

# Multicast

Florian Forster

3. Februar 2005

## Zusammenfassung

Multicast ist die Adressierung einer Gruppe von Empfängern. Diese Arbeit gibt einen Überblick darüber wie Multicast-Adressen aufgebaut sind, wie die Zustellung/das Routing innerhalb eines AS funktioniert und welche Methoden zum Inter-AS-Routing zur Verfügung stehen. Abschließend werden noch ein paar Anwendungsfälle aufgezeigt.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Was ist Multicast?</b>	<b>2</b>
<b>2 Aufbau und Organisation von IP-Multicast-Adressen</b>	<b>3</b>
2.1 IPv4-Multicast-Adressen . . . . .	3
2.2 IPv6-Multicast-Adressen . . . . .	5
2.3 Ethernet-Multicast-Adressen . . . . .	6
<b>3 Intra-AS-Routing von Multicast-Paketen</b>	<b>7</b>
3.1 Internet Group Management Protocol . . . . .	8
3.2 Distribution Trees . . . . .	8
3.3 Reverse Path Forwarding . . . . .	8
3.4 Protocol Independent Multicast . . . . .	10
<b>4 Inter-AS-Routing von Multicast-Paketen</b>	<b>11</b>
4.1 Multiprotocol BGP . . . . .	11
4.2 Multicast Source Discovery Protocol . . . . .	11
4.3 Border-Gateway Multicast Protocol . . . . .	13
<b>5 Anycast-RP und RP-Failover</b>	<b>13</b>
<b>6 Anwendungsfälle</b>	<b>14</b>
6.1 Routing-Protokolle . . . . .	14
6.2 Multicast Address Dynamic Client Allocation Protocol . . . . .	14
6.3 Multicast DNS . . . . .	14
6.4 MBONE . . . . .	14
<b>7 Fazit</b>	<b>14</b>

# 1 Was ist Multicast?

Das Internet-Protokoll „IP“ kennt verschiedene Adressierungsarten, von denen aber nicht alle in allen Protokoll-Versionen<sup>1</sup> verfügbar sind:

**Unicast** ist die Adressierung eines einzelnen Empfängers. Beispiele sind 213.95.21.52 (IPv4) und 2001:780:0:1e::1 (IPv6).

**Broadcast** ist die Adressierung aller IPv4-Empfänger im gleichen physikalischen Netzsegment. Bei einer Broadcast-Adresse sind alle Host-Bits auf 1 gesetzt. Ein Beispiel ist 62.128.13.223 (für das Netz 62.128.13.216/29). IPv6 verwendet eine Multicast-Adresse für diesen Zweck.

**Multicast** ist die Adressierung aller Mitglieder einer Empfängergruppe. Bei IPv4 ist das Class-D-Netz für Multicast reserviert, bei IPv6 ist es das FF00::/8-Netz. Wie diese Netze weiter unterteilt sind wird in den Kapiteln 2.1 und 2.2 behandelt.

**Anycast** ist die Adressierung eines Mitglieds einer Empfängergruppe. Anycast-IPv6-Adressen können vom Adress-Schema her nicht von Unicast-Adressen unterschieden werden. Folglich werden auf Netzwerk-Ebene Anycast-Adressen genauso wie Unicast-Adressen behandelt. IPv4 kennt keine Anycast-Adressen.

Multicast-Gruppen sind dynamisch, Hosts können also nach belieben einer Gruppe beitreten, sie verlassen und Pakete an die Gruppe schicken. Je nach Adress-Bereich werden Multicast-Pakete auch über die Grenzen eines „Autonomen Systems“ AS hinweg geroutet<sup>2</sup>. Dazu sind allerdings komplexe Mechanismen und Router, die diese Mechanismen beherrschen, notwendig. Eine genaue Beschreibung finden Sie in Kapitel 4.

Abbildung 1 zeigt eine Anwendung von Multicasting: Das Video-Bild wird an alle Hosts weitergeleitet, die Interesse an dieser Gruppe bekundet haben. Andere Hosts bekommen diese Pakete nicht.

Einsatzgebiete von Multicast sind beispielsweise Video-Streaming, Synchronisation oder Router-Advertisements. Weitere Einsatzgebiete mit kurzen Beschreibungen finden Sie im Kapitel 6.

---

<sup>1</sup>Ich werde mich auf die beiden relevanten IP-Versionen, 4 und 6, beschränken.

<sup>2</sup>Sprachpuristen mögen mir diese Wortneuschöpfung verzeihen, eine konsequente Ersetzung von „route“ durch „weiterleiten“ kling noch komischer.

