

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, e-mail takada@ide.titech.ac.jp)

【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】

第 1 回	2009 年 10 月 6 日	通信システム概論：通信伝送のモデルと具体例
第 2 回	10 月 13 日	情報理論の基礎 1：情報源符号化
	10 月 20 日	休講
	10 月 27 日	休講
第 3 回	11 月 4 日	情報理論の基礎 2：データ圧縮
第 4 回	11 月 10 日	情報理論の基礎 3：通信路容量
第 5 回	11 月 17 日	情報理論の基礎 4：通信路符号化
第 6 回	12 月 1 日	情報理論の基礎 5：誤り訂正符号
	12 月 8 日	確率過程：定常過程，線形システム，スペクトル
第 7 回	12 月 15 日	中間試験
第 8 回	12 月 22 日	基底帯域デジタル伝送 1：パルス伝送，スペクトル
第 9 回	2010 年 1 月 12 日	基底帯域デジタル伝送 2：整合フィルタ，最適受信機
第 10 回	1 月 19 日	基底帯域デジタル伝送 3：雑音による誤り，情報理論との関係
第 11 回	1 月 26 日	帯域通過デジタル伝送 1：等価基底帯域系と信号空間解析
第 12 回	2 月 2 日	帯域通過デジタル伝送 2：ASK・PSK の変復調
	2 月 9 日	期末試験

【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/>

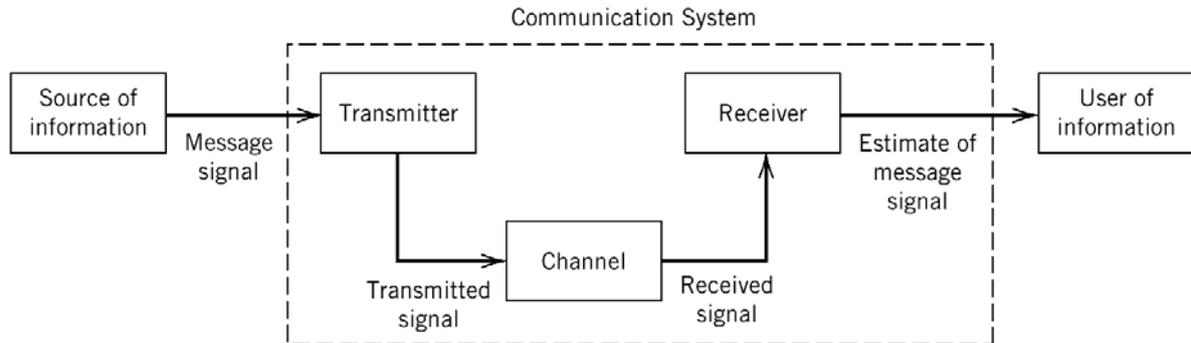
もしくは OCW-i にて行う．

【オフィスアワー】

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)

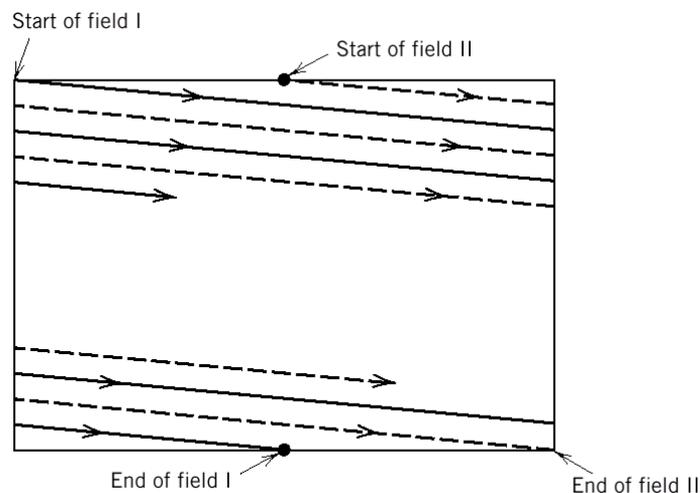
音声 (speech), 音楽 (music), 画像 (pictures), コンピュータのデータ (computer data)

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

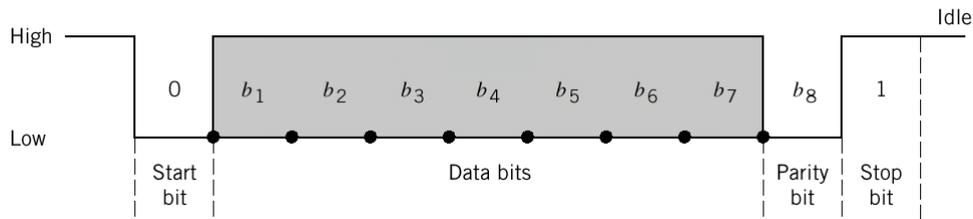
音声 (speech): 音源 (sound source) と声道 (voice tract)

