



ISPバックボーンネットワーク における経路制御設計 ～ 理論編 ～

Matsuzaki 'maz' Yoshinobu
<maz@iij.ad.jp>

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

1

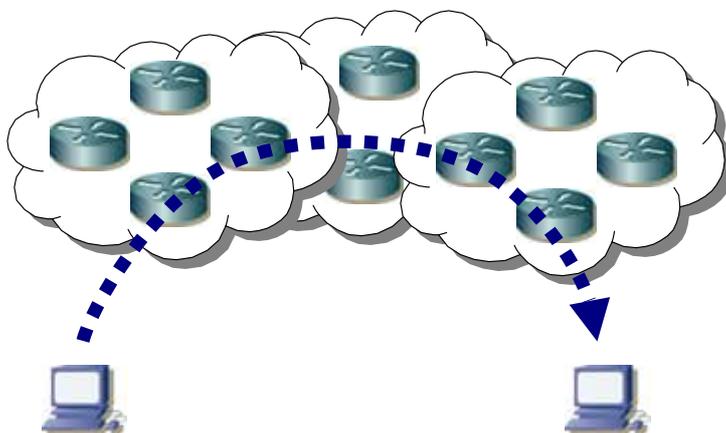
ルーティング整理

ルーティングの基礎事項を整理する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

2

ルーティング



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

3

ネットワークのプレフィックス表記

- 192.168.0.0/24
 - = 192.168.0.0 ~ 192.168.0.255
 - = 192.168.0.0 mask 255.255.255.0
- 連続ネットマスクが前提
 - 非連続ネットマスクは表現できない
 - 192.168.0.10 mask 255.255.0.255
 - でも、昨今こんなの使わない
 - 複数行での表記になる場合
 - 192.168.0.0 ~ 192.168.2.255
 - 192.168.0.0/23, 192.168.2.0/24

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

4

クラスレス(Classless)

- クラスの概念は過去の遺物なので忘れよう
- 昔はネットワークアドレスの認識に利用
 - IPアドレスを見れば、ネットマスクが分かった
 - RIPなどで利用
 - 最近はプロトコルでプレフィックス長を伝播する
 - 今やクラスレスが標準

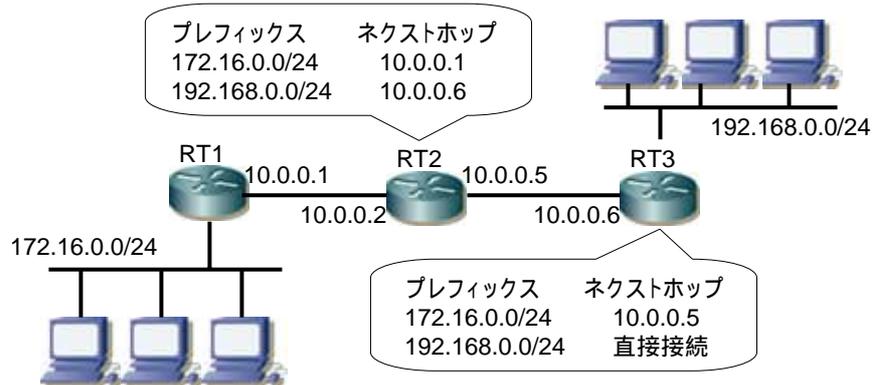
クラスA	0.0.0.0 ~ 127.255.255.255	/8
クラスB	128.0.0.0 ~ 191.255.255.255	/16
クラスC	192.0.0.0 ~ 223.255.255.255	/24

ルーティングとは

- どこを経由してパケットを宛先に届けるか
- ルータはパケットの宛先アドレスをみて次の送り先を判断する

経路情報

- 宛先プレフィックス + ネクストホップ の集合

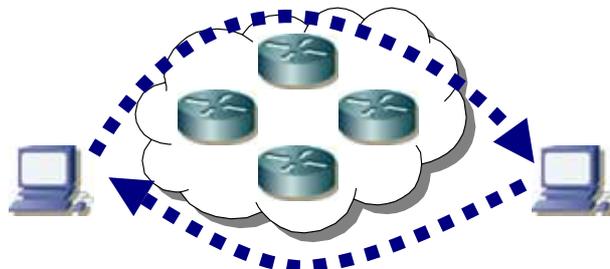


Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

7

パケットと経路

- 送信元から宛先まで経路に矛盾が無ければ、パケットが届く
- 双方向で問題が無ければ、相互に通信できる
 - 行きと帰りの経路は違うかもしれない



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

8

経路の種類

- 静的経路
 - connected経路
 - ルータが直接接続して知っている経路
 - static経路
 - ルータに静的に設定された経路
- 動的経路
 - ルーティングプロトコルで動的に学習した経路
 - OSPFやIS-IS、BGPなどで学習した経路

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

9

経路の優先順位

1. prefix長が長い(経路が細かい)ほど優先



2. 経路種別で優先
 - connected経路
 - static経路
 - 動的経路(ospf, bgp, etc...)
 - 内訳はベンダ依存

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

10

動的経路制御

インターネットと動的経路制御

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

11

動的経路制御の必要性

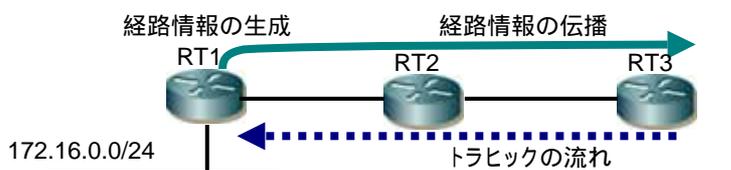
- ネットワーク変化を経路情報に反映
 - もちろん事前の設計は必要
- ISPのバックボーン運用では必須
 - インターネットは変化し続けてる
 - プロトコルごとの得手不得手を把握しておく
 - 何を設定しているのか理解しておく

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

12

動的経路制御の基本アイデア

- 検知 – ルータがネットワークの変化を検知
- 通知 – 情報を生成し他のルータに伝達
- 構成 – 最適経路で経路テーブルを構成



経路情報の伝搬の方向とトラフィックの流れは逆になる

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

13

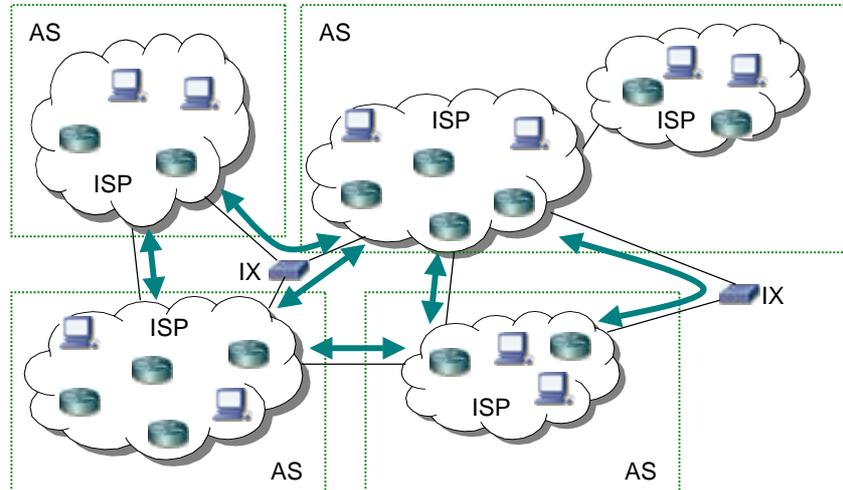
動的経路制御の種類

- ディスタンスベクタ(distance vector)
 - RIPなど、距離と方向を扱うプロトコル
- リンクステート(link state)
 - OSPFやIS-ISなど、リンクの状態を収集して管理するプロトコル
- パスベクタ(path vector)
 - BGPなど、パス属性と方向を扱うプロトコル

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

14

インターネットの構成

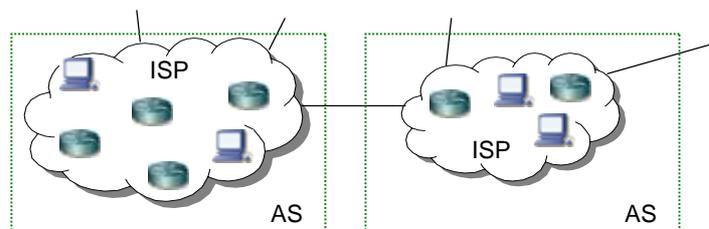


Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

15

AS

- Autonomous System
- 統一のルーティングポリシーのもとで運用されているIPプレフィックスの集まり
- インターネットではASの識別子として、IRから一意に割り当てられたAS番号を利用する

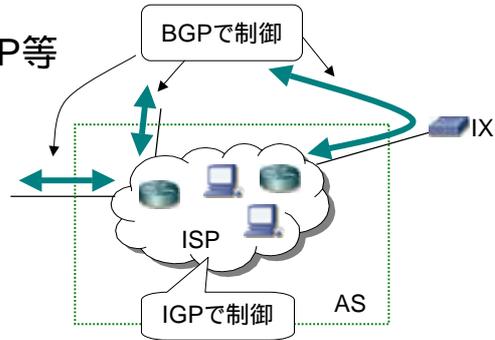


Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

16

IGPとEGP

- IGP
 - OSPF、IS-IS、BGP等
 - AS内
- EGP
 - 事実上BGPのみ
 - AS間



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

17

ISPでのプロトコルの利用法

- OSPF or IS-IS
 - ネットワークのトポロジ情報
 - 必要最小限の経路で動かす
 - 切断などの障害をいち早く通知、迂回
- BGP
 - その他全ての経路
 - 顧客の経路や他ASからの経路
 - 大規模になっても安心
 - ポリシに基づいて組織間の経路制御が可能

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

18

OSPF

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

19

OSPF概要

- リンクステート型
 - 全ルータがネットワークのトポロジ情報を持つ
 - ネットワークに変更があれば通知
- SPFアルゴリズムによる最適経路の選択
 - リンクのコストによる優先付け
 - 同一コストの複数パスによる負荷分散
- エリアによる階層化
 - エリア境界はルータ
- 隣接のルータと情報を交換

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

20

OSPFの基本アイデア

- 準備
 - 隣接した他のOSPFルータと隣接関係を構築
- 通知
 - 各ルータが必要な情報をタイプ別にLSAとして生成
 - 隣接関係のルータにLSAを送信
 - 受信したLSAをさらに他のルータにfloodして網内に伝播
- 構成
 - 各ルータが全LSAを集め、LSDBとして保持
 - 各ルータでLSDBを元にSPF計算して最短パスを求め、経路情報を生成

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

21

OSPF RFCs

- 必読
 - [RFC2328] OSPF Version 2
 - この他にもいっぱい
 - [RFC2370] The OSPF Opaque LSA Option
 - [RFC2740] OSPF for IPv6
 - [RFC3101] The OSPF NSSA Option
 - [RFC3137] OSPF Stub Router Advertisement
- :

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

22

OSPF用語

- ルータID
 - OSPFのAS内でルータを識別する32bitの数値
 - 特に指定が無い場合、ルータのインタフェースのIPアドレスから選ぶことが多い
 - ルータIDを変更する場合は、OSPFプロセスの再起動が必要なため、実運用では変更が発生しないようにloopbackインタフェースに付与したIPアドレスを利用する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

23

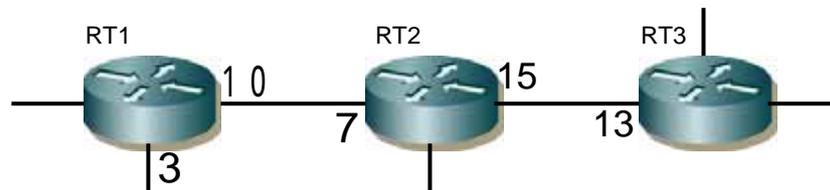
OSPFの経路選択

OSPFとコスト

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

24

リンクコスト(link cost)

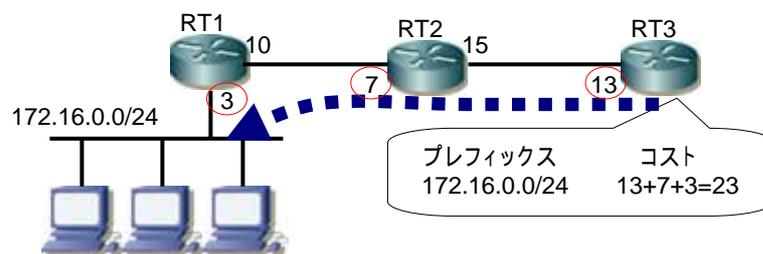


- ルータが、そのインタフェースからパケットを送出するときのコスト(負担)
- 1 ~ 65535の整数を管理者が設定する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

25

コスト(cost)

