  
(b) Šíření světla úplným odrazem.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

9

## Přenos světla optickým vláknem



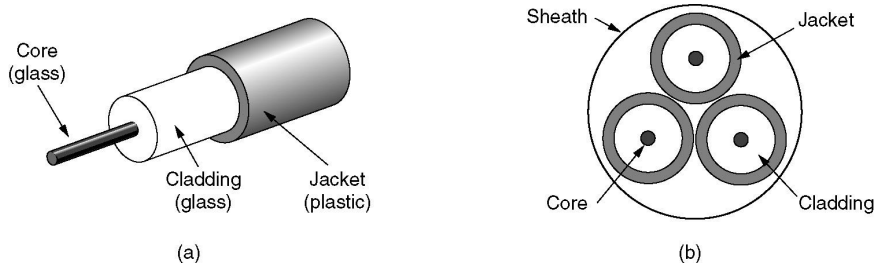
Útlum světla při průchodu optickým vláknem v oblasti infračerveného záření.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

10

## Optické kabely



(a) Struktura jednoho vlákna optického kabelu.

(b) Optický kabel se třemi vlákny.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

11

## 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

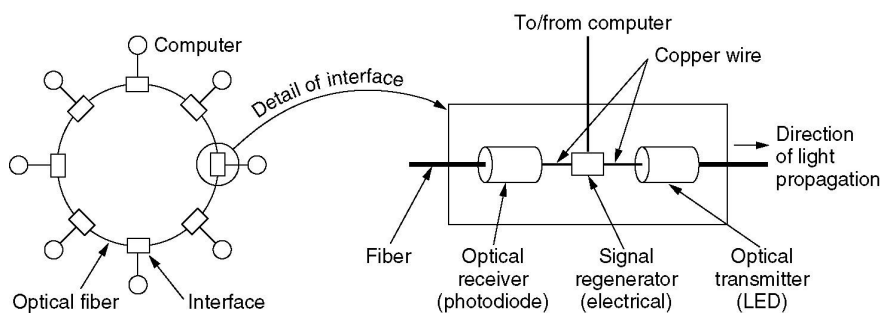
Porovnání zdrojů infračerveného záření – polovodičový laser a LED.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

12

## Optické sítě



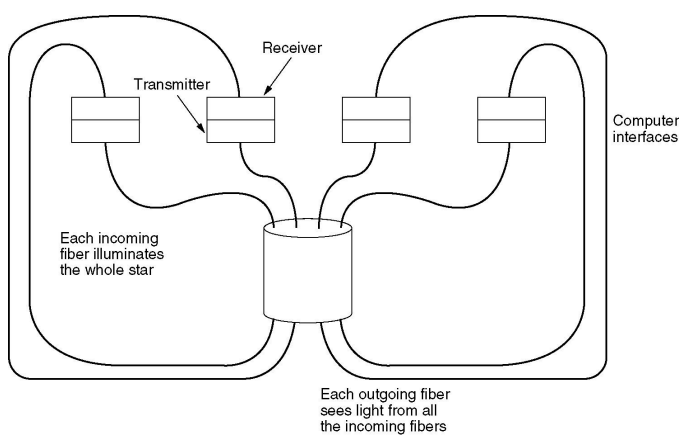
Struktura optické sítě ve tvaru kruhu s aktivními opakovači.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

13

## Optické sítě (2)



Propojení optických vláken pasivním optickým rozbočovačem ve tvaru hvězdy.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

14

## Bezdrátový přenos

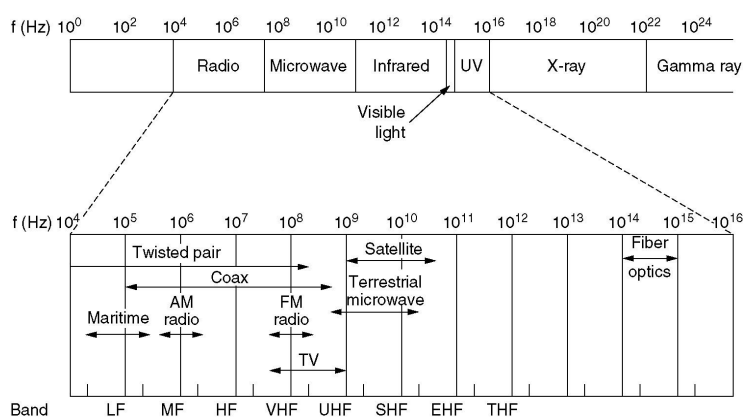
- Elektromagnetické spektrum
- Radiový přenos
- Mikrovlnné přenosy
- Přenos v infračerveném spektru a v mikrovlnném spektru
- Přenos ve viditelném spektru

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

15

## Elektromagnetické spektrum



Elektromagnetické spektrum a jeho využití pro komunikace.

