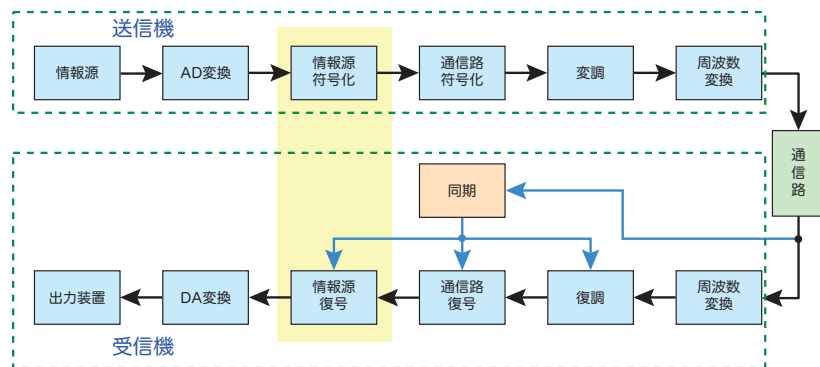


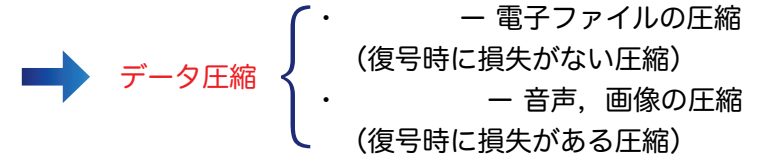
第二章

デジタル通信システムの概略

デジタル通信システム

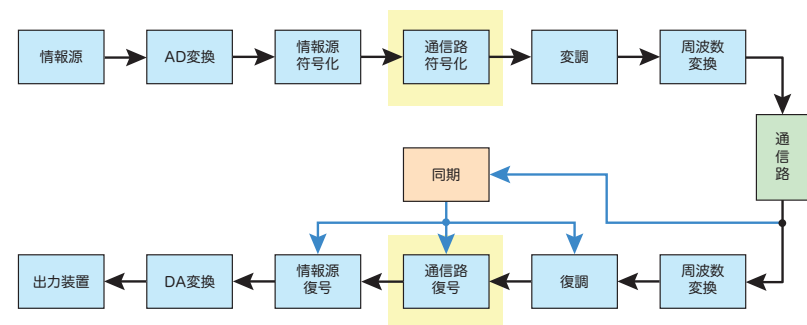


情報源符号化



(例) CD : 44.1 [kHz] / 16 [bit] / 無圧縮
 MD : 44.1 [kHz] / 16 [bit] / ATRAC圧縮
 その他 : MP3 (MPEG Audio Layer-3) ∈ MPEG-1,2
 AAC (Advanced Audio Coding) ∈ MPEG-2,4

デジタル通信システム



通信エラーはなぜ起こる？

5

- 🔊 電車や自動車エンジン、送電線、電子レンジや蛍光灯
- 🔊 大気ノイズ、太陽フレアによる地球上での電波障害、宇宙ノイズ、地殻変動による電磁ノイズ
- 🔊 同一の周波数あるいは近傍の周波数を使用している無線機や設備からの干渉
- 🔊 電波の減衰、反射、回折、マルチパスによる干渉など
- 🔊 無線機器の電源周りのノイズ、CPUやその他の部品からのノイズ

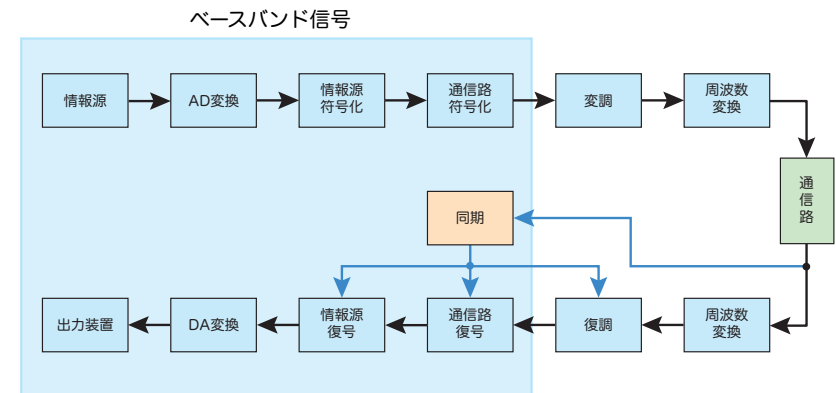
通信路符号化

6

- 🔊 伝送の際に通信路で起こる誤りのいくつか（願わくば全て）を検出／訂正するために、元の情報系列に冗長ビットを付加する
- 🔊 デジタルシステムでもGraceful degradationを実現
- 🔊 誤り率性能の改善と引き換えに、実質の情報伝送レートが低下する

