

Internet Initiative Japan Inc. ●

マルチキャスト実践講座 ～ IP放送時代の必携テクニック～

2006年12月7日
株式会社インターネットイニシアティブ
藤井直人 <fujii@ij.ad.jp>

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc. 1

マルチキャストが注目されているポイント

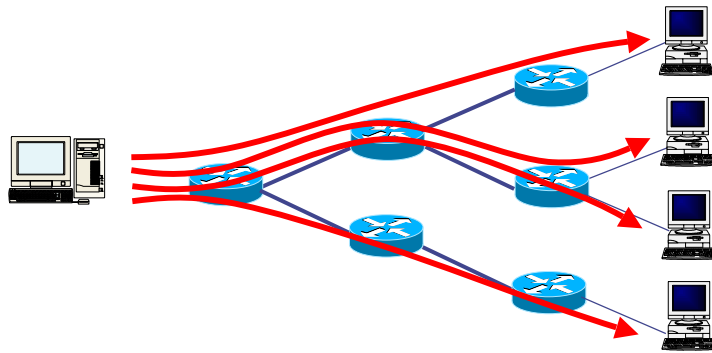
Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ 後押しする要因
 - ブロードバンド回線の契約増+帯域増
 - 受信機器(デコーダ)の性能向上によるストリームの広帯域化
 - ストリーミング視聴の一般化
- ◆ 法律面、社会面の整備
 - 文化庁「文化審議会著作権分科会法制問題小委員会(IPマルチキャスト放送及び罰則・取締り関係)報告書」平成18年8月
 - ◆ IPマルチキャスト放送の著作権法上の取扱いについては「放送の同時再送信」部分については、早急に「有線放送」と同様の取扱いとする
 - ◆ 「自主放送」部分については引き続き検討
 - 総務省 情報通信審議会 第2次中間答申「地上デジタル放送の利活用の在り方と普及に向けて行政の果たすべき役割」平成17年7月
 - ◆ 2011年までの円滑な地上デジタル放送への全面移行へ向け、IPマルチキャストによる地上デジタル放送の再送信を有効な手段として挙げている。
 - 総務省IPTVフォーラム発足 平成18年10月
 - ◆ 放送番組などのコンテンツをIP配信するための技術・運用ルール等について検討する

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc. 2

ユニキャストの例

Internet Initiative Japan Inc.



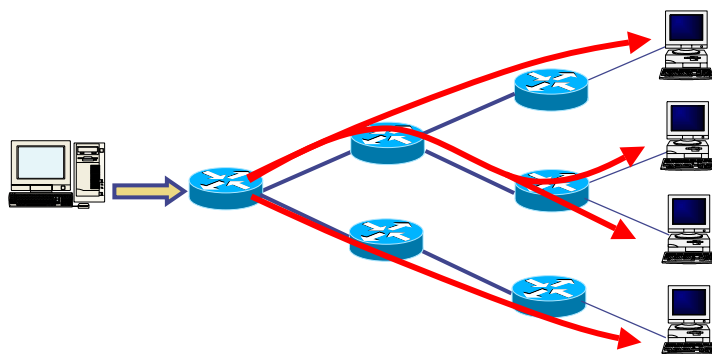
- ◆ 受信者の数だけトラフィックが流れる
- ◆ パケットのあて先は受信者のIPアドレス
- ◆ 各ルータは、ユニキャストルーティングテーブルから次の送り先を探す

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

3

マルチキャストの例

Internet Initiative Japan Inc.



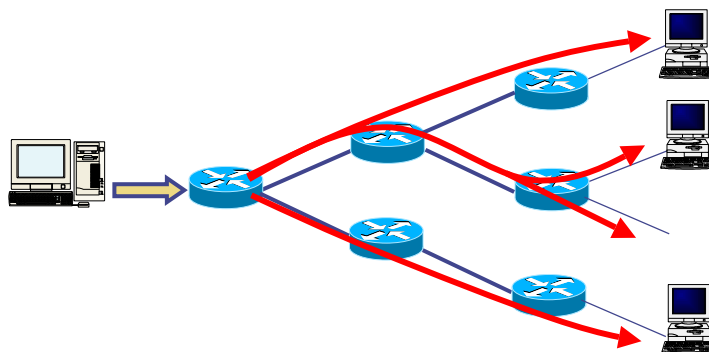
- ◆ 送信者は受信者がいる、いないにかかわらず送信する
- ◆ パケットのあて先はマルチキャスト(グループ)アドレス
- ◆ 各ルータは、受信者がいる方向にだけパケットをコピーする

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

4

マルチキャストの例2

Internet Initiative Japan Inc.



- ◆ 受信者がいなくなると、コピーも停止する
- ◆ 不要なリンクにはトラフィックは流れない(ブロードキャストと違う点)

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

5

本日の進行

Internet Initiative Japan Inc.

1. プロトコル詳細解説
2. 実践編
3. 運用テクニック
4. 最新動向と今後の課題

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

6

Internet Initiative Japan Inc.

プロトコル詳細解説

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc. 7

Internet Initiative Japan Inc.

プロトコル詳細解説

1. マルチキャストアドレス
2. IGMP
3. PIM-SM
4. PIM-SSM

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc. 8

マルチキャストアドレス

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ 224.0.0.0 - 239.255.255.255 を利用
- ◆ アドレスの利用用途 (RFC3173)
 - 224.0.0.0 - 224.0.0.255 (224.0.0/24) ルータを越えないローカル用途
 - 224.0.1.0 - 224.0.1.255 (224.0.1/24) ルータを越えるプロトコル用途
 - 224.0.2.0 - 224.0.255.0 歴史的経緯のAD-HOC
 - 224.1.0.0 - 224.1.255.255 (224.1/16) ST-II用(IPv5)
 - 224.2.0.0 - 224.2.255.255 (224.2/16) SDP/SAP で動的に利用
 - 224.252.0.0 - 224.255.255.255 DIS(Distributed Interactive Simulation)
 - 224.3.0.0 - 231.255.255.255 RESERVED
 - 232.0.0.0 - 232.255.255.255 (232/8) Source Specific Multicast Block
 - 233.0.0.0 - 233.255.255.255 (233/8) GLOP Block
 - 234.0.0.0 - 238.255.255.255 RESERVED
 - 239.0.0.0 - 239.255.255.255 (239/8) Administratively Scoped Block

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

9

マルチキャストアドレスの利用実例 1

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ Local Network Control Block (224.0.0.0-224.0.0.255)
 - 224.0.0.1 : All Systems on this Subnet (ALL-SYSTEMS.MCAST.NET)
 - 224.0.0.2 : All Routers on this Subnet
 - 224.0.0.5 : OSPFIGP OSPFIGP All Routers
 - 224.0.0.6 : OSPFIGP OSPFIGP Designated Routers
 - 224.0.0.13 : All PIM Routers
 - 224.0.0.18 : VRRP
 - 224.0.0.102 : HSRP
 - TTLは1にして送信される(ルータを越えない)
- ◆ Internetwork Control Block (224.0.1.0-224.0.1.255)
 - 224.0.1.1 : NTP
 - 224.0.1.24 : microsoft-ds
 - 224.0.1.39 cisco-rp-announce
 - 224.0.1.40 cisco-rp-discovery
- ◆ (ちなみに)逆引きすると
 - 1.0.0.224.in-addr.arpa. 1D IN PTR ALL-SYSTEMS.MCAST.NET.

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

10

マルチキャストアドレスの利用実例 2

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ SAP(Session Announcement Protocol) (224.2.0.0-224.2.255.255)
 - RFC2974
 - 予め決められたアドレスに対して利用者はアナウンスする
 - ◆ 224.2.127.254 (global scope の場合)
 - ◆ 239.16.33.255 (239.16.33/24 の場合)
 - ◆ FFOX::2:7FFE (IPv6)
 - 新たにセッションを作る人は、しばらく受信した後に空いているアドレスを使用し、アナウンスする

マルチキャストアドレスの利用実例 3

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ Source Specific Multicast Block (232.0.0.0-232.255.255.255)
 - SSMで使用するアドレス
 - 送信ホストが異なれば、同じマルチキャストアドレスを使用してもよい
 - 逆に、232/8に対する受信要求は送信元のソースアドレスもセットで要求する必要がある(source specific join)
- ◆ GLOP (233.0.0.0-233.255.255.255)
 - RFC2770,RFC3138,RFC3180
 - 233/8 の真中の16bit分にAS番号を割り当て、各ASは最後の8bit分を自由に使える
 - 例:AS2497 = 0x9c1 これを 0x09 と 0xc1 に分けて10進に戻すと、9 と 193
233.9.193/24
 - 自動計算CGI <http://gigapop.uoregon.edu/glop/>
 - Private AS(64512-65535) 用に 233.252.0.0-233.255.255.255 を利用可能
 - 4byte AS番号には未対応

マルチキャストアドレスの利用実例 4

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ Administratively Scoped IP Multicast address
 - RFC2365
 - ユニキャストアドレスでいうところのプライベートアドレス
 - 239.0.0.0 - 239.255.255.255 (239/8)
 - ◆ 239.255.0.0/16 Local scope (ルータ内部でよければこれ)
 - なくなったら、
 - 239.254.0.0/16
 - 239.253.0.0/16
 - という順番で利用
 - ◆ 239.192.0.0/14 organization-local scope (まずこれから)
 - なくなったら
 - 239.0.0.0/10
 - 239.64.0.0/10
 - 239.128.0.0/10
 - という順番で利用

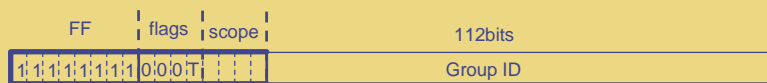
Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

13

IPv6 マルチキャストアドレス

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ RFC2373, RFC2375, RFC3307
- ◆ 上位8bitが全部1のアドレス(FF00::/8)



Flags: T(transient-bit) =0 : 固定的に割り当てられたアドレス

1 : 動的に割り当てられたアドレス

Scope:

- 1 interface-local scope
- 2 link-local scope
- 4 admin-local scope
- 5 site-local scope
- 8 organization-local scope
- E global scope

FF02::1 All Nodes Link-local Address (= IPv4のブロードキャストアドレス)

FF02::D All PIM Routers

FF05::1:3 Site-local DHCP servers

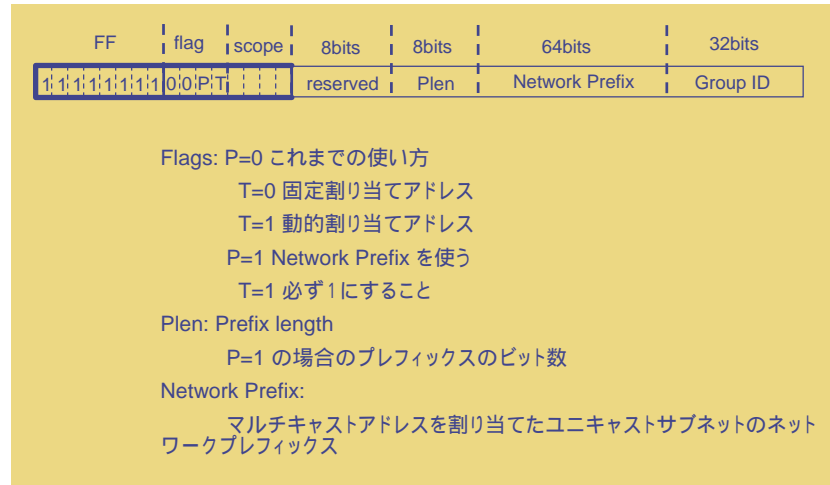
FF0X::2:7FFE SAPv1 Announcements

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

14

IPv6 マルチキャストアドレス(Unicast-Prefix-based)