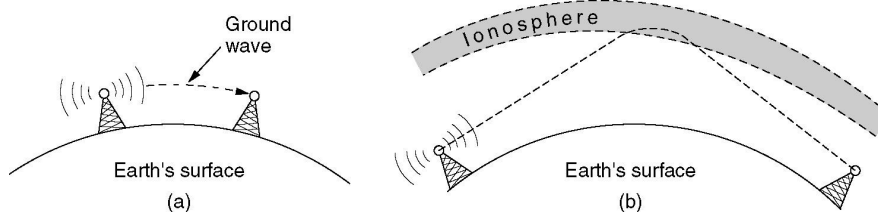
25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

16



## Radiový přenos



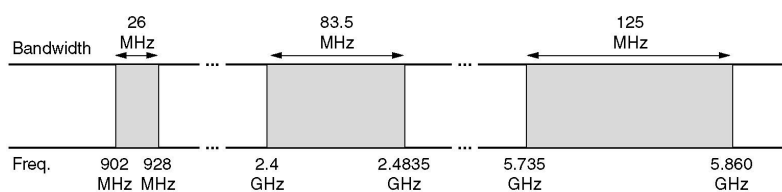
- (a) Na velmi dlouhých, dlouhých a středních vlnách kopírují radiové vlny povrch Země.
- (b) Na krátkých vlnách dochází k odrazům od ionosféry.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

17

## Rozdělení elektromagnetického spektra



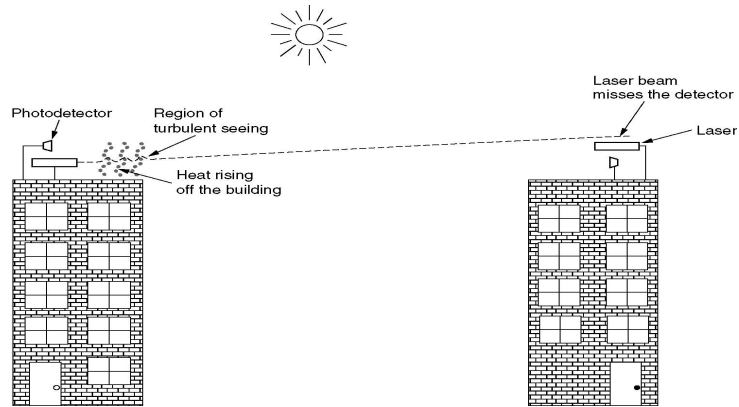
Vyšší frekvenční pásma v USA.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

18

## Světelný přenos



Tepelné proudění vzduchu může ovlivnit laserový komunikační systém.  
Obrázek představuje obousměrný komunikační systém se dvěma lasery.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

19

## Komunikační satelity

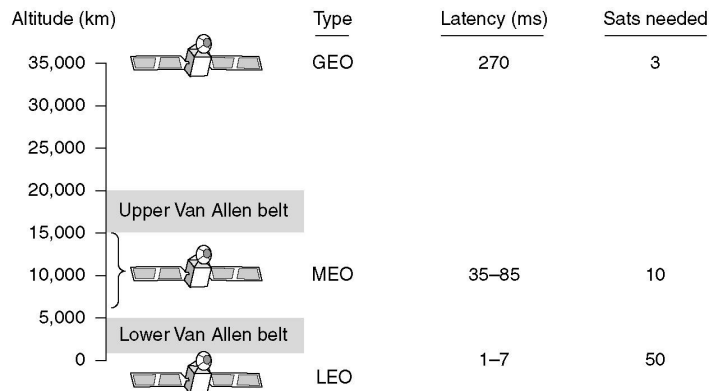
- Geostacionární satelity
- Satelity na střední oběžné dráze
- Satelity na nízké oběžné dráze
- Porovnání satelitů a optických vláken

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

20

## Komunikační satelity



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

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

21

## 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

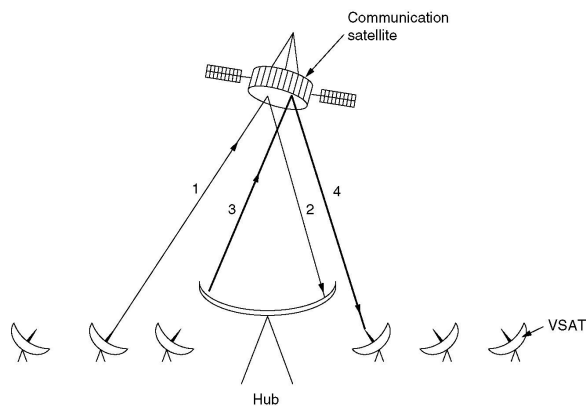
Základní satelitní pásma.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

22

## Komunikační satelity (3)



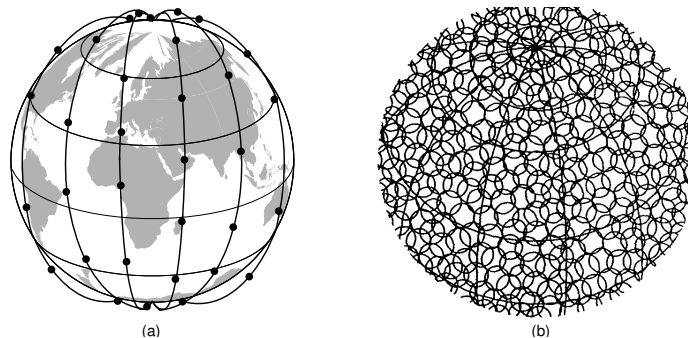
VSATs (Very Small Aperture Terminal) s použitím Hubu.  
Velmi malé stanice, běžně menší než 2.4m, používané pro satelitní komunikaci.  
Přenosová rychlost až 2MB/s oběma směry.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

