

通信伝送工学 (Communication Engineering)

担当 高田潤一教授：大岡山南 6 号館 213 号室（内線 3282）

【講義の目的】

情報通信のための実際的な変復調などのデジタル伝送技術，および情報の定量化に関する情報理論を理解する．

【講義計画】

1. 通信伝送のモデルと具体例
2. 情報源符号化
3. データ圧縮
4. 通信路容量
5. 通信路符号化
6. 誤り訂正符号
7. 中間試験
8. 定常過程，自己相関関数
9. ウィナー・ヒンチンの定理，雑音
10. パルス伝送，スペクトル
11. 整合フィルタ，最適受信機
12. 雑音による誤り，情報理論との関係
13. 等価基底帯域系と信号空間解析
14. ASK・PSK の変復調

【教科書・参考書等】

S. Haykin, Communication Systems , 4th Eds., Wiley, 2000.

【関連科目・履修の条件等】

[推奨事前履修科目]

フーリエ変換およびラプラス変換，応用確率統計

[関連科目]

微分積分学第一，同第二，線形代数学第一，同第二，解析学(電気電子)

【成績評価】

レポートと試験による．配点は，レポート 20 点，中間試験 40 点，期末試験 40 点．

【担当教員からの一言】

毎回の予習（教科書を事前に読んでおく）を前提とする．

講義の連絡，補足資料の配付等は Web ページ

<http://www.ap.ide.titech.ac.jp/~takada/comm-eng/>

にて行う．

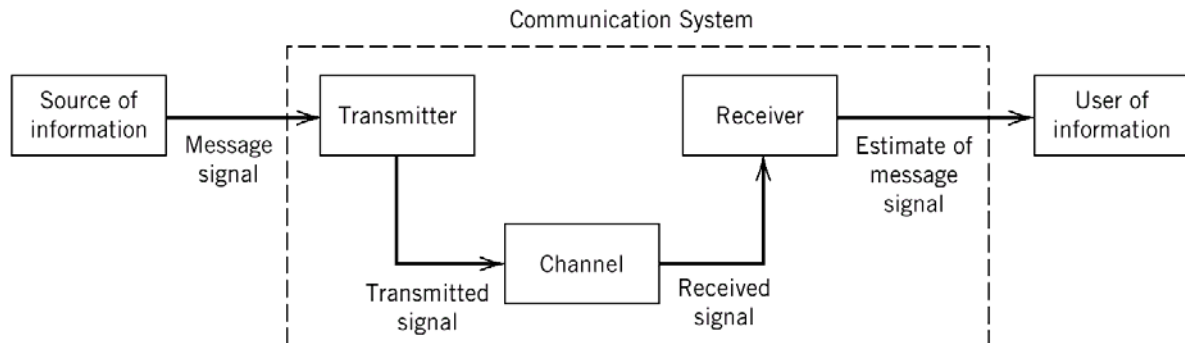
【オフィスアワー】

高田 e-mail takada@ide.titech.ac.jp

火曜日 17:00-18:00

【講義の要点】

通信の過程 (communication process, p. 1-3)



例：電話 (telephone), 放送 (broadcasting), インターネット (Internet), 新聞 (newspaper),...

形態：放送 (broadcasting), 二点間 (point-to-point)

通信のリソース (communication resources, p. 3)

送信電力 (transmitted power) と通信路帯域幅 (channel bandwidth)

音声 (voice) 300-3100 Hz

雑音 (noise) と SNR (signal-to-noise ratio)

デシベル (decibel, dB)

情報源 (source of information, p. 3-10)

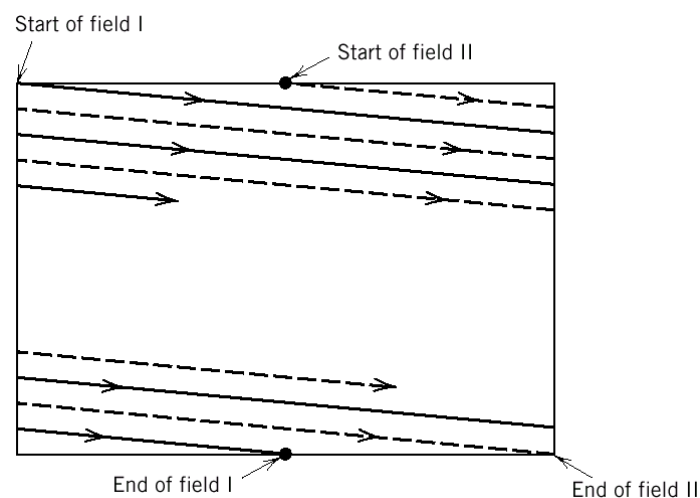
音声 (speech), 音楽 (music), 画像 (pictures), コンピュータのデータ (computer data)

