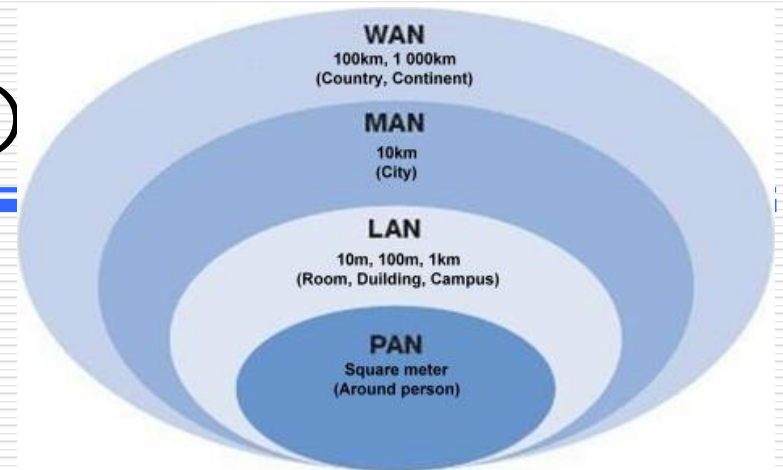

LAN(Local Area Network)

ネットワークの分類（再掲）



<http://networking.layer-x.com/p050000-1.html>

- 距離による分類
 - LAN : Local Area Network
 - MAN : Metropolitan Area Network
 - WAN : Wide Area Network
 - (PAN : Personal Area Network)
- 利用者による分類：パブリック（公衆）網／プライベート（専用）網
- LAN
 - 単一の組織で所有・運用・利用されるNW（プライベートNW）
 - 構内・企業内・ビル内のNW
- MAN・WAN
 - LAN間を接続するために、通信事業者が所有・運用し、不特定多数が利用するNW（パブリックNW）

LAN/MAN/WANの代表技術

■ LAN

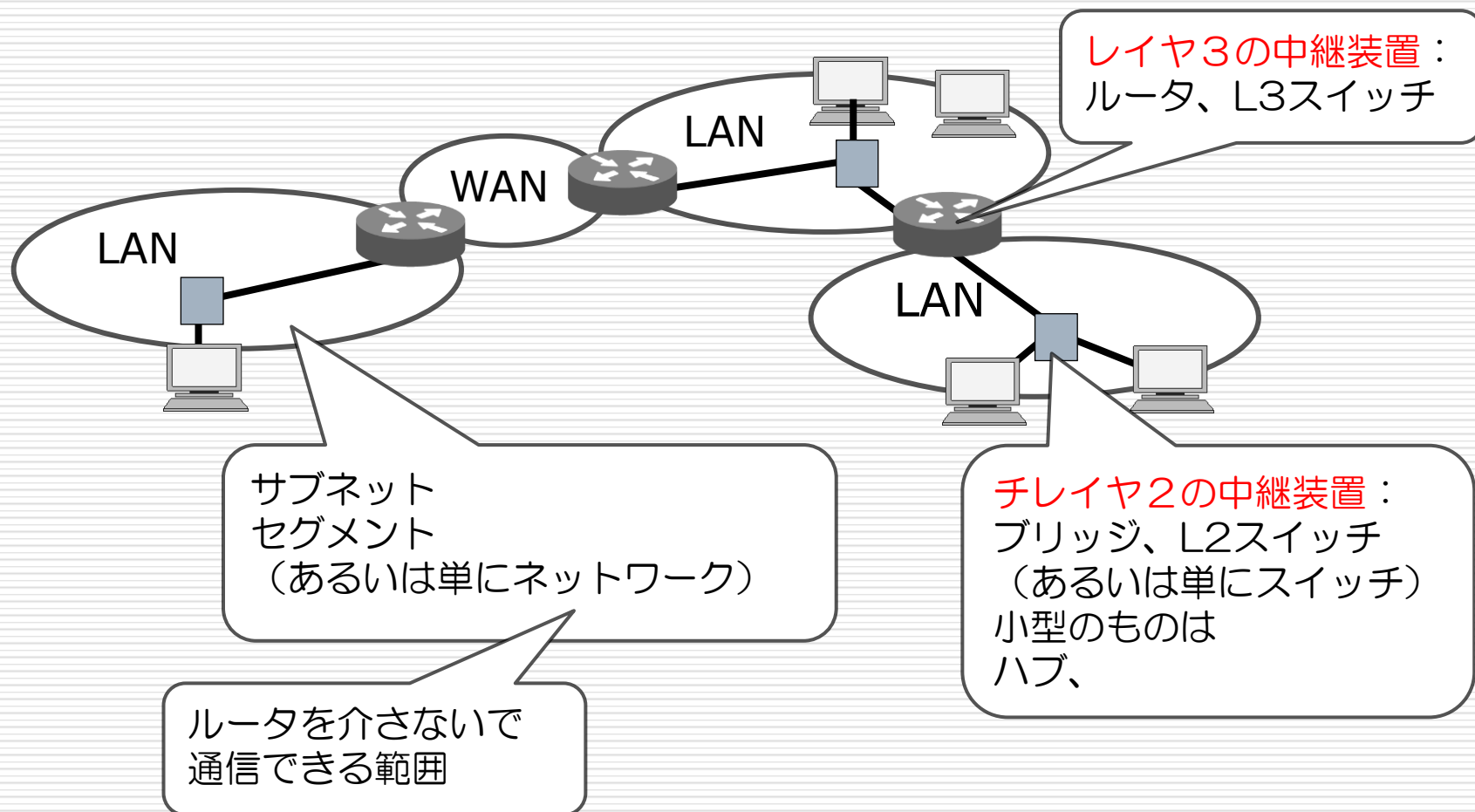
- イーサネット, 無線LAN, FDDI, ATM
 - FDDI: Fiber Distributed Data Interface
 - ATM: Asynchronous Transfer Mode

■ WAN

- 電話, 携帯電話, PHS,
 - 専用線, パケット交換(X.25)
 - ISDN, フレームリレー, ATM, ADSL, FTTH
 - 広域LANサービス, IP-VPN
-
- ISDN : Integrated Services Digital Network
 - ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line
 - FTTH : Fiber to the Home

LAN・WANの構成

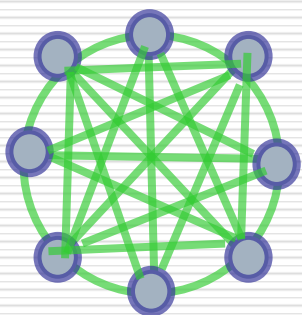
■ LANをWANで中継



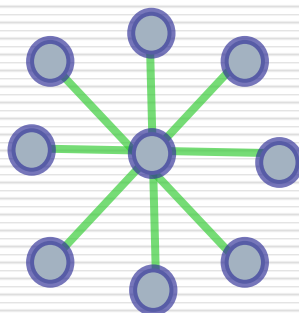
LANの構成

- LANのトポロジー
 - バス型：構成が簡単。同報が容易
 - リング型：迂回路が使用可能。
 - スター型（ツリー型）：L2中継装置でのスイッチングが可能。リンクリソースの有効利用可能
- イーサネットではツリー型がほとんど

