

U.C. Sistemas em Rede

Tópico 2 Nível Físico



Neste Capítulo...

- Base teórica para a Comunicação de Dados

Que quantidade de dados podem ser colocados num fio? Quais são os limites impostos pelo meio?

- Meio de Transmissão

Cabos e Fibras.

- Transmissão Sem Fios

Radio, microondas, infravermelhos, sem guia por parte do meio.

- O Sistema Telefónico

Sistema criado há 100 anos para transportar voz.

- Banda Estreita ISDN

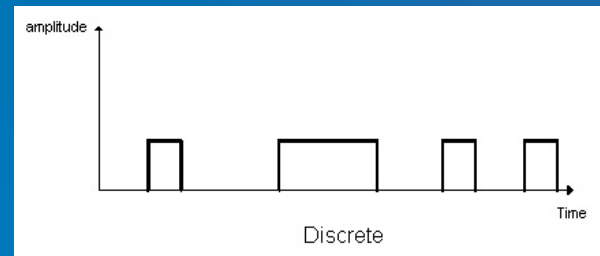
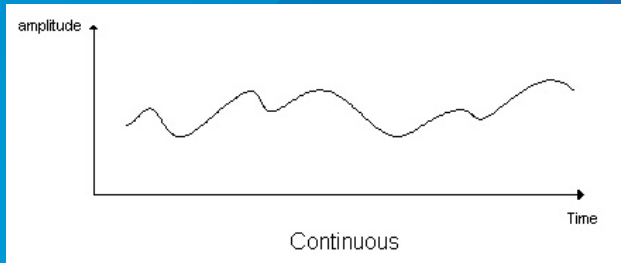
Mecanismos capazes de transportarem voz e dados.

Teoria da Comunicação de Dados

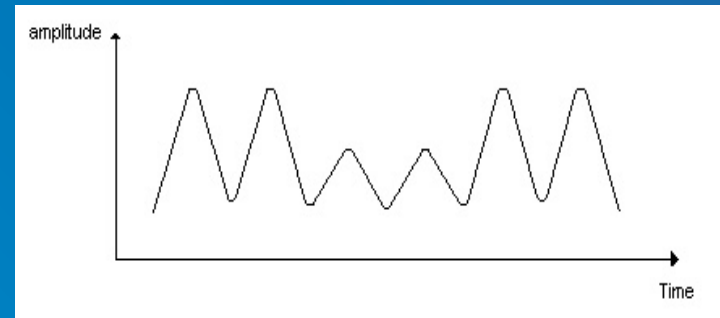
- **Tem muito a ver com questões de Engenharia Electrotécnica.**
- **Tem a ver com o nosso conhecimento sobre o que acontece realmente num fio.**

Teoria da Comunicação de Dados

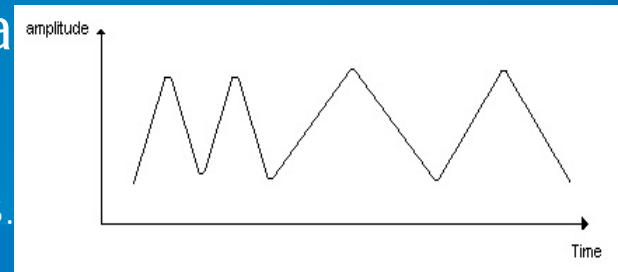
- Sinalização Analógica e Digital



- Modulação de Amplitude

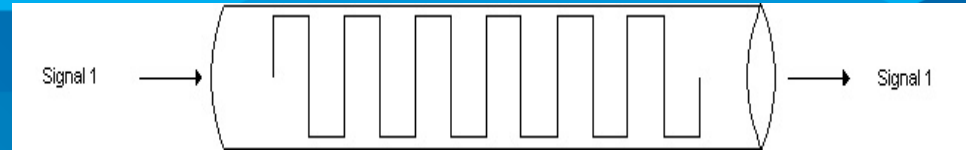


- Modulação de Frequência

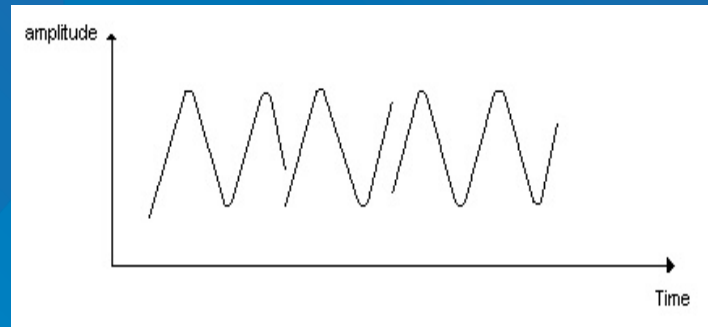
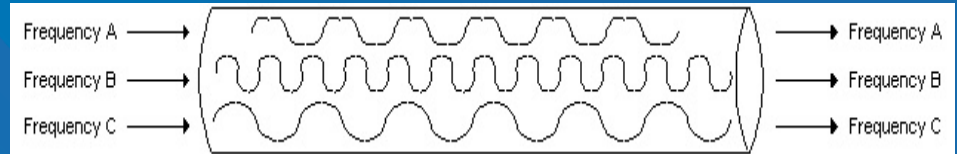


Teoria da Comunicação de Dados

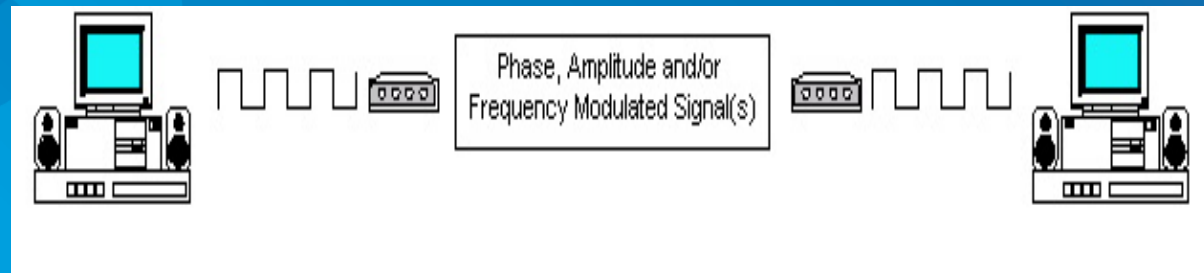
- *Baseband e Broadband*



- Modulation de Fase



- Modems



Teoria da Comunicação de Dados

• Síncrona

- Existe 1 relógio embebido no fio que garante que todos os utilizadores desse fio serão baseados nesse relógio.

• Assíncrona

- Não existe qualquer relógio. Utilizadores do fio enviam sinais quando disso sentem necessidade.

Teoria da Comunicação de Dados

- Análise de Fourier

- Harmónicas

- Qualquer sinal é formado por harmónicas.
 - Na prática, sinais transportadores de informação são constituídos por um certo número de frequências. Tipicamente são a frequência fundamental mais outras frequências múltiplas da fundamental. Esses componentes mais elevados das frequências são chamados harmónicas.

- Série de Fourier

- Qualquer onda, não importa a sua forma, pode ser formada pela adição de um certo número (possivelmente infinito) de ondas sinusoidais. Assim, se a onda g é uma função do tempo t , então...

Teoria da Comunicação de Dados

$$g(t) = c/2 + \sum_{n=1}^{\infty} A_n \sin(2\pi n f t) + \sum_{n=1}^{\infty} B_n \cos(2\pi n f t)$$

Os coeficientes A_n e B_n são determinados para cada componente – representam a amplitude das ondas individuais.

A forma de resolver esta equação é pegar na função que se quer analisar (digamos para 1 onda quadrada) :

$$g(t) = \begin{cases} 1 & (0 \leq t < 1, \quad 2 \leq t < 3, \quad \dots) \\ 0 & (1 \leq t < 2, \quad 3 \leq t < 4, \quad \dots) \end{cases}$$

E resolver para

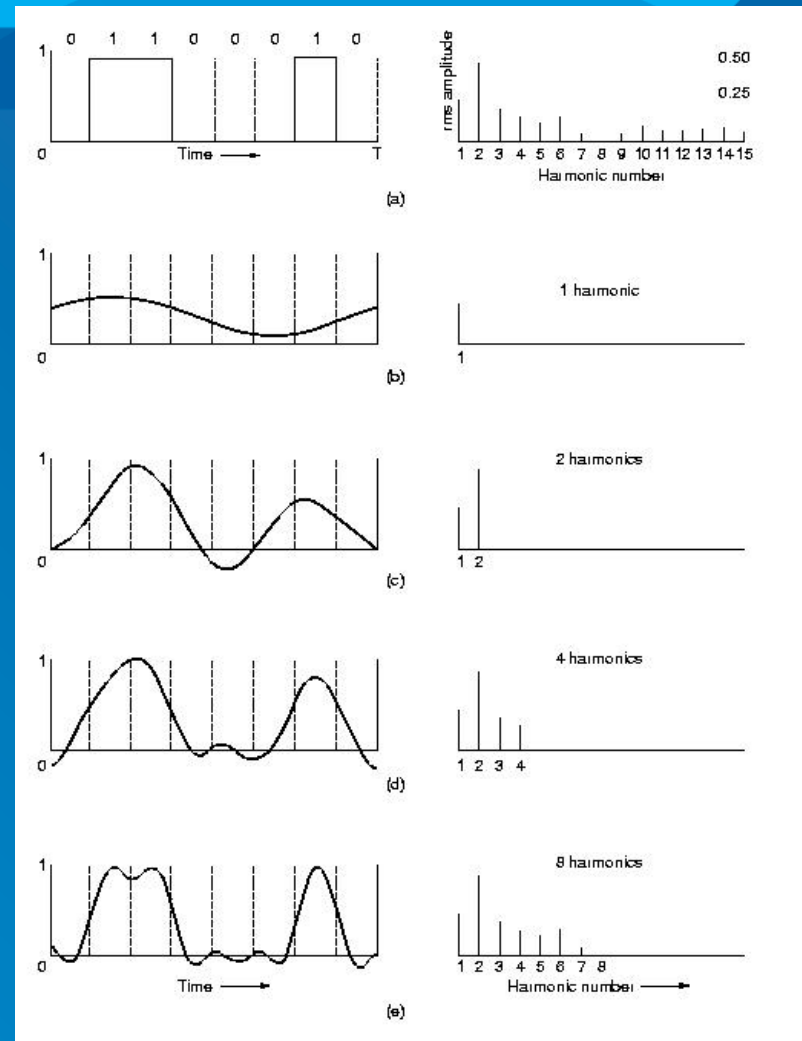
$$A_n = \frac{2}{T} \int g(t) \sin(2\pi n f t) dt$$
$$B_n = \frac{2}{T} \int g(t) \cos(2\pi n f t) dt$$

Teoria da Comunicação de Dados

Sinais de Largura de Banda limitada

Infelizmente, a vida não é perfeita. Nem todas as frequências são possíveis num meio de transmissão. A figura ao lado mostra o efeito desta distorção. Mais tarde veremos que alguns tipos de media são opacos a várias frequências.

Os sinais podem ser intencionalmente distorcidos ou constrangidos. Provavelmente apenas uma certa gama de frequências é permitida para cada canal. Tal permite múltiplos canais por meio de transmissão.



Teoria da Comunicação de Dados

• Sinais de Largura de Banda limitada

• Forma da Onda

- Uma onda sinusoidal pura (a fundamental) não a corta. O receptor necessita que o sinal fique electricamente elevado por um determinado período de tempo de forma a poder distinguir a voltagem.

• Baud

- O número de alterações no sinal por segundo. Um baud b não significa b bits/segundo – cada sinal pode conter vários bits – por exemplo se 8 voltagens são possíveis por sinal, então são enviados 3 bits em cada sinal. Se o sinal for binário (apenas 2 níveis de voltagem), então o bit rate è igual ao baud rate.

Teoria da Comunicação de Dados

- Sinais de Largura de Banda limitada

Considere-se uma linha telefónica. A sua frequência de corte é perto de **3,000 Hz**.

Se assumirmos:

- 1) 1 bit per baud,
- 2) Que existem, no melhor caso, 8 harmónicas, então
 - 1) O bit rate é b bits/sec,
 - 2) A frequência da fundamental (ou 1ª harmónica) é $b/8$ Hz.
 - 3) A maior harmónica que passa na linha: $3000/(b/8) = 24,000/b$.
 - 4) A tabela mostra como a equação funciona na prática.

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

Teoria da Comunicação de Dados

- Data Rate Máximo de um Canal

A equação Nyquist tenta referir a quantidade realista de dados que podem ser colocados num canal com uma dada largura de banda, H . Se o sinal consiste de V níveis (p.e. binário = 2), assumindo que não existe ruído (i.e., sinais perfeitos)

$$\text{data rate máximo} = 2 H \log_2 V \quad (\text{em bits/seg})$$

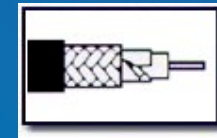
Relação do Sinal para o Ruído - interferências causam uma degradação do sinal. Tal é medido em termos da relação entre o poder do sinal e o poder do ruído. Tipicamente medido em decibéis, em termos de $10 \log_{10} S/N$. Portanto, uma relação S/N de 100 = 20 dB.

A equação de Shannon constitui outra forma de expressar o mesmo. É dada por:

$$\text{data rate máximo} = H \log_2 (1 + S/N)$$

Meio de Transmissão

- Esta secção discute os diferentes tipos de meios que podem ser utilizados para a comunicação.



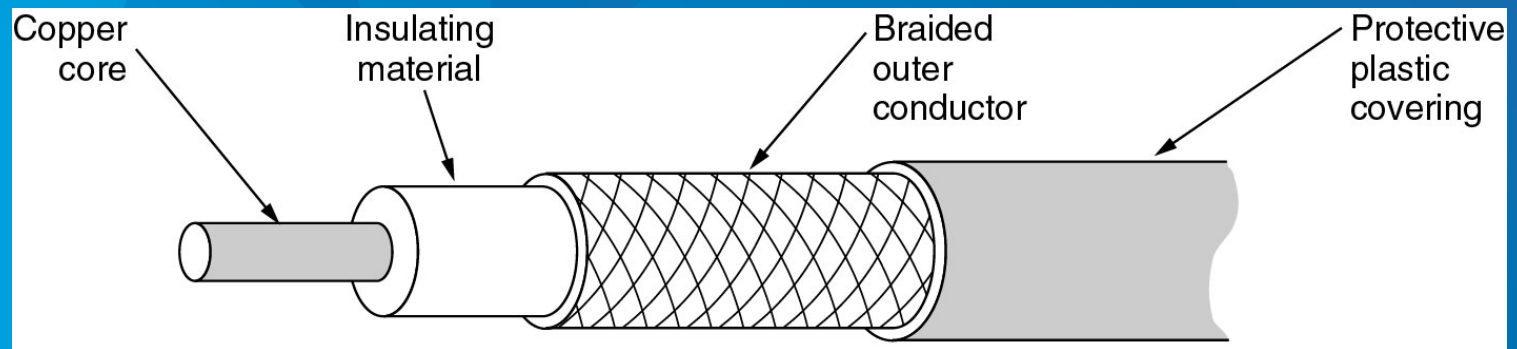
Meio de Transmissão

- Meio Magnético
 - Por vezes é mais barato e rápido carregar uma caixa de *tapes* no carro e levá-las em mão!!
- *Twisted Pair*
 - Dois fios enrolados conjuntamente – o enrolamento reduz a interferência eléctrica.
 - Fortemente utilizado no sistema de telefones.
 - Categorias 3 e 5 – com o 5 a ter mais enrolamento e um melhor isolamento.

