

インターネット

山本昌志*

2007年11月7日

概要

インターネットの仕組みについて、簡単に説明する。

1 本日の学習内容

現在のほとんどのコンピュータはインターネットに接続されている。ここでは、そのインターネットの仕組みについて、簡単に説明する。本日のゴールは、以下のとおりである。

- インターネットの概略が分かる。
- 通信の階層構造の必要な理由と大体のレイヤーが分かる。
- パケットを使った通信の仕組みが分かる。

ここで述べる範囲は、教科書 [1] の pp.271–273 である。

2 コンピューターの通信

2.1 インターネット

2.1.1 概要

インターネットは、世界中のコンピュータが接続されている巨大なネットワークである。現在、コンピュータの通信は、ほとんどインターネットを使っている。

1969年、冷戦下に軍事攻撃から通信網を守るために開発された「ARPANET」から始まった。1箇所にネットワークのコントローラーがあるシステムだと、そこが攻撃されると、システムは停止してしまう。それを防ぐために、分散型の通信網を作った。今のインターネットも分散型で、一部のシステムが故障しても通信は可能である。

その後、1986年には軍事用のARPANETから分割されたので、大学を中心に学術研究用のネットワークが構築され始めた。1991年、CERNのバーナーズ・リーによりWorld Wide Web(WWW)を開発し、その後のインターネットの普及に礎を作った。1995年にWindows 95が発売されると、大学のみならず、一般家庭でも爆発的にインターネットが使われるようになった。

*独立行政法人 秋田工業高等専門学校 電気情報工学科

インターネットでは、図1 コンピューターやハブ、ルーターなどが通信線路で相互に接続されており、それらを通してコンピューター間でデータの交換が出来るようになっている。全体を見渡すと、接続はクモの巣 (web) のようになっている。

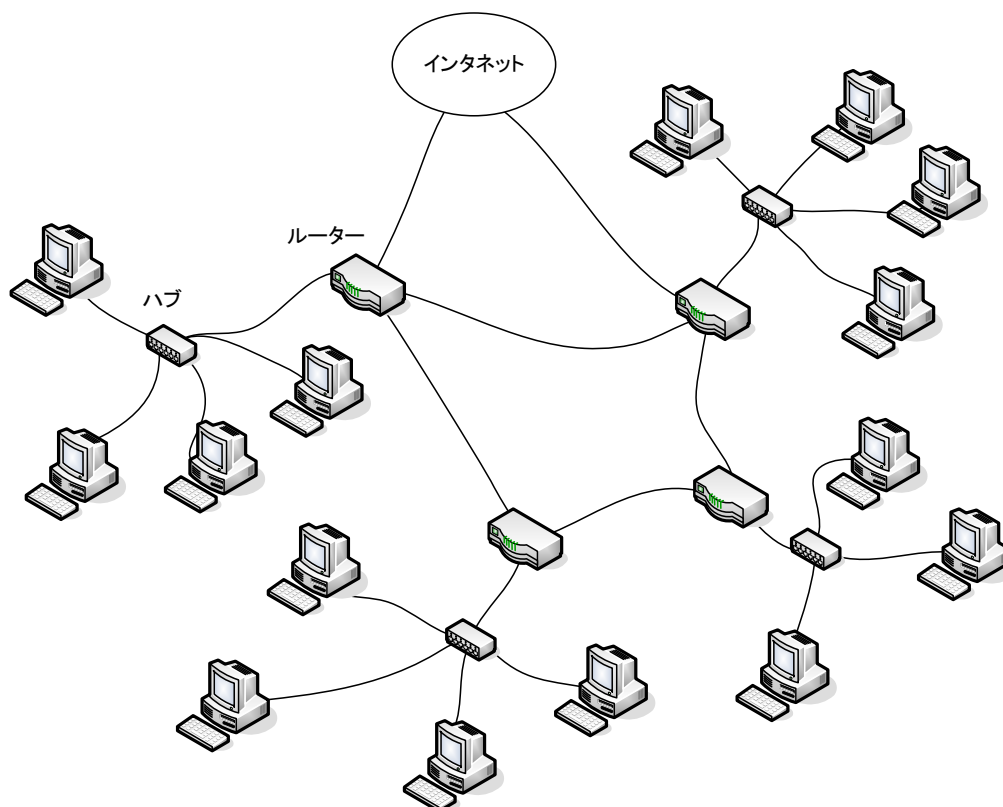


図1: インターネットの全体像。インターネットはコンピューターとハブ、ルーターなどが通信線路で接続されている。

2.1.2 パケット

インターネット上のデータは、少量のデータ; パケット (packet) に分割して、転送が行われている。一回で全てのデータを送るのではなく小分けにして、ルーターなどの通信機器を経由してデータは送られる。各パケットには、送るデータの他に発信元、送信先のアドレスやパケットの種類・伝送順序などの制御情報を付加されている (図2)。