23

## Satelity na nízké oběžné dráze projekt Iridium



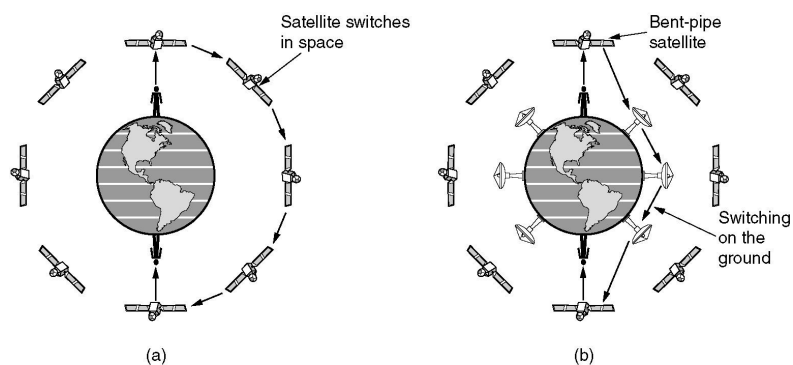
- (a) Rozmístění satelitů Iridia kolem Země.
- (b) 1628 pohyblivých buněk zahálí celou Zem.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

24

## Globalstar



(a) Přepínání ve vesmíru.

(b) Přepínání na Zemi

Satelitní telefony, SMS, fax

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

25

## Veřejné přepínané telefonní systémy

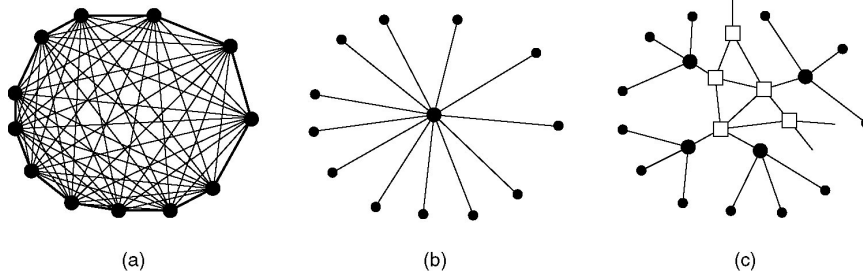
- Struktura telefonního systému
- Rozdělení telefonů
- Lokální smyčka: modemy, ASDL a bezdrátové spoje
- Tranzitní propojení (Trunk) a multiplexování
- Přepínání

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

26

## Struktura telefonního systému



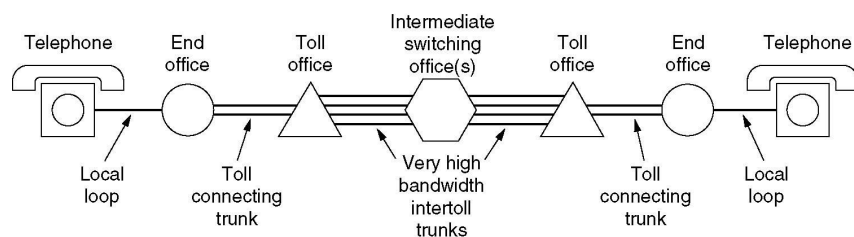
- (a) Úplně propojená síť.
- (b) Centralizovaný přepínač.
- (c) Dvouúrovňová hierarchie.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

27

## Struktura telefonního systému (2)



Typická okruh pro volání na střední vzdálenosti.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

28

## Hlavní komponenty telefonního systému

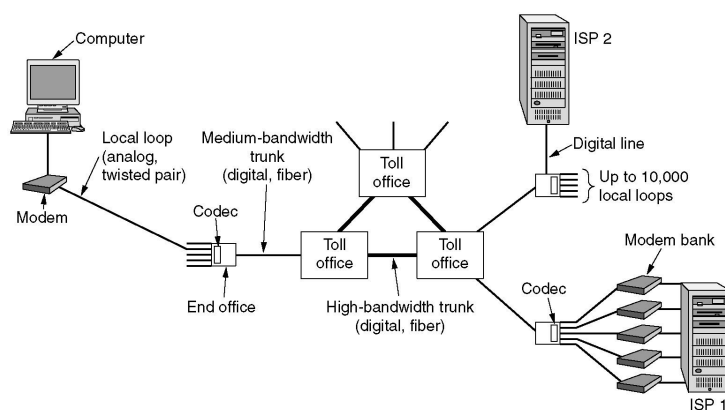
- Lokální smyčky
  - Analogové přenosy kroucenou dvojlinkou
- Dálková vedení (Trunks)
  - Digitální přenosy vláknovou optikou propojující digitální ústředny
- Ústředny
  - Propojení jednotlivých dálkových vedení

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

29

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



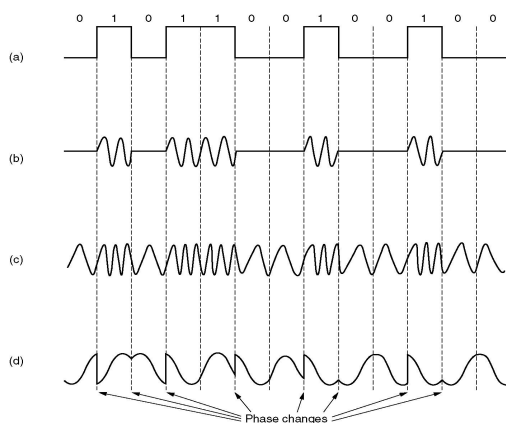
Použití analogových i digitálních přenosů pro propojení počítačů.  
Převody jsou realizovány modemy a kodeky (codec).

