

Übung 6

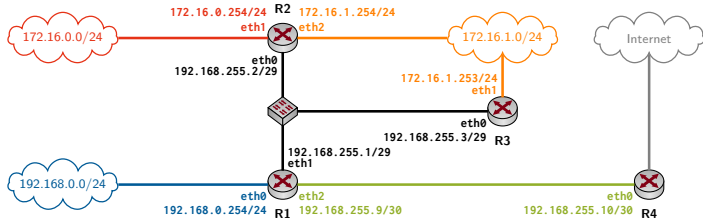
Tutorübung zu Grundlagen: Rechnernetze und Verteilte Systeme (Gruppen MI-T7 / DO-T5 SS 2015)

Michael Schwarz

Technische Universität München
Fakultät für Informatik

03.06.2015 / FEIERTAG

Routing Table



Definition: Routing Table

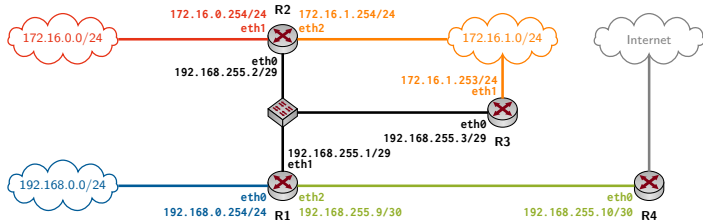
In der [Routing-Tabelle](#) speichert ein Router (oder Host)

- ▶ die Netzadresse eines Ziels,
- ▶ die Länge des Präfixes,
- ▶ den zugehörigen Next-Hop (auch Gateway genannt),
- ▶ das Interface, über welches dieser Next-Hop erreichbar ist, und
- ▶ die [Kosten](#) bis zum Ziel.

Hinweise:

- ▶ Bei IPv4 wird häufig anstatt der Präfixlänge die Subnetzmaske (oder [Genmas](#)) angegeben. Bei einem Präfix von N bit handelt es sich bei IPv4 um einen Block von vier Oktetten, wobei genau die erste N bit dieses Blocks 1 und alle übrigen 0 sind.
- ▶ Die Kosten werden fälschlicherweise auch als [Metrik](#) bezeichnet. Die Metrik hingegen ist, woraus die Kosten berechnet werden (z.B. Hop-Count, Bandbreite, Verzögerung etc.).

Routing Table



Beispiel: Routing-Tabelle für R1

Destination	NextHop	Costs	Iface
192.168.255.8/30	0.0.0.0	0	eth2
192.168.255.0/29	0.0.0.0	0	eth1
192.168.0.0/24	0.0.0.0	0	eth0
172.16.1.0/24	192.168.255.3	1	eth1
172.16.0.0/23	192.168.255.2	1	eth1
0.0.0.0/0	192.168.255.10	0	eth2

- ▶ Die Netze 172.16.{0,1}.0/24 wurden zusammengefasst
- ▶ Die Route 0.0.0.0 wird auch als **Default Route** bezeichnet
- ▶ Interessant: R1 kennt zwei (eigentlich sogar drei) Routen zum Netz 172.16.1.0/24 !

Longest Prefix Matching

1. R1 berechnet das logische AND aus der Zieladresse des Pakets und den Subnetzmasken (welche aus der Präfixlänge hervorgehen) in seiner Routingtabelle.
2. Das Ergebnis wird mit dem Eintrag in der Spalte „Destination“ verglichen.
3. Stimmt das Ergebnis damit überein, werden Gateway und zugehöriges Interface bestimmt.
4. Nachdem die MAC-Adresse des Gateways ggf. via ARP aufgelöst wurde, wird das Paket mit einem neuen Ethernet-Header versehen und weitergeleitet.

Beispiel: R1 erhalte ein Paket mit der Zieladresse 172.16.1.23.

Destination	NextHop	Costs	Iface
192.168.255.8/30	0.0.0.0	0	eth2
192.168.255.0/29	0.0.0.0	0	eth1
192.168.0.0/24	0.0.0.0	0	eth0
172.16.1.0/24	192.168.255.3	1	eth1
172.16.0.0/23	192.168.255.2	1	eth1
0.0.0.0/0	192.168.255.10	0	eth2

Longest Prefix Matching

1. R1 berechnet das logische AND aus der Zieladresse des Pakets und den Subnetzmasken (welche aus der Präfixlänge hervorgehen) in seiner Routingtabelle.
2. Das Ergebnis wird mit dem Eintrag in der Spalte „Destination“ verglichen.
3. Stimmt das Ergebnis damit überein, werden Gateway und zugehöriges Interface bestimmt.
4. Nachdem die MAC-Adresse des Gateways ggf. via ARP aufgelöst wurde, wird das Paket mit einem neuen Ethernet-Header versehen und weitergeleitet.

Beispiel: R1 erhalte ein Paket mit der Zieladresse 172.16.1.23.