- ◆ RFC3306
- ◆ グループID部分に、ユニキャストのネットワークアドレスを埋め込む

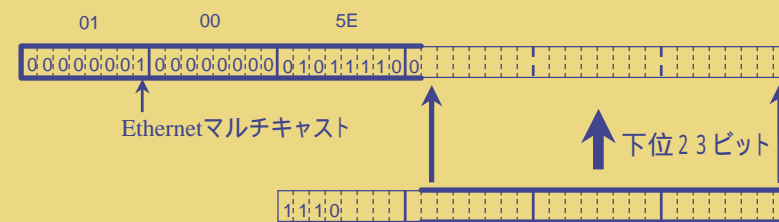


Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

15

イーサネットマルチキャスト

Ethernetアドレス (6 オクテット)



IPマルチキャストアドレス (4 オクテット)

- ◆ $2^5=32$ 個分の IPマルチキャストアドレスが一つの Ether マルチキャストアドレスにマップされる
- ◆ 224.0.0.x ~ 239.0.0.x と 224.128.0.x ~ 239.128.0.x は全て 01:00:5E:00:00:00:x にマッピングされる

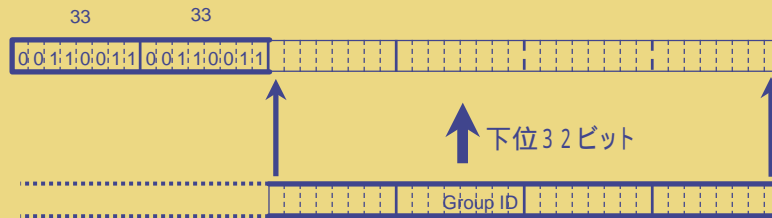
Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

16

イーサマルチキャスト(IPv6からのマッピング)

Internet Initiative Japan Inc.

Ethernetアドレス(6オクテット)



IPv6マルチキャストアドレス(16オクテット)

- ◆ グループアドレスの下位32bitをそのまま全部マッピングする

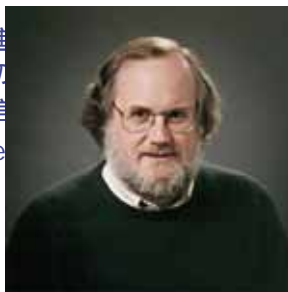
Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

17

【閑話休題】IPマルチキャストの歴史

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ 1980年前半 Stanford 大学 博士課程在学中の Steve Deering 氏は分散OS の研究室で Vsystem という分散 OS を開発していました
- ◆ Vsystem は Ethernet で結ばれた疎結合のマルチプロセッシングシステムで、Layer 2 multicast を使ってメッセージを交換するものでした
- ◆ ところが、研究が進んでネットワークの規模が増えていったため、ルータの向こう側のネットワークでは、Layer 3 でのマルチキャスト通信が必要になりました
- ◆ RFC988 Host Extension for Multicast Routing (July 1986)



Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

18

IGMP(Internet Group Management Protocol)

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ RFC3376(IGMPv3), RFC3810(MLDv2)
- ◆ ルータが、ローカルなサブネット上のホストがどんなグループアドレスに参加しているかを知るためのプロトコル
- ◆ TTLは1で送信する
- ◆ IGMPv1 から始まり、現在のバージョンは3
- ◆ IPv6用のIGMPはMLD(Multicast Listener Discovery)と呼ばれる
- ◆ MLDv2がIGMPv3に相当 (MLDv1がIGMPv2に相当)
- ◆ OSの対応状況
 - WindowsXP, 2003server は IGMPv3(IPv4 INCLUDEのみ)に対応
 - Windows Vista は MLDv2 に対応 (おそらくINCLUDEのみ)
 - FreeBSD は KAME Project の成果で IGMPv3/MLDv2 対応
 - MacOS X も FreeBSD の patch を使えるかも
 - Linux は IGMPv3対応 (MLDv2は実装中)

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

19

OSの対応状況(訂正)

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ *BSD

■ FreeBSD-current	MLDv1/IGMPv2
■ FreeBSD6	MLDv1/IGMPv2
■ NetBSD-current	MLDv1/IGMPv2
■ NetBSD3	MLDv1/IGMPv2
■ OpenBSD-current	MLDv1/IGMPv2
■ OpenBSD3	MLDv1/IGMPv2
- ◆ Linux

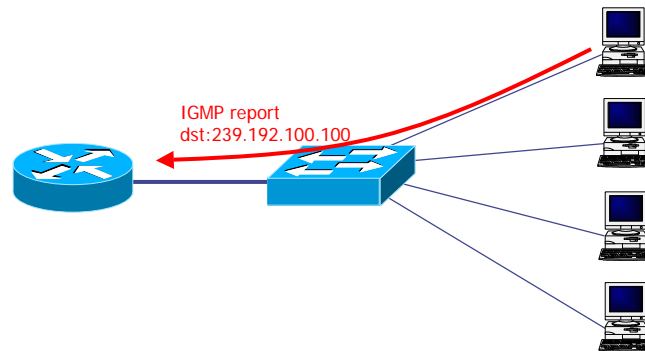
■ Linux 2.6.x	MLDv2/IGMPv3
■ Linux 2.4.x (x >= 22)	MLDv2/IGMPv3
■ Linux 2.4.x (x < 22)	MLDv1/IGMPv2
■ Linux 2.2.x	MLDv1/IGMPv2

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

20

IGMP report (受信要求)

Internet Initiative Japan Inc.



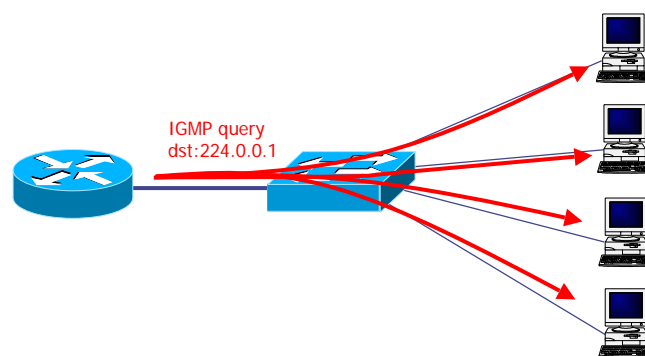
- ◆ 受信したいグループアドレスに対して IGMP report を送信する
- ◆ 初めて report を送信するときは 10秒間隔で2回送信する
- ◆ ルータは、受信したインターフェースの下に、そのグループアドレスの受信を希望するホストが**少なくとも一台**は存在することを**知る**

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

21

IGMP General Query (受信確認)

Internet Initiative Japan Inc.



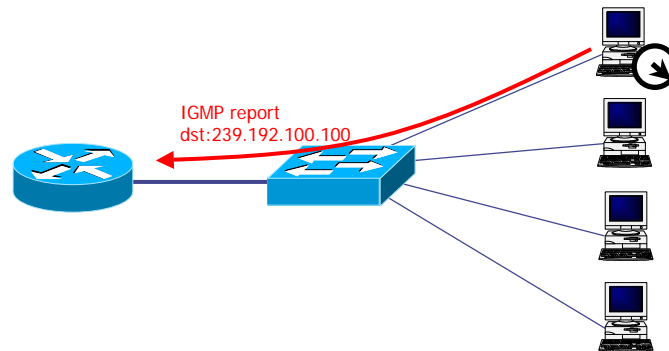
- ◆ 定期的(125秒ごと)にALL-SYSTEMSに参加状況を問い合わせる
- ◆ ルーター起動時には例外的に30秒間隔で2回問い合わせる
- ◆ Max Response Time は Default 10秒で発行する

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

22

IGMP report (確認に対する返事)

Internet Initiative Japan Inc.



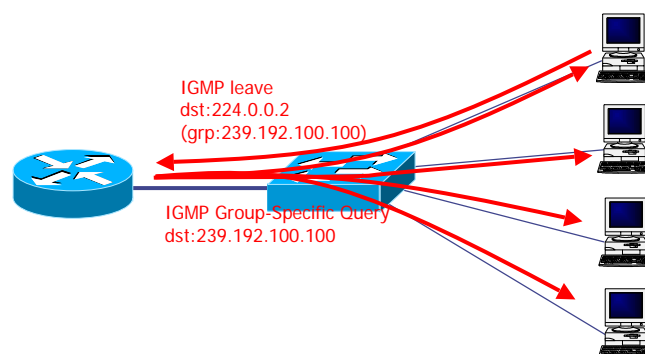
- ◆ General Query を受け取ったホストは、参加しているグループアドレスごとに返答タイマーをMaxResponseTimeを上限としてランダムにセットする
- ◆ タイマー減算中に、他のホストが送信した同じグループアドレス宛のreportを受信した場合は、自分の返答処理は中止する
- ◆ タイマー減算中に General Query を再度受け取ったら、タイマーをリセット

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

23

IGMP leave (離脱)

Internet Initiative Japan Inc.



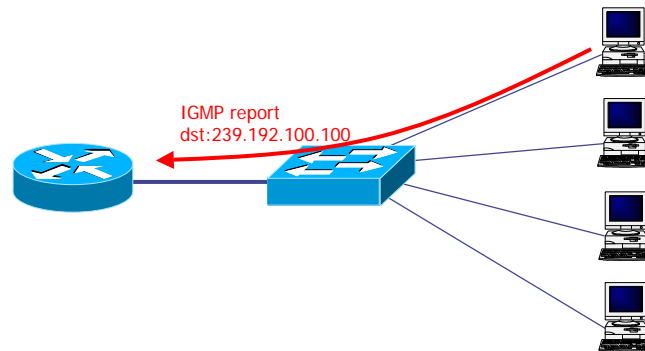
- ◆ ホストが受信を終了するときは、ALL-ROUTERSに対して IGMP leave を送信する(最後にqueryに対してreportを返したホストがleaveを出すことが望ましい)
- ◆ IGMP leaveを受け取ったルータは1秒間隔で2回Group-Specific Queryを送信する。(MaxResponseTimeは1秒)
- ◆ IGMP reportが他から返ってこなければ、このサブネットに受信者はいなくなると判断する

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

24

IGMP leave なしで電源切ったら？

Internet Initiative Japan Inc.



