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://宇井隆晴.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
- 開拓者たちの今
- 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
- インターネット上の迷惑行為

インターネットの歴史

「ARPANET」から「The Internet」へ

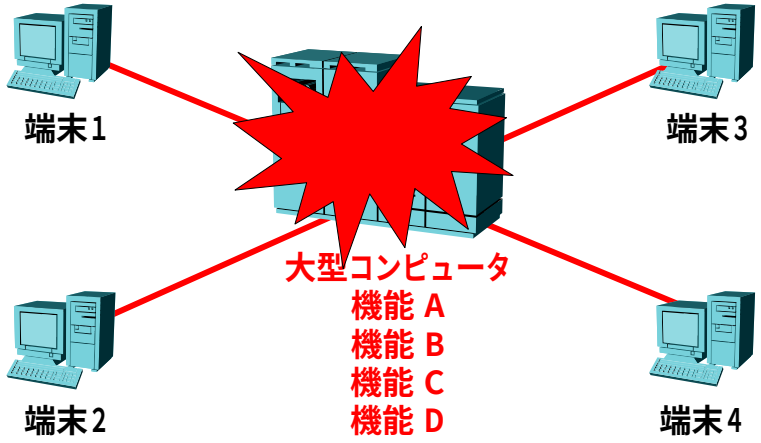
インターネットはなぜ生まれたか

- 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

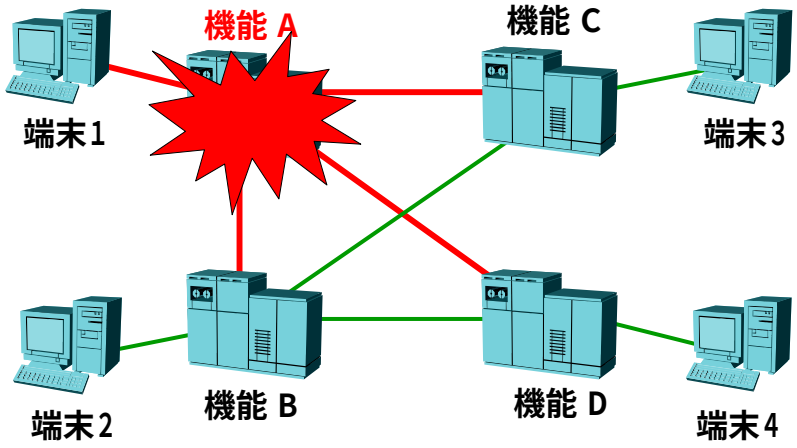


ARPANETの思想

- 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

広域分散ネットワーク



…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！」

ARPANETの拡大

- 1969年 最初のARPANET稼動
  - 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とスタンフォードのVint 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 Jens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

開拓者たちの今

日本のインターネットを
切り開いてきた人々

開拓者たちの今 (WIDEプロジェクト)

- 村井純
  - WIDEプロジェクト代表
  - JPNIC前理事長
  - 慶應大学教授、常任理事
- 加藤朗
  - WIDEインターネットの運用責任者
  - 現 東京大学助教授
- 佐野晋
  - JPNIC運営委員長
  - 現 JPRS代表取締役副社長

開拓者たちの今 (BITNET、DECNet)

- 東田幸樹
  - BITNET-JP 技術責任者
  - JPNIC副理事長・事務局長
  - 現 JPRS代表取締役社長
- 苅田幸雄
  - DECNet-J 技術責任者
  - 現 高エネルギー加速器研究機構

開拓者たちの今（プロバイダサービス）

- 鈴木幸一
  - 日本企業初のISPサービス開始
  - 現 IIJ代表取締役社長
- 熊谷正寿
  - ダイヤルQ2による低料金プロバイダサービスを開始
  - 現 GMOインターネット株式会社 代表取締役会長兼社長
- 後藤滋樹
  - NTT内でインターネットの必要性を説き、後のOCNに繋げた
  - 現 早稲田大学理工学部教授
  - 現 JPNIC理事長

開拓者たちの今（ドメイン名、IPアドレス）

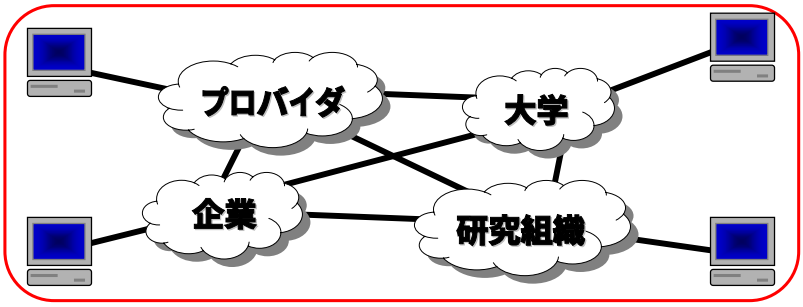
- 高田広章
  - JPNICにおいて、JPドメイン名の制度を策定
  - 現 名古屋大学教授
- 浅羽登志也（IPアドレス）
  - JPNICにおいてIPアドレス割り振りの制度を策定
  - 現 IIJ 取締役副社長

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



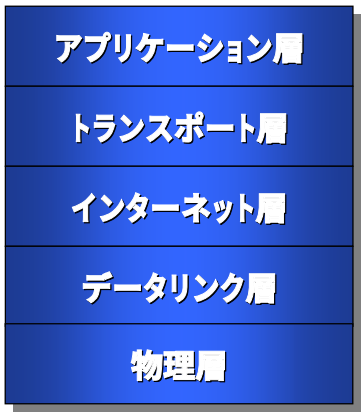
通信を成り立たせるための約束

- 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

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

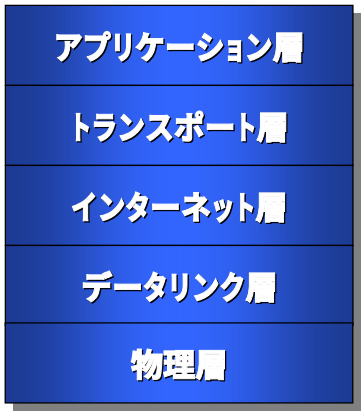


※書籍等では層の名称が違ったり7層に分けたものもありますが、本チュートリアルでは上記のような名称と定義し、また5層に分けて説明します。

- 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



レイヤ7
レイヤ4
レイヤ3
レイヤ2
レイヤ1

上位：論理的
下位：物理的

ハードウェア層の役割

- ネットワークを構成する電気的･物理的要素を定義
  - ソケット･コネクタの形
  - ケーブルの構造、特性
  - 信号の電圧、波形
- メーカの違いによらない、物理的な接続を確保
- 物理的なネットワークの形成が役割

