

Next Generation Internet

5. Multicast-Grundlagen

INSTITUT FÜR TELEMATIK



KIT – Universität des Landes Baden-Württemberg und
nationales Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft

www.kit.edu

Überblick Kapitel 5

I. Einführung

1. Einführung

II. Internet-Architektur

2. Internet-Architektur
3. NAT & IPv6
4. Dienstgüte

- 5.1 Der Begriff Gruppenkommunikation
- 5.2 Kommunikationsformen
- 5.3 Eigenschaften von Gruppen
- 5.4 Spezielle Aspekte
- 5.5 Unterstützung im Kommunikationssystem

III. Multicast

5. Grundlagen
6. Multicast Routing
7. Multicast Transport

IV. Flexible Dienste und Selbstorganisation

8. Neuere Transportprotokolle
9. Aktive Netze
10. Peer-to-Peer

5.1 Der Begriff Gruppenkommunikation

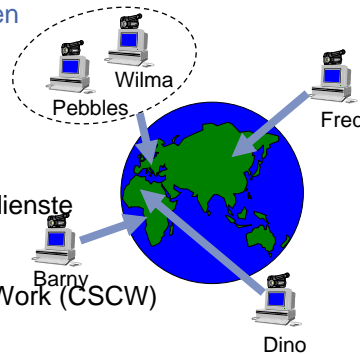


■ Gruppenkommunikation

- Kommunikation zwischen mehreren Teilnehmern
 - Spezialfall: Kommunikation zwischen zwei Partnern
- Teilnehmer können verschiedene Rollen wahrnehmen (Sender, Empfänger)
 - Es lassen sich **verschiedene Formen** der Gruppenkommunikation unterscheiden

■ Beispielanwendungen

- IP-TV, Web-Radio
- (Video-) Konferenzsysteme
- Software- und Informations-Verteildienste
- Parallelrechnen
- Verteilte Spiele
- Computer Supported Cooperative Work (CSCW)
 - Verteiltes Projektteam



3

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

5.2 Kommunikationsformen

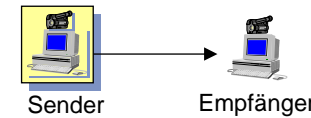


■ Unicast

(1:1-Kommunikation)

- 1 Sender und 1 Empfänger
- Unidirektionaler Nutzdatenfluss
- Kontrolldaten in umgekehrter Richtung möglich
- Anwendungsbeispiel?

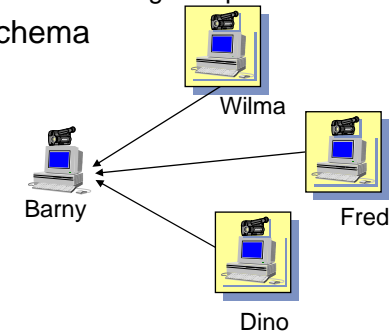
■ Schema



■ Concast (m:1-Kommunikation)

- m Sender und 1 Empfänger
- Unidirektionaler Nutzdatenfluss
- Kontrolldaten in umgekehrter Richtung möglich
- Anwendungsbeispiel?

■ Schema



4

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

Kommunikationsformen

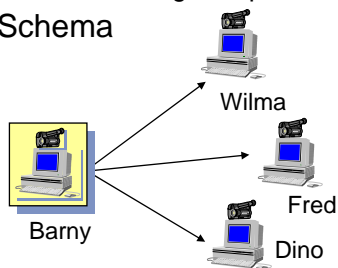


■ Multicast

(1:n-Kommunikation)

- 1 Sender und n Empfänger
- unidirektionaler Nutzdatenfluss
- Kontrolldaten in umgekehrter Richtung möglich
- Anwendungsbeispiel?

