

コンピュータ科学III

担当：武田敦志 <takeda@cs.tohoku-gakuin.ac.jp>
http://takeda.cs.tohoku-gakuin.ac.jp/

コンピュータの基本(1)

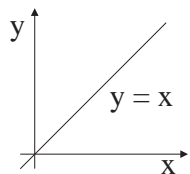
■ 現実世界とコンピュータ

- 現実世界
すべての情報は**アナログ**
⇒ アナログでないと現実世界では意味が無い
- コンピュータ
すべての情報は**デジタル** (整数値)
⇒ デジタルでないとコンピュータでは扱えない

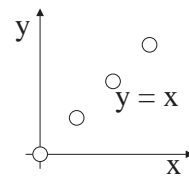
コンピュータの基本(2)

■ アナログとデジタル

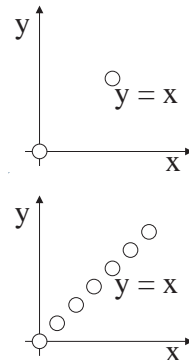
- **アナログ**情報： **連続値**の情報
- **デジタル**情報： **離散値**の情報



アナログ



デジタル



コンピュータの基本(3)

■ 情報通信システム

- 入力時に**アナログ**から**デジタル**に変換する
すべてを整数値で表現する
- 出力時に**デジタル**から**アナログ**に変換する
整数値で表現されたデータをアナログ信号に変換する

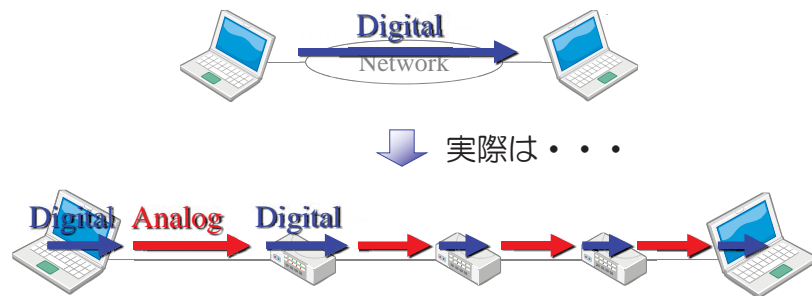


情報通信の基本(1)

■情報通信に必要な技術

アナログな現象を利用して**デジタル**な情報を伝える技術

現実世界を介して通信する ⇒ 物理現象は**アナログ**

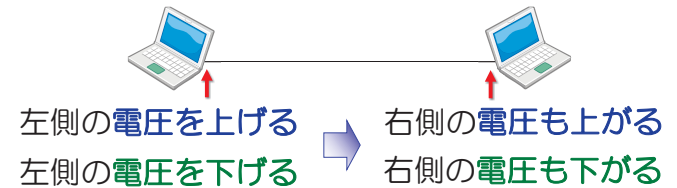


page 5

情報通信の基本(2)

■基本的な通信方式

- 物質を介して電位を伝搬させる



- 空間を介して電磁波（光）を伝搬させる



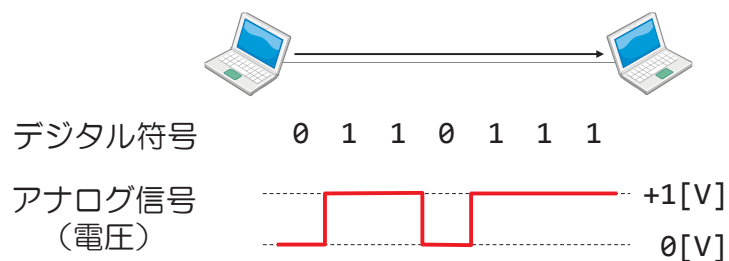
page 6

ベースバンド方式(1)

■NRZ方式 (Non Return Zero)

