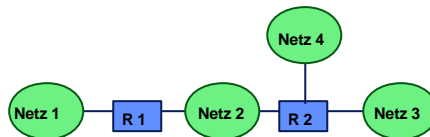


## Wie funktioniert E-Commerce

### Das Internet - Routing



Prof. Dr. R. Grimm  
 Fachgebiet Multimediale Anwendungen  
 TU Ilmenau

## Internet Routing – Inhaltsüberblick

1. Intro (1-4)
2. Netzklassen / IP-Adressklassen (5-7)
3. CIDR – Classless Inter Domain Routing (8-12)
4. CIDR: Submasking (13)
5. IP-Routing (14-15)
6. Spezielle IP-Adresstypen (16)
7. Adress Resolution Protocol in Ethernet (17-20)
8. Literatur (21-22)

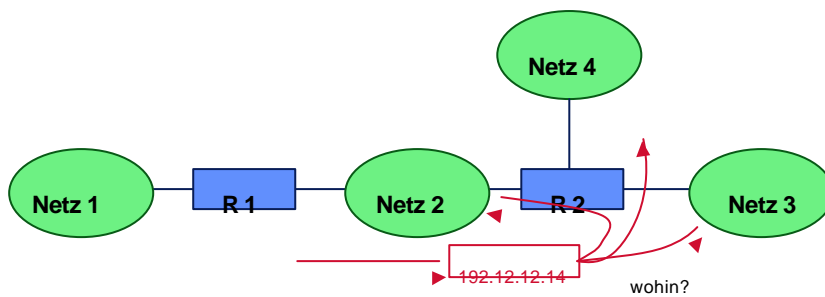
## Router und Subnetze

- Zusammenschluss der teilautonomen Subnetze mittels Verbindungsrechner (Router)
- Router leiten Datenverkehr gemäß Netzwerkadresse, nicht Endsystemadresse
- Nutzertransparenz: Nutzer merkt die Erweiterung nicht

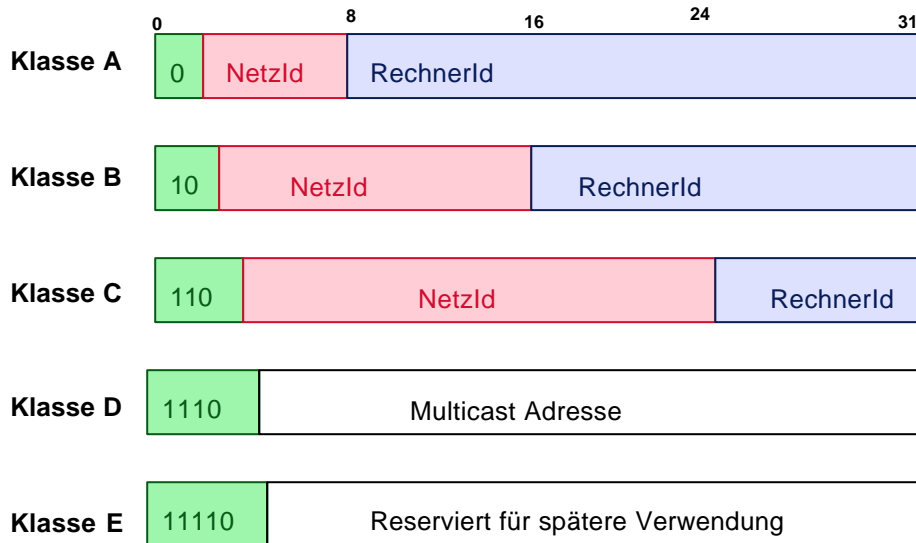


## Internet-Routing

Woher weiß R2, wohin ein Datagramm (Paket) mit der IP-Adresse 192.12.12.14 weiterzuleiten ist?



