

ÜBUNG 12

IPv6

NETZWERKTECHNIK / SEMESTER 3 UND 4

1

AGENDA

- 01 IPV4 EINSCHRÄNKUNGEN
- 02 IPV6 AUFBAU
- 03 IPV6 ADRESSTYPEN
- 04 GUA UND LLA STATISCHE KONFIGURATION
- 05 DYNAMISCHE ADRESSIERUNG FÜR IPV6 GUAS
- 06 DYNAMISCHE ADRESSIERUNG FÜR IPV6 LLAS
- 07 IPV6 MULTICAST ADRESSEN
- 08 IPV6 SUBNETTING

tgm

2

01

IPv4 Einschränkungen

Copyright 2025 / Berndt Sevik

3

3

NETZWERKTECHNIK / SEMESTER 3 und 4

Bedarf an IPv6

- **IPv4 stößt an seine Adressgrenzen. IPv6 ist der Nachfolger** von IPv4 und verfügt über einen deutlich größeren 128-Bit-Adressraum.
- Die Entwicklung von IPv6 umfasste auch die **Behebung von IPv4-Beschränkungen und weitere Verbesserungen.**
- Angesichts der wachsenden Zahl von Internetnutzern, des begrenzten IPv4-Adressraums, Problemen mit NAT und dem Internet der Dinge (IoT) ist es an der Zeit, den **Übergang zu IPv6 einzuleiten.**



4

IPv4- und IPv6-Koexistenz

- IPv4 und IPv6 werden in naher Zukunft parallel existieren, der Übergang wird jedoch mehrere Jahre dauern.
- Die IETF hat verschiedene Protokolle und Tools entwickelt, um Netzwerkadministratoren bei der Migration ihrer Netzwerke zu IPv6 zu unterstützen. Diese Migrationstechniken lassen sich in drei Kategorien einteilen:
 - **Dual Stack** – Die Geräte verwenden gleichzeitig die Protokollstapel von IPv4 und IPv6.
 - **Tunneling** – Eine Methode zum Transport eines IPv6-Pakets über ein IPv4-Netzwerk. Das IPv6-Paket wird dabei in ein IPv4-Paket gekapselt.
 - **Translation** – Network Address Translation 64 (NAT64) ermöglicht die Kommunikation zwischen IPv6-fähigen Geräten mithilfe einer Übersetzungstechnik, die NAT für IPv4 ähnelt.
- Hinweis: Tunneling und Übersetzung dienen der Umstellung auf natives IPv6 und sollten nur bei Bedarf eingesetzt werden. Ziel sollte die Kommunikation über natives IPv6 von der Quelle zum Ziel sein.

02

IPv6 Aufbau

IPv6-Adressierungsformate

- IPv6-Adressen sind **128 Bit** lang und werden hexadezimal geschrieben.
- IPv6-Adressen **unterscheiden nicht zwischen Groß- und Kleinschreibung** und können sowohl in Klein- als auch in Großbuchstaben geschrieben werden.
- Das **bevorzugte Format für IPv6-Adressen ist x:x:x:x:x:x**, wobei jedes „x“ aus vier Hexadezimalwerten besteht.
- In IPv6 bezeichnet man ein **16-Bit-Segment (vier Hexadezimalwerte) inoffiziell als Hextet**.
- Beispiele für IPv6-Adressen im bevorzugten Format:
 - 2001:0db8:0000:1111:0000:0000:0000:0200
 - 2001:0db8:0000:00a3:abcd:0000:0000:1234

7

Regel 1 – Weglassen der führenden Null

- Die erste Regel zur Vereinfachung der IPv6-Adressnotation lautet: **Führende Nullen (0) weglassen**.
- Beispiele:
 - 01ab kann als 1ab dargestellt werden.
 - 09f0 kann als 9f0 dargestellt werden.
 - 0a00 kann als a00 dargestellt werden.
 - 00ab kann als ab dargestellt werden.
- Hinweis: Diese Regel gilt nur für führende Nullen, nicht für nachfolgende, da die Adresse sonst mehrdeutig wäre.

Type	Format
Bevorzugt	2001 : 0db8 : 0000 : 1111 : 0000 : 0000 : 0000 : 0200
Keine führenden Nullen	2001 : db8 : 0 : 1111 : 0 : 0 : 0 : 200

8

Regel 2 – Doppelpunkt

- Ein **Doppelpunkt (::)** kann eine beliebige zusammenhängende Zeichenkette aus einem oder mehreren **16-Bit-Hexetts** ersetzen, die ausschließlich aus Nullen bestehen.
- Beispiel:
 - `2001:db8:cafe:1:0:0:0:1` (führende Nullen weggelassen) könnte als `2001:db8:cafe:1::1` dargestellt werden.
- Hinweis: Der Doppelpunkt (::) darf innerhalb einer Adresse nur einmal verwendet werden, da sonst mehrere Adressen möglich wären.

