

# ネットワーク構成運用論

2004/06/07

芸術情報設計学科

藤村 直美

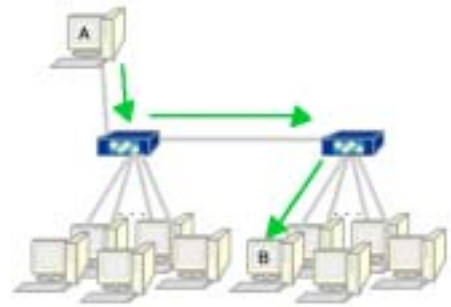
## データリンク層

- MAC (Media Access Control)アドレス
- フレーム単位での通信(フレームヘッダ、データ)
- 物理媒体上で結ばれた端末どうしの通信
- 同期のための制御
- 誤り検出や訂正を行う
- フロー制御

## MACアドレス

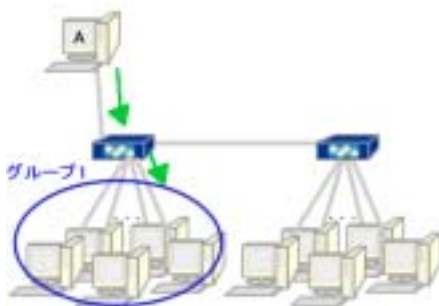
- ノードを識別するための名前
- IEEEが業者毎に指定して決定
- 世界中で唯一無二
- 6バイト
  - 1ビット目はユニキャスト/マルチキャスト
  - 2ビット目はユニバーサル/ローカル
  - ユニバーサルはIEEEが割り当て、ローカルは勝手に割り当て
- 放送アドレスでは全てのビットが1

## ユニキャスト



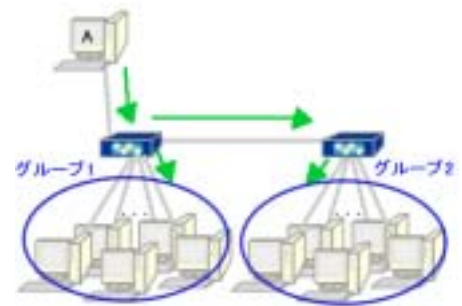
<http://www.wakasato.org/learn/nepc/course1/chapter03/section01.html>

