

# OSPF 設計ガイド

## 目次

[概要](#)

[背景説明](#)

[OSPF 対 RIP](#)

[リンクステートとは](#)

[最短パス優先アルゴリズム](#)

[OSPF コスト](#)

[最短パス ツリー](#)

[エリアと境界ルータ](#)

[リンクステート パケット](#)

[ルータ上で OSPF を有効にする方法](#)

[OSPF 認証](#)

[簡易パスワード認証](#)

[メッセージ ダイジェスト 認証](#)

[バックボーンとエリア 0](#)

[仮想リンク](#)

[エリア 0 に物理的に接続していないエリア](#)

[バックボーンのパーティション分割](#)

[ネイバー](#)

[隣接関係](#)

[DR の選出](#)

[隣接関係の確立](#)

[ポイントツーポイント インターフェイスでの隣接関係](#)

[ノンブロードキャスト マルチアクセス \(NBMA\) ネットワークでの隣接関係](#)

[NBMA での DR と neighbor コマンドの回避](#)

[ポイントツーポイント サブインターフェイス](#)

[インターフェイスネットワークタイプの選択](#)

[OSPF とルート集約](#)

[エリア間ルート集約](#)

[外部ルート集約](#)

[スタブ エリア](#)

[OSPF へのルートの再配布](#)

[E1 対 E2 外部ルート](#)

[他のプロトコルへの OSPF の再配布](#)

[有効なメトリックの使用](#)

[VLSM](#)

[相互再配布](#)

[OSPF にデフォルト値を入れる方法](#)

[OSPF 設計のヒント](#)

[エリアあたりのルータの数](#)

[ネイバーの数](#)

[ABR 当たりのエリアの数](#)

[フルメッシュ対部分メッシュ](#)

[メモリの問題](#)

[要約](#)

[付録 A：リンクステート データベースの同期](#)

[リンクステート アドバタイズメント](#)

[OSPF データベースの例](#)

[付録 B：OSPF と IP マルチキャスト アドレッシング](#)

[付録 C：可変長サブネット マスク \(VLSM\)](#)

[関連情報](#)

## 概要

[RFC 2328](#) で定義されている Open Shortest Path First (OSPF) プロトコルは、単一の自律システム内でのルーティング情報の配布に使用される内部ゲートウェイ プロトコルです。[この文書では、どのように OSPF が動作するのか、また複雑で大規模なネットワークの設計および構築に OSPF をどのように使用できるのかを示しています。](#)

## 背景説明

OSPF プロトコルは、TCP/IP プロトコル ファミリとして高機能で非独占的な Internal Gateway Protocol (IGP; 内部ゲートウェイ プロトコル) を導入するというインターネット コミュニティでのニーズに基づいて開発されました。インターネットのための共通の相互運用可能な IGP の作成についての話し合いは、1988 年に開始し、1991 年まで正式なものになりませんでした。この時点で OSPF ワーキング グループは、OSPF をドラフトインターネット標準に提案することを要望しました。

OSPF プロトコルは、リンクステート テクノロジーをベースにしています。リンクステート テクノロジーは、RIP などの従来のインターネット ルーティング プロトコルで使用されているベルマンフォード ベクターベースのアルゴリズムから発展した技術です。OSPF には、ルーティング更新の認証、可変長サブネット マスク (VLSM)、経路集約などの新しい概念が導入されています。

これらの章では、OSPF の用語、アルゴリズム、および今日の大規模で複雑なネットワークを設計する上での OSPF の長所と短所について説明します。

## OSPF 対 RIP

今日のネットワークの急速な発展と拡張によって、RIP はすでに限界に達しています。RIP には次のような制限があり、これが大規模ネットワークで問題を引き起こす可能性があります。

RIP では、ホップ カウントが 15 に制限されています。15 ホップ (15 台のルータ) を超える規模の RIP ネットワークは到達不能と見なされます。

RIP は VLSM を処理できません。IP アドレスの不足や、IP アドレスの効率的な割り当てを可能にする VLSM の柔軟性を考えると、これは重大な欠点と言えます。

ルーティング テーブル全体が定期的にブロードキャストされるため、大量の帯域幅が消費されます。これは、特に低速リンクと WAN クラウドを含む大規模なネットワークでは大きな

問題となります。

RIP のコンバージェンスは OSPF より時間がかかります。大規模なネットワークでは、コンバージェンス時間が分単位になります。RIP ルータは、ホールドダウン タイマーとガベージコレクション タイマーが時間切れになってから、その間に受信されなかった情報を徐々にタイムアウトします。これは、大規模なネットワーク環境には適しておらず、ルーティングの情報の不一致が生じるおそれがあります。

RIP には、ネットワーク遅延とリンク コストの概念がありません。ホップカウントに基づいて、ルートを選択します。最長のパスが適切なリンク帯域幅総計を持ち、遅延が短い場合でも、常に宛先までのホップ カウントが最小のパスが優先されます。

RIP ネットワークは均一のネットワークです。エリアや境界の概念はありません。クラスレスルーティングの導入や、集約とサマライゼーションのインテリジェントな使用の点で、RIP ネットワークは遅れをとっているように見えます。

RIP2 と呼ばれる RIP の新バージョンで、いくつかの改良が加えられました。RIP2 は、VLSM、認証、およびマルチキャスト ルーティング更新の機能に対応しています。しかし、今日の大規模ネットワークで最も重大な問題とされるホップ カウントの制限やコンバージェンスの遅さが修正されていないため、RIP (以降 RIP1 と呼ぶ) の問題点が解消されたとは言えません。

それに対して OSPF では、前述の問題のほとんどが解決されています。

OSPF にはホップ カウントの制限はありません。

VLSMを活用することで、IPアドレスを有効に利用できます。

OSPF は、IP マルチキャストを使用して、リンクステート更新を送信します。これにより、OSPF パケットを受信しないルータ上での処理が軽減されます。また、更新は定期的には送信されるのではなく、ルーティングが変更されたときのみ送信されます。これにより、帯域幅を有効に利用できます。

OSPF のコンバージェンスは RIP より高速です。これは、ルーティングの変更が定期的ではなく即時に伝搬されるためです。

OSPF では、RIPより適切なロード バランシングが可能です。

OSPF では、ネットワークを論理的に定義して、ルータを複数のエリアに分割できます。これにより、ネットワーク全体にわたってリンク ステート更新が爆発的に増加する事態が回避されます。また、経路を集約してサブネット情報の不要な伝搬を削減することも可能です。

OSPF では、各種のパスワード認証方式を使用して、ルーティング認証を実装できます。

OSPF は、自律システムに再配信された外部経路の転送と外部経路であることを示すタグを付ける機能をサポートしています。これにより、BGP などの外部プロトコルによって注入さ

れた外部経路を常に把握できます。

もちろんこれらの機能が利用できる代わりに、OSPF ネットワークの設定とトラブルシューティングはより複雑になります。RIP のシンプルさに慣れた管理者は、OSPF ネットワークの技術を習得するために、数多くの新しい情報を吸収する必要があります。また、OSPF を使用すると、メモリ割り当て量と CPU 利用率のオーバーヘッドが大きくなります。RIP を実行しているルータによっては、OSPF によって生じるオーバーヘッドを処理するためにアップグレードしなければならない場合があります。

## リンクステートとは

OSPF はリンクステート プロトコルです。シスコでは、リンクをルータ上のインターフェイスと見なしています。リンクのステート (状態) とは、そのインターフェイスの記述であり、近接ルータとの関係の記述です。インターフェイスの記述には、たとえば、インターフェイスの IP アドレス、マスク、接続先のネットワークのタイプ、そのネットワークに接続されているルータなどが含まれます。これらのリンクステートすべてが集まって、リンクステート データベースが形成されています。

## 最短パス優先アルゴリズム

OSPF は、すべての既知の宛先までの最短パスを構築および計算するために、最短パス優先アルゴリズムを使用します。最短パスは、ダイクストラ アルゴリズムを使用して計算されます。このアルゴリズム自体は非常に複雑です。このアルゴリズムの各ステップを簡略化すると、次のようになります。

初期化時、またはルーティング情報になんらかの変更があったときに、ルータはリンクステート アドバタイズメントを生成します。このアドバタイズメントは、そのルータ上のリンクステートをすべて集めたものです。

すべてのルータがフラッディングを使用してリンクステートを交換します。リンクステート更新を受信した各ルータは、自身のリンクステート データベースにコピーを保存してから、その更新を他のルータに伝搬します。

各ルータのデータベースが完成すると、ルータはすべての宛先に対する最短パス ツリーを計算します。最短パス ツリーの計算には、ダイクストラ アルゴリズムが使用されます。宛先、関連するコスト、および各宛先に到達するためのネクストホップによって、IP ルーティング テーブルが形成されます。

OSPF ネットワークでリンクのコストやネットワークが追加または削除されるなどの変更がない場合、OSPF は非常に「静か」です。変更が発生すると、リンクステート パケットを通じて情報がやり取りされ、ダイクストラ アルゴリズムによる再計算によって最短パスが算出されます。

このアルゴリズムは、各ルータをツリーのルートに配置し、各宛先に到達するために必要な累計コストに基づいて宛先への最短パスを計算します。すべてのルータが同じリンクステート データベースを使用して最短パス ツリーを作成した場合でも、トポロジ ビューは各ルータ固有のものになります。次の項では、最短パス ツリーの作成に関する事柄について説明します。

## OSPF コスト

OSPF におけるインターフェイスのコスト ( メトリックとも呼ばれる ) とは、特定のインターフェイスを経由してパケットを送信する際に必要なオーバーヘッドを示す指標です。インターフェイスのコストは、そのインターフェイスの帯域幅に反比例します。つまり、帯域幅が大きいほどコストは小さくなります。10M イーサネット回線を経由するよりも、56K シリアル回線を経由する方が、必要なオーバーヘッドが高くなり ( コストが大きくなり )、時間の遅延が長くなります。コストの計算には次の公式が使用されます。

$$\text{コスト} = 100,000,000 / \text{帯域幅 ( bps )}$$

たとえば、10 M イーサネットを経由するには 10 の 8 乗 / 10 の 7 乗 = 10 のコストが、T1 回線を経由するには 10 の 8 乗 / 1544000 = 64 のコストがかかります。

デフォルトでは、インターフェイスのコストは帯域幅に基づいて計算されます。 `ip ospf cost <value>` インターフェイス サブコンフィギュレーション モード コマンドで、インターフェイスのコストを強制できます。

## 最短パス ツリー

次のネットワーク ダイアグラムについて考えてみます。ルータの脇の数字はインターフェイスのコストを示します。RTA の最短パス ツリーを作成するには、RTA をツリーのルートに配置して、各宛先の最小コストを計算する必要があります。

上記の図は、RTA から見たネットワークのビューです。コストを計算する際は、矢印の向きに注意してください。たとえば、RTB のインターフェイスの、ネットワーク 128.213.0.0 へのコストは、192.213.11.0 へのコストを計算する際には関係ありません。RTA は、RTB を経由してコスト 15 ( 10+5 ) で 192.213.11.0 に到達できます。また、RTA が 222.211.10.0 に到達するには、RTC を経由したコスト 20 ( 10+10 ) の経路と、RTB を経由したコスト 20 ( 10+5+5 ) の経路があります。同じ宛先へのコスト パスが等しい場合、シスコの OSPF 実装では、1 つの宛先に対して最大 6 のネクストホップを記録します。

ルータは、最短パス ツリーを作成した後、それに従ってルーティング テーブルの作成を開始します。直接接続ネットワークにはメトリック ( コスト ) 0 で到達し、それ以外のネットワークには、ツリーで算出されたコストに基づいて到達します。

## エリアと境界ルータ

前述したように、OSPF では、ルータ間のリンクステート更新の交換にフラッディングが使用されます。ルーティング情報が変更されると、ネットワーク内のすべてのルータに対してフラッディングが実行されます。エリアは、リンクステート更新の爆発的増加に対して境界を設定するために導入された概念です。ルータでのフラッディングとダイクストラ アルゴリズムの計算は、エリア内の変更のみに限定されます。エリア内のルータはすべて、まったく同一のリンクステート データベースを保持します。複数のエリアに属し、そのエリアをバックボーン エリアに接続するルータは、Area Border Router ( ABR; エリア境界ルータ ) と呼ばれています。したがって ABR は、バックボーン エリアやその他の接続エリアを記述する情報を維持管理する必要があります。

エリアはインターフェイスに固有です。すべてのインターフェイスが同じエリアに属しているルータのことを Internal Router ( IR; インターナル ルータ ) と呼びます。複数のエリアへのインターフェイスを備えたルータのことを Area Border Router ( ABR; エリア境界ルータ ) と呼びます。OSPF と他のルーティング プロトコル ( IGRP、EIGRP、IS-IS、RIP、BGP、スタティック )、

あるいは OSPF ルーティング プロセスの他のインスタンス間のゲートウェイとして機能するルータは、Autonomous System Boundary Router ( ASBR; 自律システム境界ルータ ) と呼ばれます。どのルータでも、ABR または ASBR になることができます。

## リンクステート パケット

リンクステート パケットにはさまざまなタイプがあり、それらは通常、OSPF データベースに保存されています ( 付録 A )。次の図は、リンクステート パケットの各種タイプを示しています。

上記の図からわかるように、ルータ リンクには、ある特定のエリアに属するルータ インターフェイスの状態が記述されています。各ルータは、自身のインターフェイスすべてについてルータ リンクを生成します。サマリー リンクは ABR によって生成されます。これは、ネットワークの到達可能性情報をエリア間でどのように伝搬するかを示しています。通常は、バックボーン ( エリア 0 ) にすべての情報が配送され、続いてその情報がバックボーンから他のエリアに渡されます。ABR は、ASBR の到達可能性情報を伝搬する役割も担っています。この情報には、各ルータが他の AS 内の外部経路の取得方法をどのように学習すればよいかが記述されています。

