



Modul 8: Vermittlungsschicht

Material für Instrukturen

Einführung in Netzwerke v7.0
(ITN)



Was erwartet Sie in diesem Modul

- Um das Lernen zu vereinfachen sind folgende Funktionen der grafischen Bedienoberfläche in diesem Modul enthalten:

Funktion	Beschreibung
Animationen	Den Lernenden mit neue Fertigkeiten und Konzepten in Kontakt zu bringen
Videos	Den Lernenden mit neuen Fertigkeiten und Konzepten in Kontakt zu bringen
Prüfen Sie Ihr Verständnis	Mit Hilfe der interaktiven Quizzes beurteilen die Lernenden Ihr Verständnis des Themas.
Interaktive Aktivitäten	Die Vielfalt an Formaten hilft den Lernenden Ihr Verständnis einzuschätzen.
Syntaxprüfer	Über kleinere Simulation wird die Konfiguration über Cisco command line Interface (CLI) erlernt.
Packet-Tracer (PT) Aktivitäten	Durch Simulations- und Entwurfsaufgaben entdecken und erwerben Sie neue Fähigkeiten, bereits erlernte werden gefestigt und erweitert.

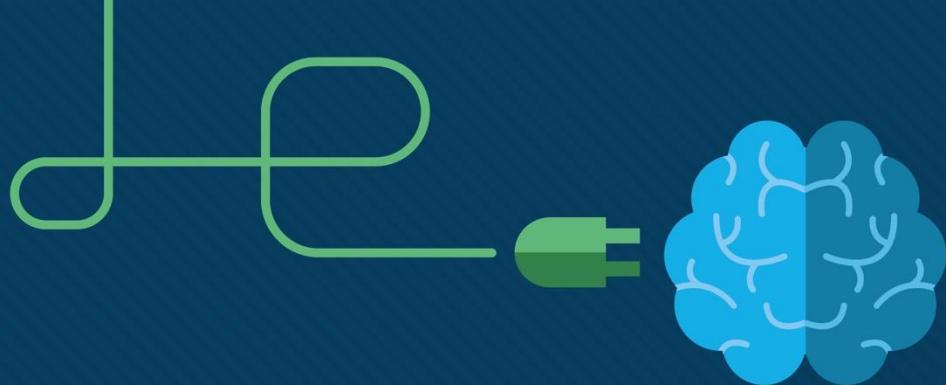
Was erwartet Sie in diesem Modul (Inhalt)

- Um das Lernen zu vereinfachen sind folgende Funktionen der grafischen Bedienoberfläche in diesem Modul enthalten:

Funktion	Beschreibung
Praxisorientierte Übungen	Laborübungen sind für das Arbeiten an den Geräten vorgesehen.
Gruppenaktivitäten	Sie finden diese auf den Seiten mit den Hilfsmitteln für Instruktoren Gruppenaktivitäten sollen das Lernen vereinfachen, Diskussionen fördern und Zusammenarbeit unterstützen.
Modulquizze	Selbstüberprüfung der erlernten Begrifflichkeiten und Fertigkeiten, die während der vielfachen Themen innerhalb des Moduls vorgestellt wurden.
Modulzusammenfassung	Kurze Wiederholung des Modulinhalts

Modul 8: Vermittlungsschicht

Einführung in Netzwerke v7.0
(ITN)



Modul 8: Themen

Was lerne ich in diesem Modul?

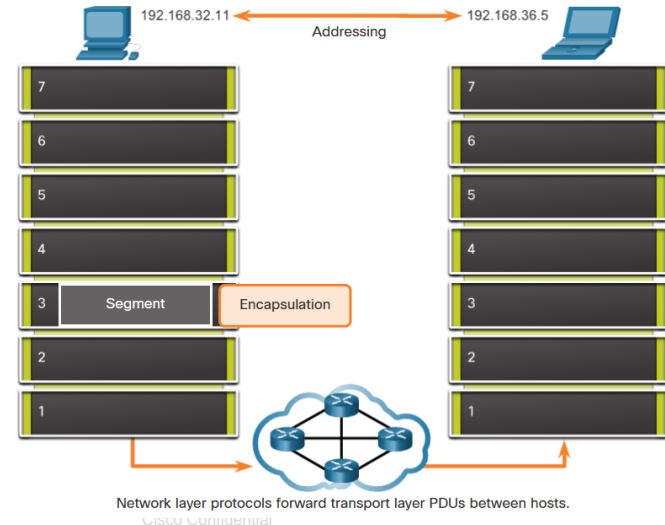
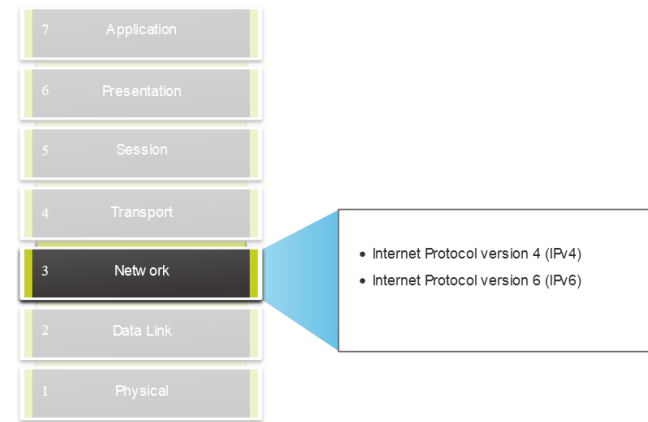
Thema	Ziel
Eigenschaften der Vermittlungsschicht	Erläutern Sie, wie die Vermittlungsschicht IP-Protokolle für eine zuverlässige Kommunikation verwendet.
IPv4-Paket	Erläutern Sie die Aufgabe der wichtigsten Header-Felder im IPv4-Paket.
IPv6-Paket	Erläutern Sie die Aufgabe der wichtigsten Header-Felder im IPv6-Paket.
Routing durch einen Host	Erklären, wie Netzwerkgeräte Routing-Tabellen zum Leiten von Paketen zu einem Zielnetzwerk nutzen
Routing-Tabellen eines Routers	Erläutern Sie die Funktion der Einträge in einer Routing-Tabelle eines Routers.

