

Grundlagen: Rechnernetze und verteilte Systeme

Sechste Woche: 25./28. Mai 2018

Vermittlung, ARP, Headerzeichen

Leo Glavinić

netze@eo.gl

eo.gl/netze

Inhalt

1. ARP und IP-Fragmentierung: Header befüllen!
2. Optischer Telegraf: Midtermaufgabe, Wiederholung

2. ARP und IP-Fragmentierung

ARP: Address Resolution Protocol

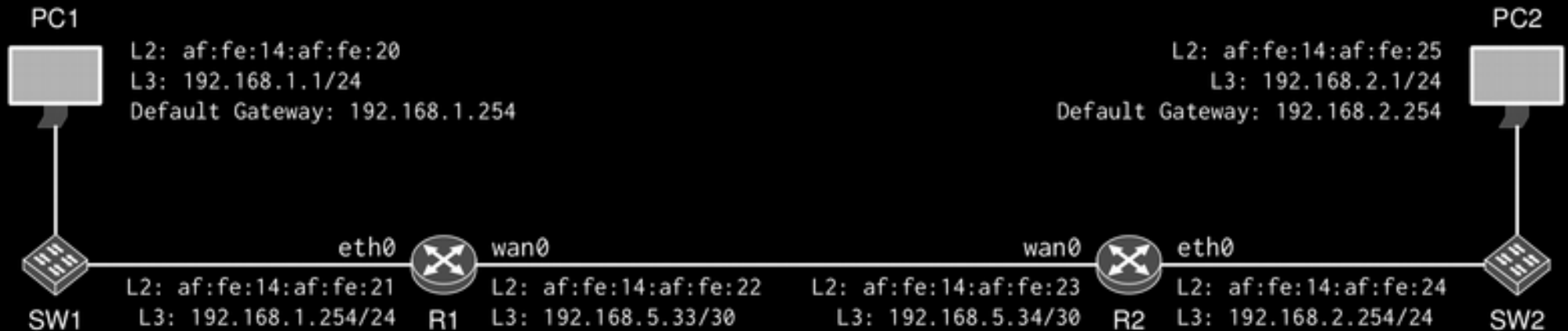
Rechner sendet ARP-Request („Frage“, welche MAC-Adresse (Schicht 2) zu einer bestimmten IP gehört) an alle Stationen der Broadcast-Domäne

Station mit der angesprochenen IP-Adresse (Schicht 3) sendet ARP-Reply mit der eigenen MAC zurück

Default Gateway: „Weiterleitungsstation“, die sich um ein Paket kümmert, wenn IP nicht gefunden wurde

2. ARP und IP-Fragmentierung

1000 B Nutzdaten von PC1 an PC2



MTU (Maximum Transmission Unit): maximale Schicht-3-Paketgröße in einem Netzwerk inkl. Header = maximale Länge der Schicht-2-Payload

MTU zwischen den Routern: 580 B; sonst 1500 B

2. ARP und IP-Fragmentierung

a. Einfluss der Switches

Keine Einwirkung der Switches auf jegliche ausgetauschten Nachrichten, Transparenz aus Sicht der Hosts – Switches verändern keinerlei Adressen!

Zweck von Switches: Unterbrechung von Kollisionsdomänen

2. ARP und IP-Fragmentierung

b. Zahl der Fragmente, in die die 1000 B von Router R1 aufgeteilt werden

Länge des IPv4-Headers: 20 B (ohne Optionen)

$$N = \left\lceil \frac{1000 \text{ B}}{580 \text{ B} - 20 \text{ B}} \right\rceil = 2$$

