
Address Resolution Protocol (ARP) & Neighbor Discovery Protocol (NDP)

Netzwerkgrundlagen (NWG2)

Markus Zeilinger¹

¹FH Oberösterreich
Department Sichere Informationssysteme

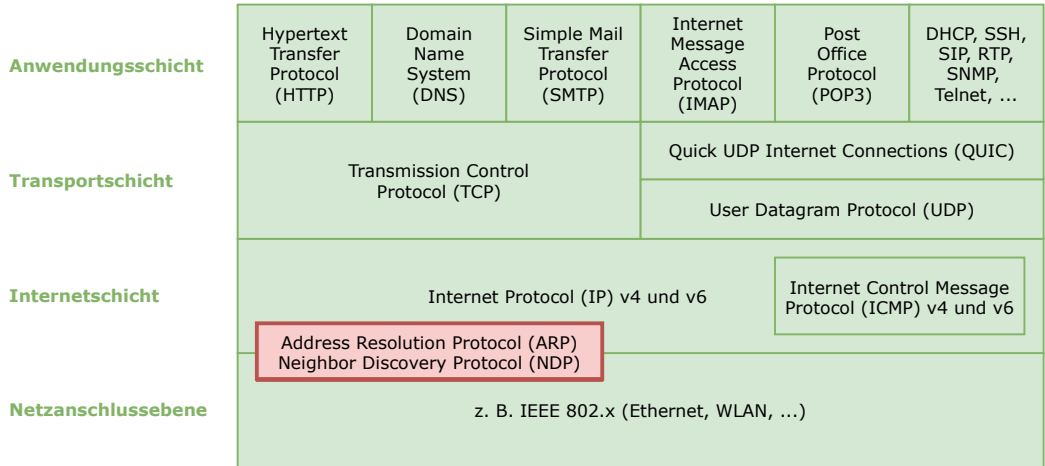
Sommersemester 2023



UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES
UPPER AUSTRIA

*Alle Materialien, die im Rahmen dieser LVA durch den LVA-Leiter zur Verfügung gestellt werden, wie zum Beispiel Foliensätze, Audio-Aufnahmen, Übungszettel, Musterlösungen, ... dürfen ohne explizite Genehmigung durch den LVA-Leiter **NICHT** weitergegeben werden!*

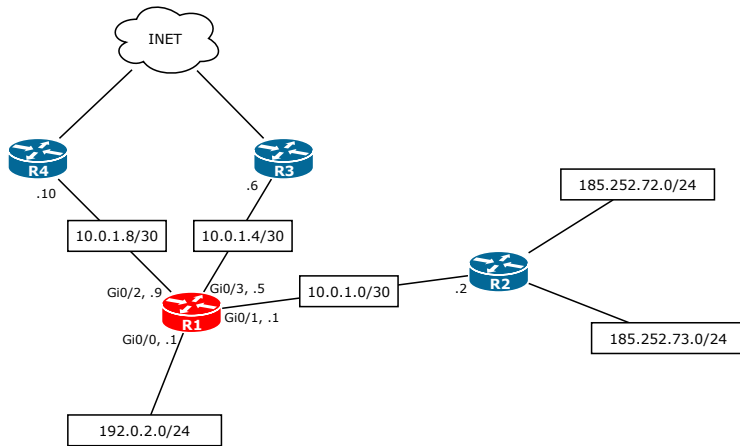
ARP & NDP in der TCP/IP Protokollfamilie



- ▶ Das Routing trifft (zumeist) auf Basis der **Ziel-IP-Adresse** eine Entscheidung über die **Weiterleitung eines IP-Pakets** (s. IP - Routing):
 - (a) Zustellung an das **Ziel** über die Netzwerktechnologie (z. B. Ethernet).
 - (b) Zustellung an das **Gateway** über die Netzwerktechnologie (z. B. Ethernet).
- ▶ In jedem Fall wird das Paket in ein z. B. Ethernet Frame eingepackt.
- ▶ Dafür wird eine **Quell-MAC-Adresse** (des ausgehenden Interfaces) und eine **Ziel-MAC-Adresse** benötigt.
- ▶ **Problem:** Doch wie kommt das System an die Ziel-MAC-Adresse zur Ziel-IP-Adresse bzw. zur IP-Adresse des Gateways?

