

E Datentransport und Dienstgüte

E.1

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

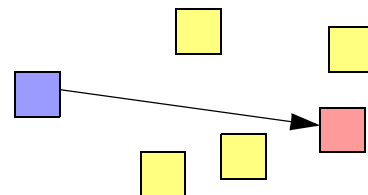
1 IP-Multicast



■ Begriffsklärung

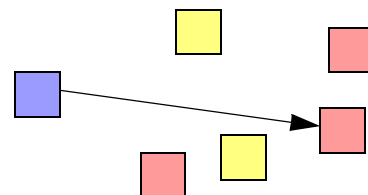
◆ Unicast

- ein bestimmter Empfänger



◆ Anycast

- ein unbestimmter Empfänger aus einer Gruppe



E.2

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

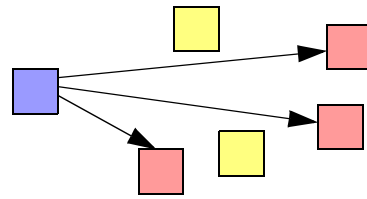
1 IP-Multicast (2)



■ Begriffsklärung (forges.)

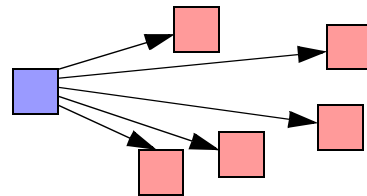
◆ Multicast

- Gruppe empfängt



◆ Broadcast

- alle empfangen



E.3

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

1 IP-Multicast (3)



■ Multicast für das Internet

◆ Nutzung mit UDP

- ungesicherte Nachrichten

■ Zielsetzung

◆ Video- und Audiosendungen an mehrere Teilnehmer

- keine gesicherte Verbindung notwendig
- z.B. VoD-Szenario
- z.B. Videokonferenz mit mehreren Teilnehmern

◆ effizientere Umsetzung als mehrfache Einzelverbindungen

- sonst redundante Datenübertragung (zumindest auf Teilstrecken)

E.4

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

1.1 Architektur



- Zustellung der Nachrichten: Aufgabe der Router
 - ◆ geeignetes Routing erforderlich
- API für Anwendung ähnlich UDP
 - ◆ UDP-Sockets
 - ◆ zusätzlich: Join- und Leave-Operation
 - Beitritt zu einer Gruppe
- Verknüpfung zwischen Rechnern und Routern
 - ◆ Router müssen „Interesse“ der Rechner an Multicast-Nachrichten kennen

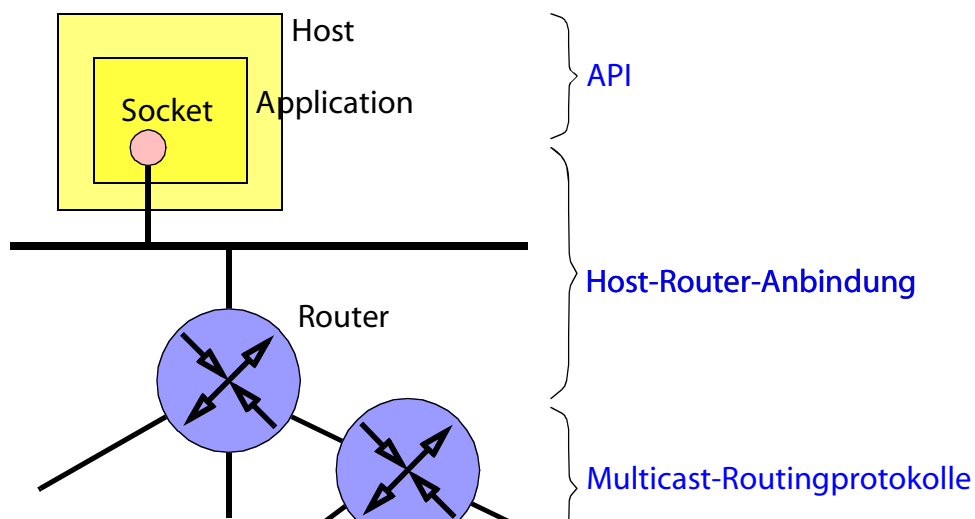
E.5

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

1.1 Architektur (2)



■ Überblick



- ◆ API: Senden und Empfangen von Multicast-Nachrichten
- ◆ Host-Router-Anbindung: Signalisierung von Multicast-Empfangspunkten
- ◆ Routingprotokolle: optimales Routing für Multicast-Nachrichten

E.6

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

1.2 IP-Multicast-Adressen



- IP Version 4
 - ◆ Class-D-Adressen
 - 224.0.0.0/4 beschreibt Adressraum
 - entspricht 224.0.0.0 bis 239.255.255.255
 - bekannte Adressen bei IANA registriert
 - dynamische Zuordnung zu Anwendung möglich
 - ◆ dienen als Endpunktadresse
 - adressieren alle Teilnehmer auf einmal
 - Teilnehmer bindet Socket an Multicast-Adresse

E.7

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

1.3 API



- UDP-Socket / Empfangen
 - ◆ Socket wird an Multicast-Adresse gebunden
 - ◆ Join-Operation
 - Host tritt der Gruppe bei
 - Gruppe wächst, schrumpft dynamisch
 - keine zentrale Kontrolle über Gruppenmitgliedschaft
 - keine globale Sicht auf alle Teilnehmer
 - ◆ Leave-Operation
 - Host tritt aus Gruppe aus
 - ◆ Join- und Leave-Operation implementiert durch Socket-Optionen
 - ◆ Empfangs-Operation
 - empfängt Nachrichten an Gruppe

