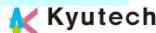


計算機通信基礎(5)

2014年度

九州工業大学大学院
情報工学研究院
尾家祐二 川原憲治(担当)



Kyushu Institute of Technology

(3.) インターネットの構成要素



Kyushu Institute of Technology

◆データ

ユーザ(デジタル)情報がある「塊」に分割され、それを一つの基本単位として処理

◆ハードウェア

データの「塊」の収容/中継/伝送に応じて機能毎に分類

◆ソフトウェア

データ伝送の機能(プロトコル)を階層的に構成



各階層機能とデータ/ハードウェアの関係を紹介

Kyushu Institute of Technology

4

今日の授業の概要



Kyushu Institute of Technology

◆3. インターネットの体系

- 3.1 データの単位
- 3.2 ハードウェア要素
- 3.3 データ交換方式
- 3.4 ソフトウェアの構造
- 3.5 ネットワークの構造
- 3.6 各層のプロトコルの役割
- 3.7 ネットワークの接続とその関連機器

Kyushu Institute of Technology

2

3.1 データの単位

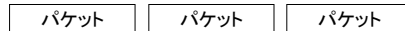
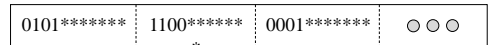


Kyushu Institute of Technology

◆インターネットにおけるデータ通信

ユーザ情報(データ)は **パケット(packet)** と呼ばれる塊に分割され、伝送される

伝送データ



Kyushu Institute of Technology

5

3. インターネットの体系(概要)



Kyushu Institute of Technology

◆インターネットにおけるアプリケーション利用
(提供サービスに応じたデータ送受信)に必要なこと

- データのデジタル化
- 通信相手に対する転送経路の設定、信頼性の提供
- 利用する伝送媒体に応じた転送方式の規定
- ...

~ 上記が機能毎にまとめられ、互いに連携



◆本章の目的: **インターネットの構成を体系化**

→ 個々の技術の役割と他技術との連携を理解

Kyushu Institute of Technology

3

(3.1) パケット (packet)の構成



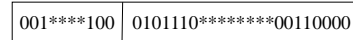
Kyushu Institute of Technology

◆ **ペイロード (payload)**: ユーザ情報

◆ **ヘッダ (header)**: プロトコルの制御情報

※ パケットの伝送方向

← **ヘッダ (header)** **ペイロード (payload)**



パケット (packet)

Kyushu Institute of Technology

6

(3.1) プロトコルデータユニット



Kyushu Institute of Technology

◆ **パケット**: データの単位 (Protocol Data Unit: **PDU**) を表す一般名称

～ プロトコル(階層)に応じて種々の名称

■ **トランスポート層**: 転送信頼性の提供

～ **セグメント (segment)**

■ **インターネット層 (IP)**: 転送経路の設定

～ **IPデータグラム (IP Datagram)**

■ **データリンク層**: 伝送媒体・方式の規定

～ **フレーム (frame)**

TCP/IPのプロトコル階層化モデル

アプリケーション層
トランスポート層
インターネット層
データリンク層
物理層

※ 各階層の役割とPDUの関係は

3.4節で詳細説明

(3.2) (物理的な)トポロジ:2



Kyushu Institute of Technology

2. リンク型:「隣接ホスト」とのみ接続

◆ 接続コスト

■ 各ホストのNWインターフェース数: **2**

■ 総ケーブル数: **N**

ケーブル数小 ⇔ ホスト追加時に通信不可

◆ 実装: **Tokenリング、FDDI**

3. バス型: 1本の基線に相互に接続

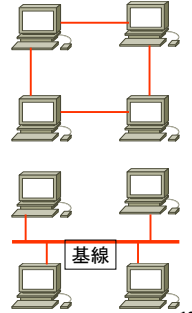
◆ 接続コスト

■ 各ホストのNWインターフェース数: **1**

■ 総ケーブル数: **N+1 (基線)**

経済的 ⇔ 同時転送の制限技術が必要

◆ 実装: **Ethernet、無線LAN**



3.2 ハードウェア要素



Kyushu Institute of Technology

◆ **ホスト (host)**: インターネットを利用するためにインターネット終端に接続された計算機

◆ 伝送媒体: ホスト間で通信を行うための媒体

■ **同軸ケーブル、銅線、ツイストペアケーブル**

～ 電気信号による通信

■ **光ファイバケーブル**

～ 光信号による通信 (大容量、長距離通信向け)

■ **空間 (無線通信チャネル)**

～ 電波通信 (接続容易性)

(3.2) (論理的な)トポロジ



Kyushu Institute of Technology

◆ 集線装置 (ハブ: hub)

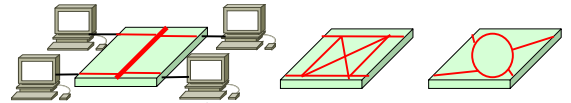
■ 物理トポロジの違いを装置内で吸収、提供

■ 各ホストの接続コスト

NWインターフェース数: **1**、ケーブル数: **N** ~ 最も効率良く、新規接続も容易

◆ 集線装置を用いた物理トポロジ: **スター型**

～ 論理的には先の3トポロジを実現可能!