	Destination	NextHop	Costs	Iface
→	192.168.255.8/30	0.0.0.0	0	eth2
	192.168.255.0/29	0.0.0.0	0	eth1
	192.168.0.0/24	0.0.0.0	0	eth0
	172.16.1.0/24	192.168.255.3	1	eth1
	172.16.0.0/23	192.168.255.2	1	eth1
	0.0.0.0/0	192.168.255.10	0	eth2

IP-Adresse	10101100 . 00010000 . 00000001 . 00010111	172.16.1.23
Subnetz Maske	11111111 . 11111111 . 11111111 . 11111100	255.255.255.252
Netzadresse	10101100 . 00010000 . 00000001 . 00010100	172.16.1.20

⇒ kein Match, da 172.16.1.20 \neq 192.168.255.8

Longest Prefix Matching

1. R1 berechnet das logische AND aus der Zieladresse des Pakets und den Subnetzmasken (welche aus der Präfixlänge hervorgehen) in seiner Routingtabelle.
2. Das Ergebnis wird mit dem Eintrag in der Spalte „Destination“ verglichen.
3. Stimmt das Ergebnis damit überein, werden Gateway und zugehöriges Interface bestimmt.
4. Nachdem die MAC-Adresse des Gateways ggf. via ARP aufgelöst wurde, wird das Paket mit einem neuen Ethernet-Header versehen und weitergeleitet.

Beispiel: R1 erhalte ein Paket mit der Zieladresse 172.16.1.23.

	Destination	NextHop	Costs	Iface
	192.168.255.8/30	0.0.0.0	0	eth2
→	192.168.255.0/29	0.0.0.0	0	eth1
	192.168.0.0/24	0.0.0.0	0	eth0
	172.16.1.0/24	192.168.255.3	1	eth1
	172.16.0.0/23	192.168.255.2	1	eth1
	0.0.0.0/0	192.168.255.10	0	eth2

IP-Adresse	10101100 . 00010000 . 00000001 . 00010111	172.16.1.23
Subnetz Maske	11111111 . 11111111 . 11111111 . 11111000	255.255.255.248
Netzadresse	10101100 . 00010000 . 00000001 . 00010000	172.16.1.16

⇒ kein Match, da 172.16.1.16 \neq 192.168.255.0

Longest Prefix Matching

1. R1 berechnet das logische AND aus der Zieladresse des Pakets und den Subnetzmasken (welche aus der Präfixlänge hervorgehen) in seiner Routingtabelle.
2. Das Ergebnis wird mit dem Eintrag in der Spalte „Destination“ verglichen.
3. Stimmt das Ergebnis damit überein, werden Gateway und zugehöriges Interface bestimmt.
4. Nachdem die MAC-Adresse des Gateways ggf. via ARP aufgelöst wurde, wird das Paket mit einem neuen Ethernet-Header versehen und weitergeleitet.

Beispiel: R1 erhalte ein Paket mit der Zieladresse 172.16.1.23.

	Destination	NextHop	Costs	Iface
	192.168.255.8/30	0.0.0.0	0	eth2
	192.168.255.0/29	0.0.0.0	0	eth1
→	192.168.0.0/24	0.0.0.0	0	eth0
	172.16.1.0/24	192.168.255.3	1	eth1
	172.16.0.0/23	192.168.255.2	1	eth1
	0.0.0.0/0	192.168.255.10	0	eth2

IP-Adresse	10101100 . 00010000 . 00000001 . 00010111	172.16.1.23
Subnetz Maske	11111111 . 11111111 . 11111111 . 00000000	255.255.255.0
Netzadresse	10101100 . 00010000 . 00000001 . 00000000	172.16.1.0

⇒ kein Match, da 172.16.1.0 \neq 192.168.0.0

Longest Prefix Matching

1. R1 berechnet das logische AND aus der Zieladresse des Pakets und den Subnetzmasken (welche aus der Präfixlänge hervorgehen) in seiner Routingtabelle.
2. Das Ergebnis wird mit dem Eintrag in der Spalte „Destination“ verglichen.
3. Stimmt das Ergebnis damit überein, werden Gateway und zugehöriges Interface bestimmt.
4. Nachdem die MAC-Adresse des Gateways ggf. via ARP aufgelöst wurde, wird das Paket mit einem neuen Ethernet-Header versehen und weitergeleitet.

Beispiel: R1 erhalte ein Paket mit der Zieladresse 172.16.1.23.

