

コンピュータネットワーク

2012-4 ~ 9

金田 泰

自己紹介

■なまえ: 金田 泰 (かなだ やすし)

■所属: 日立製作所中央研究所

■連絡先等: Yasusi.Kanada.yq@hitachi.com, <http://www.kanadas.com/>

■仕事

- 1981 年, 修士課程修了後, 日立製作所に就職, 中央研究所に配属.
- 1981-85 年, Fortran 言語のコンパイラ開発.
とくに, スーパーコンピュータ S-810 のためのコンパイラを開発.
...
- 1996-99 年, 百科事典や WWW などのための「軸づけ検索」を開発.
- 1999-2001 年, ネットワーク QoS とポリシーサーバ開発
- 2002-2006 年, 立体音使用のスマートフォン型会話メディアや IP 電話関連の開発.
- 2007-2009 年, ネットワーク QoS など
- 2010 年-, ネットワーク仮想化技術の開発など.

教科書・参考書

■教科書

井戸 伸彦 著, 法雲 俊彦 監修

新しい情報ネットワーク教科書, オーム社 (2300 円)

- ◆この本にそって講義するとはかぎらない.
- ◆この本の図や絵を利用して講義で説明する.
- ◆この本からの図や絵のコピーは基本的に配布しない.

■参考書

◆増田 直紀, 今野 紀雄 著, 「複雑ネットワーク」とは何か, 講談社 (900 円)

- コンピュータ・ネットワークにかぎらない, ひとのネットワークをはじめとする多様な複雑ネットワークの性質についての本.

◆織田 薫, 坪山 博貴 著, 図解! よくわかるネットワークの仕組み, SoftBank Creative (980 円)

- この本からも図を借用する.
- 教科書より図がわかりやすいが, 図で表現されている範囲はせまい.

講義の概要

■ 1. さまざまなネットワークとその現状

- ◆ さまざまな通信ネットワーク
- ◆ ネットワークの数学的な理論とくに複雑ネットワークの理論
- ◆ 情報のながれともののながれ (ネットワーク理論とネットワーク・フロー)

講義の概要 (つづき)

■ 2. 通信ネットワークの原理

- ◆ プロトコル
- ◆ アドレスと名前
- ◆ 回線交換とパケット交換
- ◆ ユニキャストとブロードキャスト、有線通信と無線通信
- ◆ 回線交換とパケット交換

Chapter2 ネットワークの種類

- Section2.1 デジタルとアナログのネットワーク.....14
- Section2.2 コンピュータとデジタル.....16
- Section2.3 規模による分類、形状による分類20
- Section2.4 交換方式(パケット交換と回線交換)20
- Section2.5 パケット交換の得失.....22
- Section2.6 クライアント・サーバとピアツーピア.....24

Chapter2 のまとめ/練習問題と解答.....26

講義の概要 (つづき)

■ 3. イーサネット (LAN)

- ◆ イーサネットの規格
- ◆ イーサネットのアドレス
- ◆ イーサネットにおける転送方法 (ブロードキャストとスイッチング)

Chapter3 イーサネットによるネットワークの構成

- Section3.1 100BASE-TX クロスケーブルによる接続(構成例 1)28
- Section3.2 イーサネット(Ethernet)30
- Section3.3 ビットレート(通信の速さ)32
- Section3.4 符号化・変換(100BASE-TX)34
- Section3.5 レイヤ階層での通信処理36
- Section3.6 CSMA/CD38
- Section3.7 誤り制御(FCS, CRC)40

Chapter3 のまとめ/練習問題と解答.....42

Chapter4 最小ネットワーク構成による LAN

- Section4.1 最小構成の LAN(構成例 2)46
- Section4.2 接続する端末を増やす(構成例 3)48
- Section4.3 スwitchングハブ(構成例 4)50
- Section4.4 スwitchングハブのみを利用する LAN(構成例 5)52
- Section4.5 イーサネットの位置付け54

講義の概要 (つづき)

■ 4. インターネットとインターネット・プロトコル (IP)

- ◆ インターネット・プロトコルとグローバルな通信
- ◆ IP アドレス
- ◆ IP ネットワークの構造と障害に対するつよさ
- ◆ ルータによるパケットの転送とルーティング

Chapter5 ルータによるネットワーク

- Section5.1 ネットワークの体系 IP アドレス.....60
- Section5.2 ARP による MAC アドレスの取得.....62
- Section5.3 ブロードキャストドメインとルータ(構成例 6)64
- Section5.4 ルータと IP (Internet Protocol: インターネットプロトコル)66
- Section5.5 機器構成のまとめ.....68
- Section5.6 Windows PC 上での観察.....70

Chapter5 のまとめ/練習問題と解答.....72

Chapter6 ネットワーク層の機能

- Section6.1 IP アドレスとサブネットマスク.....74
- Section6.2 サブネットと CIDR 表記.....76
- Section6.3 IP のルーティング.....78
- Section6.4 ルーティングプロトコル.....80
- Section6.5 ネットワークコマンド.....82

講義の概要 (つづき)

■ 5. インターネットとイーサネット (IP/Ethernet)

- ◆ IP とイーサネットにおけるアドレスのあつかい
- ◆ IP とイーサネットのスケラビリティ
- ◆ IP、イーサネットとループ
- ◆ IP/Ethernet と ARP

Chapter5 ルータによるネットワーク

- Section5.1 ネットワークの体系 IP アドレス.....60
- Section5.2 ARP による MAC アドレスの取得.....62
- Section5.3 ブロードキャストドメインとルータ(構成例 6)64
- Section5.4 ルータと IP (Internet Protocol: インターネットプロトコル)66
- Section5.5 機器構成のまとめ.....68
- Section5.6 Windows PC 上での観察.....70

Chapter5 のまとめ/練習問題と解答.....72

Chapter6 ネットワーク層の機能

- Section6.1 IP アドレスとサブネットマスク.....74
- Section6.2 サブネットと CIDR 表記.....76
- Section6.3 IP のルーティング.....78
- Section6.4 ルーティングプロトコル.....80

講義の概要 (つづき)

■ 6. プロトコルやネットワークの階層構造

◆ プロトコルの階層化とOSI 基本参照モデル (エンジニアリングにおける階層構造)

◆ スケールフリーなネットワーク構造 (現象としての階層構造)

Chapter1 ネットワークの構造

Section1.1 ネットワークとは？	2
Section1.2 通信の3要素	4
Section1.3 プロトコルスタック(アーキテクチャ)	5
Section1.4 OSI 基本参照モデル	8
Section1.5 各レイヤへの機能配属	10
Chapter1 のまとめ/練習問題と解答	12

Chapter2 ネットワークの種類

Section2.1 デジタルとアナログのネットワーク	14
Section2.2 コンピュータとデジタル	18
Section2.3 通信による分類、状態による分類	18
Section2.4 交換方式 (パケット交換と回線交換)	20
Section2.5 パケット交換の得失	22
Section2.6 クライアント-サーバとピアツーピア	24
Chapter2 のまとめ/練習問題と解答	26

講義の概要 (つづき)

■ 7. プライベート・ネットワークとネットワーク仮想化

未定!

Chapter9 プライベートネットワークとレイヤ3スイッチ

Section9.1 プライベートネットワークとゲートウェイ	124
Section9.2 NAT (IP マスカレード) の利用	126
Section9.3 NAT による通信上の不都合	128
Section9.4 従来構成でのプライベートネットワークの課題	130
Section9.5 レイヤ 3 スイッチ	132
Section9.6 VLAN (Virtual LAN, 仮想的な LAN)	134
Section9.7 レイヤ 3 スイッチと VLAN	136
Chapter9 のまとめ/練習問題と解答	138

◆ ネットワーク仮想化

講義の概要 (つづき)

■ 8. ネットワーク・サービスの基礎プロトコル TCP と UDP

- ◆ TCP, UDP とポート
- ◆ TCP にもとづくさまざまなプロトコル: HTTP, FTP, SMTP, SIP など
- ◆ TCP による高信頼・高性能・「フレンドリー」な通信

Chapter7 正確な TCP と軽快な UDP

Section7.1 トランスポート層とポート番号	90
Section7.2 コネクション型とコネクションレス型	92
Section7.3 データの送し方とセグメント分割	94
Section7.4 送達確認 (TCP)	96
Section7.5 ウィンドウ制御 (TCP)	98
Section7.6 コネクションの制御 (TCP)	100
Section7.7 TCP か UDP か?	102
Chapter7 のまとめ/練習問題と解答	104

Chapter8 DNS, DHCP

Section8.1 コンピュータを名前で見つけたい	108
Section8.2 ドメイン名の階層的な命名法	108
Section8.3 ドメイン名の判別	110
Section8.4 DNS (Domain Name Service) の利用	112
Section8.5 DNS サーバの協調動作による名前解決	114

講義の概要 (つづき)

■ 9. インターネット上のネットワーク・サービス

- ◆ ファイル転送
- ◆ 電子メール
- ◆ Web (WWW)
- ◆ IP 電話

Chapter10 リモートファイル共有

Section10.1 リモートファイル共有	140
Section10.2 共有の制御とオプション	144
Section10.3 一つのコネクションと FTP コマンド/応答	146
Section10.4 FTP の機能/動作	150
Section10.5 telnet による FTP クライアントのシミュレーション	152
Chapter10 のまとめ/練習問題と解答	154

Chapter11 電子メール

Section11.1 電子メールの概要	156
Section11.2 日本語文字コード	158
Section11.3 日本語による電子メールと MIME	161
Section11.4 様々なデータを送る MIME	162
Section11.5 メール送信の SMTP	164
Section11.6 メール受信の POP	166
Section11.7 メールアドレスと MX (Mail eXchange) レコード	167
Section11.8 メールソフトウェアの設定	168
Chapter11 のまとめ/練習問題と解答	170

Chapter12 WWW (World Wide Web)

Section12.1 WWW を実現するための技術 (1): HTML	172
Section12.2 WWW を実現するための技術 (2): HTTP	174

講義の概要 (つづき)

■ 10. ネットワーク・セキュリティ

未定!

Chapter14 ネットワークの安全管理

Section14.1 クラッキングとクラッカー	205
Section14.2 リモート攻撃の手順/手口	208
Section14.3 ローカル攻撃, その他の攻撃	210
Section14.4 ファイアウォール, その他の防御	212
Section14.5 対称暗号と公開鍵暗号	214
Section14.6 暗号の利用	216
Section14.7 暗号技術の応用	218
Chapter14 のまとめ/練習問題と解答	220

1. さまざまなネットワークとその現状

要点

- 通信ネットワークにはコンピュータ・ネットワーク, 電話網など, さまざまなものがある。
- さまざまなネットワークを抽象化して数学的に理論化されている。
 - ◆ コンピュータや通信のネットワーク以外にも, 人間関係や交通・物流など, さまざまなネットワークがある。
 - ◆ 最近, 複雑ネットワークの理論が発展している。
 - ◆ 古典的な理論として, ネットワーク最適化の理論, ネットワーク・フローの理論などがある。

コンピュータ・ネットワーク

■ 1.2.1 簡単なコンピュータネットワークの例

図1-6は, 簡単なコンピュータネットワークの構成要素が, 端末・ノード・リンクのいずれに分類されるかを示します。プリンタは送られてきたデータを印刷するだけで, そのデータを中継してどこかに送り出す訳ではありません。よって, データの最終的な受信先となっているのが端末に分類されます。

(C) 井戸伸彦 2007

第4章では図1-6のネットワークを例として, LANケーブルや無線LANの接続方法, 設定方法などを詳しく説明します。このネットワークは, PCやプリンタなど, さまざまな機器が接続されています。

図1-6 簡単なコンピュータネットワークでの3要素



アック サフ 社のルータ AX7804R

携帯電話のネットワーク



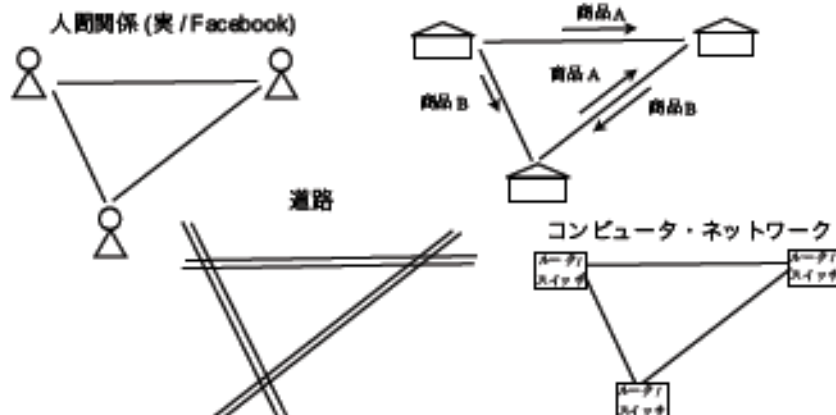
(C) 井戸伸彦 2007

図1-7 携帯電話ネットワークでの通信の3要素

さまざまなネットワーク

■ ひとのつながりもネットワーク

- ◆ コンピュータ・ネットワークもひとのネットワークも「ネットワークの理論」であつかわれる。



ネットワークの抽象化

- さまざまな種類のネットワークを頂点と辺からなるグラフに抽象化する。
- グラフの辺や頂点に属性値 (距離など) をあたえたものが (抽象的な) ネットワーク。
- 抽象的なグラフやネットワークの数学的理論を実際のネットワークに適用する。



ネットワークの理論

■ ネットワークの数学的な理論は (すくなくとも) 2 つある

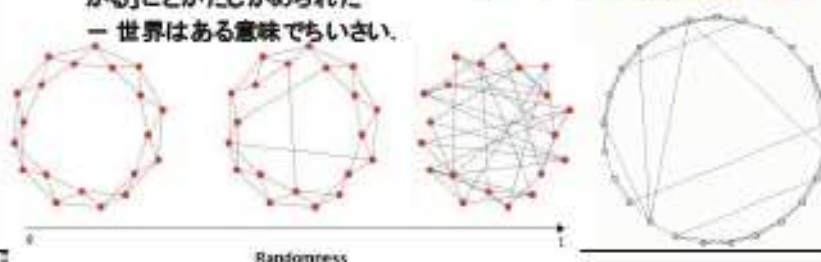
- ◆ 複雑ネットワークの理論
 - 最近発展した。
- ◆ ネットワークの最適化、とくにネットワーク・フローの最適化
 - 歴史がある。