Type	Format
Bevorzugt	2001 : 0db8 : 0000 : 1111 : 0000 : 0000 : 0000 : 0200
Komprimiert	2001:db8:0:1111::200

03

IPv6 Adresstypen


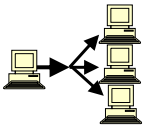
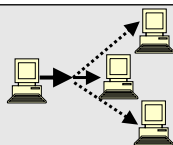
Unicast, Multicast, Anycast

Es gibt drei Hauptkategorien von IPv6-Adressen:

- **Unicast** – Unicast identifiziert eine Schnittstelle eines IPv6-fähigen Geräts eindeutig.
- **Multicast** – Multicast wird verwendet, um ein einzelnes IPv6-Paket an mehrere Ziele zu senden.
- **Anycast** – Dies ist eine IPv6-Unicast-Adresse, die mehreren Geräten zugewiesen werden kann. Ein an eine Anycast-Adresse gesendetes Paket wird an das nächstgelegene Gerät mit dieser Adresse weitergeleitet.

Hinweis: Im Gegensatz zu IPv4 kennt IPv6 keine Broadcast-Adresse. Es gibt jedoch eine IPv6-Multicast-Adresse für alle Knoten, die im Wesentlichen dasselbe Ergebnis liefert.

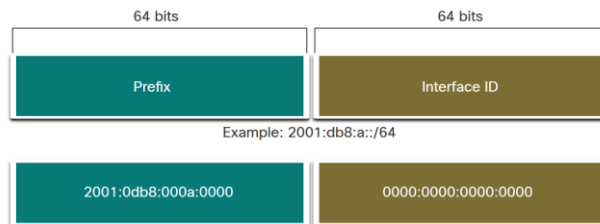
IPv6-Adresstypen

Adresstyp	Beschreibung	Topologie
Unicast	<p>“One to One”</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Eine Adresse, die für eine einzige Schnittstelle bestimmt ist. ▪ Ein Paket, das an eine Unicast-Adresse gesendet wird, wird an die durch diese Adresse identifizierte Schnittstelle geliefert. 	
Multicast	<p>“One to Many”</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Eine Adresse für eine Menge von Schnittstellen (typischerweise zu verschiedenen Knotenpunkten). ▪ Ein Paket, das an eine Multicast-Adresse gesendet wird, wird an alle durch diese Adresse identifizierten Schnittstellen zugestellt. 	
Anycast	<p>“One to Nearest” (Allocated from Unicast)</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Eine Adresse für eine Reihe von Schnittstellen. ▪ In den meisten Fällen gehören diese Schnittstellen zu verschiedenen Knoten. ▪ Ein Paket, das an eine Anycast-Adresse gesendet wird, wird an die nächstgelegene Schnittstelle geliefert, wie vom IGP bestimmt. 	

IPv6 Prefix Length

- Die Präfixlänge wird in **Schrägstrichnotation** dargestellt und kennzeichnet den Netzwerkanteil einer IPv6-Adresse.
- Die IPv6-Präfixlänge kann **zwischen 0 und 128 Bit liegen**. Für LANs und die meisten anderen Netzwerktypen wird eine IPv6-Präfixlänge von /64 Bit empfohlen.

Hinweis: Für die meisten Netzwerke wird dringend die Verwendung einer 64-Bit-Schnittstellen-ID empfohlen. Dies liegt daran, dass die zustandslose Adressautokonfiguration (SLAAC) 64 Bit für die Schnittstellen-ID verwendet. Außerdem vereinfacht dies die Erstellung und Verwaltung von Subnetzen.

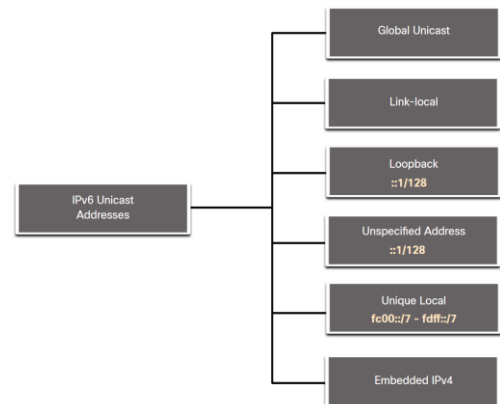


13

Arten von IPv6 Unicast-Adressen

Im Gegensatz zu IPv4-Geräten, die nur eine einzige Adresse besitzen, verfügen IPv6-Adressen typischerweise über zwei Unicast-Adressen:

- Globale Unicast-Adresse (GUA)** – Diese ist **vergleichbar mit einer öffentlichen IPv4-Adresse**. Es handelt sich um weltweit eindeutige, im Internet routingfähige Adressen.
- Link-Local-Adresse (LLA)** – Diese Adresse wird von jedem IPv6-fähigen Gerät benötigt und dient der **Kommunikation mit anderen Geräten im selben lokalen Netzwerk**. LLAs sind nicht routingfähig und auf ein einzelnes Netzwerk beschränkt.