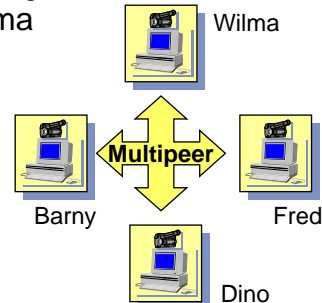
■ Schema



■ Multipeer (m:n-Kommunikation)

- m Sender und n Empfänger
- auch als Mehrpunkt-Kommunikation bezeichnet
- vielfältigste Form der Gruppenkommunikation
- häufig durch Multicast emuliert

■ Schema



5

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

Weitere Kommunikationsformen

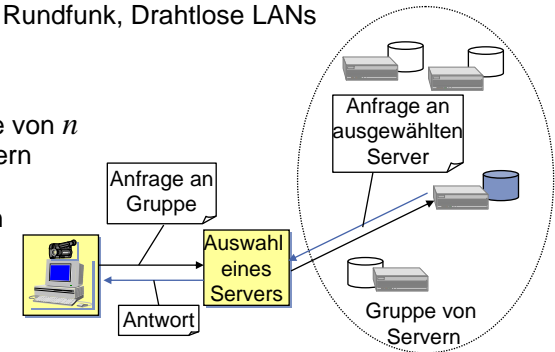


■ Broadcast

- unbeschränkte Empfängermenge (jeder Knoten ist Empfänger)
- keine Gruppenbildung und -verwaltung notwendig
- keine Gruppenadressierung
- Anwendungsbeispiel: Rundfunk, Drahtlose LANs

■ Anycast

- 1 Empfänger
wird aus einer Gruppe von n potentiellen Empfängern selektiert
- Empfänger hat keinen Einfluss auf Selektion
- Anwendungsbeispiel
 - Lokalisierung eines Dienstes im Verteilten System



6

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

Multicast

■ Multicast

- Paket wird *so spät wie möglich repliziert*

■ Vorteil

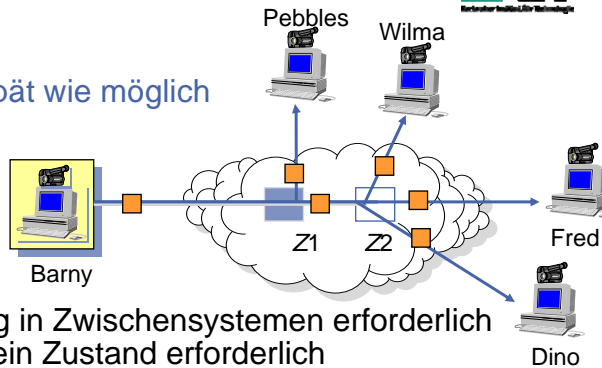
- effizientere Ressourcennutzung

■ Nachteile

- Zustandshaltung in Zwischensystemen erforderlich
- Je Datenstrom ein Zustand erforderlich
- Spezielle Multicast-Funktionen notwendig

■ Varianten

- **Any-Source Multicast:** jedes System darf an Gruppe senden
- **Single-Source Multicast:** Sender-spezifische Gruppe [RFC 3569]



7

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

Multicast: Zieladresse adressiert die gesamte Gruppe der Empfänger → logische Adresse

Zustand notwendig, um Informationen über Gruppenmitgliedschaft bzw. Teilnehmer oder Verteilstruktur zu speichern.

Emulieren von Multicast durch Unicast?

■ Emulierter Multicast mit n Empfängern

- n Unicast-Kommunikationsbeziehungen zwischen Sender und den jeweiligen Empfängern

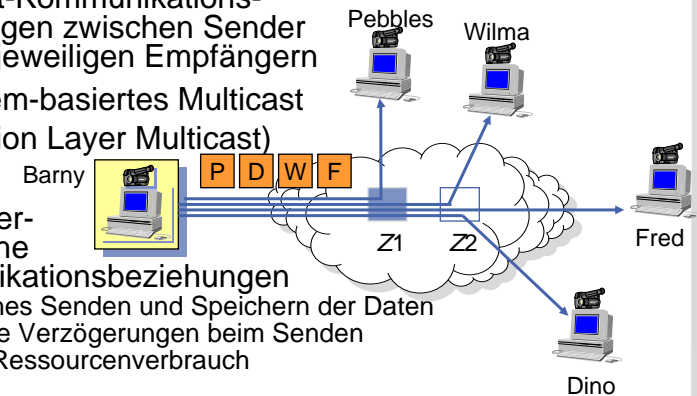
- Endsystem-basiertes Multicast (Application Layer Multicast)