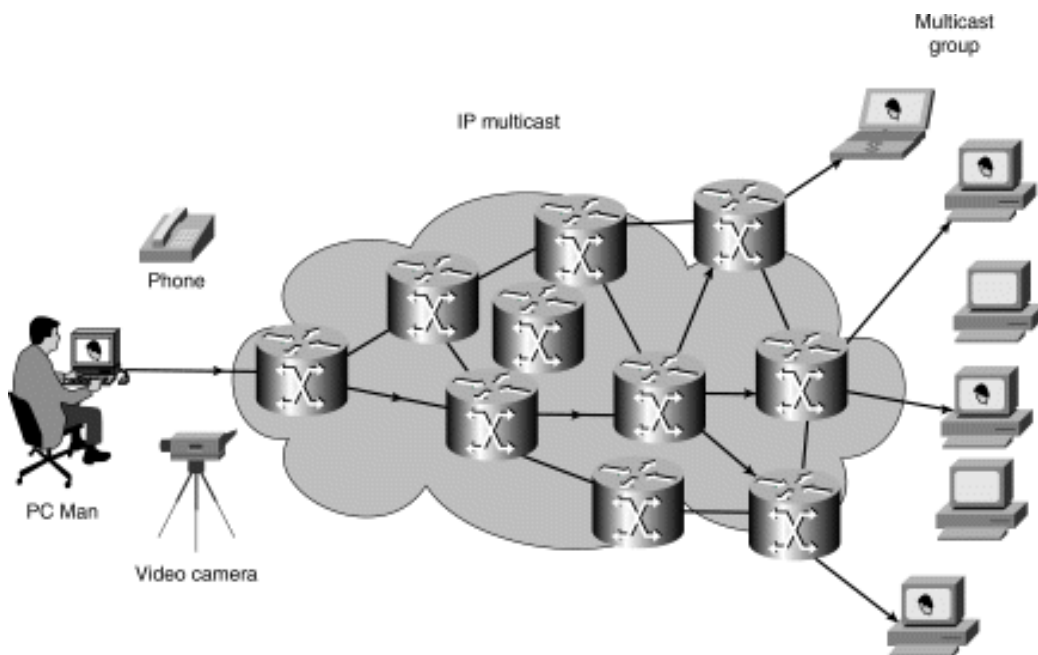


Abbildung 1: Schema eines Multicast-Netztes

## 2 Aufbau und Organisation von IP-Multicast-Adressen

Damit Router Multicast-Pakete entsprechend behandeln können muss anhand der Adresse schon ersichtlich sein, dass es sich um ein Multicast-Paket handelt. Die Organisation der verfügbaren Adressen unterscheidet sich bei IPv4 und IPv6 aber grundlegend. Entsprechend werden die beiden Versionen des Internet-Protokolls getrennt behandelt. Beiden gleich ist, dass es sowohl lokale als auch globale Adressen gibt die entsprechend nur lokal bzw. global geroutet werden dürfen.

### 2.1 IPv4-Multicast-Adressen

Der IPv4-Adressraum ist in fünf Netzklassen unterteilt (vgl. Abbildung 2), die mit den Buchstaben **A** bis **E** bezeichnet werden. Das „Class-D-Netz“ wird dabei exklusiv für Multicast-Adressen verwendet.

Selbstverständlich sind die  $2^{28}$  möglichen Multicast-Group-IDs noch einmal unterteilt. Die Aufteilung, wie sie auch in [5] zu finden ist, zeigt Tabelle 1. Dort sind auch die einzelnen Bereiche genauer beschrieben, daher sollen hier nur kurz die wichtigsten Bereiche erwähnt werden.