- 経済学・経営学なども複雑ネットワークの理論などに影響をうけている。

複雑ネットワークの理論: スモールワールド

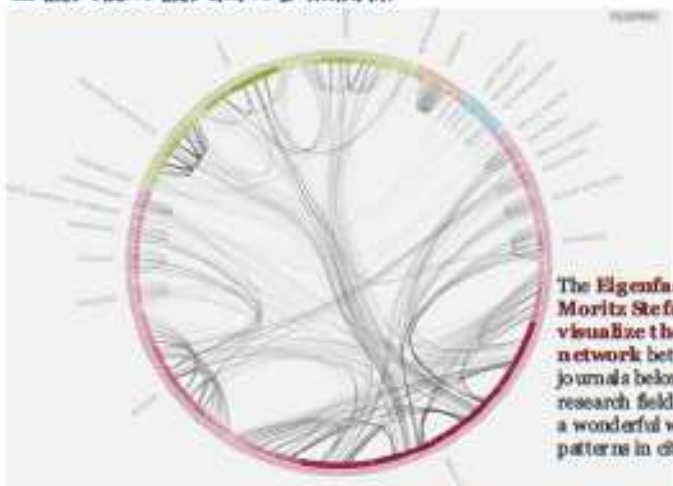
■ スモールワールド・ネットワークの理論が比較的最近、発展

- ◆ 社会心理学者スタンレー・ミルグラムによる実験 (1967): 送信相手を知り合いに限定した手紙が何回めに目的の相手にとどくかをしらべる。
 - 6 回めにとどいた。
- ◆ その後のメールなどによる実験でも「世界の誰とでも 6 人 (程度) でつながる」ことがたしかめられた
 - 世界はある意味で小さい。



スモールワールド・ネットワークの例

■ 論文誌の論文間の参照関係



The Eigenfactor Project and Moritz Steffner join efforts to visualize the citation network between different journals belonging to different research fields. It is amazing and a wonderful way to explore patterns in citation networks

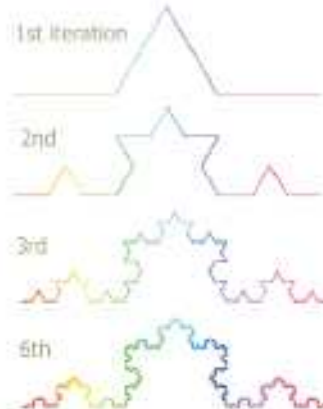
<http://rank.ox.ac.uk/2009/02/visualizing-citation-networks/>

複雑ネットワークの理論: スケールフリー

■ スケールフリーとは?

- ◆ 拡大してもおなじようにみえること。

fractal Koch curve



<http://www.digitizen.com/itmedia/itmedia.html>

複雑ネットワークの理論: スケールフリー (つづき)

■ スケールフリー・ネットワーク

- ◆ 拡大してみてもおなじようにみえるネットワークを「スケールフリー・ネットワーク」という。
- ◆ スケールフリー・ネットワークはべき乗則に支配されている。⇒
- ◆ 多くの現実のネットワークはスケール・フリーである。
- ◆ インターネットもスケールフリーである。

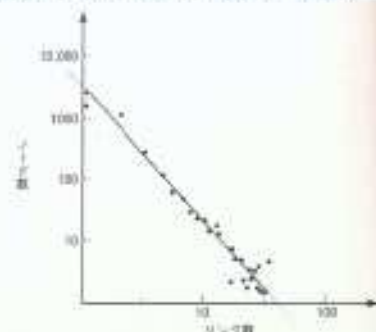
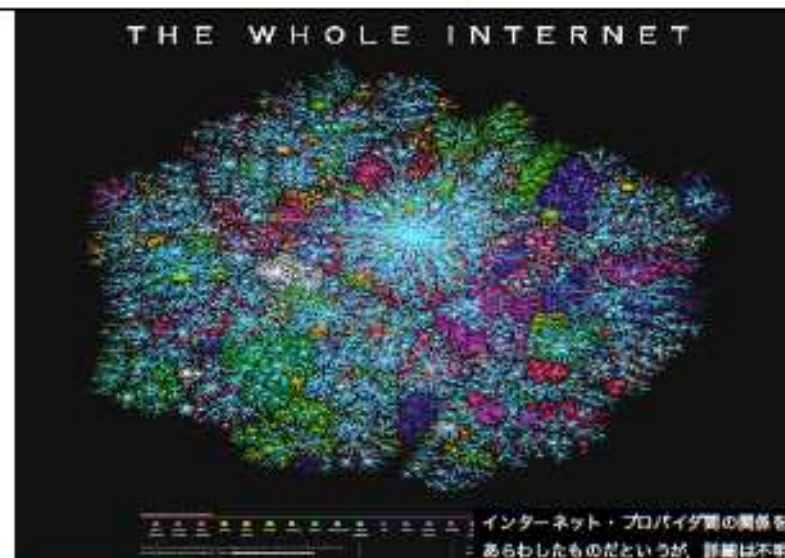


図9 「インターネット」の「ノード」の数と、ノードが持つリンク数の関係。分布は単純な「べき乗則」のパターンになっている。

■ 参考書

- ◆ バラバン「新ネットワーク思考」, NHK 出版
- ◆ ブキャナン「複雑な世界, 単純な法則」, 草思社

インターネット全体 (?!)



インターネット・プロバイダ間の関係をあらわしたものだというのが、詳細は不明

ネットワークの最適化

■ さまざまな最適化問題がある。

◆ 最短路問題

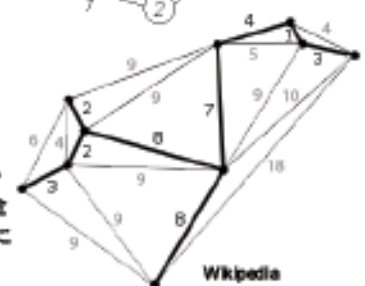
- 与えられた重み付きグラフの 2 つの頂点間を結ぶ辺の中で、最小の重みを持つ経路を求める問題



Wikipedia

◆ 最小木問題

- 各辺に重みが与えられたグラフにおいて、そのグラフ上に存在する全張木（全木）の中で辺の重みの総和が最小になるものを見出す問題



Wikipedia

ネットワーク・フローの理論

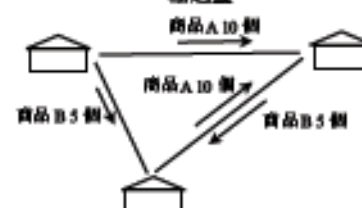
■ ネットワークをながれるトラフィック量（流量）を最適化。

- ◆ 代表的な最適化問題は最大流問題（流量を最大化する）。

コンピュータ・ネットワーク



輸送量



道路（交通量）



さまざまなネットワークとその現状のまとめ

■ 通信ネットワークにはコンピュータ・ネットワーク、電話網など、さまざまなものがある。

■ さまざまなネットワークを抽象化して数学的に理論化されている。

- ◆ コンピュータや通信のネットワーク以外にも、人間関係や交通・物流など、さまざまなネットワークがある。
- ◆ 最近、複雑ネットワークの理論が発展している。
- ◆ 古典的な理論として、ネットワーク最適化の理論、ネットワーク・フローの理論などがある。

2. 通信ネットワークの原理

要点

■ 通信の規約（きまり）をプロトコルという。

- ◆ プロトコルの主要素はデータ・フォーマットとシーケンス（手順）。

■ 通信相手を持定するのにアドレスがつけられる。

- ◆ 相手を名前を持定することもできるが、固定長アドレスなら高速処理可能。

■ 通信形態としてユニキャストとブロードキャストがあり、有線通信と無線通信にほぼ対応している。

- ◆ ユニキャストは 1 対 1、ブロードキャストは 1 対多の通信形態。
- ◆ 有線通信の基本はユニキャストであり、無線通信の基本はブロードキャストである。
- ◆ 有線通信の方式として回線交換とパケット交換とがある。

プロトコルとは？

■1.3.1 プロトコル(通信の約束ごと)

通信は、様々な約束ごとにより成立します。例えば、手紙で連絡を取る(通信する)場合、図1-11(a)に示すように、これを日本語で書くのか、はがきか封書か、運搬は鉄道かトラックか、どんな経路で届けるのかといった選択があり、どれかに決めることによって通信が成立することがわかります。コンピュータとコンピュータとが通信をする場合も、図(b)に示すように、様々な約束ごとを決めておく必要が生じます。例えば、同じ種類のケーブルを使うことを約束しておかなければ、物理的につながることさえできず、通信するための様々な手順を含む約束ごとのことを

(C) 井戸伸彦 2007



図1-11 プロトコルは約束ごと

ネットワークの分類

■2.3.1 規模による分類

図2-9に示すように、コンピュータネットワークはその規模によりLAN/MAN/WANという区別がなされています。規模というよりも位置付けといったほうがよいかも知れません。つまりLAN/MAN/WANは、それぞれの規模に特有の方式や技術が用いられているため、方式や技術も含んだ言葉としてこの名称が使用されています。なお、本書ではLANでの小さなネットワークから大きなネットワークへと順に説明を進めていきます。



図2-9 LAN/MAN/WAN

ユニキャストとブロードキャスト

■ 通信形態としてユニキャストとブロードキャスト(放送)がある。

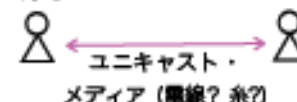
- ◆ユニキャストは1対1、ブロードキャストは1対多の通信形態。
- ◆ユニキャスト/ブロードキャストはまずメディア(信号をつたえる媒体)でできる。



有線通信はユニキャスト

■ 有線通信の基本はユニキャストである。

- ◆電線はユニキャスト・メディア



- ただし、イーサネットでは1本の線に多数のコンピュータをぶらさげて、ブロードキャストすることができる。

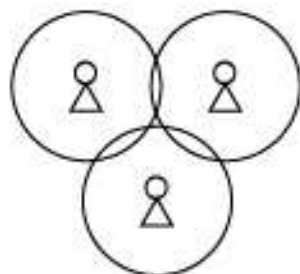
無線通信はブロードキャスト

■ 無線通信の基本はブロードキャストである。

- ◆ 真空 / 空気 はブロードキャスト・メディア

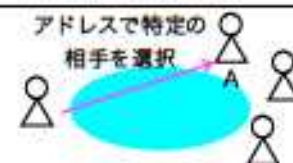


■ ただし、信号がとどく範囲は有限



ユニキャスト、ブロードキャストとアドレス

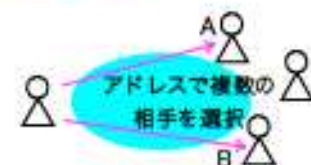
■ ユニキャストでは相手を選択するのにアドレスをつかう。



■ ブロードキャストではアドレスは不要



■ 複数の相手 (アドレス) を指定する通信をマルチキャストという。



アドレスと名前

■ 通信 (会話) 相手を識別するには、名前をつかうのが自然。

■ 名前の問題点

- ◆ 同姓同名がありうる (一意にきまらない)
- ◆ 名前は可変長なので、あつかいづらい (寿限無寿限無...)

■ 名前のかわりにアドレスをつかえば、問題が解決される。

- ◆ アドレスは一意にする。
- ◆ 固定長にする (Ethernet では 48 ビット, IPv4 なら 32 ビット)。

■ アドレスにも問題が生じる。

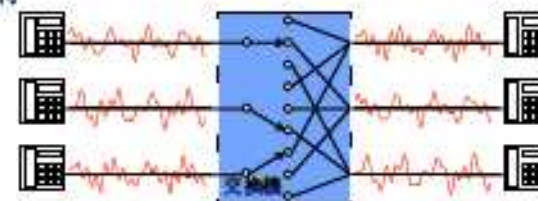
- ◆ アドレスを場所 (location) にむすびつけると、移動したときに通信できなくなる。

回線交換とパケット交換

■ 有線通信の方式として回線交換とパケット交換とがある。

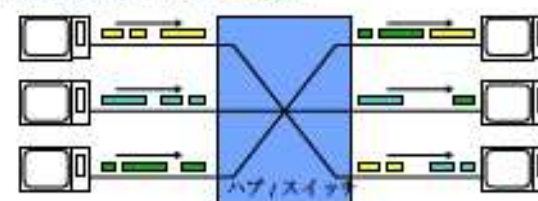
■ 電話網は回線交換網

- ◆ 通信前に回線を接続し、終了後に切断する。
- ◆ その間、回線を占有する。



■ IP 網 (インターネット, NGN) はパケット交換網

- ◆ パケット = 小包
- ◆ パケット 1 個ごとに宛先をみて配送する。



回線交換とパケット交換の比較

回線交換網	パケット交換網
高通信品質 (QoS*) が実現しやすい	通信品質の確保が困難
回線数以下の接続しかできない	接続数は柔軟に変化する
無信号時も回線を占有するため高コスト	回線を共有するため低コスト
ネットワークがインテリジェント	端末がインテリジェント (コンピュータを使用)
常時接続不可	常時接続が基本
呼設定が必要 (通信前に回線を確保する)	呼設定が不要 (いきなりパケットを送出すればよい)

* QoS = Quality of Service

電話と回線交換のはじまり

■ 電話 (電話器) は Alexander Graham Bell に
よって 1876 年に発明された。

Bell の電話器
(http://www.phonofix.com/Telphone_Story/Telephone_story.html)



■ 初期の電話器

- ◆ 基本のユーザインタフェースは変化していない。
 - 相手に接続し。
 - 1 個のマイクと 1 個のスピーカを使用して
 - 1 対 1 で会話し。
 - おわったら接続をきる。

1876 年ごろの電話器
(<http://www.ancient.com/phone/colin.htm>)



スウェーデンの Ericsson 4 号機



電話と回線交換のはじまり (つづき)

■ 最初の交換所は 1878 年コネティカット州に設立された。



- ◆ なぜ回線交換が必要なのか?
- = なぜネットワークが必要なのか?