信号 (signal): 時間の一価関数 (single-valued function of time)

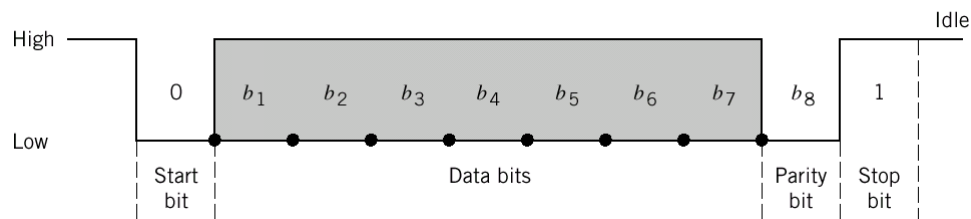
音声 (speech): 音源 (sound source) と声道 (voice tract)

音楽 (music): 旋律 (melody) と和声 (harmony)

画像 (picture): 逐次走査 (sequential scan), 動画像 (video)



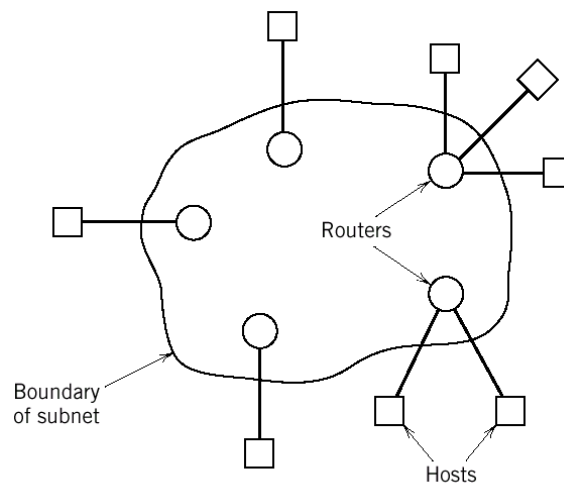
コンピュータのデータ (computer data): bit, ASCII, 非同期データ (asynchronous data)



データ圧縮 (data compression): 可逆圧縮 (lossless compression), 非可逆圧縮 (lossy compression)

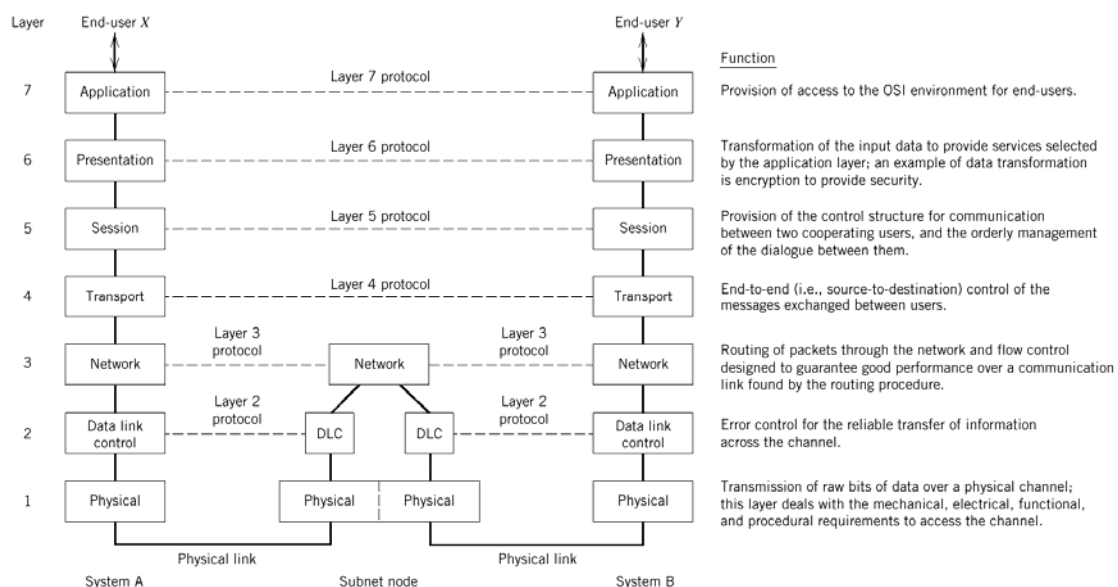
非可逆圧縮の例: JPEG 画像符号化 (image coding), MPEG 映像符号化 (MPEG video coding), MPEG 音声符号化 (MPEG audio coding)

