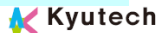


計算機通信基礎(7)

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

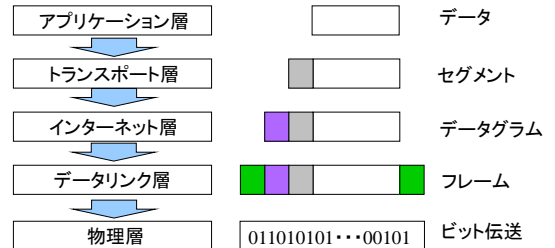
前回小テスト 解答例 1.



Kyushu Institute of Technology

1. カプセル化の意味と送信ホストにおける具体例

意味: 上位層PDU + 当該階層のサービス(ヘッダ、トレイラ)付与



Kyushu Institute of Technology

4

今日の授業の概要



Kyushu Institute of Technology

- ◆ 前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

前回小テスト 解答例 2.



Kyushu Institute of Technology

2. ネットワーク階層化の利点、問題点

- ◆ 利点
 - サービスを提供するという問題(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
 - 各層間の連携方法(インターフェース)を定義
~ 各層を独立して設計、実装、変更が可能
- ◆ 問題点
 - 独立性の保証 ⇔ 各層で重複/類似作業の恐れ
 - 上位層のデータに機能付加して、下位層に受け渡し
~ 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)

Kyushu Institute of Technology

5

前回の授業内容について



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
 - ソフトウェア: プロトコルの階層構造とPDU
 - OSI参照モデル、TCP/IPプロトコルスイート
 - カプセル化: 上位層のPDU
+ 当該階層のサービス(ヘッダ、トレイラ)
 - ネットワーク: 階層構造と経路制御指針
 - 基幹網、AS(自律システム)、スタブネットワーク

Kyushu Institute of Technology

3

前回小テスト 解答例 3.



Kyushu Institute of Technology

3. ASとは?、AS内の経路制御方針

- ◆ AS(Autonomous System、自律システム)
単一管理者により管理されるルータとネットワークの集合体
- ◆ AS内経路制御方針
AS内のネットワーク資源を効率良く活用
~ ホスト間で中継するルータを最小化する経路を決定

Kyushu Institute of Technology

6

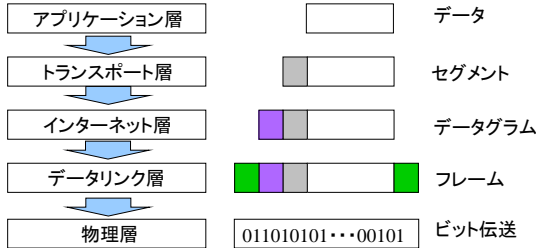
TCP/IPモデルにおけるカプセル化



Kyushu Institute of Technology

◆送信ホストにおける各階層とPDUの関係

～ 各層の機能をヘッダで付与し、最終的にビット単位で伝送



Kyushu Institute of Technology

7

3.6(b) トランスポートプロトコル



Kyushu Institute of Technology

◆役割

アプリケーション間の通信(エンド-エンド通信)における信頼性の提供

◆代表的なプロトコル

■ **TCP (Transmission Control Protocol)**

フロー制御、「再送」による誤り制御

■ **UDP (User Datagram Protocol)**

何の制御も行わない! ～ 転送の高速性を提供

◆サービス提供:「ヘッダ」付与により実現

Kyushu Institute of Technology

10

3.6 各層のプロトコルの役割



Kyushu Institute of Technology

(a) アプリケーションプロトコル

◆ユーザ(クライアント)にネットワークサービスを提供

◆各アプリケーションプロトコルの役割

- サーバプログラム(プロセス)に対する要求
- クライアントプログラム(プロセス)に対する応答

◆代表的なプロトコル(1章で説明済)

- HTTP(1.2節): Webサービス
- SMTP(1.3節): 電子メール送信サービス
- DNS(1.4節): ホスト名⇄IPアドレス変換サービス
- TELNET(1.4節): 遠隔端末アクセスサービス

