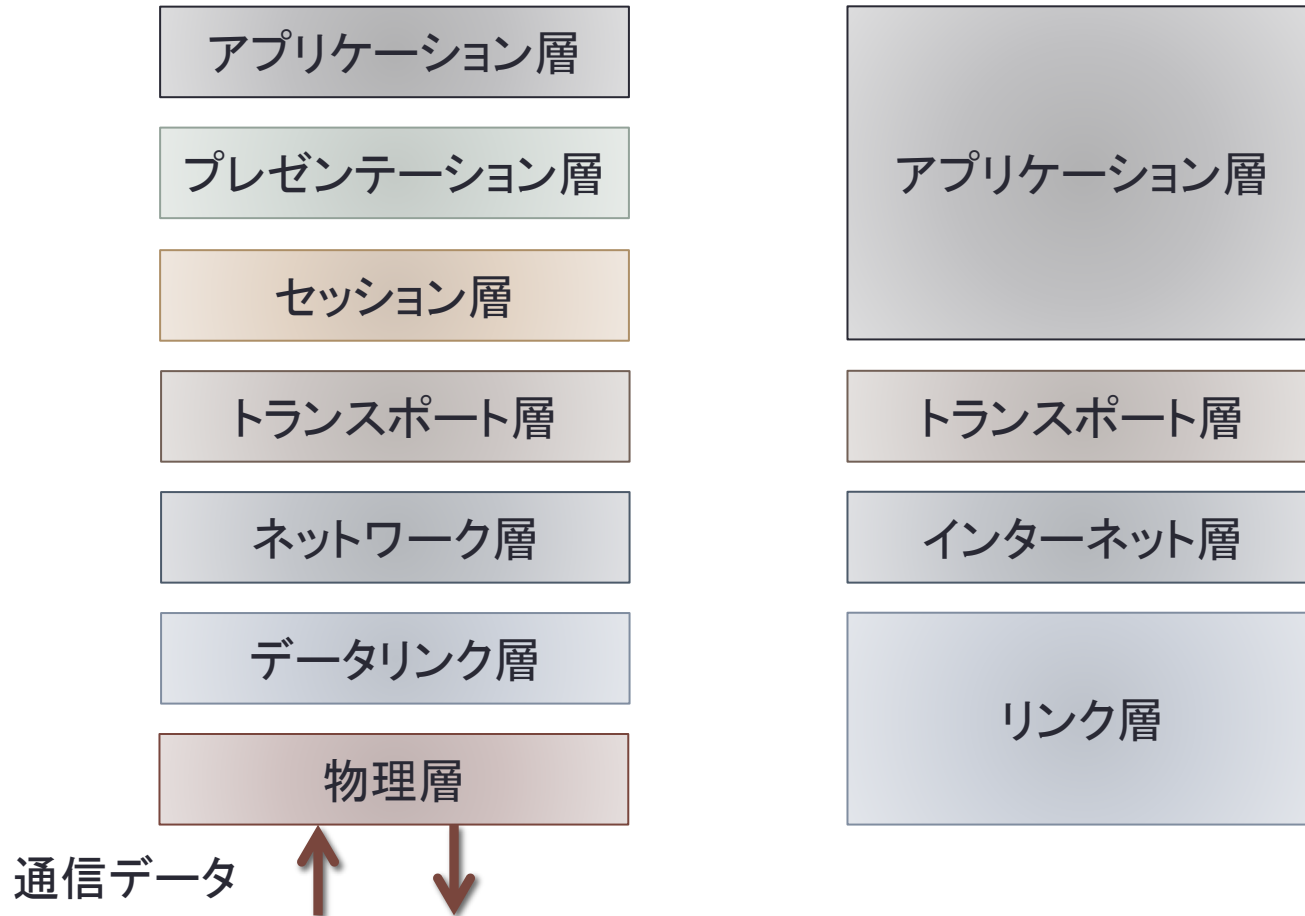


情報通信ネットワーク 第3回

理工学部情報科学科

松澤 智史

本日は……データリンク層



データリンク層の役割

- 同じネットワーク内の隣接する通信機器間通信をサポートする

教科書より

つまり

上司: 上位層

Charlie



このデータを
Bobに渡して
くれ

あ、君は中身
知る必要
ないから



今回の主人公
役職: データリンク層



前回の主人公
役職: 物理層



Bob



Alice

つまり

上司: 上位層

Charlie



01101110

このデータを
Bobに渡して
くれ

あ、君は中身
知る必要
ないから



今回の主人公: リンク君
役職: データリンク層



部下: 物理君
役職: 物理層



Bob



Alice

主人公は考えた

- 相手側にも自分と同じ役職(データリンク層)の人がいるだろう
 - その人と打ち合わせておいて、該当番号のみその人の上司に伝えてもらおう
 - 自分の上司(Charlie)は00
 - Aliceは01
 - Bobは10
- として、
宛先送り元の順にデータの
先頭に並べよう



つまり

上司: 上位層

Charlie



このデータを
Bobに渡して
くれ



Bob



今回の主人公: リンク君
役職: データリンク層

01101110



部下: 物理君
役職: 物理層



Alice

つまり

上司: 上位層

Charlie



このデータを
Bobに渡して
くれ



今回の主人公: リンク君
役職: データリンク層

100001101110

00(Charlie)から10(Bob)へ



部下: 物理君
役職: 物理層



Bob



Alice

つまり

上司: 上位層

Charlie



このデータを
Bobに渡して
くれ



今回の主人公: リンク君
役職: データリンク層

100001101110