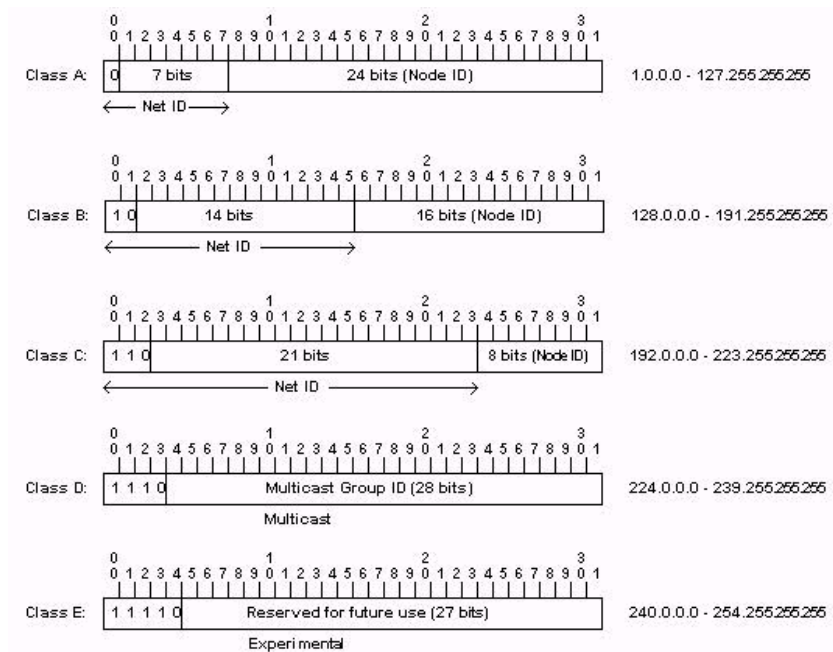


Abbildung 2: Organisation des IPv4-Adressraumes

- Der „**Local Network Control Block**“ wird für Intra-AS-Routing-Protokolle verwendet, beispielsweise OSPFIGP, RIP2 und DVMRP. Ebenfalls in diesem Block befindet sich die „any node“-Adresse, die später noch angesprochen wird.
- Adressen im **Internet Control Block** werden weltweit<sup>3</sup> geroutet. Welche Adresse für welchen Zweck verwendet werden darf wird dabei von der „Internet Assigned Numbers Authority“ IANA festgelegt.
- **Administratively Scoped** Adressen werden nur innerhalb eines AS geroutet. Der genaue Routing-Bereich wird vom Administrator vorgegeben und kann nur ein Teil des AS sein. Diese Adressen können als das Multicast-Äquivalent zu privaten (Unicast-)IP-Adressen, etwa *192.168.0.1*, verstanden werden.

---

<sup>3</sup>Über AS-Grenzen hinweg

224.0.0.0	- 224.0.0.255	<i>224.0.0/24</i>	Local Network Control Block
224.0.1.0	- 224.0.1.255	<i>224.0.1/24</i>	Internetwork Control Block
224.0.2.0	- 224.0.255.0		AD-HOC Block
224.1.0.0	- 224.1.255.255	<i>224.1/16</i>	ST Multicast Groups
224.2.0.0	- 224.2.255.255	<i>224.2/16</i>	SDP/SAP Block
224.252.0.0	- 224.255.255.255		DIS Transient Block
225.0.0.0	- 231.255.255.255		<i>Reserved</i>
232.0.0.0	- 232.255.255.255	<i>232/8</i>	Source Specific Multicast Block
233.0.0.0	- 233.255.255.255	<i>233/8</i>	GLOP Block
234.0.0.0	- 238.255.255.255		<i>Reserved</i>
239.0.0.0	- 239.255.255.255	<i>239/8</i>	Administratively Scoped

Tabelle 1: Organisation der IPv4-Multicast-Adressen

## 2.2 IPv6-Multicast-Adressen

IPv6-Multicast-Adressen können daran erkannt werden, dass das erste Byte der Adressen `0xFF` ist. Das IPv6-Multicast-Netz ist also `FF00::/8`. Dieser Adressraum ist ähnlich wie bei IPv4 noch in „Scopes“ unterteilt. Die Aufteilung erfolgt aber grundsätzlich anders. Abbildung 3 zeigt das Schema aus [4]: Das zweite Byte der Adresse wird zur genaueren Einteilung verwendet. Dabei geben die höherwertigen vier Bit den Scope an, die niederwertigen vier Bit sind Flags, die allerdings zur Zeit nur begrenzt verwendet werden<sup>4</sup>. Bei IPv6 hat Multicasting generell einen höheren Stellenwert eingeräumt bekommen, so wurden die von IPv4 bekannten Broadcasts durch Multicasts ersetzt. Die „any node“-Multicast-Adresse `FF02::1` erfüllt bei IPv6 den selben Zweck.

Die Scopes aus Abbildung 3 haben folgende bedeutung:

**node-local** Pakete, die an eine dieser Adresse geschickt werden, dürfen den Rechner/Router nicht verlassen.

**link-local** Die Adresse darf nicht geroutet werden. Entsprechende Pakete können also nur von Knoten empfangen werden, die sich im selben physikalischen Netzsegment befinden.

**site-local** Die Adresse darf von „Border Routern“ nicht weitergeleitet werden. Damit bleiben an diese Adresse geschickte Pakete im eigenen AS.

**organization-local** Leider schweigt sich [4] darüber aus, was genau eine „organization“ darstellt. Vermutlich ist gemeint, dass eine Firma mit mehr als einem

<sup>4</sup>Das einzige bisher verwendete Flag, das niederwertigste, zeigt an, ob eine Adresse von der IANA fest vergeben wurde oder „transient“ ist, also vom Anwender willkürlich verwendet wird. Die anderen Flags müssen zur Zeit noch auf 0 gesetzt sein.



