



IPv6 Grundlagen

in Zusammenhang mit IPoAC

Susanne Schütze
ratten@buecherratten.in-berlin.de

Chemnitzer Linux Tage 2024

16. März 2024

IPv6 Grundlagen
in Zusammenhang mit IPoAC

Susanne Schütze
ratten@buecherratten.in-berlin.de
Chemnitzer Linux Tage 2024

16. März 2024

Speaker Notes:

- ▶ Dieser Vortrag ist vegan:
 - ▶ Verzicht auf Einsatz von Tieren und tierische Erzeugnisse
 - ▶ Tierwohl und die Rechte von Tauben und anderen Flugtieren bleiben gewahrt
- ▶ unvollständiger interaktiver Vortrag
- ▶ RFCs
 - ▶ an RFCs gehalten
 - ▶ Humorvolle RFCs werden durch grün hervorgehoben
- ▶ in Beispiel-Befehlen: <zu ersetzen> entsprechend ersetzen
- ▶ Content-Note
 - ▶ Flugtiere können Krankheiten bekommen
 - ▶ Nicht alle Flugtiere sind vegetarisch

16. März 2024

Schütze

2

Disclaimer

- ▶ Dieser Vortrag ist vegan:
 - ▶ Verzicht auf Einsatz von Tieren und tierische Erzeugnisse
 - ▶ Tierwohl und die Rechte von Tauben und anderen Flugtieren bleiben gewahrt
- ▶ unvollständiger interaktiver Vortrag
- ▶ RFCs
 - ▶ an RFCs gehalten
 - ▶ Humorvolle RFCs werden durch grün hervorgehoben
- ▶ in Beispiel-Befehlen: <zu ersetzen> entsprechend ersetzen
- ▶ Content-Note
 - ▶ Flugtiere können Krankheiten bekommen
 - ▶ Nicht alle Flugtiere sind vegetarisch

Speaker Notes: Disclaimer

• whoami

- 1 Einführung
- 2 Aussehen von IPv6
- 3 unterschiedliche IPv6-Adress-Bereiche
- 4 IPv6 Bedingungen und Adressen bei Brieftauben
- 5 HandsON
- 6 IPv6 Header
- 7 ICMP bei IPv6
- 8 IPv6 Adressen mittels SLAAC
- 9 ENDE

16. März 2024

Schütze

3

Inhalt

- whoami
- 1 Einführung
- 2 Aussehen von IPv6
- 3 unterschiedliche IPv6-Adress-Bereiche
- 4 IPv6 Bedingungen und Adressen bei Brieftauben
- 5 HandsON
- 6 IPv6 Header
- 7 ICMP bei IPv6
- 8 IPv6 Adressen mittels SLAAC
- 9 ENDE

Speaker Notes: Inhalt

- ▶ Susanne
- ▶ 40 Jahre
- ▶ Pronomen: sie
- ▶ Berufsbezeichnung: Fachinformatikerin für Systemintegration
- ▶ Berufliches Themenfeld: Automatisierung mit Ansible
- ▶ Linuxerin seit Kernel 2.6.24 (2009)
- ▶ Zugehörigkeiten zu: Haecksen, LinuxWorks!, BeLUG, FSFE

URL zu Folien und Handout:



<http://git.tuxteam.de/gitweb/?p=susannes-git/Ipv6-Vortrag.git;a=tree>

16. März 2024

Schütze

4

whoami

- ▶ Susanne
- ▶ 40 Jahre
- ▶ Pronomen: sie
- ▶ Berufsbezeichnung: Fachinformatikerin für Systemintegration
- ▶ Berufliches Themenfeld: Automatisierung mit Ansible
- ▶ Linuxerin seit Kernel 2.6.24 (2009)
- ▶ Zugehörigkeiten zu: Haecksen, LinuxWorks!, BeLUG, FSFE

URL zu Folien und Handout:



<http://git.tuxteam.de/gitweb/?p=susannes-git/Ipv6-Vortrag.git;a=tree>

Speaker Notes:
 whoami

Einführung

Warum? Vorteile

IPv6 Voraussetzungen

IPv6 aktivieren unter Linux

IPoAC

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

- ▶ endlich genug IP-Adressen auch für IoT
- ▶ erlaubt reine End-to-End-Kommunikation
- ▶ hierarchische Adressvergabe
- ▶ erlauben geographischen Bezug
- ▶ keine umständlichen Adressübersetzungen mehr
- ▶ einfachere Autokonfiguration der Adressen
- ▶ besseres Routing durch Veränderungen im IP-Header
- ▶ Quality of Service, bessere Definition von Dringlichkeit über „Traffic Class“
- ▶ weniger Verschmutzung durch Verzicht auf Brieftauben und andere Flugtiere

16. März 2024

Schütze

5

Warum IPv6?
Vorteile

- ▶ endlich genug IP-Adressen auch für IoT
- ▶ erlaubt reine End-to-End-Kommunikation
- ▶ hierarchische Adressvergabe
- ▶ erlauben geographischen Bezug
- ▶ keine umständlichen Adressübersetzungen mehr
- ▶ einfachere Autokonfiguration der Adressen
- ▶ besseres Routing durch Veränderungen im IP-Header
- ▶ Quality of Service, bessere Definition von Dringlichkeit über „Traffic Class“
- ▶ weniger Verschmutzung durch Verzicht auf Brieftauben und andere Flugtiere

Speaker Notes:

Warum IPv6?

Vorteile

- 5,3 Milliarden Internetnutzer
- * 3,6 Geräte pro Kopf
- IPv4 hat ca. 4,3 Milliarden in der Original Architektur
- Quelle: von 2020 Cisco Annual Internet Report (2018–2023)

Einführung

Warum? Vorteile

IPv6 Voraussetzungen

IPv6 aktivieren unter Linux

IPoAC

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

- ▶ endlich genug IP-Adressen auch für IoT
- ▶ erlaubt reine End-to-End-Kommunikation
- ▶ hierarchische Adressvergabe
- ▶ erlauben geographischen Bezug
- ▶ keine umständlichen Adressübersetzungen mehr
- ▶ einfachere Autokonfiguration der Adressen
- ▶ besseres Routing durch Veränderungen im IP-Header
- ▶ Quality of Service, bessere Definition von Dringlichkeit über „Traffic Class“
- ▶ weniger Verschmutzung durch Verzicht auf Brieftauben und andere Flugtiere

16. März 2024

Schütze

5

Warum IPv6?
Vorteile

- ▶ endlich genug IP-Adressen auch für IoT
- ▶ erlaubt reine End-to-End-Kommunikation
- ▶ hierarchische Adressvergabe
- ▶ erlauben geographischen Bezug
- ▶ keine umständlichen Adressübersetzungen mehr
- ▶ einfachere Autokonfiguration der Adressen
- ▶ besseres Routing durch Veränderungen im IP-Header
- ▶ Quality of Service, bessere Definition von Dringlichkeit über „Traffic Class“
- ▶ weniger Verschmutzung durch Verzicht auf Brieftauben und andere Flugtiere

Speaker Notes: Warum IPv6? Vorteile

Einführung

Warum? Vorteile

IPv6 Voraussetzungen

IPv6 aktivieren unter Linux

IPoAC

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

RFC 8504 - 2019

- ▶ Fähigkeit IPv6-Paket zu empfangen und zu senden
- ▶ zu gewährleisten ist (MUST):
- ▶ Präfixerkennung
- ▶ Multicast
- ▶ ICMPv6
 - ▶ Neighbour Unreachable Discovery für alle Pfade zwischen Hosts und Nachbar Nodes
 - ▶ Duplicate Address Detection
 - ▶ Routererkennung
 - ▶ Advertisement und Solicitation
 - ▶ DNS Option in Router-Advertisement
- ▶ Pfad MTU und Größen-Erkennung
- ▶ StatelessAddressAutoConfiguration

16. März 2024

Schütze

6

Voraussetzungen für IPv6
Zusammenfassung

- RFC 8504 - 2019
- ▶ Fähigkeit IPv6-Paket zu empfangen und zu senden
 - ▶ zu gewährleisten ist (MUST):
 - ▶ Präfixerkennung
 - ▶ Multicast
 - ▶ ICMPv6
 - ▶ Neighbour Unreachable Discovery für alle Pfade zwischen Hosts und Nachbar Nodes
 - ▶ Duplicate Address Detection
 - ▶ Routererkennung
 - ▶ Advertisement und Solicitation
 - ▶ DNS Option in Router-Advertisement
 - ▶ Pfad MTU und Größen-Erkennung
 - ▶ StatelessAddressAutoConfiguration

Speaker Notes: Voraussetzungen für IPv6 Zusammenfassung

Einführung

Warum? Vorteile

IPv6 Voraussetzungen

IPv6 aktivieren unter Linux

IPoAC

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

RFC 8504 - 2019

- ▶ Fähigkeit IPv6-Paket zu empfangen und zu senden
- ▶ zu gewährleisten ist (MUST):
- ▶ Präfixerkennung
- ▶ Multicast
- ▶ ICMPv6
 - ▶ Neighbour Unreachable Discovery für alle Pfade zwischen Hosts und Nachbar Nodes
 - ▶ Duplicate Address Detection
 - ▶ Routererkennung
 - ▶ Advertisement und Solicitation
 - ▶ DNS Option in Router-Advertisement
- ▶ Pfad MTU und Größen-Erkennung
- ▶ StateLessAddressAutoConfiguration

16. März 2024

Schütze

6

Voraussetzungen für IPv6
Zusammenfassung

- RFC 8504 - 2019
- ▶ Fähigkeit IPv6-Paket zu empfangen und zu senden
 - ▶ zu gewährleisten ist (MUST):
 - ▶ Präfixerkennung
 - ▶ Multicast
 - ▶ ICMPv6
 - ▶ Neighbour Unreachable Discovery für alle Pfade zwischen Hosts und Nachbar Nodes
 - ▶ Duplicate Address Detection
 - ▶ Routererkennung
 - ▶ Advertisement und Solicitation
 - ▶ DNS Option in Router-Advertisement
 - ▶ Pfad MTU und Größen-Erkennung
 - ▶ StateLessAddressAutoConfiguration

Speaker Notes:

Voraussetzungen für IPv6

Zusammenfassung

- Fun Fact: Windows kann die DNS-Option erst ab Version 11

Einführung

Warum? Vorteile
 IPv6 Voraussetzungen
 IPv6 aktivieren unter Linux
 IPoAC

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

RFC 8504 - 2019

- ▶ Fähigkeit IPv6-Paket zu empfangen und zu senden
- ▶ zu gewährleisten ist (MUST):
- ▶ Präfixerkennung
- ▶ Multicast
- ▶ ICMPv6
 - ▶ Neighbour Unreachable Discovery für alle Pfade zwischen Hosts und Nachbar Nodes
 - ▶ Duplicate Address Detection
 - ▶ Routererkennung
 - ▶ Advertisement und Solicitation
 - ▶ DNS Option in Router-Advertisement
- ▶ Pfad MTU und Größen-Erkennung
- ▶ StatelessAddressAutoConfiguration

16. März 2024

Schütze

6

 Voraussetzungen für IPv6
 Zusammenfassung

- RFC 8504 - 2019
- ▶ Fähigkeit IPv6-Paket zu empfangen und zu senden
 - ▶ zu gewährleisten ist (MUST):
 - ▶ Präfixerkennung
 - ▶ Multicast
 - ▶ ICMPv6
 - ▶ Neighbour Unreachable Discovery für alle Pfade zwischen Hosts und Nachbar Nodes
 - ▶ Duplicate Address Detection
 - ▶ Routererkennung
 - ▶ Advertisement und Solicitation
 - ▶ DNS Option in Router-Advertisement
 - ▶ Pfad MTU und Größen-Erkennung
 - ▶ StatelessAddressAutoConfiguration

Speaker Notes:

Voraussetzungen für IPv6

Zusammenfassung

Einführung

Warum? Vorteile

IPv6 Voraussetzungen

IPv6 aktivieren unter Linux

IPoAC

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

▶ Kernelparameter

```
1 sysctl -w net.ipv6.conf.all.disable_ipv6=0
2 sysctl -w
  ↪ net.ipv6.conf.<Interface>.disable_ipv6=0
3 sysctl -w net.ipv6.conf.all.accept_ra=1
```

▶ systemd-networkd

```
1 [Network]
2 LinkLocalAddressing=ipv6
3 IPv6AcceptRA=yes
```

▶ Network-Manager

```
1 nmcli connection modify <ConactionName>
  ↪ ipv6.method "auto"
2 nmcli connection <ConnectionName> up
```

▶ ...

