

141.ネットワーク基礎

コンピュータネットワーク

ネットワーク・トポロジ

メディアアクセス制御

通信プロトコル

メディアアクセス制御(Media Access Control、MAC)

CSMA/CD方式(Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection)

CSMA/CA方式(Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance)

トークンパッシング方式(token passing)

OSI参照モデル

通信プロトコル

OSI参照モデル

標準化(standardization)

階層の例

OSI参照モデルでのデータのカプセル化

TCP/IPプロトコル

- OSI参照モデルとTCP/IPモデル(TCP/IP参照モデル)

- リンク層のプロトコル

- インターネット層のプロトコル

- トランスポート層のプロトコル

- アプリケーション層のプロトコル

- TCP/IPモデルのカプセル化

LANの接続機器

- リピータ

- ブリッジ

- ルーター

- ゲートウェイ

IPアドレス

IP(Internet Protocol)

IPアドレス

IPアドレスの構成

アドレスクラス

アドレスクラスの問題点

サブネットマスク

サブネットマスクの表記

CIDR(Classless Inter-Domain Routing)方式

IPアドレスのスコープ

目的：

- ネットワーク化の利点について学ぶ。
- 様々な通信プロトコルについて概要を習得し、それぞれの利点について学ぶ。
- IPアドレスの構造について学ぶ。

ゴール：

ネットワークシステムの構成について理解を深め、ネットワークの種類、通信プロトコルの種類について基礎を習得すること。

複数のコンピュータを接続する技術、接続されたシステムの全体。

ネットワーク化の利点

他のコンピュータのデータを簡単に利用することができる。

周辺機器などを共用することができる。

ネットワークの種類(規模による分類)

■ LAN(Local Area Network)

広くても一敷地内、一施設内で用いられるコンピューターネットワーク。

ほとんどのLANはイーサネット(Ethernet)技術に基づいている。

※ 電気通信事業者資格が不要

■ WAN(Wide Area Network)

LANに対して広い範囲に及ぶコンピュータネットワーク(電気通信事業者の通信回線を利用する)。

広義にはインターネットとほぼ同義語。

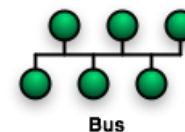
ネットワークの形。ダイアグラムで抽象化したもの(図はwikipediaから引用)

※ 抽象化……注目する要素のみを抜き出して、その他は無視する

バス型

送信した信号が全ての端末で受信される。

10BASE-T(10メガビット・イーサネット)からはケーブル形状の変更で物理的にはスター型トポロジーとなったが、論理トポロジーはバス型である。



スター型

交換設備（ハブ）から放射状に接続されるトポロジー。

それぞれの線は独立しているが、ハブが故障した場合、全ての通信が途絶する。

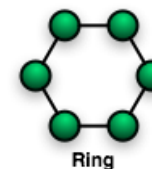
主にXBASE-Tなどイーサネットの物理構造。



リング型

1つの区間の障害時には逆向きの接続で伝送できるネットワークもある。

しかし、2箇所で断絶した場合は通信が不可能になるため、多重化したネットワークもある。



通信プロトコル

コンピュータネットワーク上での通信に関する規約や手順をまとめたもの。

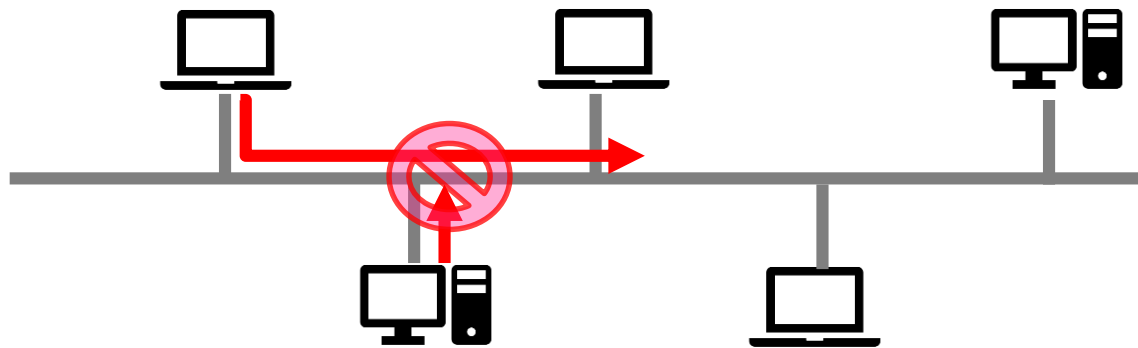
「通信規約」「通信手順」ともいう。

※ プロトコル……外交儀礼や実験手順なども広義のプロトコル

メディアアクセス制御(Media Access Control、MAC)