## IP-Adressklassen



## IP-Adressklassen

- Darstellung als 4 Oktette in Dezimalnotation, getrennt durch einen Punkt, z.B. 141.24.112.170
- Klasse A: 1-126 à rd. 16 Mio ( $=2^{24}$ ) Host-Adressen
- Klasse B: 128.0-191.254 à rd. 65 Tsd ( $=2^{16}$ ) Host-Adressen
- Klasse C: 192.1.1-223.254.254 à 254 ( $=2^8-2$ ) Host-Adressen
- Um ein Netz zu adressieren, wird ein Rechnerteil einer Adresse auf Null gesetzt, z.B. B-Netz der TU Ilmenau: 141.24.0.0
- Um alle Rechner in einem Netz zu erreichen (Broadcast), wird der Rechnerteil auf 1 gesetzt, z.B. 141.24.255.255



## IP-Netzklassen

| Address Class | #Network Addr Bits | #Host Addr Bits | Decimal Addr Range |
|---------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| A             | 8                  | 24              | 1-126              |
| B             | 16                 | 16              | 128-191            |
| C             | 24                 | 8               | 192-223            |

- 126 Class A networks could include up to 16,777,214 hosts each
- 65,000 Class B networks could include up to 65,534 hosts each
- Over 2 million Class C networks could include up to 254 hosts each
- Some address spaces are reserved for other purposes

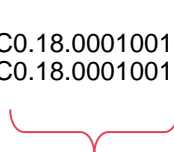


## Zusammenfassung von Netzen

Falls die vorgegebene Netzklassengröße nicht gut passt, z.B.

Ein Lokales Netz N enthält über 254 Hosts und braucht daher zwei C-Netze.  
Das Routing kann vereinfacht werden, wenn die C-Netze addressmäßig hintereinander liegen:

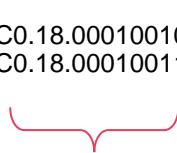
1. C-Netz 192.24.18.xxx = C0.18.12.xx = C0.18.00010010.xxxxxxxx
2. C-Netz 192.24.19.xxx = C0.18.13.xx = C0.18.00010011.xxxxxxxx



23 Bits signifikant  
für dieses lokale Netz N

## Zusammenfassung von Netzen

1. C-Netz 192.24.18.xxx = C0.18.12.xx = C0.18.00010010.xxxxxxxx
2. C-Netz 192.24.19.xxx = C0.18.13.xx = C0.18.00010011.xxxxxxxx



23 Bits signifikant  
für dieses lokale Netz N

Statt zweier Routing Einträge

„192.24.18. → Router N“  
„192.24.19. → Router N“

schreibt man

„192.24.18/23 → Router N“

## CIDR: Classless Inter-Domain Routing

Classless Inter-Domain Routing (CIDR) is a replacement for the old process of assigning Class A, B and C addresses with a generalized network "prefix". Instead of being limited to network identifiers (or "prefixes") of 8, 16 or 24 bits, CIDR currently uses prefixes anywhere from 13 to 27 bits. Thus, blocks of addresses can be assigned to networks as small as 32 hosts or to those with over 500,000 hosts. This allows for address assignments that much more closely fit an organization's specific needs.

A CIDR address includes the standard 32-bit IP address and also information on how many bits are used for the network prefix. For example, in the CIDR address 206.13.01.48/25, the "/25" indicates the first 25 bits are used to identify the unique network leaving the remaining bits to identify the specific host.

(1999 Pacific Bell Internet Services:  
Classless Inter-Domain Routing (CIDR) Overview)



## CIDR: Classless Inter-Domain Routing

Aber Achtung! CIDR funktioniert nur

- mit geeignet hintereinander liegenden Netzadressen
- in Blöcken von 2, 4, 8, 16 Class-A/B/C-Netzen usw.

### CIDR

- ist lediglich eine Vereinfachung der Routing-Regeln
- dient der Verkleinerung von Routing-Tabellen

## CIDR – Zusammenfassung/Teilung von Netzen



### Hierarchical Routing Aggregation To Minimize Routing Table Entries (1999 Pacific Bell Internet Services)

| CIDR Block Prefix | # Equivalent Class C        | # of Host Addresses |
|-------------------|-----------------------------|---------------------|
| /27               | 1/8th of a Class C          | 32 hosts            |
| /26               | 1/4th of a Class C          | 64 hosts            |
| /25               | 1/2 of a Class C            | 128 hosts           |
| /24               | 1 Class C                   | 256 hosts           |
| /23               | 2 Class C                   | 512 hosts           |
| /22               | 4 Class C                   | 1,024 hosts         |
| /21               | 8 Class C                   | 2,048 hosts         |
| /20               | 16 Class C                  | 4,096 hosts         |
| /19               | 32 Class C                  | 8,192 hosts         |
| /18               | 64 Class C                  | 16,384 hosts        |
| /17               | 128 Class C (= 1/2 Class B) | 32,768 hosts        |
| /16               | 256 Class C (= 1 Class B)   | 65,536 hosts        |
| /15               | 2 Class B                   | 131,072 hosts       |
| /14               | 4 Class B                   | 262,144 hosts       |
| /13               | 8 Class B                   | 524,288 hosts       |
| ...               |                             |                     |
| /9                | 128 Class B (= 1/2 Class A) | 8 Mio hosts         |
| /8                | 256 Class B (= 1 Class A)   | 16 Mio hosts        |

