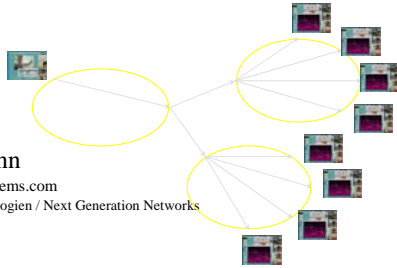


T-Systems

IP-Multicast



Nicolai Leymann
nicolai.leymann@t-systems.com
Senior Experte IP-Technologien / Next Generation Networks

Agenda

- Was ist IP-Multicast
- Anwendungsbeispiele
- Basismechanismen
 - Adressierung, IGMPv1-IGMPv3
 - Flooding & Pruning
- Multicast-Routingprotokolle
 - Protocol Independent Multicast (PIM)
- Advanced IP-Multicast Topics
- Fragestunde

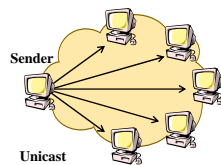


IP-Multicast

Was ist das?

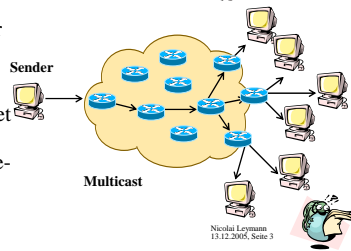
Unicast

- Ein Sender, ein Empfänger
- Daten werden mehrmals gesendet
- Alle Endsysteme erhalten Daten



Ein Sender, Viele Empfänger

- Ausgewählte Empfänger
- über Subnetze verteilt
- Daten werden 1x gesendet und von Routern verteilt
- UDP-basiert / keine Ende-zu-Ende Beziehung

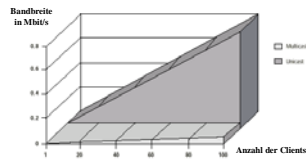


IP-Multicast

Wo liegen die Vorteile?

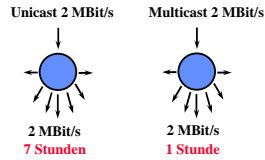
Bandbreitensparnis

- Beispiel:
Übertragung von 1x 8Kbit
zu 100 Empfängern anstatt
100 Übertragungen à 8Kbit
- Geringere Kosten



Zeitersparnis

- Zeiten der
Datenübertragung zu
mehreren Empfängern
werden verkürzt
- Geringere Kosten
- Entlastung des Senders



IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 4

Multicast

Wozu das Ganze?

Broadcastähnliche Medien

- Fernsehen
- Radio
- Nachrichtenticker,
Börsenticker

Dateiverteilung

- Softwareverteilung
- Web-Caching und -Spiegelung
- Backups



IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 5

Multicast

Standardisierung

- **Standardisierung durch IETF (<http://www.ietf.org>)**
 - Mbone Deployment – Mboned
 - Multicast & Anycast Group Membership – MAGMA
 - Multicast Address Allocation – MALLOC
 - Source Specific Multicast – SSM
 - Protocol Independent Multicast – PIM
 - Multicast Source Discovery Protocol – MSDP
 - Multicast Security – MSEC
 - ... und einige andere

IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 6

Multicast

Multicast Backbone – MBone

- Globales Multicast-Netz
- Entstand im Rahmen der IETF als Testplattform (1992)
- Netzwerkinfrastruktur und Toolkit
- Wird mittlerweile für ein Vielzahl von Diensten genutzt



IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 7

Multicast

Der MBone-Werkzeugkasten

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">■ Basis-Werkzeuge■ sdr (Session Directory)■ vic (Video Tool)■ vat/rat (Audio Tool)■ wb (Whiteboard)■ <i>mrouterd (Multicast Routing Daemon, obsolete)</i> | <ul style="list-style-type: none">■ Andere Tools■ Cisco IP/TV■ RealPlayer One■ uvm. |
|---|---|

IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 8

IP-Multicast

Servicemodell

- Adressierung über IP-Adressen (Class-D)
- Sender und Empfänger können beliebig verteilt sein
- Keine Einschränkungen bzgl. Anzahl der Sender und Empfänger
- Verlassen und Beitreten in MC-Gruppen jederzeit möglich
- Datenverteilung wird über IP-MC Routingprotokolle reguliert

IP-Multicast

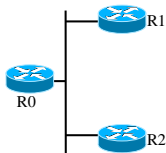
Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 9

Anwendungsbeispiele

- Basisdienste
- Audio-/Video-Streaming
- Content Delivery Networks
- Optimierung von Peer-2-Peer Anwendungen

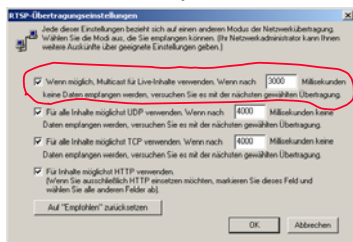
IP-Multicast Basisdienste

- Routingprotokolle (Routing Updates)
 - OSPF
 - PIM
- Device-Discovery
 - HP-Printer Discovery verwendet IP-Multicast
- IPv6 Mechanismen
 - Router Discovery
 - Neighbor Discovery

