

計算機ネットワーク

開講クォーター: 1-2Q

曜日・時限: 火7-8限

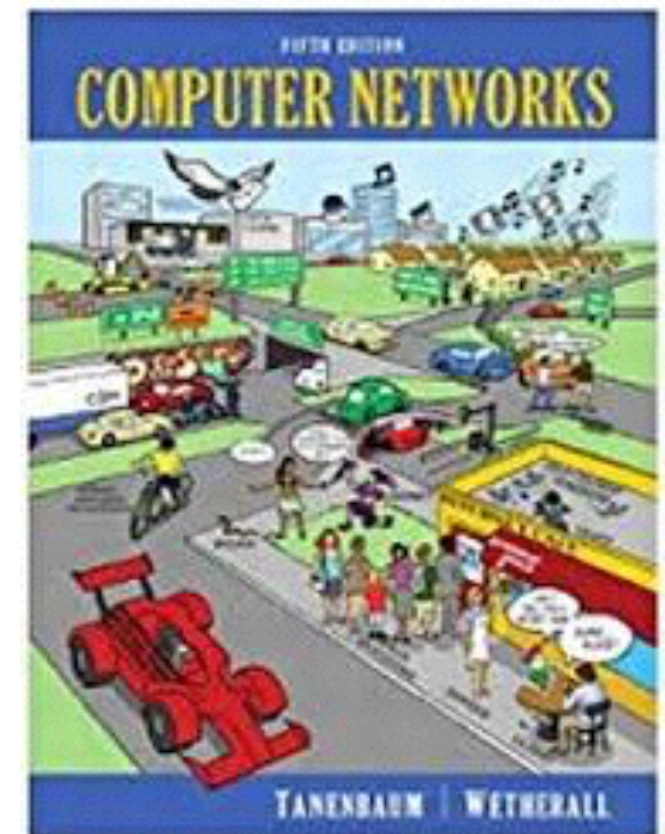
講義室: 1Q @ W834, 2Q @ W931

横田理央

rioyokota@gsic.titech.ac.jp



参考書

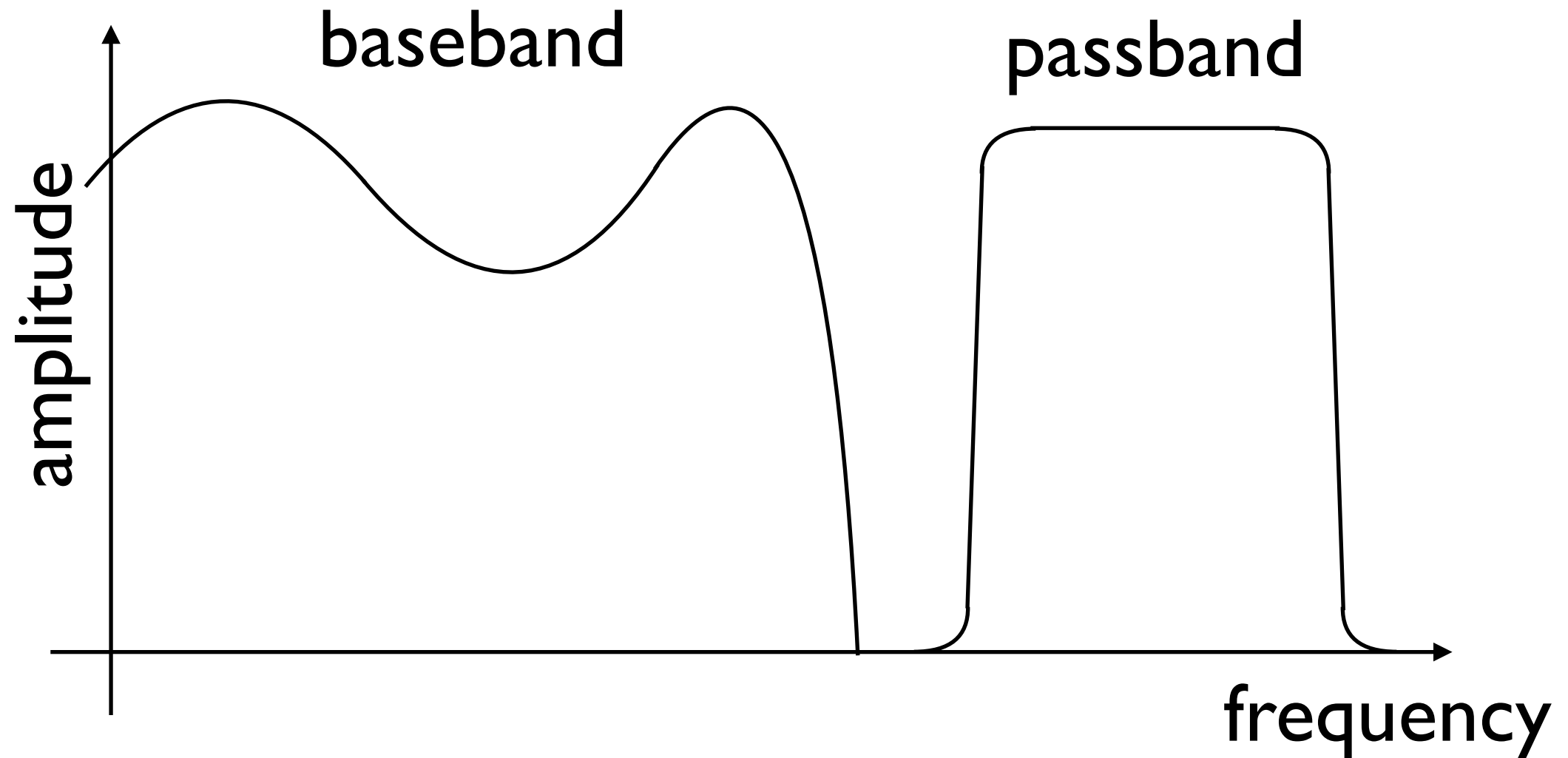


教科書

講義日程 (1Q)

	授業計画		課題
04/05	第1回	計算機ネットワークの基本概念 ハードウェア・ソフトウェア, 参照モデル	1章 ネットワークの種類と参照モデルを理解し プロトコル階層と各層の設計課題
04/12	第2回	物理層1 有線伝送と無線伝送	2章 物理チャネルの特性を理解し データ通信の理論的基礎を理解
04/19	第3回	物理層2 デジタル変調と多重化	2章 ベースバンド伝送と通過帯域伝送, 電話網, 携帯電話システムを説明できる
04/26	第4回	データリンク層1 誤りの検出・訂正	3章 誤りの検出・訂正のしくみを理解し 検出・訂正符号の計算ができる
05/10	第5回	データリンク層2 データリンク・プロトコル	3章 データリンク・プロトコルの種類, 各プロトコルを定量的に評価できる
05/17	第6回	メディア・アクセス副層1 ブロードキャスト・チャネル	4章 多重アクセス・プロトコルを理解し データ・レートを計算できる
05/24	第7回	メディア・アクセス副層2 無線 LAN, Bluetooth, RFID	4章 個別のプロトコル・スタックを理解し データリンク層スイッチングを理解
05/31	第8回	理解度確認総合演習 (中間試験) 第1回から第7回までの内容の演習形式による確認	第1回から第7回までの理解度確認と 到達度自己評価

Digital modulation



Baseband: From zero and up

Passband: Pass only a small window

Baseband transmission

(a) Bit stream

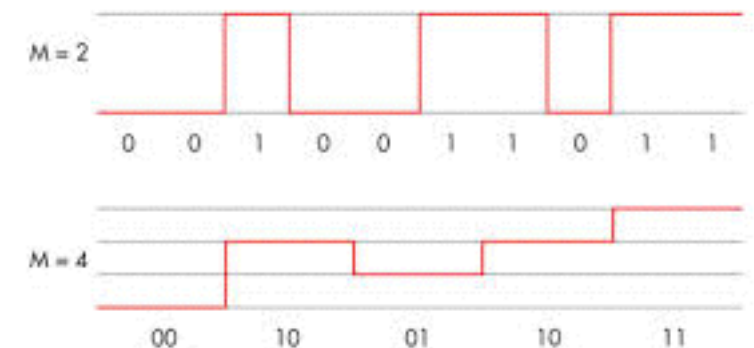
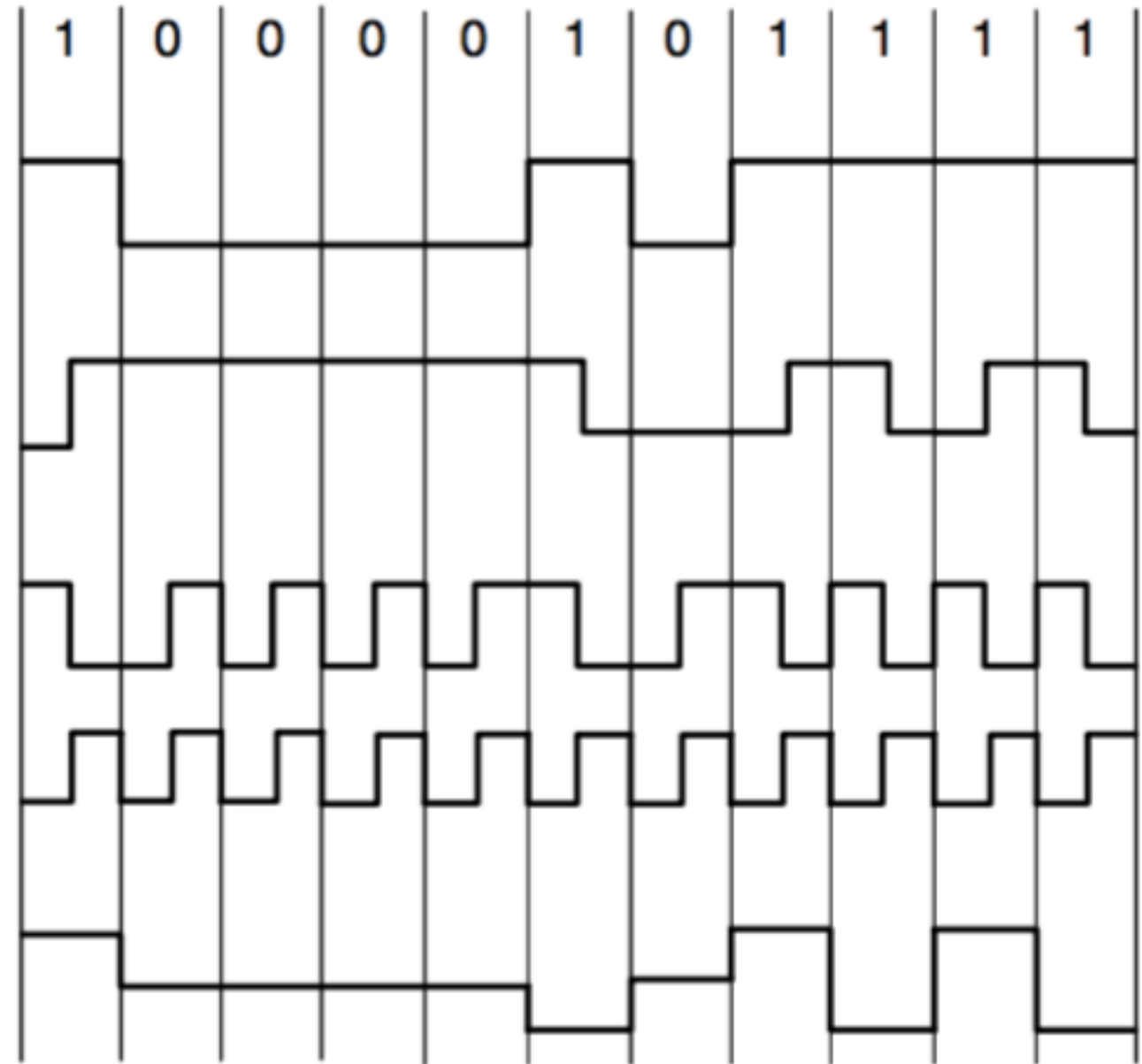
(b) Non-Return to Zero (NRZ)

(c) NRZ Invert (NRZI)

(d) Manchester

(Clock that is XORed with bits)

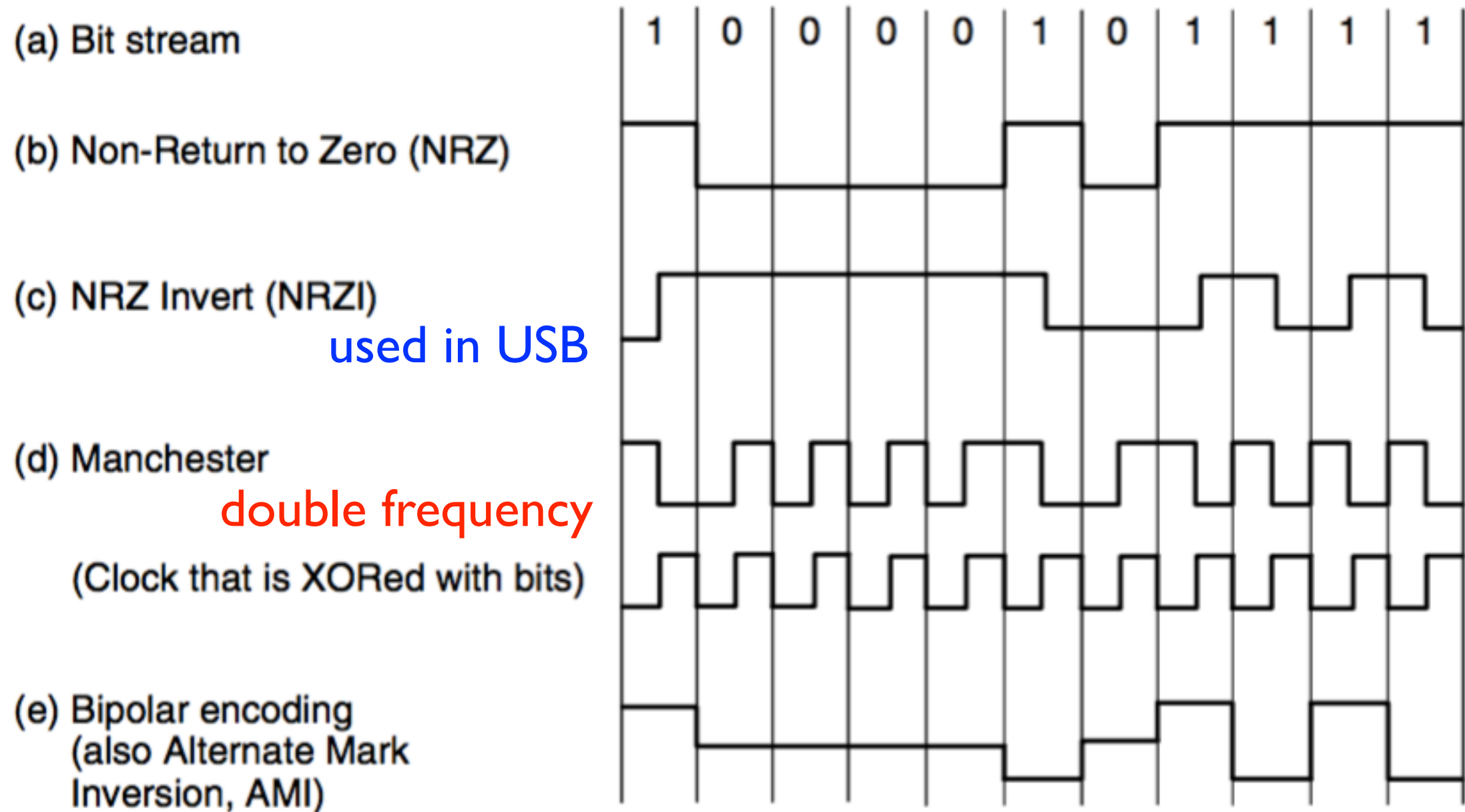
(e) Bipolar encoding
(also Alternate Mark
Inversion, AMI)



signal level = 2^n n bits/symbol

(symbol rate) = (baud rate) = (bit rate) $\times n$

Line codes (Encoding)



