

インターネットの仕組み

～ TCP/IPの基礎から最新トレンドまで ～

株式会社日本レジストリサービス (JPRS)
<http://www.jprs.jp/>



はじめに

- 本チュートリアルの対象
 - いつも何気なく使っているインターネットの仕組みが知りたいユーザ
 - インターネット関連業務に携わることになった初心者
 - IPアドレス、TCP/IP、DNSという言葉は聞いたことがあるけど、よくわからない・知りたい人
- 注意
 - 初心者向けに幅広い分野を説明するために、技術的な正確さよりもわかりやすさを優先する場合があります。

全体構成

- インターネットの歴史
- インターネットとプロトコル
- ネットワークのいろいろ
- インターネットプロトコルの核心
- ネットワークとアプリケーションの接続
- すべてはアプリケーションのために
- ドメイン名とIPアドレスの管理
- アプリケーションはどう動く
- インターネットと社会との融合



インターネットの歴史

「ARPANET」から「The Internet」へ



インターネットはなぜ生まれたか



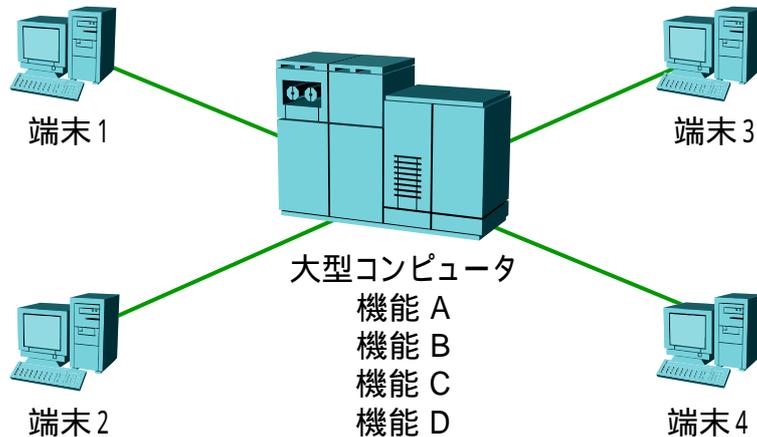
- 東西冷戦の産物
 - ARPA(Advanced Research Project Agency)
 - アメリカ国防総省 高等研究計画局
 - ソ連に勝る軍事科学技術開発を推進するための組織
 - 冷戦構造を背景に、莫大な予算を駆使
 - ARPANET(= インターネットの原型)
 - 1958年 国防総省内にARPA設置
 - 1962年 ARPA内にIPTO(情報処理技術部)設置
 - 1969年 ARPANET稼動

ARPANETが目指したもの



- 「核戦争に耐えられるコンピュータネットワーク」
 - 当時のコンピュータネットワークは「スター型」が主流
 - 中央の大型コンピュータにすべての機能が集中
 - 端末から中央に接続して機能を利用
 - 「スター型」の弱点
 - 中央の大型コンピュータが停止すると何もできない
 - 端末から中央への接続が途絶えると何もできない

スター型ネットワーク



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

7

ARPANETの思想

- 核戦争に耐えるためには...
 - 機能を集中させずに、ネットワーク上に分散配置
 - 局地的な攻撃によりネットワークの一部が破断しても、通信が確保できる冗長性のあるネットワーク構成
 - ネットワークの成長、広域展開を支えることができる、単純で信頼性の高い通信技術

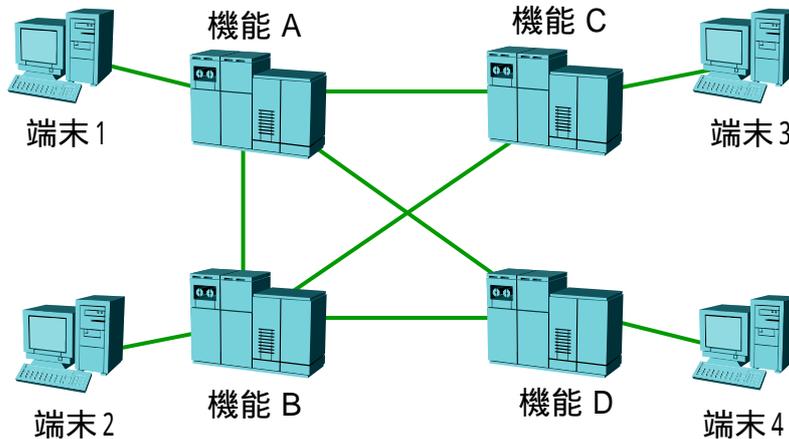


- パケット交換式広域分散ネットワーク
= インターネットの原型

Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

8

広域分散ネットワーク



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

9

...という建前の元に

- 政治的建前と技術的本音
 - 「核戦争に耐えるネットワーク」は国防総省から予算を獲得するための建前
 - 研究に携わった技術者の本音は、
 - コンピュータは便利だけど、専門的な処理はそれができるコンピュータを設置しているセンターに行かなければならないし、他の研究所のデータをもらうには磁気テープを郵送してもらわなくちゃならない。
 - 様々なベンダの、地理的にも離れているコンピュータを接続して、遠隔処理をしたり、情報資源を共有したい。
 - 「みんなで幸せになろうよ！」

Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

10

ARPANETの拡大



- 1969年 最初のARPANET稼働
 - カリフォルニア大学ロサンゼルス校(UCLA)・サンタバーバラ校、スタンフォード研究所、ユタ大学を接続
- 1970年 ゼロックス社パロ・アルト研究所(PARC)設立
 - 1970年代 通信規格「イーサネット(Ethernet)」を開発
- 1972年 ARPAがDARPAと改名
- 1973～74年 プロトコル「TCP/IP」開発
 - DARPAのBob Kahnとスタンフォード大学のVinton Cerf
- 1980年代初頭 DARPAがUNIXへのTCP/IP実装を支援
 - 1983年 4.2BSDがリリースされる
 - UNIX + イーサネット + TCP/IP が標準的な形に

ARPANETからインターネットへ



- 1982年 NSF(全米科学財団)がCSNET開始
 - ARPANETで培われた技術を元にスーパーコンピュータの接続を開始
- 1983年 ARPANETから軍事部門(MILNET)分離
- 1986年 NSFがCSNETをNSFNETとして再構築
 - 大学間を接続する学術研究目的の非商用ネットワークを構築
 - 全米の基幹ネットワークに
- 1990年 ARPANETが役割を終えて廃止
- 1991年 CIX(商用インターネット協会)設立
- 1993年～1994年 NSFNETの運用が民間に移管
 - インターネットを営利目的利用に開放

日本の政府主導学術ネットワーク(1)



- 1975年 N1ネットワーク稼動
 - 国立大学大型コンピュータネットワーク
 - 東京大学と京都大学を接続
 - 1980年にはほとんどの国立大学を接続
 - ARPANETとは異なる独自のプロトコルを採用
 - 電子メールが使えなかった



- 1999年 運用終了

日本の政府主導学術ネットワーク(2)



- 1986年 学術情報センター設立
 - 2000年 国立情報学研究所
- 1987年 学術情報ネットワークパケット交換網開始
 - 国際標準として規格化が進められていた「OSI」を推進
 - しかしOSIはデファクト・スタンダードとなっていたTCP/IPを駆逐することはできなかった。



- 2002年 運用終了
- 1992年 インターネットバックボーン「SINET」運用開始

日本の草の根主導のネットワーク



- 1984年 JUNET誕生
 - 東京大学、東京工業大学、慶應義塾大学を接続
 - 電話線とUUCP (UNIXの通信方法) による接続
 - KDD研究所の協力で(こっそり) 海外接続を実現、電電公社武蔵野研究所の協力で(こっそり) 国内無料通信を実現
 - 87年5月、Inetクラブにより(正式に) 海外接続を実現
- 1988年 WIDEプロジェクト誕生
 - 専用線とTCP/IPによる「日本のインターネット」

WIDEから日本のインターネットへ



- WIDEによる研究インターネットの構築
 - 研究者の草の根活動では専用線による本格的なインターネットの構築ができない
 - 当時は64kbpsの専用線が月額数十万円もした
 - 企業との共同研究という名目で資金を集め、日本のインターネットを構築したのが「WIDEプロジェクト」
- 1990年代から商用プロバイダサービスが広がる
 - 1993年10月 AT&T Jenseがサービス開始
 - 1993年11月 IIJがサービス開始
 - 1994年06月 富士通がサービス開始
 - 1995年04月 東京インターネットがサービス開始