14

Spezielle IPv6-Adressen

IPv6 Address	Description
::/0	<ul style="list-style-type: none"> All routes and used when specifying a default static route. It is equivalent to the IPv4 quad-zero (0.0.0.0).
::/128	<ul style="list-style-type: none"> Unspecified address and is initially assigned to a host when it first resolves its local link address.
::1/128	<ul style="list-style-type: none"> Loopback address of local host. Equivalent to 127.0.0.1 in IPv4.
FE80::/10	<ul style="list-style-type: none"> Link-local unicast address. Similar to the Windows autoconfiguration IP address of 169.254.x.x.
FF00::/8	<ul style="list-style-type: none"> Multicast addresses.
All other addresses	<ul style="list-style-type: none"> Global unicast address.

Reservierte IPv6-Multicast-Adressen

Reserved Multicast Address	Description
FF02::1	<ul style="list-style-type: none"> All nodes on a link (link-local scope).
FF02::2	<ul style="list-style-type: none"> All routers on a link.
FF02::9	<ul style="list-style-type: none"> All routing information protocol (RIP) routers on a link.
FF02::1:FFxx:xxxx	<ul style="list-style-type: none"> All solicited-node multicast addresses used for host autoconfiguration and neighbor discovery (similar to ARP in IPv4). The xx:xxxx is the far right 24 bits of the corresponding unicast or anycast address of the node.
FF05::101	<ul style="list-style-type: none"> All Network Time Protocol (NTP) servers.

Neighbor Discovery ICMPv6-Pakettypen

Neighbor Discovery verwendet vier ICMPv6-Pakettypen:

- Nachbaranfrage- und Nachbarankündigungsnachrichten
- Routeranfrage- und Routerankündigungsnachrichten

ICMPv6 Message	Type	Description
Neighbor Solicitation (NS)	135	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sent by a host to determine the link-layer address of a neighbor. ▪ Used to verify that a neighbor is still reachable. ▪ An NS is also used for Duplicate Address Detection (DAD).
Neighbor Advertisement (NA)	136	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A response to a NS message. ▪ A node may also send unsolicited NA to announce a link-layer address change.
Router Advertisement (RA)	134	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RAs contain prefixes that are used for on-link determination or address configuration, a suggested hop limit value, MTU value, etc. ▪ RAs are sent either periodically, or in response to a RS message.
Router Solicitation (RS)	133	<ul style="list-style-type: none"> ▪ When a host is booting it sends out an RS requesting routers to immediately generate an RA rather than wait for their next scheduled time.

17

Anmerkung zu Unique Local Address

Die **eindeutigen lokalen IPv6-Adressen (Bereich fc00::/7 bis fdff::/7)** weisen zwar Ähnlichkeiten mit den privaten IPv4-Adressen gemäß RFC 1918 auf, es bestehen jedoch wesentliche Unterschiede:

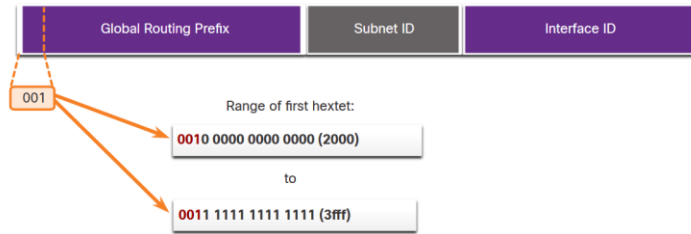
- Eindeutige lokale Adressen werden **für die lokale Adressierung innerhalb eines Standorts** oder zwischen einer begrenzten Anzahl von Standorten verwendet.
- Sie eignen sich für Geräte, die **niemals auf ein anderes Netzwerk zugreifen** müssen.
- Eindeutige lokale Adressen werden **nicht global geroutet** oder in eine globale IPv6-Adresse übersetzt.

18

IPv6 GUA

IPv6-Global-Unicast-Adressen (GUAs) sind weltweit eindeutig und im IPv6-Internet routingfähig.

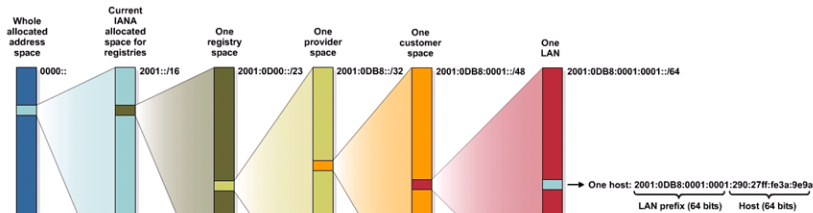
- Aktuell werden nur GUAs vergeben, deren erste drei Bits 001 oder 2000::/3 lauten.
- Die derzeit verfügbaren GUAs beginnen mit einer Dezimalzahl von 2 oder 3 (dies entspricht nur einem Achtel des gesamten verfügbaren IPv6-Adressraums).