16. März 2024

Schütze

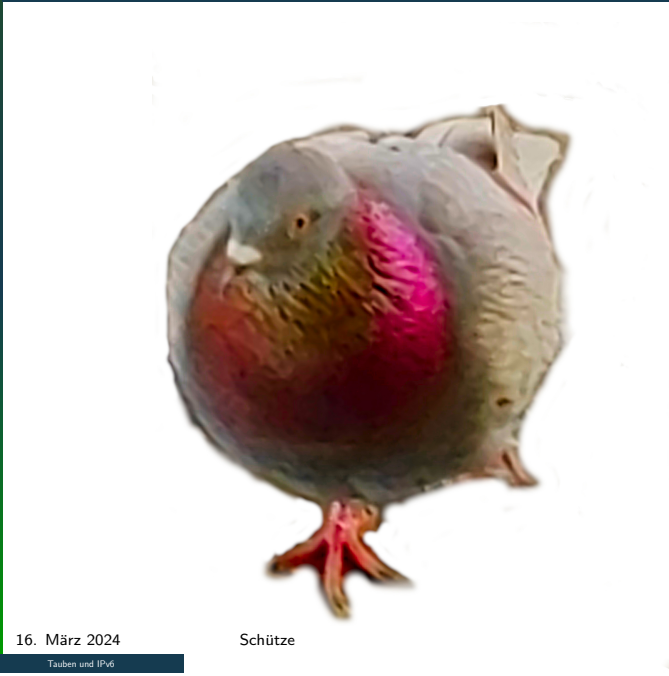
7

IPv6 aktivieren
unter Linux

```
▶ Kernelparameter
  ↳ sysctl -w net.ipv6.conf.all.disable_ipv6=0
  ↳ sysctl -w
    ↳ net.ipv6.conf.<Interface>.disable_ipv6=0
  ↳ sysctl -w net.ipv6.conf.all.accept_ra=1
▶ systemd-networkd
  ↳ [Network]
  ↳ LinkLocalAddressing=ipv6
  ↳ IPv6AcceptRA=yes
▶ Network-Manager
  ↳ nmcli connection modify <ConactionName>
    ↳ ipv6.method "auto"
  ↳ nmcli connection <ConnectionName> up
▶ ...
```

Speaker Notes:
IPv6 aktivieren
unter Linux

- Einführung
 - Warum? Vorteile
 - IPv6 Voraussetzungen
 - IPv6 aktivieren unter Linux
 - IPoAC
- Aussehen
- Adressen
- IPoAC Adressen
- HandsON
- IPv6 Header
- ICMP bei IPv6
- SLAAC
- ENDE



16. März 2024

Schütze

8

Tauben und IPv6



Speaker Notes: Tauben und IPv6

Einführung

Warum? Vorteile
 IPv6 Voraussetzungen
 IPv6 aktivieren unter Linux
 IPoAC

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

- ▶ **Zeitliche Einordnung**
 - ▶ erstmals in **RFC 1149** 1990 erwähnt
 - ▶ seit 1999 Quality of Service fähig (**RFC 2549**)
 - ▶ mit **RFC 6214 (2011)** IPv6 für IPoAC spezifiziert
- ▶ **praktische Umsetzung:**
 - ▶ IP-Pakete in Hexadezimal auf Papierrollen drucken
 - ▶ Rollen um die Beine des AC(Avian Carriers) legen
 - ▶ Enden des Papiers mit Panzertape befestigen
 - ▶ Länge der Beine bestimmt Bandbreite
 - ▶ Empfang: Panzertape entfernen und Papierrolle einscannen
- ▶ **typische Probleme:**
 - ▶ sehr instabil Übertragungswege (Windverhältnissen)
 - ▶ Risiko: Infektion mit H5N1 Virus
 - ▶ ausschließlich point-to-point Verbindungen für jeden AC
 - ▶ hohe Verspätungen

16. März 2024

Schütze

9

IP over Avian Carrier
 IP-Transport mittels Brieftauben

- ▶ **Zeitliche Einordnung**
 - ▶ erstmals in **RFC 1149** 1990 erwähnt
 - ▶ seit 1999 Quality of Service fähig (**RFC 2549**)
 - ▶ mit **RFC 6214 (2011)** IPv6 für IPoAC spezifiziert
- ▶ **praktische Umsetzung:**
 - ▶ IP-Pakete in Hexadezimal auf Papierrollen drucken
 - ▶ Rollen um die Beine des AC(Avian Carriers) legen
 - ▶ Enden des Papiers mit Panzertape befestigen
 - ▶ Länge der Beine bestimmt Bandbreite
 - ▶ Empfang: Panzertape entfernen und Papierrolle einscannen
- ▶ **typische Probleme:**
 - ▶ sehr instabil Übertragungswege (Windverhältnissen)
 - ▶ Risiko: Infektion mit H5N1 Virus
 - ▶ ausschließlich point-to-point Verbindungen für jeden AC
 - ▶ hohe Verspätungen

Speaker Notes:

IP over Avian Carrier

IP-Transport mittels Brieftauben

Einführung

Warum? Vorteile
 IPv6 Voraussetzungen
 IPv6 aktivieren unter Linux
 IPoAC

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

- ▶ **Zeitliche Einordnung**
 - ▶ erstmals in **RFC 1149** 1990 erwähnt
 - ▶ seit 1999 Quality of Service fähig (**RFC 2549**)
 - ▶ mit **RFC 6214 (2011)** IPv6 für IPoAC spezifiziert
- ▶ **praktische Umsetzung:**
 - ▶ IP-Pakete in Hexadezimal auf Papierrollen drucken
 - ▶ Rollen um die Beine des AC(Avian Carriers) legen
 - ▶ Enden des Papiers mit Panzertape befestigen
 - ▶ Länge der Beine bestimmt Bandbreite
 - ▶ Empfang: Panzertape entfernen und Papierrolle einscannen
- ▶ **typische Probleme:**
 - ▶ sehr instabil Übertragungswege (Windverhältnissen)
 - ▶ Risiko: Infektion mit H5N1 Virus
 - ▶ ausschließlich point-to-point Verbindungen für jeden AC
 - ▶ hohe Verspätungen

16. März 2024

Schütze

9

IP over Avian Carrier
 IP-Transport mittels Brieftauben

- ▶ **Zeitliche Einordnung**
 - ▶ erstmals in **RFC 1149** 1990 erwähnt
 - ▶ seit 1999 Quality of Service fähig (**RFC 2549**)
 - ▶ mit **RFC 6214 (2011)** IPv6 für IPoAC spezifiziert
- ▶ **praktische Umsetzung:**
 - ▶ IP-Pakete in Hexadezimal auf Papierrollen drucken
 - ▶ Rollen um die Beine des AC(Avian Carriers) legen
 - ▶ Enden des Papiers mit Panzertape befestigen
 - ▶ Länge der Beine bestimmt Bandbreite
 - ▶ Empfang: Panzertape entfernen und Papierrolle einscannen
- ▶ **typische Probleme:**
 - ▶ sehr instabil Übertragungswege (Windverhältnissen)
 - ▶ Risiko: Infektion mit H5N1 Virus
 - ▶ ausschließlich point-to-point Verbindungen für jeden AC
 - ▶ hohe Verspätungen

Speaker Notes:

IP over Avian Carrier

IP-Transport mittels Brieftauben

- ▶ Zeitliche Einordnung
 - ▶ erstmals in **RFC 1149** 1990 erwähnt
 - ▶ seit 1999 Quality of Service fähig (**RFC 2549**)
 - ▶ mit **RFC 6214 (2011)** IPv6 für IPoAC spezifiziert
- ▶ praktische Umsetzung:
 - ▶ IP-Pakete in Hexadezimal auf Papierrollen drucken
 - ▶ Rollen um die Beine des AC(Avian Carriers) legen
 - ▶ Enden des Papiers mit Panzertape befestigen
 - ▶ Länge der Beine bestimmt Bandbreite
 - ▶ Empfang: Panzertape entfernen und Papierrolle einscannen
- ▶ typische Probleme:
 - ▶ sehr instabil Übertragungswege (Windverhältnissen)
 - ▶ Risiko: Infektion mit H5N1 Virus
 - ▶ ausschließlich point-to-point Verbindungen für jeden AC
 - ▶ hohe Verspätungen

16. März 2024

Schütze

9

IP over Avian Carrier
 IP-Transport mittels Brieftauben

- ▶ Zeitliche Einordnung
 - ▶ erstmals in **RFC 1149** 1990 erwähnt
 - ▶ seit 1999 Quality of Service fähig (**RFC 2549**)
 - ▶ mit **RFC 6214 (2011)** IPv6 für IPoAC spezifiziert
- ▶ praktische Umsetzung:
 - ▶ IP-Pakete in Hexadezimal auf Papierrollen drucken
 - ▶ Rollen um die Beine des AC(Avian Carriers) legen
 - ▶ Enden des Papiers mit Panzertape befestigen
 - ▶ Länge der Beine bestimmt Bandbreite
 - ▶ Empfang: Panzertape entfernen und Papierrolle einscannen
- ▶ typische Probleme:
 - ▶ sehr instabil Übertragungswege (Windverhältnissen)
 - ▶ Risiko: Infektion mit H5N1 Virus
 - ▶ ausschließlich point-to-point Verbindungen für jeden AC
 - ▶ hohe Verspätungen

Speaker Notes:

IP over Avian Carrier

IP-Transport mittels Brieftauben

- H5N1 Sicherstellung von angemessene Erkennung und Quarantäne Maßnahmen
- wenig Durchfluss und niedriger Höhen Service

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

- ▶ 128 Bit (Binär)
- ▶ Hexadezimal (0-9 und a-f) - (RFC 5952: alle Buchstaben kleinschreiben)
- ▶ 8 Blöcke mit je 4 Hexadezimal-Zahlen bilden
- ▶ Blöcke durch : trennen
- ▶ Präfix und Interface Identifier von jeweils 64 Bit bilden
- ▶ Netzgröße als CIDR anhängen

Beispiele

IPv6-Adresse:

2001:0db8:0000:0000:cd71:37fe:e1ab:1ad1/64

Präfix: Interface Identifier/CIDR

16. März 2024

Schütze

10

IPv6-Adressaufbau
Ein Rezept in Hexadezimal

- ▶ 128 Bit (Binär)
- ▶ Hexadezimal (0-9 und a-f) - (RFC 5952: alle Buchstaben kleinschreiben)
- ▶ 8 Blöcke mit je 4 Hexadezimal-Zahlen bilden
- ▶ Blöcke durch : trennen
- ▶ Präfix und Interface Identifier von jeweils 64 Bit bilden
- ▶ Netzgröße als CIDR anhängen

Beispiele

IPv6-Adresse:
2001:0db8:0000:0000:cd71:37fe:e1ab:1ad1/64

Präfix: Interface Identifier/CIDR

Speaker Notes:
IPv6-Adressaufbau
Ein Rezept in Hexadezimal

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

- ▶ 128 Bit (Binär)
- ▶ Hexadezimal (0-9 und a-f) - (RFC 5952: alle Buchstaben kleinschreiben)
- ▶ 8 Blöcke mit je 4 Hexadezimal-Zahlen bilden
- ▶ Blöcke durch : trennen
- ▶ Präfix und Interface Identifier von jeweils 64 Bit bilden
- ▶ Netzgröße als CIDR anhängen

Beispiele

IPv6-Adresse:

2001:0db8:0000:0000:cd71:37fe:e1ab:1ad1/64

Präfix:Interface Identifier/CIDR

16. März 2024

Schütze

10

IPv6-Adressaufbau
Ein Rezept in Hexadezimal

- ▶ 128 Bit (Binär)
- ▶ Hexadezimal (0-9 und a-f) - (RFC 5952: alle Buchstaben kleinschreiben)
- ▶ 8 Blöcke mit je 4 Hexadezimal-Zahlen bilden
- ▶ Blöcke durch : trennen
- ▶ Präfix und Interface Identifier von jeweils 64 Bit bilden
- ▶ Netzgröße als CIDR anhängen

Beispiele

IPv6-Adresse:

2001:0db8:0000:0000:cd71:37fe:e1ab:1ad1/64

Präfix:Interface Identifier/CIDR

Speaker Notes:
IPv6-Adressaufbau
Ein Rezept in Hexadezimal

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

RFC 5952

- ▶ Führende Nullen im Block weglassen

Beispiele

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

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

- ▶ längste Blöcke von Nullen durch :: ersetzen

Beispiele

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

2001:db8::1

- ▶ mehrere Blöcke gleich lang, nur ersten von links mit :: ersetzen

Beispiele

2001:db8:0:0:4ad:0:0:1

2001:db8::4ad:0:0:1

16. März 2024

Schütze

11

IPv6 Adress-Aufbau
Abkürzungen

RFC 5952

▶ Führende Nullen im Block weglassen

Beispiele

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

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

▶ längste Blöcke von Nullen durch :: ersetzen

Beispiele

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

2001:db8::1

▶ mehrere Blöcke gleich lang, nur ersten von links mit ::

ersetzen

Beispiele

2001:db8:0:0:4ad:0:0:1

2001:db8::4ad:0:0:1

Speaker Notes:
IPv6 Adress-Aufbau
Abkürzungen

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

RFC 5952

- ▶ Führende Nullen im Block weglassen

Beispiele

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

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

- ▶ längste Blöcke von Nullen durch :: ersetzen

Beispiele

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

2001:db8::1

- ▶ mehrere Blöcke gleich lang, nur ersten von links mit :: ersetzen

Beispiele

2001:db8:0:0:4ad:0:0:1

2001:db8::4ad:0:0:1

16. März 2024

Schütze

11

IPv6 Adress-Aufbau
Abkürzungen

RFC 5952

- ▶ Führende Nullen im Block weglassen

Beispiele

```
2001:0db8:0000:0000:0000:0000:0000:0001
2001:db8:0:0:0:0:1
```

- ▶ längste Blöcke von Nullen durch :: ersetzen

Beispiele

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

- ▶ mehrere Blöcke gleich lang, nur ersten von links mit :: ersetzen

Beispiele

```
2001:db8:0:0:4ad:0:0:1
2001:db8::4ad:0:0:1
```

Speaker Notes:
IPv6 Adress-Aufbau
Abkürzungen

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

RFC 5952

- ▶ Führende Nullen im Block weglassen

Beispiele

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

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

- ▶ längste Blöcke von Nullen durch :: ersetzen

Beispiele

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

2001:db8::1

- ▶ mehrere Blöcke gleich lang, nur ersten von links mit :: ersetzen

Beispiele

2001:db8:0:0:4ad:0:0:1

2001:db8::4ad:0:0:1

16. März 2024

Schütze

11

IPv6 Adress-Aufbau
Abkürzungen

RFC 5952

▶ Führende Nullen im Block weglassen

Beispiele

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

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

▶ längste Blöcke von Nullen durch :: ersetzen

Beispiele

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

2001:db8::1

▶ mehrere Blöcke gleich lang, nur ersten von links mit ::

ersetzen

Beispiele

2001:db8:0:0:4ad:0:0:1

2001:db8::4ad:0:0:1

Speaker Notes:
IPv6 Adress-Aufbau
Abkürzungen

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque

Interface Identifiers

Temporary Address

Extensions

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

Wie wird der Interface Identifier gebildet?

- A nur nach EUI-64 Standard
- B entweder EUI-64 oder Privacy Extension
- C es gibt mehr als 4 Methoden
- D es gibt genau 3 nicht näher definierte Methoden

16. März 2024

Schütze

12

Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

Wie wird der Interface Identifier gebildet?

- A nur nach EUI-64 Standard
- B entweder EUI-64 oder Privacy Extension
- C es gibt mehr als 4 Methoden
- D es gibt genau 3 nicht näher definierte Methoden

Speaker Notes:
Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque

Interface Identifiers

Temporary Address

Extensions

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

Wie wird der Interface Identifier gebildet?

- A nur nach EUI-64 Standard X EUI-64 ist veraltet
- B entweder EUI-64 oder Privacy Extension X
Nicht mehr unter Linux
- C es gibt mehr als 4 Methoden ✓
- D es gibt genau 3 nicht näher definierte
Methoden X siehe C

16. März 2024

Schütze

12

Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

Wie wird der Interface Identifier gebildet?