Clock recovery: Manchester

Balanced signal: Bipolar encoding (AMI)

Avoid consecutive 0s

Data (4B)	Codeword (5B)	Data (4B)	Codeword (5B)
0000	11110	1000	10010
0001	01001	1001	10011
0010	10100	1010	10110
0011	10101	1011	10111
0100	01010	1100	11010
0101	01011	1101	11011
0110	01110	1110	11100
0111	01111	1111	11101

4B/5B mapping ↑

Scrambler: XOR data with random sequence

8B/10B mapping

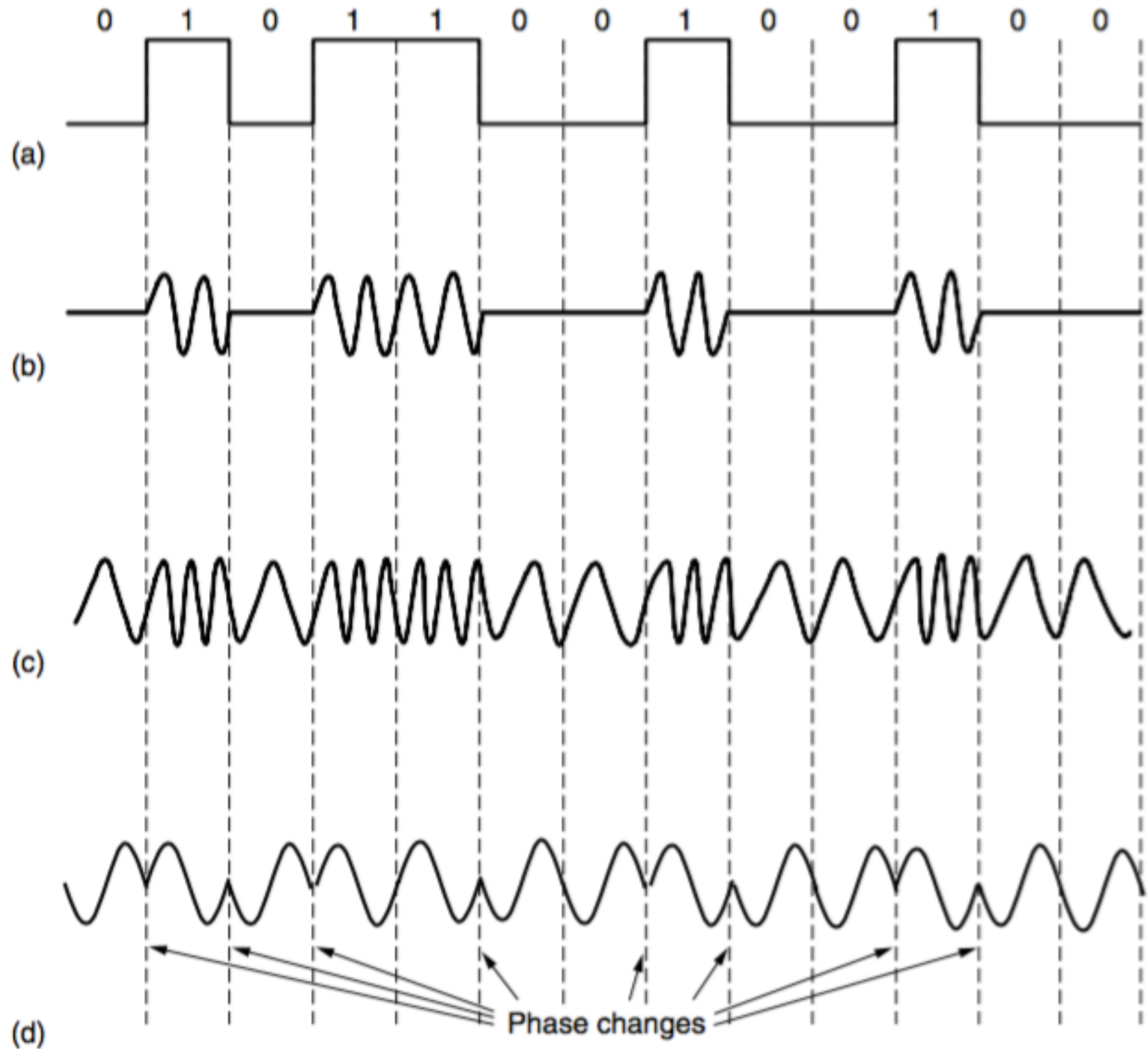
Passband transmission

Digital modulation (keying)

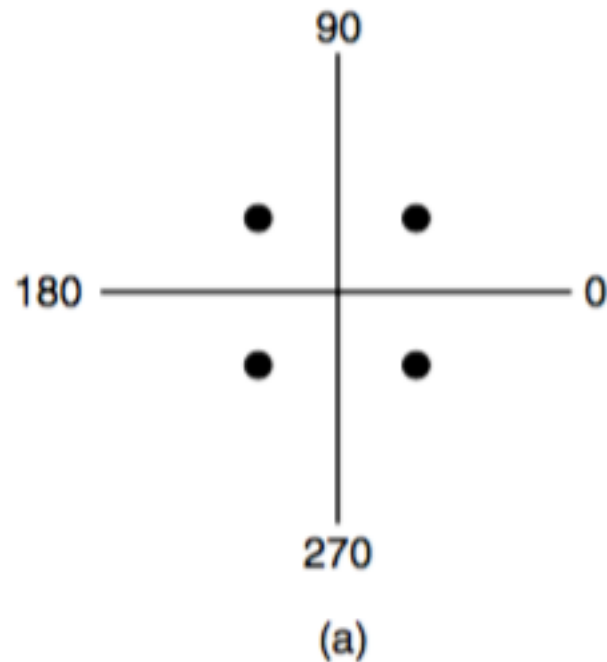
ASK (Amplitude Shift Keying)
振幅

FSK (Frequency Shift Keying)
周波数

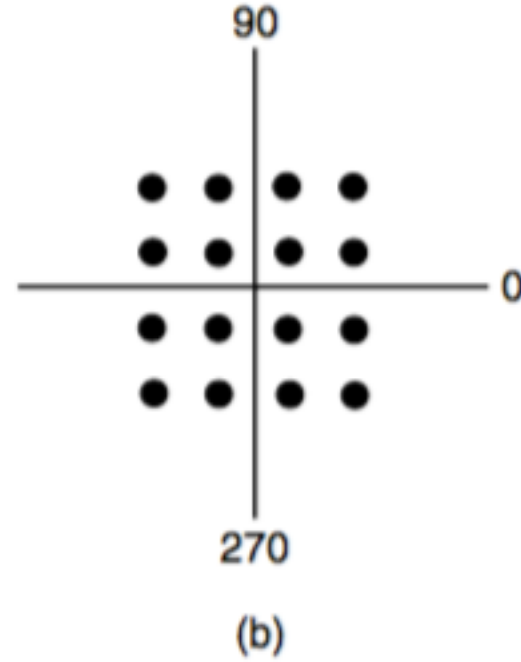
PSK (Phase Shift Keying)
位相



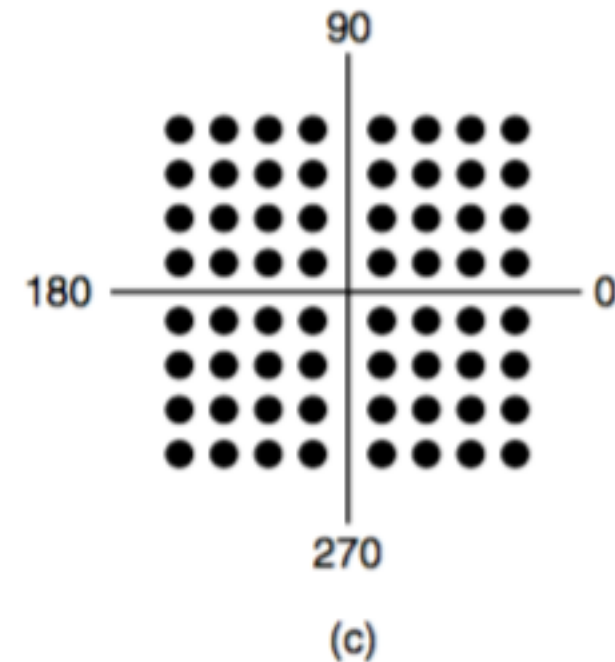
QPSK (Quadrature phase shift keying)



QPSK



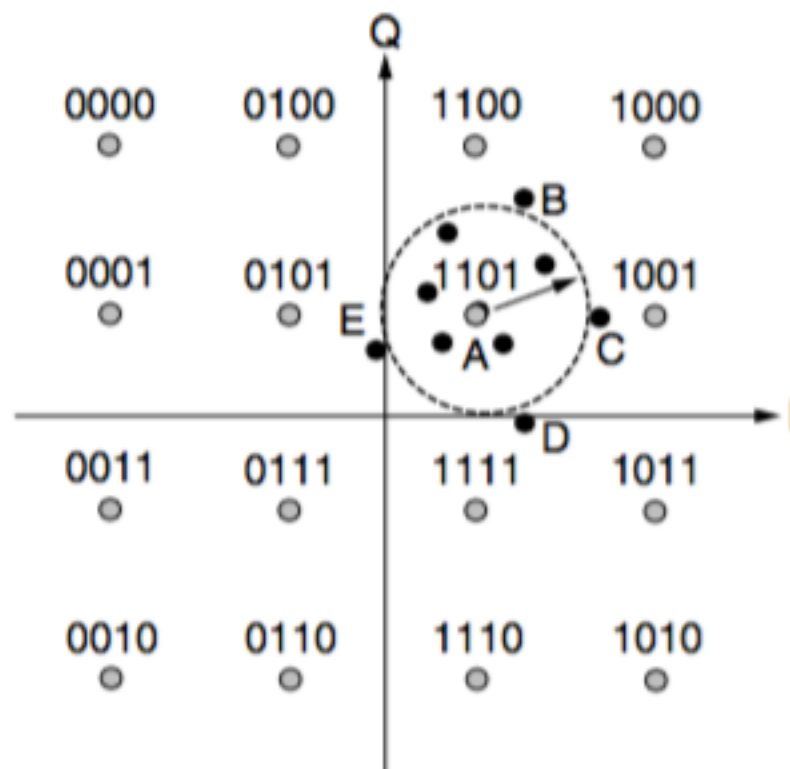
QAM-16



QAM-64

QAM (Quadrature Amplitude Modulation)

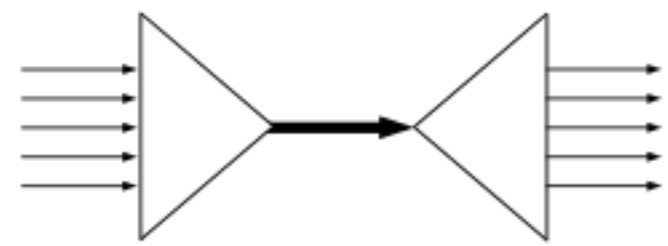
Gray code



When 1101 is sent:

Point	Decodes as	Bit errors
A	1101	0
B	1100	1
C	1001	1
D	1111	1
E	0101	1

Multiplexing



FDM (Frequency Division Multiplexing):
Speaking at different pitches

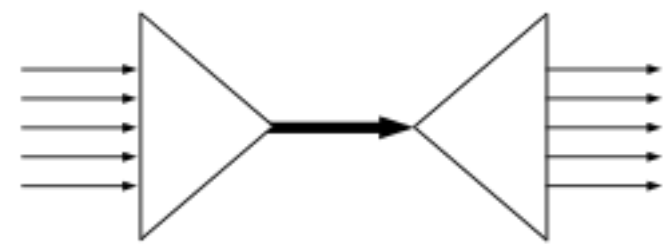
TDM (Time Division Multiplexing):
Taking turns speaking



CDM (Code Division Multiplexing):
Speaking in a different language

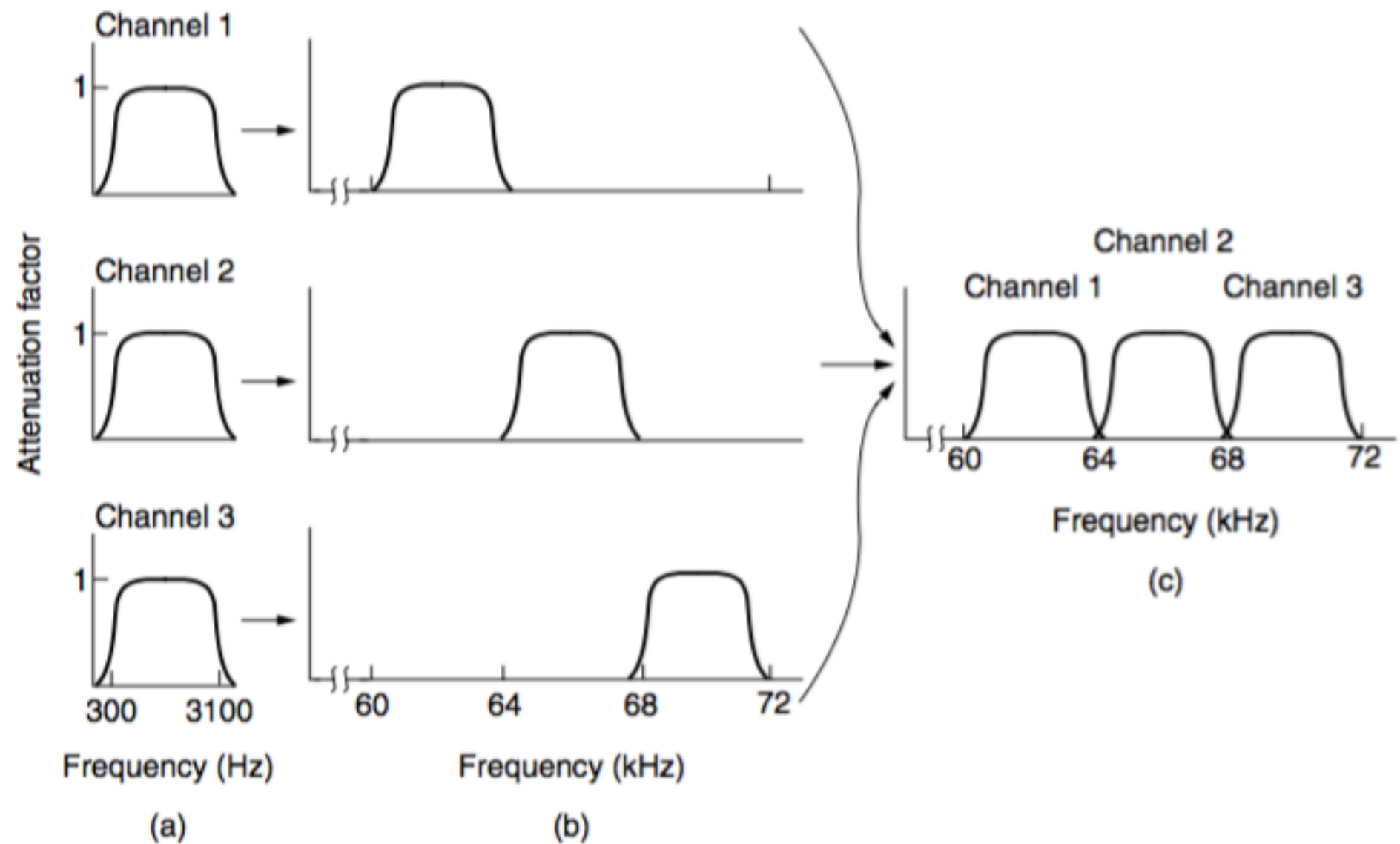


Multiplexing

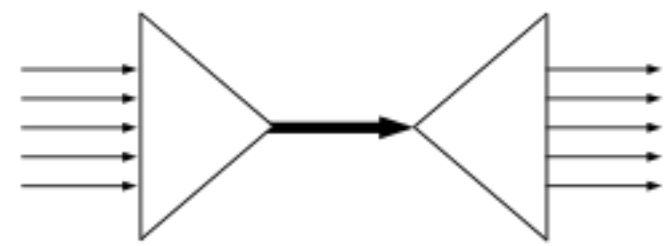


FDM (Frequency Division Multiplexing)