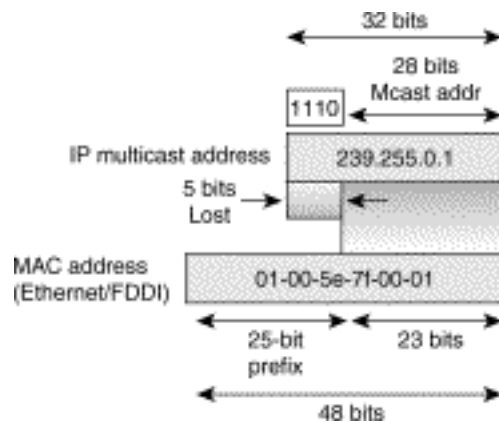


Abbildung 4: Abbildung von Multicast-Adressen auf Ethernet-Adressen

### 3 Intra-AS-Routing von Multicast-Paketen

Das Senden und das Empfangen von Multicast-Paketen erfordert unterschiedliche Voraussetzungen. Entsprechend definiert [1] verschiedene „levels of conformance“:

- Level 0** bietet keine Unterstützung für Multicast. Level 0 Hosts sollen von Multicast-Traffic nichts mitbekommen. Wenn sie allerdings doch einmal ein Multicast-Paket erreicht können sie es anhand der Class D Zugehörigkeit erkennen und verwerfen.
- Level 1** bietet Unterstützung für das Senden, nicht aber für das Empfangen, von Multicast-Paketen. Dieser Level ist gedacht für Geräte, die via Multicast Statusmeldungen und ähnliches verschicken sollen, deren IP-Implementierung man aber nicht zu aufwendig gestalten möchte.
- Level 2** bietet volle Unterstützung für Multicast. Hosts können Multicast-Gruppen beitreten, sie wieder verlassen sowie Pakete senden und empfangen. Hierzu sind allerdings unter Umständen größere Änderungen am IP-Stack notwendig.

Das Senden von Multicast-Paketen ist nach Kenntnis der entsprechenden Adressen schon möglich. Dieses und das folgende Kapitel behandeln das Empfangen bzw. Zustellen der Multicast-Pakete.

### 3.1 Internet Group Management Protocol

Um Routern das Interesse an einer Multicast-Gruppe zu signalisieren dient das „Internet Group Management Protocol“, IGMP. Um „seinem“ Router das Interesse an einer Multicast-Gruppe mitzuteilen schickt ein Host eine entsprechende IGMP-Nachricht an die „any node“-Adresse<sup>6</sup>. Bei IGMPv1 wird die Gruppenzugehörigkeit periodisch überprüft, ab IGMPv2 sind zusätzlich „leave messages“ definiert.

### 3.2 Distribution Trees

Es werden zwei verschiedene Arten von sogenannten Distribution Trees („Verteilungsbäumen“) unterschieden:

- Bei „**Source Trees**“ werden Multicast-Pakete von „Border Routern“ aus zu den Clients geroutet. Dadurch erhält man zwar den kürzesten möglichen Pfad, allerdings muss sehr viel „State“ in den beteiligten Routern gespeichert werden. Ein Beispiel zeigt Abbildung 5: Das Multicast-Paket wird entlang der Pfeile auf dem kürzesten Weg von „Host A“ zu „Host B“ bzw. „Host C“ geroutet.
- Bei „**Shared Trees**“ werden die Pakete über einen „Rendezvous-Point“ (RP) geroutet und dann an die eigentlichen Hosts weitergeleitet. Anschließend können ggf. wieder kürzere Pfade verwendet werden. Das Beispiel in Abbildung 6 zeigt wie Multicast-Pakete in jedem Fall zuerst zum Router D geroutet werden und anschließend zu den Empfänger-Hosts weitergereicht werden. Der Hauptgrund für die Einführung von RPs liegt darin, dass sie das Inter-AS-Routing von Multicast-Traffic sehr vereinfachen bzw. ermöglichen.

### 3.3 Reverse Path Forwarding

Da bei Multicast-Paketen die Empfängeradresse nicht zum Routen verwendet werden kann, wird „von der Quelle weg“ geroutet. D.h. ein Router liefert das Paket nur dann an einen Port aus, wenn die Route zur Quelle **nicht** über diesen Port geht.

Diese Überprüfung wird im Normalfall mit den gleichen Mitteln durchgeführt, mit denen auch Routing-Entscheidungen getroffen werden. Der Vorgang heißt „RPF-Check“.