ネットワーク リンクは、セグメントの Designated Router ( DR; 代表ルータ ) によって生成されます ( DR については後述します )。この情報には、イーサネット、トークンリング、FDDI ( NBMA も含む ) などのある特定のマルチアクセス セグメントに接続されているすべてのルータが含まれています。

外部リンクには、その AS の外部ネットワークが記述されています。これらのネットワークは、再配送によって OSPF に伝達されます。ASBR はこれらの経路を自律システムに伝達する役割を果たします。

## ルータ上で OSPF を有効にする方法

ルータで OSPF を有効にするには、設定モードで次の 2 つのステップを行います。

`router ospf <process-id>` コマンドを使用して、OSPF プロセスを有効にする。

`network <network or IP address> <mask> <area-id>` コマンドを使用して、インターフェイスにエリアを割り当てる。

OSPF process-id は、そのルータでのみ有効なプロセス番号です。これは、他のルータの process-id と一致する必要はありません。1 つのルータで複数の OSPF プロセスを実行できますが、複数のデータベース インスタンスが作成されてルータによけいなオーバーヘッドが追加されるため、お勧めできません。

network コマンドによって、特定のエリアにインターフェイスを割り当てることができます。マスクはショートカットの役割を果たし、これによって、1 つのエリアに 1 行の設定コマンドでインターフェイスのリストを追加できます。マスクには、0 が一致、1 が「do not care」ビットを示すワイルドカードビットを指定します。たとえば、0.0.255.255 は、ネットワーク番号の最初の 2 バイトが一致していることを示します。

エリア ID は、インターフェイスを配置するエリア番号です。area-id には、0 ~ 4294967295 の整数を指定するか、IP アドレスのような書式 ( A.B.C.D ) を指定します。

次に例を示します。

```
RTA#
interface Ethernet0
ip address 192.213.11.1 255.255.255.0

interface Ethernet1
ip address 192.213.12.2 255.255.255.0

interface Ethernet2
ip address 128.213.1.1 255.255.255.0

router ospf 100
network 192.213.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0
network 128.213.1.1 0.0.0.0 area 23
```

最初の network コマンドは E0 と E1 を同じエリアである 0.0.0.0 に設定し、2 番目の network コマンドは E2 をエリア 23 に設定します。マスク 0.0.0.0 は、IP アドレスとの完全一致を示します。この方法を使用すれば、マスクを適切に表現できない場合でも、インターフェイスを特定のエリアに容易に設定できます。

## OSPF 認証

事前定義されたパスワードに基づいてルータがルーティング ドメインに参加できるようにするため、OSPF パケットの認証機能が用意されています。デフォルトでは、ルータは Null 認証を使用します。これは、ネットワーク上のルーティング交換が認証されないことを意味します。認証方式には、2 種類があります。シンプルパスワード認証とメッセージ ダイジェスト認証 ( MD-5 )

### 簡易パスワード認証

シンプルパスワード認証では、エリアごとにパスワード ( キー ) を設定できます。ルーティング ドメインに参加する同じエリア内のルータには、同じキーを設定する必要があります。この方式の欠点は、受動的な攻撃を受けやすい点です。リンク アナライザを使用すれば、だれでも簡単にネットワークからパスワードを取得できます。パスワード認証を有効にするには、次のコマンドを使用します。

[ip ospf authentication-key key](#) ( これは特定のインターフェイスの下に配置します )

[area area-id authentication](#) ( これは "router ospf <process-id>" の下に配置します )

次に例を示します。

```
interface Ethernet0
ip address 10.10.10.10 255.255.255.0
ip ospf authentication-key mypassword
```

```
router ospf 10
network 10.10.0.0 0.0.255.255 area 0
area 0 authentication
```

### メッセージ ダイジェスト認証

メッセージ ダイジェスト認証は暗号を使用した認証です。各ルータには、キー (パスワード) と key-id を設定します。ルータは、OSPF パケット、キー、および key-id に基づいてアルゴリズムを使用し、パケットの最後に付加する「メッセージ ダイジェスト」を生成します。シンプル認証とは異なり、キーはネットワークを通じて交換されません。各 OSPF パケットには、メッセージ ダイジェストの再利用による攻撃を防ぐために、減少しないシーケンス番号も含まれています。

また、この方式では、あるキーから別のキーへの連続的な移行が可能です。これは、通信を中断せずに OSPF パスワードを変更したいと考えている管理者にとって役立ちます。インターフェイスに新しいキーが設定されると、ルータは、それぞれ異なるキーで認証される、同じパケットの複数コピーを送信します。すべての近接ルータで新しいキーが採用されたことを検出すると、ルータは複製パケットの送信を停止します。メッセージ ダイジェスト認証には、次のコマンドを使用します。

[ip ospf message-digest-key keyid md5 key](#) ( インターフェイスの下で使用 )

[area area-id authentication message-digest](#) ( "router ospf <process-id>" の下で使用 )

次に例を示します。

```
interface Ethernet0
ip address 10.10.10.10 255.255.255.0
ip ospf message-digest-key 10 md5 mypassword

router ospf 10
network 10.10.0.0 0.0.255.255 area 0
area 0 authentication message-digest
```

## [バックボーンとエリア 0](#)

OSPF で複数のエリアを使用する場合には、特別な制約事項があります。複数のエリアが設定されている場合、そのいずれかを「エリア 0」にする必要があります。これはバックボーンと呼ばれます。ネットワークを設計する際は、まずエリア 0 から始めて、その後他のエリアに拡張するのがよい方法です。

バックボーンは必ず他のすべてのエリアの中心に位置します。つまり、すべてのエリアがバックボーンに物理的に接続している必要があります。この背景には、すべてのエリアからバックボーンにルーティング情報が注入され、続いてその情報がバックボーンから他のエリアに伝搬されるという OSPF の概念があります。次の図は、OSPF ネットワークにおける情報の流れを示しています。

上記の図では、すべてのエリアがバックボーンに直接接続されています。まれに、バックボーンに直接の物理アクセスを持たない新しいエリアを導入するケースがありますが、この場合は仮想リンクを設定する必要があります。仮想リンクについては、次の項で説明します。ルーティング情報にはさまざまなタイプがあります。エリア内部で生成された経路 (宛先がそのエリアに属する) は、**エリア内経路**と呼びます。通常、これらの経路は、IP ルーティング テーブルでは文字 **O** によって表されます。他のエリアから発信された経路は、**エリア間経路**または**サマリー経路**と呼びます。IP ルーティング テーブルにおけるこれらの経路の表記法は、**O IA** です。他のルーティング プロトコル (または別の OSPF プロセス) から発信され、再配送を通じて OSPF に注入された経路は、**外部経路**と呼びます。これらの経路は、IP ルーティング テーブルでは **O E2** または **O E1** によって表されます。1つの宛先に対して複数の経路がある場合の優先順位は、高い方から次の順になります。エリア内、エリア間、外部 E1、外部 E2。外部タイプ E1 と E2 につ

いては後述します。

## 仮想リンク

仮想リンクは、次の 2 つの目的で使用します。

バックボーンに物理的に接続していないエリアをリンクする。

エリア 0 への接続が途絶えた場合にバックボーンを一時的に接続する。

## エリア 0 に物理的に接続していないエリア

前述したように、エリア 0 は必ず他のすべてのエリアの中心に位置する必要があります。まれに、新しいエリアがバックボーンに物理的に接続できないケースがありますが、この場合は仮想リンクを使用します。仮想リンクは、非接続エリアにバックボーンへの論理的なパスを提供します。仮想リンクは 2 台の ABR の間に確立します。これらの ABR は共通のエリアを持ち、一方の ABR がバックボーンに接続している必要があります。これを次の例で説明します。

この例では、エリア 1 にはエリア 0 への直接の物理的接続はありません。仮想リンクは RTA と RTB の間に確立します。エリア 2 はトランジット エリアとして使用し、RTB がエリア 0 への入口点となります。このようにして、RTA とエリア 1 からバックボーンへの論理的な接続が確立されます。仮想リンクを設定するには、RTA と RTB の両方で、[area <area-id> virtual-link <RID>](#) ルータ OSPF サブコマンドを使用します。area-id にはトランジット エリアを指定します。上記の図では、これはエリア 2 です。RID には router-id を指定します。通常、OSPF の router-id は、ボックス内で最も大きい IP アドレスか、最も大きいループバック アドレス ( 存在する場合 ) です。router-id は、ブート時または OSPF プロセスの再起動時にのみ計算されます。router-id を確認するには、[show ip ospf interface](#) コマンドを使用します。RTA と RTB の RID がそれぞれ 1.1.1.1 と 2.2.2.2 である場合、両方のルータの OSPF コンフィギュレーションは次のようになります。

```
RTA#  
router ospf 10  
area 2 virtual-link 2.2.2.2
```

```
RTB#  
router ospf 10  
area 2 virtual-link 1.1.1.1
```

## バックボーンのパーティション分割

OSPF では、バックボーンへのリンクが連続しない部分に対処するため、仮想リンクが用意されています。場合によっては、異なるエリア 0 にリンクしなければならないことがあります。これは、たとえば、ある会社で 2 つの異なる OSPF ネットワークを、共通のエリア 0 を持つ 1 つのネットワークに統合しようとする場合に発生します。また、ルータの障害が原因でバックボーンが 2 つに分割された場合に備えて、冗長性を確保するために仮想リンクを追加することもあります。理由が何であれ、仮想リンクは、両側でエリア 0 と接続し、なおかつ共通のエリアを持つ別個の ABR の間で設定できます。これを次の例で説明します。

上記の図では、2 つのエリア 0 が仮想リンクを通じてリンクされています。共通のエリアがない

場合は、エリア 3 のような新たなエリアを追加してトランジット エリアにします。

バックボーン以外のエリアが分割されると、バックボーンは仮想リンクを使用せずにその分割を処理します。分割されたエリアの一方の部分は、エリア内経路ではなく、エリア間経路としても一方の部分に学習されます。

## ネイバー

共通のセグメントを共有しているルータは、そのセグメントの近接ルータになります。近接ルータは Hello プロトコルを通じて選出されます。Hello パケットは、IP マルチキャストを使用して各インターフェイスから定期的送信されます ( 付録 B )。近接ルータから受信した Hello パケットに自ルータの情報が含まれていると、両者は近接ルータになります。このようにして、双方向の通信が保証されます。近接ルータのネゴシエーションはプライマリ アドレスに対してのみ要求されます。インターフェイスにはセカンダリ アドレスを設定できますが、プライマリ アドレスと同じエリアに属さなければならないという制約があります。

2 台のルータ間で次のものが一致しなければ、両者は近接ルータになりません。

**エリア ID :** 共通のセグメントを持つ 2 台のルータ。これらのインターフェイスは、そのセグメント上の同じエリアに属している必要があります。当然、両インターフェイスは同じサブネットに属し、同じマスクが設定されています。

**認証 :** OSPF では特定のエリアへのパスワードの設定が可能です。近接ルータになろうとしているルータは、特定のセグメントで同じパスワードを交換する必要があります。

**Hello インターバルと Dead インターバル :** OSPF は各セグメントで Hello パケットを交換します。これはキープアライブの一種で、ルータがセグメントで自身の存在を確認応答するときや、マルチアクセス セグメントで代表ルータ ( DR ) を選出するときに使用されます。Hello インターバルは、ルータが OSPF インターフェイスで 1 つの Hello パケットを送信してから次の Hello パケットを送信するまでの時間の長さ ( 秒数 ) を指定します。ルータからの Hello パケットが受信されないまま、Dead インターバル ( 秒数 ) が経過すると、その近接ルータは OSPF ルータのダウンを宣言します。

OSPF では、これらのインターバルが 2 台の近接ルータ間で正確に一致していることが必要です。これらのインターバルのいずれかが異なっている場合、両ルータは特定セグメントの近接ルータにはなれません。これらのタイマーを設定するには、ルータ インターフェイス コマンドを使用します。 [ip ospf hello-interval seconds](#) と [ip ospf dead-interval seconds](#)。

**スタブ エリア フラグ :** 2 台のルータがネイバーになるためには、Hello パケット内のスタブ エリア フラグも一致していることが必要です。スタブ エリアについては後述します。ここでは、スタブ エリアの定義が近接ルータ選出プロセスに影響を与える点を覚えておいてください。

## 隣接関係

隣接関係は、近接ルータ選出プロセスの次のステップです。隣接ルータとは、シンプルな Hello パケットの交換を越えて、データベース交換プロセスに進むルータのことです。OSPF では、特定セグメントでの情報交換量を最低限に抑えるために、マルチアクセス セグメントごとに DR と Backup Designated Router ( BDR; バックアップ代表ルータ ) が 1 台ずつ選出されます。BDR は

、DR がダウンした場合のバックアップ メカニズムとして選出されます。この背景には、各ルータが情報交換のためのコンタクトの中心点を持つという概念があります。各ルータがセグメント上の他のすべてのルータと更新を交換する代わりに、すべてのルータが DR および BDR と情報を交換します。DR と BDR は、それらの情報を他のすべてのルータに中継します。数学的に見れば、これによって情報交換量が  $O(n*n)$  から  $O(n)$  に削減されます。n は、マルチアクセス セグメント上のルータの数です。次のルータ モデルは、DR と BDR を表しています。

