

コンピュータネットワーク

第4回 Ethernet: 有線ネットワーク と無線ネットワーク

静岡理科大学

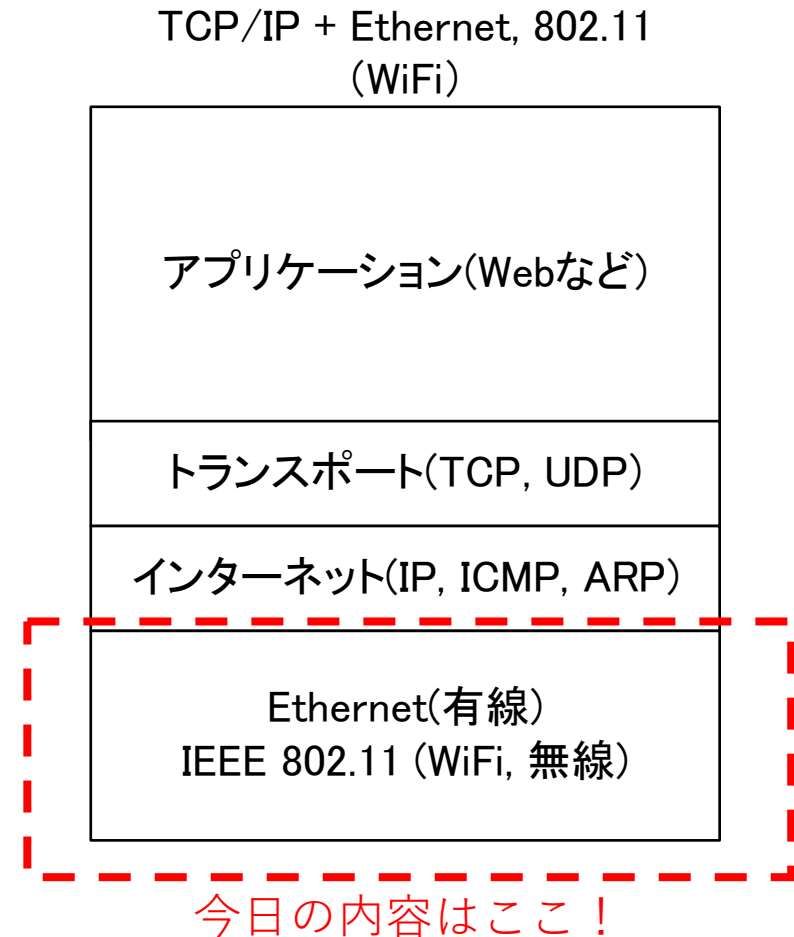
情報学部 コンピュータシステム学科

幸谷智紀

<https://na-inet.jp/compnet/>

本日の内容

- LANとWAN
- 有線LAN(Ethernet)と無線LAN
- MACアドレスの確認方法
- 有線LANのCSMA/CD方式
- 無線LANとセキュリティ



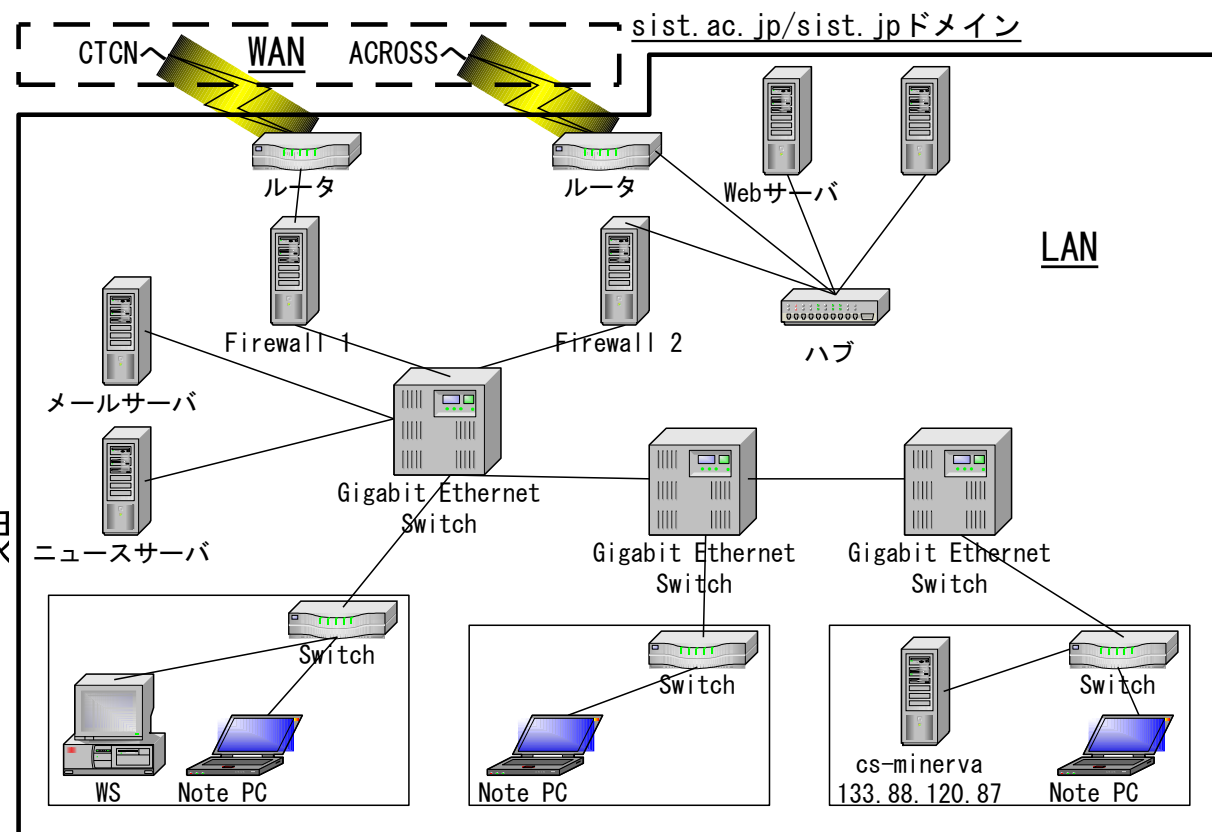
LAN と WAN

- LAN = Local Area Network

狭いエリアにおけるコンピュータネットワーク

Ethernet(有線ネットワーク), Wi-Fi(無線ネットワーク)はLAN用

(Bluetooth(超単距離通信))



2000年代初めのLAN (SIST-NET)

- WAN = Wide Area Network

LANより広い範囲におけるコンピュータネットワークの総称

無線WAN：セルラーネットワーク(携帯電話網)