OSI参照モデル第2層のデータリンク層(詳しくは後述)の一部(副層)を成す通信プロトコル。

LANは伝送路を共有するため、各端末が勝手に通信を行うと信号の衝突が発生する。確実に信号を送受信するための制御方法が必要になる。



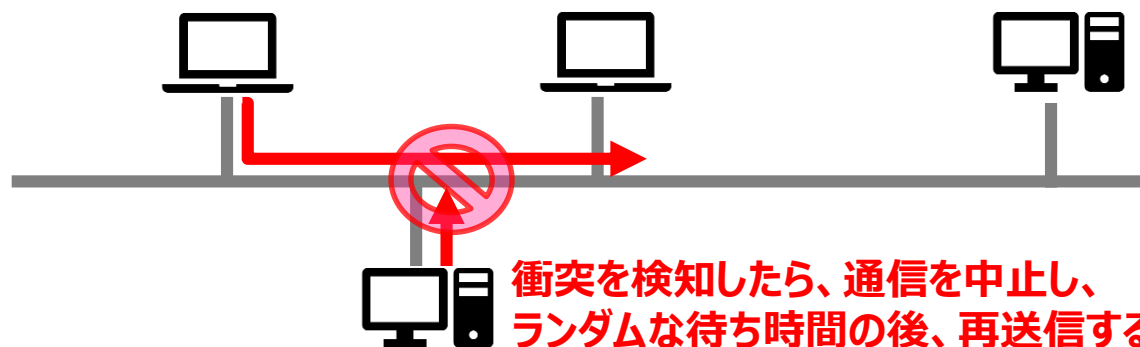
CSMA/CD方式(Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection)

イーサネット(Ethernet)の基本的な通信プロトコル。

送信中に衝突を検出し、もし検出したら通信を中止し、ランダムな待ち時間を挿入し再送信を行う。

手順：

1. 通信を開始する前に一度受信を試みることで、通信をしているホストがあるか確認する。
2. 他のホストが通信をしていなければ自分の通信を開始する。
3. 複数の通信が同時に行われた場合はそれを検知し、ランダムな時間待ってから再び送信手順を行う。



通信経路は共有しているので、他のホストの通信も全て受信できる。
つまり、通信の衝突を検知できる。

CSMA/CA方式(Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance)

無線LANの通信規格であるIEEE 802.11で使われている通信プロトコル。

送信の前に待ち時間を毎回挿入する。

※ 無線LANの様に衝突検出が難しいネットワークの場合は、あらかじめ衝突回避の為の待ち時間を挿入する。また、ACK信号を使って正しく送信が行われたか通知する。

手順：

1. 通信を開始する前に、一度受信を試みることで通信をしているホストがあるか確認する。
2. 他のホストが通信をしていなければ自分の通信を開始する。
3. 通信終了と同時に送信を試みると衝突する可能性が高い。そのため、他のホストの通信終了を検知したら、送信を開始する前にランダムな長さの待ち時間をとる。

※ 永久に送信できない事態を防ぐため、この待ち時間は徐々に短くしてゆく。



無線LANの場合、電波の強度を監視しても衝突検出はできない。

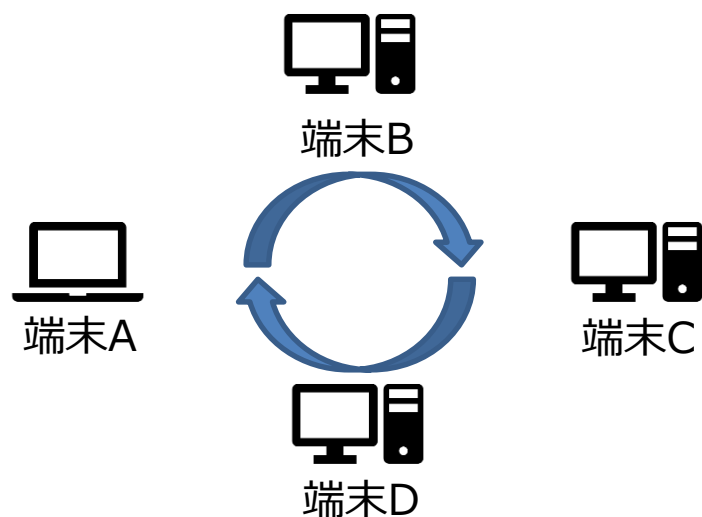
また無線LANには、無線LANルータには端末A、端末B、両方の電波が届くが、端末Aには端末Bの電波が届かないという「隠れ端末問題」もある。

トークンパッシング方式(token passing)

伝送路にトークン(token)と呼ばれる特殊なデータを巡回させ、このトークンを取得している端末のみ送信が行えるというアクセス制御方式。

手順：

1. 送信を行いたい端末は、フリーになっているトークンを待つ。
2. フリートークンを受信したら、送信したいデータをトークンに搭載して送信する。(ビジートークン)
3. 宛先の端末はデータを受け取り、受領信号を付与してトークンを送信する。
4. 送信元端末は、一巡したトークンの受領信号を確認して、フリートークンに開放し送信する。



トークンはリング型ネットワークを巡回する。

バス型ネットワークの場合はトークンバス方式を用いる。

LANとWAN

ネットワークの種類。主にネットワークの規模での分類だが、規模によって接続方法なども変わってくる。

ネットワーク・トポロジー

ネットワークの形。バス型のLAN、スター型のLANなど

通信プロトコル

通信の規約や手順、通信方法。これからの章で分類するが、イーサネットもメディアアクセス制御も、インターネット用語で耳にするIPやHTTPなども、すべて通信プロトコル。

用語を整理して、もう一度聞いてみる

ほとんどのLANはイーサネットの規格を用いられている。

10メガビット・イーサネットは、物理的にはスター型だが、論理トポロジーはバス型である。
イーサネットの基本的な通信プロトコルはCSMA/CD方式だ。

通信プロトコル

コンピュータネットワーク上での通信に関する規約や手順をまとめたもの。

OSI参照モデル

国際標準化機構(ISO)が策定した標準化モデル。通信プロトコルを7つの階層に分けて定義している。

標準化(standardization)