00(Charlie)から10(Bob)へ



部下: 物理君
役職: 物理層



Bob



Alice

主人公は考えた

- さらに物理君が間違った伝送をした場合の誤り検知機能もつけよう

データの最後に0,1の個数が
偶数なら0
奇数なら1
をつけておこう



つまり

上司: 上位層

Charlie



このデータを
Bobに渡して
くれ



今回の主人公: リンク君

役職: データリンク層

1000011011100

← 誤り検知ビット

00(Charlie)から10(Bob)へ



部下: 物理君

役職: 物理層



Bob



Alice

Ethernet (イーサネット)

- データリンク層(物理層も含む)規格の一つ
- 現在のデータリンク層は,「ほぼ」Ethernetの規格を使用している
- 例外
PPP,ATM,FDDIなど

Ethernetのプロトコル(有線規格)

物理層の違いによっていくつかの規格が存在する

- 10base5(IEEE802.3)
 - 50Ω同軸(10mm径)のケーブル
 - マンチェスタ符号
- 10baseT(IEEE802.3a)
 - UTP(2対CAT3)のケーブル
 - マンチェスタ符号
- 100baseTX(IEEE802.3u) 現状最も普及
 - UTP(2対CAT5)のケーブル
 - 4B5B MLT-3符号
- 1000baseT(IEEE802.3ab) GbE(ギガビットイーサネット)
 - UTP(4対CAT5eまたはCAT6)のケーブル
 - 8B1Q4 PAM5符号

○○base□

○○は通信速度(単位mbit/sec)
□はTはTwistペアケーブルを使う
TXはTの後継だと思えばたいはいは良い

CAT○

○はケーブルのカテゴリの番号で
大きいほど新しい

- CAT3 16Mhz もうほとんど見ない
- CAT5 100Mhz 2対(4本)使用
- CAT5e 100Mhz 4対(8本)使用
- CAT6 250Mhz 4対(8本)使用