音楽 (music): 旋律 (melody) と和声 (harmony)

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

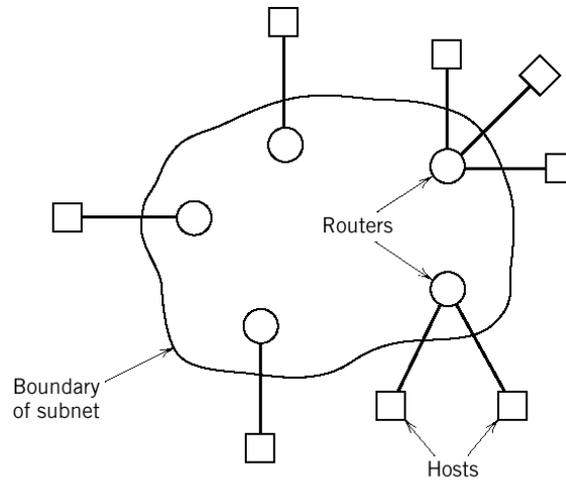


コンピュータのデータ (computer data): bit, ASCII, 非同期データ (asynchronous data)



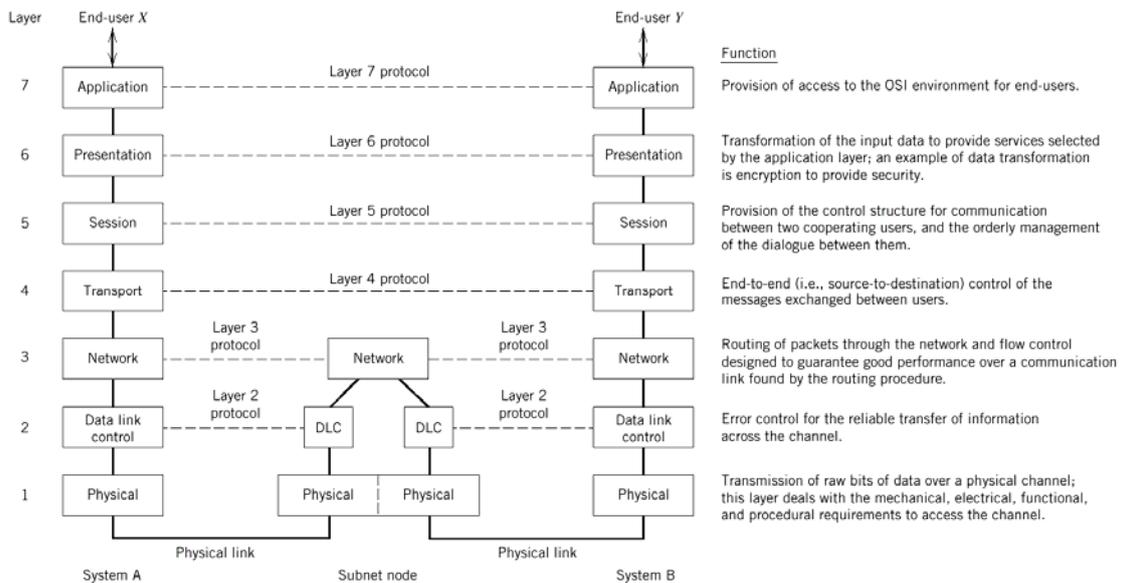
データ圧縮 (data compression): 可逆圧縮 (lossless compression), 非可逆圧縮 (lossy compression)
 非可逆圧縮の例: JPEG 画像符号化 (image coding), MPEG 映像符号化 (MPEG video coding), MPEG 音声符号化 (MPEG audio coding)

通信網 (communication network, p. 10-15)



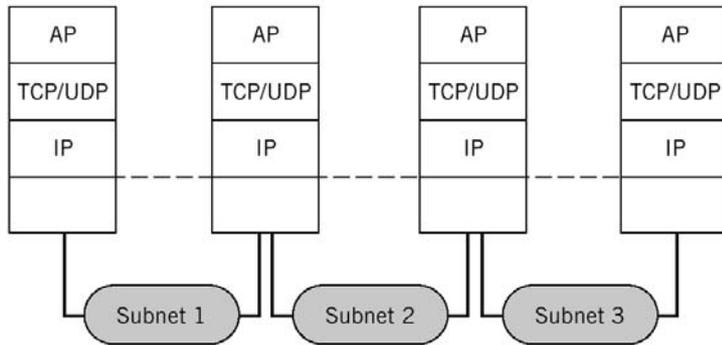
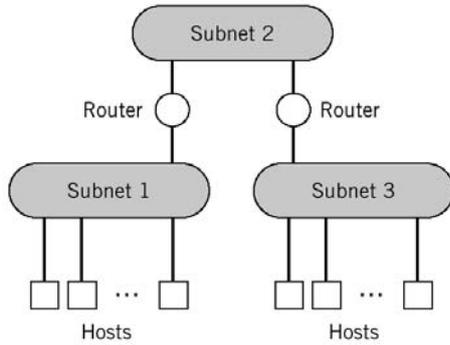
回線交換 (circuit switching) とパケット交換 (packet switching)