E.8

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

1.3 API (2)



- UDP-Socket / Senden
 - ◆ Socket wird an Unicast-Adresse gebunden
 - ◆ Sende-Operation
 - sendet Nachricht an Multicast-Adress
 - Sender muss nicht Mitglied der Gruppe sein

E.9

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

1.3 API (3)



- TTL / Time-To-Live
 - ◆ Unicast-Pakete
 - TTL bestimmt Anzahl der Hops
 - kein Routing bei TTL = 0
 - ◆ Multicast-Pakete
 - TTL bestimmt Anzahl der Hops und
 - bestimmt Routing-Radius
 - ◆ Beispiel:
 - TTL = 1: gleiches Subnetz
 - TTL <= 32: gleicher Ort
 - TTL <= 64: gleiche Region
 - TTL <= 128: gleicher Kontinent
 - TTL <= 255: unbeschränkte Verbreitung
 - ◆ Eingrenzen des Routingbereichs

E.10

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

1.4 Host-Router-Anbindung



- IGMP / Internet Group Membership Protocol
 - ◆ zwischen Host und nächstem Router
- Netzstrang / Subnetz
 - ◆ z.B. Übertragung von IP-Multicast-Nachrichten per Ethernet-Broadcast
 - erreicht alle Hosts im Subnetz
 - Filterung unerwünschter Nachrichten im Host
- Routing
 - ◆ Router verantwortlich für Weiterleitung von Multicast-Nachrichten in andere Netzstränge und zu anderen Routern
- Host
 - ◆ kennt alle Multicast-Adressen, von denen der Host empfangen will
- * Zielsetzung von IGMP
 - ◆ Informieren der Router über zu empfangene Multicast-Adressen

E.11

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

1.4 Host-Router-Anbindung (2)



- Join-Operation
 - ◆ führt zu IGMP-Report an 224.0.0.1 mit TTL = 1
 - enthält IP-Multicast-Adresse
 - ◆ ausgezeichnete Router (Query-Router) im Subnetz interpretiert Report
- Periodische Abfrage
 - ◆ Query-Router schickt Anfrage an 224.0.0.1 mit TTL = 1
 - erreicht alle Multicast-Interessierten
 - ◆ pro Multicast-Adresse warten Hosts zufällige Zeit
 - und schicken einen IGMP-Report wie bei Join
 - bei Empfang eines IGMP-Reports wird Warten abgebrochen und nicht gesendet
 - führt zu genau einem Report pro Subnetz und Multicast-Adresse

E.12

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

1.4 Host-Router-Anbindung (3)



- Leave-Operation
 - ◆ falls kein Report auf Anfrage des Query-Routers gesendet wird:
 - Senden einer IGMP-Leave-Nachricht
 - ◆ falls Router keinen Report erhält, wird Routing für eine Adresse eingestellt

- Router
 - ◆ kennt alle Multicast-Adressen, die empfangen werden sollen
 - ◆ Protokoll zwischen den Routern sorgt für Routing der Multicast-Nachrichten in das Subnetz
 - verschiedene Protokoll verfügbar

E.13

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

1.5 Multicast-Routing-Protokolle



- Flood and Prune (Fluten und Begrenzen)
 - ◆ Weitergabe von Multicast-Nachrichten über alle Links
 - ◆ Begrenzen der Weitergabe
 - Nachricht schon bekannt
 - kein Interesse an Adresse
 - ◆ Bandbreitenverschwendung

- Link State Protocols
 - ◆ Verbreiten des Empfangsinteresses im gesamten Netzwerk
 - ◆ Router halten Zustand für Routing, für den Fall eines Senders
 - unnötig viel Zustand

- Core-Based Protocols
 - ◆ ausgezeichneter Router vermittelt zwischen Sendern und Empfängern
 - ◆ „Treffpunkt“-Konzept
 - Mapping erforderlich, zentraler Fehlerpunkt

E.14

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

1.5 Multicast-Routing-Protokolle (2)



- Source-Based Tree Protocols
 - ◆ Aufbau eines Baums vom Sender zum Empfänger
 - ◆ kürzeste Wege erzielbar
 - ◆ pro Sender eigener Baum aufzubauen

- Shared Tree Protocols
 - ◆ alle Empfänger in einem Baum aufgespannt
 - ◆ Sender trifft irgendwo auf den Baum
 - weiteres Routing entlang der Baumstruktur nach oben und unten
 - ◆ höhere Verzögerung

- Viele weitere Protokolle
 - ◆ teilweise integriert mit IP-Unicast-Routing-Protokollen

E.15

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>

1.6 Status



- MBONE
 - ◆ Tunnel zwischen Multicast-fähigen Netzbereichen für weltweiten Multicast-„Genuss“
 - ◆ erste Experimente für Audio- und Video-Übertragungen
 - ◆ z.B. eigene Vorlesung „Systemprogrammierung I“ im WS 1998/1999 im MBONE deutschlandweit übertragen
 - ◆ MBONE heute weitgehend deaktiviert

- Internet heute
 - ◆ viele Router unterstützen Multicast
 - ◆ Unterstützung abhängig von den ISPs (Internet Service Provider)

- DFN Forschungsnetzwerk
 - ◆ volle Multicast-Infrastruktur verfügbar sobald lokale Netzanbindung Routing zulässt

E.16

© 2006-2007, Franz J. Hauck, Verteilte Systeme, Univ. Ulm, [2006w-MMK-E-Trans.fm, 2006-12-06 08.17] <http://www-vs.informatik.uni-ulm.de/teach/ws06/mmk/>