A nur nach EUI-64 Standard X EUI-64 ist veraltet

B entweder EUI-64 oder Privacy Extension X
Nicht mehr unter Linux

C es gibt mehr als 4 Methoden ✓

D es gibt genau 3 nicht näher definierte
Methoden X siehe C

Speaker Notes:
Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque

Interface Identifiers

Temporary Address

Extensions

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

EUI 64 RFC 4291 - 2006

- ▶ MAC-Adresse und ff:fe mittig einfügen

Beispiel

IPv6-Adresse: fe80::5054:00ff:fe0f:71c0

16. März 2024

Schütze

13

EUI 64

ein historisches Rezept

EUI 64 RFC 4291 - 2006

▶ MAC-Adresse und ff:fe mittig einfügen

Beispiel

IPv6-Adresse: fe80::5054:00ff:fe0f:71c0

Speaker Notes:

EUI 64

ein historisches Rezept

- Wen das näher interessiert, es gibt im Repository ein Handout

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque

Interface Identifiers

Temporary Address

Extensions

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

EUI 64 RFC 4291 - 2006

▶ MAC-Adresse und ff:fe mittig einfügen

Beispiel

IPv6-Adresse: fe80::5054:00ff:fe0f:71c0

16. März 2024

Schütze

13

EUI 64

ein historisches Rezept

EUI 64 RFC 4291 - 2006
▶ MAC-Adresse und ff:fe mittig einfügen
Beispiel
IPv6-Adresse: fe80::5054:00ff:fe0f:71c0

Speaker Notes:

EUI 64

ein historisches Rezept

- Wen das näher interessiert, es gibt im Repository ein Handout

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque

Interface Identifiers

Temporary Address

Extensions

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

Definition

Semantically Opaque Interface Identifiers nach RFC 7217 (2014) werden aus Präfix, Interface-Name, Netzwerk-ID, Duplicate Address Detection Counter und einem geheimen Schlüssel gebildet.

▶ Vorteil:

- ▶ stabiler Interface Identifier für jedes Subnetz
- ▶ nicht vorhersagbar
- ▶ nicht an die Hardware gebunden
- ▶ für Serverdienste geeignet

▶ Nachteil:

- ▶ Sicherstellung des einzigartigen Interface Identifier schwierig
- ▶ wie der Secret-Key aussehen soll, ist nicht spezifiziert
- ▶ evtl. Wartezeit bis zur Generierung
- ▶ der statische Identifier macht Spoofing leichter

16. März 2024

Schütze

14

Sematisch undurchsichtige Interface Identifier
Semantically Opaque Interface Identifiers

Definition
Semantically Opaque Interface Identifiers nach RFC 7217 (2014) werden aus Präfix, Interface-Name, Netzwerk-ID, Duplicate Address Detection Counter und einem geheimen Schlüssel gebildet.

- ▶ Vorteil:
 - ▶ stabiler Interface Identifier für jedes Subnetz
 - ▶ nicht vorhersagbar
 - ▶ nicht an die Hardware gebunden
 - ▶ für Serverdienste geeignet
- ▶ Nachteil:
 - ▶ Sicherstellung des einzigartigen Interface Identifier schwierig
 - ▶ wie der Secret-Key aussehen soll, ist nicht spezifiziert
 - ▶ evtl. Wartezeit bis zur Generierung
 - ▶ der statische Identifier macht Spoofing leichter

Speaker Notes:

Sematisch undurchsichtige Interface Identifier

Semantically Opaque Interface Identifiers

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque

Interface Identifiers

Temporary Address

Extensions

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

Definition

Semantically Opaque Interface Identifiers nach RFC 7217 (2014) werden aus Präfix, Interface-Name, Netzwerk-ID, Duplicate Address Detection Counter und einem geheimen Schlüssel gebildet.

► Vorteil:

- stabiler Interface Identifier für jedes Subnetz
- nicht vorhersagbar
- nicht an die Hardware gebunden
- für Serverdienste geeignet

► Nachteil:

- Sicherstellung des einzigartigen Interface Identifier schwierig
- wie der Secret-Key aussehen soll, ist nicht spezifiziert
- evtl. Wartezeit bis zur Generierung
- der statische Identifier macht Spoofing leichter

16. März 2024

Schütze

14

Sematisch undurchsichtige Interface Identifier

Definition
Semantically Opaque Interface Identifiers nach RFC 7217 (2014) werden aus Präfix, Interface-Name, Netzwerk-ID, Duplicate Address Detection Counter und einem geheimen Schlüssel gebildet.

► Vorteil:

- stabiler Interface Identifier für jedes Subnetz
- nicht vorhersagbar
- nicht an die Hardware gebunden
- für Serverdienste geeignet

► Nachteil:

- Sicherstellung des einzigartigen Interface Identifier schwierig
- wie der Secret-Key aussehen soll, ist nicht spezifiziert
- evtl. Wartezeit bis zur Generierung
- der statische Identifier macht Spoofing leichter

Speaker Notes:

Sematisch undurchsichtige Interface Identifier

Semantically Opaque Interface Identifiers

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque

Interface Identifiers

Temporary Address

Extensions

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

Im Kernel implementiert seit 2015

▶ Kernel:

```
1 sysctl -w net.ipv6.conf.all.addr_gen_mode=3
2 sysctl -w
  ↳ net.ipv6.conf.<Interface>.stable_secret=<SecretWert>
  ↳ #Secret festlegen
3 sysctl -w net.ipv6.conf.<Interface>.addr_gen_mode=2
  ↳ #Secret benutzen
```

▶ Network-Manager:

```
1 nmcli con modify <ConnectionName> ipv6.ip6-privacy 0
2 nmcli con modify <ConnectionName> ipv6.addr-gen-mode
  ↳ stable-privacy
3 nmcli connection <ConnectionName> up
```

▶ systemd-networkd:

```
1 [Network]
2 LinkLocalAddressing=ipv6
3 IPv6LinkLocalAddressGenerationMode=stable-privacy
4 IPv6StableSecretAddress=<IPv6Adresse>
```

16. März 2024

Schütze

15

Semantisch undurchsichtige Interface Identifier
Unter Linux einstellen

```
Im Kernel implementiert seit 2015
▶ Kernel:
+ sysctl -w net.ipv6.conf.all.addr_gen_mode=3
+ sysctl -w
  ↳ net.ipv6.conf.<Interface>.stable_secret=<SecretWert>
  ↳ #Secret festlegen
+ sysctl -w net.ipv6.conf.<Interface>.addr_gen_mode=2
  ↳ #Secret benutzen
▶ Network-Manager:
+ nmcli con modify <ConnectionName> ipv6.ip6-privacy 0
+ nmcli con modify <ConnectionName> ipv6.addr-gen-mode
  ↳ stable-privacy
+ nmcli connection <ConnectionName> up
▶ systemd-networkd:
1 [Network]
2 LinkLocalAddressing=ipv6
3 IPv6LinkLocalAddressGenerationMode=stable-privacy
4 IPv6StableSecretAddress=<IPv6Adresse>
```

Speaker Notes:
Semantisch undurchsichtige
Interface Identifier
Unter Linux einstellen:

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque

Interface Identifiers

Temporary Address

Extensions

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

Definition

Temporary Address Extensions for Stateless Address Autoconfiguration in IPv6 nach RFC 8981 (2021)

Temporäre Interface Identifiers Generierung nach dem gleichen Algorithmus, wie semantisch undurchsichtigen + Zeit als Epoch. Die Adressen haben begrenzte Gültigkeit.

▶ Vorteil:

- ▶ für End-Anwender gedacht
- ▶ soll default Adresse sein
- ▶ nicht auf globale Adressen begrenzt
- ▶ bevorzugte Adress-Lebenszeit: 1 Tag
- ▶ maximaler Gültigkeitszeitraum: 2 Tage
- ▶ erlaubte Versuche, gültige Adresse zu generieren: 3

▶ Nachteil:

- ▶ mehr Schwierigkeiten ein Netzwerk zu administrieren
- ▶ DNS: sehr wichtig, um bestimmte Services zu erreichen
- ▶ reverse-DNS Auflösungen werden erschwert

Nicht vollständig in Linux implementiert. In OpenBSD als (slaacd)

16. März 2024

Schütze

16

Temporary Address Extensions
Der neueste Interface Identifier

Definition

Temporary Address Extensions for Stateless Address Autoconfiguration in IPv6 nach RFC 8981 (2021)
Temporäre Interface Identifiers Generierung nach dem gleichen Algorithmus, wie semantisch undurchsichtigen + Zeit als Epoch. Die Adressen haben begrenzte Gültigkeit.

- ▶ Vorteil:
 - ▶ für End-Anwender gedacht
 - ▶ soll default Adresse sein
 - ▶ nicht auf globale Adressen begrenzt
 - ▶ bevorzugte Adress-Lebenszeit: 1 Tag
 - ▶ maximaler Gültigkeitszeitraum: 2 Tage
 - ▶ erlaubte Versuche, gültige Adresse zu generieren: 3
- ▶ Nachteil:
 - ▶ mehr Schwierigkeiten ein Netzwerk zu administrieren
 - ▶ DNS: sehr wichtig, um bestimmte Services zu erreichen
 - ▶ reverse-DNS Auflösungen werden erschwert

Nicht vollständig in Linux implementiert. In OpenBSD als (slaacd)

Speaker Notes:

Temporary Address Extensions Der neueste Interface Identifier

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque

Interface Identifiers

Temporary Address

Extensions

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

Definition

Temporary Address Extensions for Stateless Address Autoconfiguration in IPv6 nach RFC 8981 (2021)

Temporäre Interface Identifiers Generierung nach dem gleichen Algorithmus, wie semantisch undurchsichtigen + Zeit als Epoch. Die Adressen haben begrenzte Gültigkeit.

▶ Vorteil:

- ▶ für End-Anwender gedacht
- ▶ soll default Adresse sein
- ▶ nicht auf globale Adressen begrenzt
- ▶ bevorzugte Adress-Lebenszeit: 1 Tag
- ▶ maximaler Gültigkeitszeitraum: 2 Tage
- ▶ erlaubte Versuche, gültige Adresse zu generieren: 3

▶ Nachteil:

- ▶ mehr Schwierigkeiten ein Netzwerk zu administrieren
- ▶ DNS: sehr wichtig, um bestimmte Services zu erreichen
- ▶ reverse-DNS Auflösungen werden erschwert

Nicht vollständig in Linux implementiert. In OpenBSD als (slaacd)

16. März 2024

Schütze

16

Temporary Address Extensions
Der neueste Interface Identifier

Definition

Temporary Address Extensions for Stateless Address Autoconfiguration in IPv6 nach RFC 8981 (2021)

Temporäre Interface Identifiers Generierung nach dem gleichen Algorithmus, wie semantisch undurchsichtigen + Zeit als Epoch. Die Adressen haben begrenzte Gültigkeit.

- ▶ Vorteil:
 - ▶ für End-Anwender gedacht
 - ▶ soll default Adresse sein
 - ▶ nicht auf globale Adressen begrenzt
 - ▶ bevorzugte Adress-Lebenszeit: 1 Tag
 - ▶ maximaler Gültigkeitszeitraum: 2 Tage
 - ▶ erlaubte Versuche, gültige Adresse zu generieren: 3
- ▶ Nachteil:
 - ▶ mehr Schwierigkeiten ein Netzwerk zu administrieren
 - ▶ DNS: sehr wichtig, um bestimmte Services zu erreichen
 - ▶ reverse-DNS Auflösungen werden erschwert

Nicht vollständig in Linux implementiert. In OpenBSD als (slaacd)

Speaker Notes:

Temporary Address Extensions

Der neueste Interface Identifier

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

- ▶ EUI-64 und Privacy Extension nicht möglich
 - ▶ jegliche Form von Link-Layer (Sicherungsschicht) fehlt
 - ▶ keine MAC-Adressen
- ▶ Flying Addresses:
 - ▶ Complex Addressing in IPv6 RFC 8135 - 2017
 - ▶ nicht näher spezifiziert
 - ▶ benutzen den ICAO Class G Luftraum unterhalb der Wolken und können von unteren Layer Technologien erwartet werden
 - ▶ Verwechslungsgefahr mit Floating Addresses
 - ▶ falls Wasservögel als Avian Carrier eingesetzt werden
 - ▶ Adressen mit Panzertape am Gerät befestigen, dies garantiert KEINE Wasserdichte des Gerätes
- ▶ Semantically Opaque Interface Identifiers und Temporary Address Extensions
 - ▶ möglich da MAC-Adressen unabhängig

16. März 2024

Schütze

17

IPv6 Adressen bei Briefftauben
Interface Identifier

- ▶ EUI-64 und Privacy Extension nicht möglich
 - ▶ jegliche Form von Link-Layer (Sicherungsschicht) fehlt
 - ▶ keine MAC-Adressen
- ▶ Flying Addresses:
 - ▶ Complex Addressing in IPv6 RFC 8135 - 2017
 - ▶ nicht näher spezifiziert
 - ▶ benutzen den ICAO Class G Luftraum unterhalb der Wolken und können von unteren Layer Technologien erwartet werden
 - ▶ Verwechslungsgefahr mit Floating Addresses
 - ▶ falls Wasservögel als Avian Carrier eingesetzt werden
 - ▶ Adressen mit Panzertape am Gerät befestigen, dies garantiert KEINE Wasserdichte des Gerätes
- ▶ Semantically Opaque Interface Identifiers und Temporary Address Extensions
 - ▶ möglich da MAC-Adressen unabhängig

Speaker Notes:

IPv6 Adressen bei Briefftauben Interface Identifier

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

IPoAC-Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

- ▶ EUI-64 und Privacy Extension nicht möglich
 - ▶ jegliche Form von Link-Layer (Sicherungsschicht) fehlt
 - ▶ keine MAC-Adressen
- ▶ Flying Addresses:
 - ▶ Complex Addressing in IPv6 RFC 8135 - 2017
 - ▶ nicht näher spezifiziert
 - ▶ benutzen den ICAO Class G Luftraum unterhalb der Wolken und können von unteren Layer Technologien erwartet werden
 - ▶ Verwechslungsgefahr mit Floating Addresses
 - ▶ falls Wasservogel als Avian Carrier eingesetzt werden
 - ▶ Adressen mit Panzertape am Gerät befestigen, dies garantiert KEINE Wasserdichte des Gerätes
- ▶ Semantically Opaque Interface Identifiers und Temporary Address Extensions
 - ▶ möglich da MAC-Adressen unabhängig

16. März 2024

Schütze

17

IPv6 Adressen bei Briefftauben
Interface Identifier

- ▶ EUI-64 und Privacy Extension nicht möglich
 - ▶ jegliche Form von Link-Layer (Sicherungsschicht) fehlt
 - ▶ keine MAC-Adressen
- ▶ Flying Addresses:
 - ▶ Complex Addressing in IPv6 RFC 8135 - 2017
 - ▶ nicht näher spezifiziert
 - ▶ benutzen den ICAO Class G Luftraum unterhalb der Wolken und können von unteren Layer Technologien erwartet werden
 - ▶ Verwechslungsgefahr mit Floating Addresses
 - ▶ falls Wasservogel als Avian Carrier eingesetzt werden
 - ▶ Adressen mit Panzertape am Gerät befestigen, dies garantiert KEINE Wasserdichte des Gerätes
- ▶ Semantically Opaque Interface Identifiers und Temporary Address Extensions
 - ▶ möglich da MAC-Adressen unabhängig