■ Probleme

- Viele unterschiedliche Kommunikationsbeziehungen
 - vielfaches Senden und Speichern der Daten
 - zeitliche Verzögerungen beim Senden
 - hoher Ressourcenverbrauch

■ Vorteil

- Zwischensysteme benötigen keine speziellen Multicast-Funktionen und müssen Daten nicht kopieren



8

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

Application Layer Multicast: bildet Multicast-Verteilstruktur (Overlay) zwischen involvierten Endsystemen

Einsatz und Verbreitung von Multicast-Diensten



- IP-Multicast nicht global verfügbar
- Typische „Henne/Ei“-Situation:
 - Anwendungsentwickler
 - Internetdienstanbieter (ISPs)
 - Routerhersteller
 - Endnutzer/Kunden
- Multicast ist mit diesem Problem nicht allein
 - IPv6
 - QoS: Integrated/Differentiated Services
- Markt für Multicast teilweise unklar
 - inzwischen Multicast in der lokalen ISP-Domäne für IP-TV
- Multicast noch unvollständig
 - z.B. Sicherheit und Transport

9

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

Henne/Ei-Situation

- Entwickler
 - Sieht keine Verbreitung von Multicast, baut folglich keine Anwendung, die IP-Multicast nutzt
- ISP
 - bislang keine Anwendungen (jetzt aber durch IPTV getrieben)
 - Befürchten Kontrollverlust durch Multicast-Ströme (dynamisch auftretende „Verkehrsquellen“ mitten im Netz)
 - Verdienen durch erhöhtes Datenaufkommen (Multicast over Unicast), neue Kostenmodelle notwendig
- Routerhersteller
 - Multicast-Routingprotokolle sind komplex und nicht einfach zu implementieren
 - Keine Anforderungen seitens der ISPs (oft Multicastunterstützung vorhanden, aber nicht aktiviert)
- Endnutzer/Kunden
 - Multicast unbekannt und nicht nachgefragt
- Unklare Marktsituation für Multicast, aber
 - Triple-Play & IPTV könnten die Anwendungen sein, die Multicast brauchen
 - Interne Nutzung von Multicast bei ISPs (z.B. Mailverteilung bei 1&1)
- Multicast noch nicht vollständig, es fehlt an
 - Sicherheitslösungen
 - Geschlossenen (privaten) Gruppen
 - Standardisierten, zuverlässigen und weit verfügbaren Transportprotokollen wie z.B. TCP

Skalierbarkeit



- Skalierbarkeit der Gruppenkommunikation für große Gruppen stellt wesentliches Problem bei technischer Umsetzung dar
- Aspekte, die Skalierbarkeit betreffen
 - Gruppengröße
 - Zuverlässigkeit
 - Bekanntheit innerhalb der Gruppe
 - Topologie der Gruppe

10

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

Skalierbarkeitsaspekte

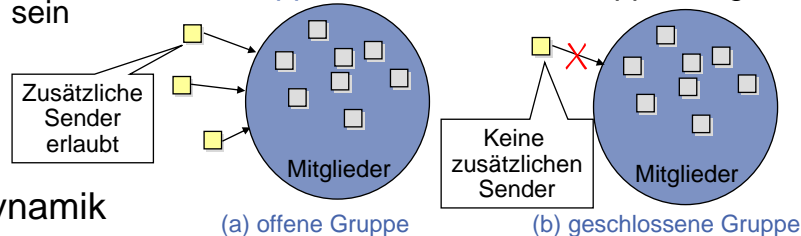
- Gruppengröße
 - große Gruppen umfassen mehrere hundert oder mehrere tausend Teilnehmer
 - hohe Dynamik stellt hohe Anforderungen an Gruppenverwaltung
- Zuverlässigkeit
 - Austausch von Kontrollinformation ist erforderlich. Kann bei großen Gruppen hohen Zusatzaufwand verursachen und Sender kann leicht zum Leistungsengpass werden.
- Bekanntheit innerhalb der Gruppe
 - Sind alle Gruppenmitglieder bekannt, so muss die Gruppenverwaltung bei hoher Dynamik in der Gruppe (Ein- und Austritte) sehr leistungsfähig sein
- Topologie der Gruppe
 - geographische Verteiltheit der Gruppe
 - Heterogenität hinsichtlich der Ressourcen einzelner Gruppenmitglieder