IPv6-Adresszuweisungsprozess

Im Folgenden wird gezeigt, wie IPv6-globale Unicast-Adressen von der IANA zugewiesen werden.

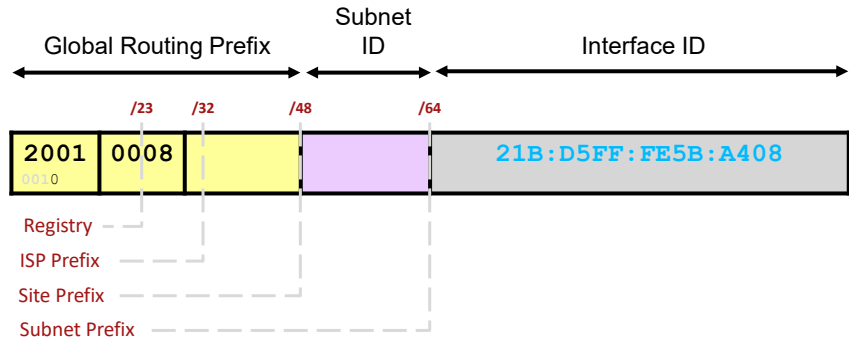
Nur ein kleiner Teil (12,5%) des IPv6-Adressraums wird den Registrierungsstellen im Bereich 2001::/16 zugeteilt.



IPv6 Global Unicast Address

Die globale Unicast-Adresse besteht typischerweise aus:

- einem 48-Bit-Global-Routing-Präfix
- einer 16-Bit-Subnetz-ID
- einer 64-Bit-Schnittstellen-ID (typischerweise im später erläuterten EUI-64-Bit-Format)..



IPv6 GUA-Struktur

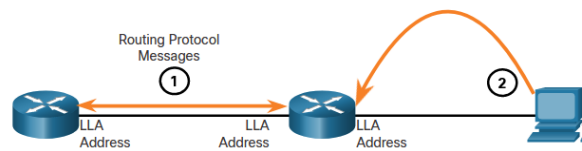
- **Globales Routing-Präfix:** Das globale Routing-Präfix ist der Präfix- oder Netzwerkanteil der Adresse, der vom Provider (z. B. einem ISP) einem Kunden oder Standort zugewiesen wird. Das globale Routing-Präfix variiert je nach ISP-Richtlinien.
- **Subnetz-ID:** Das Feld „Subnetz-ID“ befindet sich zwischen dem globalen Routing-Präfix und der Schnittstellen-ID. Die Subnetz-ID dient Organisationen zur Identifizierung von Subnetzen innerhalb ihres Netzwerks.
- **Schnittstellen-ID:** Die IPv6-Schnittstellen-ID entspricht dem Hostanteil einer IPv4-Adresse. Es wird dringend empfohlen, in den meisten Fällen /64-Subnetze zu verwenden, wodurch eine 64-Bit-Schnittstellen-ID entsteht.

Hinweis: IPv6 erlaubt die Vergabe von Hostadressen, die ausschließlich aus Nullen oder Einsen bestehen. Die Adresse, die ausschließlich aus Nullen besteht, ist als Anycast-Adresse zwischen Subnetz und Router reserviert und sollte nur Routern zugewiesen werden.

IPv6 LLA

Eine IPv6-Link-Local-Adresse (LLA) ermöglicht einem Gerät die **Kommunikation mit anderen IPv6-fähigen Geräten im selben Netzwerk (Subnetz)** und nur in diesem.

- Pakete mit einer **Quell- oder Ziel-LLA können nicht geroutet werden.**
- **Jede IPv6-fähige Netzwerkschnittstelle benötigt eine LLA.**
- Wird eine LLA nicht **manuell** auf einer Schnittstelle konfiguriert, erstellt das Gerät **automatisch** eine.
- IPv6-LLAs befinden sich im **Adressbereich fe80::/10**.



1. Routers use the LLA of neighbor routers to send routing updates.
2. Hosts use the LLA of a local router as the default-gateway.

04

GUA und LLA Statische Konfiguration

Statische GUA-Konfiguration auf einem Router

Die meisten IPv6-Konfigurations- und Verifizierungsbefehle in Cisco IOS ähneln ihren IPv4-Pendants. In vielen Fällen besteht der einzige Unterschied darin, dass in den Befehlen „**ipv6**“ anstelle von „ip“ verwendet wird.

Der Befehl zum Konfigurieren einer IPv6-GUA auf einer Schnittstelle lautet: `ipv6 address ipv6-address/prefix-length``.

