

計算機通信基礎(6)

2014年度

九州工業大学大学院
情報工学研究院
塚本 和也



Kyushu Institute of Technology

今日の授業の概要



Kyushu Institute of Technology

- ◆ 前々回の授業の内容について
- ◆ 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

前回の講義内容



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**
 - データ交換方式
 - **パケット交換** → インターネット
 - **回線交換** → 電話網

Kyushu Institute of Technology

3

前回小テスト 解答例 1.



Kyushu Institute of Technology

1. 物理トポロジ: 接続コストや転送性能の違い
 - **メッシュ型**: 全ホスト間で直接接続
転送性能は**良好** ⇔ **インターフェース・ケーブル数増大**
 - **リンク型**: 「隣接」ホストと接続してリンク状に
接続コストは**減少** ⇔ **ホスト参加・離脱時に切断、通信不能**
 - **バス型**: 「基線」に対して各ホストが接続
接続コストは**効率的** ⇔ **複数ホストの同時転送制御が必要**
 - **スター型**: 「集線装置(Hub)」への集中接続
~ 集線装置の構成により論理的に上記3型を実現可能

Kyushu Institute of Technology

4

前回小テスト 解答例 2.



Kyushu Institute of Technology

2. ルータにおけるパケットの「遅延」と「廃棄」
 - **遅延(Delay, Latency)**
他ルータから複数パケットが同時に到着
~ **バッファにより転送待機するため**
 - **廃棄/損失(Loss, Blocking)**
バッファサイズは有限
~ **同時到着が頻繁に生じる可能性があるため**

Kyushu Institute of Technology

5

前回小テスト 解答例 3.



Kyushu Institute of Technology

3. 回線交換方式の利点と問題点
 - **特徴**
送受信者間で「回線」を「予約・占有」してデータ交換
↓
 - **利点**
パケット交換方式で生じる中継機器におけるパケットの「遅延」が抑制され、「廃棄」がなくなる。
 - **問題点**
転送データがない場合も資源占有するので、**回線利用(ホスト収容)効率が悪い。**

Kyushu Institute of Technology

6

3.4 ソフトウェアの構造



Kyushu Institute of Technology

◆ クライアントサーバモデル

- インターネットを構成するハードウェアであるホストやルータでは、通信のための各種ソフトウェアが稼働
- 例えば、ウェブサービスの場合
 - サーバ: サービスを提供するプログラム → **webサーバ**
 - クライアント: サービスを受けるプログラム → **ブラウザ**

◆ ソフトウェア: 通信の各機能を**プロトコル (protocol)**として実装し、個々のプロトコルを積み重ねる (**階層化**)
⇒ データの塊 (= パケット) が各プロトコル階層を経由して、どのように処理されるかを紹介

3.4 ソフトウェアの構造



Kyushu Institute of Technology

◆ データ送受信に必要な機能 (※ 前回講義分抜粋)

- ユーザ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**



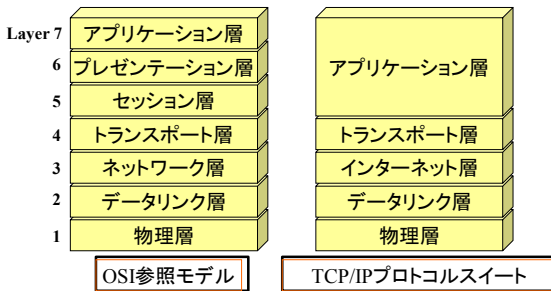
◆ (a) 階層構造 (layered architecture)

- インターネットサービス: **TCP/IPプロトコルスイート**
- TCP/IPによって接続されるLAN: **下位の種々のプロトコル**
- 上記の各機能をプロトコルで規定し、積み上げ
⇒ **プロトコルスタック (protocol stack)**と呼ばれ、各層は **層 (layer)**と呼ぶ

(3.4(a)) プロトコルの階層化



Kyushu Institute of Technology



◆ 階層化 (layering) ~ ※詳細は、次回説明

(3.4(a)) 階層モデル



Kyushu Institute of Technology

◆ OSI参照モデル (Open System Interconnection Reference Model)

- TCP/IPよりも後に、国際標準化機構 (International Standard Organization, ISO) が標準ネットワークアーキテクチャを目指し、提案
- 下から順に1層 (物理層)、...、7層 (アプリケーション層)
- 仕様記述に関する標準的な表記として利用