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

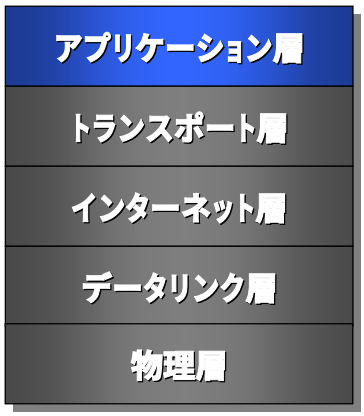
インターネット層の役割

- 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

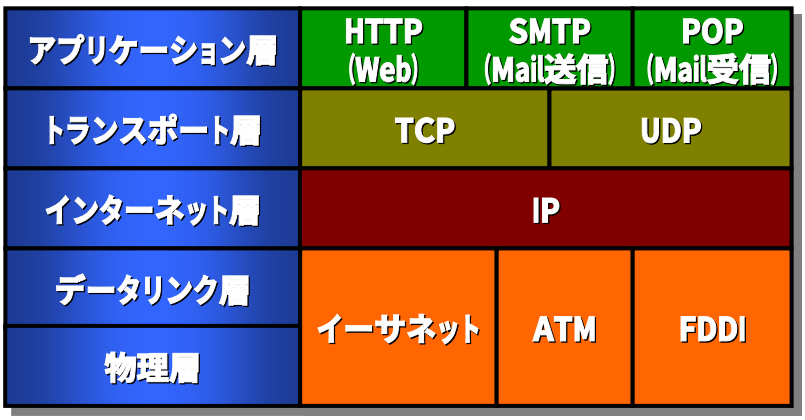
- アプリケーション間での接続の確立が役割
  - 通信相手アプリケーションの識別
  - 情報パケットの順序整理
- 情報をパケットに分割し、インターネット層に渡す
- インターネット層からのパケットを並び替えて連結して、適切なアプリケーションに渡す

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

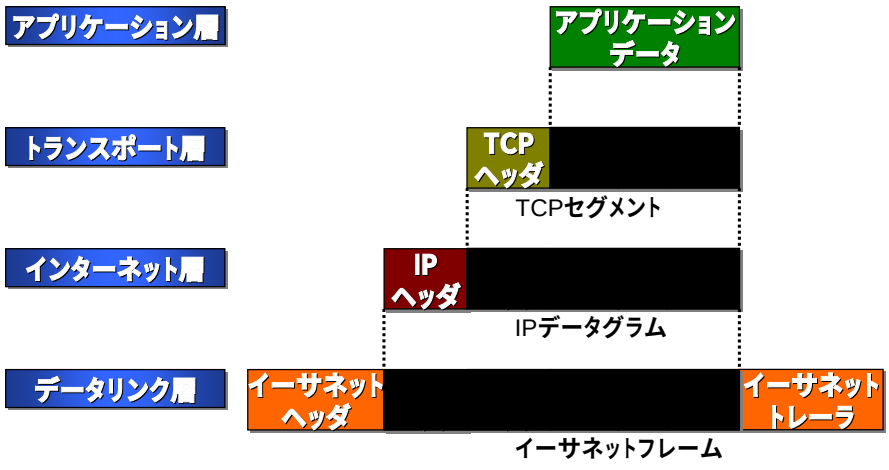


※：他にも多くのプロトコルがありますが、代表的なもののみを記述しています。

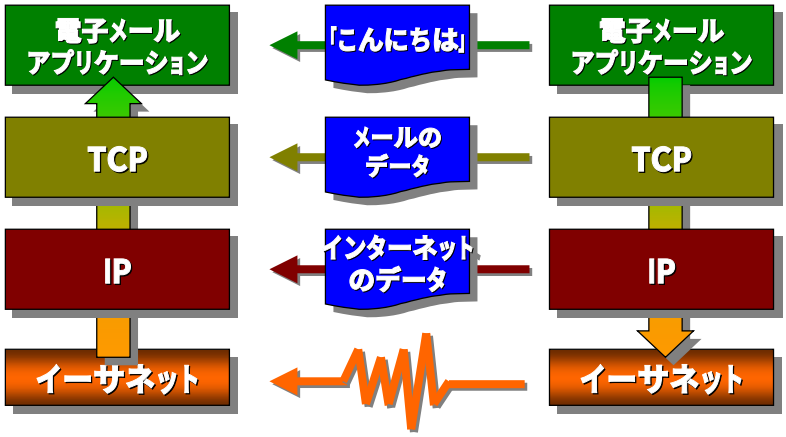
TCP/IP

- 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

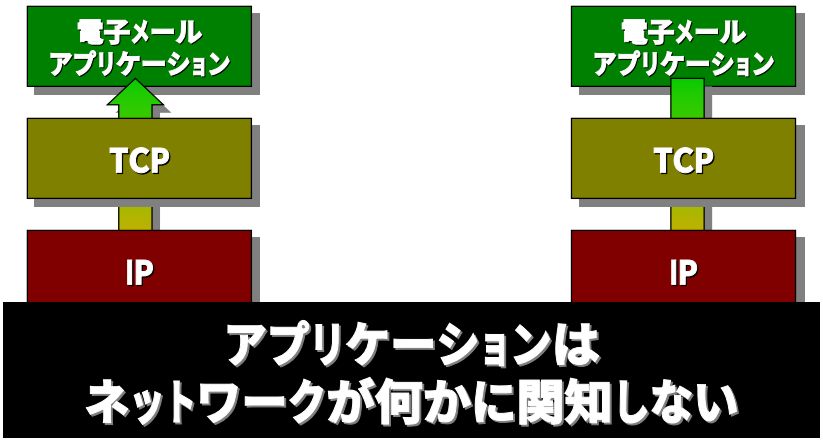
階層的プロトコルとカプセル化



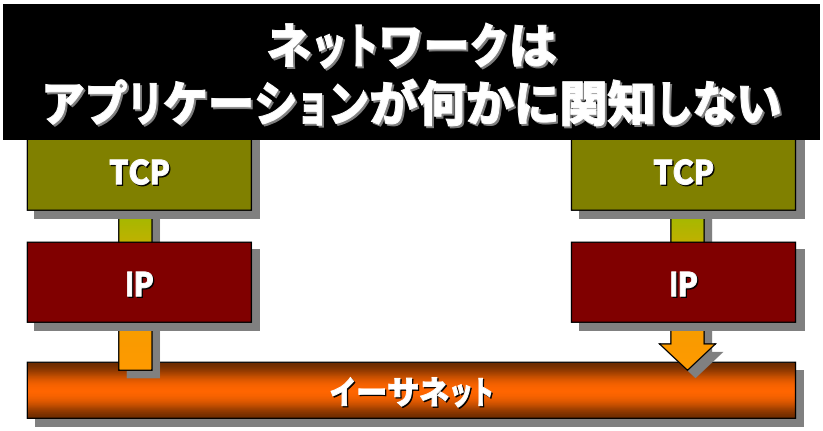
電子メール送受信のプロトコルモデル



階層的プロトコルの理由



階層的プロトコルの理由



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」だと思ってませんか？
  - 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…

