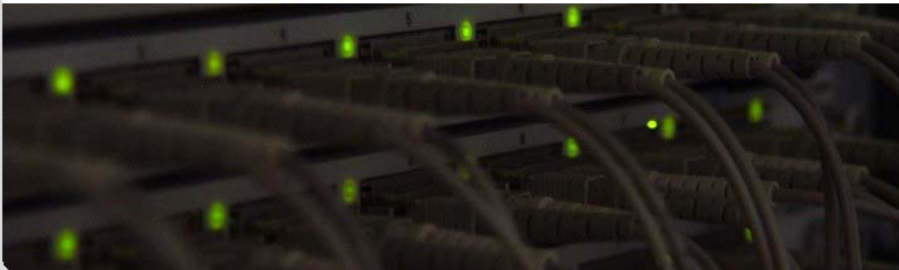


Next Generation Internet

Kapitel 7: Multicast-Transport

INSTITUT FÜR TELEMATIK



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

www.kit.edu

Überblick Kapitel 7

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 Services

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

7.1 Multicast-Transport: Eigenschaften
7.2 Transportprotokolle für Multicast:
Anforderungen und Mechanismen
7.3 Multicast-Transportprotokolle:
Ausgewählte Beispiele

2

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

7.1 Gruppen-Transportdienste

- Traditionelle Transportdienste für Punkt-zu-Punkt-Kommunikation: **unzuverlässig** (UDP), **zuverlässig** (TCP)
- Erweiterung auf Gruppenkommunikation
 - Bei unzuverlässigen Diensten
 - Nutzung von UDP möglich
 - Verwendung von Multicast-Adressen als Zieladressen
 - Beitritt zu Gruppen und Verlassen von Gruppen
 - Bei zuverlässigen Diensten zusätzlich erforderlich:
 - Verbindungsauf- und -abbau
 - Fehlerkontrolle, Quittungsbehandlung, Sendewiederholungen, Staukontrolle
 - Sicherheit (z.B. Denial-of-Service-Schutz)
 - Ein oder mehrere Sender:
 - 1:n → meist ohne menschliche Interaktion, z.B. SW-/Datenverteilung,
 - m:n (Multipeer dann meist m:m) → oft interaktiv, z.B. verteilte Spiele/Simulationen, Tele-/Videokonferenzen

3

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Problem

- Traditionelle Mechanismen nicht ohne Weiteres anwendbar/übertragbar
 - Nur für Punkt-zu-Punkt-Kommunikation definiert
 - Skalierbarkeitsprobleme bzgl. Anzahl der Empfänger
 - Kontrolldaten
 - Menge der übertragenen Nachrichten (z.B. Anzahl Quittungen)
 - Anzahl der zu verarbeitenden Nachrichten
 - Zustandshaltung
- Es zeichnet sich keine einheitliche Lösung ab
 - Gründe hierfür sind u.a.:
 - Aufgabenbereiche für Transport variieren stark
 - Erfahrungen mit Gruppenkommunikation sind noch gering
 - Daher werden **modulare Lösungen** entwickelt

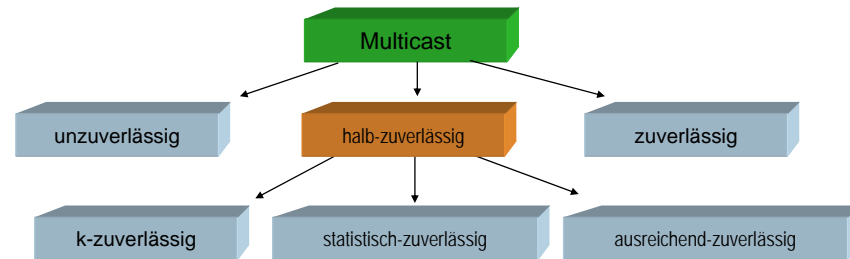
4

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Zuverlässigkeitsklassen



■ k-zuverlässig

- k Gruppenmitglieder müssen Daten korrekt erhalten haben. Absolutes Maß.

■ Statistisch zuverlässig

- Prozentsatz von Gruppenmitgliedern muss Daten korrekt erhalten haben. Relatives Maß.

■ Ausreichend zuverlässig

- Wird in der Praxis oft verwendet
- Keine Aussage, wieviele Empfänger die Daten korrekt erhalten haben, möglich

5

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Zuverlässiger Gruppendienst

■ Zuverlässigkeit: Alle Empfänger erhalten Daten

- fehlerfrei
- ohne Duplikate
- in der korrekten Reihenfolge (Sendereihenfolge)

■ Atomar zuverlässig

- Korrektheit, keine Duplikate, Auslieferung an alle oder keinen

■ Globale Ordnungserhaltung

■ Ordnungserhaltend

- atomar zuverlässig
- Daten eines Senders kommen reihenfolgetreu an

■ Total Ordnungserhaltend (nur Multipeer)

- ordnungserhaltend
- alle Daten aller Sender erreichen alle Empfänger in der gleichen Reihenfolge