1G(第1世代): アナログ音声通信・電話交換網

→2G(第2世代): デジタル音声通信・データ圧縮・暗号化が可能に

→3G(第3世代): デジタル音声＋データ通信

→4G(第4世代): パケット交換

→5G(第5世代): 大容量化

→本講義ではこれ以上扱わない（大手キャリアにお任せ事項）

SIST-NET内 LAN配線の例(1/2)

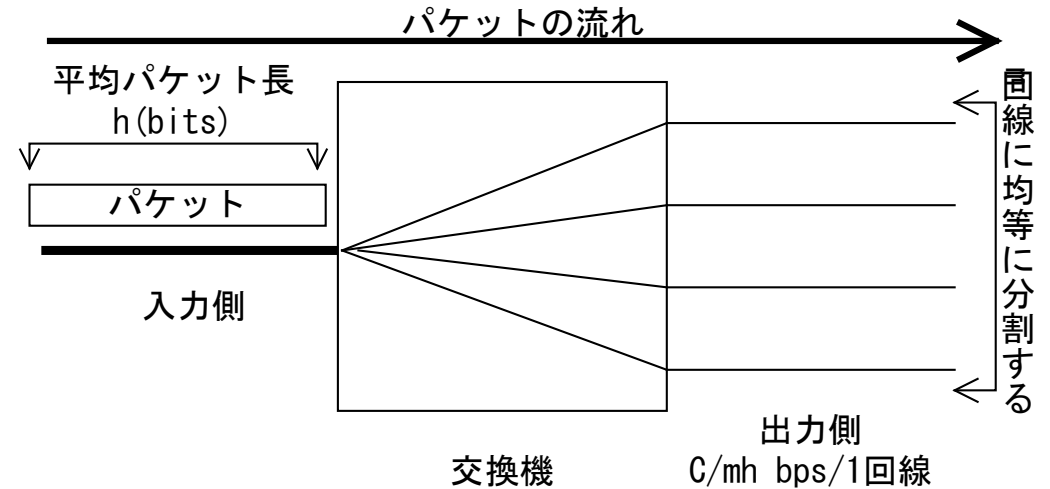
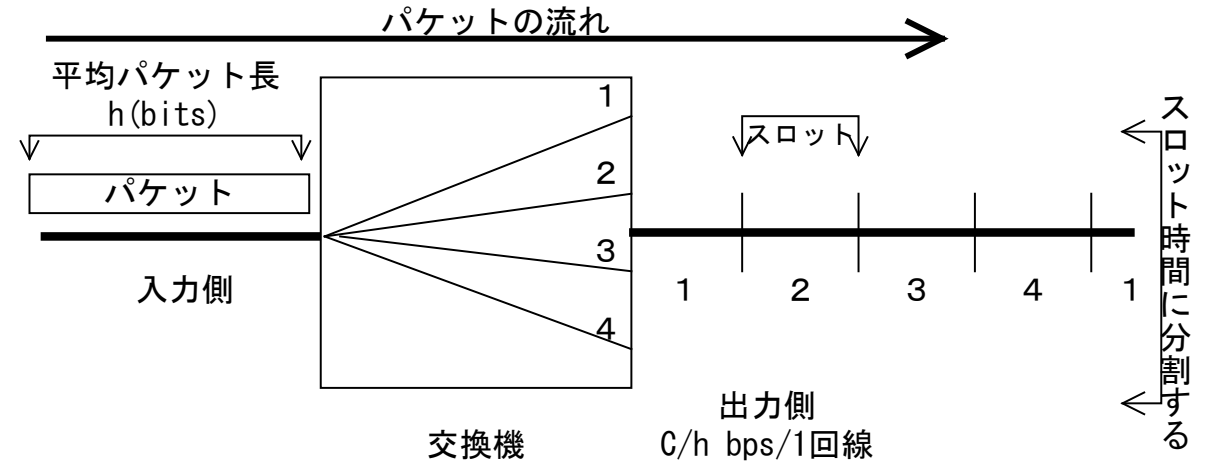


SIST-NET内 配線の例(2/2)

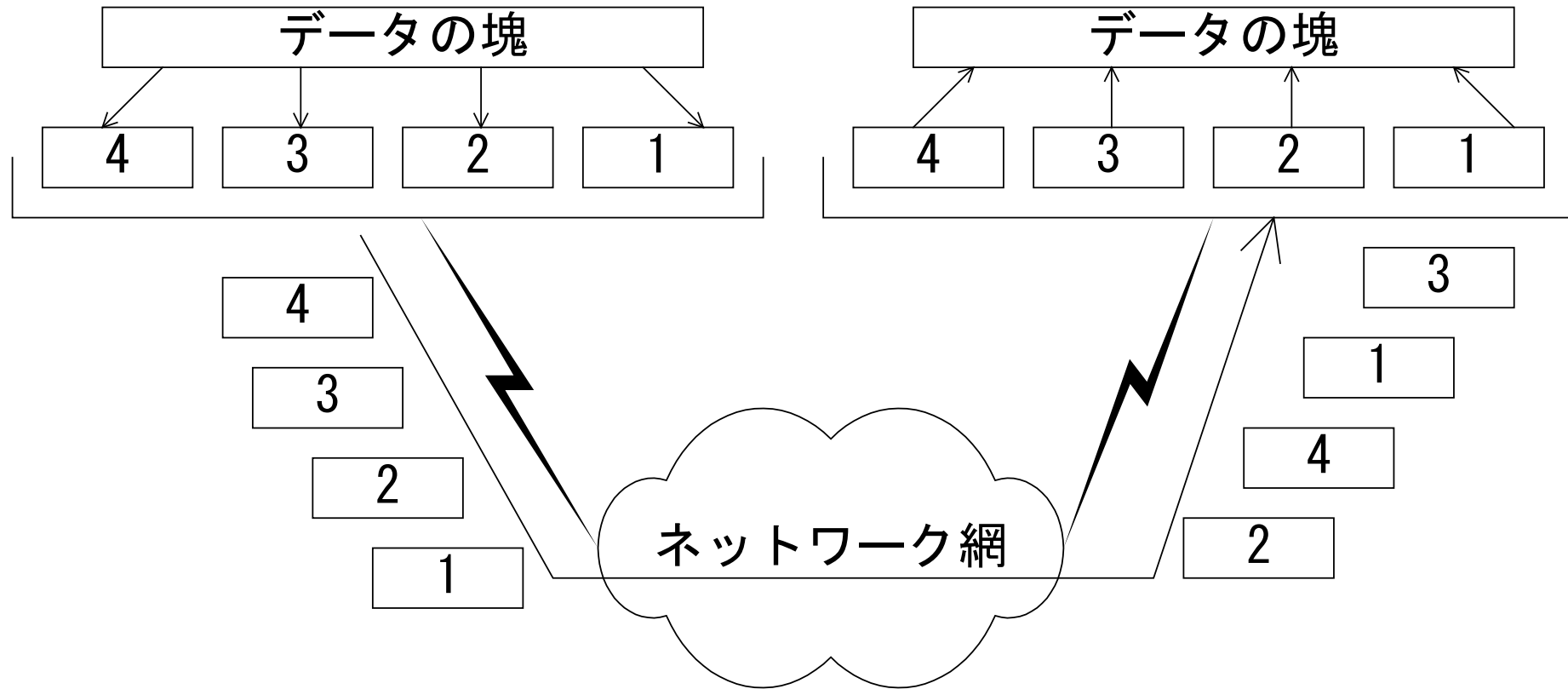


通信方式

- 時分割多重方式(TDM, Time Division Multiplexing) ・ ・ ・ 時間ごとに区切って端末に割り当てる
 - 1フレームでN台の端末に割り振る
- パケット単位の通信がLANの基本
- 周波数分割多重方式(FDM, Frequency Division Multiplexing) ・ ・ ・ 周波数を分割し、それぞれに端末を割り当てる。
- 遠距離通信での利用