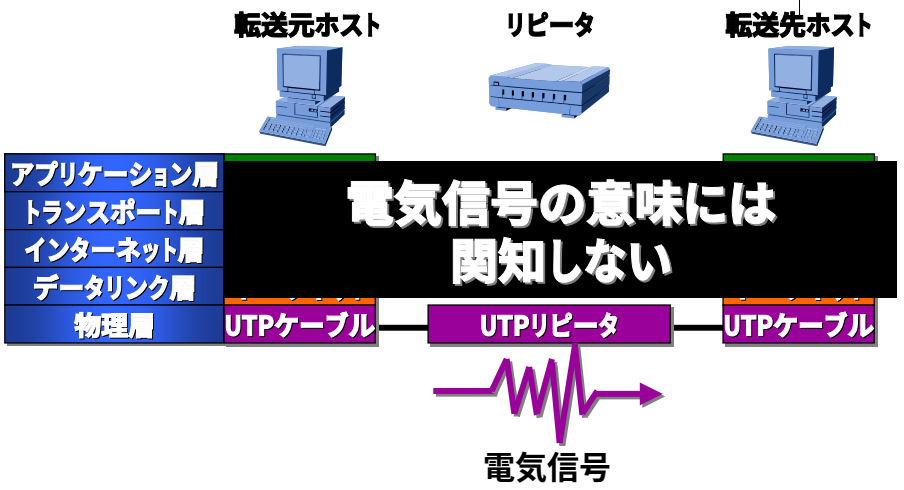
その他のデータリンク層プロトコル

- 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気的に接続すること。
  - 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。

