

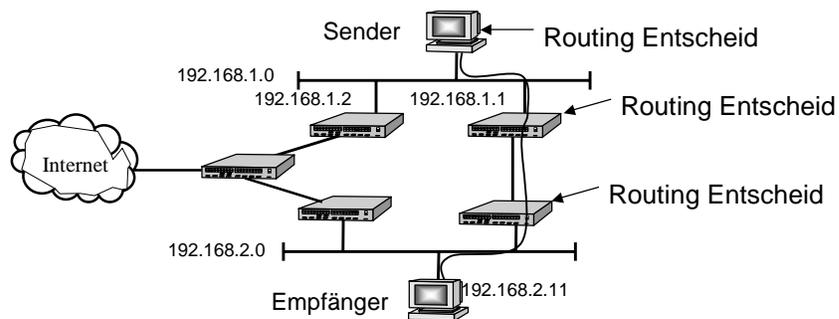
# Routing

© 2001 Matthias Bossardt

1

## Dienstmodell

- Findet den 'günstigsten' Pfad um ein Datenpaket vom Sender zum Empfänger zu leiten.
  - Tolerant gegenüber Ausfällen von Verbindungen und Netzknoten (Routern).



© 2001 Matthias Bossardt

2

## Verbindungsorientiert vs. Verbindungslos

- Verbindungsorientiert:  
Routing nur beim Verbindungsaufbau.
- Verbindungslos:  
Routing betrifft jedes Datenpaket.

© 2001 Matthias Bossardt

3

## Routing vs. Forwarding

- Routing:  
Verteilter Prozess, der in den Routern Routing- und Forwardingtabellen aufbaut.
- Forwarding:  
Lokaler Prozess, der ein Datenpaket nach Konsultation der Forwardingtabelle an den korrekten Ausgangsport des Routers weiterleitet.

© 2001 Matthias Bossardt

4

# Routing Algorithmen

- Verteilter Algorithmus für das Erzeugen von Routingtabellen in Routern
- Kriterien:
  - Skalierbarkeit
  - Konvergenz
  - Stabilität
- Zwei wichtige Klassen von Algorithmen
  - Distanzvektor
  - Link State

© 2001 Matthias Bossardt

5

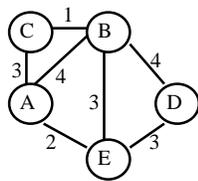
# Distanzvektor Routing

- Jeder Router sendet einen Vektor mit den kürzesten Distanzen zu allen erreichbaren Netzadressen an seine Nachbarn.
- Ein Router führt seine Tabellen nach, falls er von einem Nachbarn erfährt, dass eine Netzadresse auf kürzerem Weg erreicht werden kann.
- Der Distanzvektor wird periodisch gesendet oder immer, wenn die Tabellen nachgeführt werden müssen.

© 2001 Matthias Bossardt

6

## Distanzvektor Routing Beispiel



Knoten A		
Destination	Distanz	Nächster Knoten
B	4	B
C	3	C
E	2	E
D	5	E

Routing Updates:

B->A: [(D,4) (E,3) (C,1) (A,4)]

E->A: [(D,3)(B,3)(A,2)]

© 2001 Matthias Bossardt

7

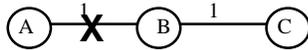
## Detektieren von Verbindungsunterbrüchen

- Periodisches Testen der Verbindung durch Senden von Kontrollpaketen. Router erwartet Bestätigung des Empfangs (Acknowledgment).
- Router erwartet periodische Routing-Updates oder 'Hello'-Nachrichten von Nachbarn.
- Verhindern von Oszillationen durch k-aus-n Regel.

© 2001 Matthias Bossardt

8

## Count-to-infinity Problem



Knoten A		
Destination	Distanz	Nächster Knoten
B	N.E.	
C	N.E.	

Knoten B		
Destination	Distanz	Nächster Knoten
A	5	C
C	1	C

Knoten C		
Destination	Distanz	Nächster Knoten
B	1	B
A	6	B

- Gegenmassnahmen

- Nur für Schleifen mit 2 Knoten
- ‘Unendlich’ limitieren
- Split horizon (siehe Skript & Buch)
- Split horizon with poison reverse

© 2001 Matthias Bossardt  
9

## Implementation: RIP-2

- IETF RFC-2453
- RIP verteilt erreichbare Netzadressen mit zugehöriger Distanz (Anzahl Hops) an Nachbarn.
- Sendet Information alle 30 Sekunden oder immer, wenn die Forwardingtabelle geändert werden musste.
- Maximaler Netzdurchmesser beträgt 15 Router (Hops), um die Konvergenzzeit zu begrenzen (count to infinity Problem).
- RIP-2 verwendet UDP mit Port 520.
- Nur ein einzelner Pfad pro Zieladresse ist gespeichert. Kein Lastausgleich möglich.
- Die meisten UNIX Systeme haben RIP eingebaut (routed).