デジタル符号の値によって電圧を決定する

- 符号『1』のとき：電圧が高い状態にする
- 符号『0』のとき：電圧が低い状態にする



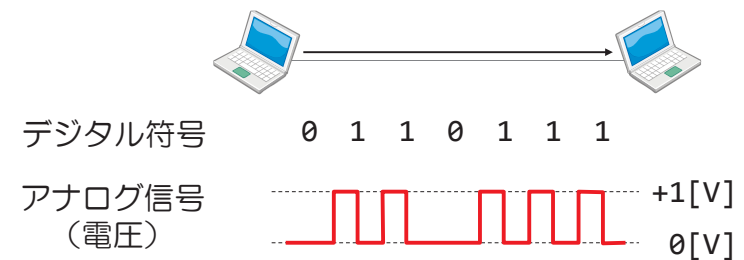
page 7

ベースバンド方式(2)

■RZ方式 (Return Zero)

デジタル符号の値によって電圧を決定する

ただし、毎回『0』の状態に戻す



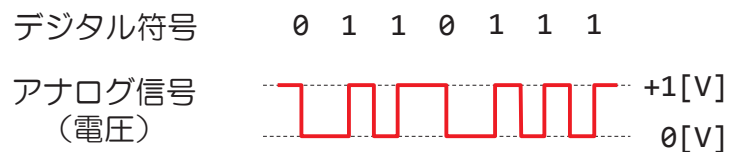
page 8

ベースバンド方式(3)

■マンチェスタ方式

デジタル符号の値によって電圧を変化させる

- 符号『1』のとき：電圧を『低い⇒高い』とする
- 符号『0』のとき：電圧を『高い⇒低い』とする



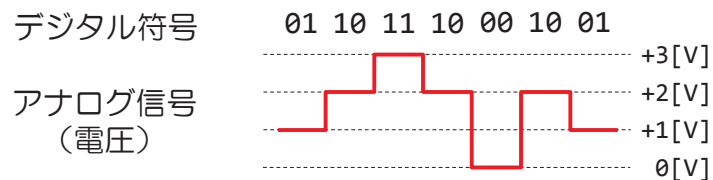
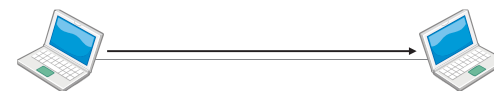
page 9

ベースバンド方式(4)

■2bit以上を同時に送る

電圧の状態を4個以上に分ける

- 符号『00』：0[V]
- 符号『01』：+1[V]
- 符号『10』：+2[V]
- 符号『11』：+3[V]

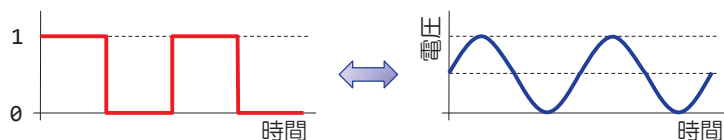


page 10

帯域伝送方式(1)

■帯域変調方式

デジタル符号を正弦波に乗せて伝送する



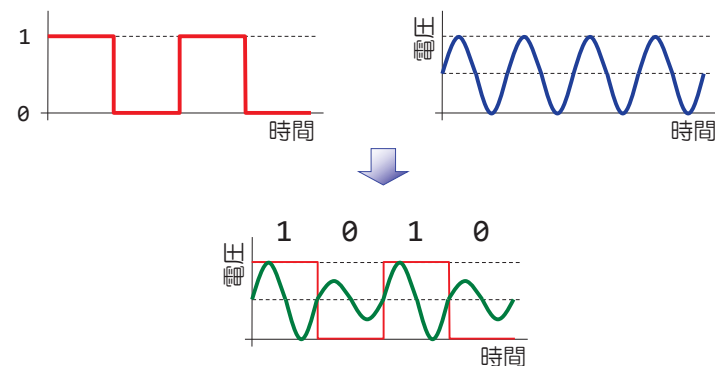
- 長距離通信が可能
- 他のデータ通信に『乗せる』ことができる
- 信号を多重化する方法が多い

page 11

帯域伝送方式(2)

