



# E Datentransport und Dienstgüte

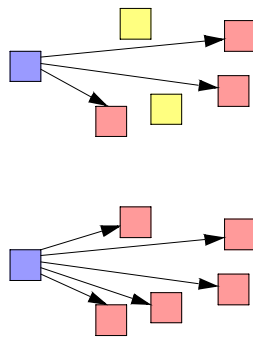
## E.1

© 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 (2)



- Begriffsklärung (forges.)
  - ◆ Multicast
    - Gruppe empfängt
  - ◆ Broadcast
    - alle empfangen



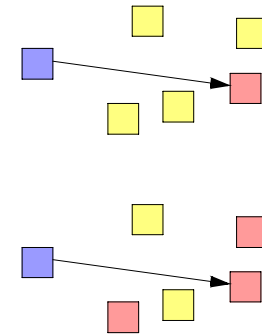
## E.3

© 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

- 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 (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/>

## 1.2 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

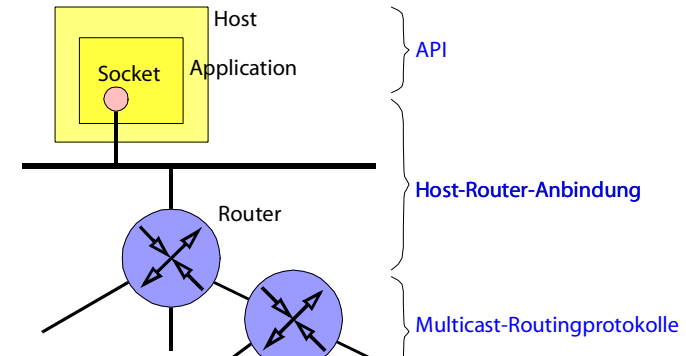
E.7

© 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/>

## 1.1 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/>

## 1.3 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/>

### 1.4 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/>

### 1.3 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 (2)



- Join-Operation
  - ◆ führt zu IGMP-Report an 224.0.0.1 mit TTL = 1
    - enthält IP-Multicast-Adresse
  - ◆ ausgezeichneter 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 (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/>

## 1.5 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/>

## 1.6 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/>