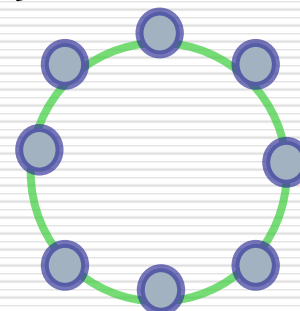
メッシュ



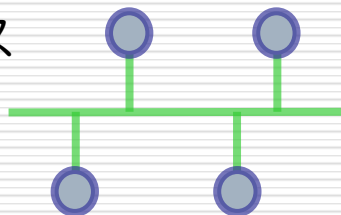
スター



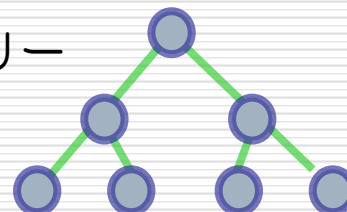
リング



バス



ツリー



図は再掲

イーサネット



ツイストペアケーブル



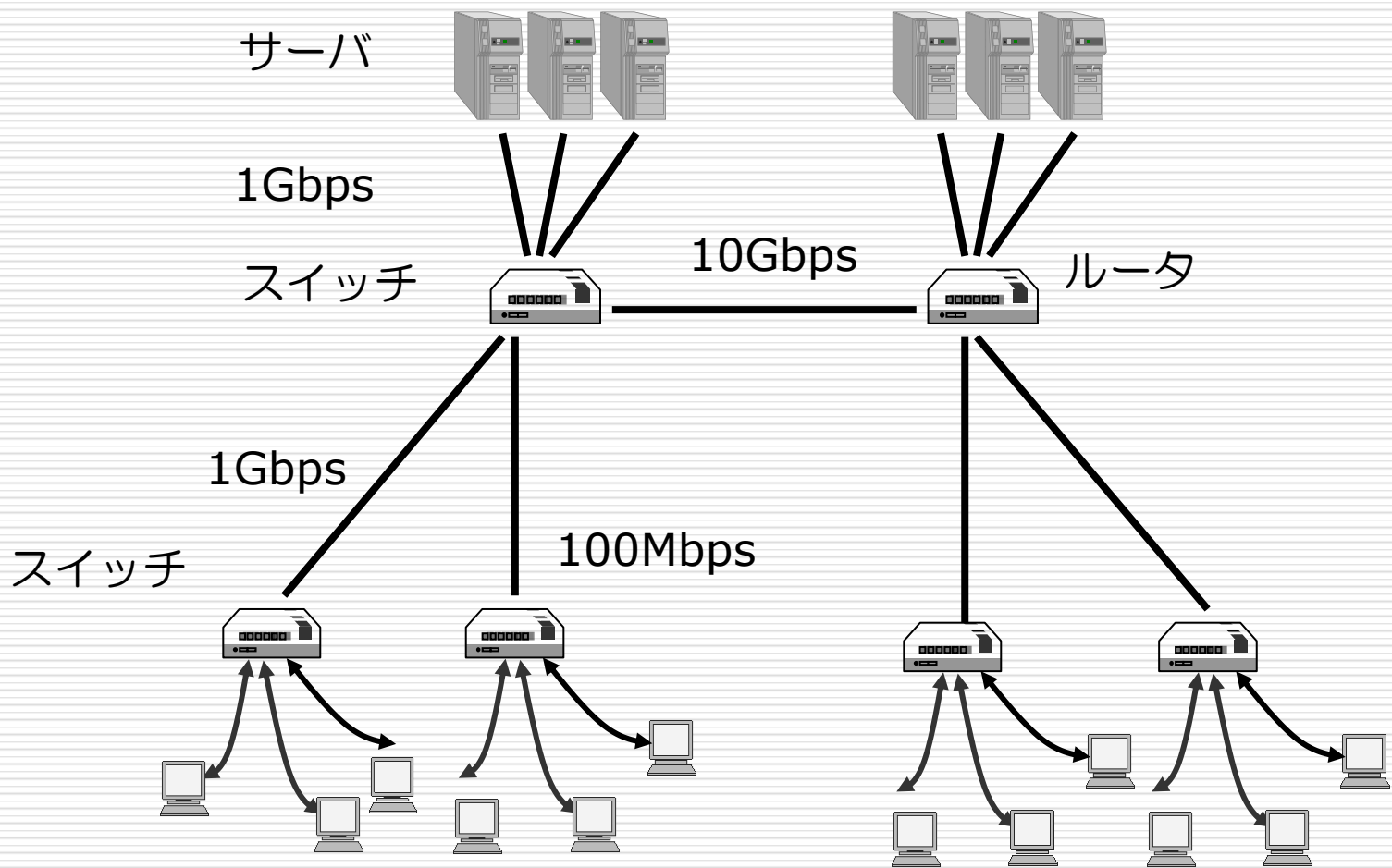
ブロードバンドルータ



ブリッジ、スイッチ（ハブ）

イーサネットでLAN構成例

- 当初のバス型からツリー型に変化



ブロードキャスト型とポイント・ツ・ポイント型伝送媒体

- ブロードキャスト型（シェアドメディア型）：
 - ある端末からの信号は全端末に届き、受信端末が選択する。
 - 全端末が伝送媒体を共有
 - MAC（Media Access Control）プロトコル
 - 端末が伝送媒体を使用する際の手続き
 - 分散制御型のプロトコル
 - 注）移動通信も同様に無線帯域を端末が共有するが、帯域割り当ては集中制御型でMA（Multiple Access）と呼ばれている。

- ポイント・ツ・ポイント型：
 - 1対1の伝送システムを使用する形態
 - ポイント・ツ・ポイント型の伝送媒体を用いて、ブロードキャスト通信を行うことは可能（各種リングネットワーク）

LANの標準化

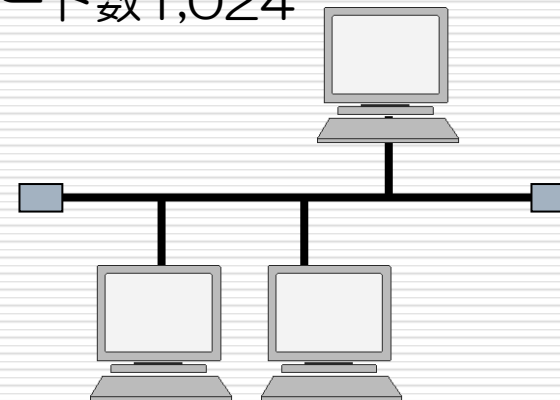


IEEE 802標準の体系

- 物理レイヤ (PHY), MACレイヤを中心に標準仕様を規定
- 802. Xは委員会の名称
- 半年経過した仕様は無料で公開 (www.IEEE.org)

イーサネット

- 1970年代にXerox社が発明
- DEC及びIntelとの製品共同開発を経て、IEEEで標準化
- 最初のIEEE標準（10BASE5；1984年）
 - 10BASE5；10Mbps、ベースバンド、幹線長500m
 - 同軸ケーブル（直径12mm。通称イエローケーブル）
 - バス型
 - CSMA/CDによるMACプロトコル
 - フレーム長は最小64バイト、最大1,518バイト
 - 最大システム距離2.5Km、最大ノード数1,024



バス

表記・規格

10 Base-T

伝送速度

伝送方式

伝送メディア

規格	別名	伝送速度	ケーブル
802.3	10BASE5	10Mbps	同軸 (RG-8)
802.3a	10BASE2	10Mbps	同軸 (RG-58)
802.3i	10BASE-T	10Mbps	UTP (CAT3)
802.3u	100BASE-TX	100Mbps	UTP (CAT5)
802.3z	1000BASE-SX/LX	1Gbps	光ファイバ
802.3ab	1000BASE-T	1Gbps	UTP (CAT5e)
802.3an	10GBASE-T	10Gbps	UTP (CAT6a)

イーサネットのフレーム構成

- ケーブルを流れる信号を「フレーム」と呼ぶ
- プリアンブル（0101・・・11）
 - インターフェイスにフレーム送信の開始を認識させ、同期を取るタイミングを与えるための信号
- MACアドレス
 - ベンダーが付与、グローバルにユニーク
 - ユーザはアドレス管理を行わなくて良い、ポータビリティ。
- FCS（Frame Check Sequence：誤り検知）
 - CRC（Cyclic Redundancy Check）という値でフレーム全部をチェック、誤りがあれば廃棄

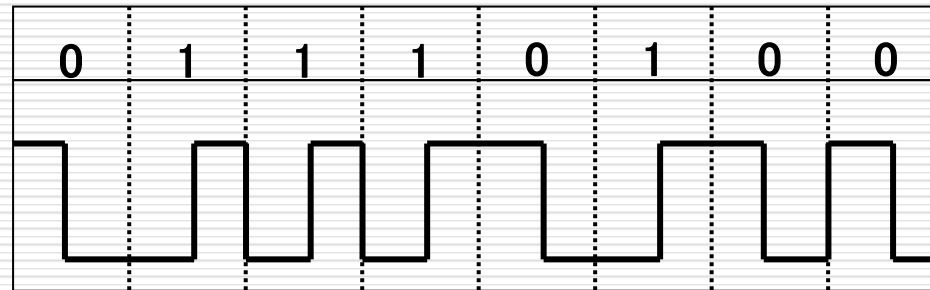


MACアドレス (Media Access Control address)

- MACアドレスとは
 - レイヤ2の物理アドレスのこと（レイヤ3には論理アドレス（たいていはIPアドレスのこと））
 - NIC(Network Interface Card)毎に付与
 - 例えば、PCなら無線LANとイーサとで別々
 - MACアドレスはグローバルにユニーク
- 構成
 - 48ビット、表記するときは16進数12桁(約281兆通り)
 - 先頭の24ビットはベンダコード（会社ごとに付与）
 - 後ろ24ビットはベンダがつけた識別番号
 - 最初からアドレスが付与されているので機器自体は使いやすい
- 欠点：実際の位置と無関係なので大規模では使いにくい
 - 全く異なるアドレスの端末がネットワーク内に混在し、アドレスの集約が困難（電話番号やIPアドレスなら集約されてる）
 - 集約がされてないので装置内の「経路表」が肥大化

(補足) イーサネット10BASEの伝送符号

- 10BASEはマンチェスター符号
- “0” の時は “高→低”, “1” の時は “低→高” と変化
- 各ビット周期の中間に必ず遷移
- 遷移の存在が保証されているため、信号は自己クロッキングが可能



<参考>

AMI

(Alternate Mark Inversion)

0にパルスなし, 1にパルスありをあて, 必ず反転



CMI

(Coded Mark Inversion)