Meio de Transmissão

• Cabo Coaxial

- Usado para transmissões digitais (baseband).
- Boa imunidade ao ruído.
- Data rates até 1 Gbps para curtas distâncias.
- Em substituição pela fibra.



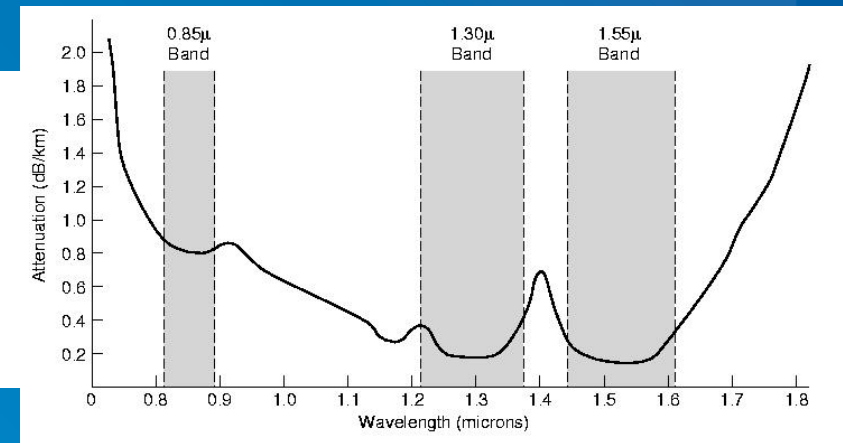
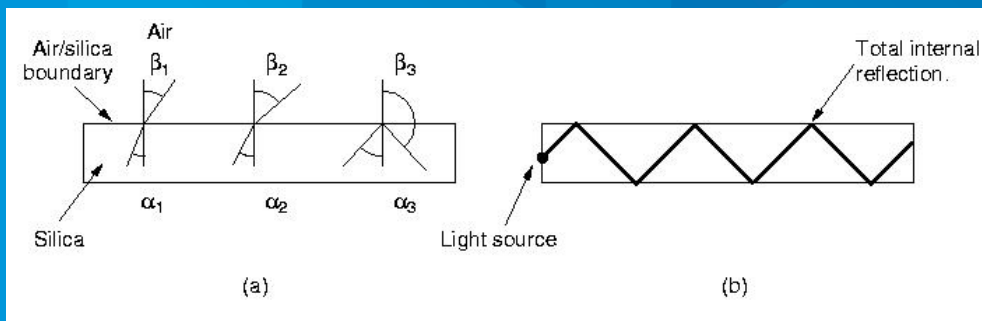
Meio de Transmissão

- Cabo Coaxial Broadband
 - Usado para transmissões analógicas (*broadband*)
 - Suporta 300 MHz em longas distâncias.
 - Sinalização analógica tem melhor S/N que sinalização digital.
 - Interfaces devem converter sinais digitais em analógicos e vice-versa.
 - Concebido para grandes distâncias – pode utilizar amplificadores.

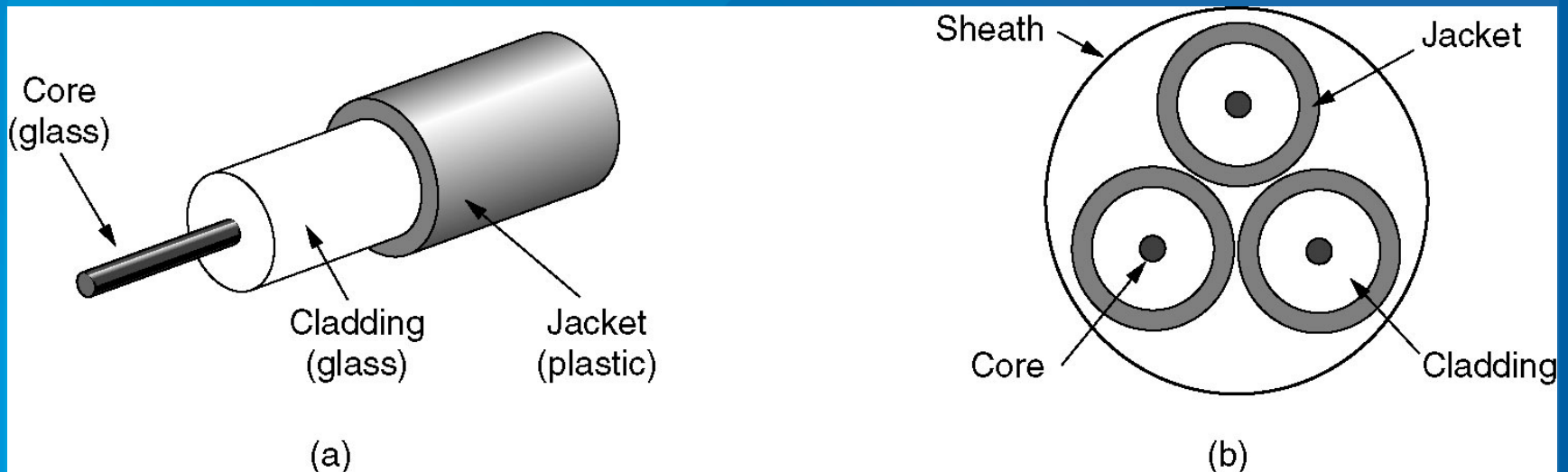
Meio de Transmissão

• Fibra Óptica

- Transmissão de luz através de fibra - propriedades incluem reflexão interna total e atenuação de certas frequências.
- Redes de Fibra Óptica – podem ser usadas para redes locais e para grandes distâncias.



Meio de Transmissão



(a) Vista lateral de uma única fibra.

(b) Vista de topo de cabo com 3 fibras.

Meio de Transmissão

Comparison of Fiber Optics and Copper Wire

	Fiber	Copper
Bandwidth	Higher	Lower
Distance between repeaters	30 Km	5 Km
Interference	Low	High
Physical Flow	Smaller/Lighter Uni-directional	Bi-directional

Meio de Transmissão

- Conectores



Meio de Transmissão

- Repetidor
 - Regeneração de Sinal
 - Limpeza
 - Amplificação
 - Extensão da Distância
- HUB
 - Funcionalidades do Repetidor, mais...
 - Ponto de Concentração
 - Dispositivo de Distribuição de Sinal
 - Funções de Gestão

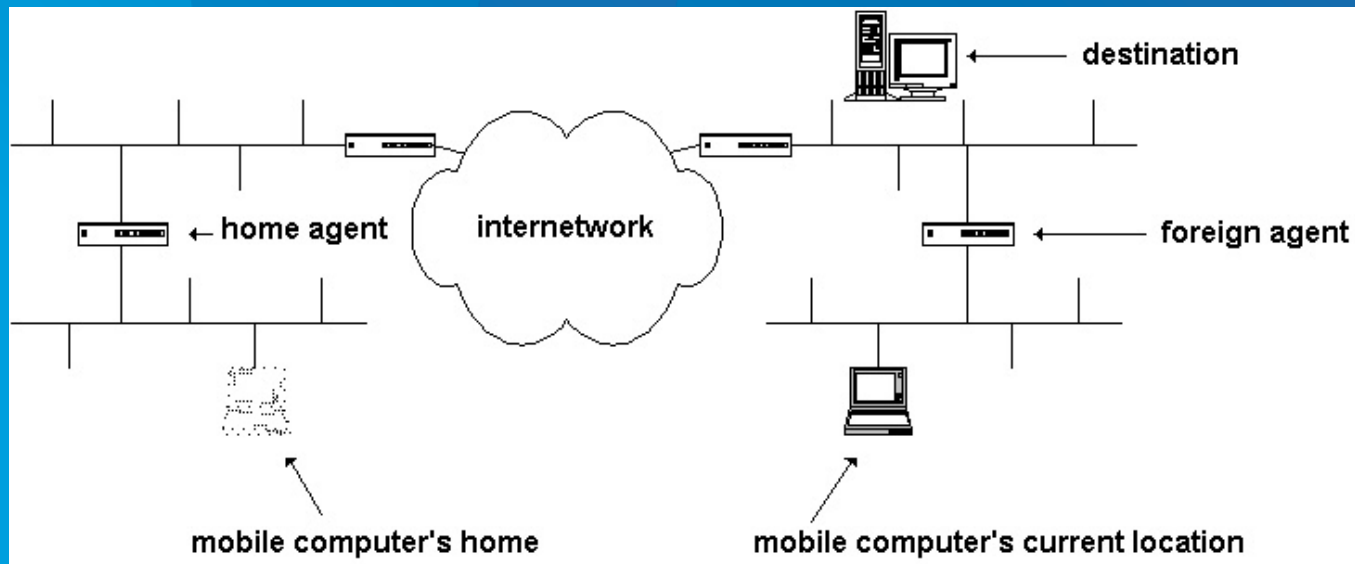
Transmissão Sem Fios

- Como é que esses sinais fluem magicamente através do ar para nos permitirem computação sem fios?



Transmissão Sem Fios

- Este assunto é relevante porque permite ultrapassar uma grande quantidade de infraestrutura. Exemplos: telefones móveis, redes locais sem fios.

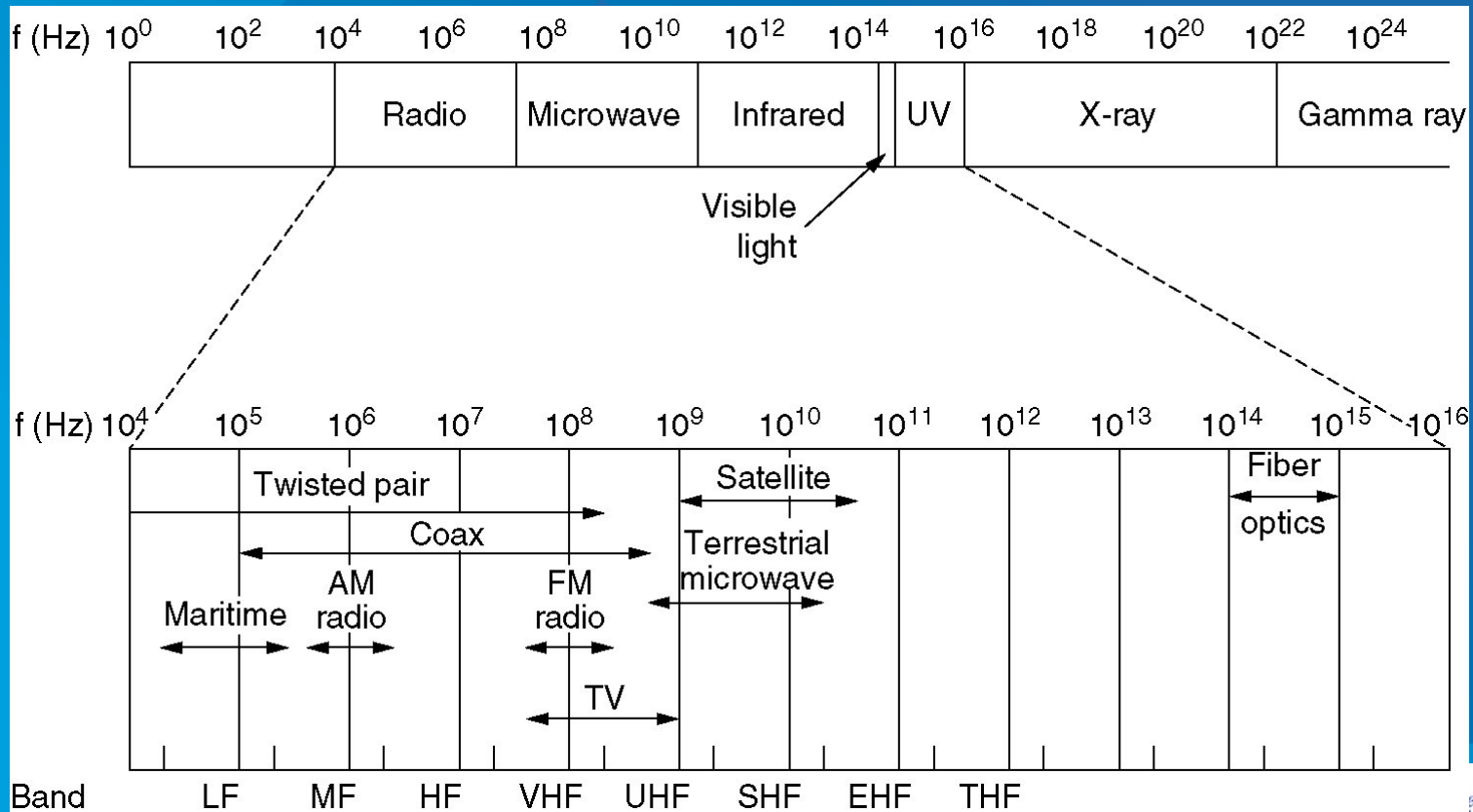


Transmissão Sem Fios

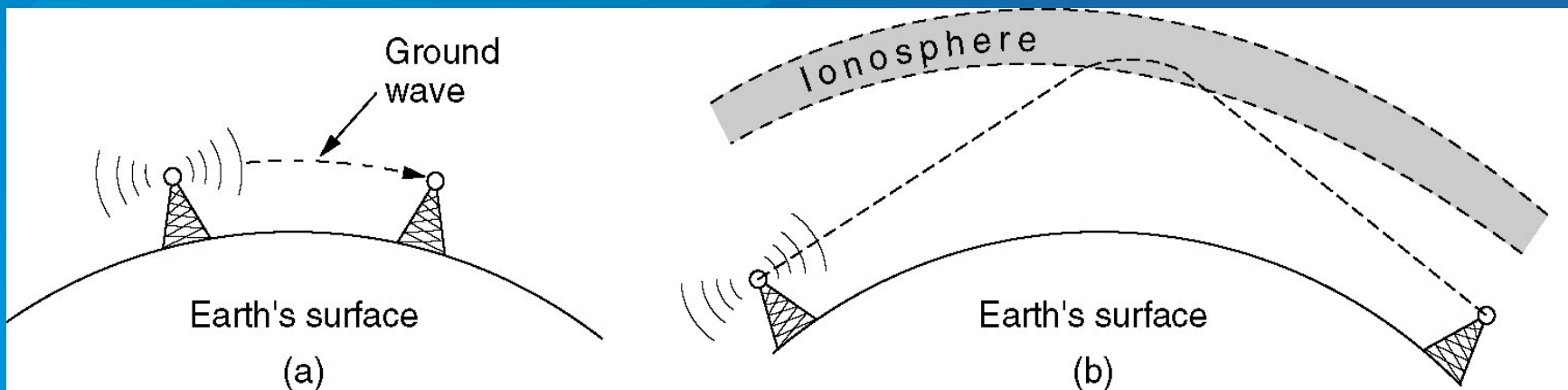
- O Espectro Electromagnético
- Transmissão por Rádio
- Transmission por Microondas
- Infravermelhos
- Transmissão por Onda de Luz

Transmissão Sem Fios

O espectro electromagnético e a sua utilização para a comunicação.