デジタル通信システム

7



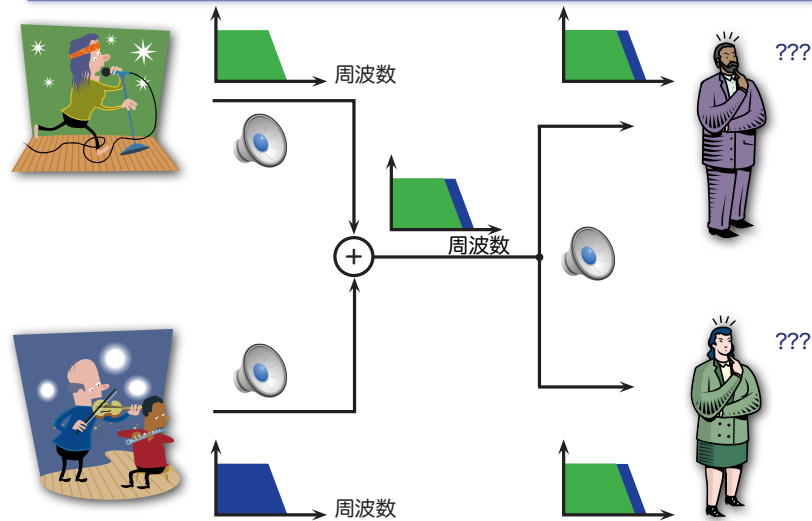
ベースバンド(Baseband)信号

8

- 🔊 電話：64 kbps [8 kHz / 8 bit] (音声：0.3 ～ 3.4 kHz)
- 🔊 CD：約1.4 Mbps [44.1 kHz / 16 bit] (可聴域：～ 20 kHz)
- 🔊 より遠方に伝達するには？
 - 電気信号のまま、または電波や光に変換して伝送
- 🔊 少ない遅延時間で伝達するには？
 - 音速 (m/s) $\ll$ 電気速度 $\leq$ 電波, 光の速度 (m/s)
- 🔊 異なる信号（音声・映像）を同時に伝送するには？
 - 異なるチャネル（ケーブル, 周波数）を使って伝送

アナログ音声信号の並列伝送

9

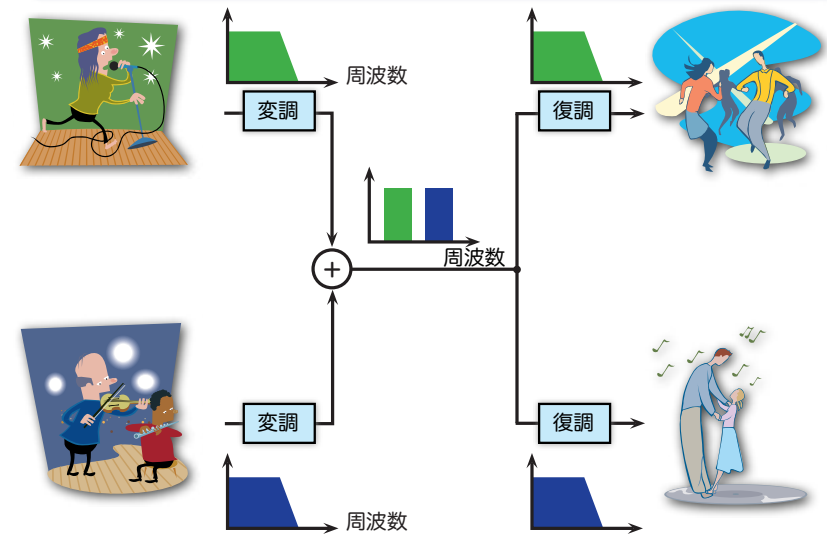


Takahiko Saba

Dept. of Computer Science, C.I.T.

ベースバンド信号と変復調

11

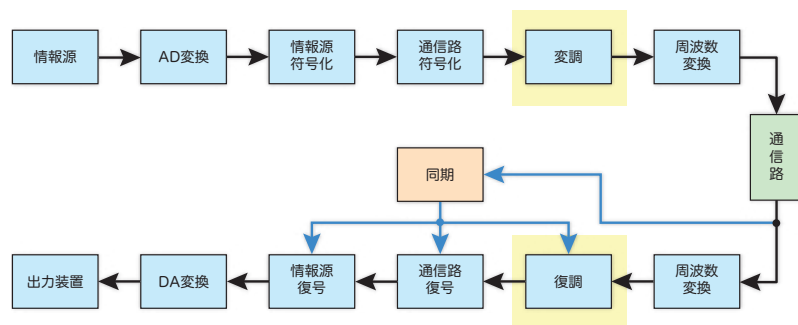


Takahiko Saba

Dept. of Computer Science, C.I.T.

