

【1】ダイナミック(動的)ルーティングとは

ダイナミックルートとは、**ルータで設定されたルーティングプロトコルで動的に追加されるルート**のこと。ダイナミックルートの情報は、ルータで設定されたルーティングプロトコルの動作に従って他のルータに対して自動的に通知されます。また、**ネットワークの状態に変化があった場合、他に有効な宛先ルートがあれば自動的にそのルートに切り替わります。ネットワーク経路の追加、変更等は全て動的に伝わります。**

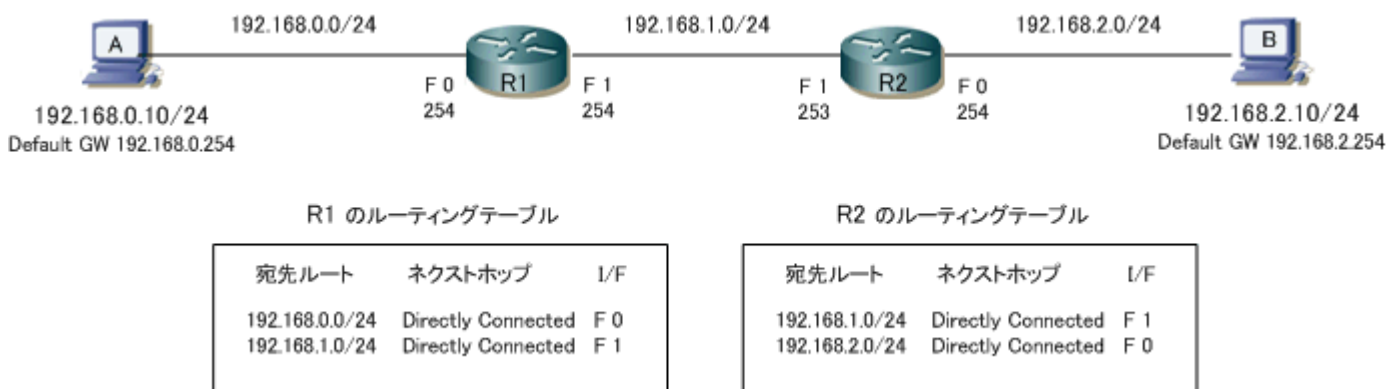
ルータでルーティングプロトコルを使用したルーティングのことをダイナミックルーティングと言います。

比較項目	スタティックルーティング	ダイナミックルーティング
ルートの設定方法	管理者が手動で設定	ルーティングプロトコルにより動的に追加
ネットワーク状態の変化時	宛先ルートに変化なし	宛先ルートが動的に更新される
ルータの負荷	負荷はない	ルーティングプロトコルで CPU とメモリをやや消費
管理者の負荷	ネットワークが大きい場合、設定するルート数が多くなり、設定の手間がある	複雑なネットワークの場合においてはルーティングプロトコルの深い知識が必要

【2】ルーティングプロトコルの設定

ルーティングプロトコルには RIP、EIGRP、OSPF、IS-IS、BGP などの種類があります。今回は、RIPv2 を使用してどのような設定が必要になるのか、ダイナミックルートがどのように追加されるのかを解説します。

下図では、それぞれのルータの I/F に IP アドレスの設定と有効化（no shutdown）をしている状態です。この時点でルータは直接接続ルートを追加することになるので、ルーティングテーブルは下図の通りです。この状態ではルーティングテーブルどおり端末 A から B にパケットを送信しても届きません。なぜなら **R1 のルーティングテーブルには宛先 IP アドレス「192.168.2.10」に該当する宛先ルートが存在しない**からです。