電話網から IP ネットワークへ

■ 音声通信量のほうがおおいとき (2000 年まで)

- ◆ データ通信にも電話網をつかうほうが経済的。
- ◆ つまり、インターネットにダイヤルアップ接続すればよい。

■ データ通信量のほうがおおいとき (現在)

- ◆ 音声通信にも IP ネットワークをつかうほうが経済的。
- ◆ つまり、IP 電話をつかうほうがよい。
- ◆ とくに、音声通信とデータ通信をくみあわせた複合的なサービスの提供には IP 網が適している。

有線ネットワークの構造 (トポロジー)

■2.3.2 形状による分類

図3-10に示すように、通信装置の接続形状によってバネ型/スター型/リング型というように分類します。形や大きさは問題にせず、つながり方に注目しているという意味で「トポロジー」という言い方もします。接続の形状が異なる場合と通信のしかたも違ってきます。通信のしかたによる分類と見えます。



2012-10-24 10:11:43

通信ネットワークの原理のまとめ

- 通信の規約(きまり)をプロトコルという。
 - ◆ プロトコルの主要素はデータ・フォーマットとシーケンス(手順)。
- 通信相手を持定するのにアドレスがつかわれる。
 - ◆ 相手を名前で持定することもできるが、固定長アドレスなら高速処理可能。
- 通信形態としてユニキャストとブロードキャストがあり、有線通信と無線通信にほぼ対応している。
 - ◆ ユニキャストは1対1、ブロードキャストは1対多の通信形態。
 - ◆ 有線通信の基本はユニキャストであり、無線通信の基本はブロードキャストである。
 - ◆ 有線通信の方式として回線交換とパケット交換とがある。

3. イーサネット (LAN)

要点

- イーサネットは比較的せまい範囲でつかうのに適したネットワークの規格
 - ◆もとは 500m くらいの範囲でしかつかえなかったが、現在では日本全体の数 10 拠点をカバーすることも可能
- イーサネットのアドレスは 1 個ずつ、ばらばら
 - ◆ちかくに位置する PC でもアドレスは似ていない
 - ◆インターネットでは、ちかくに位置する PC はアドレス上位が一致
- ネットワークにループがあると転送できない（ネットワークは木構造）
 - ◆障害（断線など）があると通信できなくなる。
- パケットは 2 種類の方法で転送される：
ブロードキャスト、スイッチング

イーサネットとは？

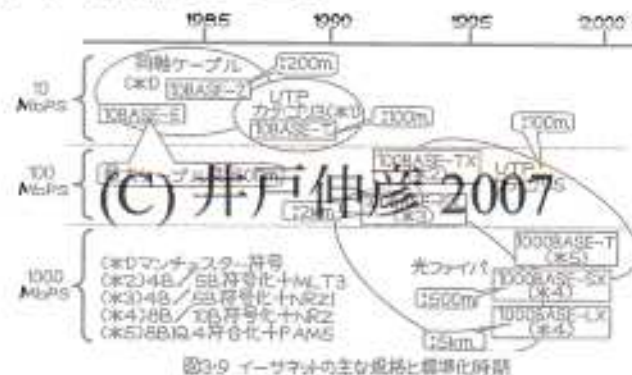
- イーサネットは国際学会 IEEE で標準化された LAN の規格
- ◆ 標準の名称は IEEE802.2, IEEE802.3 など
 - ◆ IEEE = the Institute of Electrical and Electronics Engineers (アイトリブリー, 米国電気電子学会)
 - ◆ LAN = Local Area Network
- 初期には 500 m 程度の範囲でしかつかえなかったが、現在は日本全国をむすぶ広域イーサネットもある。
- ◆ 例: JGN-X (研究用) ⇒
 - ◆ ただし、インターネットほど多数のコンピュータをつなぐことはできない。
- 



イーサネットの標準化

■「標準」と「規格」－ 英語では (どちらも) standard

■ イーサネット標準化の歴史



イーサネットの標準化 (つづき)

■ さまざまな規格

図1 画代表的なイーサネットの規格

(C) SOFTBank Creative Corp.

鎌田 研, 坪山 博貴 「図解! よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

イーサネットの標準化 (つづき)

■ イーサネット標準の構造

に示すように、IEEE802.3 以外の別の LAN 規格もあります。LLC 層の IEEE802.2 は、実質上これら別規格との共通化だけの規格となっています。



MAC アドレス

■ イーサネットのアドレスを MAC (マック) アドレスとよぶ。

- MAC = Media Access Control

- ◆ MAC アドレスは 48 ビット



MAC アドレス (つづき)

■ MAC アドレスは位置とは無関係

- ◆ ネットワーク上の位置とも、物理的な位置とも無関係 (他の位置に移動してもアドレスをかえなくてよい)
- ◆ 基本的にハードウェア (LAN カードなど) できまる (図 3.29).
- ◆ ただし、最近の LAN カードは MAC アドレスを変更できる。



プチ演習: MAC アドレス

■ 2 進数のアドレスを 16 進数で書きなおしてみよう。

- ◆ 000000000010000000100111101010100111001011100000
- ◆ 00000100101000110010001101011110100001100100011

■ 16 進数のアドレスを 2 進数で書きなおしてみよう。

- ◆ 58-55-CA-FB-2D-B7
- ◆ 32-61-3C-4E-B6-05

MAC アドレスとイーサネット・パケットの送受信

■ イーサネットではパケットの送信先は MAC アドレスできまる。



イーサネットの packets フォーマット

■ パケットとしてみえるのは MAC ヘッダ (14 ~ 18 バイト) と上位のフレームだけ。

- ◆ プリアンブル、SFD、トレイラはみえない。



(C) 井戸伸彦 2007

イーサネットのためのネットワーク構造



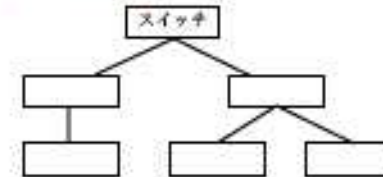
Theo Gray, "Mad Science",
Black Dog & Leventhal
Publishers

33

イーサネットのためのネットワーク構造(つづき)

- ネットワークにループがあると転送できない(ネットワークは木構造)

◆ ループをつくるとどうなる? - ビデオ



- 障害(断線など)があると通信できなくなる。

34

LAN ハブ(スイッチ)の接続法

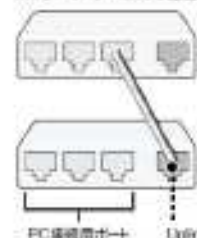
- 10 M / 100 M ハブには(本来)

uplink ポートがある。

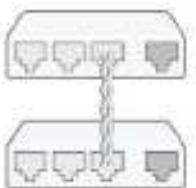
◆ 親には uplink でつなぐのが基本。



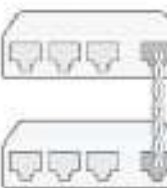
PC接続用ポートと
Uplinkポートを
ストレート・ケーブルで接続



PC接続用ポート同士を
クロス・ケーブルで接続



Uplinkポート同士を
クロス・ケーブルで接続



PC接続用ポート

Uplinkポート

ストレート・ケーブル

クロス・ケーブル

<http://proceedings.jp/article/COE/0004/20060318/3183/3/89-44/view&PDFID=5406972>

35

LAN ハブ(スイッチ)の接続法(つづき)

- 1 G (ギガビット・イーサネット) は自動で uplink / downlink がきりかわるので、くべつは必要ない。



- 10 M / 100 M でも自動切替機能のあるハブもある。

36

プチ演習: LAN ハブの接続

- つぎの LAN ハブと PC を接続せよ。



イーサネットの基本パケット転送法: ブロードキャスト

- デジタル信号レベルでコピー (リピータ) される。
- リピータで接続された全セグメントにブロードキャスト (一斉送信) される。
- ◆ 通常は 1 箇所では受信されないにもかかわらず...



図4-4 リピータの機能

CSMA/CD (衝突検出)

- イーサネットでは複数の端末が同時に出力することがあるため、衝突をさけるしくみが必要。
- CSMA/CD (...) はこの衝突をさけるしくみ。



図3-26 衝突検出(CD:Carrier Detection)時の再送

CSMA/CD (衝突検出) (つづき)



図3-27 CSMA/CD方式による送信

イーサネットの高性能な転送法: スイッチング

■ スイッチ (スイッチング・ハブ)

■ Section 4.3 スイッチングハブ(構成例4)

図 4-12 の構成例 4 に示した LAN では、スイッチングハブという通信機が導入されています。同時に必ずしも、スイッチングハブはコリジョンドメインを分けており (あるいは分けないで)、スイッチングハブに属する各ホストの端末が同時にデータを送っても、CSMA/CD の衝突が起こる訳ではありません。



図 4-12 スイッチングハブを用いた LAN (構成例 4)



図 4-13 プリッジ

イーサネットの高性能な転送法: スイッチング (つづき)

■ アドレス学習

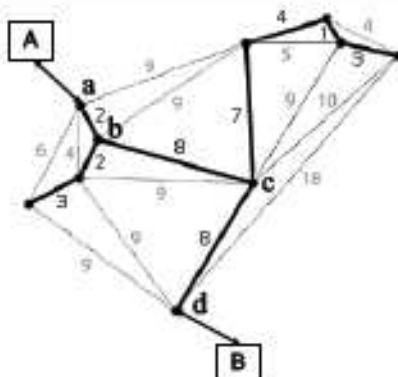
アドレステーブルは、図 4-15 に示すように自動的に作成されます。すなわち、フレームを受け取ると、その送信元アドレスを受け取ったポートに対応するアドレステーブルに追加します。



図 4-15 アドレステーブルの自動学習機能

演習: スイッチングのシミュレート

- イーサネット・スイッチによって構成される図のようなネットワークにおいて A と B とのあいだでパケットをやりとりするとき、パケットはどのようにながれ、各頂点にあるスイッチはどのような学習をするか?



イーサネットの高性能な転送法: スイッチング (つづき)

■ 衝突のないイーサネット

■ 4.4.1 CSMA/CD は使用しない (構成例 5)

図 4-18 に、スイッチングハブのみを用いた LAN の構成 (構成例 5) を示します。スイッチングハブはコリジョンドメインをつなぐ (分ける) 装置ですから、各々のコリジョンドメインには、スイッチングハブから LAN ケーブルを引いて接続した 1 つの端末のみが存在します。このため他の端末による干渉を監視する必要はなく (CS 不要)、衝突も発生しません (CD 不要)。



図 4-18 スイッチングハブのみを用いた LAN (構成例 5)

[illegible]

LAN ケーブルの種類 (つづき)

■ LAN のツイスト (より線) ケーブルには UTP と STP とがある。

◆ シールド線はアースにつなぐ。

Shielded twisted pair (STP)



Unshielded twisted pair (UTP)



コンピュータネットワーク 工学部

2014-8

68

パソコンのイーサネットへの接続

■3.1.1 パソコンに必要な整備

図3-1の構成例1の接続を行うためには、間取りの要する「LANケーブル」「ネットワーク・インターフェイスカード（Network Interface Card：NIC）」を準備する必要があります。さらに LAN カードを動かすためのソフトウェア「LAN ドライバ」をインストーラにしなければなりません。LAN カードの種類は LAN アダプタとして市販品はほとんどのコンピュータに付属されています。図3-1に示すパソコン背面のポートの状態を確認し、必要に応じてアダプタを取り付けます。

(C) 井戸伸彦 2007

周辺機器の接続 ← ネットワークの接続

図3-2 LANケーブル

図3-3 / ペンU 背面の外部接続端子 (D)

ストレート・ケーブルとクロス・ケーブル

- 10 M, 100 M のイーサネットではストレート・ケーブルとクロス・ケーブルをつかいわける必要がある。



- ギガビット・イーサネットでは自動認識されるので、気にする必要がない。

ストレート・ケーブルとクロス・ケーブル (つづき)

- 「クロスケーブル」は、インターネットにも他のプロトコルにも共通の概念。

- ◆ マスターとスレーブがある物理プロトコルでマスターどうしをつなぐには、クロスケーブルが必要 (たとえばシリアル接続)。

3.1.2 クロスケーブル

図 3-4(a)に示すように、通信デバイスには一般的に用いるストレートケーブル以外に、同じタイプの接続を持つものを接続するためのクロスケーブルがあります。図(b)に示すように、クロスケーブルは1と1をつなぐのではなく、1と3と2と4とをつなぐのです。



イーサネット・パケットのプリアンプルと SFD

3.6.3 プリアンプルとSFD(スタートフレームデリミタ)

図 3-27 に示す MAC フレームの直前には、プリアンプル (10101010⁷ × 7 バイト) と SFD (10101011⁸ × 1 バイト) というビット列があります。図 3-30 に示すように、これは MAC フレームがどこから始まるのかを端末が認識できるように (フレーム同期) するための印となるものです。



無線 LAN

- 無線をつかうイーサネットの規格 IEEE802.11, 802.11b, 802.11a, 802.11g などを総称して「無線 LAN」という。

- ◆ IEEE802.11 2.4 GHz 帯, 最大 2 Mbps
- ◆ IEEE802.11b 2.4 GHz 帯, 最大 11 Mbps
- ◆ IEEE802.11g 2.4 GHz 帯, 最大 54 Mbps
- ◆ IEEE802.11a 5 GHz 帯, 最大 2 Mbps

- ◆ 2.4 GHz 帯は電子レンジ、コードレス電話などでもつかわれているので干渉がおこりやすい。

無線 LAN (つづき)

■ 無線 LAN (WIFI) には 2 つのモードがある。

- ◆ インフラストラクチャモードではアクセス・ポイント経由で通信する。インターネット通信ではこのほうが便利。
- ◆ アドホックモードでは PC 同士が直接、通信する。



無線 LAN (つづき)

■ 無線 LAN で広域をカバーする方法

- ◆ 携帯電話と同様の方法だが、無線 LAN ではあまりつかわれていない。

図2 セル方式の概念



携帯電話と無線 LAN

図1 携帯電話機について



携帯電話と無線 LAN (つづき)

図2 基地局を移動しても通話を受けられる仕組み



携帯電話と無線 LAN (つづき)



横田 寛, 坪山 厚実「図解 よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

携帯電話と無線 LAN (つづき)

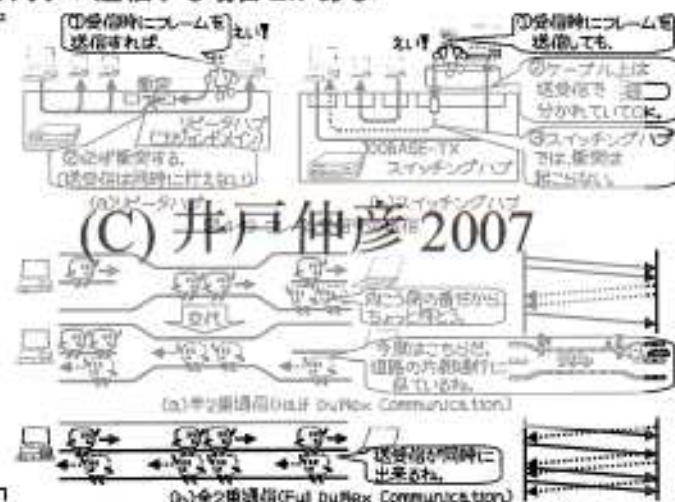
図4 無線セルのサイズを変えて効率を高める



横田 寛, 坪山 厚実「図解 よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

全二重通信と半二重通信

- 双方向通信においては、双方向同時に通信する場合と、片方向ずつ通信する場合とがある。



演習問題: LAN の設計と動作

- 例題: オフィス内に 4 個のスイッチとハブを設置し、動作をみる。
◆ 所与の PC 配置, 所与のスイッチ, ハブ (リピータ)。

未完!

