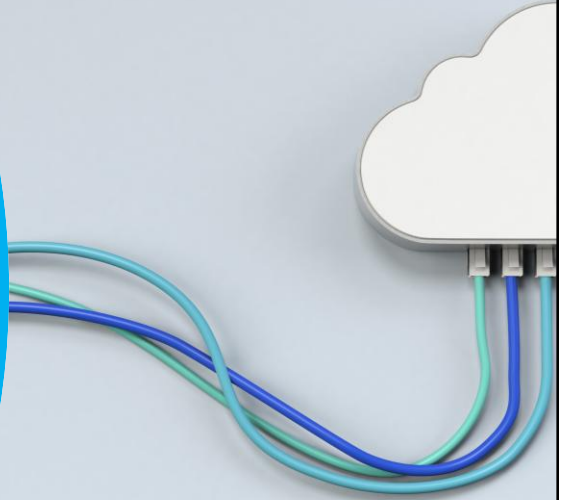


Ethernet Switching

NETZWERKTECHNIK / SEMESTER 1 UND 2



1

AGENDA

- 01 ETHERNET FRAMES
- 02 ETHERNET MAC ADRESSE
- 03 MAC ADRESS-TABELLE
- 04 GESCHWINDIGKEIT UND WEITERLEITUNGS-METHODEN

2

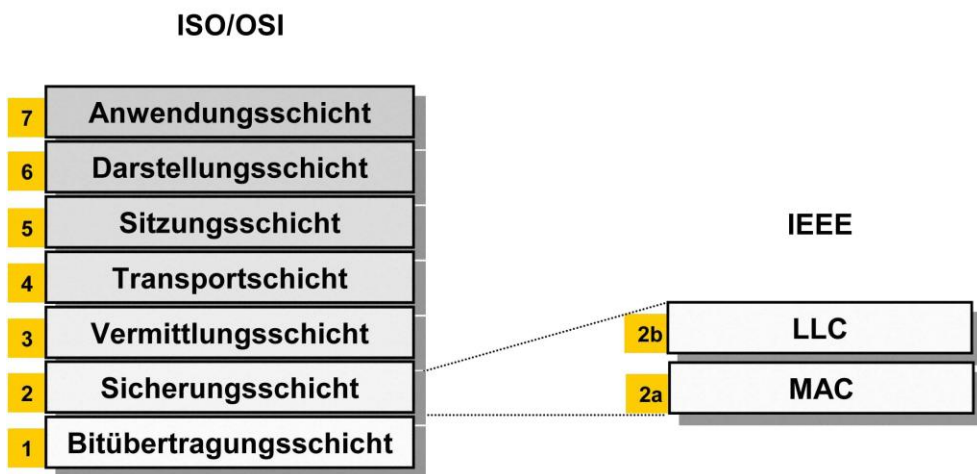
01

Ethernet Frames

4

NETZWERKTECHNIK / SEMESTER 1 und 2

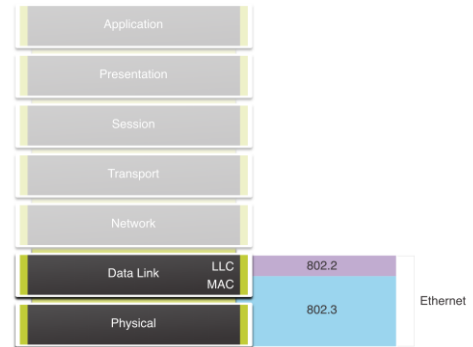
Einordnung im ISO/OSI Modell



5

Ethernet Kapselung

- Ethernet arbeitet in der **Sicherungsschicht** und der physikalischen Schicht.
- Es handelt sich um eine Familie von Netzwerktechnologien, die in den Standards **IEEE 802.2 und 802.3** definiert sind.

