

**Vorlesung Kommunikationssysteme
Wintersemester 2024/25**

**Internetworking und Adressierung
mit IP**

Christoph Lindemann

Comer Buch, Kapitel 20, 21

Zeitplan

Nr.	Datum	Thema
01	18.10.24	Organisation und Internet Trends
02	25.10.24	Programmierung mobiler Anwendungen mit Android
	01.11.24	Keine Vorlesung
03	08.11.24	Protokolldesign und das Internet
04	15.11.24	Anwendungen und Netzwerkprogrammierung
05	22.11.24	LAN und Medienzugriff
06	29.11.24	Ethernet und drahtlose Netze
07	06.12.24	LAN Komponenten und WAN Technologien
08	13.12.24	Internetworking und Adressierung mit IP
09	20.12.24	IP Datagramme
10	10.01.25	Zusätzliche Protokolle und Technologien
11	17.01.25	User Datagram Protocol und Transmission Control Protocol
12	24.01.25	TCP Überlastkontrolle / Internet Routing und Routingprotokolle
13	31.01.25	Ausblick: TCP für Hochgeschwindigkeitsnetze
14	07.02.25	Review der Vorlesung

Überblick

Ziele:

- ❑ Grundverständnis für die Notwendigkeit von Internetworking
- ❑ Aufbau und Verwendung der Adressen in IPv4 und IPv6

Themen:

- ❑ Internetworking
- ❑ Internetarchitektur
- ❑ Virtuelle Netze
- ❑ IPv4
- ❑ IPv6

Internetworking: Konzepte, Architektur und Protokolle

Einführung

- ❑ Bisher nur Grundlagen von Netzwerken erklärt
 - Hardwarekomponenten von LAN und WAN Netzwerken
 - Allgemeines Konzept von Adressierung und Routing

- ❑ **Internetworking:** Verbindung von mehreren, physischen Netzwerken zu einem großen, einheitlichen Kommunikationssystem

Motivation

- ❑ Jede Netzwerktechnologie wird entwickelt, um bestimmten Bedingungen zu genügen
 - LAN: Soll High-Speed Kommunikation über kurze Distanzen ermöglichen
 - WAN: Soll Kommunikation über weite Entfernungen bieten
- ❑ Keine einzelne Netzwerktechnologie ist die Beste für alle Anforderungen
- ❑ Große Organisation mit verschiedenen Anforderungen benötigt mehrere, physikalische Netzwerke
 - An einem Standort kann Ethernet die beste Technologie sein
 - Verbindung zwischen zwei Standorten über Standleitung

Universeller Dienst (1)

- ❑ Hauptproblem: Ist ein Computer mit einem Netzwerk verbunden, kann er nur mit anderen Computern in dem Netzwerk kommunizieren
- ❑ Problem wurde in den siebziger Jahren offensichtlich
- ❑ Jedes Netzwerk in der Organisation war eine Insel mit angeschlossenen Computern
- ❑ Mitarbeiter musste Netzwerk und damit Computer entsprechend dem Task wählen
 - Geringe Befriedigung und Produktivität der Nutzer

Universeller Dienst (2)

- ❑ **Universeller Dienst:** Erlaubt beliebigen Paaren von Computern die Kommunikation
- ❑ Ähnlich zu Telefonsystem, welches zwei beliebige Telefone miteinander kommunizieren lässt
- ❑ Mit Universellen Dienst kann Nutzer eines beliebigen Computer der Organisation Daten oder Nachrichten mit anderen Nutzern austauschen
- ❑ Bei veränderter Aufgabe muss Computer nicht wie früher gewechselt werden -> Produktivität steigt

Universeller Dienst (3)

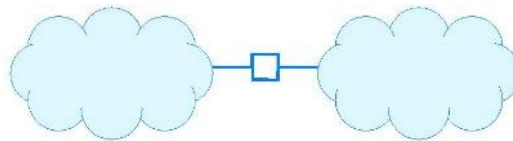
- ❑ Muss nun jeder einheitliche Netzwerktechnologie nutzen oder kann universeller Dienst über mehrere Netzwerke mit verschiedenen Technologien nutzen?
- ❑ Einfache Verkabelung verschiedener Netzwerke wegen Inkompatibilität nicht möglich
- ❑ Techniken wie Bridging zwischen heterogenen Netzwerken nicht möglich
 - Jede Technologie hat eigene Paketformate sowie Adressierung
 - Frames können nicht in Netzwerk mit anderer Technologie übertragen werden

Internetworking

- ❑ Zusätzliche Hardwaresysteme werden benutzt um physische Netzwerke zu verbinden
- ❑ Software auf den angeschlossenen Computern stellt universellen Dienst bereit
- ❑ **Internetwork/internet** bezeichnet das System der verbundenen Netzwerke
 - Sonderfall ist das globale **Internet**
- ❑ Internetworking ist allgemein gehalten
 - internet ist nicht in Größe beschränkt
 - Wenige Netzwerke möglich, aber auch Hunderttausende wie im globalen Internet

Physische Netzwerkverbindung mit Routern

- ❑ Basiskomponente um heterogene Netzwerke zu verbinden ist ein **Router**
- ❑ Router besitzt wie eine Bridge einen Prozessor, Speicher sowie I/O Interface für jedes zu verbindende Netzwerk
- ❑ Netzwerk behandelt Verbindung zu Router wie zu anderem angeschlossenen Netzwerk