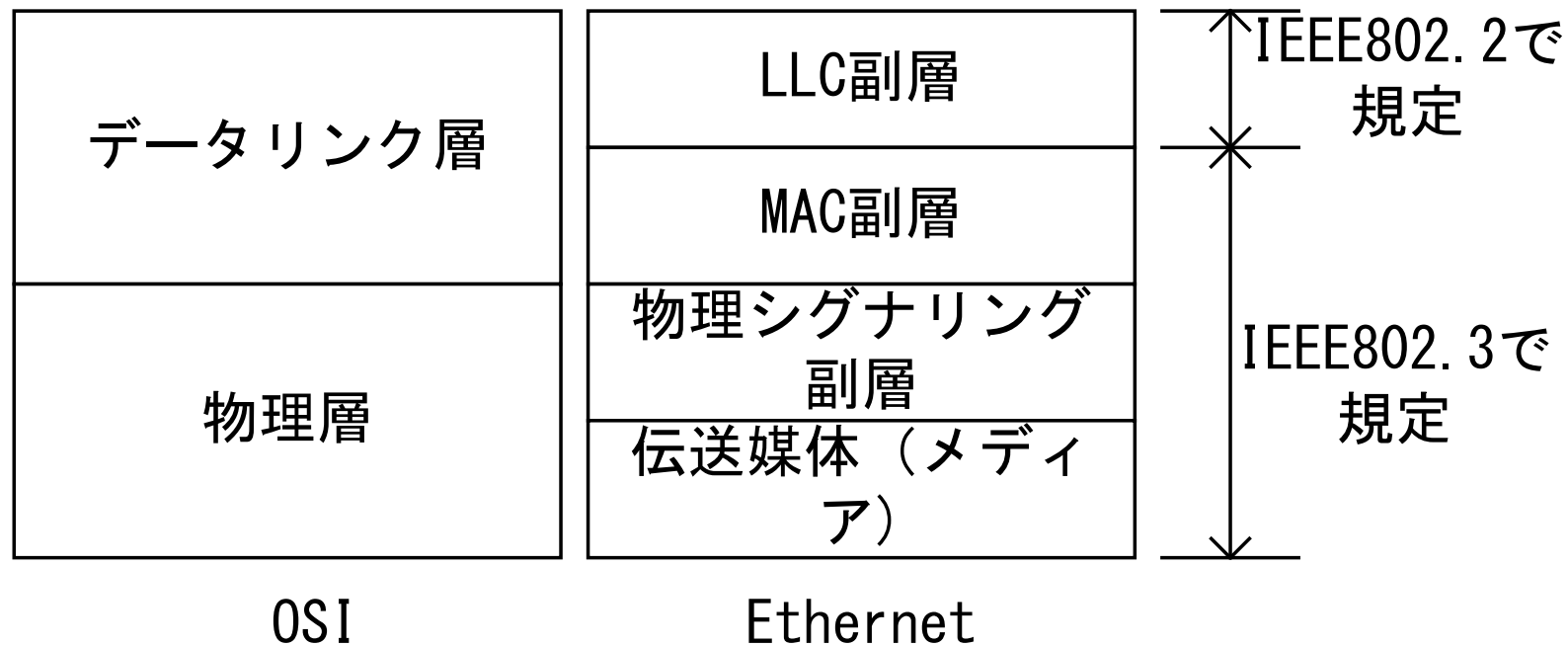


パケットを用いた通信



Ethernet：物理層・データリンク層

- 物理層・・・ケーブル・電気信号の物理的規約に従ってパケットを実際に伝送
- データリンク層・・・パケット（信号）の伝送を制御



Ethernetの歴史(1/2)

- 1968年 N.AbramsonらがALOHAシステム・・・ベースバンド（単一の周波数帯域のみ使用する）方式の無線通信方式を開発（4800bps→9600bps）
- 1973年 R.MetcalfeらがALTO ALOHAネットワーク(2.94Mbps)を開発→後に「Ethernet」と命名

Ether=エーテル

2.94Mbps = ALTOマシンのクロック数が2.94MHz(1つのパルスにつき340ns)

Ethernetの歴史(2/3)

- 1979年 DIX(DEC/Intel/Xerox)によるEthernetの標準化=Ethernet 1.0
- 1982年 DIX Ethernet 2.0
- 1983年 IEEE 802.3規格制定 (10Mbps)
- 1989年 ISO88023としてEthernetが国際規格になる→世界的に普及
- 1990年 IEEE 802.3i (10BASE-T/T=Twisted-pair Cable)
- 1995年 IEEE 802.3u (100BASE/FastEthernet)
- 1998年 IEEE 802.3z . . . 光ファイバ/銅線ケーブルによる1000MbpsのEthernet/GigabitEthernet
- 1999年 IEEE 802.3ab (1000BASE-T)
- 2002年 IEEE 802.3ae (10GBASE)
- 2016年 IEEE 802.3bz (2.5G～5G BASE)

Ethernetメディア：Twisted-pairケーブルの種類

- Cat3(カテゴリ3) 10Mbps
 - 100ΩUTP(Unshielded Twisted-Pair)
 - RJ-45コネクタ
 - 伝送特性は16MHzまで
- Cat4:10Mbps
 - 100ΩUTP, RJ-45
 - 20MHz
- Cat5: 100Mbps, Cat5e: 1Gbps～2.5, 5Gbps
 - 100ΩUTP, RJ-45
 - 100MHz
- Cat6 1Gbps, Cat6A 2.5～10Gbps
 - Cat6: UTP, Cat6A:UTP, S(Shielded)TP
 - RJ-45
 - Cat6: 250MHz, Cat6A: 500MHz
- Cat7, Cat7A 10Gbps
 - STP
 - ARJ-45等(RJ-45と後方互換性あり)
 - Cat7: 600MHz, Cat7A: 1000MHz
- Cat8 40Gbps
 - STP
 - ARJ-45等
 - 2000MHz