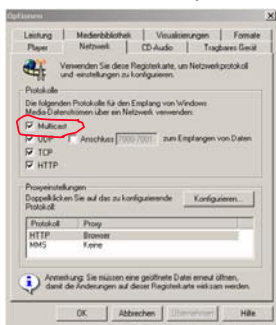


IP-Multicast Streaming-Anwendungen

RealPlayer One



Media Player

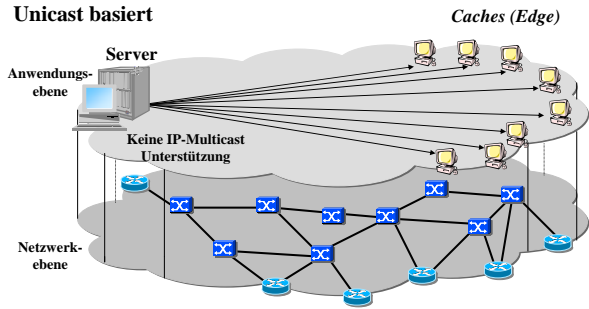


- Defaultmäßig ist IP-Multicast bei allen gängigen Playern möglich

IP-Multicast Anwendungsgebiete

Content Delivery Networks (1 von 4)

Unicast basiert



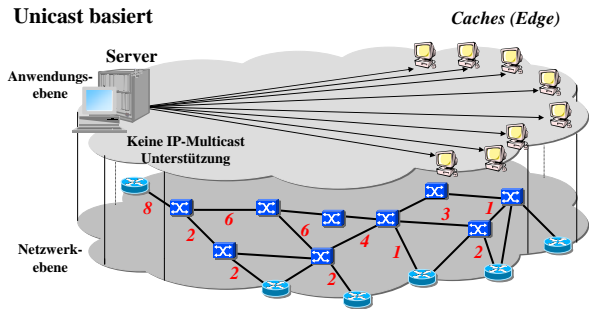
IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 13

IP-Multicast Anwendungsgebiete

Content Delivery Networks (2 von 4)

Unicast basiert



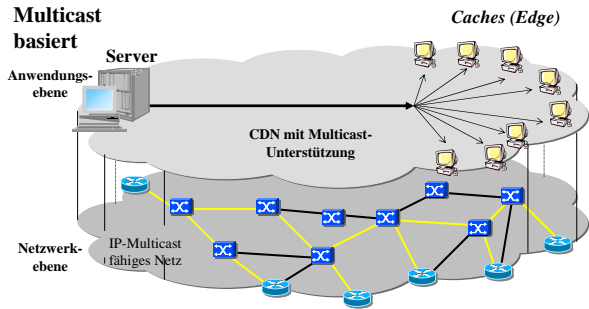
IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2006, Seite 14

IP-Multicast Anwendungsgebiete

Content Delivery Networks (3 von 4)

Multicast basiert

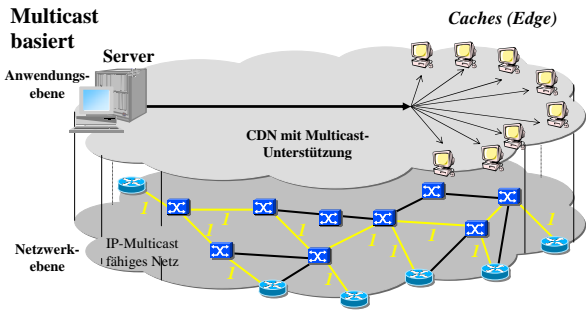


IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 15

IP-Multicast Anwendungsgebiete

Content Delivery Networks (4 von 4)



IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 16

IP-Multicast Anwendungsgebiete

Layered Coding und IP-Multicast

Unterschiedliche Dienstqualitäten durch Layered Coding

- Strom wird aufgeteilt
- Teilströme in Multicastgruppen
- Gesamtstrom nur 1x versendet
- je nach Anzahl der Gruppen steigt die Qualität beim Empfänger
- Beispiel:
 - 1x 128 KBit/s + 1x 64 KBit/s + 1x 32 Kbit/s = 224 KBit/s
 - 4x 32 KBit/s = 128 KBit/s



IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 17

Basismechanismen

- Voraussetzungen
- Adressierung
- Gruppenverwaltung mit IGMP
- Reichweite von IP-Multicast-Paketen
- Tunnel

IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 18

IP-Multicast

Voraussetzungen

Software muß IP-Multicastfähig sein

- Aussenden / Empfang der Datenströme über IP-Multicast
- Gruppenadressierung
- Aktuelle Streaming-Software ist von Hause aus multicastfähig (RealNetworks, MS, Cisco IP/TV, ...)

