



IPv6 Grundlagen

in Zusammenhang mit IPoAC

Susanne Schütze
ratten@buecherratten.in-berlin.de

Chemnitzer Linux Tage 2024

16. März 2024

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

- whoami

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

whoami

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

- ▶ 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
```

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

weitere Informationen:

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

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

weitere Informationen:

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

▶ 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
```

▶ ...

Einführung

Warum? Vorteile

IPv6 Voraussetzungen

IPv6 aktivieren unter Linux

IPoAC

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE



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

weitere Informationen:

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

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

- ▶ längste Blöcke von Nullen durch :: ersetzen

Beispiele

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

```
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
```

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque
Interface IdentifiersTemporary 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

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque
Interface IdentifiersTemporary 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

weitere Informationen:

EUI 64

ein historisches Rezept

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

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque
Interface IdentifiersTemporary Address
Extensions

IPoAC Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

Definition

MAC-Adresse = Media-Access-Control-Adresse nach IEEE 802.3 und IEEE 802.11

Andere Namen sind Ethernet-ID, Airport-ID, Wi-Fi-Adresse (Apple) oder Physikalische Adresse (Microsoft).

Byte	1. 2. 3.	4. 5. 6.
Bedeutung	Hersteller Kennung	Geräte Kennung
Beispiel	52:54:00	0f:71:c0

- ▶ sollte eindeutig sein (kann jeder spoofen)
- ▶ Länge: 48 Bit in 12 stelliger Hexadezimalzahl
- ▶ Zusammensetzung aus Hersteller- und Geräte-Kennung
- ▶ gehen voraussichtlich im Jahr 2100 aus (rechnerisch)

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

Methoden sind veraltet

Privacy Extension RFC 4941 - 2007

- ▶ NTP-(Network Time Protocol) Zeitstempel
- ▶ MAC-Adresse

daraus MD5-Hash mit 64Bit Länge

weitere Informationen:

EUI 64 und privacy Extension

ein altes Rezept

- ✓ sind temporär, solange benutzt
- ✓ nur für globale Adressen
- X Dienste (zB Webseiten)
- X **Sicherheit von MD5-Summen?**

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque
Interface IdentifiersTemporary Address
Extensions

IPoAC Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

▶ Kernel:

```
1 sysctl -w net.ipv6.conf.all.use_tempaddr=0
2 sysctl -w net.ipv6.conf.all.addr_gen_mode=0
```

▶ Network-Manager:

```
1 nmcli con modify <ConnectionName>
  ↪ ipv6.addr-gen-mode eui64
```

▶ systemd-networkd:

```
1 [Network]
2 LinkLocalAddressing=ipv6
3 IPv6LinkLocalAddressGenerationMode=eui64
```

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque
Interface IdentifiersTemporary Address
Extensions

IPoAC Adressen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

▶ Kernel:

```
1 sysctl -w net.ipv6.conf.all.addr_gen_mode=0
2 sysctl -w net.ipv6.conf.eth0.use_tempaddr=2
```

▶ Network-Manager:

```
1 nmcli con modify <ConnectionName>
  ↪ ipv6.ip6-privacy 2
2 nmcli connection <ConnectionName> up
```

▶ systemd-networkd:

```
1 LinkLocalAddressing=ipv6
2 IPv6PrivacyExtensions=true
```

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque
Interface IdentifiersTemporary 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

Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque
Interface IdentifiersTemporary 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>

```


Einführung

Aussehen

Aufbau

Abkürzungen

Interface Identifier

Semantically Opaque
Interface IdentifiersTemporary 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)

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 (Sicherheitsschicht) 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

Einführung

Aussehen

Adressen

Unicast

Unicast Adress-Bereiche

LinkLocalAdressen

Unique Local Unicast
Adresses

Global Unicast Adresse

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

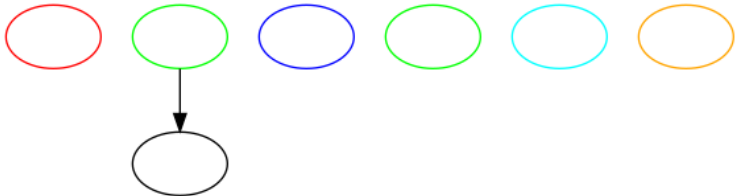
ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

Definition

Der Kommunikationsfluss zwischen ganz genau 2 spezifischen Teilnehmern.



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

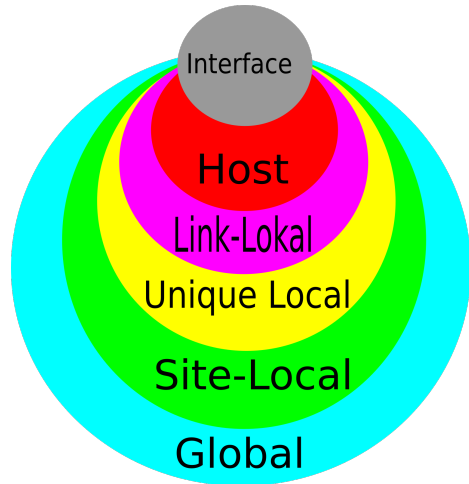
IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

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



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

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

Einführung

Aussehen

Adressen

Unicast

Unicast Adress-Bereiche

LinkLocalAdressen

Unique Local Unicast
Adresses

Global Unicast Adresse

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

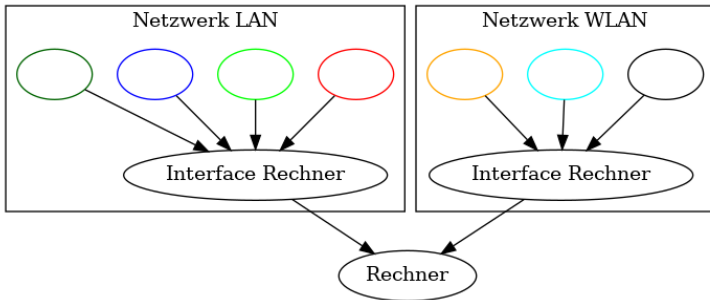
IPv6 Header

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
```

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 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

weitere Informationen:

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

LinkLocalAdressen

Unique Local Unicast
Adresses

Global Unicast Adresse

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

- ▶ zufällig generiert
 - ▶ Tageszeit
 - ▶ dem EUI-64 Identifier des Systems oder der MAC-Adresse
 - ▶ Tageszeit und Identifier vermischen, um daraus einen Key zu erstellen
 - ▶ SHA-1 Wert von 160bit Länge aus dem Key errechnen
 - ▶ die letzten signifikanten 40 Bits als Global ID verwenden

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 3587 - 2003

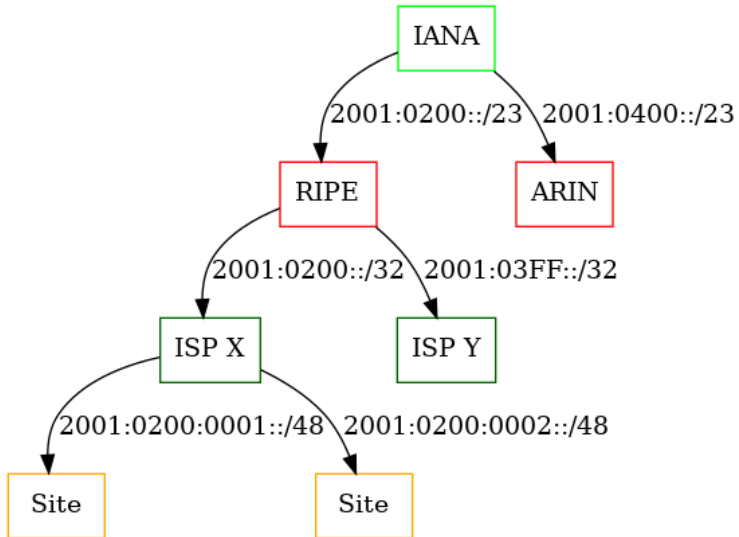
RFC 4291 - 2006

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::- ▶ Adressen werden im Internet geroutet
- ▶ sind weltweit erreichbar

Was sind Globale Unicast Adressen?

