

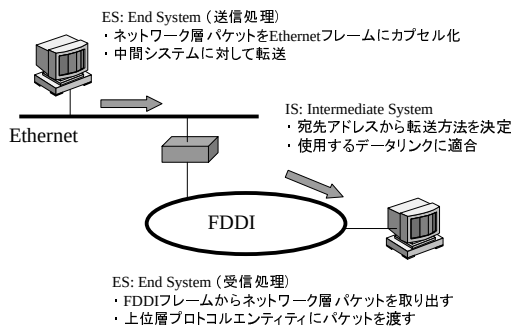
情報ネットワーク論I

ネットワーク層プロトコルとIP 98.5.8

ネットワーク層の役割

- ネットワーク内の任意のホスト間の通信を実現
 - 複数のデータリンクをサポート
 - ネットワーク層パケットを、データリンクフレームにカプセル化
 - データリンクの違いを吸収
 - 異なるデータリンク間の相互接続
 - 機能的な分類
 - 中間システム (IS: intermediate system)
 - 経路制御
 - データリンクに対する適合
 - 終端システム (ES: end system)
 - カプセル化
 - 経路制御

ISとES



実装モデル

Nara Institute of Science and Technology

- Connectionless
 - 信頼性を保証しない
 - best-effort型
 - e.g. IP (Internet Protocol), XNS
- Connection Oriented
 - 信頼性の保証
 - コネクション毎の設定可能
 - e.g. X.25

基本機能

Nara Institute of Science and Technology

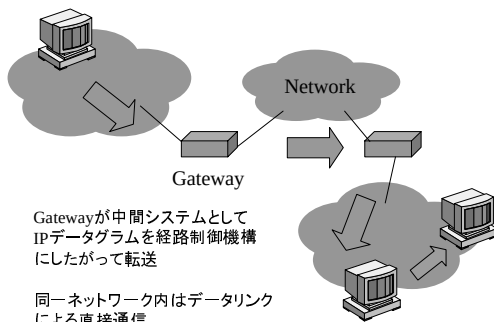
- 対象
 - データリンク層から渡される受信したデータ
 - トランスポート層から渡される送信データ
- 処理
 - 経路制御
 - 受信したデータを転送するのか
 - どのデータリンクを利用するのか
 - 自ホストで受信するのか
 - データリンクへの適合
 - 特にMTU (Maximum Transmission Unit)への適合
 - fragmentation / reassemble

基本機能

Nara Institute of Science and Technology

- アドレスのマッピング
 - ネットワーク層でアドレス空間を定義
 - データリンク層とは独立
 - 実際の通信処理では特定のデータリンク層を利用
 - ネットワーク層アドレスとデータリンク層アドレスのマッピング
 - $N(a) \rightarrow N(b)$
 - $N(a) \rightarrow DL(a)$ (データ転送) $DL(b) \rightarrow N(b)$
 - ARP (Address Resolution Protocol)

- IPv4: Internet Protocol (version 4)
- TCP/IPプロトコル群でのネットワーク層プロトコル
- 特徴
 - connectionless (IP datagram)
 - 4 octet address space with its own structure
 - unicast / multicast / broadcast / anycast
 - IP + ICMP + ARP + 経路制御
 - reassemble is done only at the end system
 - fragmentation is done based on MTU



- 客(データ)は必ず目的駅(コンピュータ)に到達する
- 駅には乗換え駅(ゲートウェイ)と普通の駅がある
- 各路線(ネットワーク)は自律運用、かつ、相互協調
- 選択可能な経路、経路の選択は知的な作業
- 鉄道網の「オーナー」はいない



