

Systeme II



Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

Christian Schindelhauer

Sommersemester 2006

15. Vorlesung

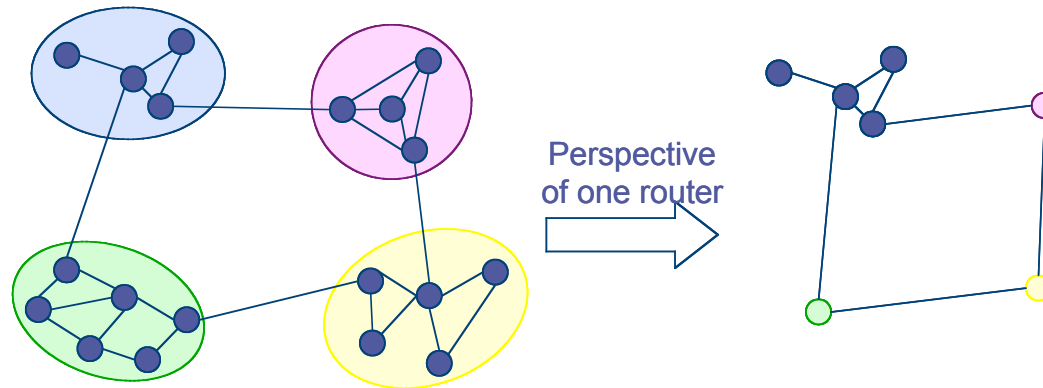
28.06.2006

schindel@informatik.uni-freiburg.de



Adressierung und Hierarchisches Routing

➤ **Flache (MAC-Adressen) haben keine Struktur-Information**



➤ **Hierarchisches Adressen**

- Routing wird vereinfacht wenn Adressen hierarchische Routing-Struktur abbilden
- $\text{Group-ID}_n:\text{Group-ID}_{n-1}:\dots:\text{Group-ID}_1:\text{Device-ID}$



IP-Adressen und Domain Name System

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelbauer

➤ IP-Adressen

- Jedes Interface in einem Netzwerk hat weltweit eindeutige IP-Adresse
- 32 Bits unterteilt in Net-ID und Host-ID
- Net-ID vergeben durch Internet Network Information Center
- Host-ID durch lokale Netzwerkadministration

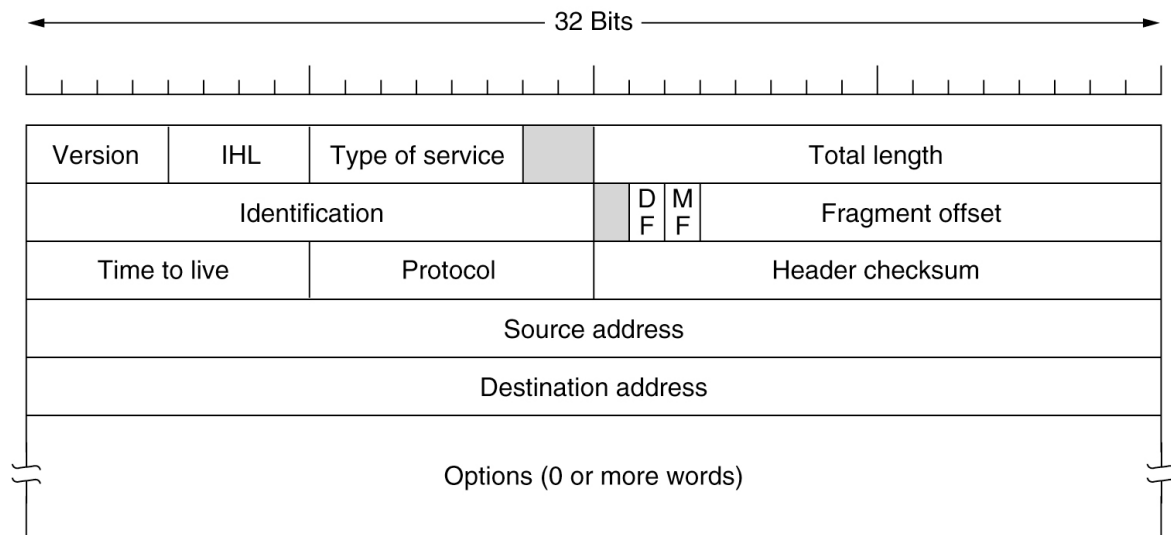
➤ Domain Name System (DNS)