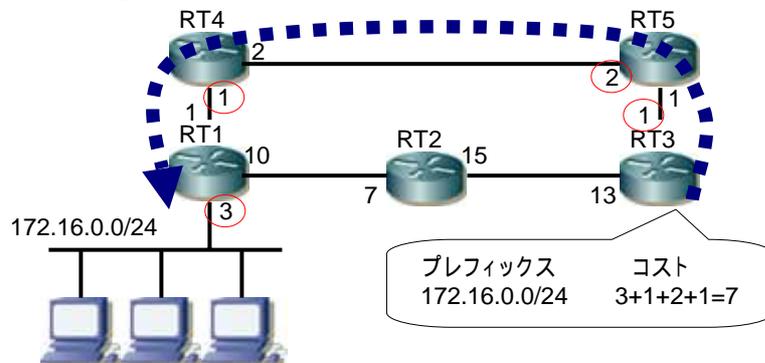


- 宛先までのパスで、パケットが出力されるインタフェースのリンクコストを合計した値

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

26

小さいコストのパスが優先

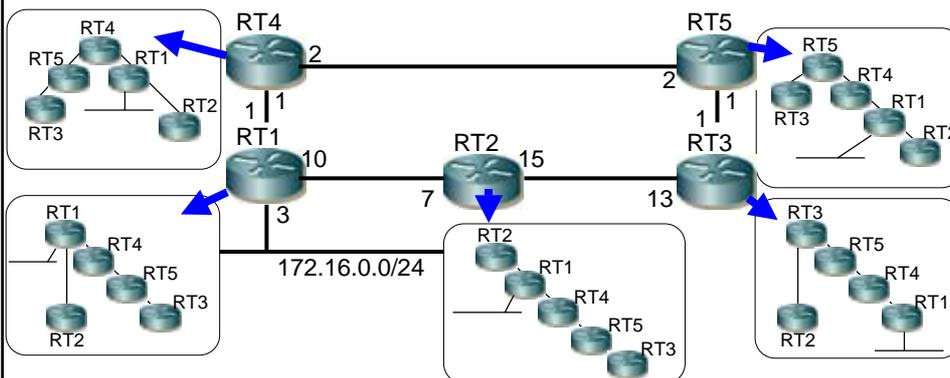


- 最も小さいコストの経路を探索するのが、SPFアルゴリズム

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

27

各ルータのSPF計算

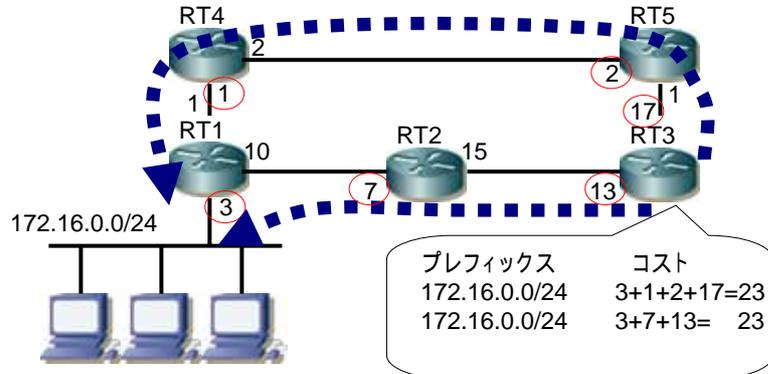


- 各ルータはSPFで自身を頂点とするツリーを計算する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

28

同じコストのパスを複数利用できる



- 同じコストの経路を同時に利用できる
- Equal Cost Multi Path(ECMP)と呼ばれる

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

29

隣接関係

隣接関係の構築

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

30

ネイバとアジャセンシ

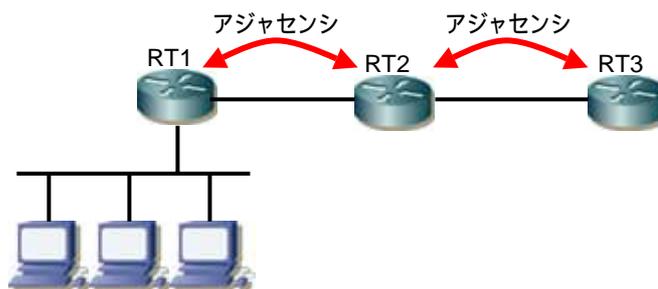
- ネイバ(neighbor)
 - 隣接する2台のルータで関係
 - 多くの場合、Helloで自動的に探索、維持される
- アジャセンシ(adjacency)
 - 経路情報を交換するネイバの関係
 - 全ネイバがアジャセンシになるわけではない



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

31

アジャセンシ



- OSPFで経路交換を行う隣接ルータのこと

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

32

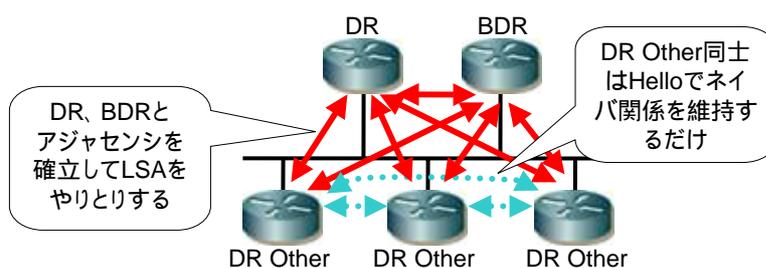
代表ルータ(DR)

- Designated Routerのこと
 - ブroadcastキャストやNBMAネットワークで選ばれる
- アジャセンシ数を減らしたい
 - セグメントのルータ数が増えるとアジャセンシ数は猛烈に増加
 - アジャセンシ数が減れば負荷を軽減できる
 - 一つのセグメントでは、選出された代表ルータとだけアジャセンシを確立すればよい
 - 実際にはバックアップのBDRともアジャセンシを確立

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

33

DR、BDRとDR Other



- DR Other(その他のルータ)は、DRとBDRとのみアジャセンシを確立する
- DR Other同士は、アジャセンシを確立せずにネイバ状態(2way)を維持する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

34

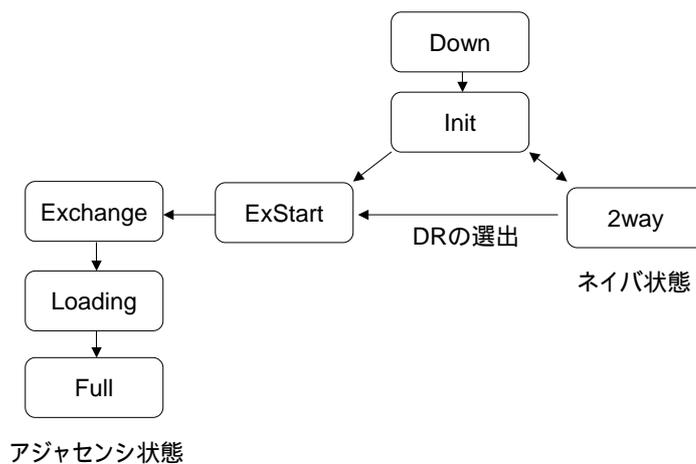
DR、BDRの選出

- ルータ優先度の高いルータが選出される
 - ただし、既に出済みの場合は置き換わらない
 - ルータ優先度はHelloで交換される
 - 優先度が同じ場合は、ルータIDの大きな方
- DRが故障したときはBDRがDRへと移行する
 - BDRがDRになるまで、新たなBDRは選ばれない
 - 不要な遷移をできるだけ防ぐため

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

35

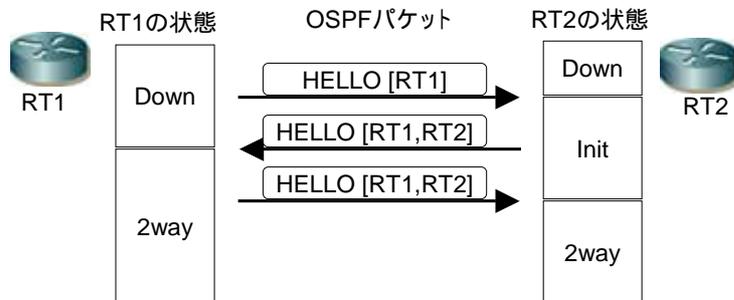
隣接関係の状態遷移



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

36

ネイバの確立まで



Down - Helloを受信していない状態

Init - Helloを受信した状態

2way - 受信したHelloに自ルータIDが有る状態

アジャセンシを確立する条件が整っていれば、2wayにならずにExStartに進む

point-to-pointリンクや、ルータのどちらかが既にDR、BDRの場合

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

37

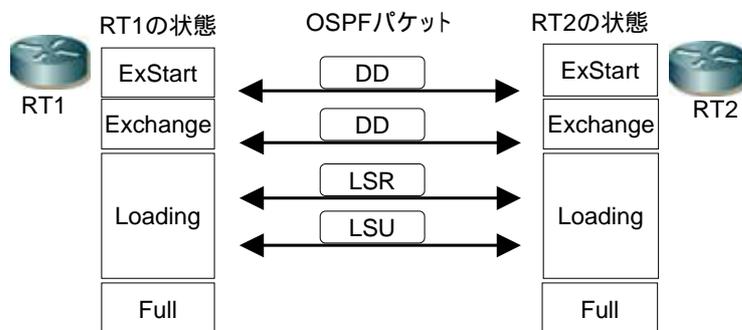
ネイバ確立の条件

- Helloパケットに含まれる情報で判別
- 同一でなければならないもの
 - 認証情報
 - エリアID
 - 所属するネットワーク
 - p2pとvirtual接続を除く
 - OptionのE-bit(stubエリアかどうか)
 - hello送信間隔
 - ルータ死亡間隔秒数

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

38

データベースの同期



- ExStart - 同期するマスターを選んでいる状態
Exchange - お互い保持するLSDBの情報を交換している状態
Loading - LSDBの差分を交換している状態
Full - LSDBが同期し、アジャセンシが確立した状態

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

39

データベースの同期条件

- Database Descriptionパケットに含まれる情報で判別
- 同一でなければならないもの
 - インタフェースのMTU
 - OptionのE-bit(stubエリアかどうか)

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

40

OSPFパケット

OSPFのパケットフォーマット

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

41

OSPFパケットの送信先

- ALLSPFRouter[224.0.0.5]
 - 全てのOSPFルータが受信する
- ALLDRRouter[224.0.0.6]
 - DR, BDRのみが受信する
- p2p接続では [224.0.0.5]宛
- ブロードキャストネットワークで、
 - Hello及びDRとBDRからのLS update、LS Ackは[224.0.0.5]宛
 - DROtherからのLS update、LS Ackは[224.0.0.6]宛
- その他
 - ネイバへのunicast宛

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

42

OSPF packet header



- 24-octetの固定長

タイプ:

- 1 Hello
- 2 Database Description
- 3 Link State Request
- 4 Link State Update
- 5 Link State Acknowledgment

認証タイプ:

- 1 認証なし
- 2 シンプルパスワード認証
- 3 暗号認証

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

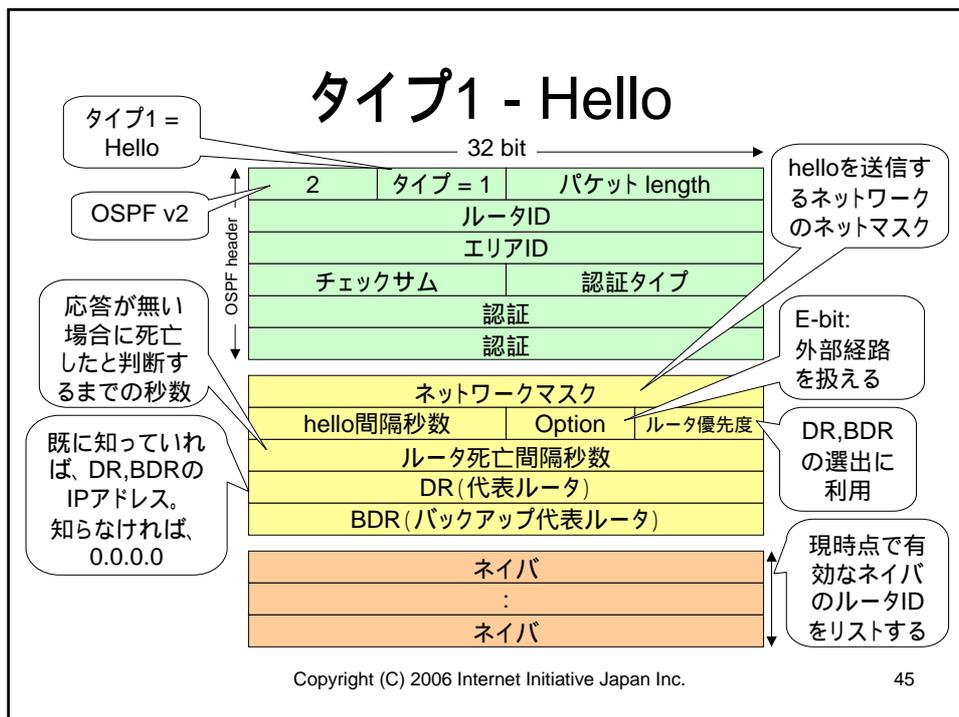
43

タイプ1 - Hello

- ネイバの管理
 - ルータID、エリアIDの通知
 - ネイバの検出、維持、生死確認
- ルータ優先度の通知
 - DR、BDRの選出
- Optionフィールドでルータの機能の通知
 - E-bit: 外部経路が扱えるかどうか
 - Stubエリアでは0、それ以外は1

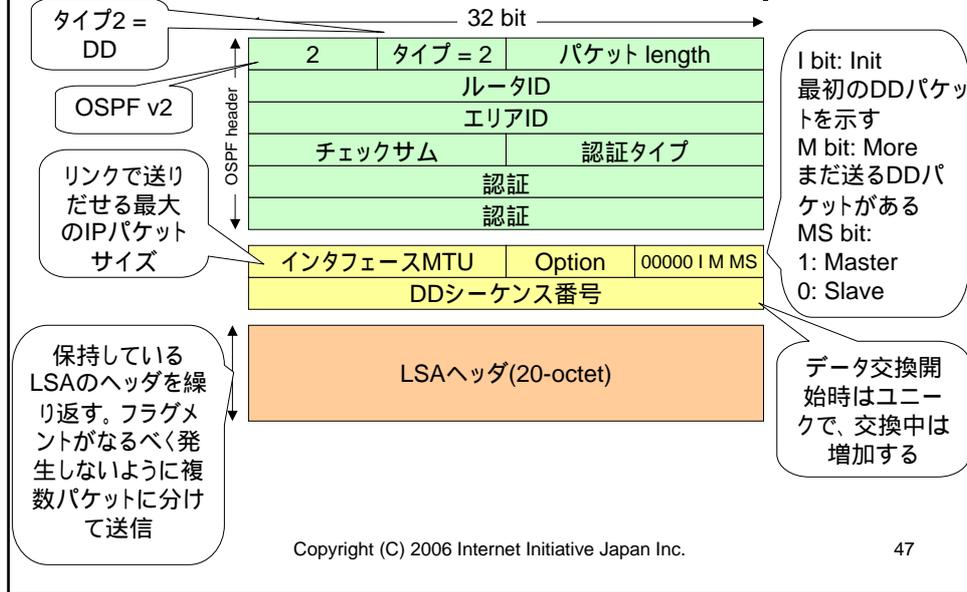
Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

44



- ## タイプ2 - Database Description
- アジャセンシ確立時に、保持するLSAを通知
 - LSDBの同期をとる
 - 全LSAのヘッダのみを伝える
 - マスタとスレーブになって情報を交換
 - ルータイDの大きい方がマスタ
 - スレーブはマスタのDDシーケンス番号に同期する
 - インタフェースのMTUを伝える
 - OptionフィールドでルータイDの機能の通知
 - E-bit: 外部経路が扱えるかどうか(Stubエリアでは0)
- Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc. 46