6

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Ordnungserhaltung

■ Multicast: Entspricht Unicast-Kommunikation

■ Multipeer: Berücksichtigung unterschiedlicher Sender

■ Ordnungskriterien

■ Globale Ordnung:

- Daten werden in genau der Reihenfolge ausgeliefert, in der sie gesendet wurden

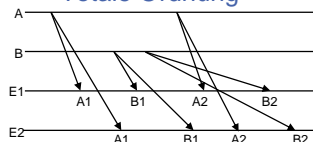
■ Totale Ordnung:

- Daten werden bei allen Empfängern in der gleichen Reihenfolge ausgeliefert

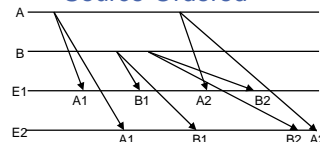
■ Source-Ordered:

- Daten werden nur bezogen auf eine Quelle in der richtigen Reihenfolge ausgeliefert

Total Ordnung



Source-Ordered



7

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

7.2 Transportprotokolle für Multicast: Allgemeines

■ Anforderungen aus Sicht der IETF [RFC3048]

■ Staukontrolle

- Keine Überlastung durch Zusatzverkehr (Redundanz) oder Verkehr zur Behebung von Fehlersituationen (sog. Reparatur-Verkehr – „Repair Packets“)
- Erreichen einer guten Link-Auslastung
- Keine Ausgrenzung konkurrierender Datenströme („Verhungern“)

■ Skalierbarkeit

- Einsetzbar unter verschiedenen Bedingungen
 - Verschiedene Netztopologien
 - Verschiedene Link-Geschwindigkeiten
 - Verschiedene Empfängergruppen
- Gutes Verständnis erforderlich, wann Protokoll einsetzbar bzw. nicht geeignet

■ Sicherheit

- Authentisierung des Senders
- Bekämpfung von Denial-of-Service-Attacken

8

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Multicast-Transport-Unterstützung innerhalb des Netzes



Keine Unterstützung im Netz

- Router leiten Daten nur weiter
- Mechanismen zur Multicast-Transport-Unterstützung komplett in Sender und Empfängern (Ende-zu-Ende-Prinzip)
- Geschichtete Datenströme (Layered Streams)
 - Daten werden in unterschiedliche Datenströme aufgeteilt, die jeweils einer Gruppe zugeordnet werden
 - Empfänger treten den Gruppen einzeln bei, beispielsweise je nach individuell gewünschter Dienstqualität

Server-basiert

- Dedizierte Systeme im Netz unterstützen Sender und Empfänger
- Systeme sind nicht notwendigerweise im Datenpfad

Router-basiert

- Router unterstützen Sender und Empfänger
- Router müssen Ressourcen hierfür bereitstellen

9

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Fehlerbehandlung



Zuverlässigkeit erfordert Fehlerbehandlung

Multicast-Fehlerkontrolle ist grundsätzlich aufwändiger als bei Punkt-zu-Punkt-Kommunikation

- Fehlererkennung wird in der Regel vom Empfänger durchgeführt
- Fehlerbehebung erfolgt oftmals durch Übertragungswiederholung
- Quittungen werden zum Sender geschickt

Skalierbarkeit

- Mechanismen müssen so ausgelegt werden, dass sie bei großen und bei geographisch weit verstreuten Gruppen einsetzbar sind

10

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Quittungsverarbeitung (1)



Sender muss Quittungen vieler Empfänger behandeln

Problem der Quittungs-Implosion

- Hohe Netzbelastung
- Hoher Pufferbedarf beim Sender
- Hoher Bearbeitungsaufwand beim Sender

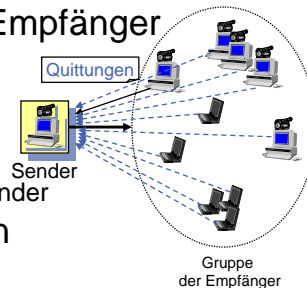
Es ist zu unterscheiden zwischen

Multicast ohne Empfängerliste

- Quittungen werden der gesamten Gruppe zugeordnet
- Reaktion des Senders auf Quittung kann sofort oder verzögert erfolgen

Multicast mit Empfängerliste

- Quittungen können einzelnen Empfängern zugeordnet werden
- Sender besitzt detaillierte Information über jedes einzelne Gruppenmitglied



Quittungsverarbeitung (2)



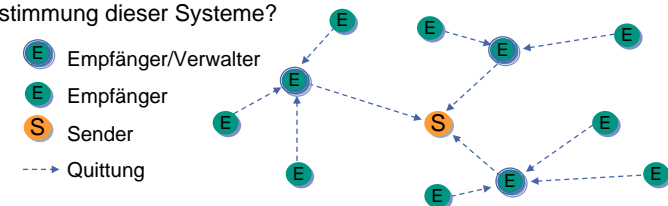
Ziel: Vermeiden der Quittungs-Implosion

Verfahren

- Lokale Bearbeitung von Quittungen für Teilgruppen in Servern bzw. Routern

Vorteil

- Verteilung der Bearbeitungslast auf mehrere Kommunikationssysteme, parallele Abarbeitung möglich.
- Ausgezeichnete Empfänger bzw. spezielle Zwischensysteme bearbeiten Quittungen bzw. Kontrolldateneinheiten
 - Bestimmung dieser Systeme?