工学や産業の分野での標準化は、様々な技術仕様から「規格」を決める。

→ 異なるコンピューター、異なる通信機器の間でも、規格が同じなので通信ができる

OSI参照モデルは通信プロトコルを7階層に分け、各階層ごとに必要な機能を定義している。各階層をレイヤ(layer)と呼ぶ。

主に下位層は上位層に対して抽象化したネットワーク資源を提供する。
→ 下位層がある程度変化しても上位層には影響を及ぼさない。独立性が強くなる。

しかし、OSI参照モデル = インターネット・プロトコル・スイート ではない。
個々のプロトコルをどのレイヤに分類するかベンダーによって異なる。

階層の例

第7層 - アプリケーション層

具体的な通信サービス（例えばファイル・メールの転送）を提供する。

ex). HTTP、SMTP、FTP、Telnetなど

第6層 - プレゼンテーション層

アプリケーション層のデータの表現形式を共通化したり(例えば文字コードなど)、暗号化やデータの圧縮を行う。

ex). SMTP、FTP、Telnetなど

第5層 - セッション層

通信の開始(通信の確立)から終了(切断)を行う。

ex). SSH、TLS、NetBIOSなど

第4層 - トランスポート層

ネットワークの端から端までの通信管理を行う（エラー訂正、再送制御等）。
ex).TCP、UDPなど

第3層 - ネットワーク層

ネットワークにおける通信経路の選択を行う（ルーティング）。
ex).IP、ICMPなど

第2層 - データリンク層

直接的（隣接的）に接続されている通信機器間の信号の受け渡し。
ex). Ethernet、PPPなど

第1層 - 物理層

物理的な接続。コネクタのピンの数、コネクタ形状の規定等。銅線-光ファイバ間の電気信号の変換等。
ex).電話線、光ケーブルなど

OSI参照モデルでのデータのカプセル化

コンピュータ間でデータを通信するとき、
送信側は各レイヤのプロトコルに従って処理を行う。
処理した情報はヘッダとしてデータの前に付加される。
レイヤ7からレイヤ1に向けて
データを包み込んでいく事をカプセル化という。
逆に受信した信号をデータに戻す事を
非カプセル化という。



OSI参照モデルとTCP/IPモデル(TCP/IP参照モデル)

OSI参照モデルは、本来はOSI準拠製品用の参照モデルであり、OSI以外の通信プロトコルはOSI参照モデルに準拠して作られた訳ではない。

TCP/IPプロトコル群(TCP/IPプロトコル・スイート、インターネット・プロトコル・スイート)は、インターネットおよびインターネットに接続する大多数の商用ネットワークで利用できる通信プロトコル一式。

OSI参照モデルとTCP/IPモデル

OSI参照モデル	TCP/IPモデル	TCP/IPプロトコル
アプリケーション層	アプリケーション層	HTTP、SMTP、POP3、IMAP、FTP、DNS、DHCP、NTP、Telnet、SSH、
プレゼンテーション層		
セッション層		
トランスポート層	トランスポート層	TCP、UDP
ネットワーク層	インターネット層	IP、ICMP
データリンク層	リンク層	Ethernet、PPP、PPPoE
物理層	(ネットワークインターフェイス層)	

リンク層のプロトコル

対応するアドレス…MACアドレス

ネットワーク機器に割り当てられた固有のアドレス。世界中で重複しない。

ネットワーク機器の位置とは無関係なので、インターネットの様にネットワークの連なりから場所を特定する事はできない。

物理アドレスと呼ばれる。

Ethernet

OSI参照モデルの第一層(物理層)、第二層(データリンク層)に対して規定している。

PPP(Point-to-Point Protocol)

2点間を接続してデータ通信を行うための通信プロトコル。

PPPoE(PPP over Ethernet)

PPPはダイヤルアップPPPを用いて、電話回線によるダイヤルアップ接続で利用されていた。
PPPoEはPPPをカプセル化しEthernetフレーム上で扱えるようにしたもの。

インターネット層のプロトコル

対応するアドレス…IPアドレス

ネットワーク機器を識別する為の番号。セグメントによりネットワークの連なりから場所を特定できる。論理アドレスと呼ばれる。

IP(Internet Protocol)

インターネットにおいて主要となる通信プロトコル。送信元ホストから送信先ホストへIPアドレスに基づいて送信を行う。データ転送を行うための経路選択(ルーティング)や中継機能を提供している。

ARP(Address Resolution Protocol)

IPアドレスからMACアドレスを求める為の通信プロトコル。指定したIPアドレスを持つ通信機器のMACアドレスを問い合わせるリクエストを、同一ネットワーク内にブロードキャストする。

※ ARPはIPの下、リンク層の上で動作するため中間に属する(リンク層に分類される場合もある)

トランスポート層のプロトコル

TCP(Transmission Control Protocol)

送信側と受信側で信頼できる順序どおりの通信を行うためコネクションを確立する。
プロトコル操作として、コネクション確立フェーズ、データ転送フェーズ、コネクション終了フェーズに別けられる。

UDP(User Datagram Protocol)

ハンドシェイクを省いたコネクションレスの通信プロトコル。信頼よりも速度を重視しており、データが相手に届いたかの確認を行わない。

適時性を求められるアプリケーションで用いられる。

ex).DNS、DHCP、音声・動画ストリームなど

アプリケーション層のプロトコル

SMTP(Simple Mail Transfer Protocol)

メールサーバ間のメール転送、メールサーバへのメール送信用の通信プロトコル。

POP3(Post Office Protocol v3)