## マルチキャスト



<http://www.wakasato.org/learn/nepc/course1/chapter03/section01.html>

## ブロードキャスト



<http://www.wakasato.org/learn/nepc/course1/chapter03/section01.html>

## ネットワーク情報の例



```
Router# show ip interface brief
Ethernet0/0/24: 10.10.10.1/24
Ethernet0/0/23: 10.10.10.2/24
Ethernet0/0/22: 10.10.10.3/24
Ethernet0/0/21: 10.10.10.4/24
Ethernet0/0/20: 10.10.10.5/24
Ethernet0/0/19: 10.10.10.6/24
Ethernet0/0/18: 10.10.10.7/24
Ethernet0/0/17: 10.10.10.8/24
Ethernet0/0/16: 10.10.10.9/24
Ethernet0/0/15: 10.10.10.10/24
Ethernet0/0/14: 10.10.10.11/24
Ethernet0/0/13: 10.10.10.12/24
Ethernet0/0/12: 10.10.10.13/24
Ethernet0/0/11: 10.10.10.14/24
Ethernet0/0/10: 10.10.10.15/24
Ethernet0/0/9: 10.10.10.16/24
Ethernet0/0/8: 10.10.10.17/24
Ethernet0/0/7: 10.10.10.18/24
Ethernet0/0/6: 10.10.10.19/24
Ethernet0/0/5: 10.10.10.20/24
Ethernet0/0/4: 10.10.10.21/24
Ethernet0/0/3: 10.10.10.22/24
Ethernet0/0/2: 10.10.10.23/24
Ethernet0/0/1: 10.10.10.24/24
Serial0/0/0: 10.10.10.25/24
Serial0/0/1: 10.10.10.26/24
Serial0/0/2: 10.10.10.27/24
Serial0/0/3: 10.10.10.28/24
Serial0/0/4: 10.10.10.29/24
Serial0/0/5: 10.10.10.30/24
Serial0/0/6: 10.10.10.31/24
Serial0/0/7: 10.10.10.32/24
Serial0/0/8: 10.10.10.33/24
Serial0/0/9: 10.10.10.34/24
Serial0/0/10: 10.10.10.35/24
Serial0/0/11: 10.10.10.36/24
Serial0/0/12: 10.10.10.37/24
Serial0/0/13: 10.10.10.38/24
Serial0/0/14: 10.10.10.39/24
Serial0/0/15: 10.10.10.40/24
Serial0/0/16: 10.10.10.41/24
Serial0/0/17: 10.10.10.42/24
Serial0/0/18: 10.10.10.43/24
Serial0/0/19: 10.10.10.44/24
Serial0/0/20: 10.10.10.45/24
Serial0/0/21: 10.10.10.46/24
Serial0/0/22: 10.10.10.47/24
Serial0/0/23: 10.10.10.48/24
Serial0/0/24: 10.10.10.49/24
Serial0/0/25: 10.10.10.50/24
Serial0/0/26: 10.10.10.51/24
Serial0/0/27: 10.10.10.52/24
Serial0/0/28: 10.10.10.53/24
Serial0/0/29: 10.10.10.54/24
Serial0/0/30: 10.10.10.55/24
Serial0/0/31: 10.10.10.56/24
Serial0/0/32: 10.10.10.57/24
Serial0/0/33: 10.10.10.58/24
Serial0/0/34: 10.10.10.59/24
Serial0/0/35: 10.10.10.60/24
Serial0/0/36: 10.10.10.61/24
Serial0/0/37: 10.10.10.62/24
Serial0/0/38: 10.10.10.63/24
Serial0/0/39: 10.10.10.64/24
Serial0/0/40: 10.10.10.65/24
Serial0/0/41: 10.10.10.66/24
Serial0/0/42: 10.10.10.67/24
Serial0/0/43: 10.10.10.68/24
Serial0/0/44: 10.10.10.69/24
Serial0/0/45: 10.10.10.70/24
Serial0/0/46: 10.10.10.71/24
Serial0/0/47: 10.10.10.72/24
Serial0/0/48: 10.10.10.73/24
Serial0/0/49: 10.10.10.74/24
Serial0/0/50: 10.10.10.75/24
Serial0/0/51: 10.10.10.76/24
Serial0/0/52: 10.10.10.77/24
Serial0/0/53: 10.10.10.78/24
Serial0/0/54: 10.10.10.79/24
Serial0/0/55: 10.10.10.80/24
Serial0/0/56: 10.10.10.81/24
Serial0/0/57: 10.10.10.82/24
Serial0/0/58: 10.10.10.83/24