11

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

12

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



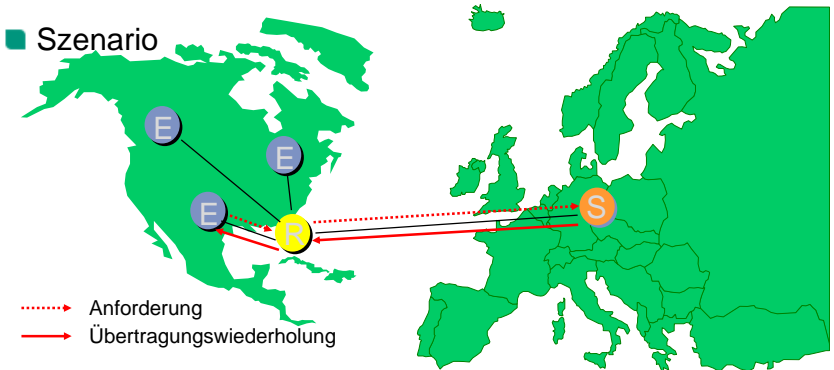
Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

Übertragungswiederholung

- Grundsätzlich dieselben Mechanismen einsetzbar wie für Unicast
 - Go-Back-N
 - Selektive Übertragungswiederholung
- Möglichkeiten zur Wiederholung der Daten
 - Per Multicast
 - Erfordert nur eine Wiederholung, auch für mehrere Empfänger
 - Belastet alle Empfänger und involvierte netzinterne Zwischensysteme
 - Verbesserung durch **Subcasting** (s. NGI-Kapitel: Reliable Multicast Transport Protocol)
 - Per Unicast
 - Erfordert eine dedizierte Wiederholung pro Empfänger, d.h., die Empfänger müssen bekannt sein
 - Ineffizient, wenn Daten von mehreren Empfängern angefordert werden

Beispiel: Geographisch verteilte Gruppen

■ Szenario



■ Basisverfahren

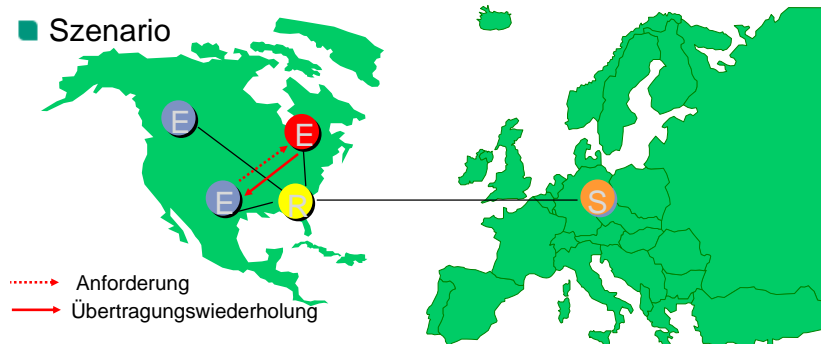
- Empfänger fordern fehlende Daten stets direkt beim Sender an

■ Problem

- Eventuell hohe Belastung beim Sender und lange Laufzeiten, da keine Berücksichtigung der Gruppenstruktur und der Netztopologie

Optimierte Fehlerbehebung durch dedizierte Systeme

■ Szenario



■ Optimierung

- Übertragungswiederholungen durch dedizierte Systeme, hier „lokale“ Empfänger

■ Vorteil

- Minimierung der (globalen) Netzbelastung und der durchschnittlichen Übertragungsverzögerung durch lokale Übertragungswiederholungen

7.2.1 Verfahren zur Multicast-Fehlerbehebung

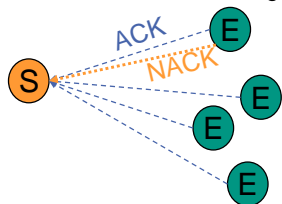
- Die folgenden Varianten der Fehlerbehebung können im Kontext von Multicast-Transportprotokollen unterschieden werden

- Sender-gesteuert
- Empfänger-gesteuert
- Ring-basiert
- Baum-basiert
- Zeitgeber-gesteuert
- Vorwärtsfehlerkorrektur

Sender- vs. Empfänger-gesteuert

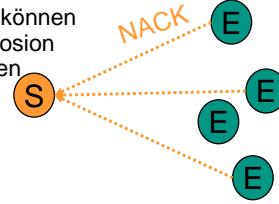
Sender-gesteuert

- Empfänger bestätigen korrekten Empfang mit **ACKs**
- Sender stößt Übertragungswiederholung an
- Bekannte Gruppe erforderlich
- Problem der Quittungs-Implosion inhärent
- Geringer Durchsatz
- Vollzuverlässiger Dienst realisierbar mit endlichem Speicher
- Mischform mit NACKs möglich



