

# 物理層(1-1)

花田 英輔

1

## 物理層とは

- ▶ OSI参照モデルの最も下の層
- ▶ ネットワークの物理的な接続
- ▶ 信号の規定
  - ▶ 電気 or 光 or 電波
  - ▶ 電圧・1つの信号の長さ
  - ▶ 変調方式・多重化方式
- ▶ 媒体(ケーブル等)自体の規定
- ▶ コネクタの形状やピンの数の規定等

アプリケーション層
プレゼンテーション層
セッション層
トランスポート層
ネットワーク層
データリンク層
物理層

2

## 物理層が規定するもの

- ▶ 「信号」とは何か？
  - 電気？ 光？ 1と0の区別手法は？
- ▶ 「変調」とは何か？
  - 送受信できるのは1と0のみ
  - 通信速度を決める要因は？
- ▶ 「多重化」とは何か？
  - 複数の信号が同時に双方向に流れるのはなぜ？
- ▶ 「媒体」とは何か？
  - 同軸ケーブル/ツイストペアケーブル/電源線/光ケーブル/赤外線/電波/磁場...

**物理層無くしてネットワーク通信無し**

3

## 信号とは何か(1)

- ▶ デジタル通信では0か1かを伝送できればよい
  - 0と1の違いをどこにもたせるのか

例)

- 受信電圧値そのもの
- 受信電圧値の変動
- 受信電圧値の継続時間
- 信号を受信するか否か
- 受信状態の変動
- 受信周波数
- 受信した複数信号を解読した結果

4

## 0と1の区別

- ▶ 媒体により区別手法は異なる
- ▶ 主な例

媒体	主な媒体	送信側	受信側
電気	(ツイストペア)ケーブル	電圧パルスの発振制御	受信電圧と閾値の比較
光	光ケーブル(レーザー)	シャッターによる送信制御	光を受信したか否か
電波	無線電波	位相変化の制御	位相の解読

5

## 0と1の区別

電気パルス

例) 6Vを超えたら1、6V以下は0

送信信号は“011010”

光の場合

例) 光が長く届けば1、短く届けば0

送信信号は“11010”

6

### 信号とは何か(2)

- ▶ 送受信する信号の量を決める要素
  - 受信する信号はアナログ状態にある
    - ・ 光の点滅を利用する場合は除く
  - 受信側ではアナログからデジタルへの変換(A/D変換)が必要となる
    - ・ 離散化周波数(サンプリング周波数)が信号量を決める
  - サンプリング定理とフーリエ級数展開の活用

7

### 物理層(1-2)

花田 英輔

8

### 通信で用いる媒体(1)

- ▶ 金属ケーブル系
  - 電話線
    - ・ 電話回線用の「より対線」
  - UTP (Unshielded Twisted-Pair Cable、より対線)
    - ・ インターネット屋内配線向けのケーブル
  - 同軸ケーブル
    - ・ AV配線でも用いる太いケーブル
  - 電源線
    - ・ コンセントに接続される電源線

9

### 通信で用いる媒体(電話線)

- ▶ 電話回線用の「より対線」
  - 太さ1mm程度の「絶縁された」銅線2本をより合わせたもの(Shielded Twisted-Pair Cable, STP)
  - ADSL等でインターネットでも利用
    - ・ アナログ、デジタルの両方とも利用可
    - ・ 2本1組だが多数を集めてケーブル化も可能
- ▶ 動作原理と特徴
  - 信号は2本の導線(銅製)の電圧の差として搬送
  - 数Mbps(Mbit毎秒)の速度が出せる
  - 増幅無で数kmまで搬送可能

10

### 通信で用いる媒体(UTP)

- ▶ Unshielded Twisted-Pair Cable
  - ・ インターネット屋内配線向けのケーブル
  - ・ 通常は2本1組のより対線×4が1本のケーブル
  - ・ カテゴリーがある(通常はCat.5以降を使用)
    - ・ Cat.5、5e、6までは自作も不可能ではない
    - ・ ストレートケーブルとクロスケーブルがある
- ▶ Shielded Twisted-Pair Cableもある

11

### UTPのカテゴリーと用途

- ▶ UTPのカテゴリーと用途等(古いもの)

カテゴリー名	別名・用途
カテゴリー1 (Category 1)	4芯2対で電話線等
カテゴリー2 (Category 2)	8芯4対でISDN等
カテゴリー3 (Category 3)	10BASE-T等
カテゴリー4 (Category 4)	トークンリング、ATM等

これらは既に使われていない(はず)