Serial0/0/59: 10.10.10.84/24
Serial0/0/60: 10.10.10.85/24
Serial0/0/61: 10.10.10.86/24
Serial0/0/62: 10.10.10.87/24
Serial0/0/63: 10.10.10.88/24
Serial0/0/64: 10.10.10.89/24
Serial0/0/65: 10.10.10.90/24
Serial0/0/66: 10.10.10.91/24
Serial0/0/67: 10.10.10.92/24
Serial0/0/68: 10.10.10.93/24
Serial0/0/69: 10.10.10.94/24
Serial0/0/70: 10.10.10.95/24
Serial0/0/71: 10.10.10.96/24
Serial0/0/72: 10.10.10.97/24
Serial0/0/73: 10.10.10.98/24
Serial0/0/74: 10.10.10.99/24
Serial0/0/75: 10.10.10.100/24
Serial0/0/76: 10.10.10.101/24
Serial0/0/77: 10.10.10.102/24
Serial0/0/78: 10.10.10.103/24
Serial0/0/79: 10.10.10.104/24
Serial0/0/80: 10.10.10.105/24
Serial0/0/81: 10.10.10.106/24
Serial0/0/82: 10.10.10.107/24
Serial0/0/83: 10.10.10.108/24
Serial0/0/84: 10.10.10.109/24
Serial0/0/85: 10.10.10.110/24
Serial0/0/86: 10.10.10.111/24
Serial0/0/87: 10.10.10.112/24
Serial0/0/88: 10.10.10.113/24
Serial0/0/89: 10.10.10.114/24
Serial0/0/90: 10.10.10.115/24
Serial0/0/91: 10.10.10.116/24
Serial0/0/92: 10.10.10.117/24
Serial0/0/93: 10.10.10.118/24
Serial0/0/94: 10.10.10.119/24
Serial0/0/95: 10.10.10.120/24
Serial0/0/96: 10.10.10.121/24
Serial0/0/97: 10.10.10.122/24
Serial0/0/98: 10.10.10.123/24
Serial0/0/99: 10.10.10.124/24
Serial0/0/100: 10.10.10.125/24
Serial0/0/101: 10.10.10.126/24
Serial0/0/102: 10.10.10.127/24
Serial0/0/103: 10.10.10.128/24
Serial0/0/104: 10.10.10.129/24
Serial0/0/105: 10.10.10.130/24
Serial0/0/106: 10.10.10.131/24
Serial0/0/107: 10.10.10.132/24
Serial0/0/108: 10.10.10.133/24
Serial0/0/109: 10.10.10.134/24
Serial0/0/110: 10.10.10.135/24
Serial0/0/111: 10.10.10.136/24
Serial0/0/112: 10.10.10.137/24
Serial0/0/113: 10.10.10.138/24
Serial0/0/114: 10.10.10.139/24
Serial0/0/115: 10.10.10.140/24
Serial0/0/116: 10.10.10.141/24
Serial0/0/117: 10.10.10.142/24
Serial0/0/118: 10.10.10.143/24
Serial0/0/119: 10.10.10.144/24
Serial0/0/120: 10.10.10.145/24
Serial0/0/121: 10.10.10.146/24
Serial0/0/122: 10.10.10.147/24
Serial0/0/123: 10.10.10.148/24
Serial0/0/124: 10.10.10.149/24
Serial0/0/125: 10.10.10.150/24
Serial0/0/126: 10.10.10.151/24
Serial0/0/127: 10.10.10.152/24
Serial0/0/128: 10.10.10.153/24
Serial0/0/129: 10.10.10.154/24
Serial0/0/130: 10.10.10.155/24
Serial0/0/131: 10.10.10.156/24
Serial0/0/132: 10.10.10.157/24
Serial0/0/133: 10.10.10.158/24
Serial0/0/134: 10.10.10.159/24
Serial0/0/135: 10.10.10.160/24
Serial0/0/136: 10.10.10.161/24
Serial0/0/137: 10.10.10.162/24
Serial0/0/138: 10.10.10.163/24
Serial0/0/139: 10.10.10.164/24
Serial0/0/140: 10.10.10.165/24
Serial0/0/141: 10.10.10.166/24
Serial0/0/142: 10.10.10.167/24
Serial0/0/143: 10.10.10.168/24
Serial0/0/144: 10.10.10.169/24
Serial0/0/145: 10.10.10.170/24