インターネットの爆発



- WWW (World Wide Web) が出現
 - Mosaic、Netscapeがキラーアプリケーションに
 - インターネットの使い方が大きく変化
- Microsoft Windows95が標準でTCP/IPを搭載
 - インターネットはUNIXを使う大学の研究者のものではなく、一般のパソコンユーザが使うものに
- 個人向けプロバイダサービスの開始
 - BEKKOAME、Rimnetなど、安価な個人向けサービスの普及
 - OCN、ODNなどキャリア系サービスによる全国展開
- 個人のインターネット利用環境は定額・高速化
 - ダイアルアップ接続からADSL、FTTHに
 - 従量課金から定額課金へ

インターネットとプロトコル

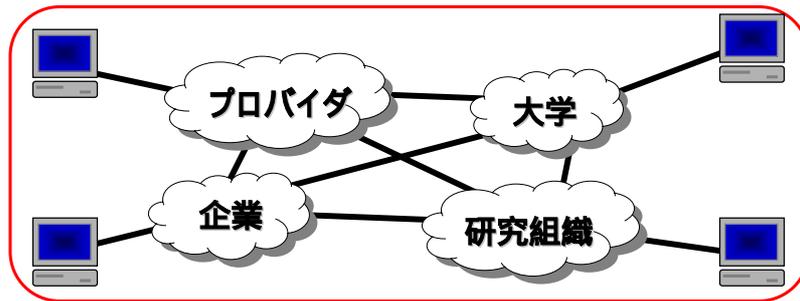
「通信」を成立させるために必要なもの



インターネットとは何か



- 「Internet」 = 「Inter」 + 「Network」
- 世界中のコンピュータ・ネットワークを接続した1つの大きなネットワーク



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

19

通信を成り立たせるための約束



- インターネットには異なるベンダの、異なるOSを搭載した様々な種類のコンピュータが接続されている
- これらが通信を行うためには、その手順を決めておく必要がある
- この手順を定めた約束事を「プロトコル」と言う

Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

20



プロトコル

- 日常世界におけるプロトコル
 - 手紙: 表に郵便番号・住所・氏名を書いて、ポストに投函する
 - 電話: 相手の電話番号を入力し、「もしもし ですが…」と話し出す
 - 会談: あらかじめアポイントをとり、時間場所を取り決め、5分前には到着する
- コンピュータネットワークにおけるプロトコル
 - ネットワーク上の通信相手を指し示す方法
 - データパケットを電気信号へ変換する方法など



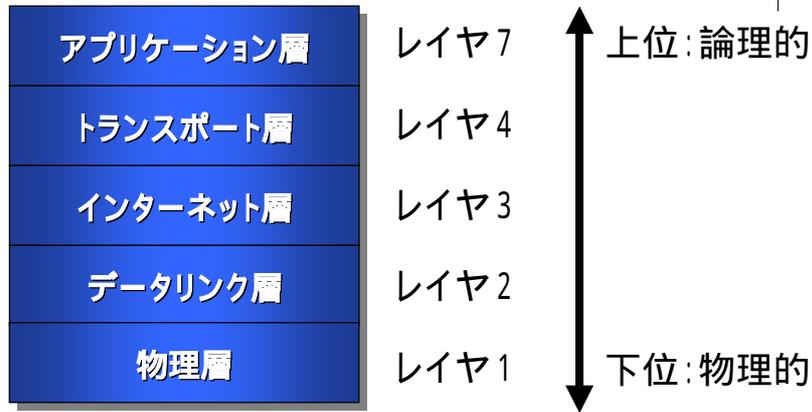
インターネットのプロトコル階層



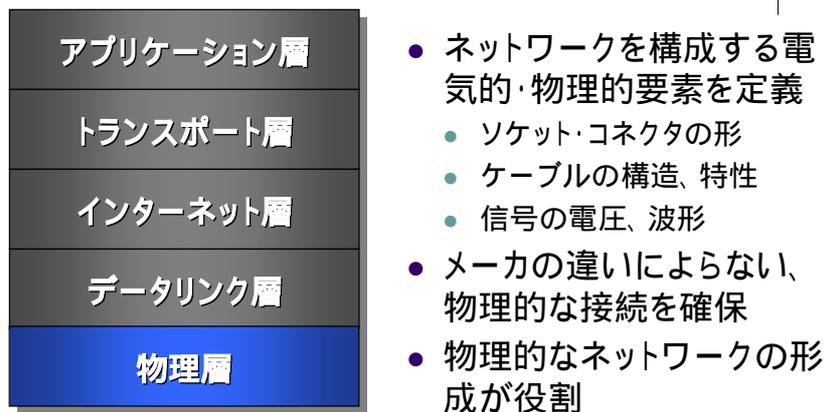
書籍等では層の名称が違ったり7層に分けたものもありますが、本チュートリアルでは上記のような名称と定義し、また5層に分けて説明します。

- インターネットのプロトコルは階層的に設計されています。
- 層のことを「レイヤ」と呼びます。
- 各層の役割は？
- なぜプロトコルは1つではなくて、階層化されているの？

プロトコル階層の上下関係



ハードウェア層の役割



データリンク層の役割



- 信号処理手順を定義
 - データ通信手順
 - パケットサイズ、構造
 - 物理アドレスの規定
- 情報を、信号に変換して物理層に渡す
- 物理層からの信号を情報として復元する
- 論理的なネットワークの形成が役割

インターネット層の役割



- インターネット的な通信手順を定義
 - 論理アドレスの定義
 - 相手までの経路制御
- 情報に宛先情報を付加してデータリンク層に渡す
- データリンク層からの情報が自分宛のものかどうかを判別する
- ネットワークの中継地点では、適切なネットワークに情報を転送する

トランスポート層の役割



- アプリケーション間での接続の確立が役割
 - 通信相手アプリケーションの識別
 - 情報パケットの順序整理
- 情報をパケットに分割し、インターネット層に渡す
- インターネット層からのパケットを並び替えて連結して、適切なアプリケーションに渡す

アプリケーション層の役割



- アプリケーション内での手順を定義
 - Webへのアクセス手順
 - メールの送受信手順
- アプリケーションメッセージをトランスポート層に渡す
- トランスポート層からの情報を受け取って処理する

インターネットプロトコル群



アプリケーション層	HTTP (Web)	SMTP (Mail送信)	POP (Mail受信)
トランスポート層	TCP		UDP
インターネット層	IP		
データリンク層	イーサネット	ATM	FDDI
物理層			

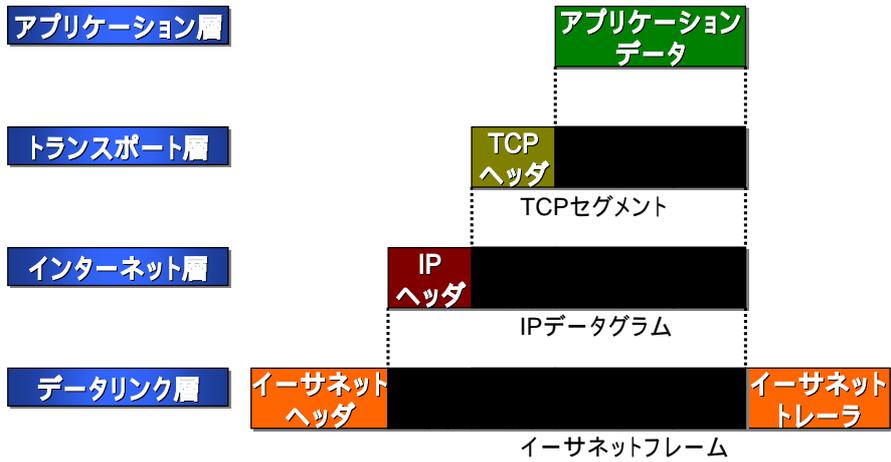
:他にも多くのプロトコルがありますが、代表的なもののみを記述しています。

TCP/IP



- インターネットを構成するプロトコルは、
 - トランスポート層のTCP・UDPと
 - インターネット層のIPを軸に、
 - 上位にアプリケーションを、
 - 下位に物理ネットワークを配している。
- TCP/IPとは、
 - 狭義には中核となるトランスポート・インターネット層を、
 - 広義にはインターネットのプロトコル群全体を指す