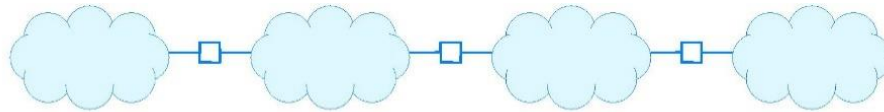
Zwei durch einen Router verbundene Netzwerke, Router hat separates Interface für jede Verbindung zu einem Netzwerk

Physische Netzwerkverbindung mit Routern (2)

- ❑ Router sind nicht beschränkt auf bestimmte Netzwerktechnologien
 - Beispiel: Verbindung zweier LANs, LAN und WAN oder auch zweier WANs
- ❑ Falls müssen Netzwerke nicht dieselbe Technologie benutzen, auch wenn die allgemeine Kategorie (z.B. LAN) gleich ist
 - Beispiel: Router kann Ethernet und Wi-Fi Netzwerk verbinden
- ❑ Verbindung von verschiedenen Technologien und damit verschiedene Medien, physische Adressierungen und Frame Formaten

Internet Architektur (1)

- ❑ Router ermöglichen Organisationen die Wahl der passenden Netzwerktechnologien für ihre Anforderungen



Internet aus drei Routern um vier, physische Netzwerke zu verbinden

- ❑ Router ist nicht auf zwei Verbindungen beschränkt, kommerzielle Router ermögliche Verbindung von mehr Netzwerken

Internet Architektur (2)

- ❑ Organisation nutzt selten nur einen Router um alle Netzwerke zu verbinden
 - Router um alle Netzwerke zu verbinden ist teuer
 - Mehrere, kleine Router sind günstiger; können nach Bedarf aufgerüstet werden
- ❑ Mehrere Router verbessern **Zuverlässigkeit** und vermeiden **Single Point of Failure**
 - Alternative Pfad um fehlerhafte Verbindung zu umgehen

Internet Architektur (3)

- ❑ Internettopologie bestimmt durch:
 - Bandbreite der physischen Netzwerke
 - erwarteter Traffic
 - Zuverlässigkeitsanforderungen
 - Kosten
 - Performance der Router Hardware

Intranets und Internets

- ❑ **Intranet:** Internetwork einer privaten Organisation (z.B. Firma), gedacht für Mitarbeiter der Organisation
- ❑ Internet ist das globale Internet mit den entsprechenden Protokollen
- ❑ Unterscheidung zwischen Intranet und globalem Internet schwierig
 - Fast alle Organisationen nutzen gleiches Equipment sowie Protokollsoftware für ihr Intranet wie ISPs für das globale Internet
 - Intranets verbinden zum globalen Internet, können damit als Teil dessen betrachtet werden
 - Definition bezieht sich auf Besitz und Kontrolle und nicht Technologie

Internet: Universeller Dienst

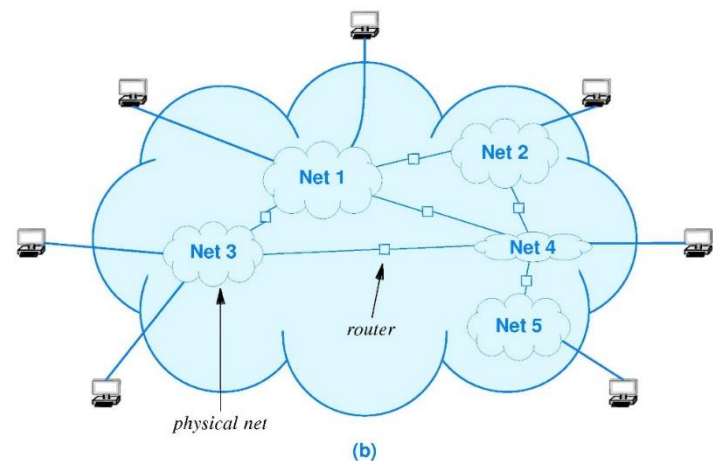
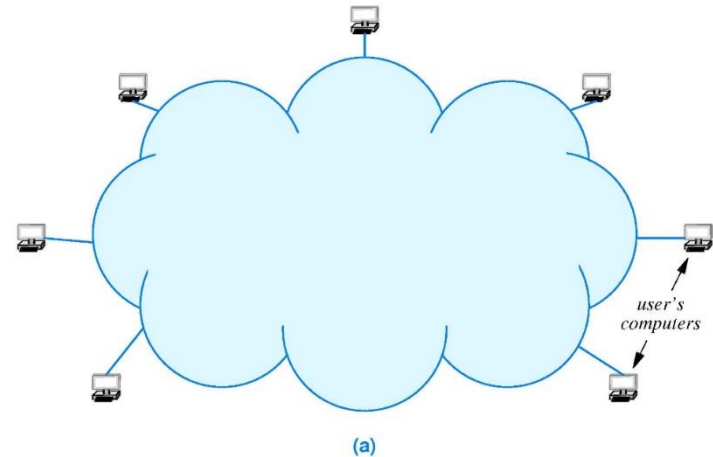
- ❑ Ziel vom Internetworking: universeller Dienst zwischen heterogenen Netzwerken
- ❑ Router leiten Informationen von der Quelle aus einem Netzwerk zu dem Ziel in einem anderen Netzwerk
 - Komplexe Aufgabe: Frameformat und Adressierung unterscheiden sich
 - Notwendigkeit einer entsprechenden Protokollsoftware auf Computern sowie Routern