上記の図では、すべてのルータが共通のマルチアクセス セグメントを共有しています。Hello パケットの交換によって、1 台のルータが DR に、別の 1 台のルータが BDR に選出されます。セグメント上の各ルータ (すでに近接ルータになっている) は、DR および BDR と隣接関係を確立しようとします。

## DR の選出

DR と BDR の選出は、Hello プロトコルを通じて行われます。Hello パケットは、各セグメント上で IP マルチキャスト パケット (付録 B) によって交換されます。セグメント上で OSPF プライオリティの最も高いルータがそのセグメントの DR になります。同じプロセスが BDR についても繰り返されます。プライオリティが同じである場合は、Router-id(RID) の最も大きいルータが選出されます。インターフェイスの OSPF プライオリティのデフォルトは 1 です。DR と BDR はマルチアクセス セグメントごとに選出されます。インターフェイスの OSPF プライオリティを設定するには、`ip ospf priority <value>` インターフェイス コマンドを使用します。

プライオリティ値 0 は、DR または BDR に選出されないインターフェイスを示します。プライオリティが 0 のインターフェイスは、状態が DROTHER になります。次の図は、DR 選出の仕組みを示しています。

上記の図では、RTA と RTB のインターフェイスのプライオリティは同じですが、RTB の方が大きい RID を持っています。したがって、RTB がそのセグメントの DR になります。ところが、RTC には RTB よりも高い優先順位が割り当てられています。したがって、RTC がそのセグメントの DR になります。

## 隣接関係の確立

隣接関係確立プロセスは、複数の段階を経た後に有効になります。隣接関係を確立したルータは、まったく同一のリンクステート データベースを保持します。次に、別のルータと隣接関係を確立するまでにインターフェイスが経由する状態について簡潔に説明します。

**ダウン：** セグメント上のどのルータからも情報を受信していません。

**試行：** フレーム リレーや X.25 などの非ブロードキャスト マルチアクセス クラウドでは、この状態は、ネイバーから新しい情報が届いていないことを示しています。近接ルータとコンタクトをとるために、短い PollInterval で Hello パケットが送信されます。

**初期状態：** 近接ルータからインターフェイスに Hello パケットが到達したことが検出されましたが、まだ双方向通信は確立されていません。

**双方向：** ネイバーと双方向通信が確立されています。ルータは、ネイバーからの Hello パケット内に自ルータが含まれていることを認識しています。この段階の最後に、DR と BDR が選出されます。両ルータは、2-way 段階の最後に、隣接関係の確立ステップに進むかどうかを決定します。この決定は、「いずれかのルータが DR または BDR であるか」、「リンクがポイントツーポイントであるか」、「リンクが仮想リンクであるか」といった基準に従っ

て行われます。

**Exstart**： ルータは、情報交換パケットで使用する最初のシーケンス番号の確立を試行しています。このシーケンス番号によって、ルータが常に最新の情報を受信していることが保証されます。一方のルータがプライマリ、もう一方のルータがセカンダリになります。プライマリルータが情報交換のためにセカンダリルータをポーリングします。

**交換**： ルータはデータベース記述パケットを送信することにより、リンクステートデータベース全体を記述します。この状態で、ルータの他のインターフェイスにパケットをフラッディングできます。

**ロード**： この状態では、ルータは情報交換の確定作業を行っています。ルータはすでにリンクステート要求リストとリンクステート再送リストを作成しています。不完全な情報や期限切れの情報は要求リストに配置されます。送信済みの更新は、確認応答が得られるまで再送リストに配置されます。

**完全隣接関係**： この状態では、隣接関係は確立されています。近接ルータは完全に隣接関係になります。隣接ルータは、まったく同一のリンクステートデータベースを保持します。

次に例を示します。

RTA、RTB、RTD、および RTF は、エリア 0.0.0.0 で共通セグメント (E0) を共有しています。RTA と RTF の設定を次に示します。RTB と RTD の設定は RTF とほぼ同じであるため、省略します。

```
RTA#
hostname RTA

interface Loopback0
 ip address 203.250.13.41 255.255.255.0

interface Ethernet0
 ip address 203.250.14.1 255.255.255.0

router ospf 10
 network 203.250.13.41 0.0.0.0 area 1
 network 203.250.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0

RTF#
hostname RTF
interface Ethernet0
 ip address 203.250.14.2 255.255.255.0

router ospf 10
```

```
network 203.250.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0
```

上記は、OSPF ネットワークのデバッグに役立ついくつかのコマンドを説明するための簡単な例です。

### show ip ospf interface <interface>

このコマンドは、すべてのインターフェイスが適切なエリアに属しているかを確認するクイックチェックです。OSPF ネットワーク コマンドがリストされる順序は非常に重要です。RTA の設定では、"network 203.250.0.0 0.0.255.255 area 0.0.0.0" ステートメントが "network 203.250.13.41 0.0.0.0 area 1" ステートメントよりも前に実行された場合、すべてのインターフェイスはエリア 0 になりますが、ループバックはエリア 1 であるため、この設定は正しくありません。RTA、RTF、RTB、および RTD でのこのコマンドの出力を次に示します。

```
RTA#show ip ospf interface e0
```

```
Ethernet0 is up, line protocol is up
```

```
Internet Address 203.250.14.1 255.255.255.0, Area 0.0.0.0
```

```
Process ID 10, Router ID 203.250.13.41, Network Type BROADCAST, Cost:
```

```
10
```

```
Transmit Delay is 1 sec, State BDR, Priority 1
```

```
Designated Router (ID) 203.250.15.1, Interface address 203.250.14.2
```

```
Backup Designated router (ID) 203.250.13.41, Interface address
```

```
203.250.14.1
```

```
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
```

```
Hello due in 0:00:02
```

```
Neighbor Count is 3, Adjacent neighbor count is 3
```

```
Adjacent with neighbor 203.250.15.1 (Designated Router)
```

```
Loopback0 is up, line protocol is up
```

```
Internet Address 203.250.13.41 255.255.255.255, Area 1
```

```
Process ID 10, Router ID 203.250.13.41, Network Type LOOPBACK, Cost: 1
```

```
Loopback interface is treated as a stub Host
```

```
RTF#show ip ospf interface e0
```

```
Ethernet0 is up, line protocol is up
```

```
Internet Address 203.250.14.2 255.255.255.0, Area 0.0.0.0
```

```
Process ID 10, Router ID 203.250.15.1, Network Type BROADCAST, Cost: 10
```

```
Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
```

```
Designated Router (ID) 203.250.15.1, Interface address 203.250.14.2
```

```
Backup Designated router (ID) 203.250.13.41, Interface address
```

```
203.250.14.1
```

```
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
```

```
Hello due in 0:00:08
```

```
Neighbor Count is 3, Adjacent neighbor count is 3
```

```
Adjacent with neighbor 203.250.13.41 (Backup Designated Router)
```

```
RTD#show ip ospf interface e0
```

```
Ethernet0 is up, line protocol is up
```

```
Internet Address 203.250.14.4 255.255.255.0, Area 0.0.0.0
```

```
Process ID 10, Router ID 192.208.10.174, Network Type BROADCAST, Cost:
```

```
10
```

```
Transmit Delay is 1 sec, State DROTHER, Priority 1
```

```
Designated Router (ID) 203.250.15.1, Interface address 203.250.14.2
```

```
Backup Designated router (ID) 203.250.13.41, Interface address
```

```
203.250.14.1
```

```
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
```

```
Hello due in 0:00:03
```

```
Neighbor Count is 3, Adjacent neighbor count is 2
  Adjacent with neighbor 203.250.15.1 (Designated Router)
  Adjacent with neighbor 203.250.13.41 (Backup Designated Router)
```

```
RTB#show ip ospf interface e0
Ethernet0 is up, line protocol is up
  Internet Address 203.250.14.3 255.255.255.0, Area 0.0.0.0
  Process ID 10, Router ID 203.250.12.1, Network Type BROADCAST, Cost: 10
  Transmit Delay is 1 sec, State DROTHER, Priority 1
  Designated Router (ID) 203.250.15.1, Interface address 203.250.14.2
  Backup Designated router (ID) 203.250.13.41, Interface address
203.250.14.1
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
  Hello due in 0:00:03
  Neighbor Count is 3, Adjacent neighbor count is 2
    Adjacent with neighbor 203.250.15.1 (Designated Router)
    Adjacent with neighbor 203.250.13.41 (Backup Designated Router)
```

上記の出力は非常に重要な情報を示しています。RTA の出力を見てみましょう。Ethernet0 はエリア 0.0.0.0 に属しています。プロセス ID は 10 (router ospf 10) で、ルータ ID は 203.250.13.41 です。RID はボックス内で最も大きい IP アドレスか、またはループバック インターフェイスで、ブート時または OSPF プロセスの再起動時に計算されることを思い出してください。インターフェイスの状態は BDR です。Ethernet 0 上のルータがすべて同じ OSPF プライオリティを持っていて (デフォルトは 1)、RTF の RID が最も大きいことから、RTF のインターフェイスが DR として選出されています。同様に、RTA が BDR として選出されています。RTD と RTB は DR と BDR のいずれでもなく、状態は DROTHER です。

近接ルータ数 ( Neighbor Count ) と隣接ルータ数 ( Adjacent Count ) にも注目してください。RTD は 3 台の近接ルータを持ち、そのうちの 2 台 ( DR と BDR ) と隣接関係にあります。RTF は 3 台の近接ルータを持ち、それらすべてのルータと隣接関係にあります。これは、RTF が DR であるためです。

ネットワーク タイプに関する情報も重要で、これによってインターフェイスの状態が決まります。イーサネットなどのブロードキャスト ネットワークでは、DR と BDR の選出はエンド ユーザとは無関係です。どのルータが DR または BDR になろうとも、まったく重要ではありません。その他のケース、たとえばフレームリレーや X.25 などの NBMA メディアでは、OSPF が正常に機能する上で、DR と BDR の選出が非常に重要になります。ただし幸いにも、ポイントツーポイント サブインターフェイスとポイントツーマルチポイント サブインターフェイスの導入により、DR の選出はもはや問題ではありません。NBMA 上での OSPF については、次の項で説明します。

もう 1 つ見ておく必要があるコマンドは、次のコマンドです。

### [show ip ospf neighbor](#)

RTD の出力を次に示します。

```
RTD#show ip ospf neighbor

Neighbor ID    Pri  State           Dead Time   Address      Interface
203.250.12.1   1    2WAY/DROTHER    0:00:37    203.250.14.3 Ethernet0
203.250.15.1   1    FULL/DR         0:00:36    203.250.14.2 Ethernet0
203.250.13.41  1    FULL/BDR       0:00:34    203.250.14.1 Ethernet0
```

show ip ospf neighbor コマンドは、特定のセグメント上にあるすべての近接ルータの状態を示し

ます。「Neighbor ID」が現在表示しているセグメントに属していなくても、気にする必要はありません。この例では、203.250.12.1 と 203.250.15.1 が Ethernet0 上にありませんが、これは正常です。「Neighbor ID」とは実際は RID であり、RID には、通常、ボックス内の任意の IP アドレスが設定されるためです。RTD と RTB は単なる近接ルータなので、状態は 2WAY/DROTHER になっています。RTD と RTA および RTF は隣接関係にあるため、状態は FULL/DR および FULL/BDR になっています。

## ポイントツーポイント インターフェイスでの隣接関係

OSPF は、ポイントツーポイント インターフェイス (ポイントツーポイント シリアル回線など) の相手側にある近接ルータと常に隣接関係を確立します。DR と BDR の概念はありません。シリアル インターフェイスの状態はポイントツーポイントです。

## ノンブロードキャスト マルチアクセス (NBMA) ネットワークでの隣接関係

フレームリレー、X.25、ATM などのブロードキャストに対応していないマルチアクセスメディア上で OSPF を設定する際は、特別な注意が必要です。OSPF は、これらのメディアをイーサネットなどのブロードキャストメディアと同様に扱います。通常、NBMA クラウドはハブアンドスポークトポロジで構成されています。PVC と SVC は部分メッシュ状に配置されており、その物理トポロジは、OSPF で想定されているようなマルチアクセスを提供しません。DR と BDR はそのクラウドに存在するすべてのルータと完全に物理的に接続している必要があるため、DR の選出が問題になります。また、ブロードキャスト機能がないため、DR と BDR はクラウドに接続している他のすべてのルータの静的なリストを持つ必要があります。これを実現するには、[neighbor ip-address \[priority number\] \[poll-interval seconds\]](#) コマンドを使用します。"ip-address" と "priority" はそれぞれ、近接ルータに与えられた IP アドレスと OSPF プライオリティです。プライオリティが 0 の近接ルータは、DR として選出される資格がないと見なされます。「poll-interval」は、ダウンしている可能性がある近接ルータに NBMA インターフェイスがポーリング (Hello の送信) するまでの時間間隔です。この neighbor コマンドは、DR または BDR になる資格のある (インターフェイス プライオリティが 0 でない) ルータに対して使用します。次のネットワークダイアグラムは、DR 選出が非常に重要となる例を示しています。

上記の図では、クラウドに対する RTA のインターフェイスが必ず DR として選出される必要があります。理由は、他のルータへの完全な接続性を持つルータが RTA 以外にないためです。DR の選出は、インターフェイスの OSPF プライオリティを設定することで制御できます。DR または BDR になる必要がないルータにはプライオリティ 0 を設定し、他のルータには低いプライオリティを設定します。

[neighbor コマンド](#) の使用については、このドキュメントでは詳細に説明しません。使用する基本物理メディアの種類にかかわらず、インターフェイスの Network Type を自由に設定する新しい手段が導入されたため、このコマンドは使用されなくなっているためです。このことについては、次のセクションで説明します。