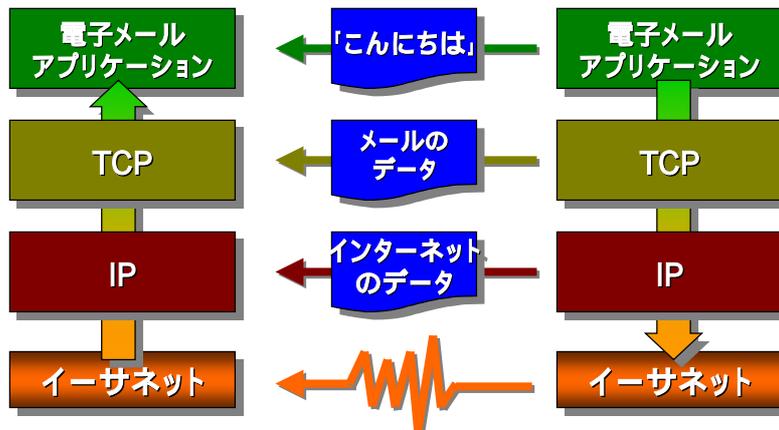
階層的プロトコルとカプセル化



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

31

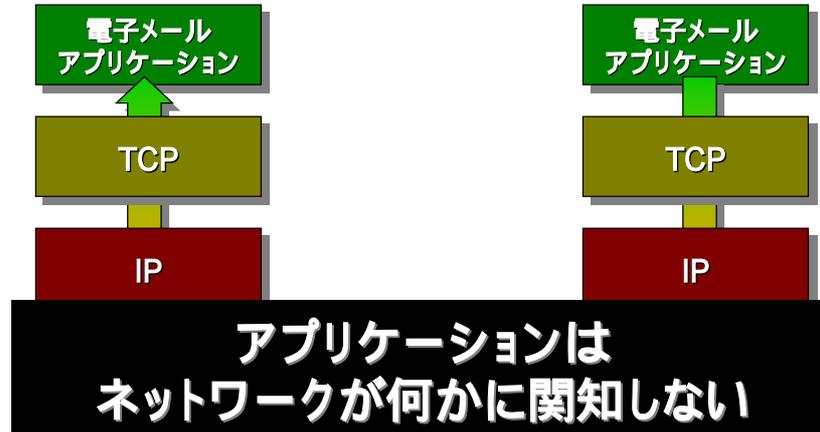
電子メール送受信のプロトコルモデル



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

32

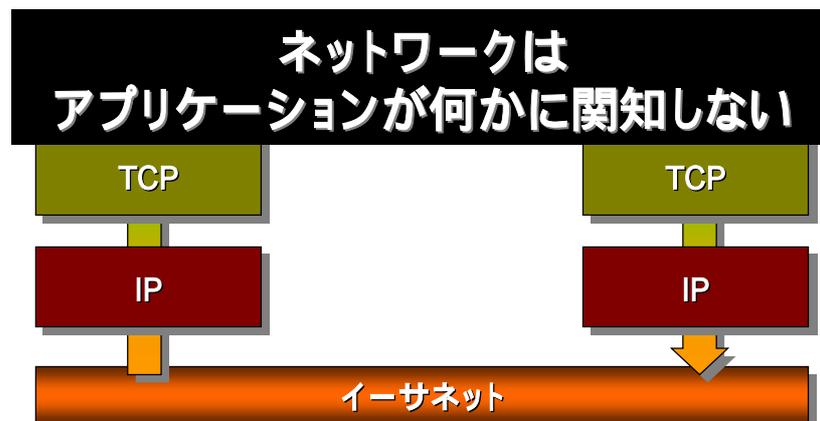
階層的プロトコルの理由



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

33

階層的プロトコルの理由



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

34

階層的プロトコルのメリット



- 隣のレイヤへのデータの渡し方さえ守れば、離れたレイヤが何であるかに関知しなくてよい。
 - 電子メールアプリケーションは、それがどういうネットワークで運ばれるのか、知る必要はない。
 - イーサネットは、何のアプリケーションのデータを運んでいるのかを意識する必要はない。



- 同一レイヤ間での仮想的な接続を提供
- 各レイヤの役割の明確化による実装単純化
- レイヤ内での実装変更の容易さ

ネットワークのいろいろ

物理層・データリンク層



インターネットは異種混合



- 物理層・データリンク層の役割は、
 - データを信号に変換して、媒体を通して目的の機器まで伝達すること
- ところで、「インターネット」=「イーサネット」だと思いませんか？
 - インターネットにはイーサネット以外のネットワークもいろいろと接続されている
 - 異なるネットワークを接続することがインターネットの目的でもある

物理層で使われる媒体



UTPケーブル
(Unshielded Twisted Pair)



光ファイバケーブル



データリンク層プロトコル: Ethernet



- LANで最も一般的に使われている方式
- 正式にはIEEE802.3として規格化されている
- 接続機器はMACアドレスという固有の番号を持つ
- CSMA/CD方式の典型
 - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
 - 通信路を見張って、誰も話してなければ話し出す
 - 運悪く誰かと同時に話し出したら話すのをやめて、ちょっと待つ
- 通信速度、ケーブルの種類によるバージョンが存在
 - 10BASE-5、10BASE-2
 - 10BASE-T、100BASE-TX、1000BASE-T、etc...

その他のデータリンク層プロトコル



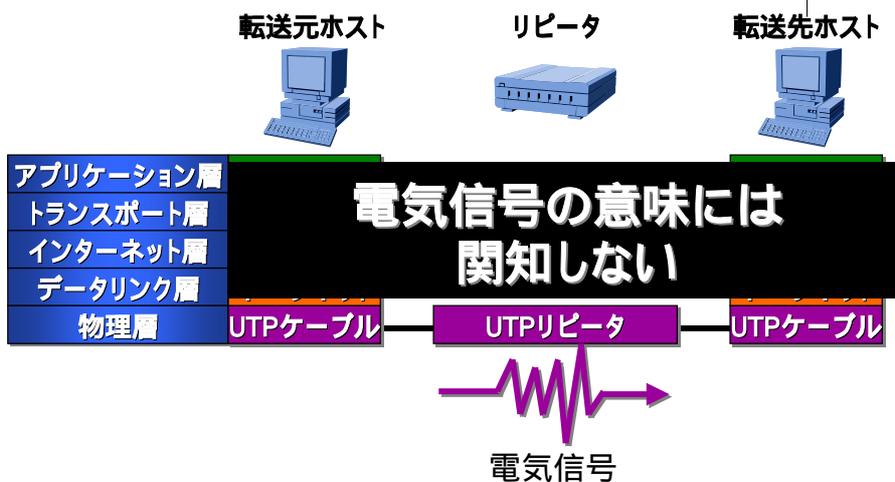
- ATM
 - 物理層に光ファイバを用いた、155～622Mbpsのネットワーク
 - データを固定長の「セル」に分割し、ハードウェアのATMスイッチによって仮想的な通信路を確立させる方式
- FDDI
 - 物理層に光ファイバを用いた、100Mbpsのネットワーク
 - トークンリング方式
 - リング状のネットワークに発言権を示す「トークン」を流す
 - トークンを持っている者だけが発言できる
 - 発言の必要がなければ隣の人にトークンを渡す
- 無線LAN (IEEE802.11x)、PPP、などなど

ネットワークをつなぐ:物理層



- 物理層での接続とは、
 - 同じ種類のネットワークを電氣的に接続すること。
 - 異なる種類のネットワークの接続は物理層ではできない。上位層を経由する必要がある。
- リピータ (Repeater)
 - 信号の中身に関係なく、無条件に電気信号を伝達する。
 - 一般的に用いられるハブ (Hub) はリピータの一種。

