

# Multicast Routing: Das ignorierte Killer-Feature

Benedikt Stockebrand  
Stepladder IT Training+Consulting GmbH

Heise/DE-CIX IPv6-Kongress  
22. Mai 2014

# Ich über mich

---

- Diplom-Informatiker (Uni Dortmund)
- Internet seit ca. 1993
- Schwerpunkte IT-Betrieb, TCP/IP-Netze, Unix
- Selbständiger Berater und Trainer
- Seit Mitte 2003 Schwerpunkt IPv6
- Autor des Buchs "IPv6 in Practice—A Unixer's Guide to the Next Generation Internet" (Springer 2007)
- 2010 zusammen mit Hans Peter Dittler Erstellung eines IPv6-Leitfadens für das BSI (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik)
- 2012 Gründung der "Stepladder IT Training+Consulting GmbH"
- Seit 2013 Betreiber des "BIVBlog"  
(<http://www.stepladder-it.com/bivblog>)

# Warum Multicast-Routing?

---

- Multicast-Routing abstrahiert sauber von der Layer-2-Topologie
- Netztopologien müssen auf Broadcast/Multicast keine Rücksicht mehr nehmen

# Warum nicht mit IPv4?

---

- Multicast ist bei IPv4 nachträglich angeflickt worden
- Das Ergebnis ist kaum sinnvoll zu betreiben

# Multicast-Adressbereiche

---

- `ff0s::/8`: Offiziell (von IANA) definierte Adressen
- `ff1s::/8`: Transiente (dynamisch vergebene) Adressen

# Multicast-Adressbereiche

---

- `ff0s::/8`: Offiziell (von IANA) definierte Adressen
- `ff1s::/8`: Transiente (dynamisch vergebene) Adressen
- `ff3s:00ll:pppp:pppp:pppp:pppp::/96`:  
Mit Unicast-Prefix `pppp:pppp:pppp:pppp::/ll` zugeteilte  
Adressen

- `ff0s::/8`: Offiziell (von IANA) definierte Adressen
- `ff1s::/8`: Transiente (dynamisch vergebene) Adressen
- `ff3s:00ll:pppp:pppp:pppp:pppp::/96`:  
Mit Unicast-Prefix `pppp:pppp:pppp:pppp::/ll` zugeteilte Adressen
- Und es kommen noch mehr...

# Multicast innerhalb eines Subnetzes

---

1. Ein oder mehrere *Listener* melden per Multicast Listener Discovery (MLD) ihr Interesse an einer Multicast-Gruppe an
2. Der Switch registriert das (oder auch nicht)
3. Ein *Sender* wirft ein Multicast-Paket ins Subnetz
4. Der Switch leitet es mehr oder weniger intelligent an die Ports mit Listenern weiter

# ECMH: Multicast-Routing mit dem Holzhammer

---

- ECMH: Easy Cast du Multi Hub (Jeroen Massar)
- Nicht standardisiert, aber für Unix (Linux, BSD, ...)  
verfügbar
- Alle Multicast-Router leiten alle Multicast-Pakete an alle  
Interfaces weiter
- Extrem simpel

# ECMH: Multicast-Routing mit dem Holzhammer

---

- ECMH: Easy Cast du Multi Hub (Jeroen Massar)
- Nicht standardisiert, aber für Unix (Linux, BSD, ... ) verfügbar
- Alle Multicast-Router leiten alle Multicast-Pakete an alle Interfaces weiter
- Extrem simpel
- Extrem spektakulär, wenn das Netzwerk redundant ist. . .