© 2001 Matthias Bossardt  
10

## RIP-2 Paketformat

Operation	Version	Null
Adressfamilie Netz 1		Null
IP-Adresse Netz 1		
(Subnetz-Maske Netz 1)		
(Next Hop Netz 1)		
Distanz zu Netz 1		
Adressfamilie Netz 2		Null
IP-Adresse Netz 2		
(Subnetz-Maske Netz 2)		
(Next Hop Netz 2)		
Distanz zu Netz 2		
...		

Format eines Routing-Update in RIP (Version 1; in Klammern: Zusatz in Version 2)

© 2001 Matthias Bossardt

11

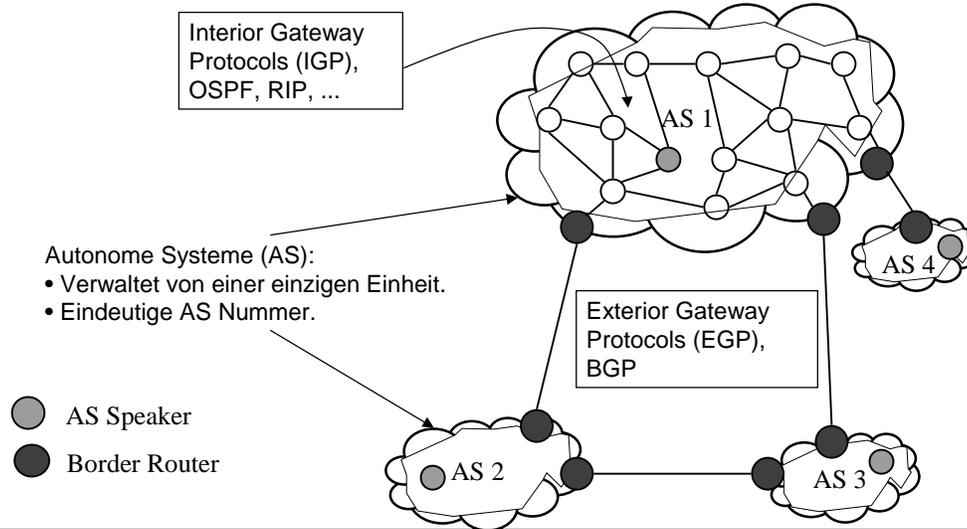
## Motivation für Hierarchisches Routing

- Skalierbarkeit
  - Distanzvektor: Routing-Updates  $O(k \cdot n \cdot n)$
  - Speicherbedarf: Routes zu allen Netzen  $O(n \cdot k)$
- Administration
  - Routing Policies
  - Metrik
  - Vertrauen

© 2001 Matthias Bossardt

12

# Autonome Systeme



© 2001 Matthias Bossardt  
13

# Interdomain Routing Protokolle

- Auch: Exterior Gateway Protokolle (EGP)
- Routing zwischen autonomen Systemen.
- Hauptziel ist Erreichbarkeit.
- Skalierbarkeit ist wichtiger als 'optimaler' Pfad.
- Einfluss auf Routing durch Policies.
- Vermeiden von Routing Schleifen.

© 2001 Matthias Bossardt  
14

# Implementation: BGP-4

- IETF RFC-1771
- BGP ist ein *Pfadvektor* Protokoll
  - Austausch von Erreichbarkeits-Informationen zusammen mit dem kompletten Pfad durch die zu traversierenden Autonomen Systemen (AS).
  - Border Router verbinden autonome Systeme untereinander.
  - Mindestens ein BGP speaker pro AS kommuniziert mit den anderen AS.
  - Anstelle einer Metrik wird eine Menge von Attributen ausgetauscht.
  - Für ein Ziel können verschiedene Pfade gespeichert werden. Nur der 'optimale' wird benutzt und weitergegeben.
  - BGP gebraucht TCP für den zuverlässigen Transport von Routing Updates.