物理層での接続

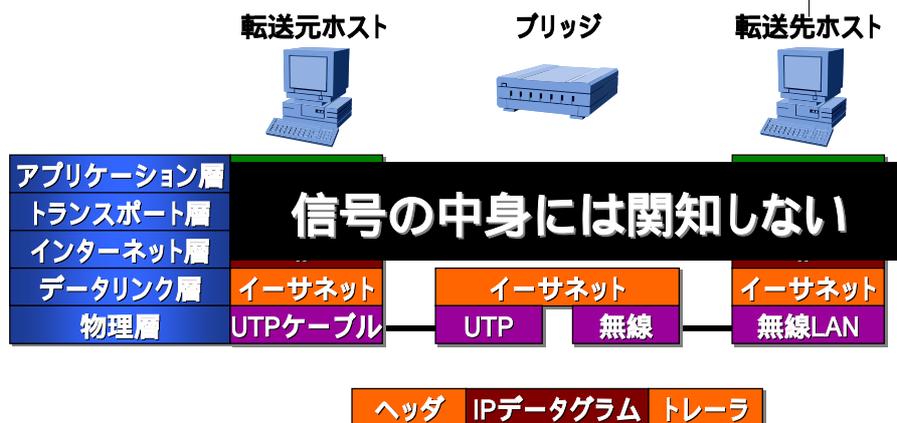


ネットワークをつなぐ: データリンク層



- データリンク層での接続とは
 - 同じ種類のネットワークを信号的に接続すること
 - データリンク層が同一で、物理層の異なるネットワークの接続を行うことが可能。
- ブリッジ (Bridge)
 - 信号の宛先MACアドレスを見て、伝達すべきもののみ伝達する。
 - 一般的に用いられるスイッチングハブはブリッジの一種。

データリンク層での接続



インターネットプロトコルの核心

インターネット層

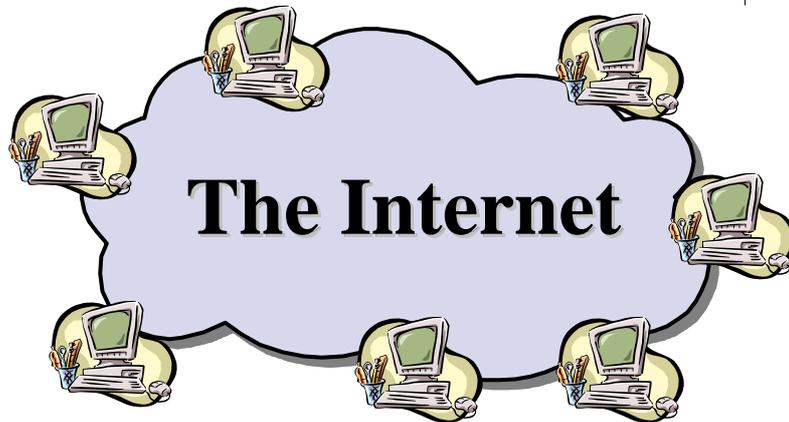


IP = Internet Protocol



- インターネット層のIPこそが、インターネットのプロトコルの中心
- IPの役割
 - 伝達する情報を「パケット」という小包にする。
 - パケットには情報の送り先などの「ヘッダ情報」を付加する。
 - ヘッダ情報が付加されたパケットが「IPデータグラム」
 - IPデータグラムを始点ホストから終点ホストまで運ぶことがIPの大きな役割

送り先をどう特定する？



IPアドレス

- 送り先の特定方法
 - 電話なら電話番号
 - 手紙なら住所・氏名
 - IPネットワーク(インターネット)なら「IPアドレス」
- IPを使って(=インターネット)通信をするものにはすべてIPアドレスが必要
- IPアドレスは、インターネットにおける住所
 - 異なる機器が同じIPアドレスを使ってはいけない



IPアドレスの表記

- IPアドレスは32ビット(32桁)の2進数

110000001010100000000000000001010

- 人が覚えやすいように、8ビットごとにピリオドで区切って10進数で表記する

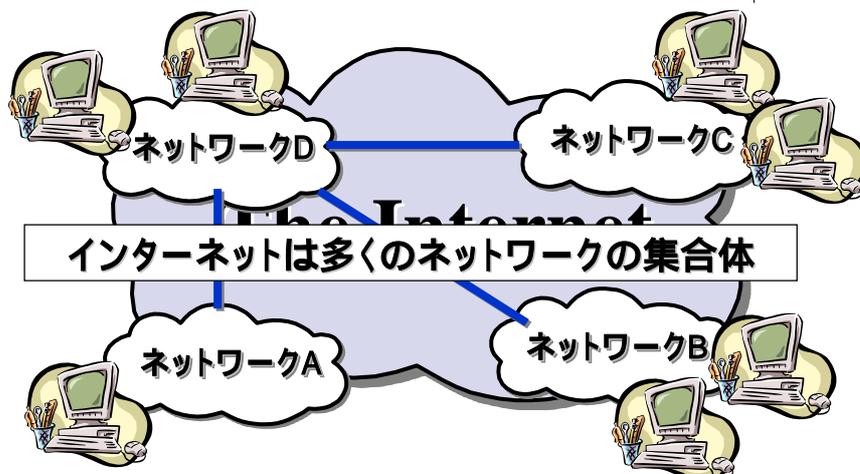
11000000 . 10101000 . 00000000 . 00001010



192 . 168 . 0 . 10



通信相手はどこにいるの？



ネットワークの識別



- IPアドレスによって通信相手を特定するだけでは、IP データグラムを届けることはできない
- インターネットはネットワークの集合なので、相手がどのネットワークにいるのかが分からなければいけない
- IPアドレスでは、相手のネットワークの識別と、相手ホストの特定の両方を行うことができる。

IPアドレスのネットワーク部とホスト部



- ネットワーク部・ホスト部に分かれている



- ネットワーク部
 - インターネット全体の中でのどのネットワークかを識別
- ホスト部
 - そのネットワークの中でのどのホストかを識別



どこまでがネットワーク部？

- IPアドレスは0と1の羅列にすぎない
 - IPアドレスを見ただけではネットワーク部の長さがわからない



- ネットマスクと呼ばれる目印で境目を表現



ネットマスクの表記

- IPアドレスの表記に合わせた32ビット形式
 - ネットワーク部を全て1、ホスト部を全て0と表記
 - IPアドレスと併記することでネットワーク部の長さを表現

IPアドレス 11000000.10101000.00000000.00001010
ネットマスク 11111111.11111111.11111111.00000000

1が先頭から24個並んでいる ネットワーク部の長さは24ビット

このネットマスクを10進数に直すと、255.255.255.0になる

インターネット層での接続

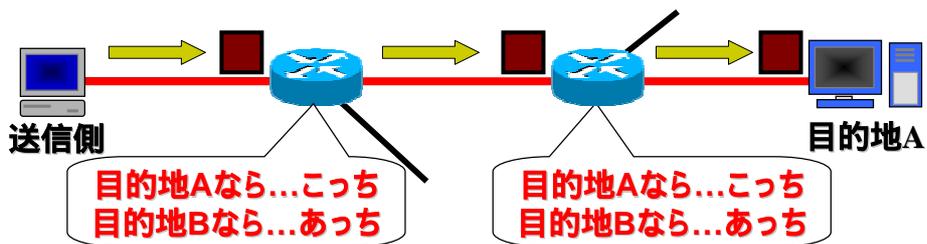


ルータと経路制御

- 宛先のネットワークがわかっても、IPデータグラムをどうやってそこまで運んでいくのか？
- ネットワークとネットワークを接続しているのが「ルータ」
- IPデータグラムはルータによってネットワークを渡り歩いて目的地までたどり着く。
- IPデータグラムを次にどのルータに投げればよいのか？
経路制御(ルーティング)
- ルータは宛先ネットワークと、それに対応する中継ルータの一覧表を保持 経路表(ルーティングテーブル)

