

Routing

Was ist Routing

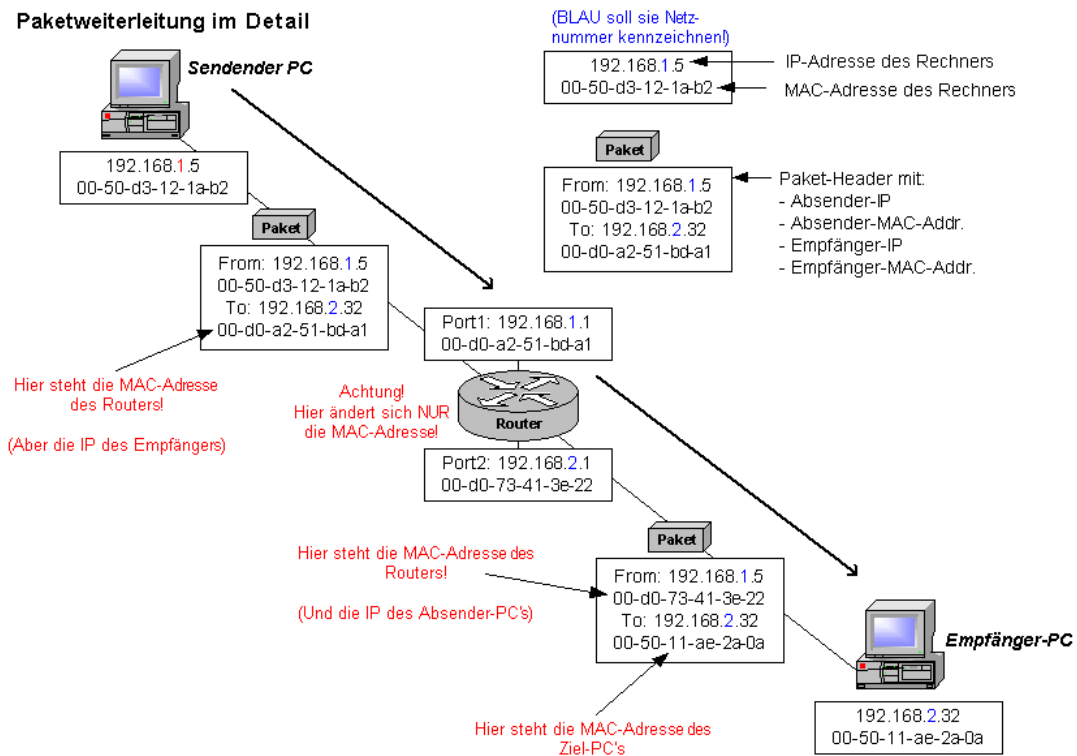
- Router verbinden unterschiedliche Netze mit gleicher Protokollstruktur (z.B. IP-Netz mit IP-Netz; es gibt aber auch Multi-Protokoll-Router für z.B. IP mit IPX)
- Es gibt Hardware-Router (z.B. von CISCO oder Lucent) und Software-Router (z.B. AVM MPR für Windows; routed für UNIX)
- ein Router verbindet mindestens 2 unterschiedliche Netzwerksegmente
- Routing besteht aus Routenwahl und Paketweiterleitung, d.h. Daten werden von einem Rechner in einem Netzwerk an den gewünschten Empfänger übertragen, wobei dieser Empfänger in einem anderen Netz ist!
- Paketweiterleitung ist recht einfach (Pakete werden weitertransportiert)
- Routenwahl kann aber eine sehr komplexe Sache sein (siehe weiter unten!)

Paketweiterleitung

- Paketweiterleitung ist recht simpel, es ist für die meisten Routingprotokolle gleich.
- Ein Host will ein Paket an einen anderen Host senden. Da er durch ARP weiß, dass der Zielrechner nicht in seinem Netz liegt, nimmt er die Standard-Route, das sog. Gateway
- Der sendende Host setzt also die IP-Zieladresse im Paket auf die des gewünschten Zielrechners, aber die MAC-Adresse auf die des Routers im eigenen Netz.
- Wenn der Router das Paket bekommt, weiß er entweder, wie er das Paket zum nächsten „Hop“ weiterleiten muss, oder er verwirft das Paket einfach.
- Wenn der Router das Paket weiterleitet, ändert er einfach nur die MAC-Adresse im Paket in die des nächsten Hops.
- Der nächste Hop kann schon das eigentliche Ziel sein. Wenn nicht, dann ist das mit Sicherheit wieder ein Router, welcher nun dieselbe Prozedur wieder macht.
- Bei so einer Weiterleitung können eine ganze Menge Router mit ins Spiel kommen.