■AM変調方式

デジタル符号によって正弦波の振幅を変化させる

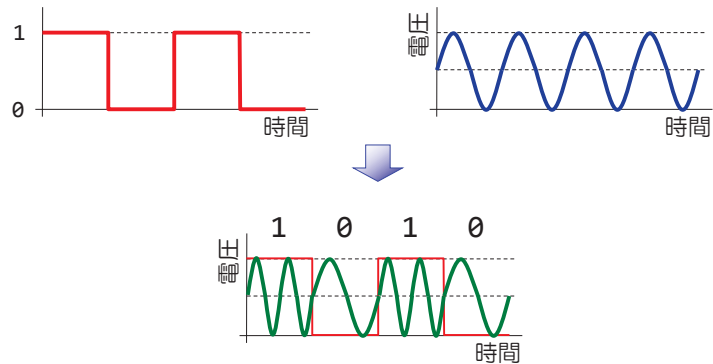


page 12

帯域伝送方式(3)

■FM変調方式

デジタル符号によって正弦波の周波数を変化させる

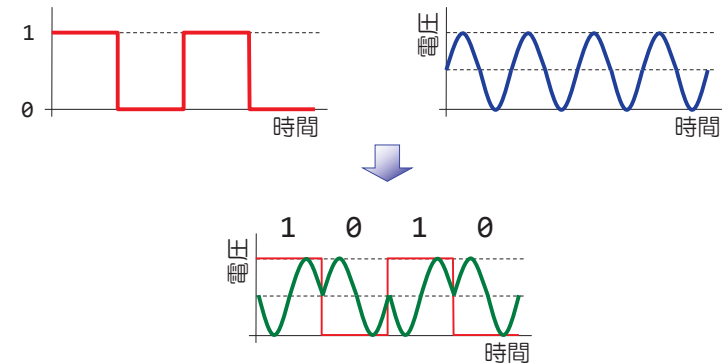


page 13

帯域伝送方式(4)

■PM変調方式

デジタル符号によって正弦波の位相を変化させる



page 14

帯域伝送方式(5)

■信号の多重化

●周波数分割多重伝送方式

複数の周波数帯域を使い、複数の信号を同時に送信する

- ◆フィルタで特定の周波数の波だけを取り出せる
- 周波数変換（フーリエ変換・逆フーリエ変換）を使う

●時分割多重伝送方式

複数の信号を『順番に』送信する

- ◆通信速度が向上するわけではない
- ◆ベースバンド方式でも多重化できる

page 15

伝送速度と変調速度(1)

■伝送速度

1秒間に伝送できる最大データのbit数

単位は bps (bit per second)

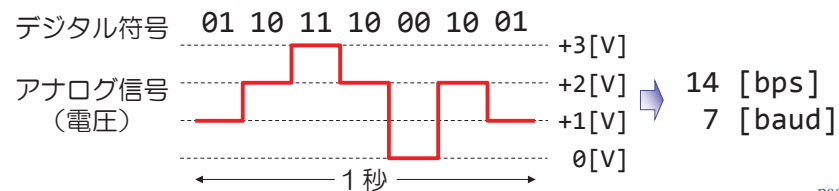
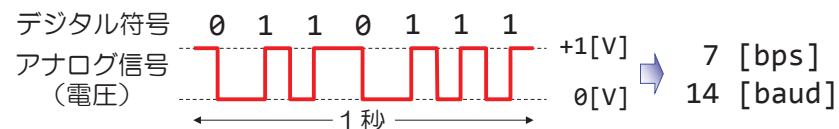
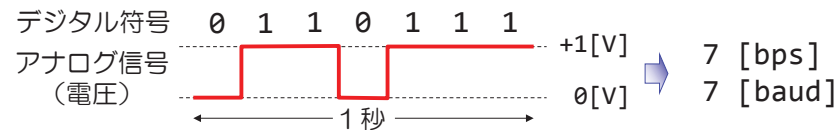
■変調速度

1秒間に信号を変化する最大の回数

単位は baud (ボー)

page 16

伝送速度と変調速度(2)



page 17

最大伝送速度(1)

■理論上の最大伝送速度[1]

伝送路の帯域 : B [Hz] (搬送波の周波数)

信号電力 : S [W] (搬送波の振幅)

雑音電力 : N [W] (ノイズによる搬送波の変化)