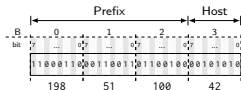
	Destination	NextHop	Costs	Iface
	192.168.255.8/30	0.0.0.0	0	eth2
	192.168.255.0/29	0.0.0.0	0	eth1
	192.168.0.0/24	0.0.0.0	0	eth0
→	172.16.1.0/24	192.168.255.3	1	eth1
	172.16.0.0/23	192.168.255.2	1	eth1
	0.0.0.0/0	192.168.255.10	0	eth2

IP-Adresse	10101100 . 00010000 . 00000001 . 00010111	172.16.1.23
Subnetz Maske	11111111 . 11111111 . 11111111 . 00000000	255.255.255.0
Netzadresse	10101100 . 00010000 . 00000001 . 00000000	172.16.1.0

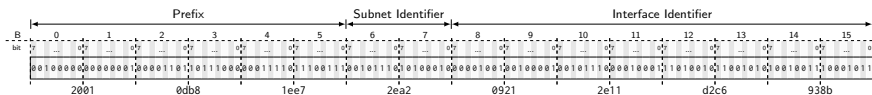
⇒ Match, da 172.16.1.0 = 172.16.1.0 ⇒ Gateway ist 192.168.255.3

Adressformat

- ▶ IPv4-Adressen werden üblicherweise in **Dot-Decimal-Notation** dargestellt, d.h. je eine 8 bit lange Gruppe wird als Dezimalzahl im Bereich 0–255 getrennt durch Punkte notiert.
- ▶ Diese Schreibweise würde bei IPv6 insgesamt 16 Gruppen ergeben – und merken könnte sich das auch niemand mehr.



- ▶ Stattdessen werden IPv6-Adressen in Gruppen zu je 16 bit getrennt durch Doppelpunkte (**colon-separated**) in hexadezimaler Schreibweise dargestellt.



Achtung:

- ▶ Bitte IPv6-Adressen nicht mit MAC-Adressen verwechseln, nur weil beide hexadezimal notiert werden.
- ▶ Bitte das Präfix, das es auch bei IPv4 gibt, und den Subnet Identifier auseinander halten.

Hinweise zur Notation [9]⁵

Wir betrachten die folgende Adresse:

2001:0db8:0000:0000:0001:0000:0000:0001

1. Führende Nullen in den einzelnen Blöcken werden weggelassen:



2001:db8:0:0:1:0:0:1

2. Höchstens eine Gruppe konsekutiver Blöcke, die nur aus Nullen bestehen, darf wie folgt abgekürzt werden:



2001:db8::1:0:0:1

3. Gibt es mehrere Möglichkeiten für Fall 2), so wählt man die längste 0 Sequenz, bei gleich langen dann die erste Möglichkeit. **Falsch** wäre also:



2001:db8:0:0:1::1



2001:db8::1::1

4. Ein einzelner 0 Block darf **nicht** mit :: abgekürzt werden:



2001:db8:0:1:1:1:1:1



2001:db8::1:1:1:1:1

Anderes Beispiel: Die Loopback-Adresse (vgl. 127.0.0.1 bei IPv4) lässt sich wie folgt kürzen:

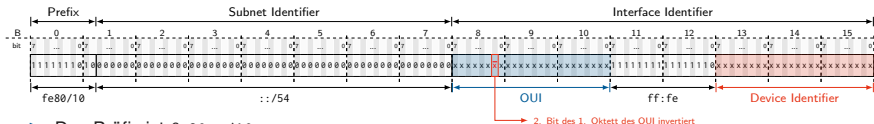
0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001/128

⁵Weitere Details finden sich in RFC 5952.

Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC) [16]

IPv6 erlaubt eine automatische Konfiguration von Hosts innerhalb eines einzelnen Subnetzes.

Ein Host generiert sich die für ein Interface benötigte link-local IPv6-Adresse wie folgt:



- ▶ Das Präfix ist `fe80::/10`.
- ▶ Der Subnet Identifier (die folgenden 54 bit) werden auf 0 gesetzt.
- ▶ Die verbleibenden 64 bit stellen den **Interface Identifier** dar, welcher aus der MAC-Adresse des jeweiligen Interfaces als modifizierter EUI-64 Identifier generiert wird:
 - ▶ Die ersten 24 bit sind der OUI der MAC-Adresse.
 - ▶ Die nachfolgenden 16 bit werden mit `ff:fe` „gestopft“.
 - ▶ Die restlichen 24 bit werden mit dem Device Identifier der MAC-Adresse aufgefüllt.
- ▶ Dabei das vorletzte Bit des ersten Oktett des OUI (global/local-Bit) invertiert:
 - ▶ Bei MAC-Adressen bedeutet eine 0 an dieser Bitstelle eine global eindeutige und eine 1 eine lokal administrierte Adresse.
 - ▶ Bei IPv6 ist es genau andersrum. 🟡🟡
 - ▶ Durch die Invertierung wird erreicht, dass eine manuell konfigurierte IPv6-Adresse wie `2001:db8::1` nicht einen Interface Identifier enthält, der auf eine global eindeutige MAC- Adresse hinweist.
 - ▶ Andernfalls müsste man von Hand Adressen wie `2001:db8::200:0:0:1` vergeben ... 🟡🟡