Endsysteme müssen IP-Multicastfähig sein

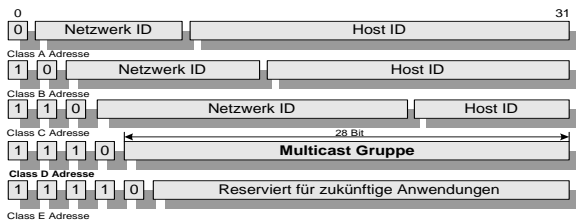
- Adressierung
- An- und Abmelden an einer Multicastgruppe (IGMP)
- Alle heutigen Endsysteme/Betriebssysteme sind „out of the box“ MC-fähig!

Router müssen IP-Multicastfähig sein

- Duplizieren der IP-Pakete in Abhängigkeit der Empfänger
- Multicast-Routingprotokoll zum Aufbau der Verteilbäume
- Tunnel als Alternative

IP-Multicast

Adressierung



Eigene Adressklasse (Class D) zu Adressierung von Multicastgruppen

- Adressbereich 224.0.0.0 – 239.255.255.255
- Daten erreichen alle Systeme, die Mitglied in der Gruppe sind

IP-Multicast

Adressierung

- 28 Bit stehen zur Adressierung zur Verfügung
- Adressen werden dynamisch vergeben
- Beschränkte Lebensdauer („Sessiondauer“)
- Kein Globaler Verteilmechanismus vorhanden
- Adress„kollisionen“ sind möglich
 - Mehrere Sender senden auf eine MC-Adresse (Designziel von IP-Multicast)
 - Sicherheitsproblem!

IP-Multicast

Adressierung – Reservierte Adressen

- Reservierte Adressen (vergleichbar mit Portnummern)
- Registriert bei der IANA

224.0.0.1	Alle Endsysteme in einem Subnetz
224.0.0.2	Alle Router in einem Subnetz
224.0.0.4	Alle DVMRP-Router
224.0.1.11	IETF Audio
224.0.1.12	IETF Video
224.0.1.40	Cisco PIM-SM RP Discovery

IP-Multicast

Adressierung – Reservierte Adressbereiche

225.0.0.0-225.255.255.255	Reserviert
232.0.0.0-232.255.255.255	SSM
233.0.0.0-233.255.255.255	GLOP
239.0.0.0-239.255.255.255	Administratively scoped
239.192.0.0-239.251.255.255	Organization local scope
239.255.0.0-239.255.255.255	Site local scope

<http://www.iana.org/assignments/multicast-addresses>

Internet Group Management Protocol (IGMPv1/IGMPv2 und IGMPv3)

- Paketformat
- Beitreten einer Gruppe (Join)
- Verlassen einer Gruppe (Leave)

Internet Group Management Protocol

Übersicht IGMP

- Protokoll zur Gruppenverwaltung zwischen Endsystem und Router
 - IGMPv1 (RFC1112)
 - IGMPv2 (RFC2236)
 - IGMPv3 (RFC3376)
- An- und Abmelden von Endsystemen an einer MC-Gruppe
- Wird zwischen Endsystem und Router verwendet
- IGMPv2 als Standardprotokoll in Betriebssystemen und Routern implementiert

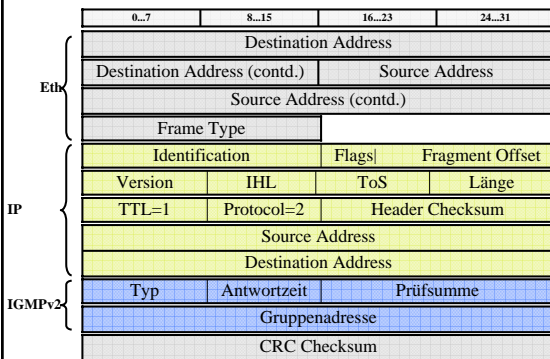
Internet Group Management Protocol

Übersicht IGMPv2 (RFC2236)

- Join Group Nachrichten
- Leave Group Nachrichten (nicht in v1 verfügbar)
- Gruppenspezifische Queries
- Auswahl des zuständigen Routers („Querier Election“)
- Abwärtskompatibel zu IGMPv1
- Nachfolger bereits verfügbar (IGMPv3)

Internet Group Management Protocol

Paketformat (1 von 2)



Internet Group Management Protocol

Übersicht IGMPv3 (RFC2236)

- Nachfolger von IGMPv2 und Voraussetzung für Source Specific Multicast
- Vergleichbar mit MLDv2 (Multicast Listener Discovery) für IPv6
- Zusätzlicher Support für Source Filtering
 - INCLUDE: Pakete nur von bestimmten Quellen
 - EXCLUDE: Pakete von allen, außer von bestimmten Quellen
- API für Endsysteme/Router muß implementiert sein
- Interoperabel mit IGMPv1 und IGMPv2

Internet Group Management Protocol

Paketformat IGMPv3 – Membership Query (1 von 2)