IEEE802.3の種類(10BASE)

10Mbps Ethernet(20MHz)			
名称	10BASE5	10BASE2	10BASE-T
メディア	太同軸 ケーブル (50Ω)	細同軸ケー ブル(50Ω)	2対(4本)の Cat3 Twisted- pairケーブル
最大伝送距離	500m	185m	100m
最大セグメント数	5		
1セグメントあたりの最大接続ホ スト数	100ホスト	30ホスト	2ホスト(NICと Repeater)
符号化方式	Manchester方式(1パルスで2bit)		

IEEE802.3の種類(100BASE)

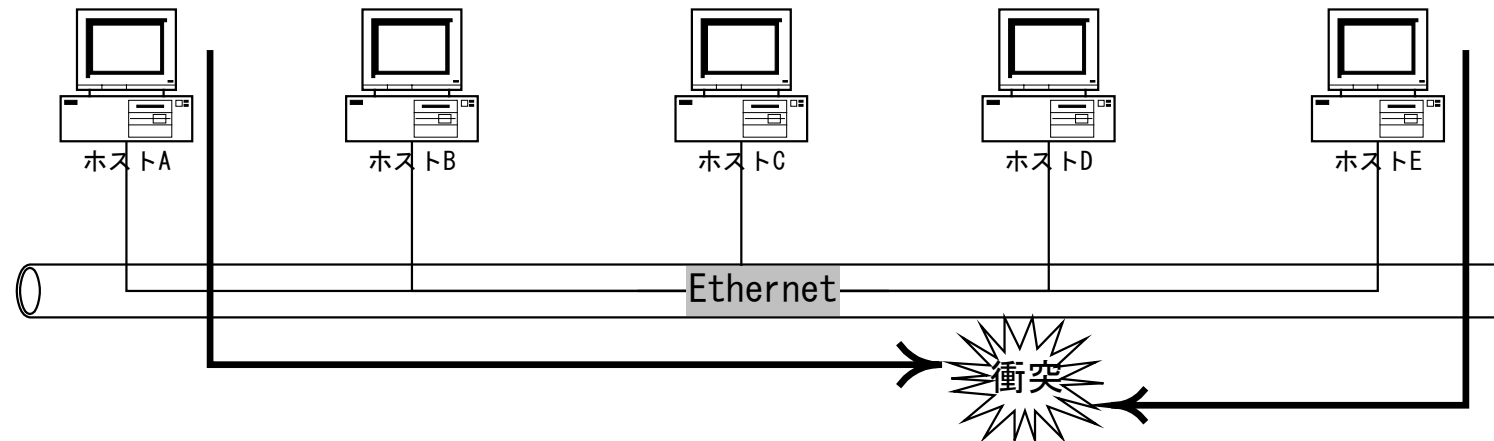
100Mbps Ethernet/FastEthernet			
名称	100BASE-FX	100BASE-TX	100BASE-T4/T2
メディア	光ファイバ	2対(4本)のCat5 Twisted-pairケーブル	4対/2対のCat3 or 4 or 5 Twisted-pairケーブル
最大伝送距離	500m	100m	100m
周波数	125MHz	125MHz	25MHz
全二重/半二重	全&半	全&半	全/全&半
符号化方式	4B/5B(4bitを5bitに対応させる)		PAM 5×5(パルス振幅変調)

IEEE802.3の種類(1000BASE)

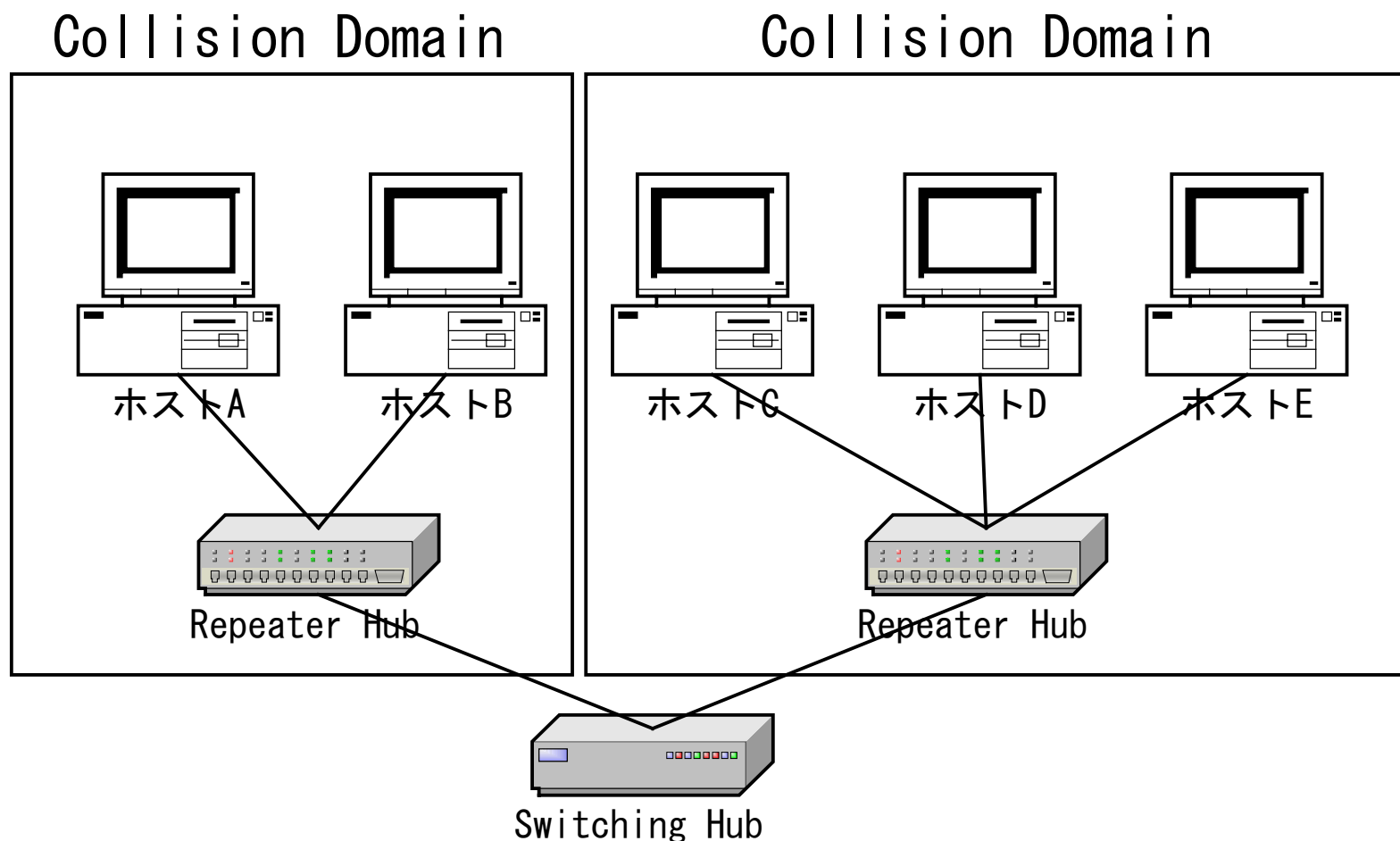
1000Mbps Ethernet/GigabitEthernet			
名称	1000BASE-SX/LX	1000BASE-CX	1000BASE-T
メディア	光ファイバ	Twinax(銅線)ケーブル (150Ω)	4対(8本)のCat5 Twisted-pairケーブル
最大伝送距離	220m～550m/5000m	25m/550m(MMF)	100m
全二重/半二重	全 & 半		
周波数		?	125MHz
符号化方式	8B/10B	HSSC or DB-9	PAM5 × 5