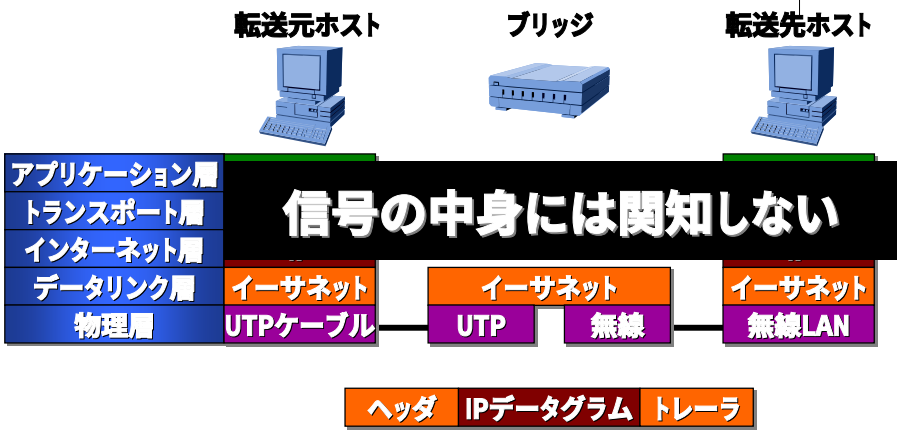
物理層での接続



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



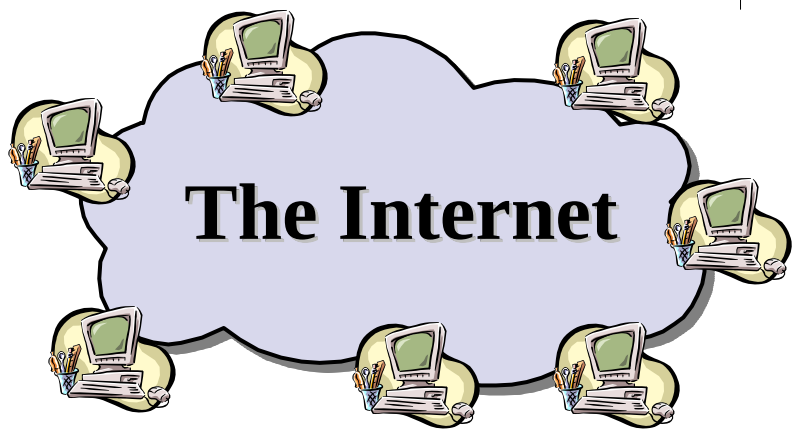
インターネットプロトコルの核心

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

11000000101010000000000000001010

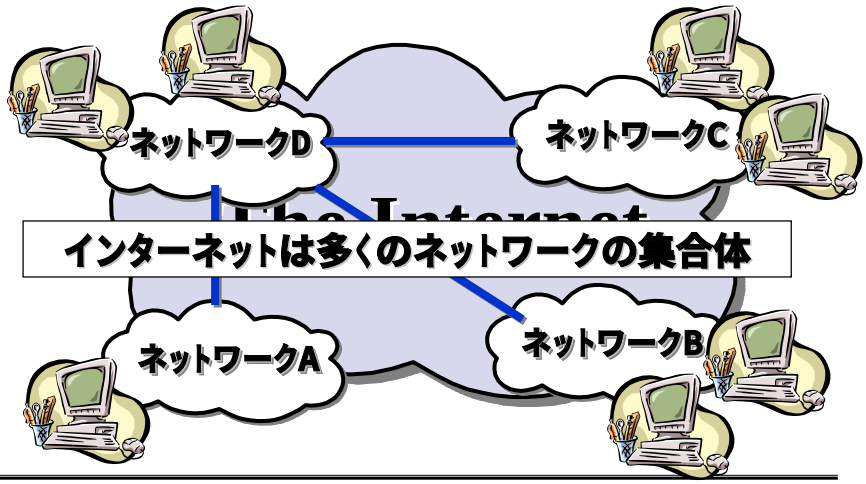
- 人が覚えやすいように、8ビットごとにピリオドで区切って10進数で表記する

11000000 . 10101000 . 00000000 . 00001010

↓

192 . 168 . 0 . 10

通信相手はどこにいるの？

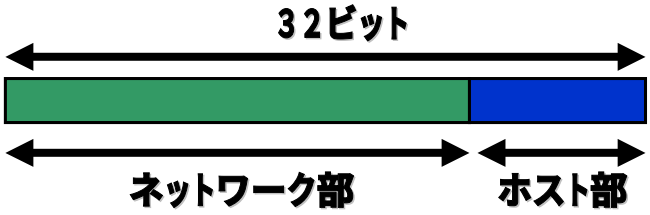


ネットワークの識別

- 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

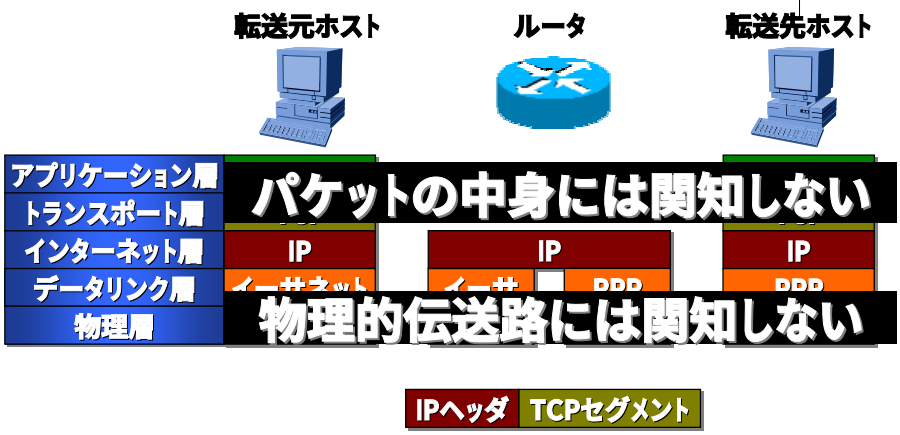
- IPアドレスの表記に合わせた32ビット形式
  - ネットワーク部を全て1、ホスト部を全て0と表記
    - IPアドレスと併記することでネットワーク部の長さを表現

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

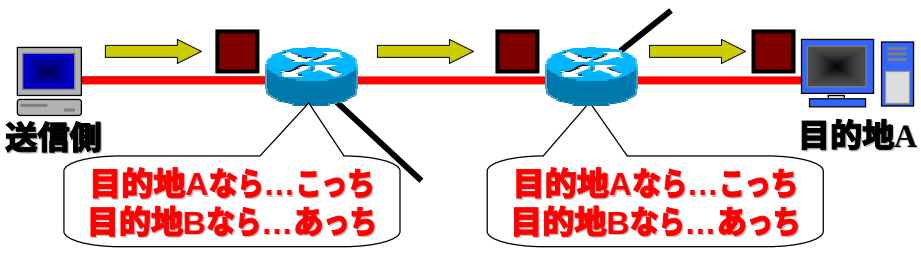


ルータと経路制御

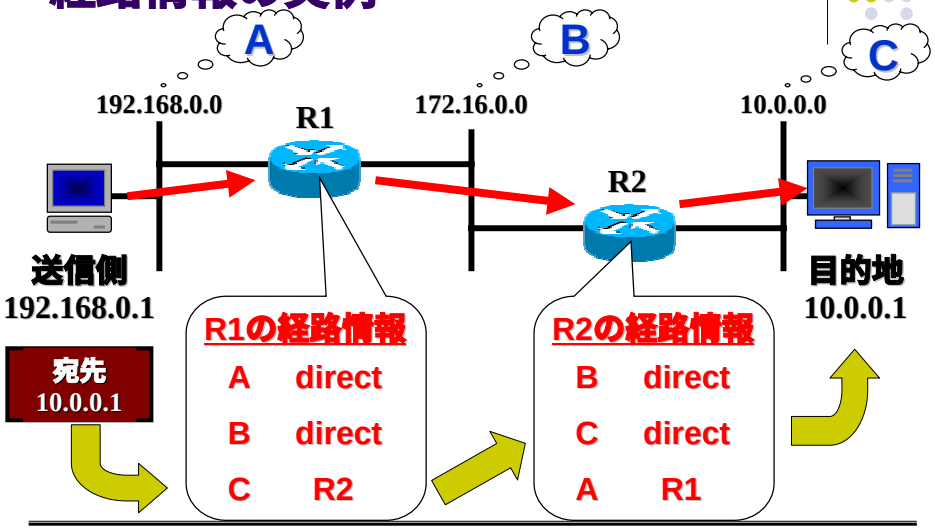
- 宛先のネットワークがわかっても、IPデータグラムをどうやってそこまで運んでいくのか？
- ネットワークとネットワークを接続しているのが「ルータ」
- IPデータグラムはルータによってネットワークを渡り歩いて目的地までたどり着く。
- IPデータグラムを次にどのルータに投げればよいのか？
  → 経路制御（ルーティング）
- ルータは宛先ネットワークと、それに対応する中継ルータの一覧表を保持 → 経路表（ルーティングテーブル）

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



経路情報の実例

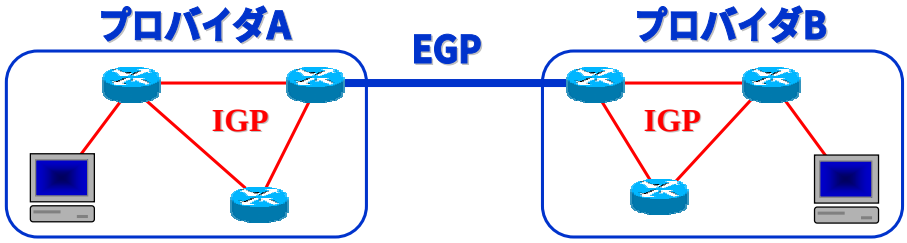


経路情報の自動生成

- 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いては、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

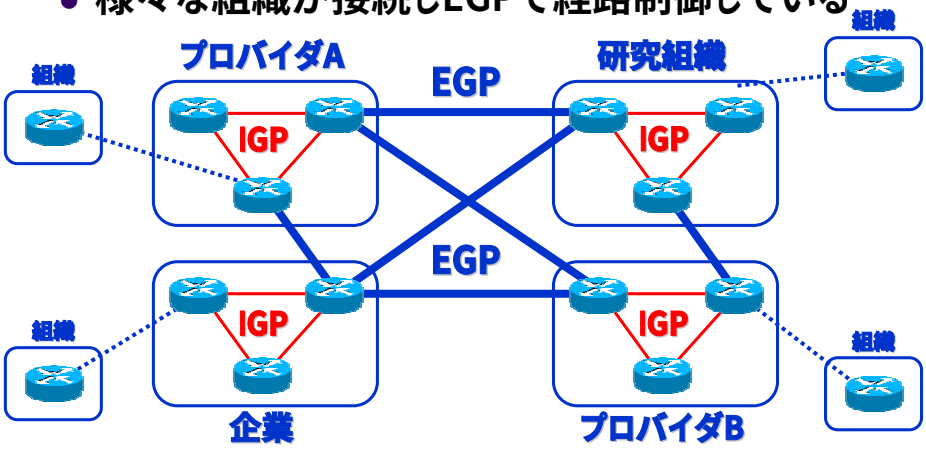
インターネット上のルーティング

- 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



代表的なルーティングプロトコル

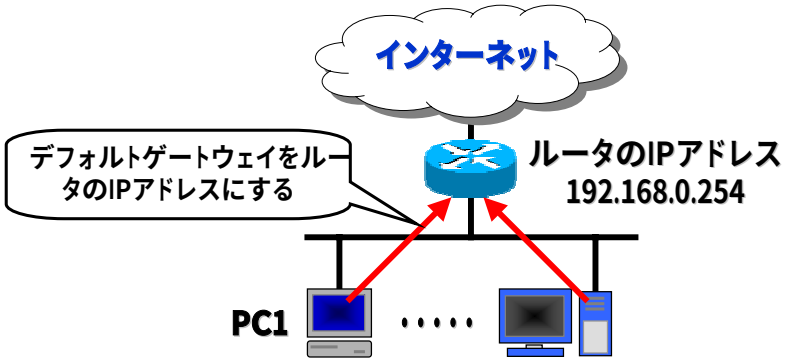
- IGP
  - 小～中規模なネットワーク向け
  - RIP (Routing Information Protocol)
  - OSPF (Open Shortest Path Fast)
- EGP
  - 大規模なネットワーク向け
  - 主にISP同士の接続に使われる
  - BGP (Border Gateway Protocol)