Eigenschaften der Vermittlungsschicht

Eigenschaften der Vermittlungsschicht

Die Vermittlungsschicht

- Bietet Dienste an, mit deren Hilfe Endgeräte Daten austauschen können
- IP Version 4 (IPv4) und IP Version 6 (IPv6) sind die grundlegenden Kommunikationsprotokolle der Vermittlungsschicht.
- Die Vermittlungsschicht führt vier grundlegende Operationen aus:
 - Adressierung der Endgeräte
 - Kapselung
 - Routing
 - Entkapselung

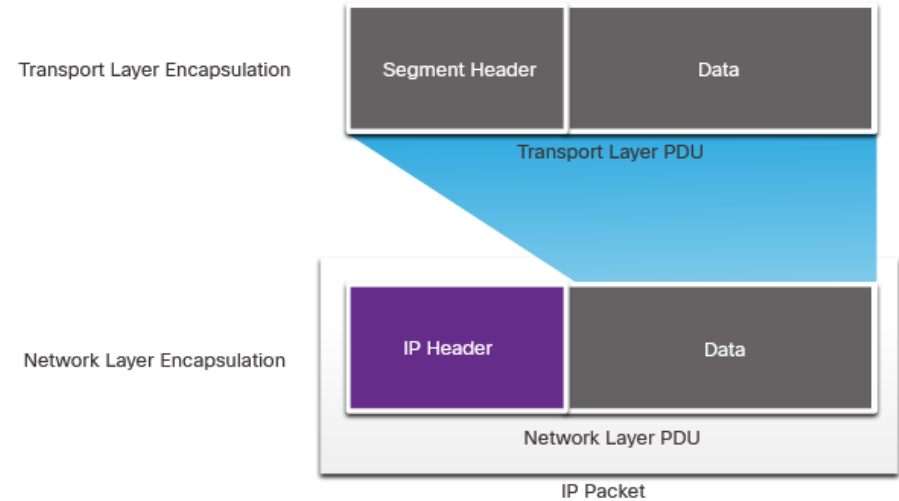


Eigenschaften der Vermittlungsschicht

IP-Kapselung

- IP kapselt das Datensegment aus der Transportschicht
- IP kann entweder ein IPv4- oder IPv6-Paket verwenden. Dies hat keine Auswirkung auf das Datensegment das von der Transportschicht (Schicht 4) übergeben wurde.
- Das IP-Paket wird von allen Layer-3-Geräten untersucht, während es das Netzwerk durchquert.
- Die IP-Adressierung bleibt von Quelle bis zum Ziel unverändert.

Hinweis: NAT ändert die Adressierung, das wird aber in einem späteren Modul behandelt.



Eigenschaften des IP-Protokolls

IP sollte einen geringen Overhead haben und kann wie folgt beschrieben werden:

- Verbindungslos
- Beste Leistung
- Medienunabhängig

Eigenschaften der Vermittlungsschicht

Verbindungslos

Das IP-Protokoll ist verbindungslos

- Vor dem Senden von Datenpaketen wird keine explizite Verbindung mit dem Ziel aufgebaut.
- Es sind keine Steuerinformationen erforderlich (Synchronisationen, Bestätigungen usw.).
- Das Datenpaket wird an das Ziel zugestellt. IP versendet keine Vorabinformation über den Erhalt.
- Ist ein verbindungsorientierter Datenverkehr erforderlich, wird dies durch ein anderes Protokoll übernommen (typischerweise TCP auf der Transportschicht).



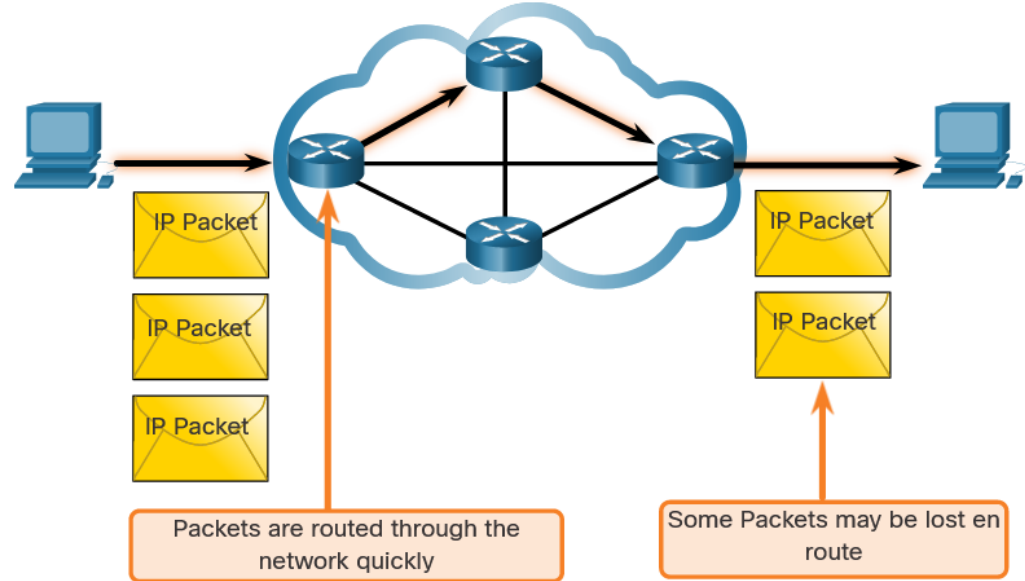
A letter is sent.