Virtuelles Netzwerk (1)

- ❑ Internetsoftware erzeugt **Illusion eines einzelnen, nahtlosen Kommunikationssystem**
 - Auch als Virtuelles Netzwerk bezeichnet
 - Jeder Computer besitzt eine Adresse
 - Jeder Computer kann Pakete an anderen Computer senden
- ❑ Protokollsoftware versteckt Details der physischen Netzwerkverbindungen (z.B. physikalische Adressen, Routinginformationen)

Virtuelles Netzwerk (2)

- ❑ (a) Illusion eines einzelnen Netzwerks für Nutzer und Anwendungen
- ❑ (b) Tatsächliche, physikalische Struktur mit Routern und verbundenen Netzwerken

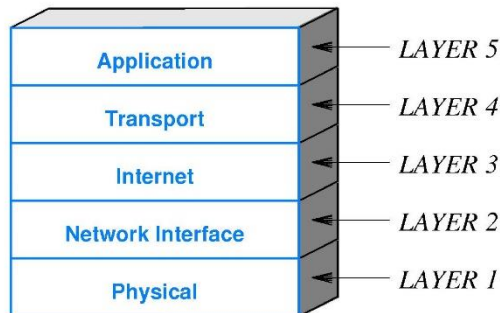


Protokolle für Internetworking

- ❑ **TCP/IP Internet Protocols** bzw. **TCP/IP** heutiger Standard
 - Zur selben Zeit wie das globale Internet entwickelt
 - Arbeiten begannen in den 70er Jahren
 - Weitere Arbeiten an TCP/IP bis frühe 90er Jahre als das Internet kommerziell wurde
- ❑ Der Name TCP/IP setzt sich aus den zwei bedeutendsten Protokollen der Protokollsuite zusammen

TCP/IP-Schichtenmodell

- ❑ Bisher wurden Schicht 5 (Applications), Schicht 2 (Network Interface) sowie Schicht 1 (Physical) vorgestellt
- ❑ Layer 3: Format der Pakete sowie Mechanismen um Pakete zwischen Computern durch einen oder mehrere Router zu leiten
- ❑ Layer 4: Nachrichten und Prozeduren um zuverlässigen Transfer zu ermöglichen



Fünf Schichten des TCP/IP Referenzmodells

Komponenten

- ❑ **Host:** Endsystem das sich zu Internet verbindet und auf dem Applikationen laufen
 - z.B. Smartphone, Sensor, Mainframe Computer, Datenbankserver
 - CPU langsam/schnell, Speicher groß/klein, angebundenes Netzwerk schnell/langsam
 - Beliebige Hosts können miteinander kommunizieren
- ❑ Hosts und Router benötigen TCP/IP Protokollsoftware
- ❑ Router arbeiten nur auf den unteren Schichten
 - Kein Layer 5 und 4, da konventionelle Applikationen nicht ausgeführt werden
 - Ausnahme: Spezielle Software für Monitoring und Fernzugriff

Zusammenfassung (1)

- ❑ Internet stellt sich logisch als ein einzelnes, nahtlos verbundenes Kommunikationssystem dar
- ❑ Beliebiges Paar von dazu verbundenen Computern kann miteinander kommunizieren
- ❑ Physikalisch besteht das Internet aus mehreren durch **Router** verbundene Netzwerke
- ❑ **Hosts** bezeichnen die Endsysteme des Internets

Zusammenfassung (2)

- ❑ Internet Protokoll Software realisiert die Illusion eines einheitlichen Kommunikationssystems des Internets
 - Versteckt tatsächliche, physikalische Verbindungen und übernimmt das Senden von Paketen zum Ziel
- ❑ Host oder Router implementieren Internet Protokoll Software
- ❑ Wichtigste Protokolle für Internetworking sind TCP/IP Internet Protocols (kurz: TCP/IP)
- ❑ Zusätzlich zur Nutzung in privaten Internets wird TCP/IP seit Jahrzehnten im globalen Internet genutzt