通信網 (communication network, p. 10-15)

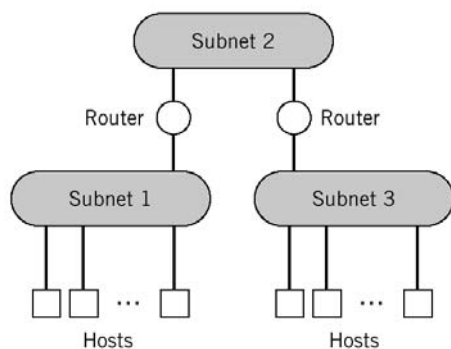


回線交換 (circuit switching) とパケット交換 (packet switching)

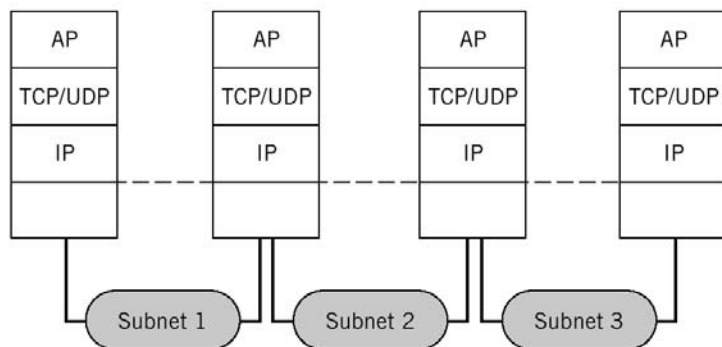
データ網 (data network): OSI 参照モデル (open systems interconnection reference model)



インターネット (Internet)



ネットワークの物理的な接続技術に依存しない
アプリケーションからは透明



OSI 同様の階層構造

IP (Internet protocol) = OSI L3

ベストエフォート (best effort)

AP: Application protocol
TCP: Transmission control protocol
UDP: User datagram protocol
IP: Internet protocol

通信路 (communication channels, p. 15-19)

導波 (guided propagation) と自由伝搬 (free propagation): 有線と無線

有線の例: より対線 (twisted pair), 同軸線路 (coaxial cable), 光ファイバ (optical fiber)

無線の例: 放送 (broadcast), 移動通信 (mobile communication), 衛星 (satellite)

通信路の性質: 線形 (linear) / 非線形 (nonlinear), 時不変 (time invariant) / 時変 (time variant), 帯域制限 (bandwidth limited) / 電力制限 (power limited)

変調 (modulation, p. 19-21)

変調: 通信路に適した信号の変換

連続波変調 (continuous wave modulation): 振幅変調 (amplitude modulation, AM), 周波数変調 (frequency modulation, FM), 位相変調 (phase modulation, PM)

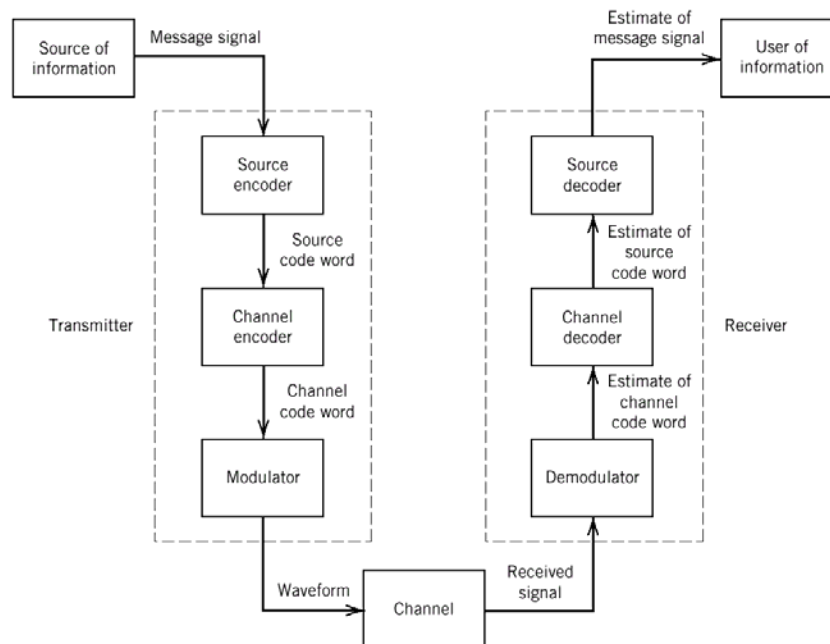
パルス変調 (pulse modulation): パルス振幅変調 (pulse-amplitude modulation, PAM), パルス幅変調 (pulse-duration modulation, PDM), パルス位置変調 (pulse-width modulation, PWM)