Transmissão Sem Fios - Rádio

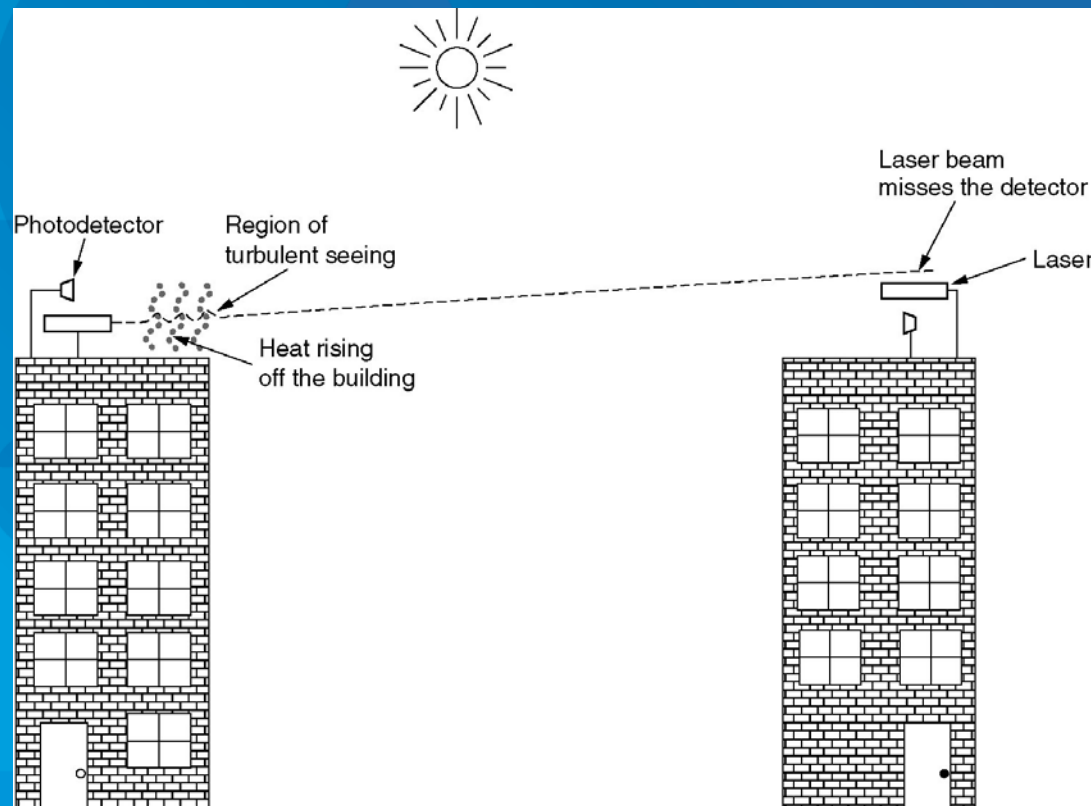


- (a) Nas bandas VLF, LF e MF bands, as ondas rádio seguem a curvatura do planeta.
- (b) Na banda HF, alcançam a ionosfera.

Transmissão Sem Fios – Ondas de Luz

Correntes térmicas podem interferir com a comunicação por laser.

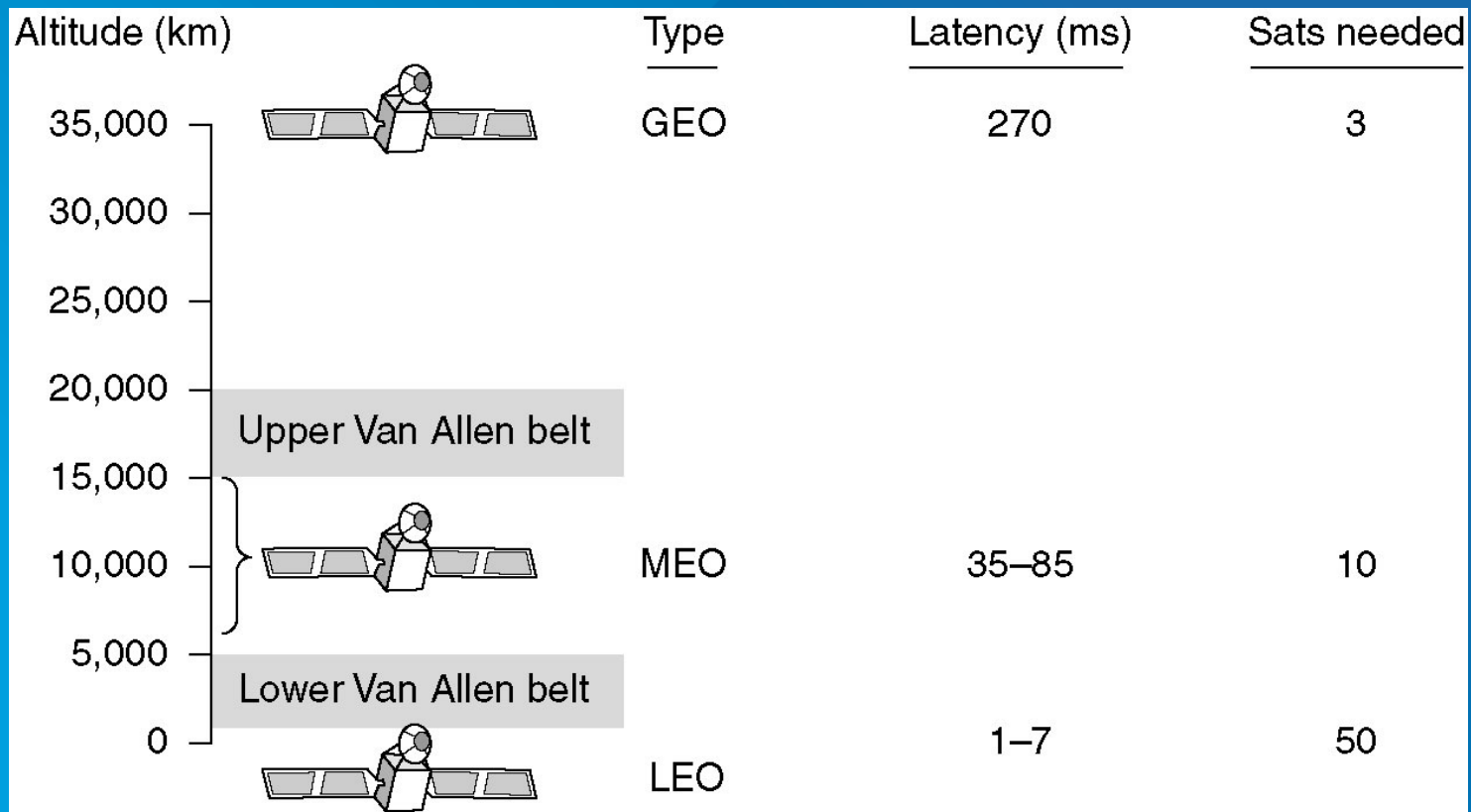
Na figura representa-se um sistema bidireccional com 2 lasers.



Transmissão Sem Fios - Satélites

- Satélites Geoestacionários
- Satélites Órbita Média
- Satélites Órbita Baixa
- Satélites versus Fibra

Transmissão Sem Fios - Satélite



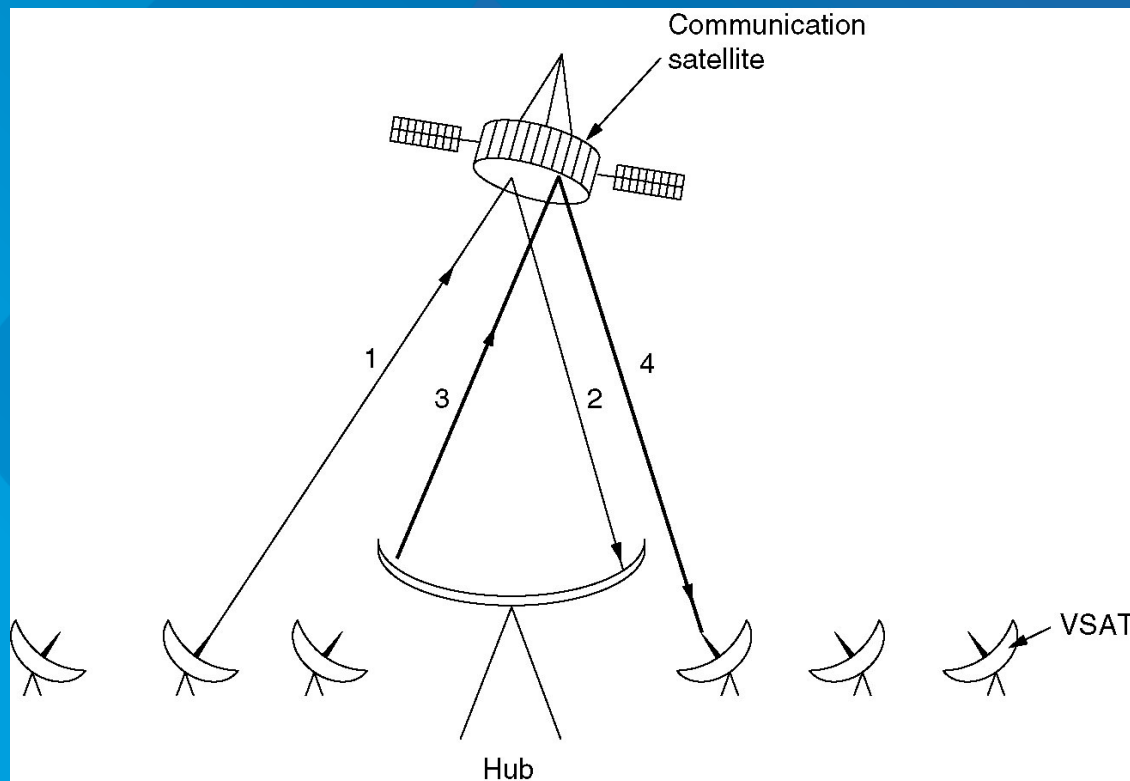
Transmissão Sem Fios - Satélite

As principais bandas de satélite.

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

Transmissão Sem Fios - Satélite

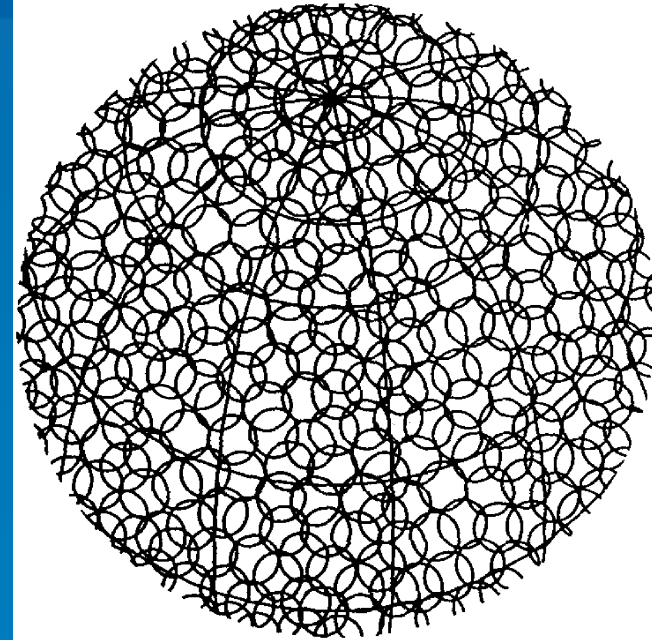
- VSATs usando um hub.



Transmissão Sem Fios - Satélite



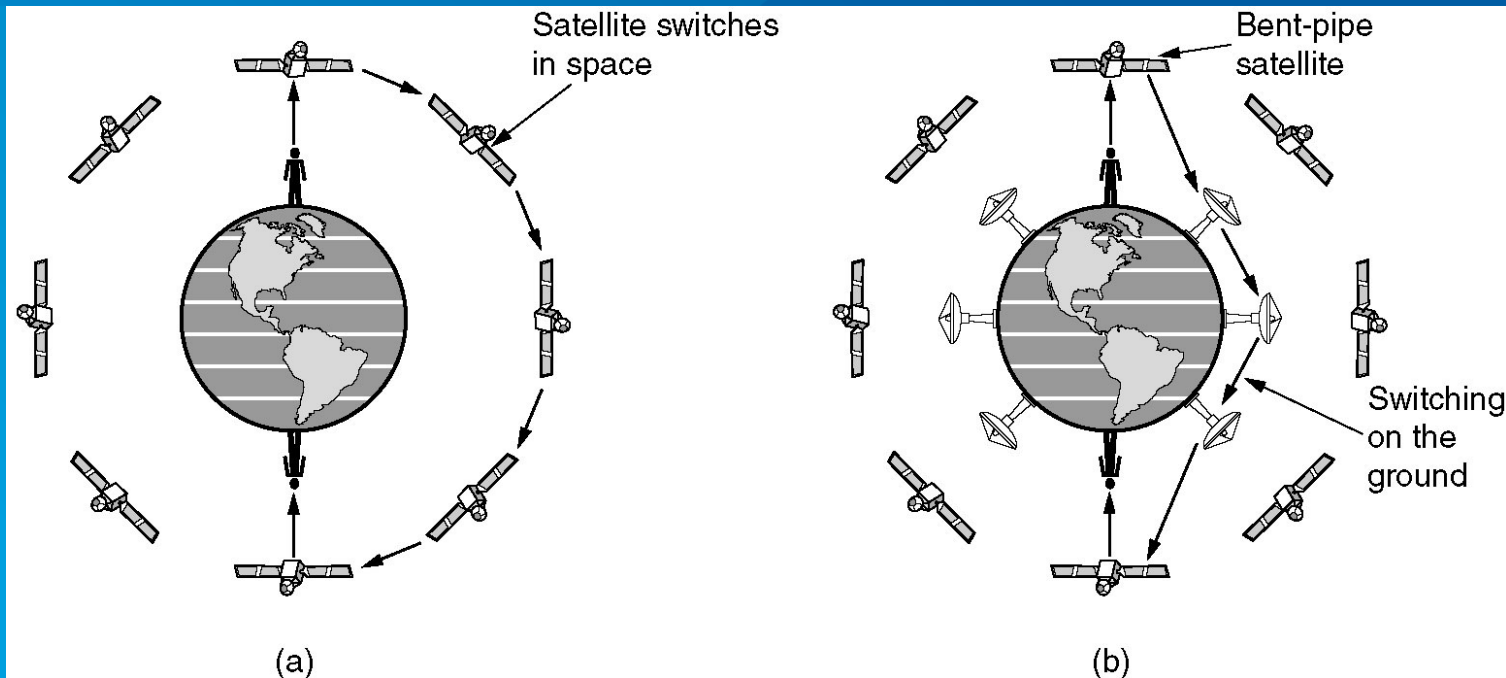
(a)



(b)

- (a) Os satélites Iridium formam 6 colares em torno do planeta.
- (b) 1628 células em movimento cobrem todo o planeta.