Empfänger-gesteuert

- Empfängerseitige Fehlerkontrolle
- Empfänger fordern im Fehlerfall mit **NACKs** Übertragungswiederholungen an
- Gruppenmitglieder müssen nicht bekannt sein
- Sender muss keine Information über Zustand der Empfänger verwalten
- Höherer Durchsatz als bei Sender-gesteuerten Verfahren erreichbar
- Freigabe der Sende-Puffers aus NACKs nicht ableitbar
- NACKs allein können Quittungsimplosion nicht vermeiden



17

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Empfänger-gesteuert mit NACK-Vermeidung

■ Ziel

- Der Sender (bzw. ein entsprechender anderer Knoten) soll **nur ein NACK** für eine fehlende Dateneinheit erhalten
- Die Empfänger, die eine Sendewiederholung veranlasst haben, sollen nur eine Kopie der Daten erhalten

■ Beispiele:

■ Zeitgeber

- Empfänger senden NACK im Fehlerfall erst nach Ablauf eines Zeitgebers
 - Zeitgeber-Dimensionierung schwierig
- Trifft NACK für die gleiche Dateneinheit ein, wird der Zeitgeber erneut gestartet
- NACKs und Übertragungswiederholungen belasten die gesamte Gruppe

■ Router-Unterstützung

- Router unterdrücken doppelte NACKs

18

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)

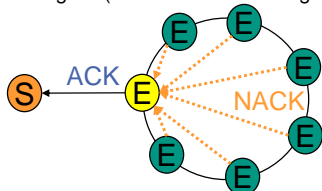


Institut für Telematik, Fakultät für Informatik
http://tm.kit.edu/

Ring- vs. Baum-basiert

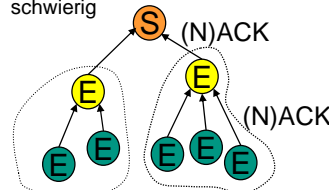
■ Ring-basiert

- Gruppe bildet einen virtuellen Ring, in dem ein **Token** zirkuliert
- Empfänger senden NACKs an den aktuellen **Token-Halter**
- Token-Halter sendet ACK an Sender
- Vermeidung der Quittungsimplosion
- Totale Ordnungserhaltung realisierbar
- Sender kann Speicher nach endlicher Zeit freigeben
- Durchsatz hängt von Gruppengröße ab, skaliert daher nicht gut
- Quittungs-Implosion beim Token-Halter möglich (→ Hierarchische Ringe)



■ Baum-basiert

- Hierarchie von lokalen Teilgruppen mit ausgezeichnetem **Group Leader**
- Quittungen werden an jeweils zuständigen Group Leader gesendet
- **Aggregation von Quittungen** in den Group Leaders
- Quittungs-Implosion wird vermieden
- Mit aggregierten ACKs ist „komplett“ zuverlässiger Dienst möglich (mit endlichem Speicher)
- Erhöhte Ende-zu-Ende-Verzögerung
- Aufbau und Verwaltung des Baums schwierig



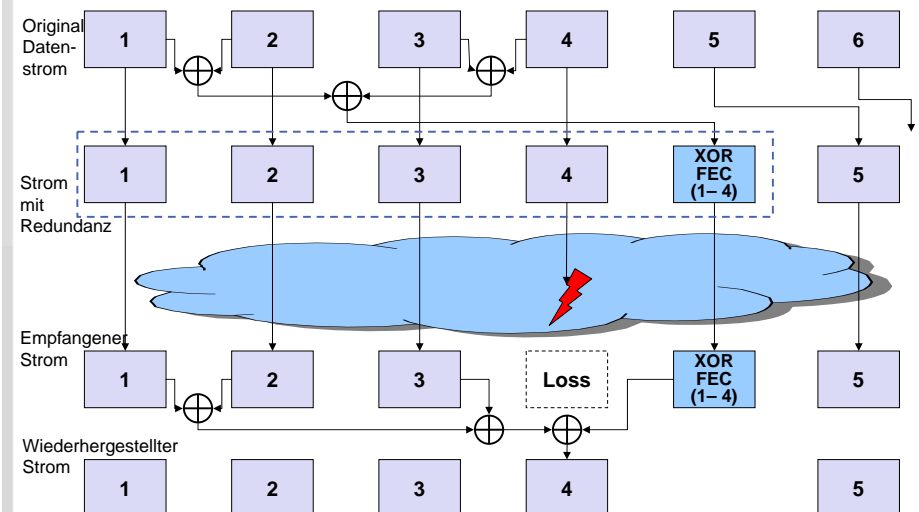
19

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Vorwärtsfehlerkorrektur



20

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

7.2.2 Verfahren zur Multicast-Staukontrolle



■ Sender-kontrolliert

- mit einer Gruppe
 - Empfänger liefern Feedback-Information an Sender
 - Sender stellt Senderate auf Empfänger mit langsamsten Pfad ein
- mit mehreren Gruppen
 - initiale Gruppe wird dynamisch in Teilgruppen gegliedert
 - angepasste Senderate für verschiedene Teilgruppen

