

# Routing Algorithmen

Barbara Draxler  
Zenina Huskic  
Peter Wieland  
Sebastian Zehentner

31. Jänner 2002

# Inhalt

- Wo findet Routing statt? - Vermittlungsschicht/ Internetschicht
- Routing Algorithmen allgemein
- Distance Vector Routing
- Link State Routing

# OSI-Referenzmodell

- Bitübertragungsschicht (Physical Layer)
- Sicherungsschicht (Data Link Layer)
- Vermittlungsschicht (Network Layer)
- Transportschicht (Transport Layer)
- Sitzungsschicht (Session Layer)
- Darstellungsschicht (Presentation Layer)
- Verarbeitungsschicht (Application Layer)

# TCP/IP - Referenzmodell

- Host-an-Netz
- Internetschicht
- Transportschicht
- Verarbeitungsschicht

# Die Vermittlungsschicht

- Aufgaben:
  - ★ Pakete vom Ursprungs- zum Zielort zu bringen/vermitteln
  - ★ Auswahl der Routen und zwar so, dass Überlastung bzw. Untätigkeit der Router vermieden wird.
  - ★ Abrechnungsfunktion (d.h. Zählen der übertragenen Pakete, Zeichen und Bits)
- Zur Erklärung: Router = Bezeichnung für einen Knoten oder Vermittlungspunkt; sind Vermittlungscomputer.

## Organisation der Vermittlungsschicht

- Die Vermittlungsschicht stellt an Schnittstellen Dienste (verbindungslose und verbindungsorientierte) für die Transportschicht zur Verfügung.
  - ★ Virtuelle Verbindungen (verbindungsorientiert)
  - ★ Datagramme (verbindungslos)

## Virtuelle Verbindungen

- Werden v.a. in Teilnetzen benutzt, deren primärer Dienst verbindungsorientierter Natur ist.
- Zweck: Gesamter Datenverkehr wird über eine Route abgehandelt.
- Führen von Tabellen der jeweiligen offenen virtuellen Verbindungen, seitens der inkludierten Router, notwendig.
- Trennung beendet die Verbindung.
- z.B. Telephonnetz
- oder Internet.

# Datengramme

- Datengramme sind Pakete die unabhängig voneinander, auf nicht im Voraus bestimmten Routen, übertragen werden.
- Routen sind dynamisch, was eine optimale Netzauslastung bedeutet.
- Wichtig hierbei ist, dass jedes dieser Datengramme die vollständige Empfängeradresse mitführt.

## Virtuelle Verbindung (VV) vs. Datengramme (DG)

- Verbindungsaufbau: bei VV erforderlich, bei DG nicht erforderlich.
- Routing: Bei VV für alle Pakete selbe Route, bei DG sind alle Pakete voneinander unabhängig.
- Überlastungsüberwachung: bei VV leicht, denn es kann im Voraus genügend Puffer zur Verfügung gestellt werden, was bei DG sehr schwierig ist.

## Internetschicht

Im Aufgabenbereich und in der Funktionalität ist diese Schicht des TCP/IP-Referenzmodells der Vermittlungsschicht des OSI-Referenzmodells sehr ähnlich.

# Anforderungen an Routing Algorithmen

- Stabilität (gleichmäßige Ergebnisse)
- Robustheit (Rechner- und Leitungsausfälle)
- Einfachheit (Zeit - und Platzsparend)
- Korrektheit
- Optimalität (schnellste Übertragung)
- Fairness

# Statisches Routing

- einfach
- Routinginformationen sind fix
- auf Veränderung der Netzinfrastruktur wird nicht reagiert
- hoher Verwaltungsaufwand

# Statisches Routing - Algorithmen

- Shortest Path Algorithmus
- Flooding
- Flow Based Routing

# Dynamisches Routing

- Regeln, die die Gewichtung eines Weges ergeben
  - ★ kürzester Weg
  - ★ kostengünstigster Weg
  - ★ Bandbreite
  - ★ Auslastung
  - ★ Wegverzögerung
- Protokolle zum Austausch der Routinginformationen
  - ★ RIP (Routing Information Protocol)
  - ★ IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)

## Dynamisches Routing - Isoliertes Verfahren

- jeder Knoten sammelt Informationen über den Verkehr
- Routing-Entscheidung wird von jedem Knoten selber getroffen
- Vorteile
  - ★ kaum Overhead durch Statusinformationen
  - ★ stabil, weil dezentral
- Nachteile
  - ★ nicht geeignet zur Berechnung von optimalen Routen
  - ★ mangelnde Anpassungsfähigkeit an Änderungen der Netztopologie