経路制御の仕組み

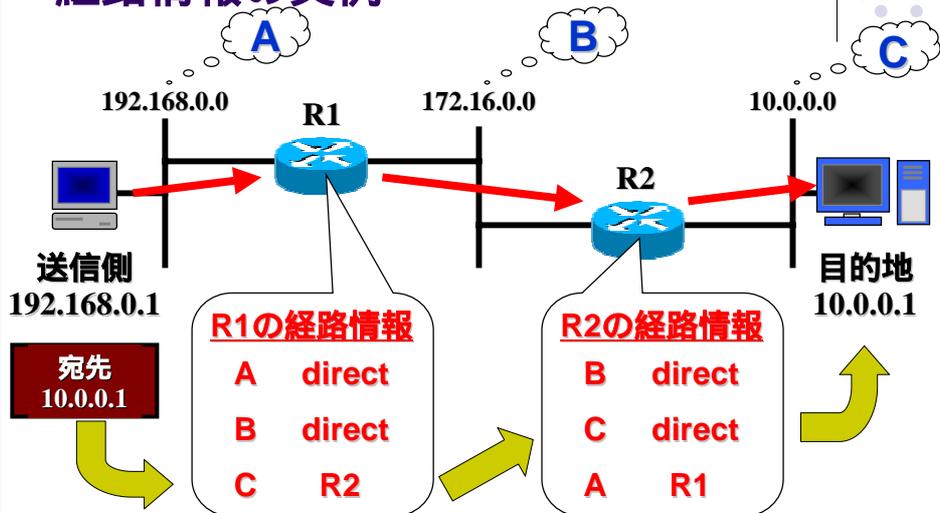
- ルータがIPデータグラムを目的地に運ぶ
 - 宛先IPアドレスのネットワークアドレスを見て判断



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

57

経路情報の実例



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

58

経路情報の自動生成

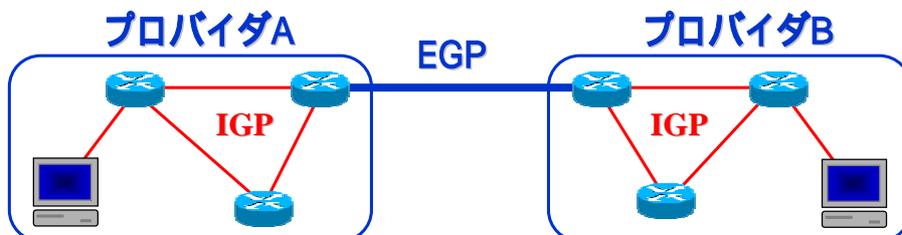


- 経路情報はインターネットの拡大と共に増加
 - 経路情報を手動で設定しては、ネットワークの数の増加と、日常的な構造の変化に対応できない。
 - 自動的に経路情報を作る仕組みが考案された。
- 「ルーティングプロトコル」の基本
 - ルータに接続されているネットワークの情報を保持
 - 同一ネットワークのルータと経路情報を交換
 - 離れたネットワークの情報もルータ同士の情報交換でルーティングテーブルに追加される

インターネット上のルーティング

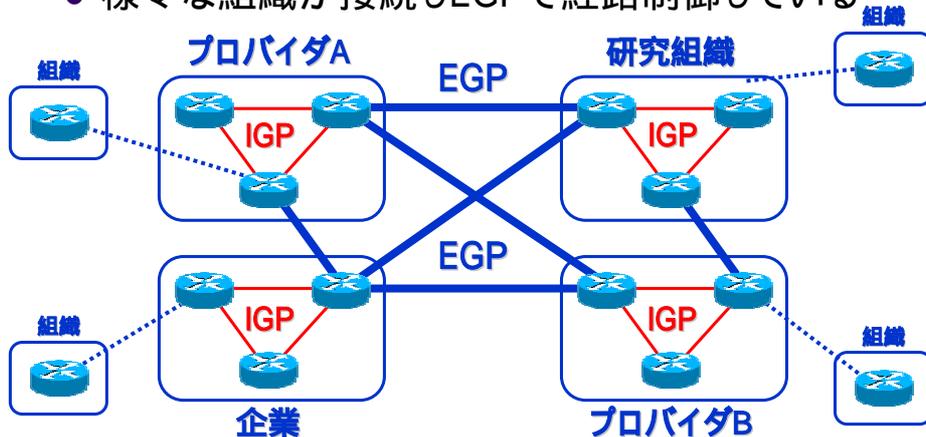


- 組織間は大まかな経路制御
 - EGP (External Gateway Protocol)
- 組織内部は細かい経路制御
 - IGP (Internal Gateway Protocol)



インターネット全体の構造

- 様々な組織が接続しEGPで経路制御している



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

61

代表的なルーティングプロトコル

- IGP
 - 小～中規模なネットワーク向け
 - RIP (Routing Information Protocol)
 - OSPF (Open Shortest Path Fast)
- EGP
 - 大規模なネットワーク向け
 - 主にISP同士の接続に使われる
 - BGP (Border Gateway Protocol)

Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

62



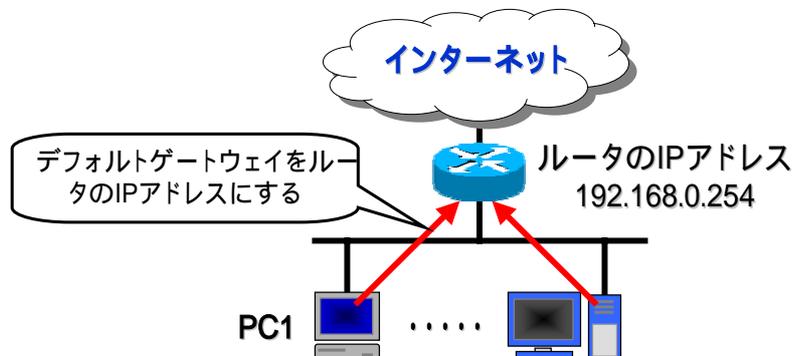
その他の経路情報

- デフォルトゲートウェイ
 - デフォルトルートとも呼ばれる
 - 経路情報に存在しない宛先に適用される経路
- インターネットへの出口が1つしかない時に使用される
 - 末端のPC
 - インターネットへの出口が1つしかないルータ



デフォルトゲートウェイの実例

- デフォルトゲートウェイをルータに向ければあとの経路制御はルータに任せられる



ところでよく聞く「IPv6」って何だ？



- これまで見てきた「IP」は、70年代に開発され、今なお利用されている「バージョン4」=「IPv4」
- インターネットの広がりとともに新たな問題が発生。
 - 32ビットのアドレス(約40億個)じゃ足りない！
 - 通信路暗号化や認証などのセキュリティ機能が必要！
 - などなどたくさん
- 次代を担うIPとして「IPv6」を策定
 - 1990年代前半に調査と要求定義、後半に設計がなされた。
 - 2000年代に入って、IPv6でのネットワークサービスが普及しつつある。

IPv6の特徴



- アドレス不足を解消する128ビットのアドレス
 - IPv4の4倍の長さ、 2^{96} 倍のアドレス数
- 経路制御がしやすい階層的アドレス構造
 - ネットワーク構造に応じたアドレス割り振り
- 高速なデータ転送を実現する単純なデータ構造
- プラグ&プレイによる自動的なアドレス生成
 - 機器をネットワークにつなぐだけで自動的に設定
- IPsecを標準装備
 - 通信路暗号化と認証機能を提供

ネットワークとアプリケーション の接続

トランスポート層



トランスポート層の役割



- インターネット層までの活躍で、データを送り先のホストまで届けることはできた。
- でも...
 - ホストの中で動いているいろいろなアプリケーションの中から、目的のアプリケーションにデータを渡すにはどうしたらよいの？
 - 情報が伝送の途中で失われたりした場合、どうしたらよいの？
- そこでトランスポート層の出番

トランスポート層のプロトコル



- TCPとUDPの2つ
 - TCP ... Transmission Control Protocol
 - UDP ... User Datagram Protocol
- TCP/IPというとTCPとIPの組み合わせ、と思いがちですが、そうではありません
 - UDPとIPを使った通信は「UDP/IP」とは言いません
 - 様々なプロトコル全体を指して「TCP/IP」と言います

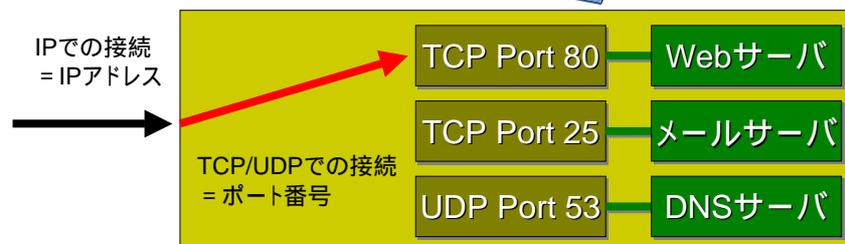
ポート番号: アプリケーションの通信窓口



- IPアドレスでホストを識別したその先にあるもの
 - アプリケーションの通信窓口を識別するために用意されているのが「ポート番号」



ホストA
192.168.0.10



ポート番号



- 代表的なアプリケーションには世界共通のポート番号が割り当てられている
 - HTTP TCP ポート80番
 - SMTP TCP ポート25番
 - DNS UDP ポート53番
- メールを送る場合ならTCPを利用しポート番号を25番にセットしてデータを送信する
- 0～1023の番号をWell Known Portと呼ぶ
 - 標準的なアプリケーションが利用するために予約されているポート番号
 - 勝手に他の用途に使ってはいけない