Serial0/0/146: 10.10.10.171/24
Serial0/0/147: 10.10.10.172/24
Serial0/0/148: 10.10.10.173/24
Serial0/0/149: 10.10.10.174/24
Serial0/0/150: 10.10.10.175/24
Serial0/0/151: 10.10.10.176/24
Serial0/0/152: 10.10.10.177/24
Serial0/0/153: 10.10.10.178/24
Serial0/0/154: 10.10.10.179/24
Serial0/0/155: 10.10.10.180/24
Serial0/0/156: 10.10.10.181/24
Serial0/0/157: 10.10.10.182/24
Serial0/0/158: 10.10.10.183/24
Serial0/0/159: 10.10.10.184/24
Serial0/0/160: 10.10.10.185/24
Serial0/0/161: 10.10.10.186/24
Serial0/0/162: 10.10.10.187/24
Serial0/0/163: 10.10.10.188/24
Serial0/0/164: 10.10.10.189/24
Serial0/0/165: 10.10.10.190/24
Serial0/0/166: 10.10.10.191/24
Serial0/0/167: 10.10.10.192/24
Serial0/0/168: 10.10.10.193/24
Serial0/0/169: 10.10.10.194/24
Serial0/0/170: 10.10.10.195/24
Serial0/0/171: 10.10.10.196/24
Serial0/0/172: 10.10.10.197/24
Serial0/0/173: 10.10.10.198/24
Serial0/0/174: 10.10.10.199/24
Serial0/0/175: 10.10.10.200/24
Serial0/0/176: 10.10.10.201/24
Serial0/0/177: 10.10.10.202/24
Serial0/0/178: 10.10.10.203/24
Serial0/0/179: 10.10.10.204/24
Serial0/0/180: 10.10.10.205/24
Serial0/0/181: 10.10.10.206/24
Serial0/0/182: 10.10.10.207/24
Serial0/0/183: 10.10.10.208/24
Serial0/0/184: 10.10.10.209/24
Serial0/0/185: 10.10.10.210/24
Serial0/0/186: 10.10.10.211/24
Serial0/0/187: 10.10.10.212/24
Serial0/0/188: 10.10.10.213/24
Serial0/0/189: 10.10.10.214/24
Serial0/0/190: 10.10.10.215/24
Serial0/0/191: 10.10.10.216/24
Serial0/0/192: 10.10.10.217/24
Serial0/0/193: 10.10.10.218/24
Serial0/0/194: 10.10.10.219/24
Serial0/0/195: 10.10.10.220/24
Serial0/0/196: 10.10.10.221/24
Serial0/0/197: 10.10.10.222/24
Serial0/0/198: 10.10.10.223/24
Serial0/0/199: 10.10.10.224/24
Serial0/0/200: 10.10.10.225/24
Serial0/0/201: 10.10.10.226/24
Serial0/0/202: 10.10.10.227/24
Serial0/0/203: 10.10.10.228/24
Serial0/0/204: 10.10.10.229/24
Serial0/0/205: 10.10.10.230/24
Serial0/0/206: 10.10.10.231/24
Serial0/0/207: 10.10.10.232/24
Serial0/0/208: 10.10.10.233/24
Serial0/0/209: 10.10.10.234/24
Serial0/0/210: 10.10.10.235/24
Serial0/0/211: 10.10.10.236/24
Serial0/0/212: 10.10.10.237/24
Serial0/0/213: 10.10.10.238/24
Serial0/0/214: 10.10.10.239/24
Serial0/0/215: 10.10.10.240/24
Serial0/0/216: 10.10.10.241/24
Serial0/0/217: 10.10.10.242/24
Serial0/0/218: 10.10.10.243/24
Serial0/0/219: 10.10.10.244/24
Serial0/0/220: 10.10.10.245/24
Serial0/0/221: 10.10.10.246/24
Serial0/0/222: 10.10.10.247/24
Serial0/0/223: 10.10.10.248/24
Serial0/0/224: 10.10.10.249/24
Serial0/0/225: 10.10.10.250/24
Serial0/0/226: 10.10.10.251/24
Serial0/0/227: 10.10.10.252/24
Serial0/0/228: 10.10.10.253/24
Serial0/0/229: 10.10.10.254/24
Serial0/0/230: 10.10.10.255/24
```

