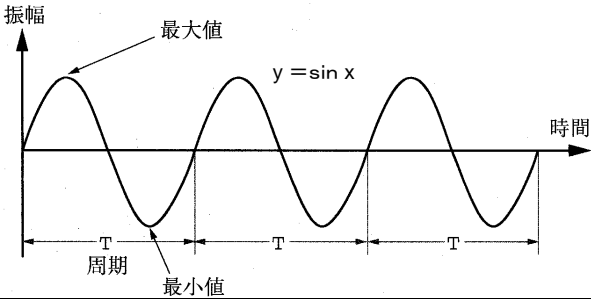


第2回 通信の基礎

コンピュータネットワークの基本用語、システム、
利用形態

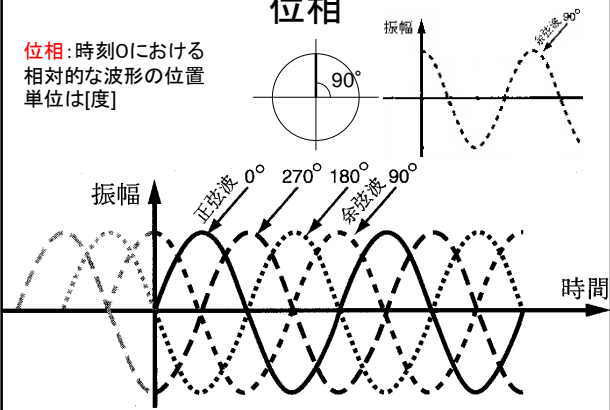
正弦波 (y = sin x)

振幅: 信号の振れ幅 (x軸上の各ポイントにおけるyの値)
周期: 信号の1サイクルの長さ。単位は[秒]
周波数: 1秒当たりの振動数。単位は[Hz] ヘルツ



位相

位相: 時刻0における
相対的な波形の位置
単位は[度]



周波数・周期および単位

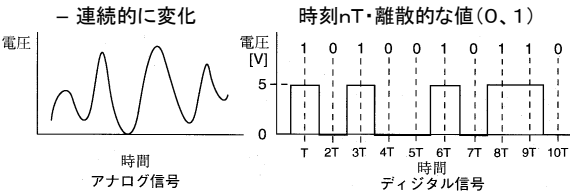
$f = \frac{1}{T}$ [周波数 = $\frac{1}{\text{周期}}$]

周波数 (f)		周期 (T)	
単位	Hz	単位	秒
ヘルツ(Hz)	1Hz	秒(s)	1s
キロヘルツ(kHz)	10 ³ Hz	ミリ秒(ms)	10 ⁻³ s
メガヘルツ(MHz)	10 ⁶ Hz	マイクロ秒(μs)	10 ⁻⁶ s
ギガヘルツ(GHz)	10 ⁹ Hz	ナノ秒(ns)	10 ⁻⁹ s
テラヘルツ(THz)	10 ¹² Hz	ピコ秒(ps)	10 ⁻¹² s

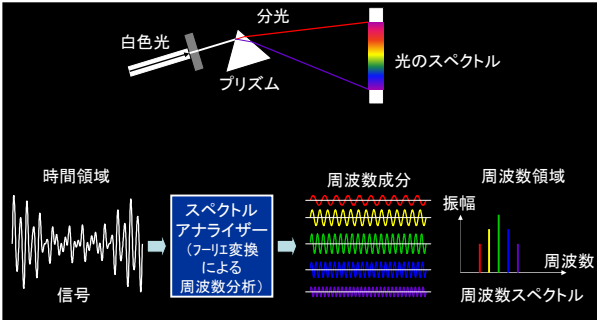
(参考) 周波数f、周期Tを用いると、正弦波は以下の関数で表される
 $y = \sin 360f t = \sin \frac{360t}{T}$ $y = \sin 2 \pi f t = \sin \frac{2 \pi t}{T}$

アナログ信号とデジタル信号

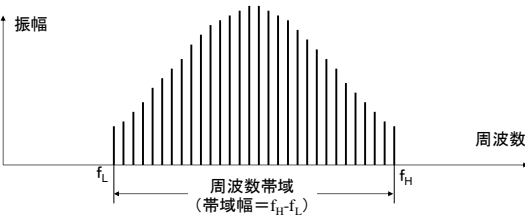
時刻と振幅に着目



アナログ信号と周波数スペクトル



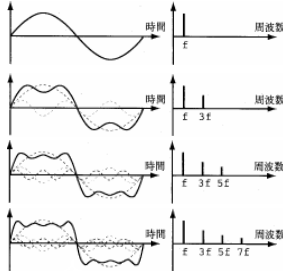
周波数帯域と帯域幅(アナログ信号)