Eigenschaften der Vermittlungsschicht

Beste Leistung

Das IP-Protokoll arbeitet mit dem Ansatz der Besten Leistung

- IP übernimmt keine Garantie für die Lieferung des Pakets.
- IP hat einen reduzierten Overhead. Es gibt keinen Mechanismus zum erneuten Versenden von Daten die nicht empfangen wurden.
- IP erwartet keine Empfangsbestätigungen.
- IP weiß nicht, ob das andere Gerät betriebsbereit ist oder das Paket empfangen wurde.



Eigenschaften der Netzwerkebene

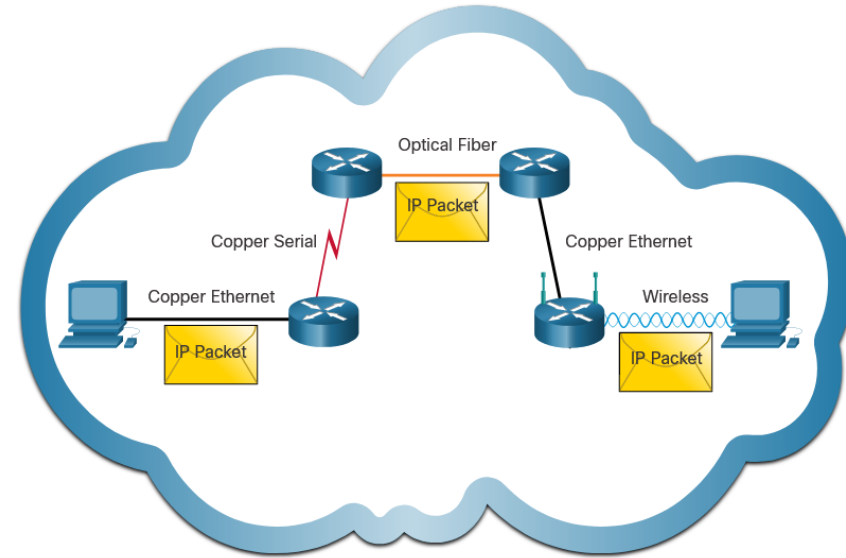
Medienunabhängigkeit

IP ist unzuverlässig:

- IP kann beschädigte Pakete nicht reparieren und nicht zugestellte Pakete nicht verwalten.
- IP sendet nach fehlerhafter Übertragung nicht erneut.
- IP kann mehrere Pakete einer Sequenz nicht der Reihenfolge nach ordnen.
- IP muss sich dabei auf andere Protokolle verlassen.

IP ist medienunabhängig

- IP kümmert sich weder um den auf der Sicherungsschicht erforderlichen Frame-Typ, noch um das auf der physischen Ebene verwendete Medium.
- IP kann über jedes Medium gesendet werden:
Kupfer, Glasfaser oder Drahtlos.



Eigenschaften der Vermittlungsschicht

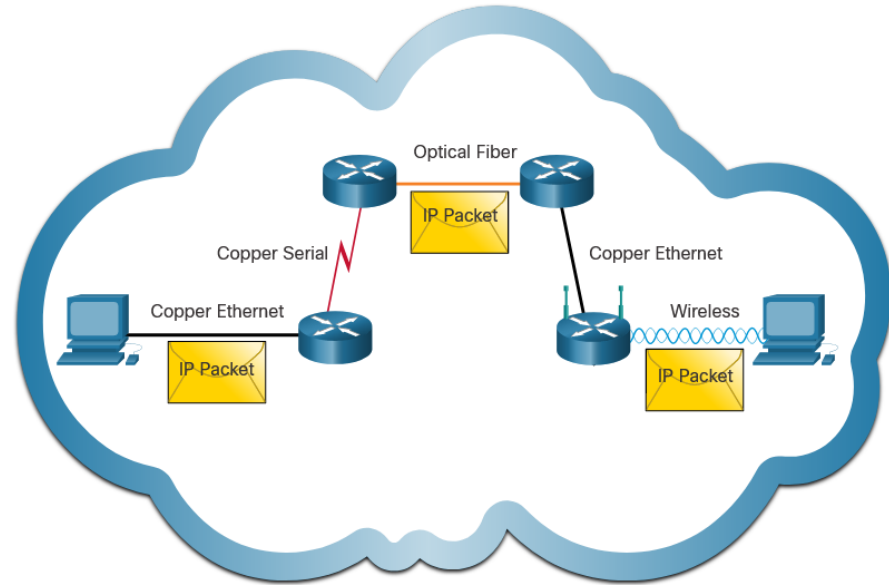
Medienunabhängigkeit (Fortsetzung)

Die Vermittlungsschicht legt die Maximum Transmission Unit (MTU) fest.

- Diese Information wird der Vermittlungsschicht von der darunter liegenden Sicherungsschicht mitgeteilt.
- Das Netzwerk legt dann die MTU-Größe fest.

Unter Fragmentierung versteht man die Aufteilung des IPv4-Pakets durch OSI-Schicht 3 in kleinere Einheiten.

- Fragmentierung verursacht Latenz.
- IPv6 fragmentiert keine Pakete.
- Beispiel: Ein Router verbindet von Ethernet zu einem langsamen WAN mit einer kleineren



8.2 Das IPv4-Paket

Der IPv4-Paket-Header

IPv4 ist das grundlegende Kommunikationsprotokoll der Vermittlungsschicht.