12

### UTPの 카테고리と用途

カテゴリー名	通信速度 (理論値)	別名・用途
カテゴリー5 (Category 5)	100Mbps	100BASE-TX等
カテゴリー5e (Enhanced Category 5, Category 5e)	1Gbps	100BASE-TX、1000BASE-T等
カテゴリー6 (Category 6)	1Gbps	1000BASE-TX、10GBASE-T等 ケーブル中央に十字型の仕切りを設けケーブルのねじれなどによる損失を防止
カテゴリー6A (Augmented Category 6)	10Gbps	カテゴリー6をさらに改良し、10GBASE-T等に対応したもの
カテゴリー7	10Gbps	10GBASE-T等 8芯4対を対毎に箔によりシールドし、さらに同軸ケーブルと同様に全体を編組線でシールド
カテゴリー8	40Gbps	40GBASE-T等(2019年登場) 主にデータセンターなどで使用。一般家庭やオフィスなどで使用されることはほとんど無い

13

### 通信で用いる媒体(同軸ケーブル)

- ▶ Coaxial Cable (Coax、コアックスとも)
  - 同心円状に芯線、絶縁材料、外部導体、保護カバー(外被)の順に整形されたケーブル
  - UTPよりも高速かつ長距離の伝送が可能
  - 抵抗値で2種類に分かれる
    - ・ 50Ω : デジタル伝送用
    - ・ 75Ω : テレビ配線向け



The diagram shows a cross-section of a coaxial cable with labels: 外被 (Outer jacket), 絶縁体 (Insulator), 外部導体 (Outer conductor), and 中心導体 (Inner conductor). The photo shows two coaxial cables with BNC connectors, with the URL 'eleshop.jp' visible.

14

### 通信で用いる媒体(電力線)

- ▶ 電源コンセントに「PLCモデム」を差し込み、デジタル信号を電気配線を通して相手方に伝送
  - Power Line Communication : PLC
  - 2~30MHzの信号を電源線(50/60Hz)に載せて搬送(高速PLCの場合)
  - ブレーカーを超えての通信は不可
  - 日本では屋内でのみ使用可
  - 使用上の問題点
    - ・ 電源波形から見るとノイズ
    - ・ 接地が不良の場合電磁界を放射



A photograph of a white PLC modem plugged into a standard Japanese power outlet. A red arrow points from the text 'PLCモデム' to the device.

15

## 物理層(1-3)

花田 英輔

16

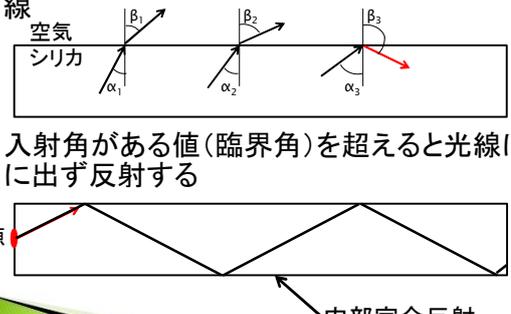
### 通信で用いる媒体(2)

- ▶ 光通信系
  - 光ケーブル(Optical Fiber)
    - ・ レーザ光を用いた通信のケーブル
    - ・ 1本のケーブルに複数の光ファイバーを束ねることが多い
    - ・ ケーブルには材質等によって複数の種類がある
  - 赤外線通信(Infrared Data Association, IrDA)
    - ・ ケーブルを使わず空間中に赤外線を放射し通信
    - ・ 短距離向け、免許不要
    - ・ 見通し間でなければ通じない
    - ・ パソコン・プリンタ間やスマホ・ケータイ間で活用

17

### 光ファイバー

- ▶ 2種類の物質の屈折率の違いを利用した通信線



The diagram illustrates the principle of total internal reflection. The top part shows a light ray passing from air (空気) into silica (シリカ) at three different angles:  $\alpha_1$  (refracted away from the normal),  $\alpha_2$  (at the critical angle), and  $\alpha_3$  (refracted towards the normal). The bottom part shows a light ray entering a fiber from a '光源' (light source) and reflecting off the boundary between the core and cladding, labeled as '内部完全反射' (internal total reflection).

18

### 光ファイバーの構造

▶ 屈折率が異なるコアとクラッドで形成

▶ 境界面の作りによって反射は異なる

<ステップ型> 光の経路が直線なので、入射角による経路の長さの違いが大きい

<自己収束型> 光の経路がゆるやかに曲がるので、入射角による経路の長さの違いが減少する

19

### 光ファイバーのモードと用いる信号

▶ 光ファイバーには2つのモードがある

- マルチモード: 複数の入射角が使える
- シングルモード: 入射角は1つに限定される
- 信号は波長0.85μm、1.30μm、1.55μmが多く用いられる

	マルチモード	シングルモード
コア径	50、62.5μm	9~10μm
クラッド径	125μm	125μm
主な使用波長	0.85μm	1.31μm、1.55μm
伝送容量	中	大
用途	短距離	長距離