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

30

# Modemy



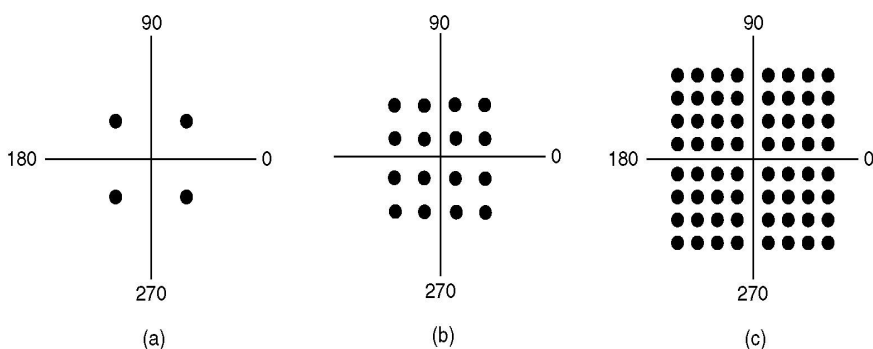
- (a) binární signál
- (b) amplitudová modulace
- (c) Frekvenční modulace
- (d) Fázová modulace

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

31

# Modemy (2)



Příklady amplitudo – fázové modulace

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

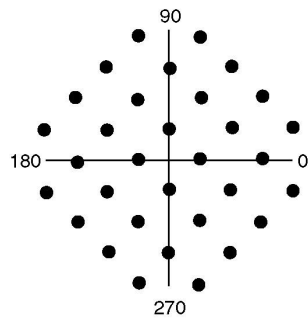
25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

32

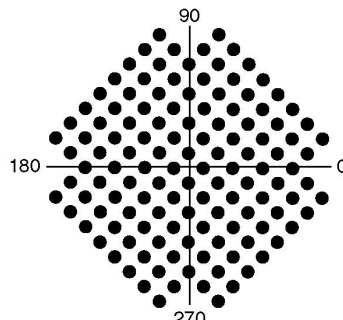


## Modemy (3)



(a)

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



(b)

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

25.10.2006

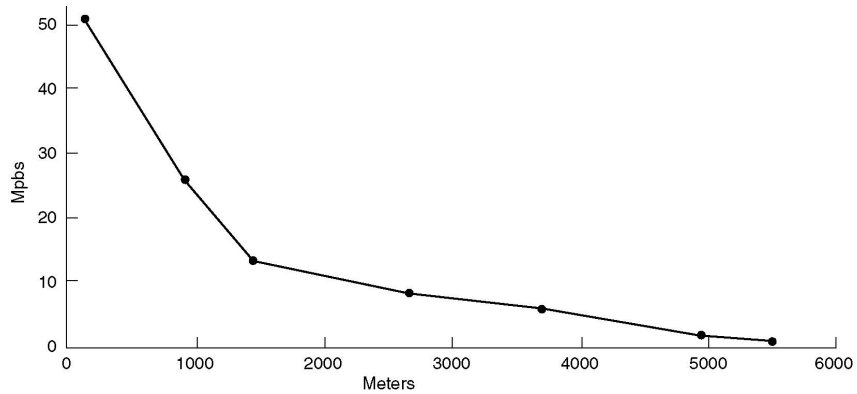
Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

33

## Úvod do počítačových sítí

Fyzická úroveň  
(druhá část)

## Digitální účastnické linky (Digital Subscriber Lines - DSL)



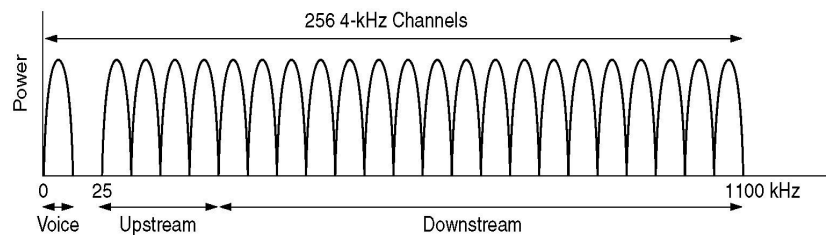
Závislost šířky pásma na vzdálenosti pro přenos DSL kroucenou dvojlinkou (UTP) kategorie 3 (telefonní vedení).

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

35

## Digitální účastnické linky (2)



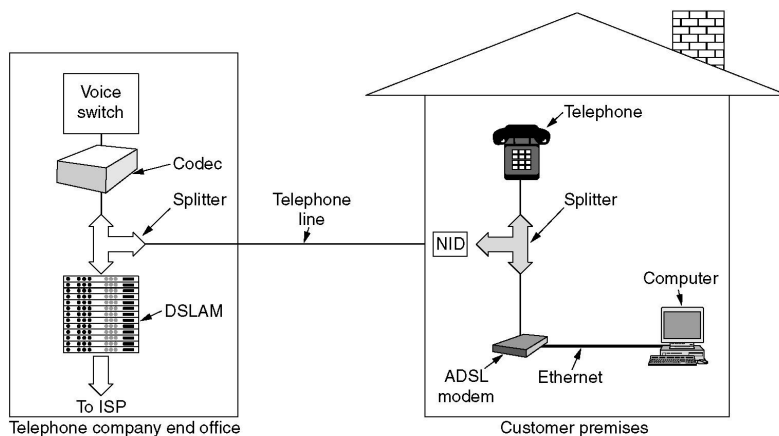
Provoz ADSL s použitím diskrétní vícetónové modulace.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