## NBMA での DR と neighbor コマンドの回避

スタティック近隣ルータの設定や、非ブロードキャストクラウド上での DR や BDR となる特定のルータの使用など、複雑な問題を回避するためにさまざまな方法を利用できます。どの方法を利用するのは、ネットワークを新規に設計するのか、またはすでに存在するネットワークの設計を修正するのかわりに変わります。

## ポイントツーポイント サブインターフェイス

サブインターフェイスは、インターフェイスを論理的に定義する方法です。同じ物理インターフ

エイスを複数の論理インターフェイスに分割でき、各サブインターフェイスをポイントツーポイントとして定義できます。この方法は、当初は NBMA 上のスプリット ホライズンが原因で生じる問題やベクトル ベースのルーティング プロトコルをより適切に対処するために作られました。

ポイントツーポイント サブインターフェイスには、物理的なポイントツーポイント インターフェイスの属性があります。OSPF に関する限り、隣接関係は常にポイントツーポイント インターフェイス上で作られ、DR や BDR は選定されません。次の図は、ポイントツーポイントのサブインターフェイスを示しています。

上の図で、RTA 上では、シリアル 0 を S0.1 と S0.2 の 2 つのポイントツーポイント サブインターフェイスに分割できます。このように、OSPF はクラウドを、1 つのマルチアクセス ネットワークではなく、ポイントツーポイント リンクのセットと見なします。ポイントツーポイントの唯一の欠点は、各セグメントが別々のサブネットに属するという事です。ネットワークの管理方法により、すでに 1 つの IP サブネットをクラウド全体に割り当てているためにこの方法が受け入れられない場合があります。

別の回避策は、IP アンナンバード インターフェイスをクラウド上で使用することです。この方法を使用しても、シリアル回線の IP アドレスをベースにした WAN を管理する一部のネットワーク管理者にとっては問題があります。次は、RTA と RTB の標準的な設定です。

```
RTD#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
203.250.12.1	1	2WAY/DROTHER	0:00:37	203.250.14.3	Ethernet0
203.250.15.1	1	FULL/DR	0:00:36	203.250.14.2	Ethernet0
203.250.13.41	1	FULL/BDR	0:00:34	203.250.14.1	Ethernet0

## インターフェイスネットワークタイプの選択

OSPF インターフェイスのネットワーク タイプを設定するために使用するコマンドは、次のようになります。

```
ip ospf network {broadcast | non-broadcast | point-to-multipoint}
```

### ポイントツーマルチポイント インターフェイス

OSPF ポイントツーマルチポイント インターフェイスは、1 つ以上の近隣ルータのある番号付きポイントツーポイント インターフェイスとして定義されています。この概念は、前に説明したポイントツーポイントの概念を 1 歩進めたものです。ネットワーク管理者は、各ポイントツーポイント リンクに複数のサブネットを作ることに心配する必要はありません。クラウドは、1 つのサブネットとして設定されます。これは、クラウドの IP アドレッシングを変更しないまま、ポイントツーポイント概念に移行する場合に適しています。また、DR や近隣ルータ文について心配する必要もありません。OSPF ポイントツーマルチポイントは、追加のリンク状態アップデートを交換することにより機能しますが、これには近接ルータへの接続性を記述した多数の情報要素が含まれます。

```
ip ospf network {broadcast | non-broadcast | point-to-multipoint}
```

スタティック フレームリレー マップ文が設定されていないことに注意してください。これは、Inverse ARP が DLCI から IP アドレスへのマッピングを処理するためです。show ip ospf interface と show ip ospf route の出力結果の一部を見てみましょう。

RTA#show ip ospf interface s0

```
Serial0 is up, line protocol is up
  Internet Address 128.213.10.1 255.255.255.0, Area 0
  Process ID 10, Router ID 200.200.10.1, Network Type
POINT_TO_MULTIPOINT, Cost: 64
  Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_MULTIPOINT,
  Timer intervals configured, Hello 30, Dead 120, Wait 120, Retransmit 5
  Hello due in 0:00:04
  Neighbor Count is 2, Adjacent neighbor count is 2
    Adjacent with neighbor 195.211.10.174
    Adjacent with neighbor 128.213.63.130
```

RTA#show ip ospf neighbor

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
128.213.10.3	1	FULL/ -	0:01:35	128.213.10.3	Serial0
128.213.10.2	1	FULL/ -	0:01:44	128.213.10.2	Serial0

RTB#show ip ospf interface s0

```
Serial0 is up, line protocol is up
  Internet Address 128.213.10.2 255.255.255.0, Area 0
  Process ID 10, Router ID 128.213.10.2, Network Type
POINT_TO_MULTIPOINT, Cost: 64
  Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_MULTIPOINT,
  Timer intervals configured, Hello 30, Dead 120, Wait 120, Retransmit 5
  Hello due in 0:00:14
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
    Adjacent with neighbor 200.200.10.1
```

RTB#show ip ospf neighbor

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
200.200.10.1	1	FULL/ -	0:01:52	128.213.10.1	Serial0

ポイントツーマルチポイントの唯一の欠点は、複数のホストルート ( マスクが 255.255.255.255 であるルート ) をすべての近隣ルータに生成することです。下記の RTB の IP ルーティングテーブル内のホストルートに注目してください。

RTB#show ip route

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

Gateway of last resort is not set

```
200.200.10.0 255.255.255.255 is subnetted, 1 subnets
O       200.200.10.1 [110/65] via 128.213.10.1, Serial0
       128.213.0.0 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
O       128.213.10.3 255.255.255.255
       [110/128] via 128.213.10.1, 00:00:00, Serial0
O       128.213.10.1 255.255.255.255
       [110/64] via 128.213.10.1, 00:00:00, Serial0
C       128.213.10.0 255.255.255.0 is directly connected, Serial0
       123.0.0.0 255.255.255.0 is subnetted, 1 subnets
C       123.212.1.0 is directly connected, Serial1
```

RTC#show ip route

```
200.200.10.0 255.255.255.255 is subnetted, 1 subnets
O   200.200.10.1 [110/65] via 128.213.10.1, Serial1
128.213.0.0 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
O   128.213.10.2 255.255.255.255 [110/128] via 128.213.10.1, Serial1
O   128.213.10.1 255.255.255.255 [110/64] via 128.213.10.1, Serial1
C   128.213.10.0 255.255.255.0 is directly connected, Serial1
123.0.0.0 255.255.255.0 is subnetted, 1 subnets
O   123.212.1.0 [110/192] via 128.213.10.1, 00:14:29, Serial1
```

RTC の IP ルーティング テーブルの中で、ネットワーク 123.212.1.0 はネクストホップ 128.213.10.1 を経由して到達可能ですが、128.213.10.2 は経由しないことに注目してください。これは同じサブネットを共有するフレームリレー クラウド上で通常表示されるものと同じです。これはポイントツーマルチポイント設定の利点の 1 つです。なぜなら、ネクストホップ 128.213.10.2 に到達するために RTC 上のスタティックマッピングに頼る必要がないからです。

## ブロードキャスト インターフェイス

このアプローチは、「neighbor」コマンドを使用した場合に既存の近隣ルータをすべてスタティックにリストしてしまうことへの回避策です。インターフェイスは論理的にブロードキャストに設定され、あたかもルータが LAN に接続されたかのように振舞います。それでも DR と BDR の選定は行われるため、特に注意を払ってフルメッシュトポロジと DR のスタティック選択のどちらもインターフェイスの優先順位に基づくようにします。インターフェイスをブロードキャストに設定するコマンドは、次のとおりです。

```
ip ospf network broadcast
```

## OSPF とルート集約

集約とは、複数のルートを 1 つのアドバタイズメントに統合することです。これは通常、Area Border Routers ( ABR; エリア境界ルータ ) の境界で行われます。集約は任意の 2 つのエリア間に設定できますが、バックボーンの方に集約することをお勧めします。このようにバックボーンはすべての集約アドレスを受信してから、すでに集約されたこれらのアドレスを別のエリアに挿入します。集約には 2 つのタイプがあります。

エリア間ルート集約

外部ルート集約

### エリア間ルート集約

エリア間ルート集約は ABR 上で行われ、AS 内からのルートに適用されます。これは再配布を経由して OSPF に挿入された外部ルートには適用されません。集約を利用するために、エリア内のネットワーク番号を隣接して割り当てて、これらのアドレスを 1 つの範囲にまとめられるようにする必要があります。アドレス範囲を指定するには、次のタスクをルータ設定モードで実行します。

```
area area-id range address mask
```

ここで、「area-id」は、集約するネットワークを含むエリアです。「address」と「mask」は、1つの範囲に集約するアドレスの範囲を指定します。次に、集約の例を示します。

上の図で、RTB は 128.213.64.0 から 128.213.95.0 までのサブネットの範囲を 1つの範囲である 128.213.64.0 255.255.224.0 に集約しています。128.213.64.0 255.255.224.0。このために、64ビット中、左から3ビットが 255.255.224.0 のマスクを使用して、マスクされています。同じように、RTC はバックボーンへのサマリー アドレス 128.213.96.0 255.255.224.0 を生成しています。この集約が成功したのは、64-95 と 96-127 の2つの異なるサブネットの範囲があるためであることに注目してください。

エリア 1 とエリア 2 の間のサブネットがオーバーラップした場合、集約は困難になっていたでしょう。バックボーン エリアはオーバーラップするサマリー エリアを受信でき、中央のルータはサマリー アドレスに基づいてトラフィックをどこに送信するかを検知できません。

次に、RTB に関連する設定を示します。

```
area area-id range address mask
```

Cisco IOS(R) Software リリース 12.1(6) より前のリリースでは、ABR でサマリー アドレスに廃棄スタティックルートを手作業で設定して、ルーティング ループを防ぐようにすることが推奨されました。上記のサマリー ルートに対して、次のコマンドを使用できます。

```
ip route 128.213.64.0 255.255.224.0 null0
```

IOS 12.1(6) 以上では、廃棄ルートはデフォルトで自動的に生成されます。何らかの理由によりこの廃棄ルートを使用しない場合、次のコマンドを `router ospf` の下に設定できます。

```
[no] discard-route internal
```

または

```
[no] discard-route external
```

サマリー アドレス メトリック計算に関して: [RFC 1583](#) 利用可能なコンポーネント パスの最小メトリックに基づいて、集約ルートのメトリックを計算するために使用されます。

[RFC 2178](#) ( [RFC 2328](#) によって現在は廃止 ) によって、集約ルートのメトリックの計算方法が変更され、コストがもっとも大きいサマリーのコンポーネントがサマリーのコストを決定するようになります。

IOS 12.0 より以前のバージョンでは、シスコはその当時の [RFC 1583](#) に準拠していました。IOS 12.0 の時点で、シスコでは OSPF の動作を変更して、[新しい標準である RFC 2328 に準拠しています。](#) [こうした状況により、エリア内のすべての ABR が新しいコードに同時にアップグレードされなかった場合、最適なルーティングではなくなる可能性が生まれました。](#) [この潜在的な問題に対処するために、RFC 2328 との互換性を選択的にディセーブルにできるコマンドが、Cisco IOS の OSPF 設定に追加されました。](#) [新しい設定コマンドは router ospf の下に記述され、構文は次のようになります。](#)

[no] compatible rfc1583

デフォルト設定は、[RFC 1583](#) と互換性があります。 。 [このコマンドは、IOS の次のバージョンで使用できます。](#)

12.1(03)DC

12.1(03)DB

12.001(001.003) - 12.1 Mainline

12.1(01.03)T - 12.1 T-Train

12.000(010.004) - 12.0 Mainline

12.1(01.03)E - 12.1 E-Train

12.1(01.03)EC

12.0(10.05)W05(18.00.10)

12.0(10.05)SC

## [外部ルート集約](#)

外部ルート集約は、外部ルートに固有の集約であり、再配布を經由して OSPF に挿入されています。また、集約されている外部範囲が隣接していることを確認してください。異なる 2 台のルータからの範囲がオーバーラップしている集約は、パケットが誤った送信先へ送られる原因になります。集約は、次の [router ospf サブコマンド](#) によって行われます。

[summary-address](#) ip-address mask

このコマンドは、OSPF への再配布を行う ASBR 上だけで有効です。

上の図において、RTA と RTD は再配布により外部ルートを OSPF に挿入しています。RTA は、128.213.64-95 の範囲にサブネットを挿入し、RTD は 128.213.96-127 の範囲にサブネットを挿入しています。各ルータでサブネットを 1 つの範囲に集約するために、次のことを実行できません。

[summary-address](#) ip-address mask

これにより RTA は 1 つの外部ルート 128.213.64.0 255.255.224.0 を生成することになり、RTD は 128.213.96.0 255.255.224.0 を生成することになります。

`summary-address` コマンドは RTB で使用する場合には効果がないことに注意してください。それは RTB が OSPF へ再配布を行っていないためです。

## スタブ エリア

OSPF では、あるエリアをスタブ エリアとして設定することができます。外部ネットワークは、たとえば別のプロトコルから OSPF へ再配布されるような場合、スタブ エリアへの直接的な再配布は行いません。これらのエリアから外部ネットワークへのルートは、デフォルト ルートを使います。スタブ エリアを設定することによりエリア内のトポロジ用データベース サイズを小さくすることができます、このエリア内のルータのメモリ要件を少なくすることができます。

エリアに 1 つの出口がある場合や、エリア外部へのルーティングが最適なパスを使用する必要がない場合、このエリアをスタブとみなすことができます。後者の記述では、複数の出口があるスタブ エリアには、デフォルトをこのエリアに挿入する 1 つ以上のエリア境界ルータがあることを示しています。外部ネットワークへのルーティングは送信先に達する上で最適でないパスを使用することがあります。これは、エリアから外へ出る際に経由する出力点から送信先への距離が、他の出口からの距離より遠い場合に起こります。

その他のスタブ エリアの制約事項として、スタブ エリアを仮想リンクの通過エリアとして使用できないことがあります。また、スタブ エリアの内部には ASBR を設置できません。これらの制約事項が作られた理由は、スタブ エリアを設定している主な目的が外部ルートを運ばないようにするためで、上記のあらゆる状況は、外部リンクをこのエリアに挿入してしまうためです。当然バックボーンは、スタブとして設定できません。

スタブ エリア内のすべての OSPF ルータはスタブ ルータとして設定する必要があります。これは、あるエリアをスタブとして設定すると、このエリアに属するすべてのインターフェイスが Hello パケットを、インターフェイスがスタブであることを示すフラグとともに交換し始めるためです。実際のところ、これは Hello パケット内の 1 ビット (E ビット) が 0 に設定されることで、実現されます。共通のセグメントを持つすべてのルータで、このフラグが一致する必要があります。一致しない場合、これらは近隣ルータにはならずルーティングは実行されません。

スタブ エリアの拡張機能は、「トータルスタブエリア」と呼ばれます。シスコではこれを示すために、`"no-summary"` キーワードをスタブ エリア設定に追加しています。トータルスタブエリアは、外部ルートとサマリー ルート ( エリア間ルート ) がエリア内に入るのを防御するエリアです。このようにして、このエリアに挿入されるルートは、エリア内ルートとデフォルトの 0.0.0.0 だけになります。

エリアをスタブとして設定するコマンドを次に示します。