(3.2) (物理的な)トポロジ:1



Kyushu Institute of Technology

◆ **ネットワークトポロジ (Network Topology)**

～ ホスト間の伝送媒体による接続状況

◆ **トポロジの種類と特徴 (※N台ホストの接続)**

1. メッシュ型

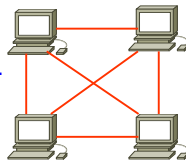
他ホスト全てと直接接続

■ 各ホストのNWインターフェース数: **N-1**

■ ケーブル数: **$N \times C_2 = N(N-1)/2$**

～ ホスト数Nが多い程不経済

⇔ 転送性能は大



(3.2) 中継・伝送装置の機能分類



Kyushu Institute of Technology

◆ **ハブ (hub)**: 物理層～データリンク層の機能

※ 2組の送受信ホスト間の同時通信を保証しない

◆ **スイッチ (switch)**: 物理層～データリンク層の機能

※ 複数の送受信ホスト間の同時通信を保証

◆ **ルーター (router)**: 物理層～インターネット層の機能

直接接続されていないホスト間のパケット中継

◆ **ゲートウェイ (gateway)**

■ 物理層～トランスポート層/アプリケーション層の機能

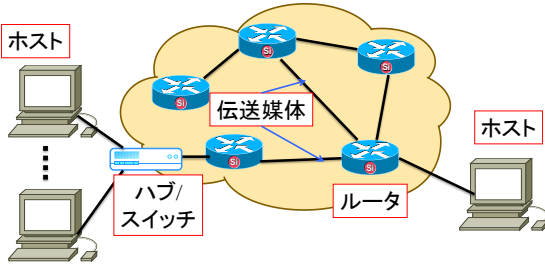
■ パケット伝送/中継時のサービス機能付与

※ ルーターとほぼ同義

(3.2) インターネットにおける代表的なハードウェア要素



Kyushu Institute of Technology



Kyushu Institute of Technology

13

(3.3) tracerouteコマンド実行例



Kyushu Institute of Technology

- ◆宛先ホスト www.ngi-u.ac.jp への経由ルータを表示

```
% traceroute -n www.ngi-u.ac.jp
traceroute to www.ngi-u.ac.jp (10.10.10.32), 30 hops max,
20 byte packets
1 192.168.10.16  1 ms  1 ms  1 ms
2 123.123.123.2  11 ms  3 ms  3 ms
3 123.123.123.3  8 ms  6 ms  7 ms
(途中略)
6 10.10.10.2  15 ms  12 ms  20 ms
7 10.10.10.32  15 ms  13 ms  20 ms
```

ルータの経由順序とルータ名 (IPアドレス) 宛先ホスト指定
各ルータまでのパケット往復時間 (各ルータ毎に3個のパケットを転送)

送受信ホスト間に6つのルータが存在し、20ms程度の往復転送時間を要することがわかる

Kyushu Institute of Technology

16

3.3 データ交換方式



Kyushu Institute of Technology

- ◆インターネットにおけるデータ交換方式
 - 蓄積交換方式 (store and forward switching)
 - ルータにおいてデータをいったん蓄積 (store) して、次のルータに転送 (forward)
 - インターネットではデータ単位はパケットであるため、パケット交換方式 (packet switching) とも呼ばれる。

Kyushu Institute of Technology

14

(3.3) 蓄積交換方式の問題点



Kyushu Institute of Technology

- ◆他ルータから複数のIPデータグラム同時到着
～ルータのバッファにおいて待機後、転送
- ◆同時到着の連続発生
～有限であるバッファがfullとなり、転送不可
- ↓
- ◆蓄積交換方式における不可避事象
 - 遅延 (delay/latency)
 - 廃棄 (loss/blocking)

Kyushu Institute of Technology

17

(3.3) ルータにおける到着と転送



Kyushu Institute of Technology

- ◆ルータの接続状況: 複数ルータと相互接続
～同時に複数のIPデータグラムが到着
- ◆ルータの処理手順
 - ① 到着したIPデータグラムを一旦バッファ (buffer) に蓄積
 - ② バッファ先頭にあるIPデータグラムのヘッダを調査
 - ③ 宛先ホストへ届けるため次にどのルータへ送信するかを判断
 - ④ 次のルータへそのIPデータグラムを転送
～各ルータ同様な処理により、最終的に宛先ホストに到達
- ※ traceroute コマンド
送受信ホスト間経路のルータ到達具合を確認