36

## Digitální účastnické linky (3)



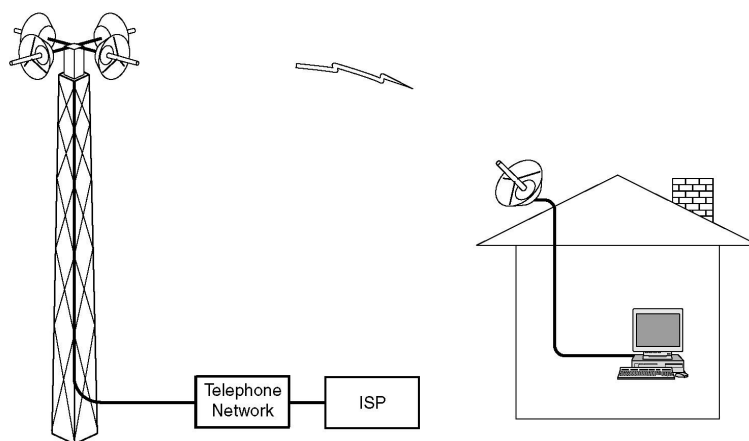
Typická konfigurace ADSL.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

37

## Bezdrátové lokální smyčky



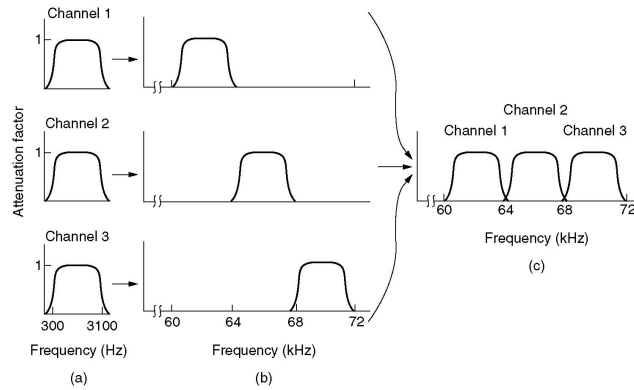
Architektura LMDS (Local Multipoint Distribution Service), 28 & 31 GHz, šířka pásma ve dvou blocích (A a B) 1150MHz (850+150+1150) a 150MHz (75+75).

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

38

## Frekvenční multiplexování



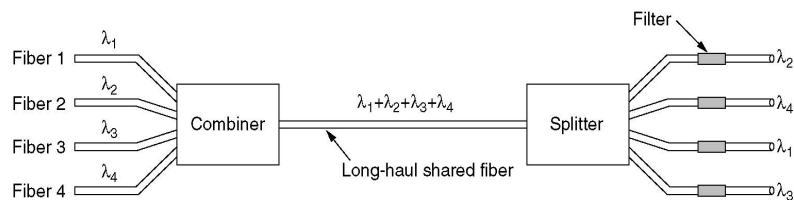
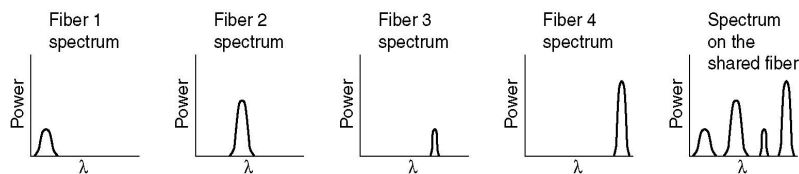
- (a) Originální pásmo.
- (b) Posunuté pásmo.
- (c) Multiplexovaný kanál.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

39

## Multiplexování podle délky vlny (Wavelength Division Multiplexing)



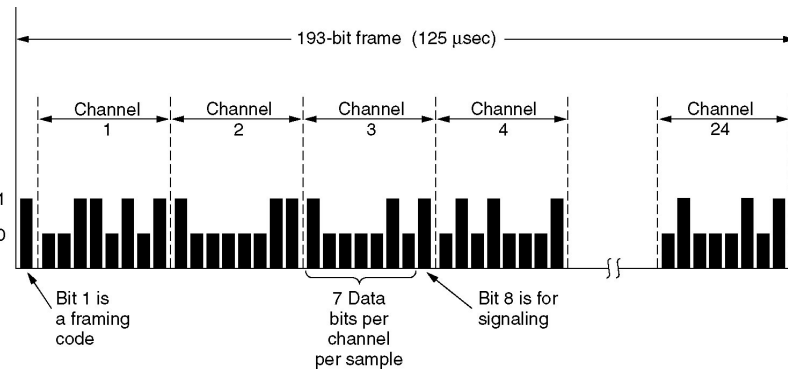
Multiplexování podle délky vlny.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

40

## Časové multiplexování -(Time Division Multiplexing)



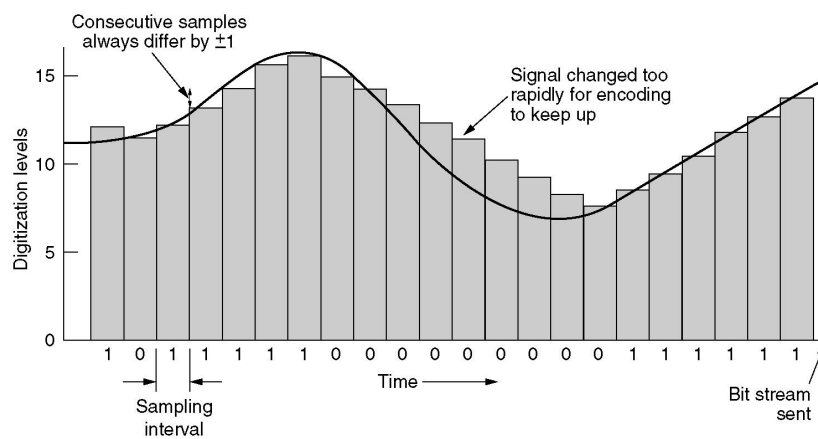
Přenosový systém T1 (1.544 Mbps).