端末 A と B が通信できるように R1 と R2 のルータで RIPv2 を有効にし RIPv2 を有効化させる I/F を指定します。

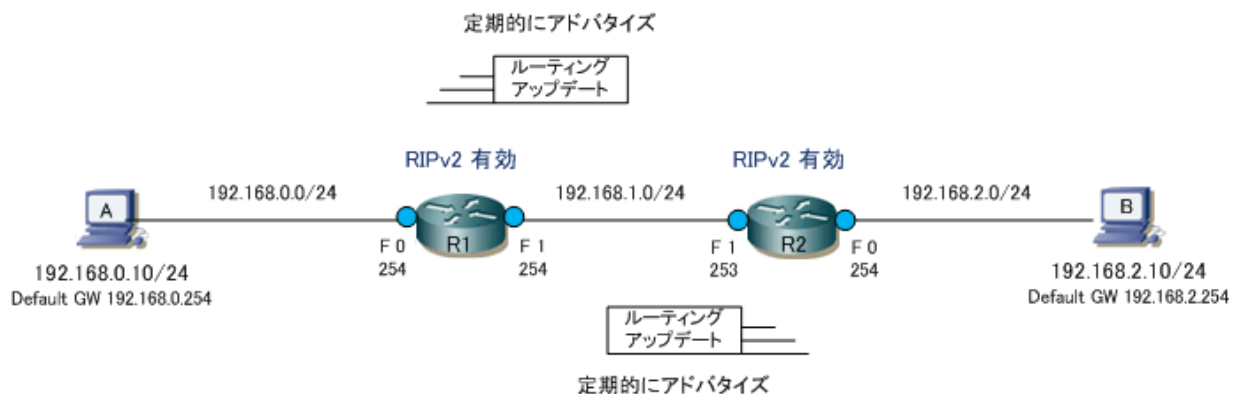
```

COM4:9600baud - Tera Term VT
ファイル(E) 編集(E) 設定(S) コントロール(Q) ウィンドウ(W) 漢字コード(K) ヘルプ(H)

R1#config ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R1(config)#
R1(config)#router rip RIPを起動
R1(config-router)#
R1(config-router)#network 192.168.0.0 RIPを有効化するI/Fを指定
R1(config-router)#network 192.168.1.0
R1(config-router)#version 2 RIP version 2 の有効化
R1(config-router)#

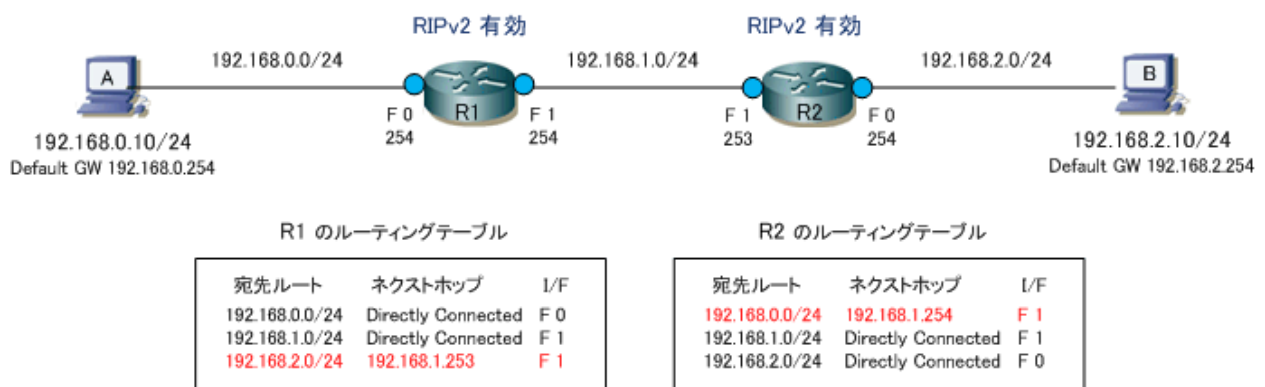
R2#config ter
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
R2(config)#
R2(config)#router rip RIPを起動
R2(config-router)#
R2(config-router)#network 192.168.1.0 RIPを有効化するI/Fを指定
R2(config-router)#network 192.168.2.0
R2(config-router)#version 2 RIP version 2 の有効化
R2(config-router)#