---

<sup>6</sup> *224.0.0.1* bei IPv4, *FF02::1* bei IPv6

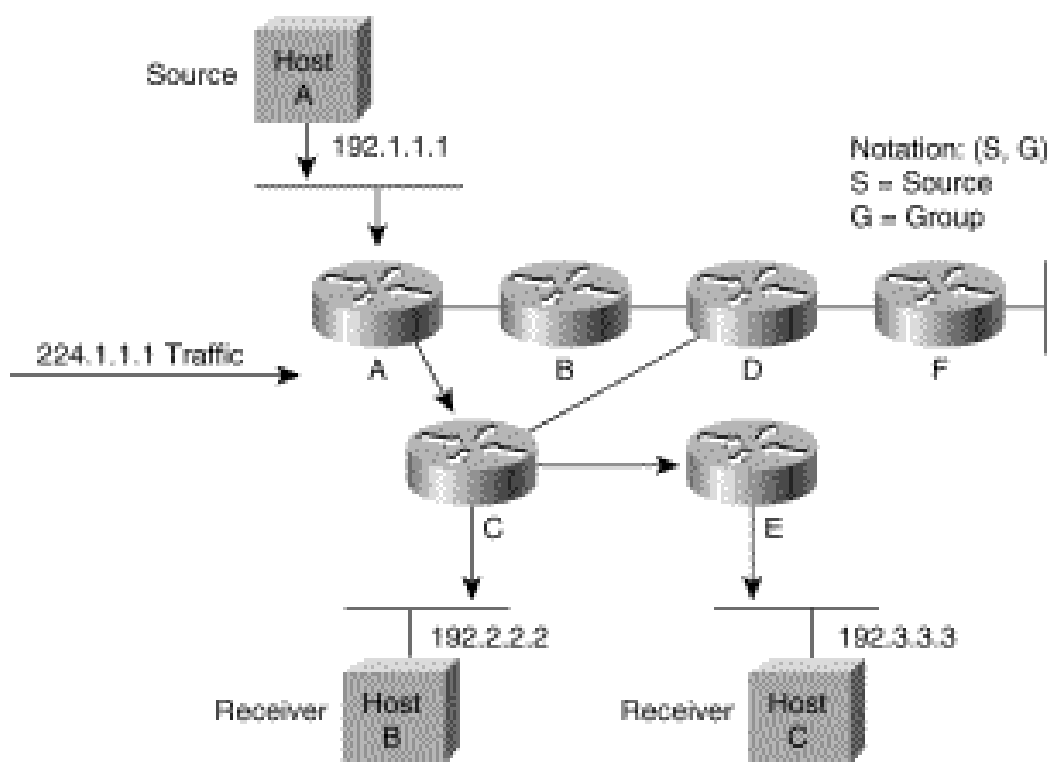


Abbildung 5: Beispiel eines Source-Trees

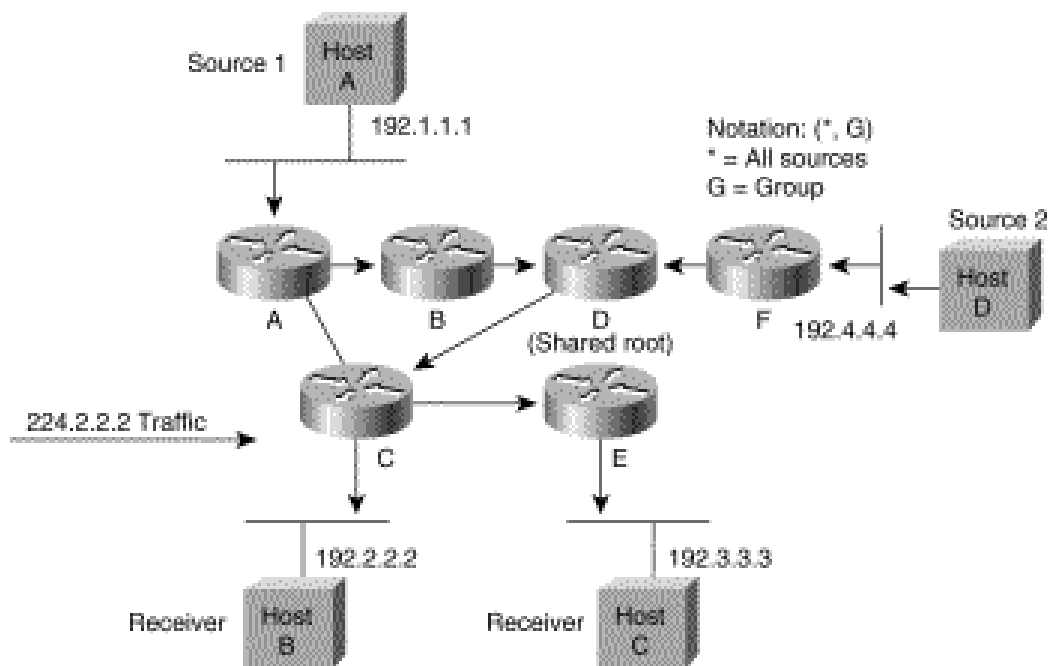


Abbildung 6: Beispiel eines Shared-Trees

### 3.4 Protocol Independent Multicast

„PIM“ verwendet Unicast-Routing-Tabellen für den RPF-Check um Multicast-Pakete zuzustellen. Es kommt in zwei „Geschmacksrichtungen“:

- Der „Dense-Mode“ (**PIM-DM**) liefert ein Multicast-Paket über **alle** Ports aus. Router ohne „Downstream Neighbours“ schicken das Paket zurück. Dieser Vorgang wird ca. alle drei Minuten wiederholt. Dies ist ein sogenanntes „**push**-Prinzip“, da periodisch das gesamte Netz geflutet wird um festzustellen, wo noch (aktive) Empfänger existieren. Probleme kann es u. A. mit WAN-Links und anderen langsamen Verbindungen geben, die durch dieses Vorgehen zusätzlich belastet werden.
- Der „Sparse-Mode“ (**PIM-SM**, [3]) leitet Multicast-Pakete nur an Ports weiter, an denen ein Client<sup>7</sup> eine Multicast-Gruppe angefordert hat. Zum registrieren ist ein RP notwendig.