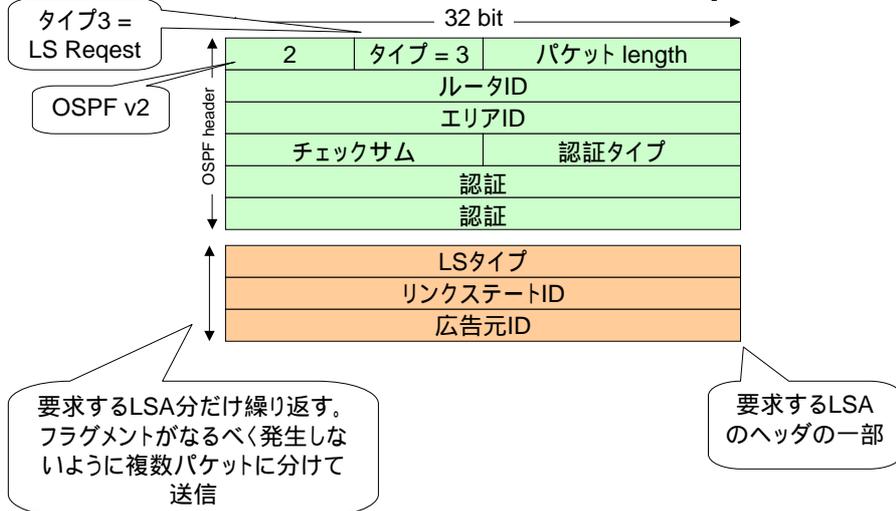
タイプ2 - Database Description



タイプ3 - Link State Request

- DDパケットでLSA情報を交換後、差分を埋めるためにLSAを要求する
 - 最新のLSAを要求
 - 保持していないLSAを要求
- LSAが識別できる情報をリストして送信する
 - LSタイプ、リンクステートID、広告元ID

タイプ3 - Link State Request



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

49

タイプ4 - Link State Update

- 一つ以上のLSAを運ぶ
- 隣接のOSPFルータまで伝播する
 - LSAの転送はHop by Hop
- 受信確認は状態によって異なる
 - Loading中の受信確認は無く、Link State Requestで必要なものが再要求される
 - アジャセンシ確立(Full)後はアジャセンシからLink State Acknowledgmentが返信される

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

50

タイプ4 - Link State Update



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

51

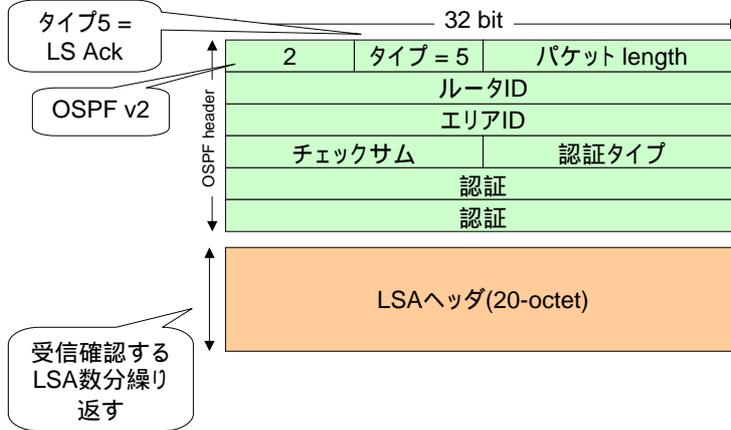
タイプ5 - Link State Acknowledgment

- 受信確認を通知する
 - LSAのヘッダを通知する
 - これで確実にLSAが伝わったことを保証する
- 一つ以上の受信確認を運ぶ
 - アジャセンシ確立(Full)後に利用

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

52

タイプ5 - Link State Acknowledgment



LSAの伝播と管理

LSAの管理を解説する

OSPFの再計算

- トポロジの変化等があれば、新規のLSA生成
– 接続断や新規ネットワークの接続

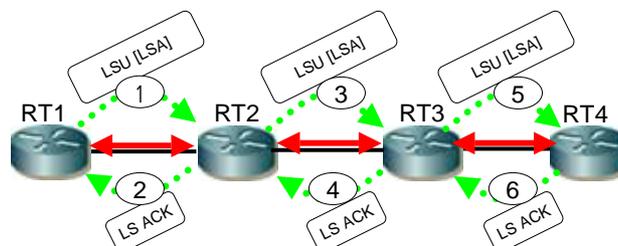
- 検知
 - ルータがネットワークの変更を検知
- 通知
 - 新規LSAを生成して伝播
 - LSDBの更新
- 再構成
 - 各ルータでSPFを計算して経路情報を更新

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

55

LSAの伝播

- LSAはLSUパケットでアジャセンシに広報される
– LSUパケットは複数のLSAを運べる
- 受信したLSAには受信証明としてLS ACKを返信
– 伝播したことを明確にするため



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

56

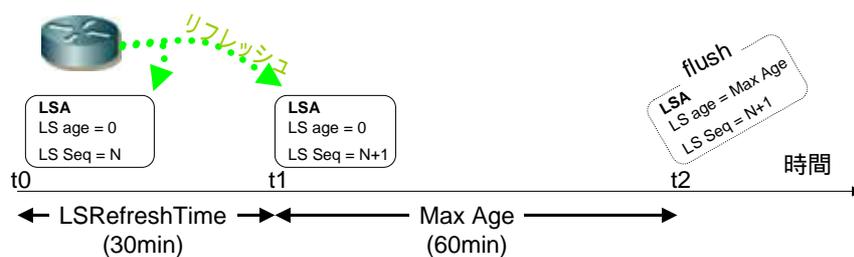
LSAのaging

- ルータは保持する全てのLSAに対して、生成されてからの経過秒数を管理する
- Max Age(60分)に達するとLSAが消される
 - LSAは生成元が定期的にはリフレッシュする
 - 幽霊LSAを無くせる

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

57

LSAのリフレッシュ



- LSAの生成元はリフレッシュ時間(30分)がくると新規にLSAを生成して広報
 - 変化が無くても生成される
- リフレッシュされないLSAはMaxAge後に利用されなくなる

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

58

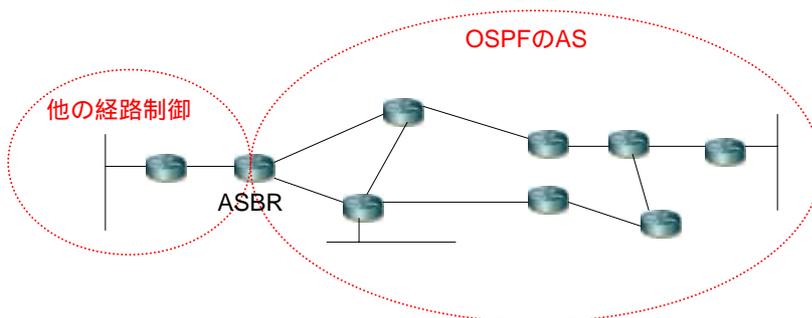
OSPFと外部経路

外部経路の扱いを解説する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

59

OSPFの中と外



- OSPFで経路制御しているルータのグループがAS
- 他の経路制御との接点になっているルータがASBR

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

60

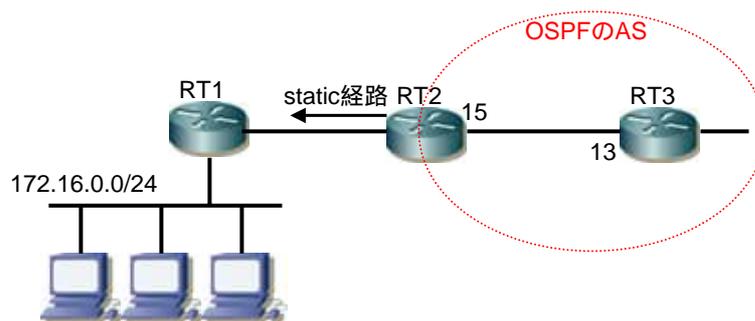
OSPFのASとASBR

- AS - Autonomous System
 - 共通のプロトコル(OSPF等)で経路情報を交換するルータのグループ
 - BGPなどでいうASとは概念が異なる
 - インターネットでのASはBGPのASを指す場合が多い
 - ここでは誤解を避けるためOSPFのASと明記する
- ASBR – AS boundary router
 - AS境界ルータ
 - 外部の経路(static等)をAS内に広報するルータ

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

61

外部経路(external route)



- RT2はstatic経路をOSPFのAS内に広報できる
- 外部経路を広報する際にメトリックを付加できる

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

62

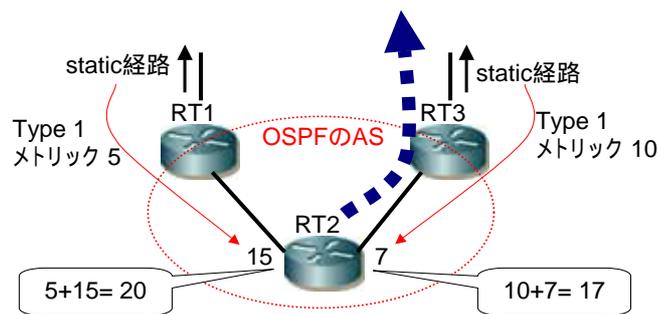
外部経路メトリック

- Type 1 - リンクコストと同様に加算される
 - 同じ宛先のType 1外部経路があった場合、途中リンクのコストも加算して、もっとも小さなコストの経路が選ばれる
- Type 2 - とにかく小さな値が選ばれる
 - 同じ宛先のType 2外部経路があった場合、もっとも小さなType 2メトリックの経路が選ばれる
 - 同じType 2メトリックの場合、転送先アドレスまでのコストがもっとも小さな経路が選ばれる
- 同じ宛先のType 1とType 2の外部経路があった場合、Type 1の経路が選ばれる

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

63

Type 1 外部経路

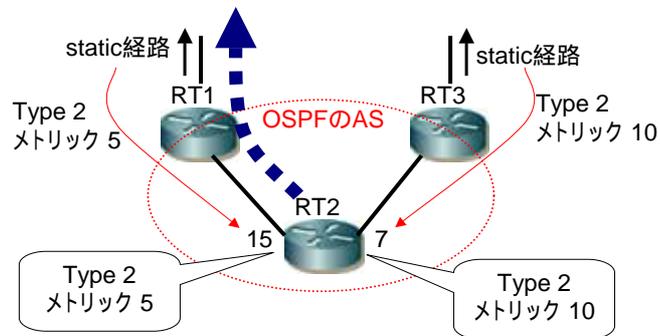


- リンクコストの加算の結果、RT3が広報する外部経路が優先される

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

64

Type 2 外部経路

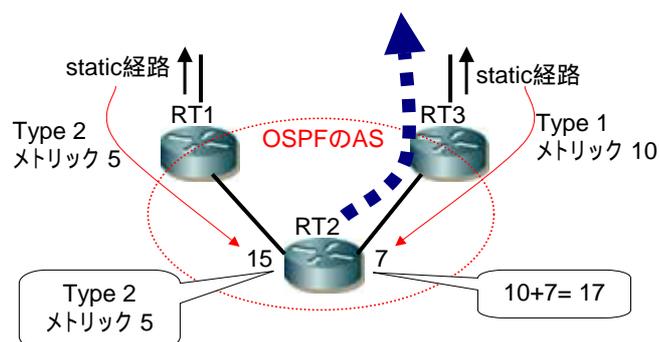


- 小さなType 2メトリックを持つRT1からの外部経路が優先される

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

65

外部経路の混在



- 常にType 1経路が優先される
- BGPのネクストホップになるアドレスを運ぶならType 1経路
 - closest exitが維持できて便利

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

66

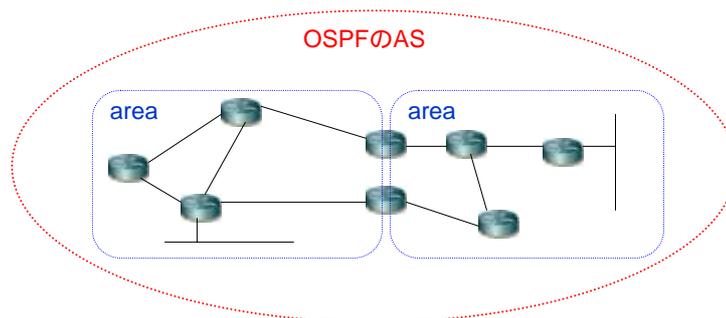
OSPFエリア

OSPFのエリアについて解説する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

67

エリア(area)



- OSPFでは連続したネットワークのグループを作成できる。これに接続するルータを含めて、エリアと呼ぶ。

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

68

エリアの概要

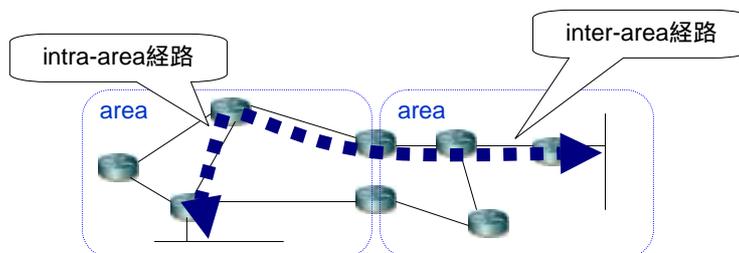
- ルータがエリアの境界になる
- それぞれのエリアで独立にLSDBが管理され、経路情報が計算される
- あるエリアのトポロジは、他のエリアからは見えない
 - 必要な経路情報のみが伝播する
 - 計算負荷の軽減

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

69

エリア間とエリア内

- 宛先が同じエリアか違うエリアか
 - エリア内経路(intra-area経路)
 - エリア間経路(inter-area経路)
- 同じ宛先については、エリア内経路が優先



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

70

エリアID(area ID)

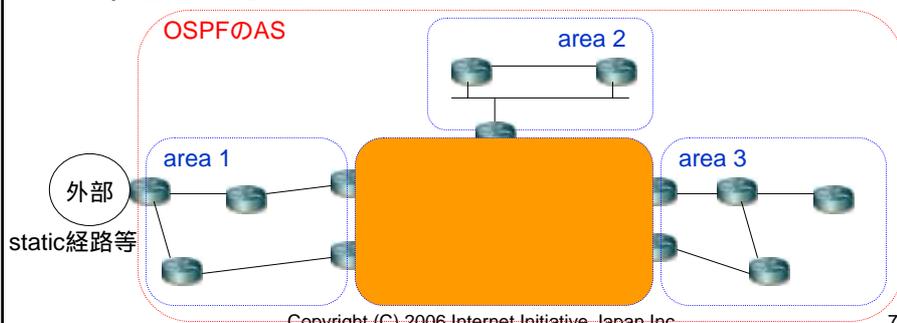
- 各エリアを識別する32bitの数値
 - 各エリアに管理者がIDを設定する
- そのまま数字で表記する書式
 - area 0
- IPアドレスの様に8bit毎に区切った書式
 - area 0.0.0.0

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

71

バックボーン エリア(area 0)