Hierarchische 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

Einführung

Aussehen

Adressen

Unicast

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

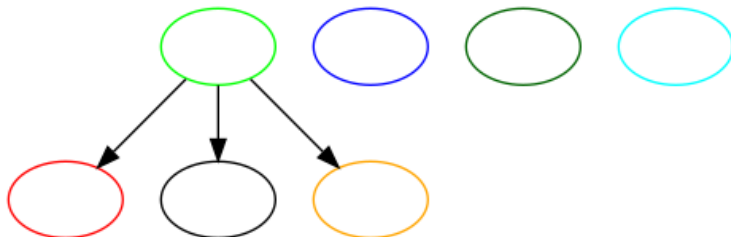
- A Broadcast ist auch in IPv6 vorhandenX
Broadcast ist NICHT in IPv6 integriert
- B In IPv6 gibt es nur Unicast, Multicast und Anycast✓
- C Anycast ist genau das gleiche, wie Broadcast X
Anycast ist was anderes als Broadcast
- D Anycast wird für Load Balacing verwendet✓

Hinweis: Broadcast spricht alle Adressen in einem Netz an.

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

Einführung

Aussehen

Adressen

Unicast

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

weitere Informationen:

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

Die Scopes haben folgende Bedeutung:

Wert	Scope	Beschreibung
0	reserviert	
1	Interface-Local	Loopback
2	Link Local	nur im lokalen Subnetz
3	Realm-Local	für eine bestimmte Netzwerk-Technologie (zBsp Mesh)
4	Admin-Local	Geltungsbereich vom Router-Admin definiert
5	Site-local	für den Bereich einer lokalen Site
8	Organisation-Local	über mehrere Sites aber gleiches logisches Netz
E	Global	Globaler Multicast

Fehlende Scope sind nicht zugewiesen und dürfen zur Definierung von Multicast-Regionen verwendet werden.

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

weitere Multicast Adressen:

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

Einführung

Aussehen

Adressen

Unicast

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

Einführung

Aussehen

Adressen

Unicast

Multicast Adressen

Anycast Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

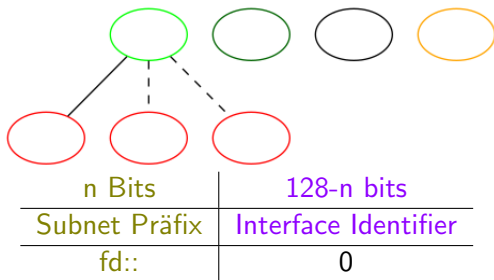
IPv6 Header

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

weitere Informationen:

Was sind Anycast Adressen

- Nutzen: zB LoadBalancing

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

▶ 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 ✗

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)

weitere Informationen:

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** 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“