```
area<area-id> stub [no-summary]
```

デフォルト コストをエリア内に設定するコマンドは、次のようになります。

```
area area-id default-cost cost
```

コストが上のコマンドを使用して設定されていない場合、1 のコストが ABR によってアドバタイ

ズされます。

エリア 2 をスタブ エリアとして設定することと仮定します。次の例は、エリア 2 をスタブに設定する前と後の RTE のルーティング テーブルを示します。

RTC#

```
interface Ethernet 0
  ip address 203.250.14.1 255.255.255.0

interface Serial1
  ip address 203.250.15.1 255.255.255.252

router ospf 10
  network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
  network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0
```

RTE#**show ip route**

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

Gateway of last resort is not set

```
      203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets
C       203.250.15.0 is directly connected, Serial0
O IA   203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:06:31, Serial0
      128.213.0.0 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
O E2   128.213.64.0 255.255.192.0
        [110/10] via 203.250.15.1, 00:00:29, Serial0
O IA   128.213.63.0 255.255.255.252
        [110/84] via 203.250.15.1, 00:03:57, Serial0
      131.108.0.0 255.255.255.240 is subnetted, 1 subnets
O       131.108.79.208 [110/74] via 203.250.15.1, 00:00:10, Serial0
```

RTE はエリア間ルート ( O IA ) 203.250.14.0 と 128.213.63.0 をルーティングし、エリア内ルート ( O ) 131.108.79.208 と外部ルート ( O E2 ) 128.213.64.0 を学習しました。

エリア 2 をスタブに設定する場合、次のことを実行する必要があります。

RTC#

```
interface Ethernet 0
  ip address 203.250.14.1 255.255.255.0

interface Serial1
  ip address 203.250.15.1 255.255.255.252

router ospf 10
  network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
  network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0
```

RTE#**show ip route**

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
```

```
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets
C      203.250.15.0 is directly connected, Serial0
O IA  203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:06:31, Serial0
      128.213.0.0 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
O E2   128.213.64.0 255.255.192.0
      [110/10] via 203.250.15.1, 00:00:29, Serial0
O IA   128.213.63.0 255.255.255.252
      [110/84] via 203.250.15.1, 00:03:57, Serial0
131.108.0.0 255.255.255.240 is subnetted, 1 subnets
O      131.108.79.208 [110/74] via 203.250.15.1, 00:00:10, Serial0
```

<:P>スタブ コマンドが RTE にも設定されていることに注意してください。設定されていない場合、RTE は RTC の近隣ルータにはなりません。デフォルト コストは設定されていないため、RTC は 0.0.0.0 を RTE に 1 のメトリックでアドバタイズします。

```
RTE#show ip route
```

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

```
Gateway of last resort is 203.250.15.1 to network 0.0.0.0
```

```
203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets
C      203.250.15.0 is directly connected, Serial0
O IA  203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:26:58, Serial0
      128.213.0.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets
O IA   128.213.63.0 [110/84] via 203.250.15.1, 00:26:59, Serial0
      131.108.0.0 255.255.255.240 is subnetted, 1 subnets
O      131.108.79.208 [110/74] via 203.250.15.1, 00:26:59, Serial0
O*IA  0.0.0.0 0.0.0.0 [110/65] via 203.250.15.1, 00:26:59, Serial0
```

すべてのルートが表示されることに注目してください。ただし 0.0.0.0 のデフォルトルートに置き換えられた外部ルートは表示されません。ルートのコストは偶然 65 になっています (T1 回線の 64 + RTC がアドバタイズした 1)。

ここでは、エリア 2 がトータルスタブになるように設定し、0.0.0.0 のデフォルト コストを 10 に変更することにします。

```
RTC#
```

```
interface Ethernet 0
 ip address 203.250.14.1 255.255.255.0

interface Serial1
 ip address 203.250.15.1 255.255.255.252

router ospf 10
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
 network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0
 area 2 stub no-summary
 area 2 default cost 10
```

```
RTE#show ip route
```

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP  
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area  
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP  
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets  
C 203.250.15.0 is directly connected, Serial0  
131.108.0.0 255.255.255.240 is subnetted, 1 subnets  
O 131.108.79.208 [110/74] via 203.250.15.1, 00:31:27, Serial0  
O*IA 0.0.0.0 0.0.0.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:00:00, Serial0
```

表示される唯一のルートは、エリア内ルート (O) とデフォルトルート 0.0.0.0 であることに注目してください。外部ルートとエリア間ルートはブロックされています。デフォルトルートのコストは現在 74 です (T1 回線の 64 + RTC がアダプタイズした 10)。このケースでは、RTE に設定は必要ありません。エリアはすでにスタブになっており、**no-summary** コマンドは stub コマンドとは違い、Hello パケットにはまったく影響を与えません。

## OSPF へのルートの再配布

ルートを他のルーティング プロトコルやスタティックルートから OSPF へ再配布することにより、これらのルートは OSPF 外部ルートになります。ルートを OSPF に再配布するには、次のコマンドをルータ設定モードで使用します。

```
redistribute protocol [process-id] [metric value]  
[metric-type value] [route-map map-tag] [subnets]
```

注: 上記のコマンドは、1 回線で行う必要があります。

プロトコルとプロセス ID は、現在ここで OSPF に挿入しているプロトコルと、そのプロセス ID (存在する場合) になります。メトリックは、わたしたちが外部ルートに割り当てているコストです。メトリックが指定されていない場合、OSPF はどのプロトコルからルートを再配送するときもデフォルト値の 20 を設定します。ただし、BGP ルートだけは例外で、メトリック 1 が与えられます。メトリックタイプは、次のパラグラフで説明します。

ルートマップは、ルーティング ドメイン間でルートの再配布を制御するために使用する方式です。ルート マップの形式は次のようになります。

```
route-map map-tag [[permit | deny] | [sequence-number]]
```

ルートを OSPF に再配布するとき、**subnets** キーワードを指定しなければ、サブネットでないルートだけが再配布されます。

## E1 対 E2 外部ルート

外部ルートは 2 つのカテゴリに分けられます。外部タイプ 1 および外部タイプ 2 です。2 つの違いは、ルートのコスト (メトリック) の計算方法にあります。タイプ 2 ルートのコストは常に外部コストであり、このルートに到達するための内部コストとは無関係です。タイプ 1 のコストは

、そのルートに到達するために使用される外部コストと内部コストの加算です。送信先が同じ場合、常にタイプ 1 ルートがタイプ 2 ルートより選択されます。これを次の図で示します。

上の図で示すように、RTA は 2 つの外部ルートを OSPF に再配布しています。N1 と N2 の外部コストはともに、 $x$  です。唯一の違いは、N1 が OSPF にメトリックタイプ 1 で再配布されていますが、N2 はメトリックタイプ 2 で再配布されています。ここでエリア 1 からエリア 0 へ流れるルートをたどると、N2 に達するコストは RTB や RTC から見ると常に  $x$  になります。途中の内部コストは考慮されません。一方、N1 に達するコストは、内部コストの分だけ増加しています。コストは RTB から見ると  $x+y$  で、RTC から見ると  $x+y+z$  です。

外部ルートが両方ともタイプ 2 ルートで送信先ネットワークへの外部コストが等しい場合、ASBR へのコストが低い方のパスが最適なパスとして選択されます。

特に指定されない限り、外部ルートに付与されるデフォルトの外部タイプはタイプ 2 です。

RTC 上の E0 を指している次の 2 本のスタティックルートを追加したと仮定します。16.16.16.0/24 ( /24 表記は、左端から始まる 24 ビットのマスクを意味します ) と 128.213.0.0/24。次に RTC で **redistribute** コマンドに異なるパラメータを使用した場合の動作の違いを示します。

```
RTC#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.14.2 255.255.255.0

interface Serial1
 ip address 203.250.15.1 255.255.255.252

router ospf 10
 redistribute static
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
 network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0

ip route 16.16.16.0 255.255.255.0 Ethernet0
ip route 128.213.0.0 255.255.0.0 Ethernet0
```

```
RTE#
interface Serial0
 ip address 203.250.15.2 255.255.255.252

router ospf 10
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
```

次に、RTE での **show ip route** の出力結果を示します。

```
RTE#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default

Gateway of last resort is not set

    203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets
C       203.250.15.0 is directly connected, Serial0
O IA   203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:02:31, Serial0
```

```
O E2 128.213.0.0 [110/20] via 203.250.15.1, 00:02:32, Serial0
```

subnet キーワードを使用しなかったため、表示された外部ルートは唯一 128.213.0.0 であることに注目してください。subnet キーワードを使用しなければ、サブネットでないルートだけが再配布されることに注意してください。この場合では、16.16.16.0 はサブネット化されたクラス A ルートであり、再配布されていません。metric キーワードが使用されていないため (またはルータ OSPF の下の default-metric 文)、外部ルートに割り当てられたコストは 20 です (BGP の場合のデフォルトのコストは 1)。次のコマンドを使用すると、下記ようになります。

```
redistribute static metric 50 subnets
```

```
RTE#show ip route
```

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M
```

```
- mobile, B - BGP
```

```
    D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
```

```
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
```

```
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
    16.0.0.0 255.255.255.0 is subnetted, 1 subnets
```

```
O E2    16.16.16.0 [110/50] via 203.250.15.1, 00:00:02, Serial0
```

```
    203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets
```

```
C        203.250.15.0 is directly connected, Serial0
```

```
O IA 203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:00:02, Serial0
```

```
O E2 128.213.0.0 [110/50] via 203.250.15.1, 00:00:02, Serial0
```

次に 16.16.16.0 が表示されており、外部ルートのコストが 50 になっていることに注目してください。外部ルートはタイプ 2 (E2) であるため、内部コストは加えられていません。ここで、タイプを E1 に変更します。

```
redistribute static metric 50 metric-type 1 subnets
```

```
RTE#show ip route
```

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
```

```
    D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
```

```
    E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
```

```
    i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
    16.0.0.0 255.255.255.0 is subnetted, 1 subnets
```

```
O E1    16.16.16.0 [110/114] via 203.250.15.1, 00:04:20, Serial0
```

```
    203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets
```

```
C        203.250.15.0 is directly connected, Serial0
```

```
O IA 203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:09:41, Serial0
```

```
O E1 128.213.0.0 [110/114] via 203.250.15.1, 00:04:21, Serial0
```

タイプは E1 に変わり、コストは S0 の内部コスト分、64 だけ増加し、合計コストは 64+50=114 になっていることに注目してください。

ルート マップを RTC の設定に加えるとすると、次の結果が得られます。

```
RTC#
```

```
interface Ethernet0
```

```
ip address 203.250.14.2 255.255.255.0
```

```

interface Serial1
  ip address 203.250.15.1 255.255.255.252

router ospf 10
redistribute static metric 50 metric-type 1 subnets route-map STOPUPDATE
  network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 2
  network 203.250.14.0 0.0.0.255 area 0

ip route 16.16.16.0 255.255.255.0 Ethernet0
ip route 128.213.0.0 255.255.0.0 Ethernet0

access-list 1 permit 128.213.0.0 0.0.255.255

route-map STOPUPDATE permit 10
  match ip address 1

```

上のルート マップでは、128.213.0.0 が OSPF に再配布されることだけを許可し、他は拒否します。これが、16.16.16.0 が RTE のルーティング テーブルで表示されない理由です。

RTE#show ip route

```

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default

```

Gateway of last resort is not set

