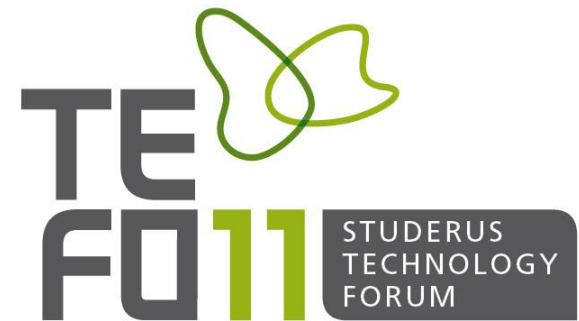


IPv6 ist da – was nun?

Wie Sie IPv6 erfolgreich in der Praxis umsetzen

Rolf Leutert, Leutert NetServices
Alex Bachmann, Studerus AG



Vorstellung



Rolf Leutert, Network Consultant
Leutert NetServices
8058 Zürich-Flughafen

- Netzwerk Analyse & Troubleshooting
- Protokoll Schulungen TCP/IP, WLAN, VoIP, IPv6
- Wireshark® Certified Network Analyst 2010
- Wireshark® Instructor seit 2006
- Sniffer® certified Instructor seit 1990

leutert@wireshark.ch
www.wireshark.ch





Agenda



- IPv4 / IPv6 Unterschiede
- IPv6 Adressbereiche
- Dual-Stack Betrieb
- ISATAP Tunneling
- TEREDO Tunneling
- IPv6rd Tunneling
- IPv6 nächste Schritte
- Kurshinweise

IPv4 / IPv6 Unterschiede

- **Zahlreiche** Unterschiede zwischen IPv4 und IPv6
- Die offensichtlichste ist die Länge der Adresse mit **128 statt 32 Bits**
- 4 mal längere Adresse bedeutet **nicht** 4 mal mehr Adressen
- Mit jedem zusätzlichen Bit wird der Adressraum **verdoppelt** (96x)
- 128 Bit ergeben einen Bereich von **$3,4 * 10^{38}$** Adressen
- Mehr als **10^{27}** Adressen **pro Person** auf der Welt

IPv4 Adresse, 32 bits 192.168.20.30

IPv6 Adresse, 128 bits 2001:0DB8:0000:0000:0000:0000:1428:57AB

network prefix

interface identifier

IPv6 Adresse, 128 bits, Kurzform: **2001:db8::1428:57ab**

IPv4 / IPv6 Unterschiede



Angenommen der bestehende IPv4 Bereich (2^{32}) mit **4.2 Milliarden** Adressen würde auf einer Fläche von **1 Millimeter²** abgebildet:

Wie gross wäre die entsprechende Fläche gleicher Dichte mit IPv6?

Die entsprechende Fläche wäre:

155 Millionen Erdoberflächen!!!

(Die Erdoberfläche ist 510 Millionen km²)



+



IPv4 / IPv6 Unterschiede

- Keine Broadcasts mehr, weder auf **Layer 3** noch **Layer 2**
- Clients können IPv6 Adressen **automatisch konfigurieren**
- Clients werden **mehrere IPv6 Adressen** haben (Lokale und Globale)
- Der Globale Address-Prefix kann vom **Router** geliefert werden
- **ARP** wird nicht mehr für die für die MAC-Adresse Suche verwendet
- Neue **Neighbor Discovery** Meldungen für Prefix- und MAC Suche
- **Dual Stack** Betrieb ermöglicht **Smooth Transition** IPv4 zu IPv6
- **Tunneling** Methoden erlauben Transport von IPv6 über IPv4 Netze

IPv4 / IPv6 Unterschiede

```
Administrator: Command Prompt
IPv6-Routentabelle
=====
Aktive Routen:
If Metrik Netzwerkziel Gateway
13 286 ::/0 fe80::20b:fdff:feac:c560
16 281 ::/0 fe80::5efe:192.168.20.1
1 306 ::1/128 Auf Verbindung
14 18 2001::/32 Auf Verbindung
14 266 2001:0:d5c7:a2d6:281b:276f:3f57:ff32/128 Auf Verbindung
13 38 2001:cafe:0:20::/64 Auf Verbindung
13 286 2001:cafe:0:20::113/128 Auf Verbindung
13 286 2001:cafe:0:20:222:64ff:fe6b:8532/128 Auf Verbindung
13 286 2001:cafe:0:20:8d2d:33b4:5455:ad15/128 Auf Verbindung
16 33 2001:cafe:0:40::/64 Auf Verbindung
16 281 2001:cafe:0:40:0:5efe:192.168.0.205/128 Auf Verbindung
13 286 fe80::/64 Auf Verbindung
14 266 fe80::/64 Auf Verbindung
16 281 fe80::5efe:192.168.0.205/128 Auf Verbindung
17 296 fe80::5efe:192.168.10.100/128 Auf Verbindung
13 286 fe80::222:64ff:fe6b:8532/128 Auf Verbindung
14 266 fe80::281b:276f:3f57:ff32/128 Auf Verbindung
1 306 ff00::/8 Auf Verbindung
14 266 ff00::/8 Auf Verbindung
13 286 ff00::/8 Auf Verbindung
=====
```

Global Addresses

Link Local Addresses

IPv4 / IPv6 Unterschiede



Error and Control Messages

Multicast Listener Discovery (MLD) Messages

Neighbor Discovery (ND) Messages

Echo Request/Reply
Destination unreachable
Time exceeded
Redirect
Parameter Problem
Packet too big

Multicast Listener Query
Multicast Listener Report
Multicast Listener Done

Neighbor Solicitation
Neighbor Advertisement
Router Solicitation
Router Advertisement