Der Paket-Header hat viele Zwecke:

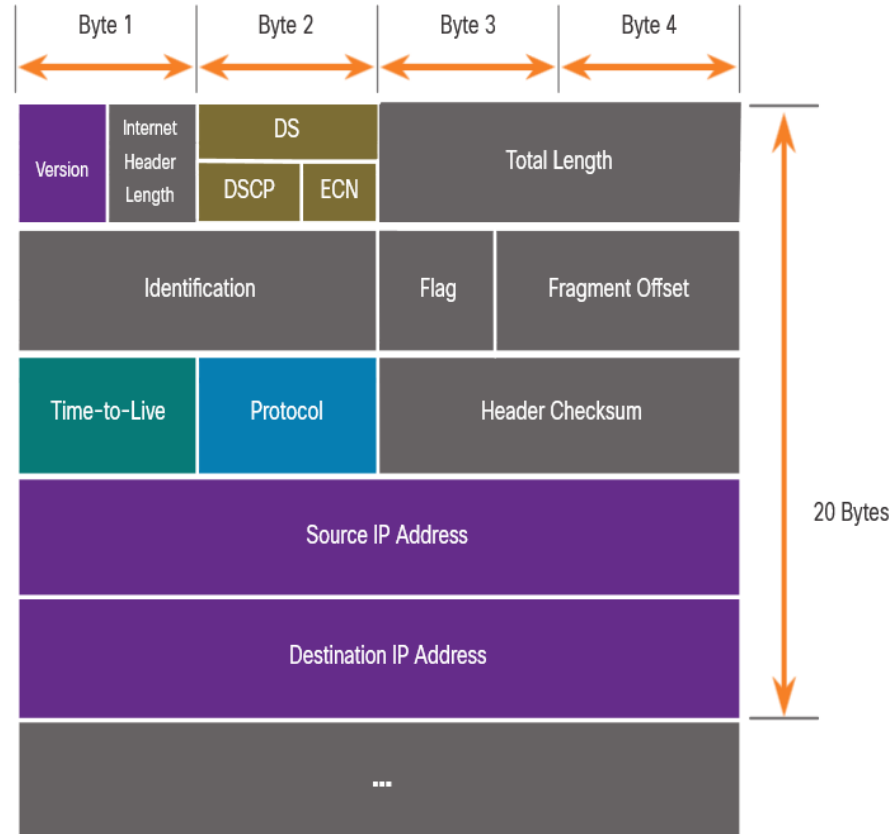
- Er stellt sicher, dass das Paket in die richtige Richtung (zum Ziel) gesendet wird.
- Er enthält in verschiedenen Feldern Informationen zur Verarbeitung auf der Vermittlungsschicht.
- Die Informationen im Header werden von allen Layer-3-Geräten verwendet, die das Paket bearbeiten

Die IPv4-Paket-Header-Felder

Die Eigenschaften des IPv4-Paket-Headers:

- Er ist Binär
- Er enthält mehrere Informationsfelder
- Das Diagramm mit 4 Bytes pro Zeile wird von links nach rechts gelesen
- Die beiden wichtigsten Felder sind Quelle und Ziel.

Das Feld "Protokolle" kann eine oder mehrere Funktionen haben.



Die IPv4-Paket-Header-Felder

Wichtige Felder des IPv4-Headers:

Funktion	Beschreibung
Version	Dies ist bei v4, im Gegensatz zu v6, ein 4-Bit-Feld = 0100
Differentiated Services	Wird für QoS verwendet: DiffServ — DS Feld oder ältere IntServ — TOS oder Art des Service
Header Checksum	Erkennen von Beschädigung des IPv4-Headers
Time to Live (TTL)	Schicht 3 Hop-Anzahl. Wird das Feld zu Null, verwirft der Router das Paket.
Protokolle	Protokoll der nächsthöheren Ebene: ICMP, TCP, UDP usw.
Quell-IPv4-Adresse	32-Bit-Quelladresse
Ziel-IP-Adresse	32-Bit-Zieladresse

Video – Ausschnitt: IPv4-Header in Wireshark

Dieses Video deckt folgende Inhalte ab:

- IPv4-Ethernet-Pakete in Wireshark
- Die Steuerinformationen
- Unterschied zwischen Paketen

8.3 IPv6-Pakete

Einschränkungen von IPv4

IPv4 hat drei Haupteinschränkungen:

- Erschöpfung des IPv4-Adressbereichs — Wir haben im Grunde keine freien IPv4-Adressen mehr.
- Mangel an Ende-zu-Ende-Konnektivität — Um IPv4 so lange am Leben zu erhalten, wurden private Adressen festgelegt und NAT entwickelt. Damit endete die direkte Kommunikation mit öffentlicher Adressierung.
- Erhöhte Netzwerkkomplexität — NAT war als temporäre Lösung gedacht und verursacht als Nebeneffekt Probleme im Netzwerk durch die Manipulation der Adressierung im Paket-Header. NAT verursacht Latenz und Probleme bei der Fehlerbehebung.


IPv6 — Übersicht


- IPv6 wurde von der Internet Engineering Task Force (IETF) entwickelt.
- IPv6 beseitigt die Einschränkungen von IPv4.
- Verbesserungen durch IPv6:
 - **Erhöhter Adressraum** — basierend auf 128-Bit-Adresse, nicht 32 Bit
 - **Verbesserte Paketverarbeitung** – Der IPv6-Header wurde durch eine Reduzierung der Feldanzahl vereinfacht.
 - **NAT ist nicht mehr nötig**— Aufgrund des großen Adressraums besteht keine Notwendigkeit mehr, interne private Adressen einer gemeinsamen öffentlichen Adresse zuzuordnen.

IPv4 and IPv6 Address Space Comparison

Number Name	Scientific Notation	Number of Zeros
1 Thousand	10 ³	1,000
1 Million	10 ⁶	1,000,000
1 Billion	10 ⁹	1,000,000,000
1 Trillion	10 ¹²	1,000,000,000,000
1 Quadrillion	10 ¹⁵	1,000,000,000,000,000
1 Quintillion	10 ¹⁸	1,000,000,000,000,000,000
1 Sextillion	10 ²¹	1,000,000,000,000,000,000,000
1 Septillion	10 ²⁴	1,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Octillion	10 ²⁷	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Nonillion	10 ³⁰	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Decillion	10 ³³	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000
1 Undecillion	10 ³⁶	1,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000,000