```



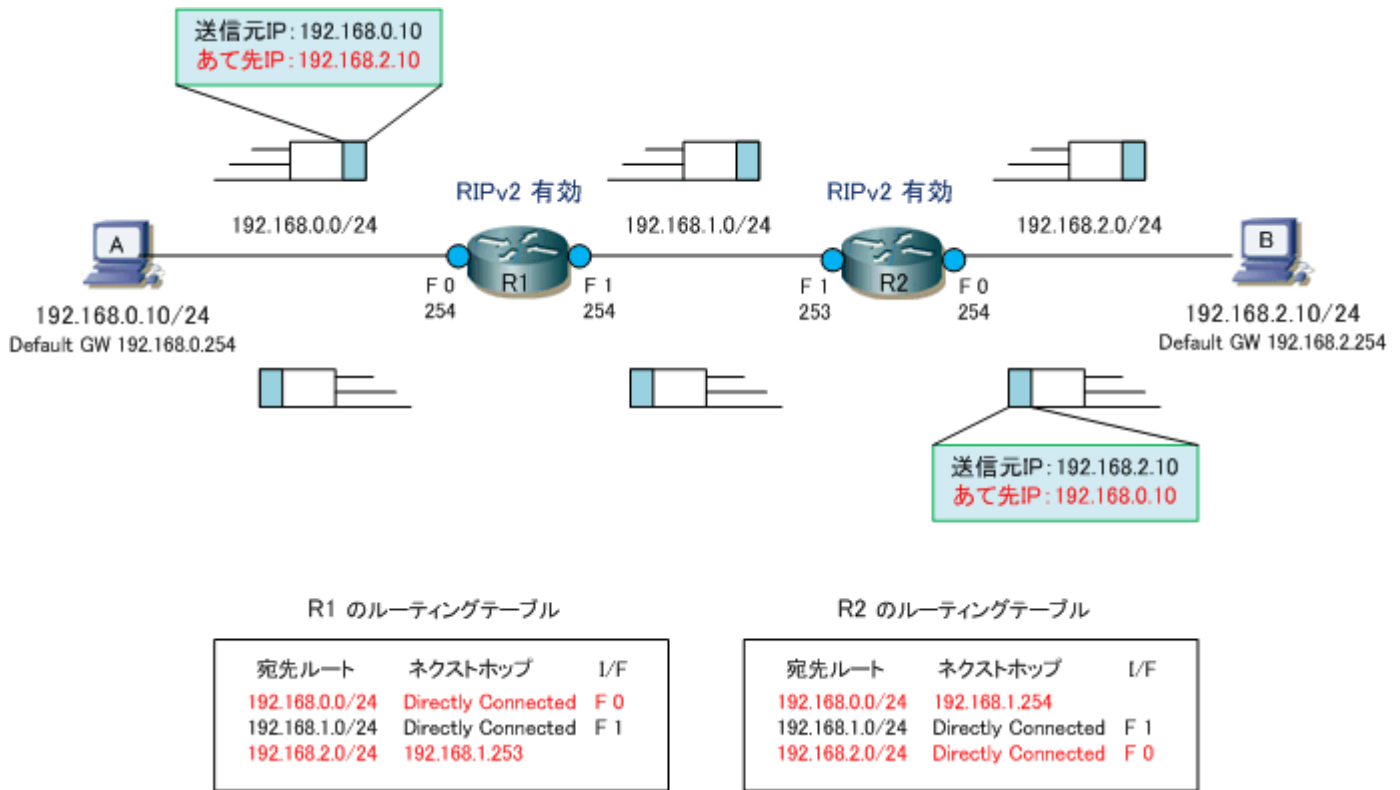
上記のように設定すると、R1 と R2 がそれぞれのルーティングテーブルにある経路情報を、ルーティングアップデートとして隣接ルータに通知（アドバタイズ）します。

結果、R1 は自身のルーティングテーブルにはない「192.168.2.0/24」の宛先ルートをルーティングテーブルに登録し、同様に R2 は「192.168.0.0/24」の宛先ルートをルーティングテーブルに登録します。その結果、ルーティングテーブルは下図の通りになります。