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

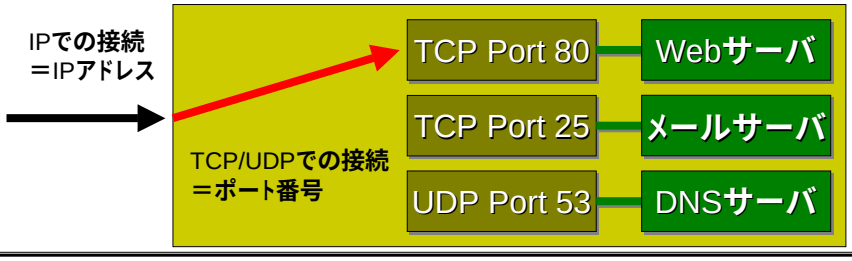
トランスポート層のプロトコル

- 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

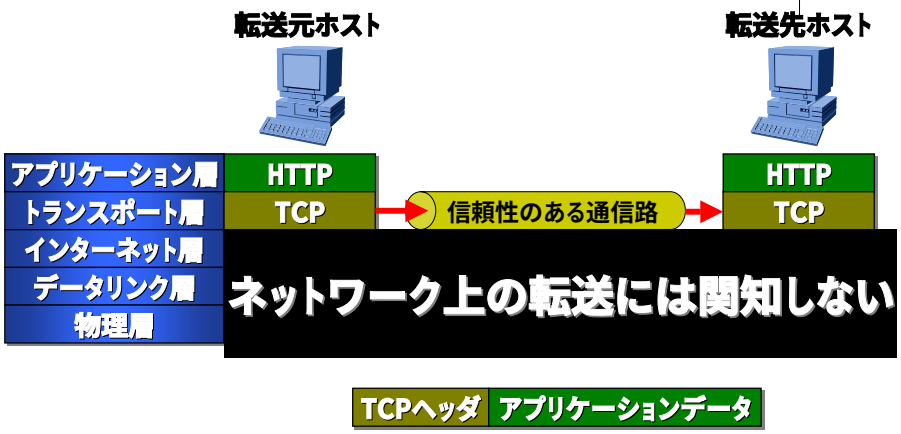
TCPとUDPの違いは？

- 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

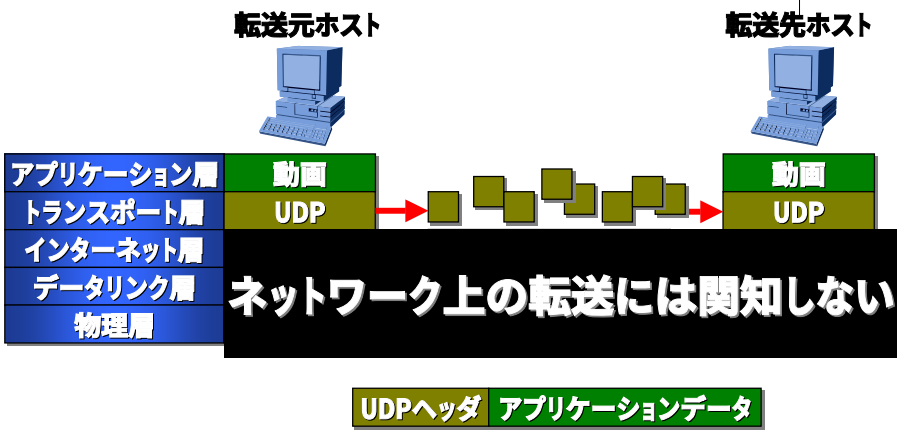
TCPによる接続



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、伝送効率は高い
- 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

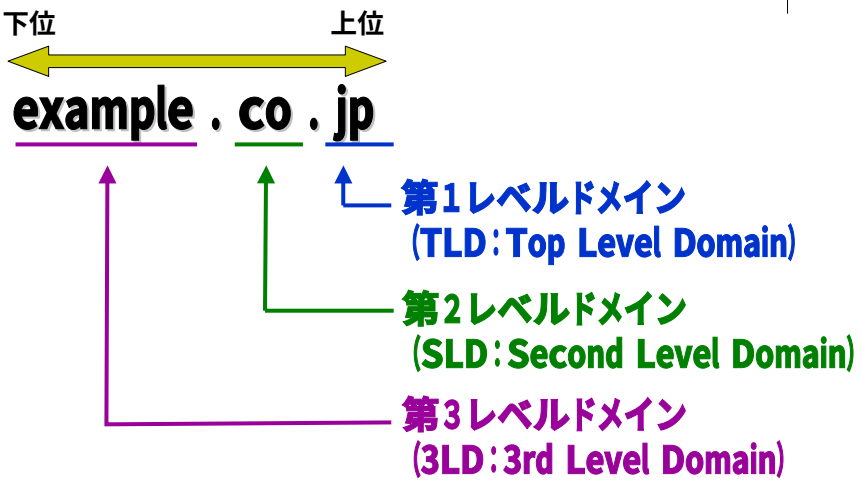
アプリケーション「DNS」の役割

- 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



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

DNSの特徴

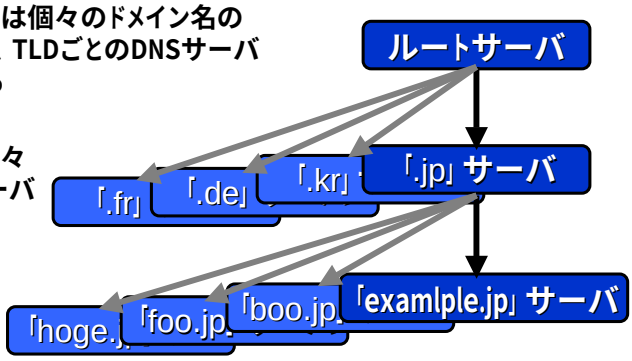
- DNSサーバは1台じゃない
  - 世界中のホストがDNSを利用するため、1台では耐えられない
  - ドメイン名の階層構造に応じた、分散データベースとして構築されている
- DNSサーバの役割分担
  - コンテンツサーバ
    - ドメイン名とIPアドレスの対応表を持っている
    - もしくは、下位層のDNSサーバのアドレスを持っている
  - キャッシュサーバ
    - リゾルバからの要求を受け、DNS階層をたどって答を得る