1000baseT

- UTP(4対CAT5eまたはCAT6)のケーブル
 - つまり8線(送信4線, 受信4線)全て使う
- 8B1Q4 4D-PAM5符号
 - 5値符号(PAM5)を使うので $5^4=625$ 通りのデータが1回のパルスで送れる
 - ここに9bit $2^9=512$ 通りのデータを対応させる
 - 8B1Q4は8bitに1bitの冗長ビットを付与するので8bitのデータを9bitで送るため、1パルスで8bitのデータを送ることになる
 - 2パルスで1周波数に相当するので1周波数あたり16bit送れる
 - CAT5やCAT5eの100Mhzだと1秒に100M周波数送れるので、**理論上1.6Gbit**まで送れるがCAT5はノイズ対策が甘いため、実際に1000baseTで使用するには難があり、CAT5e以上が1000baseTで使用する最低ラインとされている
 - CAT6以上では250Mhz以上出せるので余裕をもってギガビット通信が可能である

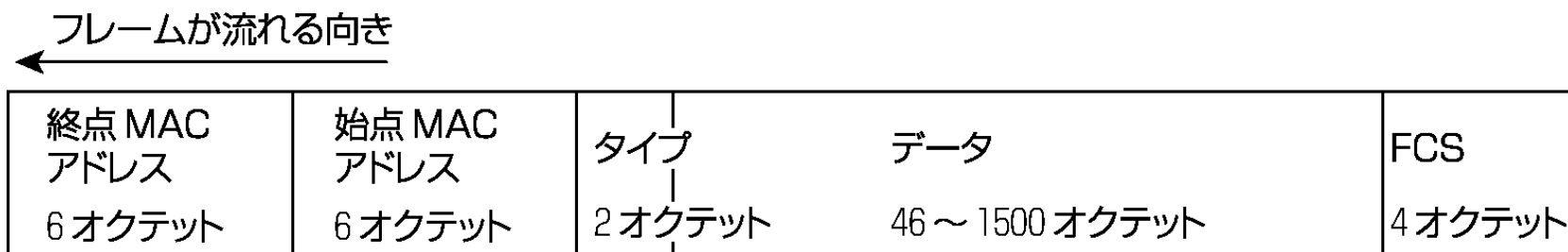
有線のUTPケーブル(CAT5e or CAT6)

- UTPケーブルは8本の銅線から出来ている
- それぞれの線はカラフルな絶縁体に包まれている.
- 1:白橙 2:橙 3:白緑 4:青 5:白青 6:緑 7:白茶 8:茶
の線がそれぞれあり,
CAT5eのストレートケーブルは
両端をこの順にそろえる.

白橙 1	—————	1白橙
橙 2	—————	2橙
白緑 3	—————	3白緑
青 4	—————	4青
白青 5	—————	5白青
緑 6	—————	6緑
白茶 7	—————	7白茶
茶 8	—————	8茶

ストレートケーブル

イーサネットのフレームフォーマット

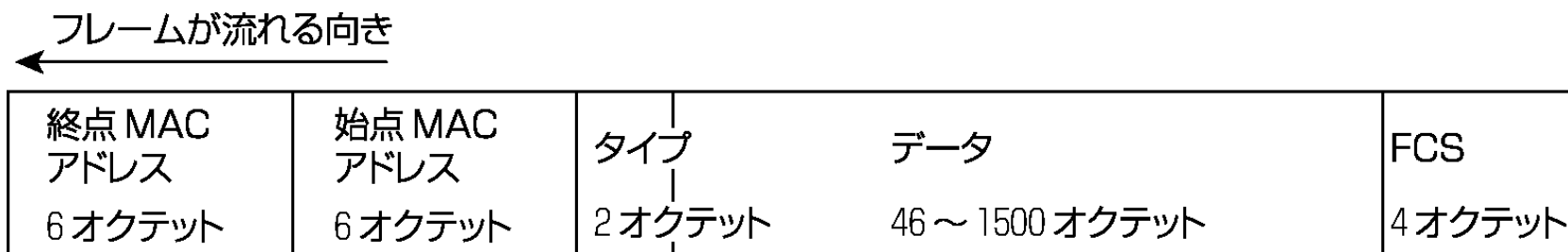


1オクテットは1バイト(8bit)と同義

タイプは上位層のプロトコル番号を格納する

FCSはFrame Check Sequence (実際はCRC32符号が使われる)