メールサーバからメールを受け取る通信プロトコル。

IMAP4(Internet Message Access Protocol v4)

メールをメールサーバに置いたままアクセスする通信プロトコル。

アプリケーション層のプロトコル

HTTP(Hypertext Transfer Protocol)

HTML(webサイトの文書)などの送受信の為に通信プロトコル。

FTP(File Transfer Protocol)

ファイルの転送を行うための通信プロトコル。

DNS(Domain Name System)

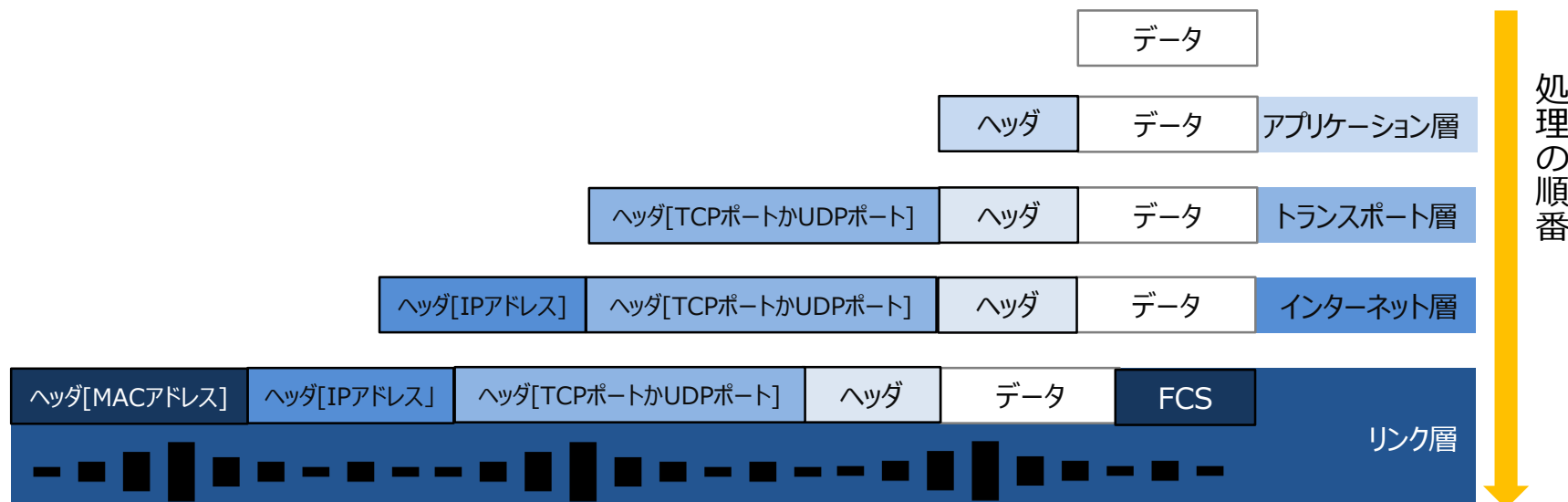
インターネット上のドメイン、ホスト名とIPアドレスを対応付けする為に、分散型データベースシステム、それを提供する通信プロトコル。

Telnet

汎用的な双方向通信を提供する通信プロトコル。主にサーバを端末から操作する時などに使われるソフトウェアと通信プロトコル

TCP/IPモデルのカプセル化

レイヤ	PDU(Protocol Data Unit)	対応するアドレス
アプリケーション層	メッセージ(データ)	
トランスポート層	セグメント, データグラム	TCPポート, UDPポート
インターネット層	パケット	IPアドレス
リンク層 (ネットワークインターフェイス層)	フレーム	MACアドレス
	ビット	