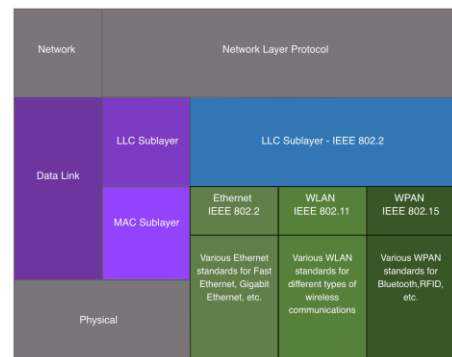


6

Sub-Layer der Sicherungsschicht

Die 802 LAN/MAN-Standards, einschließlich Ethernet, verwenden für den **Betrieb zwei separate Unterschichten** der Sicherungsschicht:

- **LLC Sublayer:** (IEEE 802.2) Platziert Informationen im Frame, um zu identifizieren, welches **Netzwerkschichtprotokoll** für den Frame verwendet wird.
- **MAC-Unterschicht:** (IEEE 802.3, 802.11 oder 802.15) Verantwortlich für die Datenkapselung und die **Medienzugriffskontrolle** und bietet die Adressierung der Sicherungsschicht.



7

Datenkapselung

Die MAC-Unterschicht ist für die **Datenkapselung und den Zugriff auf die Medien** verantwortlich.

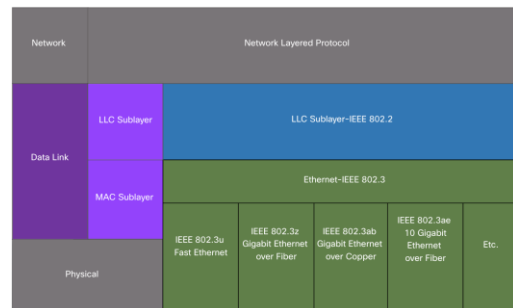
Die **IEEE 802.3**-Datenkapselung umfasst Folgendes:

- **Ethernet-Frame** - Dies ist die **interne Struktur des Ethernet-Frames**.
- **Ethernet-Adressierung** - Der Ethernet-Frame enthält sowohl eine **Quell- als auch eine Ziel-MAC-Adresse**, um den Ethernet-Frame von Ethernet-Netzwerkkarte zu Ethernet-Netzwerkkarte im selben LAN zu übermitteln.
- **Ethernet-Fehlererkennung** - Der Ethernet-Frame enthält einen **Frame Check Sequence (FCS)**-Trailer, der zur Fehlererkennung verwendet wird.

8

Medienzugriff

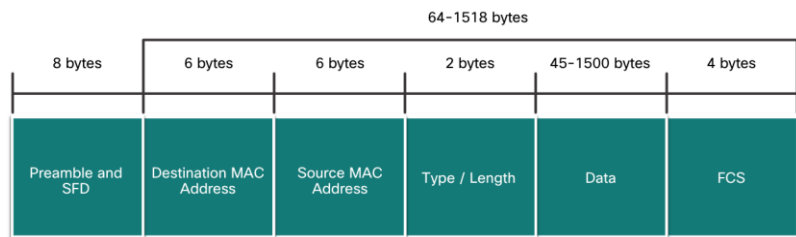
- Die IEEE 802.3 MAC-Subschicht enthält die Spezifikationen für verschiedene **Ethernet-Kommunikationsstandards für verschiedene Arten von Medien, einschließlich Kupfer und Glasfaser**.
- Legacy-Ethernet, das eine Bustopologie oder Hubs verwendet, ist ein gemeinsam genutztes Halbduplex-Medium. **Ethernet über ein Halbduplex-Medium verwendet eine konkurrierende Zugriffsmethode, Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection (CSMA/CD)**.
- In den heutigen Ethernet-LANs werden Switches verwendet, die im **Vollduplex-Modus** arbeiten. Für die Vollduplex-Kommunikation mit Ethernet-Switches ist **keine Zugriffskontrolle über CSMA/CD erforderlich**.



9

Ethernet Felder

- Die **minimale Ethernet-Frame-Größe beträgt 64 Byte** und die **maximale 1518 Byte**. Das Präambelfeld ist bei der Beschreibung der Größe des Rahmens nicht enthalten.
- Jeder Frame mit einer Länge **von weniger als 64 Byte** wird als **"Kollisionsfragment"** oder **"Runt-Frame"** betrachtet und automatisch verworfen. Frames mit **mehr als 1500 Bytes an Daten** werden als **"Jumbo"** oder **"Baby Giant Frames"** bezeichnet.
- Wenn die Größe eines übertragenen Frames kleiner als das Minimum oder größer als das Maximum ist, verwirft das empfangende Gerät den Frame.** Ausgelassene Frames sind wahrscheinlich das Ergebnis von Kollisionen oder anderen unerwünschten Signalen. Sie gelten als ungültig. Jumbo-Frames werden in der Regel von den meisten Fast-Ethernet- und Gigabit-Ethernet-Switches und -Netzwerkkarten unterstützt.