# Protocol Independent Multicast—Dense Mode (PIM-DM)

---

- Ergänzt ECMH um mehrere Features:
  - Reverse Path Forwarding (RPF), um Schleifen zu vermeiden
  - Pruning/Grafting, um unerwünschte Multicasts zu unterdrücken
  - Erlaubt die Konfiguration von Scopes als Begrenzung

# Protocol Independent Multicast—Dense Mode (PIM-DM)

---

- Ergänzt ECMH um mehrere Features:
  - Reverse Path Forwarding (RPF), um Schleifen zu vermeiden
  - Pruning/Grafting, um unerwünschte Multicasts zu unterdrücken
  - Erlaubt die Konfiguration von Scopes als Begrenzung **was IPv4 nicht kann**

# Protocol Independent Multicast—Dense Mode (PIM-DM)

---

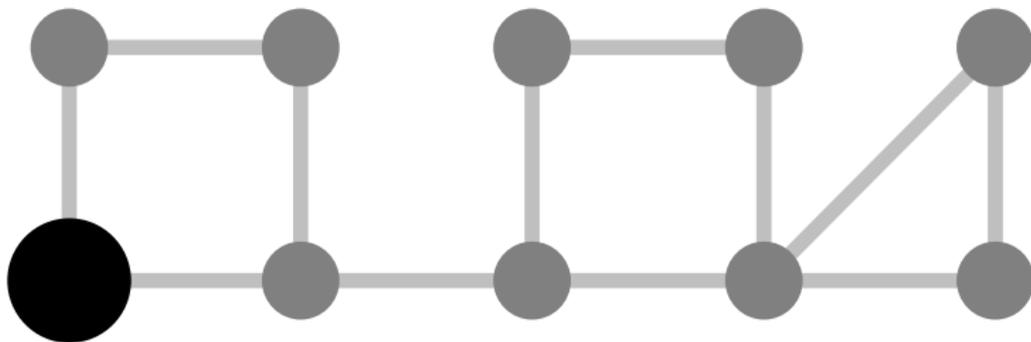
- Ergänzt ECMH um mehrere Features:
  - Reverse Path Forwarding (RPF), um Schleifen zu vermeiden
  - Pruning/Grafting, um unerwünschte Multicasts zu unterdrücken
  - Erlaubt die Konfiguration von Scopes als Begrenzung **was IPv4 nicht kann**
- Funktioniert nur in kleinen Netzen mit dicht verteilten Listenern

# Protocol Independent Multicast—Dense Mode (PIM-DM)

---

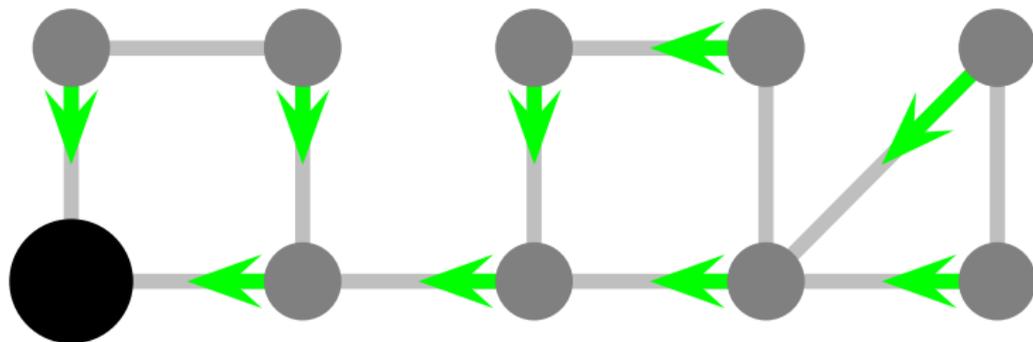
- Ergänzt ECMH um mehrere Features:
  - Reverse Path Forwarding (RPF), um Schleifen zu vermeiden
  - Pruning/Grafting, um unerwünschte Multicasts zu unterdrücken
  - Erlaubt die Konfiguration von Scopes als Begrenzung **was IPv4 nicht kann**
- Funktioniert nur in kleinen Netzen mit dicht verteilten Listenern
- ... und mindestens meine 1800er Cisco kann's nicht...