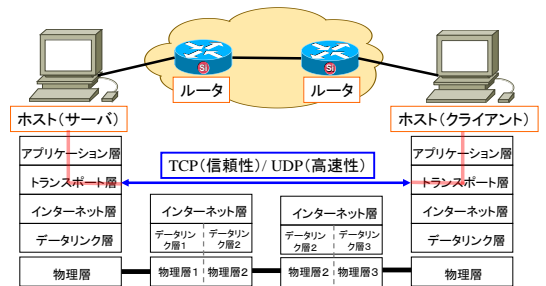
Kyushu Institute of Technology

8

3.6(b) トランスポート層の対等通信



Kyushu Institute of Technology



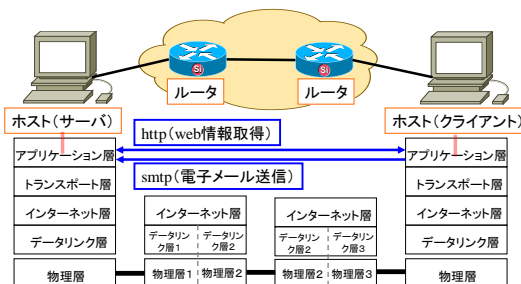
Kyushu Institute of Technology

11

3.6(a) アプリケーション層の対等通信



Kyushu Institute of Technology



Kyushu Institute of Technology

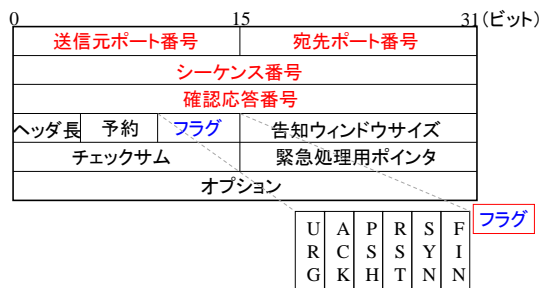
9

(3.6(b)) TCPヘッダフォーマット



Kyushu Institute of Technology

※ フォーマット表記: 通常、4バイト(32ビット) × n



Kyushu Institute of Technology

12

(3.6(b)) 主要フィールドの役割.1



◆ポート番号(フィールド)

- 送受信アプリケーションを識別するための番号
- フィールド長は16ビット
- 周知のポート(well-known port)番号(教科書 p.95 表3.1)
～ よく使われるアプリケーションには予め設定されている!

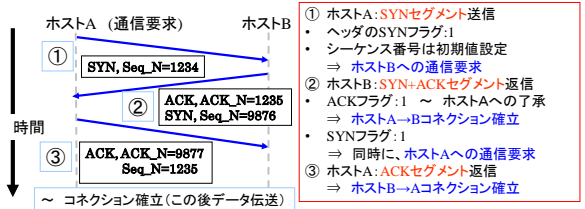
サービス名	ポート番号/プロトコル	説明
netstat	15/tcp	ネットワーク状態統計情報
telnet	23/tcp	遠隔端末アクセスプロトコル
smtp	25/tcp	電子メール転送プロトコル
nameserver	53/tcp	DNSにおけるネームサーバ
http	80/tcp	ハイパーテキスト転送用プロトコル
snmp	161/udp	ネットワーク管理プロトコル
nameserver	53/udp	DNSにおけるネームサーバ

(3.6(b)) コネクション確立/終了



◆3方向ハンドシェイク(three-way handshake)

- ホストAからの3回のやり取りで、双方向コネクションを確立
- ホストBは通信要求確認とコネクション設定要求を同時に実行
※ SYNフラグ ⇒ FINフラグ ～ コネクション終了処理



