

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

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

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用のケーブル
 - ・ 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

- ▶ 入射角がある値(臨界角)を超えると光線は外に出ず反射する

内部完全反射

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

| 品名・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 | |
| 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 | パケ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

| 品名・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) コード径: 0.9mm (ナイロン) 色: G1黄緑色, G2黄緑色, G3黄緑色 (LAPシースは黒) <small>①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪⑫</small> EGS: 黄緑色 EGS: 黄緑色 (ケーブル内) TM: 黄緑色 EGS: 黄緑色 (ケーブル内) PVC: 黄緑色, LAP | ・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 (ナイロン) 色: 黄緑色 (ナイロン) 色: 黄緑色 (ナイロン) TM: 黄緑色 外装: LAP | ・外装にLAP加工を施しているの主に屋外で使用 | |
| ③ユニット型光ファイバケーブル | 心数: ~36心 心径: 0.9mm (ナイロン) 色: 黄緑色 (ナイロン) 色: 黄緑色 (ナイロン) TM: 黄緑色 外装: LAP | ・外装にLAP加工を施しているの主に屋外で使用 | |
| ④2心平形光ファイバケーブル | 心数: 2心 コード径: 2mm 心径: 0.9mm (ナイロン) (EG5) 色: 黄緑色 (ケーブル内) (ケーブル内) TM: 黄緑色 外装: 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 (テープ内) 色: 黄緑色 (テープ内) TM: 黄緑色 外装: 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