02

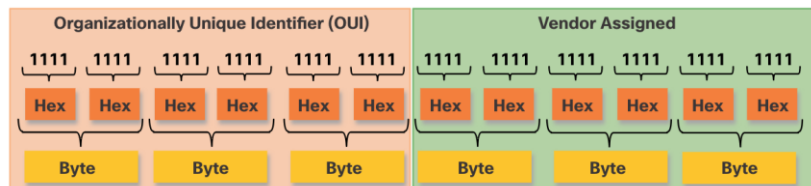
Ethernet MAC Adresse

MAC und Hexadezimalschreibweise

- Eine Ethernet-MAC-Adresse besteht aus einem **48-Bit-Binärwert**, der durch **12 Hexadezimalwerte** ausgedrückt wird.
- Da 8 Bit (ein Byte) eine übliche binäre Gruppierung sind, kann die Binärzahl **00000000 bis 11111111 hexadezimal als der Bereich 00 bis FF** dargestellt werden.
- Bei der Verwendung von Hexadezimalzahlen werden **immer führende Nullen angezeigt**, um die 8-Bit-Darstellung zu vervollständigen. Zum Beispiel wird der Binärwert 0000 1010 hexadezimal als 0A dargestellt.
- Hexadezimalzahlen werden in der Dokumentation häufig durch den Wert dargestellt, dem **0x vorangestellt** ist (z. B. 0x73), um zwischen Dezimal- und Hexadezimalwerten zu unterscheiden.
- Hexadezimal kann auch durch eine **tiefgestellte 16 oder die Hexadezimalzahl gefolgt von einem H** (z. B. 73H) dargestellt werden.

12

Ethernet MAC Adresse

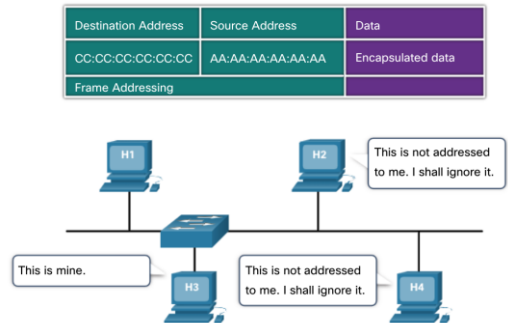


- In einem **Ethernet-LAN ist jedes Netzwerkgerät mit den gleichen, gemeinsam genutzten Medien verbunden**. Die MAC-Adressierung stellt eine **Methode zur Geräteidentifikation** auf der Sicherungsschicht des OSI-Modells dar.
- Eine Ethernet-MAC-Adresse ist eine 48-Bit-Adresse, die aus 12 Hexadezimalziffern ausgedrückt wird. Da ein Byte 8 Bits entspricht, können wir auch sagen, dass eine **MAC-Adresse 6 Byte** lang ist.
- Alle MAC-Adressen müssen für das Ethernet-Gerät oder die Ethernet-Schnittstelle **eindeutig** sein. Um dies zu gewährleisten, müssen sich alle Anbieter, die Ethernet-Geräte verkaufen, bei der **IEEE registrieren**, um einen eindeutigen 6-Hexadezimal-Code (d. h. 24-Bit- oder 3-Byte-Code) zu erhalten, der als **Organizationally Unique Identifier (OUI)** bezeichnet wird.
- Eine Ethernet-MAC-Adresse besteht aus einem **6-Hexadezimal-OUI-Code**, gefolgt von einem **6-Hexadezimal-Vendor-Zuweisungswert**.

