

## LF09:06:Layer I-III: ARP, Router & Hopping

### 1.) Definitionen [→ ZP:Sheet:2]

- **(I)** Ein **HUB** spannt eine **Kollisionsdomäne** auf, ein **Switch** eine **Broadcastdomäne** (Subnetz)
- **(II)** In einem vollverswitchten Netz hat die Kollisionsdomäne nur einen Rechner
  - (→ es gibt keine Kollisionen.)
- **(III)** **Hopping** ist der Prozess des Weiterleitens einer Nachricht über die Grenzen einer Broadcastdomäne hinweg.
- **(IV)** Zwei Netze werden einen Router zu einem größeren Netz verbunden.
- **(V)** Der Router hat ein Netzwerkinterface in jedes Teilnetz hinein.
- **(VI)** Er ist in jedem Netz ein Kommunikationsteilnehmer wie jeder andere Rechner auch.
- **(VII)** Für ein Netz fungiert er als Gateway:
  - Nachrichten die nicht für die Broadcastdomäne bestimmt sind, übergeben die Rechner an den Router:
  - Der leitet sie - wie eine eigene Nachricht - mit seinem zweiten Bein weiter.

Damit gilt auch in der Broadcastdomäne das, was auch bisher für voll-verswitchten Netze gilt:

- *Innerhalb der Broadcastdomäne werden Nachrichten per MAC-Adresse versendet.*
- *Um die zu erfragen, wird der ARP-Request genutzt.*

Hinzu kommt Folgendes:

1. Der Router hat (mindestens) zwei Netzwerkinterfaces und ist in beide Netze eingebunden.
2. Er kommuniziert in jedem einzelnen voll-verswitchten Netz wie jeder andere Rechner auch:
  1. Bekommt er aus dem Netz eine Nachricht mit einer MAC-Destination-Adresse, die nicht seine ist, ignoriert er die Nachricht.
  2. Bekommt er aus dem Netz eine Nachricht mit der Broadcast-**MAC**-Adresse und seiner IP-Adresse als IP-Destination-Adresse, wertet er das als einen an sich gerichteten ARP-Request und antwortet darauf, damit der Anfragende seine MAC-Adresse bekommt.
  3. Bekommt er aus dem Netz eine Nachricht mit seiner MAC-Adresse und einer IP-Adresse überprüft er, wohin die erhaltene IP-Adresse gehört:
    1. Gehört **D-IP-Address** in das Netz, aus dem die Nachricht gekommen ist, ignoriert er das Paket.
    2. Gehört **D-IP-Address** in das zweite Netz, in das er eingebunden ist, schreibt er das Paket um und gibt es umgeschrieben an sein 2. Interface weiter:

1. Als **S-MAC-Address** setzt er seine eigene MAC-Adresse ein, die ursprüngliche **S-IP-Address** bleibt erhalten.
2. Dann startet er einen ARP-Request in seinem zweiten Netz, über den er nach der MAC-Adresse des Rechners mit der **D-IP-Address**
3. Die erhaltene Ziel-MAC-Adresse setzt er in das umzuschreibende Paket ein und schickt die Nachricht an den Zielrechner.
3. Gehört **D-IP-Address** in ganz anderes Netz, leitet er die mit denselben Mitteln an das Gateway seines zweiten Netzes weiter (möge sich doch der Router drum kümmern ;-)):
4. Bekommt er aus seinem zweiten Netz eine Nachricht an die ursprüngliche erhalten gebliebene Source-IP, ändert er die MAC-Adressen um und schreibt sie in sein erstes Netz zurück.  
- (ggfls. führt er einen neuen ARP-Request in das Ursprungsnetz hinein)

Der Algorithmus geht darüber hinaus so:

- Zuerst prüft derjenige Rechner (Sender/Source), der eine Nachricht an einen anderen Rechner (Empfänger/Destination) übertragen will, ob die Ziel-IP-Adresse des gewünschten Kommunikationspartners (Empfänger) zur eigenen Broadcast-Domain gehört.
- Gehört der Empfänger zur eigenen Broadcast-Domain, übermittelt der Sender die Nachricht mit Layer-II-Mitteln an den Empfänger:
  - ARP-Request [ **S-IP-Address S-MAC-Address D-IP-Address ff::ff**] per Switch an alle (außer sich)
  - ARP-Reply geht per Switch an ihn zurück.
- Wenn nicht,
  - ARP-Request [ **S-IP-Address S-MAC-Address GATEWAY-IP-Address ff::ff**]
  - ARP-Reply per Switch vom Router an ihn zurück.
  - Nachricht [ **S-IP-Address S-MAC-Address D-IP-Address GATEWAY-MAC-Address**]