Ethernetの通信原理

- 一つの回線に多数のホストがぶら下がるネットワーク
- ベースバンド(単一の周波数帯域のみ使用する)
- CSMA/CD方式 (10～1GbEまで)
 - CS . . . Carrier Sence
 - 回線上にキャリア（フレーム）が流れているかどうか検出すること
 - MA . . . Multiple Access
 - 多重アクセスを許す方式（しかもベースバンドで）
 - CD . . . Collision Detection
 - 回線上でのキャリア（フレーム）衝突の検出



Collision Domain

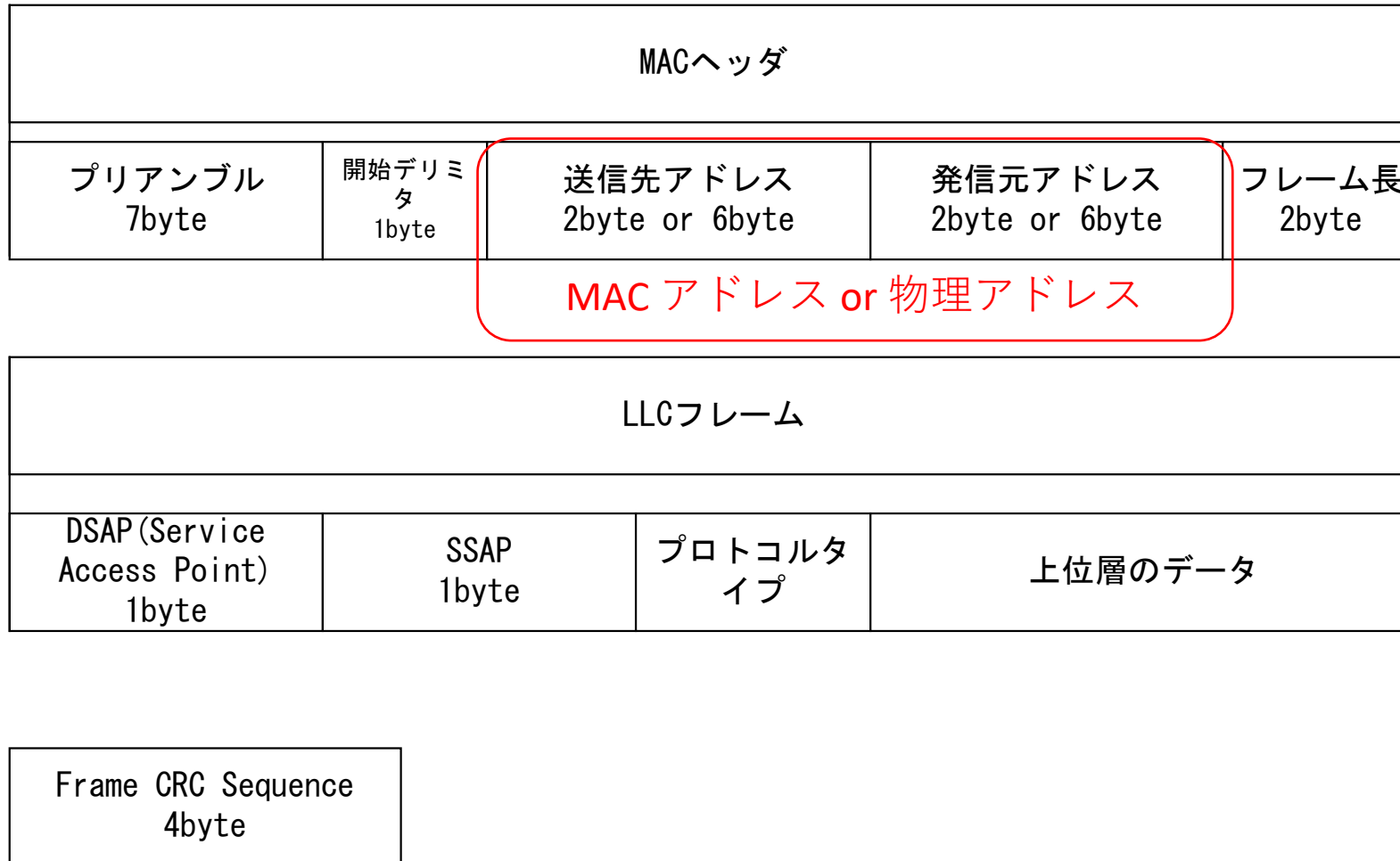


- 現状はほとんどがスイッチングハブ(Switching Hub)
→パケットが衝突することを防ぐ
= Collision Domainを分割する
→ループした接続も切る機能がある(Spanning Tree Protocol = STP)
- 久々に(10年ぶり)にリピータハブ(Repeater Hub)が発売された
→<https://www.planex.co.jp/products/fxg-05rpt2/>

Ethernetにおけるフレーム（パケット）の処理



Ethernetにおけるフレーム形式



MACアドレス or 物理(Physical アドレス)

- MAC = Media ACcess, ipconfig /allコマンドか，ネットワークとインターネットから確認できる。

ネットワークとインターネット > イーサネット

☐ プライベート ネットワーク
デバイスがネットワーク上で検出できます。ファイルを共有する必要がある場合、またはこのネットワーク上で通信するアプリを使用する必要がある場合は、これを選択します。ネットワーク上のユーザーとデバイスが把握でき、信頼できる必要があります。