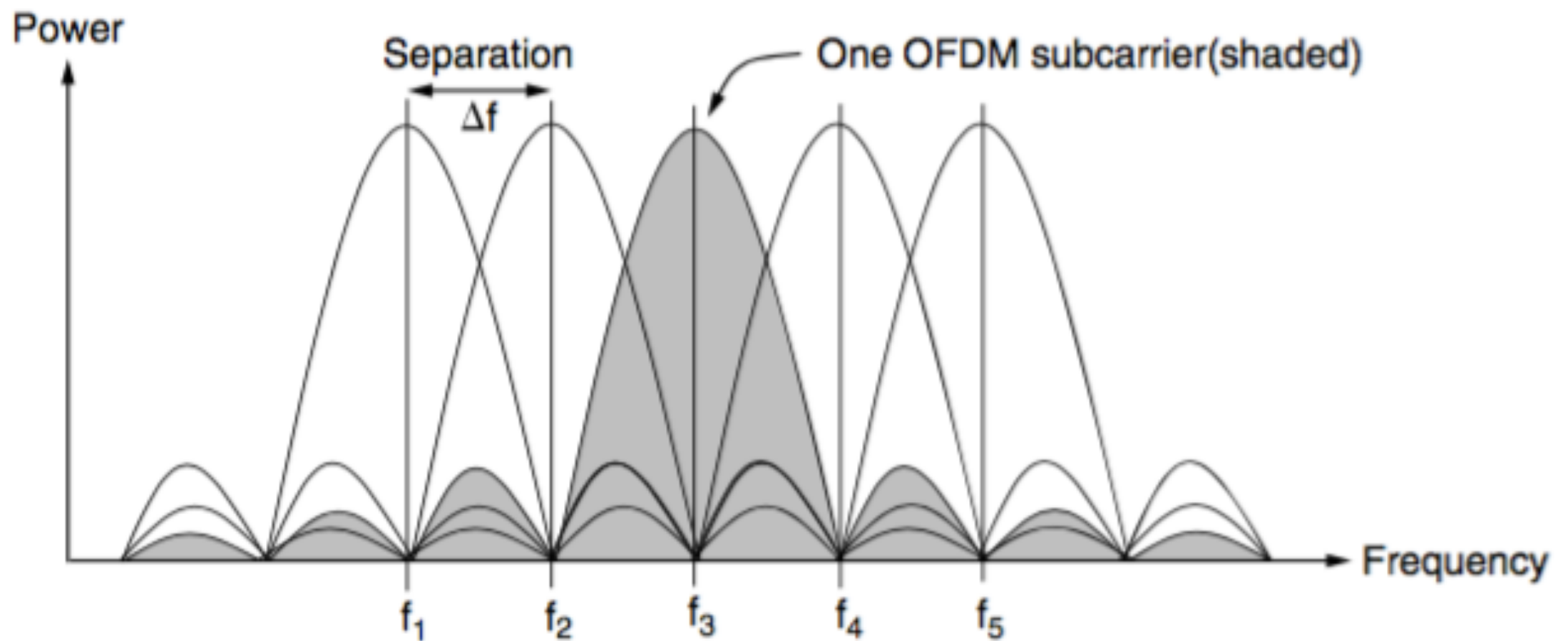
{telephone, radio, TV}



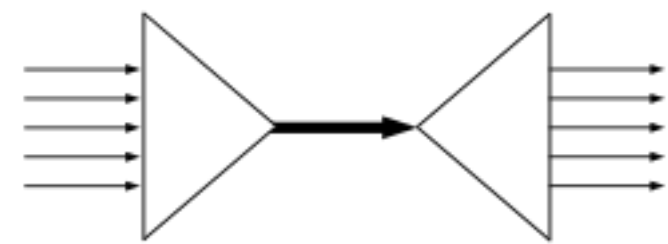
Multiplexing



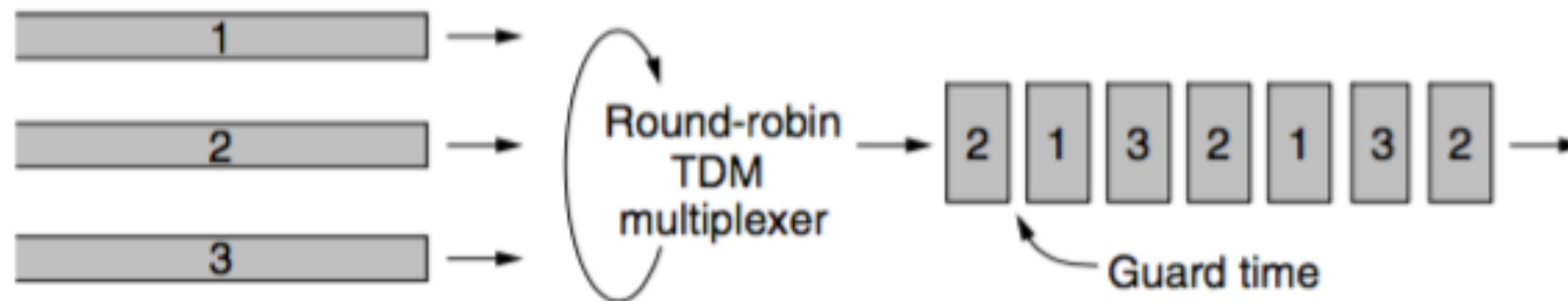
OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
{802.11, cable networks, power line networking}



Multiplexing



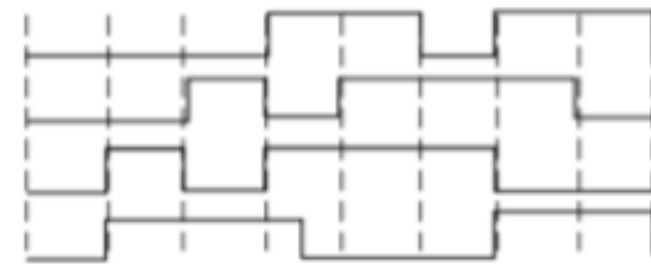
TDM (Time Division Multiplexing)
{web proxy servers}



CDM (Code Division Multiplexing)
CDMA (Code Division Multiple Access)
{mobile phone}

$$\begin{aligned} A &= (-1 \ -1 \ -1 \ +1 \ +1 \ -1 \ +1 \ +1) \\ B &= (-1 \ -1 \ +1 \ -1 \ +1 \ +1 \ +1 \ -1) \\ C &= (-1 \ +1 \ -1 \ +1 \ +1 \ +1 \ -1 \ -1) \\ D &= (-1 \ +1 \ -1 \ -1 \ -1 \ -1 \ +1 \ -1) \end{aligned}$$

(a)



(b)

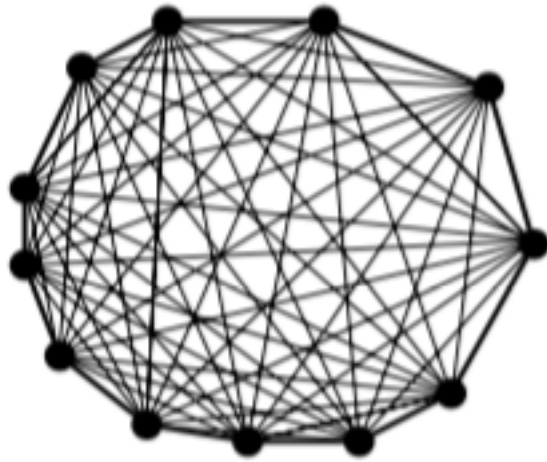
$$\begin{aligned} S_1 &= C &= (-1 \ +1 \ -1 \ +1 \ +1 \ +1 \ -1 \ -1) \\ S_2 &= B+C &= (-2 \ 0 \ 0 \ 0 \ +2 \ +2 \ 0 \ -2) \\ S_3 &= A+\bar{B} &= (0 \ 0 \ -2 \ +2 \ 0 \ -2 \ 0 \ +2) \\ S_4 &= A+\bar{B}+C &= (-1 \ +1 \ -3 \ +3 \ +1 \ -1 \ -1 \ +1) \\ S_5 &= A+B+C+D &= (-4 \ 0 \ -2 \ 0 \ +2 \ 0 \ +2 \ -2) \\ S_6 &= A+B+\bar{C}+D &= (-2 \ -2 \ 0 \ -2 \ 0 \ -2 \ +4 \ 0) \end{aligned}$$

(c)

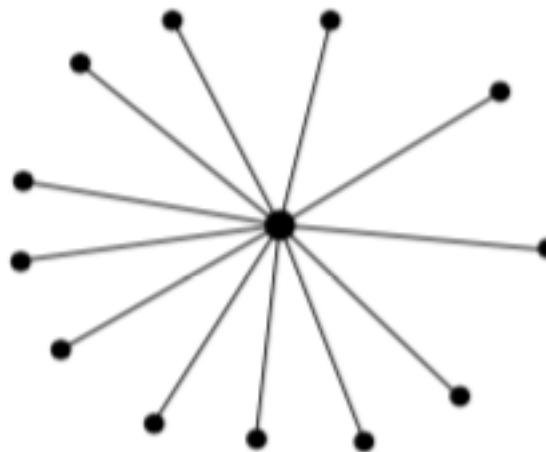
$$\begin{aligned} S_1 \cdot C &= [1+1-1+1+1+1-1-1]/8 = 1 \\ S_2 \cdot C &= [2+0+0+0+2+2+0-2]/8 = 1 \\ S_3 \cdot C &= [0+0+2+2+0-2+0-2]/8 = 0 \\ S_4 \cdot C &= [1+1+3+3+1-1+1-1]/8 = 1 \\ S_5 \cdot C &= [4+0+2+0+2+0-2+2]/8 = 1 \\ S_6 \cdot C &= [2-2+0-2+0-2-4+0]/8 = -1 \end{aligned}$$

(d)

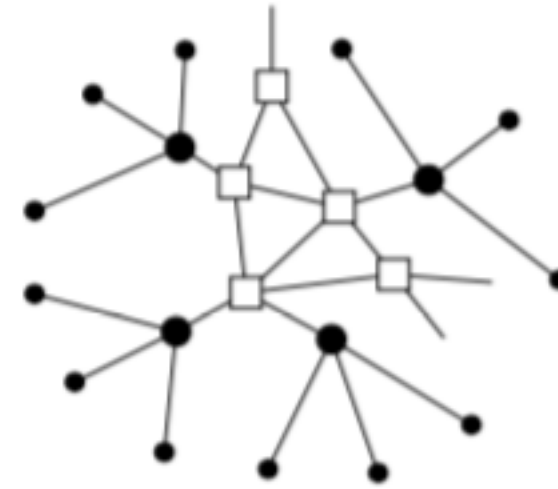
Public switched telephone network



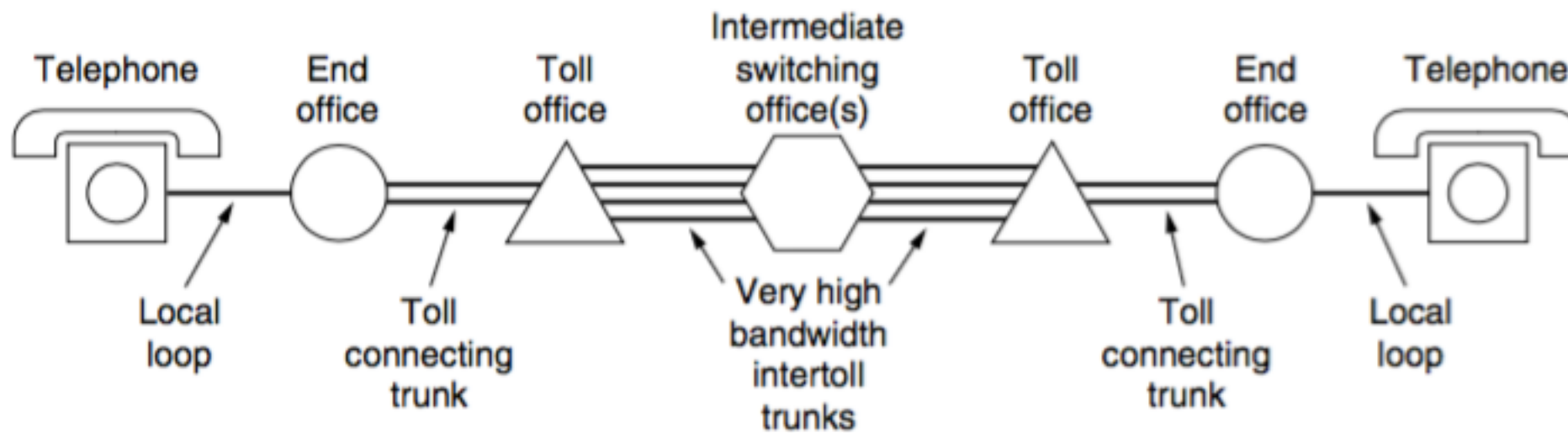
(a)