0..7		8..15		16..23		24..31	
Type=0x11		Resp Code		Checksum			
Group Address							
Resv	S	ORV	QQIC		Number of Sources (N)		
Source Address [1]							
Source Address [2]							
Source Address [3]							
...							
Source Address [N]							

```

1  exp  mant
If (MaxRespCode < 128) {
  MaxRespTime=MaxRespCode;
} else {
  MaxRespTime=(mant(0x10) << (exp+3));
}

1  exp  mant
If (QQIC < 128) { /* Querier's Query Interval
  Code */
  QQI=QQIC;
} else {
  QQI=(mant(0x10) << (exp +3));
}
    
```



Transport von IP-Multicast Paketen

- TTL
- Umsetzung auf Ethernet
- Tunnel

IP-Multicast

Lebensdauer von IP-Multicast Paketen (1 von 2)

- **Steuerung über TTL (Time to Live Feld) im IP-Header:**
- **Unicast Fall:**
 - TTL wird von Router dekrementiert
 - Erreicht die TTL den Wert Null, wird das Pakete verworfen
- **Multicast Fall:**
 - Unterschiedliche Bedeutung
 - TTL gibt Geltungsbereich des Paketes an
 - TTL wird vom Router dekrementiert
 - Router leiten Pakete weiter, sofern der TTL Wert größer ist als der eingestellte Grenzwert auf den Interfaces

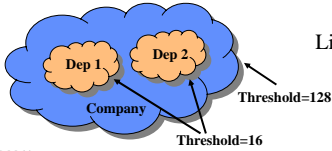
IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 31

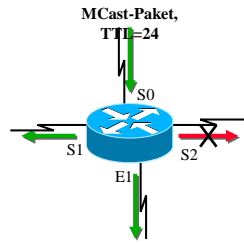
IP-Multicast

Lebensdauer von IP-Multicast Paketen (2 von 2)

TTL	Reichweite
0	endsystemlokal
1	subnetzlokal
32	gleicher Standort
64	gleiche Region
128	gleicher Kontinent
255	weltweit



IP-Multicast



Liste der Interfaces:

- S1: TTL-Threshold=16
- S2: TTL-Threshold=64
- E1: TTL-Threshold=0

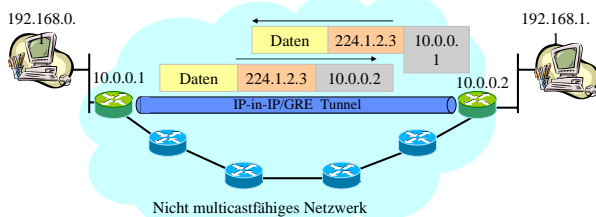
Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 32



IP-Multicast

Tunnel (1 von 2)

- Tunnel zur Überbrückung nicht multicastfähiger (Teil-)Netze
- Sender kapselt IP-Multicast Datenpakete in Unicast
- Empfänger entfernt den Header und leitet MC-Pakete weiter



IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 33

IP-Multicast Routingprotokolle - Basismechanismen

- Aufgaben von IP-Multicast Routing
- Multicastverteilbäume
- Flooding & Pruning
- Shared- und Source-Trees

IP-Multicast Datenverteilung

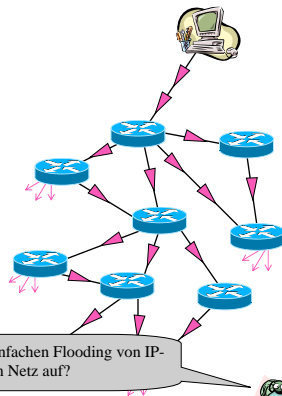
Multicast Routingprotokolle

- Routingprotokoll ist für die Verwaltung der Verteilbäume zuständig
- Muß auf den Routern eingeschaltet werden
- Loops sind unbedingt zu vermeiden
- Viele unterschiedliche Routingprotokolle verfügbar
 - (DVMRP, PIM-DM, -SM, -SSM)
- Unterschiedliche Baumtypen
 - Gemeinsame Verteilbäume (Shared-Trees)
 - Quellbasierte Verteilbäume (Source-Trees)

IP-Multicast Datenverteilung

Flooding

- Daten werden über alle Interfaces gesendet
- Paket bereits gesendet?
 - Ja, dann verwerfen
 - Nein, dann verschicken
- Pakete werden mehrfach verschickt
- Skaliert schlecht

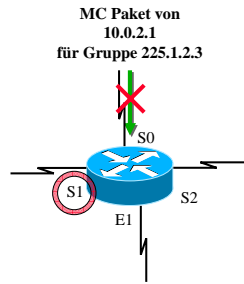


IP-Multicast Datenverteilung

Reverse Path Forwarding (RPF)-Check (1 von 2)

Identification	Flags	Offset
Version	IHL	ToS
TTL	Protoco	Checksum
Source Address 10.0.2.1		
Destination Address 225.1.2.3		

Unicast Routingtabelle	
Netzwerk	Interface
10.0.1.0/24	S0
10.0.2.0/24	S1
10.0.3.0/24	S2
10.0.4.0/24	E1



Paket trifft über das falsche Interface ein, RPF-Check schlägt fehl und das Paket wird vom Router verworfen!