# PIM-DM RPF und Pruning/Grafting



Beispielnetzwerk, Multicast-Sender in schwarz

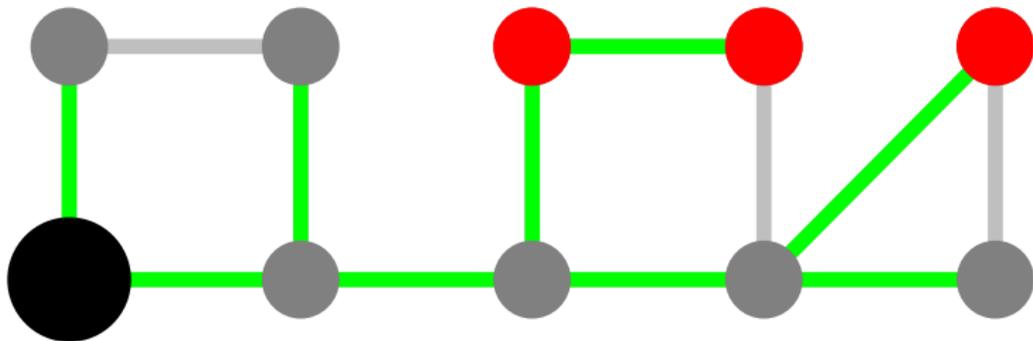
# PIM-DM RPF und Pruning/Grafting



Die Rückrouten zum Sender...



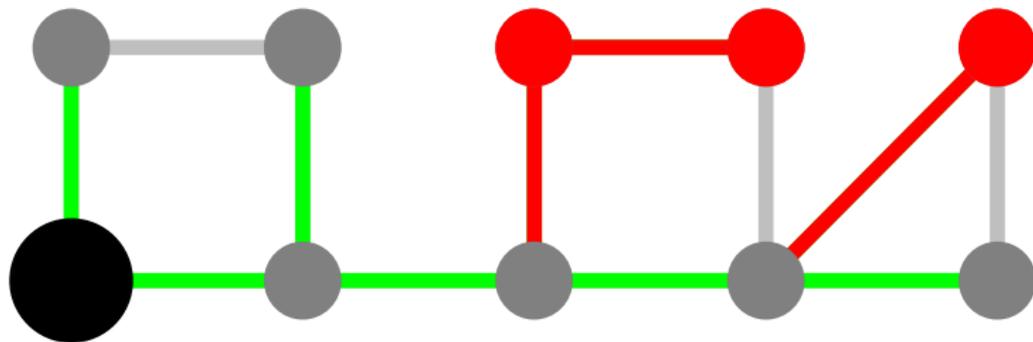
# PIM-DM RPF und Pruning/Grafting



Wenn Router feststellen, dass bestimmte Groups nicht brauchen...



# PIM-DM RPF und Pruning/Grafting



... der dann weiter propagiert wird.

# Protocol Independent Multicast—Sparse Mode (PIM-SM)

---

- Deutlich komplexeres Protokoll
- Funktioniert auch mit dünn gesäten Listenern
- Unterstützt auch Source-Specific Multicast (SSM)

## PIM-SM: Vom Sender zum Rendezvous Point (RP)

---

- Alle Multicast Router im Subnetz einigen sich auf einen *Designated Router (DR)*
- Nur der nimmt Pakete von Sendern im Subnetz an...
- ... und tunnelt sie zum zuständigen *Rendezvous Point (RP)*

## PIM-SM: Woher kennt der DR den RP?

---

- Statisch konfiguriert
- Per Election-Algorithmus und *Bootstrap Routern (BSRs)*

## PIM-SM: Woher kennt der DR den RP?

---

- Statisch konfiguriert
- Per Election-Algorithmus und *Bootstrap Routern (BSRs)*
- Per Embedded RP Address aus der Multicast-Adresse:  
`ff5s:0q40:pppp:pppp:pppp:pppp::/96 ⇒`  
`pppp:pppp:pppp:pppp::000q`

## PIM-SM: Woher kennt der DR den RP?

---

- Statisch konfiguriert
- Per Election-Algorithmus und *Bootstrap Routern (BSRs)*
- Per Embedded RP Address aus der Multicast-Adresse:  
`ff5s:0q40:pppp:pppp:pppp:pppp::/96`  $\Rightarrow$   
`pppp:pppp:pppp:pppp::000q`
- Und es kommt noch mehr...