1が発生する毎に0と1を交互に送出し, 0のときは0と1を送出



nBmB、nBmT: nビットの
情報を、m個の2値または
3値シンボルで表現する
符号化。

アクセスプロトコル

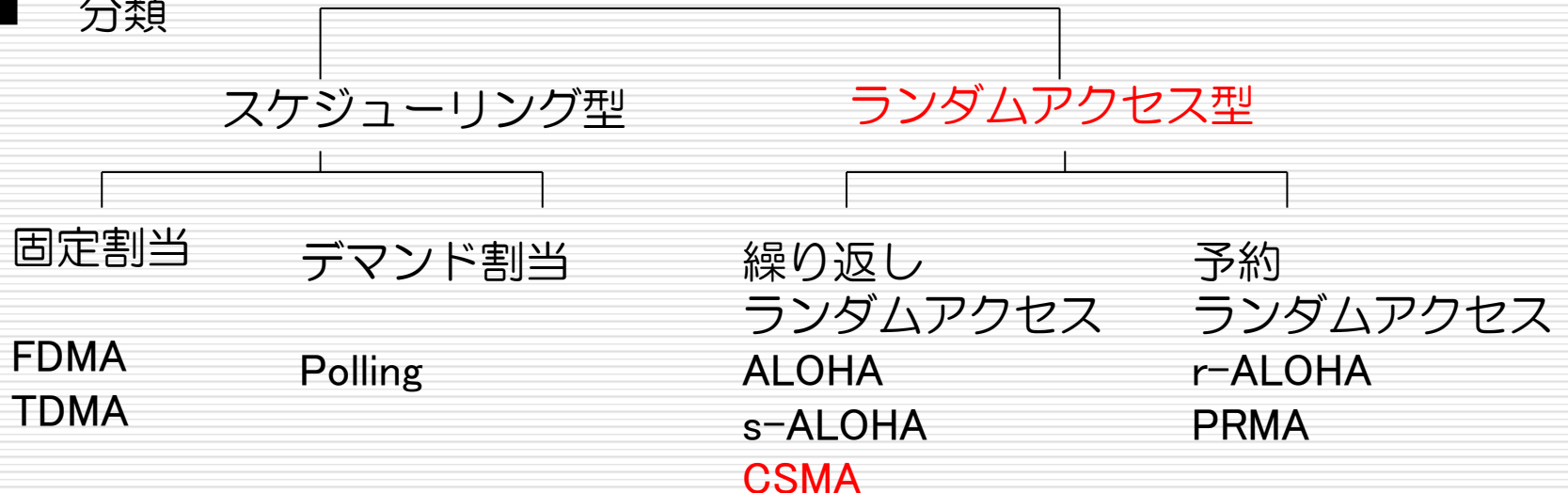
■ 背景

- 多数のユーザーが通信路を共有
- 複数のユーザーが同時に送信
- ⇒ 競合が生じる

■ アクセスプロトコル：

- アクセスする時に遵守しなければならないプロトコル

■ 分類

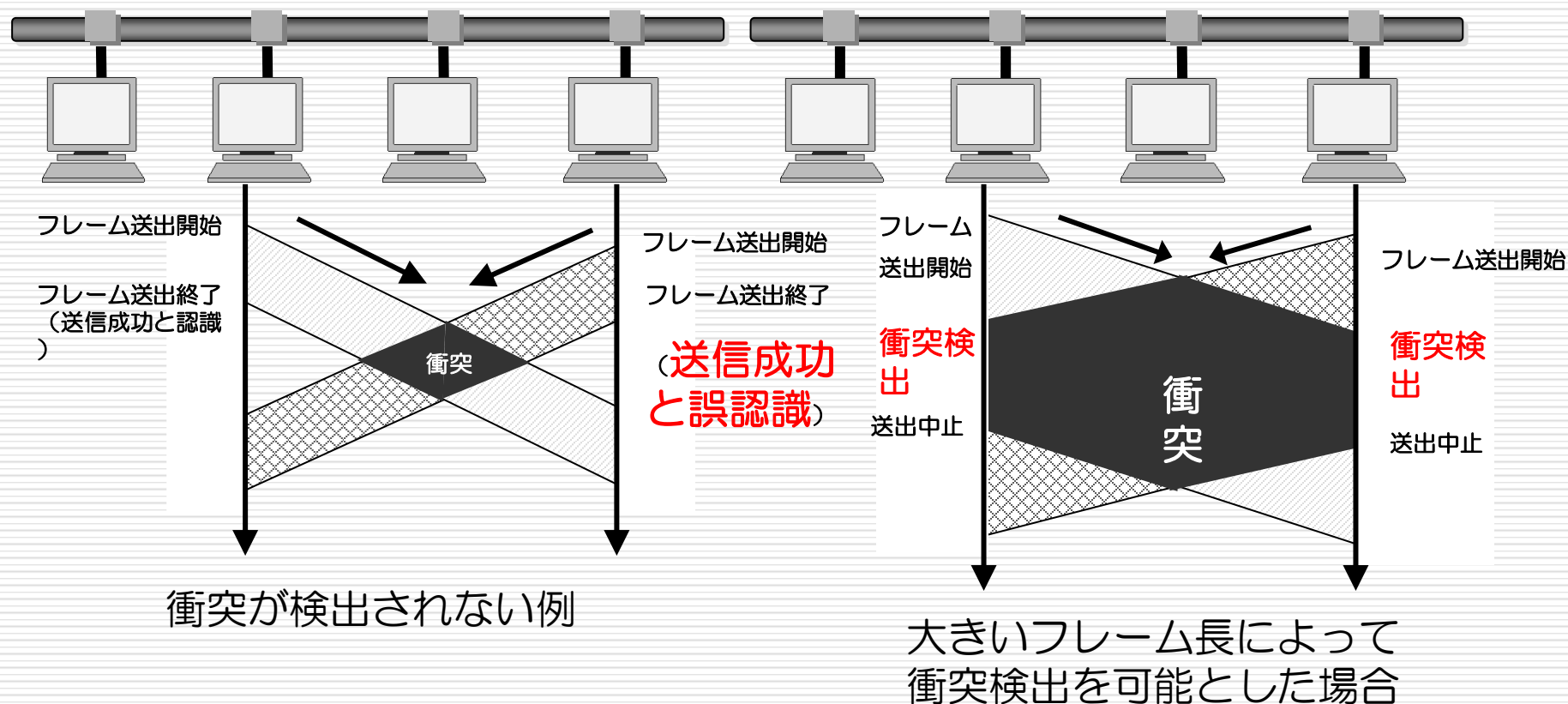


CSMA/CD方式

- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
- 単一の放送型伝送媒体を公平に共有するためのMACアルゴリズム
- 手順
 1. 送信すべきフレームが発生
 2. 搬送波検知(CarrierSense)を行い、他のホストがフレーム送出を行っていない時は送信を開始
 3. フレーム伝送中に衝突検出を行い、衝突が発生すると、一定時間(32ビット)ジャム信号を発生した後、フレーム送出を中止(バックオフ状態)
 4. 一定時間経過後に再送。ただし、再衝突を避けるため、端末毎に再送開始までの時間をランダムに設定し、さらに再送回数に応じて指数関数的に増大
 5. 16回連続して衝突すると、上位レイヤで以後の処理を判断

衝突検出と最小フレーム長

- 衝突が検出できるためには、フレーム長（フレーム送信時間）は
- 往復伝播遅延より長いことが必要
- 往復伝播遅延の最大値は $5.2\mu\text{秒}$

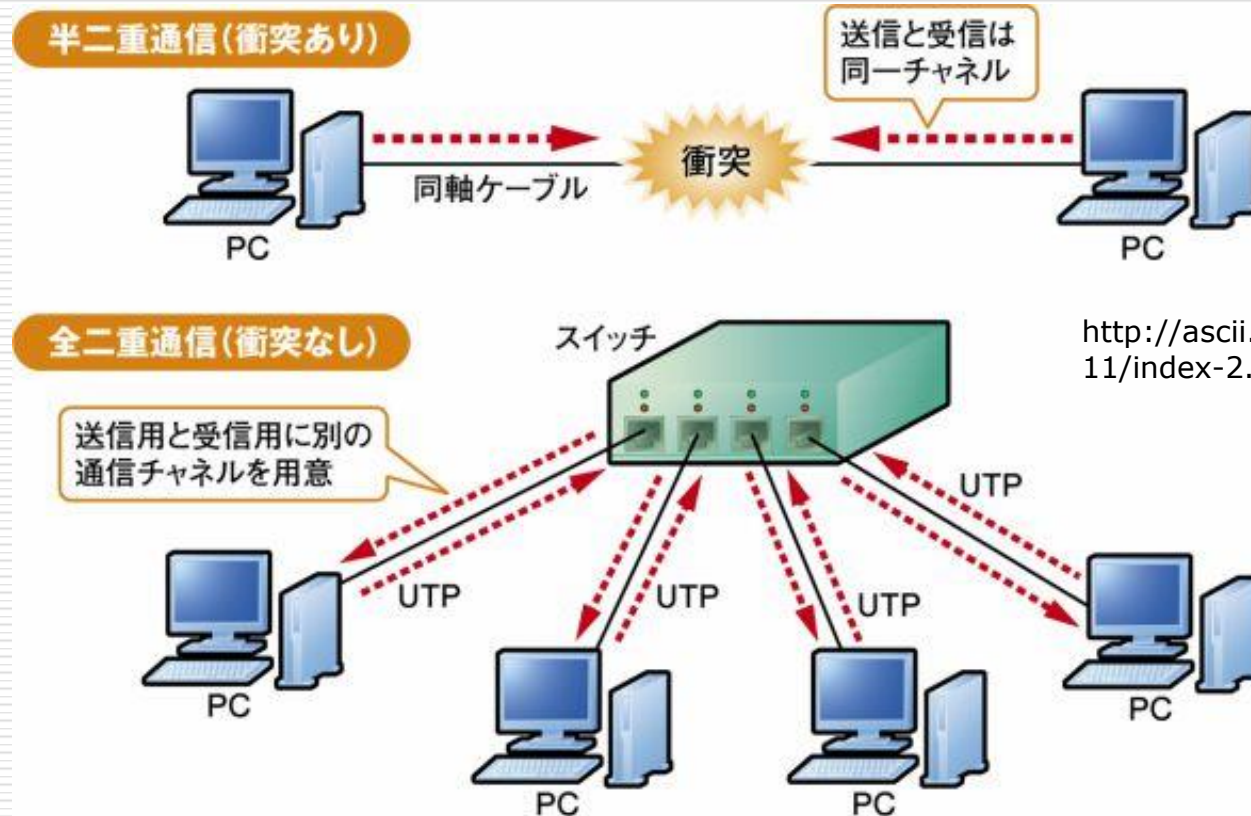


他のCSMA方式

- Pure ALOHA方式
 - ハワイ大学によるUHF帯のパケット無線
 - 無線帯域は、端末→ →センターとセンター → 端末が分離
 - 端末はランダムにパケットを送出し、センターからACKが返ってこない時は、衝突と判断し再送（再送間隔はランダム）
- Slotted ALOHA方式
 - スロット化（固定長）し、パケット送信開始・終了時刻を揃える
- CSMA方式
 - 送信前に搬送波検知を行う。搬送波がなければ送信し、搬送波があると空きを待ち、
 - 空くと直ちに送信：1-persistent CSMA
 - 一定時間後に再度搬送波検知：non-persistent CSMA
- CSMA/CA方式（…Collision Avoidance）
 - 無線LAN（IEEE802.11x）

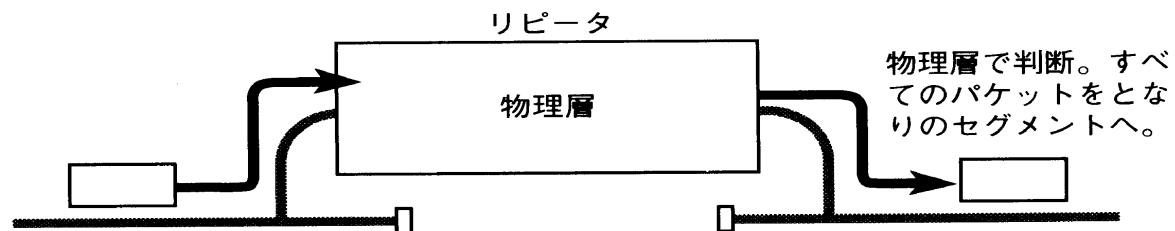
全二重化による衝突回避

- UTPケーブルでは信号線が2対あるため、1対ずつ送信と受信に分離して使用可能
- スwitchングにより、ケーブル両端にあるノード同士で送信ケーブルを占有し、他ノードが送信してもフレームの衝突は生じない