DNSの階層構造

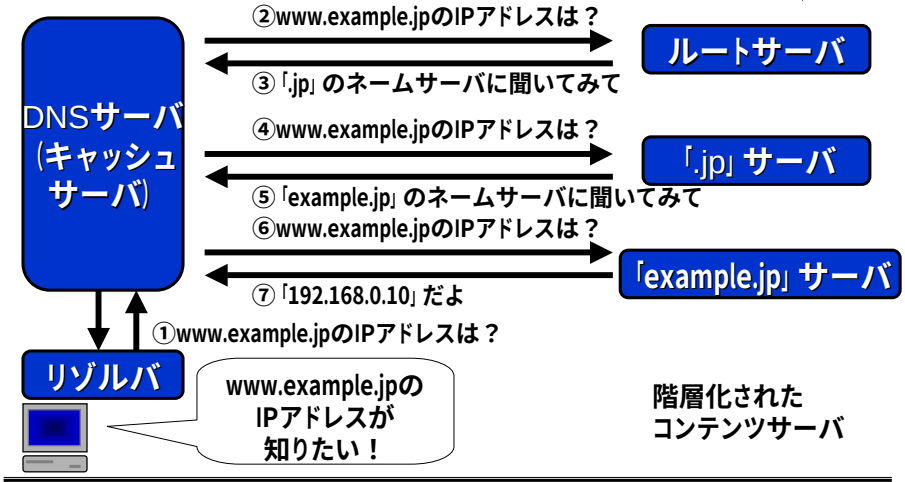
最上位のルートサーバは個々のドメイン名の情報を持っていないが、TLDごとのDNSサーバのアドレスを知っている

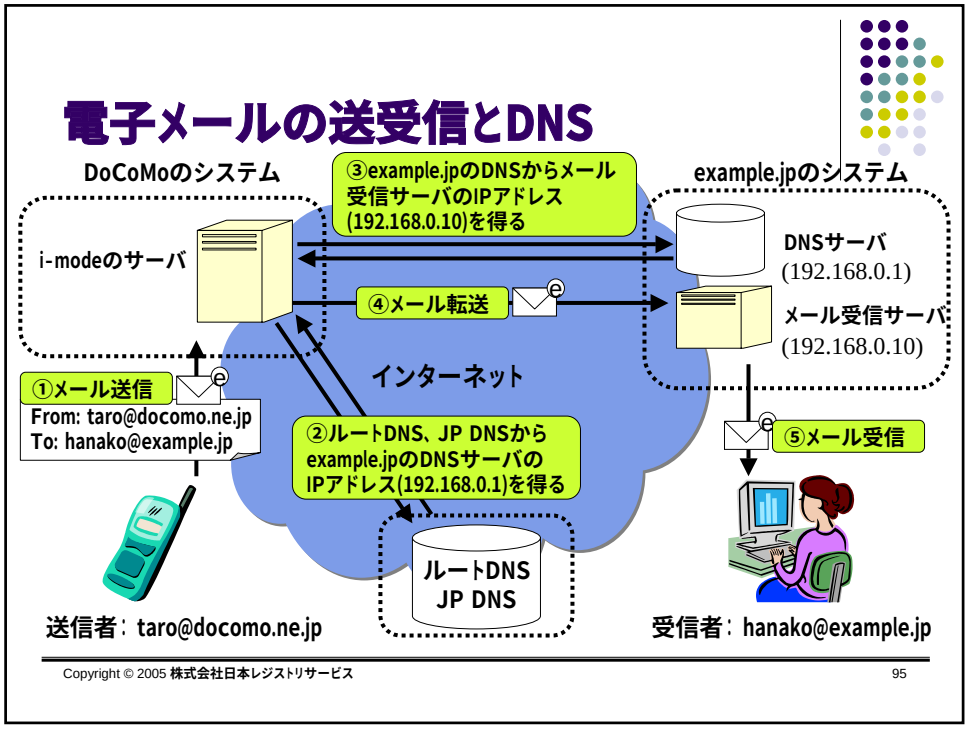
TLDのDNSサーバは個々のドメイン名のDNSサーバのアドレスを知っている

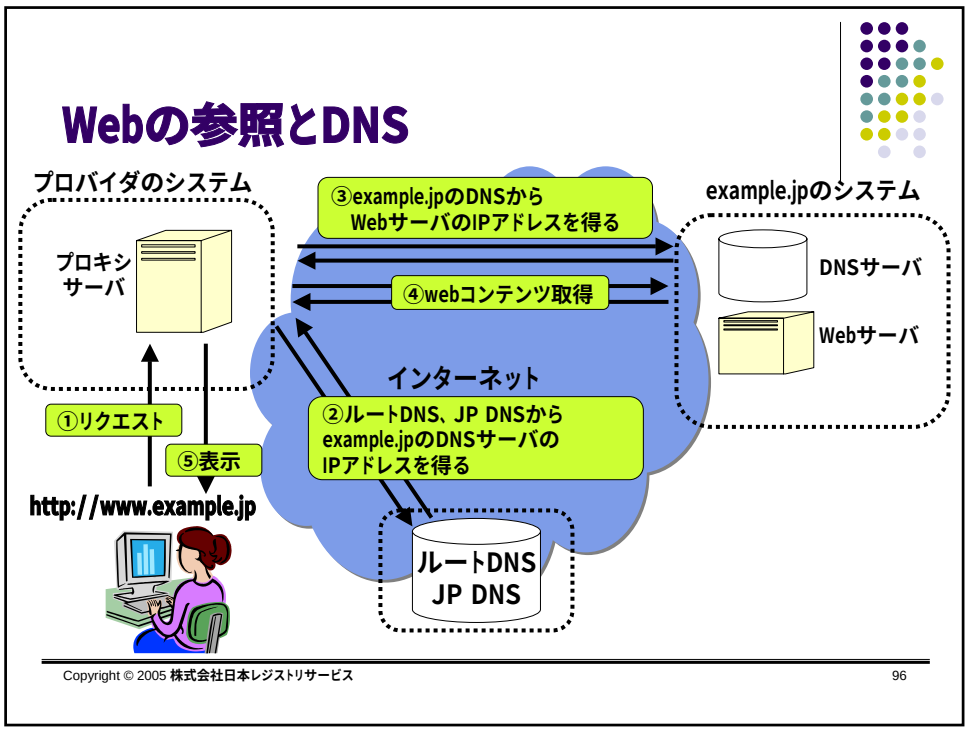
個々のドメイン名のDNSサーバが、IPアドレスなどの情報を持っている



DNSでドメイン名をIPアドレスに変換




電子メールの送受信とDNS
DoCoMoのシステム
③example.jpのDNSからメール
受信サーバのIPアドレス
(192.168.0.10)を得る
example.jpのシステム
i-modeのサーバ
DNSサーバ
(192.168.0.1)
④メール転送
メール受信サーバ
(192.168.0.10)
インターネット
①メール送信
From: taro@docomo.ne.jp
To: hanako@example.jp
②ルートDNS、JP DNSから
example.jpのDNSサーバの
IPアドレス(192.168.0.1)を得る
⑤メール受信
ルートDNS
JP DNS
送信者：taro@docomo.ne.jp
受信者：hanako@example.jp
Copyright © 2005 株式会社日本レジストリサービス
95