```

      203.250.15.0 255.255.255.252 is subnetted, 1 subnets
C       203.250.15.0 is directly connected, Serial0
O IA   203.250.14.0 [110/74] via 203.250.15.1, 00:00:04, Serial0
O E1   128.213.0.0 [110/114] via 203.250.15.1, 00:00:05, Serial0

```

## 他のプロトコルへの OSPF の再配布

### 有効なメトリックの使用

OSPF を別のプロトコルへ再配布するときは、常にこれらのプロトコルのルールを考慮する必要があります。特に、適用されるメトリックはこのプロトコルが使用するメトリックと一致する必要があります。たとえば RIP メトリックは範囲が 1 から 16 までのホップ カウントで、この場合 1 はネットワークが 1 ホップ先にあることを示し、16 はネットワークが到達不能なことを示しています。一方 IGRP と EIGRP は、次の形式のメトリックを必要とします。

default-metric bandwidth delay reliability loading mtu

## VLSM

考慮するもう 1 つの問題は、VLSM ( Variable Length Subnet Guide ) ( 付録 C ) です。OSPF は同一主要ネットの複数のサブネット情報を伝えることができますが、RIP や IGRP など他のプロトコル ( EIGRP は VLSM では可能 ) はできません。同一主要ネットが OSPF と RIP ドメインの境界を超える場合、RIP や IGRP に再配布された VLSM 情報は紛失し、スタティックルートを RIP または IGRP ドメインで設定する必要があります。次の例では、この問題を説明します。

上の図で、RTE は OSPF を実行し RTA は RIP を実行しています。RTC は、2 つのプロトコル間で再配布を行います。問題はクラス C ネットワーク 203.250.15.0 が変動的なサブネットであ

り、255.255.255.252 と 255.255.255.192 の 2 つの異なるマスクを持っていることです。RTE と RTA の設定とルーティングテーブルを見てみましょう。

```
RTA#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.68 255.255.255.192
router rip
 network 203.250.15.0
```

```
RTC#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.67 255.255.255.192

interface Serial1
 ip address 203.250.15.1 255.255.255.252
router ospf 10
 redistribute rip metric 10 subnets
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 0
router rip
 redistribute ospf 10 metric 2
 network 203.250.15.0
```

#### RTE#show ip route

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

Gateway of last resort is not set

```
203.250.15.0 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       203.250.15.0 255.255.255.252 is directly connected, Serial0
O       203.250.15.64 255.255.255.192
        [110/74] via 203.250.15.1, 00:15:55, Serial0
```

#### RTA#show ip route

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

Gateway of last resort is not set

```
203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 1 subnets
C       203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0
```

RTE は 203.250.15.0 には 2 つのサブネットがあると認識しているのに対して、RTA は 203.250.15.0 には 1 つのサブネット ( インターフェイス上で設定されている 1 つ ) しかないと考えていることに注目してください。サブネット 203.250.15.0 255.255.255.252 に関する情報は、RIP ドメインの中で失われています。このサブネットに到達するためには、スタティックルートを RTA で構成する必要があります。

```
RTA#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.68 255.255.255.192
router rip
 network 203.250.15.0
```

```
ip route 203.250.15.0 255.255.255.0 203.250.15.67
```

このようにして、RTA は別のサブネットへ到達できるようになります。

## 相互再配布

プロトコル間の相互再配布は、十分な注意を施し管理された手法で行う必要があります。設定に誤りがあるとルーティング情報のループが生じる可能性があります。相互再配布のための経験則は、プロトコルからラーニングされた情報が同じプロトコルに再び挿入されないようにすることです。受動インターフェイスと再配布リストを再配布ルータに適用する必要があります。OSPFなどのリンクステートプロトコルでの情報のフィルタリングは、注意を要する作業です。

**Distribute-list out** は ASBR 上で動作して、再配布されたルートを他のプロトコルにフィルタリングします。**Distribute-list in** はあらゆるルータ上で動作してルートがルーティングテーブルに入れられるのを防ぎますが、リンクステートパケットが伝搬されるのを防ぐことはなく、下流ルータにはまだルートが維持されます。フィルタを他のプロトコルに適用してループを防ぐことができる場合は、OSPF フィルタリングはできるだけ避けた方がよいでしょう。

説明のため、RTA、RTC、および RTE が RIP を実行していると想定してください。RTC と RTA は、OSPF も実行しています。RTC と RTA はいずれも、RIP と OSPF の間で再配布を実行しています。RTE から着信する RIP を OSPF ドメインに挿入させたくないと仮定して、RIP の受動インターフェイスを RTC の E0 に置きます。ただし、RTA から着信する RIP が OSPF に挿入されるのは許可しています。次に出力結果を示します。

**注:** 次の設定は使用しないでください。

```
RTE#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.130 255.255.255.192

interface Serial0
 ip address 203.250.15.2 255.255.255.192

router rip
 network 203.250.15.0
```

```
RTC#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.67 255.255.255.192

interface Serial1
 ip address 203.250.15.1 255.255.255.192

router ospf 10
 redistribute rip metric 10 subnets
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 0

router rip
 redistribute ospf 10 metric 2
 passive-interface Ethernet0
 network 203.250.15.0
```

```
RTA#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.68 255.255.255.192
```

```
router ospf 10
 redistribute rip metric 10 subnets
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 0
```

```
router rip
 redistribute ospf 10 metric 1
 network 203.250.15.0
```

RTC#**show ip route**

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default

Gateway of last resort is not set
```

```
203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 4 subnets
C      203.250.15.0 is directly connected, Serial1
C      203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0
R      203.250.15.128 [120/1] via 203.250.15.68, 00:01:08, Ethernet0
          [120/1] via 203.250.15.2, 00:00:11, Serial1
O      203.250.15.192 [110/20] via 203.250.15.68, 00:21:41, Ethernet0
```

RTCには、203.250.15.128サブネットに到達する2つのパスがあることに注目して下さい: シリアル 1 と Ethernet 0 です ( E0 は明らかに適切でないパスです )。これは、RTC がこのエントリを OSPF を介して RTA に送り、RTA はそれを RIP を介してラーニングしなかったために RIP を介して戻しているからです。これはきわめて小規模なループの例であり、これは設定が正しくないために発生します。大規模なネットワークでは、この状況はさらに悪化します。

この例で生じている状況を修正するために、RTA のイーサネット 0 で受動インターフェイスを介して RIP が送信されるのを止めることができます。これは、イーサネット上に RIP 専用のルータがある場合は適切な方法ではありません。この場合、RTC がイーサネットで RIP を送信するようにできます。このようにすると、スプリット ホライズンがあるために RTA はケーブル上で送り返すことはありません (これはスプリット ホライズンがオフの場合、NBMA メディアでは効果がありません)。スプリット ホライズンはアップデートが、同じラーニング元であるインターフェイス (同じプロトコルを介して) で送り返されるのを許可しません。もう 1 つの方法は、配布リストを RTA に適用して、OSPF を介してラーニングされたサブネットが、イーサネットで RIP に戻されるのを拒否することです。後者の方法は、これから使用する方法です。

```
RTA#
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.68 255.255.255.192
```

```
router ospf 10
 redistribute rip metric 10 subnets
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 0
```

```
router rip
 redistribute ospf 10 metric 1
 network 203.250.15.0
 distribute-list 1 out ospf 10
```

RTC のルーティング テーブルの出力結果は、次のようになります。

```
RTF#show ip route
```

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
      203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 4 subnets
C       203.250.15.0 is directly connected, Serial1
C       203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0
R       203.250.15.128 [120/1] via 203.250.15.2, 00:00:19, Serial1
O       203.250.15.192 [110/20] via 203.250.15.68, 00:21:41, Ethernet0
```

## OSPF にデフォルト値を入れる方法

Autonomous System Boundary Router ( ASBR; 自律システム境界ルータ ) に、OSPF ドメインへのデフォルトルートを強制的に生成させることができます。すでに説明したように、ルートが OSPF ドメインに再配布されると、ルータは ASBR になります。しかし ASBR はデフォルトでは、OSPF ルーティング ドメインへのデフォルトルートを生成しません。

OSPF にデフォルトルートを生成させるために、次のコマンドを使用します。

```
default-information originate [always] [metric metric-value]
[metric-type type-value] [route-map map-name]
```

注: 上記のコマンドは、1 回線で行う必要があります。

デフォルトを生成するには、2 つの方法があります。1 つめはドメイン内部で 0.0.0.0 をアドバタイズすることですが、これは ASBR 自体にすでにデフォルトルートがある場合です。2 つめの方法では、ASBR に デフォルトルートがあるかないかにかかわらず 0.0.0.0 をアドバタイズします。2 番めの方法は、キーワード **always** を追加すると設定できます。 **always** キーワードを使用するときは注意する必要があります。使用しているルータがドメイン内でデフォルト ( 0.0.0.0 ) をアドバタイズしながらデフォルト自体がなかったり送信先へ到達するパスがなかったりした場合、ルーティングは中断します。

メトリックとメトリック タイプは、デフォルトルートに割り当てられたコストとタイプ ( E1 または E2 ) です。ルート マップは、デフォルトの生成に必要な条件のセットを指定します。

RTE はデフォルトルート 0.0.0.0 を RIP に挿入していると仮定します。RTC には、最後の手段として 203.250.15.2 のゲートウェイがあります。RTC を **default-information originate** コマンドで設定するまで、RTC はデフォルトを RTA に伝搬しません。

```
RTC#show ip route
```

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

```
Gateway of last resort is 203.250.15.2 to network 0.0.0.0
```

```
203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 4 subnets
C       203.250.15.0 is directly connected, Serial1
C       203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0
R       203.250.15.128 [120/1] via 203.250.15.2, 00:00:17, Serial1
O       203.250.15.192 [110/20] via 203.250.15.68, 2d23, Ethernet0
R*     0.0.0.0 0.0.0.0 [120/1] via 203.250.15.2, 00:00:17, Serial1
       [120/1] via 203.250.15.68, 00:00:32, Ethernet0
```

```
RTC#
```

```
interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.67 255.255.255.192
```

```
interface Serial1
 ip address 203.250.15.1 255.255.255.192
```

```
router ospf 10
 redistribute rip metric 10 subnets
 network 203.250.15.0 0.0.0.255 area 0
 default-information originate metric 10
```

```
router rip
 redistribute ospf 10 metric 2
 passive-interface Ethernet0
 network 203.250.15.0
```