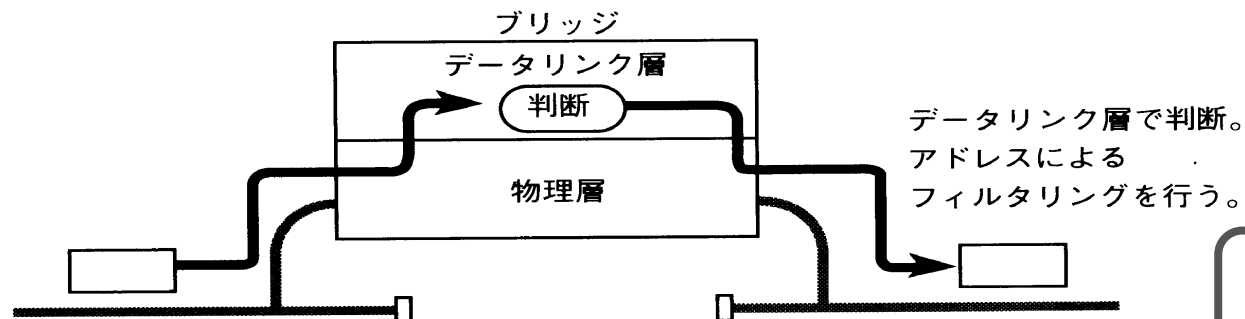


<http://ascii.jp/elem/000/000/428/428911/index-2.html>

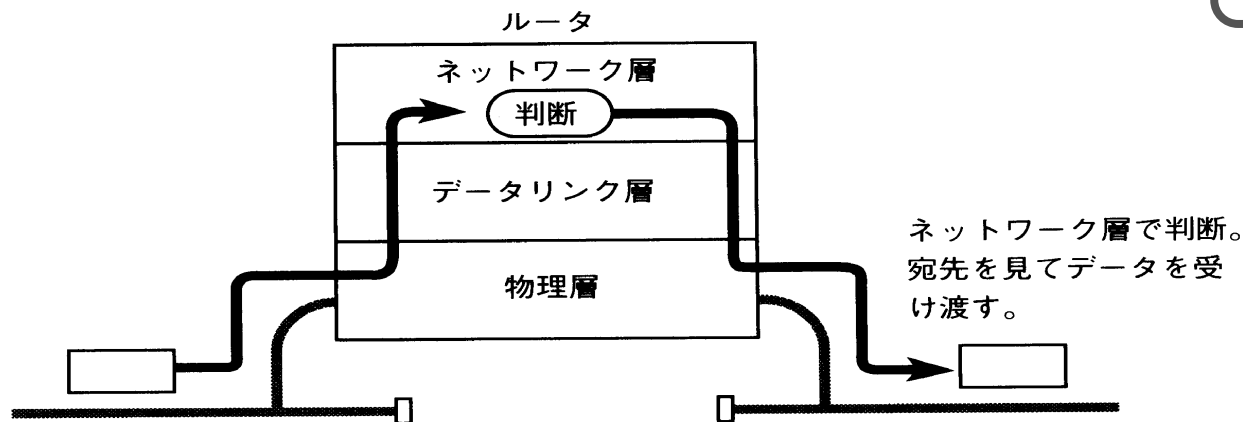
イーサネットの拡張



最近はあまり見かけない



小さいのがよくある



ブリッジとルーター

■ ブリッジ（他の呼び方：ハブ，L2スイッチ）

■ 機能

- 受信フレームを一旦バッファリングし、CSMA/CD制御を行い転送
- アドレス学習：MACアドレスを見て目的セグメントへフォワード

■ 利点

- アドレス学習／アドレスフィルタリングにより、負荷分散可能
- バッファリングできるので速度変換可能

■ 欠点

- ブロードキャストはフィルタリングできない（しない）

■ ルーター（他の呼び方：L3スイッチ）

■ 機能

- LAN同士を接続
- L3でのセキュリティ確保
- パケットの経路制御・転送

■ 利点

- 不可分散可能
- バッファリングできるので速度変換可能

詳細はインターネット(L3)の
ところで解説します

無線LAN (WiFi)

無線LAN（その1）

■ いろんな場所・機器

- オフィスやキャンパスへの導入
- ホットスポット（マクドナルド、スターバックス、新幹線）の提供
- 家庭ネットワーク
- いろんな端末に（スマホ、PC、タブレット、・・・）

■ 利点

- 配線のための時間、費用を節約
- 電波の届く範囲ならどこでも利用可能
- LAN接続ポートの場所や数を気にせず

■ 欠点

- イーサネットに比べて低伝送速度
- 他機器との電波干渉により通信エラー
- 障害物、電波の混雑
- セキュリティーが脆弱（な場合も）



無線LAN（その2）

■ 無線LAN（通称：wifi）

- 誤解を恐れずいうと「無線を使ったイーサネット」
- 世界的標準規格の名称は「IEEE 802.11XXXX」
- 通信速度：400Mbps～6Gbps

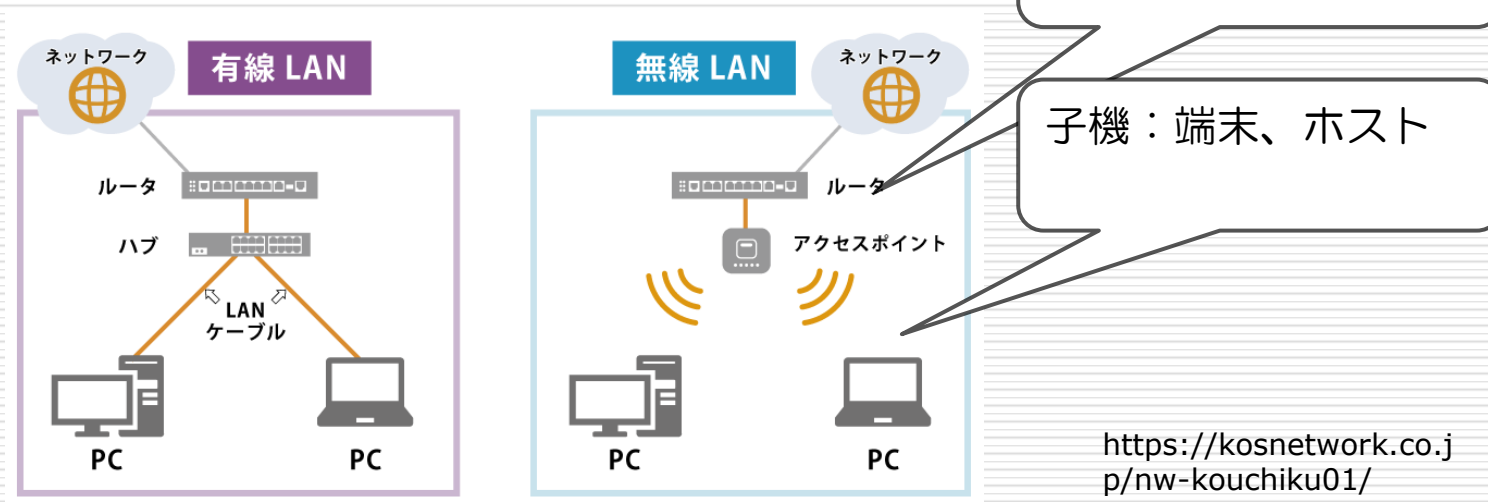
■ 周波数

- 2.4GHz帯、5GHz帯、（6GHz帯はこれから）
 - 国でちがう。。。。。
- 2.4GHz帯はISM帯（Industrial, Scientific and Medical Band）なので、免許不要で利用可能
 - 通常、無線の周波数帯は免許／届出がなければ利用不可
 - 2.4GHz帯は「Bluetooth」「コードレス電話」「無線ヘッドホン」「キーボード」「電子レンジ」等が使用され、非常に混雑
- 5.2GHz帯はほぼ無線LAN専用
 - 電波の性質上周波数が高いと直進性が高く曲がりにくい
 - 基本的に屋外では使えない
 - （無線システムとの競合はDFS（Dynamic Frequency Selection）で回避可能）

無線LAN（その3）

■ 無線LANの構成

- AP（アクセスポイント）に端末がぶら下がる



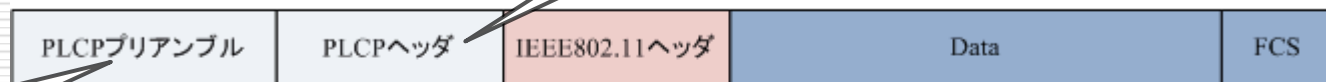
■ MACフレームの種類

- データフレーム：データ送信用 （イーサネットだとこれだけ！）
- 管理フレーム：ネットワーク管理用 例：Beacon (SSID配信)
- 制御フレーム：制御用 例：RTS, CTS, Ack….

(補足) 無線LAN (その4)

- 無線LANのフレームフォーマット
 - イーサフレームよりちょっと冗長

IEEE802.11 フレームフォーマット



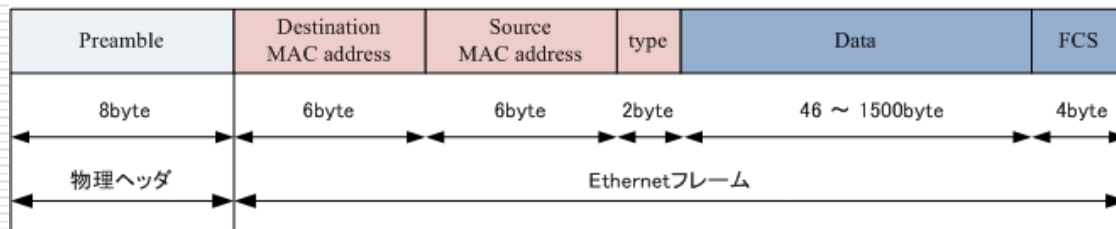
最大30byte

IEEE802.11ヘッダの詳細



IEEE802.11フレームの先頭に付加される同期信号のビット列

Ethernetのフレームフォーマット



<https://www.infraexpert.com/study/wireless7.html>

(横道) 無線LANとWiFiという用語

- 混乱して使用されることが多い用語
- 無線LAN
 - 文字の通りケーブルがなくてもインターネットに接続できるシステム
 - 実態としてはIEEE802.11xの規格に従った無線LANを指すことが多い
- Wi-Fi (ワイファイ)
 - Wi-Fi Allianceという団体に認証された、無線LANの認定規格
 - 異なるメーカー機器の相互接続性をテストして認証
 - 認証された機器はWi-Fiロゴの使用が許可
 - 正確には「当店ではWiFiが使えます」は誤用
 - 名前がキャッチーなのでよく利用されることに。。。。
- 正確じゃないけど、あえていうとなると
 - 無線LAN > IEEE802.11x > Wi-Fi