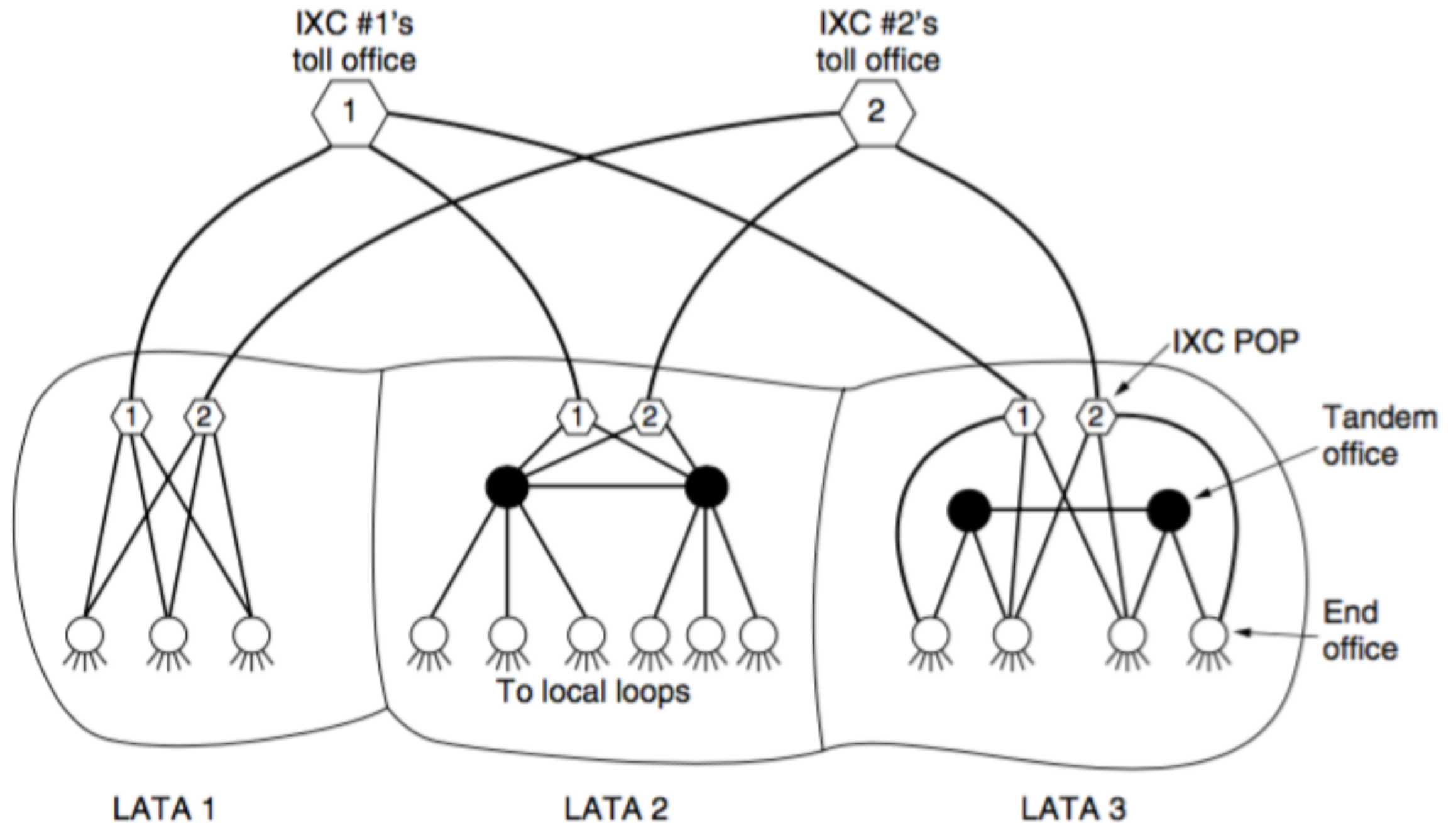
(b)



(c)



Public switched telephone network

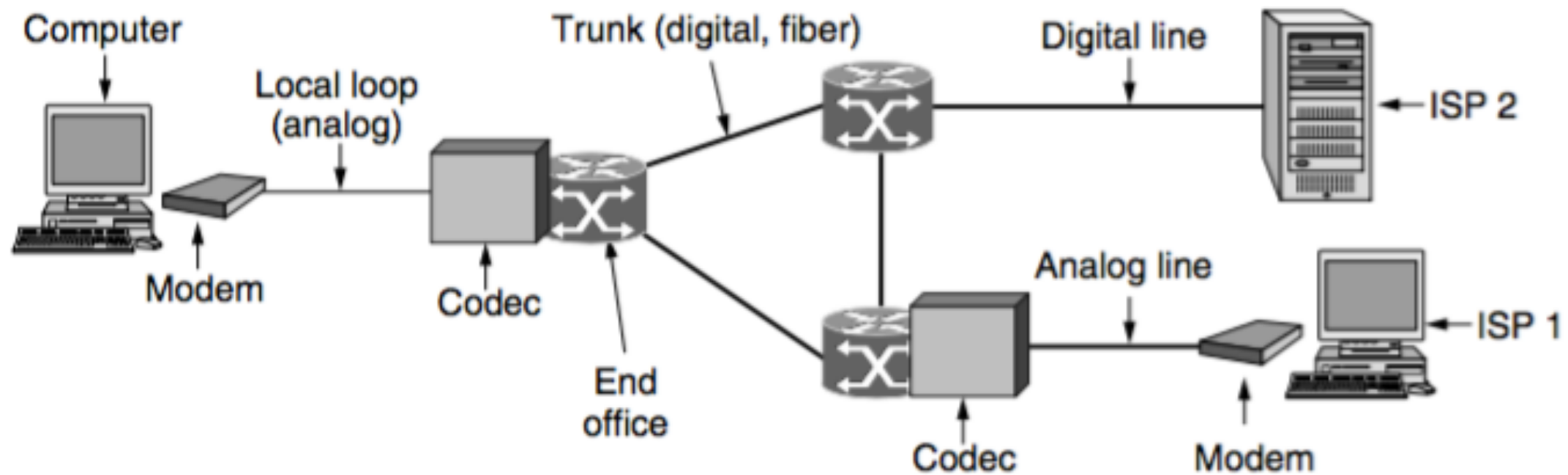


IXC: InterExchange Carrier

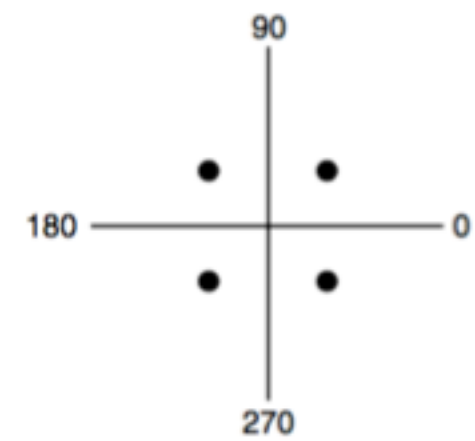
LATA: Local Access and Transport Area

Using telephone networks for internet

Telephone modems



2400 bps



(a)
QPSK

4800 → 9600 → 14,400 → 33,600 → 56,000

V.32

V.32bis

V.34bis

V.92

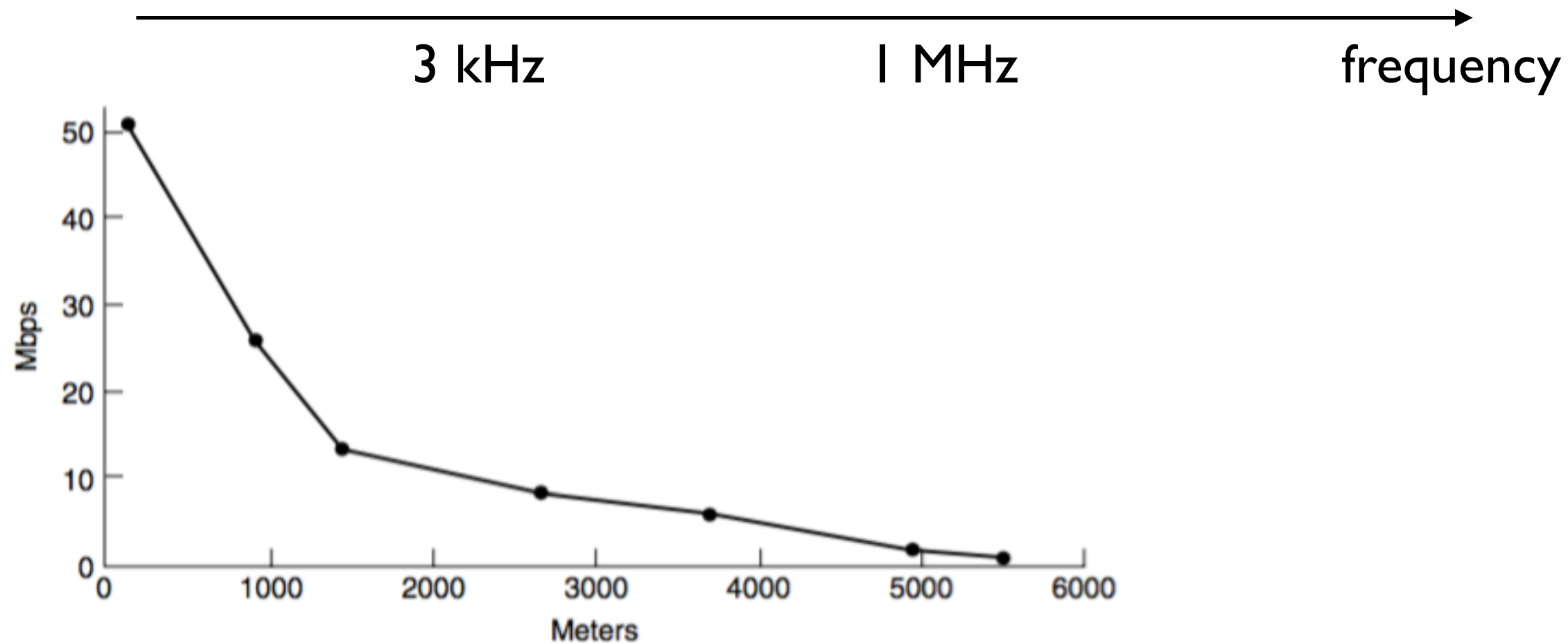
Using telephone networks for internet

DSL (Digital Subscriber Line)



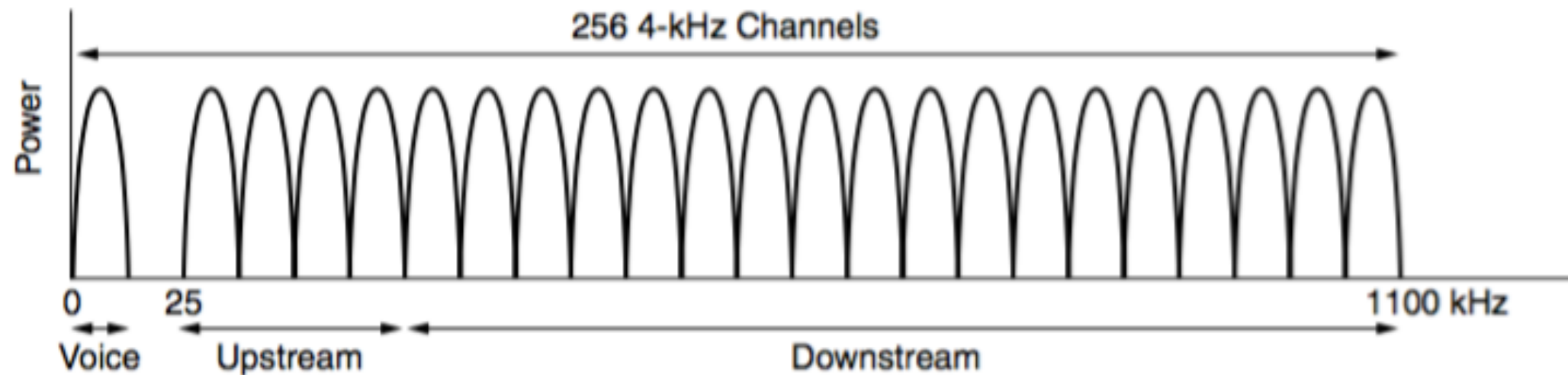
~~filter~~

physical limit



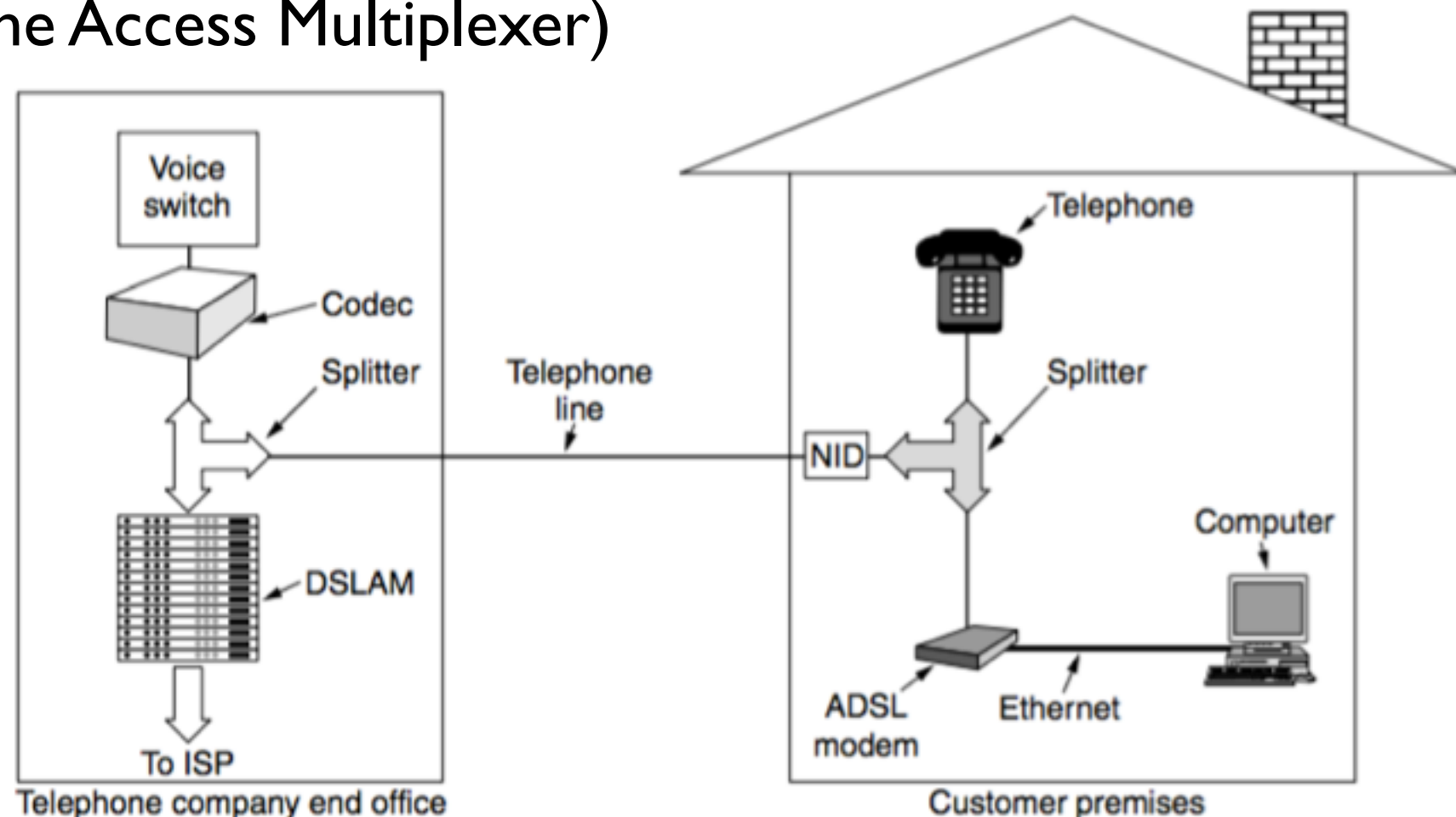
Using telephone networks for internet

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)