◆ TCP/IP プロトコルスイート (TCP/IP Protocol Suite)

- 先行して開発されていた上、実装上優れていたため普及
- 6層 (プレゼンテーション層: 各種データのデジタル化)、5層 (セッション層: 送受信ホスト間経路の管理) ⇒ 7層 (アプリケーション層: ユーザへのサービス提供) で統合
- 4層: **TCP**、3層: **IP** をインターネットの基盤プロトコルとして規定
- 2層以下はEthernet/W-LAN等で提供されるが、便宜上OSIモデルと同一

(3.4(a)) サービス/インタフェース



Kyushu Institute of Technology

◆ サービス (service): 各層の提供機能

- **送信時**: 上位層 ⇒ 下位層へ「依頼」
- **受信時**: 下位層 ⇒ 上位層へ「提供」

◆ インタフェース (interface):

- 階層間のデータ受け渡し (通信) を規定
- データ送信のために上位層が下位層にサービスを依頼する際に用いるパラメータを定義
⇒ 最終的に物理層にてビット信号を電気もしくは光として送信

◆ 対等通信 (peer-to-peer communication)

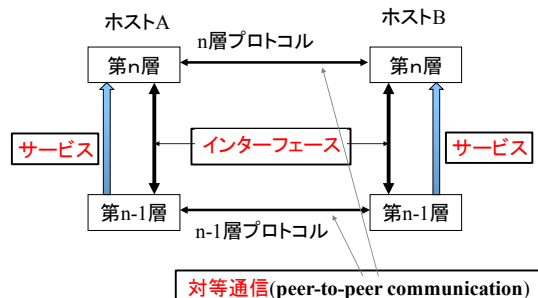
- 送受信ホスト間における、同じレベルの層との間の通信
- **プロトコル**: 対等通信に関する規定
 - 送受信するPDUのフォーマットや付加するヘッダを定義

3.4 ソフトウェアの構造



Kyushu Institute of Technology

◆ 階層構造における各部の関係



3.4(b) PDUの処理



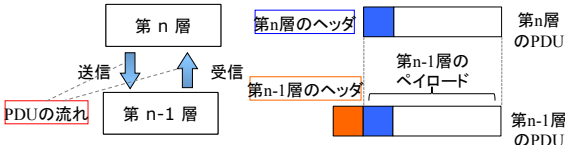
Kyushu Institute of Technology

◆送信ホスト側: **カプセル化(encapsulation)**

- 第n層のPDU ⇒ 第n-1層
- 第n層のPDU ~ 変更することなく第n-1層のペイロード
- + 第n-1層の機能(ヘッダ) = 第n-1層のPDU

◆受信ホスト側: **デカプセル化(decapsulation)**

- 第n-1層のPDUのヘッダを調査/処理して削除
- 第n-1層ペイロード ⇒ 第n層 ~ 送信ホストの第n層PDUそのもの



Kyushu Institute of Technology

13

(3.4(b)) カプセル化の流れ



Kyushu Institute of Technology

◆TCP/IPプロトコルスイートにおけるwebサービス利用

- 送信ホストの5層: ブラウザにおけるHTTPコマンドの送信
 - 4層TCPからのサービス提供 ⇔ TCPへのサービス依頼
- 4層TCP: 「エンド-エンド通信における転送信頼性の実現」
 - 受け取ったコマンドをペイロードとし、TCPヘッダを付加
 - TCPは受け取ったアプリケーションデータの内容には一切関知しない
 - ここで付加されたTCPのヘッダは、宛先ホストのTCPだけによってチェックされ、必要な処理が行われる
 - TCPセグメントを生成して、3層IPからのサービス提供
- 3層IP: 「転送経路(通過ルータ)の決定と宛先ホストまでの配信」
 - 受け取ったセグメントをペイロードとし、宛先ホストのIPアドレスを書き込んだヘッダ(IPヘッダ)を付加
 - IPは受け取ったTCPセグメントの内容には一切関知しない
 - IPのヘッダは、ルータ、及び宛先ホストによってチェックされ、必要な処理が行われる
 - IPデータグラムを生成して、2層からのサービス提供
 - 次ルータに正しくIPデータグラムを送り届けるためにデータリンクプロトコルが必要