13

Verarbeitung eines Frame

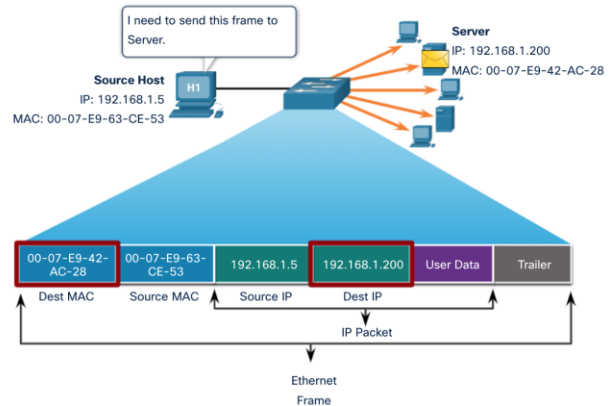
- Wenn ein Gerät eine Nachricht an ein Ethernet-Netzwerk weiterleitet, enthält der Ethernet-Header eine **Quell-MAC-Adresse** und eine **Ziel-MAC-Adresse**.
- Wenn eine Netzwerkkarte einen Ethernet-Frame empfängt, untersucht sie die Ziel-MAC-Adresse, um festzustellen, ob sie mit der physischen MAC-Adresse übereinstimmt. Wenn es keine Übereinstimmung gibt, verwirft das Gerät den Rahmen. Wenn es eine Übereinstimmung gibt, **wird der Frame an die OSI-Schichten weitergeleitet, wo der Entkapselungsprozess stattfindet**.
- Hinweis: Ethernet-Netzwerkkarten akzeptieren auch Frames, wenn es sich bei der Ziel-MAC-Adresse um einen Broadcast oder eine Multicast-Gruppe handelt, in der er Mitglied ist.
- **Jedes Gerät, das die Quelle oder das Ziel eines Ethernet-Frames ist, verfügt über eine Ethernet-Netzwerkkarte und damit über eine MAC-Adresse.** Dazu gehören Workstations, Server, Drucker, mobile Geräte und Router.



14

Unicast MAC Adresse

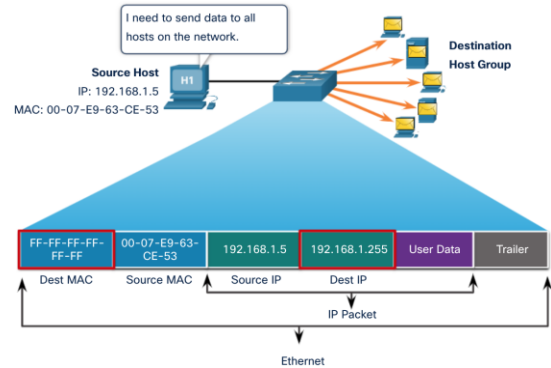
- In Ethernet werden **unterschiedliche MAC-Adressen für Layer-2-Unicast-, Broadcast- und Multicast-Kommunikation** verwendet.
- Eine **Unicast-MAC-Adresse ist die eindeutige Adresse**, die verwendet wird, wenn ein Frame von einem einzelnen Übertragungsgerät an ein einzelnes Zielgerät gesendet wird.
- Der Prozess, den ein Quellhost verwendet, um die MAC-Zieladresse zu bestimmen, die einer IPv4-Adresse zugeordnet ist, wird als **Address Resolution Protocol (ARP)** bezeichnet. Der Prozess, den ein Quellhost verwendet, um die MAC-Zieladresse zu bestimmen, die einer IPv6-Adresse zugeordnet ist, wird als **Neighbor Discovery (ND)** bezeichnet.
- Hinweis: Quell-MAC-Adresse immer Unicast



15

Broadcast MAC Adresse

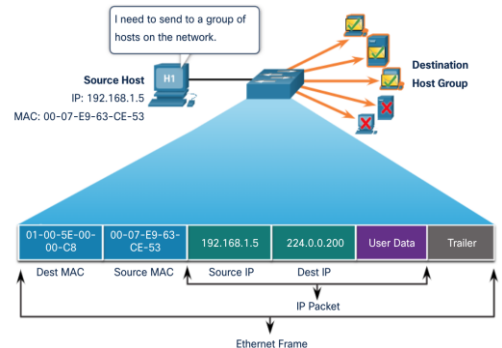
- Ein Ethernet-Broadcast-Frame **wird von jedem Gerät im Ethernet-LAN empfangen und verarbeitet**. Die Funktionen eines Ethernet-Broadcasts sind wie folgt:
- Es hat eine Ziel-MAC-Adresse von **FF-FF-FF-FF-FF-FF** in hexadezimaler Form (48 Einsen im Binärformat).
- Es werden alle Ethernet-Switch-Ports mit Ausnahme des eingehenden Ports überflutet**. Es wird nicht von einem Router weitergeleitet.
- Kann nur als Ziel eines Paketes verwendet werden.