下図は、端末 A ⇄ B 間で双方向に通信している様子を表したものです。下図で、赤字にしている部分が実際にパケットの着信時に参照されるルーティングテーブルの該当箇所となっています。

ダイナミックルーティングの場合、通信させたいネットワークのインターフェースを有効化すれば自動的に経路情報がアドバタイズされていくのでスタティックルーティングのようにネクストホップのアドレスを確認しながら 1 つ 1 つ指定する必要がありません。大規模ネットワークでは、ダイナミックルーティングプロトコルを使用することが適しています。

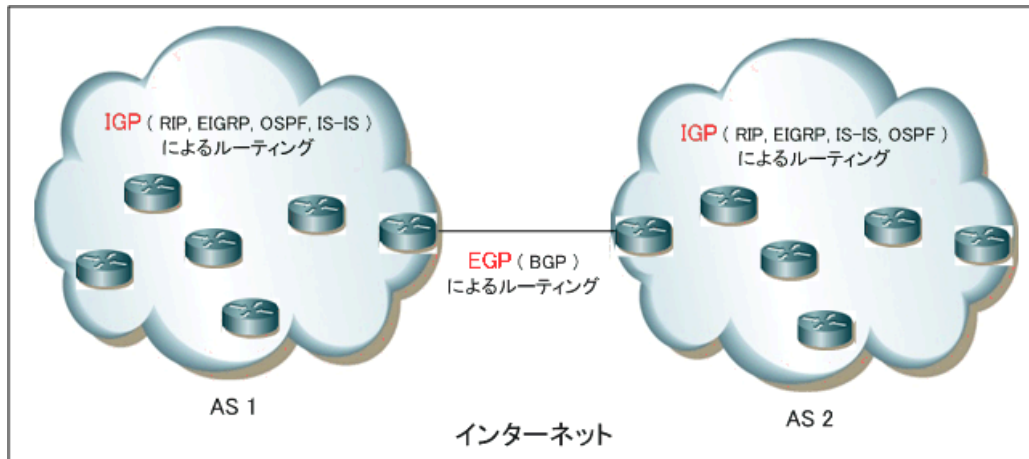


【3】ルーティングプロトコルの分類

ルーティングプロトコルには、RIP、EIGRP、OSPF、IS-IS、BGP など多くの種類があります。

これらは**内部ゲートウェイプロトコルの IGP** (Interior Gateway Protocol) と、**外部ゲートウェイプロトコルの EGP**(Exterior Gateway Protocol) の大きく 2 種類に分類されます。下図の AS (Autonomous System) は 1 つの ISP、企業、研究機関など共通ポリシーにより運用されるネットワークの集合体のことを意味します。

内部 or 外部	説明	ルーティングプロトコルの例
IGP	AS 内で使用されるルーティングプロトコル	RIP、EIGRP、OSPF、IS-IS
EGP	AS 間で使用されるルーティングプロトコル	BGP



この自律システムには一意の識別番号が割り当てられており、それを IANA が管理し、日本では JPNIC が割り当てを行っています。具体例として NTT 東日本の AS 番号は"17933"、早稲田大学は"7956"となっています。

上図でも分かる通りインターネットとは AS の集合体とも言えます。なお AS 内でどのルーティングプロトコル (RIP or EIGRP or OSPF or IS-IS) を使用するのかはネットワーク環境や導入機器の実装などに依存します。

【4】IGP のルーティングプロトコルの分類（アルゴリズムによる分類）

ルーティングプロトコルには大きく IGP と EGP があることが分かりました。そして、IGP には RIP、EIGRP、OSPF、IS-IS などがあることが分かりました。さて、この IGP ですが、ルーティングのアルゴリズムにより **ディスタンスベクター、リンクステート、ハイブリッドの 3 つに分類**できます。それぞれの特性は以下です。

比較項目	ディスタンスベクター	リンクステート	ハイブリッド
最適ルートの決め方	距離と方向（ホップ数）	リンクの状態（コスト値）	距離と方向（複合値）
使用するアルゴリズム	ベルマンフォード	SPF	DUAL
コンバージェンス	遅い	速い	速い
ルータの負荷	小さい	大きい	小さい
ルーティングプロトコル	RIPv1、RIPv2	OSPF、IS-IS	EIGRP