## CIDR: Submasking

Die sog. „Submasks“ sind äquivalente Ausdrucksformen zur Netzadressierung

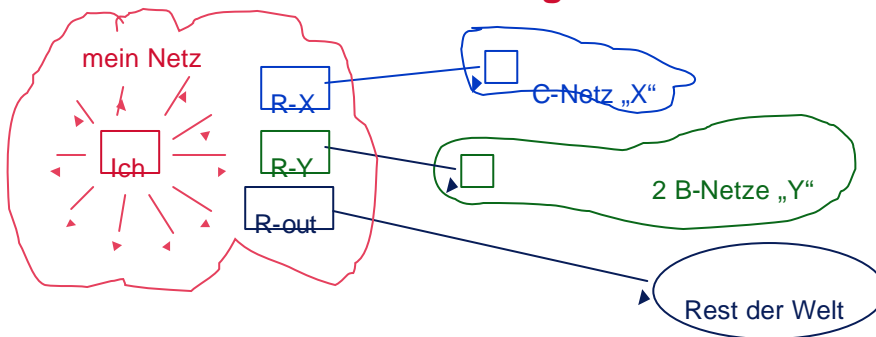
Submask 255.255.254.0 = 11111111.11111111.11111110.00000000

Die Anzahl 1-en gibt die Anzahl der für die Netzadresse signifikanten Bits:

Submask 255.255.254.0 entspricht der Adressangabe .../23

- .../24 ist äquivalent zu 255.255.255.0 (1 Class C-Netz)
- .../16 ist äquivalent zu 255.255.0.0. (1 Class B-Netz)
- .../8 ist äquivalent zu 255.0.0.0 (1 Class A-Netz)
  
- .../23 ist äquivalent zu 255.255.254.0 (2 C-Netze)
- .../14 ist äquivalent zu 255.252.0.0 (4 B-Netze)
- .../9 ist äquivalent zu 255.128.0.0 (1/2 A-Netz)

## Routing



Wie entscheide „ich“ (Router R) bei hereinkommendem Datagramm, wohin weiterzuleiten? → Routing-Tabelle!

| Addr             | Submask       | Zielrouter                               |
|------------------|---------------|--|
| 141.24.112.70/24 | 255.255.255.0 | Ich/mein C-Netz (ARP)                    |
| 141.24.113.0/24  | 255.255.255.0 | ext. C-Netz X: an Router R-X, MAC-Addr   |
| 133.130.0.0/15   | 255.254.0.0   | ext. 2xB-Netz Y: an Router R-Y, MAC-Addr |
| alles andere     |               | an Standardrouter R-out, MAC-Addr        |



## Routing in meinem PC

My\_IP: 141.12.35.9  
My\_Mask: 255.255.254.0 (2 C-Netze, entspricht .../23)

Destination Address Datagram 1: 141.12.34.13  
Destination Address Datagram 2: 141.12.133.10

My\_Network = My\_IP AND My\_Mask  
= 141.12.35.9 AND 255.255.254.0  
= 141.12.34.0

Datagram 1: Destination\_Network = Dest\_addr AND My\_Mask  
= 141.12.34.13 AND 255.255.254.0  
= 141.12.34.0  
= My\_Network ! → internes Routing (ARP)

Datagram 2: Destination\_Network = Dest\_addr AND My\_Mask  
= 141.12.133.10 AND 255.255.254.0  
= 141.12.132.0  
= NOT My\_Network ! → an R\_out (ARP)



## Spezielle IP-Adresstypen

- Eine Null in einem Teil der Adresse bezeichnet per Konvention den lokalen Rechner bzw. das lokale Netz
- Die Adresse 127.0.0.0 (oft auch 127.0.0.1) ist der „local loopback“ eines Rechners

|                    |  |
|--------------------|--|
| Alles Null         | Lokaler Rechner (und nur dieser)                   |
| Alles Null Rechner | Dieser Rechner auf dem lokalen Netz                |
| Alles Eins         | Broadcast auf lok. Netz (endet am nächsten Router) |
| Netz Alles Eins    | Gerichteter Broadcast auf adressiertem Netz        |
| 127 Beliebig       | Local Loopback (endet am Rechnerausgang)           |