(3.6(b)) 主要フィールドの役割.2



◆シーケンス番号(32ビット):セグメントの転送順

◆確認応答番号(32ビット):正しく受信済のセグメント番号

◆フラグ(6ビット、6種類各1ビット):セグメントの種類

- ACK:確認応答番号の有効性の識別(有効:1、無効:0)
- SYN:コネクション初期化セグメントの識別
- FIN:コネクション終了セグメントの識別
- RST:コネクションの異常終了の識別
- PSH:セグメントのアプリケーション転送の即時性の識別
- URG:緊急性の識別

◆告知ウィンドウサイズ(16ビット):連続転送量の最大値

◆チェックサム(16ビット):セグメント内のビットエラー検出

(3.6(b)) 誤り制御(error control)



◆目的:信頼性のある通信コネクションの提供

◆概要:ビット誤り/セグメント廃棄の検出と再送

◆ビット誤り(bit error)の検出

- 送信ホスト:セグメントのビット列からチェックサムを計算し付与
- 受信ホスト:受信セグメントからチェックサムを再計算し、比較

◆セグメント廃棄の検出 ～ 確認応答番号の利用

- 受信ホスト:受信セグメントのシーケンス番号と、最後に返信したACKセグメントの確認応答番号との比較
 - 一致:正しいセグメントの受信～確認応答番号を更新したACKを返信
 - 不一致:該当セグメントの廃棄、セグメント到着順の反転、ビット誤り
～ 特に応答しないが、その後到着するセグメントに対して、更新しない確認応答番号を付与したACKを返信

(3.6(b)) TCP層の対等通信



◆コネクション指向型(Connection-oriented)

クライアント-サーバ間のデータ通信に先立ち、論理的な双方向(全2重、full duplex)の通信路(connection)を設定
(※ 論理的なもので、中継ルータは関与しない!)

◆送信ホスト

設定コネクションで、送信セグメントヘッダにシーケンス番号を記入

◆受信ホスト

セグメント受信 ⇒ 確認応答(Acknowledgement,ACK)返信

- 受信セグメントのシーケンス番号+セグメント長 → 確認応答番号
- 返信セグメント:ヘッダのACKフラグを1に設定、上記確認応答番号を記入
- 累積確認応答(cumulative ACK): (確認応答番号-1)までの受信を意味

(3.6(b)) セグメント廃棄の検出



◆重複ACK(duplicate ACK) ～ 軽度の輻輳

- 受信ホスト:セグメント廃棄以降、後続セグメントは正しく受信
- 送信ホスト:「同じ確認応答番号を有するACK」を何度も受信
⇒ 重複ACKと呼び、3個受信するとセグメント廃棄と判断
(※ 重複ACKはセグメントの通過経路の違いでも発生するので3個で判断)

◆タイムアウト(timeout) ～ 重度の輻輳

- 送信ホスト:往復遅延時間(セグメント送信-ACK受信時間 RTT, Round Trip Time)を事前に推定
⇒ 推定時間内にACK受信がなければセグメント廃棄と判断

※ 廃棄の検出 ⇒ 該当セグメントの再送

(3.6(b)) フロー制御 (flow control)



Kyushu Institute of Technology

- ◆ 目的: ネットワーク資源の効率的な利用
- ◆ 概要: 受信ホストに送信するセグメントの量を調整
- ◆ ウィンドウフロー制御方式 (window flow control)
 - 受信ホスト: 処理能力/バッファに応じた、告知ウィンドウサイズをACKセグメント中に記入して返信
 - 送信ホスト: 連続送信セグメント量を告知サイズ以下で送信

※ 送受信ホスト間の制御のため、ネットワーク内の輻輳は発生

- ◆ 輻輳制御 (congestion control) ⇒ 第4章

(3.6(c)) IPアドレスと経路制御



Kyushu Institute of Technology

- ◆ (中継) ルータ
 - 受信データグラム中の宛先IPアドレスをもとに経路表 (routing table) にしたがって、転送先を決定
- ◆ netstatコマンド実行例: 経路表の調査
 - 宛先 (Destination) と転送先ルータ (Gateway) のリスト表示
 - default: 宛先IPアドレスが一致しない場合の転送先
 - Interface: データグラム転送のためのNICを示す。