● **コンバージェンス（収束）**：ネットワークの安定した状態のこと。

具体的にはネットワーク上の全てのルータがルーティングテーブル上に本来あるべき必要な宛先ルートを **安定して保持している状態**のことです。

● **ディスタンスベクター**： **ディスタンス（距離）とベクター（方向）で最適なルートを決定するアルゴリズム。**

簡単にいえば、ホップ数により最適なルートを決定します。ルータ間では定期的にルーティングテーブル全体を交換し合うことでリモートネットワークの宛先ルートを受信します。単純な動作で収束が遅いのが特徴です。

● **リンクステート**：ルーティングプロトコルが**ネットワーク全体のトポロジーを把握した上で宛先への最適ルートを決定**するアルゴリズム。

最適ルートの計算に SPF (Shortest Path First) を使用します。ルータ間でルーティングテーブル全体を交換するのではなく、LSA (Link State Advertisement) と呼ばれるリンク、つまり、I/F に関連する状態を交換して、ネットワーク変化時に必要な情報だけをルータ間でやりとりします。

● **ハイブリッド**：ディスタンスベクターとリンクステートの両方の機能を組み合わせたアルゴリズム。

これは **Cisco Systems 独自のアルゴリズムである DUAL を使用**し、宛先への最適ルートの計算を行っています。この DUAL では最適ルートの決定と同時にバックアップルートを決定するため、収束が高速なのが特徴となります。

【5】IGP のルーティングプロトコルの分類 (クラスフル/クラスレスによる分類)

先ほどは IGP のルーティングプロトコルを「ルーティングアルゴリズム」の点から分類してみました。今回は IGP のルーティングプロトコルを通知するルート情報にサブネットマスクを含めるかどうかの点で分類します。

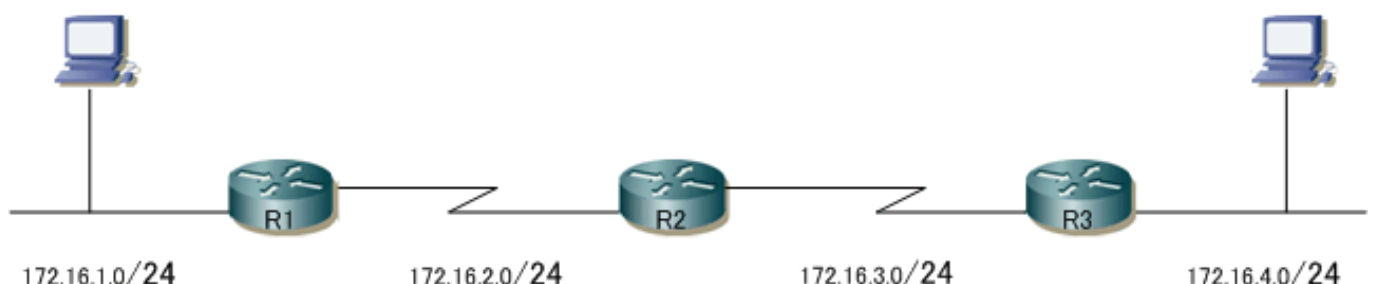
通知するルート情報に**サブネットマスクを含めないのがクラスフルルーティングプロトコル**です。それに対し通知するルート情報に**サブネットマスクを含めるのがクラスレスルーティングプロトコル**です。

クラスフル / クラスレス	説明	ルーティングプロトコルの例
クラスフルルーティングプロトコル	通知するルート情報にサブネットマスクを含めない	RIPv1
クラスレスルーティングプロトコル	通知するルート情報にサブネットマスクを含める	RIPv2、EIGRP、OSPF、IS-IS

クラスフルルーティングプロトコルは通知するルート情報にサブネットマスクを含まないため、同じクラスフルネットワークにおいては同じサブネットマスクを使用する必要があります。