Beispiel:

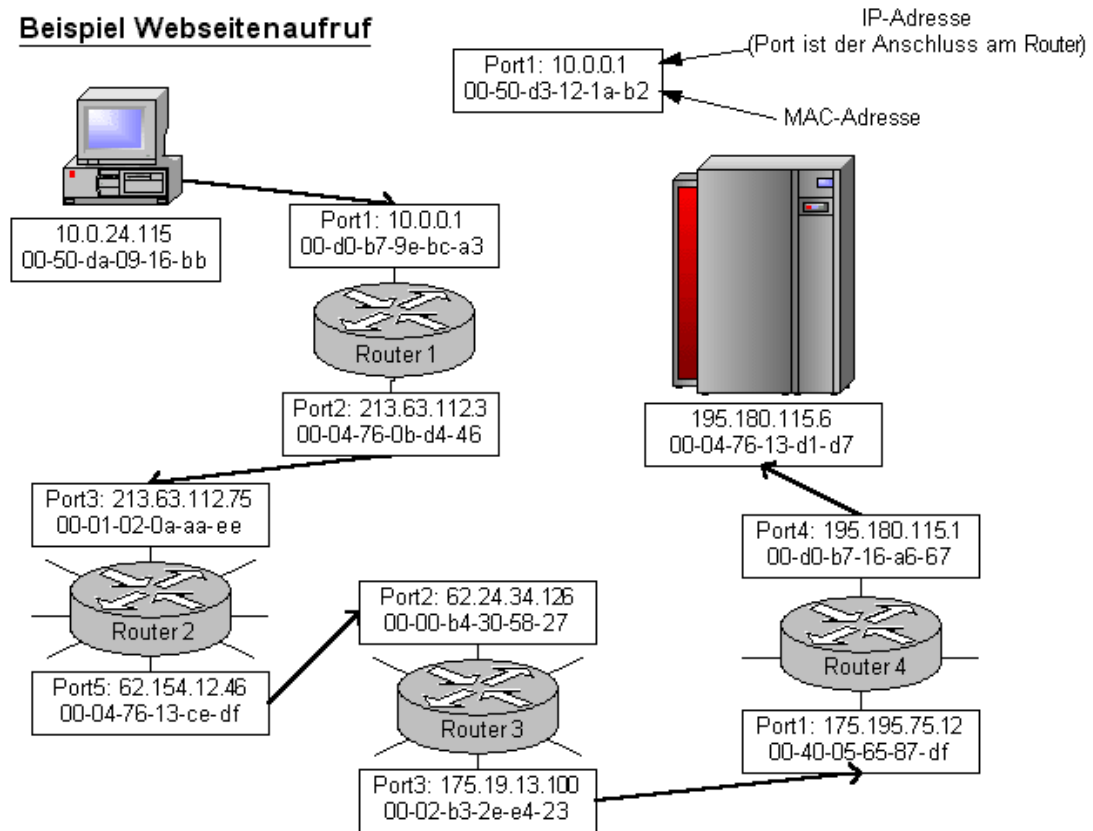
Paketweiterleitung im Detail



Routenwahl:

- Router benutzen sog. Metriken um den besten Pfad zu finden, die ein Paket nehmen soll (siehe unten)
- Um die Routenwahl zu unterstützen, gibt es sog. Routing-Tables (Routenwahl-Tabellen).
- In den Tabellen steht der nächste Router oder das Endziel als „Next Hop“.
- Wenn der Router also ein Paket erhält, schaut er nach, ob er das Ziel schon an irgendeinem seiner Ports hat, oder einen anderen Router, der weiß, wo das Ziel ist.
- Router kommunizieren über eigene Protokolle
- Eine „Routing-Update“-Nachricht z.B., sendet ein Router die gesamte oder nur ein Stück seiner Routing-Tables umher. Wenn sich ein Router also alle anderen Update-Messages ansieht, kann er sich ein detailliertes Bild der Netzwerk-Topologie machen
- Eine „Link-State“-Nachricht ist zum Beispiel eine weitere Nachricht, um die anderen Router über den Zustand der eigenen Anschlüsse zu informieren. Die kann helfen, den optimalen Pfad zum Ziel schneller zu finden.