Das Test-Netzwerk

IP-Adressen checken und pingen

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

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

ping

ssh

curl

Webbrowser

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

▶ 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

Webseiten über IPv6

mit curl

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]"
```

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

ping

ssh

curl

Webbrowser

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

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 ✓

Webbrowser

Webseiten mit IPv6

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

ping

ssh

curl

Webbrowser

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

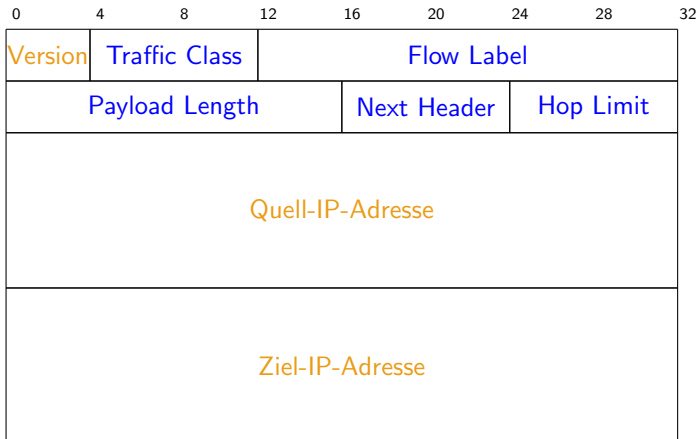
SLAAC

ENDE

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

IPv6 Header seziert

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

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

Erklärung zum den Feldern im IP-Header:

Feld	Bit	Beschreibung
Version	4	Hier ist die Version des IP-Protokolls abgelegt, nach der das IP-Paket erstellt wurde.
Traffic Class	8	Priorität des Pakets beim Routen (Quality of Service / QoS)
Flow Label	20	Weiterer Marker für QoS bei Echtzeitanwendungen und Streaming. Pakete mit gleichem Flow-Wert werden gleich behandelt.
Payload Length	16	Netto-Länge des Datenpakets (= Payload + Header Extensions)
Next Header	8	Identifiziert den Typ des nächsten Kopfdatenbereiches, dieser kann entweder einen Erweiterungs-Kopfdatenbereich oder ein Protokoll höherer Schicht bezeichnen, wie z. B. TCP
Hop Limit	8	Maximale Anzahl von Router-Durchläufen (Hops). Bei jedem Hop wird dieser Zähler um eins dekrementiert. Beim Stand null wird das Paket verworfen.
Quell-IP-Adresse	128	An dieser Stelle steht die IP-Adresse der Station, die das IP-Paket abgeschickt hat.
Ziel-IP-Adresse	128	An dieser Stelle steht die IP-Adresse der Station, für die das IP-Paket bestimmt ist. Soll das IP-Paket an mehrere Stationen zugestellt werden, muss hier eine Multicast-Adresse stehen.

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

Neighbour Discovery

RS und RA

NUD

DAD

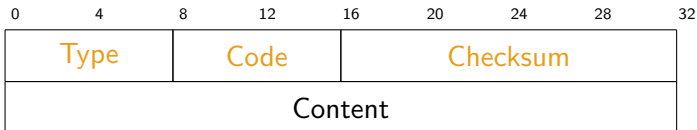
SLAAC

ENDE

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>

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

Neighbour Discovery

RS und RA

NUD

DAD

SLAAC

ENDE

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 \(2013\)](#)

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

Neighbour Discovery

RS und RA

NUD

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
- ▶ ...

weitere Informationen:

IPv6 ICMP-Messages

ICMP Aufgaben

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

ICMP-Message-Types

Router-Solicitation (RS)

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

Neighbour Discovery

RS und RA

ND

NUD

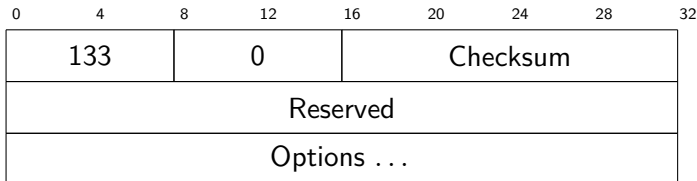
DAD

SLAAC

ENDE

Definition

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



weitere Informationen:

ICMP-Message-Types

Router-Solicitation (RS)

- wird nach dem aktivieren des Interfaces versendet

ICMP-Message-Types

Router-Advertisement (RA)

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

Neighbour Discovery

RS und RA

ND

NUD

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

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

Neighbour Discovery

RS und RA

ND

NUD

DAD

SLAAC

ENDE

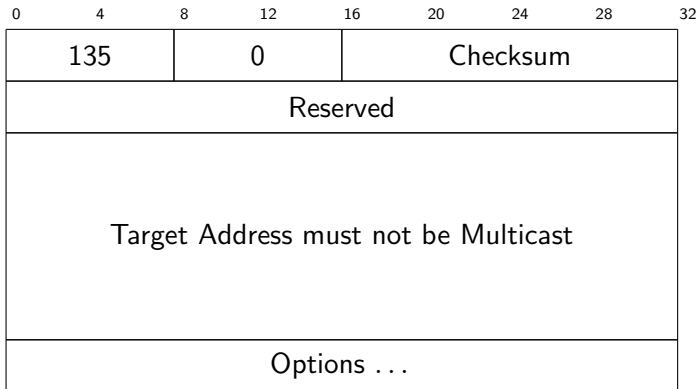
Definition

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.

Neighbour Solicitation (NS)

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



Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

Neighbour Discovery

RS und RA

ND

NUD

DAD

SLAAC

ENDE

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