Speaker Notes:

IPv6 Adressen bei Briefftauben Interface Identifier

- ▶ EUI-64 und Privacy Extension nicht möglich
 - ▶ jegliche Form von Link-Layer (Sicherungsschicht) fehlt
 - ▶ keine MAC-Adressen
- ▶ Flying Addresses:
 - ▶ Complex Addressing in IPv6 RFC 8135 - 2017
 - ▶ nicht näher spezifiziert
 - ▶ benutzen den ICAO Class G Luftraum unterhalb der Wolken und können von unteren Layer Technologien erwartet werden
 - ▶ Verwechslungsgefahr mit Floating Addresses
 - ▶ falls Wasservogel als Avian Carrier eingesetzt werden
 - ▶ Adressen mit Panzertape am Gerät befestigen, dies garantiert KEINE Wasserdichte des Gerätes
- ▶ Semantically Opaque Interface Identifiers und Temporary Address Extensions
 - ▶ möglich da MAC-Adressen unabhängig

16. März 2024

Schütze

17

IPv6 Adressen bei Briefftauben
Interface Identifier

- ▶ EUI-64 und Privacy Extension nicht möglich
 - ▶ jegliche Form von Link-Layer (Sicherungsschicht) fehlt
 - ▶ keine MAC-Adressen
- ▶ Flying Addresses:
 - ▶ Complex Addressing in IPv6 RFC 8135 - 2017
 - ▶ nicht näher spezifiziert
 - ▶ benutzen den ICAO Class G Luftraum unterhalb der Wolken und können von unteren Layer Technologien erwartet werden
 - ▶ Verwechslungsgefahr mit Floating Addresses
 - ▶ falls Wasservogel als Avian Carrier eingesetzt werden
 - ▶ Adressen mit Panzertape am Gerät befestigen, dies garantiert KEINE Wasserdichte des Gerätes
- ▶ Semantically Opaque Interface Identifiers und Temporary Address Extensions
 - ▶ möglich da MAC-Adressen unabhängig

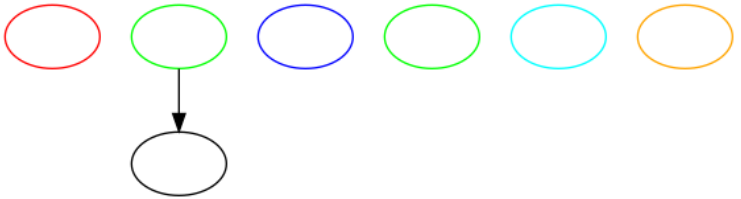
Speaker Notes:

IPv6 Adressen bei Briefftauben Interface Identifier

- Einführung
- Aussehen
- Adressen
 - Unicast
 - Unicast Adress-Bereiche
 - LinkLocal Adressen
 - Unique Local Unicast Adressen
 - Global Unicast Adressen
 - Multicast Adressen
 - Anycast Adressen
- IPoAC Adressen
- HandsON
- IPv6 Header
- ICMP bei IPv6
- SLAAC
- ENDE

Definition

Der Kommunikationsfluss zwischen ganz genau 2 spezifischen Teilnehmern.



Definition

Der Kommunikationsfluss zwischen ganz genau 2 spezifischen Teilnehmern.



Speaker Notes:
Was ist Unicast?

Einführung

Aussehen

Adressen

Unicast

Unicast Adress-Bereiche

LinkLocalAdressen

Unique Local Unicast

Adressen

Global Unicast Adresse

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

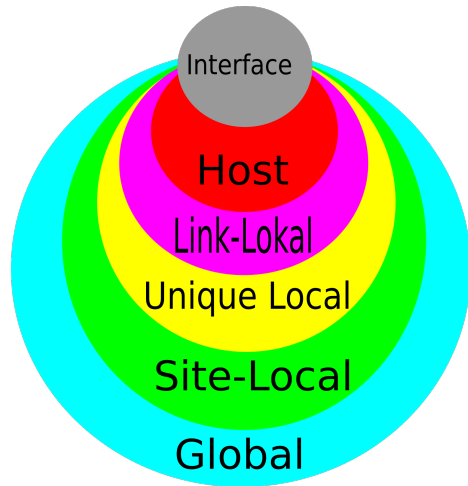
IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

- ▶ Zone %
- ▶ Host ::1/128
- ▶ Link-Local fe80::/10
- ▶ Unique Local fc00::/7
- ▶ Site-Local veraltet
- ▶ Global 2000::/3



16. März 2024

Schütze

19

IPv6 - Unicast-Bereiche
Struktur

- ▶ Zone %
- ▶ Host ::1/128
- ▶ Link-Local fe80::/10
- ▶ Unique Local fc00::/7
- ▶ Site-Local veraltet
- ▶ Global 2000::/3



Speaker Notes:
IPv6 - Unicast-Bereiche
Struktur

Einführung

Aussehen

Adressen

Unicast

Unicast Adress-Bereiche

LinkLocalAdressen

Unique Local Unicast Adresses

Global Unicast Adresse

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

RFC 4291 - 2006

10 Bits	54 Bits	64 Bits
Präfix	0	Interface Identifier
fe80	0	fcc1:87ff:fe6a:ead6

- ▶ erkennbar am Präfix: fe80::/10
- ▶ für in sich geschlossene lokale Netzwerke (zB: das LAN zu Hause)
- ▶ wird immer erstellt, auch ohne Router
- ▶ eindeutige Interface Adressen
- ▶ für automatische Adresskonfiguration
- ▶ wird nicht in andere Netze geroutet

16. März 2024

Schütze

20

Die Link Lokal Unicast Adresse
IPv6 LLAs oder LLU

RFC 4291 - 2006

10 Bits	54 Bits	64 Bits
Präfix	0	Interface Identifier
fe80	0	fcc1:87ff:fe6a:ead6

- ▶ erkennbar am Präfix: fe80::/10
- ▶ für in sich geschlossene lokale Netzwerke (zB: das LAN zu Hause)
- ▶ wird immer erstellt, auch ohne Router
- ▶ eindeutige Interface Adressen
- ▶ für automatische Adresskonfiguration
- ▶ wird nicht in andere Netze geroutet

Speaker Notes:

Die Link Lokal Unicast Adresse IPv6 LLAs oder LLU

Einführung

Aussehen

Adressen

Unicast

Unicast Adress-Bereiche

LinkLocalAdressen

Unique Local Unicast Adresses

Global Unicast Adresse

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

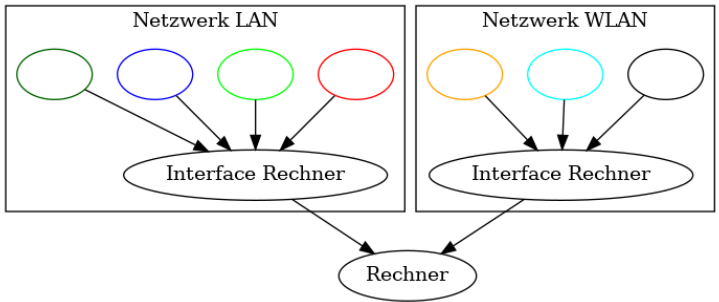
IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

RFC 4007 - 2005



- ▶ Jede Netzwerkschnittstelle ist eine Zone
- ▶ % an die LinkLocalAdresse anhängen
- ▶ unter Linux ist die Zone der Interface Name:

```
1 ip link
```

16. März 2024

Schütze

21

Die Zone
LinkLocalAdresse?? In welcher Zone?

RFC 4007 - 2005

- ▶ Jede Netzwerkschnittstelle ist eine Zone
- ▶ % an die LinkLocalAdresse anhängen
- ▶ unter Linux ist die Zone der Interface Name:

1 ip link

Speaker Notes:
Die Zone
LinkLocalAdresse?? In welcher
Zone?

Einführung

Aussehen

Adressen

Unicast

Unicast Adress-Bereiche

LinkLocal Adressen

Unique Local Unicast Adressen

Global Unicast Adresse

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header


ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

RFC 4193 - 2005

8 Bits	40 Bits	16 Bits	64 Bits
Präfix	Globale ID	Subnet ID	Interface Identifier
fd	0	0	fcc1:87ff:fd80:ead6

- ▶ Präfix fc00::/7 (global) oder fd00::/8 (local)
- ▶ aktuell nur Präfix fd00::/8 vergeben
- ▶ für lokale private Netze
- ▶ halbwegs global eindeutig
- ▶ kann in andere definierte Netz geroutet werden
- ▶ müssen nicht registriert werden
- ▶ es gab mehrere Versuche, ULAs zu registrieren 
- ▶ <https://ungleich.ch/u/projects/ipv6ula/>
- ▶ Wird in Dual-Stack nicht bevorzugt benutzt (RFC 6724)
- ▶ Diskussion: ob ULAs überhaupt gebraucht werden


16. März 2024

Schütze

22

Was ist Unique Local?

8 Bits	40 Bits	16 Bits	64 Bits
Präfix	Globale ID	Subnet ID	Interface Identifier
fd	0	0	fcc1:87ff:fd80:ead6

- ▶ Präfix fc00::/7 (global) oder fd00::/8 (local)
- ▶ aktuell nur Präfix fd00::/8 vergeben
- ▶ für lokale private Netze
- ▶ halbwegs global eindeutig
- ▶ kann in andere definierte Netz geroutet werden
- ▶ müssen nicht registriert werden
- ▶ es gab mehrere Versuche, ULAs zu registrieren 
- ▶ <https://ungleich.ch/u/projects/ipv6ula/>
- ▶ Wird in Dual-Stack nicht bevorzugt benutzt (RFC 6724)
- ▶ Diskussion: ob ULAs überhaupt gebraucht werden

Speaker Notes:

Was ist Unique Local?

RFC 4193 - 2005

8 Bits	40 Bits	16 Bits	64 Bits
Präfix	Globale ID	Subnet ID	Interface Identifier
fd	0	0	fcc1:87ff:fd80:ead6

- ▶ Präfix fc00::/7 (global) oder fd00::/8 (local)
- ▶ aktuell nur Präfix fd00::/8 vergeben
- ▶ für lokale private Netze
- ▶ halbwegs global eindeutig
- ▶ kann in andere definierte Netz geroutet werden
- ▶ müssen nicht registriert werden
- ▶ es gab mehrere Versuche, ULAs zu registrieren
<https://ungleich.ch/u/projects/ipv6ula/>
- ▶ Wird in Dual-Stack nicht bevorzugt benutzt(RFC 6724)
- ▶ Diskussion: ob ULAs überhaupt gebraucht werden




16. März 2024

Schütze

22

Was ist Unique Local?

8 Bits	40 Bits	16 Bits	64 Bits
Präfix	Globale ID	Subnet ID	Interface Identifier
fd	0	0	fcc1:87ff:fd80:ead6

- ▶ Präfix fc00::/7 (global) oder fd00::/8 (local)
- ▶ aktuell nur Präfix fd00::/8 vergeben
- ▶ für lokale private Netze
- ▶ halbwegs global eindeutig
- ▶ kann in andere definierte Netz geroutet werden
- ▶ müssen nicht registriert werden
- ▶ es gab mehrere Versuche, ULAs zu registrieren

- ▶ Wird in Dual-Stack nicht bevorzugt benutzt(RFC 6724)
- ▶ Diskussion: ob ULAs überhaupt gebraucht werden

Speaker Notes: Was ist Unique Local?

- Happy Eyeballs RFC 8305 reduziert für den User spürbare Verzögerungen auf Dual-Stack Hosts

Einführung

Aussehen

Adressen

Unicast

Unicast Adress-Bereiche

LinkLocal Adressen

Unique Local Unicast Adresses

Global Unicast Adresse

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

RFC 3587 - 2003

RFC 4291 - 2006

n Bits	m Bits	64 Bits
Präfix	Subnet ID	Interface Identifier
2001	1	fcc1:87ff:fd80:ead6

- ▶ Der Präfix ist nicht genau spezifiziert
- ▶ wenn die ersten 3 Bits des Präfix 0 sind ist kein Interface Identifier erforderlich
- ▶ Momentan werden 2000::/3 verteilt
- ▶ Adressen werden im Internet geroutet
- ▶ sind weltweit erreichbar

16. März 2024

Schütze

23

Was sind Globale Unicast Adressen?

RFC 3587 - 2003
RFC 4291 - 2006

n Bits	m Bits	64 Bits
Präfix	Subnet ID	Interface Identifier
2001	1	fcc1:87ff:fd80:ead6

- ▶ Der Präfix ist nicht genau spezifiziert
- ▶ wenn die ersten 3 Bits des Präfix 0 sind ist kein Interface Identifier erforderlich
- ▶ Momentan werden 2000::/3 verteilt
- ▶ Adressen werden im Internet geroutet
- ▶ sind weltweit erreichbar

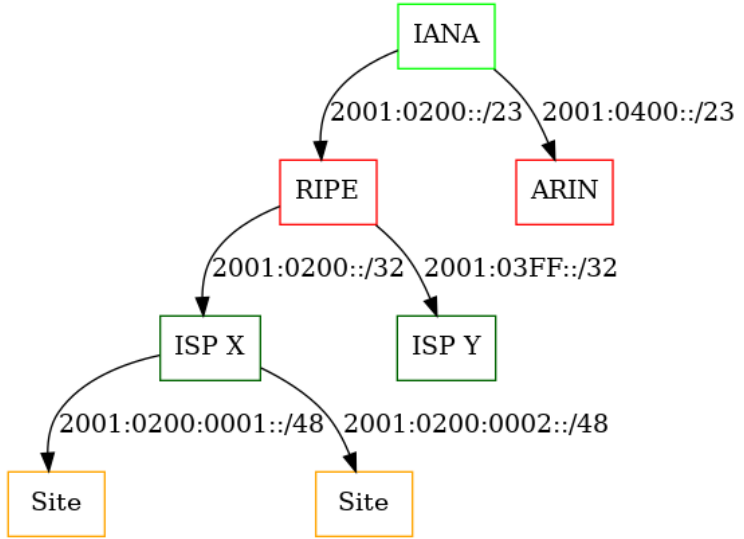
Speaker Notes:

Was sind Globale Unicast Adressen?

Was sind Globale Unicast Adressen?