IP: Adressierung im Internet

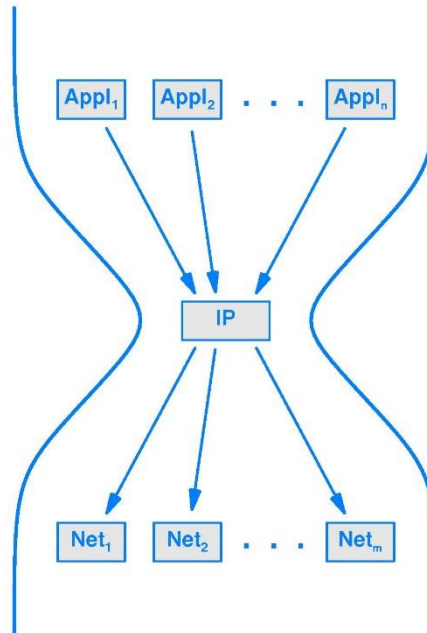
Übergang zu IPv6

- ❑ Aktuell: Übergang von IPv4 zu IPv6
- ❑ IPv4 war ein enormer Erfolg, Vielseitigkeit und Skalierbarkeit von IPv4 am globalen Internet erkennbar
- ❑ Allerdings: Zur Zeit der Entwicklung von IPv4 gab es nur wenige Computer
- ❑ Entwickler entschieden sich für IP Adresse mit 32 Bit
 - Globales Internet wächst exponentiell, Verdopplung in weniger als einem Jahr
 - Alle IP Adresse sind bereits zugewiesen
- ❑ IPv6 ermöglicht größeren Adressraum

Schwierige Umstellung (1)

- ❑ Knappheit der verbliebenen Adressen war 1993 entscheidend für Arbeiten an Nachfolger von IP
- ❑ Aber: Organisationen waren unwillig zu wechseln, da kein wirklicher Ernstfall vorhanden war
- ❑ Kosten des Wechsels zu teuer und IP zu wichtig
- ❑ Internetkommunikation folgt Sanduhrmodell mit IP an der Engstelle
 - IP ist zentral für die Internetkommunikation
 - Änderung von IP erfordert Änderung des gesamten Internet

Schwierige Umstellung (2)



Sanduhrmodell der Internetkommunikation mit IP im Zentrum

Adressen für Virtuelles Internet (1)

- ❑ Ziel von Internetworking: Nahtloses Kommunikationssystem
- ❑ Protokollsoftware muss Details der physischen Netzwerke verstecken und Illusion eines einzelnen, großen Netzwerk erzeugen
 - Designer müssen Adressen, Paketformate, Übertragungstechniken unabhängig von zugrundeliegender Hardware schaffen
- ❑ Adressierung ist eine kritische Komponente
 - Alle Hosts müssen einheitliches Adressierungsschema verwenden, müssen einzigartige Adresse besitzen
 - MAC-Adressen der Hosts nicht ausreichend, da verschiedene Netzwerktechnologien mit eigenen MAC-Adressen verwendet werden

Adressen für Virtuelles Internet (2)

- ❑ Adressierungsschema in IP unabhängig von MAC-Adressen
- ❑ Versenden von Paket im Internet
 - Ziel IP-Adresse wird von Sender in Paket eingefügt
 - Paket wird an IP Protokollsoftware zum Weiterleiten übergeben
 - Weiterleitung erfolgt anhand Ziel IP-Adresse zu Empfänger
- ❑ Beliebiges Paar von Applikationen kann kommunizieren ohne Typ der Netzwerkhardware oder MAC-Adressen zu kennen

IP Adressierungsschema

- ❑ IP spezifiziert, dass jeder Host einzigartige Nummer zugewiesen bekommt → **Internet Protokoll Adresse, IP Adresse, Internet Adresse**
- ❑ IPv4 nutzt 32 Bit Adressen, IPv6 nutzt 128 Bit Adressen
- ❑ Bei Versand eines Paketes gibt Sender seine eigene IP Adresse (Source Address) sowie Adresse des Empfängers (Destination Address)

IP Adressen Hierarchie

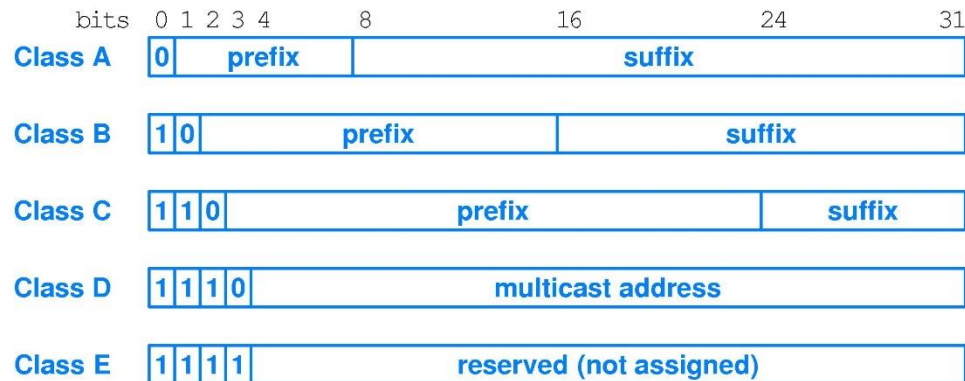
- ❑ IP Adressen werden in Präfix und Suffix geteilt (ähnlich zu hierarchischer Adressierung in WANs)
 - IP Präfix identifiziert physisches Netzwerk des Hosts
 - IP Suffix identifiziert spezifischen Computer des Netzwerk
- ❑ Jedes physische Netzwerk im Internet bekommt einzigartige Netzwerknummer, wird als Präfix verwendet
- ❑ Suffix des Hosts ist einzigartig in einem Netzwerk
- ❑ Kombination von Präfix und Suffix führt zu einzigartiger Adresse für jeden Computer
- ❑ Netzwerknummern müssen global koordiniert werden, Suffixe können lokal zugewiesen werden