無線LANの種類

通信規格	最大通信速度	周波数帯	特徴
IEEE802.11b	11Mbps	2.4GHz	2000年ごろから製品が出始めた2.4Gヘルツ帯の規格。当時はスマホは存在しなかったが、パソコンやゲーム機など、多くの製品で採用され、Wi-Fi普及のきっかけとなった。
IEEE802.11a	54Mbps	5GHz	11bと同時期に策定された5Gヘルツ帯の規格。速度は11bよりも速かったが、製品の価格が高めだったためか、それほど普及しなかった。日本では屋外の利用ができない。
IEEE802.11g	54Mbps	2.4GHz	11bとの上位互換性を持った2.4Gヘルツ帯の規格。11bよりは高速なため、Wi-Fiルーターなど、速度を要求される製品を中心に利用された。
IEEE802.11n (Wi-Fi 4)	1000Mbps	2.4GHz/ 5GHz	2.4Gヘルツ帯と5Gヘルツ帯の両方に対応した規格。理論上は従来の11b/gなどに比べ、大幅に速度が向上している。同じ11nでも製品により上限速度が異なる。
IEEE802.11ac (Wi-Fi 5)	4333Mbps (理論値は6.9Gbps)	5GHz	11nをさらに高速化した現在主流の規格だが、5Gヘルツ帯のみの対応。11n同様、製品により上限速度が異なり、スマホでは867Mbps止まりの製品が多い。
IEEE802.11ax (Wi-Fi 6)	4804Mbps (理論値は9.6Gbps)	2.4GHz/ 5GHz	11acをさらに高速化した次世代規格で、2.4Gヘルツ帯と5Gヘルツ帯の両方に対応。すでに登場した製品では、現状の11acを大きく上回る速度を実現している。

IEEE 802.11ax
Wi-Fi 6E

9.6Gbps

2.4GHz/5GHz/6GHz

https://tokusengai.com/_ct/17248943

(補足) 無線LANの状況

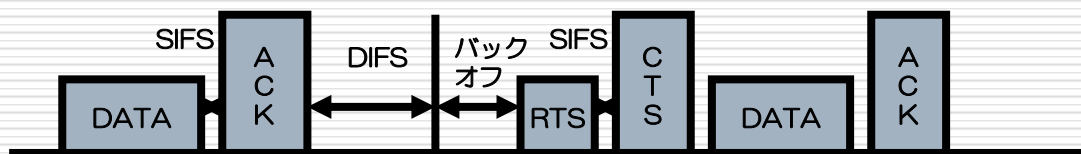
e	QoS制御（AV通信向け。優先制御のEDCAと品質保証のHCCA）
f	ローミング（アクセスポイント／基地局間）
i	セキュリティレベルの高度化（802.11eから分離）
n	次世代無線LAN（100～200Mbps、802.11a／b／gと何らかの下位互換性）。
p	車などの移動体環境（ITS）における無線アクセス。DSRCの特徴を適用
r	高速ローミング
s	メッシュネットワーク

無線LANのアクセス制御

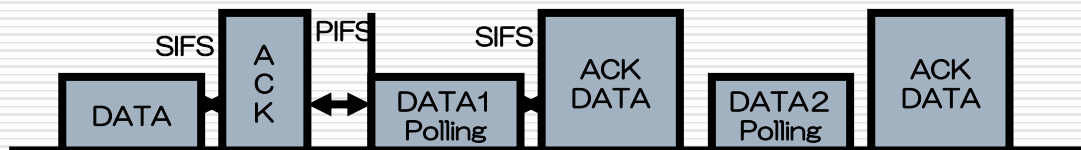
- 無線では伝送媒体として電波を共有するのでデータの衝突や干渉が発生
 - 周波数領域あるいは時間領域でアクセス制御が必要
- 周波数領域でのアクセス制御
 - ライセンスの不要な周波数帯域（2.4GHz、5GHz、6GHz）
 - 周波数ホッピングなどにより、妨害波の影響を回避
- 時間領域でアクセス制御（MACプロトコル）＜次ページ＞
 - DCF（Distributed Coordination Function）
 - CDMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)
 - PCF（Point Coordination Function）

時間領域でアクセス制御

- アクセス制御機能
- DCF (Distributed Coordination Function) → こっちが一般的
 - 端末が分散制御
 - CDMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) で実現
- PCF (Point Coordination Function) → 事実上使われてない
 - 無線LAN基地局が集中制御
 - ポーリングにより送信可能な端末を特定



(1) DCF (ランダムアクセスモード) のシーケンス



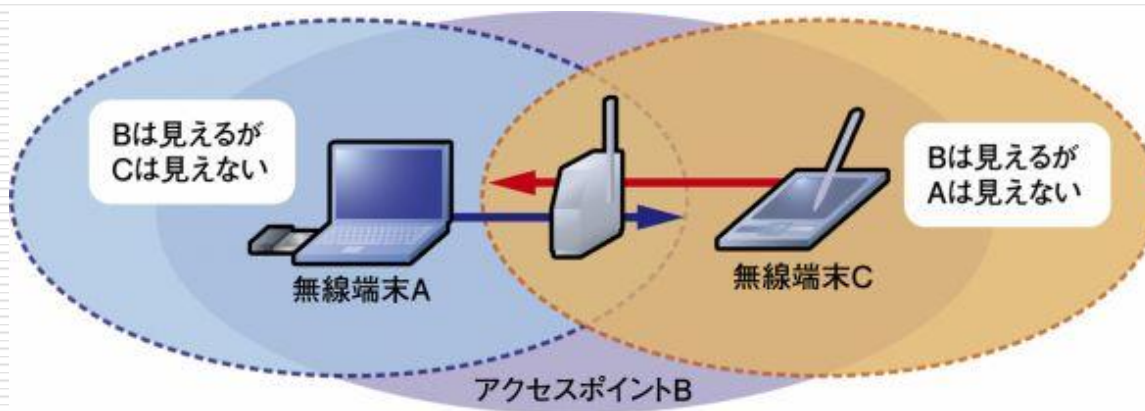
(2) PCF (ポーリングシーケンス)

無線LANのMACプロトコル

- CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)
 - CSMA/CDに類似
 - Collision Detection (衝突検出) ⇒ Collision Avoidance (衝突回避)
 - CSMA/CAでは、CDと異なり、送信の前に「さらにランダムな時間 (バックオフ時間) だけ」待機してからデータを送信
 - 利用効率は6割程度
- 背景
 - CSMA/CDでは伝送媒体 (有線) に送信した信号が、他の信号と衝突すると影響を受けるので、データの衝突を検出可能
 - 無線LANでは、送信される信号が非常に弱いので、送信中に衝突の検出を行うことが困難
 - 代わりに「聞き耳を立てる時間 (バックオフ時間)」を設定

無線LANの隠れ端末問題

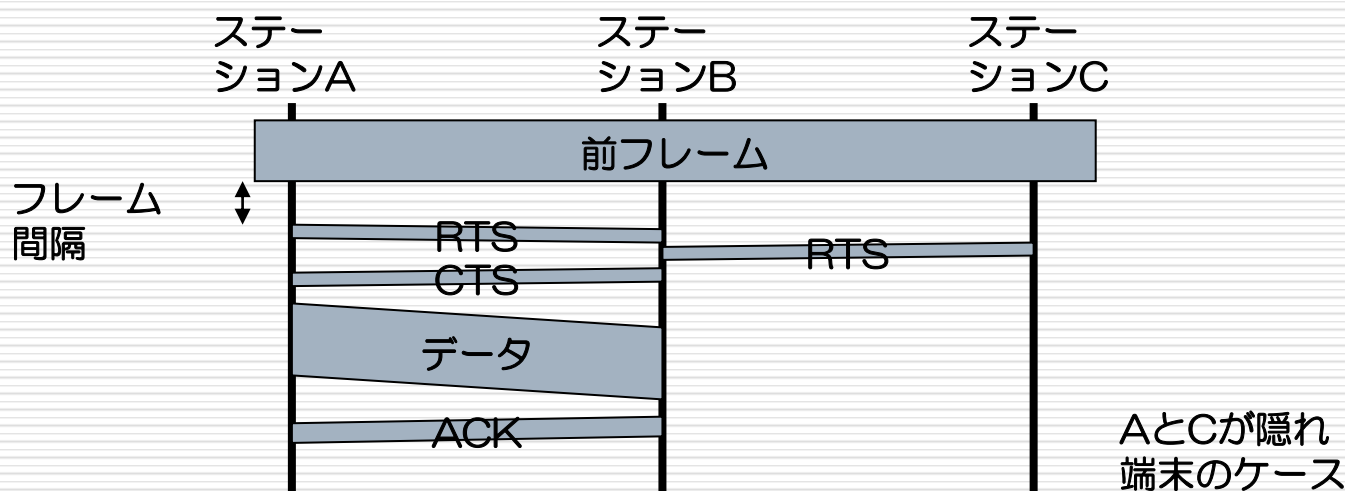
- さまざまな無線システムで共通にある問題
- 隠れ端末問題とは
 - 隠れ端末とは自分からは電波圏外だが、通信相手の電波圏内にいる端末
 - その存在を直接知ることはできないため干渉を引き起こす
 - 例：AとBの双方が同時にデータを送信した場合にデータの衝突が発生
- 対策
 - MACプロトコル（CSMA/CA with RTS/CTS）では完全解決できない