```
RTA#show ip route
```

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

```
Gateway of last resort is 203.250.15.67 to network 0.0.0.0
```

```
203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 4 subnets
O       203.250.15.0 [110/74] via 203.250.15.67, 2d23, Ethernet0
C       203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0
O E2    203.250.15.128 [110/10] via 203.250.15.67, 2d23, Ethernet0
C       203.250.15.192 is directly connected, Ethernet1
O*E2   0.0.0.0 0.0.0.0 [110/10] via 203.250.15.67, 00:00:17, Ethernet0
```

RTAは0.0.0.0をメトリック10の外部ルートとして学習したことに注目してください。最後の手段のゲートウェイは、予想どおり203.250.15.67に設定されます。

## [OSPF 設計のヒント](#)

OSPFのRFC(1583)では、エリア内のルータの数やセグメント当たりの近隣ルータの数、またはネットワークを構築する最良の方法についてガイドラインを指定していません。さまざまな人たちが、さまざまなアプローチでOSPFネットワークを設計しています。忘れてはならない重要なことは、あらゆるプロトコルは負荷がかかると失敗することがあるということです。発想としてはプロトコルに無理を強いることでなく、最適な動作を得るために連携することです。次に、検討する事項のリストを示します。

## エリアあたりのルータの数

エリアあたりのルータの最大数は、次のようなさまざまな要素によって決まります。

どのような種類のエリアがあるか

そのエリアの CPU の能力はどの位か

どのような種類のメディアがあるか

OSPF を NBMA モードで実行するか

NBMA ネットワークはメッシュされているか

ネットワーク内に多数の外部 LSA があるか

他のエリアは、十分に集約されているか

このような理由により、エリアあたりのルータの最大数を指定することは簡単なことではありません。特定のネットワーク設計の支援については、販売店やシステム エンジニアにお問い合わせください。

## ネイバーの数

同一 LAN に接続されているルータの数も重要です。各 LAN には、他のあらゆるルータと隣接関係をつくる DR と BDR があります。LAN に存在する近隣ルータの数が少ないほど、DR や BDR が構築する隣接関係の数も小さくなります。これは、使用しているルータにどれだけの能力があるかによって決まります。常に、DR を選択するために OSPF プライオリティを変更できます。また、できれば同じルータが複数のセグメントの DR にならないようにしてください。DR の選択が 1 番上の RID に基づく場合、偶然にある 1 つのルータが、接続されているすべてのセグメント上での DR になる可能性があります。このルータは、他のルータがアイドル状態の間も余分に稼働することになります。

## ABR 当たりのエリアの数

ABR は、サービスを提供する全エリアのデータベースのコピーを保持します。たとえばルータが 5 つのエリアに接続されると、5 つのデータベースのリストを保持する必要があります。ABR 当たりのエリアの数は多数の要素に依存しており、エリアのタイプ ( ノーマル、スタブ、NSSA )、ABR CPU の能力、エリアあたりのルータの数、エリアあたりの外部ルータの数などによって決まります。このため、ABR ごとに特定のエリア数を使用することはお勧めしません。もちろん、常にエリアを他のルータへ広げられる場合は ABR をオーバーロードしないほうがよいでしょう。次の図は、1 つの ABR が 5 つの異なるデータベースを維持する場合 ( エリア 0 を含む ) と 2 つの ABR がそれぞれ 3 つのデータベースを維持する場合の違いです。繰り返しますが、これらは単なるガイドラインに過ぎず、ABR ごとに設定するエリアが増えればパフォーマンスは低下します。状況によっては、パフォーマンスの低下も許容されます。

## フルメッシュ対部分メッシュ

フレームリレーや X.25 などの Non Broadcast Multi-Access ( NBMA ) クラウドでは、常に困難が生じます。帯域幅の低下とリンクステートの増加が重なることにより、障害が発生しやすくなります。部分メッシュトポロジは、フルメッシュより動作が優れていることが分かりました。入念に配置されたポイントツーポイントまたはポイントツーマルチポイント ネットワークの機能は、DR 問題の対処が必要なマルチポイント ネットワークよりはるかに優れています。

## メモリの問題

特定の OSPF 構成に必要なメモリを見積もるのは容易なことではありません。メモリの問題は、通常は非常に多数の外部ルートが OSPF ドメインに挿入される場合に生じます。バックボーンエリアのルータの数が 40 で外部ネットワークへのデフォルトルートが 1 つの場合、ルータ数が 4 つで 33,000 の外部ルートが OSPF に挿入されるバックボーン エリアに比べるとメモリ上の問題は少なくなります。

メモリは、優れた OSPF 設計を使用することによっても節約できます。エリア境界ルータにおける集約とスタブエリアの使用により、交換されるルートの数はさらに削減可能です。

OSPF が使用するメモリ総量は、ルーティング テーブルで使用されるメモリ ( [show ip route summary](#) ) とリンクステート データベースで使用されるメモリの合計です。次の数は、だいたいの目安による見積です。ルーティング テーブルの各エントリの消費量は、約 200 ~ 280 バイトおよびパスを追加するごとに 44 バイトです。各 LSA の消費量は 100 バイトのオーバーヘッドおよび実際の Link State Advertisement ( LSA; リンク状態アドバタイズメント ) のサイズです。各 LSA はおそらく 60 ~ 100 バイトになります ( ルータ リンクの場合、これはルータのインターフェイスの数によって決まります )。さらに、他の処理と IOS そのものが使用するメモリに追加されるはずは、厳密な数字が知りたい場合は、**show memory** を OSPF をオンにした状態としない状態で実行してください。使用されるプロセッサ メモリの差異が答になります ( configs のバックアップ コピーを保存します )。

通常、500 K バイト未満のルーティング テーブルは、2 ~ 4 MB の RAM で対応できます。500K を超える大規模ネットワークには 8 ~ 16 MB が必要であり、すべてのルートがインターネットから挿入されている場合は 32 ~ 64 MB が必要になります。

## 要約

RFC 1583 で定義されている OSPF プロトコルは、高機能なオープン プロトコルを装備しているため、これにより複数ベンダーのネットワークが TCP/IP プロトコル ファミリを使用して通信することが可能になります。OSPF の利点としては、ファースト コンバージェンス、VLSM、認証、階層的セグメント化、ルート集約、および集約性があり、これらは大規模で複雑なネットワークの処理に必要なものです。

## 付録 A : リンクステート データベースの同期

上記の図では、同じセグメントのルータ同士が隣接関係を確立するまでの状態変化を表しています。隣接ルータと Designated Router ( DR; 代表ルータ ) の選出は、Hello プロトコルを通じて行われます。ルータは、隣接ルータからの Hello パケットに自ルータの情報を検出すると、「Two-Way ( 双方向 )」状態に移行します。マルチアクセス セグメント上では、この時点で DR および BDR の選出が実行されます。2 台のルータのどちらかが既に DR または BDR であるか、または 2 台のルータがポイントツーポイントまたは仮想リンクで接続されている場合、ルータは隣接ルータとの隣接関係の確立を続行します。

Exstart 状態では、2 台の隣接ルータがマスター/スレーブ関係を確立し、初期シーケンス番号を一致させます。シーケンス番号は、古いまたは重複した Link-State Advertisement ( LSA; リンクス

テート アドバタイズメント ) を検出するために使用されます。

**Exchange 状態**では、Database Description ( DD ) パケットが交換されます。このパケットは、リンクステート アドバタイズメントがリンクステート ヘッダーの形式に短縮されたものです。このヘッダーはリンクを識別するために十分な情報を提供します。マスター ノードが DD パケットを送信すると、このパケットはスレーブ ノードからの DD パケットによって確認応答されます。Exchange 以降の状態にある隣接関係はすべて、フラッディング手順によって使用されます。これらの状態の隣接関係では、すべてのタイプの OSPF ルーティング プロトコル パケットの送受信を完全に行うことができます。

**Loading 状態**では、検出されているものの、まだ受信されていない新しいアドバタイズメントを要求するために、隣接ルータにリンクステート要求パケットが送信されます。各ルータは要求された LSA のリストを作成し、隣接関係を最新の状態に更新します。すべての LSA の確認応答が到達したことを確認するために、再送リストが維持されます。隣接関係に対するリンクステートアドバタイズメントの再送間隔 ( 秒 ) を指定するには、次のコマンドを使用します。

[ip ospf retransmit-interval seconds](#)

要求パケットに対する応答として、リンクステート アップデート パケットが送信されます。リンクステート アップデート パケットは、すべての隣接ルータにフラッディングされます。

**Full 状態**では、隣接ルータ同士は完全に隣接関係になります。共通のエリアのデータベースは、隣接ルータ間で正確に一致します。

各 LSA には **age** フィールドがあり、LSA がデータベース内にある間、またはエリア全体にフラッディングされる過程で、このフィールドが定期的増加します。どの隣接ルータの再送リストにもない LSA が **Maxage** に達すると、この LSA はデータベースからフラッシュ ( 消去 ) されます。

## リンクステート アドバタイズメント

リンクステート アドバタイズメントは、5 つのタイプに分けられます。Router Link ( RL; ルータリンク ) は、すべてのルータによって生成されます。このリンクは、特定のエリア内にあるルータ インターフェイスの状態を記述します。このリンクは、ルータのエリア内でのみフラッディングされます。ネットワークリンク ( NL ) は、各セグメントの DR によって生成されます。このリンクは、そのセグメントに接続されたルータの状態を表示します。サマリーリンク ( SL ) はエリア間リンク ( タイプ 3 ) です。このリンクは、他のエリア内に存在するものの、同じ自律システムに属するネットワークをリストします。サマリーリンクは、Area Border Router ( ABR; エリア境界ルータ ) によってバックボーンから他のエリアに、また他のエリアからバックボーンに注入されます。このリンクは、エリア間の集約のために使用されます。サマリーリンクには、他に Autonomous System Border Router ( ASBR; 自律システム境界ルータ ) サマリーリンクというタイプもあります。これは、ASBR へのルートを示すタイプ 4 リンクです。これは、すべてのルータがその Autonomous System ( AS; 自律システム ) から外部に出る経路を確実に認識するためのものです。最後のタイプはタイプ 5、External Link ( EL; 外部リンク ) です。EL は、ASBR によってドメインに注入されます。

上記の図は、それぞれのリンク タイプを示しています。RTA は Area 1 内に RL を生成します。また、RTA はこのセグメントの DR でもあるため、NL も生成します。RTB は ABR で、エリア 1 とエリア 0 に RL を生成します。RTB はまた、エリア 1 とエリア 0 にサマリーリンクを生成します。これらのリンクは、2 つのエリア間で交換されるネットワークのリストです。ASBR サマリーリンクも、RTB によってエリア 1 に挿入されます。これは自律システム境界ルータ

( ASBR ) である RTD の存在を示します。同様に、もう一つの ABR である RTC は Area 0 と Area 2 に対して RL を生成し、Area 2 には SL ( 3 ) を ( ASBR がアナウンスされていないため )、RTD をアナウンスしている Area 0 には SL ( 3,4 ) を生成します。RTD は Area 2 に対して RL を生成し、また BGP を通じて学習した外部経路の EL を生成します。この外部経路は、ドメイン内全体にフラッディングされます。

次の表に、リンクステート アドバタイズメントの要約を示します。

LS Type	アドバタイズメントの説明
1	ルータリンク アドバタイズメント。各ルータにより、そのルータが所属するエリアに対して生成されます。ルータ上に存在する、そのエリアへのリンクの状態を記述します。特定のエリア内でのみフラッディングされます。
2	ネットワークリンク アドバタイズメント。DR によって生成されます。特定のネットワークに接続している一連のルータを記述します。そのネットワークを含むエリア内でフラッディングされます。
3 また 4	サマリーリンク アドバタイズメント。ABR によって生成されます。エリア間経路を記述します。タイプ 3 はネットワークへの経路を記述します。または、経路を集約するためにも使用されます。タイプ 4 は ASBR への経路について記述します。
5	AS 外部リンク アドバタイズメント。ASBR によって発信されます。AS の外部の宛先への経路を記述します。スタブ エリアを除くすべてのエリアにフラッディングされます。

[show ip ospf database detail](#) を使用して OSPF データベースの詳細を表示すると、Link Data、Link ID、Link State ID などのさまざまなキーワードが見られます。これらのキーワードの意味はリンクステートのタイプやリンクタイプによって異なるため、混乱の原因になります。次にこの用語について説明し、ルータから見た OSPF データベースに関する詳細な例を示します。

Link State ID は基本的に、LS タイプに応じたリンクステートの識別情報を定義します。ルータリンクは、アドバタイズメントを発信したルータのルータ ID ( RID ) によって識別されます。ネットワークリンクは、DR の相対 IP アドレスによって識別されます。これに意味があるのは、ネットワークリンクが代表ルータによって発信されるためです。サマリーリンク ( タイプ 3 ) は、指し示す宛先の IP ネットワーク番号によって識別されます。ASBR サマリーリンク ( サマリーリンクタイプ 4 ) は、ASBR の RID によって識別されます。最後に、外部リンクは、指し示す外部の宛先の IP ネットワーク番号によって識別されます。次の表に要約を示します。

LS Type	Link State ID ( ルータからデータベースを参照する時は Link ID と表記 )
1	発信側ルータの Router ID ( RID )
2	ネットワークの DR の IP インターフェイスアドレス
3	宛先ネットワーク番号
4	記述された ASBR の RID

次に、利用可能なさまざまなリンクについて説明します。

**スタブ ネットワーク リンク**：この用語はスタブ エリアとは無関係です。スタブ セグメントとは、ルータが 1 台だけ接続されているセグメントです。1 台のルータが接続されたイーサネットまたはトークン リング セグメントは、スタブ ネットワークへのリンクと見なされます。ループバック インターフェイスも、255.255.255.255 のマスク ( ホスト ルート ) を持つスタブ ネットワークへのリンクと見なされます。

**ポイントツーポイント リンク**：物理的または論理的な ( サブインターフェイス ) ポイントツーポイント シリアル リンク接続です。番号が割り当てられる ( IP アドレスがリンク上で設定される ) 場合と、割り当てられない場合があります。

**トランジット リンク**：複数のルータが接続されているネットワークに接続されたインターフェイスです。そのため、「トランジット ( 輸送 ) 」と呼ばれます。

**仮想リンク**：バックボーンへの物理的な接続を持たないエリアを接続するための論理リンクです。仮想リンクは、番号を割り当てられたポイントツーポイント リンクとして扱われます。

Link ID はリンク自体の識別情報です。これはリンクのタイプごとに異なります。トランジットリンクは、そのリンク上の DR の IP アドレスによって識別されます。番号を割り当てられたポイントツーポイント リンクは、そのポイントツーポイント リンク上の隣接ルータの RID によって識別されます。仮想リンクはポイントツーポイント リンクと同じです。最後に、スタブ ネットワークへのリンクは、そのスタブ ネットワークへのインターフェイスの IP アドレスによって識別されます。次の表に要約を示します。

リンク タイプ	Link ID ( これは個々のリンクに適用される )
ポイントツーポイント	近接ルータのルータ ID
トランジット ネットワークへのリンク	DR のインターフェイス アドレス
スタブ ネットワークへのリンク ( ループバック マスクが 255.255.255.255 の場合 )	ネットワーク/サブネット番号
仮想リンク	近接ルータのルータ ID

リンク データとは、そのリンクの IP アドレスです。ただし、スタブ ネットワークの場合に限り、リンク データとはネットワーク マスクです。

リンク タイプ	Link Data
スタブ ネットワーク	ネットワーク マスク
その他のネットワーク ( ルータ リンクにのみ適用 )	ルータに関連付けられた IP インターフェイス アドレス

最後に、アドバタイジング ルータとは、LSA を送信したルータの RID です。

## OSPF データベースの例

上記のネットワーク ダイアグラム、下記の設定、および IP ルートティングテーブルに基づいて

、さまざまな角度から OSPF データベースの理解を試みます。

```
RTA#
interface Loopback0
 ip address 203.250.13.41 255.255.255.255

interface Ethernet0
 ip address 203.250.15.68 255.255.255.192

interface Ethernet1
 ip address 203.250.15.193 255.255.255.192

router ospf 10
 network 203.250.0.0 0.0.255.255 area 0
```

RTA#**show ip route**

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

Gateway of last resort is 203.250.15.67 to network 0.0.0.0

```
      203.250.16.0 255.255.255.192 is subnetted, 1 subnets
O E2   203.250.16.128 [110/10] via 203.250.15.67, 00:00:50, Ethernet0
      203.250.13.0 255.255.255.255 is subnetted, 1 subnets
C      203.250.13.41 is directly connected, Loopback0
      203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 3 subnets
O IA   203.250.15.0 [110/74] via 203.250.15.67, 00:00:50, Ethernet0
C      203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0
C      203.250.15.192 is directly connected, Ethernet1
O*E2  0.0.0.0 0.0.0.0 [110/10] via 203.250.15.67, 00:00:50, Ethernet0
```

RTE#

```
ip subnet-zero

interface Ethernet0
 ip address 203.250.16.130 255.255.255.192

interface Serial0
 ip address 203.250.15.2 255.255.255.192

router ospf 10
 redistribute rip metric 10 subnets
 network 203.250.15.0 0.0.0.63 area 1
 default-information originate metric 10

router rip
 network 203.250.16.0

ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 Ethernet0
```

RTE#**show ip route**

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