■ Empfänger-kontrolliert

- mit einer Gruppe
 - Empfänger verlassen die Gruppe, falls Verlustrate zu hoch
- mit geschichteter Organisation (Layered Multicast)
 - Sender verteilt Daten auf mehrere Multicastgruppen
 - Empfänger treten den jeweiligen Multicastgruppen bei bzw. verlassen diese in Abhängigkeit der aktuellen Netzlast
 - Empfänger „hinter“ einem Engpass im Netz müssen koordiniert den Multicastgruppen beitreten bzw. diese verlassen

21

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Router-basierte Multicast-Staukontrolle



■ Router-basiert

- zusätzliche Mechanismen zur Staukontrolle in Routern
Beispielsweise:
 - Bedingte Beitritte zu einer Gruppe
 - Oberhalb einer angegebenen Verlustrate verweigert der Router den Beitritt
 - Filtern von Daten (Verwerfen von Paketen)
 - Router filtert Daten, die eine derzeit vernünftige Datenrate übersteigen
- Grundsätzlich erfordern Router-basierte Verfahren zusätzliche **Zustandshaltung in den Routern**
 - Werden derzeit deshalb nicht im Backbone zu erwarten sein
 - Typische Anwendung für aktive/programmierbare Netze

22

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

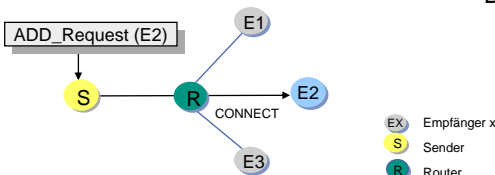
7.2.3 Multicast-Verbindungsaufbau



■ Sender-gesteuerter Beitritt zur Multicast-Verbindung

- Sender erhält die Aufforderung zur Aufnahme eines weiteren Empfängers (ADD_Request)
- Sender übermittelt eine Verbindungsaufbaunachricht

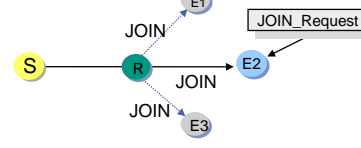
- Geeignet z.B. für Konferenzsysteme mit einer zentralen Verwaltung der Kommunikationsteilnehmer



■ Empfänger-gesteuerter Beitritt zur Multicast-Verbindung

- Beitrittswillige Empfänger senden JOIN_Request
- Sender übermittelt unter Nutzung der Multicast-Adresse den Beitrittswunsch (JOIN) an alle Gruppenmitglieder
- Nur der Empfänger reagiert auf den Beitrittswunsch

- Geeignet z.B. für „Video on Demand“ oder „Internet Radio“



23

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

7.3 Multicast-Transportprotokolle: Ausgewählte Beispiele



- Es gab bereits vor einiger Zeit eine Reihe von experimentellen Transportprotokollen
Beispiele sind
 - MTP (Multicast Transport Protocol)
 - RMP (Reliable Multicast Protocol)
 - RMTP (Reliable Multicast Transport Protocol)
 - PGM (Pragmatic General Multicast)
- Zuverlässigkeit steht beim Entwurf der meisten Protokolle im Mittelpunkt
- Im Folgenden werden einige Beispiele präsentiert. Konkret etabliert hat sich heute noch kein Protokoll.

24

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

7.3.1 Multicast Transport Protocol (MTP)



Eigenschaften von MTP

- Halbzunverlässiger Multipeer-Transportdienst mit globaler Ordnungserhaltung
- Empfänger-gesteuert

Anforderungen

- Unicast- und Multicast-fähige Vermittlungsschicht

Grundlegendes Schema

- Token regelt Sendeberechtigung
- Multicastgruppe wird bei MTP als Web bezeichnet und für die Mitglieder werden drei Rollen unterschieden
 - Master – einmal pro Gruppe, kontrolliert das Verhalten des Webs → dient zur Ordnungserhaltung
 - Producer – Sender von Nutzdaten, erhält Kontrolldateneinheiten
 - Consumer – Agiert nur als Empfänger

25

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Datentransfer



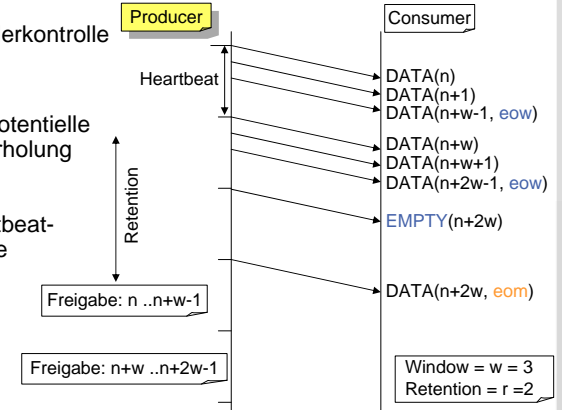
Drei grundlegende Parameter

- Heartbeat
 - Für Raten- und Fehlerkontrolle
- Window
- Retention
 - Speicherdauer für potentielle Übertragungswiederholung → halb-zuverlässig