Der Witz bei der Sache ist dies:

- Sobald der Rechner, der eine Nachricht an einen Rechner außerhalb seiner Broadcastdomain senden will, die MAC-Adresse seines Routers (Gateways) kennt, adressiert er die Nachricht auf Layer-III mit der 'fremden' IP-Adresse und auf Layer-II mit der MAC-Adresse des Routers.
- Für den Router ist die Diskrepanz zwischen MAC-Adresse (sein eigene) und IP-Adresse (fremd) der Auftrag zur Weitervermittlung.

- Sobald der Router die MAC-Adresse des Zielrechners (mit Layer-II/ARP-Mitteln) in der anderen Broadcastdomain ermittelt hat, schreibt er die zu sendende Nachricht um: Er ersetzt das Layer-II-Paket durch eines, das seine zweite/andere MAC-Adresse als Source-Adresse und die MAC-Adresse des Zielrechners als Destination-Adresse im Ethernetframe enthält.

## 2.) Aufgaben\*\*

---

### ÜBUNG LF09:06:ARP-Router:01

Führen Sie einen Schreibtischtest passend zu [→ ZP:Sheet:2] durch, also für eine Kommunikation in einem ein Netz mit zwei getrennten Broadcast-Domänen mit einer Nachricht von RA1 zu RB3:

- ☐ Zwei Schülerinnen mögen sich als Dokumentarinnen bereitstellen: Sie dürfen sich frei bewegen, jede Akteurin befragen und sollen so ein Aktivitätsprotokoll erstellen.
  - ☐ 1 Schülerin möge als Router agieren, 2 Schülerinnen als Switch-A bzw. Switch-B.
  - ☐ 3 Schülerinnen mögen als Rechner RA1, RA2, RA3 agieren, drei andere als RB1, RB2, RB3.
  - ☐ Die Routerschülerin stellt sich in die Mitte des Aktionsraums.
  - ☐ Die 'A'-Schülerinnen stellen sich auf der einen Seite der Routerschülerin auf, die B-Schülerinnen auf die andere: Switch-A und Switch-B jeweils nah an die Routerschülerin.
  - ☐ Schülerin RA1 und die Routerschülerin erhalten je einen kleinen Stapel an Zettel + Stift, Switch-A und Switch-B je einen größeren + Stift.
  - ☐ Alle Rechnerschülerinnen geben sich je IP-Adresse (RAxI) und eine MAC-Adresse (RAxM), schreiben sich die auf ein Kreppband und kleben sich das auf die Brust.
  - ☐ Die Routerschülerin braucht zwei IP-Adressen und zwei MAC-Adressen, je ein Paar für ein Interface.
  - ☐ Die Lehrerin sagt, RA1 möge RB3 eine Nachricht schicken, und zwar unter Beachtung aller ARP- und Hoppingregeln in einem vollverswitchten Netz: Nachrichten hätten dabei immer die Struktur: **SIP SMAC DIP DMAC Payload** und würden von den richtigen Komponenten vervielfacht bzw. umgeschrieben.
  - ☐ Während des Ablaufs fragt die Lehrerin jeweils (steuernd) nach, warum wer welche Nachricht bekäme und beachtet bzw. nicht beachtet.
  - ☐ Die Dokumentarinnen halten fest, wer wann was tut.
- 

**Lösung: Simulation mit Schreibtischtest: [→ ZP:Sheet:3]**

**ÜBUNG LF09:06:ARP-Router:02**

- ☐ Erstellen Sie ein Aktivitätsdiagramm für ein Netz mit zwei getrennten Broadcast-Domänen mit einer Nachricht von RA1 zu RB3
  - ☐ Erstellen Sie das dazu passende Sequenzdiagramm für ein Netz mit zwei getrennten Broadcast-Domänen mit einer Nachricht von RA1 zu RB3
- 

**Lösungen:**

- Aktivitätsdiagramm: [**→ ZP:Sheet:4**] (Die Idee, das Merken der Absender-IP-Adresse gesondert als parallele Aktivität zu repräsentieren, verdanken wir Waldemar, GSLDK/11iv24)
- Sequenzdiagramm: [**→ ZP:Sheet:5**],
- verdichtetes Sequenzdiagramm: [**→ ZP:Sheet:6**]