ファイアウォールとセキュリティ設定の構成

認証設定 編集

従量制課金接続
このネットワークに接続している場合、データ使用量を減らすためにアプリによっては異なる動作が行われる可能性があります。 オフ

このネットワーク上のデータ使用量を制御するためのデータ通信量上限を設定する

IP 割り当て:	自動 (DHCP)	編集
DNS サーバーの割り当て:	自動 (DHCP)	編集
リンク速度 (送受信):	1000/1000 (Mbps)	コピー
リンク ローカル IPv6 アドレス:	fe80::f98:a096:2cb7:4162%7	
IPv4 アドレス:	192.168.1.130	
IPv4 DNS サーバー:	192.168.1.1 (非暗号化)	
プライマリ DNS サフィックス:	cs-room543	
製造元:	Intel Corporation	
説明:	Intel(R) Ethernet Connection (7) I219-V	
ドライバーのバージョン:	12.19.1.32	
物理アドレス (MAC):	04-92-26-C2-51-D5	

```
Windows PowerShell
PS C:\Users\tkouy> ipconfig /all

Windows IP 構成

ホスト名 . . . . . : tkmain-win11
プライマリ DNS サフィックス . . . . . :
ノード タイプ . . . . . : ハイブリッド
IP ルーティング有効 . . . . . : いいえ
WINS プロキシ有効 . . . . . : いいえ
DNS サフィックス 検索一覧 . . . . . : cs-room543

イーサネット アダプター イーサネット:

接続固有の DNS サフィックス . . . . . : cs-room543
説明 . . . . . : Intel(R) Ethernet Connection (7) I219-V
物理 アドレス . . . . . : 04-92-26-C2-51-D5
DHCP 有効 . . . . . : はい
自動構成有効 . . . . . : はい
リンク ローカル IPv6 アドレス . . . . . : fe80::f98:a096:2cb7:4162%7(優先)
IPv4 アドレス . . . . . : 192.168.1.130(優先)
サブネット マスク . . . . . : 255.255.255.0
リース取得 . . . . . : 2023年9月16日 23:31:24
リースの有効期限 . . . . . : 2023年9月20日 11:31:29
デフォルト ゲートウェイ . . . . . : 192.168.1.1
DHCP サーバー . . . . . : 192.168.1.1
DHCPv6 IAID . . . . . : 100962854
DHCPv6 クライアント DUID . . . . . : 00-01-00-01-2A-87-A4-CF-04-92-26-C2-51-D5
DNS サーバー . . . . . : 192.168.1.1
NetBIOS over TCP/IP . . . . . : 有効
```

MACアドレスの形式→ <https://uic.jp/mac/>

04-92-26-C2-51-D5

接続固有の
説明 : Intel(R) Ethernet Connection (7) T219-V
物理アドレス : 04-92-26-C2-51-D5

DHCP 有効
自動構成有効
リンクローカル IPv6 アド
IPv4 アドレス
サブネット マスク
リース取得
リースの有効期限
デフォルト ゲートウェイ
DHCP サーバー
DHCPv6 IAID
DHCPv6 クライアント DUID
DNS サーバー
NetBIOS over TCP/IP . .

MACアドレス詳細 - 04:92:26

Vendor name: ASUSTek COMPUTER INC.