Ursprüngliche Klassen der IPv4 Adressen (1)

- ❑ Bei Design von IP musste entschieden werden wie viele Bits zu Präfix und Suffix gehören
- ❑ Präfix benötigt genug Bits um jedem physischen Netzwerk einzigartige Nummer zuzuweisen
- ❑ Suffix benötigt genug Bits um jeden Computer eines Netzwerk einzigartiges Suffix zuzuweisen
- ❑ Großes Präfix erlaubt viele, dafür aber kleine Netzwerke und umgekehrt
- ❑ Verschiedene Netzwerktechnologien führen dazu, dass große sowie kleine physische Netzwerke existieren
- ❑ Ursprüngliche Hierarchie unterteilte deswegen Adressraum in drei Klassen (**Classful IP Addressing**)

Ursprüngliche Klassen der IPv4 Adressen (2)

- ❑ Erste vier Bits entscheiden über die Klasse
- ❑ Für jede Klasse ist spezifiziert wie der restliche Teil in Präfix/Suffix unterteilt wird
- ❑ Schema wurde mittlerweile abgelöst, aber Klasse D existiert immer noch für Multicast Adressen
 - Gruppe von Computern besitzt Multicast Adresse, Paket an eine Multicast Adresse wird an alle Hosts der Gruppe gesendet
 - Wurde nie global benutzt, sondern nur an einzelnen Standorten



Fünf Klassen der IPv4 Adressen im ursprünglichen Schema

IPv4 Dotted Decimal Notation

- ❑ Adressen sind 32 Bit Zahlen, werden vom Benutzer aber nicht als Binärzahl angegeben
- ❑ **Dotted Decimal Notation** stellt jeden 8 Bit Abschnitt als Dezimalwert dar und trennt diese mit Punkten
- ❑ Jedes Octet wird als Unsigned Integer behandelt (Wert zwischen 0 und 255)
- ❑ Adressraum reicht von 0.0.0.0 bis 255.255.255.255

32-bit Binary Number	Equivalent Dotted Decimal
10000001 00110100 00000110 00000000	129.52.6.0
11000000 00000101 00110000 00000011	192.5.48.3
00001010 00000010 00000000 00100101	10.2.0.37
10000000 00001010 00000010 00000011	128.10.2.3
10000000 10000000 11111111 00000000	128.128.255.0

Beispiele für Adressen in IPv4 als 32 Bit Binärzahl sowie in Dotted Decimal Notation

Koordination der Adressen

- ❑ Zu Netzwerk zugewiesenes Präfix muss einzigartig sein
- ❑ Verantwortlichkeit liegt bei der **Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN)**
 - Vergibt Präfixe nicht direkt, aber autorisiert Registrierungsstelle
- ❑ Registrierungsstellen existieren für alle geographischen Regionen (Nordamerika, Europa)
- ❑ Stellen große Adressblöcke ISPs zur Verfügung, diese vergeben wiederum Blöcke an kleinere ISPs
- ❑ ISP vergibt Präfixe an Kunden, welche Sie als Netzwerkpräfixe nutzen

IPv4 Subnet und Classless Adressierung (1)

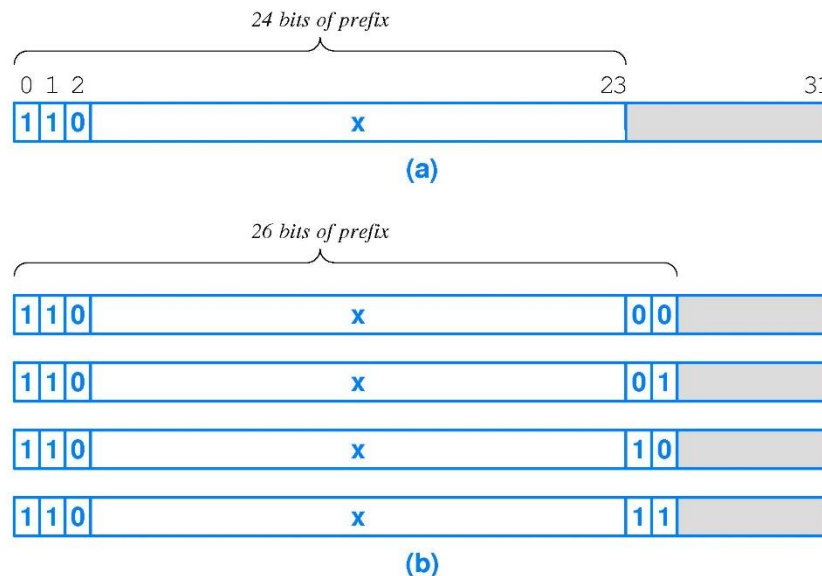
- ❑ Ursprüngliches Adressierungsschema mit Klassen unzureichend für wachsendes Internet
- ❑ **Subnet und Classless Adressierung** wurden entwickelt
 - Erlauben Trennung in Präfix und Suffix an beliebiger Stelle
- ❑ Subnet Adressierung ursprüngliche Bezeichnung für Verwendung in großen, an das Internet angebundene Organisationen
- ❑ Classless Adressierung Bezeichnung für gesamtes Internet
- ❑ Idee wird auch in IPv6 verwendet