Webの参照とDNS
プロバイダのシステム
③example.jpのDNSから
Webサーバ のIPアドレスを得る
example.jpのシステム
プロキシ
サーバ
DNSサーバ
④webコンテンツ取得
Webサーバ
インターネット
①リクエスト
②ルートDNS、JP DNSから
example.jpのDNSサーバの
IPアドレスを得る
⑤表示
http://www.example.jp
ルートDNS
JP DNS
Copyright © 2005 株式会社日本レジストリサービス
96

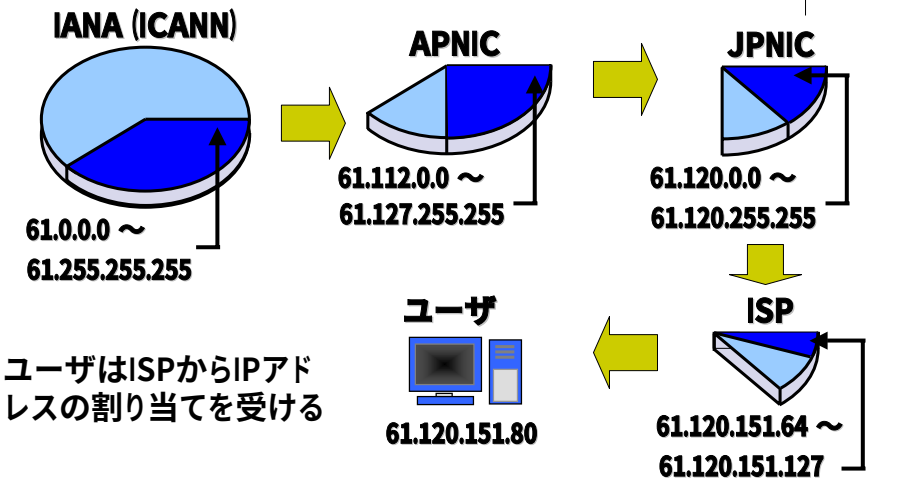
ドメイン名とIPアドレスの管理

インターネットの資源管理構造

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い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

IPアドレスの管理構造



ユーザはISPからIPアドレスの割り当てを受ける

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

JPドメイン名の種類と登録数（2005/11/1現在）

属性型・地域型JPドメイン名（合計：340,445）		
○○.ad.jp	JPNIC会員および指定事業者	297
○○.ac.jp	大学等高等教育機関	3,231
○○.co.jp	日本において登記された企業など	280,872
○○.go.jp	日本国政府機関	836
○○.or.jp	co.jp以外の法人組織	20,830
○○.ne.jp	ネットワークサービス	17,307
○○.gr.jp	任意団体	9,008
○○.ed.jp	初等中等教育機関	4,381
○○.lg.jp	地方公共団体	2,562
地域型	都道府県、市町村、個人等(○○.tokyo.jpなど)	3,846
汎用JPドメイン名（合計：397,161）		
○○.JP	誰でも（汎用ASCII）	311,457
□□.JP	誰でも（汎用日本語）	114,818
	総計	769,445

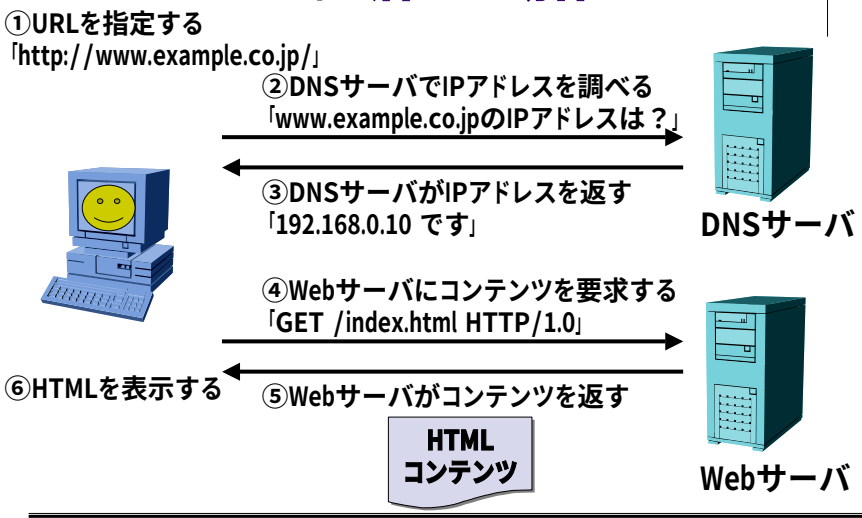
アプリケーションはどう動く？

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プロトコルを利用
  - 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

アプリケーション層での動作



Webサーバへの要求送信

Webサーバにコンテンツを要求する

アプリケーションメッセージの送信

アプリケーション層	HTTP	→	HTTP

GET /index.html HTTP/1.0

トランスポート層での動作

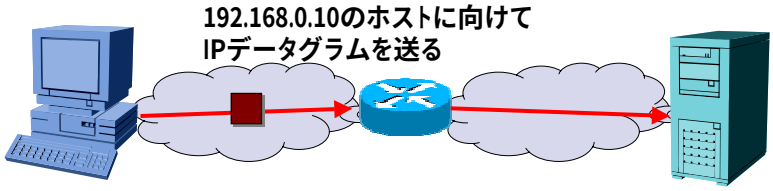
192.168.0.10のTCP port 80番に接続して
TCPセグメントを送る

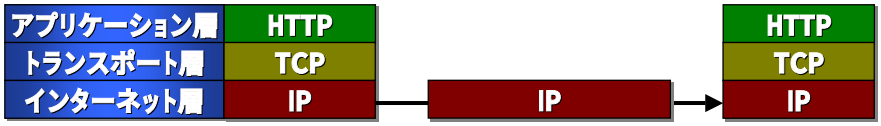
アプリケーション層	HTTP		HTTP
トランスポート層	TCP	→ 信頼性のある通信路 →	TCP