Beispiel Webseitenaufruf



Routingalgorithmen

- können sehr verschieden sein
- Das Ziel des jeweiligen Algorithmus bestimmt das Verhalten des Routing-Protokolls
- Ziele können unter anderem sein: Optimalität, Einfachheit und geringer Overhead, Robustheit und Stabilität, schnelle Übereinstimmung, Flexibilität, usw.
- Optimalität bezieht sich auf die Wahl der besten Route, welche wiederum von der Metrik und deren Wichtung abhängig ist.
- Einfachheit und Effizienz ist wichtig, denn es muss eine schnelle Verarbeitung erfolgen, die wenig Ressourcen benötigt
- Robustheit ist gefragt, um auf Situationen wie Hardwareausfall, Überlastung und falsche Implementierungen korrekt zu reagieren. Das ist dringend nötig, weil Router meistens an Verzweigungspunkten stehen, an denen ein Ausfall beträchtliche Probleme verursachen kann.
- Konvergenz muss sehr schnell funktionieren. Das ist ein Prozess, in dem die Router sich auf optimale Routen einigen. Wenn nun eine Verbindung ausfällt oder hinzukommt, senden Router „Update-Messages“ an alle anderen Router, was wiederum zu einer neuen Berechnung optimaler Pfade führt, den die Router dann zustimmen.
- Wenn diese Konvergenz zu langsam abläuft, kann es zu Schleifen und Ausfällen kommen. Beispiel: Router1 bekommt ein Paket. Dieser Router hat sich auch schon geupdated, und weiß, dass das Paket an Router2 kommt. Das Paket gelangt also an Router2, welcher aber noch die alten Tabellen führt. Router2 sieht also, dass der nächste Hop zu Router1 gelangen müsste und schickt das Paket wieder zurück. Das geht solange hin und her, bis der maximale TTL erreicht ist, und das Paket verworfen wird.
- Routingalgorithmen müssen letztendlich auch flexibel sein. Das heißt, sie müssen sich schnell auf andere Gegebenheiten anpassen. (bandbreite, Verzögerung, neue Router)

Algorithmusarten

- Algorithmen können per Typ klassifiziert werden, es gibt:
 - o Statisch und Dynamisch
 - o Single-Path und Multi-Path
 - o Flat und Hierarchical
 - o Host-intelligent und Router-intelligent
 - o Intradomain und Interdomain
 - o Link-State und distance Vector

- Statisch:
 - o Im Prinzip kein Algorithmus, Einträge in die Routing-Tabelle werden manuell eingetragen und müssen von Hand geändert werden.
 - o Routing ist schnell, reagieren aber nicht auf Veränderungen
 - o Nur für Netze mit vorhersehbaren Traffic und simplen Design

- Dynamisch
 - o Arbeitet mit den Routing-Update Messages um sich dynamisch und flexibel den Umgebungsbedingungen anzupassen
 - o Wenn bei der Analyse dieser Nachricht eine Änderung im Netzwerk angezeigt wird, berechnet der Router seine Routen neu und schickt selber Routing-Update Nachrichten nach draußen, was wiederum andere Router zu Neuberechnungen veranlasst

- Single-Path
 - o Hier haben Router nur einen bestimmten Pfad, der sich bei der Routenberechnung ergeben hat, über die sie den gewünschten Traffic leiten

- Multi-Path
 - o Viele hoch entwickelte Routingprotokolle unterstützen mehrere Routen zu einem Ziel, über die sie den entsprechenden Verkehr leiten. Daraus resultieren ein besserer Datendurchsatz und eine höhere Zuverlässigkeit. Das ganze wird auch „Load sharing“ (Lastverteilung) genannt.