Neighbour Discovery

RS und RA

ND

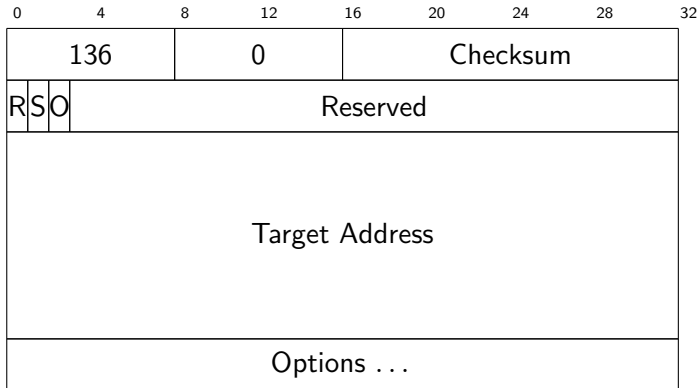
NUD

DAD

SLAAC

ENDE

Neighbour Advertisement Message (Bekanntgabe des Hosts):



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

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

Neighbour Discovery

RS und RA

NUD

DAD

SLAAC

ENDE

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

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

Neighbour Discovery

RS und RA

NUD

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 unbenutzen 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*

IPv6 Protokolle

Duplicate Address Detection

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

Neighbour Discovery

RS und RA

NUD

DAD

SLAAC

ENDE

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

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

Neighbour Discovery

RS und RA

NUD

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 Identifizier auf MAC-Adresse*

↳ *basierend*

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

Neighbour Discovery

RS und RA

NUD

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 X

Hinweis: Nachdem was der RFC vorschreibt

weitere Informationen:

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].

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 Dectection (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

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

IPoAC und IPv6

ENDE

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

IPoAC und IPv6

IPoAC Lösungen

ENDE

▶ 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

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 ✗

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

IPoAC und IPv6

IPoAC Lösungen

ENDE

- ▶ 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

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

IPoAC und IPv6

IPoAC Lösungen

ENDE

- ▶ 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

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

IPoB

Vielen Dank fürs Zuhören!

Kontaktmöglichkeiten:

email: ratten@buecherratten.in-berlin.de

jabber: [buecherratten@jabber.in-berlin.de](jabber:buecherratten@jabber.in-berlin.de)

Repro:

[http://git.tuxteam.de/gitweb/?p=](http://git.tuxteam.de/gitweb/?p=susannes-git/Ipv6-Vortrag.git;a=tree)

[susannes-git/Ipv6-Vortrag.git;a=tree](http://git.tuxteam.de/gitweb/?p=susannes-git/Ipv6-Vortrag.git;a=tree)

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

IPoB

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 Auslieferungszeit

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

RFC 5514 - 2009

Definition

Um die IPv6-Geräte zu erhöhen, sollen alle Sozialen Netzwerk Plattformen in IPv6 Netzwerke migriert werden. Damit soll erreicht werden die IPv6 Kenntnisse ebenso zu erhöhen, wie die IPv6 Router.

- ▶ Experimentelles Protokoll
- ▶ mögliche Netzwerke: Facebook, LinkedIn, etc.
- ▶ Jeder User des Netzwerk ist ein Router
- ▶ Jeder befreundete User ist ein point-to-point Link
- ▶ Da User mehrere Freunde; Partner, Beziehungen möchten, ist mit einem großen gemeshed Netz zu rechnen
- ▶ Das erzeugt eine gute IPv6 Connectivity

Einführung

Aussehen

Adressen

IPoAC Adressen

HandsON

IPv6 Header

ICMP bei IPv6

SLAAC

ENDE

- ▶ Viele Soziale Netzwerk Apps (SNAs) erlauben Plug-Ins
- ▶ Plug-Ins erzeugen mit Hilfe des Users IPv6 Pakete
- ▶ Diese werden Sprung für Sprung über meshed SNA/IPv6 übertragen
- ▶ Die übliche Regel lautet, dass SNA Kontobnutzer über eine Web Aktion die erhaltenen IPv6 Pakete verarbeiten
- ▶ Dies verursacht mitunter große Verzögerungen zwischen Teilnehmern, daher sind die Routing-Timer anzupassen
- ▶ Interface Identifier werden aus der einzigartige numerische User-Identifikation in SNAs erstellt
- ▶ es werden nur GUA und LLA generiert
- ▶ ...