パケット単位で通信を行うので、ある通信がネットワークを連続して占有することはない。そのため、一度の多くの通信が可能となり、通信の効率が上がる。また、送信データの一部が破損、あるいは喪失しても少ないコストで再送が可能になる。

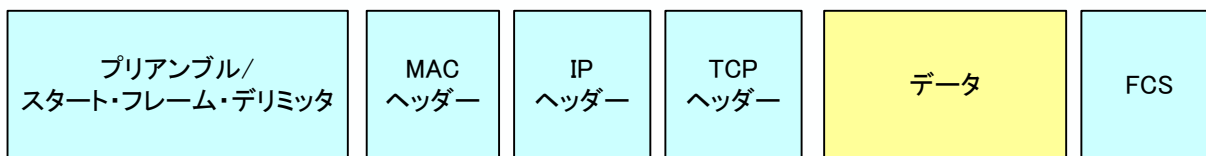


図 2: インターネットのパケットの構造。パケットは、データとヘッダーから成る。ヘッダー部に情報により、信頼性のある通信が可能となる。

2.2 ネットワークプロトコル

さまざまな方法でインターネットに接続して、通信することができる。分かりやすい例だと、いろいろなケーブルを使うことができる。多くの場合ツイストペアが使われているが、光ファイバーや同軸ケーブルなども使える。ケーブルばかりではなく、通信の機器にはハブやルーターなども使っている。ハードウェアのみならず、ソフトウェアもいろいろある。

これら、さまざまな方法で通信可能な場合、それぞれに合わせて、コンピューター間の接続方法を決めていては、手間; コストがかかる。たとえば、5 種類のケーブル、3 種類の通信機器、8 種類のソフトウェアがあると、合計 $5 \times 3 \times 8 = 120$ 種類の接続の組み合わせがある。これでは大変である。また、新しい技術が開発される都度、新たに仕組みを考えなくてはならない。

ネットワークの機能をモジュール化することにより、これらの問題が解決できる。それぞれの階層—この例ではケーブル、通信機器、ソフトウェア—で入り口と出口の規格を決める。要するに、入り口と出口のみを決め、それを守ればどのような機器、ソフトウェアも使えるようにするのである。このような規格のことをプロトコル (protocol) と言う。

ネットワークの機能のモジュール化では、OSI 参照モデルがよく引き合いに出される。それを表 1 に示す。ネットワーク必要なものがモジュール化されていることが分かる。

この OSI 参照モデルは、各種の試験によく出題される「物でねーと、せっかくのプレゼントもありがたくない」と覚えるとか [2]。

表 1: OSI 参照モデル . 役割は , 主に文献 [4] から引用 .

層 (レイヤ)		役割
第 7 層	アプリケーション層	プログラムの API . アプリケーション間のデータのやりとりを行う .
第 6 層	プレゼンテーション層	データ翻訳/変換 . プロセスで扱うデータの型や符号を , 共通のものに変換あるいは逆変換する .
第 5 層	セッション層	通信プログラム同士がデータの送受信を行なうための仮想的な経路 (コネクション) の確立や解放を行なう .
第 4 層	トランスポート層	相手まで確実に効率よくデータを届けるためのデータ圧縮や誤り訂正 , 再送制御などを行なう .
第 3 層	ネットワーク層	相手までデータを届けるための通信経路の選択や , 通信経路内のアドレスの管理を行なう .
第 2 層	データ層	通信相手との物理的な通信路を確保し , 通信路を流れるデータのエラー検出などを行なう .
第 1 層	物理層	データを通信回線に送出するための電気的な変換や機械的な作業を受け持つ . ピンの形状やケーブルの特性 , LAN カードなども第 1 層で定められる .

現在 , もっとも使われている通信方式は OSI 参照モデルではなく , 表 2 の TCP/IP モデルである . 基本の考え方は , OSI 参照モデルと同じである .

この TCP/IP 参照モデルを通して , データの通信を行うためには各種のプログラムが必要である . これらのプログラムは OS(unix, windows, macintosh) に実装されており , システムコールにより呼び出すことができる .

表 2: TCP/IP 参照モデル . 役割は , 主に文献 [4] から引用 .

TCP/IP モデル	プロトコル	役割
アプリケーション層	TELNET, FTP, HTTP など	アプリケーション間の通信を行う .
トランスポート層	TCP,UDP	確実にデータが送られるかどうかを確認する .
インターネット層	IP	送り先へ向かってどのような経路でデータを送るのかを決定する .
ネットワークインターフェース層	イーサネット	物理的なネットワーク機器へアクセスする .