TCPとUDPの違いは？

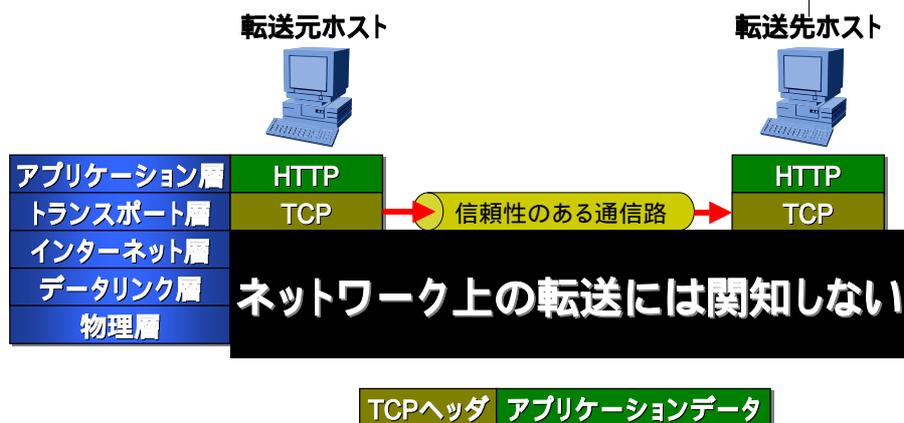


- どちらも、IPで運ばれたデータをポート番号で識別されるアプリケーションに届ける、という機能は同じ。
- 違いは「信頼性の確保」に対する姿勢
 - IPデータグラムは、経路の途中で壊れたり失われたりする。
 - IPデータグラムは、先に送信したものよりも後から送信したものが、順序が入れ替わって先に到着することがある

TCPは「コネクション型」

- TCPでは、最初に通信をするアプリケーション同士が通信用の仮想的なパイプを作る。
 - このパイプは、入り口でパケットに細切れにしたデータも、出口で元通りに復元する
 - 復元するときには、パケット到着の順序が入れ替わっていても、ちゃんと元通りに並び替える
 - このパイプを通るデータが途中で壊れたり失われたりした場合は、自動的に再送要求をする
 - 相手がデータを正しく受け取ったことを確認する

TCPによる接続



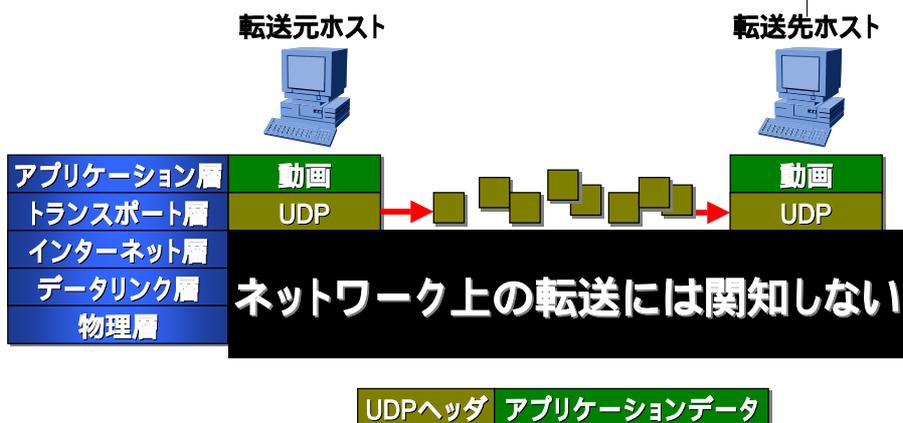


UDPは「コネクションレス型」

- UDPでは、パケットに細切れにしたデータ(UDP データグラム)を相手にどんどん投げつける。
 - 細切れにしたパケットは、相手に届くときも細切れのまま。
 - 順番が入れ替わっても知らない。
 - 途中で壊れたりなくなったりしても知らない。
 - 相手がデータを受け取れる状態かどうかも知らない。
 - 相手がデータを受け取れなかったとしても知らない。



UDPによる接続



TCPかUDPか



- TCPとUDPの違い
 - TCPは信頼性が確保できるが、その分の性能的オーバーヘッドも大きい
 - UDPは身勝手だけど、伝送効率が高い
- 利用するサービスによって使い分ける
 - 通信の確実性が必要なものはTCP
 - 電子メールやWebコンテンツなど
 - データ単位が小さかったり、多少情報を失ってもリアルタイムな通信を優先する場合はUDP
 - 映像・音声の配信や、DNSクエリなど

すべてはアプリケーションの ために

アプリケーション層





結局のところ

- 物理層からトランスポート層までは、すべてアプリケーション層のためにある。
- アプリケーション層から見れば、データが相手のアプリケーションに正しく届けばよいだけ。
 - 「ネットワークさん、がんばってね」
- というわけで、アプリケーション層の勉強では、他の層のプロトコルはとりあえず忘れましょう。



アプリケーションプロトコルの例

- DNS (Domain Name System)
 - ドメイン名とIPアドレスを変換する
- SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)
 - 電子メールを送信する
- POP (Post Office Protocol)
 - 電子メールを受信する
- HTTP (Hyper Text Transfer Protocol)
 - Webコンテンツを転送する

アプリケーション層での通信相手の識別



- メールを送るにも、Webを見るにも、通信相手を指定する方法が必要。
 - インターネット上でのホストを識別するものとしてインターネット層のIPアドレスを利用することができる。
 - が、IPアドレスは人間には使いにくい。
 - おまけに、ネットワーク構造の変化でIPアドレスは変わることがある。
- アプリケーション層で人間が使うために考えられたのが「ドメイン名」

ドメイン名での通信相手識別



- WebのURLの例
 - `http://www.example.co.jp/`
 - `http://宇井隆晴.jp/`
- 電子メールアドレスの例
 - `taro@example.co.jp`
 - `ui@jprs.co.jp`

アプリケーション「DNS」の役割



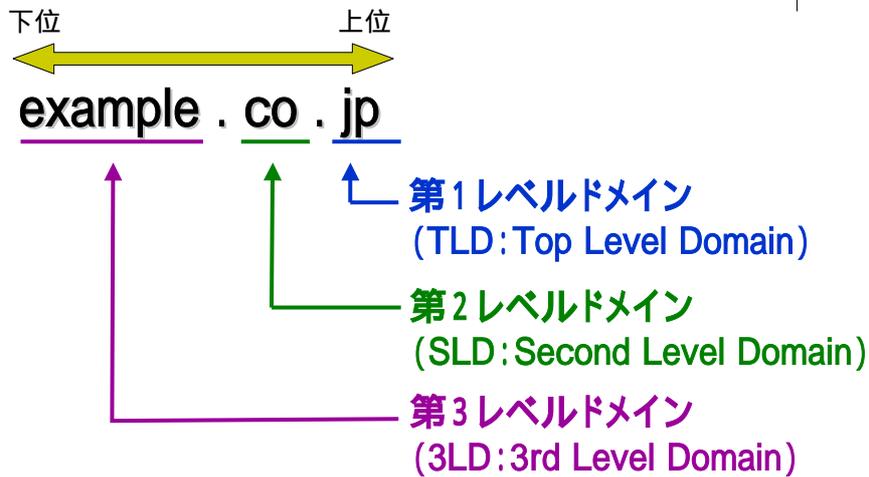
- ドメイン名を使って様々なアプリケーションが通信を行う
 - しかし、下位層のIPでは、通信相手を特定するためにIPアドレスが必要
- ドメイン名をIPアドレスに変換するアプリケーションとして「DNS」が存在する
 - つまり、DNSは、他のアプリケーションを支える、基本的なアプリケーション