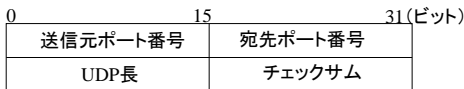
```
% netstat -rn
Routing tables
Destination Gateway      Flags Refs Use  Interface
default     123.45.6.7   UGc  15  2918449 fxp1
131.206.1/24 131.206.38.254 UGc  1  33665  fxp0
131.206.2/24 131.206.38.254 UGc  0  9467  fxp0
192.50.66/23 192.50.7.13  UGc  0  11223 fxp0
```

(3.6(b)) UDPヘッダフォーマット



Kyushu Institute of Technology

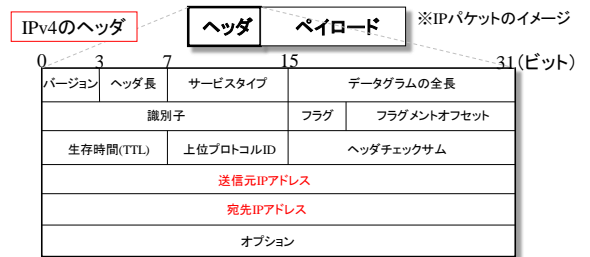
- ◆ コネクションレス (connectionless) 型
 - 事前交渉なし (コネクション確立なし) にデータ送信
- ◆ ヘッダ: ポート番号とチェックサムのみ
 - ~ 処理高速化 ⇔ 信頼性や効率性は考慮しない
- ◆ 用途: DNS、リアルタイムトラヒック用アプリケーション
 - (※ データの信頼性: アプリケーション層で対応)



(3.6(c)) IPヘッダフォーマット



Kyushu Institute of Technology



3.6(c) インターネットプロトコル



Kyushu Institute of Technology

- ◆ 役割
 - アプリケーションが稼働するホストを識別
 - ホスト間の通信経路の提供 (※ 信頼性は提供しない)
 - ~ IPアドレス: ホスト部とネットワーク部を表す論理的な識別子
- ◆ 経路制御方式
 - データグラム (datagram) 方式 : インターネットで採用
 - データ (data) と電報 (telegram) の組合せによる造語
 - 各パケットを独立して配送 (最終宛先ホストまで届くか確認せず送信)
 - パーチャルサーキット (仮想回線, virtual circuit) 方式
 - 事前に宛先ホストまでの経路を確立
 - X.25: 1976年 ITU-T規格
 - ATM: 広帯域ISDN (Integrated Service Data Network) 用

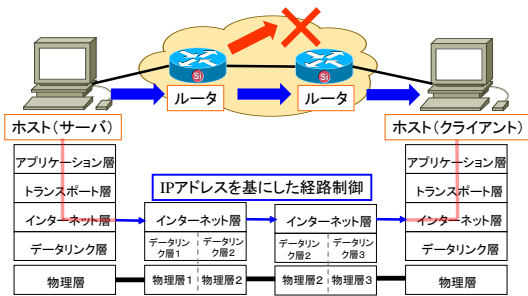
(3.6(c)) 主要フィールドの役割



Kyushu Institute of Technology

- ◆ バージョン番号 (4ビット): 利用するIPの識別
- ◆ サービスタイプ (Type of Service, TOS) (8ビット)
 - データグラムの取扱いを表示 (※ 優先処理機構 Diffservで利用)
- ◆ 識別子、フラグ、フラグメント
 - 転送ネットワークの最大転送単位 (Maximum Transfer Unit, MTU) に応じたセグメント分割時に利用
- ◆ 生存時間 (Time To Live) (8ビット): 経由可能ルータ数
 - ※ コマンド traceroute で利用
- ◆ 上位プロトコルID (8ビット): 上位プロトコルの識別
- ◆ 送信元/宛先IPアドレス (各32ビット) ~ ※ 4章で説明