- Ersetzt IP-Adressen wie z.B. 132.230.167.230 durch Namen wie z.B. falcon.informatik.uni-freiburg.de und umgekehrt
- Verteilte robuste Datenbank



IPv4-Header (RFC 791)

- **Version: 4 = IPv4**
- **IHL: Headerlänge**
 - in 32 Bit-Wörter (>5)
- **Type of Service**
 - Optimiere delay, throughput, reliability, monetary cost
- **Checksum (nur für IP-Header)**
- **Source and destination IP-address**
- **Protocol, identifiziert passendes Protokoll**
 - Z.B. TCP, UDP, ICMP, IGMP
- **Time to Live:**
 - maximale Anzahl Hops





Internet IP Adressen bis 1993

➤ IP-Adressen unterscheiden zwei Hierarchien

- Netzwerk-Interfaces
- Netzwerke
 - Verschiedene Netzwerkgrößen
 - Netzwerkklassen:
 - Groß - mittel - klein (Klasse A, B, and C)

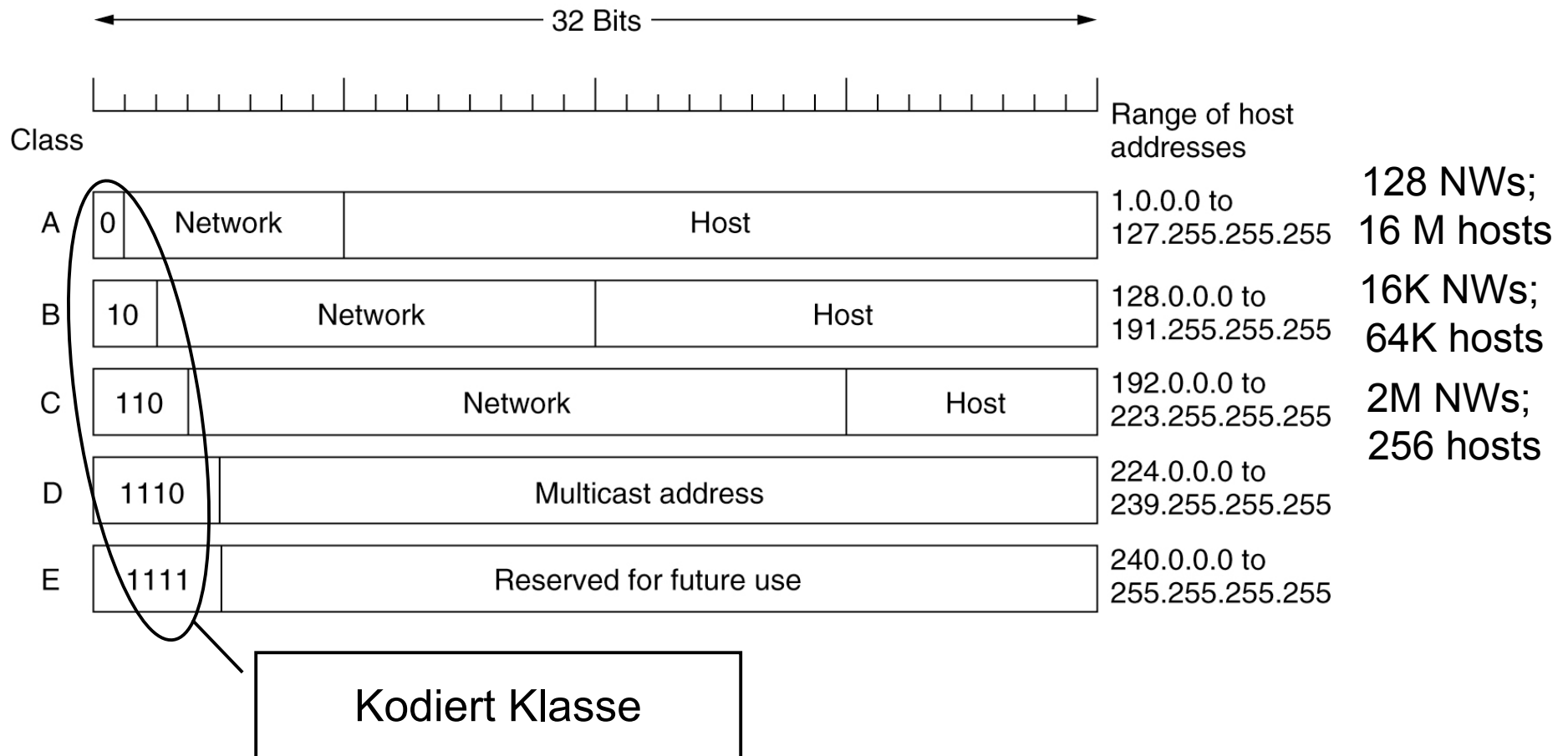
➤ Eine IP-Adresse hat 32 Bits

- Erster Teil: Netzwerkadresse
- Zweiter Teil: Interface



IP-Klassen bis 1993

- **Klassen A, B, and C**
- **D für multicast; E: “reserved”**





IPv4-Adressen

➤ Bis 1993 (heutzutage veraltet)

- 5 Klassen gekennzeichnet durch Präfix
- Dann Subnetzpräfix fester Länge und Host-ID (Geräteteil)

➤ Seit 1993