ICMPv6

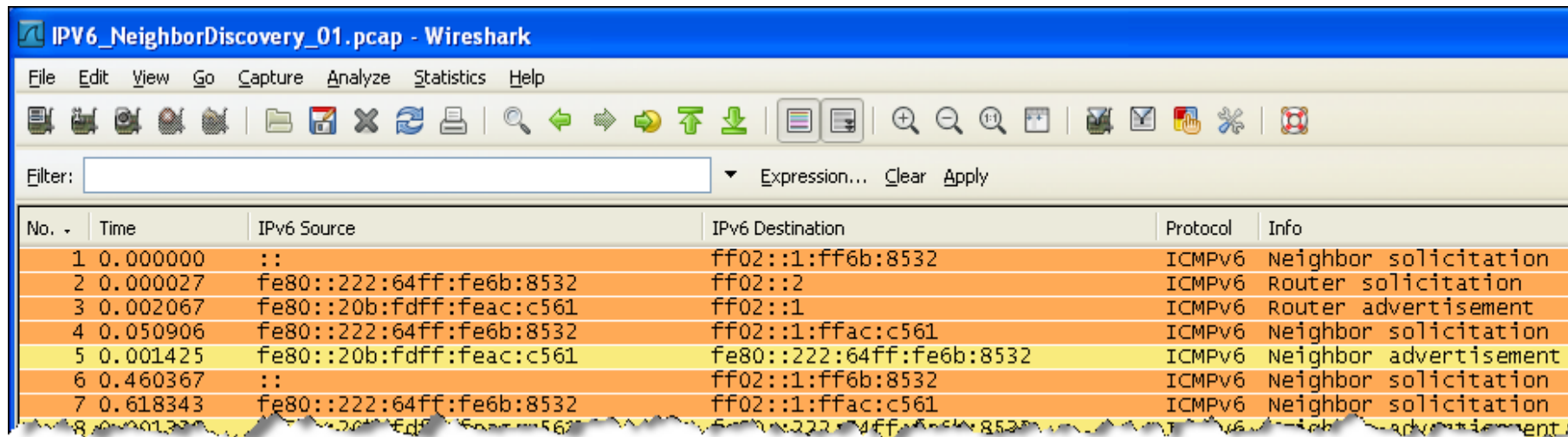
IPv6

LAN, WLAN and WAN Protocols

IPv4 / IPv6 Unterschiede

Frame

- 1 Duplicate Address Detection after Link-Local autoconfiguration
- 2 Router Discovery
- 3 Router Advertisement and global address autoconfiguration
- 4 Neighbor Discovery (searching for Router MAC)
- 5 Neighbor Advertisement (reply from Router with MAC)
- 6 Duplicate Address Detection with acquired global address



IPv6_NeighborDiscovery_01.pcap - Wireshark

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Help

Filter: Expression... Clear Apply

| No. - | Time | IPv6 Source | IPv6 Destination | Protocol | Info |
|-------|----------|--------------------------|--------------------------|----------|------------------------|
| 1 | 0.000000 | :: | ff02::1:ff6b:8532 | ICMPv6 | Neighbor solicitation |
| 2 | 0.000027 | fe80::222:64ff:fe6b:8532 | ff02::2 | ICMPv6 | Router solicitation |
| 3 | 0.002067 | fe80::20b:fdff:feac:c561 | ff02::1 | ICMPv6 | Router advertisement |
| 4 | 0.050906 | fe80::222:64ff:fe6b:8532 | ff02::1:ffac:c561 | ICMPv6 | Neighbor solicitation |
| 5 | 0.001425 | fe80::20b:fdff:feac:c561 | fe80::222:64ff:fe6b:8532 | ICMPv6 | Neighbor advertisement |
| 6 | 0.460367 | :: | ff02::1:ff6b:8532 | ICMPv6 | Neighbor solicitation |
| 7 | 0.618343 | fe80::222:64ff:fe6b:8532 | ff02::1:ffac:c561 | ICMPv6 | Neighbor solicitation |
| 8 | 0.001322 | fe80::20b:fdff:feac:c561 | fe80::222:64ff:fe6b:8532 | ICMPv6 | Neighbor advertisement |

IPv6 Adressbereiche



Unicast

- Global
 - 2000::/3 IANA Global Unicast Range
 - 2001::/16 RIPE NCC (Europe)
 - 2003::/16 RIPE NCC (Europe)
 - 2a00::/12 RIPE NCC (Europe)
 - <http://www.sixxs.net/tools/grh/dfp/all/?country=ch>
- Reserved
 - 2002:/16 6to4 address space
- Local (not routed in the Internet)
 - Link-Local
 - fe80:/10 former IPv4 169.254.0.0/16 APIPA
 - Local
 - fd00:/8 Registered Unique Local Address (ULA)
 - www.sixxs.net/tools/grh/ula/
 - www.sixxs.net/tools/grh/ula/list/

IPv6 Adressbereiche



Multicast prefixes and scopes

- Interface-local Scope
- Link-local Scope
- Site-local Scope
- Global Scope

ff00:: /8
ff01:: /64
ff02:: /64
ff05:: /64
ff0e:: /64

Multicast group identifier

| | | | |
|-----|-------------------|---------------|--------------------------|
| ::1 | All nodes | ::b | All mobile agents |
| ::2 | All routers | ::c | SSDP |
| ::3 | unassigned | ::d | All PIM router |
| ::4 | DVMRP router | ::e | RSVP-encapsulation |
| ::5 | OSPF IGP | ::16 | LLMNR |
| ::6 | OSPF IGP DR | ::101 | NTP server |
| ::7 | ST router | ::1:1 | Link name |
| ::8 | ST hosts | ::1:2 | All DHCP relay agents |
| ::9 | All RIP routers | ::1:3 | DNS & LLMNR |
| ::a | All EIGRP routers | ::1:ffxx:xxxx | Solicited node multicast |