Transmissão Sem Fios - Satélite

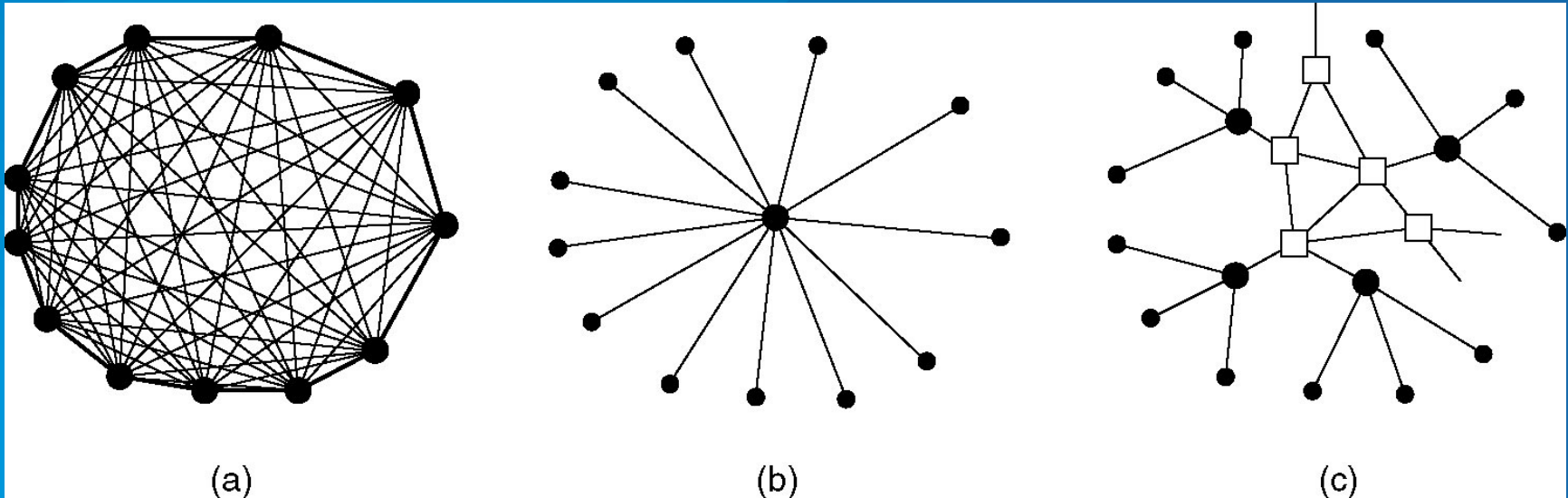


- Globalstar
 - (a) Relaying no espaço
 - (b) Relaying no chão

O Sistema Telefónico

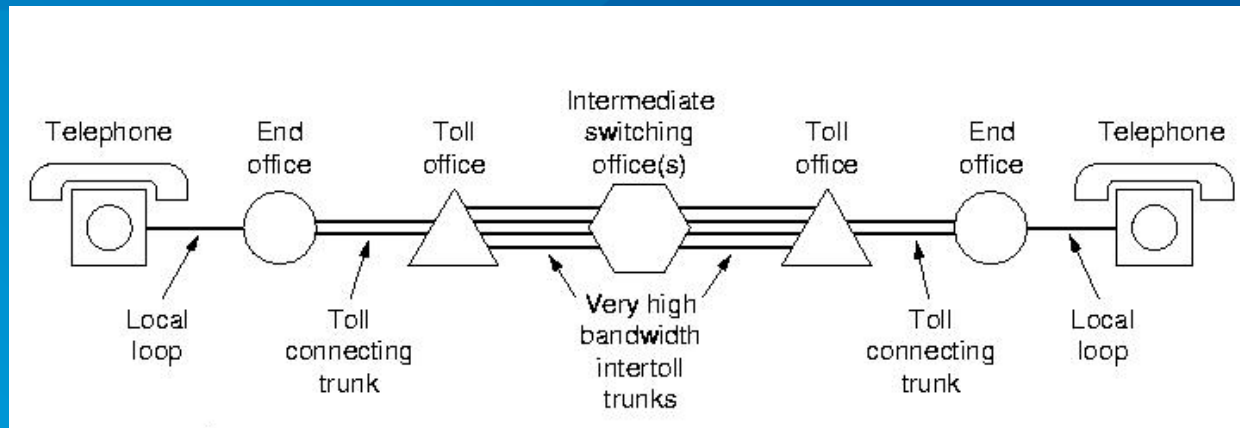
- Como está implementado?
- E como são transmitidos por esse sistema voz e dados?

O Sistema Telefónico - Estrutura



- (a) Rede Fully-interligada.
- (b) Switch Centralizado.
- (c) Hierarquia de 2 níveis.

O Sistema Telefónico - Estrutura



- O uso de sinais analógicos e digitais tem prós e contras:

Analog

Originally

Low

Hard

Some

Digital

Increasingly

High

Easy

Little

Signals

Attenuation/Noise

Amplification/Regeneration

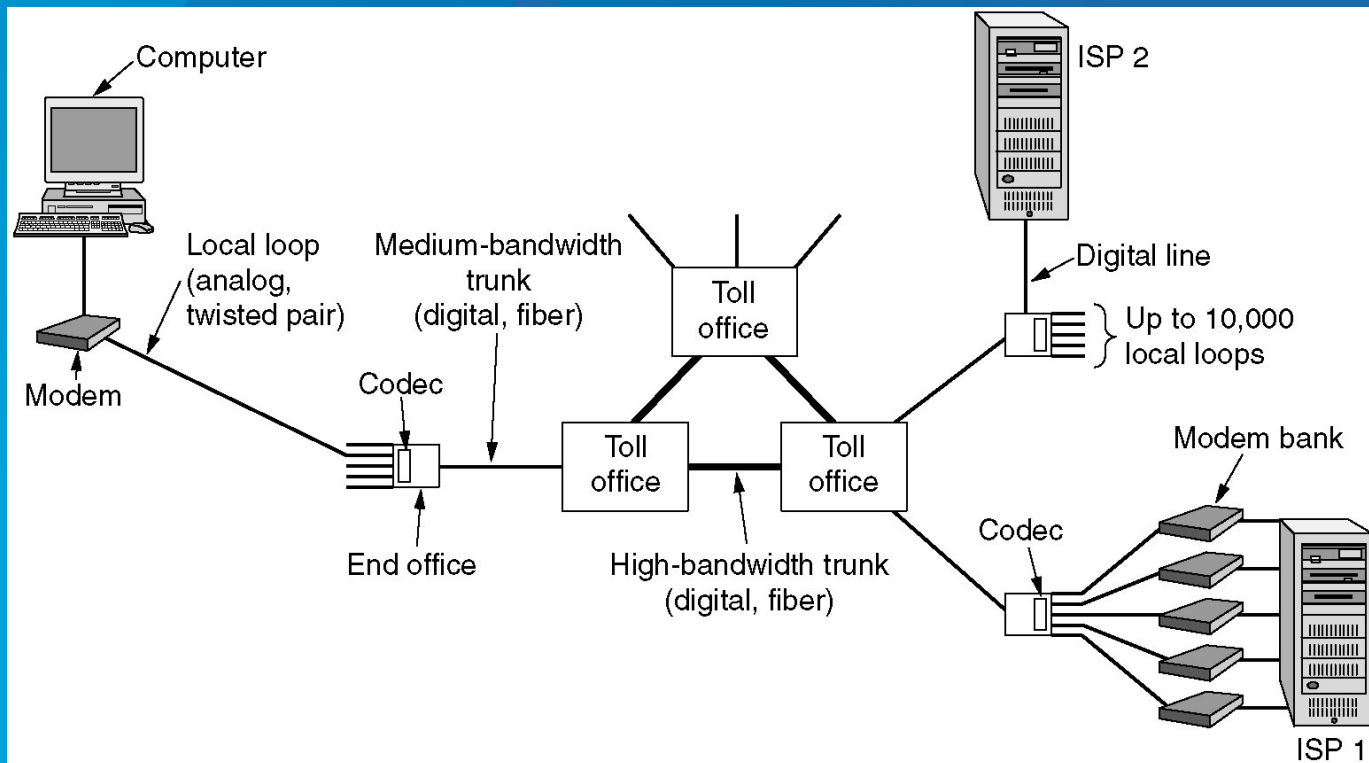
Information Loss

O Sistema Telefónico – Loop Local

- Ligação da estação local de *switching* até casa do utilizador. É o que define no fim a velocidade de transmissão na casa do utilizador.
- Problemas à Transmissão
 - Atenuação – a perda de energia à medida que o sinal se propaga.
 - *Delay Distortion* - diferentes frequências viajam a velocidades diferentes de forma que a onda se estende ao longo do meio.
 - Ruído – energia não desejada que se combina com o sinal, dificultando a distinção entre ambos.

O Sistema Telefónico – O Loop Local

Utilização de transmissões analógicas e digitais entre computadores. Conversão é feita pelos modems e *codecs*.



O Sistema Telefónico - Modems

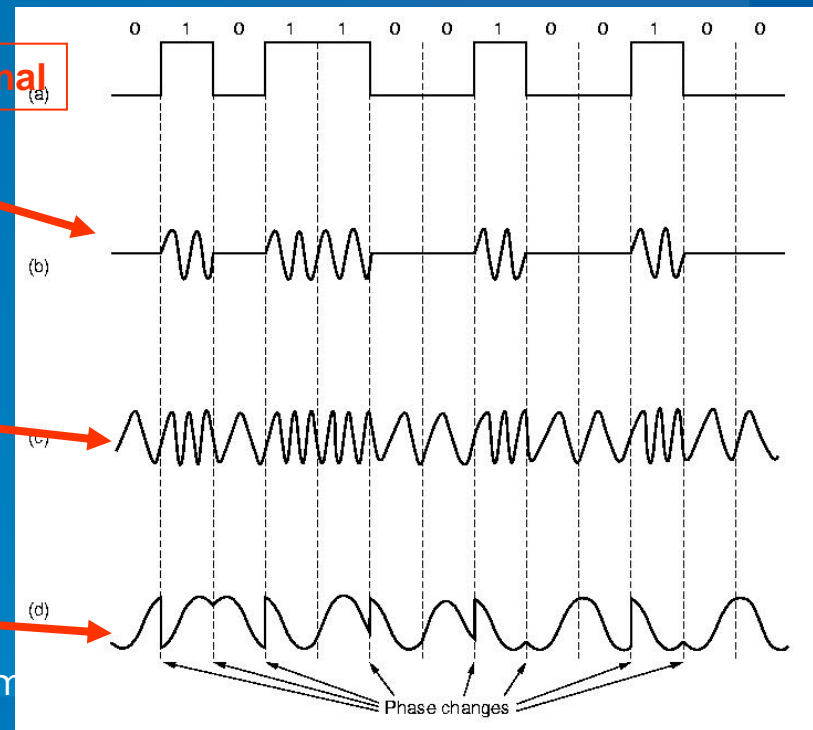
- Dispositivo que converte dados digitais de e para sinais analógicos para transmissão sobre linhas telefónicas.
- Como a atenuação é dependente da frequência, modems usam onda sinusoidal de uma frequência particular e modulam essa frequência. Várias modulações incluem:

Modulação de Amplitude: 2 diferentes amplitudes são usadas para representar 1's e 0's.

Modulação de Frequência: 2 (ou mais) diferentes frequências, perto da frequência da transportadora, são usadas.

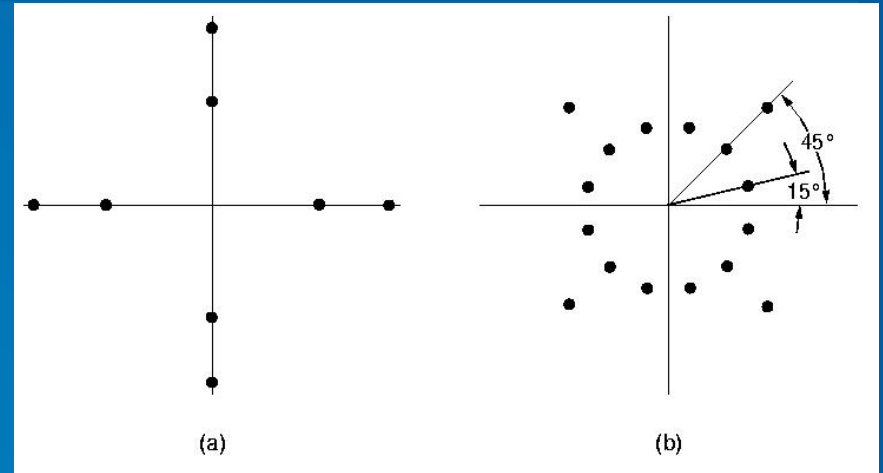
Modulação de Fase: a fase da onda é alterada segundo um valor fixo.

Binary Signal



O Sistema Telefónico - Modems

- Os 3 kHz da linha telefónica só podem ser amostrados a 6 kHz.
- Nenhuma vantagem em amostrar mais – tentar antes mais bits por amostra.
- P.e., a figura mostra combinação de modulação de fase e amplitude levando a múltiplos bits/aud.



Name	points	bits/sample	bps
V.32	16	4	9600
V.32 bis	64	6	14,400
V.34	128 (including parity)	7	28,800

O Sistema Telefónico - Modems

- Adicionalmente, os modems usam compressão e correcção de erros para aumentar os bits por segundo efectivos.
- *Full Duplex* – Capaz de transmitir em ambas as direcções num fio em simultâneo.
- *Standards Eléctricos* – Repare num conector entre um modem externo e um computador. Os pinos têm todos eles um significado e as respectivas definições.