Ablauf

- Producer muss im Heartbeat-Intervall mindestens eine Dateneinheit senden
 - EMPTY, falls sonst nichts zu senden
- Tokenfreigabe
 - Durch eom angezeigt
 - Fenster ausgeschöpft
 - Durch eow signalisiert

Schema



26

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Fehlerkontrolle



Ablauf

- Empfänger erkennt Verlust anhand der Sequenznummer, die höher ist als erwartet
- Negative, selektive Quittungen
- Wiederholungen unterliegen der Ratenkontrolle
 - Sind Daten nicht mehr vorhanden, antwortet der Producer mit NACK-DENY

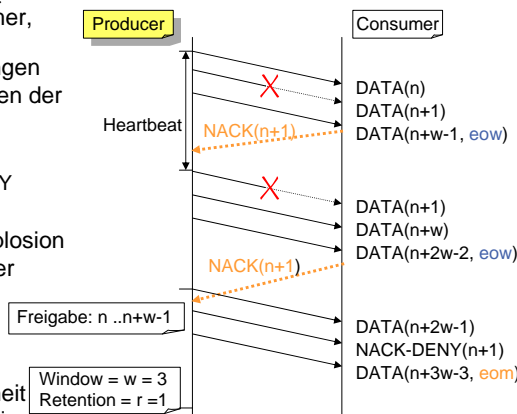
Bewertung

- Problem der Quittungs-Impllosion
- Gefahr, dass alle Consumer quasi gleichzeitig reagieren

Partitionierung des Netzes

- Consumer erhält während Heartbeat keine Dateneinheit
 - Abbruch der Kommunikation

Schema



27

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

7.3.2 Reliable Multicast Protocol (RMP)



Eigenschaften

- Ring-basiertes Protokoll
- Zuverlässige und ordnungserhaltende m:n-Kommunikation

Anforderungen

- Basiert auf UDP und IP

Grundlegendes Schema

- Modifikation des Token-Passing-Protokolls
- Token-Ring
 - Grundlegende Einheit zur Gruppenkommunikation
 - Basis zum Ordnen der Dateneinheiten innerhalb einer Gruppe
 - Alle Mitglieder einer Gruppe sind im gleichen Token-Ring angeschlossen
 - Gleichzeitige Mitgliedschaft in mehreren Token-Ringen ist möglich

28

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

7.3.3 Reliable Multicast Transport Protocol (RMTP)



■ Eigenschaften

- Halb-zuverlässiger Multicast
 - Zielanwendung von RMTP sind Verteildienste (z.B. Software-Versionen oder Aktienpreise)

■ Grundlegendes Schema

- Aufbau eines Baums, in dem sich die Empfänger befinden
- Lokale Übertragungswiederholungen, um Skalierbarkeit zu erhöhen
 - Auswahl sogenannter Designated Receiver
 - Hierfür werden ausgesuchte Empfänger herangezogen
 - Aspekte der Sicherheit in Bezug auf Designated Receiver werden nicht angesprochen
 - Verarbeiten Quittungen für den „darunter“ liegenden Teilbaum
- Zustandshaltung ist unabhängig von der Gruppengröße
- Mechanismen zur Fluss-, Raten- und Staukontrolle werden bereitgestellt

Fehlerkontrolle



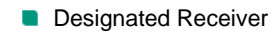
- Empfängerorientiert

- Periodische positive, selektive Quittungen
 - Anzahl der Quittungen steigt linear mit Anzahl der Empfänger
 - Quittungen werden an Designated Receiver gesendet
 - DR wiederholt Daten (per Multicast oder Unicast)

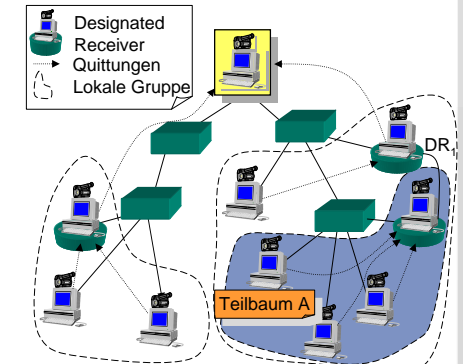
- Designated Receiver kann Dateneinheit anfordern, falls er sie nicht besitzt
- Sendewiederholungen sind auf entsprechenden Teilbaum limitiert

- Subcasting

- Weiterleiten der Daten nur auf Teilbaum, der logisch unterhalb des Routers liegt
- In Multicast-IP nicht verfügbar, deshalb wird Tunneling verwendet



- Dynamische Auswahl erforderlich, wegen Ausfall oder Netzpartitionierung



7.3.4 Pragmatic General Multicast (PGM)



■ Eigenschaften

- Halbzuerlässiges Multipeer-Protokoll
- Ordnungserhaltung liegt beim Empfänger: Source-Ordered oder nicht geordnet