20

### 光ファイバーの光源

▶ 半導体レーザーもしくはLEDを用いる

比較項目	半導体レーザー	LED
適したファイバー種	マルチモード・シングルモード	マルチモード
転送速度	速い	遅い
搬送可能距離	長距離	短距離
光源の寿命	短い	長い
温度の影響	大きい	小さい
コスト	高い	低い

21

### 光ファイバーの端子

品種・構造	特徴	用途	製品例
① SCコネクタ F04コネクタ (JIS C 5973)	ブッシュ型コネクタ 最も一般的なコネクタ・LANの世界標準となっている。	LAN・CATV 公衆通信回線 伝送システム内	
② SCFコネクタ F04コネクタ (JIS C 5973)	2連SCコネクタブッシュ型 LANの世界標準となっている。	LAN・CATV 公衆通信回線 伝送システム内	
③ FCコネクタ F01コネクタ (JIS C 5970)	ネジ締め型コネクタ	計測器 LAN・CATV 公衆通信回線	
④ STコネクタ	パコネット締結型コネクタ	計測器 LAN・CATV 公衆通信回線 伝送システム内	
⑤ LCコネクタ	ブッシュ型コネクタ 小型で高密度実装が可能。フェルール径がSCの1/2	構内配線 交換機	
⑥ MT-RJ	ブッシュ型コネクタ SCコネクタと同等の大きさで2心の接続が可能	LAN 交換機 伝送システム内	
⑦ MUコネクタ F14コネクタ (JIS C 5983)	ブッシュ型コネクタ 小型で高密度実装が可能。フェルール径がSCの1/2	局内装置 光中継機内	

通信興業株式会社ホームページより

22

### 光ケーブル

▶ 光ファイバーを束ねたケーブル

- 数える単位は「条」
- 1条の中のファイバー数は1芯から数百芯まで
- 屋内用、屋外用、架空用などがある

昭和電線電纜ホームページより

23

### 代表的な光ケーブル種類と特徴

品種・構造	構造・特徴	用途	製品例
①コード型光ファイバケーブル	心数: ~12心 (2の倍数) コード型 色: G1(黒) 黄(黄) 赤(赤) 青(青) 緑(緑) 白(白) 紫(紫) 黒(黒) EG: 黄黒 赤黒 青黒 緑黒 白黒 紫黒 TM: 黒黒 赤黒 青黒 緑黒 白黒 紫黒 PVC 樹脂 外皮 EOPタイプ 外皮: PVC	・屋内配線コアが光コードであるためコネクタによる接続可 ・外装にLAP加工を施したものは屋外で使用可	
②層状型光ファイバケーブル	心数: ~12心 心径: 0.9mm TM: 黒黒 赤黒 青黒 緑黒 白黒 紫黒 外皮: LAP	・外装にLAP加工を施しているため主に屋外で使用	
③ユニット型光ファイバケーブル	心数: ~36心 心径: 0.9mm 色: 黒(黒) 白(白) 赤(赤) 青(青) 緑(緑) 紫(紫) TM: 黒黒 赤黒 青黒 緑黒 白黒 紫黒 外皮: LAP	・外装にLAP加工を施しているため主に屋外で使用	
④2心平形光ファイバケーブル	心数: 2心 コード径: 2mm 色: 黒(黒) 白(白) 赤(赤) 青(青) 緑(緑) 紫(紫) TM: 黒黒 赤黒 青黒 緑黒 白黒 紫黒 外皮: PVC	・屋内配線主に機器間の短距離の配線に使用	
⑤テープスロット型光ファイバケーブル	心数: SM 24、40、100心 心径: 40μm 色: 黒(黒) 白(白) 赤(赤) 青(青) 緑(緑) 紫(紫) TM: 黒黒 赤黒 青黒 緑黒 白黒 紫黒 外皮: PC	・幹線 (屋内、管路等)	

通信興業株式会社ホームページより

24

## 光ファイバとメタルケーブル

	光ファイバ	メタルケーブル
無中継での搬送距離	約50km	約5km
電磁気による影響	受けない	受ける場合有
水分の影響	受けない	受ける場合有
重さ	軽い	重い
曲げ最小半径	大きい	小さい
コスト	高い	低い

25

## 今回の課題

1. ネットワークにおける物理層とは何か、その役目と共に説明せよ
2. 電力線データ通信(PLC)は欧州では普及したが、日本では普及していない、その理由を調べて説明せよ
3. 本日の感想

▶ 締切: 10月30日(月) 18:00

▶ 本講義に関する情報は(この講義資料も)次のWebpageに掲載するので、時々参照すること  
<http://www.ai.is.saga-u.ac.jp/~hanada/DCT/>

26