イーサネットのMTU



MTU(Maximum Transmission Unit)

- 一回のデータ転送にて送信可能なデータサイズのこと
- パケットフォーマットのデータのフィールドの上限サイズ
- MTUが1500の場合, イーサネットのフレームサイズ上限は1518

イーサネットのアドレス

- MACアドレス, 物理アドレス, ハードウェアアドレスと呼ばれる
- 48bit(6バイト)の識別子
- 通信機器ごとに重複しないアドレスが割り当てられている
- 表記形式は16進数で1バイトごとに「:」または「-」で区切る

参考までに

このノートPCの有線LANのネットワークインタフェースには

F0:DE:F1:C2:36:E1

無線LANのインタフェースには

10:0B:A9:5B:9B:D8

が割り当てられている(インタフェースのメーカーが割り当てる)

CRC(Cyclic Redundancy Check)

- 概念 : 割り算の余りを誤り検知に使う
- 具体例
 - 10進数表記で148というデータだった場合, 41(素数)で割った余り(この場合25)をCRC符号としてフレームの最後に追加する
 - 割る数(この場合41)は送受信側で既知のものとする
- 実際にはFCSの前に最大約1500バイト(つまり最大 2^{12000})が割られる数となるため, 少々工夫が必要である

2進数での割り算

CRC32は長いので例としてはCRC5(割る数101001)を例にする
送られるデータが10010100(10進数148)の場合

$$x^7 + x^4 + x^2$$

と表記する

割る数は

$$x^5 + x^3 + 1$$

となる

割るとあまりは

$$x^4 + x^3 + 1 = 11001 = 25$$

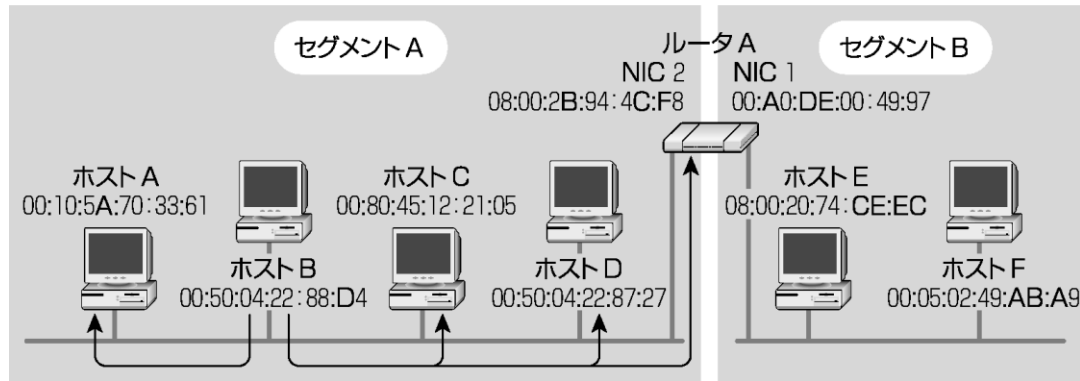
となる

ちなみにCRC32の生成多項式(割る数)は

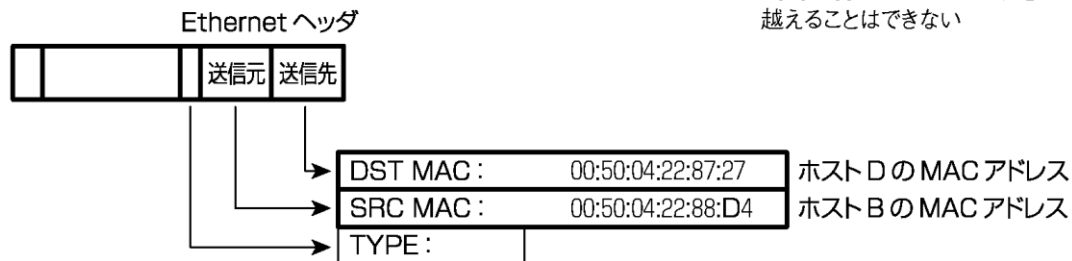
$$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