演習問題: LAN の設計と動作 (つづき)

■ 問題: 各自

未完!

イーサネットのまとめ

- イーサネットは比較的せまい範囲でつかうのに適したネットワークの規格
 - ◆ もとは 500 m くらいの範囲でしかつかえなかったが、現在では日本全体の数 10 拠点をカバーすることも可能
- イーサネットのアドレスは 1 個ずつ、ばらばら
 - ◆ ちかくに位置する PC でもアドレスは似ていない
 - ◆ インターネットでは、ちかくに位置する PC はアドレス上位が一致
- ネットワークにループがあると転送できない (ネットワークは木構造)
 - ◆ 障害 (断線など) があると通信できなくなる。
- パケットは 2 種類の方法で転送される:
ブロードキャスト, スwitチング

4. インターネットとインターネット・プロトコル (IP)

要点

- IP (インターネット・プロトコル) は世界中の多数のコンピュータをつなぐのに適したネットワークの規格
 - ◆ 億単位のコンピュータがつなげるネットワーク規格はほかにはない。
- IP のアドレスは位置でまとめられている
 - ◆ ネットワーク上でちかくに位置する PC はアドレス上位が一致している。
- ネットワークにループがあってもよい (ネットワークは任意のグラフ構造)
 - ◆ 障害 (断線など) があっても通信がきれにくい。
- パケットはルータによって転送される
 - ◆ 転送先はルーティングによってきまる。

インターネットとは?

- IP は IETF という標準化組織で標準化された、世界中をつなぐためのネットワークの規格
 - ◆ IETF = Internet Engineering Task Force
- IP は世界中の多数のコンピュータをつなぐのに適している
 - ◆ 億単位のコンピュータがつなげるネットワーク規格はほかにはない。
- インターネットは「ネットワークのネットワーク」といわれる — 地域ごとのネットワークをつなぎあわせて、つくられている。

IP アドレス

■ インターネットのアドレスを IP アドレスという。

■ ちがった位置にあるコンピュータの IP アドレスは上位が共通

- ◆ ネットワークはセグメントにわけられ、セグメント内では IP アドレス上位 (サブネット) が共通。

- ◆ 他へ位置に移動すると IP アドレスを変更する必要がある。 (たとえ 133.144...) 移動したらアドレス変更が必要



コソバ

83

IP アドレス (つづき)

■ IP アドレスには 2 つのバージョンがある。

- ◆ IP バージョン 4 (IPv4) → 現在でも主流だが、アドレス空間は 32 bit しかないで、昨年、枯渇した (あらたに配布できない)。
- ◆ IP バージョン 6 (IPv6) → アドレス空間が 128 bit あるので、枯渇する心配がない。

■ IPv4 の IP アドレス



コソバ

84

プチ演習: IP アドレス

■ IP アドレスの記法

- ◆ つぎの IP アドレスを 2 進数および 16 進数で記述せよ。

10 進: 192.168.1.9 10.232.50.81

2 進:

16 進:

- ◆ つぎの IP アドレスを 10 進表現になおせ。

16 進: 0x 85 90 0C 62 0x CA 98 93 3A

10 進: -----

IP パケットのフォーマット

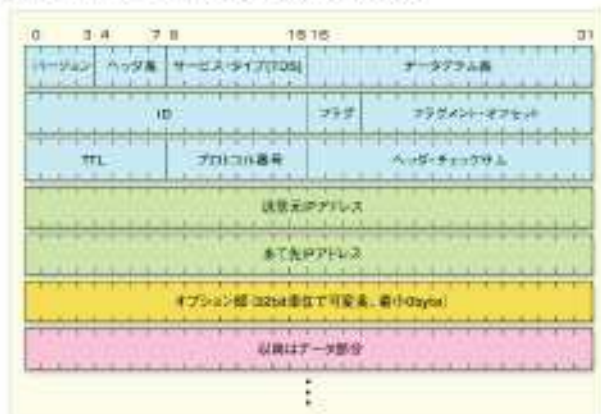
■ IP パケットは IP ヘッダとペイロードとで構成される。

■ IPv4 ヘッダの構造



パケット・フォーマットの記述法と実際

■ 4バイトごとに改行するのが流儀



IP パケットのキャプチャ

◆ Wireshark でパケットをみる。

未完!

IP パケットの転送とルータ

■ IP パケットはルータによって転送される。

◆ ただし、同一セグメント内は直接とどけられる。

■ 5.4.4 ルータによるパケットの中継

図5-17のIPヘッダ中の“宛て先IPアドレス”の値を見て、ルータは図5-18に示すように、パケットを中継し、宛て先の端末まで届けます。



IP アドレスの構造とサブネット

■ IP アドレスはネットワーク・アドレスとホスト ID とで構成される。

◆ ネットワーク・アドレスはちか／くに位置する PC 間で共通 (サブネット内で共通)。



サブネット・マスク

- IP アドレスからネットワーク・アドレスをとりだすためのもの (IP アドレスと and する)



サブネット内外との通信

- サブネット内は直接、通信する。
- サブネット外とはデフォルト・ゲートウェイ経由で通信する。



サブネット内外との通信 (つづき)

■6.2.2 サブネット



プチ演習: サブネットとホストアドレス

- ・ IP アドレスが 192.168.4.3、ネットワークアドレスが 24 ビットの時、つぎの値をもとめよ。
 - ・ サブネットマスク _____
 - ・ ネットワークアドレス _____ /24
 - ・ ホストアドレス (8ビット) _____
- ・ ネットワークアドレスが 10.50/16、ホストアドレスが 20.100 のとき、つぎの値をもとめよ。
 - ・ サブネットマスク _____ IP アドレス _____
- ・ IP アドレスが 192.168.4.3、ネットワークアドレスが 20 ビットの時、つぎの値をもとめよ。
 - ・ サブネットマスク _____
 - ・ ネットワークアドレス _____ /24
 - ・ ホストアドレス (8ビット) _____
- ・ ネットワークアドレスが 10.50.128/18、ホストアドレスが 5.20.100 のとき、つぎの値をもとめよ。
 - ・ サブネットマスク _____ IP アドレス _____

ルーティングとは？

- ルータはルーティング・テーブルにしたがってパケットの転送先（ネクストホップ）をきめる。
- ルーティング・テーブルを生成することを「ルーティング」という。
- ルーティングにはつぎの2種類がある。
 - ◆ 静的ルーティング (static routing): 人手などであらかじめルーティング・テーブルを設定する - 再設定するまでその内容は変化しない。
 - ◆ 動的ルーティング (dynamic routing): ルーティング・アルゴリズムによってルーティング・テーブルを設定する - その内容はルータの動作中に変化する。

ルーティング・テーブル

- あらかじめつくったルーティング・テーブルの内容にしたがって、IP パケットを転送する。



図6-7 ルーティングテーブルによるパケットの中継

ルーティング・テーブル (つづき)

る(A)と(B)とが保持されています。(A)の「メトリック」の値は「1」、(B)の値は「2」ですが、これはそれぞれの経路であって先のネットワークまでのどの程度距離があるかを表しています。この例では、経路の中でいくつルータを経由するか（1ホップ数）といいますが、これをメトリックとしています。これ以外の方針もあります。中継を行う際はメトリックが小さい経路を選びますが、その経路で故障が起きたときは、別の経路が使用される場合もあります。



図6-8 経路とメトリック(ホップ数)

ルーティングの本質

- ルーティングによってあらかじめ最短経路をみつめておく。
 - ◆ パケット転送時に最短経路をもとめるのは困難なので事前にもとめる。
 - ◆ みつけた転送先はルーティング・テーブルに保管する。
 - ◆ ループのあるネットワークでもパケットを最短経路でとどけることができる。
- ルーティング・アルゴリズムは(近似的に)最短経路をみつける。
 - ◆ 最短経路探索の基本はダイクストラのアルゴリズム。
- ネットワークの構造は変化するので、最短経路をもとめなおす。
 - ◆ ネットワークの変化に応じて再計算するルーティングをダイナミック・ルーティングという。

ダイナミック・ルーティングとスタティック・ルーティング

■6.4.1 ダイナミックルーティングとスタティックルーティング

ルーティングテーブルを作成/更新する方法は、図 6-11 に示す(a)「スタティックルーティング」と(b)「ダイナミックルーティング」に分けられます。一般的には巨大で複雑なネットワークの経路を手で設定することには限界があり、「ルーティングプロトコル」によりルータ同士が経路を取って自動的に経路を設定するダイナミックルーティングが不可欠となっています。スタティックルーティングは、固定した経路を設定したい場合などで補助的に用いられています。



図6-11 スタティックルーティングとダイナミックルーティング

ダイナミック・ルーティングの動作

■6.4.2 ダイナミックルーティングによる迂回(うかい)

図 6-12 に示すように、ネットワークで障害が発生した場合、通信を続けるために迂回を行う機能は、ルーティングテーブルの書き換えにより実現されます。このように、ダイナミックルーティングにより様々な機能が実現されます。



図6-12 障害発生時の迂回

ダイナミック・ルーティングの分類

■ IGP と EGP

■6.4.3 適用範囲による分類と代表的なルーティングプロトコル

図 6-13 に示すように、ルーティングプロトコルは大きく「IGP」と「EGP」とに分類されます。最近では「IGP」には「OSPF」を、「EGP」には「BGP」をそれぞれ利用する場合があります。



図6-13 適用範囲による分類と代表的なルーティングプロトコル

さまざまなルーティング

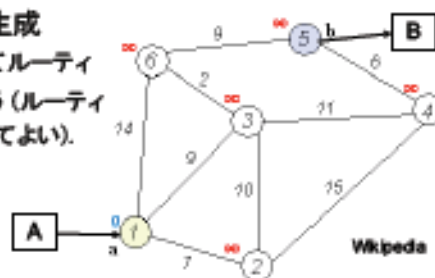
- RIP
- OSPF
- BGP

未完!

演習: ルーティング

■ ルーティング・テーブルの手生成

- ◆ AからBへの最短経路をもとめてルーティング・テーブルを生成してみよう(ルーティング・アルゴリズムどおりでなくてよい).

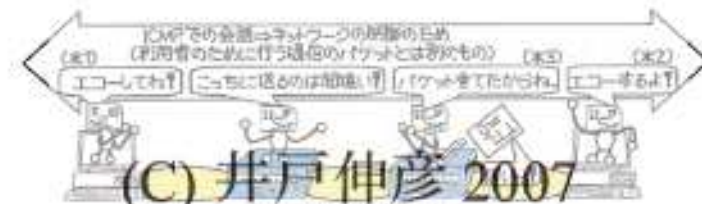


■ 転送のシミュレート

- ◆ 生成したルーティング・テーブルにしたがってAからBへのパケットの転送をシミュレートしてみよう.

インターネットの制御プロトコル ICMP と ping

■ 制御用のプロトコル ICMP (Internet Control Message Protocol)



(C) 井戸伸彦 2007

(a) ICMPで送られるパケット

タイプ	コード	説明	長さ	(b)
0	0	エコー 応答	6, 5, 32	(水1)
8	0	エコー 要求	6, 5, 11, 6, 5, 32	(水2)
11	0	目的地に達しない (Type of Service 0)	6, 3, 4, 1, 6, 5, 32	(水3)

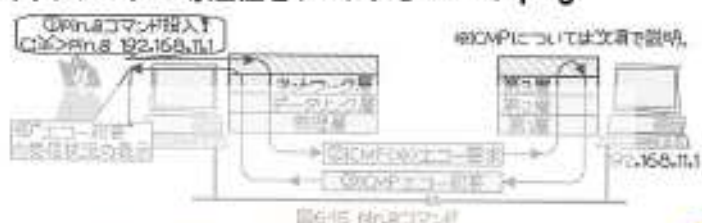
(c) ICMPメッセージ形式

(c) 本書で目及するICMPメッセージ

図5-7 ICMP (Internet Control Message Protocol)

インターネットの制御プロトコル ICMP と ping (つづき)

■ ネットワークの導通性をテストするコマンド ping



(C) 井戸伸彦 2007

実演



(a) Ping 応答が受信された場合

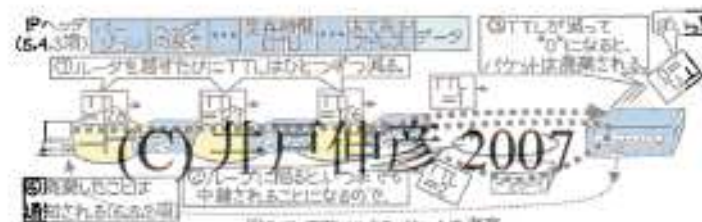
(b) Ping 応答が受信されなかった場合

図5-15 Pingコマンドの実行例

パケットの生存期間と traceroute

■ IP パケットの TTL フィールドによって生存期間がきまる.

- ◆ TTL = Time To Live
- ◆ パケットがルータ間で転送されるごとに、TTL は 1 ずつ、へらされる.
- ◆ TTL が 0 になるとパケットは廃棄される (「死ぬ」)



(C) 井戸伸彦 2007

図5-10 TTLによるパケットの廃棄

パケットの生存期間と traceroute (つづき)

■ TTL を利用して経路をしらべるコマンド traceroute



```
C:\Vitransent -d 192.17.3.4
Tracing route to 192.17.3.4 over a maximum of 30 hops:
  0  <1 ms  <1 ms  <1 ms  192.168.2.251
  1  <1 ms  <1 ms  <1 ms  192.168.2.251
  2  <1 ms  <1 ms  <1 ms  192.168.2.251
Trace complete.
```

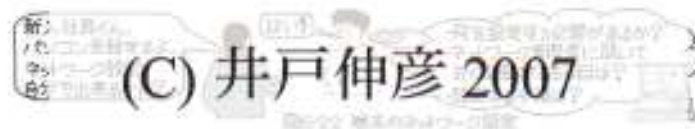
上記のIPアドレスを経路として図表に表示する

実演

パソコンにおける IP の設定

Section 6.7 端末でのネットワーク設定

実際に利用可能なネットワークについて、本書に載っている例について、このように、ネットワークに接続するための設定が必要になります。これを、このように行なうことが必要になります。



パソコンにおける IP の設定 (つづき)

■ ipconfig (ifconfig) コマンドによる確認

■ 6.7.1 設定すべき項目

第6章まで学んだ範囲で、ネットワークに接続するために追加に設定すべき項目は、IPアドレス、サブネットマスク、デフォルトゲートウェイ、DNSサーバーの4項目です。また、"ipconfig" コマンド (図5-23) により設定値の確認ができます。



パソコンにおける IP の設定 (つづき)

■ コントロールパネルにおける設定 (Windows のとき)



実演

図5-24 Windows XPでのネットワーク設定

演習問題: IP ネットワークの設計と動作

■ 例題: 各地に 4 個のルータを設置し, 動作をみる.