IPv6 Adressbereiche



Anycast

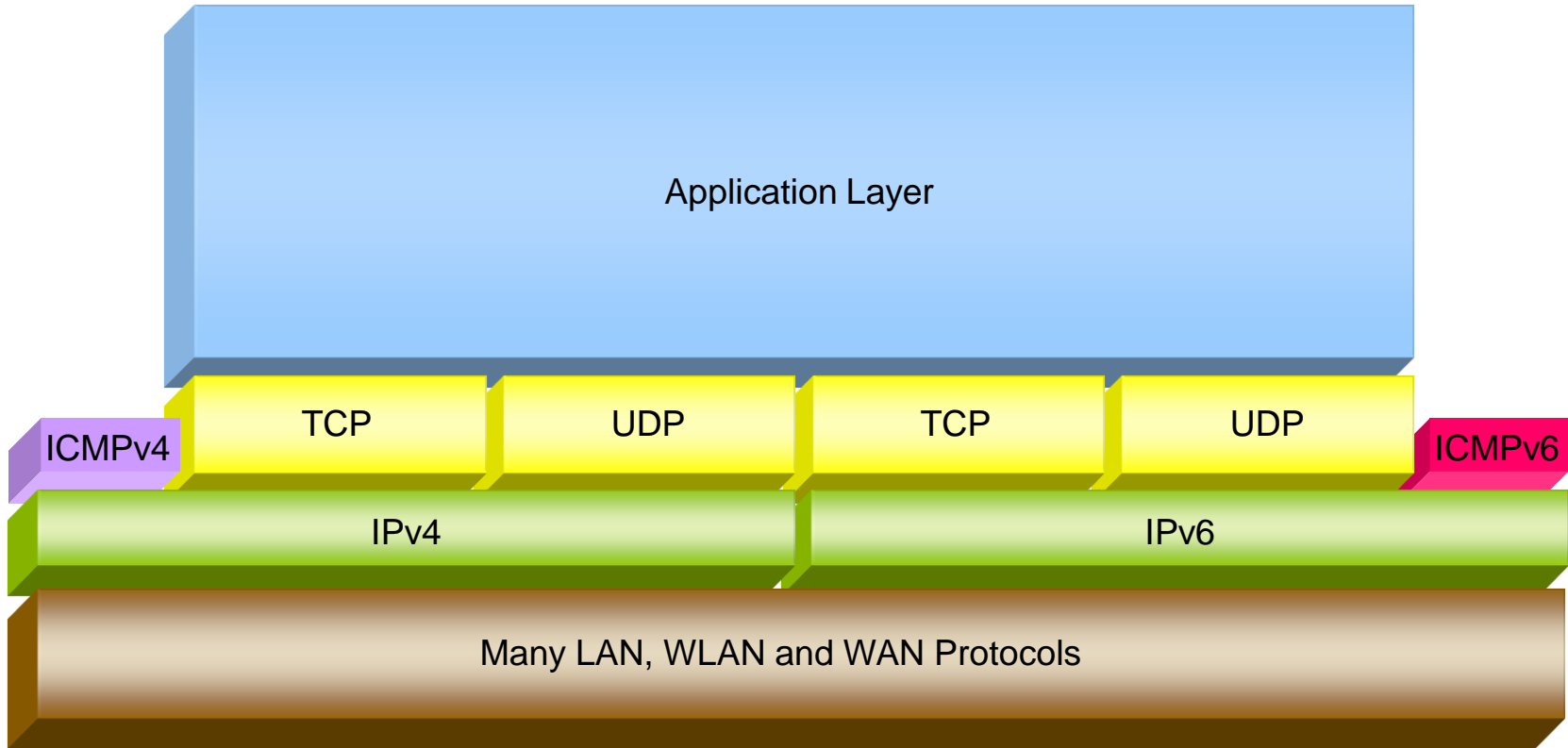
- These type of addresses can be used to reach certain functions which are assigned to different servers (i.e. Root Server)
- Anycast addresses are unicast and are routed to the nearest server

| | | |
|----------------------|--------------------|---------------|
| RIPE NCC Root Server | 2001:7fd::1 | 193.0.14.129 |
| VeriSign Root Server | 2001:503:c27::2:30 | 192.58.128.30 |

Special Addresses

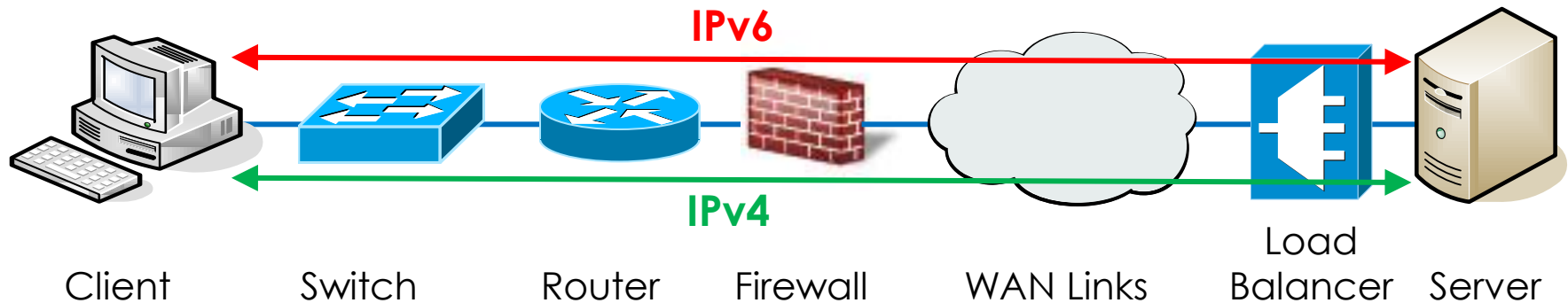
- Unspecified
0:0:0:0:0:0:0:0/128 or ::/128
used as source address only
- Loopback
::1/128 (former IPv4 127.0.0.1)
local host or loopback address
- Default Gateway
::/0 used as gateway of last resort

Dual-Stack Betrieb



- Im Dual-Stack Betrieb werden IPv4 und IPv6 **nebeneinander** unterstützt
- Die **Anwendung** entscheidet welcher Stack verwendet wird

