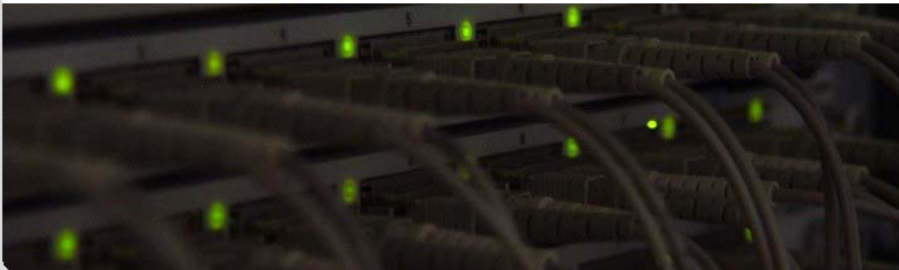


Next Generation Internet

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

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
5.2 Kommunikationsformen
5.3 Eigenschaften von Gruppen
5.4 Spezielle Aspekte
5.5 Unterstützung im Kommunikationssystem

2

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



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

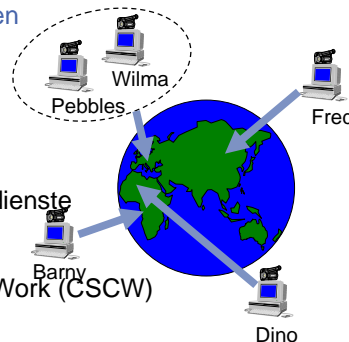
5.1 Der Begriff Gruppenkommunikation

■ 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/

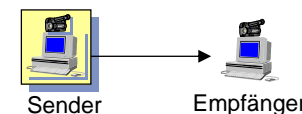
5.2 Kommunikationsformen

■ Unicast

(1:1-Kommunikation)

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

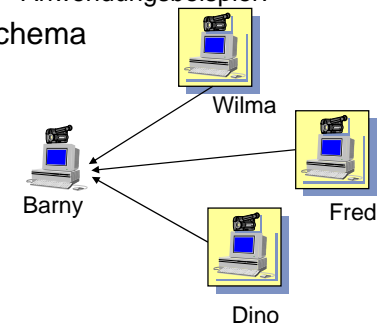
■ Schema



■ 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/

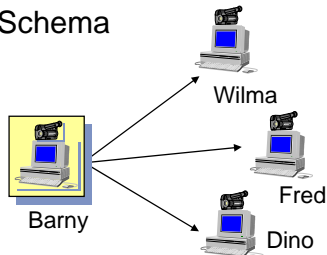
Kommunikationsformen

■ Multicast

(1:n-Kommunikation)

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

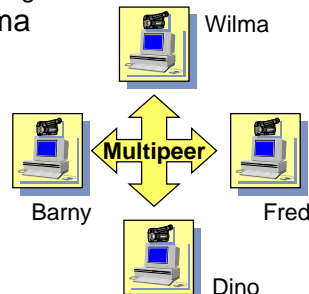
■ Schema



■ 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/

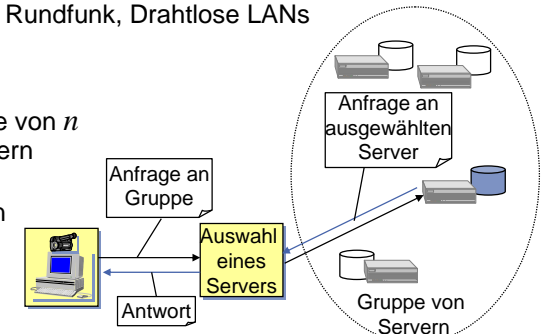
Weitere Kommunikationsformen

■ 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

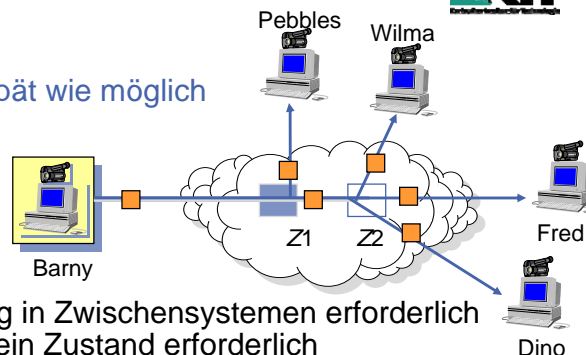
- effizientere Ressourcennutzung

■ 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/

Emulieren von Multicast durch Unicast?