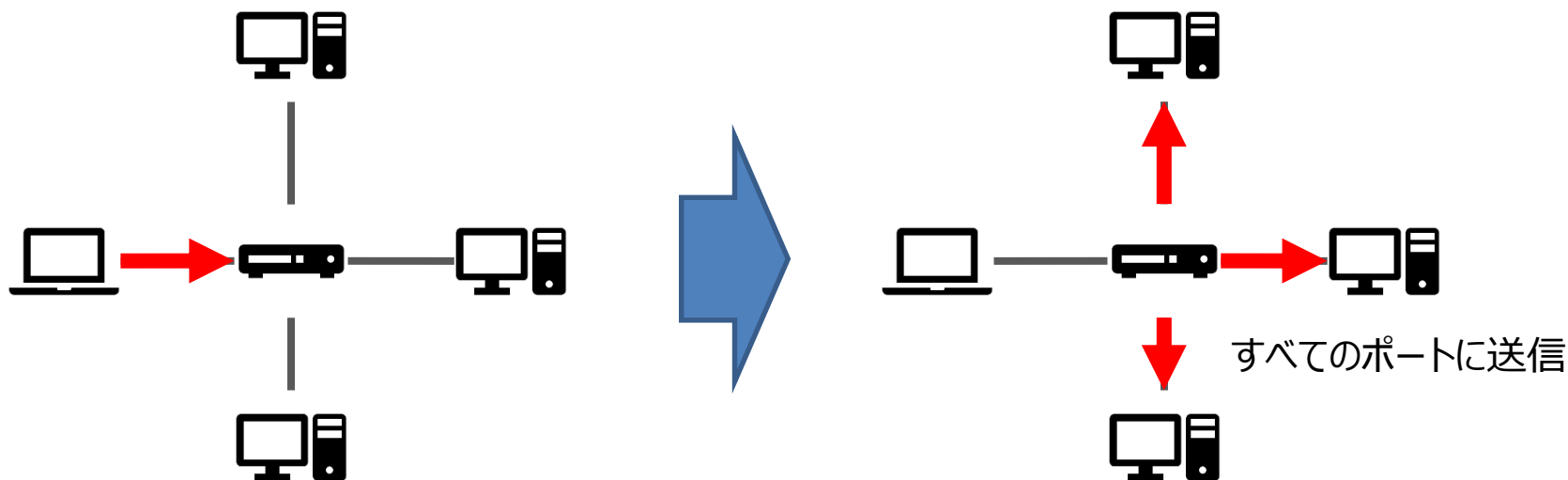


※電気信号に変換

リピータ

OSI参照モデルの物理層(第一層)で電気信号を中継する。電気信号を受信しより高い出力で送信する事で伝送距離を伸ばす事ができる。リピーターによって接続されたLANは、一つのLANとして扱われる。

※ **リピータ・ハブ**…複数のポートを持ち、1つのポートから来た信号を、他の全てのポートに送信する。

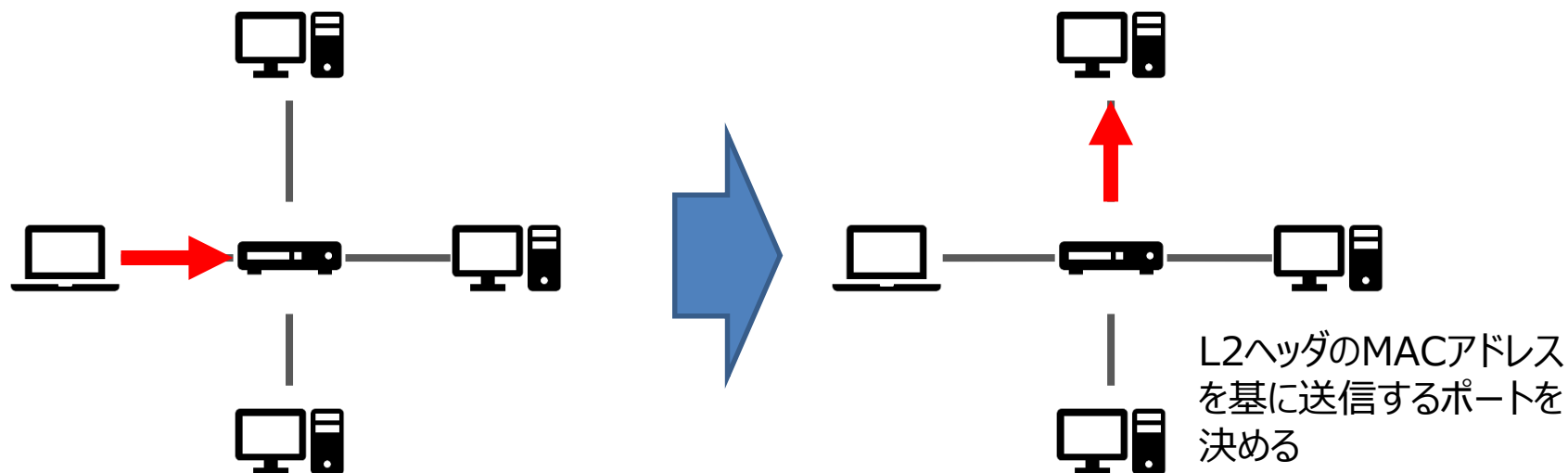


論理トポロジはバス型になるので、コリジョン(衝突)が発生する。

ブリッジ

OSI参照モデルのデータリンク層(第二層)の情報を基に(送信先MACアドレスに)送信するポートを決定し送信する。ブリッジは接続された機器のMACアドレスを記憶している。