5.3 Eigenschaften von Gruppen



■ Offenheit

- **Offene** Gruppen können Daten von beliebigen Sendern empfangen
- **Geschlossene Gruppen**: Sender muss Gruppenmitglied sein



■ Dynamik

- **statische** Gruppe: Zusammensetzung der Gruppe vorgegeben
- **dynamische** Gruppe: Zusammensetzung kann sich im Verlauf einer Kommunikationsbeziehung ändern

11

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

Eigenschaften von Gruppen



■ Lebensdauer

- **permanente** Gruppen
- **transiente** Gruppen

■ Sicherheit

- unterschiedliche Sicherheitsvorkehrungen

■ Bekanntheit

- **anonyme** Gruppen
- **bekannte** Gruppen

■ Heterogenität

- **heterogene** Gruppen
- **homogene** Gruppen

12

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

- **Lebensdauer**
 - **Permanente Gruppen** existieren unabhängig von einer gerade stattfindenden Kommunikation und damit auch unabhängig von aktiven Mitgliedern
 - **Transiente Gruppen** existieren nur so lange, wie sie über Mitglieder verfügen
- **Sicherheit**
 - Einzelne Datenströme können über unterschiedliche Sicherheitsvorkehrungen verfügen
 - Kann sich dynamisch ändern
- **Bekanntheit**
 - Bei **anonymen Gruppen** ist die Identität der einzelnen Mitglieder nicht immer bekannt
 - Bei **bekannten Gruppen** muss die Identität zu jedem Zeitpunkt bekannt sein
- **Heterogenität**
 - In **heterogenen Gruppen** können sich die Mitglieder in ihren Eigenschaften unterscheiden
 - Bei **homogenen Gruppen** verfügen alle Teilnehmer über die gleichen Ressourcen (z.B. Datenrate, Bildauflösung)

5.4 Spezielle Aspekte der Gruppenkommunikation



- Dienst- und Funktionsdefinitionen
 - beschreiben normalerweise Kommunikation zwischen zwei Teilnehmern
 - Erweiterung/Anpassung notwendig
- Beispiele und zugehörige Fragestellungen
 - Adressierung
 - Routing
 - Verwaltung
 - Zuverlässigkeit
 - Sicherheit
- Eine Unterstützung in mehreren Schichten eines Kommunikationssystems ist erforderlich

13

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

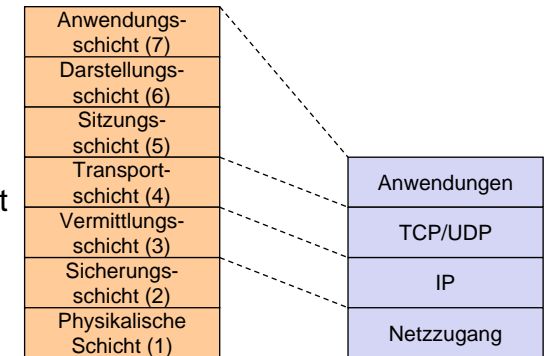
- Dienst- und Funktionsdefinitionen
 - beschreiben normalerweise Kommunikation zwischen zwei Teilnehmern
 - müssen erweitert/angepasst oder neu hinzugenommen werden
- Beispiele und zugehörige Fragestellungen
 - Adressierung
 - Wie kann die gesamte Gruppe effizient angesprochen werden?
 - Routing
 - Wie erreichen die Daten die Gruppe (möglichst effizient)?
 - Verwaltung
 - Wer ist Mitglied einer Gruppe?
 - Wie sieht eine effiziente Verwaltung bei großen Gruppen mit hoher Dynamik aus?
 - Zuverlässigkeit
 - Richtige Reihenfolge bei mehr als einem Sender?
 - Handhaben der Quittungen von 1000 und mehr Empfängern?
 - Sicherheit
- Eine Unterstützung in mehreren Schichten eines Kommunikationssystems ist erforderlich