## Dynamisches Routing - Zentralisiertes Verfahren

- Routing-Entscheidungen werden zentral von einem Router übernommen - RCC (Routing Control Center)
- RCC besitzt alle Informationen zum kompletten Netzwerk, da alle Knoten ihm die aktuellen Informationen schicken
- Vorteile
  - ★ ideal geeignet zur Berechnung der optimalen Routen
- Nachteile
  - ★ Routen die zum RCC führen sind stark belastet
  - ★ Berechnung von Routingtabellen dauert in großen Netzen lange
  - ★ beim Ausfall des RCC werden keine Pakete mehr gesendet
  - ★ Routen können möglicherweise mit veralteten Informationen berechnet werden

## Dynamisches Routing - Verteiltes Verfahren

- Mischung aus isoliertem und zentralisiertem Verfahren
- jeder Knoten bildet ein lokales RCC
- Knoten tauschen untereinander Statusinformationen aus
- wird von TCP/IP verwendet, Austausch der Informationen mittels IMP's (Internet Message Processors)
- Vorteile
  - ★ ausfallsicher
  - ★ schnelle Anpassung an Veränderung in Topologie oder Verkehr
  - ★ gute Chancen eine effiziente Route zu berechnen
- Nachteile
  - ★ jeder Knoten muss Routingtabellen berechnen (Rechenaufwand, Speicherplatz)
  - ★ möglicherweise veraltete Statusinformationen

# Dynamisches Routing - Algorithmen

- Link State Routing
- Distance Vector Routing

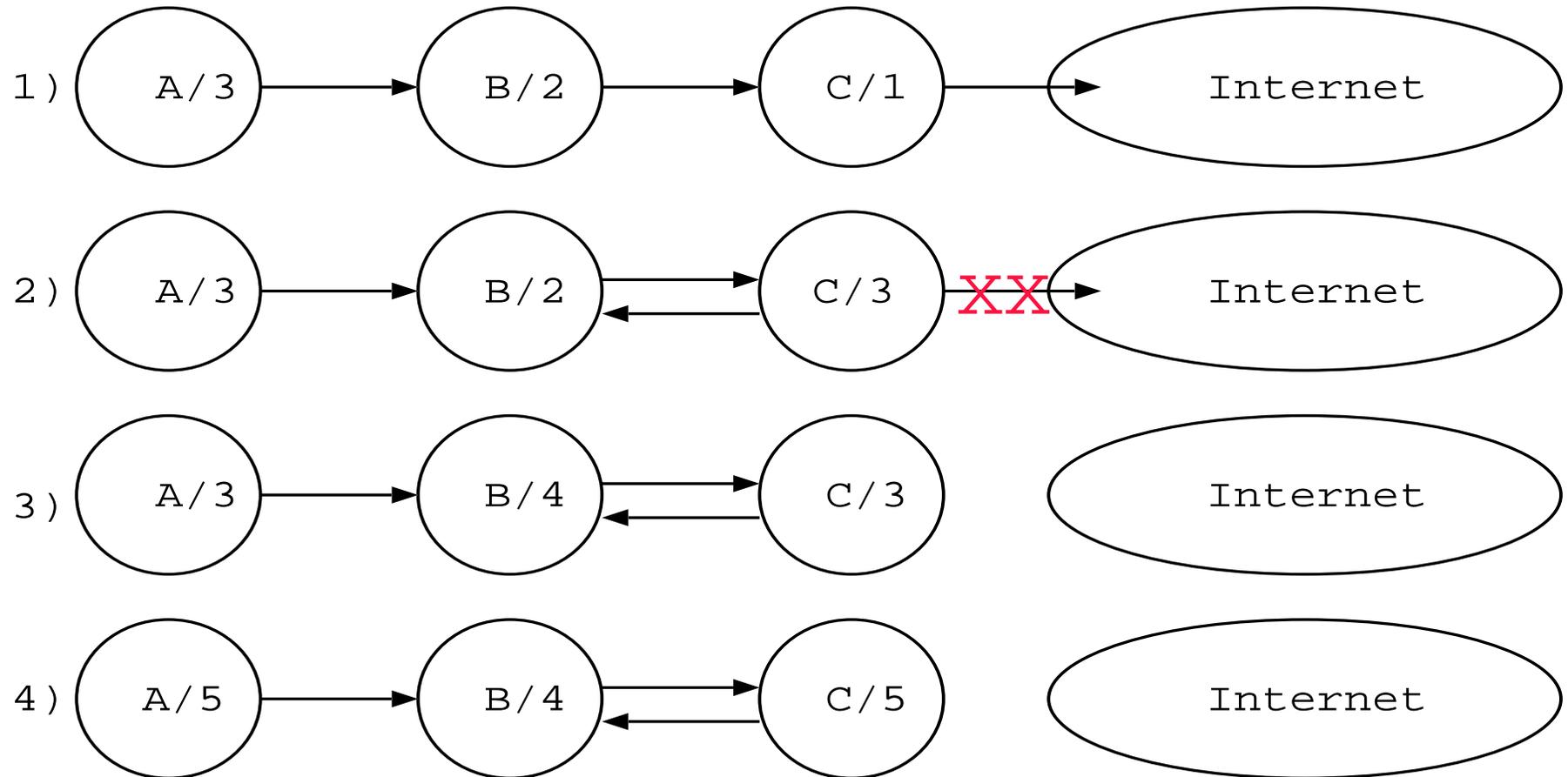
## Distance Vector Routing

- Dynamischer Routing Algorithmus,
- Verteiltes Bellman-Ford Routing,
- Ford-Fulkerson Routing.