例えば、以下のネットワーク体系となります。ネットワーク上の機器台数に関係なく全てのネットワークで同じサブネットマスクにする必要があるため効率的なアドレッシングができません。このアドレッシングが、**FLSM** (固定長サブネットマスク) です。

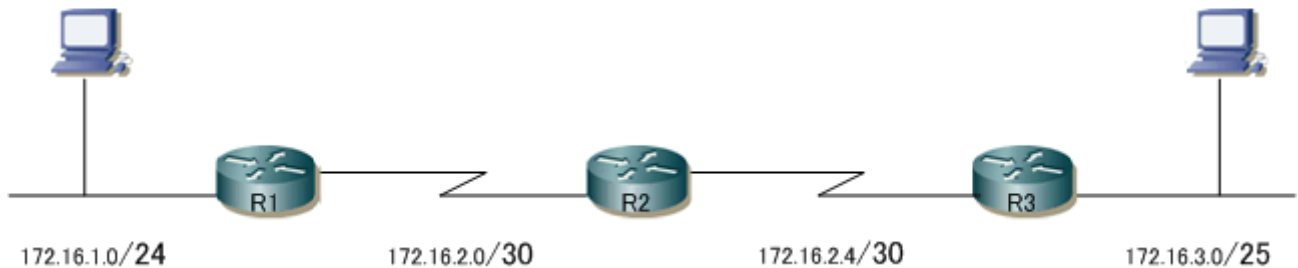
FLSM (Fixed Length Subnet Mask)



クラスレスルーティングプロトコルは、通知するルート情報のサブネットマスクを含むので、同じクラスフルネットワークにおいて異なるサブネットマスクを使用することができます。

例えば、以下のネットワーク体系となります。ネットワーク上の機器台数に応じて、異なるサブネットマスクを使用することができることから効率的な IP アドレッシングが可能です。このアドレッシングが、**VLSM**（可変調サブネットマスク）です。

VLSM (Variable Length Subnet Mask)



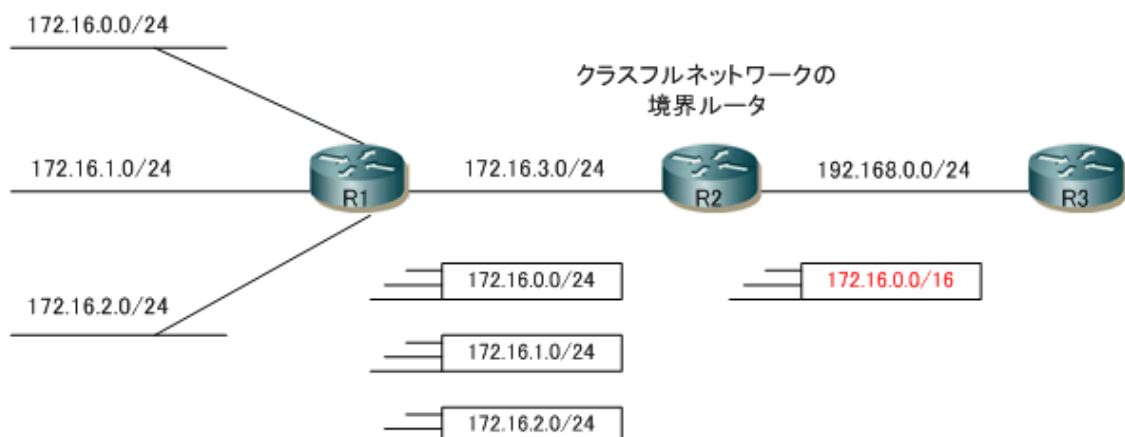
【6】経路集約

ルーティングテーブル上の**複数のルートを 1 つのルートにまとめることを経路集約**と言います。経路集約には自動経路集約と手動経路集約の 2 つがあり。自動経路集約はクラスフルネットワーク（クラス A or B or C）の境界で自動的に行われる経路集約です。手動経路集約は、管理者で手動で設定可能な経路集約です。