5.5 Unterstützung im Kommunikationssystem



- Dedizierte Unterstützung in unterschiedlichen Bereichen eines Kommunikationssystems sind erforderlich

- Sicherungsschicht
- Vermittlungsschicht
- Transportschicht
- Anwendungsschicht



(a) ISO/OSI-Basisreferenzmodell

(b) Internet-Modell

14

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

5.5.1 Multicast in der Sicherungsschicht



■ Unterscheidung zwischen Systemen mit und ohne geteiltem Medium

- Geteiltes Medium ermöglicht Broadcast
- **Non-Broadcast Multiple Access (NBMA)** Medien erfordern spezielle Unterstützung
- Multicast-Adressen identifizieren Mitglieder einer Gruppe
- Per „Broadcast“ verteilte Multicast-Pakete werden im Gegensatz zu echten Broadcast-Paketen nur von Gruppenmitgliedern entgegengenommen, da Zieladresse weiterhin Multicast

■ Netzwerkkarte im Host filtert Pakete

■ Filter auf Basis von speziellen MAC-Adressen

15

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

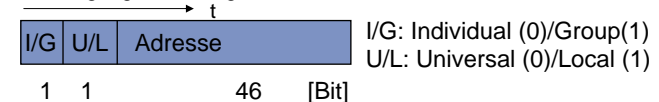
- Unterscheidung zwischen Systemen mit und ohne geteiltem Medium
 - Geteiltes Medium ermöglicht Broadcast, womit jedes angeschlossene System erreichbar ist
 - Multicast-Pakete können so per Broadcast „effizient“ an alle potentiellen Teilnehmer verteilt werden
 - Übliches Verfahren bei drahtloser Übertragung, z.B. WLAN
 - **Non-Broadcast Multiple Access (NBMA)** Medien müssen explizit Pakete replizieren
 - Multicast-Adressen identifizieren Mitglieder einer Gruppe
 - Per „Broadcast“ verteilte Multicast-Pakete werden im Gegensatz zu echten Broadcast-Paketen nur von Gruppenmitgliedern entgegengenommen, da Zieladresse weiterhin Multicast
- Netzwerkkarte im Host filtert Pakete, die nicht für sie bestimmt sind
- **Filter** sorgen dafür, dass Host nur für ihn bestimmte Pakete empfängt, d.h. passt (MAC-)Zieladresse auf Filter, wird Ethernet-Rahmen an Treiber weitergereicht, sonst nicht
 - Filter (meist in Hardware realisiert) für eigene Unicast-Adresse(n), Multicastadressen, Broadcast-Pakete
 - Vorteil: „uninteressante“ Pakete belasten System nicht
 - Manche Interfaces bieten nur begrenzte Anzahl von konfigurierbaren Filtern (aufgrund HW-Beschränkung)
 - Sind die Filter erschöpft, sollten eigentlich sämtliche Multicastpakete (unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit des Hosts) weitergereicht werden → höhere Belastung des Systems (Treiber wird jedes mal aufgerufen)

Multicast in der Sicherungsschicht



■ IEEE 802.3: Format der Zieladresse

Übertragungsreihenfolge auf Medium



- Übertragungsreihenfolge von Ethernetrahmen auf dem Medium: jedes Oktett wird mit dem niederwertigsten Bit zuerst übertragen!
- **Group=1** adressiert keine, eine, mehrere oder alle Stationen in einem LAN
- **Universal**: Global administrierte Adresse (zugewiesen und global eindeutig)
- Für **Broadcast** ist **Local=1** zu setzen (daher für Multicast prinzipiell auch)

16

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)

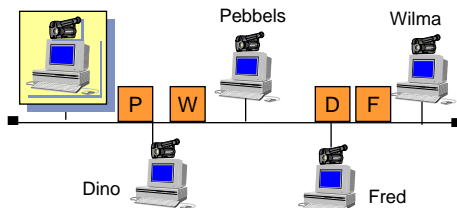


Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

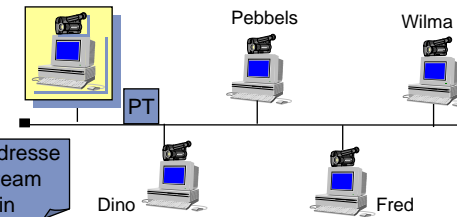
Beispiel: Ethernet

- Gemeinsames, geteiltes Medium
- Broadcast-fähig
- Multicast spart Ressourcen im Vergleich zu Unicast