<sup>7</sup>Ein „Client“ ist hier ein Switch (oder theoretisch auch ein Router) der eine entsprechende IGMP-Nachricht von einem angeschlossenen Host erhalten hat.

## 4 Inter-AS-Routing von Multicast-Paketen

Multicasting stellt besondere Ansprüche an das Routing, da ja eine bestimmte Empfänger-Adresse nicht bekannt ist. Das gesamte Netz mit allen Paketen zu überfluten würde zwar sicherstellen, dass alle interessierten Empfänger ein Paket bekommen würden, aber die Performance-Probleme, die dieses Vorgehen mit sich bringen würden, sind meines Erachtens offensichtlich. Im Folgenden sollen die verwendeten Verfahren kurz vorgestellt werden

### 4.1 Multiprotocol BGP

„**MBGP**“ [2] ist eine Erweiterung zu BGP-4 für Inter-AS Multicast-Routing. Es benutzt die BGP-Mechanismen (zum Beispiel Routing-Maps oder Policies) um RPF-Checks durchzuführen. Vorteile sind die Flexibilität und die enge Verknüpfung mit Unicast-Routing: Netzwerk-Administratoren können auf gewohnte Tools und Mechanismen zurückgreifen. Ausserdem kann die Flexibilität von BGP verwendet werden um alternative Routen zu finden, zum Beispiel wenn ein „Peer“ wegfällt.

### 4.2 Multicast Source Discovery Protocol

Mit Hilfe von MBGP kann ein Router herausfinden **wie** ein bestimmtes AS erreicht werden kann. Allerdings liefert MBGP keinerlei Informationen über Multicast-Sender/-Empfänger in den anderen Domains. Hier kommt „**MSDP**“ ins Spiel: Die RPs verschiedener Domains „unterhalten“ via MSDP und tauschen Informationen über „Active Sources“ aus. Diese Information wird an andere RPs weitergereicht (auch hier kommen wieder RPF-Checks zum Einsatz) so durch das gesamte Netz (bzw. zu allen untereinander verbundenen RPs) propagiert.

Mit dem Wissen über Sender in anderen Domains kann ein RP einen „Shortest Path“ zu den RPs aufbauen, zu denen die „Active Sources“ zugeordnet werden. Dieser „Shortest Path“ wird mit MBGP bestimmt und kann, wie in [Abbildung 7](#) zu sehen, durch andere AS führen.

[Abbildung 8](#) verdeutlicht noch einmal das Zusammenspiel von MBGP und MSDP: Anhand von BGP „weiß“ ein AS welche AS es erreichen kann und welcher Peering-Partner eine Route dort hin hat. Die RPF-Checks werden mit den MBGP-Erweiterungen durchgeführt. MSDP sorgt dafür, dass Active-Sources auch in das eigene AS geroutet werden.