## PIM-SM: Vom RP zum Listener

---

- Designated Router (DRs) finden Listener per MLD
- DRs kommunizieren per PIM-SM ihre Listener in Richtung RP
- Distribution Tree baut mit Wurzel am RP baut sich auf
- Anycast-RPs sind möglich

# PIM-SM: Source Specific Multicasts (SSM)

---

- Listener subscribes nicht eine Multicast-Adresse, sondern Paar von Sender und Multicast-Adresse
- Beispiel: Multicast Streaming
- Sender fungiert dabei implizit als RP

## Welche Probleme bleiben auch mit IPv6?

---

- Multicast Routing ist aufwendiger als Anycast-Routing
- Mit vielen Listenern unnkalkulierbarer Bandbreitenbedarf (Problem für ISPs und NSPs)
- Anzahl der Subscriptions bestimmt Speicherbedarf auf Routern

# Was bringt das alles gegenüber IPv4?

---

- Multicast-Adressen sind allgemein verfügbar
- Konfiguration auf den Border Routern ist mit Scopes simpel
- RPs müssen nicht mehr auf allen Routern konfiguriert werden
- Anycast RPs erlauben einfachen RP-Failover
- Source Specific Multicast (SSM) passt deutlich besser für viele Anwendungen als Any Source Multicast (ASM)

Teil I

Anhang

Ressourcen

Silvia Hagen

IPv6 – Grundlagen – Funktionalität – Integration

2. Auflage

Sunny Edition, Dezember 2009

ISBN 978-3-9522942-2-2

IPv6 Essentials (2nd edition)

O'Reilly, 2006

ISBN 0-596-10058-2

*Vertiefende Beschreibungen der Protokolle*

Benedikt Stockebrand

IPv6 in Practice—A Unixer's Guide to the Next Generation Internet

Springer, 2006

ISBN 3-540-24524-3

*Einrichtung in Unix (einschliesslich der ekligeren Aspekte)*

Internet Assigned Numbers Authority (IANA)

<http://www.iana.org/assignments/icmpv6-parameters/icmpv6-parameters.xhtml>

*Die offiziell vergebenen ICMPv6 Types und Codes*

Internet Engineering Task Force (IETF)

Requests for Comments (RFCs)

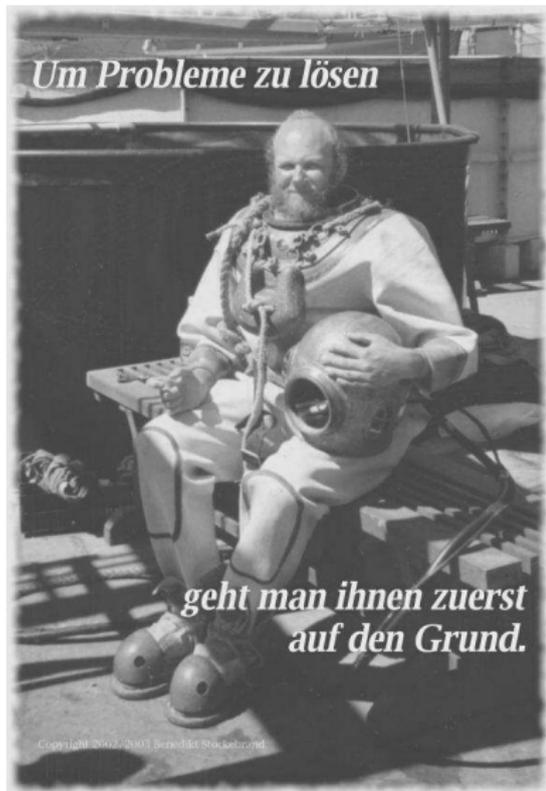
<http://www.ietf.org>

*Die offiziellen Spezifikationen*

BIVBlog: Benedikt's IT Video Blog

<http://www.stepladder-it.com/bivblog/>

*Video-Blogs rund um IT im allgemeinen und IPv6 im speziellen*



Stepladder IT  
Training+Consulting GmbH  
Benedikt Stockebrand

Fichardstr. 38  
D-60322 Frankfurt/Main

[contact@stepladder-it.com](mailto:contact@stepladder-it.com)

Webseiten:

<http://www.stepladder-it.com/>

<http://www.benedikt-stockebrand.de/>

Video Blog:

<http://www.stepladder-it.com/bivblog/>