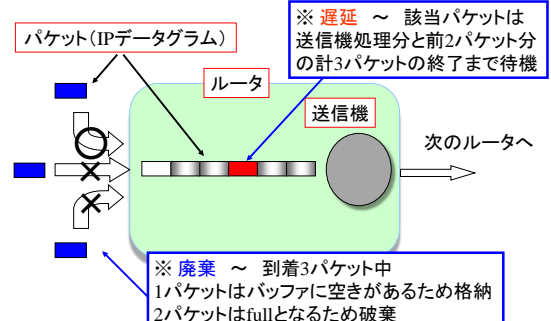
Kyushu Institute of Technology

15

(3.3) ルータ内部構造と発生事象



Kyushu Institute of Technology



Kyushu Institute of Technology

18

(3.3) pingコマンド実行例



Kyushu Institute of Technology

◆ 指定ホストへのパケット到着性とその状態を調査

```
% ping www.ngi-u.ac.jp
PING www.ngi-u.ac.jp (10.10.10.32): 56 data bytes
64 bytes from 10.10.10.32: icmp_seq=0 time=11 ms
64 bytes from 10.10.10.32: icmp_seq=1 time=13 ms
64 bytes from 10.10.10.32: icmp_seq=2 time=10 ms
(途中略)
64 bytes from 10.10.10.32: icmp_seq=6 time=20 ms
64 bytes from 10.10.10.32: icmp_seq=7 time=21 ms
64 bytes from 10.10.10.32: icmp_seq=8 time=18 ms
64 bytes from 10.10.10.32: icmp_seq=9 time=18 ms
^C
--- www.ngi-u.ac.jp PING Statistics ---
10 packets transmitted, 9 packets received, 10% packet loss
round-trip (ms) min/avg/max =10/14/21
```

- ← 調査ホスト指定
 - ← 複数のパケット転送
到達: 往復転送時間の表示
 - ← "icmp_seq"の連続性
パケット破棄を判断
- 最終的に10パケット送信、9パケットが到着

Kyushu Institute of Technology

19

(3.3) netstatコマンド実行例



Kyushu Institute of Technology

◆ あるホストのネットワークインターフェース (NIC) に注目し、ネットワーク関連情報を表示

```
% netstat -ni
Name Mtu Network Address Ipkts Ierrs Opkts Oerrs Coll
de0 1500 <Link> 00.12.34.56.78.9A 8982149 0 8871340 2 16
de0 1500 10.0.1/24 10.0.1.1 8982149 0 8871340 2 16
```

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

①インターフェース名 ②最大伝送単位(Maximum Transfer Unit, MTU)
 ③ネットワークのアドレス ④ホストのアドレス(※MACアドレス or IPアドレス)
 ⑤入力パケット数 ⑥エラー入力パケット数
 ⑦出力パケット数 ⑧エラー出力パケット数 ⑨衝突パケット数

Kyushu Institute of Technology

22

(3.3) 蓄積交換方式の特性



Kyushu Institute of Technology

- ◆ 蓄積交換方式(パケット交換方式)
複数のユーザが伝送媒体を共有して利用
- ◆ パケット化(packetization)
ユーザデータ(ファイル)をある一定長以下のサイズのパケットに分割して送信
⇒ ネットワーク資源の公平利用
例: 大ファイル到着後、小ファイル到着・転送
 - 直接転送: 小ファイルにおける転送遅延が増大
 - パケット化: 両ファイルの転送遅延が均等化

Kyushu Institute of Technology

20

(3.3) 電話網



Kyushu Institute of Technology

- ◆ PSTN(Public Switched Telephone Network)とも呼ばれる。
- ◆ 電話機はインターネットにおけるホストに相当
- ◆ 電話交換機はインターネットにおけるルータに相当
～ 機能は類似するが動作は全く異なる!
- ◆ 電話の通信の単位を呼(call)
- ◆ 会話開始までの手順
 1. 電話番号を入力、その信号が伝送媒体を經由し電話交換機に到着
 2. 電話交換機は、呼の要求(相手の電話番号)が到着すると、発信した電話機と宛先の電話機との間で通信が可能なように、次の電話交換機にその要求を伝え、通信回線を予約
 3. 2.の繰り返しで宛先の電話機まで要求が伝わり、会話可能