◆ 所与の PC 配置, 所与のルータ.

未完!

演習問題: IP ネットワークの設計と動作 (つづき)

■ 問題: 各自

未完!

インターネットと IP のまとめ

■ IP (インターネット・プロトコル) は世界中の多数のコンピュータをつなぐのに適したネットワークの規格

◆ 億単位のコンピュータがつなげるネットワーク規格はほかにはない.

■ IP のアドレスは位置でまとめられている

◆ ネットワーク上でちかくに位置する PC はアドレス上位が一致している.

■ ネットワークにループがあってもよい (ネットワークは任意のグラフ構造)

◆ 障害 (断線など) が起こっても通信がきれにくい.

■ パケットはルータによって転送される

◆ 転送先はルーティングによってきまる.

5. インターネットとイーサネット

要点

■ IP とイーサネットの比較

- ◆ IP は転送時にアドレスを集約してあつかえるが, イーサネットは個別にあつかう必要がある.
- ◆ そのため, IP はスケールする (大規模ネットワークに適用できる) が, イーサネットはスケールしない.
- ◆ IP ネットワークにはループが許容されるが, イーサネットにはループが許容されない.

■ LAN ではイーサネットと IP をかさねてつかう (IP/Ethernet)

- ◆ プロトコルが層をなしているときは, 内側のプロトコル (IP) をみたとすように外側のプロトコル (イーサネット) で通信する.
- ◆ イーサネットにも IP にもアドレスがあるので, それらを対応づけるのが重要 — ARP というプロトコルをつかって対応づける.

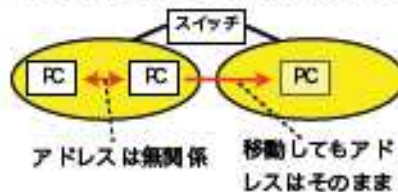
イーサネットと IP のアドレス

■ イーサネットのアドレス (MAC アドレス) は 1 個ずつ、ばらばらである。

- ◆ MAC アドレスは基本的にハードウェア (ネットワーク・インターフェース) によって来ている。

- ◆ ちかい位置にあるコンピュータの MAC アドレス間に関係はない。

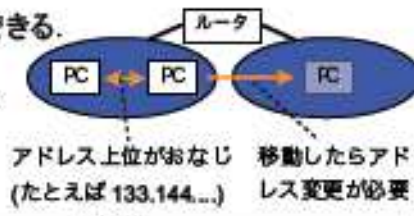
- ◆ コンピュータをほかの位置に移動させても MAC アドレスは変更する必要がない。



■ IP アドレスは集約することができる。

- ◆ セグメント内のコンピュータの IP アドレスは上位が共通である。

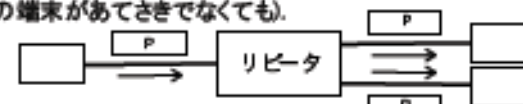
- ◆ コンピュータをほかのセグメントに移動させると IP アドレスを変更する必要がある。



IP とイーサネットとの比較: パケット転送法

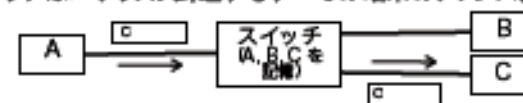
■ イーサネット (リピータ)

- ◆ ひとつのパケットがネットワーク内のすべての端末にとどく (その端末があてさきでなくても)。



■ イーサネット (スイッチ)

- ◆ スイッチはパケットが到達するすべての端末のアドレスを記憶する。



■ IP

- ◆ ルータはパケットが到達するネットワークのサブネット・アドレスを記憶する (かならずしも全部ではない)。



IP とイーサネットとの比較: スケーラビリティ

■ イーサネット (リピータ)

- ◆ 端末にすべてのパケットがとどくので、大規模なネットワークではパケットがあふれて、スケールしない (ブロードキャスト・ストームがおこる)。

■ イーサネット (スイッチ)

- ◆ スイッチが全アドレスを記憶するので、大規模なネットワークではアドレス・テーブルがあふれて、スケールしない。

■ IP

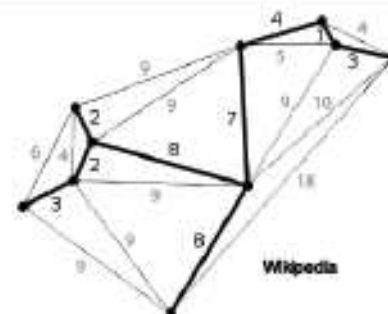
- ◆ ルータはサブネット・アドレスだけを記憶すればよいので、スケールする。

IP とイーサネットとの比較: ループの許容

■ IP ではループが許容される

- 任意のグラフ構造。

■ イーサネットではループが許容されない — 木構造。



プロトコルが階層化されているときの通信

■ LAN ではイーサネットと IP をかさねてつかう。

- ◆ IP/Ethernet (アイビー・オーバー・イーサネット) ではイーサネットのパケットが IP のデータ (フレーム) をふくむ。

LAN のパケット

MAC ヘッダ	IP ヘッダ	ペイロード
---------	--------	-------

- ◆ プロトコルが階層化されているときは、両方のプロトコルがもとめる条件をみたす必要がある。

ARP - IP 層とイーサネット層をつなぐプロトコル

■ IP とイーサネットをつなぐ必要性

- ◆ イーサネットで通信するには MAC アドレスを知る必要がある。
- ◆ IP で通信するとき、通信相手については IP アドレスしかわからない。
- ◆ IP アドレスから対応する MAC アドレスをもとめるのに ARP をつかう。



図5-5 ARPの必要性

ただし、ARP はイーサネット以外のプロトコルともくみあわせられる。

ARP - IP 層とイーサネット層をつなぐプロトコル (つづき)

■ 5.2.2 ARP による問合せ

図5-6に、ARPによってIPアドレスからMACアドレスを問い合わせる様子を示します。「ARP 要求」のフレームは全端末に届けられ、問合せ IP アドレスを持つ端末だけが MAC アドレスを知らせる「ARP 応答」を返すという簡単な手順になっています。要は、ARP 要求がスイッチングハブでブロードキャストされる（全ポートに向けて届く）ことです。詳しくは示すように、6 バイトの固定長 MAC アドレスのビットのすべてが「1」となっている場合、そのフレームはブロードキャストです。



図5-6 ARP (アドレス解決プロトコル) 要求/応答

ARP とブロードキャスト・ストーム

■ ARP はブロードキャストされる。

- ブロードキャストがとどく範囲がひろいと、ネットワークは ARP パケットであふれる。



図5-7 世界中の端末がスイッチングハブで接続したら...

いまだ、十分な、スイッチングハブのみで構成したネットワークでは、ブロードキャストストームが起きることは少ないです。

ブロードキャスト・ドメインの分割

■ IP ルータはブロードキャスト・ドメインをつなぐ。

■ 5.3.3 ルータの導入(構成例6)

図 5-12 に示すように、ルータはブロードキャスト・ドメインを区切る (あるいは接続する) 役割を果たす。ルータを導入してブロードキャスト・ドメインに収容する端末の数を制限することにより、ネットワーク全体で設定する端末数の増加は避けられなくなります。ネットワーク中の範囲を「LAN」と呼ぶ場合、書庫はブロードキャスト・ドメインを渡し、「ルータで LAN へ」などという言い方をします。

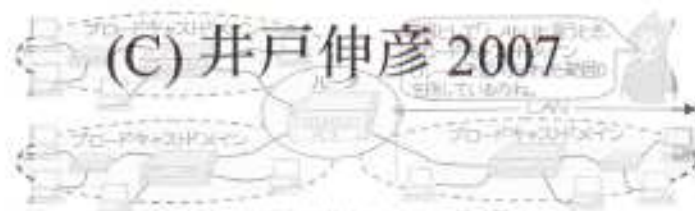


図 5-12 ブロードキャスト・ドメインとルータ(構成例6)

パソコンの IP アドレスと MAC アドレス

■ 5.6.2 MAC アドレスと IP アドレスの確認

コマンドプロンプト上で「ipconfig/all」と入力してみてください。図 5-21 に示すように、MAC アドレスと IP アドレスが確認できると思います。その他の項目については、後の方で説明します。また、図中にあるような「ローカルホスト」については、後の方で説明します。



図 5-21 ipconfigコマンド実行結果

実演

演習問題: IP/Ethernet ネットワークの設計と動作

■ 例題: 各地点に 4 個の L3 スイッチを設置し、動作をみる。

◆ 所与の PC 配置、所与の L3 スイッチ。

未完!

演習問題: IP/Ethernet ネットワークの設計と動作 (つづき)

■ 問題: 各自

未完!

インターネットとイーサネットのまとめ

■ IP とイーサネットの比較

- ◆ IP は転送時にアドレスを集約してあつかえるが、イーサネットは個別にあつかう必要がある。
- ◆ そのため、IP はスケールする（大規模ネットワークに適用できる）が、イーサネットはスケールしない。
- ◆ IP ネットワークにはループが許容されるが、イーサネットにはループが許容されない。

■ LANではイーサネットと IP をかさねてつかう (IP/Ethernet)

- ◆ プロトコルが層をなしているときは、内側のプロトコル (IP) をみたとすように外側のプロトコル (イーサネット) で通信する。
- ◆ イーサネットにも IP にもアドレスがあるので、それらに対応づけるのが重要 — ARP というプロトコルをつかって対応づける。

6. プロトコルやネットワークの階層構造

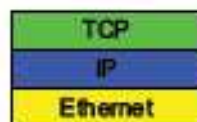
要点

- 現実のネットワークは複雑であり、工学的にも現象的にも階層構造をつくっている。
- [工学的に] プロトコルを階層化することによって、低機能のプロトコルを利用して高機能のプロトコルがつくれる。
 - ◆ たとえば、IP を利用して TCP, UDP などのプロトコルがつくれる。
 - ◆ OSI 基本参照モデルでは 7 層のプロトコルが規定されている。
- [現象的に] ネットワークの構造も階層的だが、どの階層もおなじようにみえる。
 - ◆ おおくのネットワークはスケールフリー

プロトコル・スタック

- プロトコルを階層化することによって、低機能のプロトコルを利用して高機能のプロトコルがつくれる。

- ◆たとえば、IP を利用して TCP, UDP などのプロトコルがつけれる。
- ◆イーサネットと IP も階層化されている。



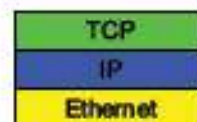
- このように階層的につみかさねたプロトコル群を「プロトコル・スタック」という。



プロトコル・スタックとパケット・ヘッダとの関係

- パケットにおいては、プロトコル・スタックにおける順番にヘッダが
なる。

プロトコル・スタック



バケット・フォーマット



OSI

■ OSI とは 1978 ～ 1985 年に ISO で標準化されたネットワーク・アーキテクチャ

- ◆ OSI = 開放型システム間相互接続 (Open System Interconnection)
- ◆ ISO = 国際標準化機構

■ OSI では OSI 参照モデルというプロトコルのモデルをさだめ、それにもとづく具体的なプロトコルをさだめた。

- ◆ OSI 参照モデル = OSI (Basic) Reference Model

OSI 参照モデル

■ OSI において標準化された7層からなるプロトコルのモデルを OSI (基本) 参照モデルという。

- ◆ TCP/IP のほうが普及したため、OSI 標準プロトコルはほとんどつかわれていない。
- ◆ プロトコル階層化のモデルとしては現在でも参照される (ネットワークの教科書などには、かならず登場する)。

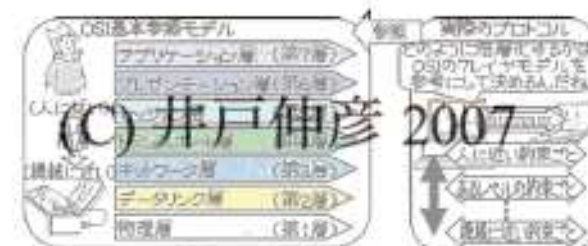


図113 OSI基本参照モデル

OSI 参照モデル (つづき)

Section1.5 各レイヤへの機能配備

7つのレイヤには通信するために必要な様々な機能が配備されます。レイヤの位置付けを考えれば必然的にそのレイヤに配備される機能もあれば、どのレイヤに配備するかはプロトコルスタックにより異なる機能もあります。図1-17は、機能配備の代表例を示しています。例えば、経路選択の機能は必然的にネットワーク層に配備されます。送信機側をトランスポート層に配備する理由はあるのですが、そのように落ちなければいけない訳ではありません。



図117 各層への機能の配備

OSI 参照モデル (つづき)

■1.5.2 身近な例

図1-20は、携帯電話とコンピュータネットワークでの、プロトコルスタックに現れる項目を示しています。メールや写真転送といった項目は、アプリケーション層に属します。電話番号は、ネットワーク層の守衛範囲です。電波が良い悪いといったことは物理層の話です。



図120 身近に見るプロトコルスタック

TCP/IP と OSI 参照モデル

■ TCP/IP の各層は OSI 参照モデルと正確に対応してはいない。

- ◆ 物理層からトランスポート層まではほぼ対応している。
- ◆ OSI のセッション層からアプリケーション層までは「アプリケーション層」にまとめられている。

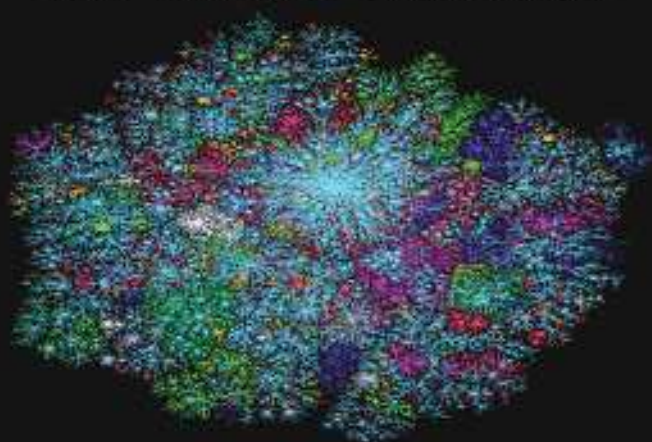


プロトコルの階層とパケットの構造



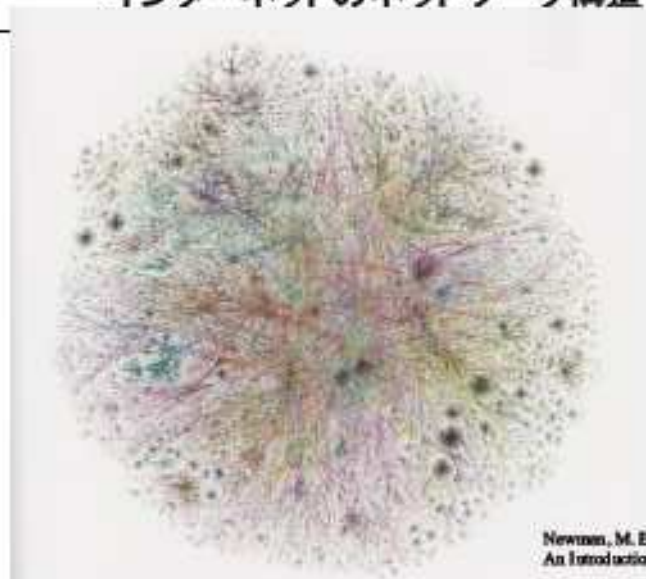
インターネット全体 (!?)