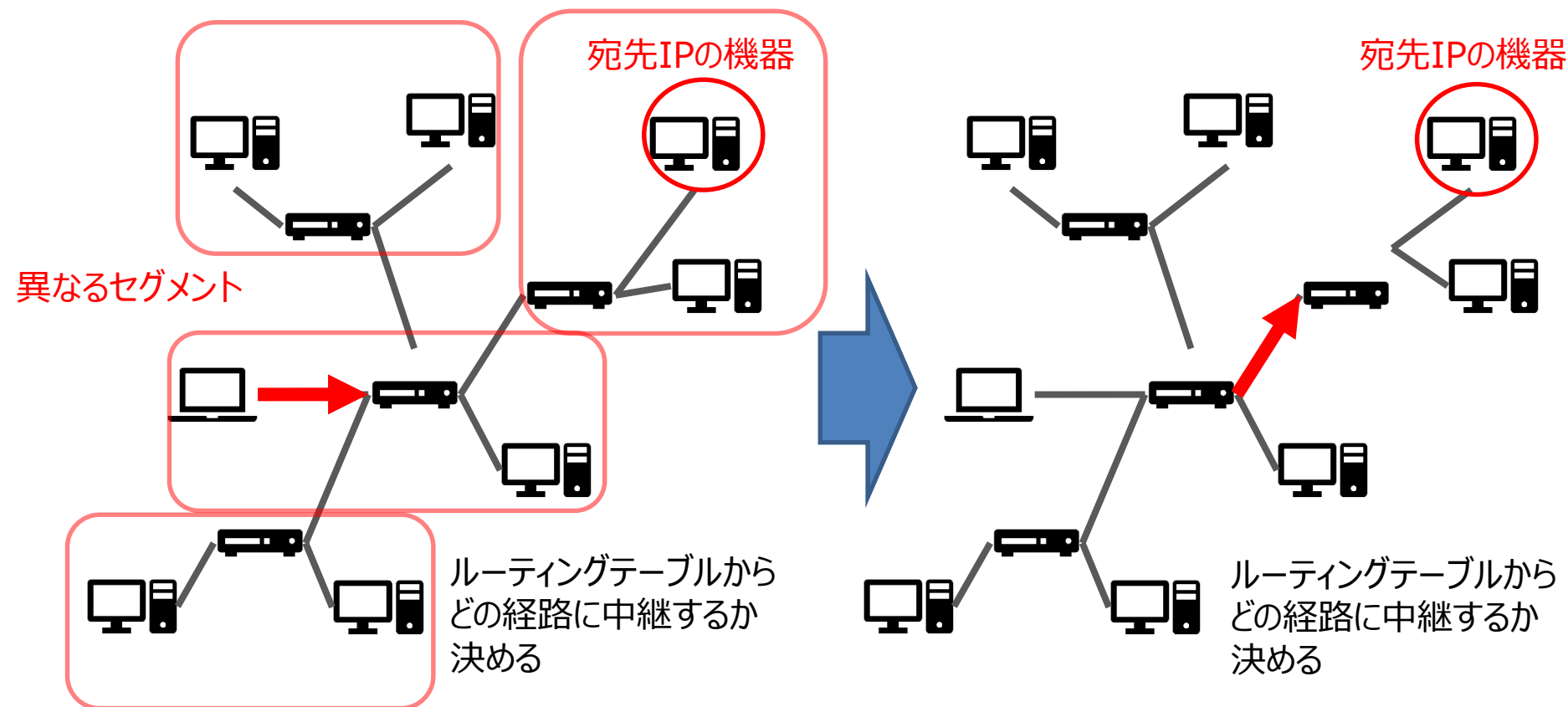
※ スイッチング・ハブ…代表的なブリッジ機器。L2スイッチとも呼ばれる。



コリジョン(衝突)が発生する範囲を分割できる。

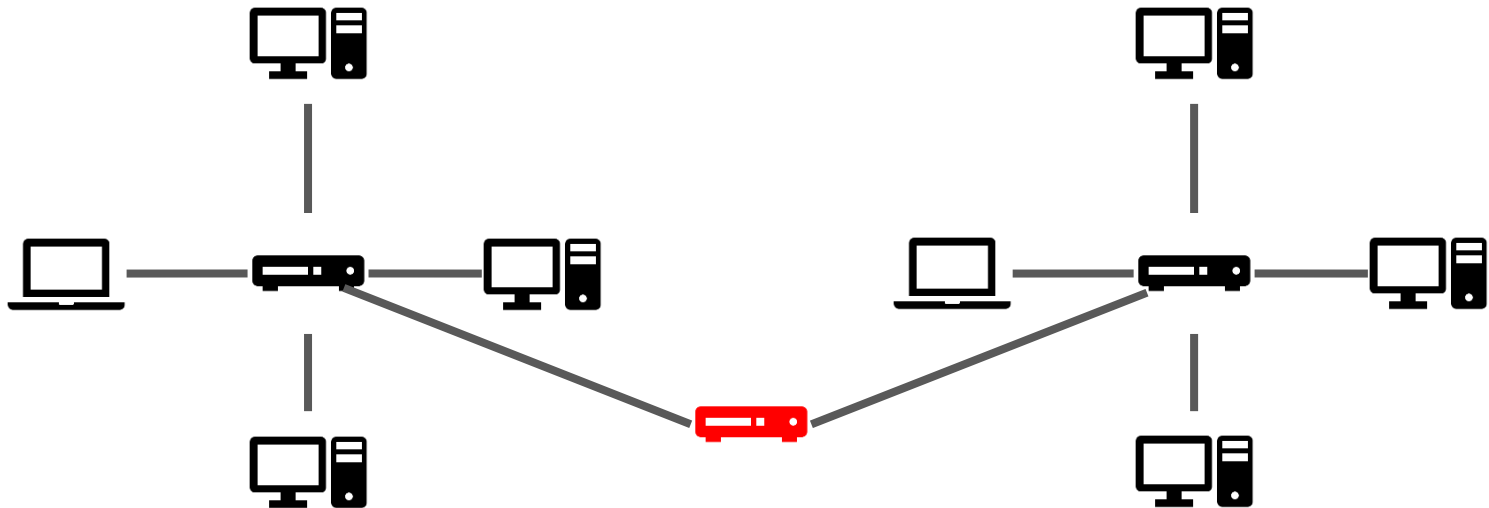
ルーター

ネットワーク間(異なるセグメントのネットワーク)を相互接続する機器であり、OSI参照モデルのネットワーク層(第三層)の情報(宛先IPアドレス)を基に中継と経路制御を行う。経路制御(routing)の為にルーティングテーブルを持つ。