デジタル通信システム

10



Takahiko Saba

Dept. of Computer Science, C.I.T.

変調 (modulation) の目的

12



- アンテナの長さは、波長 λ の半分の長さのとき最も効率が良い（近年は、 $\lambda/4$ のものが主流）

○ λ [m] = $\quad \Rightarrow$

（例）50 MHzでは、 $\lambda = 6$ [m]
800 MHzでは、 $\lambda = 37.5$ [cm]

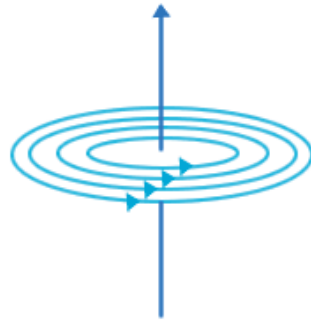
Takahiko Saba

Dept. of Computer Science, C.I.T.

アンペアの法則

13

直線状の導線に電流を流すと、
それと直角の面内に同心円状の
回転する磁界を生じる。
右ネジの法則

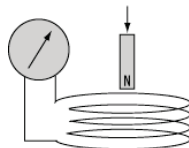


1820年: アンペール

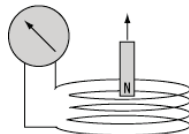
ファラデーの法則

14

コイルに電流計をつないで、磁石のN極
(またはS極)を急にコイルの中に入れ
ると、電流計の針が一瞬振れて元に戻る



次に磁石をコイルから急に引き抜くと、
電流計は反対方向に一瞬振れて元に戻る

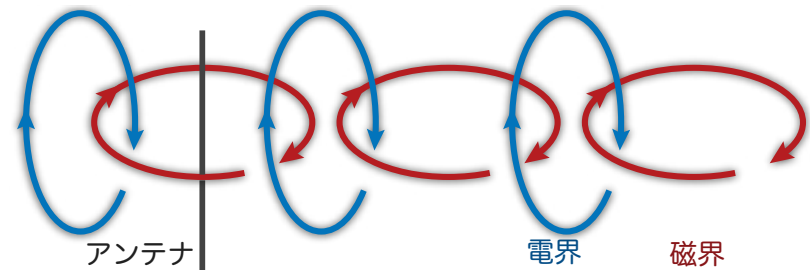


磁石(磁力線)を動かしたときだけ、電
流が発生することを電磁誘導という
1834年: ファラデー

電(磁)波とは?

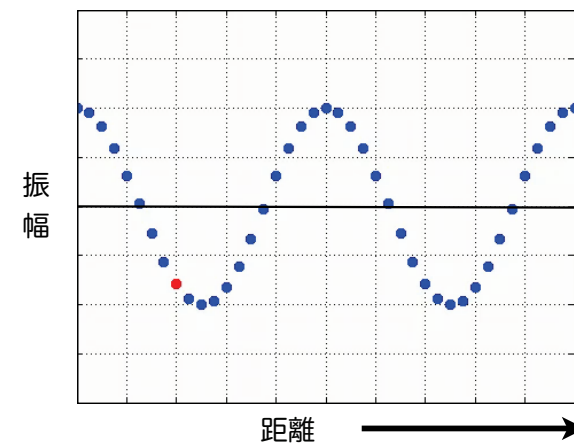
15

- 👤 アンテナに電流が与えられると、周りに磁界が発生
- 👤 この磁界はさらにその周りに電界を発生
- 👤 このように電気の変化と磁気の変化が互いに連続して繰り返すことによって電気と磁気の振動が伝播していく
- 👤 周波数 3000GHz (3THz) 以下を電波と呼ぶ



電波の伝わっていく様子

16



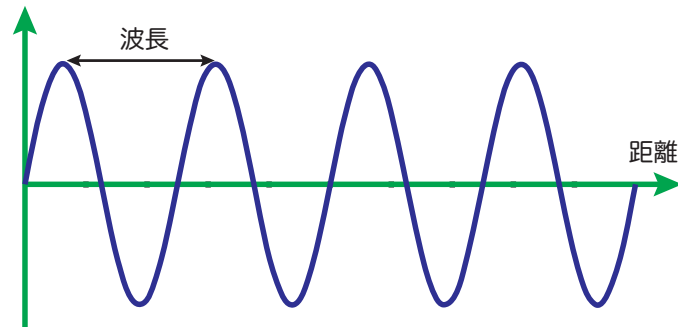
波は全体として移動しているように見えるが、
赤色の点はその場で振動しているだけ

波長とは？

17

波長とは1回の振動で電波が進む距離, 単位はメートル (m)

電波, 光の速度 = 3×10^8 (m/s)