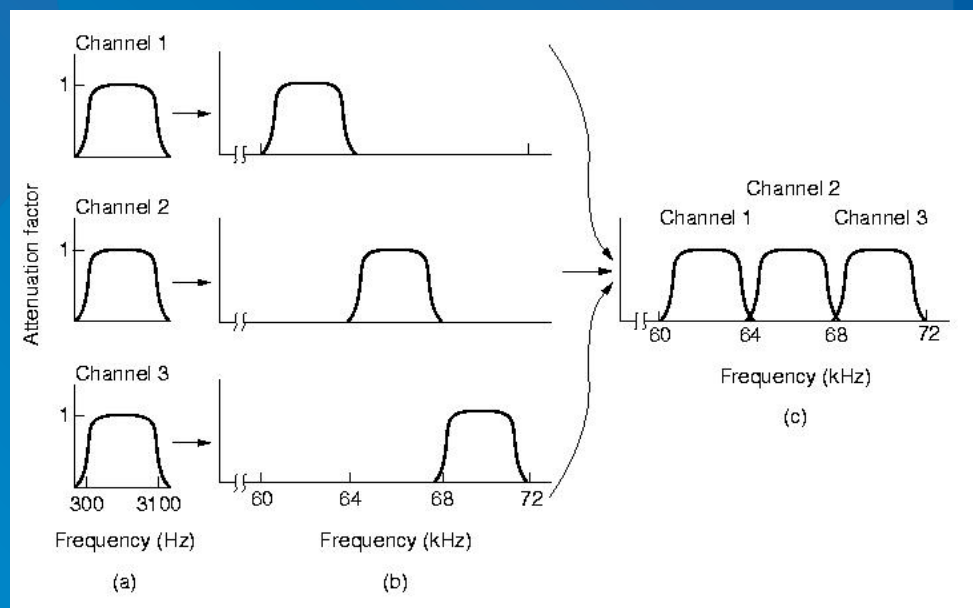
O Sistema Telefónico

Trunks e Multiplexagem

O custo de um fio é constante, independentemente da largura de banda desse fio - custos provêm da instalação e manutenção do espaço físico, não do meio ou da estrutura eléctrica de suporte. Assim, como colocar mais no mesmo meio?

Frequency Division Multiplexing:

O espectro de frequência é dividido pelos canais lógicos - cada utilizador fixa-se numa dada frequência. O espectro de rádio (e o rádio) são exemplos do meio e do mecanismo para extrair informação do meio. Como funciona um filtro? Note que estas são questões analógicas.

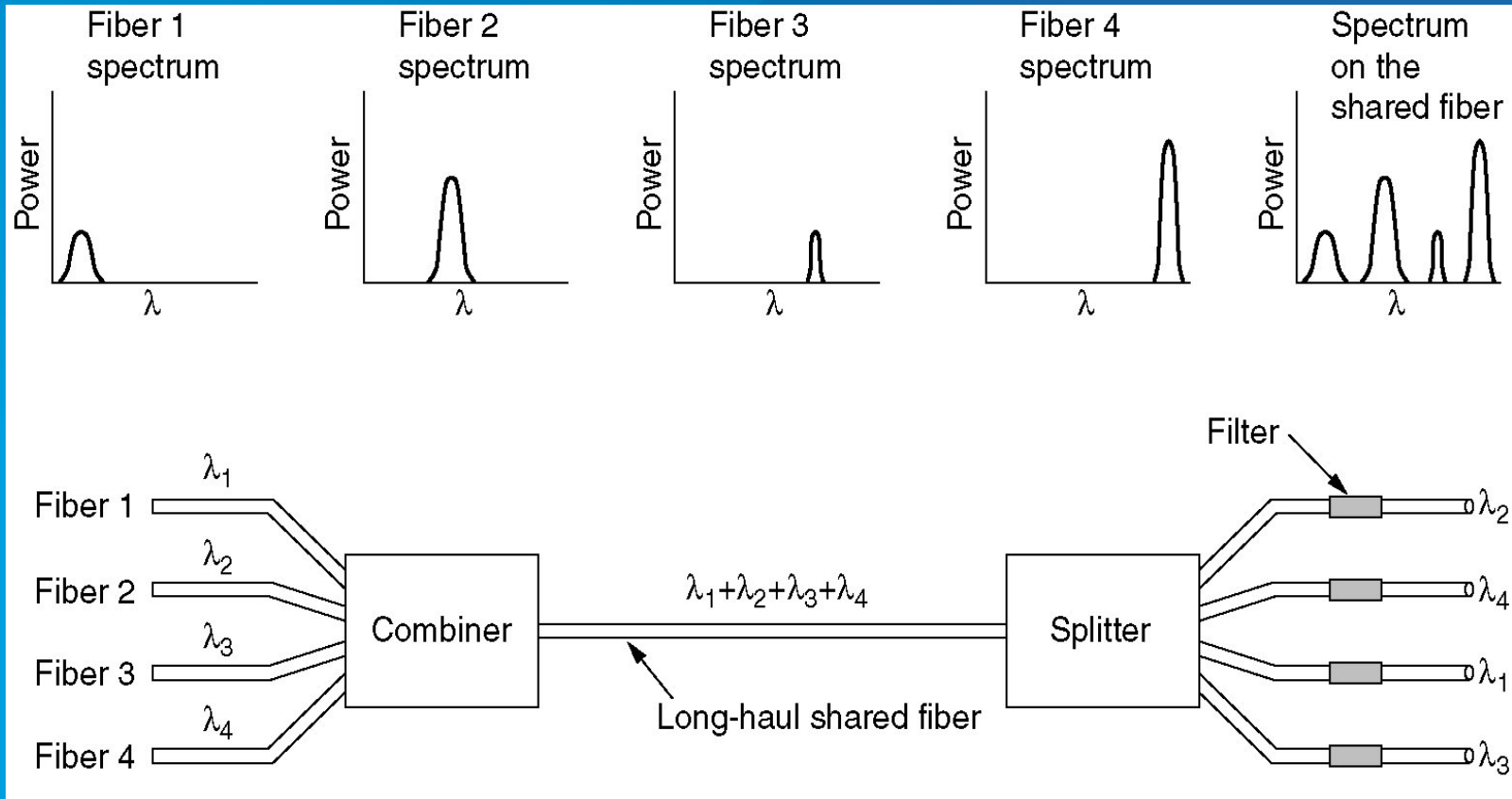


O Sistema Telefónico

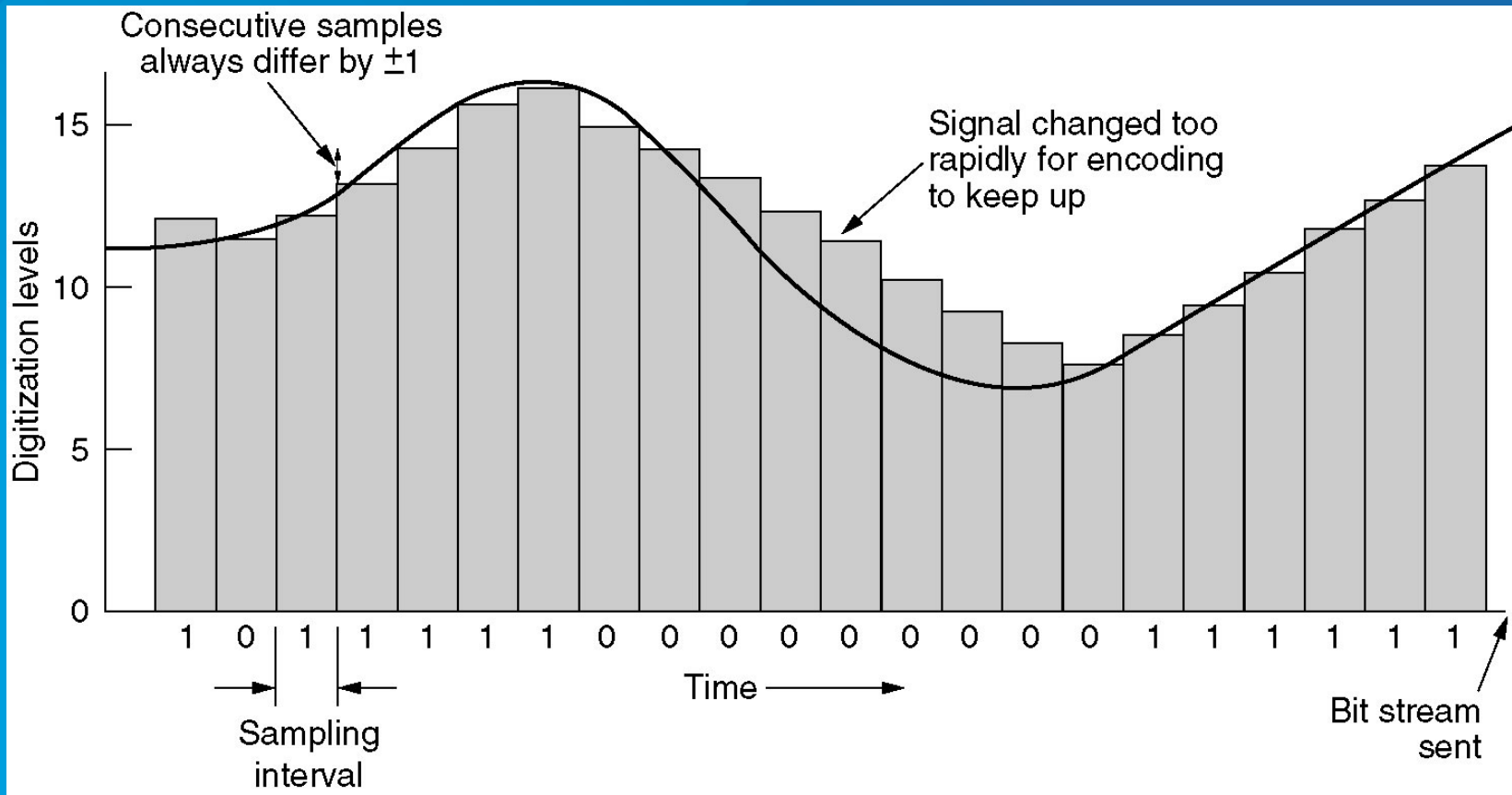
Trunks e Multiplexagem

- ***Wavelength Division Multiplexing:*** O mesmo que FDM, mas aplicado a fibras. Existe grande potencial para fibras já que largura de banda é tão grande (25,000 GHz).
- ***Time Division Multiplexing:*** No TDM, os utilizadores assumem turnos, com cada um a ter uso exclusivo do meio segundo um algoritmo 'round robin'. TDM pode ser totalmente digital.

Wavelength Division Multiplexing (WDM)

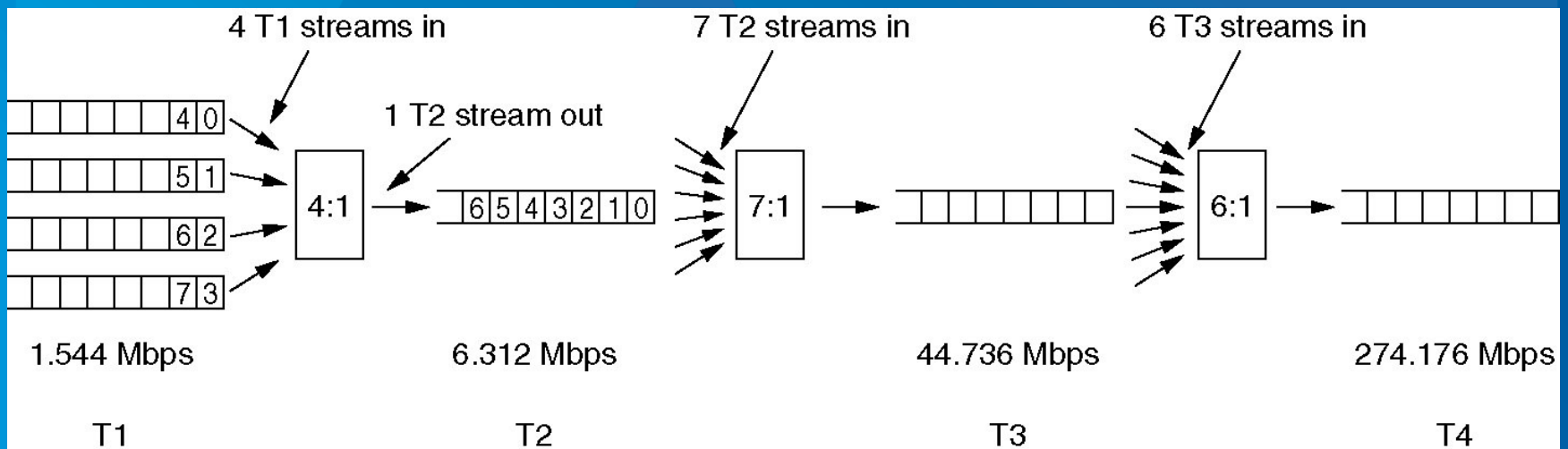


Time Division Multiplexing (2)



Time Division Multiplexing (3)

Multiplexagem de streams T1 em transportadoras.