16

Multicast MAC Adresse

- Ein Ethernet-Multicast-Frame **wird von einer Gruppe von Geräten empfangen und verarbeitet**, die zur gleichen Multicast-Gruppe gehören.
- Es gibt eine **Ziel-MAC-Adresse von 01-00-5E**, wenn es sich bei den gekapselten Daten um ein IPv4-Multicast-Paket handelt, und eine **Ziel-MAC-Adresse von 33-33**, wenn es sich bei den gekapselten Daten um ein IPv6-Multicast-Paket handelt.
- Es **gibt andere reservierte Multicast-Ziel-MAC-Adressen**, wenn es sich bei den gekapselten Daten nicht um IP handelt, z.B. Spanning Tree Protocol (STP).
- Es werden alle Ethernet-Switch-Ports mit Ausnahme des eingehenden Ports überflutet**, es sei denn, der Switch ist für Multicast-Snooping konfiguriert. Er wird nicht von einem Router weitergeleitet, es sei denn, der Router ist für die Weiterleitung von Multicast-Paketen konfiguriert.
- Da Multicast-Adressen eine Gruppe von Adressen darstellen, können sie **nur als Ziel eines Paketes verwendet werden**. Die Quelle ist immer eine Unicast-Adresse.



17

03

MAC Adress-tabelle

QUELLE:

INTRODUCTION TO
NETWORKS V7.0 (ITN)

19

19

NETZWERKTECHNIK / SEMESTER 1 und 2

Grundlagen von Switches

- Ein Layer-2-Ethernet-Switch verwendet Layer-2-MAC-Adressen, um Weiterleitungsentscheidungen zu treffen.
- Er ist sich nicht bewusst, welche Daten (Protokolle) im Datenteil des Frames übertragen werden, z. B. ein IPv4-Paket, eine ARP-Nachricht oder ein IPv6-ND-Paket. Der Switch trifft seine Weiterleitungsentscheidungen ausschließlich auf der Grundlage der Layer-2-Ethernet-MAC-Adressen.
- Ein Ethernet-Switch **untersucht seine MAC-Adresstabelle, um eine Weiterleitungsentscheidung für jeden Frame zu treffen**, im Gegensatz zu älteren Ethernet-Hubs, die alle Ports mit Ausnahme des eingehenden Ports fluten.
- Wenn ein Switch eingeschaltet wird, ist die MAC-Adresstabelle leer
- Hinweis: Die MAC-Adresstabelle wird manchmal auch als **CAM-Tabelle (Content Addressable Memory)** bezeichnet.

20

Lernen und Weiterleiten

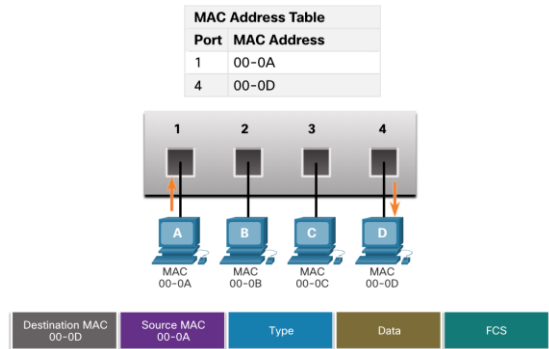
- **Untersuchen der Quell-MAC-Adresse (Lernen)**
- Jeder Frame der bei einem Switch ankommt, wird auf neue Informationen überprüft, die gelernt werden sollen. Dazu werden die Quell-MAC-Adresse des Frames und die Portnummer untersucht, an der der Frame in den Switch eingetreten ist.
 - Wenn die Quell-MAC-Adresse **nicht vorhanden** ist, wird sie zusammen mit der eingehenden Portnummer der Tabelle hinzugefügt.
 - Wenn die Quell-MAC-Adresse **vorhanden** ist, aktualisiert der Switch den Aktualisierungs-Timer für diesen Eintrag. Standardmäßig behalten die meisten Ethernet-Switches einen Eintrag in der Tabelle 5 Minuten lang.
- Hinweis: Wenn die Quell-MAC-Adresse in der Tabelle, aber an einem anderen Port vorhanden ist, behandelt der Switch diese als neuen Eintrag. Der Eintrag wird mit der gleichen MAC-Adresse, aber mit der aktuelleren Portnummer ersetzt.