THE WHOLE INTERNET



インターネット・プロバイダ間の関係をあらわしたものだというのが、詳細は不明

インターネットのネットワーク構造



Newman, M. E. J., "Networks: An Introduction", Oxford

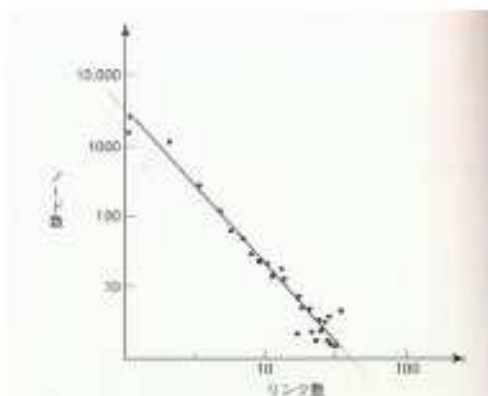


図9 インターネットの「ノード」の分布。ノードがロマンの数

新選な世界、開拓な道 ネットワーク科学の発展 著者 マーク・ブキャナン 坂本 芳久 (単行

本 - 2005/2/25)

9.12.9 Fig. 9. インターネットのノード分布 Node distribution of the Internet

プロトコルやネットワークの階層構造のまとめ

- 現実のネットワークは複雑であり、工学的にも現象的にも階層構造をつくっている。
- [工学的に] プロトコルを階層化することによって、低機能のプロトコルを利用して高機能のプロトコルがつくれる。
 - ◆ たとえば、IP を利用して TCP, UDP などのプロトコルがつくれる。
 - ◆ OSI 基本参照モデルでは 7 層のプロトコルが規定されている。
- [現象的に] ネットワークの構造も階層的だが、どの階層もおなじようにみえる。
 - ◆ おおくのネットワークはスケールフリー

7. プライベート・ネットワークとネットワーク仮想化

要点

未完!

プライベート・ネットワークとパブリック・ネットワーク

9.1.1 プライベートネットワークとパブリックネットワーク

普段わたしたちが学校や会社で使う端末は、プライベートネットワークに収容されています。プライベートネットワークは、パブリックネットワーク（通常、インターネット）に接続されています。図9.1.1に示すように、パブリックネットワークが標準化された方法を用いて運用されているのに対して、プライベートネットワークでは運用する組織ごとに異なるプロトコルや規格が決められています。このような異なるネットワークにあたる通信装置を「ゲートウェイ」と呼びます。



図9.1 プライベートネットワークとパブリックネットワーク、ゲートウェイ

プライベート・ネットワークのアドレス

■9.1.3 グローバルIPアドレスとプライベートIPアドレス

図 9-3 に示すように、インターネット上では「グローバル IP アドレス」(5.1.1 項で説明したもの) が用いられますが、プライベートネットワークでは多くの場合、「プライベート IP アドレス」が用いられています。「プライベート IP アドレス」が用いられる背景には、IP アドレスの不足があります。現在の IPv6 では約 43 億個 (全の 32 進、5.1.2 項) の IP アドレスが使用できますが、すでに不足・枯渇は深刻化しています。IPv6 への移行が待たれる訳ですが、現在はプライベートネットワーク内のみまたはプライベート IP アドレスを併用して使っています。



図9-3 プライベートIPアドレスとグローバルIPアドレス

ゲートウェイによるパブリック・ネットワークとの接続

図9.1.2 ゲートウェイ

図8-6に示すように、データタイプには大きく2つの役割があります。1つは、内部（プライベートネットワーク）と外部（パブリックネットワーカ）との境界を示すために必要で、本来はこの意味について取り上げます。もう一つは、それは何の用途がアクセスされるかによって異なる機能です。この意味での用語は「ウェブブラウザ」と呼ばれます。「インターネット」は、「データタイプ」という言葉とは異なり、特定の技術的な方法ではなく、単なる概念として扱われます。



図2-2 ゲーテウェイの役割

ゲートウェイとブロードバンドルータ



鎌田篤、坪山博實「簡単」よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

アドレス変換と通信

- プライベート・ネットワークとパブリック・ネットワークとのあいだの通信にはアドレス変換が必要
- 変換法には NAT と NAPT とがある。

◆NAPT (IP マスカレード) ならグローバル・アドレスが 1 個ですむため、通常は NAPT がつかわれる。



(a) NAT(Network Address Translation) (b)NAPT(Network Address Port Translation)

NAPT のしくみ

■ プライベート・ネットワークからの送信

●サーバへパケットを送信するとき



鎌田龍, 坪山博貴「図解 よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

NAPT のしくみ (つづき)

■ プライベート・ネットワークへの受信

●サーバからのパケットを受信するとき



鎌田龍, 坪山博貴「図解 よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

仮想プライベート・ネットワーク (VPN)

■ 複数の拠点をもつ企業のニーズ

- ◆ 拠点間をむすぶプライベート・ネットワーク (専用線によるネットワーク) は高価なので、さけたい。
- ◆ 拠点間はプライベート・ネットワークと同様に自由な通信が可能にしたいが、同時にセキュアに通信したい。

■ このようなニーズをみたす方法が VPN である。

■ VPN は複数拠点間を物理的には共用ネットワーク (パブリック・ネットワーク) でむすびつつ、他のネットワークとは論理的に独立なネットワークを実現する。

VPN の種類

■ Internet VPN (IPsec VPN)

未完!

■ IP VPN (MPLS VPN)

ネットワーク仮想化

- NICT (独立行政法人 情報通信研究機構) におけるネットワーク仮想化の研究を紹介する

未完!

OpenFlow

- 最近, ネットワークの世界で話題になっている OpenFlow を紹介する

未完!

プライベート・ネットワークとネットワーク仮想化のまとめ

未完!

8. ネットワーク・サービスの基礎プロトコル TCP と UDP

要点

- TCP, UDP では「ポート」によって, 複数の通信が平行してできるようにしている.
 - ◆ 1 個の IP アドレス (1 台のコンピュータ) で複数のポートがつくれる.
- TCP, UDP では「ポート」によって, さまざまなプロトコルをつかい分けすることができる.
 - ◆ Web のための HTTP, ファイル転送のための FTP, 電子メールのための SMTP, IP 電話のための SIP などのプロトコルがある.
- TCP では信頼性・性能のたかい通信を実現している.
 - ◆ パケットが脱落しても再送する.
 - ◆ 通信路を他の通信とうまくわけあって有効につかうしくみがある.
- TCP は複数のパケットにまたがるメッセージを送送できる.
 - ◆ パケットの最大長 (MTU) にしぼられない.

ポート番号と複数の通信

■ TCP, UDP では自分と相手のそれぞれの IP アドレスにくわえて、それぞれのポート番号 (1 ~ 65535) が指定できる。

■ ポート番号がちがうと、ことなる通信とみなされる

- ◆ 1 台のコンピュータで複数の通信ができる。
- ◆ ポートごとに通信相手はことなっているとしてもよいし、同一でもよい。



ポート番号と複数の通信 (つづき)



IP プロトコルごとに決められたポート番号

■ HTTP, FTP などのプロトコルごとに固定のポート番号 (ウェルノウン・ポート) がわりあてられている。

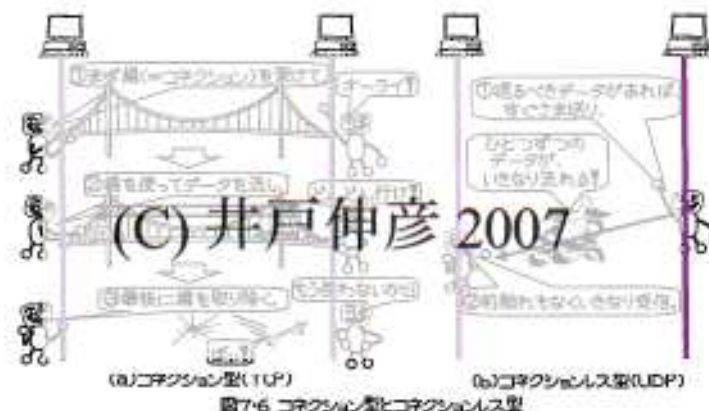
- ◆ たとえば HTTP では 80 — Web をつかうときは基本的に 80 を指定
- ◆ ウェルノウン・ポートは 1023 まで。



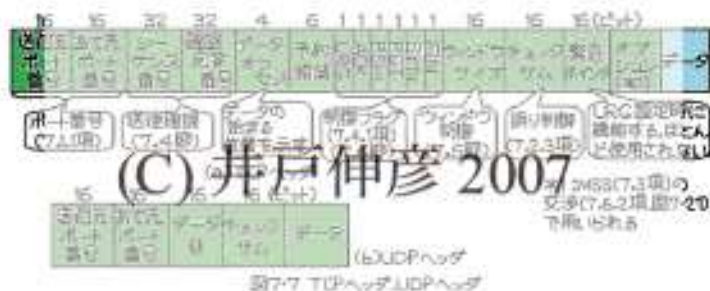
TCP と UDP とのちがい

7.2.1 コネクション型、コネクションレス型

TCP はコネクション型、UDP はコネクションレス型のプロトコルと呼ばれます。図 7-6 に示すように、コネクション型の TCP では実際の通信を始める前に確にたえられるようなコネクションを設定し、これに基づき送受信を行います。



TCP と UDP のヘッダ・フォーマット



TCP の通信手順



最田 坪山博実「図解 よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

TCP の通信手順 (つづき)



最田 坪山博実「図解 よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

TCP の通信手順 (つづき)

■7.6.2 3ウェイハンドシェイク —コネクション確立手順—

機能の多いTCPでは、図7-21に示すコネクションの確立手順を行う必要があります。シンプルなUDPではこのような手順は不要です。コネクション確立手順では、セグメント分割/送達確認/ウィンドウ制御で用いるパラメータを送受信の間に交換して使っています。図に示すように、[SYN]→[SYN+ACK]→[ACK]の3段階になっていることから、この手順は3ウェイハンドシェイクと呼ばれます。2段階([SYN]→[SYN+ACK])の手順だとすると、もし[SYN]のセグメントがネットワークをさまよって無意味になってから到着した場合に、図7-22に示すような都合の悪い事態が発生します。3段階ならばこのような事態を防げる訳です。



(a)2-way(2段階)の場合の手順 (b)SYNが待って無意味になってから到着した場合

TCP の通信手順 (つづき)

■7.6.3 コネクション(ソケット)の管理と切断

コネクションを確立した後、図 7-23 に示すように TCP のコネクションに関する情報はソケット毎に格納されて管理されます。アプリケーションから見たとき、ソケットは TCP/IP の通信を扱うためのインターフェースとして認識されます。TCP のソケット中の情報とそれに伴う処理は、UDP に比べて当然重いものになります。通信を終了する際には、図 7-24 に示すような手順によりコネクションを切断しますが、この際にソケットなども解放されてリソースが解放されます。



図7-23 TCPのソケット



図7-24 TCPのコネクション切断手順

TCP 高信頼化のためのしくみ: 送達確認

■Section 7.4 送達確認(TCP)

TCP と UDP とでは、送信したデータの紛失に対する考え方も異なります。図 7-13 に示すように、TCP ではデータの紛失が起きた際の検出を行い、正しく受信できるまでやり直しを行います。UDP ではデータの紛失があったとしても必ずそれに気付くという手段もなく、紛失に対して何も行いません。このような特徴を踏まえて、アプリケーションプログラムは TCP と UDP を使い分けます。

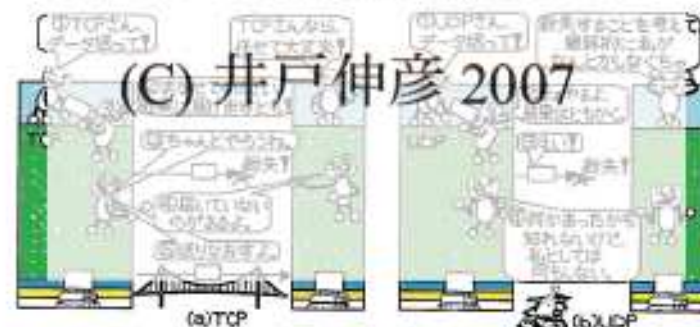


図7-13 データの紛失に対するTCPとUDPの違い

TCP 高信頼化のためのしくみ: 送達確認 (つづき)

■7.4.1 シーケンス番号と確認応答番号による送達確認(TCP)

7.2.2 項に示した TCP ヘッダ中の“シーケンス番号”、“確認応答番号”、および“ACK (ACKnowledgement) フラグ”を使って、TCP は図 7-14 のように送達確認を行っています。4.6.2 項に記した HDLC における送達確認と基本的には同



図7-14 シーケンス番号と確認応答番号(正常時)

じ方法ですが、シーケンス番号には送ったデータのバイト数を用います。ACK フラグをオンにすることで確認応答番号のフィールドに有効な番号が入っていることを示しますが、コネクション開始時以外はいつもオンとなっています。

TCP 高信頼化のためのしくみ: パケットの再送

■とどくはずの packets がとどかないときは、再送を要求する。

■7.4.2 タイマーによる再送(TCP)

図 7-15 に、TCP セグメントの紛失が起こった際の再送の処理を示します。セグメントの送信時にはタイマーが起動され、時間内にそのセグメントへの確認応答が得られない際にはタイムアウトが発生して再送が行われます。



図7-15 セグメント紛失時の再送

TCP 高信頼化のためのしくみ: TCP の転送制御

■7.4.3 並べ替え, 重複除去(TCP)