- Classless Inter-Domain-Routing (CIDR)
- Die Netzwerk-Adresse und die Host-ID (Geräteteil) werden variabel durch die Netzwerkmaske aufgeteilt.
- Z.B.:

- Die Netzwerkmaske 11111111.11111111.11111111.00000000
- Besagt, dass die IP-Adresse
 - 10000100. 11100110. 10010110. 11110011
 - Aus dem Netzwerk 10000100. 11100110. 10010110
 - den Host 11110011 bezeichnet

➤ Route aggregation

- Die Routing-Protokolle BGP, RIP v2 und OSPF verschiedene Netzwerke unter einer ID anbieten
 - Z.B. alle Netzwerke mit Präfix 10010101010* werden über Host X erreicht



Umwandlung in MAC- Adressen: ARP

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

- **Address Resolution Protocol (ARP)**
- **Umwandlung: IP-Adresse in MAC-Adresse**
 - Broadcast im LAN, um nach Rechner mit passender IP-Adresse zu fragen
 - Knoten antwortet mit MAC-Adresse
 - Router kann dann das Paket dorthin ausliefern



IPv6

Wozu IPv6:

➤ IP-Adressen sind knapp

- Zwar gibt es 4 Milliarden in IPv4 (32 Bit)
- Diese sind aber statisch organisiert in Netzwerk und Rechner-Teil
 - Adressen für Funktelefone, Kühlschränke, Autos, Tastaturen, etc...