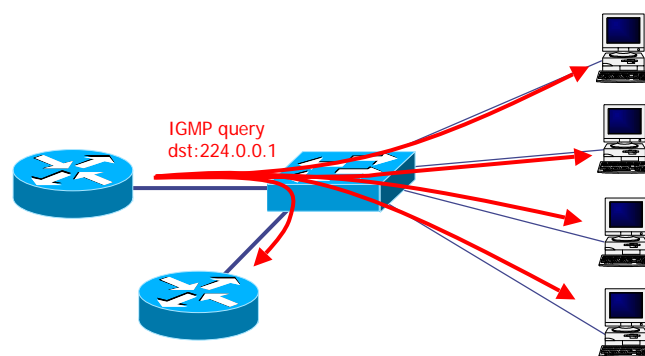
- ◆ Leave message を出すまでもなく電源が落ちたら？
- ◆ Report を最後に受信したルータは、メンバーシップリストにタイマーを 260秒にして追加し、Reportを再度受信するまで減算していく
- ◆ タイマーが 0になったら、このサブネットに受信者はいなくなったと判断する

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

25

IGMP Querier

Internet Initiative Japan Inc.



- ◆ 同じサブネットにルータが複数存在した場合は、IPアドレスの小さいものがquerierになる

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

26

IGMPv3

Internet Initiative Japan Inc.

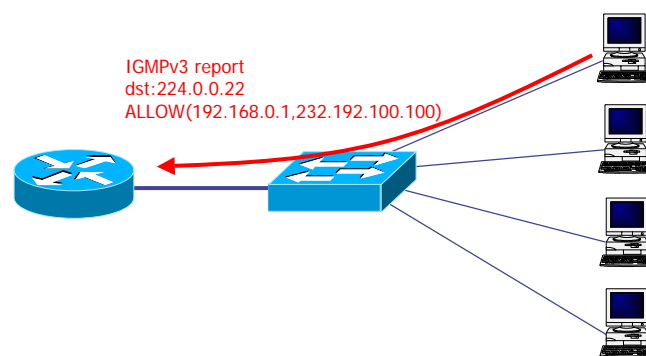
- ◆ RFC3376
- ◆ ソースアドレスを指定した受信要求と受信拒否要求の仕様を追加
 - Type1: MODE_IS_INCLUDE IS_IN({S},G)
 - Type2: MODE_IS_EXCLUDE IS_EX({S},G)
 - Type3: CHANGE_TO_INCLUDE TO_IN({S},G)
 - Type4: CHANGE_TO_EXCLUDE TO_EX({S},G)
 - Type5: ALLOW_NEW_SOURCES ALLOW({S},G)
 - Type6: BLOCK_OLD_SOURCES BLOCK({S},G)
- ◆ あまりに複雑なので、上記のうち Type1,5,6のみが採用されるケースも出ている
- ◆ ソースアドレス{S}は複数記述可能
 - 例: ALLOW({192.168.0.1,192.168.10.5},239.192.100.100)

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

27

IGMPv3 report

Internet Initiative Japan Inc.



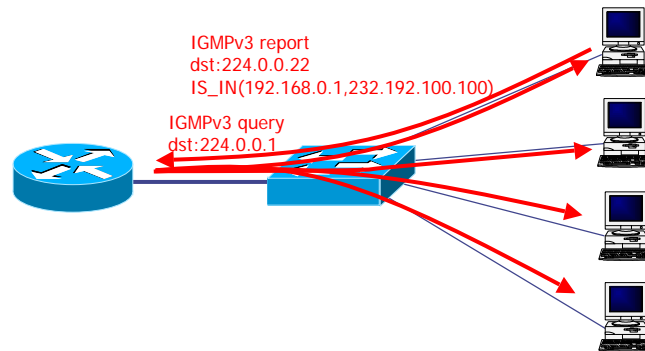
- ◆ 224.0.0.22(IGMP.MCAST.NET)に対して IGMP report を送信する
 - MLDv2 では FF02::16 宛
- ◆ Type は 5(ALLOW_NEW_SOURCES)を使用する
- ◆ Group address は 232/8
 - IPv6 の場合は FF3x::/96 (Unicast-Prefix-base の下位 32bit のみ)

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

28

IGMPv3 General Query への応答report

Internet Initiative Japan Inc.



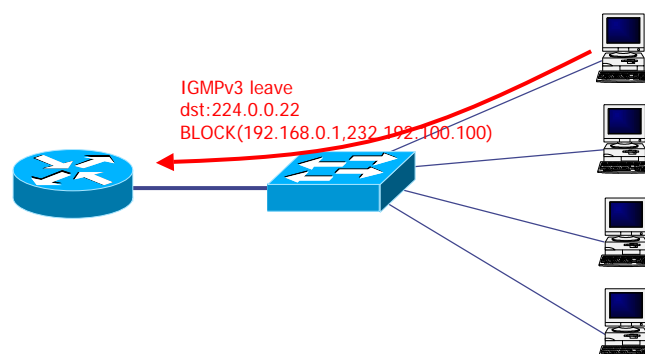
- ◆ IGMPv3 の General Query も 224.0.0.1 宛
- ◆ 応答は Type 1 の MODE_IS_INCLUDE を使用する

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

29

IGMPv3 leave (離脱)

Internet Initiative Japan Inc.



- ◆ ホストが受信を終了するときは、224.0.0.22に対して leave message を送信する
- ◆ Type6: BLOCK_OLD_SOURCES を使用する

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

30

IGMP snooping

Internet Initiative Japan Inc.

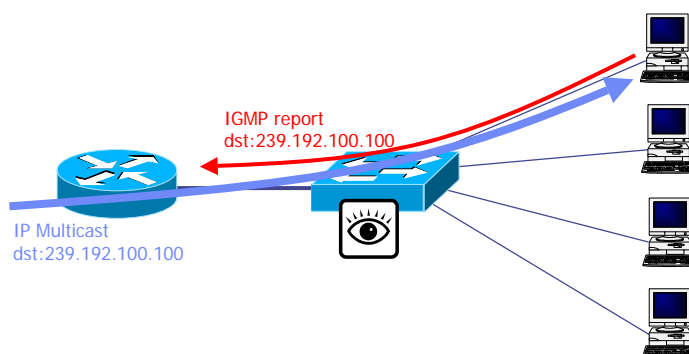
- ◆ イーサスイッチは MAC アドレスを基にスイッチングしているが、マルチキャストのMACアドレスを持つホストは、どのポートの先にも存在しない
- ◆ なので、普通のスイッチは全ポートに flooding する
- ◆ 受信していないホストにとって見れば無駄なトラフィック
- ◆ スイッチ自体にとっても無駄なフレームコピーで CPU loadが上がる
- ◆ そこで、IGMP snooping 機能があるとどうなるか

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

31

IGMP snooping

Internet Initiative Japan Inc.



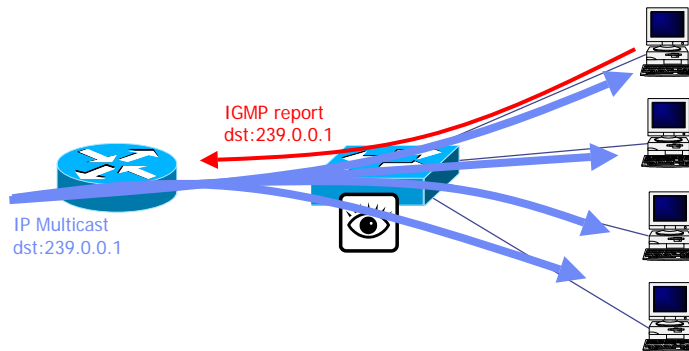
- ◆ IGMP report を覗き見する
- ◆ 「ふむふむ。このポートの先には 239.192.100.100 宛の受信者がいるな」
- ◆ 純粋なL2SwitchだとIGMPなのかIPなのかが見分けが付きにくいのでCPUの負荷が高くなる
- ◆ ルーター(querier)が接続しているportには全部流す

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

32

IGMP snooping の問題点1

Internet Initiative Japan Inc.



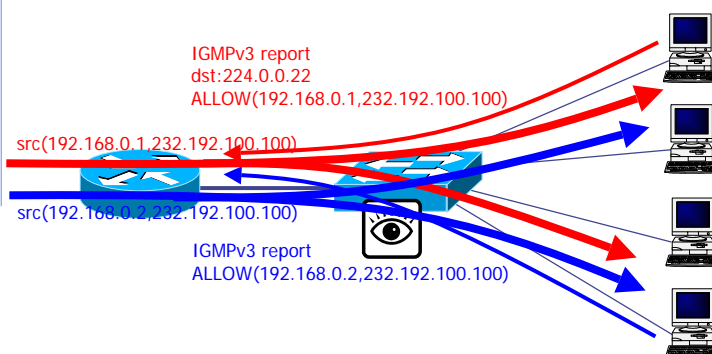
- ◆ IPv4のMACアドレスへのマッピングは下位23bitのみ
- ◆ 224.0.0.x ~ 239.0.0.x と 224.128.0.x ~ 239.128.0.x は全て 01:00:5E:00:00:x にマッピングされる
- ◆ 224.0.0/8 は Local Network Control Block なので全ポートに必要

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

33

IGMP snooping の問題点2

Internet Initiative Japan Inc.



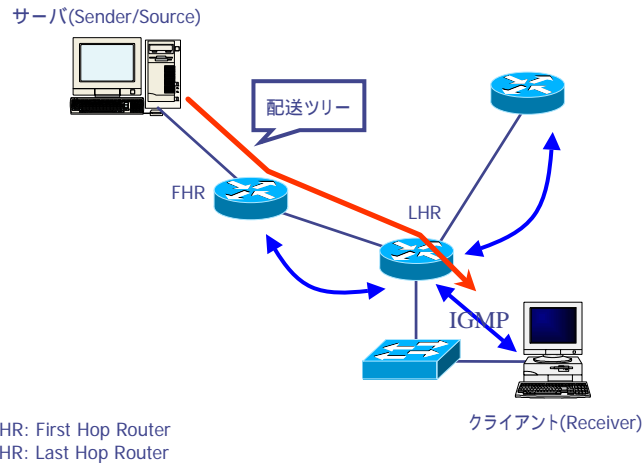
- ◆ IGMPv3 でソースアドレス指定の join をしても
- ◆ 同じグループアドレス宛の packets は通してしまう

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

34

IPマルチキャストルーティング

Internet Initiative Japan Inc.



Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

35

【閑話休題】 Mbone とは

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ mrouted という DVMRP のプログラムを UNIX ホスト上で動かして、サイト間をオーバーレイネットワークでつないだ仮想的マルチキャスト網
- ◆ 1992年の3月に San Diego で行われた IETF meeting の音声を中継したのが発端
- ◆ 当時のアプリケーションは nv, vat
- ◆ 当時の DVMRP は全域にパケットを送信する flood 型の上に、最初は不要なセグメントへの送信を抑制する pruning もできなかった (TTLで配送範囲を制御していた)
- ◆ 現在は、IPv6 での M6Bone が運用中
 - <http://www.m6bone.net/>

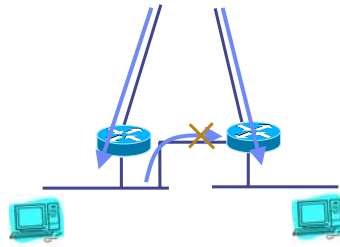
Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

36

Reverse Path Forwarding

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ 受信したマルチキャストパケットをどうあつかうか決定する方法
- ◆ 受信したパケットのソースアドレスへのユニキャスト的 Next Hopが、そのパケットを受信したインターフェースを向いていたら受け取る
 - 違う方向のインターフェースから受け取った場合は、パケットを破棄する
- ◆ その後、受信したインターフェース以外に受信希望者がいる場合はその方向にフォワードする
- ◆ (具体例は後ほど)



Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

37

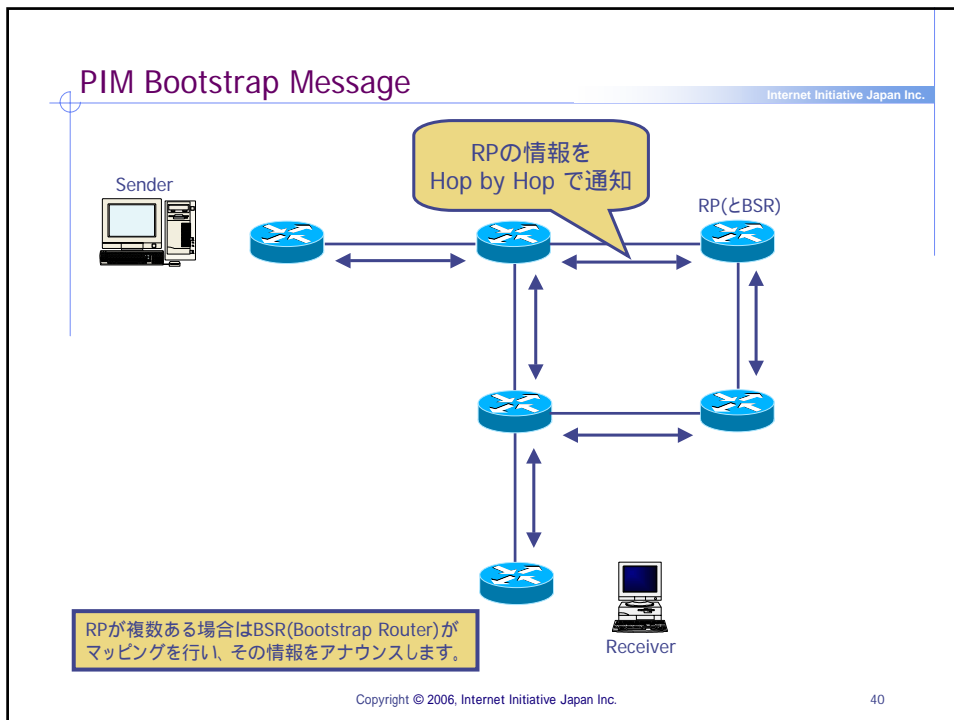
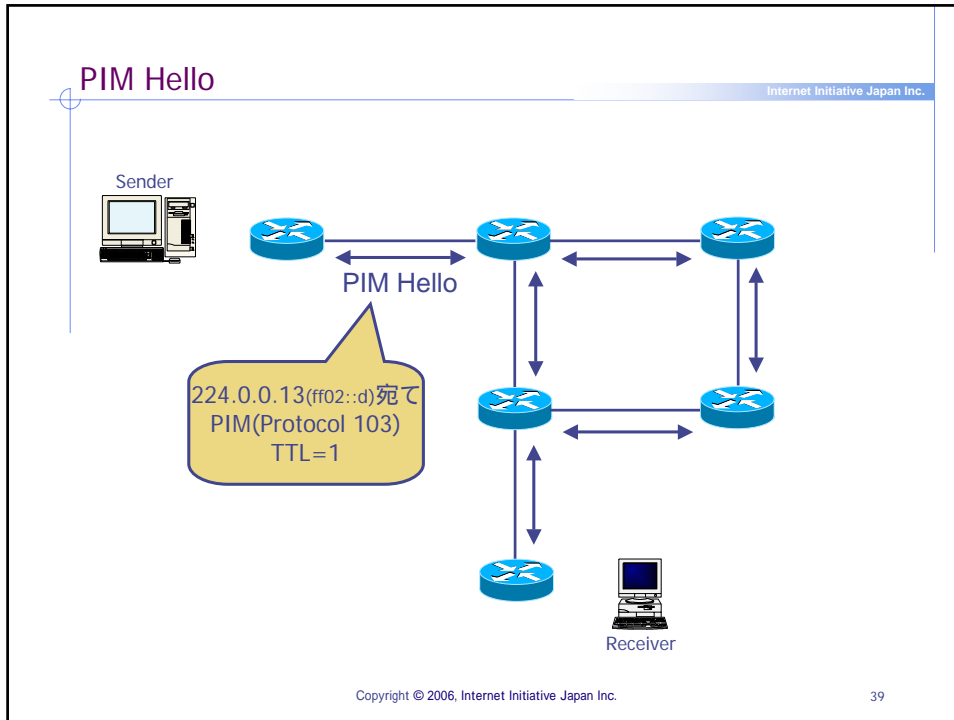
PIM-SM (Protocol Independent Multicast - Sparse Mode)

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ RFC4601 (PIM-SMv2)
- ◆ RPF check に使用するユニキャストのルーティングプロトコルが、マルチキャスト配送ツリーを作るプロトコルとは独立しているのが特徴
- ◆ PIM-DM (Dense Mode)と比較して、広い範囲に適応可能なため Sparse Mode と呼ばれる
- ◆ PIM-DM は「とりあえず全域に配ってみて、いらぬルータは後からいらぬって言ってね」という方法
- ◆ PIM-SM は「Sender はランデブーポイント(RP)に送っておくから、欲しい人は RP まで取りに来てね」という方法

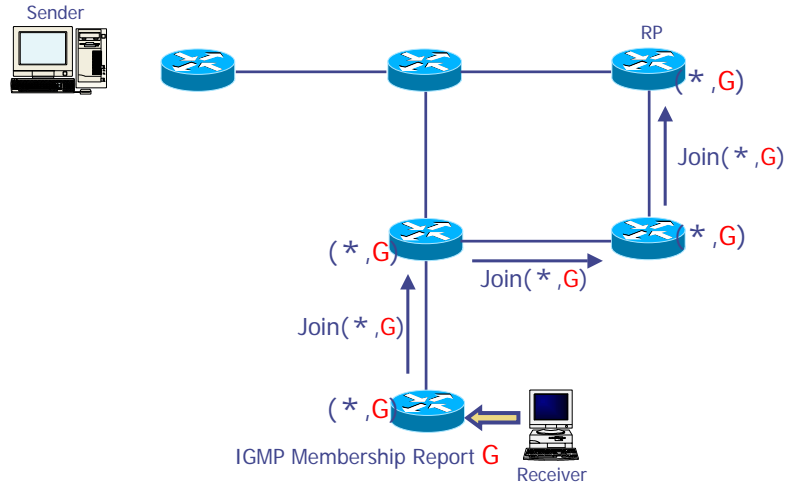
Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

38



PIM (*,G) Join

Internet Initiative Japan Inc.

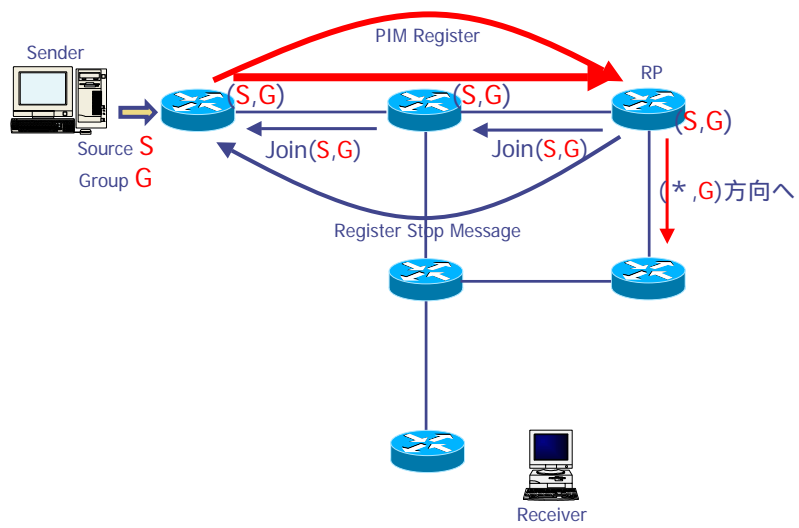


Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

41

PIM Register

Internet Initiative Japan Inc.

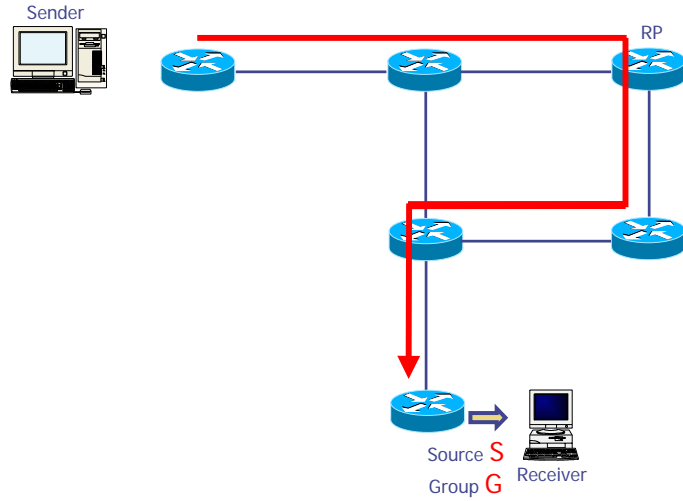


Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

42

PIM Shared Tree

Internet Initiative Japan Inc.