(a) Unicast



(b) Multicast



PT: Gruppenadresse vom Projektteam Feuerstein

17

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



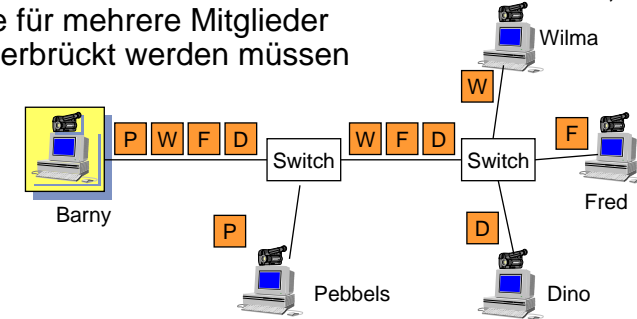
Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

• Beispiel: Ethernet-Switch

- Switch = Multiport-Bridge
- Multicast-Paket muss an alle Switch-Ports weitergeleitet (kopiert) werden, hinter denen Empfänger für die Zielgruppe sitzen
 - Andernfalls muss Multicast-Paket an alle Ports kopiert werden → Effizienzvorteil von Multicast aufgehoben
- Problem: woher weiß Switch, welche Empfänger welche Gruppen abonniert haben?
 - Switch hört IGMP/MLD-Nachrichten (Schicht 3 Kontrollprotokolle!) mit und lernt damit entsprechende Zuordnung → „IGMP/MLD Snooping“
 - Switches müssen sich untereinander auch koordinieren

Beispiel: ATM

- ATM: Netz ohne gemeinsames Medium (NBMA)
- Emulieren von Multicast durch Unicast
 - Mehrfaches Senden zwischen Barny und dem ersten Switch sowie zwischen den Switches
 - Hoher Ressourcenverbrauch auf Teilstrecken, die für mehrere Mitglieder überbrückt werden müssen



18

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

ATM: Asynchroner Transfermodus

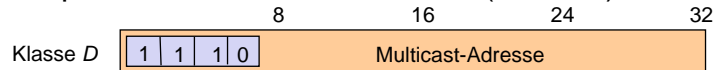
NBMA: Non-Broadcast Multiple Access

5.5.2 Multicast in der Vermittlungsschicht



■ Bereitstellung von Multicast-Adressen

■ Beispiel: Multicast-IPv4-Adressen (Class D)



■ Multicast-IP-Adressen sind intern nicht weiter strukturiert

- flacher Adressraum
- keine Subnetze wie bei Unicast

■ 224.0.0.0/3 für Multicast allgemein reserviert

■ 232.0.0.0/8 für Source-Specific Multicast [RFC 4607]

■ 233.0.0.0/8 GLOP-Adressierung [RFC 3180]

- Vereinfacht Bereitstellung global eindeutiger Adressen
- 16-bit AS-Nummer + 8 bit lokaler Teil

■ 239.0.0.0/8 Administratively Scoped Multicast [RFC 2365]

19

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

Beispiele für permanente Multicastgruppen

Klasse-D-Adresse

224.0.0.0
224.0.0.1
224.0.0.2
224.0.0.3
224.0.0.4
224.0.0.9
224.0.1.1
224.0.1.9

Permanente Gruppe

Reserviert
Alle Systeme eines Subnetzes
Alle Router eines Subnetzes
nicht zugewiesen
Alle DVMRP-Router
Router mit Routing Information Protocol (RIP) Version 2
Network Time Protocol (NTP)
Multicast Transport Protocol (MTP)

Abbildung IP-Multicast- → Schicht-2-Adressen (1)



■ Abbildung zwischen Multicast-Ethernet-Adressen und IP-Multicast-Adressen erforderlich