2. ARP und IP-Fragmentierung

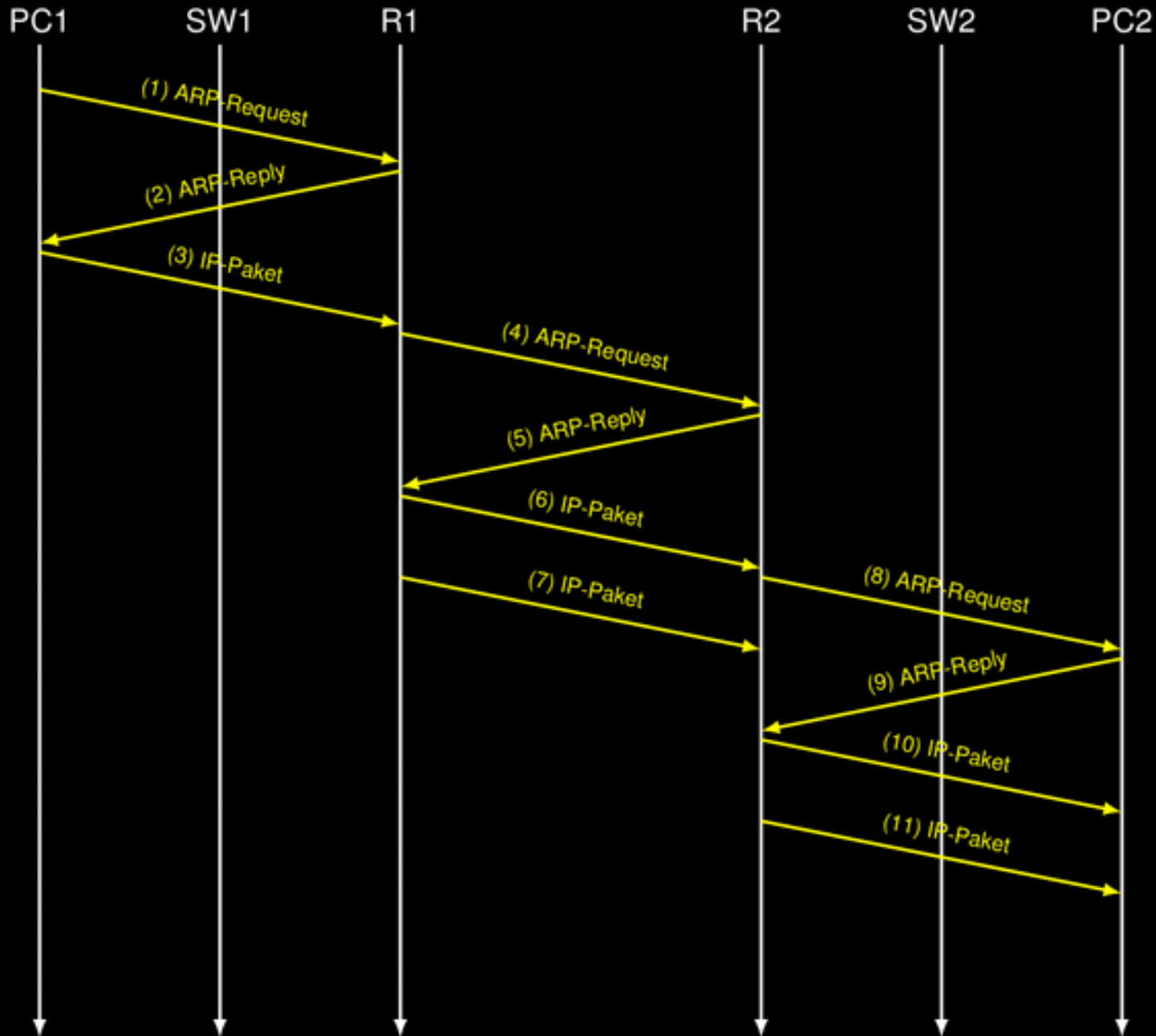
c. Ort der Wiederherstellung der Nachricht

Erst bei PC2! Fragmente als voneinander komplett unabhängige Pakete mit evtl. unterschiedlichen Routingwegen → keine Reassemblierung durch Router

2. ARP und IP-Fragmentierung

d. Vereinfachtes (!) Weg-Zeit-Diagramm aller versendeten Rahmen mit Art

2. ARP und IP-Fragmentierung



2. ARP und IP-Fragmentierung

ef. Header ausfüllen! (siehe Blatt und [Cheatsheet](#))
Deutliche Zugehörigkeit zum jeweiligen Rahmen aus
Aufg. d

2. ARP und IP-Fragmentierung

Ethernet-Header:

1	ff:ff:ff:ff:ff:ff	af:fe:14:af:fe:20	0x0806	Payload	FCS
2	af:fe:14:af:fe:20	af:fe:14:af:fe:21	0x0806	Payload	FCS
3	af:fe:14:af:fe:21	af:fe:14:af:fe:20	0x0800	Payload	FCS
6	af:fe:14:af:fe:23	af:fe:14:af:fe:22	0x0800	Payload	FCS
7	af:fe:14:af:fe:23	af:fe:14:af:fe:22	0x0800	Payload	FCS
10	af:fe:14:af:fe:25	af:fe:14:af:fe:24	0x0800	Payload	FCS
11	af:fe:14:af:fe:25	af:fe:14:af:fe:24	0x0800	Payload	FCS

2. ARP und IP-Fragmentierung

ARP-Pakete:

1

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0x0001																0x0800															
0x06								0x04								0x0001															
0xaffe14af																															
0xfe20																192 ₍₁₀₎ 168 ₍₁₀₎															
1 ₍₁₀₎ 1 ₍₁₀₎																0x0000															
0x00000000																															
192 ₍₁₀₎ 168 ₍₁₀₎ 1 ₍₁₀₎ 254 ₍₁₀₎																															