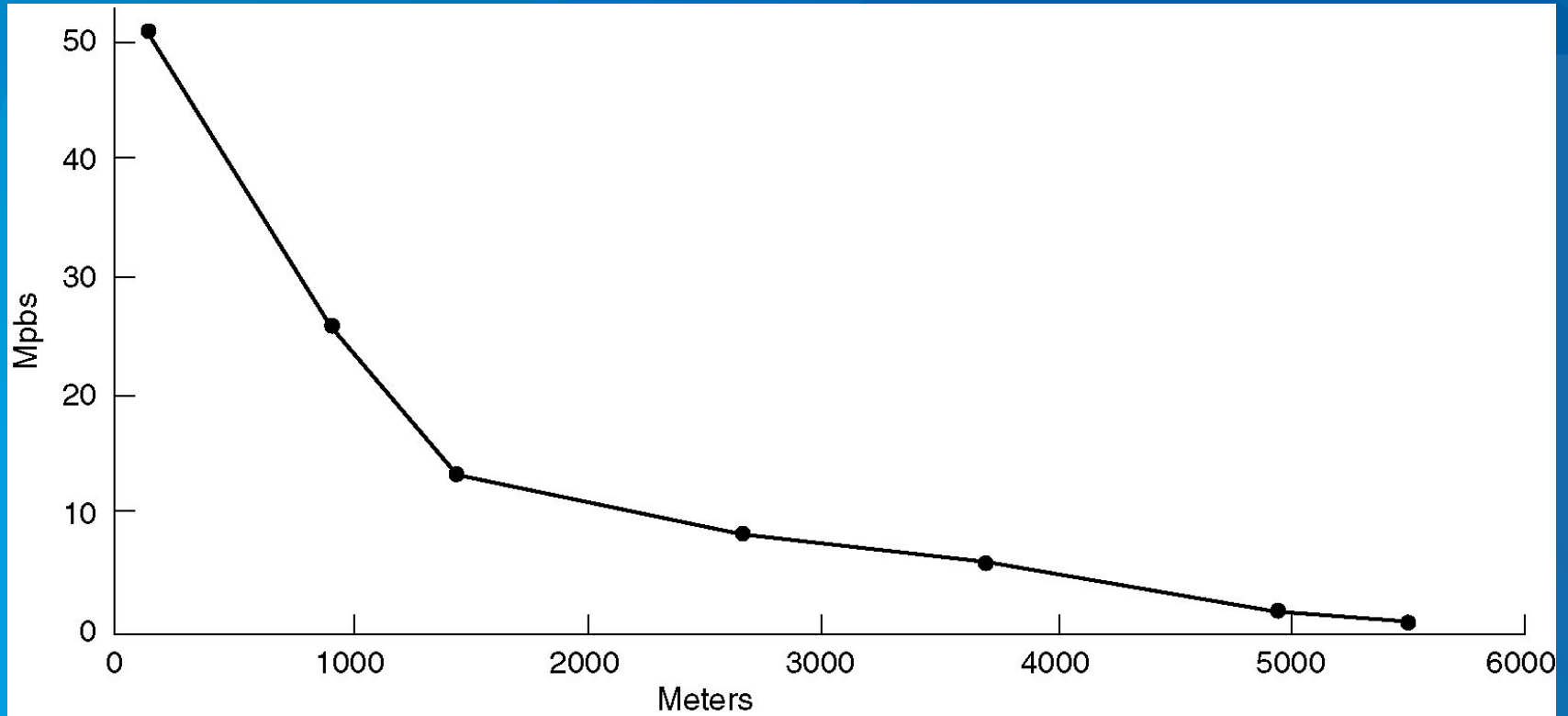


O Sistema Telefónico

Trunks e Multiplexagem

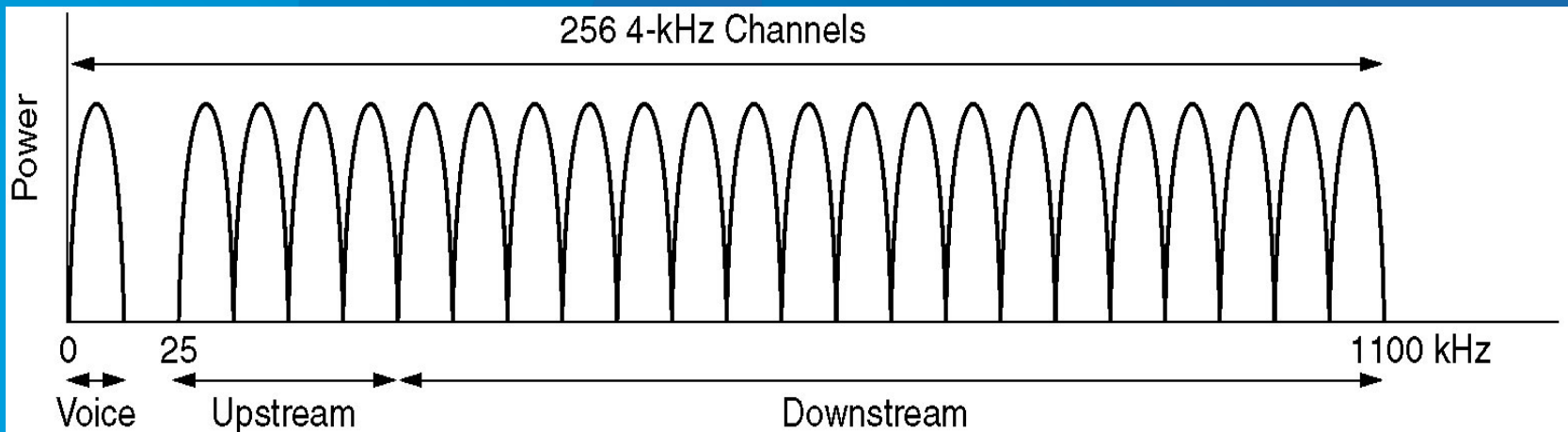
- 4 KHZ Analog/Voice \Rightarrow 8,000 amostras/seg (amostra a cd 125 usecond).
- T1 é a combinação de 24 canais de voz. Ver figura no slide anterior.
- $24 \times 8 + 1$ Framing Bit = 193 bits/125 usec \rightarrow 1.544 Mbps. Quando T1 é usada para dados digitais, o 24º canal é convertido para ser usado como sincronização.
- T2 combina 4 X T1; T3 combina 6 X T2; T4 combina 7 X T3.
- *Differential Code Pulse Modulation*: Assume que 1 amostra particular não varia muito da anterior naquele canal. Assim, não se precisam de 8 bits para representar o nível (0 - 255), mas apenas 5 bits de forma a indicar que a amostra é (-16 - +15) comparada com a última.

Digital Subscriber Lines (DSL)



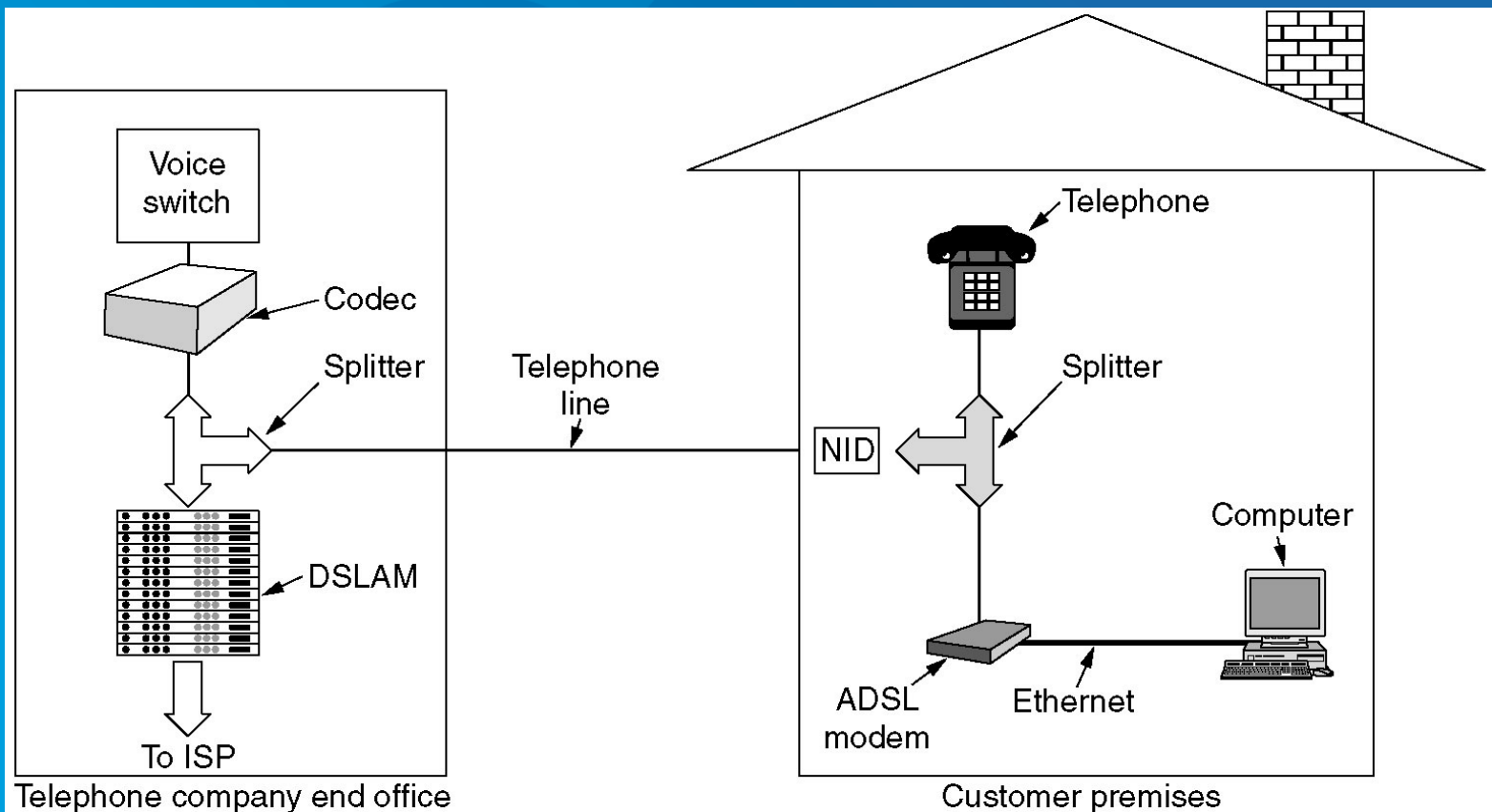
Digital Subscriber Lines (2)

Operação de ADSL usando modulação multi-
tom discreta.



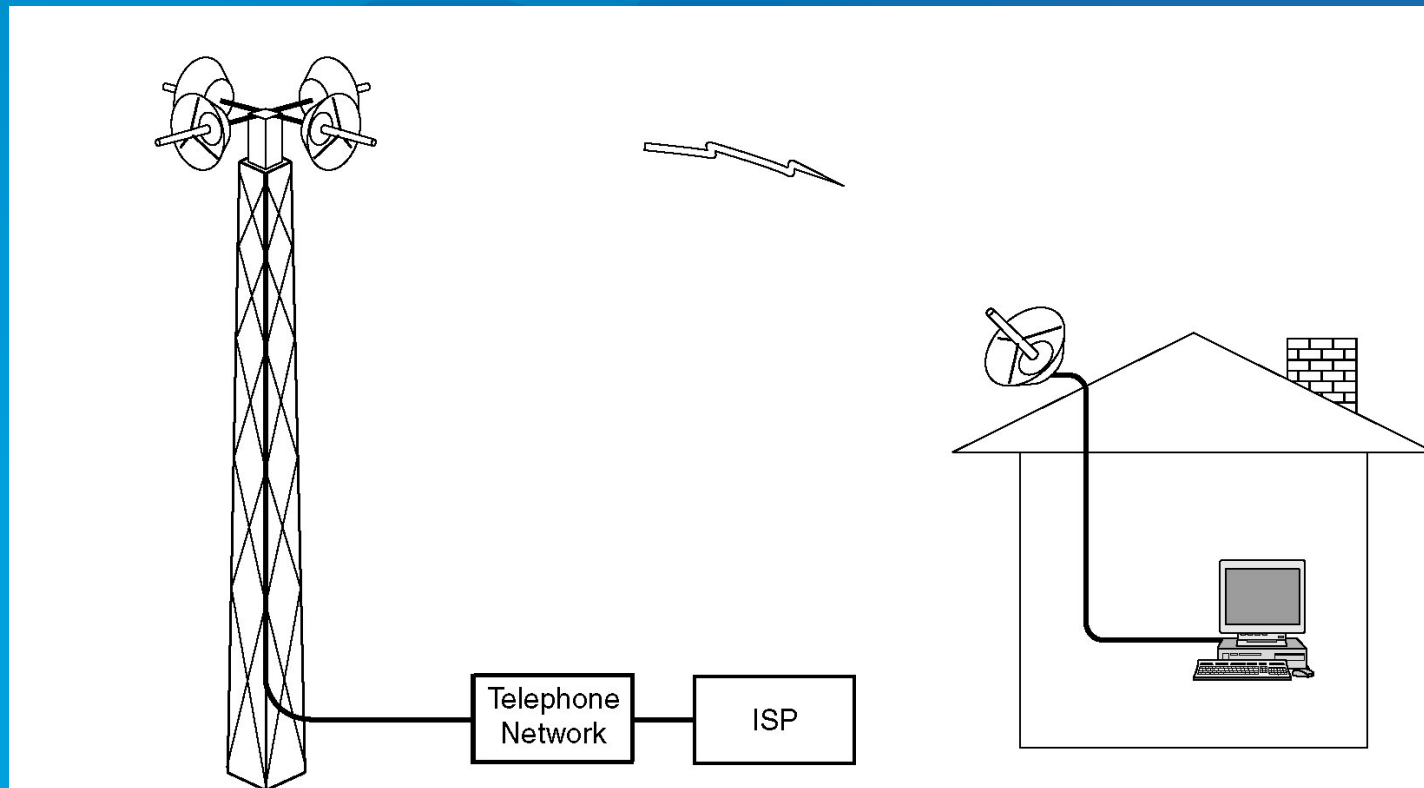
Digital Subscriber Lines (3)

Configuração típica de equipamento ADSL.



Wireless Local Loops

Arquitetura de um sistema LMDS.



O Sistema Telefónico - *Switching*

- Na rede telefónica os vários fios ou fibras interligam os centros de *switching*. Métodos de *switching* incluem:
 - *Circuit Switching*
 - Ligação (eléctrica, óptica, rádio) é estabelecida do emissor para o receptor. Tal acontece antes de qualquer dado ser enviado.
 - *Message Switching*
 - Ligação é determinada apenas quando existem dados (mensagem) prontos a serem enviados. A mensagem é re-coleccionada em cada *switch* e reenviada para o switch seguinte. Este método chama-se 'store-and-forward'. Pode engarrafar routers por longos períodos de tempo – não é bom para tráfego interactivo.
 - *Packet Switching*
 - Divide a mensagem em blocos (packets). Os packets usam as linhas de transmissão por um curto período de tempo - permite tráfego interactivo.

O Sistema Telefónico

- **Comparação entre redes *Circuit Switched* e *Packet Switched*.**
 - **Quais são as características relativas de ambas as tecnologias?**

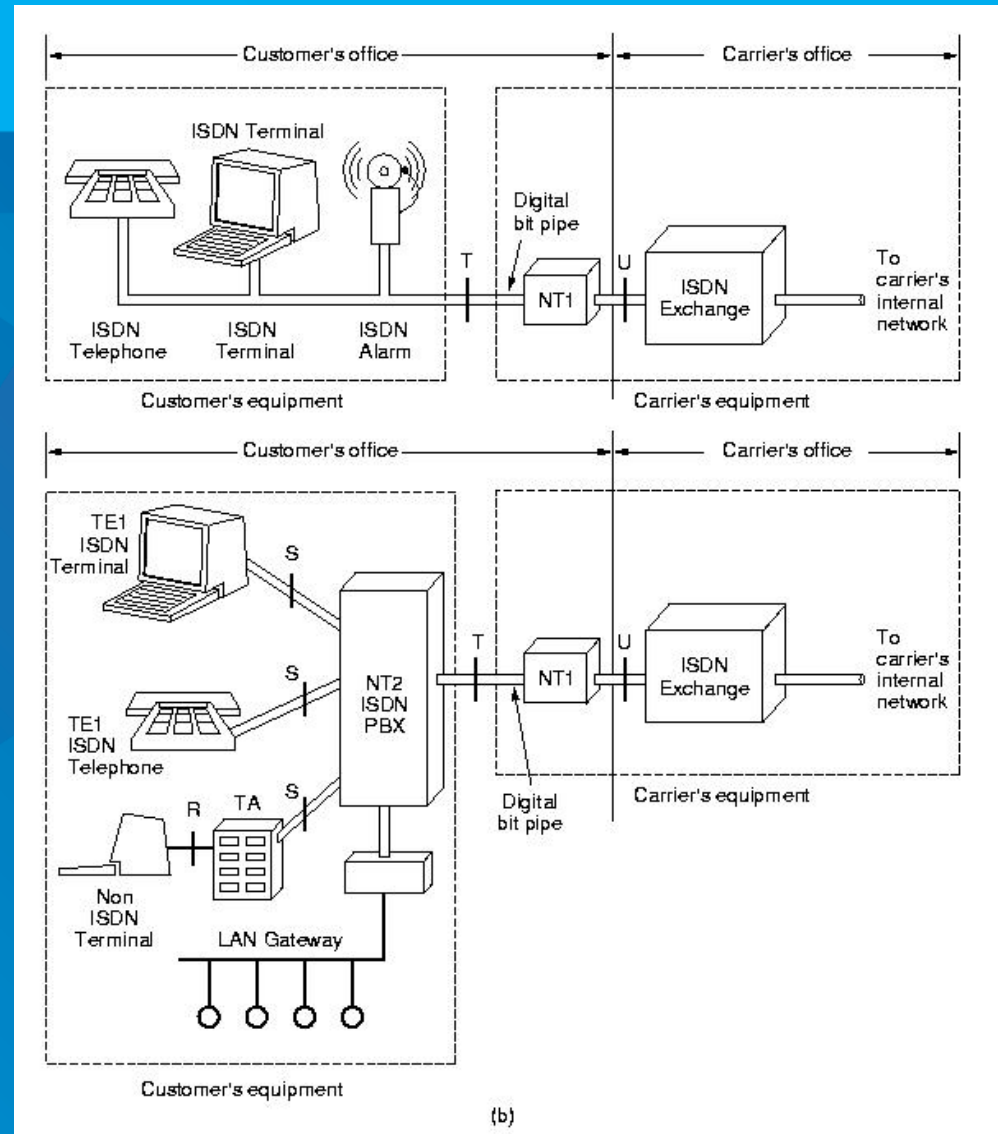
Characteristic	Circuit Switched	Packet Switched
Dedicated "copper" path	Yes	No
Bandwidth Available	Fixed	Dynamic
Potentially Wasted Bandwidth	Yes	No
Store-and-Forward Transmission	No	Yes
Each Packet Follows The Same Route	Yes	No
Call Setup	Required	Not Needed
When can Congestion Occur	At Setup Time	On every Packet
How are \$\$ Charged	Per Minute	Per Packet

ISDN (RDIS)

- **Método de combinar voz e dados sobre um único meio (fio).**
 - Utilizado intensamente pelo sistema telefónico e num grande número de aplicações.