■ Problem

- Adressraum bei Multicast-Ethernet ist kleiner als derjenige bei IP-Multicast

■ Abbildung von IP-Multicast-Adressen auf 802.3 Adressen

- IPv4: bilde die letzten 23 Bits der IP-Multicastadresse ab



- Bei IPv6 werden die letzten 24 Bit einer Gruppenadresse verwendet



20

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

• Problem

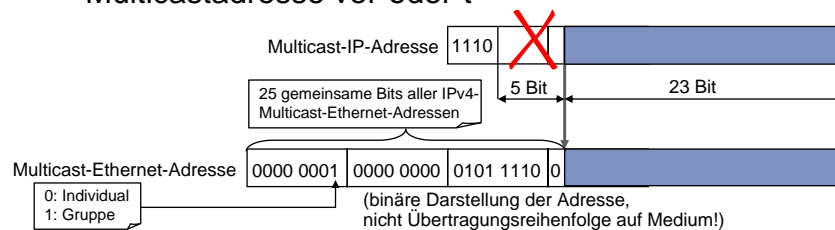
- Adressraum bei Multicast-Ethernet ist kleiner als derjenige bei IP-Multicast
 - 28 Bit bei IPv4-Multicast verfügbar, bei IPv6 120 Bit bzw. 112 Bit (Gruppen-ID)!
 - Bei Multicast-Ethernet stehen lediglich 23 Bit frei zur Verfügung

Abbildung IP-Multicast- → Schicht-2-Adressen (2)



- Das Feld der Link-Layer-Gruppenadresse ist nicht weiter untergliedert

- Die führenden 25 Bit sind bei allen IEEE-802-IPv4-Multicast-Adressen gleich:
01-00-5E-00-00-00 wird mit den letzten 23 Bit der IP-Multicastadresse ver"oder"t



- IPv6: (Präfix: **33-33-00-00-00-00**),
Beispiel: ff02::1 → 333300000001

21

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

Routing bei Gruppenkommunikation



- Neben der Adressierung muss auf der Vermittlungsschicht auch ein geeignetes Routing für die Gruppenkommunikation bereitgestellt werden
- Anforderungen
 - **Ressourcenverbrauch** soll möglichst **gering** sein
 - Beitritt bzw. Austreten von Gruppenmitgliedern muss unterstützt werden
 - Die einzelnen Mitglieder können unterschiedliche Anforderungen an die Dienstgüte haben

22

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

- Anforderungen
 - **Ressourcenverbrauch** soll möglichst **gering** sein
 - Hierzu müssen Datenpakete möglichst lange gemeinsame Teilstrecken überbrücken
 - Paket sollte so spät wie möglich und nötig repliziert werden
 - Beitritt bzw. Austreten von Gruppenmitgliedern muss unterstützt werden
 - Routen ändern sich in Abhängigkeit der aktuellen Mitgliedschaft

5.5.3 Multicast in der Transportschicht



■ Verbindungsverwaltung

- Aufbau einer Verbindung zu mehreren Empfängern
- Unterstützung von Gruppenadressen oder Namenslisten
- Ggf. Konfliktauflösung bei der Aushandlung der Dienstgüte notwendig

■ Erweiterung der Dienstschnittstelle

- Zusätzliche Dienstelemente zum Hinzufügen und zum Entfernen von Teilnehmern einer Multicast-Kommunikation

23

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

5.5.3 Multicast in der Transportschicht



■ Fehlerbehandlung

- Erweiterung des konventionellen Zuverlässigkeitsbegriffs
- Anpassung des Quittierungsbetriebs an eine Gruppe von Empfängern
- Effiziente Verfahren zur Fehlerbehebung

■ Fluss-, Raten- und Staukontrolle

■ Leider kein Allzweckprotokoll wie TCP möglich

24

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

Fehlerbehandlung

- Zuverlässigkeitssemantik kann verschieden definiert werden: wieviele Teilnehmer müssen die Pakete korrekt erhalten?
 - Schicken alle Empfänger gleichzeitig eine Quittung, gibt es ein Problem durch die Quittungsimplosion beim Sender
 - Möglicherweise kann ein Empfänger eine Übertragungswiederholung durchführen.
- #### Fluss-, Raten- und Staukontrolle
- Jetzt mehrere Parteien beteiligt: wer bestimmt den aktuellen Wert?