MAC Prefix: 04:92:26

MAC Range: **04:92:26**:00:00:00 - **04:92:26**:FF:FF:FF

Type: MA-L

Address: 15,Li-Te Rd., Peitou, Taipei 112, Taiwan
Taipei Taiwan 112

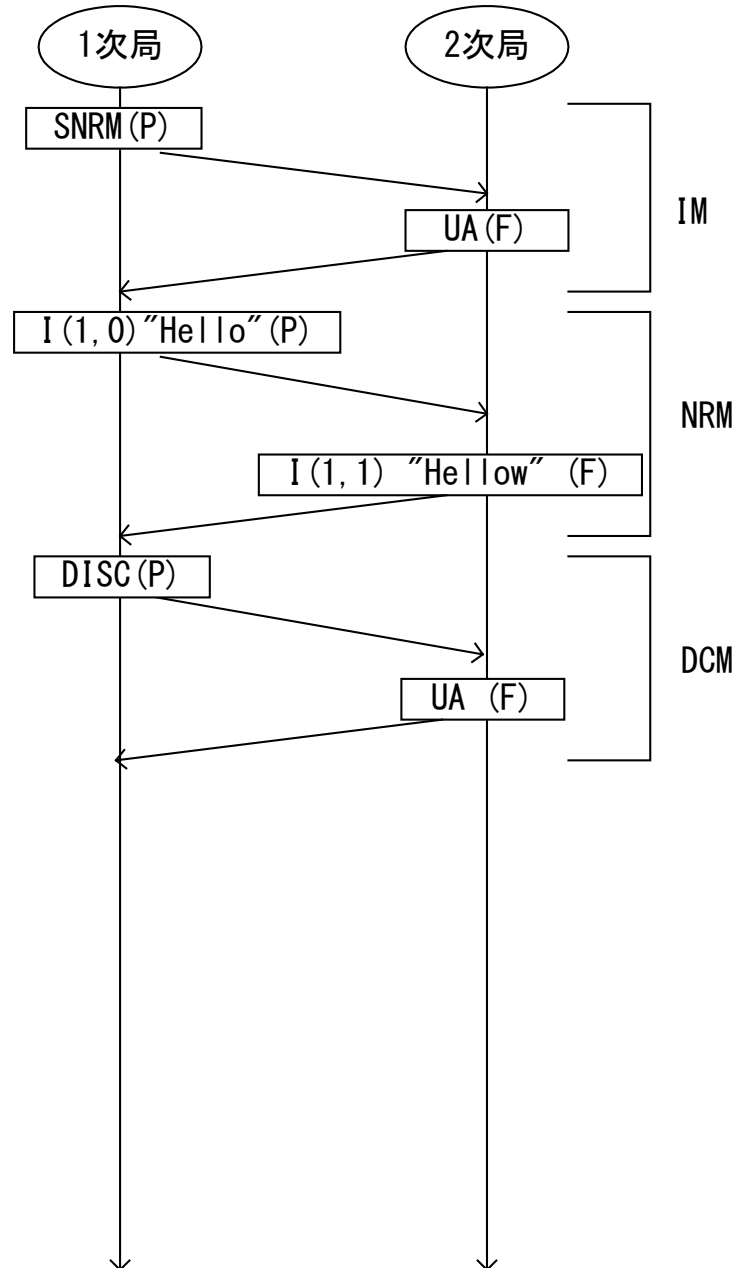


TW

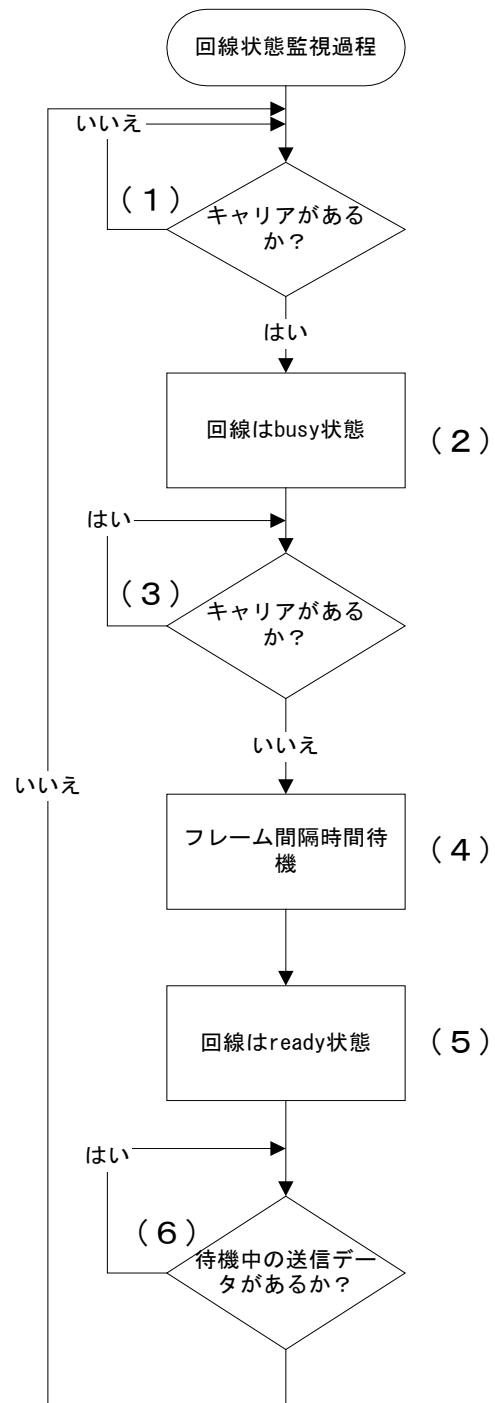
LLC副層での通信例

- 1.1次局からNRMにセットするコマンドを送信。
- 2.2次局からUA(非番号制工程応答)をレスポンスとして返す。
- 3.1次局から“Hello”データを送信。
- 4.2次局から”Hellow”データを送信。
- 5.切断のためのDISCコマンドを送信。
- 6.切断コマンドに対するUAを返す。

2次局からの情報送信の際，受信確認(F)レスポンスも同時に返すことが可能。=Piggy back



MAC副層での通信(1/3)：回線状態の監視



- (1) 回線上に他のホストからフレームが送信されているかどうか確認。
- (2) キャリアがあれば回線は**busy**状態へ。
- (3) キャリアがなくなるまで確認を続ける。
- (4) フレーム間隔分、送信を待つ。
- (5) 回線が**ready**状態へ。
- (6) 待機中のデータがなくなるまで送信を続ける。なくなれば最初に戻る。