無線LANの隠れ端末問題の解決

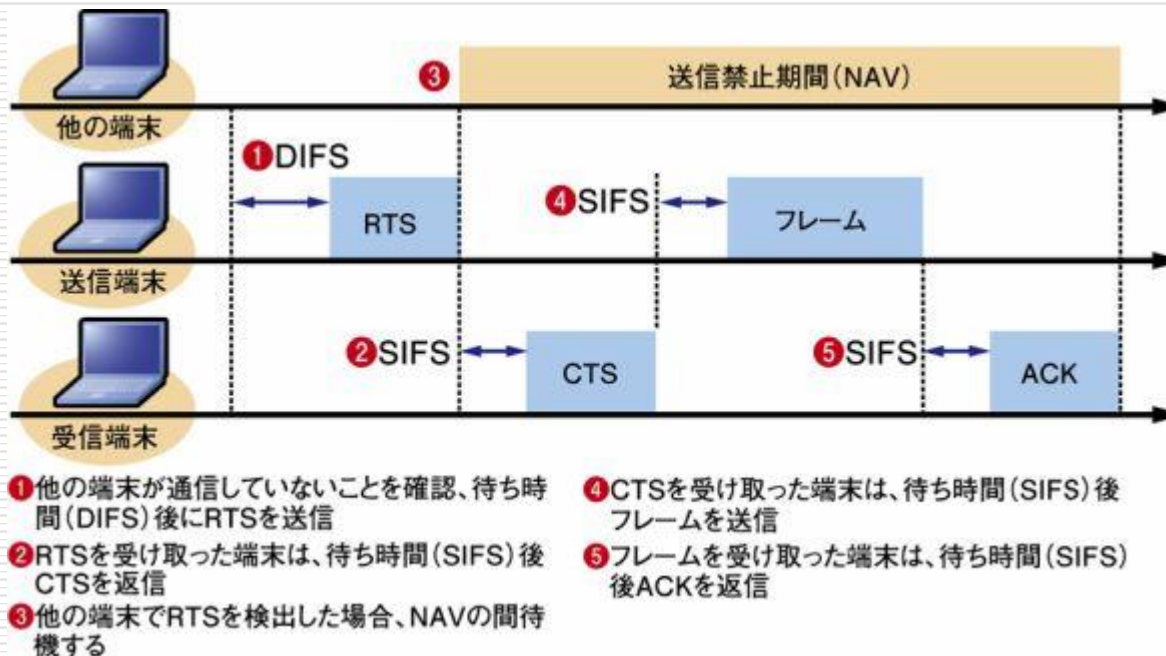
CSMA/CA with RTS/CTSの手順

1. 送信要求のあるステーションは、キャリアセンスの後、一旦RTS (Request To Send) フレームを宛て先に送信
2. 宛先からのCTS (Clear To Send) フレーム受信を待ってデータを送信（短フレームの衝突確率が低い）
3. 受信ステーションはACKを送信し、MACレベルの送達確認(伝送エラー対策)



(補足) 無線LANの隠れ端末問題 (別の図での説明)

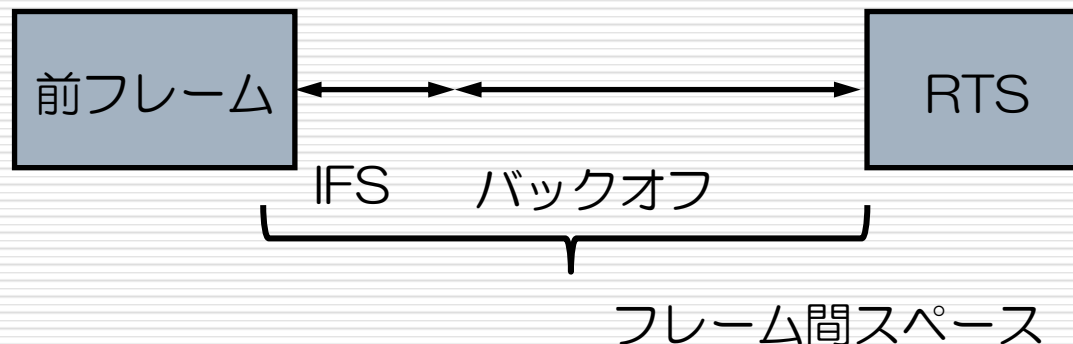
- CSMA/CA with RTS/CTS (Request to Send/Clear to Send)
- すべての無線機器は送信前に「RTS (送信要求)」の packets を出し、受信側も受信可能であれば「CTS (受信可能)」で応答する仕組み
 - NAV (Network Allocation Vector) : 送信禁止期間
 - SIFS (Short Inter Frame Space) : キャリアセンスの待ち時間
 - DIFS (Distributed access Inter Frame Space) : キャリアセンスの待ち時間



<http://ascii.jp/elem/000/000/463/463706/>

(補足) フレーム間隔

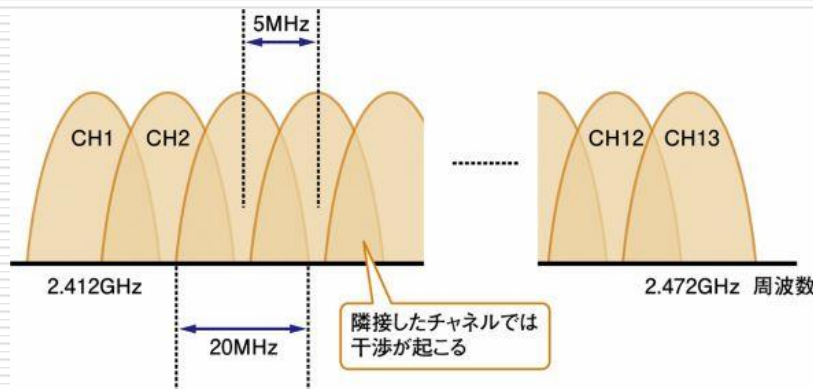
- フレーム間スペース
 - IFS (Interframe Space) とバックオフ時間の和になり、時間を用いた優先制御が可能
- IFS (Interframe Space)
 - SIFS：連続したフレーム送信の途中は短い間隔とし、他のステーションからのアクセスを排除. fragmentationが可能ないように、短いフレーム間隔で複数フレームを一括送信 (Contention Free Repetition)
 - PIFS：アクセスポイントからのポーリングで遅延を保証
 - DIFS：一般の通信
- バックオフ時間を複数レベル設けておけば、優先制御が可能



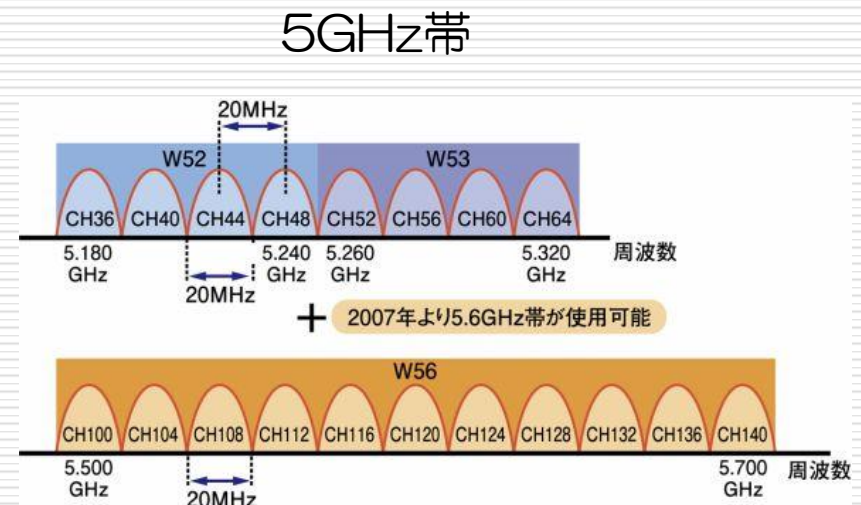
チャンネル

<https://www.allied-teleasis.co.jp/products/list/wireless/knowl.html>

- 個々のケーブルに相当するものが「チャンネル」：異なる周波数帯
- 電波は有限資源であり、無線LANに限らず周波数帯は有限
- チャンネル数
 - 2.4GHz帯のIEEE802.11b/gでは13チャンネル
 - 5GHz帯のIEEE802.11a（W52/W53）では8チャンネル
- 2.4GHz帯、チャンネルが別でも電波が完全に分離していない。干渉するかも
- 5GHz帯、完全に分離。干渉しない



2.4GHz帯



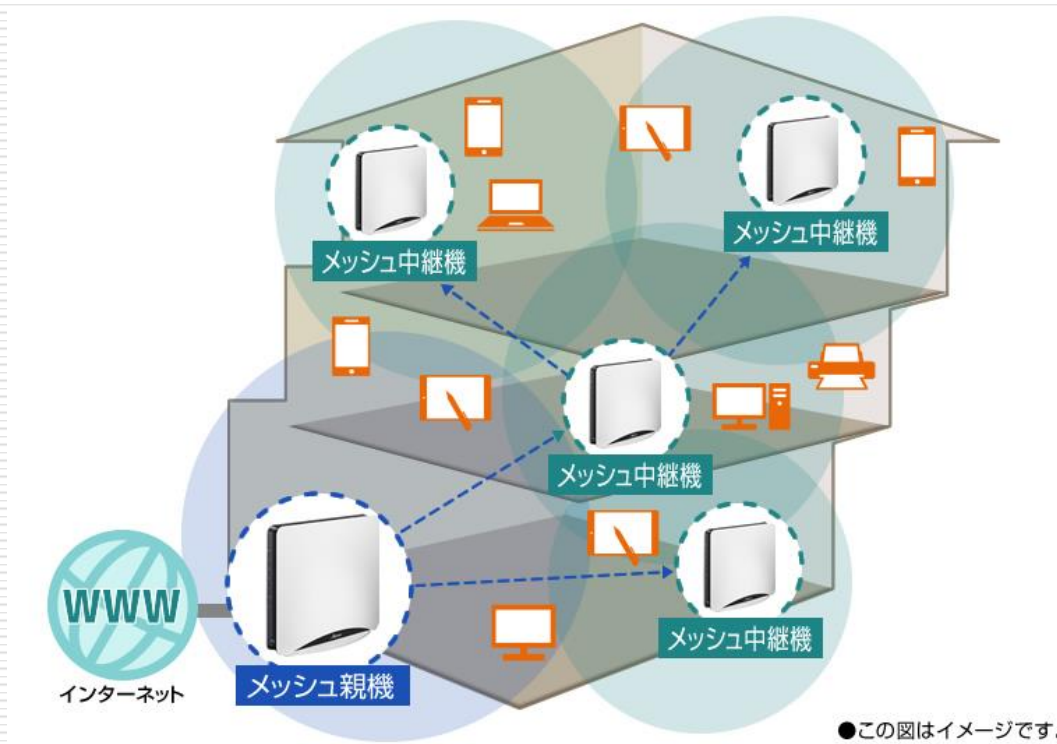
5GHz帯

無線LANの認証

- SSID (Service Set Identifier)
 - 初期：無線端末とアクセスポイントを接続する場合、双方に同じIDを登録しておき、IDが一致すれば接続を許可
 - 本来SSIDはセキュリティを意図した仕組みではない
- MACアドレスフィルタリング
 - 無線端末のMACアドレスをその端末のユーザー名とパスワードとし、APに登録したMACアドレスと照合して認証
- WEP (Wired Equivalent Privacy)
 - 無線端末とAPの通信において、共通の暗号化キー（共有鍵）を用いてデータを暗号化する仕組み〈今は使われてない〉
- WPA (Wi-Fi Protected Access) /WPA2
 - 一定時間ごとに暗号鍵を変更することにより暗号の解読をより困難
 - WEPよりも強力な暗号化