Kyushu Institute of Technology

14

(3.4(b)) カプセル化の流れ



Kyushu Institute of Technology

◆TCP/IPプロトコルスイートにおけるwebサービス利用

- 2層: 「伝送方式の決定とビット誤りへの対応」 (※Ethernetを利用)
 - 受信したデータグラムをペイロードとし、直接接続しているルータ/ホストのイーサネットアドレスをイーサネットヘッダとして追加。さらに、ペイロードの後に、ビット誤りに対応するトレイラを付加
 - イーサネットは受け取ったIPデータグラムの内容には一切関知しない
 - イーサネットのヘッダは、直接つながっているルータやホストによってチェックされ、必要な処理が行われる
 - イーサネットフレームを生成して、1層からのサービス提供
- 1層物理層: フレーム中のビット毎に、電気/光信号により伝送
 - フレームの内容には一切関知せず、各ビットを忠実に伝送することを担当

Kyushu Institute of Technology

15

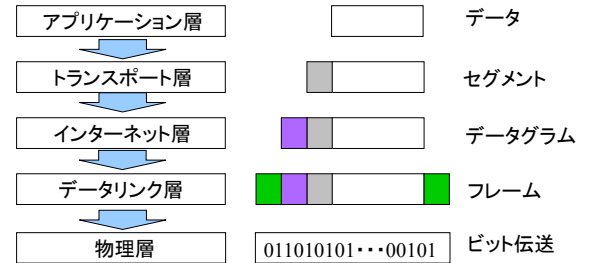
3.4 ソフトウェアの構造



Kyushu Institute of Technology

◆送信ホストにおける各階層とPDUの関係

→各層でヘッダで付与し、最終的にビット単位で伝送



Kyushu Institute of Technology

16

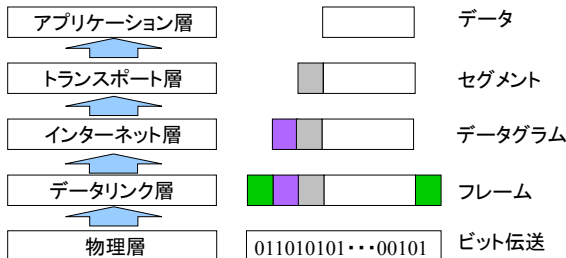
3.4 ソフトウェアの構造



Kyushu Institute of Technology

◆受信ホストにおける各階層とPDUの関係

→ 各層でヘッダを処理し、サービス提供。その後、ヘッダは除去し、最終的にアプリケーションでデータを受信



Kyushu Institute of Technology

17

(3.4(b)) ホストとルータの役割



Kyushu Institute of Technology

◆(送受信)ホスト: **全ての層のプロトコルを理解**

- ホスト間の対等通信は、トランスポート層およびアプリケーション層で行われる

◆(中継)ルータ: **インターネット層までのプロトコルを理解**

- 3層IP(インターネット層)の経路決定を司る機能のみを提供
- どのホストのデータグラムを送受信しているか関知しない!
- 複数のネットワークインターフェースカード(NIC)
- ~ 複数のルータと相互接続し、NIC毎にデータリンク層および物理層の処理部を持つ

Kyushu Institute of Technology

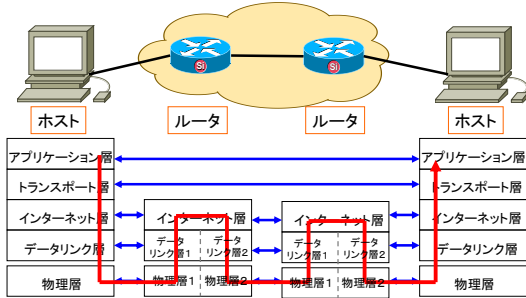
18

3.4 ソフトウェアの構造



Kyushu Institute of Technology

◆ ルータ:宛先ホストのIPアドレスをもとに転送経路を決定、中継!