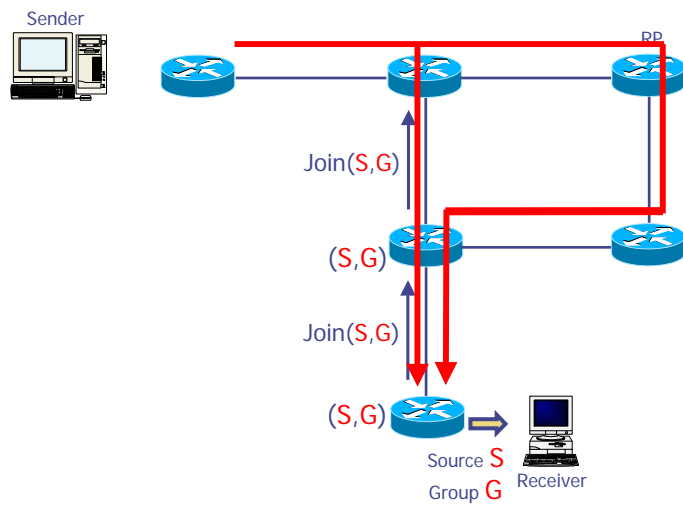


Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

43

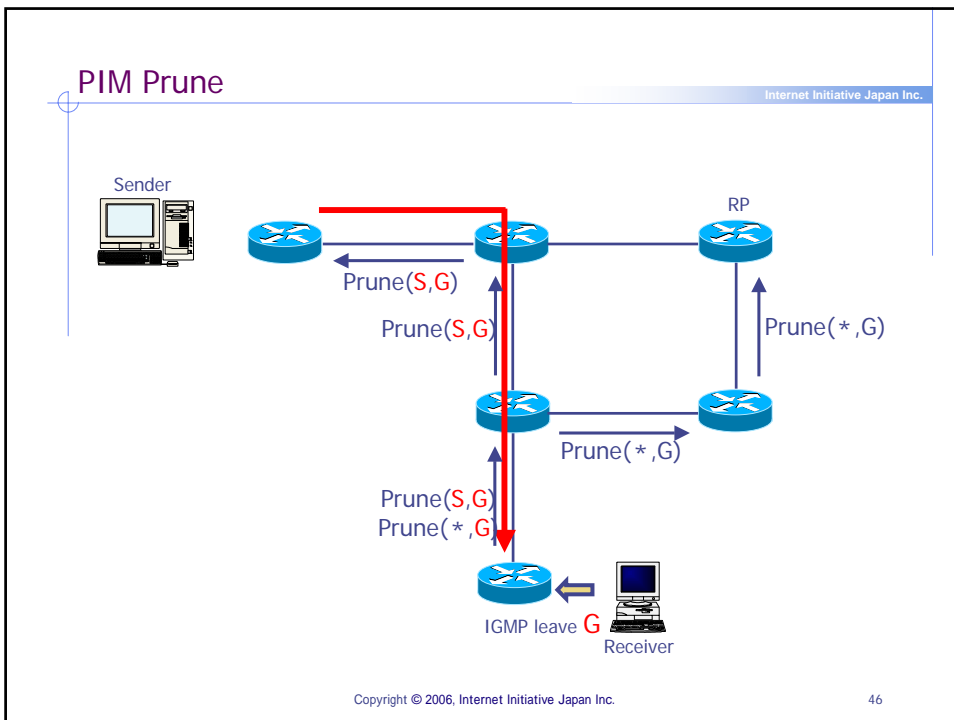
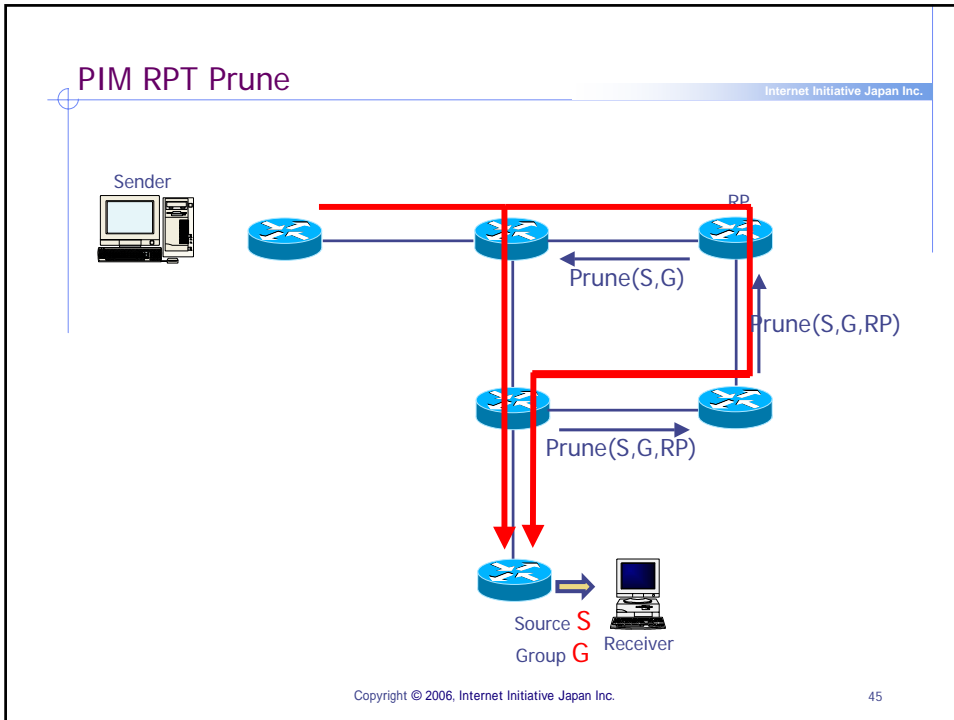
PIM SPT Join

Internet Initiative Japan Inc.



Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

44



PIM-SM まとめ

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ RP を頂点とした(*,G)の Shared Tree と、Sender を頂点とした Shortest Path Tree の2通りの配送ツリーがある
- ◆ LAN上のルータのうちIPアドレスが最も小さいものが DR(Designated Router)となる
- ◆ Receiver の DR は、(*,G)Join を RP 方向へ送る
- ◆ Sender の DR は RP に対して直接 Register を送る
- ◆ Receiver の DR は、source address がわかれば source 方向に (S,G) Join を送る
- ◆ RP は、なるべく Sender の近傍にいると効率がよい
- ◆ RP が落ちると全てが止まってしまうため、RP や BSR を冗長化したり、Anycast-RP という技術を使う場合がある

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

47

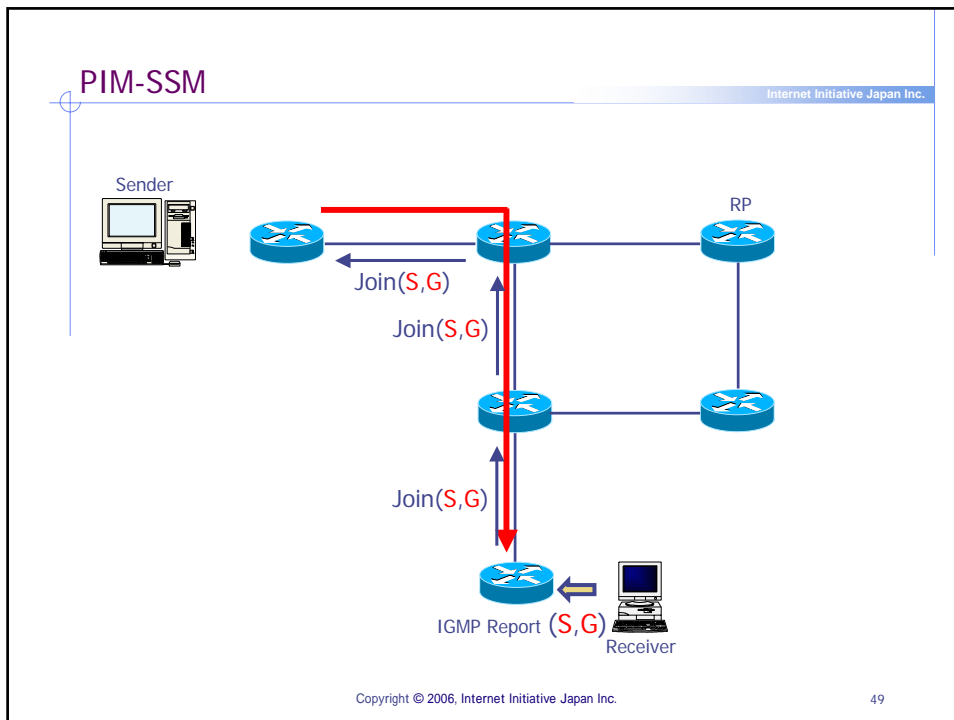
PIM-SSM (Source Specific Multicast)

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ RFC4607
- ◆ RPが存在し、Shared Tree から Shortest Path Tree への遷移が起こる PIM-SM は複雑で、動作の理解やトラブルシューティングが困難
- ◆ そもそも RP が必要なのは、「どこのホストが送信するかは事前にわからず、同時に何台のホストが送信するかもわからない」というモデルの場合
- ◆ 現行のインターネットでニーズがある「一つの既知のホストから多数のレシーバーへ送信したい(one to many)放送局モデル」だけでよいのなら、最初から (S,G) Join すればよいのでは
- ◆ ただし、この方式ではテレビ会議のような複数の任意のホストが送受信するモデル(many to many)には対応できない
- ◆ 前者を SSM と呼ぶのに対し、後者を ASM(Any Source Multicast)と呼ぶ
- ◆ SSM では Receiver で IGMPv3,MLDv2 が必須となる
 - FHRは PIM Register せずにおき、LHRはすぐに(S,G)Joinを出す
 - 間のルータは SSM 未対応でも大丈夫

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

48



Internet Initiative Japan Inc.

実践編

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc. 50

実践編

Internet Initiative Japan Inc.

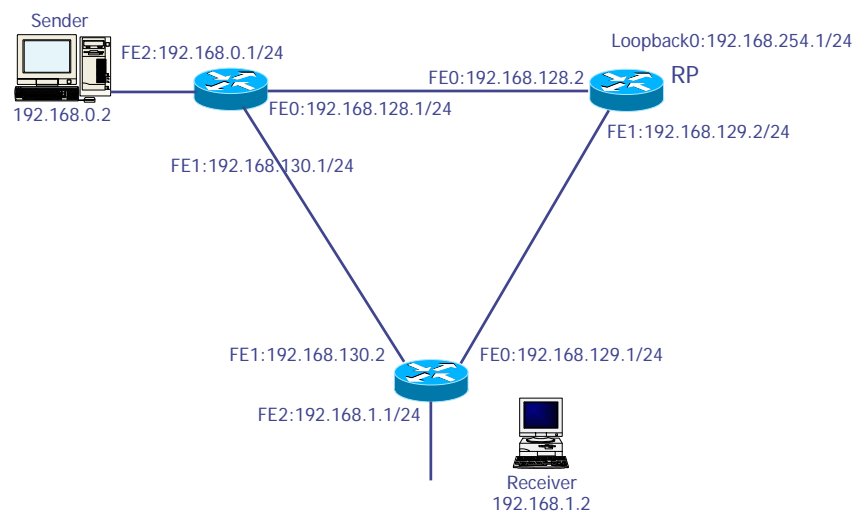
1. 実験ネットワーク構成とコンフィグ紹介
2. 初期設定時の確認方法
 1. コマンドラインベースのツールの使い方
 2. IOSコマンドの説明
3. さらに進んだケース
 1. GUIベースのツールの使い方
 2. 動作確認方法

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

51

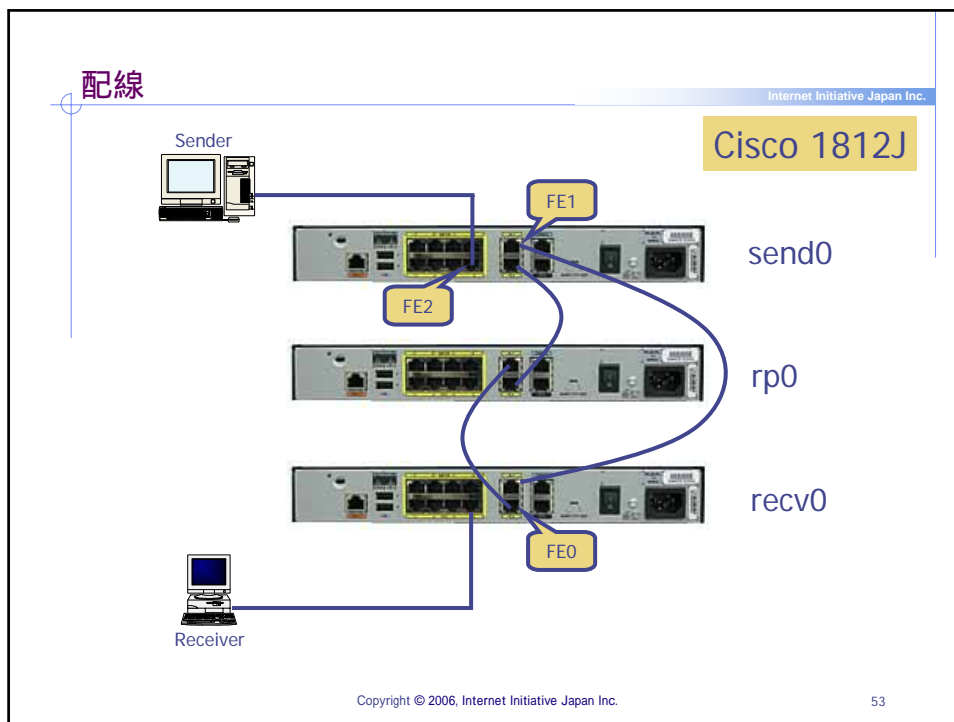
実験ネットワーク構成

Internet Initiative Japan Inc.



Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

52



コンフィグ(send0)

Internet Initiative Japan Inc.

```

hostname send0
!
no ip domain lookup
ip multicast-routing
!
interface FastEthernet0
ip address 192.168.128.1 255.255.255.0
ip pim sparse-mode
speed auto
full-duplex
!
interface FastEthernet1
ip address 192.168.130.1 255.255.255.0
ip pim sparse-mode
speed auto
full-duplex
!
interface FastEthernet2
switchport access vlan 2
duplex full
speed 100
!
interface FastEthernet3
shutdown
!
interface Vlan1
no ip address
!
interface Vlan2
ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
ip pim sparse-mode
!
ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.130.2
ip route 192.168.254.0 255.255.255.0 192.168.128.2
!
end

```

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

55

コンフィグ(rp0)

Internet Initiative Japan Inc.

```

hostname rp0
!
no ip domain lookup
ip multicast-routing
!
interface Loopback0
ip address 192.168.254.1 255.255.255.0
ip pim sparse-mode
!
interface FastEthernet0
ip address 192.168.128.2 255.255.255.0
ip pim sparse-mode
speed auto
full-duplex
!
interface FastEthernet1
ip address 192.168.129.2 255.255.255.0
ip pim sparse-mode
speed auto
full-duplex
!
ip route 192.168.0.0 255.255.255.0 192.168.128.1
ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 192.168.129.1
!
ip pim bsr-candidate Loopback0 0 255
ip pim rp-candidate Loopback0
!
end

```

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

56

初期状態の確認

Internet Initiative Japan Inc.

```

recv0>show ip pim neighbor
PIM Neighbor Table
Mode: B - Bidir Capable, DR - Designated Router, N - Default DR Priority,
      S - State Refresh Capable
Neighbor          Interface          Uptime/Expires   Ver  DR
Address                                     Prio/Mode
192.168.129.2     FastEthernet0      00:36:44/00:01:27 v2   1 / DR S
192.168.130.1     FastEthernet1      00:37:28/00:01:43 v2   1 / S

recv0>show ip pim rp mapping in-use
PIM Group-to-RP Mappings

Group(s) 224.0.0.0/4
RP 192.168.254.1 (?), v2
  Info source: 192.168.254.1 (?), via bootstrap, priority 0, holdtime 150
  Uptime: 00:40:37, expires: 00:01:45

Dynamic (Auto-RP or BSR) RPs in cache that are in use:
Group(s): 224.0.0.0/4, RP: 192.168.254.1, expires: 00:00:57

```

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

57

コマンドラインベースのマルチキャストツール

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ <ftp://ftp.lava.net/users/tony/multicast>
- ◆ UNIX 用は
 - gcc -O2 mcsend.c -o mcsend
 - こんな感じでコンパイルしてね
- ◆ Windows 用は
 - mcsend.exe, mcrecv.exe をコマンドプロンプトから使用
- ◆ 使い方
 - Usage: mcsend address port [ttl] **注意!! TTLを入れないと1に!**
 - Usage: mcrecv address port

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

58

受信者のJOIN

Internet Initiative Japan Inc.

受信端末にてコマンド実行

```
C:\mcrecv 239.192.100.100 10000
```

```
recv0>show ip igmp groups
```

```
IGMP Connected Group Membership
```

Group Address	Interface	Uptime	Expires	Last Reporter
239.255.255.250	Vlan2	01:30:25	00:02:35	192.168.1.2
239.192.100.100	Vlan2	00:00:12	00:02:47	192.168.1.2
224.0.1.40	Vlan2	01:30:19	00:02:43	192.168.1.1
224.0.1.40	FastEthernet1	01:32:11	00:02:38	192.168.130.1

```
recv0>show ip pim rp
```

```
Group: 239.255.255.250, RP: 192.168.254.1, v2, uptime 01:43:21, expires 00:02:03
Group: 239.192.100.100, RP: 192.168.254.1, v2, uptime 01:43:21, expires 00:02:03
```

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

59

受信者のJOIN 2

Internet Initiative Japan Inc.

```
recv0>show ip mroute
```

```
IP Multicast Routing Table
```

```
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
```

```
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
```

```
Timers: Uptime/Expires
```

```
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode
```

```
(* , 239.255.255.250), 01:44:42/00:02:18, RP 192.168.254.1, flags: SJC
```

```
Incoming interface: FastEthernet0, RPF nbr 192.168.129.2
```

```
Outgoing interface list:
```

```
Vlan2, Forward/Sparse, 01:44:42/00:02:18
```

```
(* , 239.192.100.100), 00:14:30/00:02:22, RP 192.168.254.1, flags: SJC
```

```
Incoming interface: FastEthernet0, RPF nbr 192.168.129.2
```

```
Outgoing interface list:
```

```
Vlan2, Forward/Sparse, 00:14:31/00:02:21
```

```
(* , 224.0.1.40), 01:46:35/00:02:19, RP 0.0.0.0, flags: DCL
```

```
Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
```

```
Outgoing interface list:
```

```
FastEthernet1, Forward/Sparse, 01:44:32/00:02:18
```

```
Vlan2, Forward/Sparse, 01:44:37/00:02:19
```

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

60

フラグの意味

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ S : Sparse Mode
- ◆ C : ルータに直接接続
- ◆ L : Local ルータ自体が join
- ◆ P : Pruned
- ◆ T : SPTにて転送中
- ◆ J : SPTにjoinしようとしているか、すでにしている
- ◆ F : Register

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

61

送信者のsend

Internet Initiative Japan Inc.

送信端末にてコマンド実行(受信者がいないとき)

```
C:\>mcsend 239.192.100.100 10000 128
test
test
```

```
send0>show ip mroute
IP Multicast Routing Table
Flags: D - Dense, S - Sparse, B - Bidir Group, s - SSM Group, C - Connected,
       L - Local, P - Pruned, R - RP-bit set, F - Register flag,
       T - SPT-bit set, J - Join SPT, M - MSDP created entry,
       X - Proxy Join Timer Running, A - Candidate for MSDP Advertisement,
       U - URD, I - Received Source Specific Host Report,
       Z - Multicast Tunnel, z - MDT-data group sender,
       Y - Joined MDT-data group, y - Sending to MDT-data group
Outgoing interface flags: H - Hardware switched, A - Assert winner
Timers: Uptime/Expires
Interface state: Interface, Next-Hop or VCD, State/Mode

(*, 239.192.100.100), 00:00:07/stopped, RP 192.168.254.1, flags: SPF
Incoming interface: FastEthernet0, RPF nbr 192.168.128.2
Outgoing interface list: Null

(192.168.0.2, 239.192.100.100), 00:00:09/00:02:51, flags: PFT
Incoming interface: Vlan2, RPF nbr 0.0.0.0
Outgoing interface list: Null
```

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

62

送信者のsend

Internet Initiative Japan Inc.

そのときRPでは

```
rp0#sh ip mroute
(*, 239.255.255.250), 00:01:20/00:03:09, RP 192.168.254.1, flags: S
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet0, Forward/Sparse, 00:01:20/00:03:09
    FastEthernet1, Forward/Sparse, 00:01:20/00:03:08

(*, 239.192.100.100), 00:00:22/stopped, RP 192.168.254.1, flags: SP
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list: Null

(192.168.0.2, 239.192.100.100), 00:00:23/00:02:36, flags: P
  Incoming interface: FastEthernet0, RPF nbr 192.168.128.1
  Outgoing interface list: Null

(*, 224.0.1.40), 00:02:24/00:02:27, RP 0.0.0.0, flags: DCL
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    Loopback0, Forward/Sparse, 00:02:24/00:02:27
```

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

63

送受信が繋がったら(recv0,send0)

Internet Initiative Japan Inc.

```
recv0#sh ip mroute
(*, 239.192.100.100), 00:00:07/stopped, RP 192.168.254.1, flags: SJC
  Incoming interface: FastEthernet0, RPF nbr 192.168.129.2
  Outgoing interface list:
    Vlan2, Forward/Sparse, 00:00:08/00:02:51

(192.168.0.2, 239.192.100.100), 00:00:06/00:02:55, flags: JT
  Incoming interface: FastEthernet1, RPF nbr 192.168.130.1
  Outgoing interface list:
    Vlan2, Forward/Sparse, 00:00:06/00:02:52
```

```
send0#sh ip mroute
(*, 239.192.100.100), 00:02:44/stopped, RP 192.168.254.1, flags: SPF
  Incoming interface: FastEthernet0, RPF nbr 192.168.128.2
  Outgoing interface list: Null

(192.168.0.2, 239.192.100.100), 00:02:45/00:03:23, flags: FT
  Incoming interface: Vlan2, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet1, Forward/Sparse, 00:00:18/00:03:11
```

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

64

送受信が繋がったら(RP)

Internet Initiative Japan Inc.

```

rp0#sh ip mroute
(*, 239.192.100.100), 00:03:02/00:02:53, RP 192.168.254.1, flags: S
  Incoming interface: Null, RPF nbr 0.0.0.0
  Outgoing interface list:
    FastEthernet1, Forward/Sparse, 00:00:37/00:02:52

(192.168.0.2, 239.192.100.100), 00:03:03/00:02:36, flags: PT
  Incoming interface: FastEthernet0, RPF nbr 192.168.128.1
  Outgoing interface list: Null

```

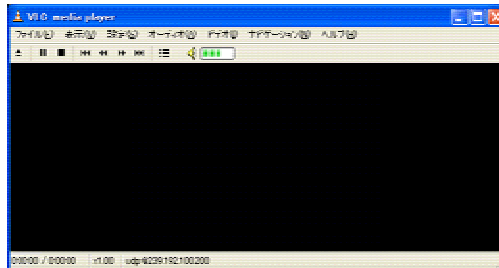
Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