## ネットワーク層

- 端末のアドレス付け (IPアドレス)
- 経路制御
  - 発信者から受信者までの中継点
- 輻輳制御
  - ネットワークの資源管理
- 上位層からのPDUの分割と再組み立て

## 経路制御の必要性

- 異なるネットワーク間で通信する(ルータ)
- ネットワークの構成変更に対応
- 方式
  - スタティックルーティング  
ルータ毎に人手で設定
  - ダイナミックルーティング  
自動的に経路情報を相互に交換

## 経路情報の設定

- スタティックルーティング
  - 相手までの経路が固定的な場合
  - 他のネットワークへの経路がひとつ
- ダイナミックルーティング
  - ルータ同士で情報を交換
  - 動的に経路を変更できる

## ルータの役割

- 二つの異なるネットワーク間の通信を中継
- ルータを経由して通信するためには
  - 自身と外部のネットワークを識別し、それぞれに対応してパケットを転送できる
  - 中継用のルータを知っていて外部ネットワークあてのパケットを正しく送れる
  - パケットを受け取るルータが正しく中継できる
- 外部に不要な通信を出さない

## デフォルトゲートウェイ

- 同じネットワークなら簡単(ARPコマンド)
- 同じネットワークでない場合
  - ルータ経由でデータを転送
- 普通はネットワークの接続口は一つ
- 中継をしているゲートウェイは複数の口

## 経路情報の設定と更新

- 固定的経路制御
  - 人が定義した経路制御表にしたがう
  - 組織内ではよく使われる
- ICMP再転送メッセージによる学習
  - 固定的経路制御に加えて、ICMP再転送メッセージで学習する
- RIP (Routing Information Protocol)
  - 単純な距離ベクトル型

## 経路のコスト

- 宛先までのノード数 (物理的距離)
- 遅延 (時間的距離)
- 帯域
- 平均通信量
- 通信料金
- 待ち行列の長さ

## 経路制御のアルゴリズム

- 距離ベクトル型
  - 相手までのホップ数など
  - 私の知っていることはあなたが知っているに基づいている
  - 使いやすいが、大規模ネットワークには向かない?
- リンク状態型
  - ネットワークの構造を保持する
  - 相互に経路情報を交換
  - 経路に重み付け
  - 各ノードは隣接ノードとの距離情報を他の全てのノードに放送

## 距離ベクトル型

- 蓄積交換型
- 新しいノードやリンクができたという情報は速やかに伝わる
- 何処かが切れたという情報は伝わり難い
- ピンポン現象が発生 (例で説明)

## リンク状態型

- 自分と隣接ノードとの距離情報を配布
- スパニングツリー
- 最小全域木

## AS (Autonomous System)

- インターネットの中の一つの自立したネットワーク運用組織
- AS番号
- AS内はIGP (Interior Gateway Protocol)
- AS間はEGP (Exterior Gateway Protocol)



## 経路制御の方式

- IGB (Interior Gateway Protocol)
  - RIP (Routing Information Protocol)
  - RIP2
  - OSPF (Open Shortest Path First)
- EGP (Exterior Gateway Protocol)
  - BGP (Border Gateway Protocol)

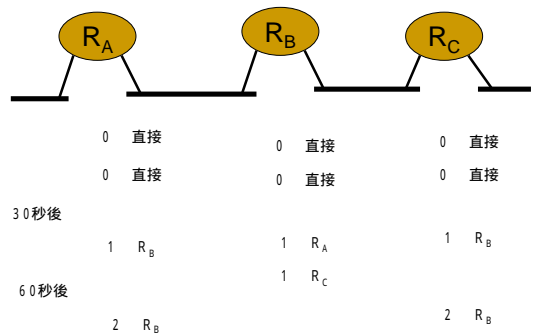
## RIP

- 中継するルータの数を距離と考える
- 一回中継されるとホップ数が増加
- RIPはホップ数が最大15(越えると通信不能)
- 30秒毎に経路情報を送出
- 64Kbpsでは回線がパンクする事態も

## RIP(2)

- 要求と回答パケットをUDPで送受信
- (宛先IPアドレス、距離)の組の情報
- サブネット情報がない
- RIP2ではサブネットマスクも追加
- 無限ループの検出(黒板で説明)
  - スプリットホライズン
  - ポイズンリバース