周波数と波長の関係

19

周波数の範囲	慣用名称	波長
3~30 Hz	極超長波 (ELF: extremely low frequency)	100~10 Mm
30~300 Hz	極超長波 (SLF: super low frequency)	10~1 Mm
0.3~3 kHz	極超周波 (ULF: ultra low frequency)	1~0.1 Mm
3~30 kHz	超長波 (VLF: very low frequency)	100~10 km
30~300 kHz	長波 (LF: low frequency)	10~1 km
0.3~3 MHz	中波 (MF: medium frequency)	1000~100 m
3~30 MHz	短波 (HF: high frequency)	100~10 m
30~300 MHz	超短波 (VHF: very high frequency)	10~1 m
0.3~3 GHz	極超短波 (UHF: ultra high frequency)	100~10 cm
3~30 GHz	センチ波 (SHF: super high frequency)	10~1 cm
30~300 GHz	ミリ波 (EHF: extremely high frequency)	10~1 mm
0.3~3 THz	テラヘルツ波/遠赤外線	1~0.1 mm
3~400 THz	赤外線/近赤外線	100~0.7 μ m
400~800 THz	可視光	780~380 nm

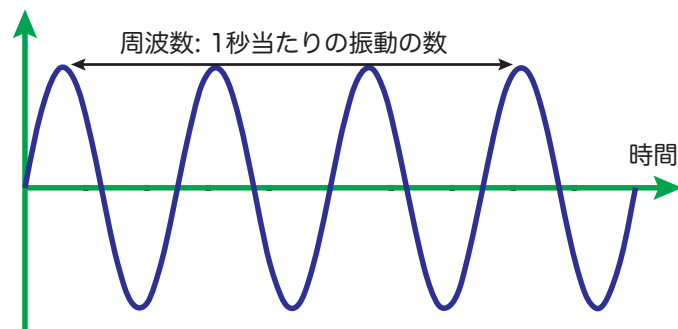


波長が1m以下のもの (極超短波~ミリ波) をマイクロ波ともいう
可聴域: 0.3~20 kHz

周波数とは？

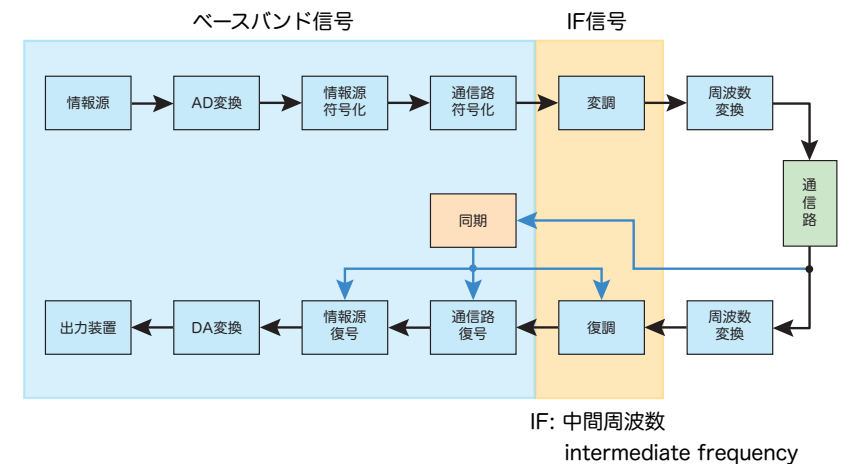
18

周波数とは1秒間に繰り返す振動の数, 単位はヘルツ (Hz)



デジタル通信システム

20

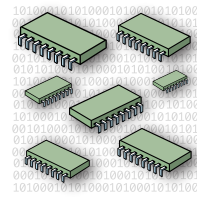


中間周波数 (IF) 信号

21

💡 高周波数で動作するデジタル回路

- 価格が高い
- 消費電力が大きい
- 発熱量が多い



従って、実際に送信に用いられる周波数帯の信号を変調せずに、ベースバンドよりも高く、送信周波数よりも低い周波数帯（ ）の信号を変調した後、送信周波数帯へ変換



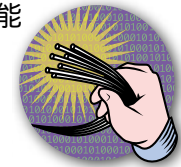
可聴周波数よりも高いこと (super sonic) にちなむ
(ヘテロダイン：周波数変換)

Wired or Wireless?

23

💡 有線通信の pros and cons

- 複数の線路を使って複数の通信を同時に可能
- 広帯域伝送（高速通信）が容易
- 干渉や妨害を受けにくい
- 長距離伝送を行っても品質保持が可能
- × 線路敷設の敷地確保／敷設工事の費用、手間、時間
- × 線路損傷時には通信の途絶／復旧困難
- × 移動の自由度無し



💡 品質 or 場所の制約（+費用）のトレードオフ

- 新規にシステムを構築するなら無線が有利！
- 既存の線路が使えるなら有線が有利！

デジタル通信システム

22