- エリアIDが0
- 各エリアの経路情報を交換できる特別なエリア
- OSPFのマルチエリア構成は、バックボーンエリアを中心としたスター型



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

72

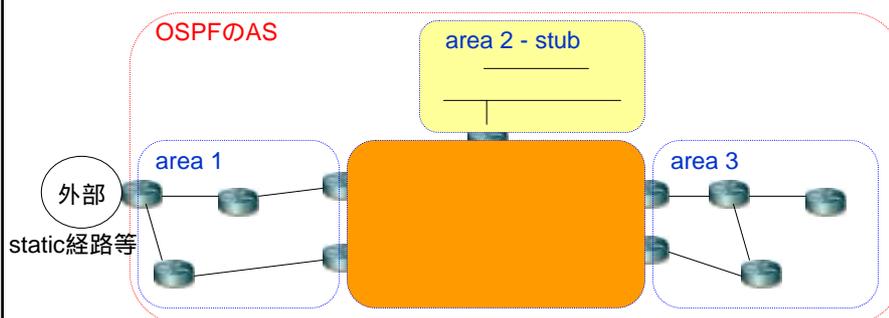
stubエリア

- 外部経路が増大した構成での対策を考えた
 - 外部経路は基本的に全エリアに広報される
 - これを軽減する仕組みがstubエリア
- 外部経路を伝播しない代わりに、default経路をエリア境界ルータが広報する
 - ASBRが無いエリアに適用できる
 - エリア内の全てのルータでstubエリアと設定する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

73

area 2をstubエリアにしている例



- area 2にはエリア間経路(inter area経路)とdefault経路のみが広報される
- この場合、area 3もstubエリアにすることができる

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

74

LSA

LSA(link state advertisement)の パケットフォーマットを解説する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

75

リンクステート広告 (LSA)

- link state advertisement
- 各ルータが広告する情報のこと
- LSAの集合がLSDBになる
- 目的に応じた幾つかのタイプがある

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

76

LSAの種類(基本)

LSタイプ

1. ルータLSA

ルータに接続するリンク、ネットワーク情報を運ぶ
リンク種別に応じてp2p, transit, stub, virtualの4種類

2. ネットワークLSA

ネットワークに接続するルータ情報を運ぶ

3. サマリLSA(ネットワーク)

エリア外のネットワークへの経路を運ぶ

4. サマリLSA(ASBR)

エリア外のASBRへの経路を運ぶ

5. AS-external-LSA

外部経路を運ぶ
Type 1とType 2のメトリックタイプが存在する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

77

LSA header



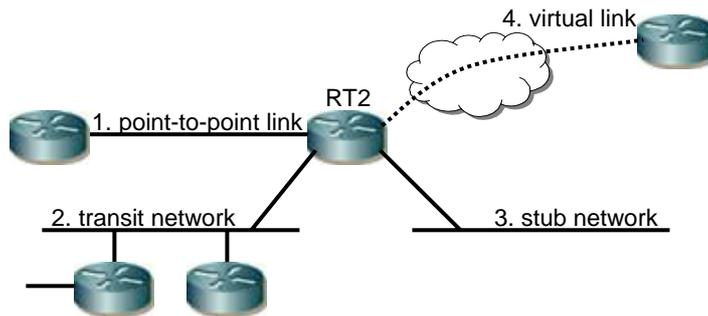
- 20-octetの固定長
- LSAを個別に識別できる
 - LSタイプ, リンクステートID, 広告元ID
- 新しいLSAを識別できる
 - LS age, LSシーケンス番号, LSチェックサム

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

78

LSタイプ1 - ルータLSA

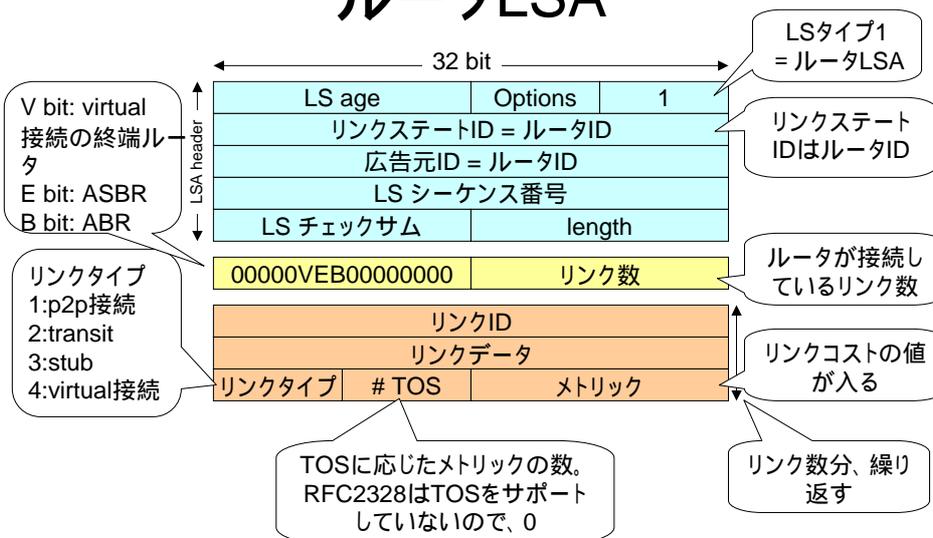
- 全ルータが一つずつ広告する自己紹介
- 4種類のリンクタイプ



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

79

ルータLSA



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

80

ルータLSAで運ぶ情報

- stubネットワークのみが経路情報を運び、その他はトポロジ情報を運ぶ

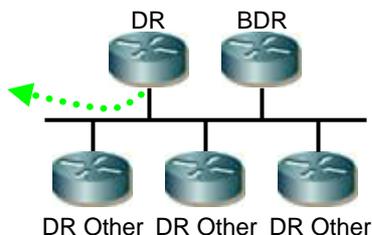
リンクタイプ	リンクID	リンクデータ	データ種類
1 p2p	ネイバのルータID	MIB-II ifindex値 (あれば、リンクのIPアドレス)	トポロジ
2 transit	DRのリンクのIPアドレス	リンクのIPアドレス	トポロジ
3 stub	リンクのIPネットワーク	ネットワークマスク	経路
4 virtual	ネイバのルータID	リンクのIPアドレス	トポロジ

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

81

LSタイプ2 - ネットワークLSA

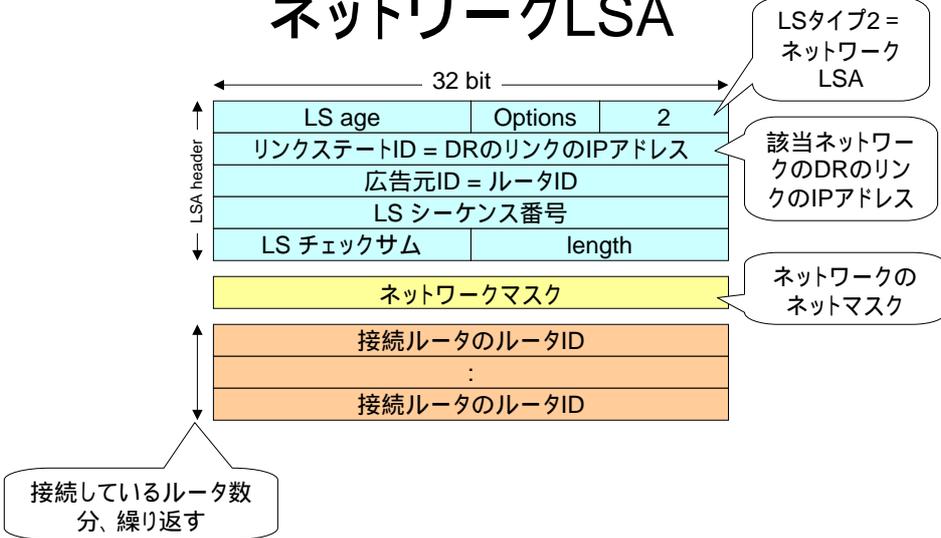
- transitネットワークに接続するルータのリスト
- ネットワークにつき1台の代表ルータ(DR)のみが広告する



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

82

ネットワークLSA



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

83

ネットワークLSAで運ぶ情報

- トポロジと経路を同時に運ぶ

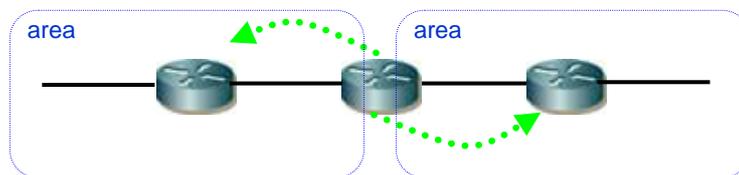


Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

84

LSタイプ3 - サマリLSA

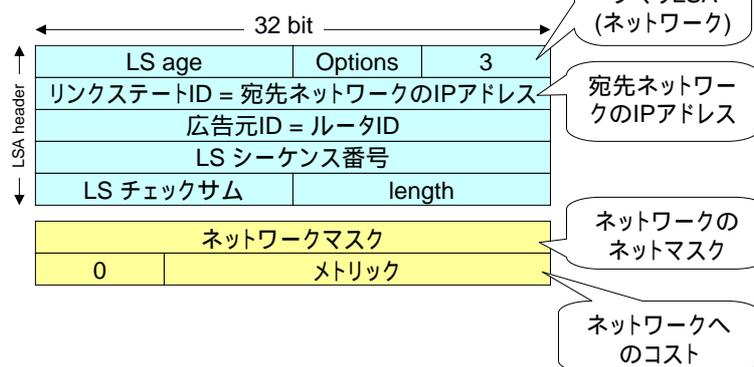
- エリア外のネットワークへの経路情報を運ぶ
- エリア境界で、エリア境界ルータが生成する



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

85

LSタイプ3 サマリLSA

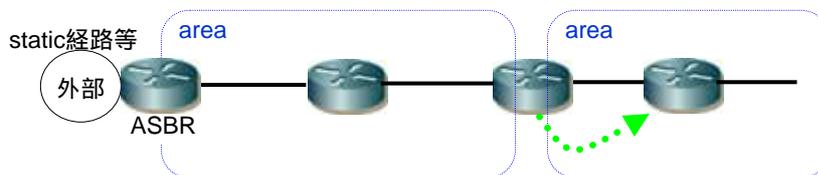


Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

86

LSタイプ4 - サマリLSA

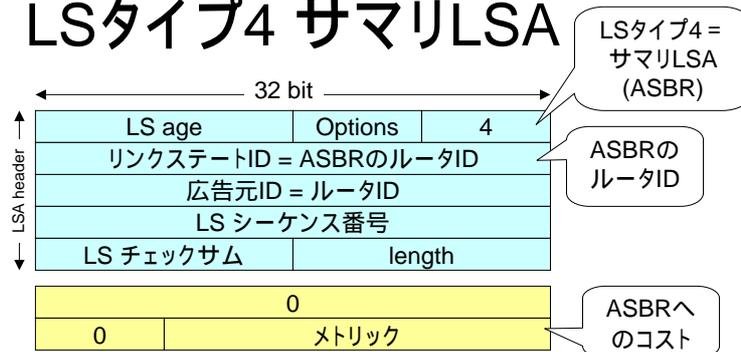
- エリア外のASBRへの経路情報を運ぶ
- エリア境界で、エリア境界ルータが生成する
- LSタイプ3とほぼ一緒
 - リンクステートIDがルータID、ネットマスクが0



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

87

LSタイプ4 サマリLSA

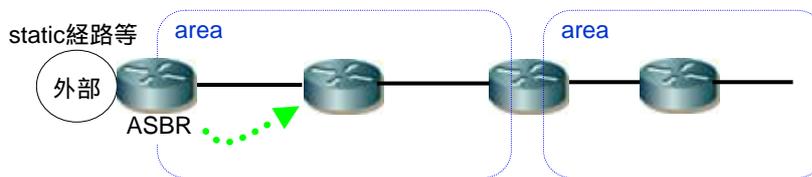


Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

88

LSタイプ5 - AS-external-LSA

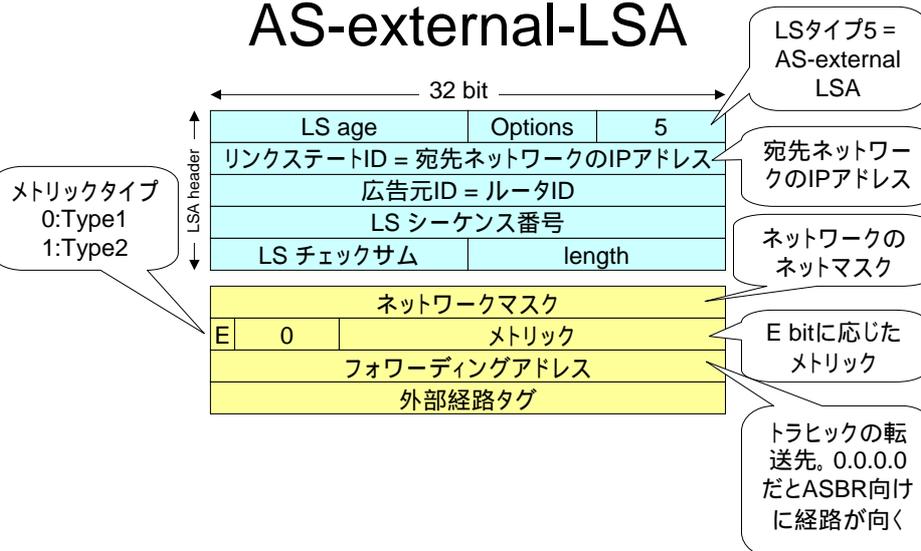
- staticや他のプロトコルで学習した経路情報を外部経路としてOSPF内で運ぶ
- AS境界ルータ(ASBR)が生成する
- Type1またはType2のメトリック



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

89

AS-external-LSA



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

90

LSAとエリア

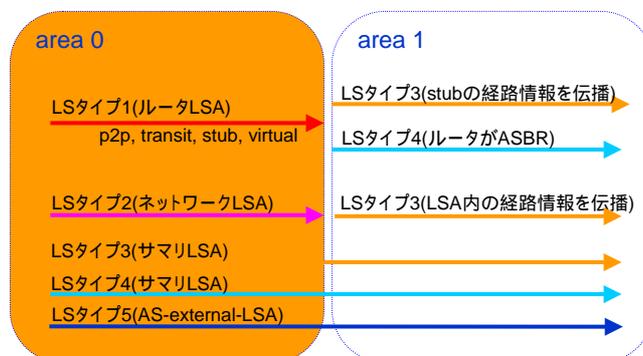
エリア間のLSAの伝播を整理する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