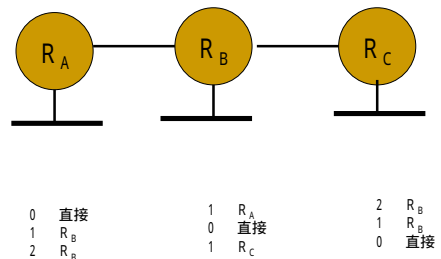
## RIPの動作



## 無限ループの検出

- スプリットホライズン
  - 受信した情報を受け取ったインタフェースには送信しない処理のこと
- ポイズンリバース
  - あるルータが駄目としたルートの情報を受け取った隣のルータが、「このルートは駄目を了解」という返事をする

## 無限カウント



R<sub>B</sub>とR<sub>C</sub>の間が切れると

0	直接	1	R <sub>A</sub>
1	R <sub>B</sub>	0	直接
2	R <sub>B</sub>	3	R <sub>A</sub>
↓			
1	R <sub>A</sub>	1	R <sub>A</sub>
0	直接	0	直接
4	R <sub>B</sub>	5	R <sub>A</sub>

## OSPF (Open Shortest Path First)

- 一つの組織内のネットワークで使う
- ネットワークを領域に分割
  - 領域内のルータ同士
  - 他の領域のルータ同士
  - 組織外のルータとのやりとり
- ホップ数制限はない

## OSPF

- 各ルータがネットワーク全体の構成を把握
- ルータ間の通信速度を経路制御に反映
- どの経路を通ると一番コストが少ないか
- コストとは、100Mbps / 回線速度あるいは RTT (Round Trip Time)
- 最小コスト経路を算出して、経路制御表を構成

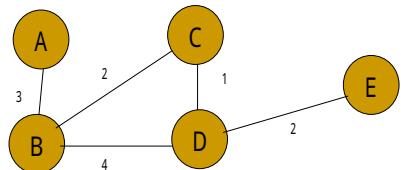
## OSPF

- IPのタイプに応じて別々の経路を選択可能
- メトリック値で経路に重み付け
  - 複数の経路がある時に、複数の経路を使って負荷バランスを取れる
- サブネット情報を含む
  - CIDRに対応している

## OSPFの経路作成手順

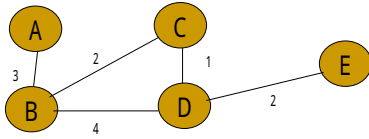
- 隣接ルータを見つける
- リンク状態情報データベースを作る
- 最小コストを計算する
- 経路表を作成する

## OSPFの例



送信元	A	B	C	D	E
宛先 B		3	2	4	2
宛先 A		3	2	4	2
宛先 C		2	2	1	2
宛先 D		4	1	1	2
宛先 E		2	2	2	2
コスト	3	3	2	4	2

## ルータBの経路表



宛先	次のルータ
A	A
C	C
D	C
E	C

## BGP (Border Gateway Protocol)

- 距離ベクトル型の経路制御を想定
- 組織のネットワーク同士をつなぐ
- AS間の標準的なルーティングプロトコル
- なるべく少ないASを経由する経路を選択
- 隣接BGPルータはTCPで情報交換
- 行きの経路はこちらの思惑どおりだが、帰りは相手の方針

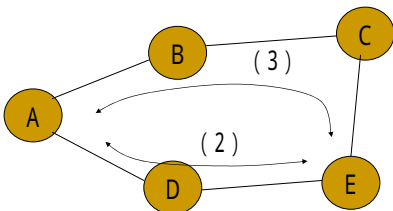
## BGP

- AS間で使用 (iBGP、eBGP)
- ASの運営ポリシーを反映可能
  - 学術研究機関と企業
  - 国際回線を直接借りているプロバイダだけ
- ルータの経由数は問わない
- ASパスが最も短い経路を選択して表を作成