■ Emulierter Multicast mit n Empfängern

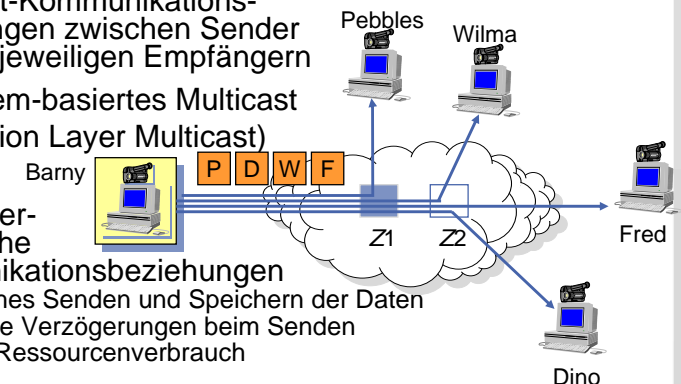
- n Unicast-Kommunikationsbeziehungen zwischen Sender und den jeweiligen Empfängern
- Endsystem-basiertes Multicast (Application Layer Multicast)

■ 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/

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/>

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/>

5.3 Eigenschaften von Gruppen



- Offenheit
 - Offene Gruppen können Daten von beliebigen Sendern empfangen
 - Geschlossene Gruppen: Sender muss Gruppenmitglied sein
-
- (a) offene Gruppe (b) geschlossene Gruppe
- 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/>

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)



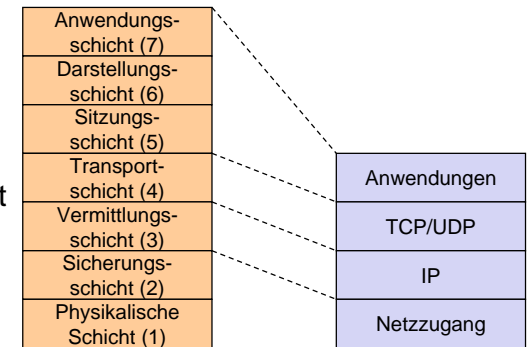
Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

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)



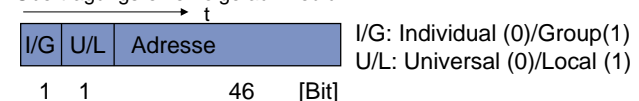
Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

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

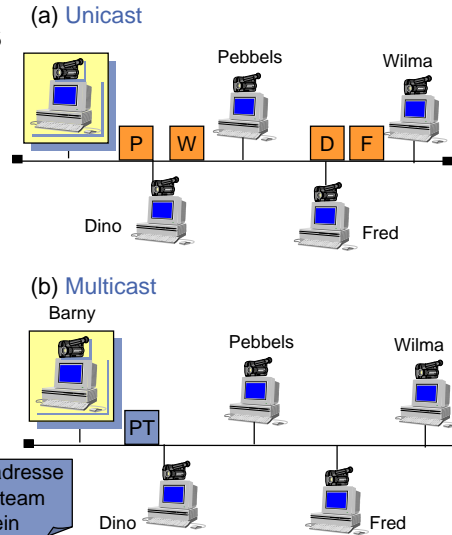
Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)



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

Beispiel: Ethernet

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



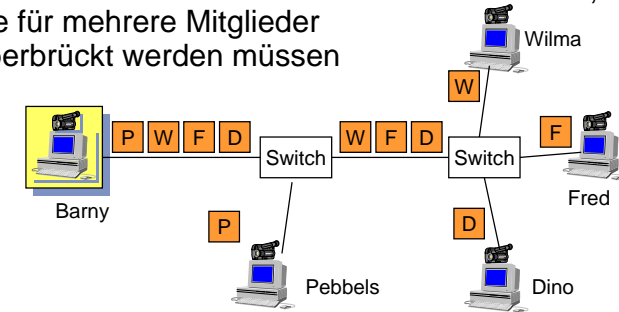
17

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

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

Beispiel: ATM

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



18

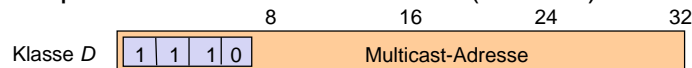
Next Generation Internet SS2010 – 5. Multicast Grundlagen (R0)

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

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/

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 [RFC 1112]
 - Bei IPv6 werden die letzten 24 Bit einer Gruppenadresse verwendet [RFC 2464]

20

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

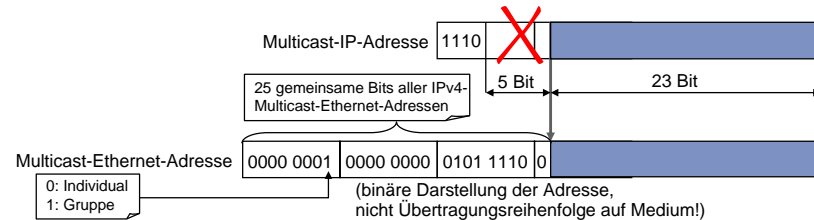
Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

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/>

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/>

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/>

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



27

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



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

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>

28

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



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