91

バックボーンから他エリアへのLSA

- ルータLSA, ネットワークLSAの経路部分が伝播する
- その他のLSAはそのまま伝播する

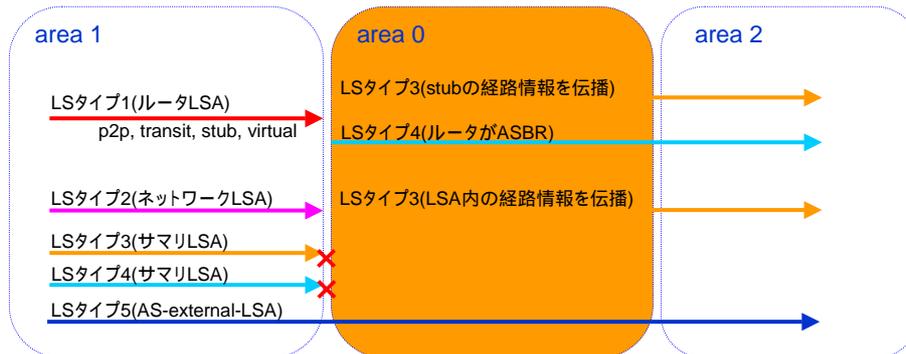


Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

92

エリア間でのLSA

- バックボーンエリアのみがサマリLSAを他エリアに中継できる

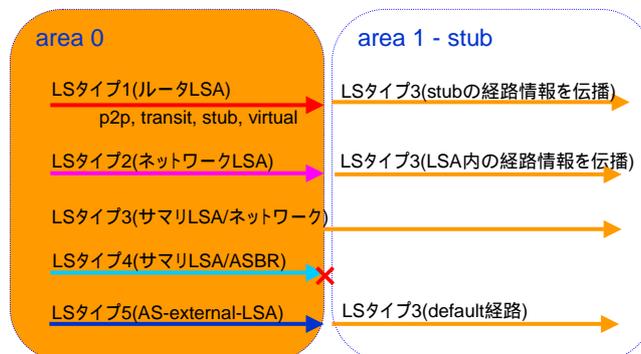


Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

93

stubエリアへのLSA

- 外部経路が伝播せず、default経路が広告される
- ASBRへの経路も必要ないので、伝播しない

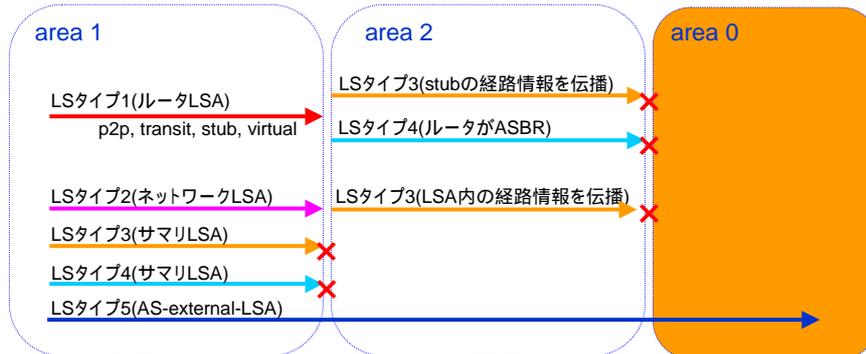


Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

94

エリア構成を誤った場合

- area 1がバックボーンエリアに接していない
- ほとんどの経路がバックボーンに届かない
- 外部経路も転送先アドレスが到達できないと考えられるので、ほぼ全ての経路が利用できない

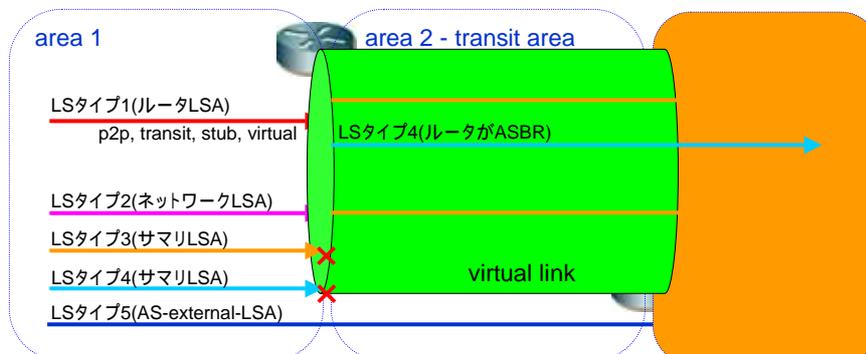


Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

95

virtual linkの利用

- area 0が張り出している様にLSAのやり取りを行う
- 構成が複雑になるので、緊急時以外お勧めしない



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

96

OSPF経路の優先順序

1. エリア内経路(intra area経路)
ルータLSA(LSタイプ1)
ネットワークLSA(LSタイプ2)
2. エリア間経路(inter area経路)
サマリLSA(LSタイプ3, 4)
3. 外部経路タイプ1
AS-external-LSA(LSタイプ5) メトリックタイプ1
4. 外部経路タイプ2
AS-external-LSA(LSタイプ5) メトリックタイプ2

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

97

OSPFv3

- OSPF for IPv6のこと
 - 詳しくは[RFC2740]
 - IPv6に対応するために、変更が加えられた
- トポロジ情報と経路情報の分離
 - ルータLSA、ネットワークLSAから経路を削除
 - ルータLSAのstubネットワーク
 - ネットワークLSAのネットマスク
 - 代わりにIntra-Area-Prefix-LSAを用意
- LSAにFlooding Scopeの要素が追加

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

98

OSPFv3

- LSAを分かりやすく改名
 - サマリLSA(LSタイプ3) Inter-Area-Prefix-LSA
 - サマリLSA(LSタイプ4) Inter-Area-Router-LSA
- リンクの識別手法の変更
 - OSPFv2 – 3種類
 - リンクタイプ
 - リンクID、リンクデータ
 - OSPFv3 – 4種類
 - リンクタイプ、
 - インタフェースID、ネイバインタフェースID、ネイバルータID

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

99

他のプロトコルとの比較

- OSPFとIS-IS
 - 1980年代の後半に開発が始まる
 - IS-ISのdraftが原型となり、OSPFが開発される
 - その後、各ベンダが実装
 - 現在もIETFのそれぞれのworking groupで議論が続く

 - どちらもSPFアルゴリズムを利用してリンクステートデータベースから経路情報を計算する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

100

IS-ISとOSPFv2

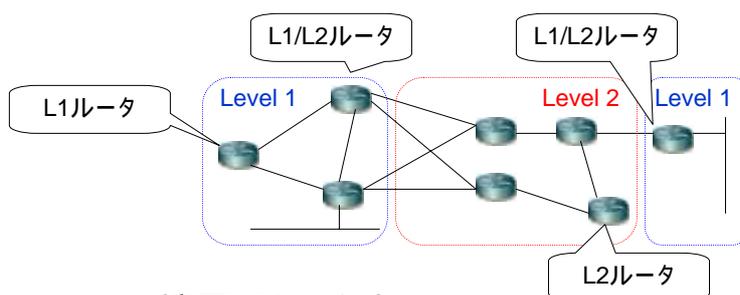
- IS-ISでIPの経路制御を出来るように拡張したものが、Integrated IS-IS。または Dual IS-IS

	Integrated IS-IS	OSPFv2
プロトコルパケットの転送	CLNS	IPv4
扱う経路情報	CLNS and/or IPv4	IPv4
階層化	Level1(エリア内) Level2(エリア間)	中継を担うarea0と その他のエリア
エリア境界	リンク	ルータ

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

101

IS-IS



- エリア境界はリンク上
- Level2がエリア間の通信を担う
- Level1からエリア外への通信は近隣のL1/L2ルータに頼る
 - L2の経路をL1内に伝播させることもできる[RFC2966]

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

102

BGP

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

103

BGP概要

- パスベクタ型プロトコル
 - プレフィックスに付加されたパス属性で経路制御
- AS番号によって、組織間、組織内を認識する
- 経路交換にTCPを利用
 - データの到達や再転送はTCP任せ
- 変更があった場合にのみ通知
 - ベスト経路のみを通知する
- 現在のバージョンは4 (BGP4)

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

104

BGPの基本アイデア

- 準備
 - 経路交換したいBGPルータとTCPでネイバを構築
- 通知
 - ベスト経路に変更があればUPDATEとしてネイバに広報
 - 受信した経路は幾つかの条件を経て、他のネイバに広報
- 構成
 - 各ルータが受信経路にポリシを適用し、パス情報を元にベスト経路を計算

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

105

BGP RFCs

- 基本
 - [RFC4271] A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)
- この他にもいっぱい
 - [RFC1997] BGP Communities Attribute
 - [RFC3065] AS Confederations for BGP
 - [RFC4451] BGP MED Considerations
 - [RFC4456] BGP Route Reflection

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

106

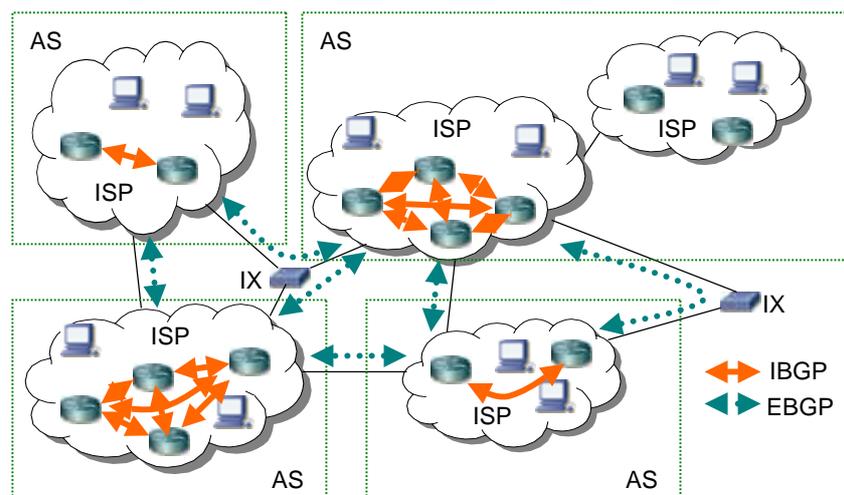
BGP用語

- BGP ID
 - ルータを識別する32bitの数値
 - インタフェースのIPアドレスから選ばれる
 - 実運用では変更が発生しないようにloopbackインタフェースに付与したIPアドレスを利用する
- NLRI
 - Network Layer Reachability Information
 - ネットワーク層到達可能性情報
 - prefixで示される宛先のこと

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

107

BGPの世界

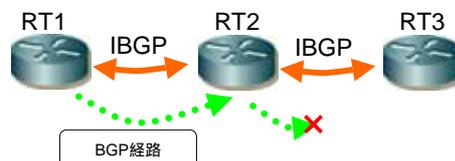


Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

108

IBGP(Internal BGP)

- 同じAS内でのBGP接続
- IBGPで受信した経路は他のIBGPルータに
広報されない
 - 全ての経路を伝えるには、AS内の全BGPルータ
がfull-meshでIBGPを張る必要がある



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

109

EBGP(External BGP)

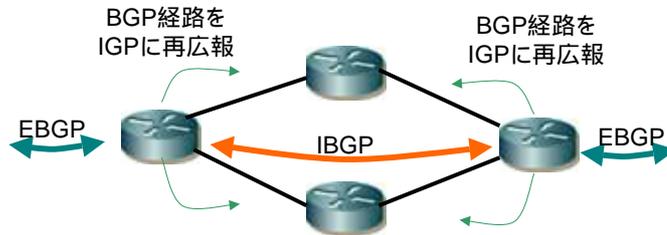
- 異なるASとのBGP接続
- EBGPから受信した経路は、他のBGPルータ
に広報する
 - IBGPから受信した経路もEBGPには広報する



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

110

BGPのいにしえのモデル



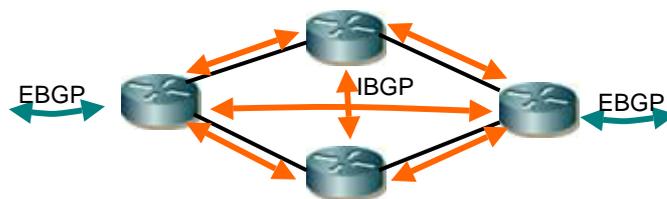
- EBGPを張るルータのみがBGPルータとなる
- BGP経路をIGP(OSPFやIS-IS)に再広報してAS内部はIGPで経路制御

…経路数が増大すると破綻

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

111

経路数の増大に対応したBGPモデル



- 主要なルータは全てBGPルータ
- IGPはトポロジと最低限の経路を運び、BGPでその他の全ての経路を運ぶ

…IBGP接続の増大

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

112

IBGP full-mesh $n*(n-1)/2$

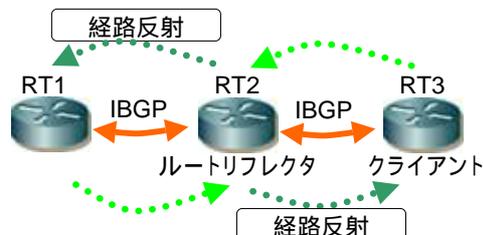
- AS内にBGPルーターが増える毎にIBGP接続が増大していく
 - 20台目のBGPルーターが接続すると19接続追加
 - ルーターリソースの問題、設定負荷の問題
- 解決策の模索
 - [RFC4456] ルートリフレクタ
 - [RFC3065] コンフェデレーション
 - 気にせずリソースを強大にする
 - ルーターを減らす

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

113

ルートリフレクタ

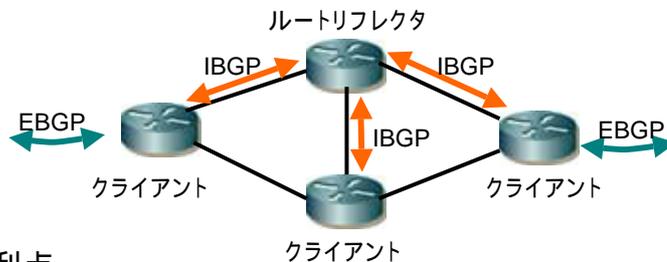
- IBGPで受信した経路の転送ルールを変更
- ルートリフレクタの機能
 - BGP接続ごとに設定される
 - クライアント以外のIBGPで受信した経路をクライアントに送信
 - クライアントから受信した経路を他のIBGPルーターに送信
- ベスト経路のみを広報するルールは変わらない



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

114

ルートリフレクタの利点と欠点



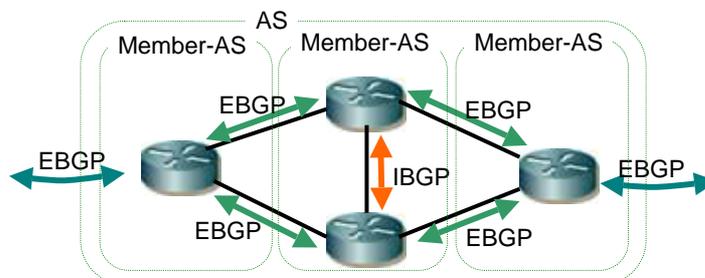
- 利点
 - IBGP接続数が削減できる
 - 比較的容易に導入できる
- 欠点
 - 経路削除時に、UPDATEが増える可能性がある
 - 経路情報が隠蔽されるため最適ではない経路を選ぶ可能性がある
 - リフレクタの階層はできるだけ物理トポロジに合わせるべし!