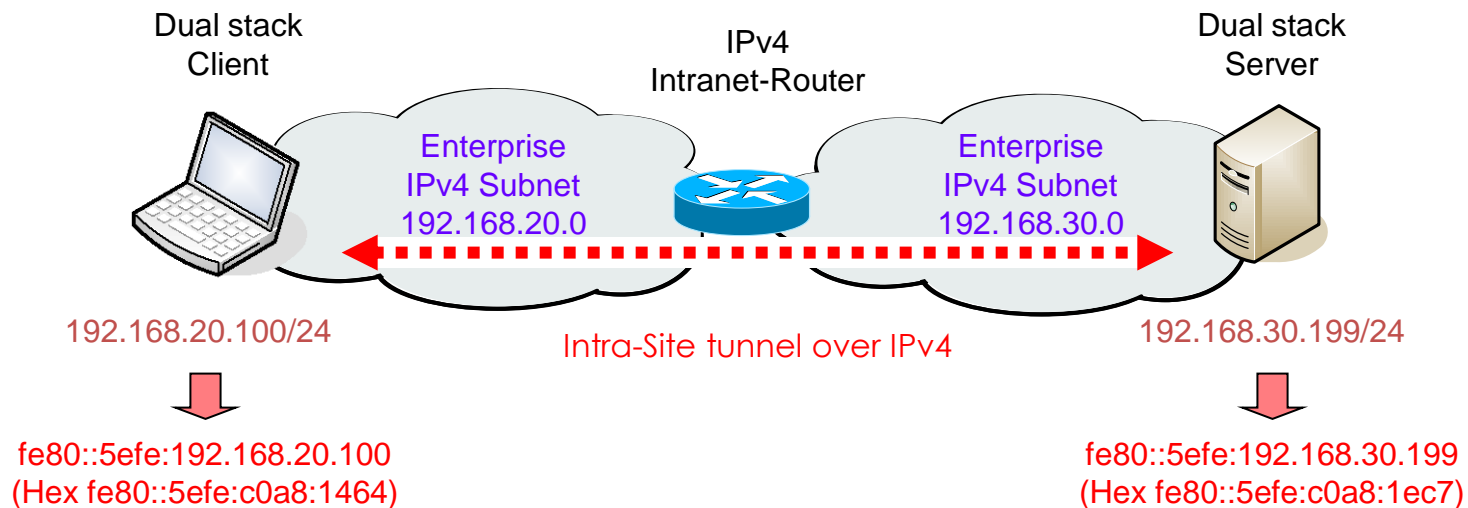
Dual-Stack Betrieb



- Viele Komponenten sind bereits **dual-stack** fähig
- Für eine durchgehende Kommunikation müssen **alle** Geräte IPv6 fähig sein
- IPv4 Switches **sind** IPv6 tauglich (mit Ausnahme von IPv6 multicasting)
- Lassen Sie sich vom **Hersteller** die IPv6 Tauglichkeit bestätigen.
- **Windows 7** bevorzugt IPv6 vor IPv4
- Die IPv6 Implementierungen in den Betriebssystemen ist **unterschiedlich**
- IPv6 fähig heisst **nicht**, dass bereits **alle Funktionen** unterstützt sind

ISATAP Tunneling

- ISATAP (Intra-Site Automatic Tunnel Addressing Protocol)
- ISATAP ermöglicht Betrieb von IPv6 über bestehende IPv4 Infrastruktur
- ISATAP muss nur auf den Endgeräten aktiviert werden
- Endgerät bildet automatisch eine von IPv4 abgeleitete IPv6 Adresse
- ISATAP funktioniert nicht über NAT Router hinweg



ISATAP Tunneling

IPV6_Ping_through_ISATAP_tunnel.pcap - Wireshark

Filter: `vlan.id == 20`

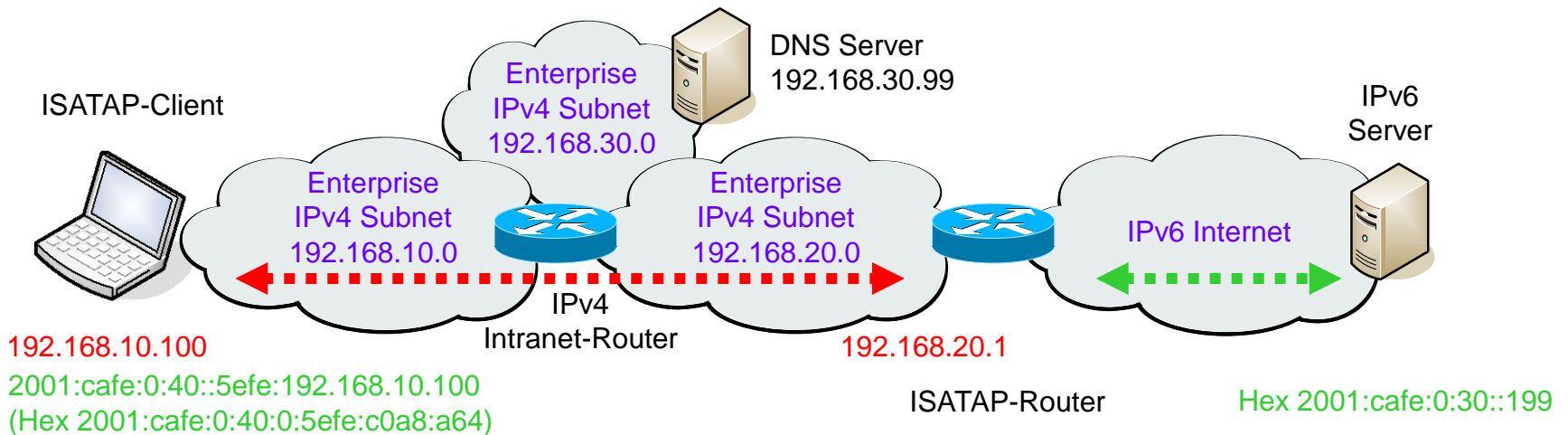
| No. | Time | IPv6 Source | IPv6 Destination | IPv4 Source | IPv4 Destination | Protocol | Info |
|-----|----------|----------------------|----------------------|----------------|------------------|----------|--------------|
| 1 | 0.000000 | fe80::5efe:c0a8:1464 | fe80::5efe:c0a8:1ec7 | 192.168.20.100 | 192.168.30.199 | ICMPv6 | Echo request |
| 4 | 0.000819 | fe80::5efe:c0a8:1ec7 | fe80::5efe:c0a8:1464 | 192.168.30.199 | 192.168.20.100 | ICMPv6 | Echo reply |
| 5 | 1.002117 | fe80::5efe:c0a8:1464 | fe80::5efe:c0a8:1ec7 | 192.168.20.100 | 192.168.30.199 | ICMPv6 | Echo request |
| 8 | 0.000794 | fe80::5efe:c0a8:1ec7 | fe80::5efe:c0a8:1464 | 192.168.30.199 | 192.168.20.100 | ICMPv6 | Echo reply |
| 9 | 1.013203 | fe80::5efe:c0a8:1464 | fe80::5efe:c0a8:1ec7 | 192.168.20.100 | 192.168.30.199 | ICMPv6 | Echo request |
| 12 | 0.000811 | fe80::5efe:c0a8:1ec7 | fe80::5efe:c0a8:1464 | 192.168.30.199 | 192.168.20.100 | ICMPv6 | Echo reply |
| 13 | 1.013145 | fe80::5efe:c0a8:1464 | fe80::5efe:c0a8:1ec7 | 192.168.20.100 | 192.168.30.199 | ICMPv6 | Echo request |
| 16 | 0.000854 | fe80::5efe:c0a8:1ec7 | fe80::5efe:c0a8:1464 | 192.168.30.199 | 192.168.20.100 | ICMPv6 | Echo reply |