Hierarchische Struktur

- Einführung
- Aussehen
- Adressen
 - Unicast
 - Unicast Adress-Bereiche
 - LinkLocal Adressen
 - Unique Local Unicast Adresses
 - Global Unicast Adresse
 - Multicast Adressen
 - Anycast Adressen
- IPoAC Adressen
- HandsON
- IPv6 Header
- ICMP bei IPv6
- SLAAC
- ENDE

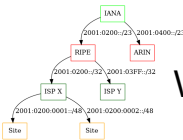


16. März 2024

Schütze

24

Was sind Globale Unicast Adressen?
Hierarchische Struktur



Speaker Notes:
 Was sind Globale Unicast Adressen?
 Hierarchische Struktur

Einführung

Aussehen

Adressen

Unicast

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

- A Broadcast ist auch in IPv6 vorhanden
- B In IPv6 gibt es nur Unicast, Multicast und Anycast
- C Anycast ist genau das gleiche, wie Broadcast
- D Anycast wird für Load Balancing verwendet
- Hinweis: Broadcast spricht alle Adressen in einem Netz an.

16. März 2024

Schütze

25

Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

- A Broadcast ist auch in IPv6 vorhanden
- B In IPv6 gibt es nur Unicast, Multicast und Anycast
- C Anycast ist genau das gleiche, wie Broadcast
- D Anycast wird für Load Balancing verwendet
- Hinweis: Broadcast spricht alle Adressen in einem Netz an.

Speaker Notes:
Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

Einführung

Aussehen

Adressen

Unicast

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

- A Broadcast ist auch in IPv6 vorhandenX
Broadcast ist NICHT in IPv6 integriert
- B In IPv6 gibt es nur Unicast, Multicast und Anycast✓
- C Anycast ist genau das gleiche, wie Broadcast X
Anycast ist was anderes als Broadcast
- D Anycast wird für Load Balancing verwendet✓

Hinweis: Broadcast spricht alle Adressen in einem Netz an.

16. März 2024

Schütze

25

Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

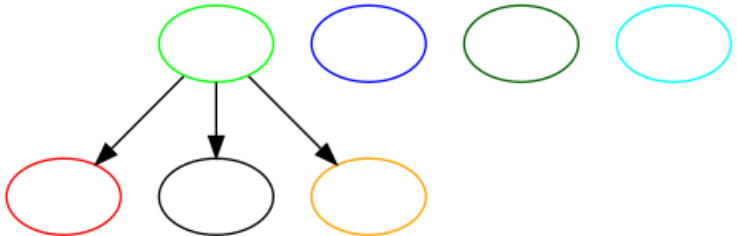
- A Broadcast ist auch in IPv6 vorhandenX
Broadcast ist NICHT in IPv6 integriert
- B In IPv6 gibt es nur Unicast, Multicast und Anycast✓
- C Anycast ist genau das gleiche, wie Broadcast X
Anycast ist was anderes als Broadcast
- D Anycast wird für Load Balancing verwendet✓
- Hinweis: Broadcast spricht alle Adressen in einem Netz an.

Speaker Notes:
Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

Was sind Multicast Adressen?

Aufbau

RFC 4291 - 2006 RFC 7346 - 2014
 RFC 3306 - 2002 RFC 3307 - 2002



8 Bit	4 Bit	4 Bit	8 Bit	8 Bit	64 Bit	32 Bits
Präfix	Flags	Scope	reserved	plen	Network prefix	Group ID
ff	0	0	0	plen	0	GroupID

plen = Anzahl Bits im Netzwerk Prefix Feld

network prefix = Subnetz-Präfix der Multicast Adresse

Group ID = von IANA für bestimmte Services vergeben oder Zufallszahl

16. März 2024

Schütze

26

Was sind Multicast Adressen?
 Aufbau

RFC 4291 - 2006 RFC 7346 - 2014
 RFC 3306 - 2002 RFC 3307 - 2002

8 Bit	4 Bit	4 Bit	8 Bit	8 Bit	64 Bit	32 Bits
Präfix	Flags	Scope	reserved	plen	Network prefix	Group ID
ff	0	0	0	plen	0	GroupID

plen = Anzahl Bits im Netzwerk Prefix Feld
 network prefix = Subnetz-Präfix der Multicast Adresse
 Group ID = von IANA für bestimmte Services vergeben oder Zufallszahl

Speaker Notes:

Was sind Multicast Adressen?

Aufbau

- sprechen Gruppen von Adressen an
- es wird zwischen dauerhaften und dynamischen Adressen unterschieden
- ein Gerät kann zu vielen Multicast Gruppen gehören

Einführung

Aussehen

Adressen

Unicast

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

- ▶ ff01::1 - All Nodes Interface lokal (loopback)
- ▶ ff01::2 - All Routers Interface lokal (loopback)
- ▶ ff02::1 - All Nodes Link lokal (Bsp. Broadcast)
- ▶ ff02::2 - All Routers Link lokal
- ▶ ff02::5-6 - All OSPF Routers Link lokal
- ▶ ff02::7-8 - All IS-IS Routers Link lokal
- ▶ ff02::9 - All RIP Routers Link lokal
- ▶ ff05::2 - All Routers Sitelokal
- ▶ ff05::1:3 - All DHCP-Server in der Site

weitere Multicast Adressen:



<https://www.iana.org/assignments/ipv6-multicast-addresses/ipv6-multicast-addresses.xhtml>

16. März 2024

Schütze

27

Multicast Adressen
Beispiele bekannter Multicast Adressen

- ▶ ff01:1 - All Nodes Interface lokal (loopback)
- ▶ ff01:2 - All Routers Interface lokal (loopback)
- ▶ ff02:1 - All Nodes Link lokal (Bsp. Broadcast)
- ▶ ff02:2 - All Routers Link lokal
- ▶ ff02:5-6 - All OSPF Routers Link lokal
- ▶ ff02:7-8 - All IS-IS Routers Link lokal
- ▶ ff02:9 - All RIP Routers Link lokal
- ▶ ff05:2 - All Routers Sitelokal
- ▶ ff05:1:3 - All DHCP-Server in der Site

Multicast Adressen:
<https://www.iana.org/assignments/ipv6-multicast-addresses/ipv6-multicast-addresses.xhtml>

Speaker Notes:
Multicast Adressen
Beispiele bekannter Multicast
Adressen

Einführung

Aussehen

Adressen

Unicast

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

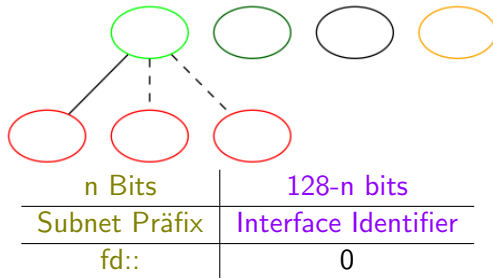
IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

RFC 4291 - 2006



- ▶ kann auf mehreren Interfaces konfiguriert sein
- ▶ spricht nur die nächste Adresse an
- ▶ haben keinen speziellen Adressbereich
- ▶ sind Unicast-Adressen, mit dem Interface Identifier auf null gesetzt

16. März 2024

Schütze

28

Was sind Anycast Adressen

RFC 4291 - 2006



- ▶ kann auf mehreren Interfaces konfiguriert sein
- ▶ spricht nur die nächste Adresse an
- ▶ haben keinen speziellen Adressbereich
- ▶ sind Unicast-Adressen, mit dem Interface Identifier auf null gesetzt

Speaker Notes:

Was sind Anycast Adressen

- Nutzen: zB LoadBalancing

▶ Adress-Bereiche:

- ▶ es kann nur das andere Ende des Links adressiert werden
- ▶ Unicast Adressen unmöglich zu LinkLocal Adresse zu mappen(nach RFC 6214)
- ▶ Multicast Implementierungsversuche, resultieren in erhöhter Geräuschübertragung, dadurch fehlerhaften Prüfsummen

▶ Voraussetzungen

- ▶ Fähigkeit IPv6-Paket senden/empfangen ✓
- ▶ Multicast ✗

- ▶ Adress-Bereiche:
 - ▶ es kann nur das andere Ende des Links adressiert werden
 - ▶ Unicast Adressen unmöglich zu LinkLocal Adresse zu mappen(nach RFC 6214)
 - ▶ Multicast Implementierungsversuche, resultieren in erhöhter Geräuschübertragung, dadurch fehlerhaften Prüfsummen
- ▶ Voraussetzungen:
 - ▶ Fähigkeit IPv6-Paket senden/empfangen ✓
 - ▶ Multicast ✗

Speaker Notes: IPv6-Adressen - bei Brieftauben Zusammenfassung

▶ Adress-Bereiche:

- ▶ es kann nur das andere Ende des Links adressiert werden
- ▶ Unicast Adressen unmöglich zu LinkLocal Adresse zu mappen(nach RFC 6214)
- ▶ Multicast Implementierungsversuche, resultieren in erhöhter Geräuschübertragung, dadurch fehlerhaften Prüfsummen

▶ Voraussetzungen

- ▶ Fähigkeit IPv6-Paket senden/empfangen ✓
- ▶ Multicast ✗

- ▶ Adress-Bereiche:
 - ▶ es kann nur das andere Ende des Links adressiert werden
 - ▶ Unicast Adressen unmöglich zu LinkLocal Adresse zu mappen(nach RFC 6214)
 - ▶ Multicast Implementierungsversuche, resultieren in erhöhter Geräuschübertragung, dadurch fehlerhaften Prüfsummen
- ▶ Voraussetzungen
 - ▶ Fähigkeit IPv6-Paket senden/empfangen ✓
 - ▶ Multicast ✗

Speaker Notes: IPv6-Adressen - bei Brieftauben Zusammenfassung

Using 127-Bit IPv6 Präfixe RFC 6164 - 2011 und 6214 - 2011

- ▶ End-Punkt des Links unnummeriert oder mit /127 Präfix oder statischer Adresse (RFC 6214)
- ▶ nur für point-to-point Kommunikation zwischen Routern
- ▶ kann zu Ping-Pong-Issue (wenn kein Neighbour Discovery durchgeführt wird) führen oder einem Neighbour Cache Exhaustion(-Angriff) (Tauben hin/her-schicken)
- ▶ war daher mal verboten(RFC 3627), dieses Verbot ist aber Historisch (RFC 6164)

16. März 2024

Schütze

30

IPv6-Adressen - bei Brieftauben
 Lösungen

Using 127-Bit IPv6 Präfixe RFC 6164 - 2011 und 6214 - 2011

- ▶ End-Punkt des Links unnummeriert oder mit /127 Präfix oder statischer Adresse (RFC 6214)
- ▶ nur für point-to-point Kommunikation zwischen Routern
- ▶ kann zu Ping-Pong-Issue (wenn kein Neighbour Discovery durchgeführt wird) führen oder einem Neighbour Cache Exhaustion(-Angriff) (Tauben hin/her-schicken)
- ▶ war daher mal verboten(RFC 3627), dieses Verbot ist aber Historisch (RFC 6164)

Speaker Notes:

IPv6-Adressen - bei Brieftauben

Lösungen:

- 127-bit Prefix ist was bei ipv4 /30 oder /31

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

Welche IPv6 Adresse ist gültig?

- A fe80:a4df::/20
- B ::1/128
- C fdb0:0cfe:ed::/64
- D 2001:db8::/32

16. März 2024

Schütze

31

Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

Welche IPv6 Adresse ist gültig?
A fe80:a4df::/20
B ::1/128
C fdb0:0cfe:ed::/64
D 2001:db8::/32

Speaker Notes:
Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

Welche IPv6 Adresse ist gültig?

- A **fe80:a4df::/20** X fe80::<Interfacelidentfier>
- B **::1/128** ✓ für loopback
- C **fdb0:0cfe:ed::/64** ✓ Unique Local Adress
- D **2001:db8::/32** ✓ nur für „Dokumentationen RFC 3849 - 2004“

16. März 2024

Schütze

31

Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

Welche IPv6 Adresse ist gültig?

- A **fe80:a4df::/20** X fe80::<Interfacelidentfier>
- B **::1/128** ✓ für loopback
- C **fdb0:0cfe:ed::/64** ✓ Unique Local Adress
- D **2001:db8::/32** ✓ nur für „Dokumentationen RFC 3849 - 2004“

Speaker Notes:
Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

ping

ssh

curl

Webbrowser

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

▶ IP-Adresse überprüfen

```
1 ip -6 address show
```

▶ pingen

```
1 ping -6 fe80::e65f:1ff:fe46:edc8%<zone>
```

```
2 ping -6
```

```
↪ fd00:feed:c0ff:ee01:e65f:1ff:fe46:edc8
```

```
3 ping -6 ff02::1%<zone> # alle Nodes local
```

```
4 ping -6 ff02::2%<zone> #alle Router local
```

▶ **Vorsicht** man kann Unicast Adressen auch ohne Zone pingen

16. März 2024

Schütze

32

Das Test-Netzwerk
IP-Adressen checken und pingen

- ▶ IP-Adresse überprüfen
- ▶ ip -6 address show
- ▶ pingen
- ▶ ping -6 fe80::e65f:1ff:fe46:edc8%<zone>
- ▶ ping -6
- ▶ ↪ fd00:feed:c0ff:ee01:e65f:1ff:fe46:edc8
- ▶ ping -6 ff02::1%<zone> # alle Nodes local
- ▶ ping -6 ff02::2%<zone> #alle Router local
- ▶ **Vorsicht** man kann Unicast Adressen auch ohne Zone pingen

Speaker Notes:
Das Test-Netzwerk
IP-Adressen checken und pingen

▶ ssh

```
1 ssh dove@fe80::e65f:1ff:fe46:edc8%<zone>
2 ssh dove@fd00:feed:c0ff:ee01:e65f:1ff:fe46:
  ↪ edc8
```

▶ hier ist die **Zone wichtig** bei LLA's

- ▶ ssh
- ▶ ssh dove@fd00::e65f:1ff:fe46:edc8%<zone>
- ▶ ssh dove@fd00:feed:c0ff:ee01:e65f:1ff:fe46:
 - ↪ edc8
- ▶ hier ist die **Zone wichtig** bei LLA's

Speaker Notes:

SSH mit IPv6

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

ping

ssh

curl

Webbrowser

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

```
1 curl -I
   ↪ "http://[fe80::e65f:1ff:fe46:edc8%<zone>]"
2 curl -I "http://[fd00:feed:c0ff:ee01:e65f:1ff:
   ↪ fe46:edc8]"
```

16. März 2024

Schütze

34

Webseiten über IPv6
mit curl

```
* curl -I
*   ↪ "http://[fe80::e65f:1ff:fe46:edc8%<zone>]"
* curl -I "http://[fd00:feed:c0ff:ee01:e65f:1ff:
*   ↪ fe46:edc8]"
```