Kyushu Institute of Technology

19

3.4 階層構造の特徴



Kyushu Institute of Technology

◆ 利点

■ ネットワークを介してサービスを提供するという複雑な問題

- いくつかの部分問題に**細分化**し、解決を容易にする
 - 細分化によって役割を分担する
- 階層的に部分問題を配置し、**上下の層とのみ連携(簡素化)**
 - 各階層間の連携方法(**インターフェース**)を定義



3. 各層は**独立して設計、実装、変更**が行える

● インタフェースが変わらなければ、各層の仕様が変わっても、他の層に影響を与えない

□ 例: TCPは、種々の改善が行われており、様々なバージョンがある

□ IPは、現在バージョン4が主流だが、バージョン6もある

→ あるプロトコルが変更されても、他のプロトコルは変更の必要がない

Kyushu Institute of Technology

20

3.4 ソフトウェアの構造



Kyushu Institute of Technology

◆ 欠点

- 独立性の保証
 - 異なる層の間で、重複するデータが発生したり、類似した作業が生じる可能性がある
- 上位層のデータに機能付加して、下位層に受け渡す(カプセル化)
 - **下位層から上位層への情報提供は基本的に不可!**
(※効率的な転送に有益な情報の受け渡しに制限がある)
 - ただし、ネットワークを効率よく利用するために、一部そのような試みも検討されている(→ クロスレイヤ制御)

Kyushu Institute of Technology

21

3.5 ネットワークの構造



Kyushu Institute of Technology

◆ これまで、インターネットを構成する「ハードウェア要素」および「ソフトウェアの構造」について説明し、さらに、それらを用いたデータ交換方式の分類と基本的な説明を行った



◆ インターネットを構築する際の基本的な方針、およびそれに基づき構築されるネットワークの構造を紹介

Kyushu Institute of Technology

22

3.5(a) ホストとルータ

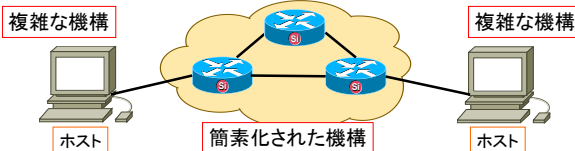


Kyushu Institute of Technology

◆ インターネットの基本方針

- ネットワーク内は、**簡単な処理だけ行う**
- 複雑な処理は、ネットワークの端のホストにおいて行う**

インターネットの急速な普及・拡大に大きく寄与



Kyushu Institute of Technology

23

3.5 ネットワークの構造



Kyushu Institute of Technology

1. 「ネットワーク内は、**簡単な処理だけ行う**」

- インターネット内の「ルータ」は、**簡単な処理のみを担当**
 - インターネット層以下の層の機能だけを備え、IPデータグラムを宛先ホストに届けることだけに専念する

→ IPデータグラムを正確に届ける「**保証機構**」は備えていない

ベストエフォートサービス (best effort service)と呼ばれる

- 処理できる範囲内で処理する(最善努力型サービス)
 - 同時使用者が少ない場合は、スムーズに配送され、同時使用者が多い場合は、ルータにおけるIPデータグラムの廃棄も起こりうる
- 輻輳(混雑)やデータの廃棄について対処しない!
(※ネットワーク内の異常はIPでなく、ICMP(例: ping)で対応。輻輳は?)

Kyushu Institute of Technology

24

3.5 ネットワークの構造



Kyushu Institute of Technology

2. 「ネットワークの端のホストが複雑な処理を行う」

- 通信の信頼性は、トランスポートプロトコルもしくはアプリケーションプロトコルが提供する
 - ネットワーク内で輻輳が発生し、パケット廃棄が発生しないように送出するデータ量を制御 → **フロー制御**
 - もし、それでもネットワーク内部でパケット廃棄が発生した場合、それを検知して、再送する → **誤り制御**
- ↓
- この「フロー制御」と「誤り制御」をまとめて、「**輻輳制御 (congestion control)**」と呼ぶ。
 - ホスト間で実行される (例えば、TCP)

3.5 ネットワークの構造



Kyushu Institute of Technology

◆(b) 階層的なネットワーク

- インターネットの階層構造
 - インターネットは、その全体を「単一の管理者が管理しているのではない」
 - 管理負荷を軽減するために、インターネットは**階層的なネットワーク (hierarchical network)**として構築されている (ドメインネームシステム、DNSと同様)
 - 単一の管理者によって管理されるルータとネットワークの集合体 → **自律システム (Autonomous System, AS)**と呼ばれる

↓

インターネットは、**ASの集合体**である！

3.5 ネットワークの構造



Kyushu Institute of Technology

◆自律システム (AS)