IP-Multicast

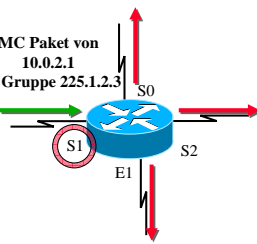
Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 37

IP-Multicast Datenverteilung

Reverse Path Forwarding (RPF)-Check (2 von 2)

Identification	Flags	Offset
Version	IHL	ToS
TTL	Protoco	Checksum
Source Address 10.0.2.1		
Destination Address 225.1.2.3		

Unicast Routingtabelle	
Netzwerk	Interface
10.0.1.0/24	S0
10.0.2.0/24	S1
10.0.3.0/24	S2
10.0.4.0/24	E1



Paket trifft über das richtige Interface ein, RPF-Check ist erfolgreich und das Paket wird auf die Ausgangsinterfaces kopiert!

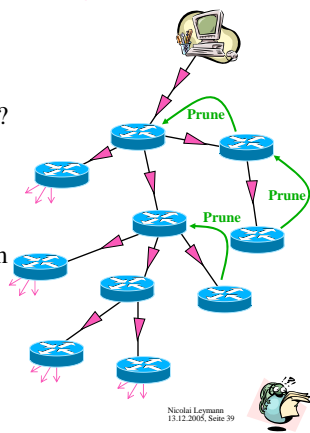
IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 38

IP-Multicast Datenverteilung

Pruning

- Zurückstutzen der Äste
- Paket bereits empfangen?
 - Ja, Nachricht an den Sender
- Pakete werden nur 1x empfangen
- Entlastung von Links, weniger Datenverkehr im Netz
- Prune Latency



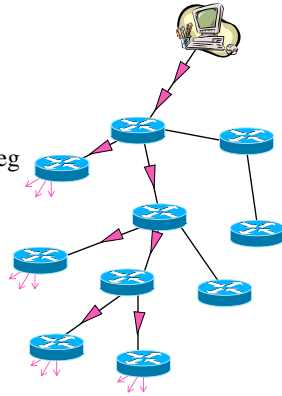
IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 39

IP-Multicast Datenverteilung

Pruning

- Unbenutzte Links und Router werden aus dem Verteilbaum entfernt
- Es existiert genau ein Weg von der Quelle zum Ziel
- Kleine Verteilbäume



IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 40

Protocol Independent Multicast (PIM)

- Dense-Mode (PIM-DM)
- Sparse-Mode (PIM-SM)
- Source-Specific Multicast (PIM-SSM)
- Bidirectional PIM (PIM-BiDir)

IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 41

IP-Multicast Routing

Übersicht PIM-Protokollfamilie (1 von 2)

- Familie von MC-Routingprotokollen
- Wichtigste Routingprotokolle
 - Werden von allen Herstellern unterstützt
- Unabhängig vom eingesetzten Unicast-Routingprotokoll
- Standardisierung erfolgt durch die IETF
- Warum unterschiedliche Protokolle?
 - „Flood & Prune“ für große Netze ungeeignet
 - „Leave Latency“ ist ein Problem

IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 42



IP-Multicast Routing

Übersicht PIM-Protokollfamilie (2 von 2)

- Keinerlei Aussage über Anzahl der Teilnehmer
- PIM-Dense Mode
 - Teilnehmer dicht beieinander
 - Flood und Pruning (periodisches Fluten)
- PIM-Sparse Mode
 - Weite Verteilung der Teilnehmer über große Netze
 - Shared- und Source Trees
 - Explizite Joins
- PIM-Source Specific Multicast
 - Teilnehmer spezifizieren Gruppenadresse und Sender

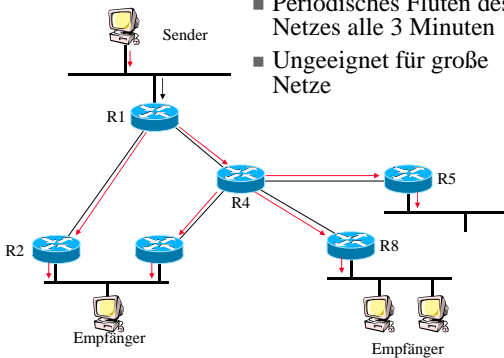
IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 43