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

41

## Časové multiplexování (2)



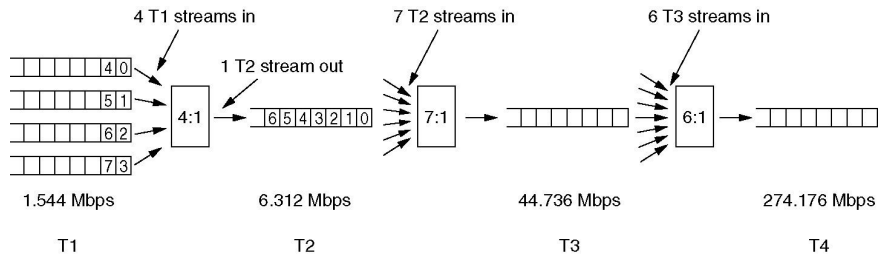
Delta modulace.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

42

## Časové multiplexování (3)



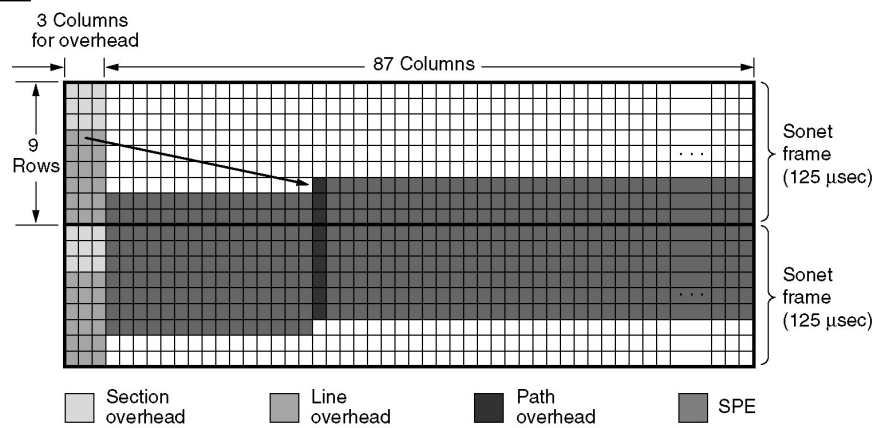
Multiplexování T1 do vyšších přenosových systémů (T2, T3, T4).

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

43

## Časové multiplexování (4)



SONET Synchronous Optical NETwork) rámce.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

44

## 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

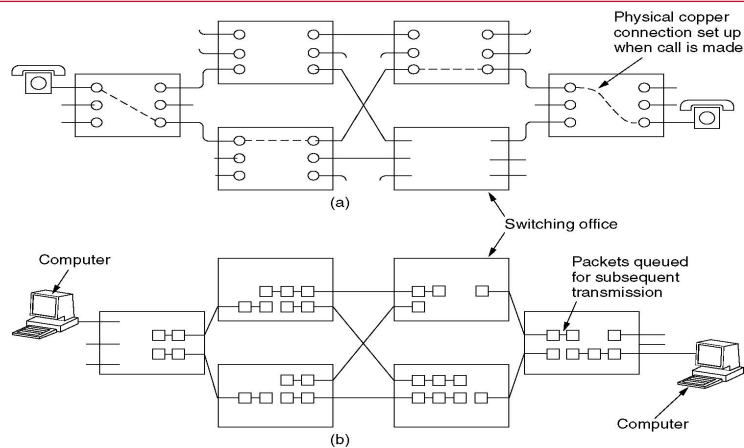
Rychlosti multiplexování SONET and SDH (Synchronous Digital Hierarchy).

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

45

## Přepínání okruhů



(a) Přepínání okruhů.

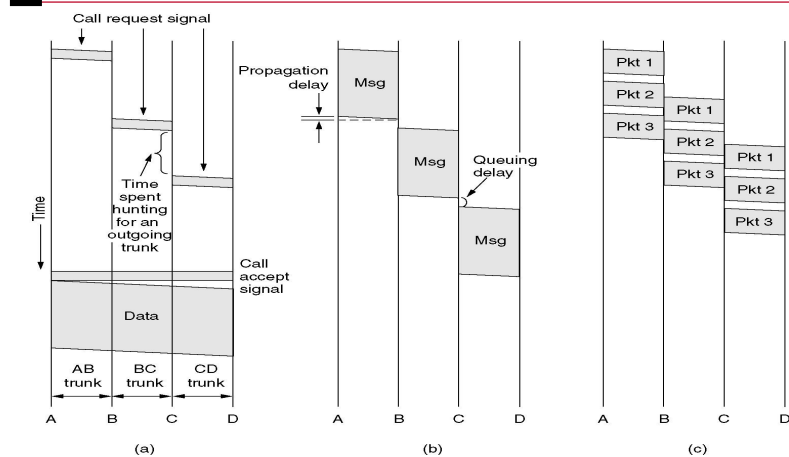
(b) Přepínání paketů.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