➤ Autokonfiguration

- DHCP, Mobile IP, Umnummerierung

➤ Neue Dienste

- Sicherheit (IPSec)
- Qualitätssicherung (QoS)
- Multicast

➤ Vereinfachungen für Router

- keine IP-Prüfsummen
- Keine Partitionierung von IP-Paketen



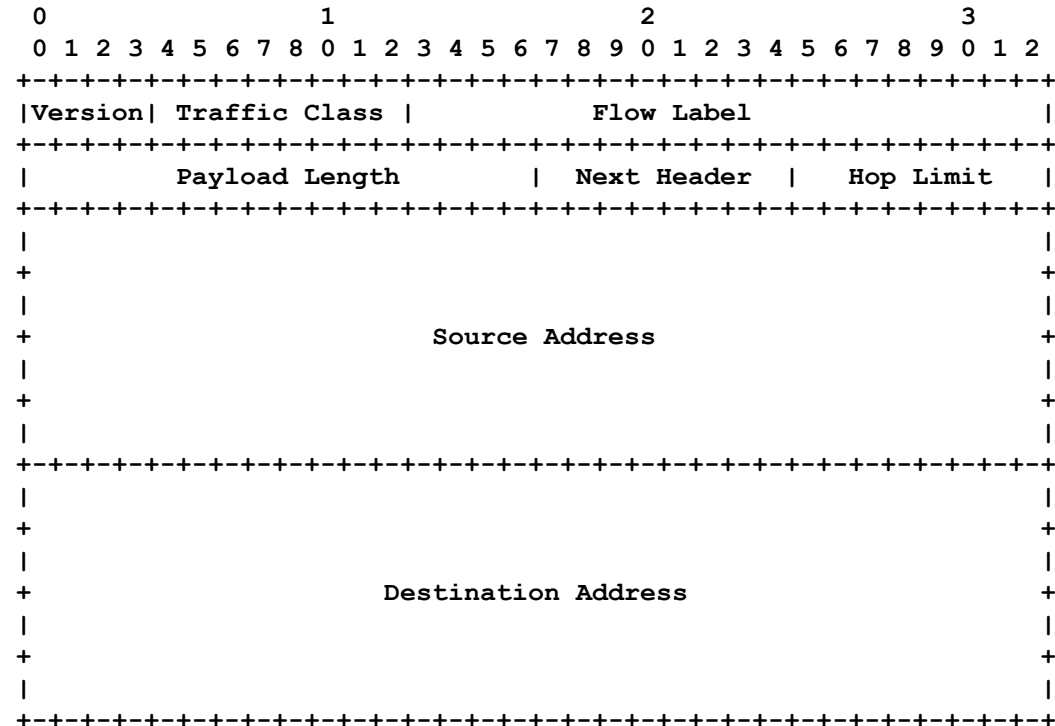
Lösung der Adressenknappheit: DHCP

- **DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)**
 - Manuelle Zuordnung (Bindung an die MAC-Adresse, z.B. für Server)
 - Automatische Zuordnung (Feste Zuordnung, nicht voreingestellt)
 - Dynamische Zuordnung (Neuvergabe möglich)
- **Einbindung neuer Rechner ohne Konfiguration**
 - Rechner „holt“ sich die IP-Adresse von einem DHCP-Server
 - Dieser weist den Rechner die IP-Adressen dynamisch zu
 - Nachdem der Rechner das Netzwerk verlässt, kann die IP-Adresse wieder vergeben werden
 - Bei dynamischer Zuordnung, müssen IP-Adressen auch „aufgefrischt“ werden
 - Versucht ein Rechner eine alte IP-Adresse zu verwenden,
 - die abgelaufen ist oder
 - schon neu vergeben ist
 - Dann werden entsprechende Anfragen zurückgewiesen
 - Problem: Stehlen von IP-Adressen



IPv6-Header (RFC 2460)

- **Version: 6 = IPv6**
- **Traffic Class**
 - Für QoS (Prioritätsvergabe)
- **Flow Label**
 - Für QoS oder Echtzeitanwendungen
- **Payload Length**
 - Größe des Rests des IP-Pakets (Datagramms)
- **Next Header (wie bei IPv4: protocol)**
 - Z.B. ICMP, IGMP, TCP, EGP, UDP, Multiplexing, ...
- **Hop Limit (Time to Live)**
 - maximale Anzahl Hops
- **Source Address**
- **Destination Address**
 - 128 Bit IPv6-Adresse





IPsec (RFC 2401)

- **Schutz für Replay-Attacken**
- **IKE (Internet Key Exchange) Protokoll**
 - Vereinbarung einer Security Association
 - Identifikation, Festlegung von Schlüsseln, Netzwerke, Erneuerungszeiträume für Authentifizierung und IPsec Schlüssel
 - Erzeugung einer SA im Schnellmodus (Nach Etablierung)
- **Encapsulating Security Payload (ESP)**
 - IP-Kopf unverschlüsselt, Nutzdaten verschlüsselt, mit Authentifizierung
- **IPsec im Transportmodus (für direkte Verbindungen)**
 - IPsec Header zwischen IP-Header und Nutzdaten
 - Überprüfung in den IP-Routern (dort muss IPsec vorhanden sein)
- **IPsec im Tunnelmodus (falls mindestens ein Router dazwischen ist)**
 - Das komplette IP-Paket wird verschlüsselt und mit dem IPsec-Header in einen neuen IP-Header verpackt
 - Nur an den Enden muss IPsec vorhanden sein.
- **IPsec ist Bestandteil von IPv6**
- **Rückportierungen nach IPv4 existieren**



Circuit Switching oder Packet Switching

➤ Circuit Switching

- Etablierung einer Verbindung zwischen lokalen Benutzern durch Schaltstellen
 - mit expliziter Zuordnung von realen Schaltkreisen
 - oder expliziter Zuordnung von virtuellen Ressourcen, z.B. Slots
- Quality of Service einfach (außer bei)
 - Leitungsaufbau
 - Leitungsdauer
- Problem
 - Statische Zuordnung
 - Ineffiziente Ausnutzung des Kommunikationsmedium bei dynamischer Last
- Anwendung
 - Telefon
 - Telegraf
 - Funkverbindung



Circuit Switching oder Packet Switching

➤ Packet Switching

- Grundprinzip von IP
 - Daten werden in Pakete aufgeteilt und mit Absender/Ziel-Information unabhängig versandt
- Problem: Quality of Service
 - Die Qualität der Verbindung hängt von einzelnen Paketen ab
 - Entweder Zwischenspeichern oder Paketverlust
- Vorteil:
 - Effiziente Ausnutzung des Mediums bei dynamischer Last