2.3 パケットに付くヘッダー

インターネットを使って通信するプログラムは、表 2 のアプリケーション層を使って通信を行う。データは送信側コンピューターのアプリケーション層 ← トランスポート層 ← インターネット層 ← ネットワークインターフェース層を通して、インターネットに出て行く。データを受け取る側はその逆で、インターフェース層 ← インターネット層 ← トランスポート層 ← アプリケーション層とデータがわたって、最後にプログラムに到着する。

これら、層をまたぐ毎に、各種のヘッダーが付加されたり削除されたりする。これ以降、簡単に各種のヘッダーについて、説明する。

2.3.1 TCP ヘッダー

送信側のコンピューターのトランスポート層を通過すると、表 3 の TCP ヘッダーが付加される。逆に、受信側のコンピューターのトランスポート層を通過すると、この TCP ヘッダーは削除される。

表 3: TCP ヘッダーの内容。主に文献 [3] から引用。

フィールド	長さ (ビット)	内容
送信元ポート番号	16	パケットを送信したプログラムのポート番号
宛先ポート番号	16	パケットを受信するプログラムのポート番号
シーケンス番号	32	このパケットのデータの先頭が、送信データの何バイト目にあたるかを示す。
確認応答番号	32	データが何バイト目まで受信側に届いたかを、受信側から送信側へ伝える。
データオフセット	4	データ部分がどこから始まるかを表す。TCP ヘッダーの長さと同じ。
未使用	6	使われていない。すべて 0。
コントロールビット	6	通信制御のためのビット。詳細は省略。
ウィンドウサイズ	16	受信側から送信側へ、受信確認なしで送信可能なデータ量を通知する。
チェックサム	16	誤りの有無を検査する符号
緊急ポインタ	16	緊急時に処理すべきデータの位置を表す。
オプション	最大 40 バイト	上のヘッダーフィールド以外の情報を記載するときに使う。滅多に使わない。

2.3.2 IP ヘッダー

送信側のコンピューターのインターネット層を通過すると、表 4 の IP ヘッダーが付加される。逆に、受信側のコンピューターのインターネット層を通過すると、この IP ヘッダーは削除される。

表 4: IP ヘッダーの内容．主に文献 [3] から引用．

フィールド	長さ (ビット)	内容
バージョン	4	IP プロトコルのバージョン．
ヘッダー長	4	IP ヘッダーの長さ．
サービスのタイプ	8	IP パケットの優先度などパケットの品質を決める．
全長	16	IP メッセージ全体の長さ．
ID 情報	16	個々のパケットを識別する番号．通常，パケットの通し番号．
フラグ	3	IP パケットの分割を制御する時に使用．
フラグメントオフセット	13	分割されたパケットが，元のデータのどこに位置しているかを表します．
生存期間	8	ネットワークにループができたときに，永久にパケットが回り続けないように，生存期間を指定．ルーターを経由する毎に，この値が 1 ずつ減らされ，0 になればパケットは廃棄される．
プロトコル番号	8	プロトコル番号を記述．
ヘッダーチェックサム	16	誤り検査用符号データ．
送信元 IP アドレス	32	このパケットを送信した側の IP アドレス．
宛先 IP アドレス	32	このパケットを届ける相手の IP アドレス．
オプション	可変長	上のヘッダーフィールド以外の情報を記載するときに使う．滅多に使わない．

2.3.3 MAC ヘッダー

ネットワークインターフェース層を通過する毎に MAC ヘッダーは付加されたり削除されたりする．

表 5: MAC ヘッダーの内容．主に文献 [3] から引用．

フィールド	長さ (ビット)	内容
宛先の MAC アドレス	48	このパケットを届ける相手の MAC アドレス．
送信元の MAC アドレス	48	このパケットを送信した側の MAC アドレス．
イーサタイプ	16	使用するプロトコルの種類．

3 プログラム作成の練習

[練習 1] 前回の講義でプログラム作成練習が完了していない者は，プログラムを作成せよ．

[練習 2] 教科書やプリントを見ながら，自分でチャットのプログラムを作成せよ．出来るだけ，自力で作成すること．

[練習 3] あるいは，教科書の簡易 WWW サーバプログラムを作成して，実行させてみよ．

参考文献

- [1] 内田智史監修, (株) システム計画研究所編. C 言語によるプログラミング 応用編 第 2 版. (株) オーム社, 2006.
- [2] 桑井康孝. 猫でもわかるネットワークプログラミング第 2 版. ソフトバンククリエイティブ (株), 2007.
- [3] 戸根勤. ネットワークはなぜつながるのか. 日経 BP 社, 2004.
- [4] 小沢誠. Network 第 2 課-osi モデル. <http://www.komazawa-u.ac.jp/w3c/lecture/network/ccna2.html>.