

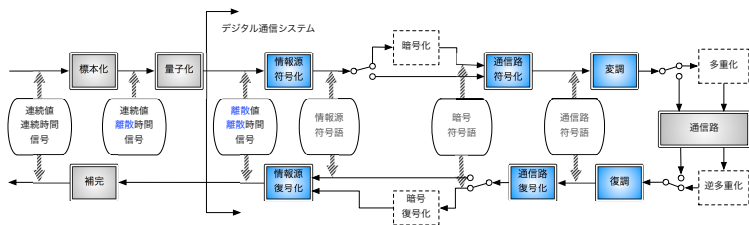
情報通信と符号化

韓 承鎬

電気通信大学

第二回目

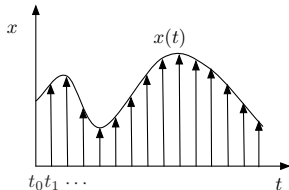
現代通信システムの構成



アナログシステム ⇒ デジタルシステム
アナログ信号 ⇒ デジタル信号

標本化

時間的に連続な信号 $x(t)$ から時間的に離散的な信号を生成



Theorem

標本化定理：情報信号 $x(t)$ の帯域を B とすると，時間間隔 $T_s \leq \frac{1}{2B}$ で抽出した標本から情報信号を完全に復元できる．

量子化

- 実数の値から有限集合の値に変換する操作
- 歪みなく元の値を復元できる量子化の方法はない
- 線形量子化の場合，量子化ビットが 1 ビット増えると信号対雑音比は 6dB 改善

デジタル通信方式で送信できるもの

- 1 $x(t) \in \mathbb{R}$
- 2 $x(t) \in [0, 1]$
- 3 $x(t) \in \mathbb{Z}^+$
- 4 $x(t) \in \{\pi/2, \pi\}$
- 5 $x(t) \in \{0, 1\}$

情報源符号化/復号化

- 有限集合に M 個の要素があると仮定
- 各要素を $0, 1, 2, \dots, M - 1$ と番号付け順序を送信
- 情報は順序を二進数展開したビット列

情報源符号化

情報を冗長な表現を省いたもっとも短いビット列で表す

- 種類：無歪み符号化と歪み符号化
- 完全圧縮：0 と 1 は独立で同確率

暗号化/暗号復号化

■ 秘密鍵暗号

- 送信側と受信側が鍵を密かに共有する暗号化方式
- $k = 2$ のシフト暗号 : HELLO \implies JGNNQ

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

■ 公開鍵暗号

- メッセージを受け取る側が公開鍵（錠）と秘密鍵（鍵）を作り，公開鍵を公開
- 秘密鍵は公開鍵からは計算できない

通信路符号化/復号化

目的

雑音や干渉への耐性を強める

繰り返し符号の例

- 1 0 が現れたら (000) を, 1 が現れたら (111) を出力
1 ビットまでの誤りを訂正
 - 2 0 が現れたら (00000) を, 1 が現れたら (11111) を出力
2 ビットまでの誤りを訂正
- 符号化レート k/n
情報ビット k ビットを n ビットの符号語に変換
 - 符号化レートが低いほど雑音に強くなるが情報ビットの伝送速度は遅くなる

変調/復調

目的

ビット列を通信路の上で伝搬しやすい電気信号の波形に変換

- 二値変調 : $0 \rightarrow s_0(t)$, $1 \rightarrow s_1(t)$
- 多値変調 : $s_i(t)$, $i = 0, 1, \dots, M-1$, $M = 2^b$, で b ビットの符号語列を送信

種類

$$s(t) = A \cos(ft + \theta)$$

- 1 振幅変調 , 周波数変調 , 位相変調
- 2 直行振幅変調

多重化/逆多重化

目的

複数のユーザが同一の通信路を通じて通信を行うとき，情報を希望の相手に届けるため

- 1 第一世代：アナログ FDMA 方式
- 2 第二世代：デジタル TDMA 方式
- 3 第三世代：CDMA 方式
- 4 第四世代：OFDM 方式
- 5 第五世代：？

通信路

電話線，同軸ケーブル，電磁波，光ファイバーなどの物理的な媒体

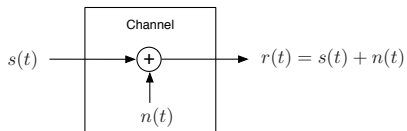
共通の特性

雑音：固定の値を持たず，ランダム性を持つ

特徴を簡潔に記述する数学モデル

- 1 加法性雑音通信路
- 2 線形フィルタ通信路
- 3 線形時変フィルタ通信路

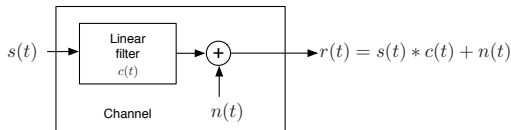
通信路



- 受信機の電子装置と増幅器などから入る
- 統計的に熱雑音はガウス過程

線形フィルタ通信路

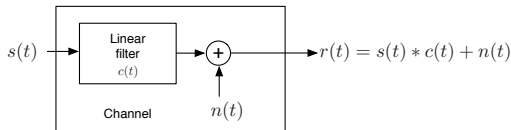
信号の送信時にフィルタを用いる



$$\begin{aligned} r(t) &= s(t) * c(t) + n(t) \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} c(\tau) s(t - \tau) d\tau + n(t) \end{aligned}$$

$c(t)$ は線形フィルタのインパルス応答で $*$ は畳み込み

線形時変フィルタ通信路



$$r(t) = s(t) * c(\tau; t) + n(t) = \int_{-\infty}^{\infty} c(\tau; t) s(t - \tau) d\tau + n(t)$$

$c(\tau; t)$: 時間 t における時刻 $t - \tau$ のインパルスに起因する応答

電離層や移動通信の場合

$$c(\tau; t) = \sum_{k=1}^L a_k(t) \delta(\tau - \tau_k)$$

から

$$r(t) = \sum_{k=1}^L a_k(t) s(t - \tau_k) + n(t)$$

$\{a_k(t)\}$ と $\{\tau_k\}$: L 個のパスの中の k 番目のパスの振幅と遅延