「東京乗り換え案内」より

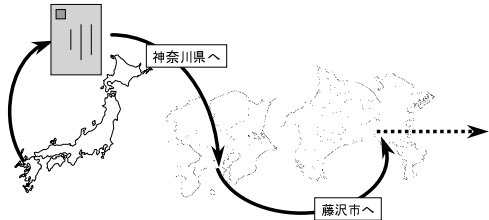


インターネットと郵便配送システム

Nara Institute of Science and Technology

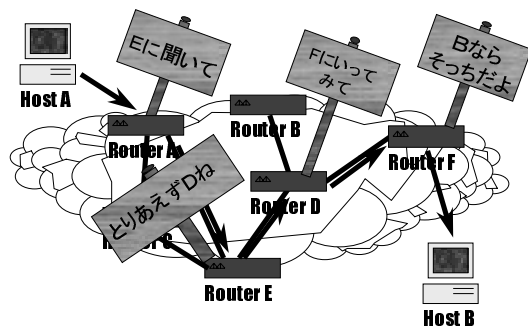
- おおまかに次の配送先を決める
- 全ての郵便局が目的地を知っているわけではない
- 世界規模での自律分散協調システム

神奈川県 藤沢市 遠藤5322宛



Routerの役割

Nara Institute of Science and Technology



IPアドレス

Nara Institute of Science and Technology

- 4オクテット
- 構造を持つ
 - ネットワーク部
 - ネットワーク毎に割り当てる
 - マスクを使ってネットワーク部を表現
 - ホスト部
 - ネットワーク内で重複が無いように割り当てる
- ネットワークインターフェイスに与える
 - ゲートウェイでは複数のアドレスを持つ
- 1.0.0.0 から 223.255.255.255 まで

163	221	74	127
0xA3	0xDD	0x4A	0x7F

ネットワーク部は24ビット

163.221.74.127/24

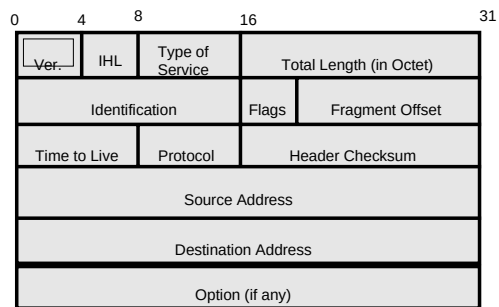
- ブロードキャストアドレス
 - ホスト部が all 1 の場合、そのネットワークに対するブロードキャスト (broadcast) となる
 - 例えば 163.221.74.255
 - そのネットワークに接続されており、稼動しているホストに対してデータグラムを配送

- マルチキャストアドレス
 - 224.0.0.0 から 240.255.255.255
 - グループ通信
 - マルチキャストアドレスにデータを送信すると、「特定の」ホストのグループにデータを配送
 - グループは動的に形成
 - グループ管理



IPv4 header

Nara Institute of Science and Technology





IPv4 Header

Nara Institute of Science and Technology

- Version
- Internet Header Length
- **Type Of Service**
- Total Length
- Identification
- **Flags**
- **Fragment Offset**
- **Time To Live**
- **Protocol**
- Header Checksum
- **Source Address**
- **Destination Address**
- IP options



IP Header

Nara Institute of Science and Technology

- Version
 - 現在のプロトコルバージョン
 - 4 (IPv4)
- IHL
 - Internet Header Length
 - 32bit word で数えたヘッダ長 (word数)
 - IPオプションの部分が可変長であるために、必要なフィールド



Type Of Service

Nara Institute of Science and Technology

- 上位プロトコルによってつけられるタグ
 - サービスを区別して処理したい場合に重要な情報が収められる
 - IPデータグラムの処理についての「希望・お願い」
- フォーマット

0							7
Precedence	D	T	R				未使用



Type of Service

Nara Institute of Science and Technology

- Precedence
 - 処理優先権
 - 0から7の値
 - 各データグラムの重要度を表す
- 残り3ビットは転送処理に対する希望を表す
 - ビットが設定されているものを希望
 - D: low Delay
 - T: high Throughput
 - R: high Reliability



Type of Service

Nara Institute of Science and Technology

- 幾つかのアプリケーションの実装では設定
- しかしながら基本的に企画倒れ
 - 処理優先権の考え方
 - プライオリティと網管理



Total Length

Nara Institute of Science and Technology

- IP データグラムの全長
- オクテット単位
- ヘッダ+データ



Time To Live

Nara Institute of Science and Technology

- ネットワーク内でのパケット生存時間
 - 迷子のIPデータグラムを消滅させる
 - 設計時には具体的な時間の情報を考えていた
 - 時間の表現は難しい
- 最大ゲートウェイホップ数
 - ゲートウェイ通過毎に値を減らす
 - 0になったらデータグラムを捨てる
 - 送信ホストに通知 (ICMP Time Exceeded)