Frame 1 (118 bytes on wire, 118 bytes captured)

- Ethernet II, Src: HewlettP_6b:85:32 (00:22:64:6b:85:32), Dst: Cisco_ac:c5:60 (00:0b:fd:ac:c5:60)
- 802.1Q Virtual LAN, PRI: 0, CFI: 0, ID: 20
- Internet Protocol, Src: 192.168.20.100 (192.168.20.100), Dst: 192.168.30.199 (192.168.30.199)
- Internet Protocol version 6
 - 0110 = Version: 6
 - 0000 0000 = Traffic class: 0x00000000
 - 0000 0000 0000 0000 0000 = Flowlabel: 0x00000000
 - Payload length: 40
 - Next header: ICMPv6 (0x3a)
 - Hop limit: 128
 - Source: fe80::5efe:c0a8:1464 (fe80::5efe:c0a8:1464)
 - Destination: fe80::5efe:c0a8:1ec7 (fe80::5efe:c0a8:1ec7)
- Internet Control Message Protocol v6

ISATAP Tunneling

- Ein als **ISATAP-Router** kann Zugriff auf native IPv6 herstellen
- Ein ISATAP Client kann die Router Adresse über **DNS** erhalten
- Der Client erhält einen **IPv6 global unicast prefix** vom ISATAP Router
- Der Client verpackt **IPv6 in IPv4 Frames** und schickt diese dem Router

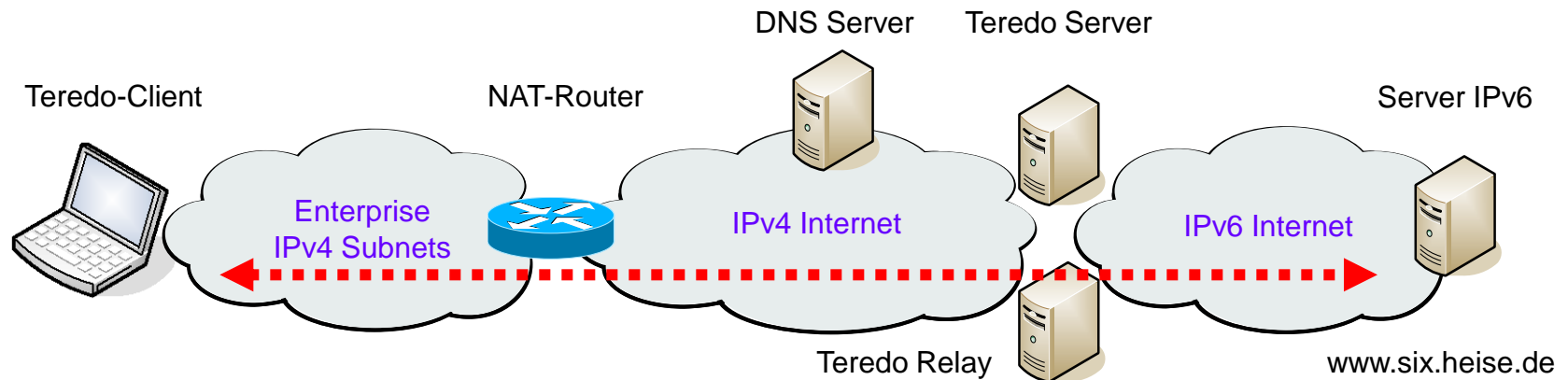


- Der ISATAP-Router entpackt die Frames zu **native IPv6 Frames**

+

TEREDO Tunneling

- Tunneling Methode benannt nach **Teredo Navalis** (Schiffsbohrwurm)
- Teredo **verpackt IPv6** Daten in einem **UDP/IPv4 Datagramm**
- Die meisten **NAT-Router** können diese Frames in Internet weiterleiten
- Teredo ermöglicht eine Verbindung zu einem **IPv6 Server im Internet**
- Teredo **Server** und **Relay** im Internet übernehmen die Umwandlung