ドメイン名のプロトコル



- ドメイン名として使える文字
 - アルファベット、数字、ハイフン
 - 日本語の平仮名・片仮名・漢字など、各国言語文字
- 文字列解釈
 - アルファベットの大文字・小文字は区別されない
- ドメイン名階層
 - ピリオドで区切られた階層構造を持つ
 - 一番右のラベルが最上位、左に行くにしたがって階層が下がる

ドメイン名の階層



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

85

DNSの機能

● クライアント・サーバモデル

- クライアント
 - リゾルバ(多くのOSに組み込まれている)
 - 名前解決要求をサーバに送信する
- サーバ
 - DNSサーバ(ネームサーバとも言う)
 - ドメイン名とIPアドレスの変換結果をクライアントに返す



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

86



DNSの特徴

- DNSサーバは1台じゃない
 - 世界中のホストがDNSを利用するため、1台では耐えられない
 - ドメイン名の階層構造に応じた、分散データベースとして構築されている
- DNSサーバの役割分担
 - コンテンツサーバ
 - ドメイン名とIPアドレスの対応表を持っている
 - もしくは、下位層のDNSサーバのアドレスを持っている
 - キャッシュサーバ
 - リゾルバからの要求を受け、DNS階層をたどって答を得る

Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

87

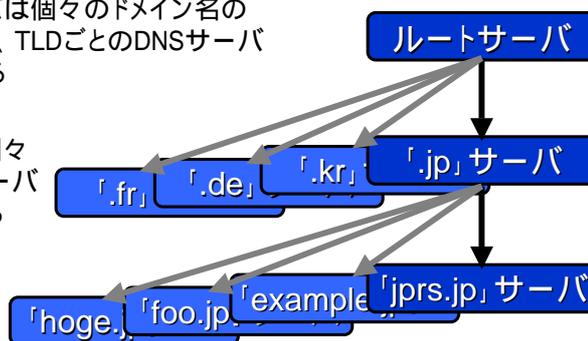


DNSの階層構造

最上位のルートサーバは個々のドメイン名の情報を持っていないが、TLDごとのDNSサーバのアドレスを知っている

TLDのDNSサーバは個々のドメイン名のDNSサーバのアドレスを知っている

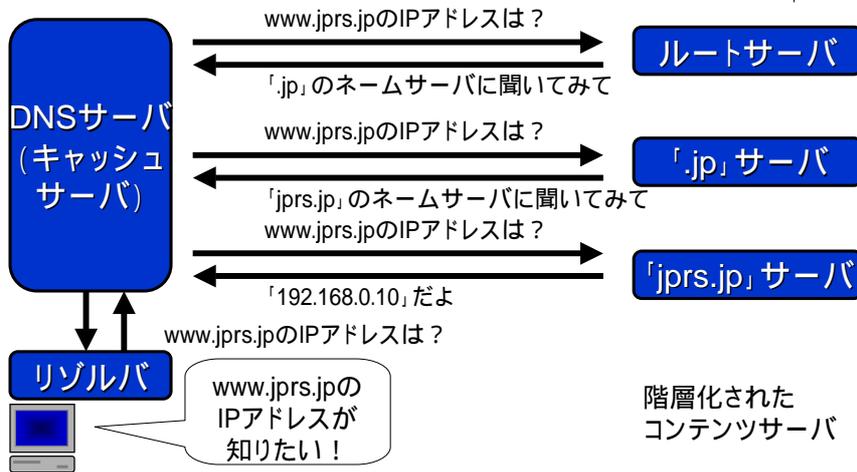
個々のドメイン名のDNSサーバが、IPアドレスなどの情報を持っている



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

88

DNSでドメイン名をIPアドレスに変換



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

89

ドメイン名とIPアドレスの管理

インターネットの資源管理構造



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

90

ドメイン名もIPアドレスも「一意性」が必要

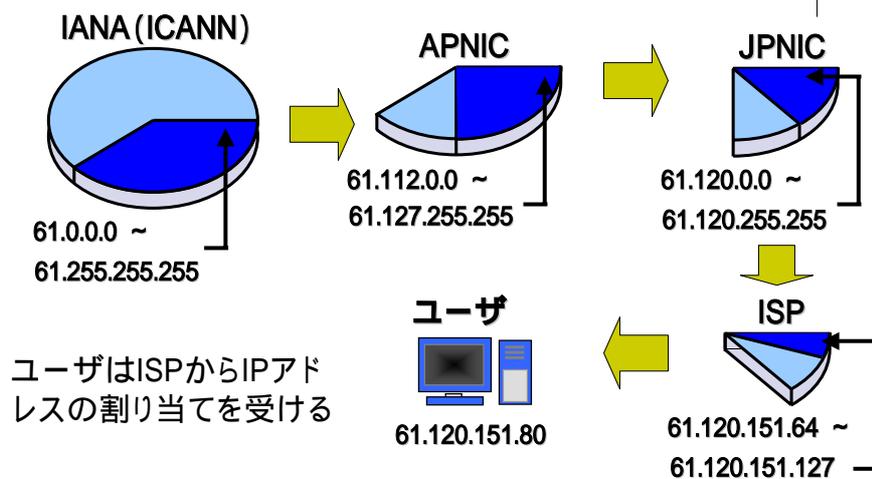


- ドメイン名とIPアドレスは、インターネットの上でホストを識別する名前
 - 同じIPアドレスのホストが複数存在してはいけない
 - 同じドメイン名のホストが複数存在してはいけない
- 同じアドレス・ドメイン名が存在すると、どっちと通信しているのかわからなくなってしまう
- だから、
 - 好きなIPアドレスを勝手に使っていいわけではない
 - 好きなドメイン名を勝手に使っていいわけではない

Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

91

IPアドレスの管理構造



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

92

トップレベルドメイン名(TLD)の種類



- ccTLD (country code TLD)
 - 世界中の各国に1つずつ定められたTLD
 - 日本は「.jp」
 - 他に、韓国「.kr」、中国「.cn」、ドイツ「.de」、イギリス「.uk」、など
- gTLD (generic TLD)
 - 国とは関係のないTLD
 - 「.com」、「.net」、「.org」、「.info」、「.biz」など
 - 「.gov」、「.edu」、「.mil」はARPANET時代からの名残でアメリカ専用となっている

ドメイン名の管理構造



- 各TLDごとに、その一意性管理を行う「レジストリ」という組織が存在する。
 - TLDが「.jp」であるJPドメイン名では、一意性管理をJPRSがレジストリとして担っている。
 - JPドメイン名を使うためには、使いたいドメイン名を指定事業者(ISPなど)を通して申し込むことが必要。
- TLDレベルのDNSサーバはレジストリが運用している

JPドメイン名の種類



- 属性型JPドメイン名
 - 1つの組織で1つだけ登録できる
 - 会社や大学など、組織種別によってSLD(9種)を規定
 - example.co.jp ... 民間企業
 - example.ac.jp ... 大学、研究機関など
 - example.ne.jp ... プロバイダなど
 - example.go.jp ... 政府組織
- 汎用JPドメイン名
 - 誰でも、どんな組織でも、個人でも、いくつでも
 - example.jp、jprs.jp、宇井隆晴.jp

アプリケーションはどう動く？

Webブラウザからのアクセスを例に
TCP/IPのおさらい



Webブラウザでホームページを見る



- アプリケーション層から見た一連の動作
 - ユーザが見たいURLを指定する
 - DNSでWebサーバのIPアドレスを調べる
 - Webサーバに接続し、HTTPでコンテンツを要求する
 - WebサーバからHTTPでコンテンツが送られてくる
 - Webブラウザでコンテンツを表示する
- 2つのアプリケーション層の protocols を利用
 - DNS ... ドメイン名とIPアドレスを変換
 - HTTP... WebのHTMLコンテンツの送受信

Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

97

アプリケーション層での動作

URLを指定する

「http://www.example.co.jp/」



DNSサーバでIPアドレスを調べる
「www.example.co.jpのIPアドレスは？」

DNSサーバがIPアドレスを返す
「192.168.0.10 です」

Webサーバにコンテンツを要求する
「GET /index.html HTTP/1.0」

HTMLを表示する

Webサーバがコンテンツを返す

HTML
コンテンツ



DNSサーバ

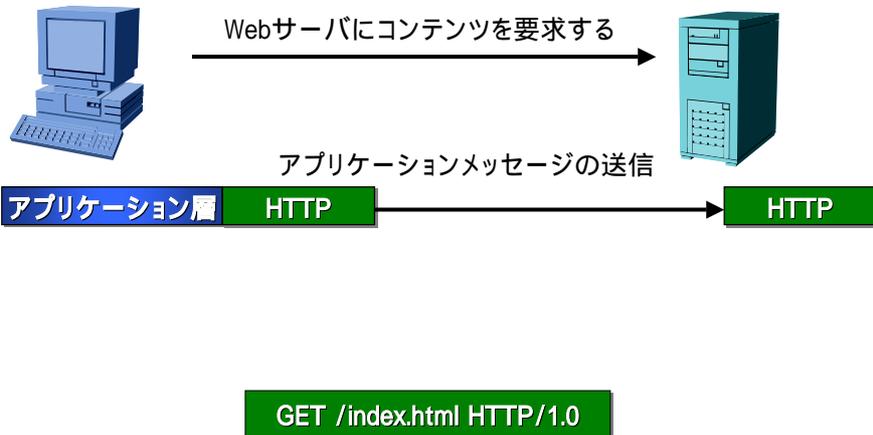


Webサーバ

Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

98

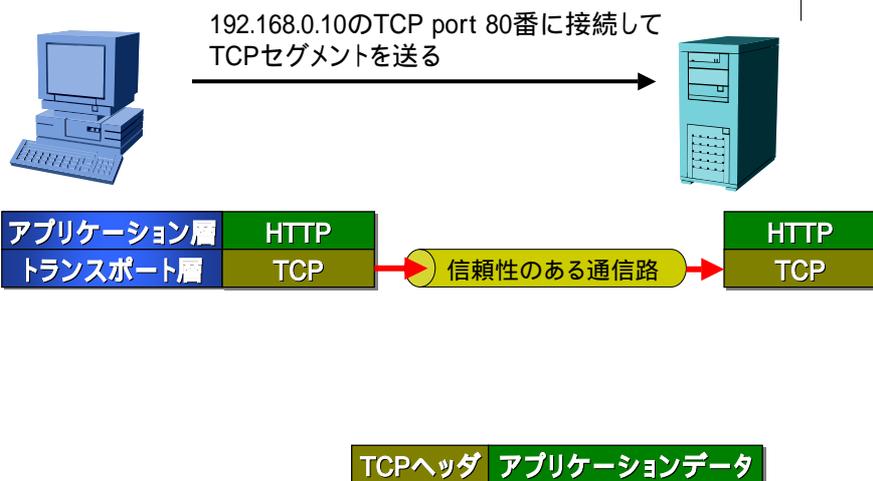
Webサーバへの要求送信



Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

99

トランスポート層での動作

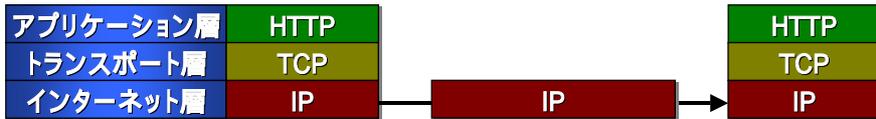
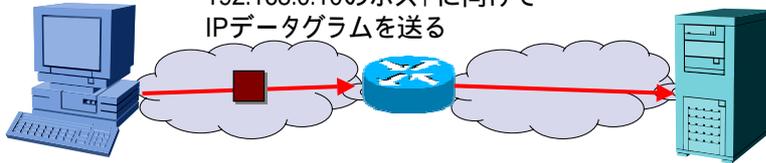


Copyright © 2004 株式会社日本レジストリサービス

100

インターネット層での動作

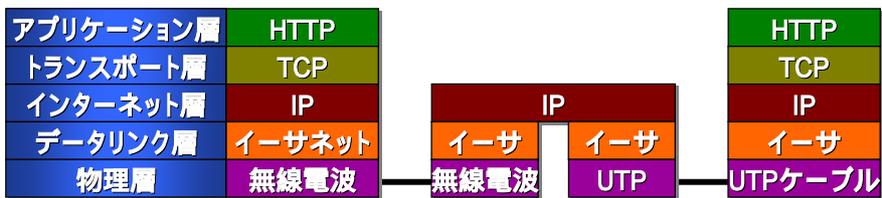
192.168.0.10のホストに向けて
IPデータグラムを送る



IPヘッダ TCPセグメント

データリンク層・物理層での動作

信号を物理ネットワークを通して伝える



インターネットと社会との融合

社会基盤としてのインターネット



インターネットでできること



- 性能・技術の進歩
 - 最初は文字のやりとりしかできなかったものが、画像、音声、動画など、様々なメディアを扱うことができるようになった
- 特別なものから当たり前のものへ
 - インターネットは、研究者が使うものから、誰もが生活の中で使うものへ
 - 音楽を聴く、本を読む、テレビを見る、などの行動と同じレベルに「インターネットを使う」

既存の仕組みとの融合、置き換え



- インターネットの上で育ってきたサービス
 - 電子メールやチャットなど
- 既存の媒体をインターネットが置き換えようとしているもの
 - 固定電話とIP電話の関係
 - 郵便と電子メールの関係
 - 出版とオンラインメディア
 - 実生活とオンラインゲーム？

「使う」ものから「使っている」ものへ



- 今はまだインターネットは意識して「使う」もの
 - 「インターネットでWebを見よう」
 - 「インターネットでメールを送ろう」
- これがいつのまにか「使っている」ものへ
 - 「 さんに電話しよう」
 - 実はその電話、インターネットを使っています
 - 「テレビであの映画をリクエストして見よう」
 - そのサービス、インターネットを使っています

IP電話とインターネット電話



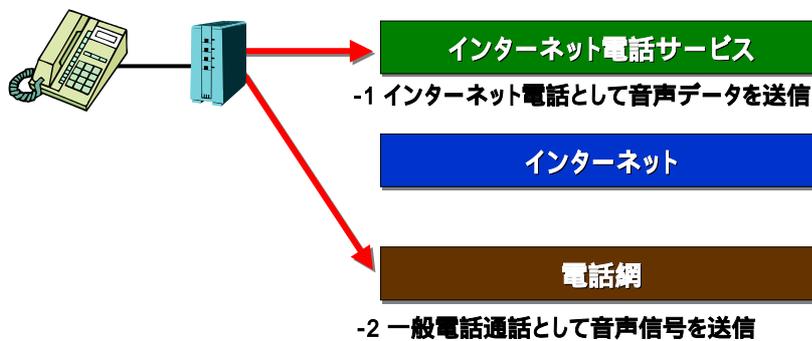
- IPネットワークを使って音声データを伝達することで通話するものが「IP電話」
 - オフィス内ネットワークや企業内専用線に構築されるものなど
- インターネット上でデータを伝達するIP電話が「インターネット電話」
 - 多くのプロバイダが一般ユーザ向けに提供しているのがこれ

インターネット電話とサービスレイヤ



電話機で電話番号をダイヤル

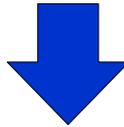
アダプタが相手がインターネット
電話利用者かどうかを判断



インターネットと電話のこれまでの関係



- 電話会社の電話網を使って電話
- プロバイダにダイヤルアップ(電話)してインターネットに接続



- プロバイダの光ファイバ網を使ってインターネットに接続
- インターネット電話を使って電話

パラダイムシフト



- 既存インフラの上に構築するインターネットから、インターネットの上に構築されるサービスへ



社会基盤としてのインターネット



- 「あると便利なもの・役立つもの」から「なくてはならないもの」へ
- インターネットが生活、企業活動、社会、経済を支える基盤としてなくてはならないものになった時、インターネットは社会基盤(インフラ)になった

おわりに





まとめ

- インターネットは、軍事・学術研究分野から一般に広がり、社会基盤となりました。
- どんなに高度で複雑なアプリケーションでも、インターネットプロトコルの役割は同じです。
- 各層のプロトコルは、それぞれが奥深いものです。また、アプリケーションは次々と新しいものが開発されています。
- 全体像を掴むことで、個々の技術を理解しやすくなります。