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

115

コンフェデレーション

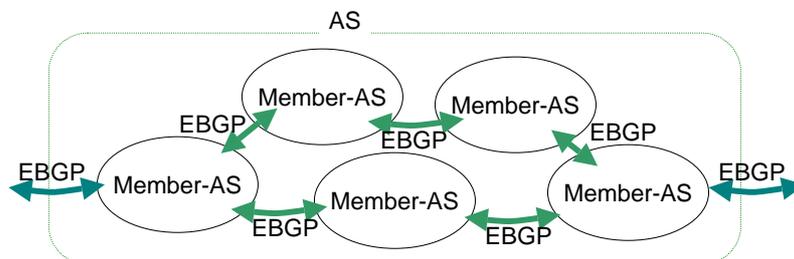
- 外部からは一つのASのままだが、内部を複数のメンバASで構成する
- メンバAS間のBGP接続はEBGPに似た挙動をする
- メンバASにはプライベートASを使うのが一般的



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

116

コンフェデレーションの利点と欠点



- 利点
 - IBGP接続数が削減できる
 - 管理区分を分けられる
- 欠点
 - 経路削除時にUPDATEが増える可能性がある
 - 経路情報が隠蔽されるため最適ではない経路を選ぶかもしれない

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

117

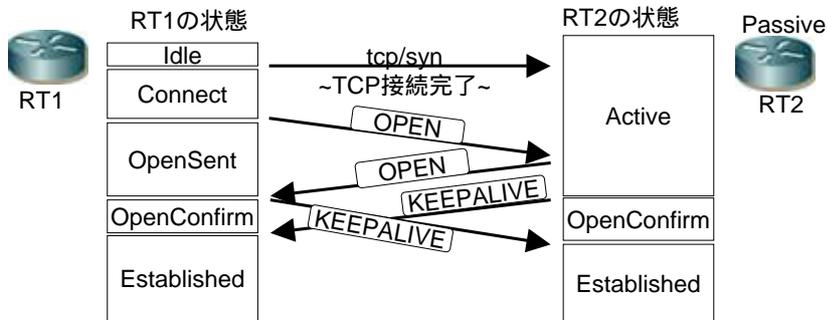
BGPパケット

BGPのプロトコルパケットの
フォーマットを解説する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

118

BGP接続の確立



- Idle – 初期状態
- Connect – TCPの接続完了待ち
- Active – 隣接からのTCP接続を待つ
- OpenSent – OPEN送信後、隣接からのOPENを待つ
- OpenConfirm – OPEN受信後、隣接からのKEEPALIVEを待つ
- Established – BGP接続完了、経路交換の開始

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

119

BGP Message header



- Marker(マーカ)
 - 16-octetの全bitが1
 - 過去との互換性のため
- Length
 - 2-octetのメッセージ長
 - 19 ~ 4096
- タイプ (1-octet)
 1. OPEN
 2. UPDATE
 3. NOTIFICATION
 4. KEEPALIVE
 5. ROUTE_REFRESH

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

120

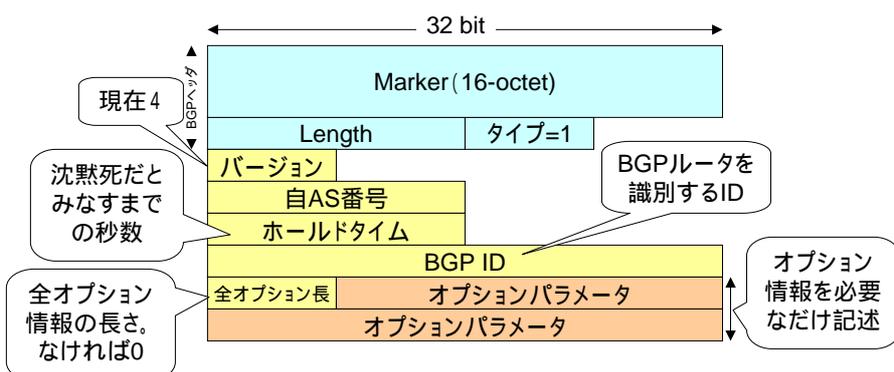
タイプ1 OPENメッセージ

- TCP接続が確立後、最初にやりとりされる
- パラメタの交換
 - バージョン、AS番号やBGP ID、ホールドタイム
 - オプションパラメータで各種機能を通知しあう
- タイプ4 KEEPALIVEで接続確立

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

121

タイプ1 OPENメッセージ

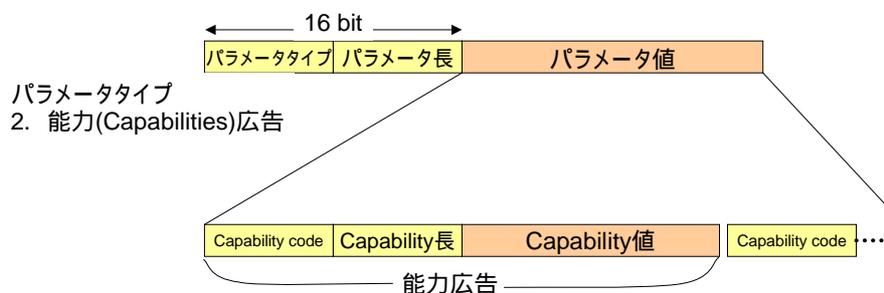


- ホールドタイムは0もしくは3以上
 - 小さな値が採用される
 - 0の場合、セッション維持にKEEPALIVEを利用しない

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

122

オプションパラメータフォーマット



- 今のところ能力広告に利用
– 利用可能な機能をピア先へ通知する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

123

Capabilityコード

1 Multiprotocol Extension	サポートする<AFI, SAFI>の広告
2 Route Refresh	rfc版のRoute Refresh機能広告
3 Cooperative Route Filtering	
4 Multiple routes to a destination	
64 Graceful Restart	
65 Support for 4-octet AS number	
67 Support for Dynamic Capability	
128 Route Refresh(cisco)	Cisco独自のRoute Refresh機能広告

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

124

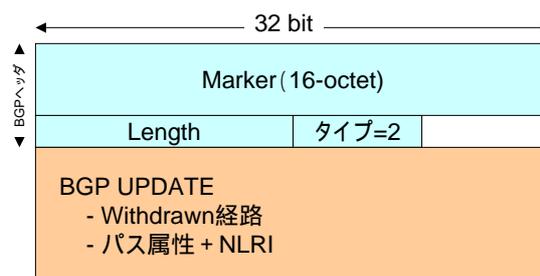
タイプ2 UPDATEメッセージ

- 経路情報を運ぶ
- 一つのメッセージで以下の情報を運べる
 - 複数のWithdrawn(取り消された)経路
 - 同じパス属性を持つ複数のNLRI
 - Withdrawn経路に含まれる経路は、同じメッセージ中でNLRIに含まれてはならない
- 情報の伝播保証はTCP任せ

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

125

タイプ2 UPDATEメッセージ



- パス属性が異なるNLRIは、異なるUPDATEメッセージで運ばれる

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

126

BGP UPDATEフォーマット

- Withdrawn経路
 - Withdrawnの長さ(2-octet)
 - Withdrawn経路の列挙
- 到達可能経路
 - 全パス属性の長さ(2-octet)
 - パス属性の列挙
 - NLRIの列挙



プレフィックスの格納形式

長さ(1-octet) | プレフィックス(可変長)

– 例: 10.0.0.0/8

8(1-octet) | 10(1-octet)

– 例: 10.0.0.127/25

25(1-octet) | 10.0.0.127(4-octet)

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

127

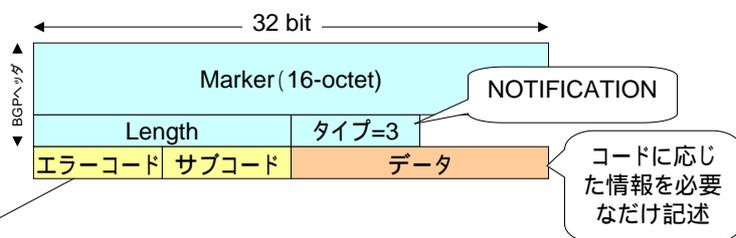
タイプ3 NOTIFICATIONメッセージ

- エラーを検出すると送信する
 - 送信後、すぐにBGP接続を切断する
- エラー内容がエラーコードとエラーサブコードで示される
 - 必要であれば、追加のデータも通知される

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

128

タイプ3 NOTIFICATIONメッセージ



1. メッセージヘッダエラー
2. OPENメッセージエラー
3. UPDATEメッセージエラー
4. HoldTime超過
5. 状態遷移エラー
6. Cease

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

129

タイプ4 KEEPALIVEメッセージ

- BGP接続を確立させる
- BGP接続を維持する
 - 送信間隔内にUPDATEが無ければ送信
 - 送信間隔はホールドタイムの1/3程度
 - 最小で1秒
 - ホールドタイムが0の場合は送信してはならない

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

130

タイプ4 KEEPALIVEメッセージ



- KEEPALIVEであること以外、何も運ばない
- 最小のBGPメッセージ

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

131

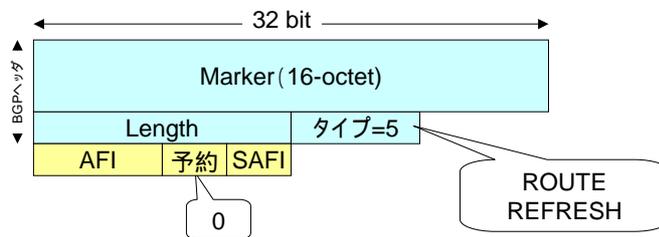
タイプ5 ROUTE-REFRESHメッセージ

- 全経路の再広報を依頼する
 - <AFI, SAFI>を指定 (IPv4 unicastなど)
- 受信時、知らない<AFI, SAFI>であれば無視
- メッセージを送信するには、OPENメッセージのCapability広告でROUTE_REFRESH機能が通知されている必要がある

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

132

タイプ5 ROUTE-REFRESHメッセージ

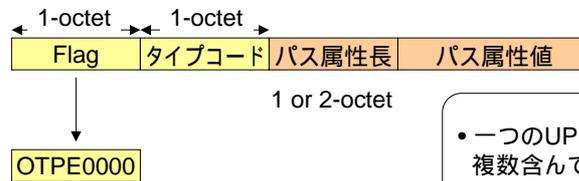


- AFI = Address Family Identifier
 - IPv4やIPv6など
- SAFI = Subsequent Address Family Identifier
 - UnicastやMulticastなど

パス属性

パス属性の構成と主要なパス属性
について解説する

パス属性フォーマット



- 一つのUPDATEに同じパス属性を複数含んではいけない

O bit: Optional(パス属性の種別)

0=Wellknown, 1=optional

T bit: Transitive(パス属性の転送)

0=non-transitive, 1=transitive

P bit: Partial(パス属性の処理)

0=complete, 1=partial

E bit: Extended length

0=パス属性長は1-octet

1=パス属性長は2-octet

Partial bit

- オプション属性が、経路が広報されてから経由した全てのルータで解釈されたかどうかを示す
- 0:全てのルータで解釈された
- 1:解釈されなかったルータあり

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

135

パス属性の4つのカテゴリ

- 周知必須 - well-known mandatory [T]
 - 全てのBGPルータで解釈可能
 - NLR情報があれば必ずパス属性に含まれる
- 周知任意 - well-known discretionary [T]
 - 全てのBGPルータで解釈可能
 - 必ずしも含まれない
- オプション通知 - Optional transitive [OT]
 - 一部のBGPルータでは解釈できないかもしれない
 - 解釈できなくても、そのまま他のルータに広報する
 - この際、Partial bitを1にセットする
- オプション非通知 - Optional non-transitive [O]
 - 一部のBGPルータでは解釈できないかもしれない
 - 解釈できない場合は、他のルータに広報するとき属性を削除する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

136

ORIGIN属性値

- 周知必須
- NLRIの起源を示す3つのタイプ
- 経路生成元で付加され、その後変更されない

0 – IGP … AS内部で生成
1 – EGP … EGP[RFC904]から生成
2 – INCOMPLETE … その他の方法で生成

AS_PATH属性

- 周知必須
- NLRIが通過してきたAS番号のリスト
 - 例えば“10 20 30”
 - 一番右は経路を生成したAS番号
 - 他のASに広報するとき先頭に自AS番号を付加
- 用途に応じてセグメントが用意されている
 - 通常はAS_SEQUENCEを利用する
 - 異なるAS_PATHを集約した場合はAS_SET
 - AS_SETは{}でくくられる表記が多い
 - 例えば“10 20 30 {40 41}”

AS_PATH属性フォーマット



セグメントタイプ

1: AS_SET

UPDATEが経由したAS番号。順序は意味を持たない
異なるAS Pathの経路を集約したときに生成される

2: AS_SEQUENCE

UPDATEが経由したAS番号。順序に意味がある
経由した最新のAS番号はセグメント値の一番左

AS数

octet数ではなく、AS数
つまり、255個のASまで

セグメント値

2-octetのAS番号のリスト

- 新しい情報は先頭(左)に付加される

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

139

AS_PATH属性の処理

- 経路を転送する場合

広報先	
IBGP	変更しない
EBGP	自AS番号をAS_SEQUENCEタイプでAS_PATH属性の先頭に付加する

- 経路を生成する場合

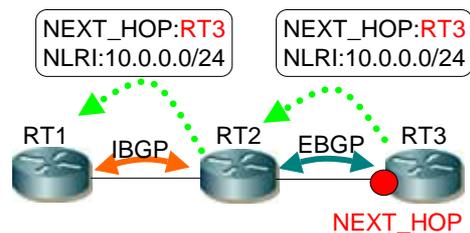
広報先	
IBGP	空のAS_PATH属性を生成する
EBGP	AS_SEQUENCEタイプで自AS番号のみのAS_PATH属性を生成する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

140

NEXT_HOP属性

- 周知必須
- NLRIへ到達するためのネクストホップIPアドレス



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

141

NEXT_HOP属性の処理

- IBGPに経路を転送するときは
 - 変更しない
 - ただし、設定で自身のIPアドレスに変更することも可能
- IBGPに生成した経路を広報するときは
 - その宛先に到達するためのネクストホップを設定する
 - ただし、自身のIPアドレスを設定することも可能
- EBGPに経路を広報するときは
 - BGP接続に利用している自身のIPアドレスを設定する
 - ただし、宛先のネクストホップがEBGPルータと共通のサブネットに属する場合は、他のルータのIPアドレスや自身の別なインタフェースのIPアドレスを設定することも可能