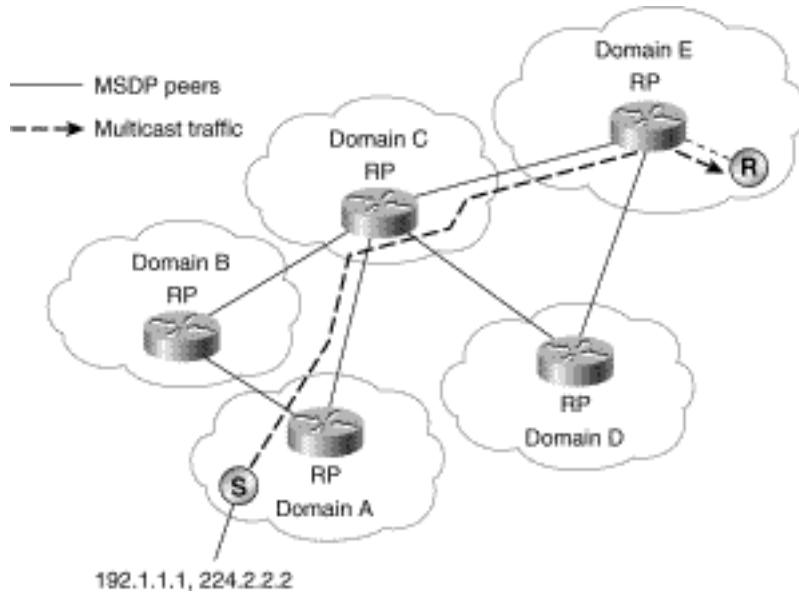


Abbildung 7: Beispiel eines Netzes mit MSDP

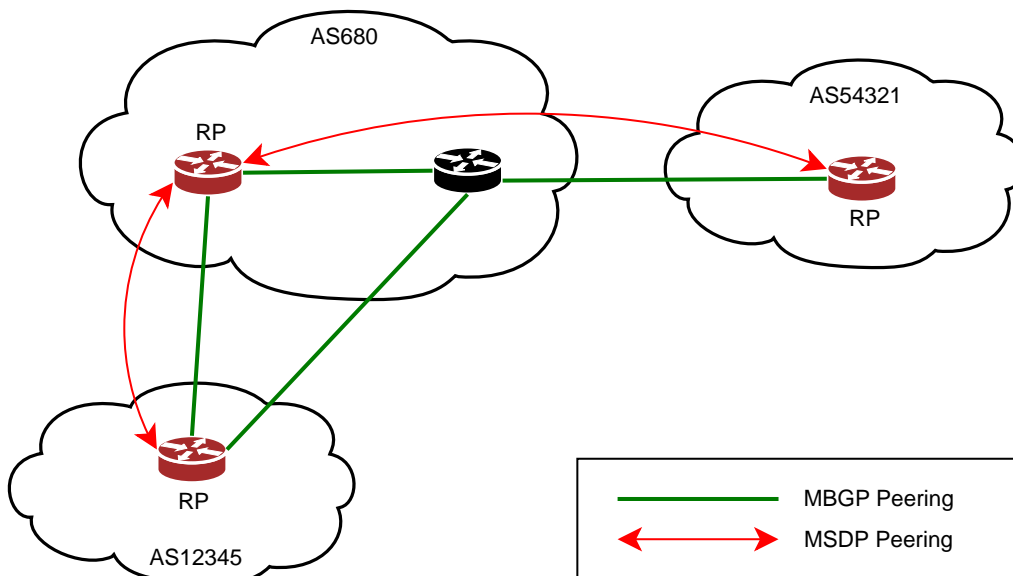


Abbildung 8: Zusammenspiel von MBGP- und MSDP-Peerings

### 4.3 Border-Gateway Multicast Protocol

„BGMP“ ist nicht das gleiche wie „MBGP“, sondern eher der Nachfolger von MBGP und MSDP. Zur Zeit ist dies noch kein Standard aber liegt schon als „draft“ bei der IETF<sup>8</sup> vor. Dieser und weitere Entwürfe finden sich auch auf [8]. BGMP versucht auf einen zentralen Knoten in jeder Domain zu verzichten<sup>9</sup> und möchte so unnötigen „state“ in eigentlich unbeteiligten Routern vermeiden. Eine detaillierte Beschreibung möchte ich hier nicht aufführen sondern lediglich darauf hinweisen, dass im Inter-AS-Bereich durchaus noch eine Entwicklung stattfindet und das letzte Wort noch nicht gesprochen ist.

## 5 Anycast-RP und RP-Failover

Mit der Kombination von MBGP und MSDP können dynamische Routen für Multicast-Traffic aufgebaut werden. Im Fall eines Wegfalls eines AS kann also eine alternative Route gefunden werden.

RP-Failover im eigenen AS ist ebenfalls möglich, wenn auch nicht sehr elegant: Alle RPs binden eine virtuelle Adresse auf ein Loopback-Interface. Anschließend geben sie über das Intra-AS-Routing-Protokoll bekannt, dass sie eine Route zu dieser IP-Adresse kennen. Anschließend wird bei allen Routern/Switches diese Adresse als RP eingetragen.

Die Anycast- bzw. Failover-Eigenschaft entsteht durch Ansprüche, die an das Routing-Protokoll gestellt werden:

- Es wird der nächste Router verwendet, um eine Route zum RP zu finden. Das in diesem Fall der Router selbst der RP ist, ist aus Netzwerksicht nicht erkenntlich.
- Beim Wegfall eines Routers/RPs wird vom Routing-Protokoll ein anderer Router/RP gefunden, der ebenfalls eine Route zu der RP-IP kennt.

Anderen RPs gegenüber und auch untereinander verwenden diese RPs MSDP und ihre „echten“ IP-Adressen.

Interessierte Leser finden in [6] eine detaillierte Beschreibung des Vorgehens mit Konfigurationsbeispielen für Cisco-Router.

---

<sup>8</sup>Internet Engineering Task Force

<sup>9</sup>Intra-AS-Routing, etwa mit PIM-SM, kann allerdings immernoch einen RP benötigen.

## 6 Anwendungsfälle

### 6.1 Routing-Protokolle

Multicast wird von vielen Intra-AS-Routing-Protokollen verwendet. Bekannte Beispiele sind RIP und OSPF. Die IANA hat unter Anderem IPv4- und IPv6-Multicast-Adressen für „alle Router“ für alle wichtigen (Intra-AS-)Routing-Protokolle vergeben.