IPv4 Subnet und Classless Adressierung (2)

- ❑ Durch Wachstum des Internets würden alle Adressen benötigt werden
- ❑ Mit klassenloser Adressierung kann ISP Präfix passender Größe zuweisen
- ❑ Beispiel:
 - Kunde hat Netzwerk mit 35 Hosts, klassenbehaftete Adressierung weist ihm Klasse C Netz zu
 - 6 Bits hätten dem Kunden gereicht, 219 von 254 Suffixen werden nie verwendet (nicht 256, da 0 und 255 für Broadcast verwendet)
 - klassenlose Adressierung weist ihm Netz mit 26 Bit Präfix zu (35 von 62 Suffixe werden genutzt)

IPv4 Subnet und Classless Adressierung (3)

- ❑ ISP mit Klasse C Netzwerk kann dieses z.B. für vier Kunden in vier Netze mit längerem Präfix und jeweils 62 Hosts unterteilen
- ❑ War Klasse C Präfix einzigartig, gilt dies auch für klassenlose Präfixe



(a) IPv4 Klasse C Präfix (b) Präfix unterteilt in 4 klassenlose Präfixe

Adressmasken

- ❑ Hosts und Router müssen Grenze zwischen Network Präfix und Host Suffix speichern
- ❑ Wird als Adressmaske bezeichnet (ursprünglich Subnetzmaske)
 - Adressmaske markiert Bits des Präfix mit 1, Bits des Suffix mit 0
 - In IPv4 32 Bit Wert (IPv6 128 Bit)
- ❑ Verwendung einer Bitmaske ist effizient, Hosts und Router müssen zum Weiterleiten Netzwerk Präfix der Adresse extrahieren
 - Zieladresse D, Netzwerk Präfix N, Adressmaske M
 - $N = (D \& M)$ ist einfache logische Verknüpfung

CIDR Notation in IPv4 (1)

- ❑ Bezeichnung der Classless Adressierung ist **Classless Inter-Domain Routing (CIDR)**
 - Spezifiziert nur Adressierung und Weiterleitung, nicht Routing
- ❑ Soll Nutzern erleichtern Masken anzugeben
 - 26 Bit Maske entspricht 255.255.255.192
- ❑ Dotted Decimal Notation wurde zur CIDR Notation erweitert: ddd.ddd.ddd.ddd/M
 - ddd ist Dezimalwert eines Octet, m ist Anzahl der 1 Bits der Maske von links ausgehend

CIDR Notation in IPv4 (2)

- Adressmasken in CIDR Notation und Dotted Decimal Notation

Length (CIDR)	Address Mask	Notes
/0	0 . 0 . 0 . 0	All 0s (equivalent to no mask)
/1	128 . 0 . 0 . 0	
/2	192 . 0 . 0 . 0	
/3	224 . 0 . 0 . 0	
/4	240 . 0 . 0 . 0	
/5	248 . 0 . 0 . 0	
/6	252 . 0 . 0 . 0	
/7	254 . 0 . 0 . 0	
/8	255 . 0 . 0 . 0	Original Class A mask
/9	255 . 128 . 0 . 0	
/10	255 . 192 . 0 . 0	
/11	255 . 224 . 0 . 0	
/12	255 . 240 . 0 . 0	
/13	255 . 248 . 0 . 0	
/14	255 . 252 . 0 . 0	
/15	255 . 254 . 0 . 0	
/16	255 . 255 . 0 . 0	Original Class B mask
/17	255 . 255 . 128 . 0	
/18	255 . 255 . 192 . 0	
/19	255 . 255 . 224 . 0	
/20	255 . 255 . 240 . 0	
/21	255 . 255 . 248 . 0	
/22	255 . 255 . 252 . 0	
/23	255 . 255 . 254 . 0	
/24	255 . 255 . 255 . 0	Original Class C mask
/25	255 . 255 . 255 . 128	
/26	255 . 255 . 255 . 192	
/27	255 . 255 . 255 . 224	
/28	255 . 255 . 255 . 240	
/29	255 . 255 . 255 . 248	
/30	255 . 255 . 255 . 252	
/31	255 . 255 . 255 . 254	
/32	255 . 255 . 255 . 255	All 1s (host specific mask)

CIDR Beispiel

- ❑ ISP hat Adressblock 128.211.0.0/16 verfügbar
- ❑ ISP hat zwei Kunden: Einer benötigt 12 Adressen, der Andere 9
- ❑ Kunde 1:
 - Bekommt von ISP 128.211.0.16/28
 - Binärwert: 10000000 11010011 00000000 0001 0000
- ❑ Kunde 2:
 - Bekommt von ISP 128.211.0.32/28
 - Binärwert: 10000000 11010011 00000000 0010 0000
- ❑ Damit unterschiedliches Präfix und 14 mögliche Hosts
- ❑ ISP behält weiterhin Großteil des Adressblocks

CIDR Hostadressen

- Adressen in Dotted Decimal Notation schwierig zu interpretieren, da beliebige Grenze zwischen Präfix und Suffix möglich

0 **Network Prefix 128.211.0.16 / 28** 28 31

1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

0 **Address Mask 255.255.255.240** 28 31

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

0 **Lowest Host Address 128.211.0.17** 28 31

1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

0 **Highest Host Address 128.211.0.30** 28 31

1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Beispiel IPv4 CIDR Adressierung mit /28 prefix