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

142

MULTI_EXIT_DISC(MED)属性

- 周知任意
- 隣接ASとの距離を表す 4-octetの数値
 - 小さいほど優先される
 - 付加されていないと最小の0と見なす[RFC4271]
- EBGPで受信したMEDは他のEBGPでそのまま広報してはならない
- 幾つかの注意点
 - BGP MED Considerations [RFC4451] など

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

143

LOCAL_PREF属性

- 周知
- AS内での優先度を示す 4-octetの数値
 - 大きいほど優先される
- IBGPとEBGPで取り扱いが異なる
 - IBGPへの広報では付加されるべき
 - EBGPへの広報では付加してはならない
 - 付加されていた場合は無視
 - コンフェデレーションのSubAS間の場合は例外

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

144

COMMUNITIES属性

- オプション通知
- NLRIに32bitの数値で情報を付加する
 - この情報を元に予め実装したポリシー等を適用
- 上位16bitと下位16bitに分けた表記が一般的
 - 10進数で”上位:下位”の様に表記する
 - 自ASでの制御は上位に自AS番号を用い、下位で制御の情報を付加するのが一般的
 - つまり”asn:nn”

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

145

Well-Known-community

- (0xFFFFFFFF01) **NO_EXPORT**
 - 他ASに広報しない
 - コンフェデレーション内のメンバASには広報する
- (0xFFFFFFFF02) **NO_ADVERTISE**
 - 他BGPルータに広報しない
- (0xFFFFFFFF03) **NO_EXPORT_SUBCONFED**
 - 他ASに広報しない
 - コンフェデレーション内でメンバASにも広報しない
- (0xFFFFFFFF04) **NOPEER [RFC3765]**
 - 対等ピアには広報しない
 - まだ実装は無さそう

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

146

EBGP & IBGPとパス属性

パス属性	EBGP	IBGP
ORIGIN	必須	必須
AS_PATH	必須	必須
NEXT_HOP	必須	必須
MULTI_EXIT_DISC	任意	任意
LOCAL_PREF	不許可	付加すべき
COMMUNITIES	任意	任意

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

147

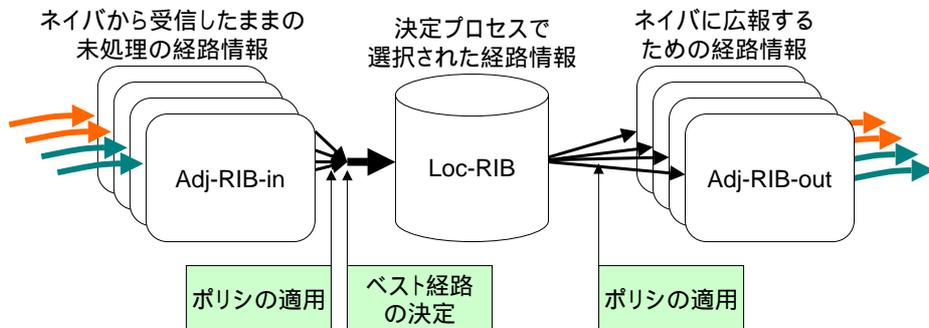
BGPの経路選択

経路処理方法や、経路選択ルール
を解説する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

148

BGPの経路処理

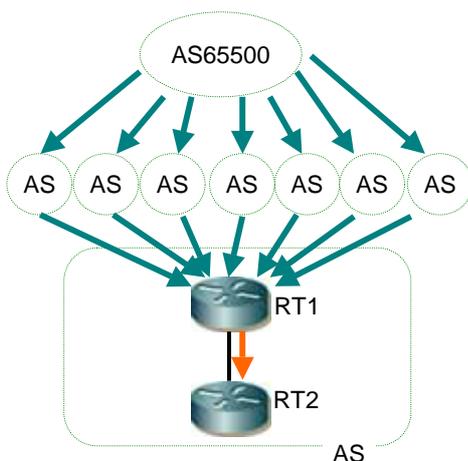


- ポリシは設定/実装依存
- 無理なポリシーを適用すると、経路ループを引き起こす可能性があるので注意

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

149

ベスト経路のみを広報



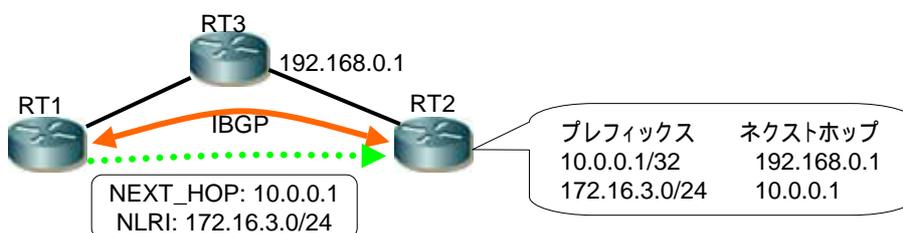
- RT1では7経路見える
 - ただし利用している経路はベストの1つだけ
- RT2へ広報されるのはRT1で選択されたベスト経路のみ

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

150

NEXT_HOP解決

- NEXT_HOP属性のIPアドレスまで到達可能であること
 - BGPも含めた経路で再帰解決して、最終的にBGPルータの隣接するネクストホップが得られる必要がある[RFC4271]



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

151

経路優先度

1	NEXT_HOP	NEXT_HOP属性のIPアドレスが到達不可能な経路は無効
2	AS loop	AS Path属性に自身のAS番号が含まれている経路は無効
3	LOCAL_PREF	LOCAL_PREF属性値が大きい経路を優先 (LOCAL_PREF属性が付加されていない場合は、ポリシーに依存)
4	AS_PATH	AS_PATH属性に含まれるAS数が少ない経路を優先 (AS_SETタイプは幾つASを含んでも1として数える)
5	ORIGIN	ORIGIN属性の小さい経路を優先 (IGP < EGP < INCOMPLETE)
6	MULTI_EXIT_DISC	同じASからの経路はMED属性値が小さな経路を優先 (MED属性が付加されていない場合は、最小(=0)として扱う)
7	PEER_TYPE	IBGPよりもEBGPで受信した経路が優先
8	NEXT_HOP METRIC	NEXT_HOPへの内部経路コストが小さい経路が優先 (コストが算出できない経路がある場合は、この項目をスキップ)
9	BGP_ID	BGP IDの小さなBGPルータからの経路が優先 (ORIGINATOR_IDがある場合は、これをBGP IDとして扱う)
10	CLUSTER_LIST	CLUSTER_LISTの短い経路が優先
11	PEER_ADDRESS	ピアアドレスの小さなBGPルータからの経路を優先

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

152

属性値の評価

属性値がどう評価されるかを
解説する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

153

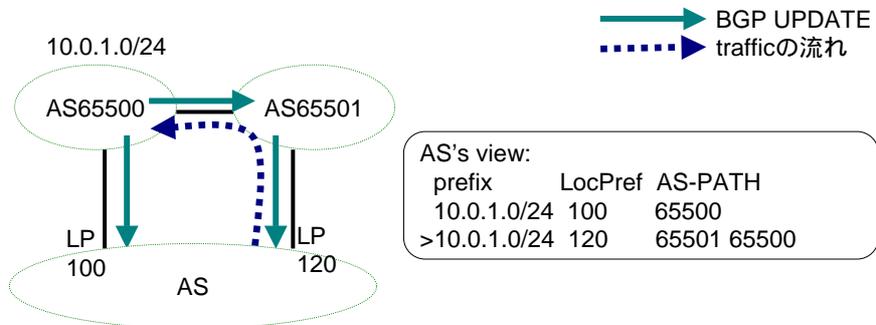
受信経路で重要な属性値

- Local Preference
 - 受信時に設定する
- AS Path
 - 相手ASから広報される
- MED
 - 相手ASから設定されて広報される、もしくは受信時に上書き設定する
- NEXT_HOP Cost
 - AS内部のトポロジに依存する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

154

Local Preference

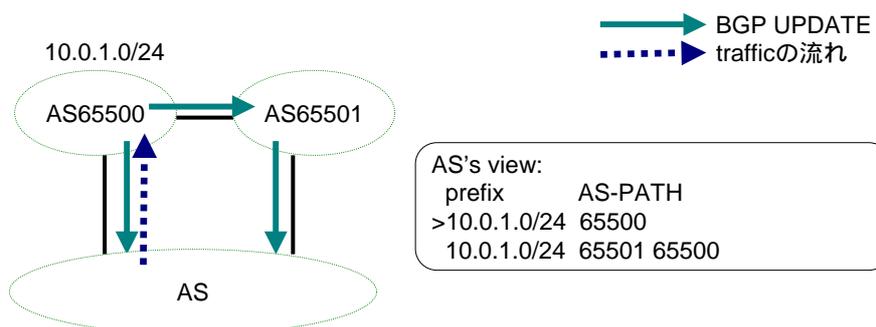


- Local Preferenceの大きな値が優先
- あるAS経由の経路を優先したい場合に有効

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

155

AS Path

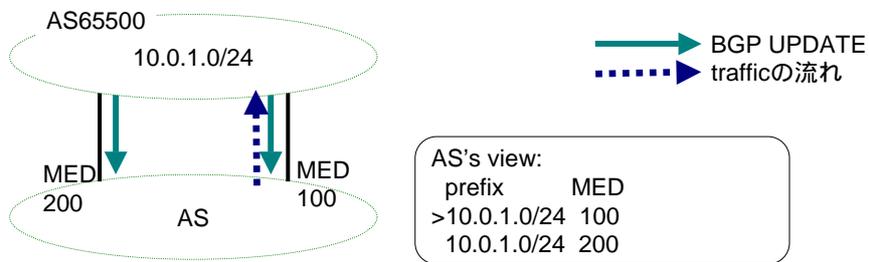


- AS Path長が短い経路が優先

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

156

MED(MULTI_EXIT_DISC)

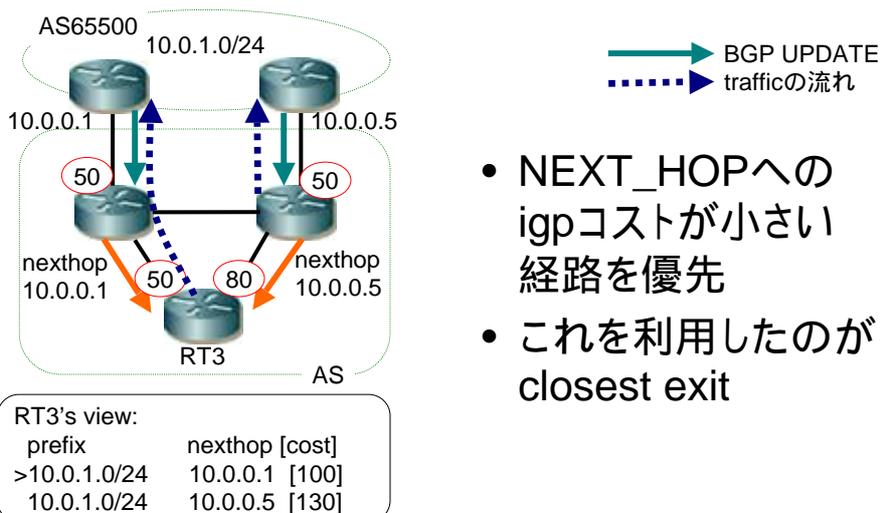


- MEDの値が小さい経路が優先
- あるASとの複数接続に優先順位をつけたい場合に有効

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

157

NEXT_HOP COST



- NEXT_HOPへのigpコストが小さい経路を優先
- これを利用したのがclosest exit

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

158

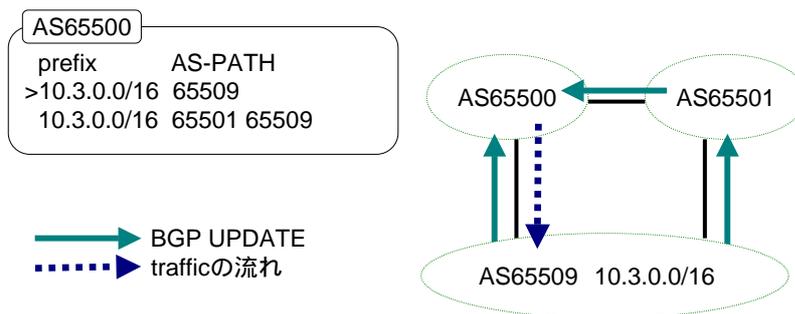
他ASへの広報で重要な属性値

- AS Path
 - prependでAS Path長を伸ばす
- MED
 - 複数接続に優先順位をつける
- Community
 - 広報先ASでの処理を期待する
- 相手とのポリシーのすり合わせが重要

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

159

AS Path (広報時)

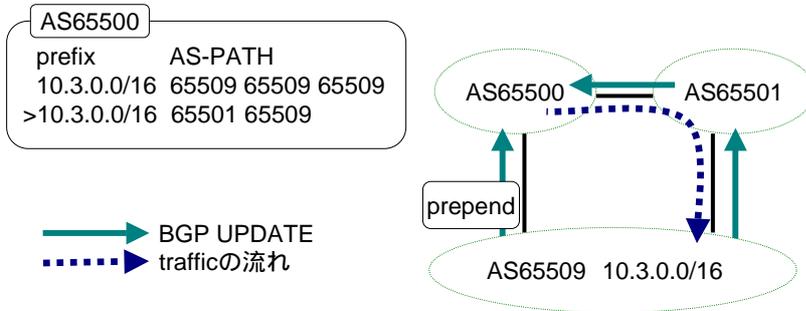


- AS Path長が短い経路が優先

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

160

AS Path prepend

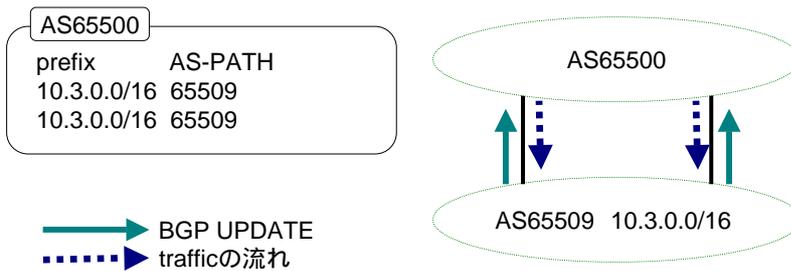


- あるASとの接続リンクを利用したくない場合に、AS Pathを長くして優先度を下げることが出来る

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

161

広報通常時

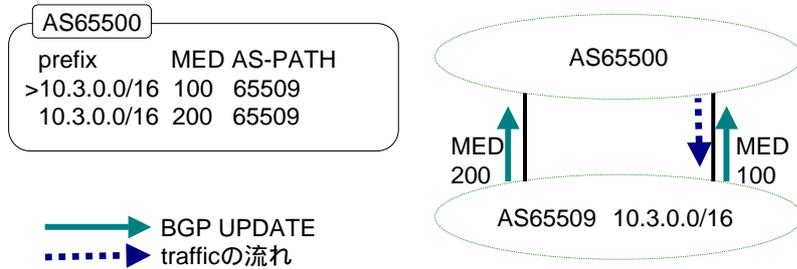


- AS65500で特別な制御を行っていないければ、closest exitになるはず
 - トラフィックの分散は相手ASの構成に依存する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