Kyushu Institute of Technology

23

(3.3) ファイル再構成、MTU



Kyushu Institute of Technology

- ◆ パケット化とファイル再構成
 - ファイルがパケット化される場合、各パケットにヘッダを付与
 - 受信ホストでは、全パケットを受信後ファイル再構成
- 
- ◆ パケット長
 - パケット長はネットワークの伝送容量に依存
例: 10Mb/sイーサネット ~ 1500バイト
 - 各階層における最大転送単位
~ MTU(Maximum Transfer Unit)
 - ※ netstatコマンド: 機器のインターフェースの状況確認

Kyushu Institute of Technology

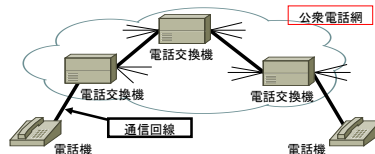
21

(3.3) 回線交換方式(circuit switching)



Kyushu Institute of Technology

- ◆ 発・着信者間に「専有」の通信回線(ネットワーク資源)を割り当
- ◆ ユーザ情報(音声)は、各電話交換機において即座に伝送媒体上に送信され、着信電話機まで到着
- ◆ 一つの伝送媒体(例えば1本の光ファイバ)はただ一つの通信回線を提供するのではなく、複数の通信回線に分割され、同時に複数の通信を可能にする



Kyushu Institute of Technology

24

(3.3) 交換方式の比較



Kyushu Institute of Technology

	パケット交換方式	回線交換方式
使用網	インターネット	電話網
データ交換の単位	パケット (送信したい全データ、例えばファイルを分割したもの)	通信回線 (物理的/論理的)
ネットワーク資源の利用の仕方	基本的に予約なしで共用	予約をして占有 (データ通信がなくても確保)

Kyushu Institute of Technology

25

(3.3) 参考: データ発生状況



Kyushu Institute of Technology

- ◆ インターネット (例: webページ閲覧)
 - ユーザ (ブラウザ) → ウェブサーバ
~ ウェブページ送信を要求するコマンド (小容量)
 - ウェブサーバ → ユーザ (ブラウザ)
~ ウェブページ送信 (テキスト、画像など大容量)
 - ユーザ要求に基づくバースト的な通信データ発生
 - 1ユーザの通信回線使用率は余り高くない!
- ◆ 電話網 (例: 二者間通話)
 - 発話時の音声情報は即時転送が必要
 - 一方が通話者: もう一方は基本的に受話者
 - データの発生は、ある程度一定
 - 発話以外にも会話の途切れもあるため、1ユーザの通信回線利用率は約40%程度

Kyushu Institute of Technology

28

(3.3) 電話網: 回線交換の理由



Kyushu Institute of Technology

- ◆ 電話: 音声通信の **実時間性** の提供
- ◆ 実時間通信: 一定の割合で通信データが発生
例 音声 ~ 64kb/sの情報量
 - ネットワークにおける遅延、および遅れの揺らぎ (ジッタ, jitter) によって通信品質が劣化
~ 遅延・ジッタの軽減・除去が必要
 - ネットワーク資源の占有により解消可能
⇨ 資源 (回線) を共有するパケット交換では実現困難

Kyushu Institute of Technology

26

(3.3) マルチメディアネットワーク



Kyushu Institute of Technology

- ◆ インターネットにおけるデータのマルチメディア化
 - これまでのインターネット
非実時間性データ (non realtime traffic) の転送
 - 現在要求されているインターネット
実時間性データ (realtime traffic) の収容
 - 音声: 64kbps/s ⇒ VoIP (Voice over IP)
 - 動画像: 1.5Mb/s (MPEG1) ~ 200Mb/s (MPEG2)
(※ 詳細は、3年後期「デジタルコンテンツ」等)
 - パケット交換方式の利点を残し、その欠点を補うような技術が必要!

Kyushu Institute of Technology

29

(3.3) インターネット : パケット交換の理由



Kyushu Institute of Technology

- ◆ テキスト/静止画像などの **非実時間通信の実現**
~ 遅延時間の要求は厳格ではない。
- ◆ データ通信はユーザの要求に従い、突発的 (バースト的とも呼ばれる) に発生する傾向
 - ホスト間のネットワーク資源の占有は非効率
⇨ パケット交換方式による共有は効率的

※ 資源利用率が高い: 遅延大、パケット破棄発生
~ 遅延・破棄に対応するプロトコルが必要!

Kyushu Institute of Technology

27

今日のまとめ



Kyushu Institute of Technology

- ◆ インターネットを支える個々の技術の役割や他の技術との連携などを理解するために、**インターネットの構成**を体系立てて紹介
 - データ: パケット化
 - ハードウェア: データの収容・中継・転送
 - パケット交換と回線交換
 - ソフトウェア: 次回講義

Kyushu Institute of Technology

30