MAC副層での通信(2/3)：フレーム送信

(1)LLC副層から受け取ったフレームにMAC副層の情報を付加する。

(2)フレームが送信できる常態かを確認。

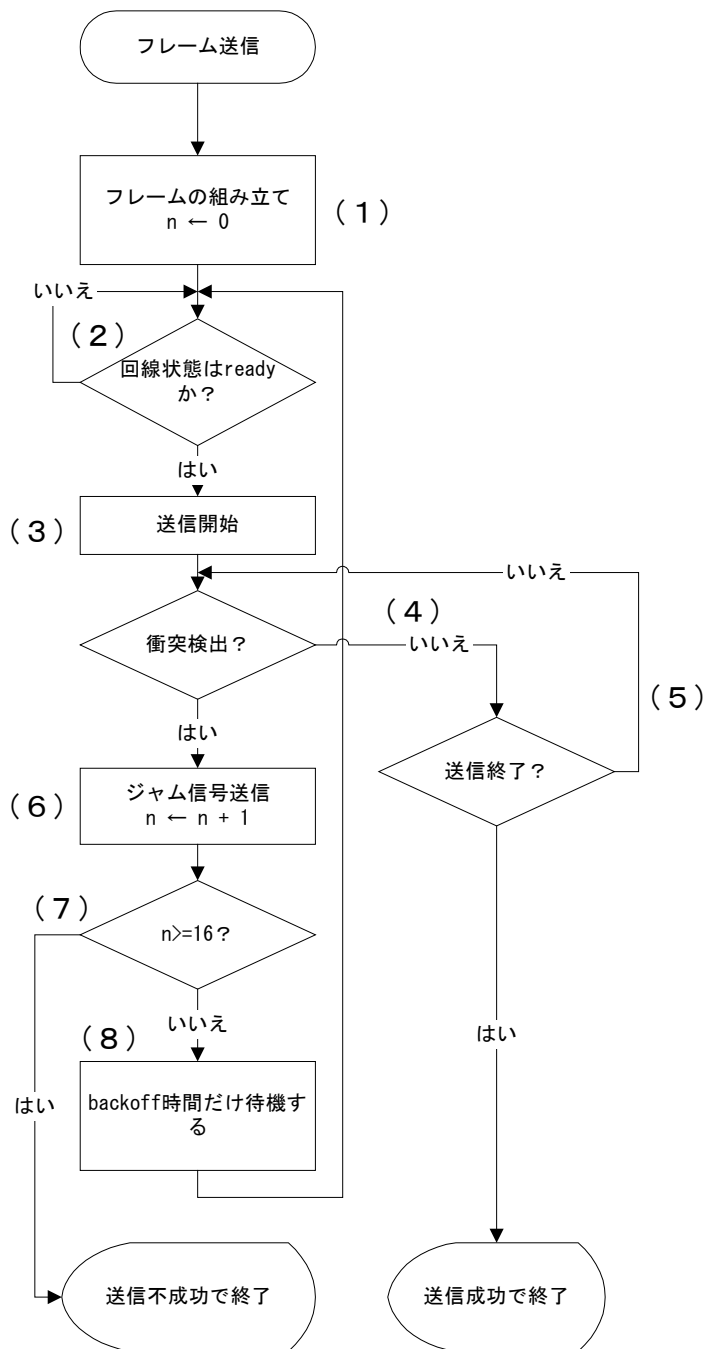
(3)フレームの送信開始。

(4)(5)フレームの衝突を感知しなければ送信を続ける。

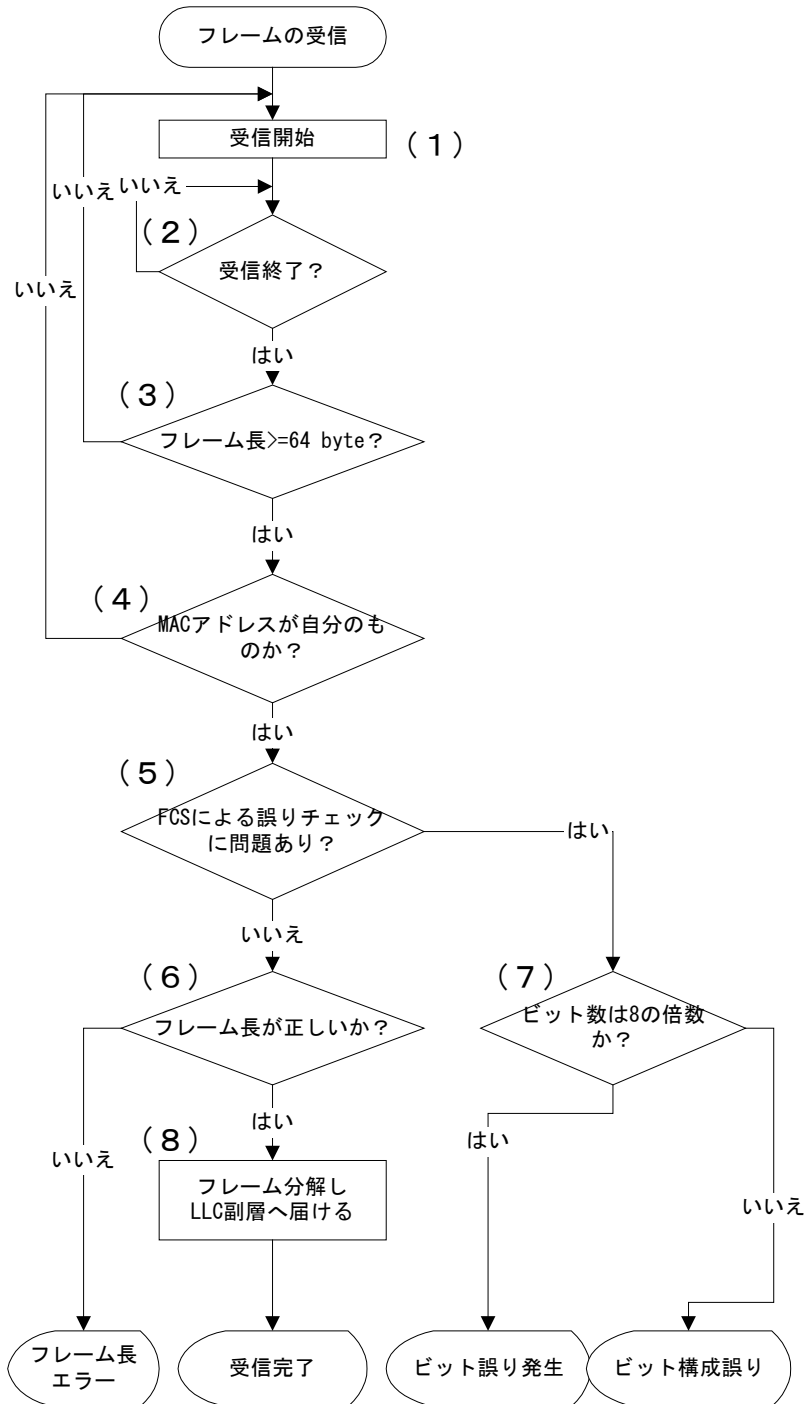
(6)衝突の時にはジャム信号をブロードキャストする。

(7)衝突回数が規定以上(16回以上)で送信不可能とする。

(8)衝突一回毎にbackoff時間だけ待機してもう一度フレーム送信過程の最初に戻る。



MAC副層での通信(3/3)：フレーム受信



- (1) フレームを検出したら受信開始。
- (2) フレーム全体を受信する。
- (3) フレーム長が規定値以上であるかをチェック。
- (4) MACアドレスが自分の所かをチェック。
- (5) フレームにエラーがないかをチェック。
- (6) フレーム長が正しいかチェック。
- (7) ビット長によるエラーの判断。
- (8) 問題なければLLC副層へ必要な部分を届ける。

Wi-Fi = IEEE802.11: CSMA/CA(Collision Avoidance)

- ベースバンド無線(電磁波) 方式の短距離通信, IEEE802.11規格
- Wi-Fi Alliance協議会の認証を受けた機器がWi-Fiを名乗れる
- 電磁波にはセキュリティなし→フレームの暗号化が基本
 - WEP(Wired Equivalent Privacy) : 24bit初期化ベクトル+104bit秘密鍵=128bitで暗号化→脆弱性あり
 - WPA(Wi-fi Protected Access)2 : 最長256bitの秘密鍵に対応→2017年KRACK攻撃でHTTPS以外の通信で脆弱性あり
 - WPA3 : 2018年に考案, パスワード最大長拡大(WPA2:63文字→WPA3:128), 暗号化アルゴリズム変更
- Infrastructureモード : アクセスポイント(AP, Hubに相当) に無線通信でノードが接続される
- Adhocモード : APなしのノード間通信

IEEE802.11規格とWi-Fi名

- 1997年: IEEE 802.11: 2Mbps
- 1999年: 802.11a: 中心周波数 5GHz帯, 最大 2Mbps
- 1999年: 802.11b: 2.4GHz, 2M～11Mbps
- 2003年: 802.11g: 2.4GHz, 54Mbps
- 2007年: 802.11n (Wi-Fi 4): 2.4GHzと5GHz, 65Mbps～600Mbps
- 2013年: 802.11ac (Wi-Fi 5): 5GHz, 293Mbps～6.9Gbps
- 2019年: 802.11ax (Wi-Fi 6): 2.4GHzと5GHz, 9.6Gbps
- 2022年: 802.11ax (Wi-Fi 6E): 2.4GHzと5GHz, と6GHz, 11Gbps
- 2024年: 802.11be (Wi-Fi 7): 2.4GHzと5GHzと6GHz, 46Gbps

Ethernet, Wi-Fiにおけるセキュリティ

- 上位層における配慮が重要だが、Ethernetレベルでもある程度は可能
 - MACアドレスによるアクセス元の制限と特定
- 無線LANにおける注意も同様
 - 電波は受信者を選ばない。セキュリティ上の配慮が絶対に必要。
 - MACアドレスによるアクセス元の制限
 - パケットの暗号化(IPsec, SSL/TLS等)

[復習] 本日の内容

- LANとWANの違いは？
- 有線LAN(Ethernet)と無線LAN：IEEE ???
- MACアドレスの確認方法：コマンド名，どこに書いてあるか？
- 有線LANのCSMA/CD方式：どういう方式？
- 無線LANとセキュリティ：暗号化方式

本日の課題：第4回フォームに回答

1. LANとWANの違いについて述べよ。
2. Ethernetは物理層とデータリンク層を受け持つ。データリンク層を構成する副層の名称を答えよ。
3. 最大10Gbpsの有線EthernetはIEEE「 」規格で定められている。
4. 最大11Gbpsの無線EthernetはIEEE802.11ax規格で定められ、Wi-Fi「 」と呼ばれる。
5. 自分のマシンの有線口のMACアドレスを書け。
6. 自分のマシンの無線のMACアドレスを書け。

<https://forms.office.com/r/hbi1XTgjjT>

コンピュータネットワーク 第4回 本日の課題