- Teredo Tunnels werden **ohne Konfiguration** aufgebaut

TEREDO Tunneling

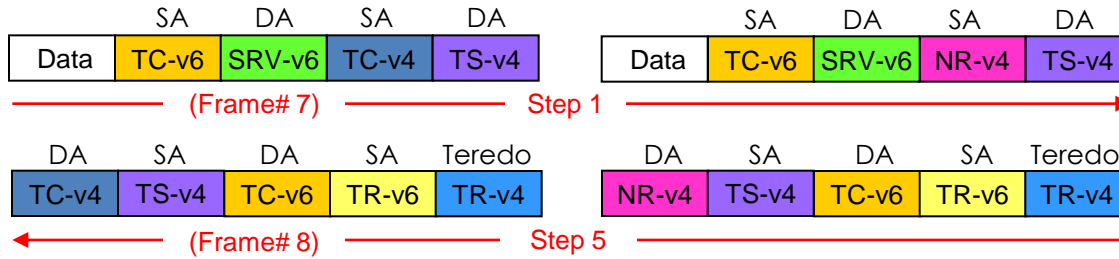


| No. | Time | Source Address | Destination Address | Protocol | Info |
|-----|-----------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------|--|
| 1 | 0.000000 | 192.168.0.201 | 192.168.0.1 | DNS | Standard query A teredo.ipv6.microsoft.com |
| 2 | 0.020750 | 192.168.0.1 | 192.168.0.201 | DNS | Standard query response CNAME teredo.ipv6.microsoft.com.nsatc.net A 94.245.121.253 |
| 3 | 70.867437 | 192.168.0.201 | 192.168.0.1 | DNS | Standard query A www.six.heise.de |
| 4 | 0.023322 | 192.168.0.1 | 192.168.0.201 | DNS | Standard query response |
| 5 | 0.001338 | 192.168.0.201 | 192.168.0.1 | DNS | Standard query AAAA www.six.heise.de |
| 6 | 0.004647 | 192.168.0.1 | 192.168.0.201 | DNS | Standard query response AAAA 2a02:2e0:3fe:100::6 |
| 7 | 0.015022 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | Teredo | Direct IPv6 Connectivity Test id=0x65d6, seq=36125 |
| 8 | 0.076991 | fe80::24ac:fa35:f9ed:545c | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | IPv6 | IPv6 no next header |
| 9 | 59.981557 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | fe80::24ac:fa35:f9ed:545c | IPv6 | IPv6 no next header |
| 10 | 0.020733 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | ICMPv6 | Echo (ping) reply id=0x7dfe, seq=56827 |
| 11 | 3.917426 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | TCP | 50592 > http [SYN] Seq=0 win=8192 Len=0 MSS=1220 SACK_PERM=1 |
| 12 | 0.022013 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | TCP | http > 50592 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 win=5760 Len=0 MSS=1440 SACK_PERM=1 |
| 13 | 0.000368 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | TCP | 50592 > http [ACK] Seq=1 Ack=1 win=17080 Len=0 |
| 14 | 0.002041 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | HTTP | GET / HTTP/1.1 |
| 15 | 0.027842 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | TCP | http > 50592 [ACK] Seq=1 Ack=391 win=6432 Len=0 |
| 16 | 0.148421 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | TCP | [TCP segment of a reassembled PDU] |
| 17 | 0.002209 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | TCP | [TCP segment of a reassembled PDU] |
| 18 | 0.000233 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | TCP | 50592 > http [ACK] Seq=391 Ack=2441 win=15860 Len=0 |
| 19 | 0.003756 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | TCP | [TCP window update] 50592 > http [ACK] Seq=391 Ack=2441 win=17080 Len=0 |
| 20 | 0.018471 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | TCP | 50593 > http [SYN] Seq=0 win=8192 Len=0 MSS=1220 SACK_PERM=1 |
| 21 | 0.005230 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | TCP | [TCP segment of a reassembled PDU] |
| 22 | 0.001451 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | TCP | [TCP segment of a reassembled PDU] |
| 23 | 0.000174 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | TCP | 50592 > http [ACK] Seq=391 Ack=4881 win=15860 Len=0 |
| 24 | 0.002851 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | TCP | [TCP window update] 50592 > http [ACK] Seq=391 Ack=4881 win=17080 Len=0 |
| 25 | 0.000820 | 2a02:2e0:3fe:100::6 | 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 | TCP | [TCP segment of a reassembled PDU] |

Frame 14: 492 bytes on wire (3936 bits), 492 bytes captured (3936 bits)
Ethernet II, Src: Quantaco_6d:6c:e0 (00:23:8b:6d:6c:e0), Dst: Avm_bb:c1:0b (00:1a:4f:bb:c1:0b)
Internet Protocol, Src: 192.168.0.201 (192.168.0.201), Dst: 216.66.80.238 (216.66.80.238)
User Datagram Protocol, Src Port: 57812 (57812), Dst Port: 37070 (37070)
Teredo IPv6 over UDP tunneling
Internet Protocol Version 6, Src: 2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85 (2001:0:5ef5:79fd:2801:1e2b:acb2:6c85), Dst: 2a02:2e0:3fe:100::6 (2a02:2e0:3fe:100::6)
Transmission Control Protocol, Src Port: 50592 (50592), Dst Port: http (80), Seq: 1, Ack: 1, Len: 390
Hypertext Transfer Protocol