- ▶ Für IPv4: **Address Resolution Protocol (ARP)** (RFC 826)
 - ▶ Dynamische Auflösung von Protokoll- in Hardware-Adressen (z. B. IPv4- in MAC-Adressen).
 - ▶ Request/Response-Protokoll mit eigenem Nachrichtenformat (direkt über Schicht 2).
 - ▶ Zeitlich begrenzter Caching-Mechanismus für erfolgte Auflösungen (Neighbor Cache).
 - ▶ Varianten: Proxy ARP, Reverse ARP, Gratuitous ARP
- ▶ Für IPv6: **Neighbor Discovery Protocol (NDP)** (RFC 4861)
 - ▶ Dynamische Auflösung von IPv6- in MAC-Adressen.
 - ▶ Request/Response-Protokoll mittels ICMPv6-Nachrichten (Neighbor Solicitations und Neighbor Advertisements).
 - ▶ Zeitlich begrenzter Caching-Mechanismus für erfolgte Auflösungen (Neighbor Cache).
 - ▶ Weitere Funktionen: Duplicate Address Detection (DAD), Neighbor Unreachability Detection (NUD), ...

Replik Routing Beispiel I



Replik Routing Beispiel II

#	Netzwerk	Netzmaske	Interface	Next Hop	Metrik
01	0.0.0.0	/0	Gi0/2	10.0.1.10	10
02	0.0.0.0	/0	Gi0/3	10.0.1.6	20
03	10.0.1.0	/30	Gi0/1		
04	10.0.1.4	/30	Gi0/3		
05	10.0.1.8	/30	Gi0/2		
06	192.0.2.0	/24	Gi0/0		
07	185.252.72.0	/24	Gi0/1	10.0.1.2	
08	185.252.73.0	/24	Gi0/1	10.0.1.2	

- ▶ IP-Paket an 192.0.2.10 → direkte Route 06 wird zur Weiterleitung gewählt.
- ▶ → Ermittlung der MAC-Adresse zur Ziel-IP-Adresse 192.0.2.10.

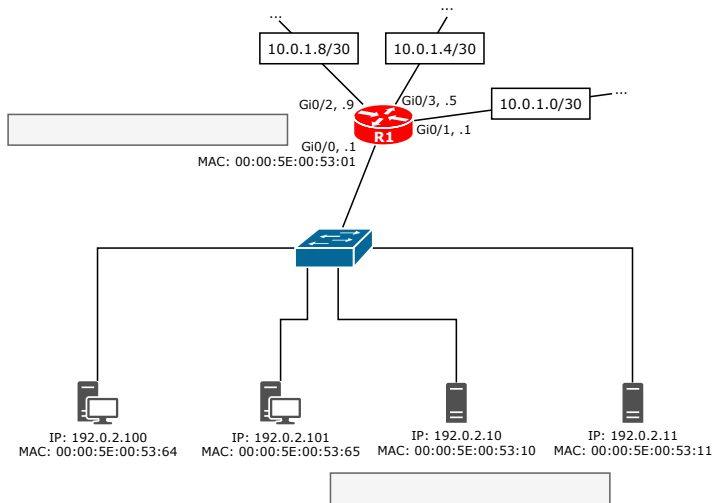
Replik Routing Beispiel III

#	Netzwerk	Netzmaske	Interface	Next Hop	Metrik
01	0.0.0.0	/0	Gi0/2	10.0.1.10	10
02	0.0.0.0	/0	Gi0/3	10.0.1.6	20
03	10.0.1.0	/30	Gi0/1		
04	10.0.1.4	/30	Gi0/3		
05	10.0.1.8	/30	Gi0/2		
06	192.0.2.0	/24	Gi0/0		
07	185.252.72.0	/24	Gi0/1	10.0.1.2	
08	185.252.73.0	/24	Gi0/1	10.0.1.2	