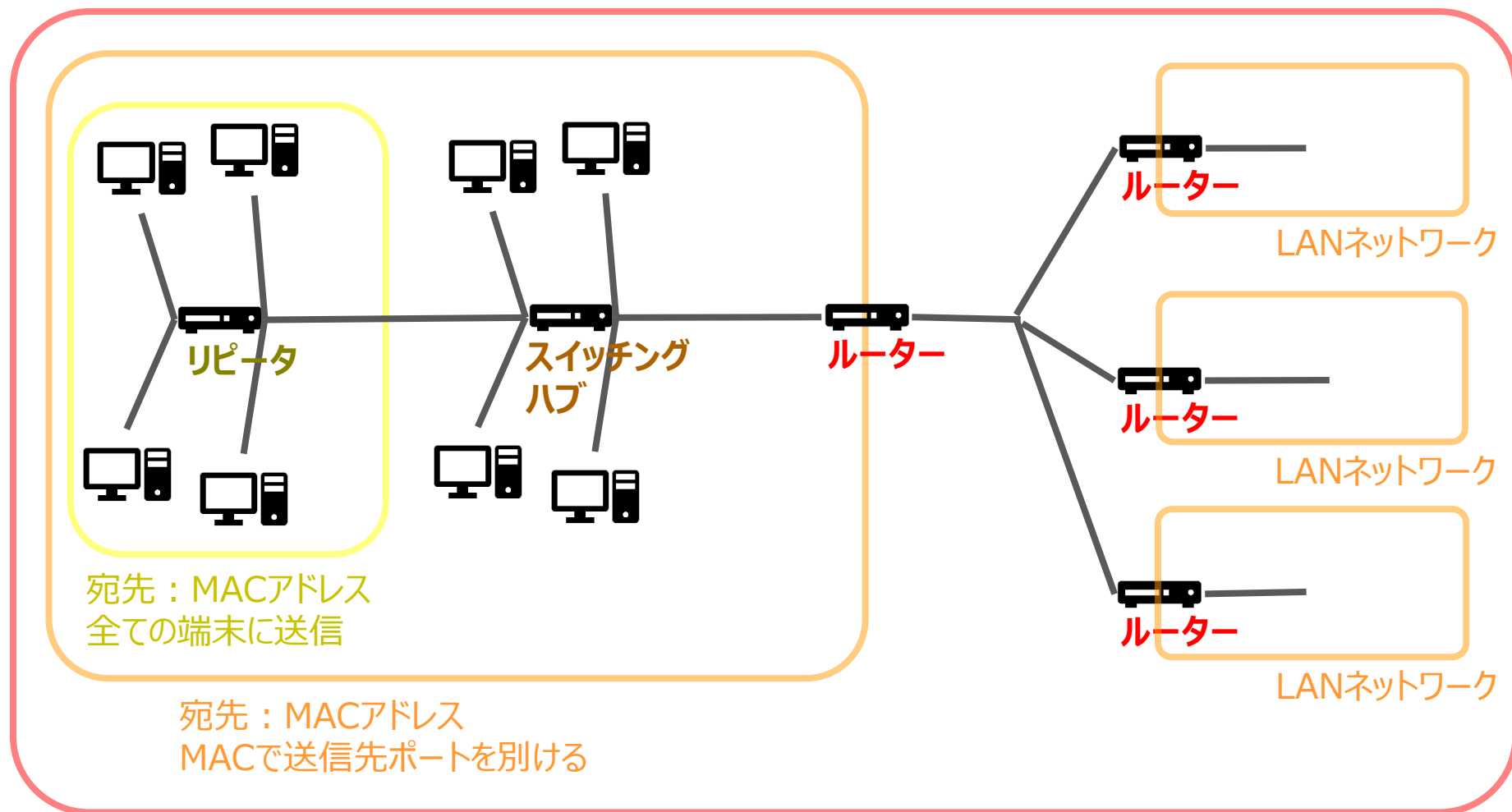


ゲートウェイ

OSI参照モデルのトランスポート層(第四層)以上のプロトコルが異なるネットワーク同士をプロトコルを変換することで接続する。



ネットワークを図式化してみる



宛先 : IPアドレス
ネットワーク部でネットワークにルーティングする

IP(Internet Protocol)

インターネット・プロトコル・スイート(TCP/IPモデル)のインターネット層のプロトコルで、IPアドレスに基づいて送信元ホストから宛先ホストへデータグラムを送付する。

現在主に使われているのは32ビットアドレス空間を持つIPv4だが、IPアドレスの枯渇が予測され、128ビットアドレス空間を持つIPv6の運用が普及しつつある。

※ データグラム…データの基本転送単位

IPアドレス

ネットワーク上の機器を識別するために指定する識別番号。インターネット上の番地の様なもの。

IPアドレスの構成

IPアドレスは32ビットの数値(IPv4の場合)。

通常はドット付き十進表記(ドットアドレス)と呼ばれる記法で表記される。

十進表記

192. 168. 0. 1

二進表記 (8ビット x 4 = 32ビット、8ビットは1バイト)