ISDN (RDIS)

- **Integrated Services Digital Network:** A completely digital, circuit-switched phone system. Integrates voice and non-voice services.
- **ISDN** permite integração de computadores e voz. Significa isso que o caller ID pode ser usado para verificar a conta no computador e quando um humano atende o telefone, um ecrã tem já disponível a respectiva informação.



ISDN (RDIS)

- O que é? Arquitectura do Sistema:
 - ISDN usa TDM para manipular múltiplos canais (ver fig. slide anterior). Para uso doméstico, o NT1 (*Network Terminator*) liga o *twisted pair* da empresa telefónica à cablagem em casa. Vários dispositivos ISDN podem estar ligados a este NT1.
 - Empresas podem ter mais canais activos que na configuração doméstica. Neste caso, é usado um PBX (*Private Branch eXchange*) para fornecer um *bus* interno contendo maior capacidade de *switching*. Por sua vez, este é ligado ao NT1.

ISDN (RDIS)

• A Interface ISDN

- Tipicamente certo nº de canais são combinados. Nos USA, Primary Rate ISDN contém 23 channels (cada 64 kbps transportando voz ou dados) + 1 canal para sinalização e controlo. (16 kbps digital channel.) Na Europa, em vez de 23 canais, são usados 30 (denomina-se por acesso primário).
- O acesso primário é concebido para ligar a um PBX. Actualmente é necessário mais que apenas 64 kbps para as muitas utilizações para além da voz. Isto é, portanto, menos que adequado.
- N-ISDN pode ser considerado como ligação doméstica mas não pode ser considerado para aplicações empresariais.

ISDN (RDIS)

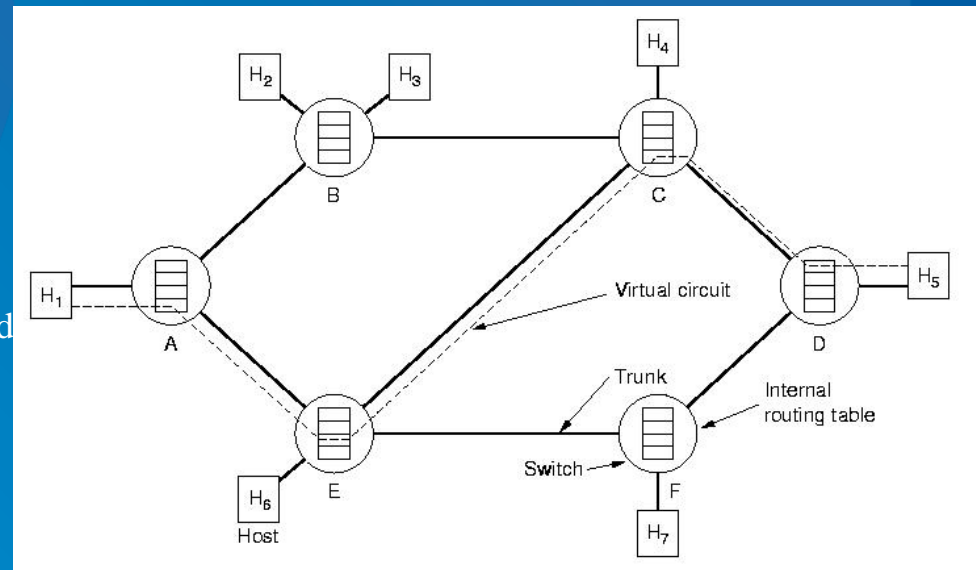
- Banda Larga (*BroadBand*) – o que é?
 - Circuito digital virtual capaz de 155 Mbps. As suas características incluem:
 - *ATM Packet Switched Technology.*
 - A obsolescência de uma enorme quantidade de tecnologia telefónica baseada em *switch* de circuitos.

ISDN (RDIS)

- **Comparação de Circuitos Virtuais e Switching de Circuitos**

O serviço oferecido é orientado à ligação, na perspectiva do cliente mas implementado com *packet switching*. Os serviços oferecidos incluem:

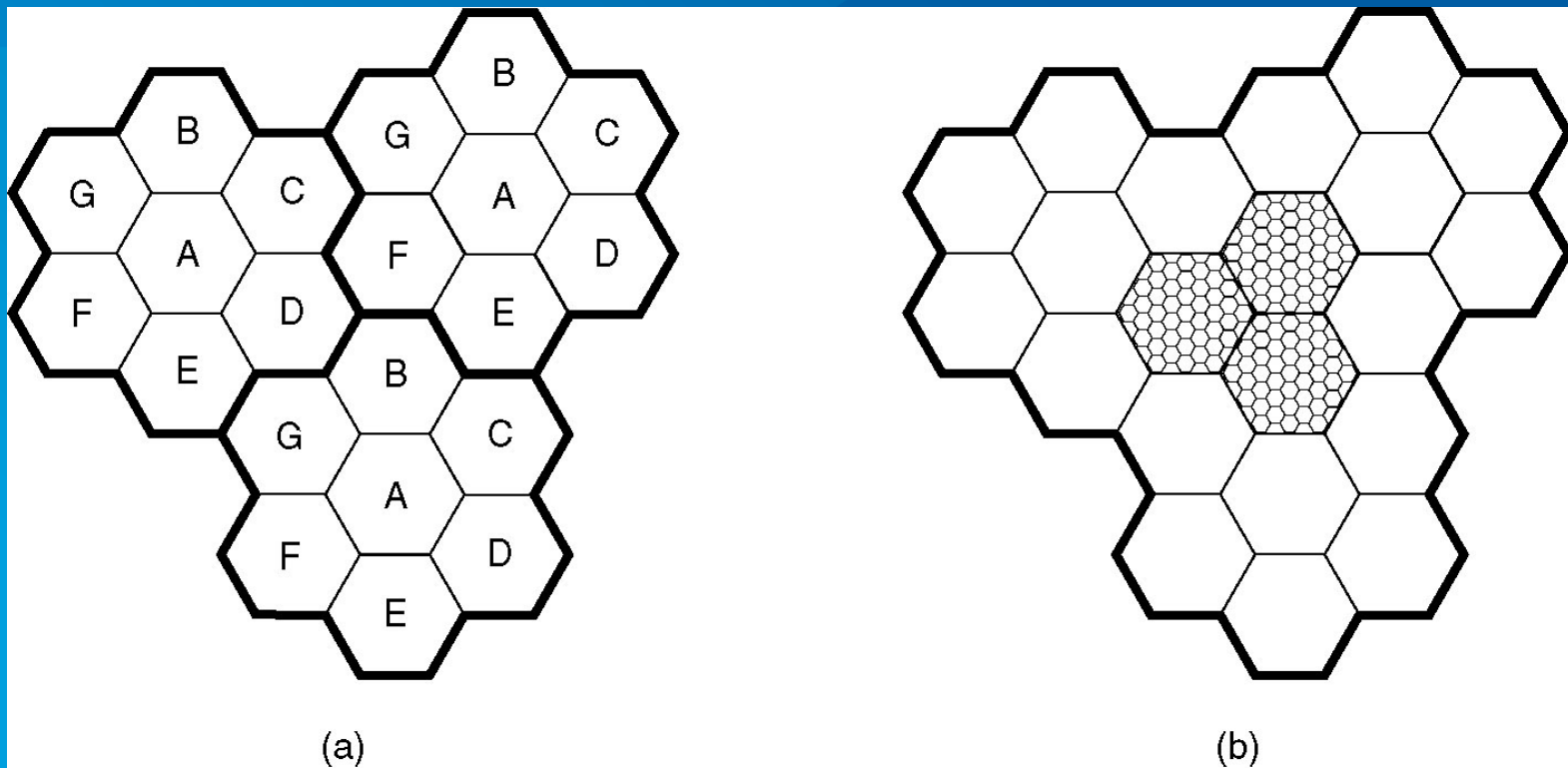
- Circuitos virtuais permanentes que se estabelecem por longos períodos de tempo..
- Circuitos virtuais *switched* que são estabelecidos e abandonados com cada pedido.
- O método para estabelecer esses circuitos é mostrado na fig. O circuito são entradas numa série de *switches*, ada um mapeando um nº de circuito numa linha de envio.



O Sistema de Telefone Móvel

- 1ª Geração:
Voz analógica
- 2ª Geração:
Voz digital
- 3ª Geração:
Voz e Dados digitais

O Sistema de Telefone Móvel



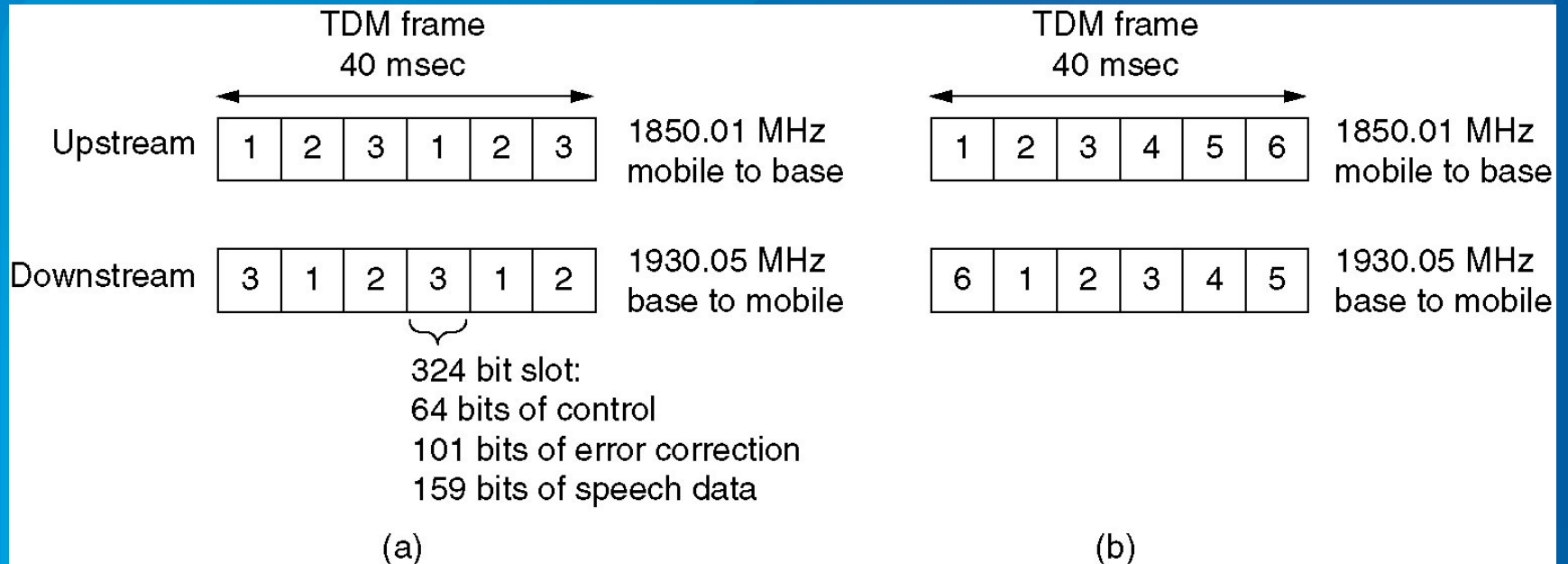
- (a) Frequências não são reutilizadas em células adjacentes.
- (b) Para suportar mais utilizadores, podem ser usadas células de menor dimensão.

Categorização dos Canais

- Os 832 canais são divididos em 4 categorias:
 - Controlo (*base to mobile*) para a gestão do sistema
 - Paging (*base to mobile*) para alertar os utilizadores de chamadas para os mesmos
 - Access (bidireccional) para estabelecimento de chamada e atribuição de canal
 - Dados (bidireccional) para voz, fax ou dados

D-AMPS

Digital Advanced Mobile Phone System

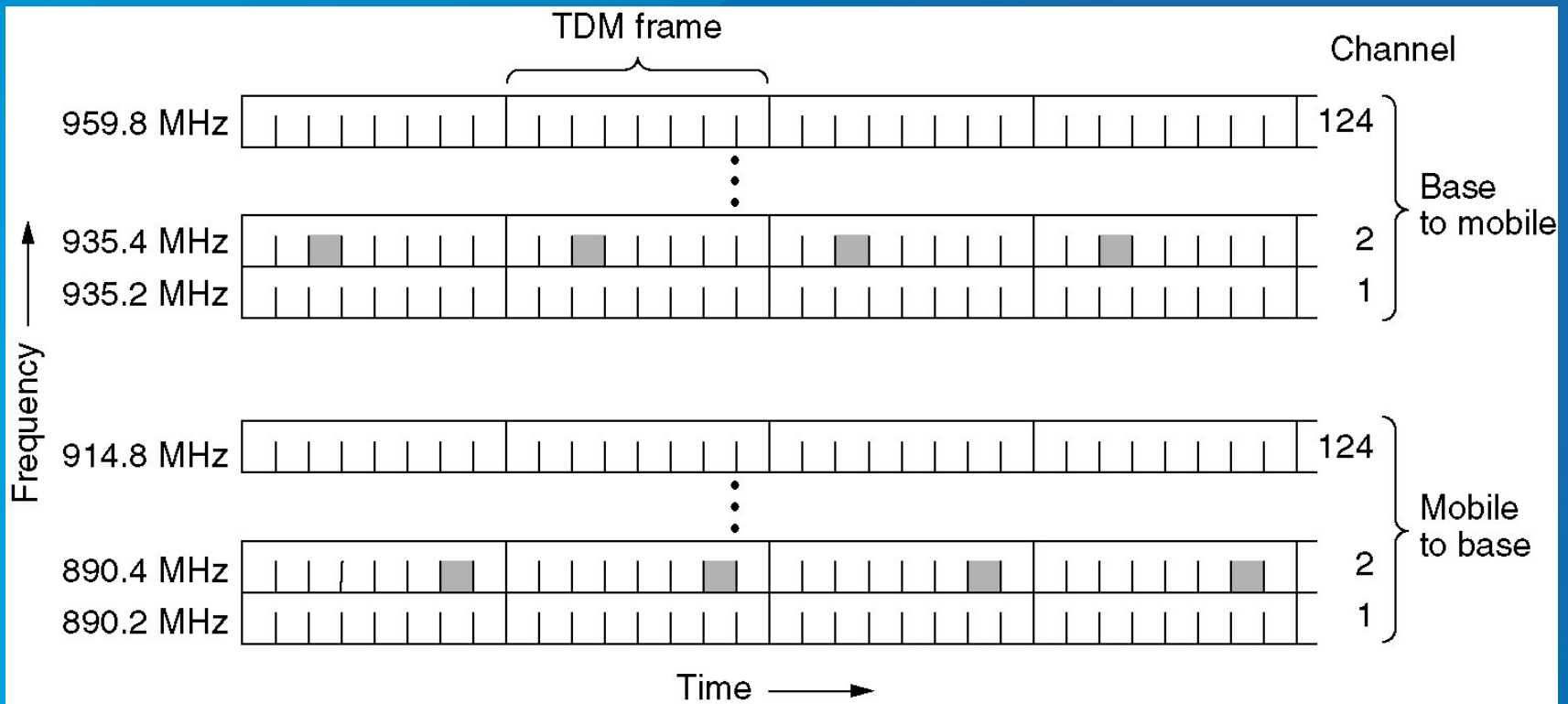


(a) Canal D-AMPS com 3 utilizadores.