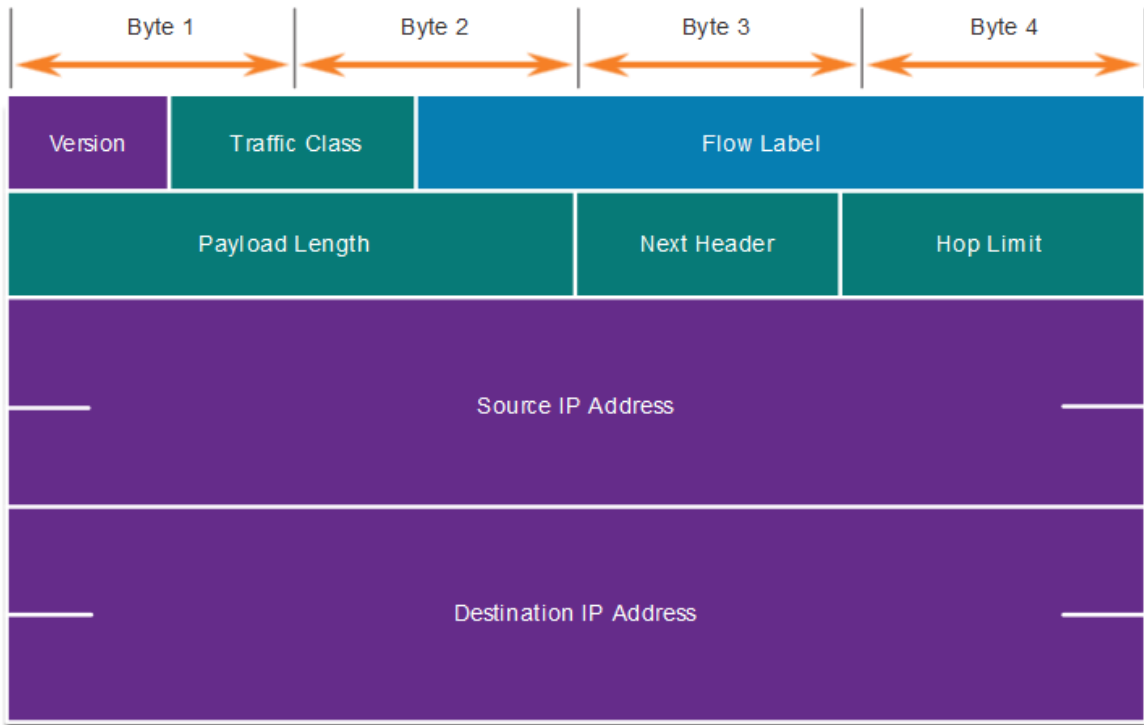
Legend

 There are 4 billion IPv4 addresses

 There are 340 undecillion IPv6 addresses

IPv4-Paket-Header-Felder im IPv6-Paket-Header

- Der IPv6-Header ist vereinfacht, aber nicht kleiner.
- Der Header hat eine feste Größe von 40 Bytes oder Oktetten.
- Mehrere IPv4-Felder wurden entfernt, um die Leistung zu verbessern.
- Einige IPv4-Felder wurden entfernt, um die Leistung zu verbessern:
 - Flag
 - Fragment Offset
 - Header Checksum



Der IPv6-Paket-Header

Wichtige Felder des IPv4-Headers:

Funktion	Beschreibung
Version	Dies ist bei v6, im Gegensatz zu v4, ein 4-Bit-Feld = 0110
Traffic Class	Wird für QoS verwendet: Entspricht DiffServ — DS-Feld
Flow Label	Informiert das Gerät, identische gekennzeichnete Pakete auf die gleiche Weise zu behandeln, 20-Bit-Feld
Payload Length	Dieses 16-Bit-Feld gibt die Länge des Datenteils bzw. der Nutzdaten (Payload) des IPv6-Pakets an.
Nächster Header	Protokoll der nächsthöheren Ebene: ICMP, TCP, UDP usw.
Hop-Limit	Ersetzt das TTL-Feld Layer 3 Hop Anzahl
Quell-IPv4-Adresse	128-Bit-Quelladresse
Ziel-IPv4-Adresse	128 Bit Zieladresse

Der IPv6-Paketheader (Fortsetzung)

Ein IPv6-Paket kann auch Extension-Header (EH) enthalten.

Eigenschaften des EH-Headers:

- Bereitstellung optionaler Informationen der Vermittlungsschicht
- Sind optional
- Werden zwischen dem IPv6-Header und der Payload (Nutzdaten) platziert
- Werden für die Fragmentierung, die Sicherheit, die Mobilitätsunterstützung uvm. verwendet.

Beachte: Anders als bei IPv4 fragmentieren Router keine IPv6-Pakete.

Video – Ausschnitt: IPv6-Header in Wireshark

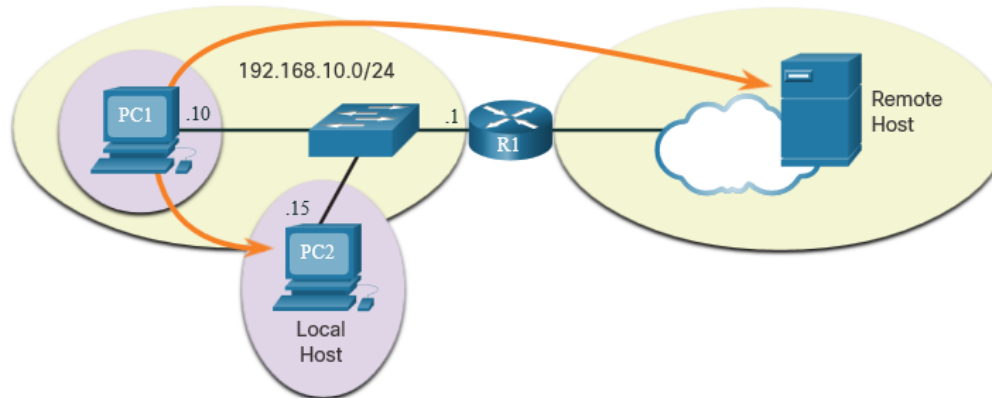
Dieses Video deckt folgende Inhalte ab:

- IPv6-Ethernet-Pakete in Wireshark
- Die Steuerinformationen
- Unterschied zwischen Paketen

8.4 Wie routet ein Host?

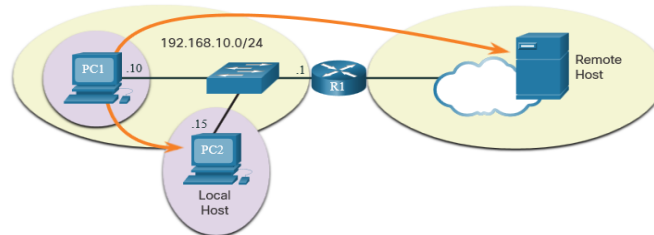
Die Weiterleitungsentscheidung des Hosts

- Die Datenpakete werden immer an der Quelle erstellt.
- Jedes Hostgerät erstellt seine eigene Routingtabelle.
- Ein Host kann Pakete an folgende Ziele senden:
 - An sich selbst– 127.0.0.1 (IPv4), ::1 (IPv6)
 - An lokale Hosts — Das Ziel befindet sich im selben LAN
 - An remote Hosts — Die Geräte befinden sich nicht im selben LAN



Die Weiterleitungsentscheidung des Hosts (Fortsetzung)

- Das Quellgerät stellt fest, ob das Ziel lokal oder remote ist
- Bestimmungsmethode:
 - IPv4 — Quelle verwendet die eigene IP-Adresse und Subnetzmaske zusammen mit der Ziel-IP-Adresse
 - IPv6 — Quelle verwendet die Netzwerkadresse und den Präfix, die vom lokalen Router mitgeteilt werden
- Lokaler Datenverkehr wird über die Schnittstelle des Hosts gesandt und anschließend von einem zwischengeschalteten Gerät verarbeitet.
- Der Remote-Datenverkehr wird direkt an das Standard-Gateway im LAN weitergeleitet.



Das Standard-Gateway

Ein Router oder Layer 3-Switch können ein Standard-Gateway sein.

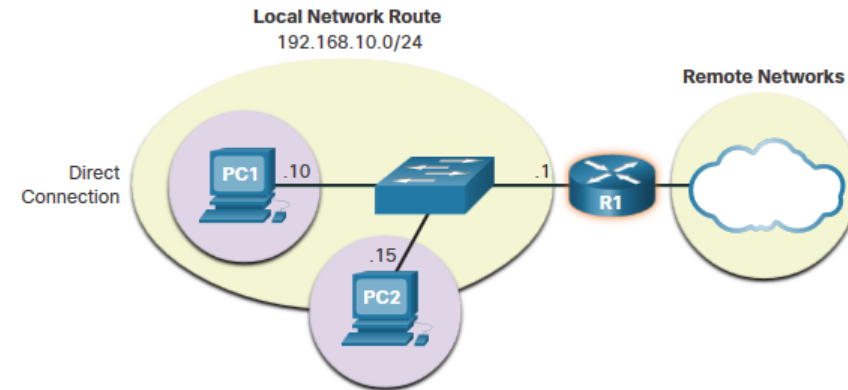
Merkmale eines Standard-Gateways:

- Er muss eine IP-Adresse im gleichen Adressbereich wie der Rest des LAN haben.
- Er kann Daten aus dem LAN akzeptieren und kann Datenverkehr aus dem LAN weiterleiten.
- Er kann zu anderen Netzwerken routen.

Verfügt ein Gerät über kein oder ein fehlerhaftes Standard-Gateway, kann sein Datenverkehr das LAN nicht verlassen.

Ein Host routet an das Standard-Gateway

- Das Standard-Gateway wird im Host entweder statisch konfiguriert oder über DHCP in IPv4 übermittelt.
- Bei IPv6 wird das Standard-Gateway auf Anforderung des Hosts vom Router versandt (Router Solicitation) oder es wird manuell konfiguriert.
- Das Standard-Gateway ist eine statische Route und der eine letzte Eintrag in der Routingtabelle.
- Alle Geräte im LAN benötigen ein Standard-Gateway, wenn sie beabsichtigen, Datenverkehr an entfernte Netze zu senden.



Wie routet ein Host

Host-Routing-Tabellen

- Bei Windows zeigen die Befehle `route print` oder `netstat -r` die PC-Routingtabelle an.
- Es werden drei Bereiche werden angezeigt:
 - Schnittstellenliste — alle potenziellen Schnittstellen und deren MAC-Adresse
 - IPv4-Routingtabelle
 - IPv6-Routingtabelle



IPv4 Routing Table for PC1

```
C:\Users\PC1> netstat -r
```

IPv4 Route Table

Active Routes:

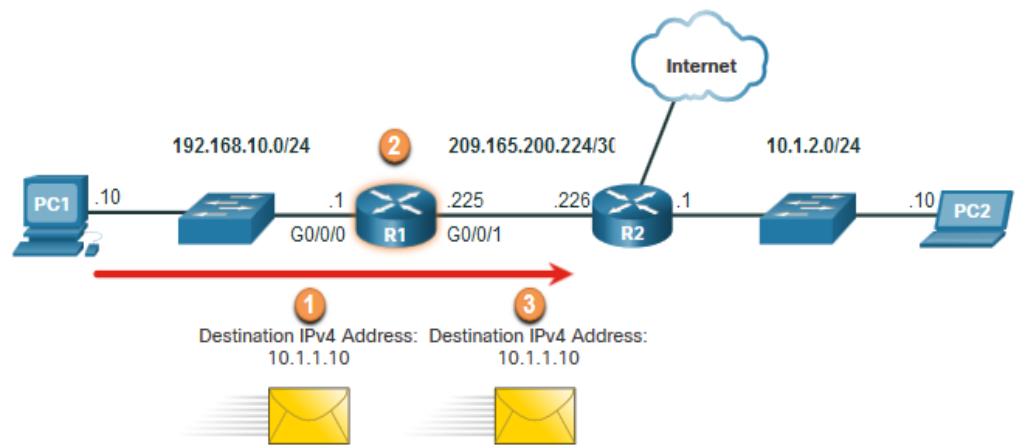
Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
	0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.10.1	192.168.10.10	25
	127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	127.0.0.1	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	127.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	192.168.10.0	255.255.255.0	On-link	192.168.10.10	281
	192.168.10.10	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
	192.168.10.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281
	224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	127.0.0.1	306
	224.0.0.0	240.0.0.0	On-link	192.168.10.10	281
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	306
	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.10.10	281