11000000. 10101000. 00000000. 00000001

ネットワーク部

ホスト部

上位ビットをネットワーク部、下位ビットをホスト部と区別される。

ネットワーク部がネットワーク(LANなど)を指定し、ホスト部がネットワーク内の機器を指定することで、各コンピュータを識別する。

→ どのネットワークの、どの機器(コンピュータ)かを指定できる。

アドレスクラス

IPアドレスはネットワークの規模などによって5つのアドレスクラスに分かれている。

クラス	アドレス範囲	用途（先頭ビットの値）
クラスA	0.0.0.0 - 127.255.255.255 00000000. 00000000. 00000000. 00000000 - 01111111. 11111111. 11111111. 11111111	ネットワークアドレス長は8ビット、ホストアドレス長は24ビット。 最上位8ビットが、0-で始まる。 ホスト数は16,777,214
クラスB	128.0.0.0 - 191.255.255.255 10000000. 00000000. 00000000. 00000000 - 10111111. 11111111. 11111111. 11111111	ネットワークアドレス長は16ビット、ホストアドレス長も16ビット。 最上位8ビットが、10-で始まる。 ホスト数は65,534
クラスC	192.0.0.0 - 223.255.255.255 11000000. 00000000. 00000000. 00000000 - 11011111. 11111111. 11111111. 11111111	ネットワークアドレス長は24ビット、ホストアドレス長は8ビット。 最上位8ビットが、110-で始まる。 ホスト数は254
クラスD	224.0.0.0 - 239.255.255.255 11100000. 00000000. 00000000. 00000000 - 11101111. 11111111. 11111111. 11111111	IPマルチキャスト専用。 最上位8ビットが、1110-で始まる。
クラスE	240.0.0.0 - 255.255.255.255 11110000. 00000000. 00000000. 00000000 - 11111111. 11111111. 11111111. 11111111	将来の使用のために予約されている。 最上位8ビットが、1111-で始まる。

クラスAのIPアドレスをビットで見てみる

IPv4のIPアドレスは、 2^{32} 個(もしくは 256^4 個)ある。

これを1/2すると、 2^{31} 個になる。最上位ビットが0か1かで、1/2に分けられる。

00000000. 00000000. 00000000. 00000000 -
01111111. 11111111. 11111111. 11111111

これがクラスA

と
10000000. 00000000. 00000000. 00000000 -
11111111. 11111111. 11111111. 11111111
の2つに分けられる。

2番目のビットが0か1かで、
これも1/2できる。→クラスB

クラスAは上位8ビットがネットワーク部、下位24ビットがホスト部

00000000. 00000000. 00000000. 00000000

ネットワーク部

ホスト部

ネットワーク部が8ビット ... $2^8 = 256$ 通りのネットワークを指定できる。

ホスト部が24ビット ... 一つのネットワークにつき $2^{24} = 16,777,216$ 通りの
ホスト(機器)を指定できる。(実際は $16,777,216 - 2$ 通り)

アドレスクラスの問題点

クラスA…大きすぎる。

クラスC…小さすぎる。

クラスB…65,536(65,534)これでも全部活用できるネットワークは少ない。

→ **アドレス空間を有効に使うため、サブネットマスクでサブネットに分けるのが一般的。**

サブネットマスク

ネットワーク部とホスト部を分けるための数値。IPv4の場合は32ビット。

ネットワーク部のビットが1、ホスト部のビットが0。

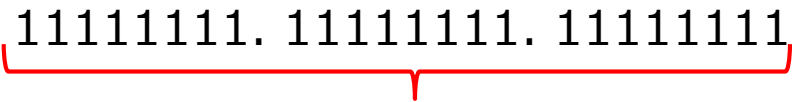
IPアドレス	11000000. 10101000. 01111011. 00000001
サブネットマスク (AND)	11111111. 11111111. 11111111. 00000000
	<div>ネットワーク部</div> <div>ホスト部</div>
ネットワークアドレス	11000000. 10101000. 01111011. 00000000

ネットワーク部を自由に定義する事で、ネットワークの規模に合わせたサブネットに分けることができる。

サブネットマスクの表記

10進表記	255. 255. 255. 0
2進表記	11111111. 11111111. 11111111. 00000000

CIDR(Classless Inter-Domain Routing)方式

IPアドレス(10進数)	192.168.123.1
IPアドレス(2進数)	11000000. 10101000. 01111011. 00000001
サブネットマスク(10進表記)	255.255.255.0
サブネットマスク(2進表記)	11111111. 11111111. 11111111. 00000000
	
	ネットワーク部が24ビット
CIDR表記	192.168.123.1/24

IPアドレスのスコープ

IPアドレスには通信可能な範囲が決められている。これをスコープという。

■ グローバルIPアドレス

プライベートIPアドレスやリンクローカルアドレス、特殊用途のIPアドレス以外のIPアドレスは重複しないグローバルIPアドレスとして、インターネット接続用に利用される。

■ プライベートIPアドレス

社内LANなど外部から利用できないプライベートネットワークで利用するIPアドレス。プライベートネットワーク内で重複しなければ、異なるネットワークで重複しても問題がない。

以下のアドレス空間が予約されている。

クラス	範囲	サブネットマスク	アドレス数
クラスA	10.0.0.0 - 10.255.255.255	255.0.0.0	16,777,216 (16,777,216 × 1 subnet)
クラスB × 16	172.16.0.0 - 172.31.255.255	255.240.0.0	1,048,576 (65,536 × 16 subnet)
クラスC × 256	192.168.0.0 - 192.168.255.255	255.255.0.0	65,536 (256 × 256 subnet)

NAT(Network Address Translation)

プライベートIPアドレスとグローバルIPアドレスを1対1で変換する。インターネットに接続できるLAN内の機器は、割り当てられているグローバルIPアドレスの数だけになる。

NAPT(Network Address Port Translation)

IPアドレスとポート番号の組み合わせで変換することで、グローバルIPアドレスとプライベートIPアドレスを1対多に変換する。PAT(Port Address Translation)、IPマスカレード(IP masquerade)とも呼ばれる。

■ リンクローカルアドレス

Windowsなどで、IPアドレスが設定されておらず、DHCPサーバも見付からない場合に、自動的に169.254で始まるクラスBのIPアドレスが振られる。LAN内の通信に使うことができるが、ルーティングができないなどプライベートアドレスとは異なる。