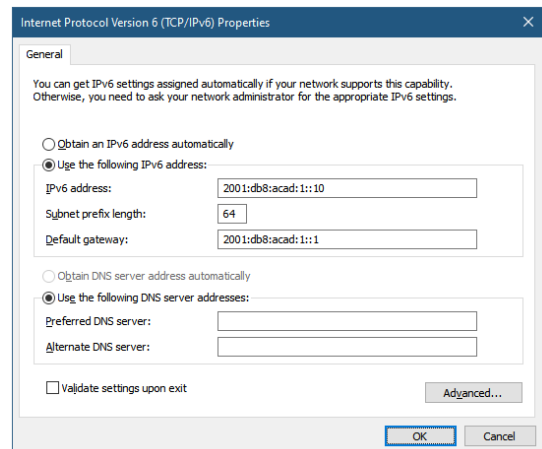
Das Beispiel zeigt die Befehle zum Konfigurieren einer GUA auf der Schnittstelle G0/0/0 auf R1:

```
R1 (config) # interface gigabitethernet 0/0/0
R1 (config-if) # ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
R1 (config-if) # no shutdown
R1 (config-if) # exit
```

Statische GUA-Konfiguration auf einem Windows Host

- Die manuelle Konfiguration einer IPv6-Adresse auf einem Host ähnelt der Konfiguration einer IPv4-Adresse.
- Als **Standardgateway** kann die **GUA oder LLA der Router-Schnittstelle verwendet werden**. Es empfiehlt sich, die LLA zu verwenden.

Hinweis: Bei Verwendung von DHCPv6 oder SLAAC wird die LLA des Routers automatisch als Standardgateway-Adresse festgelegt.



Statische Link-Local Unicast Addresskonfiguration

Durch die **manuelle Konfiguration der Link-Local-Adresse (LLA)** können Sie eine leicht erkennbare und einprägsame Adresse erstellen. LLAs lassen sich manuell mit dem Befehl `'ipv6 address ipv6-link-local-address link-local'` konfigurieren.

Das Beispiel zeigt die Befehle zur Konfiguration einer LLA auf der Schnittstelle G0/0/0 von R1.

Hinweis: Dieselbe LLA kann auf jeder Verbindung konfiguriert werden, solange sie auf dieser Verbindung eindeutig ist. Üblicherweise wird für jede Schnittstelle des Routers eine separate LLA erstellt, um die Identifizierung des Routers und der jeweiligen Schnittstelle zu vereinfachen.

```
R1 (config)# interface gigabitethernet 0/0/0
R1 (config-if)# ipv6 address fe80::1:1 link-local
R1 (config-if)# no shutdown
R1 (config-if)# exit
```

05

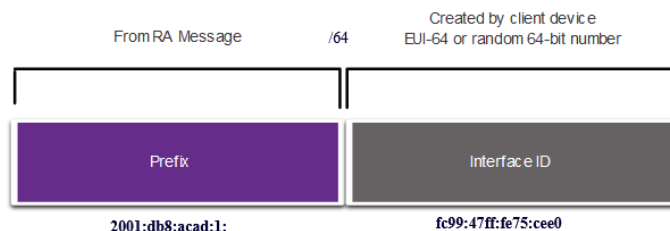
Dynamische Adressierung für IPv6 GUAs

RS- und RA-Nachrichten

- Geräte beziehen **GUA-Adressen dynamisch über ICMPv6-Nachrichten** (Internet Control Message Protocol Version 6).
- **Router Solicitation (RS)** -Nachrichten werden von Host-Geräten gesendet, um IPv6-Router zu ermitteln.
- **Router Advertisement (RA)** -Nachrichten werden von Routern gesendet, um Hosts darüber zu informieren, wie sie eine IPv6-GUA beziehen können, und um nützliche Netzwerkinformationen bereitzustellen, wie z. B.:
 - Netzwerkpräfix und Präfixlänge
 - Standardgateway-Adresse
 - DNS-Adressen und Domänenname
- Die RA kann drei Methoden zur Konfiguration einer IPv6-GUA bereitstellen:
 - **SLAAC**
 - **SLAAC mit zustandslosem DHCPv6-Server**
 - **Zustandsbehafteter DHCPv6** (ohne SLAAC)

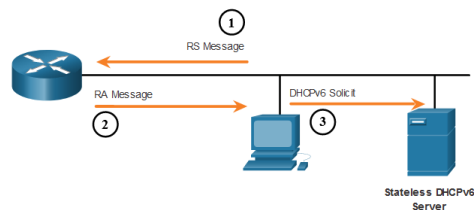
Methode 1: SLAAC

- SLAAC ermöglicht es einem Gerät, eine **GUA ohne DHCPv6-Dienste zu konfigurieren**.
- Geräte beziehen die notwendigen Informationen zur GUA-Konfiguration aus den **ICMPv6-RA-Nachrichten des lokalen Routers**.
- Das **Präfix wird von der RA bereitgestellt**, und das **Gerät verwendet entweder EUI-64 oder eine Zufallsgenerierungsmethode** zur Erstellung einer Schnittstellen-ID.