無線LANの拡張：メッシュネットワーク

- 広いカバーエリアを実現
- 単一のSSIDで複数のアクセスポイントを運用可能
- アクセスポイントを中継してデータ転送
- アクセスポイントをローミング
 - 電波強度によって適切なアクセスポイントを選択

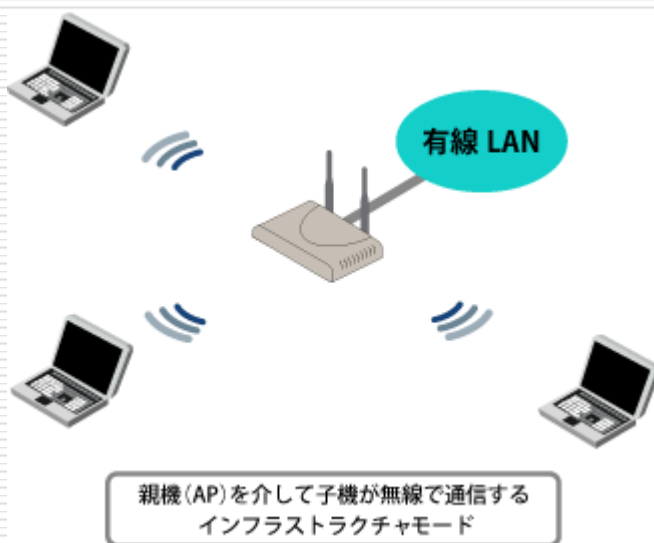


<https://www.aterm.jp/product/atermstation/special/mesh-wifi/>

(補足) 無線LANの接続形態

- インフラストラクチャモード
 - 子機（端末）間の通信は親機（AP）を介して
 - 一般的にはこちらが主流
- アドホックモード
 - アクセスポイント(以降AP)と呼ばれる親機（基地局）は存在せず、子機（端末）同士が直接通信するモード
 - 携帯用ゲーム機同士

<https://www.allied-telesis.co.jp/products/list/wireless/knowl.html>



最近のイーサネット

(補足) 高速イーサネット

伝送速度	規格名	使用ケーブル	最大距離	符号化方式	トポロジ
10M ビット／秒	10BASE5	同軸ケーブル(通称イエロー・ケーブル)	500m	マンチェスタ 符号	バス型
	10BASE2	細心同軸ケーブル	185m		
	10BASE-T	より対線(カテゴリ3)	100m		スター型
	10BASE-FL	マルチモード光ファイバ	2km		
100M ビット／秒	100BASE-FX	マルチモード光ファイバ	412m	4B/5B	
	100BASE-TX	より対線(カテゴリ5.2対)	100m		
	100BASE-T4	より対線(カテゴリ5.2対)	100m	8B6T	
1G ビット／秒	1000BASE-LX	マルチモード光ファイバ、シン グルモード光ファイバ	550m 5km	8B/10B	
	1000BASE-SX	マルチモード光ファイバ	550m		
	1000BASE-CX	シールド付き平衡型ケーブル	25m		
	1000BASE-T	より対線(カテゴリ5.4対)	100m	8B1Q4	
	1000BASE-LH*1	シングルモード光ファイバ	40km	8B/10B	

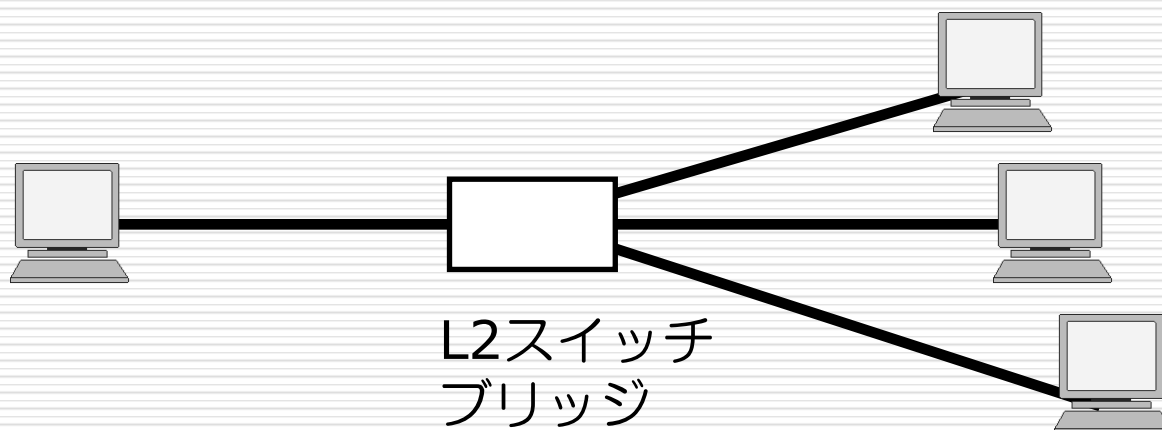
*1 I E E E 標準ではなく、数社のメーカーが採用する業界標準

スイッチの多機能化

- 近年、イーサネットは多機能化が進展
- 具体的な機能
 - アドレス学習（後述）
 - スパニングツリープロトコル(IEEE802.1d)（後述）
 - V-LAN(Port based VLAN, Protocol based VLAN等)（後述）
 - 広域VLAN（後述） ※正確にはWANサービス
 - 10/100Mbps自動認識
 - マルチリンク
 - スタック、拡張スロット
 - ブロードキャスト、マルチキャスト抑制機能
 - ポートミラーリング
 - プライオリティキューイング
 - ネットワーク管理機能（SNMP,各種MIB, RMON)
 - 指定のフィルタリング（パターンマッチ） etc...

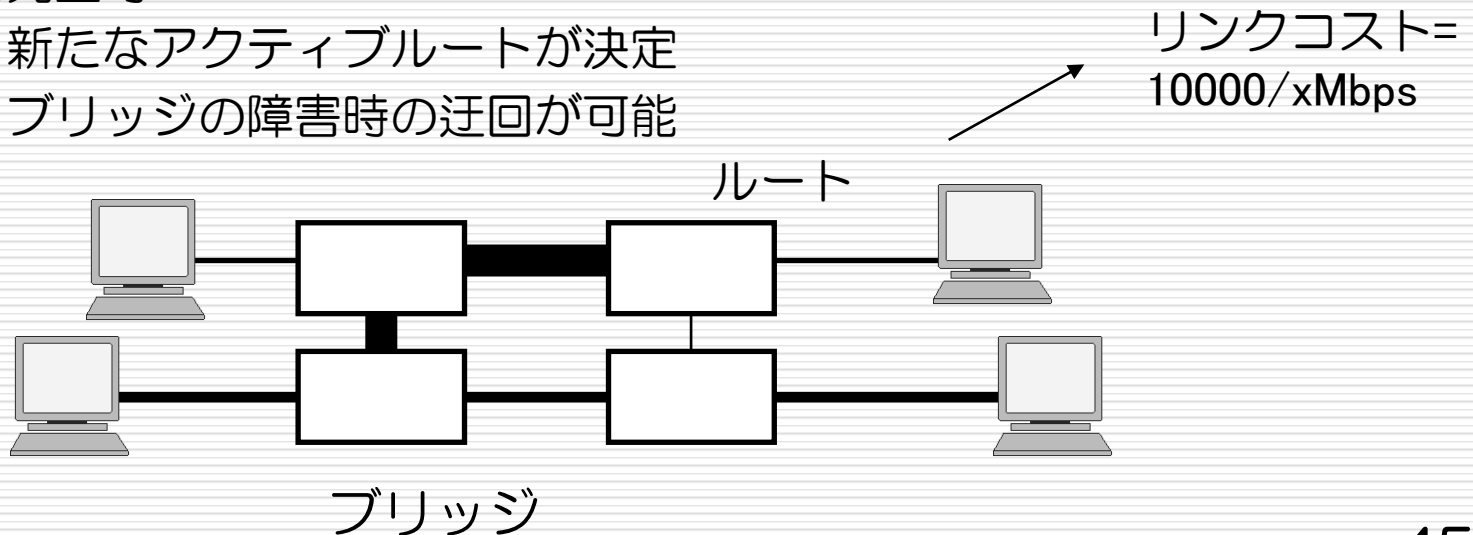
アドレス学習

- フレームの発信元アドレスと、フレーム受信ポートを記憶
- フレーム転送時の処理
 - 宛先アドレスが存在するポートがキャッシュされていれば、そこにフレームを転送
 - キャッシュになれば、受信ポート以外の全ポートに
- 一定時間、対応するフレームがなければ、キャッシュエントリを削除



(補足) スパニングツリー

- スイッチで冗長リンクを構成した場合の問題点
 - ブroadcastストーム
 - 同一データを複数受信
 - MACアドレステーブルの不安定
- スパニングツリープロトコル
 - IEEE802.1dで規定されたスパニングツリープロトコル(STP)
 - アクティブなルートを決め、他の経路は待機
- 障害発生時
 - 新たなアクティブルートが決定
 - ブリッジの障害時の迂回が可能

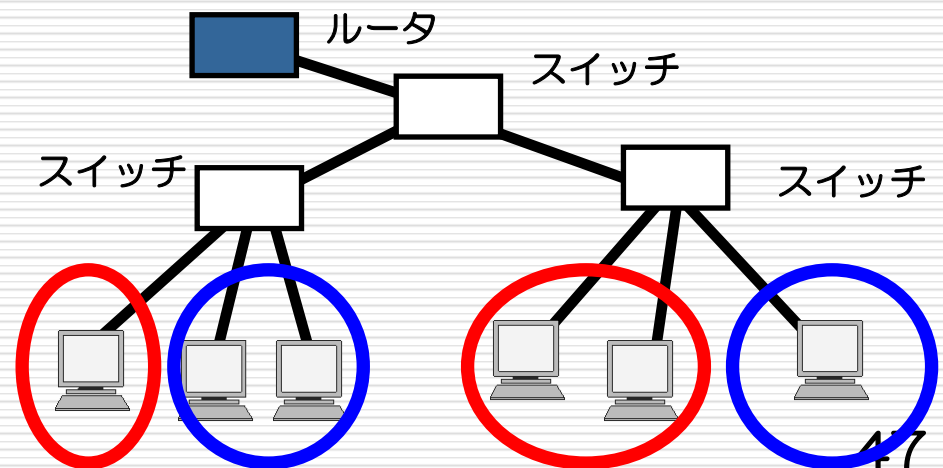


(補足) L2スイッチ (イーサネットスイッチ)