## BGPの経路作成手順

- 2台のBGP対応ルータ間でBGPピアを確立
- BGPピアで経路情報を交換して、BGPテーブルを作成
- BGPテーブルから最適経路を選択して、経路表を作成
- 他のBGP対応ルータに最適経路を伝える

## BGPの例



E AへはDを経由

## 輻輳制御

- ネットワーク自体は正常に動作しているが、パケットが過剰に発生し、混雑、処理能力の低下を期待している状態を輻輳
- 解決方法
  - 事前にバッファを確保
  - パケット廃棄 (インターネットの通常の対応)
  - ネットワークに入ってくるパケットを抑制
  - フロー制御による回避

## トランスポート層

- 発信元と宛先間の転送の制御
  - 誤り制御
  - フロー制御
- トランスポート層の手順
  - TCP (Transmission Control Protocol)
  - UDP (User Datagram Protocol)
- 接続方式
  - CO (Connection Oriented)
  - CL (Connectionless)

## TCP

- もとはARPANETのトランスポート層手順
- 信頼性の低い(ベストエフォート型)ネットワークで、高信頼性の転送を行うための手順
- 接続型 (CO) でバーチャルサーキット(VC)型の手順
- 単純肯定応答方式とタイムアウト方式
- セグメントは可変長で、分解と組み立てを行う

## TCPの通信手順

- |             |         |
|-------------|---------|
| ■ 仕事内容      | ■ 手順    |
| □ コネクション管理  | □ 接続開始  |
| □ エラーの検出と訂正 | □ 全二重通信 |
| □ フロー制御     | □ 接続終了  |
| □ パケットの順序制御 |         |

## セグメント形式

- ポート番号(発信元、宛先)
- セグメント番号(順番号)  
送信データのバイト単位の順番号を振る
- 受け取り確認応答

- ヘッダ長、ACK、PSH、RST、SYN、FIN
- ウィンドウの大きさ
- 誤り検出のための値(ヘッダ部に情報を追加して16ビットで集計し、1の補数)
- 様々な選択(データ部の最大長、ウィンドウサイズ他)

## 接続手順

- A B 相手のポート番号を指定し、接続要求(SYNをON、ACKをOFF)
- A B SYNセグメントで受け取りの返事(SYNをON、ACKをON)
- A B 返事に受け取りの確認(SYNをOFF、ACKをON)

## 終了手順

- A B 接続終了要求をFINセグメントで送信 (FINをON)
- A B 順番番号を+1して返事を戻す(ACKをON) + (FINをON, ACKをON)
- A B 受け取り確認を送信(ACKをON)

## タイマー問題

- セグメントの受信確認がないとセグメントの再送を行う
- 決定までの待ち時間は往復の遅延時間を参考に決定する
- タイミングが悪いと輻輳するか、転送性能が低下する

## フロー制御

- キー入力とファイル転送
- ウィンドウ方式では受信確認が届く前に送り続ける(スライディングウィンドウ)
- バッファのサイズをネゴシエーションする
- 速度制御のフロー制御手法
  - 送信側と受信側が送信速度を交渉
  - Network Block Transfer (NETBLT) は大量データの転送手順
- キープアライブ

## ポート番号

- 16ビットで内容の種類を示す
- 例
  - Telnetは23
  - FTPは21(制御)、20(データ転送)
  - SMTPは25
  - HTTPは80
- 0~1023はWell-known PortでIANAが決定 (the Internet Assigned Numbers Authority)
- /etc/services、/etc/inetd.conf

## UDP

- 非接続型の手順(上位で詳細に制御)
- 受信応答確認なし
- セグメント分割なし
- 65507バイトのデータを運べる (65535-28)
- 簡単な問い合わせ、回答形式のプロトコル、単発的なメッセージ
- NFS、TFTP

## UDPの用途

- 信頼性の高いネットワークでの、データ量の小さい通信
- 動画や音声などのマルチメディア系の通信(少しぐらいデータが落ちててもわからない)
- 同報性が必要な通信