## Distance Vector Routing (die Funktionsweise)

- Jeder Router verwaltet eine Routing-Tabelle, auf deren Grundlage er:
  - ★ die am besten bekannte "Entfernung" zu jedem Ziel und
  - ★ die zu benutzende Ausgangsleitung zu einem Zielermittelt.
- Austausch von Informationen mit den benachbarten Routern.
- "Entfernung":
  - ★ Zeitverzögerung
  - ★ Zahl der Teilstrecken
  - ★ Länge der Warteschlange.

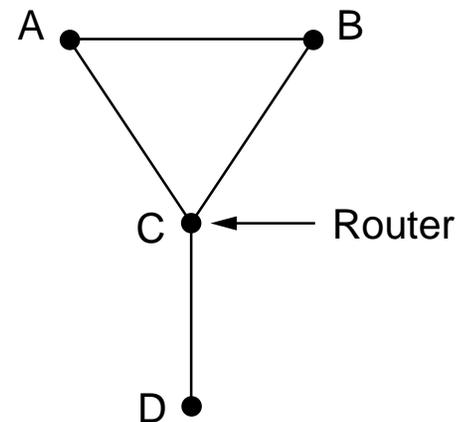
## Problem: Count-to-Infinity



- Infinity = maximale Zahl der Teilstrecken + 1;

## Lösung: Split Horizon Hack

- Die Entfernung zu X, auf der Leitung über die Pakete zu X übertragen werden wird auf Infinity gesetzt.
  - ★ A sagt C, dass seine Entfernung zu D unendlich ist.



- ABER, kann versagen, z.B, wenn die Verbindung zwischen C und D unterbrochen wird; A und B zählen dann bis ins Unendlich.

# RIP: Routing Information Protocol

- Internes Gateway-Protokoll im Internet
- RFC 1058
- Verwendet Distance Vector Routing und Split Horizon.
- Funktionierte in kleinen Systemen gut.
- 1979 wurde durch Link-State-Routing abgelöst.

# BGP: Border Gateway Protocol

- Externes Gateway Protokoll
- RFC 1654
- Distance Vector Protokoll
- Löst count-to-infinity Problem.
- Jeder BGP-Router teilt seinen Nachbarn die Entfernung und den benutzenden Pfad zu einem Ziel mit.

## Link State Routing

1. Erkunden der Nachbarn und lernen Ihrer Netzwerk Adressen.
2. Messen der Entfernung und Kosten zu jedem Nachbarn.
3. Erstellen eines Paketes mit den zuvor ermittelten Daten.
4. Senden dieses Paketes an alle anderen Routern.
5. Errechnen der kürzesten Routen zu jedem anderen Router.

## Nachbarn erkunden

- Senden eines speziellen HELLO Paketes auf allen Punkt zu Punkt Verbindungen.
- Jeder Router sendet zurück wer er ist.

## Messen der Kosten einer Verbindung

- Senden eines ECHO Paketes und messen der Round Trip Time.

# Erstellen der Link State Pakete

## Inhalt:

- Identität des Senders,
- Sequenznummer,
- Alter,
- Nachbarn und deren Entfernung/Kosten vom Sender.

## Wann werden Link State Pakete erstellt?

- Periodisch,
- bei Wegfall eines Nachbarn,
- bei Wiederscheinen eines Nachbarn, ...

## Versenden der Link State Pakete

- Grundsätzlich durch Flooding.
- Jedes Duplikat eines bereits gesendeten Paketes wird verworfen.

## Errechnen des kürzesten Pfades

**Durch die Link State Pakete erhalten Information:**

- Gesamter Information zum Graph des Netzes.
- Kosten der einzelnen Kanten des Graphes in beide Richtungen.

**Berechnen des kürzesten Pfades mittels Dijkstra.**

## Vorteile

- Schneller bei Änderungen im Netz.
- Bessere Bestimmung der tatsächlichen Entfernung/Kosten einer Verbindung.

# Protokolle mit Link State Routing

- OSPF
  - ★ RFC 1247,
  - ★ RFC 1583 (OSPF Version 2),
  - ★ RFC 1584 (Multicast Extensions to OSPF),
  - ★ ...
  
- IS-IS (Intermediate System - Intermediate System)

## Zusammenfassung

- Routing = zentrale Aufgabe in der Vermittlungsschicht.

### **Buchtip!**

Radia Perlman, "Interconnections Second Edition: Bridges, Routers, Switches and Internetworking Protocols", Addison-Wesley, 2000.