

情報ネットワーク  
--- 8. 経路制御 ---

大阪大学大学院情報科学研究科  
大崎 博之  
oosaki@ist.osaka-u.ac.jp

1

traceroute  
visualroute

## 経路制御とは?

- ✦ 経路制御 (ルーティング)
  - 中継ノードにおいてパケットを転送する経路を選択する処理
- ✦ 経路制御の目的
  - パケットを宛先ノードまで正しく/早く届ける
  - 複数の経路があれば最も適切な経路を選択する
  - ネットワーク機器の故障に対応
- ✦ 経路表 (ルーティングテーブル)
  - 中継ノードが持っているパケットの配送先の経路情報
  - 例: 宛先ノード、コスト (回線速度、伝搬遅延、ホップ数など)
- ✦ 今回の講義では、インターネットの経路制御が中心

2

<http://www.ietf.org>

## 用語の整理 (RFC1983 より)

- ✦ ノード
  - ネットワークに接続されているアドレスを付けられる機器のこと
  - ノード = ホスト + ルータ
- ✦ ルータ
  - ネットワーク間でパケットを中継する機器のこと
  - ルータ = 中継ノード
- ✦ ゲートウェイ
  - もともとは「ルータ」と同じ意味であった
  - 現在は、類似した機能の間でデータを中継する装置やプログラムのこと
    - 例: ルータ = レイヤ 3 (ネットワーク層) ゲートウェイ
    - 例: メールゲートウェイ = レイヤ 7 (アプリケーション層) ゲートウェイ

3

## 経路制御方式の分類 (経路決定、経路表の作成)

- ✦ 経路決定を行う場所による分類
  - ソースルーティング (source routing)
    - 送信元ノードが宛先ノードまでの経路を決定
  - ホップバイホップルーティング (hop-by-hop routing)
    - 中継ノードが次のノードまでの経路を決定
- ✦ 経路表の作成方法による分類
  - 静的な経路制御 (static routing)
    - ネットワーク管理者が固定的な経路表を設定
  - 動的な経路制御 (dynamic routing)
    - 中継ノードが自律的に経路表を生成

4

LAN -> RIP  
ISP -> OSPF, BGP

## 経路制御の階層化

- ✦ IGP (Interior Gateway Protocol)
  - AS 内で用いられる経路制御プロトコル
    - AS: Autonomous System
  - 目的: ネットワークの効率的な利用
  - 例: RIP (Routing Information Protocol), OSPF (Border Gateway Protocol)
- ✦ EGP (Exterior Gateway Protocol)
  - AS 間で用いられる経路制御プロトコル
  - 目的: ネットワークの効率的な利用 + AS 間の AUP を反映可能
    - AUP: Acceptable-Use Policy
  - 例: BGP (Border Gateway Protocol)

5

## 経路制御方式の分類 (経路情報)

- ✦ 距離ベクトル (Distance Vector) 経路制御方式
  - 距離と方向をもとに目的地への経路を決定
- ✦ リンク状態 (Link State) 経路制御方式
  - リンクの状態 (接続状態、コスト) をもとに目的地への経路を決定
- ✦ パスベクトル (Path Vector) 経路制御方式
  - 隣接ノード間で経路のリスト (目的地までのノードのリスト) を交換

6

## 距離ベクトル経路制御方式

- # DV (Distance Vector) Routing Protocol
- # 距離と方向をもとに目的地への経路を決定
  - 隣接ノード間で経路表の交換を繰り返す
  - Bellman-Ford アルゴリズムを利用
- # 実装は簡単だが、性能は悪い
- # 例: RIP (Routing Information Protocol)

7

## リンク状態経路制御方式

- # LS (Link State) Routing Protocol
- # リンクの状態 (接続状態、コスト) をもとに目的地への経路を決定
  - 全ノードがネットワーク全体の地図を持つ
  - Dijkstra アルゴリズムを利用
- # 実装は複雑だが、性能は良い
- # 例: OSPF (Open Shortest Path First)

8

## パスベクトル経路制御方式

- # PV (Path Vector) Routing Protocol
- # AS 間の AUP/コストをもとに目的地への経路を決定
  - AUP: Acceptable-User Policy
  - AS 間で経路のリスト (目的地までの AS のリスト) を交換
  - アルゴリズムは RFC1771 で規定
- # 実装は簡単だが、性能は悪い
- # 例: BGP (Boarder Gateway Protocol)

9

## Bellman-Ford アルゴリズム

- # グラフ理論で最短経路を求めるアルゴリズム
  - 重みつき有向グラフが対象
  - ある頂点から、他のすべての頂点への最短経路を求める
- # 計算量は  $O(|V||E|)$ 
  - $|V|$ : 頂点の数
  - $|E|$ : 辺の数

10

## Dijkstra アルゴリズム

LEDA

- # グラフ理論で最短経路を求めるアルゴリズム
  - 重みつき有向グラフが対象
  - ある頂点から、他のすべての頂点への最短経路を求める
- # 計算量は  $O(|E| + |V| \log|V|)$ 
  - $|V|$ : 頂点の数
  - $|E|$ : 辺の数

11

## インターネットの経路制御方式

- # RIP (Routing Information Protocol)
  - IGP (Interior Gateway Protocol) の一種
  - 距離ベクトル (DV: Distance Vector) 経路制御方式
- # OSPF (Boarder Gateway Protocol)
  - IGP (Interior Gateway Protocol) の一種
  - リンク状態 (LS: Link State) 経路制御方式
- # BGP (Boarder Gateway Protocol)
  - EGP (Exterior Gateway Protocol) の一種
  - パスベクトル (PV: Path Vector) 経路制御方式

12