### 6.2 Multicast Address Dynamic Client Allocation Protocol

„MADCAP“ ist eine Multicast-Variante von DHCP: Hosts können so eine bisher ungenutzte Multicast-Adresse erfragen. MADCAP-Server können natürlich auch selbst über Multicast erreicht werden.

IPv6-DHCP-Server sind ebenfalls via Multicast erreichbar. Dafür ist die Adresse *FF02::C* von der IANA vergeben worden.

### 6.3 Multicast DNS

„mDNS“ ist ein Dienst zur Namensauflösung der ohne zentralen Server auskommt. mDNS ist dabei eine Erweiterung des ursprünglichen DNS-Protokolls und entstand im Zuge der „ZeroConf“ Entwicklung. ZeroConf versucht die Plug-and-Play-Eigenschaften von AppleTalk auf IP-Netze zu übertragen und das DNS spielt dabei eine zentrale Rolle.

### 6.4 MBONE

„MBONE“ ist analog zum populären „6BONE“ ein Multicast-Testnetz. Verkehr von und zu MBONE wird getunnelt, um Beschränkungen der ISPs zu umgehen. Nach eigenen Angaben wird MBONE hauptsächlich für Video- und Audio-Konferenzen genutzt.

## 7 Fazit

Multicast ist eine interessante Technik um mehrere Hosts zu erreichen. IPv4 behandelt dieses Thema zwar noch ein wenig halbherzig, IPv6 bietet dafür mehr Möglichkeiten als in absehbarer Zukunft Verwendung finden werden.

Die Hardware<sup>10</sup> scheint der Entwicklung – ganz ähnlich wie bei IPv6 – hinterher zu hinken. Zwar könnten viele der Geräte mit Multicast zurechtkommen, die Konfiguration ist aber im besten Fall ungewohnt, der Nutzen gering<sup>11</sup> und die Kundennachfrage quasi nicht existent. Selbst Firmen die Video-Streaming betreiben und eigentlich predestiniert für die Anwendung von Multicast wären setzten lieber auf gewohnte Technik.

Innerhalb einer Domain gibt es ein paar Anwendungsmöglichkeiten, die auch genutzt werden. Intra-AS-Routing-Protokolle sind ein häufig genanntes Beispiel, aber auch NTP<sup>12</sup> wird hin und wieder mit Multicast betrieben.

Über AS-Grenzen hinweg Multicast zu routen ist komplex und wird kaum praktiziert. Auch ist hier noch abzuwarten ob sich MBGP und MSDP halten können oder doch BGMP irgendwann zum Standard wird und die beiden ablöst.

---

<sup>10</sup>Gemeint sind Router und Switches bei ISPs. Bei üblicher „Consumer Hardware“ schaut es noch viel schlimmer aus.

<sup>11</sup>ISPs sind in der Regel nicht sonderlich an einer Reduzierung der Netzlast interessiert, da sie gerade damit ihr Geld verdienen

<sup>12</sup>Network Time Protocol

## Abbildungsverzeichnis

1	Schema eines Multicast-Netzes . . . . .	3
2	Organisation des IPv4-Adressraumes . . . . .	4
3	Organisation der IPv6-Multicast-Adressen . . . . .	6
4	Abbildung von Multicast-Adressen auf Ethernet-Adressen . . . . .	7
5	Beispiel eines Source-Trees . . . . .	9
6	Beispiel eines Shared-Trees . . . . .	10
7	Beispiel eines Netzes mit MSDP . . . . .	12
8	Zusammenspiel von MBGP- und MSDP-Peering . . . . .	12

## Tabellenverzeichnis

1	Organisation der IPv4-Multicast-Adressen . . . . .	5
---	--	---

## Literatur

- [1] RFC1112: *Host Extensions for IP Multicasting*, 1989,  
<http://ietf.org/rfc/rfc1112.txt>
- [2] RFC2283: *Multiprotocol Extensions for BGP-4*, 1998,  
<http://ietf.org/rfc/rfc2283.txt>
- [3] RFC2362: *Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification*, 1998,  
<http://ietf.org/rfc/rfc2362>
- [4] RFC2373: *IP Version 6 Addressing Architecture*, 1998,  
<http://ietf.org/rfc/rfc2373.txt>
- [5] RFC3171: *IANA Guidelines for IPv4 Multicast Address Assignments*, 2001,  
<http://ietf.org/rfc/rfc3171.txt>
- [6] Cisco Systems: *Anycast RP*, 2001,  
[http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/intsolns/mcst\\_sol/anycast.htm](http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/intsolns/mcst_sol/anycast.htm)
- [7] Cisco Systems: *IP Multicast Technology Overview*, 2002,  
[http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/intsolns/mcst\\_sol/mcst\\_ovr.htm](http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/intsolns/mcst_sol/mcst_ovr.htm)
- [8] Border-Gateway Multicast Protocol Homepage,  
<http://netweb.usc.edu/bgmp/>