2. ARP und IP-Fragmentierung

ARP-Pakete:

2

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0x0001								0x0800																							
0x06						0x04						0x0002																			
0xaffe14af																															
0xfe21								192 ₍₁₀₎ 168 ₍₁₀₎																							
1 ₍₁₀₎ 254 ₍₁₀₎								0xaffe																							
0x14affe20																															
192 ₍₁₀₎ 168 ₍₁₀₎ 1 ₍₁₀₎ 1 ₍₁₀₎																															

2. ARP und IP-Fragmentierung

IP-Header:

3



6



2. ARP und IP-Fragmentierung

IP-Header:

7



10



2. ARP und IP-Fragmentierung

IP-Header:

11



2. ARP und IP-Fragmentierung

g. Switches, Router und Fragmentierung bei IPv6

Keine Auswirkung auf Switches (da diese nur mit MAC-Adressen arbeiten)

Keine Kompatibilität zwischen v4 und v6 → notwendige IPv6-Fähigkeit der Router (mindestens an den lokalen Interfaces eth0; theoretisch möglicher, aber meist nicht durchführbarer Transport zwischen den Routern mit General Routing Encapsulation)

2. ARP und IP-Fragmentierung

g. Switches, Router und Fragmentierung bei IPv6

Bei IPv6 fragmentieren Router grundsätzlich nicht! →
Fragmentierung von Paketen nun direkt an PC1

1. Optischer Telegraf

Abstand zwischen zwei Stationen: 15 km

Jeweils drei Flügel links und rechts in vier Positionen

Symbol: Konfiguration aller Flügel

Zeit zur Einstellung eines Symbols: 10 s; keine
zusätzlich benötigte Zeit zum Ablesen

1. Optischer Telegraf

c. Sinnvolle Aufgaben, die neben Nutzdaten oft einen Teil der Datenrate in Anspruch nehmen

Steuerzeichen (Start/End of Frame)

Taktrückgewinnung (4B5B)

Fehlererkennung (Prüfsumme), -korrektur

Header (Adressierung)

Padding

1. Optischer Telegraf

a. Bit pro Symbol

Zahl der Symbole: $4^6=4096$

Zahl der Bit: $N=\log_2 4096=12$

1. Optischer Telegraf

b. Datenrate in B/s (nicht bit/s!)

$$r = N / (8 \cdot 10) \text{ B/s} = 0,15 \text{ B/s}$$

1. Optischer Telegraf

d. Übertragung von $L=72$ B langer Nachricht:
Serialisierungszeit

$$t_s = L/r = 480 \text{ s}$$

1. Optischer Telegraf

e. Ausbreitungsverzögerung zw. zwei Stationen

$$t_p = d / (vc) = 15000 \text{ m} / (3 \cdot 10^8 \text{ m/s}) = 0,05 \text{ ms}$$

1. Optischer Telegraf

Paketvermittlung: Aufteilen einer Nachricht in Pakete, die unabhängig voneinander übertragen werden

f. übertragbare Rahmen max. 36 B, Hinzufügen von 4 B Header pro Paket; Zahl der Pakete?

$$p_{max} = 36 \text{ B} - 4 \text{ B} = 32 \text{ B}$$

$$N = \left\lceil \frac{L}{p_{max}} \right\rceil = \left\lceil \frac{72 \text{ B}}{32 \text{ B}} \right\rceil = 3$$

1. Optischer Telegraf

g. Dauer paketbasierter Übertragung über vier Stationen insgesamt

Zahl der Zwischenstationen: $n=2$

$$T_{PV} = \frac{1}{r} \left(\left\lceil \frac{L}{\rho_{\max}} \right\rceil \cdot L_h + L \right) + \frac{d}{\nu c} + n \cdot \frac{L_h + \rho_{\max}}{r}$$
$$T_{PV} = \frac{1}{0,15 \text{ B/s}} (3 \cdot 4 + 72) + \frac{45 \text{ km}}{c} + 2 \cdot \frac{4 + 32}{0,15 \text{ B/s}}$$
$$= 560 \text{ s} + 0,15 \text{ ms} + 480 \text{ s} \approx 1040 \text{ s}$$

1. Optischer Telegraf

Nachrichtenvermittlung: jede Station muss die Nachricht vollständig erhalten, bevor sie diese weiterleiten kann

h. Übertragungsdauer bei Nachrichtenvermittlung ohne Header

Gesamtdistanz $d=3 \cdot 15 \text{ km}=45 \text{ km}$

$$T_{NV} = (n+1) \cdot t_s + t_{p,gesamt} = (2+1) \cdot 480 \text{ s} + 0,15 \text{ ms} = 1440 \text{ s}$$

Nachrichtenvermittlung ist ca. 400 s langsamer!