Lernen und Weiterleiten

- **Suchen der Ziel-MAC-Adresse (Weiterleiten)**
- Wenn es sich bei der Ziel-MAC-Adresse um eine Unicast-Adresse handelt, sucht der Switch nach einer Übereinstimmung zwischen der Ziel-MAC-Adresse des Frames und einem Eintrag in der MAC-Adresstabelle.
 - Wenn sich die MAC-Zieladresse **in der Tabelle** befindet, wird der Frame an den angegebenen Port weitergeleitet.
 - Wenn die MAC-Zieladresse **nicht in der Tabelle** enthalten ist, leitet der Switch den Frame an alle Ports mit Ausnahme des eingehenden Ports weiter. Dies wird als unbekannter Unicast bezeichnet.
- Hinweis: Wenn es sich bei der Ziel-MAC-Adresse um einen Broadcast oder einen Multicast handelt, wird der Frame auch an allen Ports mit Ausnahme des eingehenden Ports überflutet.

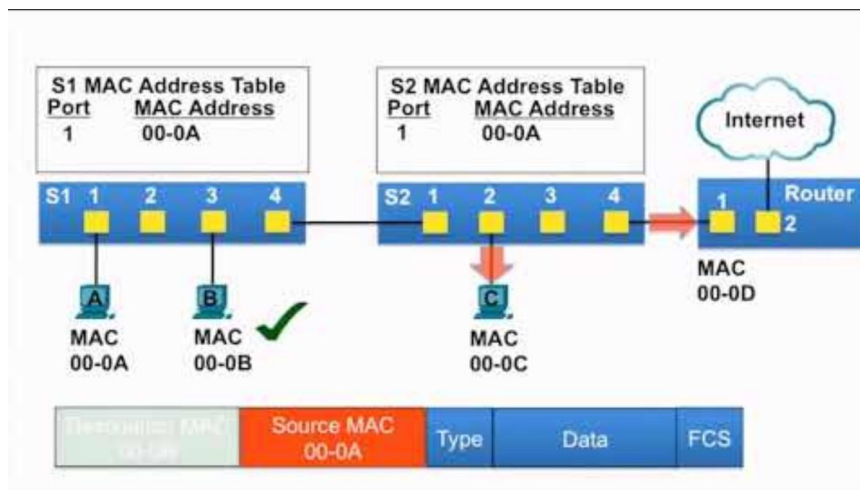
Filtern von Frames

- Da ein Switch Frames von verschiedenen Geräten empfängt, kann er seine MAC-Adresstabelle füllen, indem er die Quell-MAC-Adresse jedes Frames untersucht.
- Wenn die MAC-Adresstabelle des Switches die MAC-Zieladresse enthält, kann er den Frame filtern und auf einem einzelnen Port weiterleiten.



23

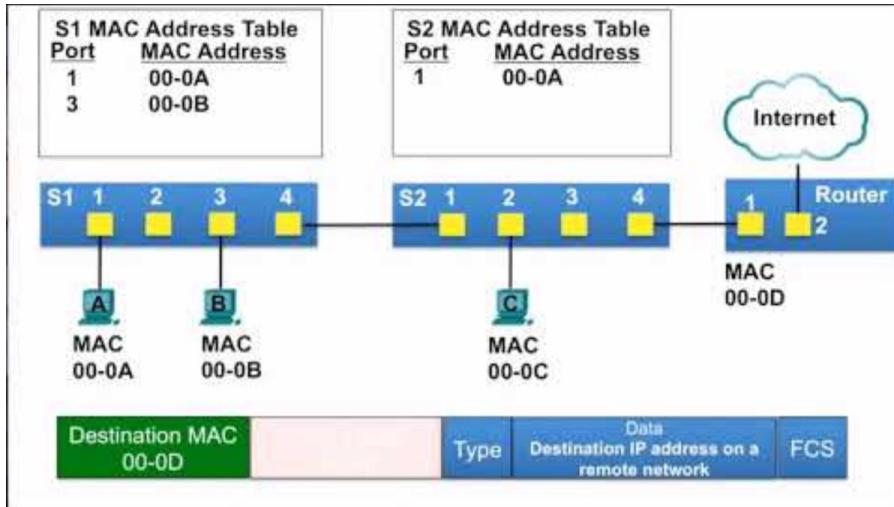
VIDEO – MAC-Adresstabellen auf verbundenen Switches



24

NETZWERKTECHNIK / SEMESTER 1 und 2

VIDEO - Senden eines Frames zum Default Gateway



tgm [Quelle: CCNAV7: Introduction to Networks (ITN) Companion Guide, Cisco Press]

tgm | Technologisches Gewerbemuseum | Höhere technische Bundes-Lehr- und Versuchsanstalt