図 7-15 を見ると, シーケンス番号 "4001" に対応するセグメントが重複して受信されていることが分かります。また, ネットワーク層 (IP) では各セグメントを送るパケットが同じ経路を通ることを保証していませんから, 図 7-16 に示すようにセグメントが逆順して受信されることもあり得ます。TCP では逆順したセグメントを並び替え, 重複を除き, 上位のアプリケーション層に「誤りのない通信路」を提供しています。



図7-15 並べ替え, 重複除去

TCP 高性能化のためのしくみ: ウィンドウ制御

■ 送達確認をパケットごとでなく, まとめておこなうことで高性能化をはかっている。



図7-16 送達確認をまとめておこなうことでデータを送信することにより通信速度を向上

TCP 高性能化のためのしくみ: ウィンドウ制御 (つづき)

図 7-17(a) に示すように, セグメントごとに ACK を待って次のセグメントを送信する方法では, 伝送路の速度に対して転送速度は上がりません。図(b)に示すように ACK を受信しない状態で続けてセグメントを送信したほうが効率は上がります。このような転送方法を「ウィンドウ制御」といいます。「ウィンドウサイズ」とは、「ACK を受け取らない状態で, どれだけデータを送信してよいか」を表す量です。図 7-17 ではこれをセグメントの数で表しており, 図(a)と図(b)では, ウィンドウサイズがそれぞれセグメントの数で「1」と「4」になっています。

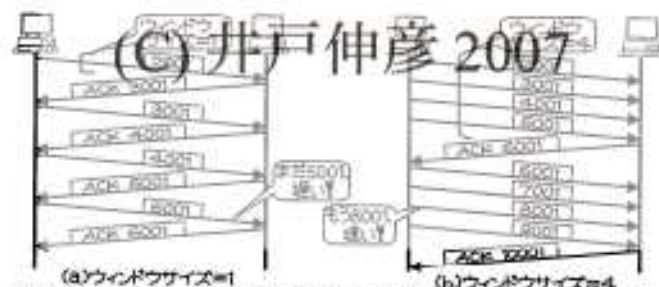


図7-17 ウィンドウサイズによる転送速度の違い(動作例)
* ウィンドウサイズ: ここでは「ACKを受け取る前に送信してよいセグメントの数」とする

TCP 高性能化のためのしくみ: ウィンドウ制御 (つづき)

■7.5.2 ウィンドウと受信ウィンドウサイズ

そもそもウィンドウとは, 図 7-18(a) に示すように, 受信したセグメントを一時



図7-18 RWINとMSS

通信路をわけあうしくみ: フロー制御・輻輳制御

■ ネットワークの輻輳を検知すると、ウィンドウ制御によって通信量をへらす。

- ◆ 他の通信との共存をめざしている
- ◆ うまく動作するとはかぎらない (遠慮しすぎることもある)



図7-19 ウィンドウサイズによるフロー制御・輻輳(ふくそう)制御

UDP の機能と特徴



(C) SOFTBank Creative Corp.

織田隆, 坪山孝実「図解 よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

TCP と UDP



図7-20 TCPは度々確認、UDPは軽快

TCP と UDP



※ 実際にはセグメント上の観点から互数により最初の番号を決めている(4.2.3項)。
図7-21 3ウェイハンドシェイク(3-way handshake) - TCPの接続確立手順 -

TCP と UDP

Section 7.7 TCPか？UDPか？

TCP と UDP とのいずれを使用したほうが好都合なのか、いくつかの場合を見て整理します。

■7.7.1 大きなファイルを転送する場合

大きなファイルを UDP で転送する場合、どこかで「アプリケーション層、ネットワーク層」でデータを分割することになりますが、図 7-25 に示すように、UDP ではデータの損失に対応しないので、結果よく転送されません。



図 7-25 UDP で大きなファイルを転送する

TCP と UDP

Section 7.7 TCPか？UDPか？

TCP と UDP とのいずれを使用したほうが好都合なのか、いくつかの場合を見て整理します。

■7.7.2 小さなメッセージを送る場合

TCP では小さなメッセージを送る場合でも、図 7-26 に示すようにわざわざコネクションを確立する必要があり、これが「オーバーヘッド」（間接的・付加的に発生する負荷）となり効率よくありません。ヘッダ長が長い（20 バイト）ことも小さなメッセージに対してはオーバーヘッドとなります。

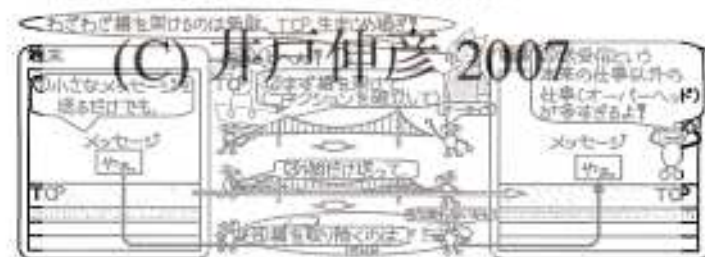


図 7-26 TCP で小さなメッセージを送る

TCP と UDP

Section 7.7 TCPか？UDPか？

TCP と UDP とのいずれを使用したほうが好都合なのか、いくつかの場合を見て整理します。

■7.7.3 実況中継する場合

図 7-27 に示す実況中継などのリアルタイム通信では、迅速を行う上で TCP には問題があります。UDP はトランスポート層の検査を省くなどの問題があり、UDP プロトコル (RTP, Real-time Transport Protocol) を使う場合もあります。



図 7-27 TCP で実況中継のデータリアルタイムデータを送る

TCP と UDP

Section 7.7 TCPか？UDPか？

TCP と UDP とのいずれを使用したほうが好都合なのか、いくつかの場合を見て整理します。

■7.7.4 ブロードキャストする場合

UDP ではブロードキャストは可能ですが、TCP ではできません（図 7-28）。



図 7-28 ブロードキャストは UDP のみ

TCP と UDP

Section 7.7 TCPか？UDPか？

TCP と UDP とのいずれを使用したほうが好都合なのか、いくつかの場合を見て確認します。

■ 7.7.5 TCP と UDP の比較

以下のように TCP と UDP を比較して整理してみます。

表 7.7-1 TCP と UDP の比較			
コネクション	(C) 井戸伸彦 2007		
アドレス	送信元と宛先の IP アドレスとポート番号を指定する必要がある。	2	
ヘッダ	送信元と宛先の IP アドレスとポート番号を指定する必要がある。	20	
データ	送信元と宛先の IP アドレスとポート番号を指定する必要がある。	20	
信頼性	送信元と宛先の IP アドレスとポート番号を指定する必要がある。	20	
スループット	送信元と宛先の IP アドレスとポート番号を指定する必要がある。	20	
遅延	送信元と宛先の IP アドレスとポート番号を指定する必要がある。	20	
セキュリティ	送信元と宛先の IP アドレスとポート番号を指定する必要がある。	20	

TCP と UDP のまとめ

- TCP, UDP では「ポート」によって、複数の通信が平行してできるようにしている。
 - ◆ 1 個の IP アドレス (1 台のコンピュータ) で複数のポートがつかれる。
- TCP, UDP では「ポート」によって、さまざまなプロトコルをつかいわけることができる。
 - ◆ ファイル転送のための FTP、電子メールのための SMTP、Web のための HTTP、IP 電話のための SIP などのプロトコルがある。
- TCP では信頼性・性能のたかい通信を実現している。
 - ◆ パケットが脱落しても再送する。
 - ◆ 通信路を他の通信とうまくわけあって有効につかうしくみがある。
- TCP は複数のパケットにまたがるメッセージを伝送できる。
 - ◆ パケットの最大長 (MTU) にしばられない。

コンピュータネットワーク ⑤ 工学部 2 年 第 134 回

9. インターネット上のネットワーク・サービス

要点

- TCP 上のプロトコルをつかって、さまざまなサービスが提供されている。
 - ◆ FTP をつかったファイル転送
 - ◆ SMTP, POP, IMAP などをつかった電子メール
 - ◆ HTTP をつかった Web
- UDP 上のプロトコルをつかったサービスもある。
 - ◆ SIP をつかった IP 電話

コンピュータネットワーク 工学概論 2002.4～5 18

ファイル転送のプロトコル FTP

The diagram illustrates the FTP connection process. It shows a client (represented by a laptop and a person) connecting to a server (represented by a tower). The process involves establishing a control connection and then a data connection for file transfer. The diagram is divided into two main sections: 'Control Connection' and 'Data Connection'. The control connection is established first, and then the data connection is established for the actual file transfer. The diagram also shows the flow of data between the client and the server, with arrows indicating the direction of transfer.

(C) SOFTBank Creative Corp.

織田 誠 坪山 博貴「図解 よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

コンピュータネットワーク 工学部 2013-4-9 184

ファイル転送のプロトコル FTP (つづき)



鎌田 昇山 著「図解 よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

telnet で FTP サーバにアクセスしてみよう

- telnet は Linux PC などにリモート接続するためのコマンドだが、これをつかって FTP サーバにログインできる。

実演

```
$ telnet ftp.riken.go.jp 21
Trying 134.160.38.1...
Connected to ftp.riken.go.jp.
Escape character is '^Z'.
220 ::ffff:134.160.38.1 FTP server ready
user ftp
331 Anonymous login ok, send your complete email address as your password
PASS MyMail@address
230-
This ftp/http/async service is an unsupported service of RIKEN
Mishima Center for Research Support. Use entirely at your own risk
- no warranty is expressed or implied. All transfers are logged.
Request and questions should be sent to <admin@ftp.riken.jp>
(news) 2009.03.27 ftp.riken.jp is connected to WAN at 10 Gbps.
230 Anonymous access granted, restrictions apply
QUIT
221 Goodbye.
Connection closed by foreign host.
```

これ以上のことはできないので QUIT する

電子メールとメールサーバ

- 電子メールはメールサーバ経由で配送する。
 - ◆ 正確には送信と受信にはことなるサーバを使用する。
- メールサーバがあれば、いつでもメールの送信・受信ができる。



鎌田 昇山 著「図解 よくわかるネットワークの仕組み」, SoftBank Creative

電子メールのメッセージ形式

■ 11.1.3 電子メール/メッセージの形式

図 11-3 に、電子メールの形式を示します。11.5 節で説明するプロトコルの SMTP によりやりとりされる情報を「エンベロープ」(envelope: 封筒)と呼び、私たちが送付メールとして目に見えるのは「メッセージ」の部分になります。



*: SMTPサーバ(郵便局)はエンベロープ中の情報(宛先アドレスなど、11.5項参照)に基づいた配送を行なう。メールヘッダ中の情報は、メール受信者がメールの宛先を知るための情報で、原則SMTPサーバは内容を見ない。

図11-3 電子メールの形式

電子メールのメッセージ形式(つづき)

- 11.1.4 BCC(Blind Carbon Copy:ブラインドカーボンコピー)とメールマガジン
メールヘッダ中の「Bcc」に記した宛先アドレスは、受信したメールのヘッダには表示されません。例えばメールマガジンで不特定多数の受信者へメールを一斉に送信する場合、図 11-4(b)に示すようにこの Bcc にそれらの受信者のアドレスを利用して送信を行います。SMTP サーバではメールヘッダの中身に対して参照や操作を原則行いませんが、Bcc は例外になります。



日本語の電子メール

■11.3.1 ISO-2022-JPによる電子メール

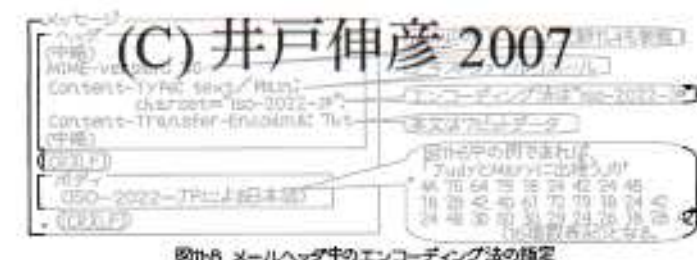
インターネットや電子メールシステムは、米国に起源を持ち発展してきた歴史的背景があります。このため、7ビットコードである ASCII コードによる電子メールのみを前提とし、8ビットコードのデータを正常に扱えない場合がよくあります。図 11-6 に示すように ISO-2022-JP 以外の日本語文字コードは 8 ビットコードになるため、電子メール中で使用すると問題が発生します(「メールで半角カタカナを使うな」というのはこれが原因です)。このため、唯一の 7 ビットエンコーディング法である ISO-2022-JP を電子メールでは用います(図 11-7)。もともと ISO-2022-JP は、日本の電子メールで用いられてきた JUNET コードを基盤としています。



電子メールと MIME (マイム)

■11.3.2 MIME(Multipurpose Internet Mail Extensions)

ASCII コードしか送ることのできない電子メールにおいて、非 ASCII コードの形式のデータを扱うための規格を「MIME」といいます。ISO-2022-JP による日本語のメールを作成すると、図 11-8 に示すように、メールヘッダにそのエンコーディング指定が MIME の構文に基づいて記されます。



電子メール送信のためのプロトコル SMTP

- PC などからメールサーバにメールを送信するときは、SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) を使用する。



編田寛、岸山博貴「図解 よくわかるネットワークの仕組み」、SoftBank Creative

電子メール受信のためのプロトコル POP

- PCなどでメールを受信するときは、POP (Post Office Protocol) というプロトコルを使用する。



193

電子メール受信のためのプロトコル IMAP

- メール受信のためのプロトコルとして IMAP (Internet Message Access Protocol) もある。
- ◆ 受信したメールをサーバ側で管理したいときには IMAP をつかう。
- ◆ 複数の PCなどでメールを読むときは IMAP のほうが便利である。



194

電子メール送受信のための設定

■ 11.8.1 メールソフトウェアの設定 (Microsoft Outlook)



195

WWW (ウェブ) のための 3 つの基本技術

- Web ページ記述言語 HTML (HyperText Markup Language)
- Web のアドレス URL または URI (Unified Resource Locator/ Identifier)
- Web のテキストを送信するためのプロトコル HTTP (HyperText Transfer Protocol)



196

WWW (ウェブ) のための記述言語 HTML

■ Web ページを記述するための言語が HTML (HyperText Markup Language)

■ 12.1.2 HTML (HyperText Markup Language) 文書の特徴

HTML で記述された HTML 文書は、必ずしもその適用範囲がネットワークに接続したものに限られる訳ではありません。図 12-2 に、HTML を一般な電子化文書として扱った際の、手書きの文書とは異なるその特徴を示します。



WWW (ウェブ) のための記述言語 HTML (つづき)