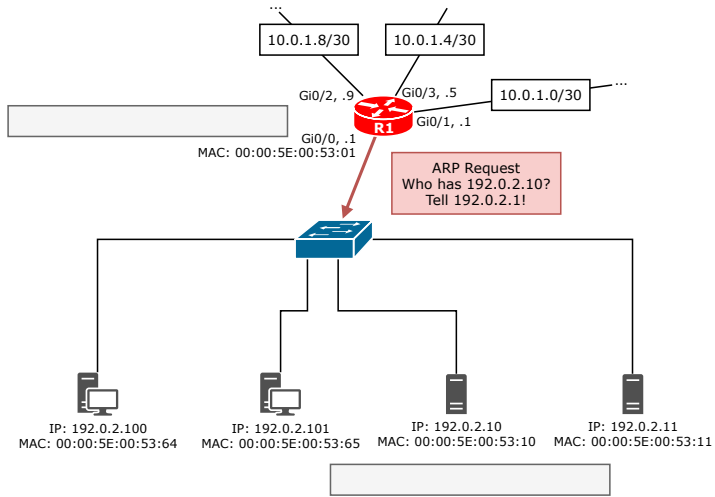
- ▶ IP-Paket an 185.252.72.20 → Gateway Route 07 wird zur Weiterleitung gewählt.
- ▶ → Das Gateway 10.0.1.2 ist über die direkte Route 03 erreichbar.
- ▶ → Ermittlung der MAC-Adresse zur IP-Adresse des Gateways 10.0.1.2.

- ▶ Host A ($IPv4_A$, MAC_A) möchte mit Host B ($IPv4_B$, MAC_B) kommunizieren. Host B ist über eine direkte Route erreichbar.
- ▶ Host A muss nun die Hardware Adresse zur IP Adresse $IPv4_B$ von Host B ermitteln.
- ▶ Host A sendet dazu einen ARP Request als Schicht 2 Broadcast ins Netzwerk: "Who has $IPv4_B$? Tell $IPv4_A$!"
- ▶ Host B erkennt, dass die Frage an ihn gerichtet ist und antwortet mit seiner Hardware Adresse einem ARP Response als Schicht 2 Unicast an Host A: " $IPv4_B$ is at MAC_B ".
- ▶ Host A empfängt den Response von Host B und speichert die Information (Zuordnung $IPv4_B$ zu MAC_B) in seinem Neighbor Cache.
 - ▶ Aus Effizienzgründen tut Host B dies beim Empfang des ARP Requests ebenso (Zuordnung $IPv4_A$ zu MAC_A ist im Request enthalten).