IP-Multicast Routing

PIM-Dense Mode

- Periodisches Fluten des Netzes alle 3 Minuten
- Ungeeignet für große Netze



IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 44

PIM-Dense Mode

IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 45

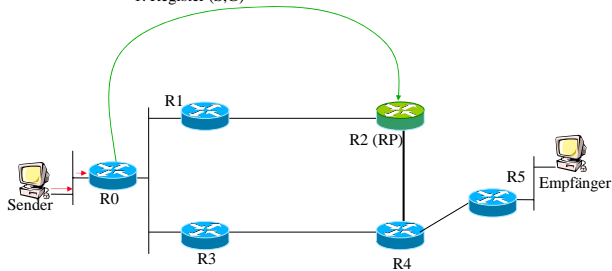
PIM-Sparse Mode

IP-Multicast Routing PIM-Sparse Mode

- Standardisiert in RFC2362
- Unterstützung von Shared & Source Trees
 - dynamischer Fallover bei Überschreitung eines Grenzwertes
- Rendezvous-Point (RP) als zentrale Stelle zur Registrierung von Sender/Empfänger
- Geeignet für Dense und Sparse Gruppen, die weit verteilt sind
 - Kein Flood & Prune Mechanismus
 - Beispielsweise im Internet (MBone)

IP-Multicast Routing PIM-Sparse Mode – Senderregistrierung

1. Register (S,G)



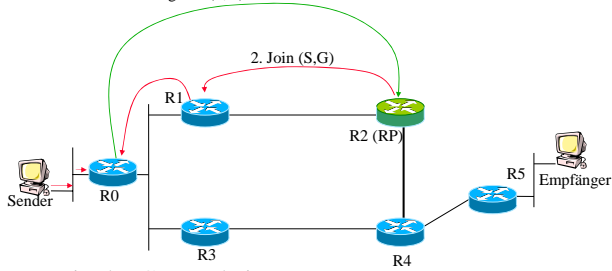
- Registrierung des Senders
 - Vom Source-Router zum RP
 - MC in Unicast gekapselt

Warum werden Register-Nachrichten in Unicast gekapselt?

IP-Multicast Routing

PIM-Sparse Mode – Senderregistrierung

1. Register (S,G)



■ RP tritt der Gruppe bei

- Join (S, G) vom RP in Richtung des Senders
- Führt zum Aufbau des MC Verteilbaums zwischen RP und Sender

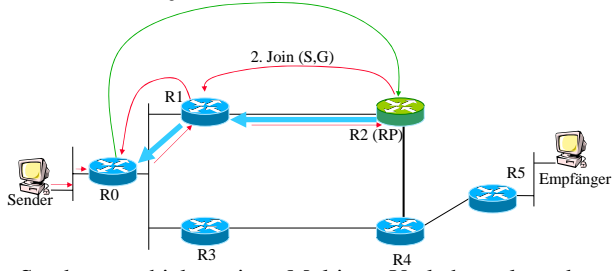
IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 49

IP-Multicast Routing

PIM-Sparse Mode – Senderregistrierung

1. Register (S,G)



■ Sender verschickt nativen Multicast Verkehr entlang des SPT in Richtung des RPs

- Gewährleistet, daß Verbindung MC-fähig ist

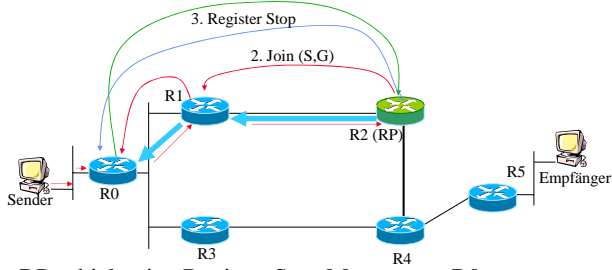
IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 50

IP-Multicast Routing

PIM-Sparse Mode – Senderregistrierung

1. Register (S,G)



■ RP schickt eine Register Stop Message zu R0

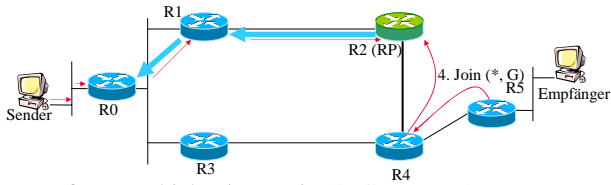
- Bewirkt, daß keine Unicast-gekapselten Register Nachrichten an den RP geschickt werden

IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 51

IP-Multicast Routing

PIM-Sparse Mode – Empfängerregistrierung



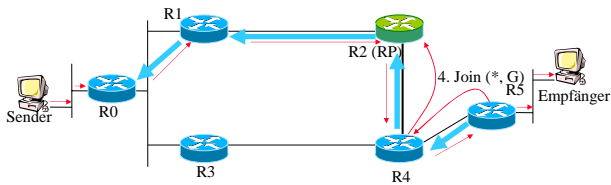
- Empfänger schickt einen Join (*, G) zum R5
 - R5 kennt den RP und schickt ein Join (*, G) Hop by Hop in Richtung des RP

IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 52

IP-Multicast Routing

PIM-Sparse Mode – Empfängerregistrierung



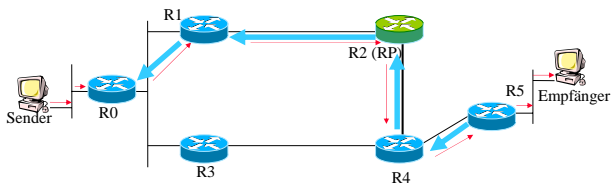
- Der Multicast-Verkehr wird entlang des Shared Tree zum Empfänger weitergeleitet

IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 53

IP-Multicast Routing

Switchover Shared -> Source Tree



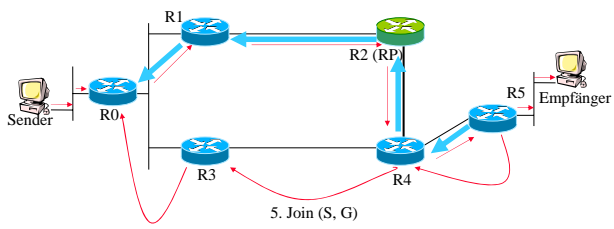
- Problem: Es gibt einen kürzeren Weg zwischen Sender und Empfänger
- Lösung: Umschalten auf einen Source Tree

IP-Multicast

Nicola Leymann
13.12.2005, Seite 54

IP-Multicast Routing

Switchover Shared -> Source Tree



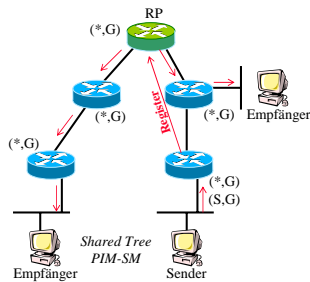
- R5 kennt die Adresse des Senders und schickt daher einen Join-Request Richtung Sender

PIM-BiDir

IP-Multicast Routing

PIM-BiDir – Bidirectional PIM

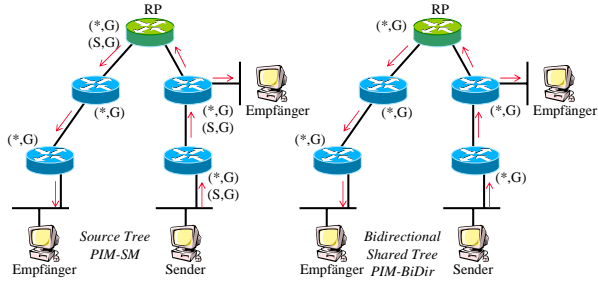
- Variante von PIM zur Minimierung der Statusinformationen in den Routern
- Optimal für Many-to-Many Kommunikation (Skalierbarkeit)



IP-Multicast Routing

PIM-BiDir – Bidirectional PIM

- Variante von PIM zur Minimierung der Statusinformationen in den Routern
- Optimal für Many-to-Many Kommunikation (Skalierbarkeit)



PIM-Source Specific Multicast

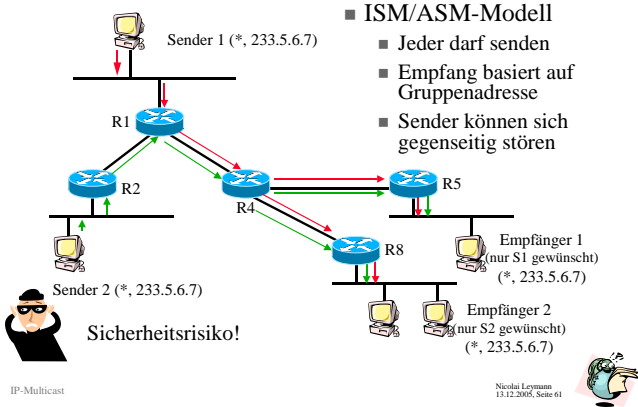
IP-Multicast Routing

PIM-Source Specific Multicast

- PIM-SM wird auch als „Internet Standard Multicast“ (ISM) Modell bezeichnet
 - Alternativ: „Any Source Multicast“ Modell
- Sicherheitsprobleme in ISM/ASM
- Die meisten Anwendungen sind 1:N
 - Ein Sender/viele Empfänger
 - Fernseh-/Radioübertragungen

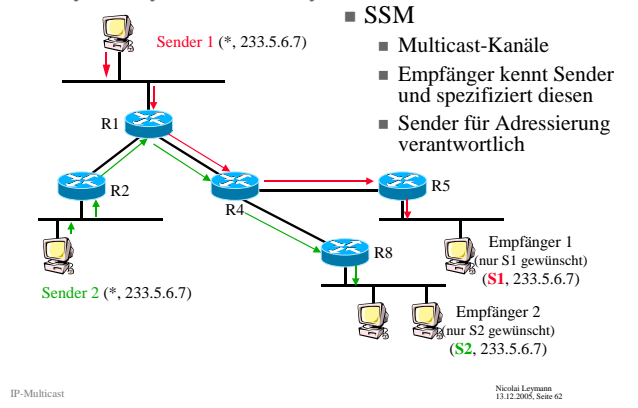
IP-Multicast

Any to Any vs. One to Any



IP-Multicast

Any to Any vs. One to Any



IP-Multicast

Source-Specific-Multicast – Service Modell

- PIM-SSM bietet Basis für Zugangskontrolle
 - Nur eine Quelle S kann auf (S,G) senden
 - Empfänger spezifiziert Quelle
- Multicast-Kanäle auf Basis eines Senders (Quelle)
 - SSM-Adressen sind lokale Adressen (in Bezug auf die Quelle)
 - Quelle ist für Adresskollisionen verantwortlich
- Quelle einer Sendung ist immer bekannt
 - Kein MSDP
 - Keine Shared Trees
- SSM paßt optimal auf AV-Streaming Anwendungen