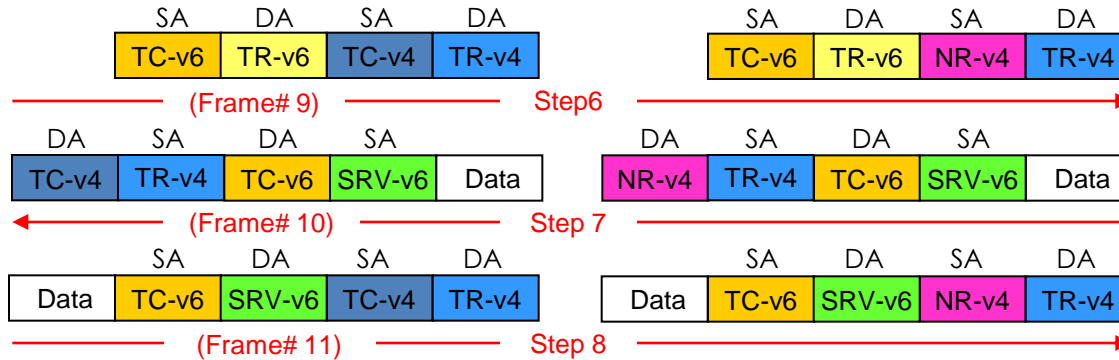
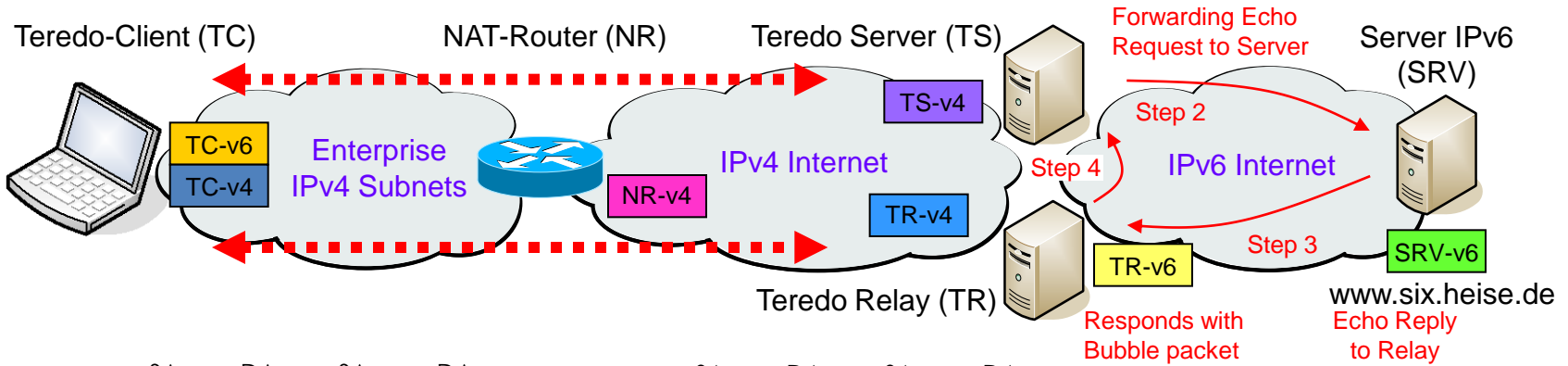
```
0020 50 ee e1 d4 90 ce 01 ca ec 7d 60 00 00 00 01 9a P.....}....
0030 06 80 20 01 00 00 5e f5 79 fd 28 01 1e 2b ac b2 .:.....A.Y.(.+.
0040 6c 85 2a 02 e2 e0 03 fe 01 00 00 00 00 00 00 00 1. ....
0050 00 06 c5 a0 00 50 87 23 05 81 69 8a 0f c2 50 18 ....P.#.i..P.
0060 42 b8 ad 8b 00 00 47 45 54 20 2f 20 48 54 54 50 B.....GE T / HTTP
0070 5f 21 2a 31 0d 03 48 6f 72 74 3a 20 77 77 77 7a (/!+..HO.FF..www
```

TEREDO Tunneling



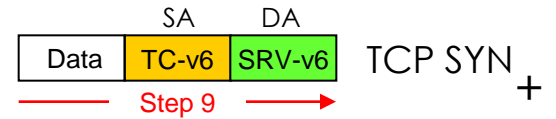
ICMP Echo Request

Bubble Packet (with IP and UDP Port of Teredo Relay)



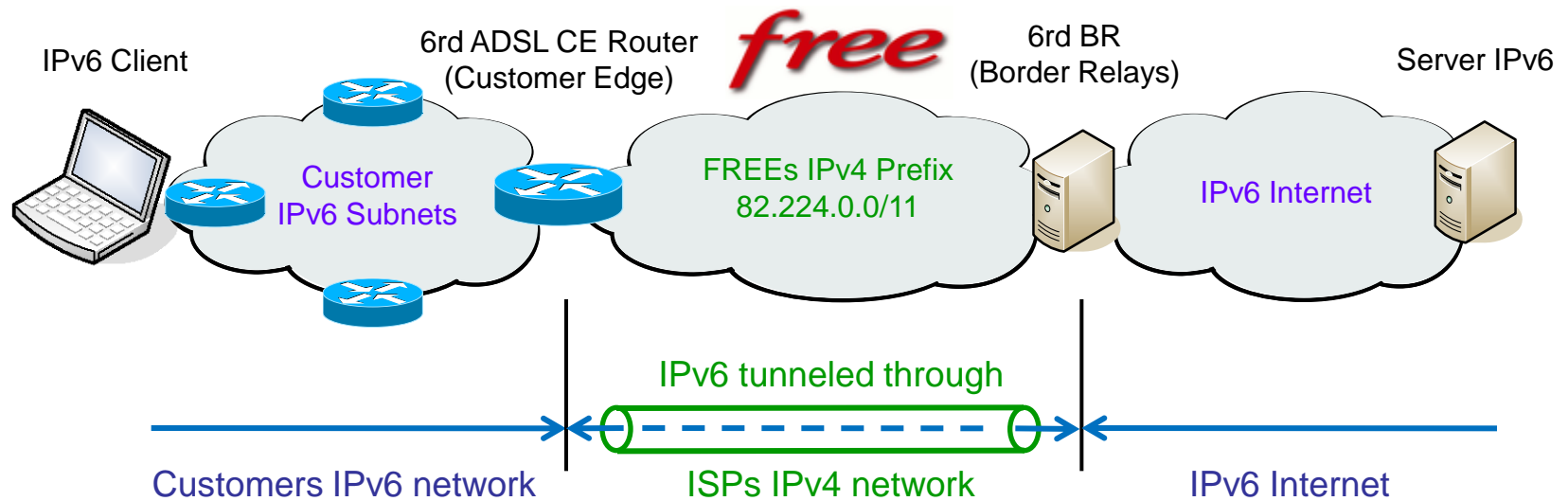
Bubble Packet (Tunnel init.)