パルス符号化変調 (pulse-code modulation, PCM)

多重化 (multiplexing): 周波数分割多重 (frequency-division multiplexing, FDM), 時分割多重 (time-division multiplexing, TDM), 符号分割多重 (code-division multiplexing, CDM)

アナログおよびデジタル通信システム (analog and digital communication systems, p. 21-23)

デジタル通信システム: 情報源符号器／復号器 (source encoder/decoder), 通信路符号器／復号器 (channel encoder/decoder), 変調器／復調器 (modulator/demodulator, modem)



アナログ通信システム: 線形性 (linearity) ~ 40 dB 以上

デジタル通信の優位性: 効率 (efficiency), 信頼性 (reliability), シリコンチップ (silicon chip)

シャノンの通信路容量定理 (Shannon's information capacity theory, p. 23-24)

通信システムの設計目標 (goal of communication system design):

- ・ 効率・信頼性の高い情報伝達
- ・ 許容送信電力, 許容周波数帯域幅, 許容構築コスト

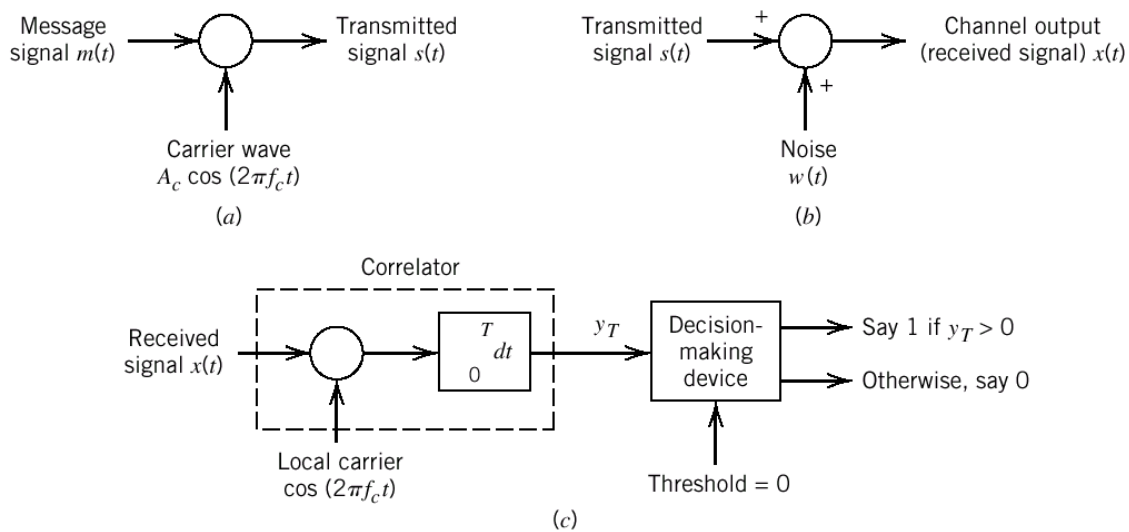
通信路容量定理 (information capacity theorem)

$$C = B \log_2(1 + \text{SNR}) \text{ b/s}$$

C : 通信路容量 [b/s], 伝送路を誤りなしに伝送できる速度の上限

B : 帯域幅 [Hz], SNR: 信号対雑音電力比 (signal to noise power ratio)

デジタル通信の問題 (digital communication problem, p. 24-26)



$m(t)$: 0/1 の情報を ± 1 で表わし, 長さ T 継続

$s(t)$: PSK 信号

$$s(t) = \begin{cases} A_c \cos(2\pi f_c t) & \text{for symbol 1} \\ -A_c \cos(2\pi f_c t) & \text{for symbol 0} \end{cases}$$

$w(t)$: 加法性通信路雑音 (additive channel noise)

y_T : 相関器出力 (correlator output)

$$y_T = \int_0^T x(t) \cos(2\pi f_c t) dt = \begin{cases} +\frac{A_c}{2} + w_T & \text{for symbol 1} \\ -\frac{A_c}{2} + w_T & \text{for symbol 0} \end{cases}$$

判定閾値 (decision threshold): 0 とする

理論的考察 (theoretical considerations): 受信機構成の妥当性, 雑音 $w(t)$ のモデル, 誤り特性

実用上の問題点 (practical issues): 帯域幅と変調法, 通信路容量に近い通信路符号化, 受信機同期 (synchronization)