3.6(c) インターネット層の対等通信



(3.6(c)) IPv6 (IP version 6)



◆現状のIP: IPv4 (IP version 4)

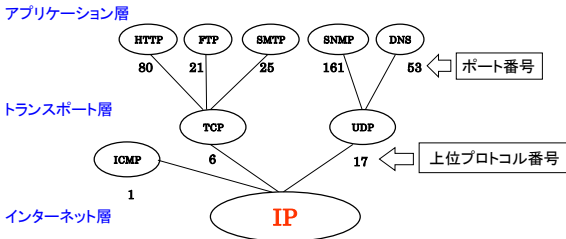
- IPアドレス: 32ビット ~ 約40億程度のホスト識別

◆IPv6 ~ ヘッダ空間の拡張

- IPアドレス: 128ビット ⇒ 種々の「モノ」のネット参加が可能
- マルチメディア対応フィールド
- セキュリティ強化フィールド
- ヘッダチェックサムの削除など、不要フィールドの見直し

バージョン	優先度	フローラベル (24)		31 (ビット)
	ペイロード長 (16)	次ヘッダ (8)	最大ホップ数 (8)	
送信元IPアドレス (128)				
宛先IPアドレス (128)				

(3.6(c)) ポート/プロトコル番号



(3.6(d)) データリンクプロトコル



◆役割

直接伝送媒体で接続された機器間の通信方式を提供

(⇔ インターネット層: 任意のNWに属する機器間の経路決定)

- データリンク層: 直接通信における「論理的な通信」規定
- 物理層: 「物理的な通信」規定 ~ 媒体、ビット信号の定義

(3.6(c)) 信頼性の提供/確認



◆アプリケーション利用時の通信信頼性の実現方法

(※インターネットの設計指針でIP層は複雑な処理をしない!)

- トランスポート層でTCPの利用
- トランスポート層でUDPの利用 ⇒ アプリケーションが対応
- ICMPの利用

◆ICMP (Internet Control Message Protocol)

- ネットワーク異常の通知や遠隔ホストからルータ/ホストの状態を問い合わせを行うためのプロトコル
- 論理的にはIPの上位層 ~ 実際はIPデータグラムの拡張
- メッセージ種類 (※ コマンド ping を実現)
 - ICMPエラーメッセージ
 - ICMP問い合わせメッセージ

(3.6(d)) LAN (Local Area Network)



◆IEEE802委員会: LAN技術の標準化

◆IEEE802委員会におけるデータリンクプロトコル

- LLC (Logical Link Control) 副層
利用する伝送媒体によらず、共通のデータリンク機能を提供
- MAC (Media Access Control) 副層
伝送媒体に応じた、アクセス制御方式を規定

データリンク層	LLC副層	IEEE802.2		
	MAC副層	802.3	802.4	802.5
物理層		イーサネット	トークンバス	トークンリング
IEEE802のプロトコルスタック		IEEE802の規格(抜粋)		

3.6(d) アクセス制御方式



Kyushu Institute of Technology

◆ フレームの衝突 (collision)

1伝送媒体を複数ホストで共有する場合、同時に複数のフレームが送信されて、信号の干渉が発生

◆ アクセス制御方式: 衝突を回避して媒体の有効利用

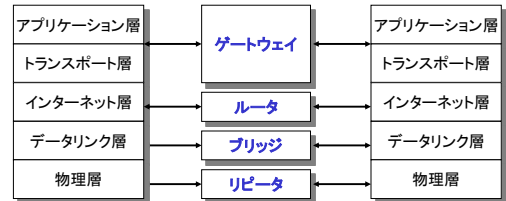
- 調整(制御)型 ~ 事前にフレーム転送タイミングを調整
 - 802.4: トークンバス (token bus)
 - 802.5: トークンリング (token ring)
 ~ 媒体中の転送許可権 (token) を取得したホストのみフレーム転送
- 競合型 ~ 転送前の事前回避、転送後の衝突対応
 - 802.3: Ethernet ~ CSMA/CD
(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)
 - 802.11: 無線LAN ~ CSMA/CA (CSMA with Collision Avoidance)