■ 12.1.3 マークアップ言語



WWW (ウェブ) のための記述言語 HTML (つづき)

■ 12.1.4 ハイパーテキスト

HTML 文書のもうひとつの特徴である「ハイパーテキスト」という性質は、クリックすることで閲覧対象を切り替える「リンク」という機能として現在みられるものです。図 12-4 に示すように、リンクの設定もタグにより行います。



URL

■ Web ページなどを識別するためのアドレスが URL または URI (Unified Resource Locator/Identifier) とよばれる。

URI はリソースを指し示す識別子ですが、Web においてはインターネット上の HTML 文書などの対象を指し示すものとして理解されます。より一般的には図 12-5 に示すように、URI は様々な対象 (リソース) を指し示す体系として規定されています。Web には、URI を URL と呼ぶことが多いようです。



※ 標準化 (W3C) では URL と URN との区別 / 用語は IETF のものとされている。
図 12-5 URL (Uniform Resource Locator) と URN (Uniform Resource Name)

URL (つづき)

■12.2.2 WebでのURL(URI)

図 12-6 に、Web での利用の場合を含む、IP ネットワーク（インターネット）上での URL の記述のしかたを示します。図に示すように、URL を用いてインターネット上の他の HTML 文書へのリンクを設定することもできます。

IPを基本としたインターネット上のホストを指定するスキームでのURLの形式
(HTTPやFTPなどの利用の場合を含む)
<スキーム>/<ユーザ名>/<パスワード>/<ポート>/<ホスト>/<url>
 一般的な省略形式(ユーザ名、パスワード、ポート番号を省略)
<スキーム>/<ホスト>/<url>
(※ 省略時のポート番号は80で、http://www.hoge.comよりhttp://www.hoge.com:80と同等である。)

(C) 井戸伸彦 2007

<スキーム>
 スキームで指定されたプロトコルのサービスマン。
 FTPの場合は「ftp」、mailtoでは「mailto」で指定。
 ※空の場合は略す。

<ホスト>
 ホスト名またはIPアドレス。
 http://www.dnsjs.ac.jp/
 http://209.153.224.x/

<url>
 リンクでの利用例(例：4項参照)
 http://www.dnsjs.ac.jp/~dnsjs/HTML/TITLE.html ←社員の募集のご案内</>

図12-6 IPネットワーク上でのLRLとLRD

HTTP

■ Web のテキスト (ハイパーテキスト) をおくためのプロトコルが HTTP (HyperText Transfer Protocol) である。



図3-7 L-TTPの単純な動作例

telnet で Web サーバにアクセスしてみよう

■ telnet をつかって Web サーバにアクセスできる。

- ```

+ telnet www.google.co.jp 80
+ GET /

```

```

$ telnet www.google.co.jp 80
Trying 74.125.233.133...
Connected to www.google.co.jp.
Escape character is '^['.
GET /
HTTP/1.0 302 Found
Location: http://www.google.co.jp/
Cache-Control: private
Content-Type: text/html; charset=UTF-8
Set-Cookie:
VSR=ID=543b3543bb36b436;PV=0;TW=1330432353;LM=1330432353;S=2a2af85e8a74d0; expires=Thu, 27-Feb-2014 12:32:33 GMT; path=/; domain=.google.com
Date: Tue, 26 Feb 2012 12:32:33 GMT
Server: gse
Content-Length: 221
X-XSS-Protection: 1; mode=block
X-Frame-Options: SAMEORIGIN

<HTML><HEAD><meta http-equiv="content-type"
content="text/html; charset=utf-8">
<TITLE>302 Moved</TITLE></HEAD><BODY>
<H1>302 Moved</H1>
The document has moved
here.
</BODY></HTML>
Connection closed by foreign host.

```

実演

## SIP による IP 電話

■ 電話のネットワーク (PSTN) はインターネットでおきかえられつつある。

■ インターネット上での電話 (IP 電話) のプロトコルとして, SIP (Session Initiation Protocol) がひろまりつつある。

- ◆ SIP は IP, TCP などと同様に IETF (Internet Engineering Task Force) で標準化された。

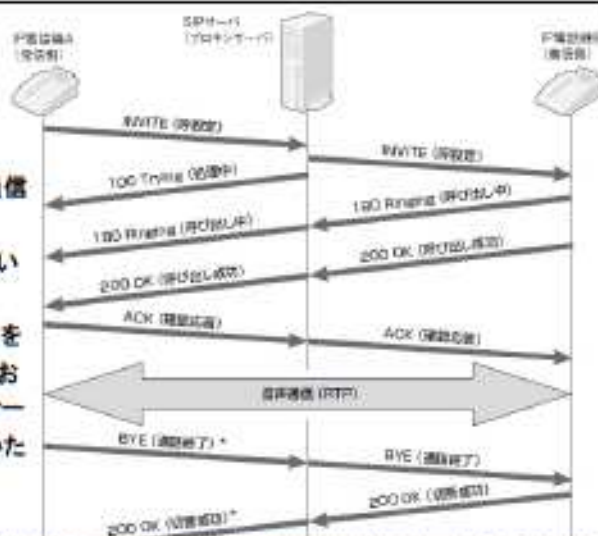
## ■ SIP は HTTP にちかいプロトコル

- ◆ HTTP と同様にテキスト・ベースのプロトコルである。  
(従来の電話のプロトコルはバイナリ・プロトコル)
- ◆ ただし、HTTP ではサーバとクライアントという非対称の通信をするのに対して、SIP では送信者と受信者は対称 (どちらもサーバになり、どちらもクライアントになる)。

## SIP による IP 電話 (つづき)

### ■ IP 電話のシーケンス

- ◆ 音声通信には UDP をつかう。(リアルタイム通信には TCP より UDP がむいているため)。
- ◆ SIP にも UDP をつかうことがおおい (TCP よりサーバ負荷がひくい)。



<http://www.nikkei.co.jp/article/COLUMN/20081001/338200/7884imgview6FD=66062768>

## インターネット上のネットワーク・アプリケーションのまとめ

### ■ TCP 上のプロトコルをつかって、さまざまなサービスが提供されている。

- ◆ FTP をつかったファイル転送
- ◆ SMTP, POP, IMAP などをつかった電子メール
- ◆ HTTP をつかった Web

### ■ UDP 上のプロトコルをつかったサービスもある。

- ◆ SIP をつかった IP 電話

## 10. ネットワーク・セキュリティ

### 要点

未完!

## パブリック・ネットワークとセキュリティ

### ■ パブリック・ネットワークにはさまざまな脅威がある。

- ◆ クラッカー (ハッカー)
- ◆ オープン・ネットワークとクローズド・ネットワーク
- ◆ ...

### ■ クラッキングの方法

- ◆ 侵入
- ◆ 盗聴
- ◆ 改竄 (かいざん)
- ◆ なりすまし
- ◆ 破壊
- ◆ 妨害 DoS, DDoS
- ◆ ウィルス, ボット

未完!

## プライベート・ネットワークとセキュリティ

- プライベート・ネットワークをつくることで、セキュリティが確保できる。

- ◆ ファイアウォール
- ◆ プライベート・アドレス
- ◆ ...

未完!

## 認証と認可

- 認証 (authentication)

- 認可 (authorization)

未完!

- AAA (authentication, authorization, and accounting)

## アクセス制御

- ACL

未完!

## 暗号化とその方法

- 秘密鍵暗号と公開鍵暗号

- ◆ 秘密鍵
- ◆ 公開鍵

- 電子署名と電子証明書

- ◆ 電子署名
- ◆ 電子証明書

未完!

- 暗号化通信のためのプロトコル IPsec

- SSL と TLS



## 無線 LAN のセキュリティ

- MAC アドレス・フィルタリングによって、特定の MAC アドレスをもつコンピュータだけがつなげるようにできる。

図1 図「MACアドレスフィルタリング」の仕組み



## 無線 LAN のセキュリティ(つづき)

- WEP, WPA, TKIP などのしくみで暗号化通信ができる。

- ◆ 適切なしくみをえらんで、または自動的な方法で設定すればよい。

図2 図「WEP」の仕組みと暗号化のしくみ



## ネットワーク・セキュリティのまとめ

未完!

## 付録

講義のどこかにいれる  
か、はぶくか、未定

## ドメイン名システム (DNS) の必要性



横田寛、平山博貴「図解」よくわかるネットワークの仕組み, SoftBank Creative

### ■8.1.1 ホスト名とIPアドレス

コンピュータ（端末）を名前で呼ぶとき、これを「ホスト名」といいます。ホスト名は、英数字を用いて数文字程度とすることが一般的です。ホスト名を決め、これを IP アドレスとの対応を定めれば、図 8-1 に示すようにコンピュータは人間が指定したホスト名を IP アドレスに変換して表示することができます。また、たとえ以前の状態でコンピュータの IP アドレスを変更した場合でも、ホスト名と IP アドレスとの対応を変更して同じホスト名で呼びかけることで、変更の範囲を小さくできるという利点もあります。



図 8-2 ホスト名と IP アドレスの対応

### ■8.2.2 ドメイン名の導入とFQDN

単純なホスト名では世界中のコンピュータを区別できないため、図 8-6 に示すように、どのような分類にあるかを示す「ドメイン名」を導入します。「ドメイン名+ホスト名」により、インターネット上のすべての端末を一意に識別できるようになります。「ドメイン名+ホスト名」を「FQDN」と呼びます。



図 8-6 ドメイン名の導入と FQDN による区別

### ■8.2.3 ドメイン名の階層

図 8-7 に「www.ohmsha.co.jp」を例としたドメイン名の階層を記します。ドメイン名は、「」（ドット）に区切られた「ラベル」と呼ばれる英数字とハイフン（-）による文字列から構成されます（日本語によるドメイン名もあります）。ドットを区切りに末尾から「トップレベルドメイン（TLD）」、「セカンドレベルドメイン（SLD、第2レベルドメイン）」、「第3レベルドメイン」と呼びます。TLD の配下に SLD が定義され、さらに第3レベルドメインが SLD 配下に定義される様子

は、木が枝分かれするような構造（ツリー構造）をしています。



図 8-7 ドメイン名の階層 (www.ohmsha.co.jp の例)

#### ■8.2.4 トップレベルドメイン(TLD)の分類

表 8-1 に、トップレベルドメイン名を示します。日本で割り当て自由な ccTLD の「jp」ドメインは末尾が“.jp”となっているお馴染みのドメイン名です。

表 6-4-7 日本、アメリカとインドネシアの労働力人口の推移

[illegible]

「お前は  
インターン・ホ  
ステルの住人だ  
と知っている  
なぞだ。」

### ■8.2.5 JIPのセカンドレベルドメイン(SLD)の分類

表 8-2 に、日本の  $\alpha$  T T J である  $jp$  のセカンドトップレベルドメイン名を分類して示します。

表 8-2 TPC-SC の組立の分類

|          |                  |              |
|----------|------------------|--------------|
| 組織別団体(C) | 氏名               | 性別           |
|          | BC-JP            | 4年制大学など受験困難  |
|          | CD-JP            | 専攻会員等        |
|          | EO-JP            | 3年制短大受験者     |
|          | FP-JP            | 専門学校         |
|          | GP-JP            | 生計不安         |
| 地域型SLD   | shinjuu.tokyo.jp | 高校～短期大学受験困難  |
|          | 22P              | 都道府県など地方公共団体 |

私の携帯電話のメールアドレスのものをあそびわ!

### ■8.3.1 ドメイン名の取得

IP アドレスがインターネット上、世界中でユニークでなければならなかったように (5.1.1 項)。“shimaha.oc.jp” のようなドメイン名も世界中でユニークでなければなりません。このため、図 8-8(a) に示すような「レジストリ・レジストラ」という枠組みにより登録を管理しています。日本の ccTLD である jp ドメインについては、図 8-8(b) に示すように「JPRS」がレジストリとなっており、



### ■8.3.2 ドメイン名の利用

コンピュータ（端末）に名前を付けるためのドメイン名ですが、生活の中で身近にドメイン名には触れています。図 8-9(a)に示す Web サイトのアドレス (URL) や、図 8(b)の電子メールアドレスにもドメイン名が使用されています。

http://www.ohmsha.co.jp/  
通信アドレス 氏名 氏名  
(C)井戸伸彦 2007  
ユーザ名 パスワード  
(b)電子メールのあて先(171号事務)  
国別ドメイン名の列挙

図 5-4-10 メーノ名の判別



#### ■8.4.1 簡単な方法(8.1.2 項)では駄目な理由 ―その2―

8.1.2 項に記したような、各コンピュータ(端末)で名前と IP アドレスの対応データを持つ方法では、世界中のドメイン名を扱うことは困難でし無敵です。また、データの更新を一斉に行うことも現実的ではありません。図 8-13 に示すように、ドメイン名の問い合わせに回答してくれる「DNS サーバ(ドメインサーバ)」が必要となります。その問い合わせ/応答 DNS メッセージの形式を図 8-14 に示しておきます。



図8-13 DNSサーバの必要性

#### ■8.4.2 端末からDNSサーバへのアクセス例

図 8-15 に、端末から DNS サーバを利用する動作例を示します。この動作例では、Web サイトへアクセスする場合を想定しており、www.ahmsha.co.jp という FQDN (ホスト名+ドメイン名、8.2.2 項) に対して IP アドレスを求めています。このような変換を「名前解決 (name resolution)」と呼びます。

端末上では、アプリケーションからの問い合わせ (①) に対して、「リゾルバ (resolver)」というソフトウェアが働き、UDP を用いて DNS サーバに問い合わせを行っています。問い合わせメッセージ (②) 中、RD フラグ (再帰要求、図 8-14(a)参照) が、「1」(再帰問い合わせ) となっていることの意味は、8.5.3 項の図 8-19 で説明します。



図8-15 端末からDNSサーバへ利用する動作例

#### 図4 図4 ドメイン名の名前解決方法



藤田 坪山博実「図解 よくわかるネットワークの仕組み」、SoftBank Creative

## DHCP による自動的な IP アドレスづけ

### Section 8.7 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

#### ■8.7.1 DHCPの必要性

16.7 節のようなネットワーク設定はしていないけど、私のパソコンはちゃんとインターネットにつながっている」と思われた方がいるかと思いますが、また、図 8-23 に示すように、ノート PC をネットワーク上で移動させる場合、いちいちネットワーク設定を行うことも面倒です。DHCP を用いれば、図 8-24 に示すように、ネットワーク設定は自動で行われるようになります。



図8-23 端末の移動に伴うIPアドレスの変更



図8-24 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) サーバの役割

## DHCP による自動的な IP アドレスづけ (つづき)

図2番DHCPでIPアドレスが割り当てられるまでの流れ