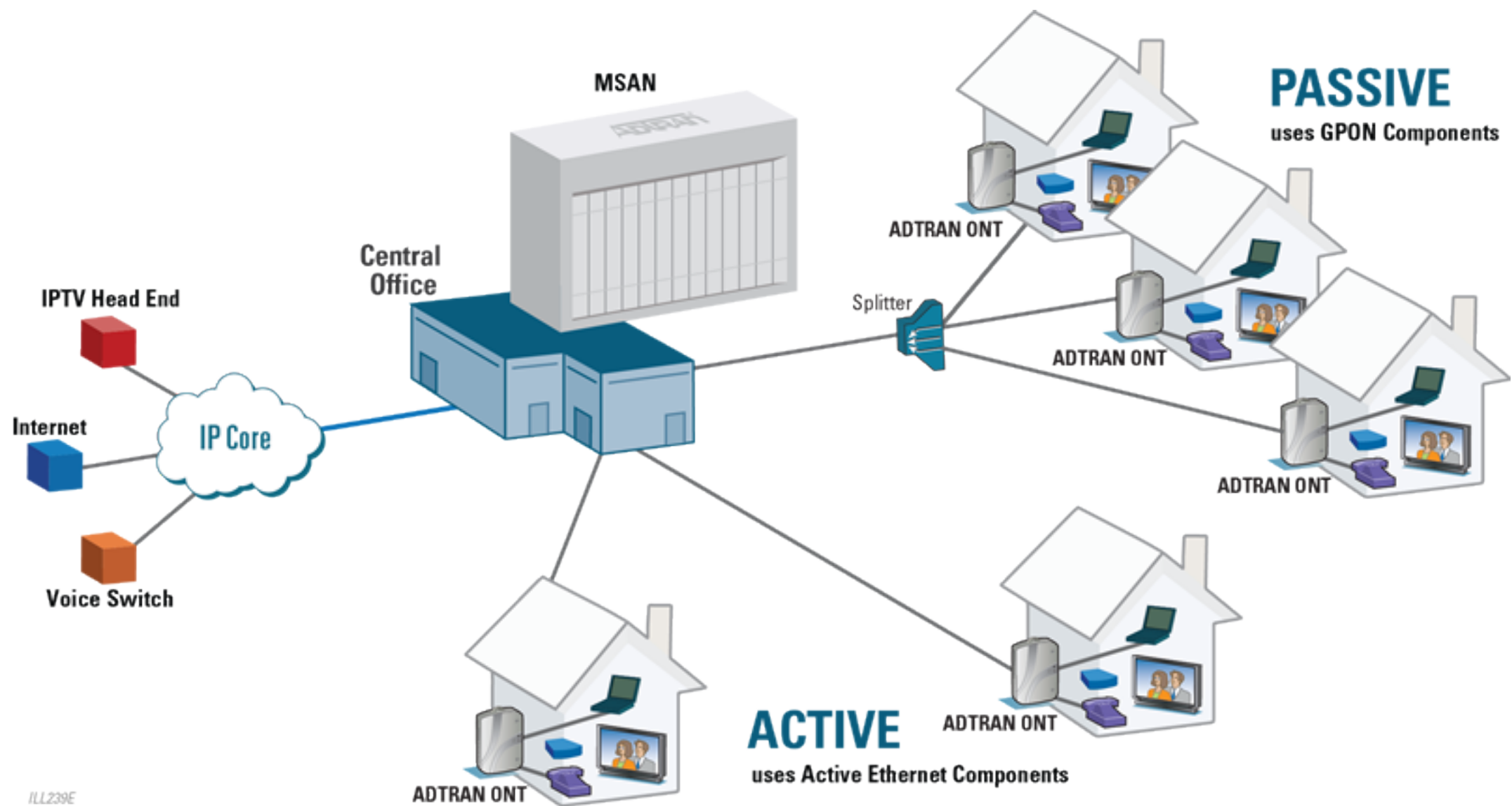
DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)

8 Mbps



NID (Network Interface Device)

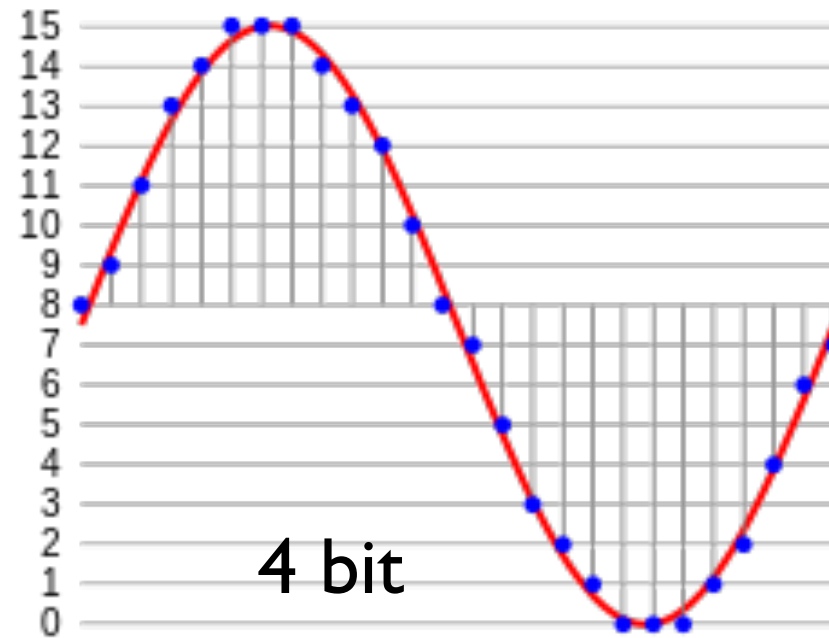
FttH (Fiber to the Home) 光回線



GPON (Gigabit Passive Optical Network) 2.4 Gbps

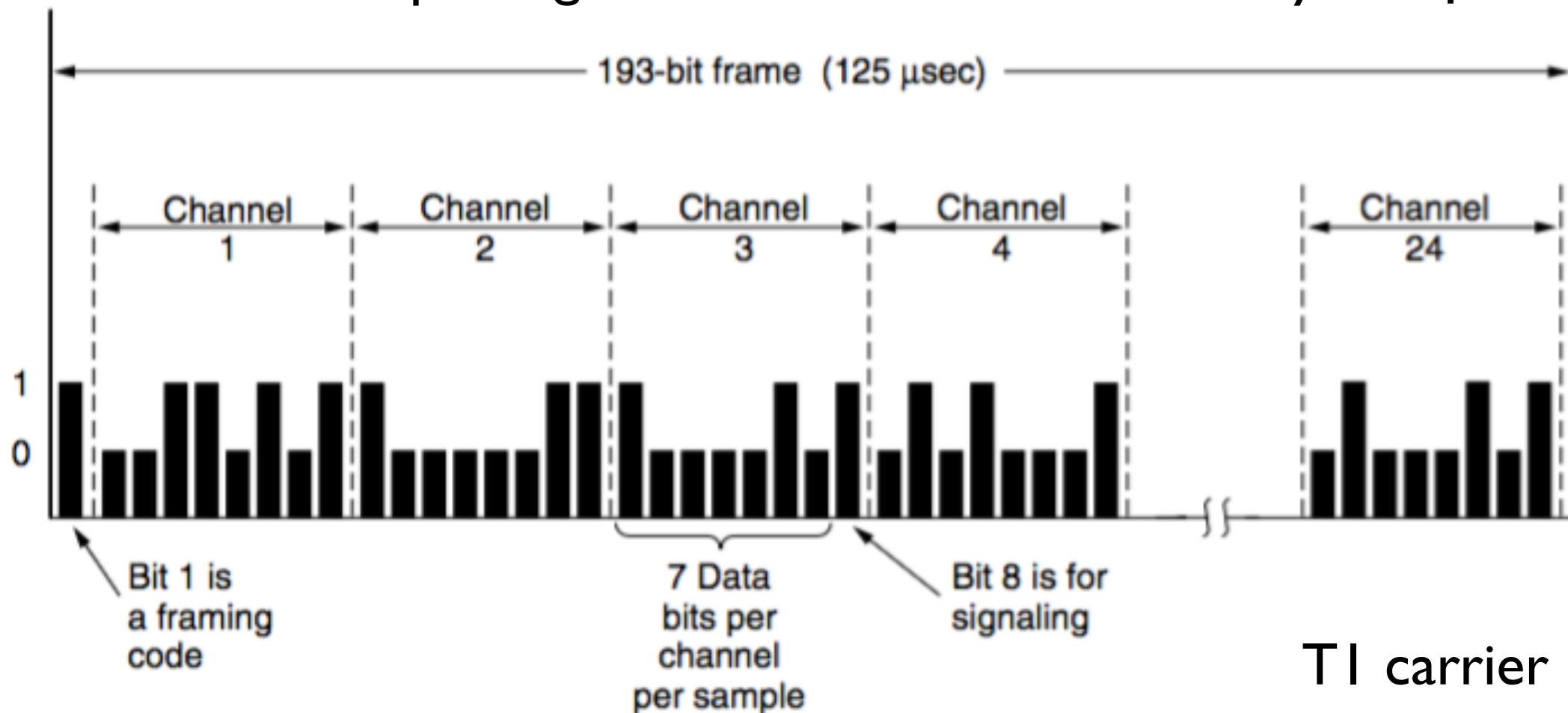
Digitizing voice signals

PCM (Pulse Code Modulation)