Methode 2: SLAAC und stateless DHCP

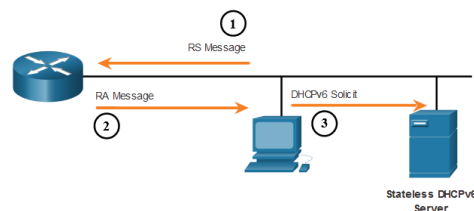
- Ein Router (RA) kann ein Gerät anweisen, sowohl SLAAC als auch zustandsloses DHCPv6 zu verwenden.
- Die RA-Nachricht schlägt Geräten Folgendes vor:
 - SLAAC zur Erstellung einer eigenen IPv6-GUA;
 - die Router-LLA (die Quell-IPv6-Adresse des Routers) als Standardgateway-Adresse;
 - einen zustandslosen DHCPv6-Server zum Abrufen weiterer Informationen wie einer DNS-Serveradresse und eines Domännennamens.



31

Methode 3: Stateful DHCP

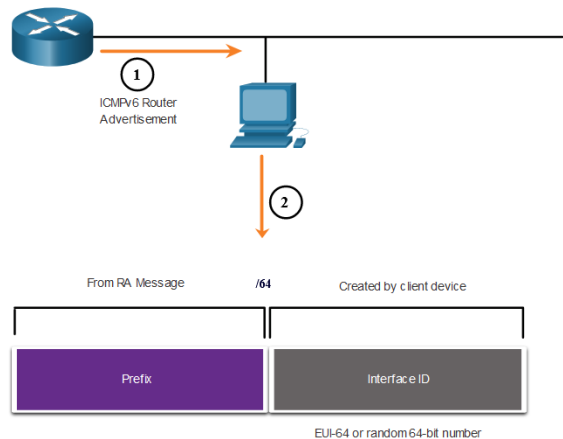
- Ein Router (RA) kann ein Gerät anweisen, ausschließlich **zustandsbehaftetes DHCPv6** zu verwenden.
- Zustandsbehaftetes DHCPv6 ähnelt DHCP für IPv4.** Ein Gerät kann automatisch eine Gateway-Adresszuordnung (GUA), die Präfixlänge und die Adressen der DNS-Server von einem zustandsbehafteten DHCPv6-Server beziehen.
- Die RA-Meldung empfiehlt Geräten Folgendes:
 - Die Router-LLA (die Quell-IPv6-Adresse des Routers) als Standard-Gateway-Adresse.
 - Einen zustandsbehafteten DHCPv6-Server, um eine GUA, die Adresse des DNS-Servers, den Domännennamen und weitere notwendige Informationen zu beziehen.



32

EUI-64-Prozess vs. zufällig generiert

- Wenn die RA-Nachricht entweder **SLAAC** oder **SLAAC mit zustandslosem DHCPv6** ist, muss der Client **seine eigene Schnittstellen-ID generieren**.
- Die Schnittstellen-ID kann mithilfe des **EUI-64-Verfahrens** oder **einer zufällig generierten 64-Bit-Zahl** erstellt werden.



EUI-64-Prozess

Das **IEEE** definierte das **Extended Unique Identifier (EUI)**- oder modifizierte EUI-64-Verfahren, das Folgendes bewirkt:

- Ein 16-Bit-Wert von fffe (hexadezimal) wird in die Mitte der 48-Bit-Ethernet-MAC-Adresse des Clients eingefügt.
- Das 7. Bit der Client-MAC-Adresse wird von binär 0 auf 1 invertiert.

Beispiel:

48-bit MAC	fc:99:47:75:ce:e0
EUI-64 Interface ID	fe:99:47:ff:fe:75:ce:e0

Zufällig generierte Schnittstellen-IDs

Je nach Betriebssystem kann ein Gerät anstelle der MAC-Adresse und des EUI-64-Prozesses eine **zufällig generierte Schnittstellen-ID verwenden**. Ab Windows Vista verwendet Windows eine zufällig generierte Schnittstellen-ID anstelle einer mit EUI-64 erstellten.

Hinweis: Um die Eindeutigkeit einer IPv6-Unicast-Adresse zu gewährleisten, kann der Client ein Verfahren namens **Duplicate Address Detection (DAD)** verwenden. Dies ähnelt einer ARP-Anfrage an die eigene Adresse. Erfolgt keine Antwort, ist die Adresse eindeutig.

```
C:\> ipconfig
Windows IP Configuration
Ethernet adapter Local Area Connection:
Connection-specific DNS Suffix . :
IPv6 Address. . . . . : 2001:db8:acad:1:50a5:8a35:a5bb:66e1
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::50a5:8a35:a5bb:66e1
Default Gateway . . . . . : fe80::1
C:\>
```

06

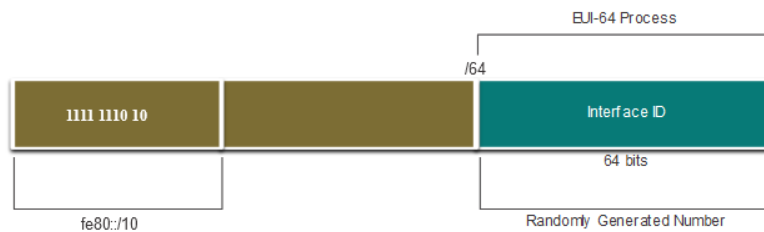
Dynamische Adressierung für IPv6 LLAs

Dynamische LLAs

Alle IPv6-Schnittstellen benötigen eine IPv6-LLA.