Ethernetの基本動作

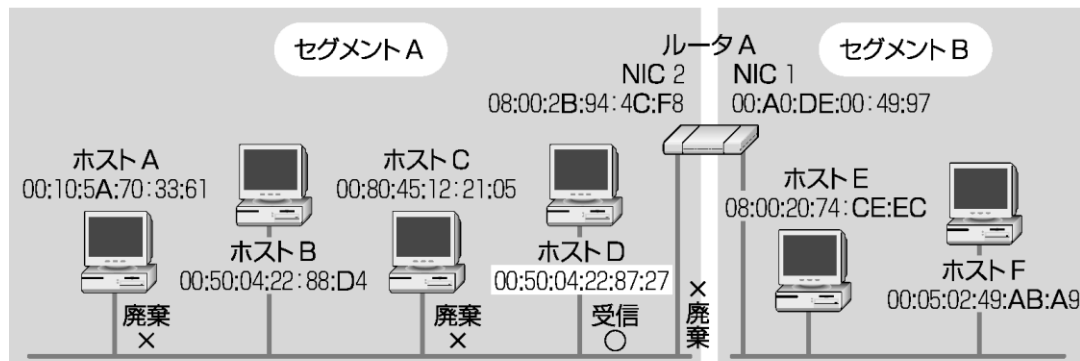
(1) ホストDあてのフレームをブロードキャストする



Ethernet フレームはルータを越えることはできない



(2) 送信先 MAC アドレスと自分の MAC アドレスを比較し、同じであれば受信する



同一のEthernetにいるすべてのホストが受信し、自分宛のMACアドレスであれば、タイプフィールドを元に上位層を特定して上位のモジュールに渡す。

同時に複数のホストがフレームの送信を開始すると衝突が発生し、データは失われる。

CSMA/CD

(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)

衝突を回避するために、他のホストが現在送信していないか確認する。

衝突が起こった場合は、乱数時間後に再送信する。

CSMA/CD 実際は.....

- 消えつつある技術
- 1Gbpsくらいになると衝突検知はかなり困難

ちなみに.....次世代の10GbpsイーサネットではCSMA/CDは規格から外されている

無線規格

無線の物理規格は

- IEEE802.11a
- IEEE802.11b
- IEEE802.11g
- IEEE802.11n
- IEEE802.11ac
- IEEE802.11ax

等いろいろあるが、データリンクに該当する仕様はイーサネットを使用している

無線の衝突対策(CSMA/CA)

Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
と呼ばれる方法で衝突回避(検知ではない)を行っている

他ノードが通信を行っている間はランダム時間待機してから
データ送信を行うアルゴリズム

無線LAN特有のその他の仕様

- ESS-ID(SS-ID)
 - 通信が被った場合に通信エリアを特定するための識別子
 - 通信前に設定が必要
- 無線LANの通信モード
 - アドホックモード
 - インフラストラクチャモード

今回のまとめ

- データリンク層(イーサネット)
 - マルチリンクの通信をサポート(MACアドレスによる送受信者の指定)
 - 誤り検出機構(CRC32)をフレームの最後につける
- 有線LAN
 - ツイストペアケーブル(4対8線)を使用する
 - 近年は100base-TXまたは1000base-Tが主流 (CAT5e以上のケーブル)
 - 衝突検知(CSMA/CD)がある
- 無線LAN
 - 衝突回避(CSMA/CA)がある
 - ESS-ID(SS-ID)による通信区別がある

質問あればどうぞ

次回はネットワーク層！