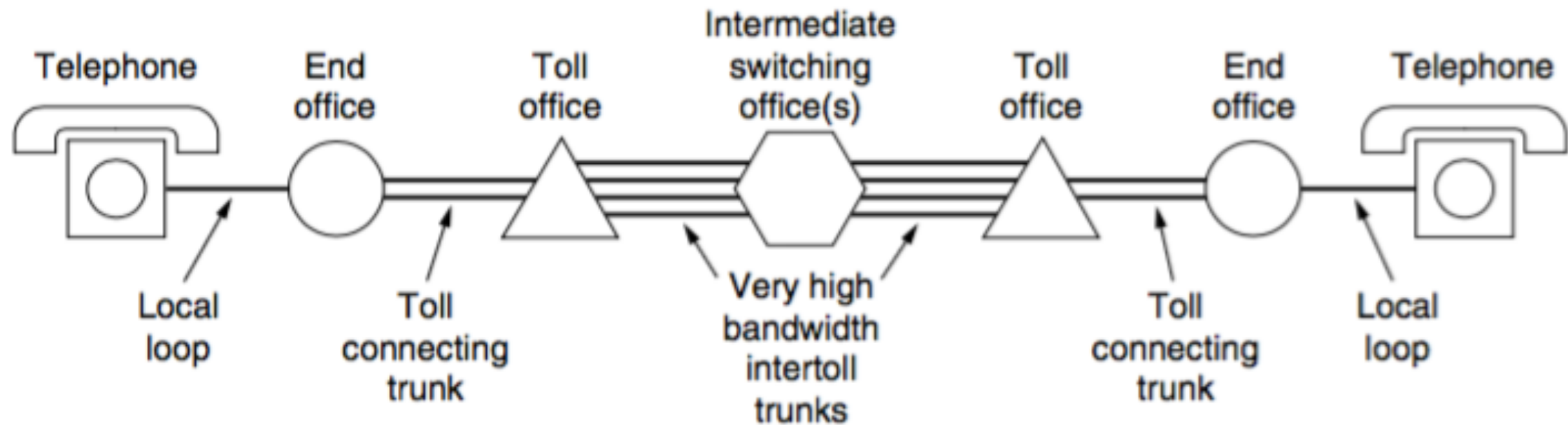


Time Division Multiplexing

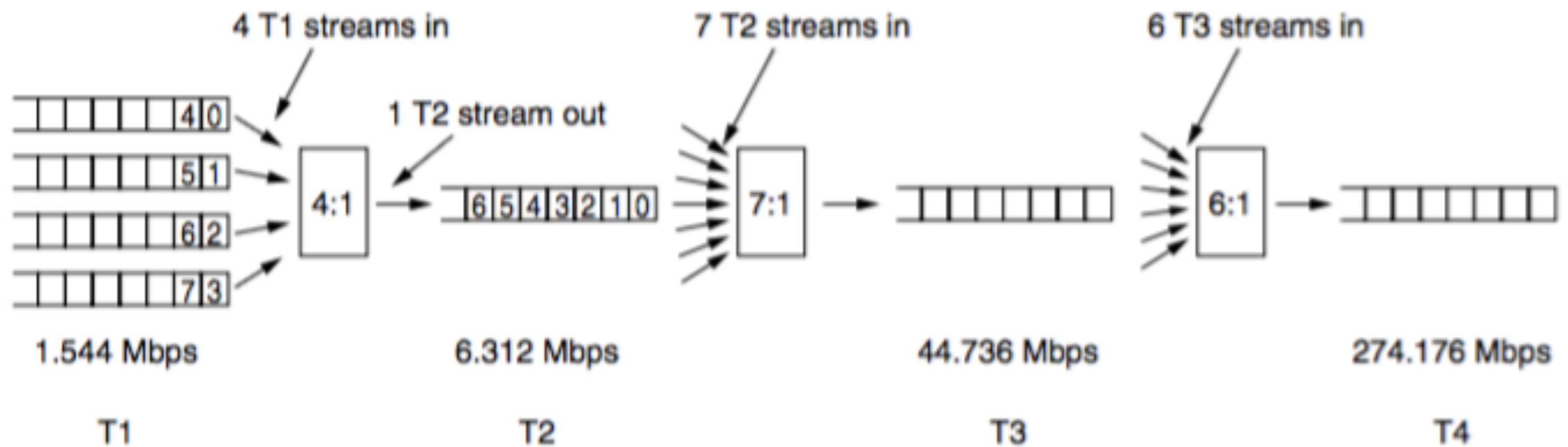
8 bits every 125 μ sec = 64 kbps



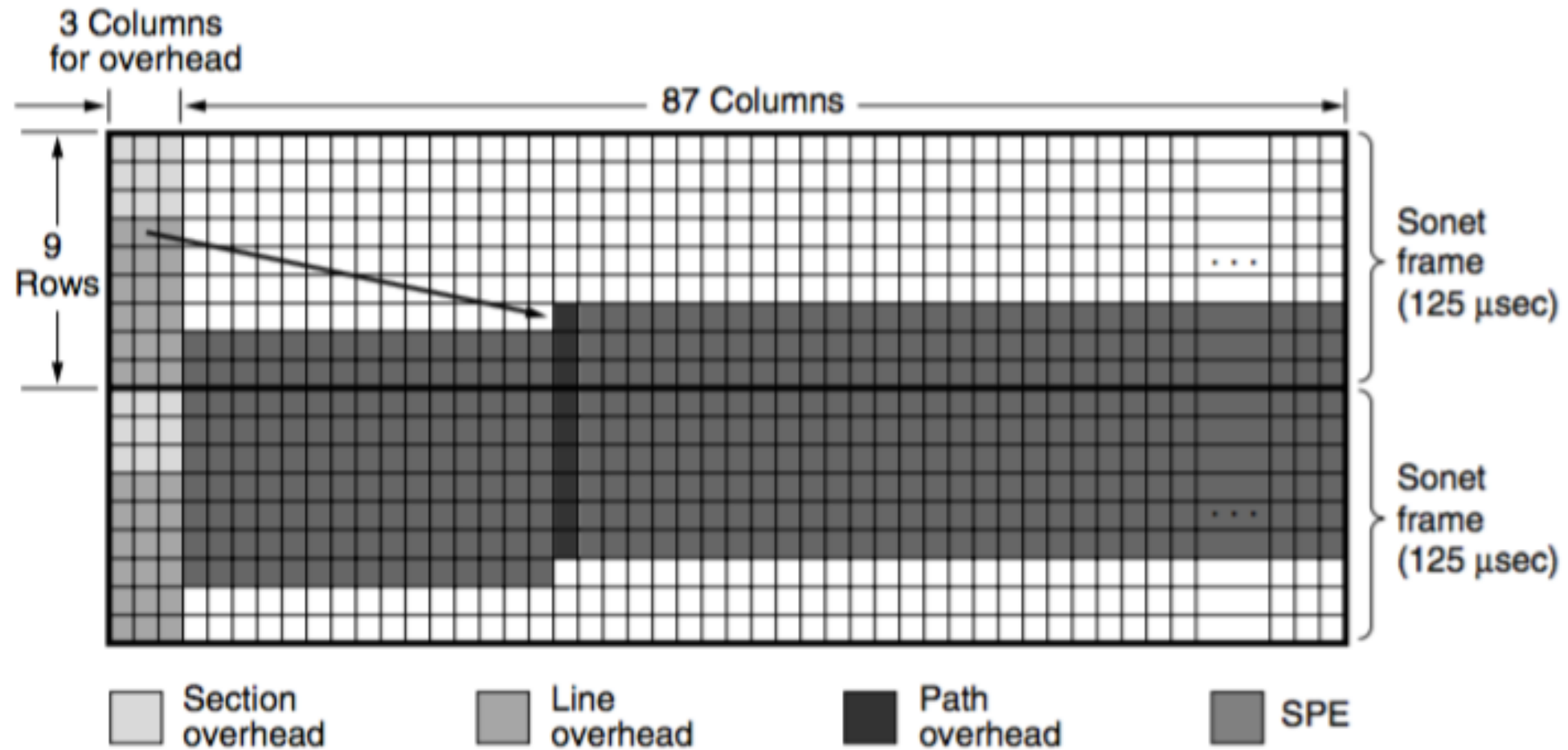
Time division multiplexing



T1 T2 T3

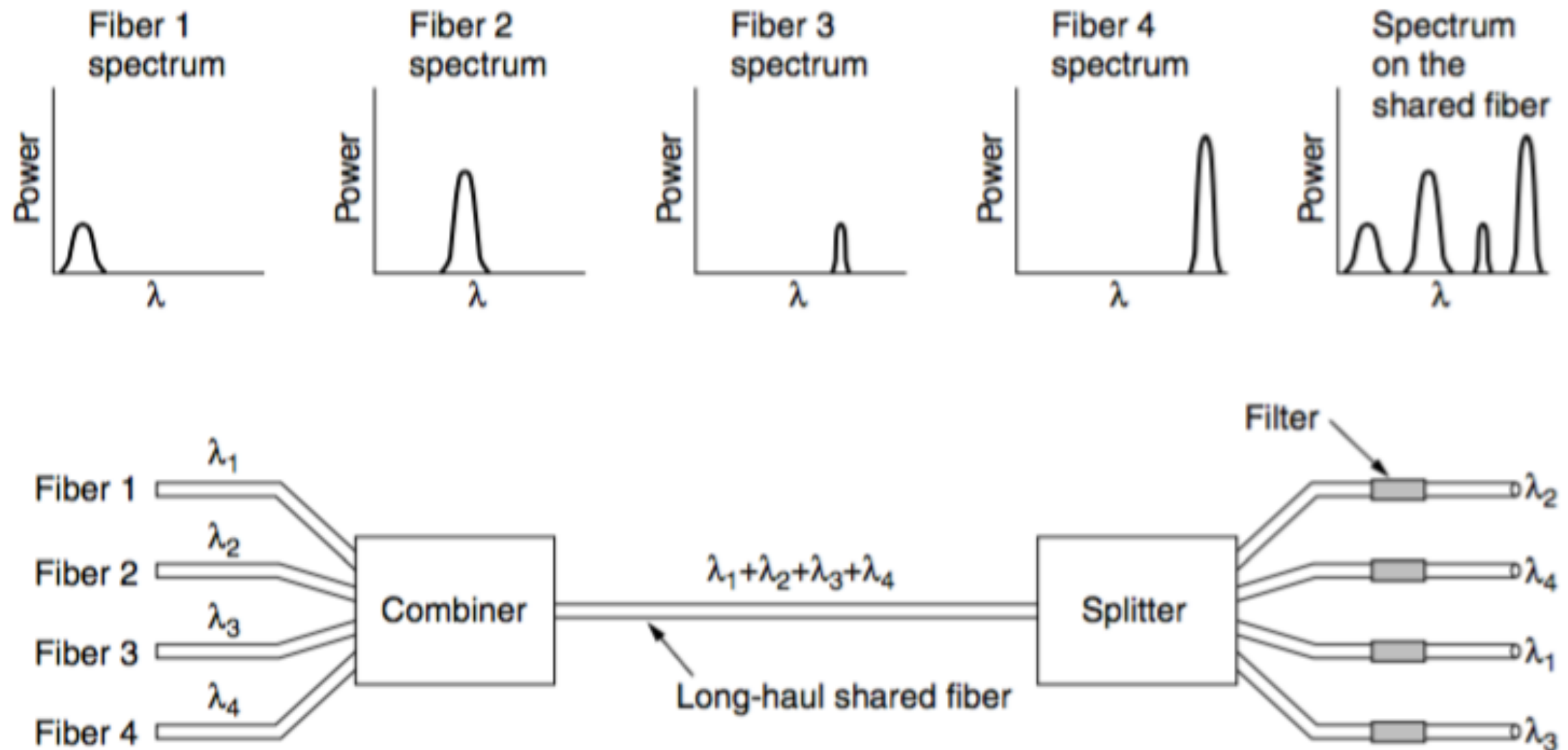


SONET (Synchronous Optical NETwork)



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-12	OC-12	STM-4	622.08	601.344	594.432
STS-48	OC-48	STM-16	2488.32	2405.376	2377.728
STS-192	OC-192	STM-64	9953.28	9621.504	9510.912
STS-768	OC-768	STM-256	39813.12	38486.016	38043.648

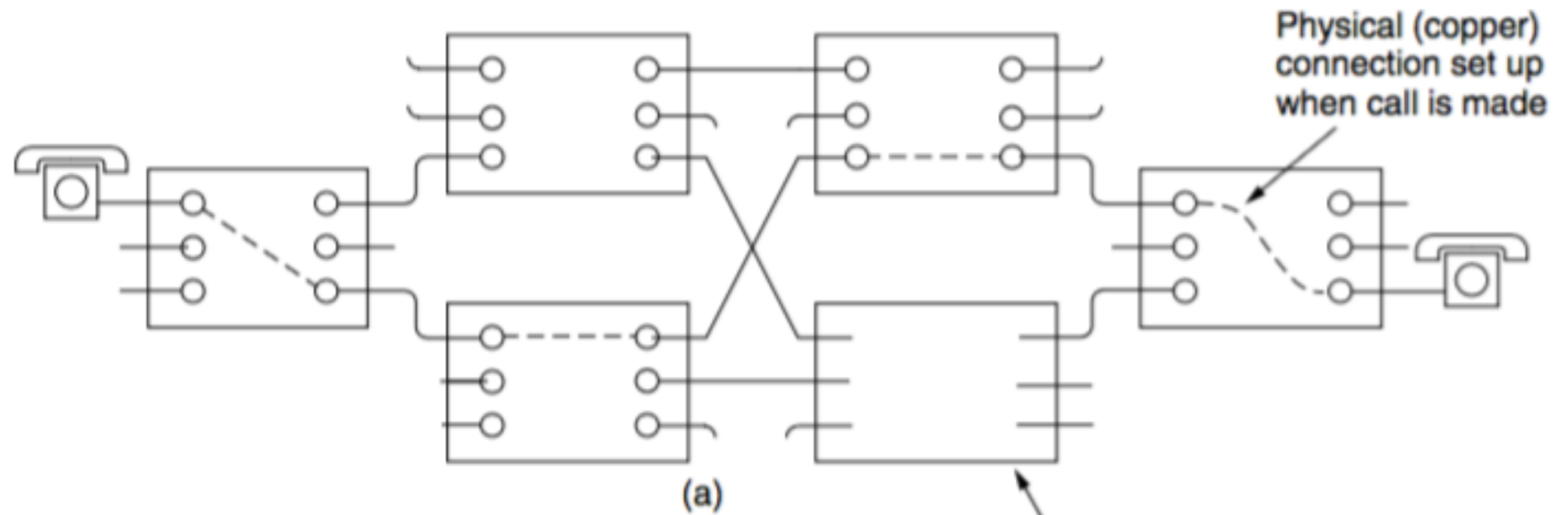
Frequency division multiplexing



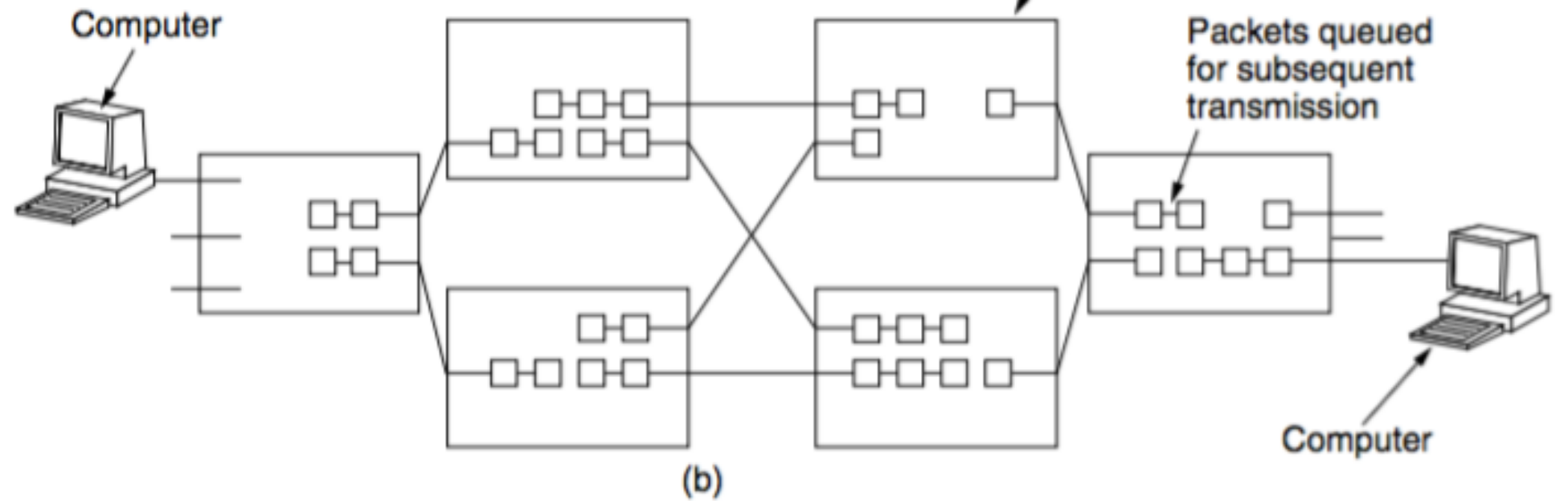
$$64 \text{ channels} \times 40 \text{ Gbps} = 2.56 \text{ Tbps}$$