- マルチポートブリッジ
 - 複数の回線のMACフレームをマトリクススイッチで交換して大容量化
 - 一般に安価, 高速
 - ASIC(Application Specific Integrated Circuit)などのハードウェアで高速処理
 - ローカルネット負荷分散のために有効なネットワーク機器
-
- おまけ
 - 当初スイッチはレイヤ2しかなかったが、レイヤ3レベルの処理あるいはレイヤ4レベル以上の処理をするスイッチも、レイヤ2レベルの処理をするスイッチを明確にするためにL2スイッチと表記
 - LANスイッチ, イーサスイッチとも表現

バーチャルLAN (VLAN)

- ロケーションに依存しない**仮想的に割り当てられたLAN**
 - 通常のネットワークのアドレスは、ルータの置かれる位置に依存
 - VLANでは物理的な場所に非依存
- 異なるサブネット（ネットワーク）ごとに各VLANを割り当て
- 利点
 - ネットワーク上に物理的に分散された機器を論理的にグループ化
 - ホストの移動時にアドレス(ネット番号)の変更不要
 - ブロードキャストドメインが限定されるので、トラフィック量が削減
 - セキュリティの確保
- 欠点
 - 障害時の対応が複雑化
 - 適切なVLAN設定が必要

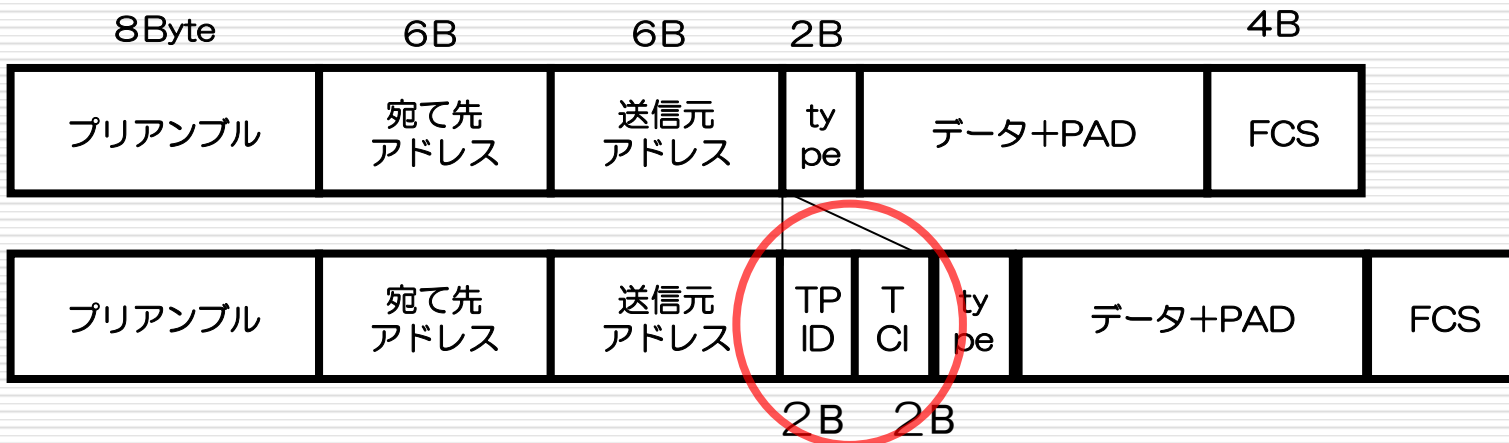


(補足) VLAN関連付けルール

- 暗黙的タグ
 - ポートベースVLAN
スイッチのポート単位にグループ化
端末Aと端末Cは通信できない
 - プロトコルベースVLAN
端末が送信するプロトコル毎にグループ化
複数プロトコルの混在環境に適している
 - IPサブネットVLAN
サブネット毎に通信するポートをグループ化
Source IP Addressをもとに制御
 - MACアドレスVLAN
Source MACアドレス毎にグループ化
ホスト系のローカルアドレス環境に適している
- 明示的タグ
 - VLANタグ：イーサフレームの中に明示的タグ
 - 利点：VLAN関連付けがエッジデバイスで一度だけ。パフォーマンス
 - 欠点：レガシー機器への対応が煩雑

VLANタグ（明示的タグ）

- IEEE802.1Q で規定
- TPID (Tag Protocol Identifier)
 - イーサネットの場合は「0x8100」という値を設定
 - TPIDが「0x8100」以外なら通常のフレームとして処理
 - 認識できない古いスイッチでは廃棄
- TCI (Tag Control Information)
 - 12ビットの「VID (VLAN ID)」
 - 4ビットの優先情報(IEEE 802.1pで規定)
- 合計4096個のVLANを識別



広域LANサービス

- 通信事業者の閉域網を利用し仮想ネットワークを構築するVPN (Virtual Private Network) サービス
 - VPN：インターネット上に仮想の専用線を設定し、特定の人のみが利用できる専用ネットワーク（他に、IP-VPN、インターネットVPN等）
- 構成
 - レイヤ2スイッチを組み合わせて構築した100km単位の大型ネットワーク
 - イーサネットはレイヤ2なので、L2-VPNとも呼ばれる
 - VLANの仕組みを利用
 - エッジスイッチでVIDタギングし、ネットワーク内はVIDでルーティング。出側のエッジスイッチでタグを削除

広域LANサービス

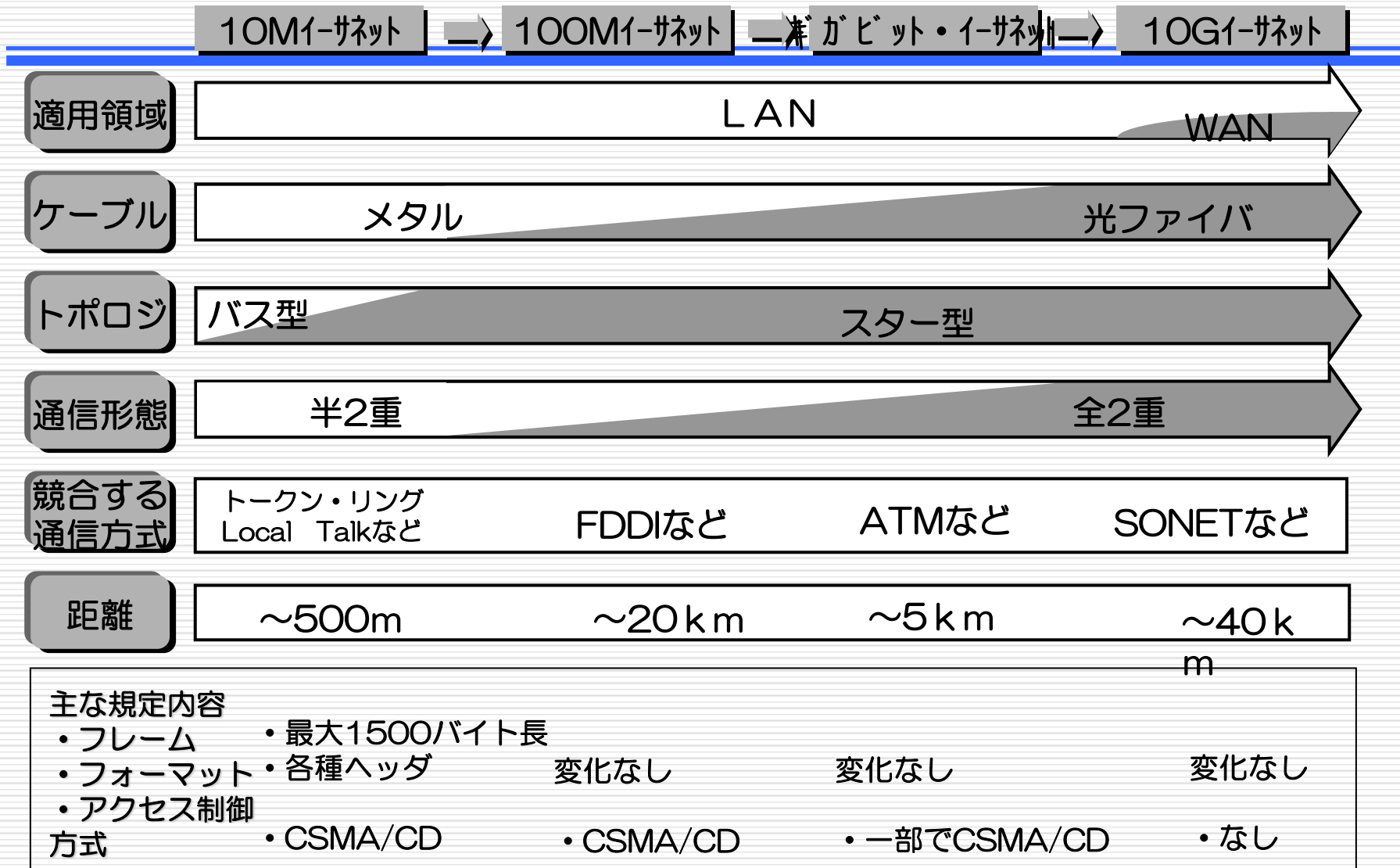
■ 利点

- 高い拡張性（拠点を追加が容易）
- ネットワーク設定の自由度が高い
 - L3を自由に設定可能
 - IP以外も利用可能
- L2スイッチはルータと比べて安価
- ルータと比べてメンテナンスが比較的容易

■ 欠点

- 遅延、ロス、帯域等のネットワーク品質（QoS）が担保されない
- ネットワーク設定が複雑化しやすい（自由な分だけ面倒）
- セキュリティリスク

(補足) イーサネットの適用領域の拡大



CSMA/CD : carrier sense multiple access with collision detection

POS: packet over SONET

ATM: 非同期転送モード

SONET: 同期伝送網