■ Anforderungen

- Unzuverlässiger Multicastdienst, z.B. Multicast-IP

■ Grundlegendes Schema

- Empfänger-basierte Fehlerkontrolle mit NACKs
- Router sind aktiv an der Bereitstellung des Multicastdienstes beteiligt (NACK-Vermeidung)
 - Aufhebung der strikten Protokollebenen-Trennung
- Gruppenmitglieder müssen nicht bekannt sein

■ **Bemerkung**

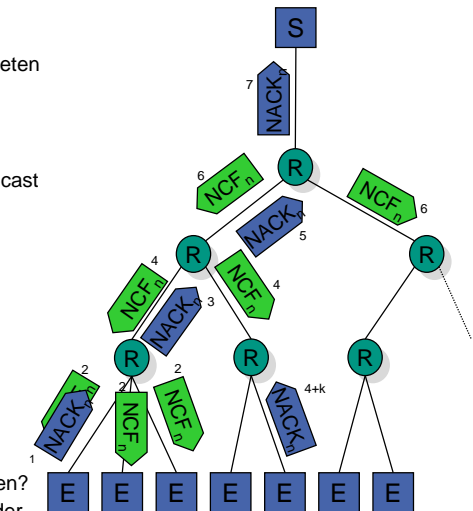
- An der Entwicklung war ein namhafter Routerhersteller beteiligt, trotzdem konnte sich das Protokoll bis jetzt nicht durchsetzen.

Fehlerkontrolle



- Negative Quittungen

- NACKs per Unicast an übergeordneten Router
 - Verteilbaum muss bekannt sein
 - Periodische Source Path State Messages (SPM) vom Sender aus
- NACK Bestätigung (NCF) per Multicast auf Interface, über das NACK empfangen wurde
 - Vorteile beim Endsystem? Beim Router?
- Unterdrückung gleicher NACKs im Teilbaum soll Quittungs-Implosion vermeiden
 - Statushaltung in den Routern pro empfangenem NACK
 - Welche NACKs schon empfangen?
 - Auf welchen Interfaces gleiche NACKs empfangen?
- Wiederholungen werden vom Sender per Multicast an die Gruppe gesendet



Flussskontrolle



■ Sender-gesteuert

■ Flusskontrollfenster

- Durch verschiedene Kontrollschemata zu beeinflussen
 - Keines fest implementiert
- Definiert durch die Menge an Daten, die sich der Sender für mögliche Übertragungswiederholungen merken muss
- Gegeben durch die Zeit, die eine Dateneinheit gespeichert bleibt

■ Bandbreitenregulierung durch Ratenkontrolle

- Maximale Übertragungsrate definiert

33

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)





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

7.3.5 IETF Reliable Multicast Transport (RMT) Working Group



■ Ziele

- Zunächst ausschließlich 1:n-Multicast
- Zwei Protokolldefinitionen für unterschiedliche Anforderungen
 - NACK Oriented Reliable Multicast (NORM)
 - Asynchronous Layered Coding (ALC)
- Definition von Building-Blocks für RMT
 - Für mehrere Protokolle
 - Forward Error Correction Building Block  [RFC5052]
 - Basic Schemes & verschiedene Verfahren (z.B. Reed-Solomon)
 - NACK Building Block  [RFC3941]
 - Layered Coding Transport (LCT) Building Block
 - Basis für ratenadaptive Transportprotokolle
 - Building Blocks für Ratenkontrolle und TCP-freundliche Staukontrolle
- Generelle Diskussionen (z.B. Security für RMT)

34

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

NACK Oriented Reliable Multicast (NORM)



[RFC3940, RFC3941]

■ Ende-zu-Ende-Transport

- Zwischenknoten benötigen nur Standard-IP-Multicast Support

■ TCP-kompatible Staukontrolle

■ Nutzt FEC und NACK Building Blocks

■ Selektive, negative Quittungen

■ NACK-Unterdrückung

- Skalierbarkeit: für zehntausende Teilnehmer
- Empfänger: Zustand pro Sender
- Sender: Zustand pro Empfänger, der Staukontrollinformationen liefert

■ Soll auch in dynamischen, fehlerbehafteten Umgebungen gut funktionieren

- Mit hohen Verlustraten und Delays
- z.B. in mobilen/drahtlosen Netzen

35

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Asynchronous Layered Coding (ALC)



[RFC3450]

■ Nutzt

- Layered Coding Transport Building Block
- Multi-Rate Congestion Control Building Block
- FEC Building Block

■ Skalierbarkeit:

- Millionen von Empfängern
- Hunderte von Gigabytes pro Session
- Minimales Protokoll
 - „Bootstrapping“ nicht definiert
 - Feedback an Sender nicht vorgesehen

■ Ansätze basierend auf ALC (Drafts):

- FLUTE: File Delivery over Unidirectional Transport
 - Beispiel-Protokoll für die Nutzung von ALC
 - Erlaubt Signalisierung von Dateieigenschaften (Meta-Daten) und Multiplexing von Dateien
- FCAST: Scalable Object Delivery
 - Nutzung von ALC für beliebige Objekte (beliebige Meta-Daten)

36

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Layered Coding Transport (LCT)