Switching

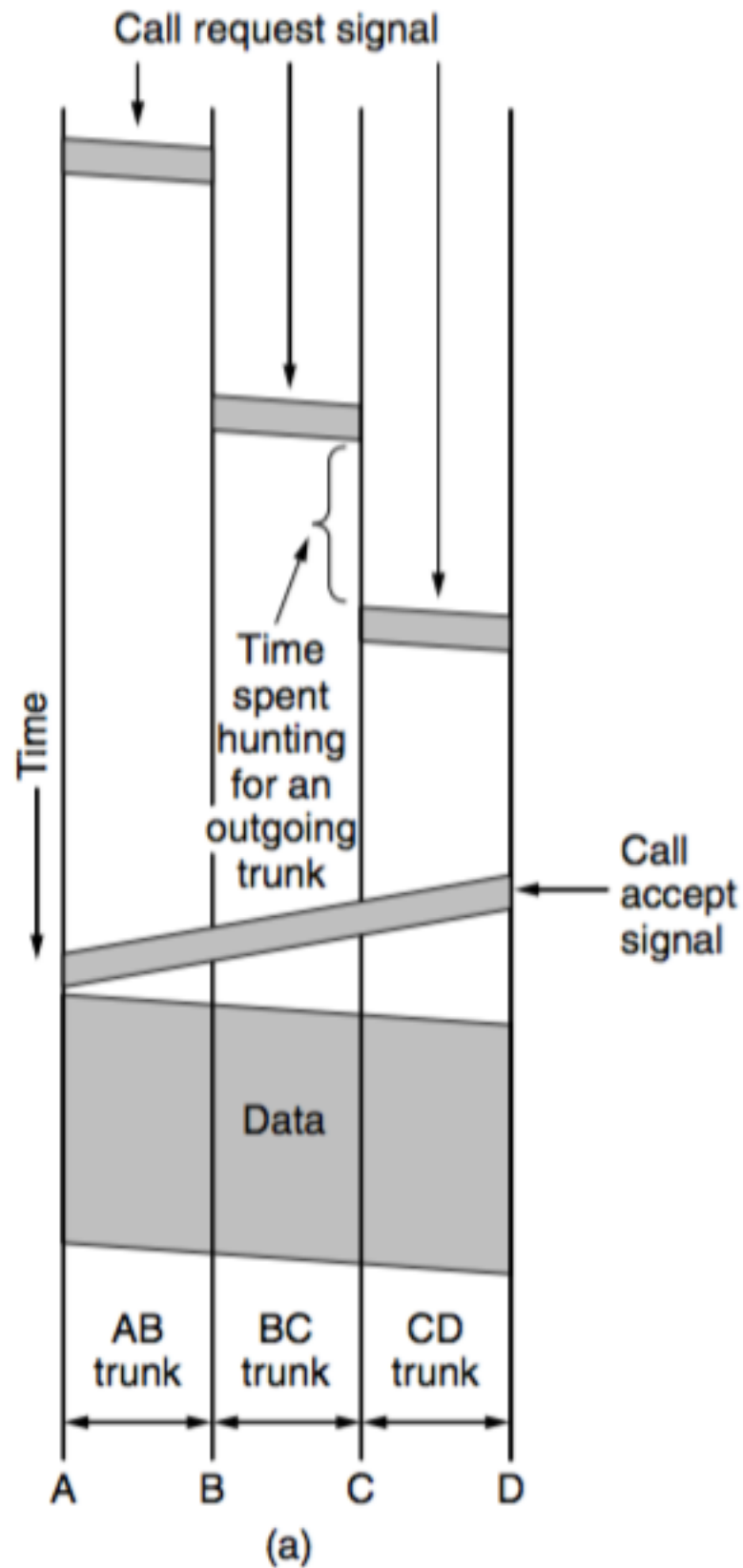
Circuit switching



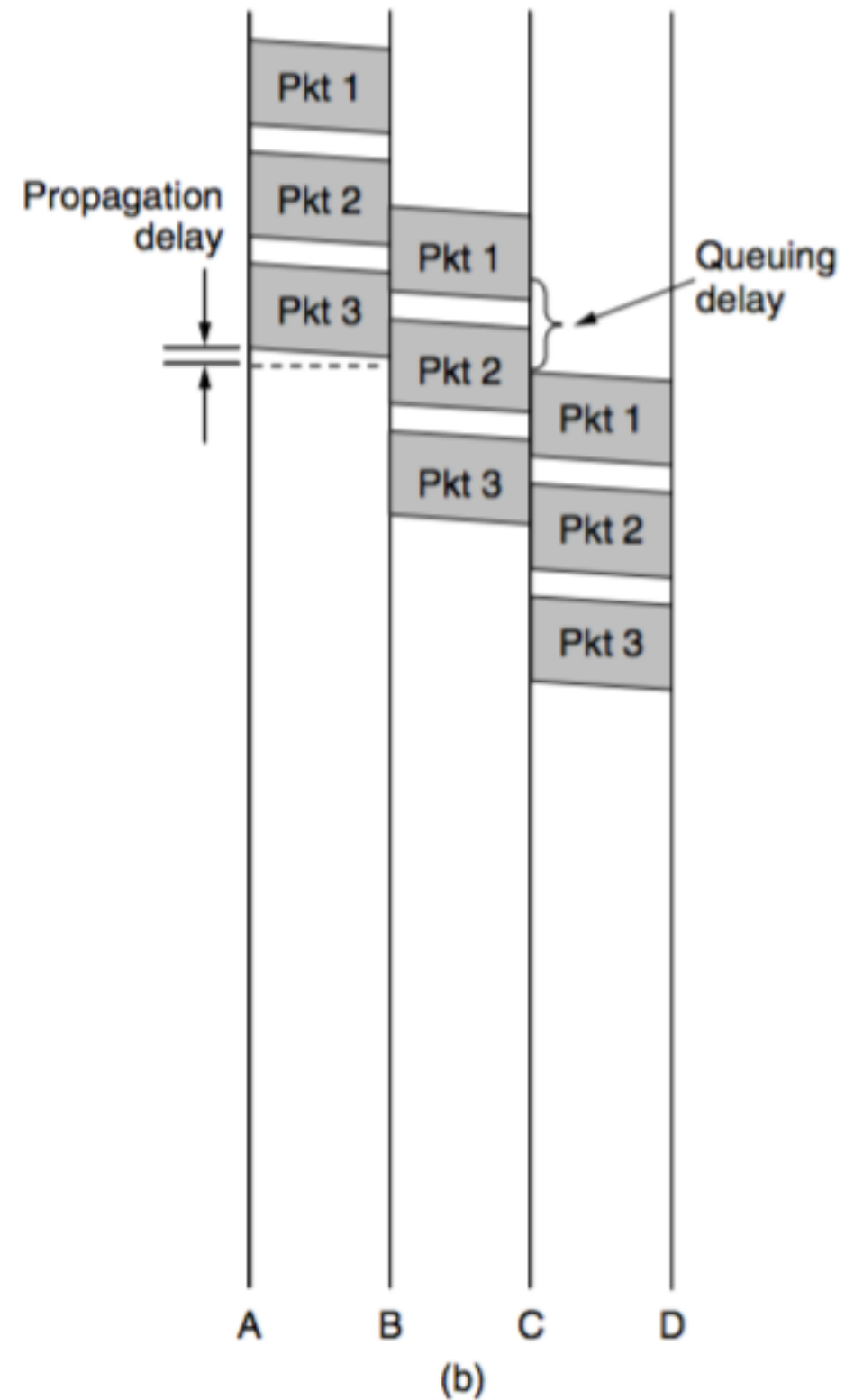
Packet switching



Circuit vs Packet



Circuit switching



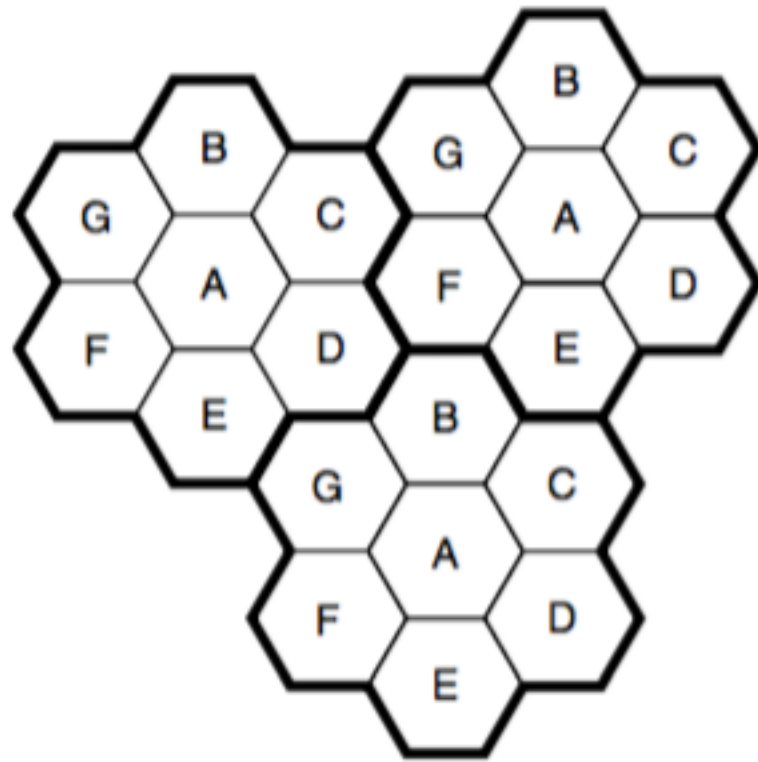
Packet switching

Circuit vs Packet

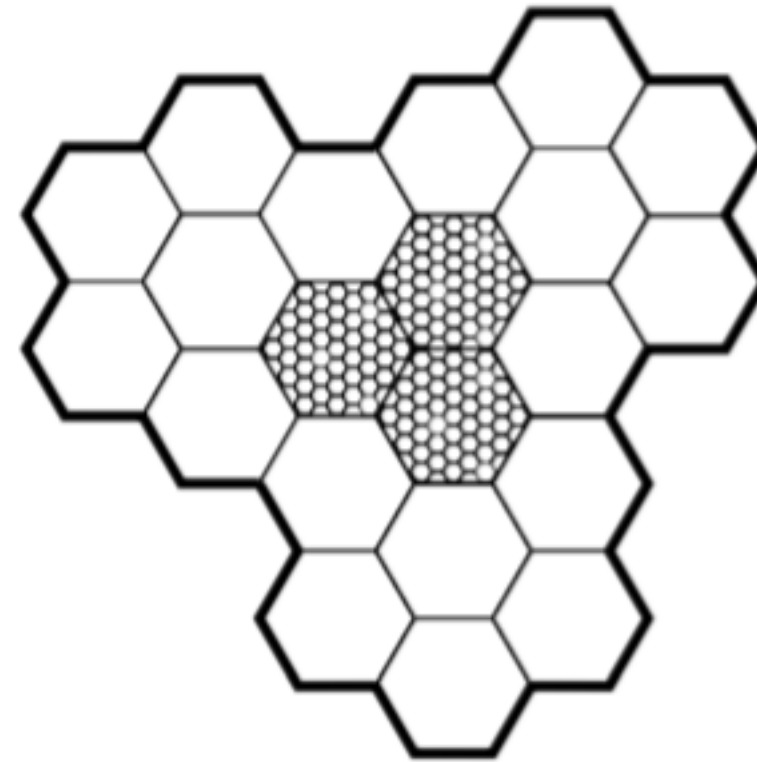
Item	Circuit switched	Packet switched
Call setup	Required	Not needed
Dedicated physical path	Yes	No
Each packet follows the same route	Yes	No
Packets arrive in order	Yes	No
Is a switch crash fatal	Yes	No
Bandwidth available	Fixed	Dynamic
Time of possible congestion	At setup time	On every packet
Potentially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

Mobile telephone system (1G)

AMPS (Advanced Mobile Phone System)



(a) cells



(b) microcells

832 full-duplex channels

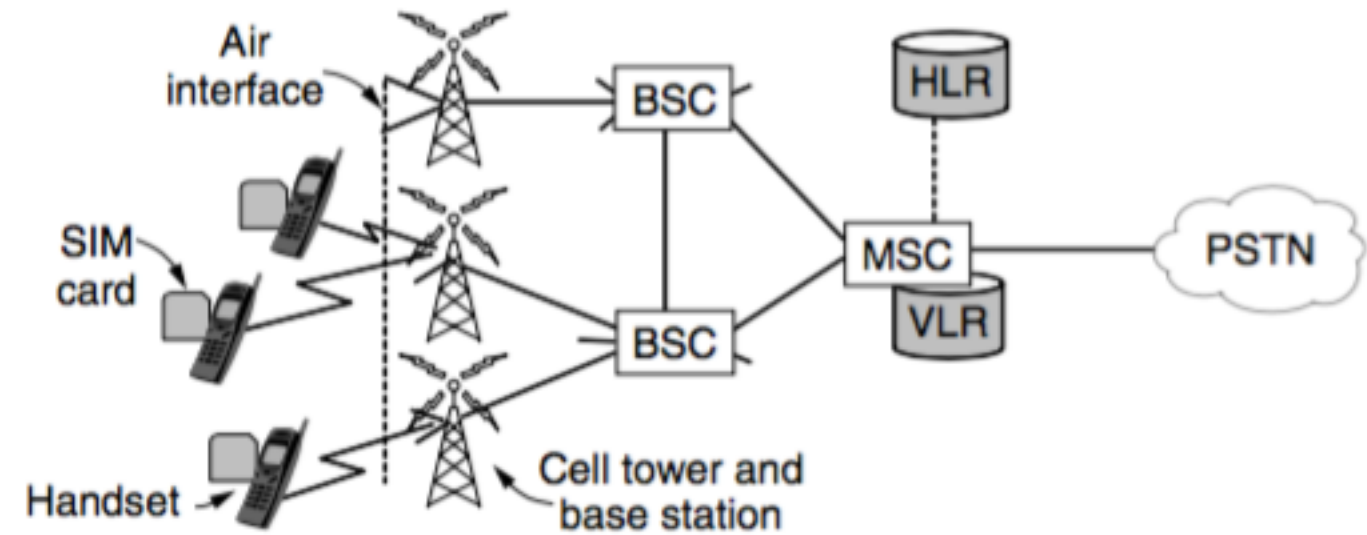
Mobile to base station: 824 to 849 MHz

Base station to mobile: 869 to 894 MHz

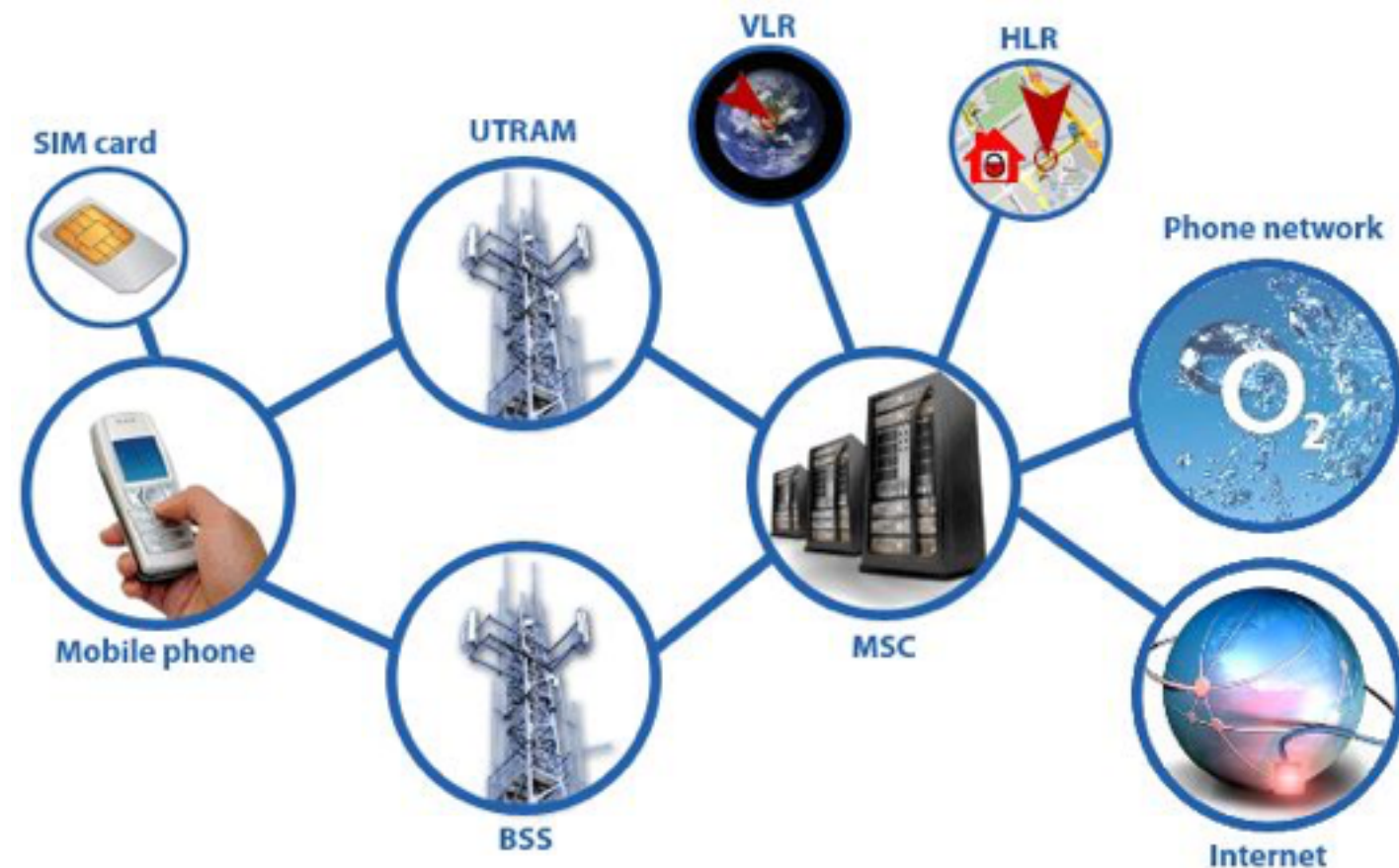
Mobile telephone system (2G)

GSM (Global System for Mobile communications)