46

## Přepínání zpráv



(a) Přepínání okruhů

(b) přepínání zpráv

(c) přepínání paketů

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

47

## 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.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

48



## Mobilní telefonní systém

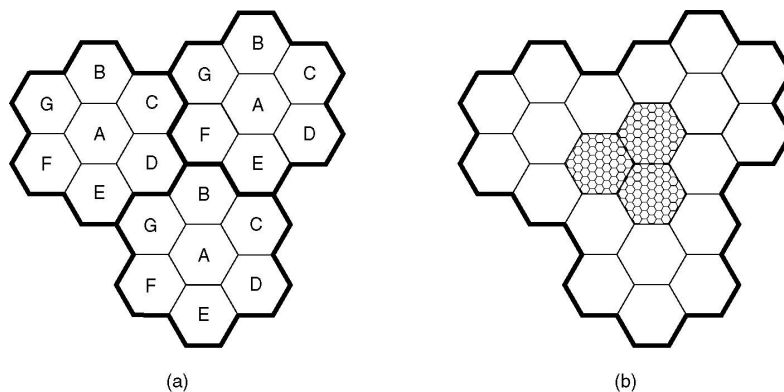
- První generace mobilních telefonů:  
analogové přenosy hlasu
- Druhá generace mobilních telefonů:  
digitální přenosy hlasu
- Třetí generace mobilních telefonů:  
digitální přenosy hlasu i dat

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

49

## Zdokonalený mobilní telefonní systém



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

(b) Použití menších buňek dovoluje zvýšit počet uživatelů.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

50

## Kategorie kanálů

832 kanálů rozděleno do 4 kategorií:

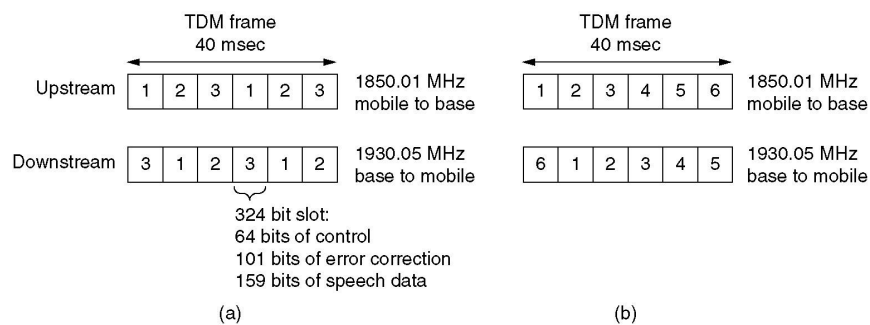
- Řízení (základna do mobilu) pro řízení systému
- Paging (základna do mobilu) upozornění uživatelů na volání
- Přístup (obousměrný) pro vytváření spojení a přidělení kanálu
- Data (obousměrný) pro hlas, fax a data

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

51

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



(a) D-AMPS kanál se třemi uživateli.

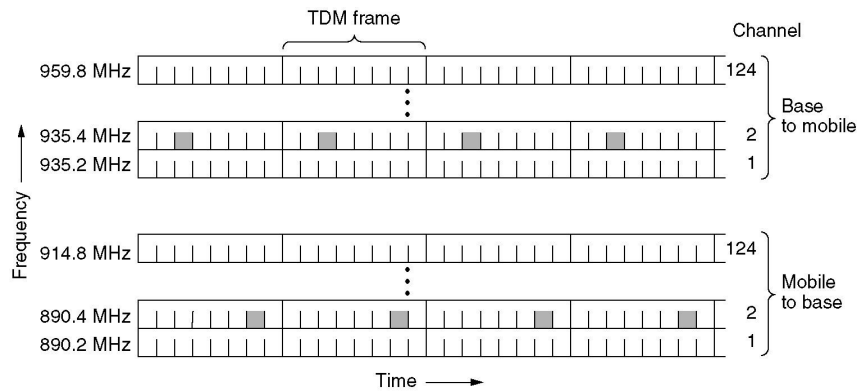
(b) D-AMPS kanál se šesti uživateli.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

52

# Globální systém pro mobilní komunikace



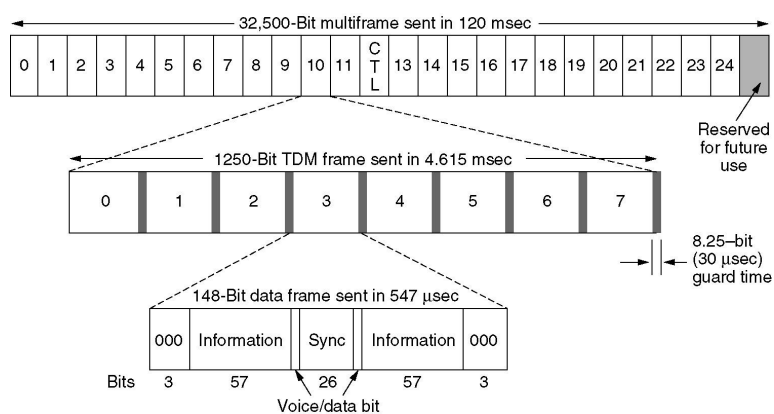
GSM používá 124 frekvenčních kanálů, každý z nich používá 8 časových slotů systému časového multiplexu (TDM)

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

53

## GSM (2)



Část struktury rámce GSM .