## Abbildung von IP-Adressen auf physikalische Adressen



- Gegeben 2 Rechner, die am selben physikalischen Subnetz angeschlossen sind
- Beide Rechner haben je eine **IP-Adresse**, und je eine **physikalische Adresse** bzgl. Ihres gemeinsamen Netzes (z.B. Ethernet)
- Will Rechner A Daten an Rechner B senden, so muss er anhand der **IP-Adresse** von Rechner B die **Ethernet-Adresse** von Rechner B herausfinden, um die Daten über das gemeinsame Netz zu senden

## Abbildung von IP-Adressen auf physikalische Adressen (2)



- Direkte Abbildung durch Berechnung aus IP-Adresse: dies ist nur in bestimmten Netzen möglich, und auch nur, solange das Adressierungsschema in beiden Adressräumen eingehalten wird
- Suche der **physikalischen Adresse** in einem Verzeichnisdienst anhand der **IP-Adresse**
- Dynamische Bindung durch Nachfragen auf dem lokalen Netz mittels des „**Address Resolution Protocols (ARP)**“

## Adress Resolution Protocol (ARP)



- Rechner A sendet ein spezielles Broadcast-Paket auf das lokale Netz (IP -Adresse „alles Eins“), in dem die **IP-Adresse** von Rechner B angegeben ist. Als Absender gibt er seine eigene physikalische Adresse mit
- Alle Rechner im lokalen Netz, die nicht diese IP-Adresse haben, ignorieren das Paket
- Derjenige Rechner im lokalen Netz, der diese IP-Adresse hat (Rechner B!), reagiert (als Einziger), füllt seine eigene **physikalische Adresse** ein und sendet das Paket speziell an den Absender zurück

## ARP Cache



- Gefundene Adressabbildungen werden von jedem Rechner für eine begrenzte Zeit in einem **ARP-Cache** lokal gehalten
- Zur Optimierung wird die physikalische Adresse des fragenden Rechners dem Paket mitgegeben (Annahme von bidirektionalem Verkehr) und alle Rechner werten auch das Antwortpaket aus (Eintrag in lokalen **ARP Cache**)

## Literaturhinweise zu TCP/IP und ARP



### Introduction:

Tanenbaum , Computer Networks .

Comer, Internetworking with TCP/IP.

RFC1180: A TCP/IP Tutorial. Socolofsky & Kale. <ftp://ftp.isi.edu/in-notes/rfc1180.txt> .

### Advanced Study:

Stevens, TCP/IP Illustrated, Vol.1+2.

RFC 791: Internet Protocol. J. Postel. Sep-01-1981. (Obsoletes RFC0760)

RFC 793: Transmission Control Protocol. J.Postel, September 1981.

RFC 2001: TCP Slow Start, Congestion Avoidance, Fast Retransmit, and Fast Recovery Algorithms. W. Stevens. Januar 1997.

RFC 2481: A Proposal to add Explicit Congestion Notification (ECN) to IP. K. Ramakrishnan und S. Floyd. Januar 1999

### Internet Standards RFC:

<http://www.rfc-editor.org/>

<http://www.rfc-editor.org/rfc.html>

<http://www.rfc-editor.org/rfcsearch.html>

## Literaturhinweise zu CIDR



1994 ff.:

RFC 1517: Applicability Statement for the Implementation of CIDR

RFC 1518: An Architecture for IP Address Allocation with CIDR

**RFC 1519: CIDR: An Address Assignment and Aggregation Strategy**

RFC 1520: Exchanging Routing Information Across Provider Boundaries in the CIDR Environment

<http://www.rfc-editor.org/rfcsearch.html>

1999 Pacific Bell Internet Services:

Classless Inter-Domain Routing (CIDR) Overview

<http://public.pacbell.net/dedicated/cidr.html>

Alternative texts on CIDR, e.g.:

<http://www.ralphb.net/IPSubnet/index.html>

[http://www.rvs.uni-bielefeld.de/~heiko/tcpip/kap\\_3\\_1.html](http://www.rvs.uni-bielefeld.de/~heiko/tcpip/kap_3_1.html)

[http://www.telekom.de/dtag/tklex/tklex\\_cda\\_index/1,13403,2073,00.html](http://www.telekom.de/dtag/tklex/tklex_cda_index/1,13403,2073,00.html)