Speaker Notes:
Webseiten über IPv6
mit curl

IPv6 Adressen im Grafischen Browser

- A Web-Browser kommen nur mit Multicast-Adressen zurecht
- B IPv6 Adressen kann man im Webbrowser nicht aufrufen
- C IPv6-Adressen müssen im Webbrowser zwischen [] geschrieben werden
- D Link-Local-Adressen kann man im Webbrowser nicht aufrufen nur ULAs und GUAs

16. März 2024

Schütze

35

Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

IPv6 Adressen im Grafischen Browser

- A Web-Browser kommen nur mit Multicast-Adressen zurecht
- B IPv6 Adressen kann man im Webbrowser nicht aufrufen
- C IPv6-Adressen müssen im Webbrowser zwischen [] geschrieben werden
- D Link-Local-Adressen kann man im Webbrowser nicht aufrufen nur ULAs und GUAs

Speaker Notes:
Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

IPv6 Adressen im Grafischen Browser

- A Web-Browser kommen nur mit Multicast-Adressen zurecht X
- B IPv6 Adressen kann man im Webbrowser nicht aufrufen X
- C IPv6-Adressen müssen im Webbrowser zwischen [] geschrieben werden ✓
- D Link-Local-Adressen kann man im Webbrowser nicht aufrufen nur ULAs und GUAs ✓

16. März 2024

Schütze

35

Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

IPv6 Adressen im Grafischen Browser

- A Web-Browser kommen nur mit Multicast-Adressen zurecht X
- B IPv6 Adressen kann man im Webbrowser nicht aufrufen X
- C IPv6-Adressen müssen im Webbrowser zwischen [] geschrieben werden ✓
- D Link-Local-Adressen kann man im Webbrowser nicht aufrufen nur ULAs und GUAs ✓

Speaker Notes:
Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

- ▶ `http://[fe80::e65f:1ff:fe46:edc8%<zone>]`
- ▶ `http://[fd00:feed:c0ff:ee01:e65f:1ff:fe46:edc8]`

- ▶ `http://[fe80::e65f:1ff:fe46:edc8%<zone>]`
- ▶ `http://[fd00:feed:c0ff:ee01:e65f:1ff:fe46:edc8]`

Speaker Notes: Webbrowser Webseiten mit IPv6

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

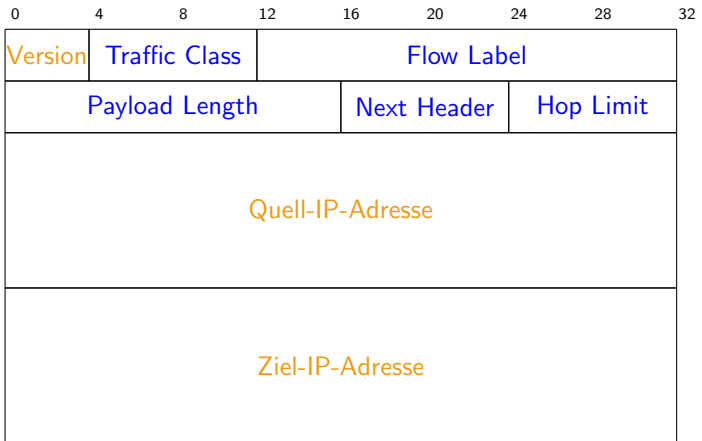
IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

RFC 8200 (2017) ursprünglich 1995 RFC 1883
 Größe: 40 Byte (320Bits) bei IPv4 20-60 Bytes.

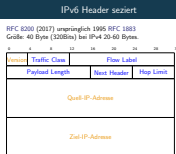


Legende: Orange auch in ipv4 / Blau verändert in IPv6

16. März 2024

Schütze

37

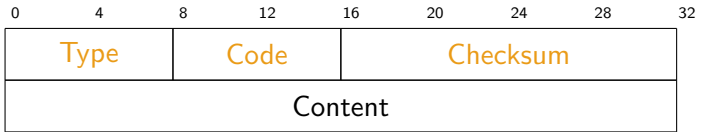


Legende: Orange auch in ipv4 / Blau verändert in IPv6

Speaker Notes:
 IPv6 Header seiect

RFC 4443 - 2006

Informationen im Netzwerk werden mit ICMP ausgetauscht.
 ICMPv6 Paket



► 255 unterschiedliche ICMP Typen

0-127 Fehler

128-255 Informationen

die unterschiedlichen Typen sind hier beschrieben:



<https://www.iana.org/assignments/icmpv6-parameters/icmpv6-parameters.xhtml>

16. März 2024

Schütze

38

IPv6 ICMP-Header

RFC 4443 - 2006
 Informationen im Netzwerk werden mit ICMP ausgetauscht.
 ICMPv6 Paket

0	4	8	12	16	20	24	28	32
Type			Code			Checksum		
Content								

► 255 unterschiedliche ICMP Typen
 0-127 Fehler
 128-255 Informationen

die unterschiedlichen Typen sind hier beschrieben:
<https://www.iana.org/assignments/icmpv6-parameters/icmpv6-parameters.xhtml>

Speaker Notes:
 IPv6 ICMP-Header

wichtigste Message-Typen:

- ▶ Router Solicitation Message (133)
- ▶ Router Advertisement Message (134)
- ▶ Neighbour Solicitation Message (135)
- ▶ Neighbour Advertisement Message (136)

Gut zu wissen: IPv6 Header Fragmentierung bei ND ist verboten nach [RFC 6980 \(2013\)](#)

16. März 2024

Schütze

39

IPv6 ICMP-Messages
ICMP Typen

wichtigsten Message-Typen:

- ▶ Router Solicitation Message (133)
- ▶ Router Advertisement Message (134)
- ▶ Neighbour Solicitation Message (135)
- ▶ Neighbour Advertisement Message (136)

Gut zu wissen: IPv6 Header Fragmentierung bei ND ist verboten nach RFC 6980 (2013)

Speaker Notes:
IPv6 ICMP-Messages
ICMP Typen

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

ND

RS und RA

DAD

SLAAC

ENDE

Aufgaben des ICMP:

- ▶ Router Erkennung (RA und RS)
- ▶ Prefix Erkennung
- ▶ Parameter Erkennung
- ▶ Adress Autoconfiguration(SLAAC)
- ▶ Adressen Auflösung
- ▶ Next Hop Router Ermittlung
- ▶ Neighbour unreachability Erkennung (NUD)
- ▶ Duplicate Adress Detection (DAD)
- ▶ DNS Option via RA
- ▶ Redirect
- ▶ ...

16. März 2024

Schütze

40

IPv6 ICMP-Messages
ICMP Aufgaben

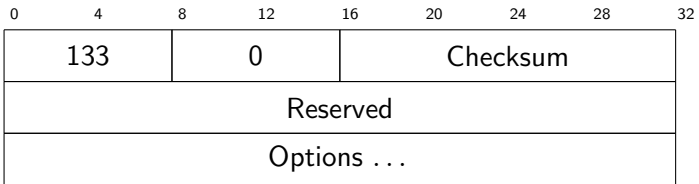
- Aufgaben des ICMP:
- ▶ Router Erkennung (RA und RS)
 - ▶ Prefix Erkennung
 - ▶ Parameter Erkennung
 - ▶ Adress Autoconfiguration(SLAAC)
 - ▶ Adressen Auflösung
 - ▶ Next Hop Router Ermittlung
 - ▶ Neighbour unreachability Erkennung (NUD)
 - ▶ Duplicate Adress Detection (DAD)
 - ▶ DNS Option via RA
 - ▶ Redirect

Speaker Notes:
IPv6 ICMP-Messages
ICMP Aufgaben

- DNS-Option wird bei Windows erst ab Version 11 unterstützt

Definition

RFC 4861 (2007) ICMP Multicast-Nachricht mit der ein Router Advertisement angefordert wird.



Definition

RFC 4861 (2007) ICMP Multicast-Nachricht mit der ein Router Advertisement angefordert wird.



Speaker Notes:

ICMP-Message-Types Router-Solicitation (RS)

- wird nach dem aktivieren des Interfaces versendet

- Einführung
- Aussehen
- Adressen
- IPoAC Adressen
- HandsON
- IPv6 Header
- ICMP bei IPv6
- ND
- RS und RA
- DAD
- SLAAC
- ENDE

Definition

RFC 4861 (2007) Router übermittelt verschiedene Informationen an die Teilnehmer des Netzes. Wird in regelmäßigen Abständen gesendet.

	0	4	8	12	16	20	24	28	32	
134	0	Checksum								
Cur Hop Limit	M	O	Reserved		Router Lifetime					
Reachable Time										
Retrans Time										
Options ...										

M= via DHCPv6, O= weitere Informationen über DHCPv6

Router Lifetime = 9000 Sekunden, nur bei default Router, sonst 0

Reachable Time = Millisekunden, die der Host erreichbar ist

Retrans Time = Millisekunden zwischen erneuten NS-Nachrichten

16. März 2024

Schütze

42

ICMP-Message-Types
 Router-Advertisement (RA)

Definition

RFC 4861 (2007) Router übermittelt verschiedene Informationen an die Teilnehmer des Netzes. Wird in regelmäßigen Abständen gesendet.

	0	4	8	12	16	20	24	28	32	
134	0	Checksum								
Cur Hop Limit	M	O	Reserved		Router Lifetime					
Reachable Time										
Retrans Time										
Options ...										

M= via DHCPv6, O= weitere Informationen über DHCPv6

Router Lifetime = 9000 Sekunden, nur bei default Router, sonst 0

Reachable Time = Millisekunden, die der Host erreichbar ist

Retrans Time = Millisekunden zwischen erneuten NS-Nachrichten

Speaker Notes:

ICMP-Message-Types Router-Advertisement (RA)

Definition

Neighbour Discovery RFC 3122 (2001), 4861 (2007), 9131 (2021)

Wird mit Multicast-Adressen verwendet, um im selben Netz andere Teilnehmer und dazugehörige Informationen zu ermitteln. Wird auch als Neighbour Discovery Protocol (NDP) bezeichnet.

Definition

Neighbour Discovery RFC 3122 (2001), 4861 (2007), 9131 (2021)

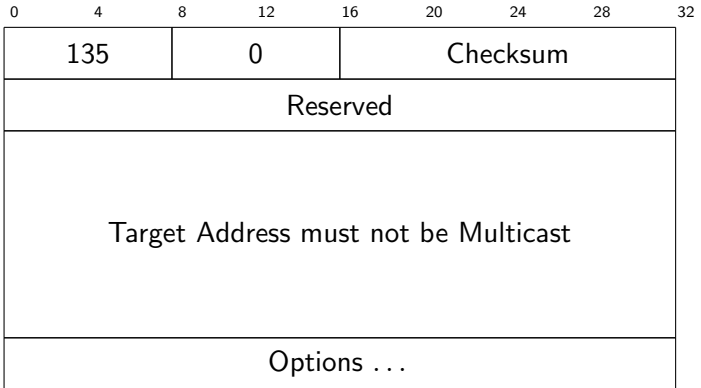
Wird mit Multicast-Adressen verwendet, um im selben Netz andere Teilnehmer und dazugehörige Informationen zu ermitteln. Wird auch als Neighbour Discovery Protocol (NDP) bezeichnet.

Speaker Notes: Neighbour Discovery Nachrichten

Neighbour Solicitation (NS)

- Einführung
- Aussehen
- Adressen
- IPoAC Adressen
- HandsON
- IPv6 Header
- ICMP bei IPv6
 - ND
 - RS und RA
 - DAD
- SLAAC
- ENDE

- ▶ anfordern der LLA eines Ziels und Bekanntgabe der eigenen LLA
- ▶ Multicast zur Adressauflösung, Unicast zur Erreichbarkeitsprüfung



16. März 2024

Schütze

44

Neighbour Solicitation (NS)

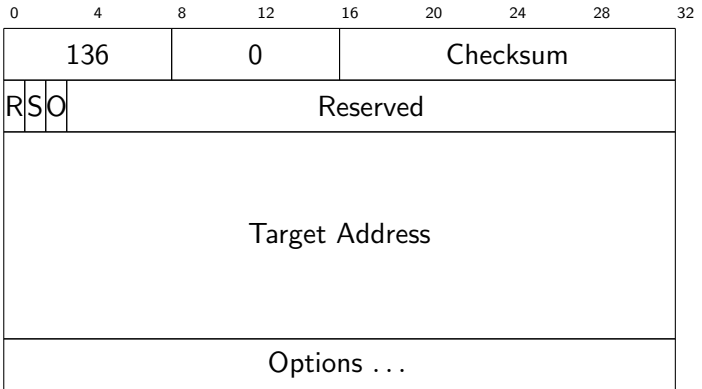
- ▶ anfordern der LLA eines Ziels und Bekanntgabe der eigenen LLA
- ▶ Multicast zur Adressauflösung, Unicast zur Erreichbarkeitsprüfung

0	4	8	12	16	20	24	28	32
135	0	Checksum						
Reserved								
Target Address must not be Multicast								
Options ...								