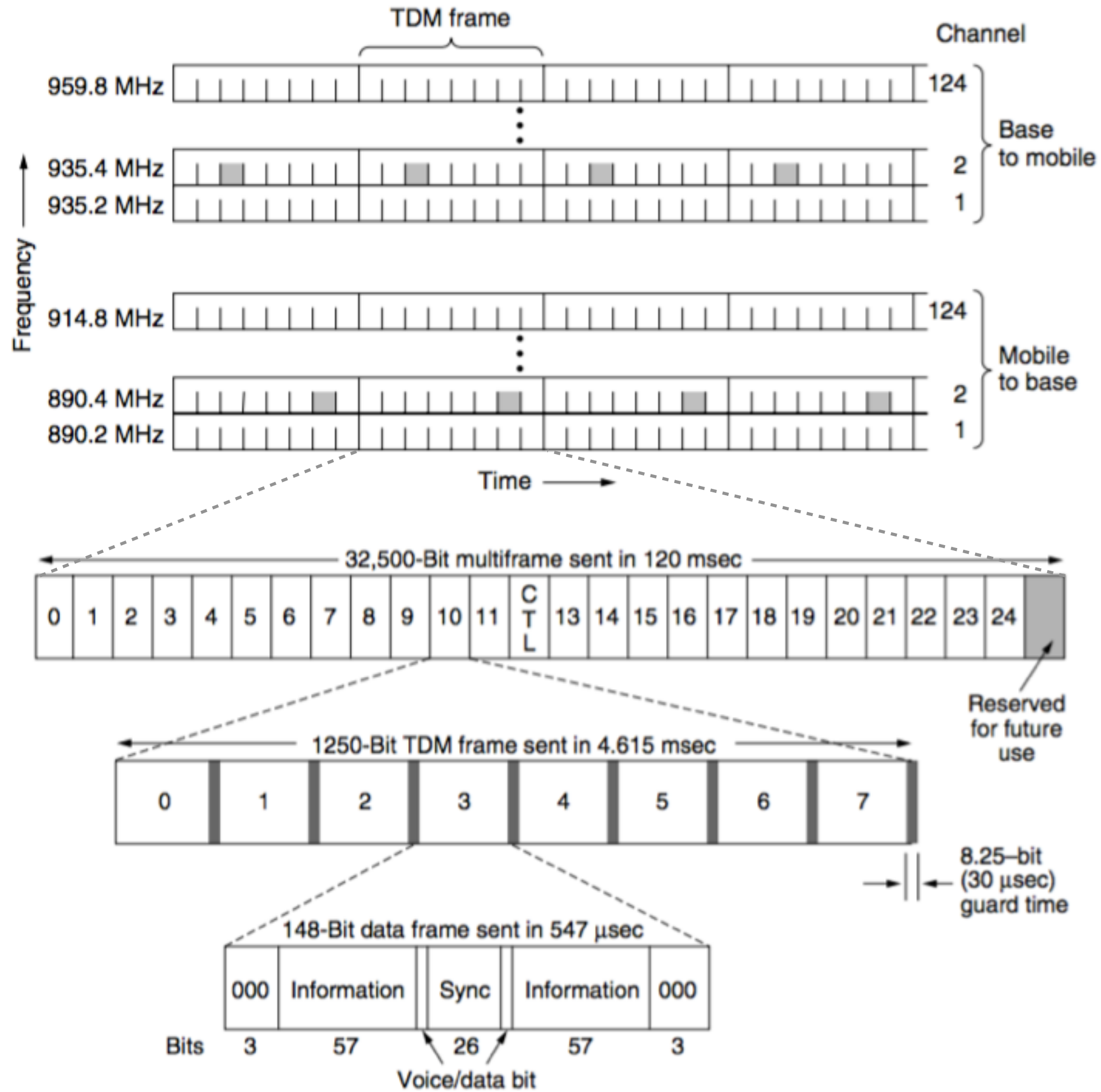
SIM (Subscriber Identity Module)
BSC (Base Station Controller)
MSC (Mobile Switching Center)



VLR (Visitor Location Register):
Database of nearby mobiles
HLR (Home Location Register):
Last location of mobile

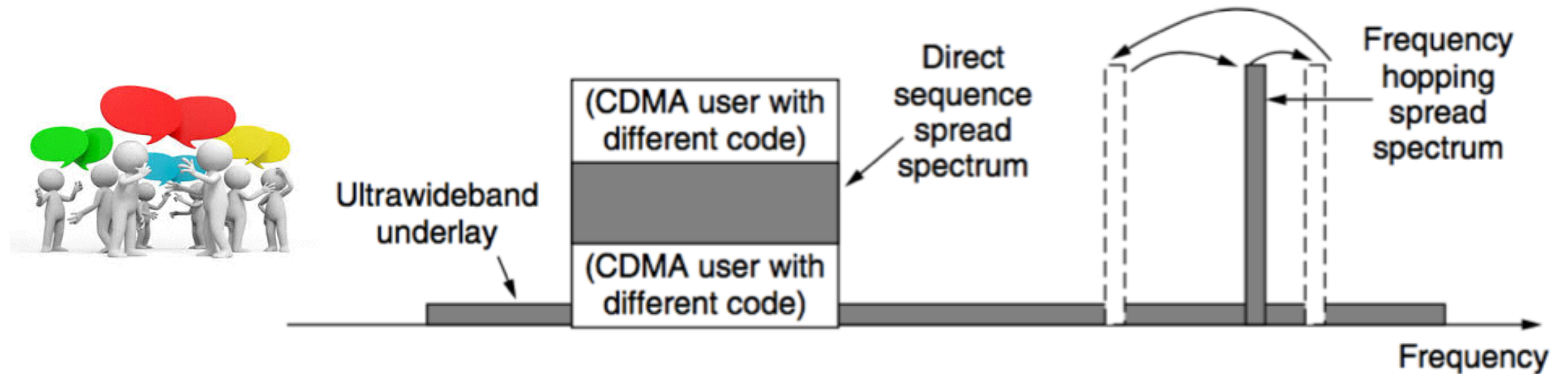


GSM Data Packets

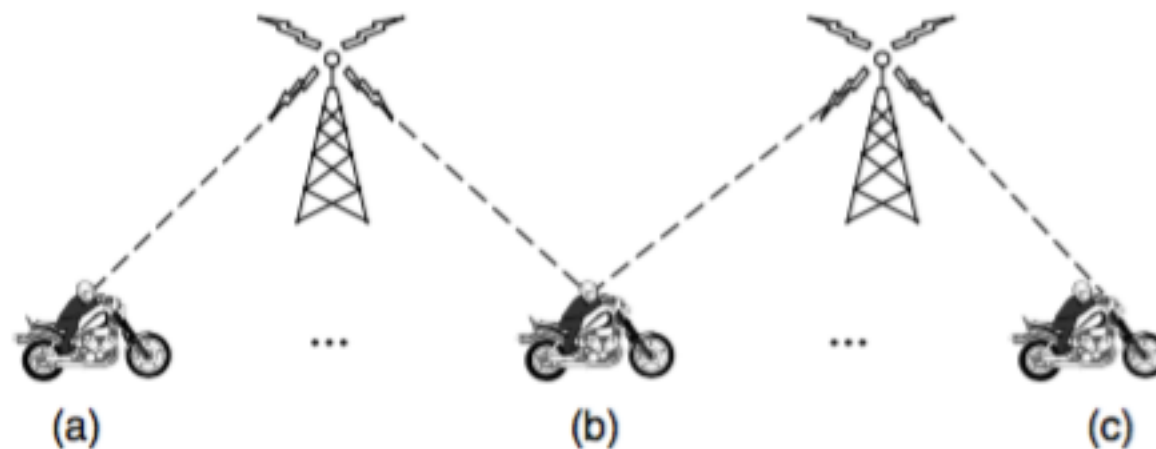


Mobile telephone system (3G)

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access)

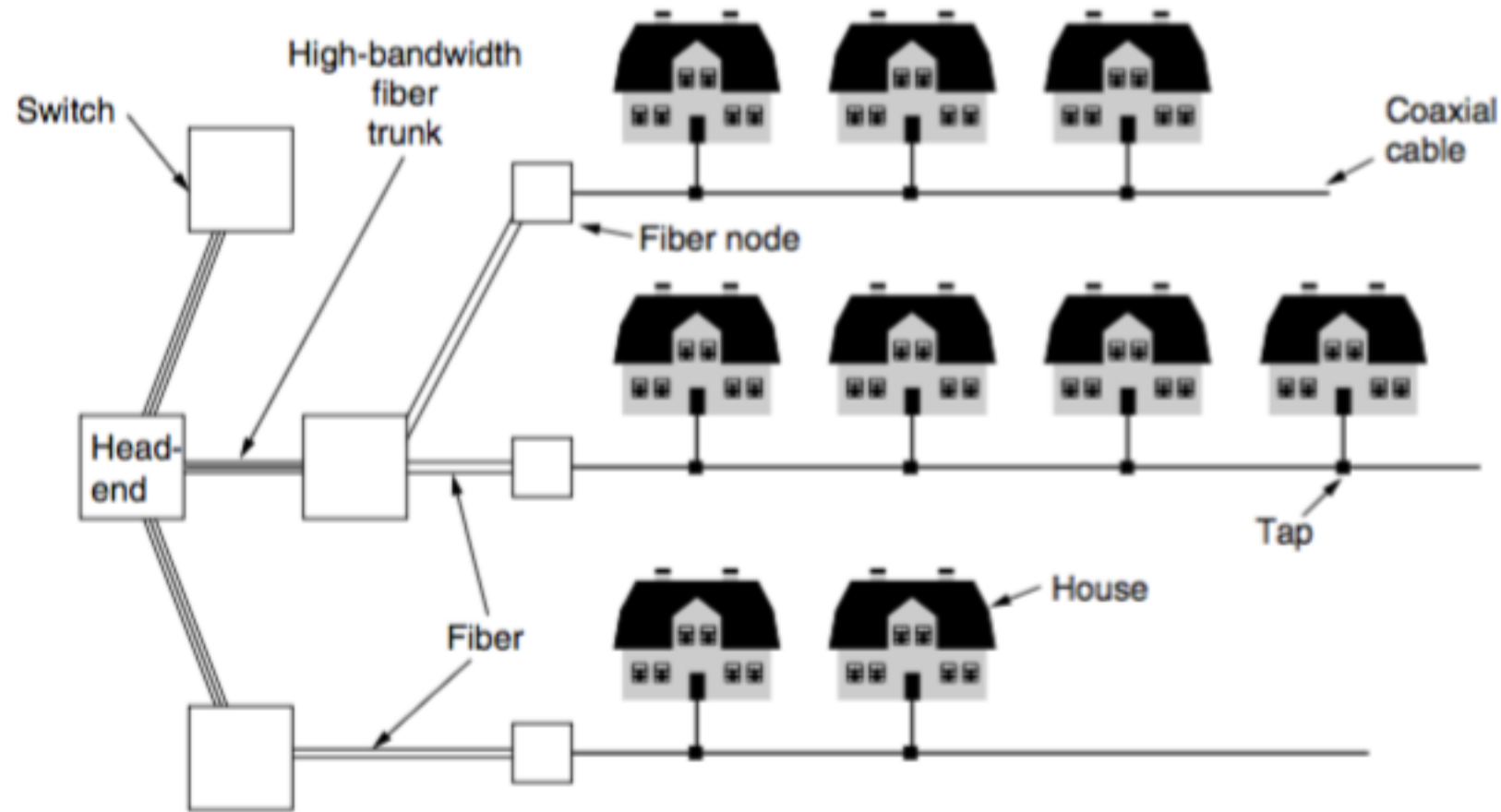


How to generate orthogonal chip sequences? : Pseudorandom sequence

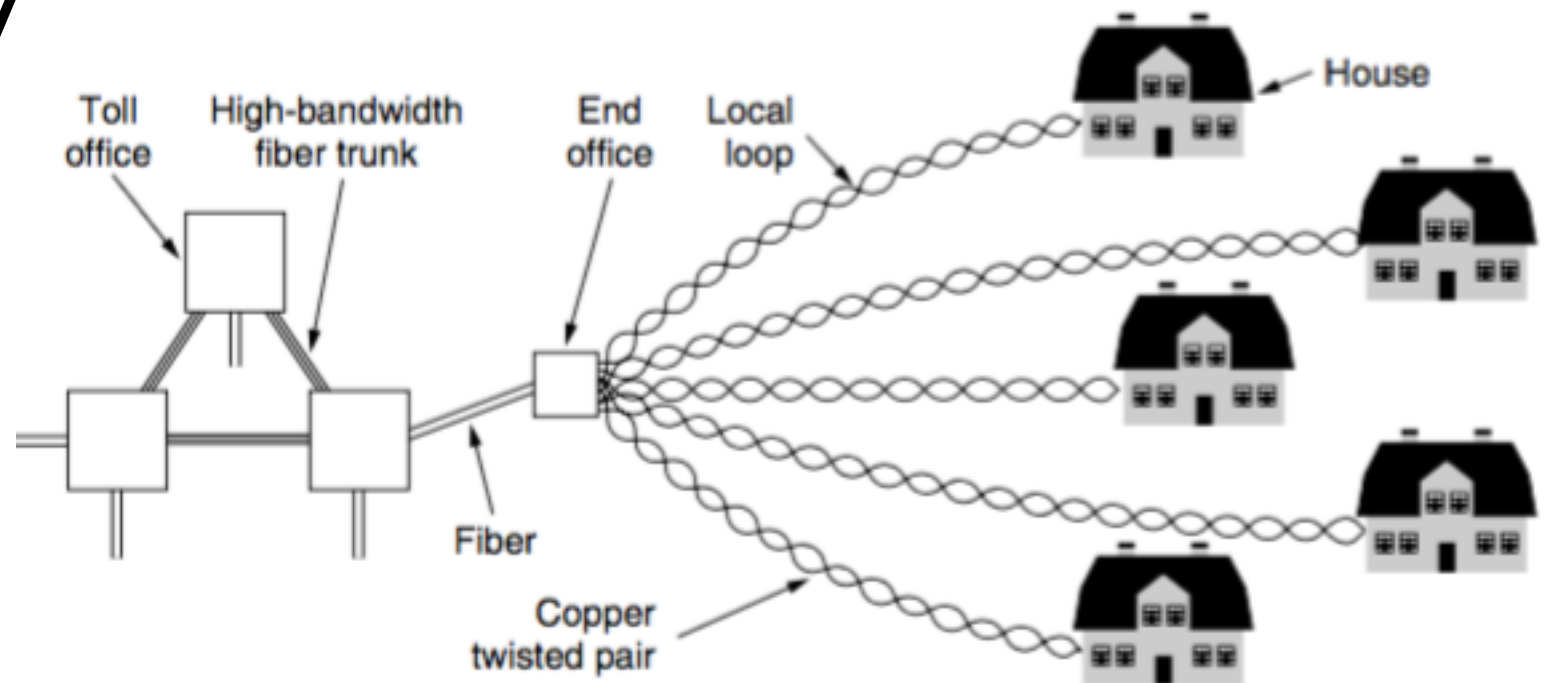


Soft handoff

Using cable networks for internet



Cable TV



Telephone

講義日程 (1Q)

	授業計画		課題
04/05	第1回	計算機ネットワークの基本概念 ハードウェア・ソフトウェア, 参照モデル	1章 ネットワークの種類と参照モデルを理解し プロトコル階層と各層の設計課題
04/12	第2回	物理層1 有線伝送と無線伝送	2章 物理チャネルの特性を理解し データ通信の理論的基礎を理解
04/19	第3回	物理層2 デジタル変調と多重化	2章 ベースバンド伝送と通過帯域伝送, 電話網, 携帯電話システムを説明できる
04/26	第4回	データリンク層1 誤りの検出・訂正	3章 誤りの検出・訂正のしくみを理解し 検出・訂正符号の計算ができる
05/10	第5回	データリンク層2 データリンク・プロトコル	3章 データリンク・プロトコルの種類, 各プロトコルを定量的に評価できる
05/17	第6回	メディア・アクセス副層1 ブロードキャスト・チャネル	4章 多重アクセス・プロトコルを理解し データ・レートを計算できる
05/24	第7回	メディア・アクセス副層2 無線 LAN, Bluetooth, RFID	4章 個別のプロトコル・スタックを理解し データリンク層スイッチングを理解
05/31	第8回	理解度確認総合演習 (中間試験) 第1回から第7回までの内容の演習形式による確認	第1回から第7回までの理解度確認と 到達度自己評価