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

54

## 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)

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

55

## Kabelová televize

---

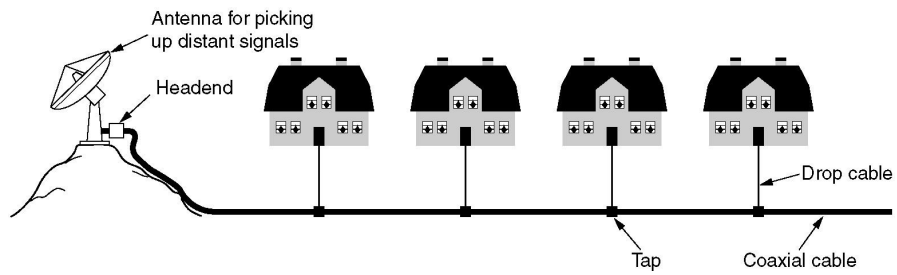
- Společná televizní anténa
- Přístup k Internetu prostřednictvím účastnického kabelu
- Rozdělení přenosového spektra
- Kabelové modemy
- ADSL kontra kabelové přenosy

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

56

## Skupinová televizní anténa



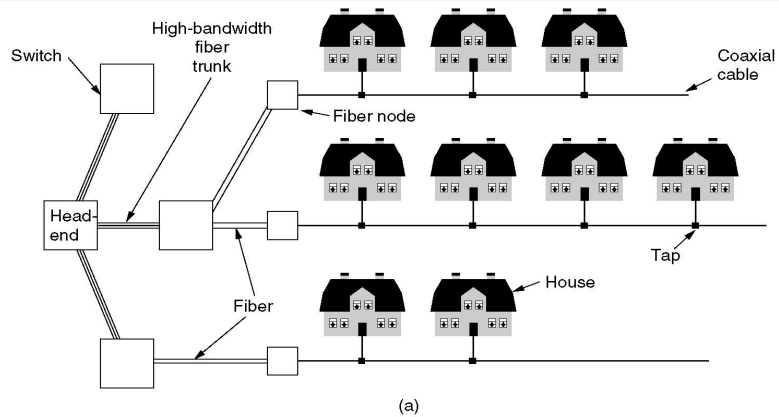
Původní systémy kabelové televize.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

57

## Kabelový Internet



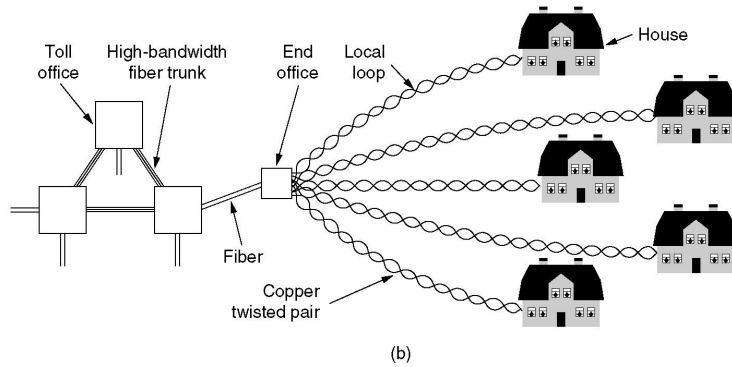
Kabelová televize

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

58

## Kabelový Internet (2)



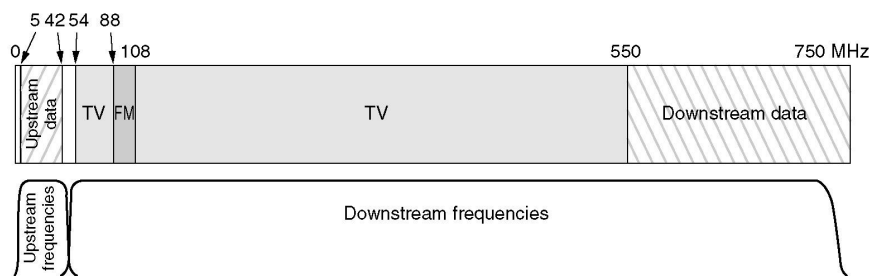
Fixní telefonní systém.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

59

## Rozdělení spektra



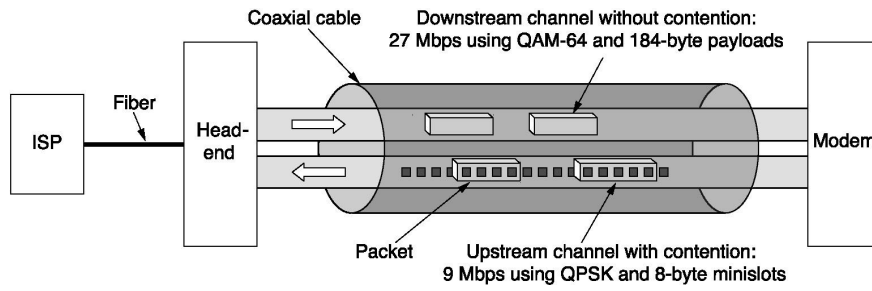
Rozdělení spektra v typickém TV kabelovém systému s možností přístupu k Internetu.

25.10.2006

Úvod do počítačových sítí - fyzická úroveň

60

# Kabelové modemy



Upstream a downstream kabelové televize.