Speaker Notes:
Neighbour Solicitation (NS)

- Einführung
- Aussehen
- Adressen
- IPoAC Adressen
- HandsON
- IPv6 Header
- ICMP bei IPv6
 - ND
 - RS und RA
 - DAD
- SLAAC
- ENDE

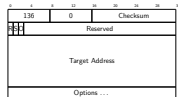
Neighbour Advertisement Message (Bekanntgabe des Hosts):



R= wenn Sender ist Router, S= wenn Antwort auf NS, O= überschreibe den ND-Cache

Neighbour Advertisement (NA)

Neighbour Advertisement Message (Bekanntgabe des Hosts):



R= wenn Sender ist Router, S= wenn Antwort auf NS, O= überschreibe den ND-Cache

Speaker Notes: Neighbour Advertisement (NA)

Definition

NUD=Neighbour Unreachability Detection
RFC 4861 (2007), 7048 (2014)
ermittelt, ob die Adresse noch erreichbar ist

- ▶ wird über NS-Nachrichten realisiert
- ▶ nur an Teilnehmer mit Unicast Adresse gesendet

Definition

NUD=Neighbour Unreachability Detection
RFC 4861 (2007), 7048 (2014)

ermittelt, ob die Adresse noch erreichbar ist

- ▶ wird über NS-Nachrichten realisiert
- ▶ nur an Teilnehmer mit Unicast Adresse gesendet

Speaker Notes: Neighbour Unreachability Discovery

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsOn

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

ND

RS und RA

DAD

SLAAC

ENDE

Informationen aus dem Neighbour Discovery Cache abrufen:

```
1 ip -6 maddress show #multicast Adressen
2 ip -6 neighbour show #aktueller Neighbour Cache
3 ip -6 n get <ip> dev <interface> #Informationen aus
  ↳ Cache zu Adresse auf Interface
4 ip -6 n show unused # alle unbenutzten Nachbarn
5 ip -6 n show to <IP> #Informationen zu Adresse
6 ip -6 n show dev <Interface> #Informationen zu
  ↳ Adressen im Interface
7 ip -6 route show table all #IPv6 Routen
```

NUD einsehen unter Linux:

```
1 ip -6 neighbour show nud all #Status der NUD im
  ↳ Cache
2 ip monitor #Statusänderung
```

16. März 2024

Schütze

47

Das ND
Neighbour Protocol unter Linux

```
Informationen aus dem Neighbour Discovery Cache abrufen:
ip -6 maddress show #multicast Adressen
ip -6 neighbour show #aktueller Neighbour Cache
ip -6 n get <ip> dev <interface> #Informationen aus
↳ Cache zu Adresse auf Interface
ip -6 n show unused # alle unbenutzten Nachbarn
ip -6 n show to <IP> #Informationen zu Adresse
ip -6 n show dev <Interface> #Informationen zu
↳ Adressen im Interface
ip -6 route show table all #IPv6 Routen

NUD einsehen unter Linux:
ip -6 neighbour show nud all #Status der NUD im
↳ Cache
ip monitor #Statusänderung
```

Speaker Notes:
Das ND
Neighbour Protocol unter Linux

Definition

DAD=Duplicate Address Detection

RFC 4429 (2006), 4862 (2007), 7527 (2015)

Soll Adress Konflikte verhindern, und doppelt vergebene Adressen erkennen.

- ① ermittelt Unicast-Adresse
 - ② verwende eine unspezifische Adresse als Quell-Adresse
 - ③ die ermittelte Unicast Adresse (1) umwandeln als Solicited Multicast Adresse
 - ④ im ICMP-Paket als Zieladresse eintragen
 - ⑤ sende Neighbour Solicitation-Nachricht (ICMP)
- ▶ Pflicht DAD bei allen Adressen zu verwenden
 - ▶ DAD kann betriebssystemseitig ausgeschaltet werden

16. März 2024

Schütze

48

IPv6 Protokolle
 Duplicate Address Detection

Definition:
 DAD=Duplicate Address Detection
 RFC 4429 (2006), 4862 (2007), 7527 (2015)
 Soll Adress Konflikte verhindern, und doppelt vergebene Adressen erkennen.

- ① ermittelt Unicast-Adresse
- ② verwende eine unspezifische Adresse als Quell-Adresse
- ③ die ermittelte Unicast Adresse (1) umwandeln als Solicited Multicast Adresse
- ④ im ICMP-Paket als Zieladresse eintragen
- ⑤ sende Neighbour Solicitation-Nachricht (ICMP)

- ▶ Pflicht DAD bei allen Adressen zu verwenden
- ▶ DAD kann betriebssystemseitig ausgeschaltet werden

Speaker Notes:
 IPv6 Protokolle
 Duplicate Address Detection

Definition

DAD=Duplicate Address Detection

RFC 4429 (2006), 4862 (2007), 7527 (2015)

Soll Adress Konflikte verhindern, und doppelt vergebene Adressen erkennen.

- ① ermittelt Unicast-Adresse
 - ② verwende eine unspezifische Adresse als Quell-Adresse
 - ③ die ermittelte Unicast Adresse (1) umwandeln als Solicited Multicast Adresse
 - ④ im ICMP-Paket als Zieladresse eintragen
 - ⑤ sende Neighbour Solicitation-Nachricht (ICMP)
- ▶ Pflicht DAD bei allen Adressen zu verwenden
 - ▶ DAD kann betriebssystemseitig ausgeschaltet werden

16. März 2024

Schütze

48

IPv6 Protokolle
 Duplicate Address Detection

Definition:
 DAD=Duplicate Address Detection
 RFC 4429 (2006), 4862 (2007), 7527 (2015)
 Soll Adress Konflikte verhindern, und doppelt vergebene Adressen erkennen.

- ① ermittelt Unicast-Adresse
- ② verwende eine unspezifische Adresse als Quell-Adresse
- ③ die ermittelte Unicast Adresse (1) umwandeln als Solicited Multicast Adresse
- ④ im ICMP-Paket als Zieladresse eintragen
- ⑤ sende Neighbour Solicitation-Nachricht (ICMP)

- ▶ Pflicht DAD bei allen Adressen zu verwenden
- ▶ DAD kann betriebssystemseitig ausgeschaltet werden

Speaker Notes:
 IPv6 Protokolle
 Duplicate Address Detection

Definition

DAD=Duplicate Address Detection

RFC 4429 (2006), 4862 (2007), 7527 (2015)

Soll Adress Konflikte verhindern, und doppelt vergebene Adressen erkennen.

- ① ermittelt Unicast-Adresse
 - ② verwende eine unspezifische Adresse als Quell-Adresse
 - ③ die ermittelte Unicast Adresse (1) umwandeln als Solicited Multicast Adresse
 - ④ im ICMP-Paket als Zieladresse eintragen
 - ⑤ sende Neighbour Solicitation-Nachricht (ICMP)
- ▶ Pflicht DAD bei allen Adressen zu verwenden
 - ▶ DAD kann betriebssystemseitig ausgeschaltet werden

16. März 2024

Schütze

48

IPv6 Protokolle
 Duplicate Address Detection

Definition
 DAD=Duplicate Address Detection
 RFC 4429 (2006), 4862 (2007), 7527 (2015)
 Soll Adress Konflikte verhindern, und doppelt vergebene Adressen erkennen.

- ① ermittelt Unicast-Adresse
- ② verwende eine unspezifische Adresse als Quell-Adresse
- ③ die ermittelte Unicast Adresse (1) umwandeln als Solicited Multicast Adresse
- ④ im ICMP-Paket als Zieladresse eintragen
- ⑤ sende Neighbour Solicitation-Nachricht (ICMP)

- ▶ Pflicht DAD bei allen Adressen zu verwenden
- ▶ DAD kann betriebssystemseitig ausgeschaltet werden

Speaker Notes:
 IPv6 Protokolle
 Duplicate Address Detection

Definition

DAD=Duplicate Address Detection

RFC 4429 (2006), 4862 (2007), 7527 (2015)

Soll Adress Konflikte verhindern, und doppelt vergebene Adressen erkennen.

- ① ermittelt Unicast-Adresse
 - ② verwende eine unspezifische Adresse als Quell-Adresse
 - ③ die ermittelte Unicast Adresse (1) umwandeln als Solicited Multicast Adresse
 - ④ im ICMP-Paket als Zieladresse eintragen
 - ⑤ sende Neighbour Solicitation-Nachricht (ICMP)
- ▶ Pflicht DAD bei allen Adressen zu verwenden
 - ▶ DAD kann betriebssystemseitig ausgeschaltet werden

16. März 2024

Schütze

48

IPv6 Protokolle
 Duplicate Address Detection

Definition:
 DAD=Duplicate Address Detection
 RFC 4429 (2006), 4862 (2007), 7527 (2015)
 Soll Adress Konflikte verhindern, und doppelt vergebene Adressen erkennen.

- ① ermittelt Unicast-Adresse
- ② verwende eine unspezifische Adresse als Quell-Adresse
- ③ die ermittelte Unicast Adresse (1) umwandeln als Solicited Multicast Adresse
- ④ im ICMP-Paket als Zieladresse eintragen
- ⑤ sende Neighbour Solicitation-Nachricht (ICMP)

- ▶ Pflicht DAD bei allen Adressen zu verwenden
- ▶ DAD kann betriebssystemseitig ausgeschaltet werden

Speaker Notes:
 IPv6 Protokolle
 Duplicate Address Detection

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

ND

RS und RA

DAD

SLAAC

ENDE

DAD Konfiguration im Kernel

- 1 `sysctl -w net.ipv6.conf.accept_dad=0 #DAD`
 ↳ *disablen*
- 2 `sysctl -w net.ipv6.conf.accept_dad=1 #DAD`
 ↳ *enablen*
- 3 `sysctl -w net.ipv6.conf.accept_dad=2 #DAD`
 ↳ *disablen wenn Doppelte Adresse gefunden und*
 ↳ *Interface Identifier auf MAC-Adresse*
 ↳ *basierend*

16. März 2024

Schütze

49

Duplicate Address Detection
DAD unter Linux

```
DAD Konfiguration im Kernel
1 sysctl -w net.ipv6.conf.accept_dad=0 #DAD
  ↳ disablen
2 sysctl -w net.ipv6.conf.accept_dad=1 #DAD
  ↳ enablen
3 sysctl -w net.ipv6.conf.accept_dad=2 #DAD
  ↳ disablen wenn Doppelte Adresse gefunden und
  ↳ Interface Identifier auf MAC-Adresse
  ↳ basierend
```

Speaker Notes:

Duplicate Address Detection

DAD unter Linux

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

ND

RS und RA

DAD

SLAAC

ENDE

Wenn die Duplicate Adress Detection anschlägt, passiert folgendes:

- A sollte das Interface deaktiviert werden
- B sollte ein Systemfehler geloggt werden
- C wurde der Interface Identifier nicht basierend auf der MAC-Adresse gebildet, könnte vielleicht fortgefahren werden
- D wird eine neue Adresse generiert

Hinweis: Nachdem was der RFC vorschreibt

16. März 2024

Schütze

50

Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

Wenn die Duplicate Adress Detection anschlägt, passiert folgendes:

- A sollte das Interface deaktiviert werden
- B sollte ein Systemfehler geloggt werden
- C wurde der Interface Identifier nicht basierend auf der MAC-Adresse gebildet, könnte vielleicht fortgefahren werden
- D wird eine neue Adresse generiert

Hinweis: Nachdem was der RFC vorschreibt

Speaker Notes:
Rätsel-Time
Was glaubt ihr?

Wenn die Duplicate Address Detection anschlägt, passiert folgendes:

- A sollte das Interface deaktiviert werden ✓
- B sollte ein Systemfehler geloggt werden ✓
- C wurde der Interface Identifier nicht basierend auf der MAC-Adresse gebildet, könnte vielleicht fortgefahren werden ✓
- D wird eine neue Adresse generiert X

Hinweis: Nachdem was der RFC vorschreibt

16. März 2024

Schütze

50

Rätsel-Time
 Was glaubt ihr?

Wenn die Duplicate Address Detection anschlägt, passiert folgendes:
 A sollte das Interface deaktiviert werden ✓
 B sollte ein Systemfehler geloggt werden ✓
 C wurde der Interface Identifier nicht basierend auf der MAC-Adresse gebildet, könnte vielleicht fortgefahren werden ✓
 D wird eine neue Adresse generiert X
 Hinweis: Nachdem was der RFC vorschreibt

Speaker Notes:
 Rätsel-Time
 Was glaubt ihr?

● rfc7527:

When a genuine duplicate is detected, the node follows the manual intervention specified in Section 5.4.5 of [RFC4862].

RFC 4862 - 2007

Definition

StatelessAddressAutoConfiguration Zustandslose Autokonfiguration einer IPv6-Adresse pro Netzwerk Interface, dabei wird die LinkLocal (**fe80::**) und Globale Adresse (**2000::**) gebildet.

- ▶ nur bei Multicast fähigen Interfaces
- ▶ erfordert kein manuelles Eingreifen
- ▶ Duplicate Address Detection (DAD)
- ▶ nutzt lokale Informationen und Router Advertisement
- ▶ wenn kein Router vorhanden, nur die Link Local Adresse
- ▶ kann auch mit DHCPv6 benutzt werden, mehr Kontrolle
- ▶ Router Solicitation wird auf allen Router Multicast Gruppen ausgeführt
- ▶ wenn Präfix und Interface Identifier zusammen nicht 128 Bit ergeben, wird keine Adresse gebildet

16. März 2024

Schütze

51

Autokonfiguration(SLAAC)
 Stateless Address Auto Configuration

RFC 4862 - 2007
 Definition

StatelessAddressAutoConfiguration Zustandslose Autokonfiguration einer IPv6-Adresse pro Netzwerk Interface, dabei wird die LinkLocal (**fe80::**) und Globale Adresse (**2000::**) gebildet.

- ▶ nur bei Multicast fähigen Interfaces
- ▶ erfordert kein manuelles Eingreifen
- ▶ Duplicate Address Detection (DAD)
- ▶ nutzt lokale Informationen und Router Advertisement
- ▶ wenn kein Router vorhanden, nur die Link Local Adresse
- ▶ kann auch mit DHCPv6 benutzt werden, mehr Kontrolle
- ▶ Router Solicitation wird auf allen Router Multicast Gruppen ausgeführt
- ▶ wenn Präfix und Interface Identifier zusammen nicht 128 Bit ergeben, wird keine Adresse gebildet

Speaker Notes: Autokonfiguration(SLAAC) Stateless Address Auto Configuration

▶ Neighbour Discovery unmöglich

- ▶ Zeit vorgaben: RFC 4861
 - ▶ MaxRtrAdvInterval maximal erlaubte Zeit für RA in Sekunden 1800
 - ▶ AdvReachableTime setzt Reachable Time in RA Nicht > 3.600.000 Millisekunden (1h)
 - ▶ AdvRetransTimer setzt Retrans Timer in RA 1.000 Millisekunden (16,6 Sekunden)

▶ SLAAC

- ▶ SLAAC sollte nicht versucht werden zu implementieren, eine stabiler Interface Identifier ist nicht zu bilden

▶ Allgemeines

- ▶ Es gibt Beweise, dass einige Avian Carriers (Raubvögel) andere Avian Carriers gegessen haben und dann den gegessenen Paketinhalt getragen haben.
- ▶ neue Tunnel für IPv4 in IPv6 und umgekehrt - Aber der Endpackungs-Mechanismus ist noch unklar

16. März 2024

Schütze

52

Brieftauben und IPv6
 IPoAC nach RFC 6214 2011

- ▶ Neighbour Discovery unmöglich
 - MaxRtrAdvInterval maximal erlaubte Zeit für RA in Sekunden 1800
 - AdvReachableTime setzt Reachable Time in RA Nicht > 3.600.000 Millisekunden (1h)
 - AdvRetransTimer setzt Retrans Timer in RA 1.000 Millisekunden (16,6 Sekunden)
- ▶ SLAAC
 - SLAAC sollte nicht versucht werden zu implementieren, eine stabiler Interface Identifier ist nicht zu bilden
- ▶ Allgemeines
 - Es gibt Beweise, dass einige Avian Carriers (Raubvögel) andere Avian Carriers gegessen haben und dann den gegessenen Paketinhalt getragen haben.
 - neue Tunnel für IPv4 in IPv6 und umgekehrt - Aber der Endpackungs-Mechanismus ist noch unklar