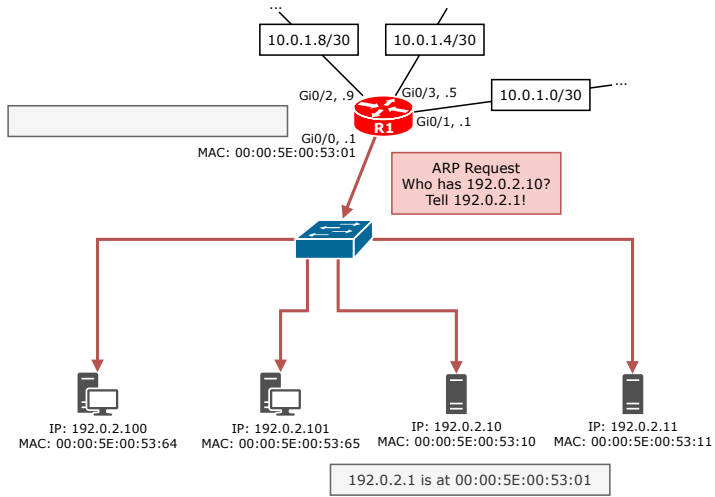
ARP Beispiel I



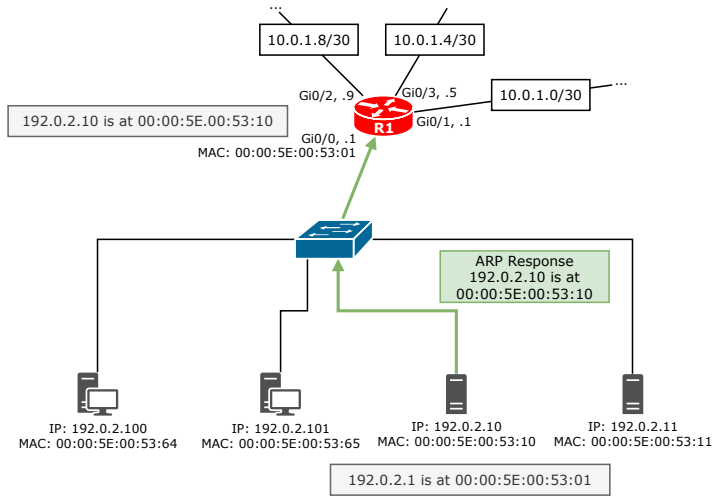
ARP Beispiel II



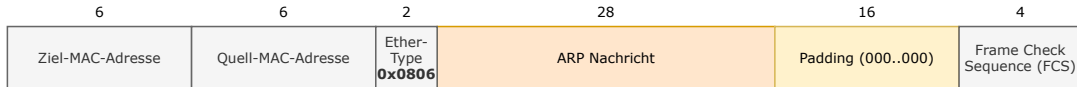
ARP Beispiel III



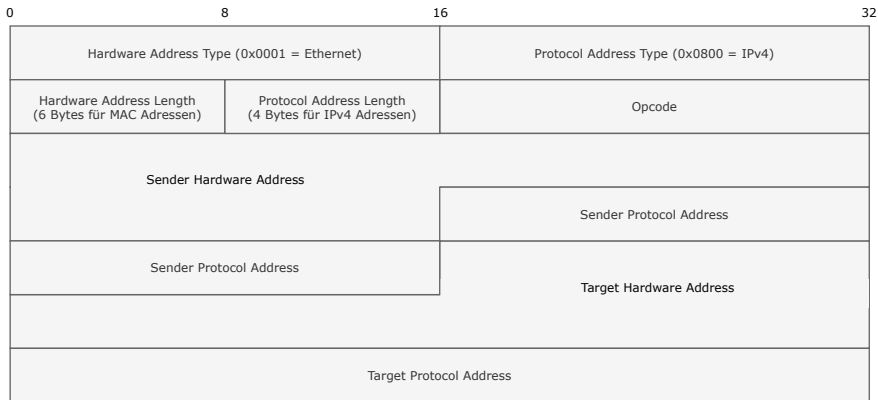
ARP Beispiel IV



ARP Nachricht Einbettung



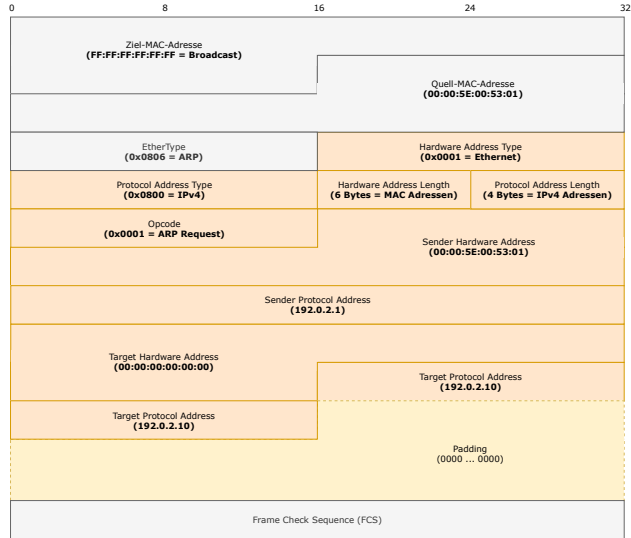
ARP Nachrichtenformat I



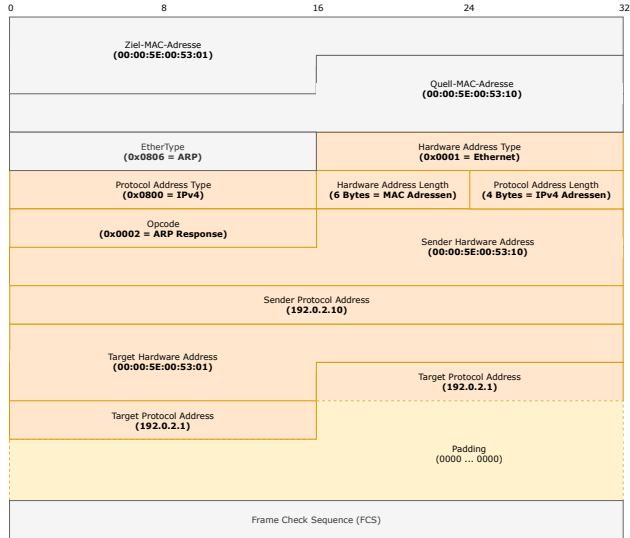
- Anmerkung: ARP Nachrichtenformat für die Verwendung von MAC- und IPv4-Adressen.

- ▶ Opcode
 - ▶ 0x0001 für einen ARP Request, 0x0002 für einen ARP Response.
- ▶ Sender Hardware/Protocol Address
 - ▶ Schicht-2- und Schicht-3-Adresse des Senders einer ARP Nachricht.
- ▶ Target Hardware/Protocol Address
 - ▶ Schicht-2- und Schicht-3-Adresse des Ziels einer ARP Nachricht → die Target Hardware Address ist im ARP Request auf 0 gesetzt.