162

MED (広報時)

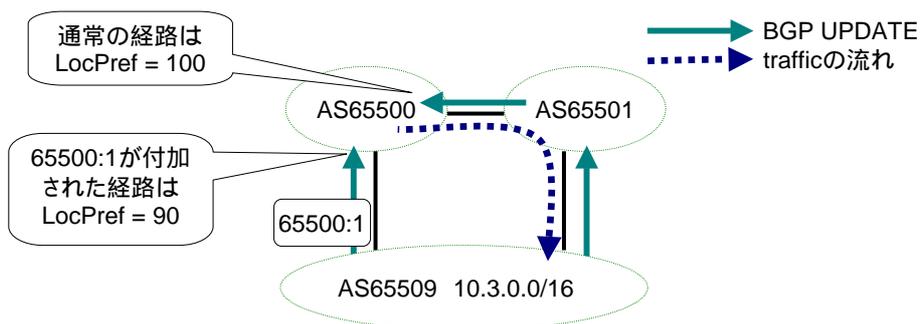


- 複数接続に優先順位をつけたい場合
- AS65500でMEDを受け付ける設定になっていれば、小さなMED値の経路が優先される
- MEDを受け付けるかどうかは相手ASのポリシー依存

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

163

Community利用例



- AS65500がCommunity制御を実装していれば利用できる
- 経路にCommunity情報を付加して、その制御を利用する
- Communityを受け付けるかどうかはASのポリシー依存

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

164

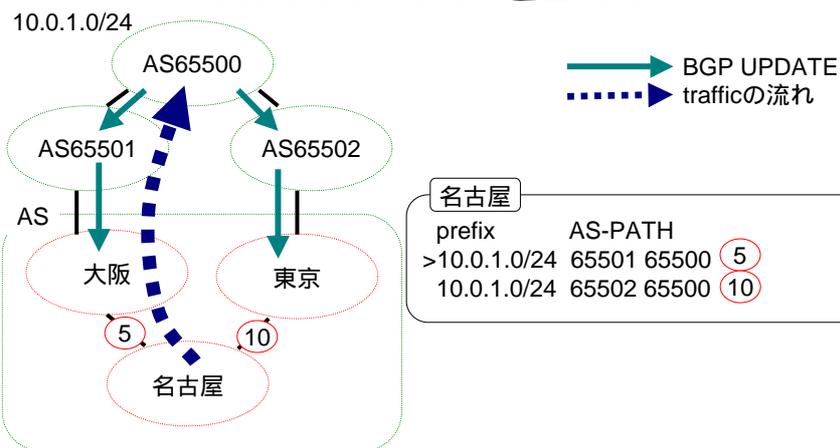
BGPのパス選択

OSPFとBGPの関わりなどを
解説する

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

165

closest exitとBGP

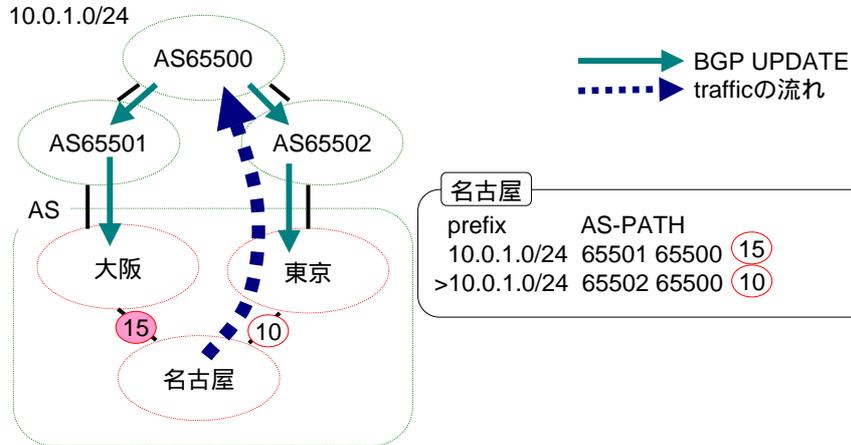


- 名古屋では、65501(大阪)経路を選択中

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

166

OSPFのコスト変更

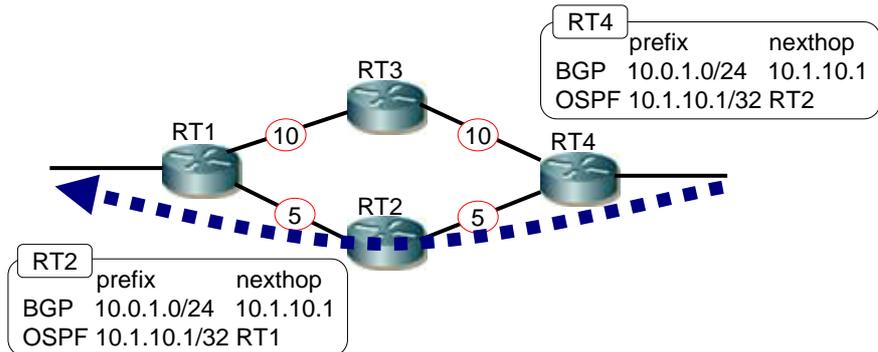


- 名古屋からは65502(東京経由)に更新

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

167

OSPFコストとBGP

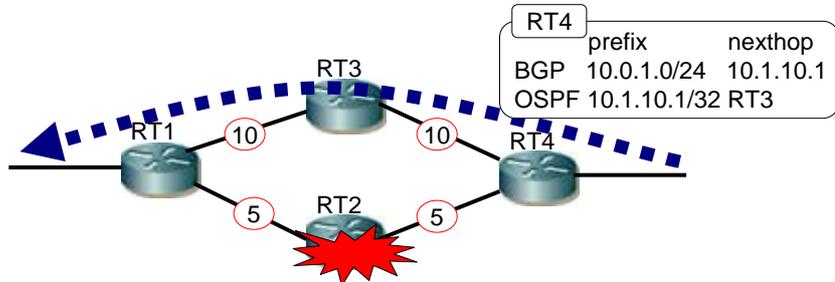


- BGPネクストホップへのOSPFコストが一番小さな経路が選択される

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

168

RT2が突然reload

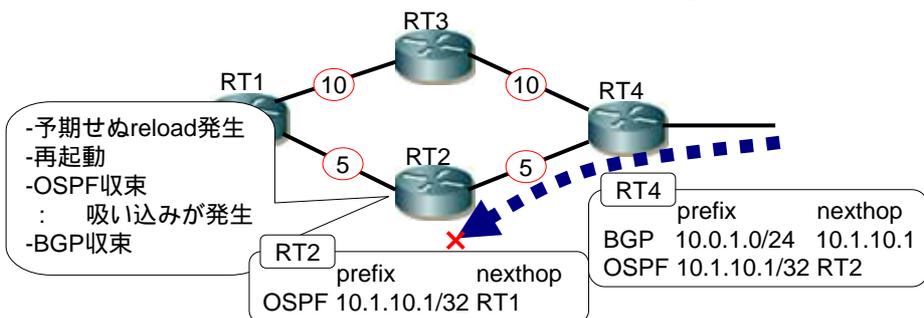


- RT2が再起動・・・
- 他のルータが障害を検出し、OSPF再計算
- トラヒックはRT3を迂回している

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

169

OSPFとBGPの収束時間が違う

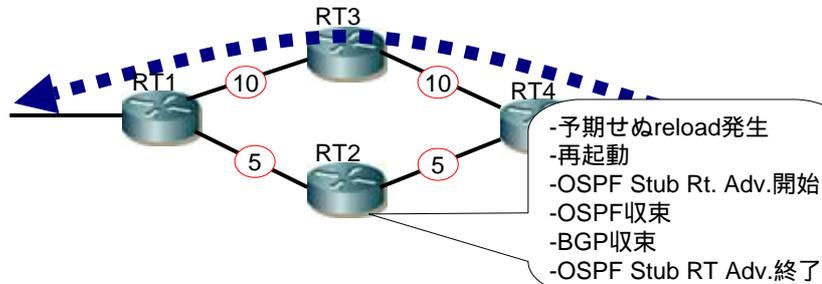


- OSPFは収束したので、RT4ではRT2側を選択
- RT2はまだBGP経路を受信しきっていない
- その間、RT2がトラヒックを破棄してしまう

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

170

OSPF StubRouterAdvertisement

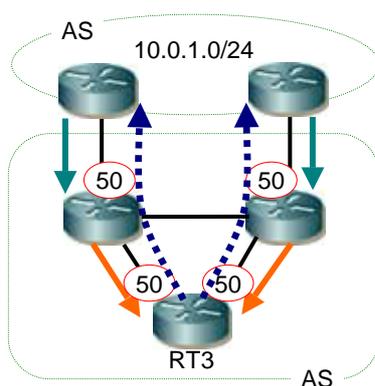


- ルータを経由するトラフィックを迂回させる機能
- OSPF起動後に実施して、BGP収束までトラフィックを迂回させる等の利用が考えられる
- 詳しくは[RFC3137]を参照

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

171

BGP Multipath



- 複数の経路を有効にできる手法
 - ベンダの実装依存
 - 経路選択で特定の段階まで優先度が一致すればMultipathとして扱う
- RT3でMultipathを使用
 - RT3が他のルータに広報する経路は通常選択される1つのベスト経路のみ

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

172

BGP4+

- BGP4のマルチプロトコル(IPv6)対応
 - [RFC2545] [RFC2858]
- OPENメッセージでマルチプロトコル対応を通知
- BGPセッションはIPv4 or IPv6どちらでも可
 - IPv6だと global unicast or link-localが選べる
 - IPv6の到達性を保証するには、IPv6でセッションを確立するのがお勧め
- NEXT_HOPは global unicast (+ link-local)
 - プレフィックスと共にMP_REACH_NLRIで運ばれる

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

173

BGPの転用

- BGPは、ルータにTCPで情報を通知できる
- パス属性で情報を運ぶ
 - IPv6経路等もパス属性で運ばれる
 - パス属性のみでNLRIが無いUPDATEも有効
- 経路を運ぶ以外の目的にも利用されるようになってきた

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

174

おわり



Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

175

参考資料

- BGP NOTIFICATIONメッセージコード
- BGP パス属性コードタイプ

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

176

BGP NOTIFICATIONメッセージ

1. メッセージヘッダエラー
2. OPENメッセージエラー
3. UPDATEメッセージエラー
4. HoldTime超過
5. 状態遷移エラー
6. Cease

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

177

コード1 メッセージヘッダエラー

- メッセージヘッダの処理中にエラーを検出



サブコード	エラー内容	データに含まれる値
1.	Markerの値が不正	
2.	Lengthの値が不正	不正だと判断したLengthの値
3.	解釈できないタイプ	解釈できなかったタイプの値

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

178

コード2 OPENメッセージエラー

- OPENメッセージの処理中にエラーを検出

2	サブコード	データ
---	-------	-----

サブコード	エラー内容	データに含まれる値
0.	特定なし	
1.	バージョン不一致	サポートする最も近いバージョン
2.	AS番号でエラー	
3.	BGP IDが不正	
4.	解釈できないオプションパラメータがある	
5.	[Deprecated]	
6.	ホールドタイム値が受け入れられない	
7.	未サポートのCapability	サポートしていないCapabilityコード

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

179

コード3 UPDATEメッセージエラー

- UPDATEメッセージの処理中にエラーを検出

3	サブコード	データ
---	-------	-----

サブコード	エラー内容	データに含まれる値
1.	アトリビュートが不正	
2.	周知必須属性が解釈できなかった	エラーを検出した属性(TLV)
3.	あるべき周知必須属性が無かった	無かった周知必須属性のタイプコード
4.	フラグが不正	エラーを検出した属性(TLV)
5.	パス属性長が不正	エラーを検出した属性(TLV)
6.	ORIGIN属性値が未規定の値	エラーを検出した属性(TLV)
7.	[Deprecated]	
8.	NEXT_HOP属性値の書式が不正	エラーを検出した属性(TLV)
9.	オプション属性値でエラー	エラーを検出した属性(TLV)
10.	NLRIの書式が不正	
11.	AS_PATH属性の書式が不正	

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

180

コード4 HoldTimer超過

- HoldTimer期間中に、UPDATEもKEEPALIVEも受信しなかった

4	サブコード	データ
---	-------	-----

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

181

コード5 状態遷移エラー

- 予期せぬイベントが発生

5	サブコード	データ
---	-------	-----

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

182

コード6 Cease

- その他のエラーを検出

6	サブコード	データ
---	-------	-----

サブコード	エラー内容	データに含まれる値
1.	最大受信経路数に到達	<AFI(2), SAFI(1), prefix上限値(4)>
2.	Administrative Shutdown	
3.	設定削除	
4.	Administrative Reset	
5.	接続拒否	
6.	その他の設定変更	
7.	接続競合の解決	
8.	リソース不足	

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

183

BGPパス属性値コードタイプ

1	ORIGIN	周知必須	経路の生成情報
2	AS_PATH	周知必須	経路が通過したASの情報
3	NEXT_HOP	周知必須	経路の宛先IPアドレス
4	MULTI_EXIT_DISC	オプション非通知	複数出口から経路選定する際の優先度
5	LOCAL_PREF	周知任意	経路の優先度
6	ATOMIC_AGGREGATE	周知任意	経路が途中で集約された情報
7	AGGREGATOR	オプション通知	経路集約を行ったルータ
8	COMMUNITIES	オプション通知	処理を行うための情報

Copyright (C) 2006 Internet Initiative Japan Inc.

184

BGPパス属性値コードタイプ 続き

9	ORIGINATOR	オプション非通知	クラスタ内での経路生成ルータ
10	CLUSTER_LIST	オプション非通知	経路を反射したクラスタIDのリスト
14	MP_REACH_NLRI	オプション非通知	マルチプロトコルの到達可能経路
15	MP_UNREACH_NLRI	オプション非通知	マルチプロトコルの到達不可能経路