Speaker Notes:
 Brieftauben und IPv6
 IPoAC nach RFC 6214 2011

- ▶ Neighbour Discovery unmöglich
 - ▶ Zeit vorgaben: RFC 4861
 - ▶ MaxRtrAdvInterval maximal erlaubte Zeit für RA in Sekunden 1800
 - ▶ AdvReachableTime setzt Reachable Time in RA Nicht > 3.600.000 Millisekunden (1h)
 - ▶ AdvRetransTimer setzt Retrans Timer in RA 1.000 Millisekunden (16,6 Sekunden)
- ▶ SLAAC
 - ▶ SLAAC sollte nicht versucht werden zu implementieren, eine stabiler Interface Identifier ist nicht zu bilden
- ▶ Allgemeines
 - ▶ Es gibt Beweise, dass einige Avian Carriers (Raubvögel) andere Avian Carriers gegessen haben und dann den gegessenen Paketinhalt getragen haben.
 - ▶ neue Tunnel für IPv4 in IPv6 und umgekehrt - Aber der Endpackungs-Mechanismus ist noch unklar

16. März 2024

Schütze

52

Briefftauben und IPv6
 IPoAC nach RFC 6214 2011

- ▶ Neighbour Discovery unmöglich
 - ▶ Zeit vorgaben: RFC 4861
 - ▶ MaxRtrAdvInterval maximal erlaubte Zeit für RA in Sekunden 1800
 - ▶ AdvReachableTime setzt Reachable Time in RA Nicht > 3.600.000 Millisekunden (1h)
 - ▶ AdvRetransTimer setzt Retrans Timer in RA 1.000 Millisekunden (16,6 Sekunden)
- ▶ SLAAC
 - ▶ SLAAC sollte nicht versucht werden zu implementieren, eine stabiler Interface Identifier ist nicht zu bilden
- ▶ Allgemeines
 - ▶ Es gibt Beweise, dass einige Avian Carriers (Raubvögel) andere Avian Carriers gegessen haben und dann den gegessenen Paketinhalt getragen haben.
 - ▶ neue Tunnel für IPv4 in IPv6 und umgekehrt - Aber der Endpackungs-Mechanismus ist noch unklar

Speaker Notes: Briefftauben und IPv6 IPoAC nach RFC 6214 2011

- ▶ Neighbour Discovery unmöglich
 - ▶ Zeit vorgaben: RFC 4861
 - ▶ MaxRtrAdvInterval maximal erlaubte Zeit für RA in Sekunden 1800
 - ▶ AdvReachableTime setzt Reachable Time in RA Nicht > 3.600.000 Millisekunden (1h)
 - ▶ AdvRetransTimer setzt Retrans Timer in RA 1.000 Millisekunden (16,6 Sekunden)
- ▶ SLAAC
 - ▶ SLAAC sollte nicht versucht werden zu implementieren, eine stabiler Interface Identifier ist nicht zu bilden
- ▶ Allgemeines
 - ▶ Es gibt Beweise, dass einige Avian Carriers (Raubvögel) andere Avian Carriers gegessen haben und dann den gegessenen Paketinhalt getragen haben.
 - ▶ neue Tunnel für IPv4 in IPv6 und umgekehrt - Aber der Endpackungs-Mechanismus ist noch unklar

16. März 2024

Schütze

52

Briefftauben und IPv6 IPoAC nach RFC 6214 2011

- ▶ Neighbour Discovery unmöglich
 - ▶ Zeit vorgaben: RFC 4861
 - ▶ MaxRtrAdvInterval maximal erlaubte Zeit für RA in Sekunden 1800
 - ▶ AdvReachableTime setzt Reachable Time in RA Nicht > 3.600.000 Millisekunden (1h)
 - ▶ AdvRetransTimer setzt Retrans Timer in RA 1.000 Millisekunden (16,6 Sekunden)
- ▶ SLAAC
 - ▶ SLAAC sollte nicht versucht werden zu implementieren, eine stabiler Interface Identifier ist nicht zu bilden
- ▶ Allgemeines
 - ▶ Es gibt Beweise, dass einige Avian Carriers (Raubvögel) andere Avian Carriers gegessen haben und dann den gegessenen Paketinhalt getragen haben.
 - ▶ neue Tunnel für IPv4 in IPv6 und umgekehrt - Aber der Endpackungs-Mechanismus ist noch unklar

Speaker Notes: Briefftauben und IPv6 IPoAC nach RFC 6214 2011

- ▶ Neighbour Discovery unmöglich
 - ▶ Zeit vorgaben: RFC 4861
 - ▶ MaxRtrAdvInterval maximal erlaubte Zeit für RA in Sekunden 1800
 - ▶ AdvReachableTime setzt Reachable Time in RA Nicht > 3.600.000 Millisekunden (1h)
 - ▶ AdvRetransTimer setzt Retrans Timer in RA 1.000 Millisekunden (16,6 Sekunden)
- ▶ SLAAC
 - ▶ SLAAC sollte nicht versucht werden zu implementieren, eine stabiler Interface Identifier ist nicht zu bilden
- ▶ Allgemeines
 - ▶ Es gibt Beweise, dass einige Avian Carriers (Raubvögel) andere Avian Carriers gegessen haben und dann den gegessenen Paketinhalt getragen haben.
 - ▶ neue Tunnel für IPv4 in IPv6 und umgekehrt - Aber der Endpackungs-Mechanismus ist noch unklar

16. März 2024

Schütze

52

Briefftauben und IPv6 IPoAC nach RFC 6214 2011

- ▶ Neighbour Discovery unmöglich
 - ▶ Zeit vorgaben: RFC 4861
 - ▶ MaxRtrAdvInterval maximal erlaubte Zeit für RA in Sekunden 1800
 - ▶ AdvReachableTime setzt Reachable Time in RA Nicht > 3.600.000 Millisekunden (1h)
 - ▶ AdvRetransTimer setzt Retrans Timer in RA 1.000 Millisekunden (16,6 Sekunden)
- ▶ SLAAC
 - ▶ SLAAC sollte nicht versucht werden zu implementieren, eine stabiler Interface Identifier ist nicht zu bilden
- ▶ Allgemeines
 - ▶ Es gibt Beweise, dass einige Avian Carriers (Raubvögel) andere Avian Carriers gegessen haben und dann den gegessenen Paketinhalt getragen haben.
 - ▶ neue Tunnel für IPv4 in IPv6 und umgekehrt - Aber der Endpackungs-Mechanismus ist noch unklar

Speaker Notes: Briefftauben und IPv6 IPoAC nach RFC 6214 2011

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

IPoAC und IPv6

IPoAC Lösungen

ENDE

- ▶ Routererkennung ✗
- ▶ Präfixerkennung ✓
- ▶ NUD für alle Pfade zwischen Hosts und Nachbar Nodes ✗
- ▶ RA und RS ✗
- ▶ Pfad MTU und Größen-Erkennung ✓
- ▶ ICMPv6 (ping) ✓
- ▶ Multicast ✗
- ▶ DAD ✗
- ▶ DNS Option in RA ✓
- ▶ SLAAC ✗

16. März 2024

Schütze

53

IPv6 mit IPoAC
Zusammenfassung

- ▶ Routererkennung ✗
- ▶ Präfixerkennung ✓
- ▶ NUD für alle Pfade zwischen Hosts und Nachbar Nodes ✗
- ▶ RA und RS ✗
- ▶ Pfad MTU und Größen-Erkennung ✓
- ▶ ICMPv6 (ping) ✓
- ▶ Multicast ✗
- ▶ DAD ✗
- ▶ DNS Option in RA ✓
- ▶ SLAAC ✗

Speaker Notes:
IPv6 mit IPoAC
Zusammenfassung

- ▶ Neighbour Discovery Optimization for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs) RFC 6775 - 2017
 - ▶ Interface Identifier wird mit Hilfe von RA gebildet
 - ▶ DAD wird unterstützt (nur wenn SLAAC benutzt wird)
 - ▶ Es werden keine NS Nachrichten unterstützt
 - ▶ bei Adress Initialisierung wird erst RS Nachricht abgewartet bevor die Adresse gebildet wird
- ▶ Routing for RPL (Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks) Leaves RFC 9010 - 2021 (update von 6775)
 - ▶ IPv6 Adressen werden als Host-Routen bekannt gegeben
 - ▶ kommuniziert nur mit einem Router
 - ▶ Dort findet eine ND Registratur statt
 - ▶ Ziel, weniger Nachrichten mit Host austauschen
 - ▶ DAD und ND-Messages werden zwischen dem Router und dem Host ausgetauscht

16. März 2024

Schütze

54

Brieftauben und IPv6 Lösungen Lösungsvorschläge

- ▶ Neighbour Discovery Optimization for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs) RFC 6775 - 2017
 - ▶ Interface Identifier wird mit Hilfe von RA gebildet
 - ▶ DAD wird unterstützt (nur wenn SLAAC benutzt wird)
 - ▶ Es werden keine NS Nachrichten unterstützt
 - ▶ bei Adress Initialisierung wird erst RS Nachricht abgewartet bevor die Adresse gebildet wird
- ▶ Routing for RPL (Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks) Leaves RFC 9010 - 2021 (update von 6775)
 - ▶ IPv6 Adressen werden als Host-Routen bekannt gegeben
 - ▶ kommuniziert nur mit einem Router
 - ▶ Dort findet eine ND Registratur statt
 - ▶ Ziel, weniger Nachrichten mit Host austauschen
 - ▶ DAD und ND-Messages werden zwischen dem Router und dem Host ausgetauscht

Speaker Notes: Brieftauben und IPv6 Lösungen Lösungsvorschläge

- ▶ Neighbour Discovery Optimization for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs) RFC 6775 - 2017
 - ▶ Interface Identifier wird mit Hilfe von RA gebildet
 - ▶ DAD wird unterstützt (nur wenn SLAAC benutzt wird)
 - ▶ Es werden keine NS Nachrichten unterstützt
 - ▶ bei Adress Initialisierung wird erst RS Nachricht abgewartet bevor die Adresse gebildet wird
- ▶ Routing for RPL (Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks) Leaves RFC 9010 - 2021 (update von 6775)
 - ▶ IPv6 Adressen werden als Host-Routen bekannt gegeben
 - ▶ kommuniziert nur mit einem Router
 - ▶ Dort findet eine ND Registratur statt
 - ▶ Ziel, weniger Nachrichten mit Host austauschen
 - ▶ DAD und ND-Messages werden zwischen dem Router und dem Host ausgetauscht

16. März 2024

Schütze

54

Brieftauben und IPv6 Lösungen Lösungsvorschläge

- ▶ Neighbour Discovery Optimization for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs) RFC 6775 - 2017
 - ▶ Interface Identifier wird mit Hilfe von RA gebildet
 - ▶ DAD wird unterstützt (nur wenn SLAAC benutzt wird)
 - ▶ Es werden keine NS Nachrichten unterstützt
 - ▶ bei Adress Initialisierung wird erst RS Nachricht abgewartet bevor die Adresse gebildet wird
- ▶ Routing for RPL (Routing Protocol for Low-Power and Lossy Networks) Leaves RFC 9010 - 2021 (update von 6775)
 - ▶ IPv6 Adressen werden als Host-Routen bekannt gegeben
 - ▶ kommuniziert nur mit einem Router
 - ▶ Dort findet eine ND Registratur statt
 - ▶ Ziel, weniger Nachrichten mit Host austauschen
 - ▶ DAD und ND-Messages werden zwischen dem Router und dem Host ausgetauscht

Speaker Notes: Brieftauben und IPv6 Lösungen Lösungsvorschläge

- ▶ Scenic Routing for IPv6 **RFC 7511** - 2015
 - ▶ zur Unterstützung Grüner IT
 - ▶ Pakete werden so geroutet, dass sie möglichst viel frische Luft bekommen
 - ▶ dafür werden Routen basierend auf IPoAC gewählt
 - ▶ im Scenic Routing Option Layout ist der Option Type für 0x0A (On Air) vorgesehen
 - ▶ benutzt immer den längsten AC-Pfad

16. März 2024

Schütze

55

Brief-Tauben und IPv6
Real-Life Beispiel

- ▶ Scenic Routing for IPv6 **RFC 7511** - 2015
 - ▶ zur Unterstützung Grüner IT
 - ▶ Pakete werden so geroutet, dass sie möglichst viel frische Luft bekommen
 - ▶ dafür werden Routen basierend auf IPoAC gewählt
 - ▶ im Scenic Routing Option Layout ist der Option Type für 0x0A (On Air) vorgesehen
 - ▶ benutzt immer den längsten AC-Pfad

Speaker Notes: Brief-Tauben und IPv6 Real-Life Beispiel

Vielen Dank fürs Zuhören!

Kontaktmöglichkeiten:

email: ratten@buecherratten.in-berlin.de
 jabber: buecherratten@jabber.in-berlin.de
 Repo:



<http://git.tuxteam.de/gitweb/?p=susannes-git/Ipv6-Vortrag.git;a=tree>

16. März 2024

Schütze

56

Ende

Vielen Dank
fürs Zuhören!

Kontaktmöglichkeiten:
 email: ratten@buecherratten.in-berlin.de
 jabber: buecherratten@jabber.in-berlin.de
 Repo:



<http://git.tuxteam.de/gitweb/?p=susannes-git/Ipv6-Vortrag.git;a=tree>

Speaker Notes:
Ende

Größe: 20 Byte (160 Bits)

0	4	8	12	16	20	24	28	32
offensichtlich	Zwiebel	Jalapenos	Physische Länge (mm)					
Nummer auf der Folie				Bohnen Art	Anzahl der Bohnen			
aAz		Guacamole		Rezept				
Salat								
Reis								
Rindfleisch								

Guten Appetit!

Legende: aAz = angeforderte Auslieferungzeit

16. März 2024

Schütze

57

IPv4 over Burrito Carriers
© 2005 by the IETF

Größe: 20 Byte (160 Bits)

offensichtlich	Jalapenos	Physische Länge (mm)						
Nummer auf der Folie				Bohnen Art	Anzahl der Bohnen			
aAz	Guacamole		Rezept					
Salat								
Reis								
Rindfleisch								

Guten Appetit!
 Legende: aAz = angeforderte Auslieferungzeit

Speaker Notes:
 IPv4 over Burrito Carriers
 RFC Draft 2005 IPoBC