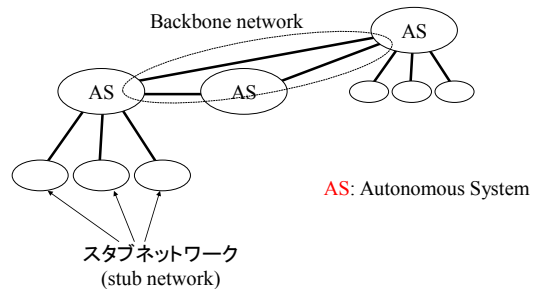
- ASの識別子: 16ビットのAS番号
 - 2^{16} 個のASが接続可能
- ASの上位: AS間を繋げる基幹網 (backbone network) が存在する
- ASの例: ISP (Internet Service Provider)
 - 独自の利用規定 (Acceptable Use Policy, AUP)
- ASの下部: スタブネットワーク (stub network)
 - 末端のネットワーク: 大学、企業のLAN (Local Area Network)

3.5 ネットワークの構造



Kyushu Institute of Technology

◆ASの階層構造



3.5 ネットワークの構造



Kyushu Institute of Technology

◆経路制御

- 送受信ホスト間のパケット転送経路決定
 - ルータは「経路情報」を接続ルータ間で交換

◆経路制御の基本指針

- AS内の経路制御とAS間の経路制御では、全く違った思想に基づく方式が用いられる
 - 前述したASの階層構造により、
 - 各AS内の経路情報は、「そのAS内だけ」で交換されればよい
 - AS間の経路情報は「AS間の経路を回る各ASのルータ間」で交換

- ↓
- 経路制御処理を軽減し、インターネット参加を容易にする！

3.5 ネットワークの構造



Kyushu Institute of Technology

◆ASに所属するルータの分類と基本方針

1. AS内部のルータ/ゲートウェイ (interior gateway)
 - AS内のルータとだけ接続するルータ
 - AS内の経路情報のみ交換 (※IPアドレスを用いた経路決定: 4章)
2. 境界ルータ/ゲートウェイ (border gateway)
 - AS内のルータとだけ接続するルータ
 - AS間の経路情報を交換 (※所属するAS内の経路情報も交換)

↓

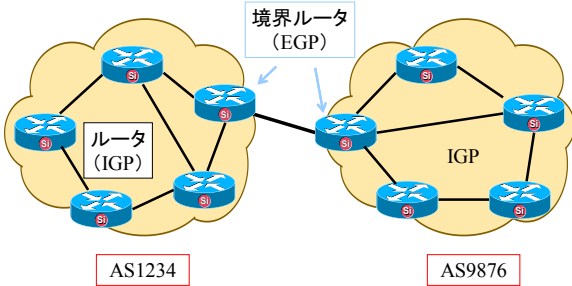
これらのルータ間で交換する情報を区別することで経路制御処理を軽減する

3.5 ネットワークの構造



Kyushu Institute of Technology

◆AS内部とAS間の接続図



Kyushu Institute of Technology

31

(3.5(b)) 経路制御方式



Kyushu Institute of Technology

◆AS内部の経路制御方式

- 方針: AS内のネットワーク資源を効率良く利用
~ **最小コスト経路**: 中継ルータ数(ホップ数)を最小化
- 経路情報交換プロトコル: **IGP** (Interior Gateway Protocol)
 - RIP(Routing Information Protocol)
 - OSPF(Open Shortest Path First)

◆境界ルータ間の経路制御方式

- 方針: **ピアリング** (peering)
~ AS間の事前契約に基づき接続、トラフィック交換
- 経路情報交換プロトコル: **EGP** (Exterior Gateway Protocol)
 - BGP(Border Gateway Protocol)

Kyushu Institute of Technology

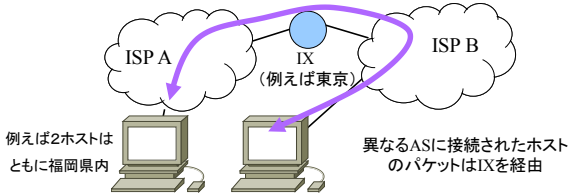
32

(3.5(b)) IX (Internet eXchange)



Kyushu Institute of Technology

- ◆AS 2者間でピアリングすると、膨大な構築コストとなる
⇒ 少数のIXにおいて多くのASをピアリング
- ※ 日本では、東京と大阪に大規模なIXが存在
~ 送受信ホストが地理的に近くても、所属ASが異なると大きく迂回



Kyushu Institute of Technology

33

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および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

- ソフトウェア: プロトコルの階層構造とPDU
- ネットワーク: 階層構造と経路制御指針
- プロトコルの役割とフォーマット: 次回講義

Kyushu Institute of Technology

34