- Flat
 - o Hierbei ist jeder Router gleichberechtigt, keiner wird bevorzugt

- Hierarchical
 - o Im Gegensatz zu Flat-Algorithmen gibt es in hierarchischen Algorithmen Router, die bevorzugt benutzt werden. Das sind dann meist schnell, leistungsstarke Router, die als Backbone (Rückgrat) des Internets fungieren.
 - o Nicht-Backbone-Router leiten Pakete an die Backbone-Router weiter, in denen sie dann solange weitergereicht werden, bis sie im Bereich des eigentlichen Ziels landen, und werden von dort aus wieder an „normale“ Router durchgereicht.
 - o Große Routing-Systeme, die einige logische Verbindungen umfassen, werden gruppiert und als Domain oder autonomes System bezeichnet.
 - o In einer Router-Hierarchie können einige Router mit anderen Domains kommunizieren, andere nur innerhalb der Domain
 - o Das kann für größere Firmen nützlich sein, die Ihre Netze miteinander verbinden. Dort müssen die Intradomain-Router nur die anderen Router

innerhalb der Domain kennen, was den Update-Traffic verringern kann und die Algorithmen einfach hält.

- Host-intelligent
 - o Einige Routingalgorithmen nehmen an, dass der sendende Host, die gesamte Route festlegt. Dies wird auch als „source-routing“ bezeichnet. Die Router nehmen einfach dumm das Paket entgegen und leiten es an den nächsten Knoten weiter.
- Router-intelligent
 - o Die Algorithmen denken, dass der sendende Host nichts von irgendwelchen Routen weiß. Hier legen die Router durch ihre Berechnungen die beste Route zum Ziel selber fest.
- Intra- und Interdomain
 - o Einige Algorithmen arbeiten nur innerhalb von Domains, andere hingegen innerhalb und zwischen Domains. Ein optimaler intradomain-Algorithmus muss nicht gleichzeitig auch ein guter Interdomain-Algorithmus sein.
- Link-State
 - o Werden auch „shortest path first“- Algorithmen genannt
 - o Diese senden Routing-Informationen an jeden Knoten im Internet
 - o Jeder Router sendet aber nur den Teil seiner Routing-Tabelle, der seine eigenen Anschlüsse betrifft
 - o So kann sich jeder Router ein Bild des gesamten Netzwerks in seinen Routing-Tables aufbauen und nutzen
 - o Vorteile: Durch die schnelle Konvergenz können nur selten Routing-Schleifen entstehen; Link-State-Algorithmen sind sehr gut skalierbar
 - o Nachteile: Sie verbrauchen viel Rechenpower und Speicher und sind meist teurer und aufwendig zu warten.
- Distance Vector
 - o Sind auch unter dem Namen „Bellmann-Ford-Algorithmus“ bekannt
 - o Diese Algorithmen fragen jeden Router einzeln nach der gesamten oder einem Teil der Routing-Table ab. Diese Abfrage geschieht aber nur bei seinem Nachbar-Knoten!
 - o Im Gegensatz zu Link-State-Algorithmen, die kleine Update-Pakete überall hin versenden, schicken diese Algorithmen große Update-Pakete nur zu Ihren Nachbar-Routern.
 - o Diese Algorithmen kennen also nur Ihre Nachbarn, sind aber dafür schneller und brauchen weniger CPU-Last.
 - o Nachteil: hier treten wesentlich häufiger Schleifen auf, weil die Konvergenz-Geschwindigkeit zu gering ist.

Routing-Metriken

- Routing-Tabellen enthalten nun die Informationen, die die Software benötigt, um die beste Route zum Ziel zu wählen. Diese werden via Metriken berechnet, die vorher manuell eingegeben werden müssen
- Metriken sind Standardmaße, wie z.B.: Bandbreite, Pfadlänge, Kosten, Auslastung, usw. Hierbei können den Routen Prioritäten zugewiesen werden.

- Nehmen wir einmal an die kürzeste Route zu einem Ziel-Host geht über 2 Router und eine alternative Route für den Fall, falls die kürzere ausfällt, über 3 Router. Nun wird der kürzeren, die über 2 Router geht, die Metrik 1 zugewiesen und der längeren die Metrik 2. Damit wird sichergestellt, dass als erstes versucht wird die kürzere Route zu benutzen. Die Metrik wird unter anderem auch als Kostenmaß bezeichnet.