3.7 ネットワークの接続とその関連機器



Kyushu Institute of Technology

◆ (a) 接続機器の分類



3.6(d) Ethernetヘッダフォーマット



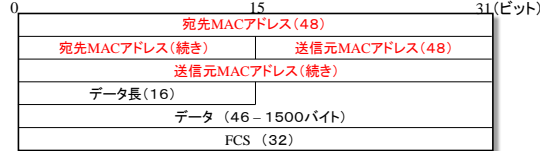
Kyushu Institute of Technology

◆ 宛先/送信元MAC (Media Access Control) アドレス (各48ビット)

ネットワークインターフェースカード (NIC) に固定的に付与された識別子 (物理アドレスとも言う)
⇒ IPアドレス (論理アドレス ~ 属するネットワークにより変化)

◆ FCS (Frame Check Sequence) (32ビット)

巡回符号 (CRC) によるフレーム中の連続ビット誤り検出



3.7(b) リピータ(repeater)



Kyushu Institute of Technology

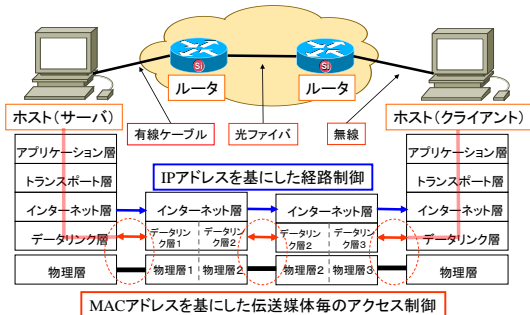
◆ 第1層レベルの接続

- 目的: 通信距離の延長
- 減衰した信号の再生、中継
~ ビット列だけを認識

3.6(d) データリンク層の対等通信



Kyushu Institute of Technology



3.7 (c) ブリッジ(bridge)



Kyushu Institute of Technology

◆ 第2層レベルの接続

- 目的: ネットワークの延長
- フレームの認識
 - 完全な (衝突/ビット誤りが無い) フレームのみ中継
 - MAC (物理) アドレスを見て、一致する宛先のみの中継
- 装置名称: スイッチングハブ、L2スイッチ

3.7 (d) ルータ(router)



Kyushu Institute of Technology

◆ 第3層レベルの接続

- 目的: 独立したネットワークの相互接続
- 経路制御(routing)
 - 経路表作成(経路情報交換、経路計算)
~IPアドレス(論理アドレス)の利用
 - 経路決定
~宛先IPアドレスと経路表のマッチング
- パケット転送(forwarding)
適切な経路(ルータ)への転送
- 装置名称: ルータ、L3スイッチ



37

Kyushu Institute of Technology

2005

3.7 (e) ゲートウェイ(gateway)



Kyushu Institute of Technology

◆ 第4層以上の中継

- 目的: 論理的なネットワーク構築、ネットワーク保護
- アプリケーション(ポート番号)を識別
- ファイアウォール(firewall)
組織内NWへのアクセス制限による保護
- メールゲートウェイ(mail gateway)
携帯ネットワーク(IPアドレスに依らない)⇔インターネット
における電子メールの中継

38

Kyushu Institute of Technology

2005

今日のまとめ



Kyushu Institute of Technology

◆ インターネットの構成を体系立てて紹介

- プロトコルの階層構造(ソフトウェアの体系)を構成する各プロトコルの役割と機能(ヘッダ構造)を紹介
 - アプリケーションプロトコル
 - トランスポートプロトコル
 - インターネットプロトコル
 - データリンクプロトコル
 - 物理層

39

Kyushu Institute of Technology