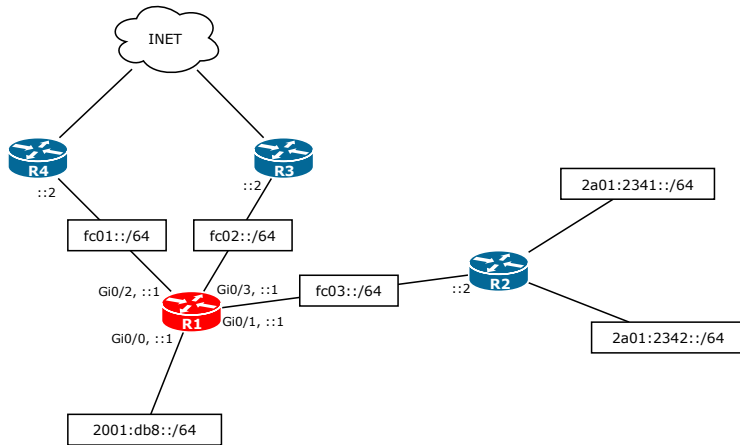
ARP Request Beispiel



ARP Response Beispiel



Replik Routing Beispiel IV



#	Netzwerk	Netzmaske	Interface	Next Hop	Metrik
01	::	/0	Gi0/2	fc01::2	10
02	::	/0	Gi0/3	fc02::2	20
03	fc03::	/64	Gi0/1		
04	fc02::	/64	Gi0/3		
05	fc01::	/64	Gi0/2		
06	2001:db8::	/64	Gi0/0		
07	2a01:2341::	/64	Gi0/1	fc03::2	
08	2a01:2342::	/64	Gi0/1	fc03::2	

- ▶ IP-Paket an 2001:db8::10 → direkte Route 06 wird zur Weiterleitung gewählt.
- ▶ → Ermittlung der MAC-Adresse zur Ziel-IP-Adresse 2001:db8::10.

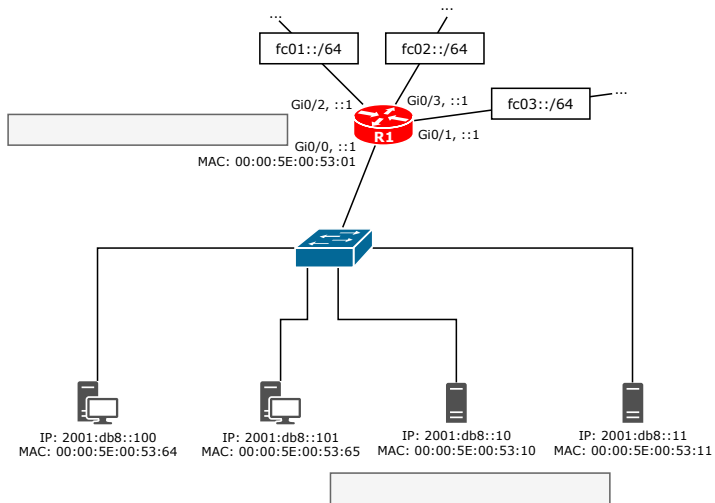
Replik Routing Beispiel VI

#	Netzwerk	Netzmaske	Interface	Next Hop	Metrik
01	::	/0	Gi0/2	fc01::2	10
02	::	/0	Gi0/3	fc02::2	20
03	fc03::	/64	Gi0/1		
04	fc02::	/64	Gi0/3		
05	fc01::	/64	Gi0/2		
06	2001:db8::	/64	Gi0/0		
07	2a01:2341::	/64	Gi0/1	fc03::2	
08	2a01:2342::	/64	Gi0/1	fc03::2	