帯域幅: 信号を含む周波数スペクトルの幅(広い方が品質が良い)

電話: 0.3kHz~3.4kHz(帯域幅3.1kHz)
AMラジオ: 40Hz~10kHz(帯域幅: 約10kHz)
FMラジオ: 40Hz~15kHz、CD: 2Hz~20kHz

波形の重ね合わせ



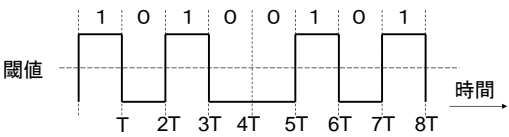
どのような波形も振幅、周波数、位相が異なる正弦波を重ね合わせれば作れる
Fourier(フーリエ)

正確なデジタル波形は無数の周波数成分を含む

$$F(t) = A \sin 2\pi f t + B \sin 6\pi f t + C \sin 10\pi f t + D \sin 14\pi f t + \dots$$

伝送速度(デジタル信号)

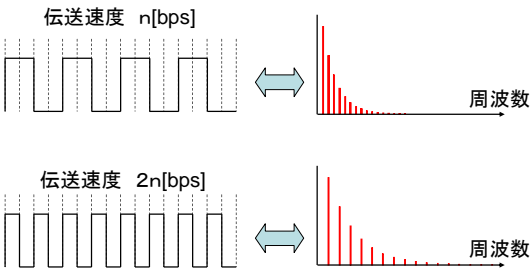
デジタル信号の例(閾値より大きい場合1、小さい場合0)



伝送速度 (bit rate): 1秒間に伝送できるビット数
単位: bps (bit per second)、b/s、ビット/秒とも書く

例えば、上図の8ビットを伝送する時間が1秒だとすると伝送速度は、8bps (8b/s、8ビット/秒)

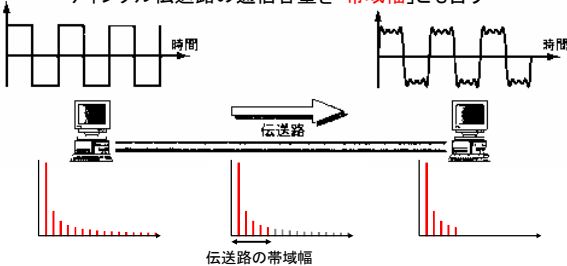
伝送速度と周波数スペクトル



伝送速度が速い→高い周波数成分を多く含む

通信容量と信号の歪

- 通信容量: 伝送路における伝送速度の上限
 - 伝送路の帯域幅外の周波数が欠落→信号の歪
 - 0、1の閾値を超える歪
 - デジタル伝送路の通信容量を「帯域幅」とも言う



重要: データ長・伝送速度・時間

(1) 32Mバイトのファイルを64kbpsの通信回線で転送する場合、何秒かかるか。

$$\frac{32 \times 10^6 \times 8}{64 \times 10^3} = 4 \times 10^3$$

$$\text{転送時間[s]} = \frac{\text{データ長[bit]}}{\text{伝送速度[bit/s]}}$$

(2) 32Mバイトのファイルを128kbpsの通信回線で転送する場合、何秒かかるか。

$$\frac{32 \times 10^6 \times 8}{128 \times 10^3} = 2 \times 10^3$$

第2回 通信の基礎

(参考) 距離・速度・時間

64m/sの速度で 32kmの距離を移動する場合、何秒かかるか

$$\frac{32 \times 10^3}{64} = 500$$
$$\text{時間[s]} = \frac{\text{距離[m]}}{\text{速度[m/s]}}$$

32kmの距離を 128m/分の速度で移動する場合、何秒かかるか。 128m/分 = (128/60) m/s

$$\frac{32 \times 10^3}{128/60} = 250 \times 60 = 15000$$

ポイント: 単位を合わせる。分数の計算

重要: データ長・伝送速度・時間

64kbpsの通信回線で50分間に何Mバイトのファイルが転送できるか。

$$64 \times 10^3 \times 50 \times 60 = 192 \times 10^6 \text{ bit} = 24 \times 10^6 \text{ B}$$

$$\text{転送時間[s]} = \frac{\text{データ長[bit]}}{\text{伝送速度[bit/s]}} \quad \text{データ長} = \text{伝送速度} \times \text{転送時間}$$

48Mバイトのファイルを25分間で転送するためには、何kbps以上の通信回線を使用する必要があるか

$$\frac{48 \times 8 \times 10^6}{25 \times 60} = 256 \times 10^3$$
$$\text{伝送速度[bit/s]} = \frac{\text{データ長[bit]}}{\text{転送時間[s]}}$$