8.5 Einführung in Routing

Einführung das Routing

Die Entscheidung des Routers zur Weiterleitung des Pakets

Was passiert, wenn der Router den Frame vom Hostgerät empfängt?



1. Packet arrives on the Gigabit Ethernet 0/0/0 interface of router R1. R1 de-encapsulates the Layer 2 Ethernet header and trailer.
2. Router R1 examines the destination IPv4 address of the packet and searches for the best match in its IPv4 routing table. The route entry indicates that this packet is to be forwarded to router R2.
3. Router R1 encapsulates the packet into a new Ethernet header and trailer, and forwards the packet to the next hop router R2.

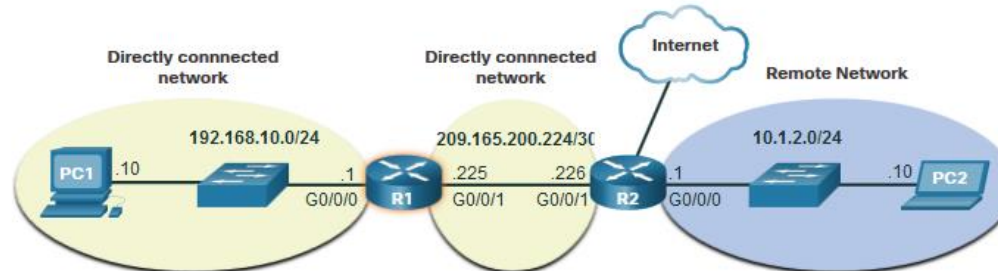
R1 Routing Table

Route	Next Hop or Exit Interface
192.168.10.0 /24	G0/0/0
209.165.200.224/30	G0/0/1
10.1.1.0/24	via R2
Default Route 0.0.0.0/0	via R2

Die IP-Routingtabelle des Routers

Es gibt drei Arten von Routen in der Routing-Tabelle eines Routers:

- **Direkt verbunden** — Diese Routen werden automatisch vom Router hinzugefügt, vorausgesetzt, die Schnittstelle ist aktiv und hat eine Adresse.
- **Remote** — Dies sind die Routen, zu denen der Router keine direkte Verbindung hat und die gelernt werden können:
 - Manuell — mit einer statischen Route
 - Dynamisch — mithilfe eines Routingprotokolls über das die Router ihre Informationen miteinander teilen.
- **Standard-Route** — leitet den gesamten Datenverkehr in eine bestimmte Richtung weiter, wenn keine Übereinstimmung in der Routingtabelle gefunden wird .

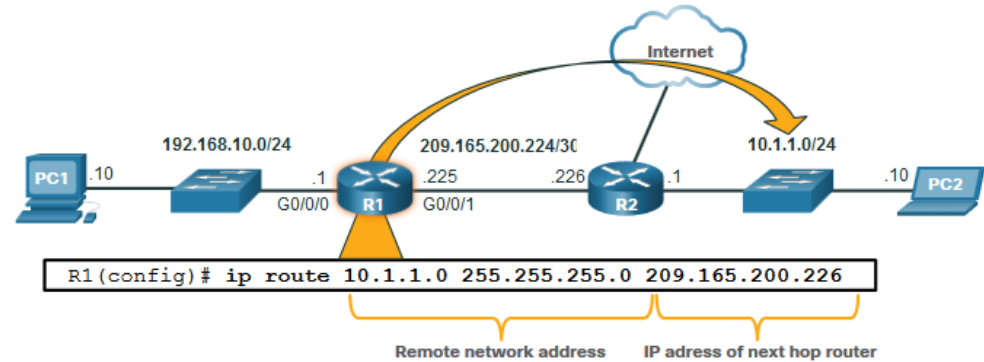


Einführung in Routing

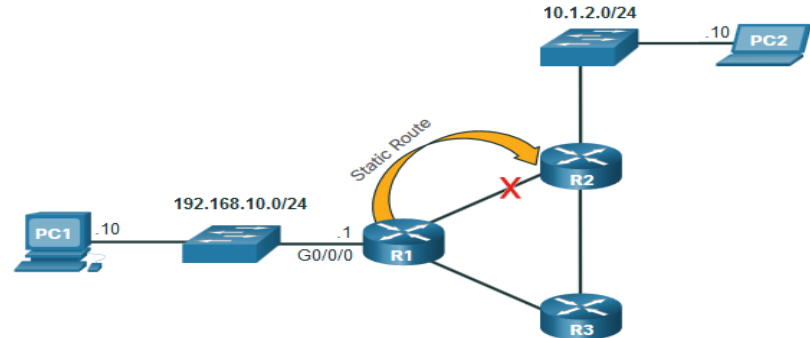
statische Routen

Merkmale einer statischen Route:

- Sie muss manuell konfiguriert werden
- Sie muss manuell vom Administrator angepasst werden, wenn sich die Topologie ändert
- Sie ist gut für kleine, nicht redundante Netzwerke
- Sie wird häufig in Verbindung mit einem dynamischen Routingprotokoll zur Konfiguration einer Standardroute verwendet



R1 is manually configured with a static route to reach the 10.1.1.0/24 network. If this path changes, R1 will require a new static route.