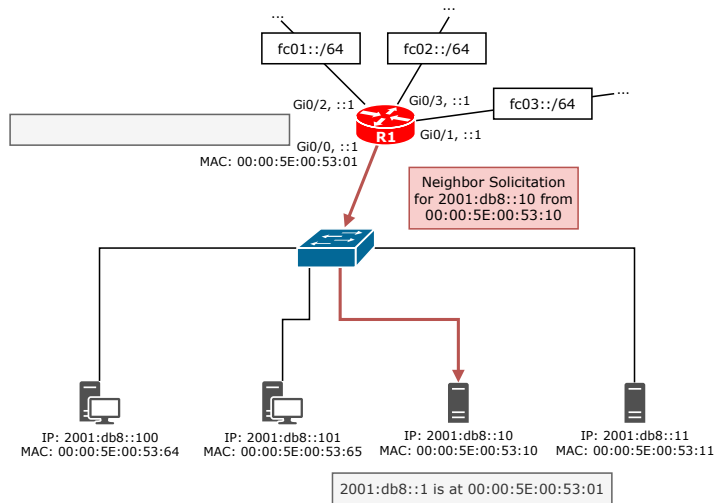
- ▶ IP-Paket an 2a01:2341::20 → Gateway Route 07 wird zur Weiterleitung gewählt.
- ▶ → Das Gateway fc03::2 ist über die direkte Route 03 erreichbar.
- ▶ → Ermittlung der MAC-Adresse zur IP-Adresse des Gateways fc03::2.

- ▶ Host A ($IPv6_A$, MAC_A) möchte mit Host B ($IPv6_B$, MAC_B) kommunizieren. Host B ist über eine direkte Route erreichbar.
- ▶ Host A muss nun die Hardware Adresse zur IPv6 Adresse $IPv6_B$ von Host B ermitteln.
- ▶ Host A sendet dazu eine Neighbor Solicitation Nachricht als Multicast ins Netzwerk: "Neighbor Solicitation for $IPv6_B$ from MAC_A "!
- ▶ Host B erkennt, dass die Frage an ihn gerichtet ist und antwortet mit seiner Hardware Adresse einer Neighbor Advertisement Nachricht als Unicast an Host A: " $IPv6_B$ is at MAC_B ".
- ▶ Host A empfängt den Response von Host B und speichert die Information (Zuordnung $IPv6_B$ zu MAC_B) in seinem Neighbor Cache.
 - ▶ Aus Effizienzgründen tut Host B dies beim Empfang des ARP Requests ebenso (Zuordnung $IPv6_A$ zu MAC_A ist in der Neighbor Solicitation Nachricht enthalten).

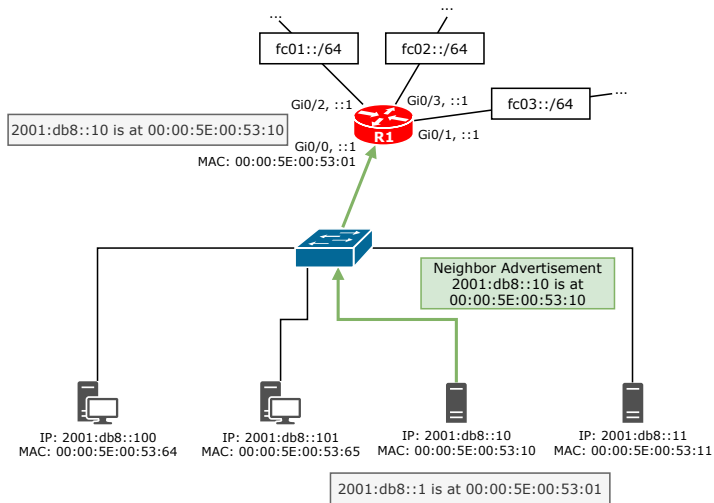
NDP Beispiel I



NDP Beispiel II



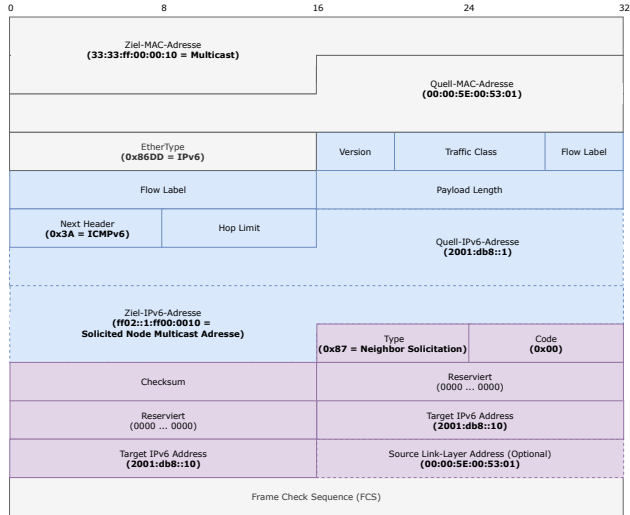
NDP Beispiel III



NDP Nachricht Einbettung



NDP Neighbor Solicitation Beispiel



NDP Neighbor Advertisement Beispiel