ICMP Echo Reply



IPv6rd Tunneling

- 6rd Rapid Deployment Tunnel
- Benannt nach dem Erfinder [Remi Despres](#) / Frankreich
- Vom französischen ISP **FREE** bereits seit 2007 flächendeckend eingesetzt
- **Minimale Änderungen** der Infrastruktur des ISPs erforderlich
- Bildet einen **Tunnel** vom Kundenrouter zu den **Border Relays**
- Transparent für den Endkunden, ermöglicht **Dual-Stack** im Kundennetz

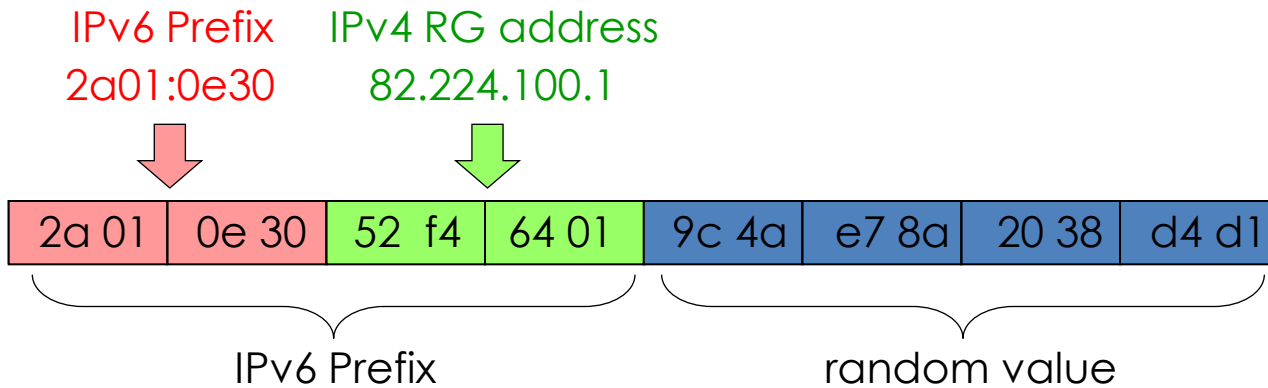
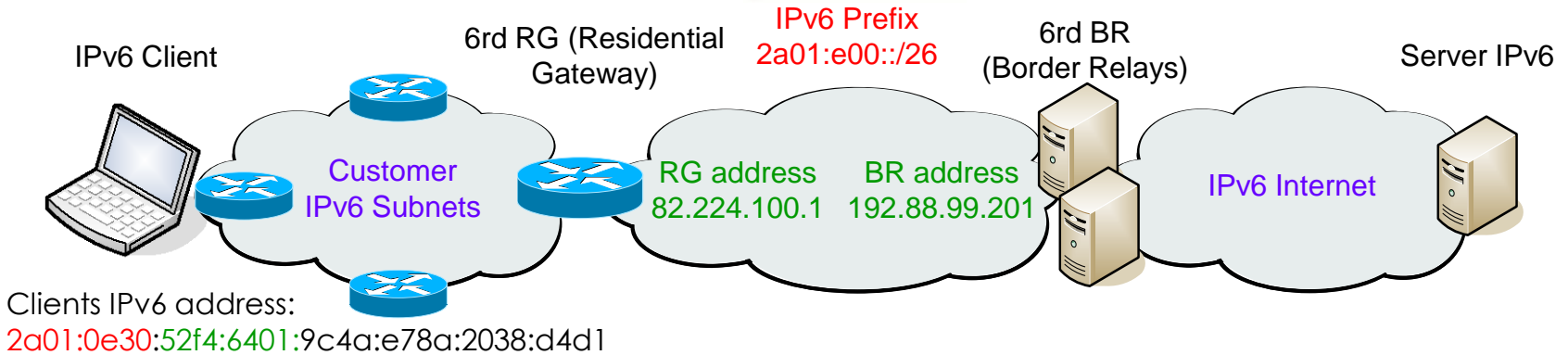


IPv6rd Tunneling

- IPv6 Client bildet sich automatisch eine Globale IPv6 Adresse

Configuration Example:

free



IPv6 nächste Schritte

- Nur noch IPv6 fähige Hard- und Software **beschaffen**
- Bestehende Hard- und Software auf **IPv6 prüfen**
- **Eigene Applikationen** auf IPv6 prüfen
- **Migrationsschritte** überlegen (Dual Stack, Tunnel)
- Eventuell **Labs** mit ISATAP und/oder Teredo
- ULA Adresse lösen auf www.sixxs.net/tools/grh/ula/
- **Ausbildung** beteiligter Stellen
- Wenn kein Druck vorhanden ist: **Abwarten**

Literatur:

IPv6 Das Praxisbuch, Dirk Jarzyna, EAN:9783826691171
120 Seiten IPv4, 120 Seiten IPv6

How to get



Danke für Ihre Aufmerksamkeit



Gerne begrüßen wir Sie an einem Kurs von Leutert NetServices

Grundkurse bei Studerus:

- **NET-Analyse** mit Wireshark
- **IPv6-Protokoll** Einführung

LAB-Kurse bei HSR
(Hochschule Rapperswil)

- **TCP/IP Protokoll**
- **WLAN Analyse**
- **IPv6 Praxisworkshop**



Registrieren sie sich für den technischen Newsletter www.wireshark.ch