自動経路集約では、集約される経路はクラス A (/8)、クラス B (/16)、クラス C (/24) の 3 通りとなります。下図において R2 はクラスフルネットワークの境界ルータとなります。R1 から R2 に対しては「172.16.0.0/24」

「172.16.1.0/24」「172.16.2.0/24」のネットワークは「/24」として通知されますがクラス境界ルータの R2 から R3 にルート情報を通知する場合には、自動的に経路集約されて「172.16.0.0/16」として通知されます。

自動経路集約

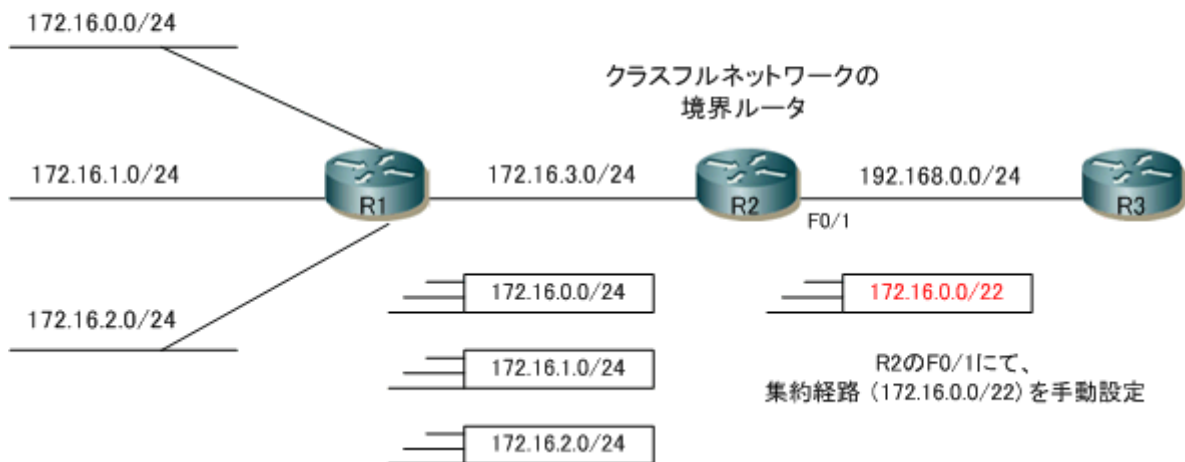


手動経路集約では、集約経路は管理者がルート情報の内容に応じて自由に定義することができます。

前図 R2 がクラスフルネットワークの境界ルータです。

R2 に「172.16.0.0/24」「172.16.1.0/24」「172.16.2.0/24」のネットワークは「/24」として通知されます。境界ルータにおいて「172.16.0.0/24 ～ 172.16.3.0/24」の 4 つのルートを持っている場合、これら 4 つのルートを含めることができる「172.16.0.0/22」というルートを手動で定義することで、無駄なく適正に隣接ルータにルート情報を通知できます。

手動経路集約



クラスフルルーティングプロトコルである RIPv1 では、自動経路集約が自動的に実行されます。さらに自動経路集約は強制で、無効化することができません。一方で、クラスレスルーティングプロトコルでは RIPv2 と EIGRP では自動経路集約と手動経路集約のどちらでも実行可能で自動経路集約も無効化できます。

OSPF と IS-IS では、手動経路集約のみ実行可能です。ややこしいので、これらの内容を下表にまとめます。

	ルーティングプロトコル	自動経路集約	手動経路集約
クラスフルルーティングプロトコル	RIPv1	○ (無効化は不可)	×
クラスレスルーティングプロトコル	RIPv2、EIGRP	○ (無効化は可能)	○
	OSPF、IS-IS	×	○