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



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

OSI 同様の階層構造

IP (Internet protocol) = OSI L3

ベストエフォート (best effort)

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)

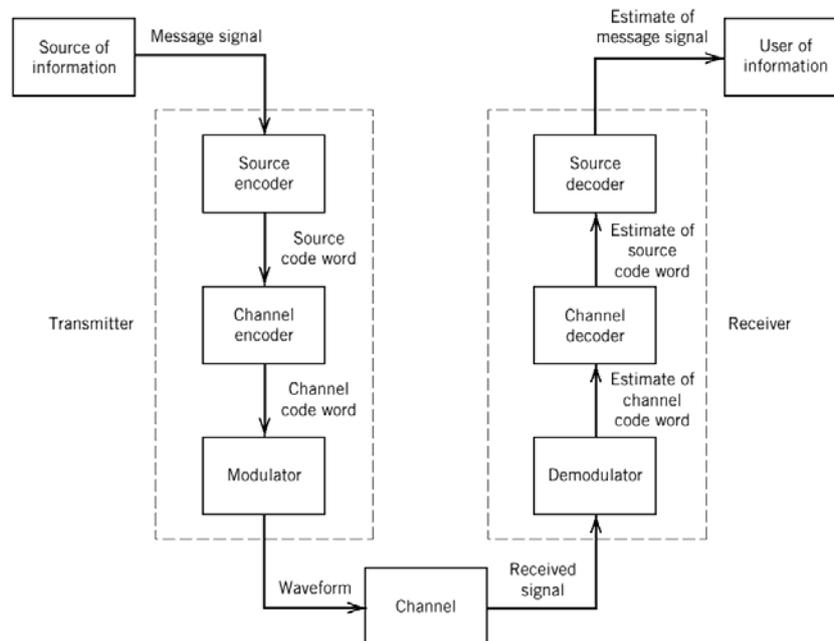
パルス変調 (pulse modulation): パルス振幅変調 (pulse-amplitude modulation, PAM), パルス幅変調 (pulse-duration modulation, PDM), パルス位置変調 (pulse-width modulation, PWM)

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

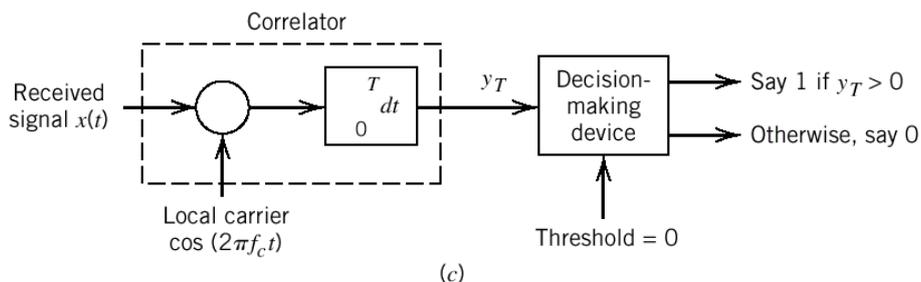
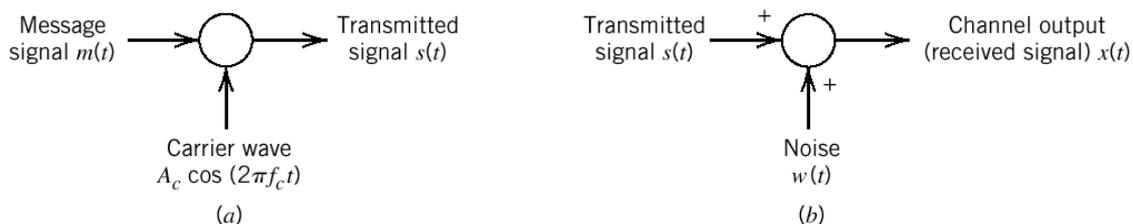
通信路容量定理 (information capacity theorem)

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

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)