If the route from R1 via R2 is no longer available, a new static route via R3 would need to be configured. A static route does not automatically adjust for topology changes.

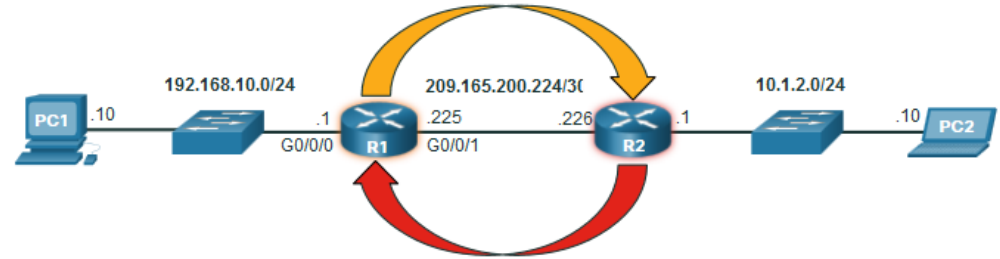
Einführung in Routing

Dynamische Routen

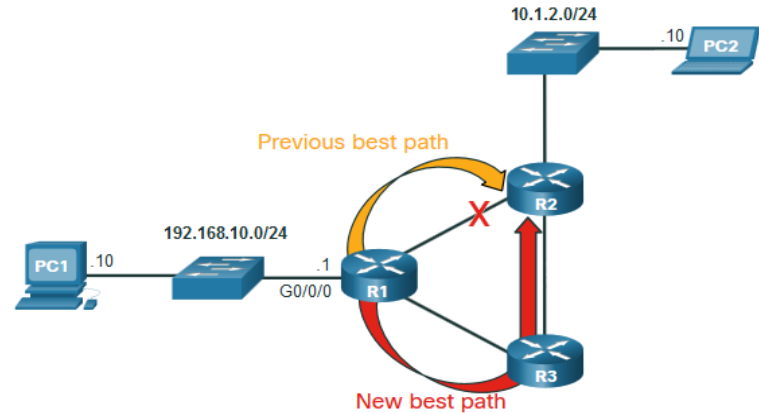
Eigenschaften dynamischer Routen:

- Automatisches Auffinden von Remote-Netzwerken
- Automatische Aktualisierung der Routing-Informationen
- Wählen stets den besten Pfad zum Ziel
- Übernehmen nach einer Topologieänderung den neuen besten Pfad zum Ziel

Dynamisches Routing kann auch statische Standardrouten mit den anderen Routern teilen.



- R1 is using the routing protocol OSPF to let R2 know about the 192.168.10.0/24 network.
- R2 is using the routing protocol OSPF to let R1 know about the 10.1.1.0/24 network.



R1, R2, and R3 are using the dynamic routing protocol OSPF. If there is a network topology change, they can automatically adjust to find a new best path.

Video — IPv4-Routingtabellen eines Routers

In diesem Video werden die Informationen in der IPv4-Routingtabelle des Routers erklärt.

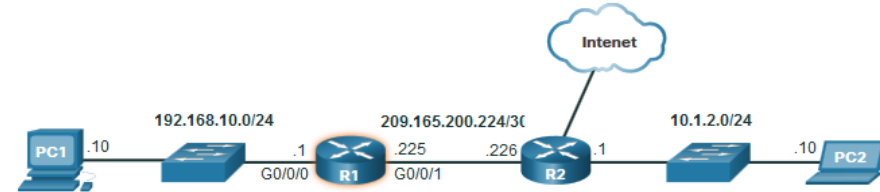
Einführung in eine IPv4-Routingtabelle

Der Befehl **show ip route** zeigt die folgenden Routenquellen an:

- **L** - iP-Adresse der direkt verbundenen lokalen Schnittstelle
- **C** - Direkt verbundenes Netzwerk
- **S** — Statische Route, die manuell von einem Administrator konfiguriert wurde
- **O** - Die Route wurde über das dynamische Routingprotokoll OSPF gelernt
- **D** — Die Route wurde über das dynamische Routingprotokoll EIGRP gelernt

Dieser Befehl zeigt folgende Arten von Routen an:

- Direkt verbunden - C und L
- Entfernte Routen — O, D usw.
- Standardrouten - S*



```
R1# show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       a - application route
       + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PFR
Gateway of last resort is 209.165.200.226 to network 0.0.0.0
S*   0.0.0.0/0 [1/0] via 209.165.200.226, GigabitEthernet0/0/1
     10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
O     10.1.1.0 [110/2] via 209.165.200.226, 00:02:45, GigabitEthernet0/0/1
C     192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C     192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
L     192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
     209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C     209.165.200.224/30 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
L     209.165.200.225/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/1
R1#
```

8.6 Praxis und Quiz

Was habe ich in diesem Modul gelernt?

- IP ist verbindungslos, medienunabhängig und überträgt auf Basis bestmöglicher Leistung.
- Die Paketübermittlung wird nicht garantiert.
- Ein IPv4-Paket-Header besteht aus Feldern, die Informationen über das Paket enthalten.
- IPv6 überwindet die bei IPv4 fehlende Ende-zu-Ende-Konnektivität und erhöhte Netzwerkkomplexität.
- Ein Gerät ermittelt, ob es selbst das Ziel ist, oder ein anderer lokaler Host oder ein Remote-Host.
- Das Standard-Gateway ist ein Router, der Teil des LAN ist und als Tor zu anderen Netzwerken verwendet wird.
- Die Routing-Tabelle enthält eine Liste aller bekannten Netzwerkadressen (Präfixe) und wohin das Paket weitergeleitet werden soll.
- Der Router verwendet die längste Übereinstimmung der Subnetzmaske oder des Präfix.
- Die Routingtabelle enthält drei Arten von Routeneinträgen: direkt verbundene Netzwerke, Remote-Netzwerke und eine Standardroute.