25

25

04

Geschwindigkeit und Weiterleitungsmethoden

QUELLE:

INTRODUCTION TO NETWORKS V7.0 (ITN)

26

26

Weiterleitungsmethoden

Switches verwenden eine der folgenden Weiterleitungsmethoden zum weiterleiten von Daten zwischen Netzwerkports:

- **Store-and-Forward-Switching** – Diese Frameweiterleitungsmethode empfängt den gesamten Frame und berechnet den CRC. Wenn der CRC gültig ist, sucht der Switch nach der Zieladresse, die die ausgehende Schnittstelle bestimmt. Dann wird der Frame aus dem richtigen Port weitergeleitet.
- **Cut-Through-Switching** - Diese Frameweiterleitungsmethode leitet den Frame weiter, bevor er vollständig empfangen wird. Bevor der Frame weitergeleitet werden kann, muss mindestens die Zieladresse des Frames ausgelesen werden.
- **Ein großer Vorteil von Store-and-Forward-Switching besteht darin, dass bestimmt wird ob ein Frame Fehler besteht bevor der Frame weitergegeben wird.** Wenn ein Fehler in einem Frame erkannt wird, verwirft der Switch den Frame. Das Verwerfen von fehlerhaften Frames reduziert die Bandbreite, die von beschädigten Daten verbraucht wird.
- Store-and-Forward-Switching ist für die QoS-Analyse (Quality of Service) in konvergenten Netzwerken erforderlich, bei denen eine Frame-Klassifizierung für die Priorisierung des Datenverkehrs erforderlich ist. Beispielsweise müssen VoIP-Datenströme (Voice over IP) Vorrang vor dem Datenverkehr im Internet haben.

27

Cut-Through-Switching

- Beim Cut-Through-Switching wird der Switch aktiv sobald Daten empfangen werden, auch wenn die Übertragung noch nicht abgeschlossen ist. Der **Switch puffert gerade so viel vom Frame, dass er die MAC-Adresse des Ziels lesen kann**, damit er bestimmen kann, an welchen Port er die Daten weiterleiten soll. Der Switch führt keine Fehlerprüfung am Rahmen durch.
- 2 Variaten
 - **Fast-Forward-Switching** - Bietet die geringste Latenz, indem ein Paket nach dem Lesen der Zieladresse sofort weitergeleitet wird. Da das Fast-Forward-Switching mit der Weiterleitung beginnt, bevor das gesamte Paket empfangen wurde, kann es vorkommen, dass Pakete mit Fehlern weitergeleitet werden. Die Ziel-Netzwerkarte verwirft das fehlerhafte Paket nach dem Empfang. Fast-Forward Switching ist die typische Cut-Through-Methode.
 - **Fragment-free switching** - Als Kompromiss zwischen der hohen Latenz und der hohen Integrität von Store-and-Forward-Switching und der geringen Latenz und reduzierten Integrität von Fast-Forward-Switching speichert der Switch die ersten 64 Byte des Frames und führt eine Fehlerprüfung durch, bevor er weitergeleitet wird. Da die meisten Netzwerkfehler und Kollisionen während der ersten 64 Byte auftreten, wird sichergestellt, dass vor dem Weiterleiten des Frames keine Kollision aufgetreten ist.

28

Speicherpuffer

- Ein Ethernet-Switch kann eine **Puffertechnik** verwenden, um Frames zu speichern, bevor sie weitergeleitet werden oder wenn der Zielport aufgrund von Überlastung belegt ist.
- „Share Memory Buffering“ wichtig bei asymmetrischem Switching, das unterschiedliche Datenraten an verschiedenen Ports ermöglicht. Daher kann bestimmten Ports (z. B. Serverport) mehr Bandbreite zugewiesen werden.