Spezielle IPv4 Adressen (1)

- ❑ Adressierung von Netzwerken und Gruppen von Computern
- ❑ Bestimmte reservierte Adressen für diesen Zweck, können keinem Host zugewiesen werden
- ❑ IPv4 Netzwerkadresse adressiert Netzwerk, Suffix ist auf Null gesetzt
 - In vorherigem Beispiel 128.211.0.16/28 da alle Bits nach 28. Bit Null
 - Darf nie als Zieladresse in Paket verwendet werden

Spezielle IPv4 Adressen (2)

❑ IPv4 Direkter Broadcast

- Ein Paket wird durch Internet an Netzwerk gesendet, dort dann an alle Hosts des Netzwerks
- Suffix wird komplett auf Eins gesetzt
- Broadcast kann bei Unterstützung direkt von Hardware versendet werden, sonst durch Software als Kopie an jeden Host

❑ IPv4 Limitierter Broadcast

- Alle Bits auf 1 gesetzt (255.255.255.255)
- Broadcast nur im direkt verbundenen Netzwerk

Spezielle IPv4 Adressen (3)

❑ IPv4 This Computer

- Computer muss eigene Adresse kennen (Angabe als Source in Paket bzw. Empfang falls als Destination)
- Später erklärt: Möglichkeiten um automatisch IP Adressen zu beziehen
- Nutzt IP, Source wird als 0.0.0.0 angegeben

❑ IPv4 Loopback

- Oft für Test und Debugging von Netzwerkanwendungen
- Daten werden durch Protokoll Stack bis IP Software geleitet, leitet weiter an Protokollstack von zweitem Programm
- Präfix 127/8 reserviert, aber alle Hostadressen gleich behandelt (meistens 127.0.0.1 verwendet)

Zusammenfassung von speziellen IPv4 Adressen

- ❑ Adressen dürfen nie Host zugewiesen werden
- ❑ Sind für bestimmte Einsätze gedacht
 - Broadcast darf niemals Source sein
 - This Computer darf nicht benutzt werden, nachdem IP Adresse bezogen wurde

Prefix	Suffix	Type Of Address	Purpose
all-0s	all-0s	this computer	used during bootstrap
network	all-0s	network	identifies a network
network	all-1s	directed broadcast	broadcast on specified net
all-1s	all-1s	limited broadcast	broadcast on local net
127/8	any	loopback	testing

Überblick Reservierte IP Adressen

IPv4 Berkeley Broadcast

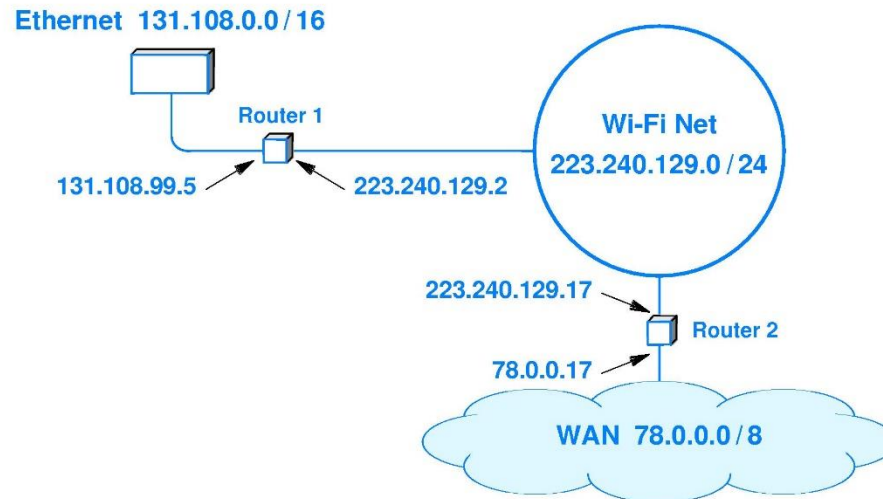
- ❑ Frühe Implementierung von TCP/IP Protokolle für BSD UNIX
- ❑ Direkter Broadcast falls Suffix komplett 0 gesetzt ist (entspricht Netzwerkadresse)
- ❑ Viele Hersteller bauten auf Berkeley Implementierung auf und verwenden noch Berkeley Broadcast
- ❑ Software besitzt oft Konfigurationsmöglichkeit um zwischen beiden Varianten zu wechseln

Router und Adressierung (1)

- ❑ Router müssen auch IP Adresse erhalten
- ❑ Tatsächlich besitzt ein Router zwei oder mehr Adressen, nämlich für jedes angeschlossene Netzwerk
- ❑ IP Adresse identifiziert Verbindung zwischen Computer und Netzwerk
- ❑ Computer mit mehreren Netzwerkverbindungen benötigt IPv4 Adresse für jede Verbindung

Router und Adressierung (2)

- ❑ Interface muss nicht dasselbe Suffix haben (kann aber Administrator Management erleichtern wie bei Router 2)



Zwei Router mit IPv4 Adressen

Multihomed Host

- ❑ Host Computer mit mehreren Netzwerkverbindungen wird als **Multihomed** bezeichnet
- ❑ Gründe:
 - Zuverlässigkeit (Internet erreichbar, falls ein Netzwerk ausfällt)
 - Performance (Daten können direkt anstatt über mehrere Router gesendet werden)
- ❑ Besitzt wie ein Router mehrere Adressen
- ❑ Soll Paket von Host akzeptiert werden, falls es Adresse des anderen Netzwerks enthält?