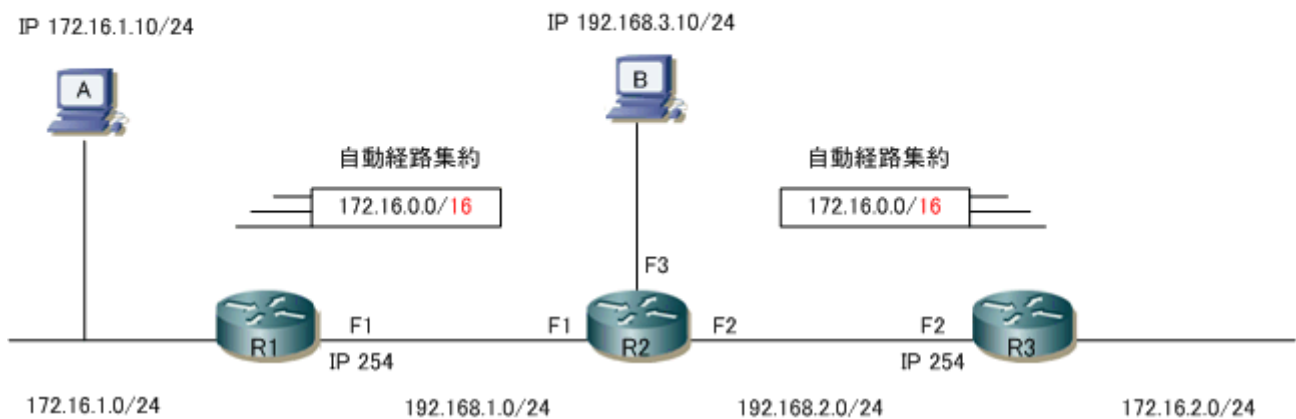
クラスレスルーティングプロトコルで手動経路集約を行わない場合、上図では「172.16.0.0/24～3.0/24」の経路が「/24」としてそのまま R3 に通知されることになります。従って、R2 で手動経路集約が行われない場合 R3 のルーティングテーブルでは「172.16.0.0/24」「172.16.1.0/24」「172.16.2.0/24」「172.16.3.0/24」の状態が存在します。クラスレスルーティングプロトコルではサブネットマスクの情報が通知されるからです。

【7】クラスフルルーティングの問題点（不連続サブネットの問題点）

クラスフルルーティングでは不連続サブネットをサポートできません。**不連続サブネットとは異なるクラスフルネットワークにより分断されているサブネット**のことです。

例えば下図の「172.16.1.0/24」と「172.16.2.0/24」のネットワークは、「192.168.1.0/24」や「192.168.2.0/24」の異なるクラスフルネットワークによって分断されていて、クラスフルルーティングプロトコルのRIPv1を使用した場合には、通信上に不具合が発生します。

クラスフルルーティングの問題点



R2 のルーティングテーブル

宛先ルート	ネクストホップ	I/F
192.168.1.0/24	Directly Connected	F 1
192.168.2.0/24	Directly Connected	F 2
192.168.3.0/24	Directly Connected	F 3
172.16.0.0/16	192.168.1.254	F 1
172.16.0.0/16	192.168.2.254	F 2

192.168.3.10のPCが、172.16.1.10のPCにパケットを送信すると、R2のルーティングテーブルでは172.16.1.10の宛先に合致する宛先ルートが2つあるため、パケットがR1とR3に分散されてしまっており、R3に送られたパケットはR3で破棄されるため、実質的にPC AとBは通信できない。

R1 が R2 に「172.16.1.0/24」ネットワークを通知する時は、自動経路集約が実行される結果「172.16.0.0/16」として通知されるので、R2 のルーティングテーブルでは「172.16.0.0/16」のネクストホップは 192.168.1.254 として登録されます。また、R3 が R2 に「172.16.2.0/24」のネットワークを通知する時には自動経路集約が実行される結果「172.16.0.0/16」として通知されることから、R2 のルーティングテーブルの「172.16.0.0/16」のネクストホップは今度は「192.168.2.254」として登録されます。

結果、**R2 のルーティングテーブルでは「172.16.0.0/16」という宛先ルートが 2 つ登録される結果**となります。このような状態では上図の説明にあるように通信できなくなります。以上のことから、不連続サブネットが存在するネットワークにおいては、**クラスレスルーティングプロトコルをルータに実装させる必要**があります。

以上！