Protokollbestandteile beim IP-Routing

ARP

ARP ist ein Adressauflösungsprotokoll und steht für AdressResolutionProtocol . Es dient der dynamischen Auflösung von IP-Adressen in MAC Adressen.

RIP

RIP steht für: 'Routing Information Protocol'. Dieser Dienst der Routingprotokoll-Funktion dient dem dynamischen Routing. Früher. RIP versendet ganze Kopien der Routing-Tabellen über das Netzwerk und bremst daher die Performance. Aus diesem Grund wird RIP vor allem in LAN's eingesetzt.

Eine von RIP verwaltete Routingtabelle enthält folgende Informationen:

- IP-Zieladresse
- HOP Maß (1-15)
- IP-Adresse des nächsten Routers im Pfad
- Auslieferungszeit für jede Route
- Zeitpunkt, wann sich die Routeninformationen geändert hat

OSPF

OSPF steht für: 'Open Shortest Path First'. Dieses Protokoll ist ein Protokoll der 2. Generation und ist wie RIP dynamisch. Der Unterschied zu RIP besteht vor allem darin, dass OSPF nur die Änderungen an der Routing-Tabelle sendet.

Funktionen von OSPF:

- Jedem Link können ganz bestimmte Kosten zugewiesen werden.
- Die Hop-Begrenzung liegt bei 65535.
- Jeder Knoten verwaltet eine hierarchische Datenbank der Netzwerkpfade, wobei er selbst als Wurzel agiert.
- Wenn Pfade mit gleichen Kosten existieren, wird die Last auf beide Pfade verteilt.
- Routing-Tabellen werden nur übertragen, wenn Änderungen vorgenommen wurden.
- Aktualisierungspakete werden nur an benachbarte Router geschickt; Die Methode '*sag es deinem Freund weiter*' reduziert die Netzwerklast.

Wenn OSPF das einzige Routingprotokoll in einem Netzwerk ist (homogene Routingumgebung), verwaltet jeder Router seine eigene Routingtabelle, muss aber nur Informationen über die direkt benachbarten Subnets aufnehmen, und nur über die Router, auf die er direkt zugreifen kann (so genannte nebeneinander liegende Gateways).

Windows NT enthält bei Version 4.0 keine OSPF Unterstützung.

Hops

Dies sind eigentlich nichts anderes als Router, also Zwischenstationen für eine Route. Wenn der Zielhost nur über mehrere Zwischenstationen erreicht werden kann muss der HOP-Zähler verwendet werden. Jedes Mal wenn ein Router das gleiche Datenpaket erhält, wird der HOP-Zähler des gesendeten Paketes um eins reduziert. Wenn der HOP-Zähler bei 0 angelangt ist, wird das Paket gelöscht.

Die Hops sind ein Bestandteil von RIP sowie von OSPF und dienen dazu, um ein unendliches weitersenden von Paketen die niemals einem Empfänger finden würden zu

verhindern. Die Pakete würden dabei in einer unendlichen Schleife durchlaufen weil bei einem ausgefallenen Link immer ein alternativer Pfad benutzt wird und dabei immer wieder zum Ursprungspunkt zurücklaufen würde. Die Zähler für die Hops können von 1-15 gesetzt werden; Mehr werden nicht unterstützt, aber wiederum ein zu kleiner Wert kann in großen Netzen dazu führen, dass ein Dateipaket nie ankommt.

Caching und TTL (Time To Live)

wenn ein Router per ARP erfolgreich eine IP-Adresse in eine MAC Adresse (Hardwareadresse der Netzwerkkarte) auflöst, dann wird sie im ARP-Cache abgelegt. TTL sorgt nun dafür dass diese Information im Cache nur eine bestimmte Lebensdauer hat, damit es später bei Änderungen nicht zu Problemen führt.

Weitere Informationen hier:

CISCO Routing Basics | http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/it_doc/routing.pdf

Router | T. Rechenberger | <http://www.hirschberg-cosmetic.com/test/netzwerk/router.htm>

RFC 1812 | <ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc1812.txt>

Aufbau und Betrieb eines TCP/IP-Netzes | Washburn/Evens | S.73ff

UNIX System V | Boes/Reimann | S. 626f