Wie IPv6-GUAs lassen sich auch LLAs dynamisch konfigurieren.

Die Abbildung zeigt, wie die LLA dynamisch mithilfe des Präfixes fe80::/10 und der Schnittstellen-ID (ermittelt durch das EUI-64-Verfahren) oder einer zufällig generierten 64-Bit-Zahl erstellt wird.



37

Dynamische LLAs unter Windows

Betriebssysteme wie Windows verwenden typischerweise die gleiche Methode sowohl für eine von SLAAC erstellte GUA als auch für eine dynamisch zugewiesene LLA.

EUI-64 Generated Interface ID:

```
C:\> ipconfig
Windows IP Configuration
Ethernet adapter Local Area Connection:
Connection-specific DNS Suffix . . :
IPv6 Address. . . . . : 2001:db8:acad:1:fc99:47ff:fe75:cee0
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::fc99:47ff:fe75:cee0
Default Gateway . . . . . : fe80::1
C:\>
```

Random 64-bit Generated Interface ID:

```
C:\> ipconfig
Windows IP Configuration
Ethernet adapter Local Area Connection:
Connection-specific DNS Suffix . . :
IPv6 Address. . . . . : 2001:db8:acad:1:50a5:8a35:a5bb:66e1
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::50a5:8a35:a5bb:66e1
Default Gateway . . . . . : fe80::1
C:\>
```

38

Dynamische LLAs auf einem Router

Cisco-Router erstellen automatisch eine IPv6-LLA, sobald einer Schnittstelle eine GUA zugewiesen wird. Standardmäßig verwenden Cisco IOS-Router **EUI-64**, um die Schnittstellen-ID für alle LLAs auf IPv6-Schnittstellen zu generieren.

Hier ist ein Beispiel für eine dynamisch auf der Schnittstelle G0/0/0 von R1 konfigurierte LLA:

```
R1# show interface gigabitEthernet 0/0/0
GigabitEthernet0/0/0 is up, line protocol is up
Hardware is ISR4221-2x1GE, address is 7079.b392.3640
(Output omitted)
R1# show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0/0 [up/up]
FE80::7279:B3FF:FE92:3640
2001:DB8:ACAD:1::1
```

Dynamische LLAs auf einem Router

Cisco-Router erstellen automatisch eine IPv6-LLA, sobald einer Schnittstelle eine GUA zugewiesen wird. Standardmäßig verwenden Cisco IOS-Router **EUI-64**, um die Schnittstellen-ID für alle LLAs auf IPv6-Schnittstellen zu generieren.

Hier ist ein Beispiel für eine dynamisch auf der Schnittstelle G0/0/0 von R1 konfigurierte LLA:

```
R1# show interface gigabitEthernet 0/0/0
GigabitEthernet0/0/0 is up, line protocol is up
Hardware is ISR4221-2x1GE, address is 7079.b392.3640
(Output omitted)
R1# show ipv6 interface brief
GigabitEthernet0/0/0 [up/up]
FE80::7279:B3FF:FE92:3640
2001:DB8:ACAD:1::1
```

07

IPv6 Multicast Adressen

Copyright 2025 / Berndt Sevik

41

41

NETZWERKTECHNIK / SEMESTER 3 und 4

Dynamische LLAs auf einem Router

IPv6-Multicastadressen haben das Präfix ff00::/8. Es gibt zwei Arten von IPv6-Multicastadressen:

- **Well-Known multicast addresses**
- **Solicited node multicast addresses**

Hinweis: Multicast-Adressen können nur Zieladressen und keine Quelladressen sein.

42

Well-Known IPv6 Multicast Addresses

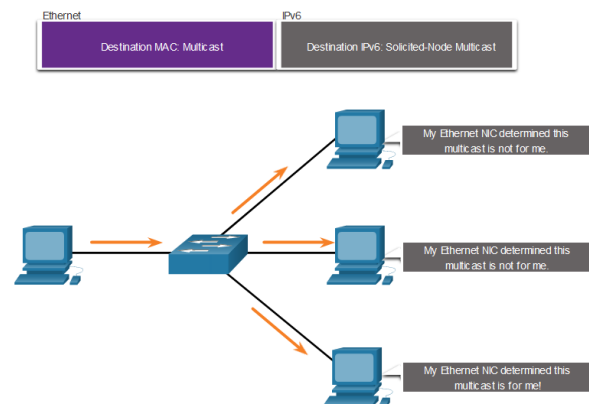
Well-known IPv6 Multicast -Adressen werden vordefinierten Gerätegruppen zugewiesen und reserviert.