TCPヘッダ	アプリケーションデータ

インターネット層での動作

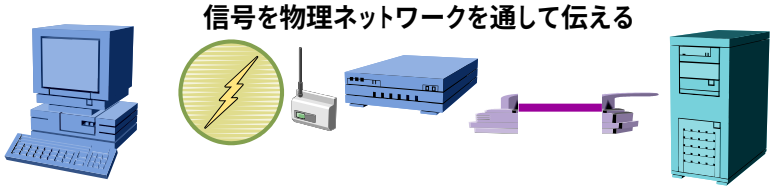
192.168.0.10のホストに向けて
IPデータグラムを送る

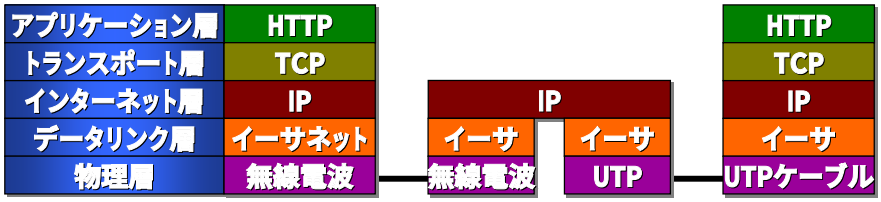




データリンク層・物理層での動作

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？

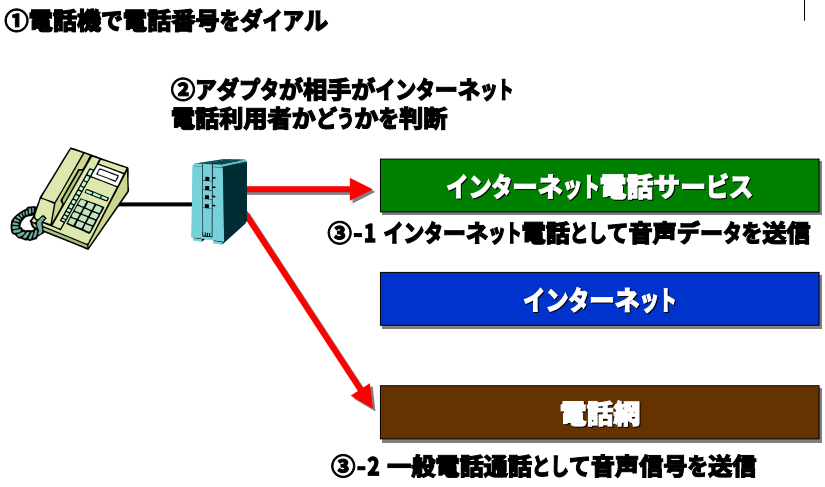
「使う」ものから「使っている」ものへ

- 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



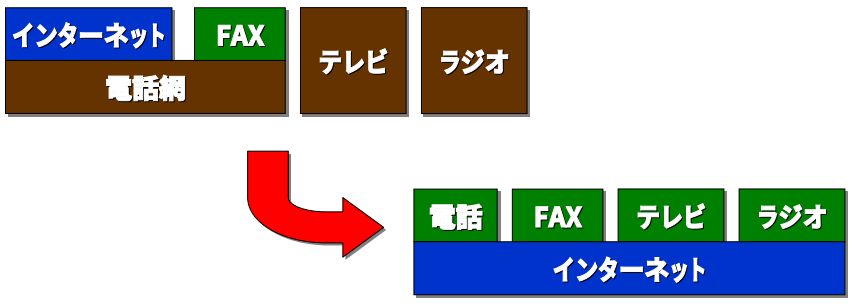
インターネットと電話のこれまでの関係

- 電話会社の電話網を使って電話
- プロバイダにダイアルアップ（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

インターネット上の迷惑行為

迷惑メール(spam)

- 営業系メール
  - 商品の宣伝など。数が多くなると面倒だが、害は少ない。
- 個人情報収集系メール
  - 「懸賞に当たりました！商品を送りますので住所を」
- 振り込め詐欺系メール
  - 身に覚えのない請求メールで、払わないと大変だぞ、と脅される。
  - 「○月○日にご利用になった××サイトの利用料金のお支払期限が過ぎています。今すぐお支払いください。」
- フィッシング詐欺メール
  - サービス事業者の名を騙って、パスワードを盗もうとするもの。
  - 「ご利用の○○サービスはシステム変更のためにパスワードの再登録が必要です。現在のIDとパスワードを以下のサイトから入力してください」

コンピュータウイルス

- コンピュータウイルスとは
  - 自己複製と伝染能力を持ち、以下のような悪意ある行為を行うプログラム。
    - 保存されている情報の改ざん･破壊･他への流出
    - パスワード入力などの秘密情報の盗難
    - 他の悪意ある行為のための侵入口の作成
  - 自分の迷惑だけでなく、他人にも迷惑をかける。
- 感染経路
  - 電子メールの添付ファイル
  - Webサイト上の実行ファイル
  - PCの防御されていない侵入口への攻撃

フィッシングとファーミング

- フィッシング(Phishing)
  - fishing（釣り）をもじった造語
  - メール等で偽のサイトへ誘導 ⇒ 餌を撒いて釣る
- ファーミング(Pharming)
  - farming（農業）をもじった造語
  - （あらかじめ）仕込んだサイトへ誘導されるのを待つ ⇒種を撒いて実が成るのを待つ
  - Phishingの一種という分類をする場合もある

ゾンビPC（botnet）

- 外部の第三者によって自由にコントロールできる状態にされてしまったPCを「ゾンビPC」や「ボット」と呼ぶ。
  - ウイルスなどにより侵入口（バックドア）を作成され、そこから命令を送り込まれることが多い。
  - PCの所有者が知らないうちに悪意の道具にされる。
- 多数のボットに対して、一括して命令を送信できるようにしたものを「ボットネット（botnet）」と呼ぶ。
  - spamの大量配信や、DDoSのツールにされる。

サービス不能攻撃 (DoS、DDoS)

- DoS = Denial of Service
  - 大量のリクエストによりサービス提供を不能にしてしまう悪意ある行為
    - 大量のトラフィックでネットワークをいっぱいに。
    - 大量のリクエストで機器やアプリケーションの処理能力をいっぱいに。
- DDoS = Distributed DoS
  - 協調分散型のDoS。一カ所からでなく、(多数の) 複数拠点からDoSをかける。
    - 効果絶大。攻撃元の特定が困難。
    - ボットネットが使われることが多い。

コンピュータを悪意から防御する

- 迷惑メールフィルタを導入する
  - ISPのサーバ側でフィルタしてくれるサービスもあり。
- ウイルス対策ソフトを導入する
  - アンチウイルスソフト (ワクチンソフト)
  - ファイアウォールソフト
- 電子メールの添付ファイルは疑う
  - 知らない人からのものは開かない
  - 知っている人からのものでも、アンチウイルスソフトがない状態では開かない
- 怪しいWebサイトを見に行かない
- 不用意にセキュリティレベルを下げない

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。