Fragmentation & Reassemble

Nara Institute of Science and Technology

- データリンク毎にMTUは決まっている
 - データリンクフレームのデータ部分の最大長
 - 例えば Ethernet であれば 1500オクテット
- IPデータグラム
 - 可変長
 - 最大長 64Kbyte (Total Length Fieldの制限)
- 大きなデータをMTU以下に分割
 - fragmentation
 - ゲートウェイ毎に発生する可能性あり



Fragmentation & Reassemble

Nara Institute of Science and Technology

- 最終的な受信ホストで再構成
 - reassemble
 - 中間システムでは reassemble してはいけない
 - 性能の劇的な悪化をさける



Fragmentation & Reassemble

Nara Institute of Science and Technology

- Flag フィールド(3ビット)
 - 0, DF, MF
 - DF: Don't Fragment
 - このビットが設定されているデータグラムは fragment 処理をしてはならない
 - MTUよりもIPデータグラムが大きい場合にはエラー
 - MF: More Fragment
 - フラグメントされていて、かつ、後続の fragment がある場合に設定



Fragmentation & Reassemble

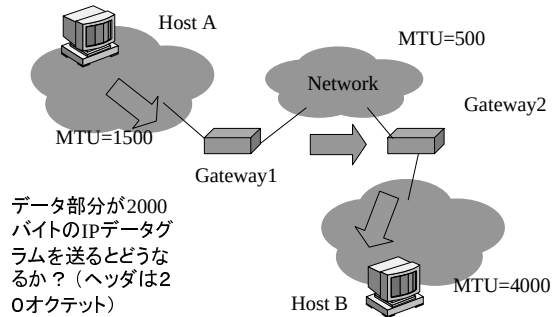
Nara Institute of Science and Technology

- Fragment Offset (13bit)
 - そのデータグラムが元のメッセージのどの部分か
 - MFとFragment Offset を元に Reassemble を実行



Fragmentation & Reassemble

Nara Institute of Science and Technology





Fragmentation & Reassemble

Nara Institute of Science and Technology

- Host A
 - H+1480: MF=1, FO=0
 - H+520: MF=0, FO=1480
- Gateway 1
 - H+480: MF=1, FO=0
 - H+480: MF=1, FO=480
 - H+480: MF=1, FO=960
 - H+40: MF=1, FO=1440
 - H+480: MF=1, FO=1480
 - H+40: MF=0, FO=1960
- fragment が一つでもなくなれば、IPデータグラム全体を棄却
 - 性能劣化につながる
 - NFSでは問題



上位プロトコルとの関係

Nara Institute of Science and Technology

- Protocol フィールド
 - 上位プロトコルの番号を指し示す
 - multiplexing/demultiplexing の処理
 - TCP (6), UDP (17)
 - プロトコルスイッチによる上位層処理の駆動

IPトンネリング

Nara Institute of Science and Technology

- IPデータグラムをIPデータグラムで運ぶ
- Protocol フィールドには特別な値
 - IP over IP
- トンネリング (tunneling) は最近では広く使われている。
 - IPsec / VPN (Virtual Private Network)
 - IP Multicasting
 - 仮想ネットワーク (Mbone, 6bone)

Network Byte Order

Nara Institute of Science and Technology

- IPヘッダの数値フィールドの符号化方法
- RFC791で規定
- 各ホストのバイトオーダーとは独立に定義
 - 解釈に違いが出ないようにするため
- big-endian
 - MSBが手前
 - パケットフォーマットで表記すると左側

Checksum

Nara Institute of Science and Technology

- 16bit 1's complement arithmetic
- ヘッダのチェックサム
 - 計算する場合には、checksum フィールドは all 0 であることを仮定して計算
- 計算方法
 - ヘッダを16ビット毎に分割して、和 (sum) 計算
 - 結果の 1's complement (1の補数)
- 受信側ではヘッダの checksum を再計算・比較