ネットワークの設計(どのような通信回線が必要か)に用いる

重要: データ長・伝送速度・時間

- 64k ビット/秒の回線を用いて 32Mバイトのファイルを送信するとき、伝送におよ何秒かかるか。ここで、回線の伝送効率 は 80%とする。(基本情報処理平成14年度秋期改)
- 回線の実質的な伝送速度 = 伝送速度 × 伝送効率

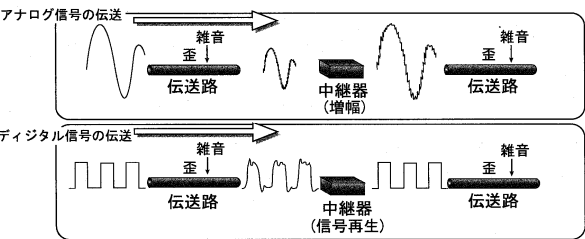
$$\text{転送時間[s]} = \frac{\text{データ長[bit]}}{\text{実質的な伝送速度[bit/s]}}$$
$$\frac{32 \times 10^6 \times 8}{64 \times 10^3 \times 0.8} = 5 \times 10^3$$

データ長
伝送速度 伝送効率

$$\frac{4}{0.8} = 5$$

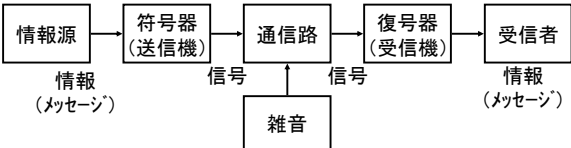
1より小さい数で割ると元の数より大きくなる

デジタル伝送の利点



- 高品質: 中継器で再生することにより、雑音・歪が累積しない
- 経済性: LSIなど半導体技術による小型・量産化が可能である
- 統合: PCMにより、全てデジタルに統合して処理できる

通信システムのモデル

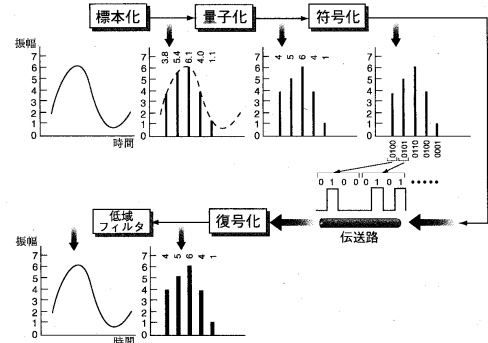


符号器 (coder): 符号化 (encode) を行う装置
復号器 (decoder): 復号化 (decode) を行う装置
CODEC: 符号器と復号器の両方の機能を持つ装置

厳密には、符号化は、以下の2段階の処理となる (復号化も同様)。
情報源符号化: 音声などの情報を2進数に変換
通信路符号化: 誤り検出符号の追加・削除

PCM(Pulse Code Modulation)

PCM: アナログ情報(音声の波形など)をデジタル情報にするための方式



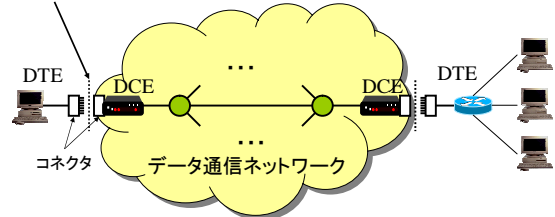
第2回 通信の基礎

PCM: 音声(電話)のデジタル化

- 電話の音声(アナログ信号)は、ネットワーク内では、PCMにより、デジタル信号に変換されて伝送される。
- **標本化**: アナログ信号の振幅を一定周期で測定し、数値化
 - シヤノンの標本化定理: 帯域の2倍以上の周波数
 - 電話音声の帯域は、0.3kHz~3.4kHz→8kHzで標本化
 - $1/8000 = 125 \mu\text{sec}$ 毎に
- **量子化**: 標本化した数値を何段階で表すか
 - 電話音声は、256段階で量子化→8bit ($2^8 = 256$)
- 電話の伝送速度(デジタル)
 - 1秒間に8bitのデータが8000個発生する
 - $8\text{bit} \times 8000 = 64000\text{bps} = 64\text{Kbps}$

DTEとDCE

DTE-DCEインターフェース: ネットワークと端末の分界点



DTE (Data Terminal Equipment: データ端末装置): PC、ブロードバンドルータなど
DCE (Data Circuit terminal Equipment): データ回線終端装置

コンピュータネットワークの通信形態