IPv6 Multihoming

- ❑ IPv6 nimmt an, dass Host mehrere Verbindungen und mehrere Adressen hat
- ❑ Erlaubt mehrere Präfixe für jedes Netzwerk
- ❑ Ziel: Neuadressierung erleichtern
 - Änderung des Dienstproviders kann zu anderem Netzwerk Präfix führen
 - Neues Präfix kann hinzugefügt werden, während Programme noch altes Präfix verwenden
 - Neu gestartete Programme nutzen neues Präfix
 - Nach Übergangszeit kann altes Präfix entfernt werden
- ❑ Automatische Neuadressierung funktioniert praktisch leider noch nicht

IPv6 Adressierung (1)

- ❑ Einzigartige Adresse für Verbindung zwischen Computer und physischen Netzwerk wie in IPv4
 - Router an drei physischen Netzwerken hat mindestens drei Adressen
- ❑ Unterteilung in Präfix für Netzwerk und Suffix für Host wie IPv4, Trennung kann ebenso an beliebiger Stelle sein
- ❑ Aber: Hierarchie aus drei Ebenen
 - Global einheitlicher Präfix (gedacht für Organisation), Subnet für ein Netzwerk der Organisation, Interface für Computer eines Netzwerks

IPv6 Adressierung (2)

- ❑ Präfix hat variable Größe, wird von ISP nach Anforderung festgelegt; Interface hat aber 64 Bit
- ❑ Globaler Präfix und Subnet ergeben ein /64 Präfix
 - Bekommt Organisation von ISP Globalen Präfix mit K Bit, ist Subnet Teil $64-K$ Bit groß sein



Unterteilung der 128 Bit IPv6 Adresse in Präfix, Subnet und Interface

IPv6 Adressierung (3)

- ❑ Spezielle Adressen unterscheiden sich von denen in IPv4
- ❑ Adressen mit limitierter Reichweite (zum Beispiel nur einzelnes Netzwerk oder nur Organisation)
- ❑ Kein Broadcast mehr vorhanden, wird durch spezielle Multicast Gruppe (alle Hosts und Router des Netzwerks) ersetzt
 - Spezielle Multicast Adresse für „Alle Nodes im lokalen Netz“, „Alle Router im lokalen Netz“

IPv6 Adressierung (4)

- ❑ Anycast Adressierung ursprünglich als Cluster Adressierung bezeichnet
- ❑ Soll Replikation von Diensten ermöglichen
- ❑ Dienst ist unter Anycast Adresse erreichbar
- ❑ Datagram wird nur an einen der Computer weitergeleitet, kann sich für zwei Nutzer unterscheiden

Typ	Zweck
Unicast	Adresse eines einzelnen Computer. Datagram an diese wird auf kürzesten Weg zu Computer geleitet
Multicast	Adresse einer Gruppe von Computern. Zugehörigkeit kann sich ändern. Eine Kopie des Datagram zu jedem Mitglied der Gruppe
Anycast	Adresse einer Gruppe von Computern mit gemeinsamen Präfix. Datagram wird exakt an einen der Computer gesendet (z.B. der mit kürzestem Weg)

IPv6 Colon Hexadecimal Notation

- ❑ 128 Bit Adressen lassen sich schlecht schreiben
 - 105.220.136.100.255.255.255.255.0.0.18.128.140.10.255.255
- ❑ Colon Hexadecimal Notation (colon hex) als neue Form, schreibt 16 Bit Blöcke Hexadezimal und trennt mit „:“
 - 69DC:8864:FFFF:FFFF:0:1280:8C0A:FFFF
- ❑ Großer Adressraum und vorgeschlagene Zuweisung führt zu vielen Null Bits
- ❑ Zero Compression ersetzt Ketten von Null durch „::“
 - Statt FF0C:0:0:0:0:0:0:B1 einfach FF0C::B1
- ❑ Um Übergang von IPv4 zu erleichtern, werden alte Adressen auf neue abgebildet
 - Jede IPv6 Adresse mit 80 Null Bits, dann 16 Eins Bits enthält danach 32 Bit Adresse

Zusammenfassung (1)

- ❑ Einheitliches Adressierungsschema mit einzigartigen Adressen → Internet scheint großes, nahtloses Netzwerk zu sein
- ❑ IPv4 teilt 32 Bit Adressen in Präfix/Suffix
- ❑ IPv6 teilt 128 Bit Adressen in Präfix/Subnet/Interface

Zusammenfassung (2)

- ❑ Zentrale Stelle weist Präfix zu, Suffix wird von Administrator einzigartig im Netzwerk vergeben
- ❑ Classless und Subnet Adressierung erlauben beliebige Grenze zwischen Präfix/Suffix → Adressmaske muss zusätzlich gespeichert werden
- ❑ Spezielle, reservierte Adressen existieren