➤ Resümee

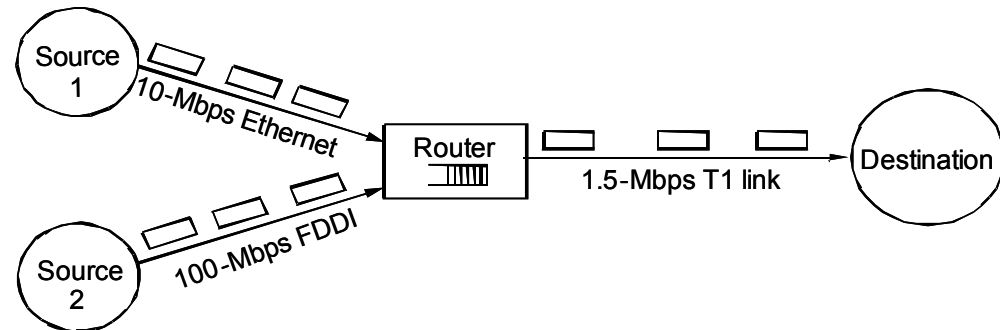
- Packet Switching hat Circuit Switching in praktisch allen Anwendungen abgelöst
- Grund:
 - Effiziente Ausnutzung des Mediums



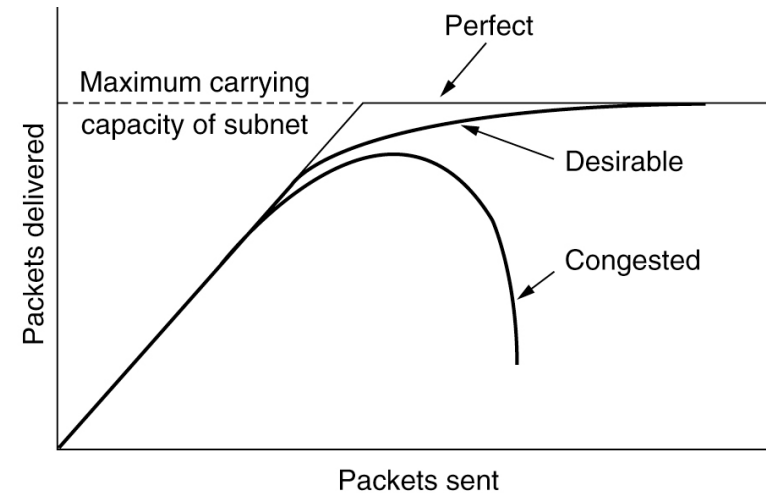
Congestion Control

Stauvermeidung

- Jedes Netzwerk hat eine eingeschränkte Übertragungsbandbreite



- Wenn mehr Daten in das Netzwerk eingeleitet werden, führt das zum
 - Datenstau (Congestion) oder gar
 - Netzwerkzusammenbruch (*congestive collapse*)
- Folge: Datepakete werden nicht ausgeliefert





Schneeballeffekt

➤ **Congestion control soll Schneeballeffekte vermeiden**

- Netzwerküberlast führt zu Paketverlust (Pufferüberlauf, ...)
- Paketverlust führt zu Neuversand
- Neuversand erhöht Netzwerklast
- Höherer Paketverlust
- Mehr neu versandte Pakete
- ...



Taktik der Schichten

➤ Transport

- muss gewisse Flusskontrolle gewährleisten
- z.B. Fairness zwischen gleichzeitigen Datenströmen

➤ Vermittlung

- Quality of Service (virtuelles Circuit Switching)

➤ Sicherung

- Flusskontrolle zur Auslastung des Kanals

Layer	Policies
Transport	<ul style="list-style-type: none">• Retransmission policy• Out-of-order caching policy• Acknowledgement policy• Flow control policy• Timeout determination
Network	<ul style="list-style-type: none">• Virtual circuits versus datagram inside the subnet• Packet queueing and service policy• Packet discard policy• Routing algorithm• Packet lifetime management
Data link	<ul style="list-style-type: none">• Retransmission policy• Out-of-order caching policy• Acknowledgement policy• Flow control policy

Ende der 15. Vorlesung



Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Rechnernetze und Telematik
Prof. Dr. Christian Schindelhauer

Systeme II
Christian Schindelhauer
schindel@informatik.uni-freiburg.de