最大伝送速度

$$C = B \log_2(1 + S/N) \text{ [bps]}$$

ただし、雑音発生はガウス分布に従うことを想定する
(ホワイトノイズを想定)

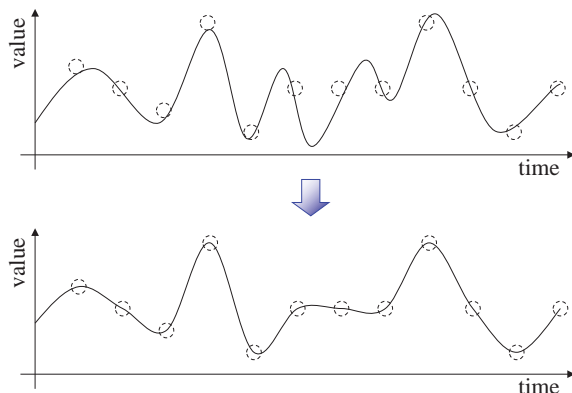
[1] Claude E. Shannon, "A Mathematical Theory of Communication," Bell System Technical Journal, vol.27, no. 3, pp.379-423, 1948.

page 18

最大伝送速度(2)

■AD-DA変換の特徴 (標本化定理)

- 元のアナログ信号には戻せない (必ず誤差が生じる)

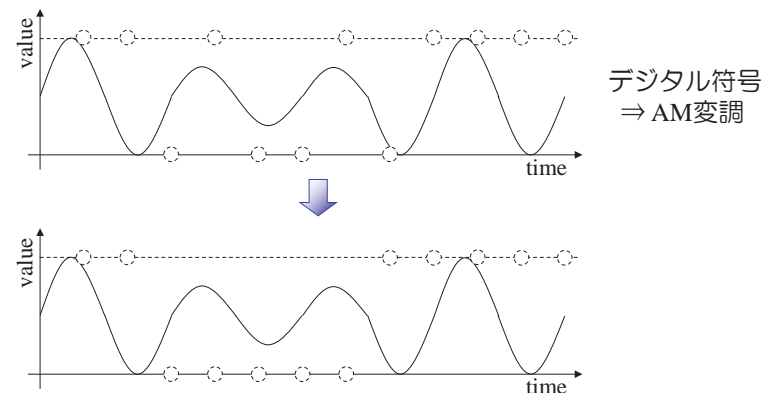


page 19

最大伝送速度(3)

■DA-AD変換の特徴 (ナイキスト・レート)

- 元のデジタル信号には戻せないことがある



page 20

最大伝送速度(4)

■ナイキスト・レート

伝送路（搬送波）の周波数： B [Hz]

最大変調速度（1秒間に変調できる回数）

$$F \leq 2B \text{ [baud]}$$

（ F [baud]の通信を行うためには、 $F/2$ [Hz]の周波数が必要）

1回の変調で表現できる符号の数： L

1回の変調で伝送できる情報の量： $M = \log_2 L$

最大伝送速度（1秒間に伝送できる情報の量）

$$\begin{aligned} C &\leq 2BM \\ &\leq 2B \log_2 L \quad (\text{ノイズは想定していない}) \end{aligned}$$

page 21

最大伝送速度(5)

■シャノン・ハートレーの定理

最大伝送速度（1秒間に伝送できる情報の量）

$$C \leq 2B \log_2 L \quad (\text{ノイズがない場合})$$

信号電力： S [W]

雑音電力： N [W]（ガウス分布に従うノイズとする）

信号電力 S を複数の符号に分割するとき、分割可能な数

$$L \leq (1 + S/N)^{1/2}$$

ホワイトノイズを想定した最大伝送速度

$$\begin{aligned} C &\leq 2B \log_2 (1 + S/N)^{1/2} \\ &\leq B \log_2 (1 + S/N) \end{aligned}$$

page 22

伝送媒体(1)

■銅線

銅を介した電圧の変化で通信する

主に近距離通信に利用

■無線

空間を介した電磁波（光）通信

主に近距離通信に利用

■光ファイバ

光ファイバを介した光通信

高速・長距離通信に利用

page 23

伝送媒体(2)

■目に見える光通信

page 24