5.5.4 Multicast in der Anwendungsschicht



■ Problem

- Multicast in der Vermittlungsschicht (IP-Multicast) hat sich bis heute noch nicht wirklich durchgesetzt
 - vereinzelt in ISP-Netzen, um IP-TV anbieten zu können
 - aber nicht global (zwischen ISPs) verfügbar

■ Ansatz

- Realisierung von Multicast in der Anwendungsschicht
 - keine Unterstützung durch Netzinfrastruktur erforderlich
 - keine Multicast-Adressen notwendig
 - keine neuen Transportprotokolle notwendig
- Offene Fragen
 - Skalierbarkeit, Effizienz
- Schöne Anwendung für Peer-to-Peer-/Overlay-Technik

25

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

Realisierung von Multicast in der Anwendungsschicht

- keine Unterstützung der Netzinfrastruktur erforderlich
- keine Multicast-Adressen und deren Allokation notwendig
- keine neuartigen Mechanismen für Fluss-, Fehler- und Staukontrolle erforderlich
- lässt sich schnell und problemlos einführen (wenige zusätzliche Socketfunktionen u.a. join/leave)
- Offene Fragen
 - Skalierbarkeit?
 - Ende-zu-Ende-Verzögerung

5.6 Übungen



- 5.1 Welche Kommunikationsformen für Gruppenkommunikation können unterschieden werden?
- 5.2 Nennen Sie je zwei Anwendungsbeispiele für jede Kommunikationsform.
- 5.3 Wie unterscheiden sich Multicast und Anycast?
- 5.4 Was versteht man unter Skalierbarkeit?
- 5.5 Nennen Sie grundlegende Eigenschaften von Gruppen
- 5.6 Wie unterscheiden sich IEEE Gruppenadressen von IEEE Unicast-Adressen?
- 5.7 Welchen Vorteil bringt die Verwendung von Gruppenadressen?
- 5.8 Erläutern Sie die Abbildung von Multicast-IP-Adressen auf Multicast-Ethernet-Adressen
- 5.9 Wo und wie wird sichergestellt, dass nur die IP-Multicast-Pakete empfangen werden, bei denen der Host Mitglied in der entsprechenden Multicast-Gruppe ist (insbesondere bei „offenen“ Filtern oder wenn mehrere IP-Multicast-Adressen auf dieselbe Ethernet-Multicast-Adresse abgebildet werden)?
- 5.10 Welche Erweiterungen für Gruppenkommunikation sind auf Transportschicht erforderlich?

26

Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
<http://tm.kit.edu/>

5.7 Literatur



- [BrZi96] T. Braun, M. Zitterbart; Hochleistungskommunikation, Band 2: Transportdienste und -protokolle, R. Oldenbourg Verlag, 1996
- [Brau99] T. Braun: IPng – Neue Internet Dienste und virtuelle Netze, dPunkt.Verlag, 1999
- [Mille98] K. Miller; Multicast Networking and Applications; Addison-Wesley, 1998
- [WiZi99] R. Wittmann, M. Zitterbart, Multicast: Protokolle und Anwendungen, dpunkt.Verlag, 1999, ISBN: 3-920993-40-3
- [WiZi00] R. Wittmann, M. Zitterbart, Multicast Communication: Protocols and Applications, Morgan Kaufman Publisher, 2000, ISBN: 1-55860-645-9



5.7 Referenzen



- [RFC 1112] S.E. Deering. Host extensions for IP multicasting. RFC 1112 (Standard), August 1989. Updated by RFC 2236. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc1112.txt>
- [RFC 2464] M. Crawford. Transmission of IPv6 Packets over Ethernet Networks. RFC 2464 (Proposed Standard), Dezember 1998. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2464.txt>
- [RFC 3180] D. Meyer und P. Lothberg. GLOP Addressing in 233/8. RFC 3180 (Best Current Practice), September 2001. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3180.txt>
- [RFC 3569] S. Bhattacharyya. An Overview of Source-Specific Multicast (SSM). RFC 3569 (Informational), Juli 2003. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3569.txt>
- [RFC 4607] H. Holbrook, B. Cain: Source-Specific Multicast for IP, RFC 4607 (Proposed Standard), Aug 2006. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc4607.txt>