(b) Canal D-AMPS com 6 utilizadores.

GSM

Global System for Mobile Communications



3ª Geração: Voz e Dados Digitais

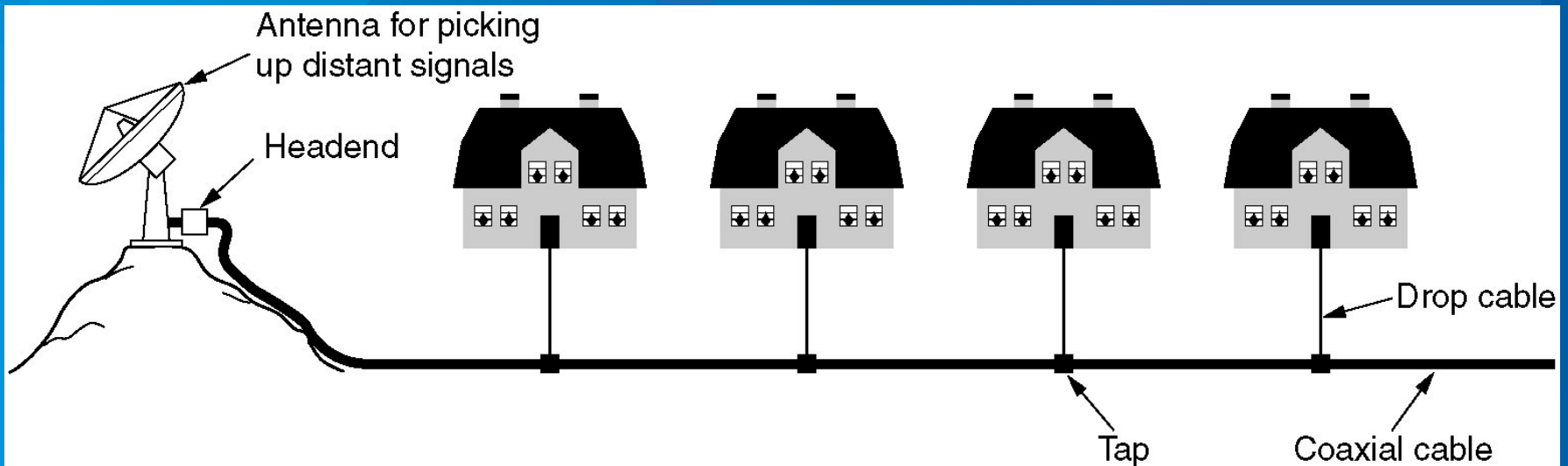
- Serviços básicos numa rede IMT-2000 devem fornecer:
 - Transmissão de voz de elevada qualidade
 - *Messaging* (e-mail, fax, SMS, chat, etc.)
 - Multimedia (música, vídeos, filmes, TV, etc.)
 - Acesso Internet (web surfing, com multimedia.)

Televisão por Cabo

- Community Antenna Television
- Internet over Cable
- Spectrum Allocation
- Cable Modems
- ADSL versus Cable

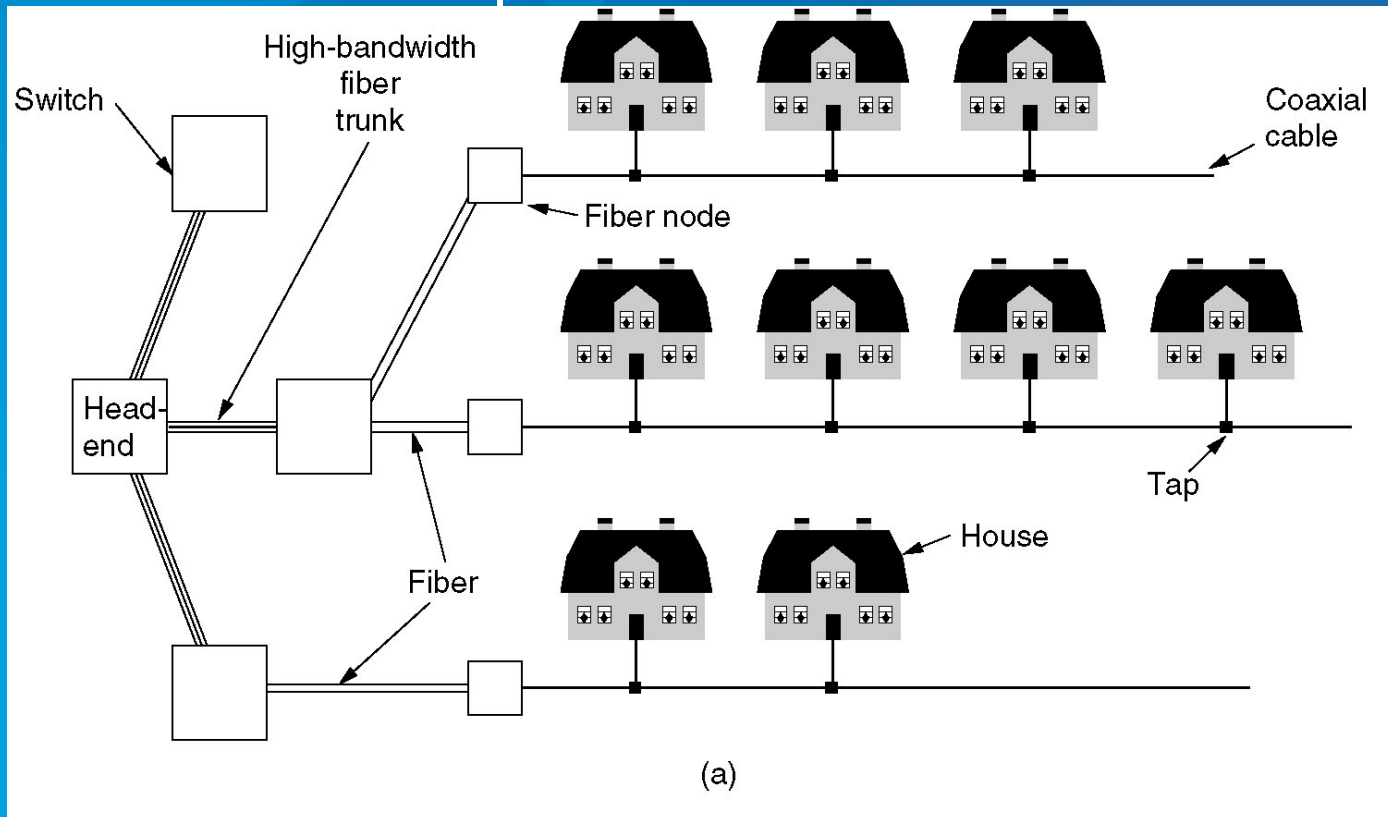
Community Antenna Television

Um sistema antigo de TV por Cabo.



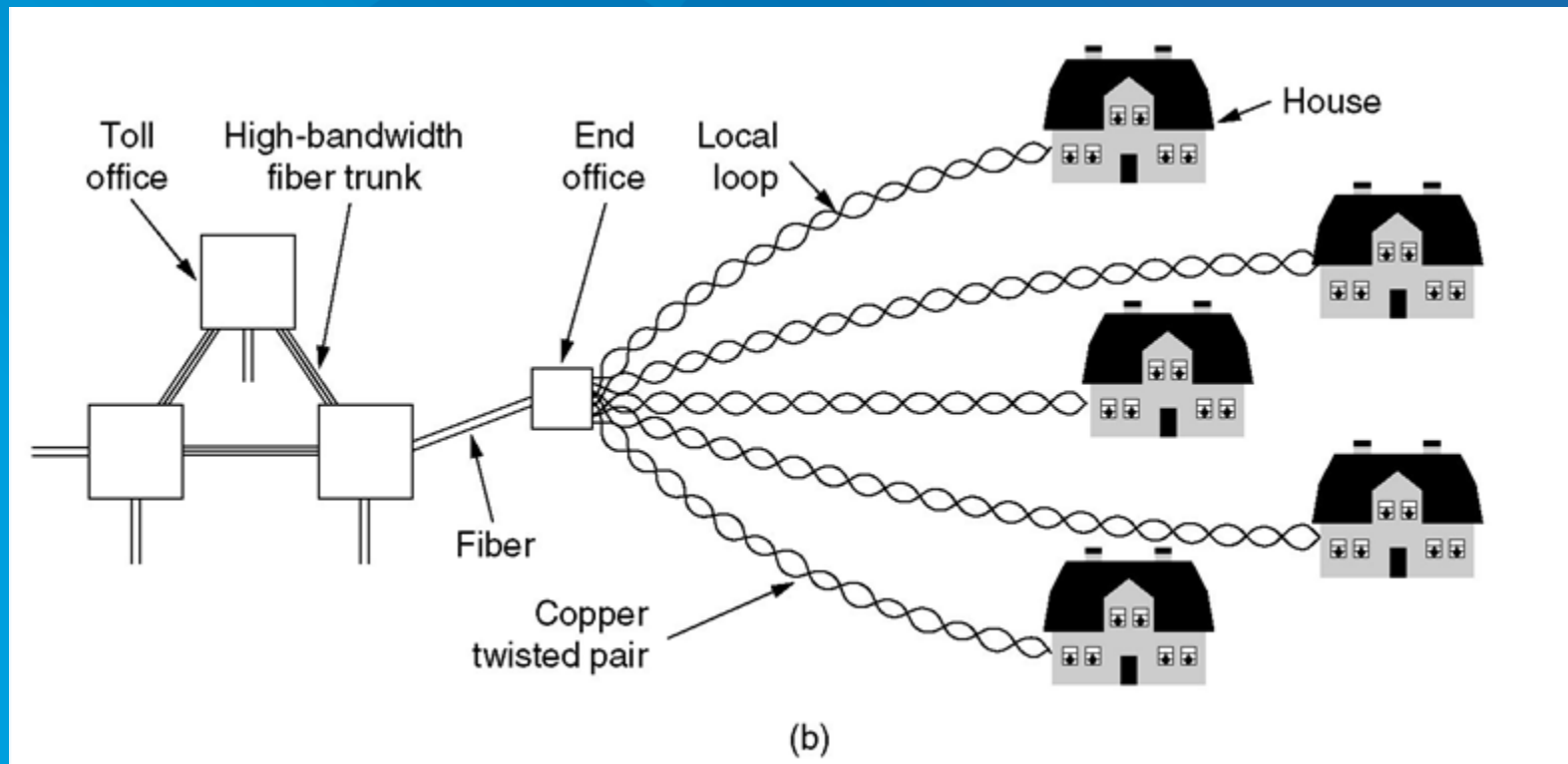
Internet over Cable

TV por Cabo



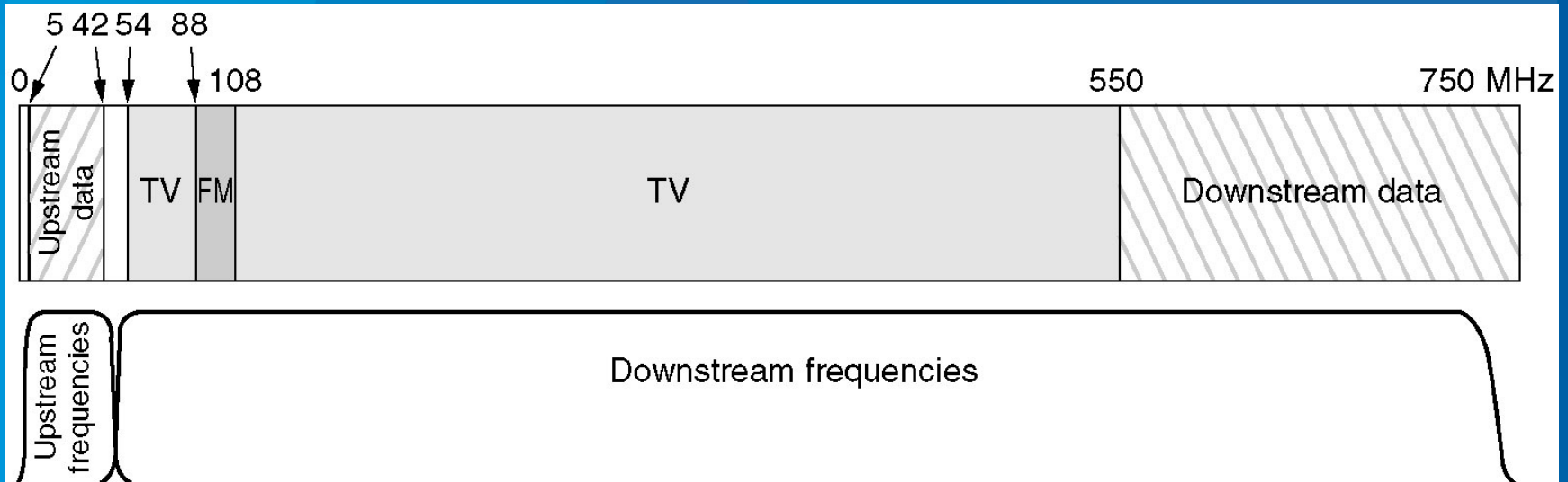
Internet over Cable (2)

O Sistema de Telefone Fixo.



Spectrum Allocation

Atribuição de frequências num sistema de TV por Cabo utilizado para acesso Internet



Cable Modems

Detalhe dos canais de upstream e downstream nos EUA