Es gibt zwei gängige IPv6-Multicast-Gruppen:

- **ff02::1 Multicast-Gruppe „Alle Knoten“** – Diese Gruppe umfasst alle IPv6-fähigen Geräte. Ein an diese Gruppe gesendetes Paket wird von allen IPv6-Schnittstellen im Netzwerk empfangen und verarbeitet.
- **ff02::2 Multicast-Gruppe „Alle Router“** – Diese Gruppe umfasst alle IPv6-Router. Ein Router wird Mitglied dieser Gruppe, sobald er mit dem globalen Konfigurationsbefehl `ipv6 unicast-routing` als IPv6-Router aktiviert wurde.

Solicited-Node IPv6 Multicast

- Eine Solicited-Node Multicast Adresse ähnelt einer Multicast-Adresse für alle Knoten.
- Eine Multicast-Adresse für einen angeforderten Knoten wird einer **speziellen Ethernet-Multicast-Adresse zugeordnet**.
- Die Ethernet-Netzwerkkarte kann den Frame filtern, indem sie die **Ziel-MAC-Adresse prüft, ohne sie an den IPv6-Prozess weiterzuleiten**, um festzustellen, ob das Gerät das beabsichtigte Ziel des IPv6-Pakets ist.



08

IPv6 Subnetting

Copyright 2025 / Berndt Sevik

45

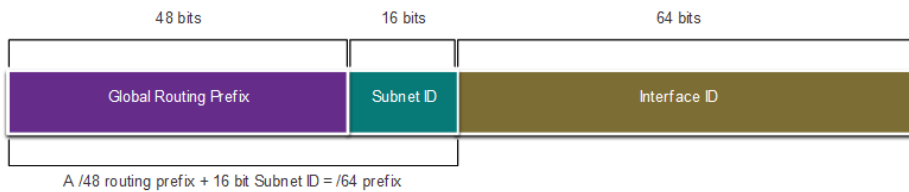
45

NETZWERKTECHNIK / SEMESTER 3 und 4

Subnetz mit der Subnetz-ID

IPv6 wurde mit Blick auf Subnetting entwickelt.

- Ein separates **Subnetz-ID-Feld im IPv6-GUA** dient zur Erstellung von Subnetzen.
- Das Subnetz-ID-Feld befindet sich zwischen dem globalen Routing-Präfix und der Schnittstellen-ID.



46

IPv6 Subnetting Beispiel

Gegeben sei das globale Routing-Präfix
 2001:db8:acad::/48 mit einer **16-Bit-Subnetz-ID**.

- Dies ermöglicht **65.536 /64-Subnetze**.
- Das **globale Routing-Präfix ist für alle Subnetze identisch**.
- Nur die **Subnetz-ID (Hextet) wird für jedes Subnetz hexadezimal inkrementiert**.

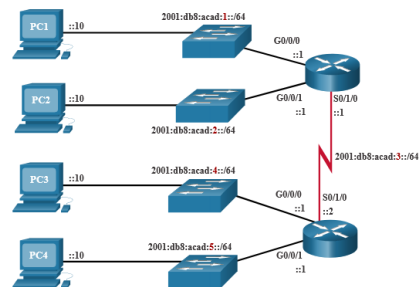
Increment subnet ID to create 65,536 subnets

```
2001:db8:acad:0000::/64
2001:db8:acad:0001::/64
2001:db8:acad:0002::/64
2001:db8:acad:0003::/64
2001:db8:acad:0004::/64
2001:db8:acad:0005::/64
2001:db8:acad:0006::/64
2001:db8:acad:0007::/64
2001:db8:acad:0008::/64
2001:db8:acad:0009::/64
2001:db8:acad:000a::/64
2001:db8:acad:000b::/64
2001:db8:acad:000c::/64
Subnets 13 - 65,534 not show n
2001:db8:acad:ffff::/64
```

47

IPv6 Subnetting Beispiel

- Die Beispieltopologie **benötigt fünf Subnetze**, je eines für jedes LAN sowie für die **serielle Verbindung zwischen R1 und R2**.
- Die fünf IPv6-Subnetze wurden mit den **Subnetz-IDs 0001 bis 0005** zugewiesen.
- Jedes **/64-Subnetz stellt mehr Adressen bereit, als jemals benötigt werden**.



48

IPv6 Subnetting Beispiel

Das Beispiel zeigt, dass jede der Router-Schnittstellen auf R1 so konfiguriert wurde, dass sie sich in einem anderen IPv6-Subnetz befindet.

```
R1(config)# interface gigabitethernet 0/0/0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:1::1/64
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface gigabitethernet 0/0/1
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:2::1/64
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface serial 0/1/0
R1(config-if)# ipv6 address 2001:db8:acad:3::1/64
R1(config-if)# no shutdown
```