■ Multi-Raten Zustellung

- Mehrere Kanäle mit unterschiedlichen Raten pro Multicast-Session (mit einem Sender)
- Empfänger abonnieren Kanäle entsprechend der zur Verfügung stehenden Bandbreite
- Dadurch empfangergesteuerte Staukontrolle möglich
 - Ohne Feedback, d.h. massiv skalierbar
 - Mechanismus fest eingebaut, erlaubt aber beliebige Verfahren

■ Coding

- Wenn Daten durch Kodierung auf unterschiedliche Kanäle aufgeteilt werden können
 - Erlaubt dem Empfänger, die Qualität zu steuern
 - Ursprünglich für Audio-/Video-Streams verwendet
 - Für Bulk-Daten: Unterschiedliche Redundanz mit FEC

37

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

7.4 Übungen



- | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7.1 Welche Gründe gibt es für die Einführung halb-zuverlässiger Multicastdienste? | 7.8 Wie unterscheiden sich Unicast und Multicast hinsichtlich der Sicherheitsmechanismen? |
| 7.2 Erläutern Sie die Unterschiede einer Ordnungserhaltung bei Unicast und Multicast. | 7.9 Wie unterscheiden sich die Token-Mechanismen von MTP und RMP? |
| 7.3 Weshalb wird ein einziges Multicastprotokoll nicht ausreichend sein? | 7.10 Kategorisieren Sie die vorgestellten Protokolle hinsichtlich des realisierten Multicast-Dienstes. |
| 7.4 Vergleichen Sie den Sender-gesteuerten mit dem Empfänger-gesteuerten Beitritt. | 7.11 Wie garantiert MTP globale Ordnungserhaltung? |
| 7.5 Erläutern Sie die Vor- und Nachteile von Empfängerlisten. | 7.12 Vergleichen Sie den Aufwand für Übertragungswiederholungen bei MTP und RMP. |
| 7.6 Bei welchen Typen von Gruppen bieten sich Empfängerlisten an? | 7.13 Diskutieren Sie die Vor- und Nachteile von PGM. |
| 7.7 Stellen Sie die Verfahren zur Multicast-Fehlerkorrektur gegenüber. | 7.14 Wie werden unterschiedliche Übertragungsraten bei ALC realisiert? |

38

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

7.5 Literaturhinweise



- [Atwo04] J. Atwood: A Classification of Reliable Multicast Protocols, IEEE Network Magazine, May/June 2004
- [DiDC97] C. Diot, W. Dabbous, J. Crowcroft; Multipoint communications: A survey of protocols, functions and mechanisms; IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 15, No. 3, April 1997
- [Paul98] S. Paul; Multicasting on the Internet and its Applications; Kluwer Academic Publishers, 1998
- [ToKP97] D. Townsley, J. Kurose, S. Pingali; A comparison of sender-initiated and receiver-initiated reliable multicast protocols; IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 15, No. 3, April 1997
- [WiZi01] R. Wittmann, M. Zitterbart; Multicast Communication: Protocols and Applications; Morgan Kaufmann Publishers, 2001
- [RFC 2887] M. Handley, S. Floyd, B. Whetten, R. Kermode, L. Vicisano und M. Luby. The Reliable Multicast Design Space for Bulk Data Transfer. RFC 2887 (Informational), August 2000. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2887.txt>

39

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Literaturhinweise (2)



- [RFC 3048] B. Whetten, L. Vicisano, R. Kermode, M. Handley, S. Floyd und M. Luby. Reliable Multicast Transport Building Blocks for Oneto-Many Bulk-Data Transfer. RFC 3048 (Informational), Januar 2001. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3048.txt>
- [RFC 3451] M. Luby, J. Gemmell, L. Vicisano, L. Rizzo, M. Handley und J. Crowcroft. Layered Coding Transport (LCT) Building Block. RFC 3451 (Experimental), Dezember 2002. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3451.txt>
- [RFC 3738] M. Luby und V. Goyal. Wave and Equation Based Rate Control (WEBRC) Building Block. RFC 3738 (Experimental), April 2004. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3738.txt>
- [RFC 3940] B. Adamson, C. Bormann, M. Handley und J. Macker. Negative acknowledgment (NACK)-Oriented Reliable Multicast (NORM) Protocol. RFC 3940 (Experimental), November 2004. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3940.txt>
- [RFC 3941] B. Adamson, C. Bormann, M. Handley und J. Macker. Negative-Acknowledgment (NACK)-Oriented Reliable Multicast (NORM) Building Blocks. RFC 3941 (Experimental), November 2004. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3941.txt>

40

Next Generation Internet SS2010 – 7. Multicast Transport (R0)



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

Literaturhinweise (3)



[RFC 4654] J. Widmer und M. Handley. TCP-friendly Multicast Congestion Control (TFMCC): Protocol Specification. RFC 4654 (Experimental), August 2006. URL:

<http://www.ietf.org/rfc/rfc4654.txt>

[RFC 5052] M. Watson, M. Luby und L. Vicisano. Forward Error Correction (FEC) Building Block. RFC 5052 (Experimental), August 2007. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc5052.txt>