IP-Multicast

Source-Specific-Multicast – Probleme

- Änderung an den Routern notwendig
 - Neues Routingprotokoll
- Änderungen auf Client (Empfänger-Seite) notwendig
 - Betriebssystem-Update
 - IGMPv3-Proxy auf Anwendungsebene
 - Keine (!) Änderungen bei den Sendern notwendig
- Änderungen in der Software notwendig
 - Angabe des Kanals (S, G)
 - Beispielsweise über einen Verzeichnisdienst

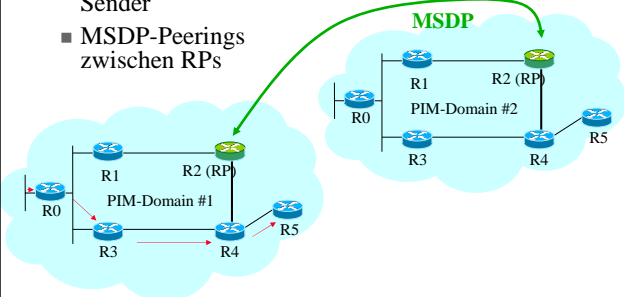
Advanced IP-Multicast Topics

- Multicast Source Discovery
- Multicast VPNs
- Sicherheit

Advanced IP-Multicast

Multicast Source Discovery Protocol – MSDP

- MSDP zum Austausch von Informationen über Sender
- MSDP-Peerings zwischen RPs



Advanced IP-Multicast

MSDP – Anycast Static RP für PIM-SM (1 von 2)

- Verkürzung der Fail-Over Zeit beim Ausfall eines RP
- Bessere Lastverteilung und optimiertes Routing
- Mehrere RPs für einen Adressbereich zuständig
 - statische Konfiguration
 - Identische IP-Adressen an logischen Interfaces (Loopback) der RPs
 - Router bilden eine Mesh-Group
- Statische Konfiguration der RP-Adressen auf allen PIM-SM Routern
- Austausch von Statusinformationen zwischen den RPs über MSDP
 - Informationen über aktive Quellen

Advanced IP-Multicast Topics

- Multicast Source Discovery
- Multicast VPNs
- Sicherheit

Advanced IP-Multicast

Multicast in Virtual Private Networks - Übersicht

- Lösung für VPN-Multicast
- Multicast-in-Multicast Kapselung im Core
- Keine Tunnel notwendig
 - Bessere Skalierbarkeit
 - Bessere Wartbarkeit
- Kein MPLS-Support
 - Momentan keine P2MP-LSPs implementiert bzw. standardisiert (work in progress)
 - Multicast wird als Native IP transportiert

Advanced IP-Multicast

Multicast in Virtual Private Networks - Übersicht

- Pro Multicast VPN eine unabhängige Routing Instanz (PIM-SM, -DM, -SSM)
- Core Instanz unabhängig von der MVPN-Routing Instanz
 - Kunde kann Routingprotokoll seiner Wahl verwenden
- PIM-Nachrichten werden über den Default-MDT signalisiert
- Verwendung von Daten-MDTs möglich beim Überschreiten eines Thresholds

Advanced IP-Multicast Topics

- Multicast Source Discovery
- Multicast VPNs
- Sicherheit

Advanced IP-Multicast

Sicherheitsaspekte (1 von 2)

- Nur Mitglieder einer Gruppe sind angreifbar
 - Vorteil gegenüber Unicast
 - Verlassen einer Gruppe stoppt den Angriff
- Ein Angriff betrifft viele Teilnehmer (nicht einzelne)
 - Nachteil gegenüber Unicast
- Mehrfache Verwendung von Adressen vorhersehbar
 - Vorkonfiguriert in bestimmten Anwendungen
 - „natürlicher Spieltrieb“ von Benutzern

Advanced IP-Multicast

Sicherheitsaspekte (2 von 2)

- Multicast ist sehr dynamisch
 - Nicht nur Endsysteme auch Router sind gefährdet
 - Routingprotokolle stellen Angriffspunkt dar
 - Bsp: tausende von joins/leaves pro Sekunde
- Mehrfachvergabe von Adressen ist eine Gefährdung
 - Kann zum Ausfall einer kompletten Übertragung führen
 - Wird durch Adressvergabe nicht sichergestellt
 - PIM-SSM kann helfen

IP-Multicast

Buchtipps



MBone. Aufbau und Einsatz von IP-Multicast-Netzen
[Holger Fahner](#), [Peter Feil](#), [Tanja Zseby](#)



Developing IP-Multicast Networks
[Beau Williamson](#)