65

本格的にトラフィック出してみましよう

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ VideoLAN (<http://www.videolan.org/vlc/>)
- ◆ フリーのメディアプレーヤー (マルチキャスト送信も可能)
- ◆ マルチプラットフォーム
 - バイナリ: Windows, MacOS X, Linux, zaurus, WinCE
 - ソースコード: NetBSD, OpenBSD, FreeBSD, Solaris, 他
- ◆ Windows版インストールは上記ページからダウンロードして
 - LANG: Japanese にして「次へ」を押すだけ



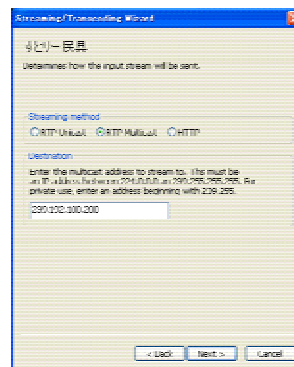
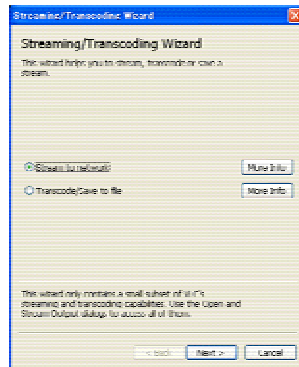
Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

66

VideoLAN の使い方 (送信)

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ ファイル ウィザード
- ◆ Stream to network ストリームを選択する(ファイル選択)
- ◆ ストリーミング(RTP Multicast, マルチキャストアドレス指定)
- ◆ フォーマット選択 TTL入力



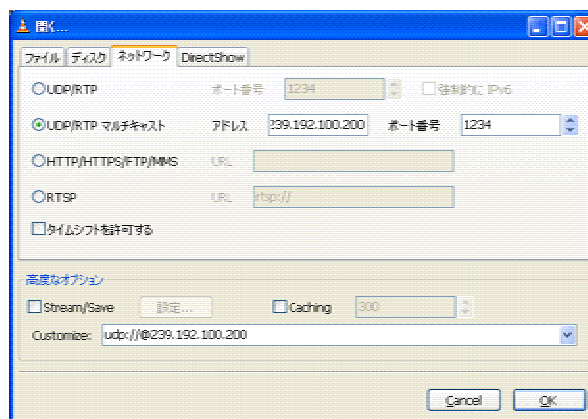
Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

67

VideoLAN の使い方 (受信)

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ ファイル ネットワークストリームを開く
- ◆ ネットワークタブを開き、UDP/RTP マルチキャストでアドレス入力



Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

68

VideoLAN の使い方 (コマンドライン)

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ コマンドラインからも操作可能
- ◆ 送信
 - `vlc test.mpg --sout udp:239.192.100.200 --ttl 128 --loop`
- ◆ 受信
 - `vlc udp:@239.192.100.200`

動作確認コマンド

Internet Initiative Japan Inc.

```
recv0>show ip mroute count
IP Multicast Statistics
4 routes using 2480 bytes of memory
3 groups, 0.33 average sources per group
Forwarding Counts: Pkt Count/Pkts per second/Avg Pkt Size/Kilobits per second
Other counts: Total/RPF failed/Other drops(OIF-null, rate-limit etc)

Group: 239.255.255.250, Source count: 0, Packets forwarded: 0, Packets received: 0

Group: 239.192.100.200, Source count: 1, Packets forwarded: 53872, Packets received:
53873
RP-tree: Forwarding: 1/0/1344/0, Other: 1/0/0
Source: 192.168.0.2/32, Forwarding: 53871/39/1344/419, Other: 53872/0/0

Group: 224.0.1.40, Source count: 0, Packets forwarded: 0, Packets received: 0
```

RPFの確認

Internet Initiative Japan Inc.

```

recv0>sh ip rpf 192.168.0.2
RPF information for ? (192.168.0.2)
RPF interface: FastEthernet1
RPF neighbor: ? (192.168.130.1)
RPF route/mask: 192.168.0.0/24
RPF type: unicast (static)
RPF recursion count: 1
Doing distance-preferred lookups across tables

```

```

recv0>mtrace 192.168.0.2
Type escape sequence to abort.
Mtrace from 192.168.0.2 to 192.168.130.2 via RPF
From source (?) to destination (?)
Querying full reverse path...
 0 192.168.130.2
-1 192.168.130.2 PIM [192.168.0.0/24]
-2 192.168.130.1 PIM [192.168.0.0/24]
-3 192.168.0.2

```

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

71

IGMP snooping

Internet Initiative Japan Inc.

```

recv0#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
recv0(config)#no ip igmp snooping vlan 2

```

試しに止めてみたら
全ポートに流れる

```

recv0(config)#interface vlan 2
recv0(config-if)#ip igmp join-group 239.192.100.150
recv0(config-if)#end

```

ルータがjoinすること
も可能

```

recv0#sh ip igmp groups
IGMP Connected Group Membership
Group Address      Interface      Uptime    Expires    Last Reporter
239.255.255.250    Vlan2         04:29:43  00:02:14  192.168.1.3
239.192.100.150    Vlan2         00:00:13  00:02:46  192.168.1.1
239.192.100.200    Vlan2         03:30:41  00:02:21  192.168.1.2
224.0.1.40         FastEthernet1 04:30:36  00:02:15  192.168.130.2

```

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

72

運用テクニック

Internet Initiative Japan Inc.

1. 設計時に注意するポイント
2. 冗長化
3. 監視方法

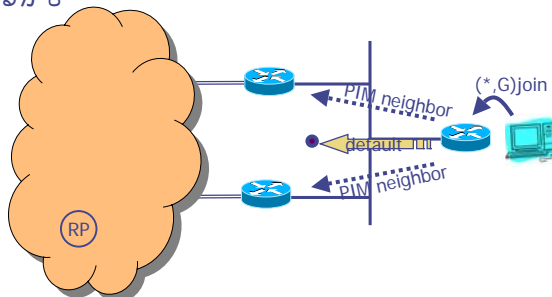
Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

73

設計時に注意するポイント(RPF check)

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ HSRP(VRRP)の仮想アドレスに default route を向けていると
 - RP方向へのRPF neighbor は HSRP の仮想アドレス
 - ところが PIM neighbor の中には、その RPF neighbor はいない
 - そのため、Join/Prune メッセージを送ることができない
 - 双方のルータが対応していれば、PIM Hello の Address Option が使えるかも



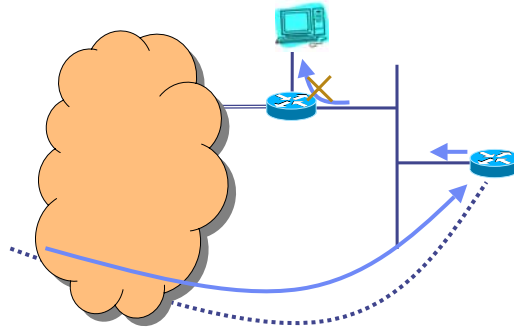
Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

74

RPF check その2

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ マルチキャストを通せない部分をトンネルで飛ばすと
- ◆ source の方向とは別の i/f からパケットが入ってくることになる
- ◆ 暫定的な対処方法 (static rpf)
 - ip mroute <src addr> <netmask> <interface>



Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

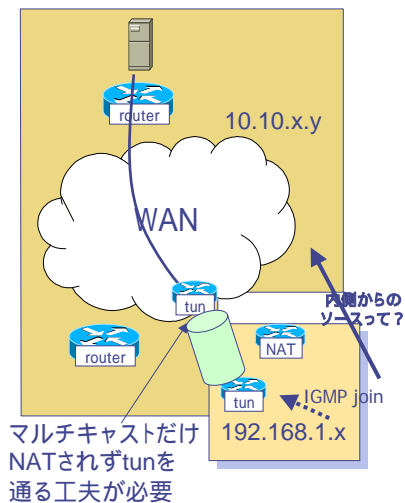
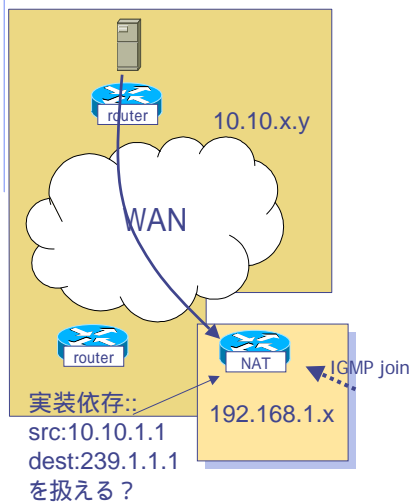
75

NATのあるケース

Internet Initiative Japan Inc.

NATをマルチキャスト対応

トンネルで回避!



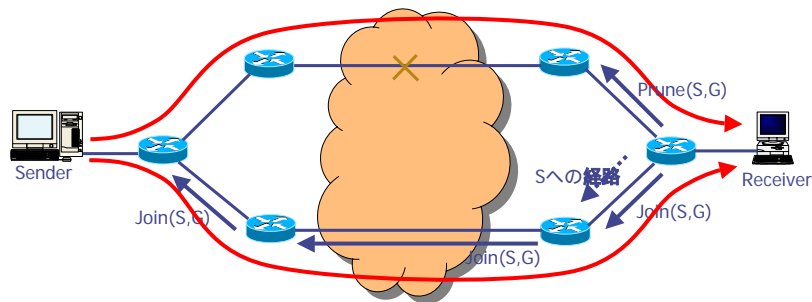
Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

76

冗長化(障害時)

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ 例えば本社と支社間のWAN部分を冗長化
- ◆ プライマリ側の回線がダウン
- ◆ unicastの経路が切り替わると、RPFが変わる
- ◆ それがトリガとなり、(S,G)joinが起きる
- ◆ RPF検出を短くしたいときは `ip multicast rpf backoff <milliseconds>`



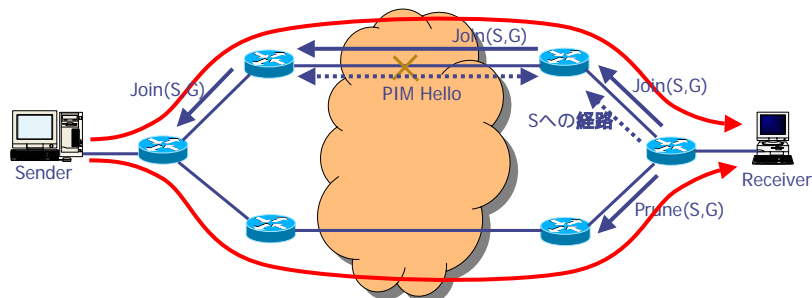
Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

77

冗長化(復旧時)

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ プライマリ側の回線がアップ
- ◆ unicastの経路が切り替わると、RPFが変わる
- ◆ それがトリガとなり、(S,G)joinが起きるが、
- ◆ 障害リンク間で PIM neighbor が上がるまで join が出せない



Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

78

放送レベルのクオリティを満たすには

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ トラフィックエンジニアリング
 - unicast と multicast の経路を分離
 - 別々に QoS をかける
- ◆ Fast Convergence
 - 33msec 以内なら 1フレーム以下
- ◆ 余分に送る
 - FEC
 - 経路の二重化 (Path Diversity)

MBGP

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ unicast と multicast の経路を分けたいときに RPF に矛盾が出る
- ◆ RPF check に使う経路を別に広報するとき使用する

```

router bgp 64512
neighbor 10.0.0.1 remote-as 64513
!
address-family ipv4
no neighbor 10.0.0.1 activate
exit-address-family
!
address-family ipv4 multicast
neighbor 10.0.0.1 activate
neighbor 10.0.0.1 soft-reconfiguration inbound
neighbor 10.0.0.1 route-map toTEST out
network 192.168.253.0
exit-address-family
!
ip prefix-list server-sources seq 1 permit 192.168.253.0/24
!
route-map toTEST permit 10
match ip address prefix-list server-sources

```


RPの冗長化

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ RPのバックアップ
 - ip pim bsr-candidate Loopback0 0 255 (大きい方がprimary)
 - ip pim rp-candidate Loopback0 priority 0 (小さい方がprimary)

- ◆ RPの負荷分散1 (それぞれの守備範囲を分ける)
 - ip pim rp-candidate Loopback0 group-list 1
 - access-list 1 permit 239.192.0.0 0.0.255.255

- ◆ RPの負荷分散2 (同時に動いて連携する)
 - Anycast RP
 - MSDP peer
 - ◆ ip msdp peer 192.168.0.1
 - ◆ ip msdp sa-request 192.168.0.1

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

81

RPの冗長化(スライド追加)

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ RPの負荷分散3
 - RFC4610 - Anycast-RP Using Protocol Independent Multicast (PIM)
 - RP は Loopback に同じ RP address を付けて、これを anycast する
 - Anycast-RP set に(実アドレスを)複数登録して、RP 同士はこの RP set をお互いに把握しておく
 - Anycast-RP set から以外の Register message を受け取ったら、他の RP set にも Register message を送る

- 設定例
 - ◆ ip pim anycast-rp <anycast する RP アドレス> <実 RP アドレス>

 - ◆ ip pim rp-address 10.0.0.1 group-list 224.0.0.0/4
 - ◆ ip pim anycast-rp 10.0.0.1 192.168.0.1
 - ◆ ip pim anycast-rp 10.0.0.1 192.168.10.3
 - ◆ ip pim anycast-rp 10.0.0.1 192.168.20.5

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

82

監視

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ MIB値
 - pimNeighborTable
 - pimRPTTable
- ◆ RFC4445 - Media Delivery Index (MDI) (後から追加)
 - 映像伝送品質の評価方法
- ◆ アプリケーション監視
 - 実際にパケットを送受信しておき、その状態を監視、評価
 - ◆ PFU iPushSERVE Streaming Monitor
 - その状態のルータのMIB値を監視
- ◆ SmartBits TeraRouting Tester, ClearSight Analyzer
 - MLDv2 クライアントエミュレーションで Join/Leave Latency 測定
 - 他にも (後から追加)
 - ◆ Spirent Abacus5000
 - ◆ Agilent Triple Play Analyzer

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

83

MRM (Multicast Routing Monitor)

Internet Initiative Japan Inc.

rp0 をマネージャーにする

```
ip mrm manager mctest
manager Loopback0 group 239.192.100.1
senders 1
receivers 2 sender-list 1
!
access-list 1 permit 192.168.0.1
access-list 2 permit 192.168.1.1
```

send0

```
interface Vlan2
ip mrm test-sender
```

recv0

```
interface Vlan2
ip mrm test-receiver
ip igmp join-group 239.192.100.1
```

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

84

MRM の操作

Internet Initiative Japan Inc.

```

rp0#mrm mctest start
*Oct 27 06:18:52.387: IP MRM test 'mctest' starts .....

rp0#sh ip mrm manager
Manager:mctest/192.168.254.1 is running, expire:1d00h
Beacon interval/holdtime/ttl:60/86400/32
Group:239.192.100.1, UDP port test-packet/status-report:16384/65535
Test senders:
  192.168.0.1      /Ack
Test receivers:
  192.168.1.1     /N-Ack

rp0#sh ip mrm status-report

IP MRM status report cache:
Timestamp
  Manager      Test Sender   Test Receiver  Pkt Loss/Dup (%)   Eshr
*Oct 27 05:50:25
  192.168.254.1 192.168.0.1  192.168.1.1   1          (4%)   1499

```

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

85

最新動向と今後の課題

Internet Initiative Japan Inc.

1. マルチキャストを使用したサービスの紹介
2. IPマルチキャストの代替方法
3. 今後に向けた課題

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

86

NTT西日本 フレッツ・v6キャスト

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ フレッツユーザ(フレッツv6アプリ、光プレミアム)へ、IPv6マルチキャストで配信可能
- ◆ 送信設備はNTT局社へハウジングするか、専用線を引き込む
- ◆ 接続帯域は、100Mbps, 1Gbps, 10Gbps の中から選択
- ◆ MLDv2 の SSM のみ利用可能
 - MODE_IS_INCLUDE, ALLOW_NEW_SOURCES, BLOCK_OLD_SOURCES の3種類のみ可能
 - グループは1契約あたり最大 128ch(10Gタイプは 256ch)まで
 - ソースアドレスは1契約あたり最大10個まで利用可能
- ◆ 技術参考資料
 - <http://flets-w.com/v6ct/download/index.html>
- ◆ 利用事例としては On Demand TV
 - <http://www.ondemandtv.co.jp/>
 - ライブ配信はベーシックチャンネル、プレミアムチャンネルなど

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

87

ソフトバンクBB 野球中継

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ ソフトバンクホークスの主催試合を Yahoo! BB 会員向けに配信
- ◆ 映像30chを自由選択できるのが特徴
- ◆ 昨年プレーオフに最大40万人に配信
 - マルチキャストは同時最大1万4千接続
- ◆ チャンネル切り替え時間(ザッピング)対策として、エッジ近くまでよく見られるチャンネルを static join させておくチューニングを実施
 - やりすぎると機器には厳しいのでさじ加減が難しい
- ◆ コンテンツ提供者に対して提示するアクセスログに苦労
 - WindowsMeida のマルチキャストのロギング機能はあてにならない
 - .asx ファイルの最初と最後に記録するパスを仕込んでおく方法を採用
 - DRMでやる方法も検討したが準備に時間がかかる
 - エッジルータを調べて回ると時間かかりすぎ
- ◆ 無線LAN部分に苦労
 - Yahoo! BB 無線LANパックはマルチキャスト通るが、マルチキャストの帯域を上げようとするとう無線の到達範囲が狭まることに...

Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

88

IPマルチキャストの代替方法

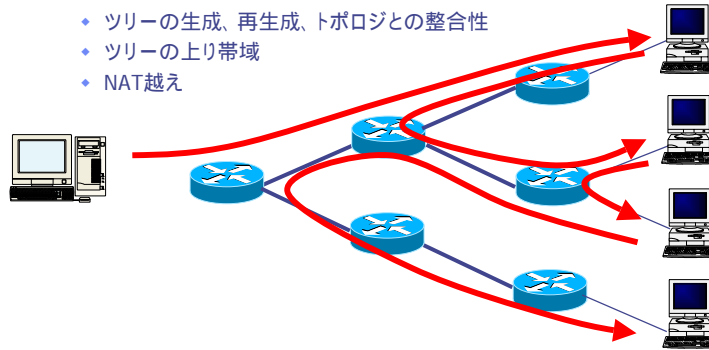
Internet Initiative Japan Inc.

◆ Scalable Adaptive Multicast (SAM)

- <http://www.samrg.org/>

◆ Overlay Multicast

- Application Layer Multicast
- ポイント
 - ◆ ツリーの生成、再生成、トポロジとの整合性
 - ◆ ツリーの上り帯域
 - ◆ NAT越え



Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

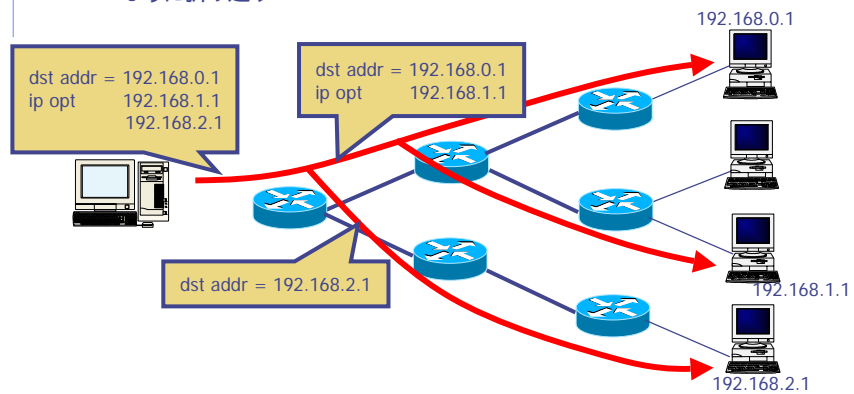
89

IPマルチキャストの代替方法

Internet Initiative Japan Inc.

◆ Xcast

- <http://www.xcast.jp/>
- アドレスの管理が不要で、誰でも送信可能(テレビ会議やオンラインゲームなどに有用)
- ルータが未対応のときは普通のunicastに見えて、エンドホストがP2Pのように折り返す



Copyright © 2006, Internet Initiative Japan Inc.

90

今後の課題1

Internet Initiative Japan Inc.

◆ AAA (Authentication, Authorization, Accounting)

- 認証、許可、課金
- マルチキャストの sender は受信者の存在は認識できない
- アクセスログやアクセスコントロール、ひいては SLA まで対象
- 要望例
 - ◆ 有料放送の受信者を認証したい
 - ◆ CMがきちんと放映されたか確認したい
 - ◆ 受信クレームがあったときのパケットロス地点の切り分けがしたい

今後の課題2

Internet Initiative Japan Inc.

◆ AS間 Inter Domain Multicast Routing

- IPv4 では MBGP + MSDP という暫定策もあった
 - ◆ IPMI J/Splash
- IPv6 では embedded RP という策も提案されている
 - ◆ M6Bone, Internet2
 - ◆ SSM only でもありかも
- 完全にオープンな相互接続をすると、(S,G)テーブルのメモリーリソースを誰に課金するのが問題

◆ セキュリティ問題

- DoS攻撃に対する脆弱性
- AAAにからむ認証問題

IPマルチキャストの情報源

Internet Initiative Japan Inc.

- ◆ IP Multicast Mailing List
 - なかなか出てこない TIPS や最新技術情報のシェア
 - <http://www.ijinet.or.jp/ipmulticast/maillinglist.html>

- ◆ IETF WG
 - <http://www.ietf.org/html.charters/wg-dir.html>

 - avt: Audio/Video Transport
 - mboned: MBONE Deployment
 - magma: Multicast & Anycast Group Membership
 - pim: Protocol Independent Multicast
 - ssm: Source-Specific Multicast
 - l3vpn: Layer 3 Virtual Private Networks