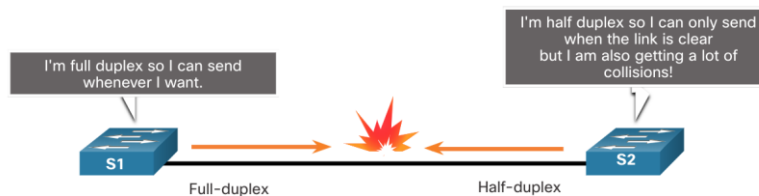
Methode	Beschreibung
Port-based memory	<ul style="list-style-type: none"> Frames werden in Warteschlangen gespeichert, die mit bestimmten ein- und ausgehenden Ports verknüpft sind. Ein Frame wird erst dann an den ausgehenden Port übertragen, wenn alle Frames, die in der Warteschlange voraus sind, erfolgreich übertragen wurden. Es ist möglich, dass ein einzelner Frame die Übertragung aller Frames im Speicher verzögert, da der Zielport ausgelastet ist. Diese Verzögerung tritt auch dann auf, wenn die anderen Frames an offene Zielports übertragen werden könnten.
Shared memory	<ul style="list-style-type: none"> Legt alle Frames in einem gemeinsamen Speicherpuffer ab, der von allen Switch-Ports gemeinsam genutzt wird, und die Menge an Pufferspeicher, die von einem Port benötigt wird, wird dynamisch zugewiesen. Die Frames im Puffer sind dynamisch mit dem Zielport verknüpft, so dass ein Paket an einem Port empfangen und dann an einem anderen Port übertragen werden kann, ohne es in eine andere Warteschlange zu verschieben.

Duplex und Geschwindigkeit

- Zwei der grundlegendsten Einstellungen eines Switches sind die **Bandbreiten-** ("Geschwindigkeit") und die **Duplex-Einstellungen** für jeden einzelnen Switch-Port.
- Es ist wichtig, dass die **Duplex- und Bandbreiteneinstellungen zwischen dem Switch-Port und den angeschlossenen Geräten übereinstimmen.**
- Es gibt zwei Arten von Duplexeinstellungen, die für die Kommunikation in einem Ethernet-Netzwerk verwendet werden:
 - Vollduplex** - Beide Enden der Verbindung können gleichzeitig senden und empfangen.
 - Halbduplex** - Es kann jeweils nur ein Ende der Verbindung gesendet werden.
 - Autonegotiation** ist eine optionale Funktion, die auf den meisten Ethernet-Switches und Netzwerkkarten zu finden ist. Es ermöglicht zwei Geräten, automatisch die beste Geschwindigkeit und Duplex-Funktionen auszuhandeln.
- Hinweis: Gigabit-Ethernet-Ports arbeiten nur im Vollduplex-Modus.

Duplex und Geschwindigkeit

- Duplex-Diskrepanzen sind eine der häufigsten Ursachen für Leistungsprobleme bei 10/100-Mbit/s-Ethernet-Verbindungen. Sie tritt auf, wenn ein Port auf der Verbindung mit Halbduplex arbeitet, während der andere Port mit Vollduplex arbeitet.
- Dies kann der Fall sein, wenn ein oder beide Ports auf einer Verbindung zurückgesetzt werden und der Autonegotiation-Prozess nicht dazu führt, dass beide Verbindungspartner die gleiche Konfiguration haben.
- Es kann auch auftreten, wenn Benutzer eine Seite eines Links neu konfigurieren und vergessen, die andere Seite neu zu konfigurieren. Auf beiden Seiten einer Verbindung sollte die automatische Aushandlung aktiviert sein, oder auf beiden Seiten sollte sie deaktiviert sein. Es empfiehlt sich, beide Ethernet-Switch-Ports als Vollduplex zu konfigurieren.



31

Auto-MDIX

- Für Verbindungen zwischen Geräten war **früher die Verwendung eines Crossover- oder Straight-Through-Kabels erforderlich**. Die Art des erforderlichen Kabels hing von der Art der Verbindungsgeräte ab.
- Hinweis: Eine direkte Verbindung zwischen einem Router und einem Host erfordert eine Crossover-Verbindung.
- Die meisten Switch-Geräte unterstützen jetzt **automatic medium-dependent interface crossover (Auto-MDIX)**. Wenn diese Option aktiviert ist, erkennt der Switch automatisch den Typ des an den Port angeschlossenen Kabels und konfiguriert die Schnittstellen entsprechend.
- Die **Auto-MDIX-Funktion ist standardmäßig auf Switches aktiviert**. Die Funktion kann jedoch deaktiviert sein. Aus diesem Grund sollten Sie immer den richtigen Kabeltyp verwenden und sich nicht auf die Auto-MDIX-Funktion verlassen.
- Auto-MDIX kann mit dem Befehl `mdix auto interface configuration` aktiviert werden.

32