```
203.250.16.0 255.255.255.192 is subnetted, 1 subnets
C    203.250.16.128 is directly connected, Ethernet0
203.250.13.0 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
O IA  203.250.13.41 255.255.255.255
      [110/75] via 203.250.15.1, 00:16:31, Serial0
203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 3 subnets
C    203.250.15.0 is directly connected, Serial0
O IA  203.250.15.64 [110/74] via 203.250.15.1, 00:16:31, Serial0
O IA  203.250.15.192 [110/84] via 203.250.15.1, 00:16:31, Serial0
S*   0.0.0.0 0.0.0.0 is directly connected, Ethernet0
```

RTC#

```
ip subnet-zero
```

```
interface Ethernet0
```

```
ip address 203.250.15.67 255.255.255.192
```

```
interface Serial1
```

```
ip address 203.250.15.1 255.255.255.192
```

```
router ospf 10
```

```
network 203.250.15.64 0.0.0.63 area 0
```

```
network 203.250.15.0 0.0.0.63 area 1
```

RTF#**show ip route**

```
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
```

```
Gateway of last resort is 203.250.15.2 to network 0.0.0.0
```

```
203.250.16.0 255.255.255.192 is subnetted, 1 subnets
O E2  203.250.16.128 [110/10] via 203.250.15.2, 04:49:05, Serial1
203.250.13.0 255.255.255.255 is subnetted, 1 subnets
O    203.250.13.41 [110/11] via 203.250.15.68, 04:49:06, Ethernet0
203.250.15.0 255.255.255.192 is subnetted, 3 subnets
C    203.250.15.0 is directly connected, Serial1
C    203.250.15.64 is directly connected, Ethernet0
O    203.250.15.192 [110/20] via 203.250.15.68, 04:49:06, Ethernet0
O*E2 0.0.0.0 0.0.0.0 [110/10] via 203.250.15.2, 04:49:06, Serial1
```

## データベースの概要

RTC#**show ip ospf database**

```
OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)
```

```
Router Link States (Area 1)
```

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
203.250.15.67	203.250.15.67	48	0x80000008	0xB112	2
203.250.16.130	203.250.16.130	212	0x80000006	0x3F44	2

```
Summary Net Link States (Area 1)
```

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
203.250.13.41	203.250.15.67	602	0x80000002	0x90AA
203.250.15.64	203.250.15.67	620	0x800000E9	0x3E3C
203.250.15.192	203.250.15.67	638	0x800000E5	0xA54E

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
203.250.13.41	203.250.13.41	179	0x80000029	0x9ADA	3
203.250.15.67	203.250.15.67	675	0x800001E2	0xDD23	1

Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
203.250.15.68	203.250.13.41	334	0x80000001	0xB6B5

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
203.250.15.0	203.250.15.67	792	0x80000002	0xAEED

Summary ASB Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
203.250.16.130	203.250.15.67	579	0x80000001	0xF9AF

AS External Link States

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Tag
0.0.0.0	203.250.16.130	1787	0x80000001	0x98CE	10
203.250.16.128	203.250.16.130	5	0x80000002	0x93C4	0

これは、OSPF データベースの概要を示したものです。データベースは、エリアに従ってリストされています。この出力は、ABR である RTC のデータベースであり、Area 1 と Area 0 の両方のデータベースがリストされています。Area 1 はルータ リンクとサマリー リンクから構成されています。Area 1 内のどのセグメントにも DR は存在しないため、ネットワーク リンクは存在しません。Area 1 内のどのセグメントにも DR は存在しないため、ネットワーク リンクは存在しません。ASBR のみが Area 0 に存在するため、Area 1 にサマリー ASBR リンクは存在しません。外部リンクは、すべてのエリアにフラッディングされるため、特定のエリアには属していません。すべてのリンクが、エリア内のすべてのルータから収集された累積リンクである点に注意してください。

主に Area 0 のデータベースに注目します。リンク ID は、実際にはリンクステート IDであることを示しました。これは、特定リンクではなく、ルータ全体を表します。誤解しやすいのですが、この高レベルの Link ID ( 本来は Link State ID ) は、リンクではなくルータ全体を表す点は忘れないでください。

## ルータ リンク

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
203.250.13.41	203.250.13.41	179	0x80000029	0x9ADA	3
203.250.15.67	203.250.15.67	675	0x800001E2	0xDD23	1

最初にルータ リンクを見ます。203.250.13.41 および 203.250.15.67 に関する 2 つのエントリが存在します。これらは Area 0 内の 2 台のルータの RID です。また、Area 0 内のリンクの数も、各ルータについて示されています。RTC には Area 0 に対して 3 つのリンクがあり、RTC には 1 つのリンクがあります。次に、RTC のルータ リンクの詳細を示します。

```
RTC#show ip ospf database router 203.250.15.67
```

OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)

Router Link States (Area 1)

LS age: 1169  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Router Links  
Link State ID: 203.250.15.67  
Advertising Router: 203.250.15.67  
LS Seq Number: 80000008  
Checksum: 0xB112  
Length: 48  
Area Border Router  
Number of Links: 2

Link connected to: another Router (point-to-point)  
(Link ID) Neighboring Router ID: 203.250.16.130  
(Link Data) Router Interface address: 203.250.15.1  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 64

Link connected to: a Stub Network  
(Link ID) Network/subnet number: 203.250.15.0  
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.192  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 64

ここでは、OSPF がポイントツーポイント インターフェイスごとに追加のスタブ リンクを生成する点に注意してください。物理インターフェイスの数よりもリンク カウントが多い場合もありますが、混乱しないでください。

Router Link States (Area 0)

LS age: 1227  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Router Links  
Link State ID: 203.250.15.67  
Advertising Router: 203.250.15.67  
LS Seq Number: 80000003  
Checksum: 0xA041  
Length: 36  
Area Border Router  
Number of Links: 1

Link connected to: a Transit Network  
(Link ID) Designated Router address: 203.250.15.68  
(Link Data) Router Interface address: 203.250.15.67  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 10

Link ID が、接続された DR の IP アドレス (RID ではない) に等しい点に注意してください。この場合は、203.250.15.68 です。Link Data は、RTC 自身の IP アドレスです。

## ネットワーク リンク

Router Link States (Area 0)

LS age: 1227  
Options: (No TOS-capability)

**LS Type: Router Links**  
**Link State ID: 203.250.15.67**  
**Advertising Router: 203.250.15.67**  
LS Seq Number: 80000003  
Checksum: 0xA041  
Length: 36  
Area Border Router  
**Number of Links: 1**

**Link connected to: a Transit Network**  
**(Link ID) Designated Router address: 203.250.15.68**  
**(Link Data) Router Interface address: 203.250.15.67**  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 10

1つのネットワークリンクが、DRのインターフェイスIPアドレス(RIDではなく)によって示されます。このケースでは、203.250.15.68です。次に、このエントリの詳細を示します。

RTC#show ip ospf database network

OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)

Net Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA  
LS age: 1549  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Network Links  
**Link State ID: 203.250.15.68 (address of Designated Router)**  
**Advertising Router: 203.250.13.41**  
LS Seq Number: 80000002  
Checksum: 0xB4B6  
Length: 32  
Network Mask: 255.255.255.192

**Attached Router: 203.250.13.41**  
**Attached Router: 203.250.15.67**

ネットワークリンクは、中継ネットワークに接続されるルータのRIDをリストすることに注目してください。このケースでは、RTAとRTCのRIDがリストされます。

## サマリーリンク

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
203.250.15.0	203.250.15.67	792	0x80000002	0xAEBD

Area 0 has one summary link represented by the IP network address of the link 203.250.15.0. This link was injected by the ABR RTC from area 1 into area 0. A detailed view of this summary link follows, summary links for area 1 are not listed here:

RTC#show ip ospf database summary (area 1 is not listed)

Summary Net Link States (Area 0)

LS age: 615  
Options: (No TOS-capability)

```
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 203.250.15.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 203.250.15.67
LS Seq Number: 80000003
Checksum: 0xACBE
Length: 28
Network Mask: 255.255.255.192 TOS: 0 Metric: 64
```

## サマリー ASBR リンク

```
Summary Net Link States (Area 0)
```

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
203.250.15.0	203.250.15.67	792	0x80000002	0xAEED

Area 0 has one summary link represented by the IP network address of the link 203.250.15.0. This link was injected by the ABR RTC from area 1 into area 0. A detailed view of this summary link follows, summary links for area 1 are not listed here:

```
RTC#show ip ospf database summary (area 1 is not listed)
```

```
Summary Net Link States (Area 0)
```

```
LS age: 615
Options: (No TOS-capability)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 203.250.15.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 203.250.15.67
LS Seq Number: 80000003
Checksum: 0xACBE
Length: 28
Network Mask: 255.255.255.192 TOS: 0 Metric: 64
```

これは、どのルータが ASBR であることを示しています。このケースでは、ASBR は RTE であり、RID 203.250.16.130 によって表されています。この Area 0 へのエントリのアドバタイジングルータは RTC (RID 203.250.15.67) です。次に、このサマリー ASBR エントリの詳細を示します。

```
RTC#show ip ospf database asbr-summary
```

```
OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)
```

```
Summary ASB Link States (Area 0)
```

```
LS age: 802
Options: (No TOS-capability)
LS Type: Summary Links(AS Boundary Router)
Link State ID: 203.250.16.130 (AS Boundary Router address)
Advertising Router: 203.250.15.67
LS Seq Number: 80000003
Checksum: 0xF5B1
Length: 28
Network Mask: 0.0.0.0 TOS: 0 Metric: 64
```

## 外部リンク

```
RTC#show ip ospf database asbr-summary
```

```
OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)
```

Summary ASB Link States (Area 0)

```
LS age: 802
Options: (No TOS-capability)
LS Type: Summary Links(AS Boundary Router)
Link State ID: 203.250.16.130 (AS Boundary Router address)
Advertising Router: 203.250.15.67
LS Seq Number: 80000003
Checksum: 0xF5B1
Length: 28
Network Mask: 0.0.0.0 TOS: 0 Metric: 64
```

2つの外部リンクが存在します。最初のエントリは **default-information originate** コマンドによって OSPF に挿入された 0.0.0.0 です。もう1つのエントリは、再配信によって OSPF に注入された 203.250.16.128 ネットワークです。これらのネットワークをアドバタイズするルータは、203.250.16.130 (RTE の RID) です。次に、この外部経路の詳細を示します。

```
RTC#show ip ospf database external
```

```
OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)
```

```
AS External Link States
```

```
Routing Bit Set on this LSA
LS age: 208
Options: (No TOS-capability)
LS Type: AS External Link
Link State ID: 0.0.0.0 (External Network Number )
Advertising Router: 203.250.16.130
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0x96CF
Length: 36
Network Mask: 0.0.0.0
  Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
  TOS: 0
  Metric: 10
  Forward Address: 0.0.0.0
  External Route Tag: 10
```

```
Routing Bit Set on this LSA
LS age: 226
Options: (No TOS-capability)
LS Type: AS External Link
Link State ID: 203.250.16.128 (External Network Number)
Advertising Router: 203.250.16.130
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0x93C4
Length: 36
Network Mask: 255.255.255.192
  Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
  TOS: 0
  Metric: 10
  Forward Address: 0.0.0.0
  External Route Tag: 0
```

Forward Address に注意してください。このアドレスが 0.0.0.0 であるときはいつでも、外部ルートにアドバタイジング ルータ経由で到達可能であることを示します。(この場合は 203) 250.16.130. ASBR の識別情報が、ABR によって ASBR サマリー リンクを使用して他のエリアに注入されるのは、このためです。

この Forward Address は必ずしも 0.0.0.0 ではありません。場合によっては、同じセグメント上

にある別のルータの IP アドレスになることもあります。次の図は、この状況を示しています。

上記の状況では、RTB と RTA の間で BGP が動作し、RTB とドメイン内の他のルータとの間で OSPF が動作しています。RTA では OSPF は動作していません。RTB は OSPF に BGP 経路を再配送しています。OSPF から見ると、RTB は外部経路をアドバタイズしている ASBR です。このケースでは、Forwarding Address はアドバタイジング ルータ ( 0.0.0.0 ) RTB ではなく、125.211.1.1 に設定されます。これは、追加のホップを通過する必要がなくなるという利点があります。これは、追加のホップを通過する必要がなくなるという利点があります。重要な点は、外部経路が IP ルーティング テーブルにインストールされるためには、OSPF ドメイン内のルータが OSPF 経路で Forwarding Address に到達できる必要があることです。Forwarding Address が他のプロトコルを通じて到達される場合、または Forwarding Address に到達できない場合、外部経路はデータベースにインストールされても IP ルーティング テーブルにはインストールされません。

RTB と RTC がともに ASBR である場合は、状況が変わります ( RTC と RTA の間でも BGP が動作しているとします )。この状況では、重複を避けるため、2 台のルータうちの 1 台は外部経路をアドバタイズしません ( フラッシュします )。RID の大きい方のルータが選出され、そのルータがアドバタイズします。

## データベース全体

最後に、練習としてデータベース全体のリストを示します。ここまで読んできた方であれば、それぞれのエントリを調べてどのような状況にあるのかを説明できるはずです。

```
RTC#show ip ospf database router
```

```
OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)
```

```
Router Link States (Area 1)
```

```
LS age: 926
Options: (No TOS-capability)
LS Type: Router Links
Link State ID: 203.250.15.67
Advertising Router: 203.250.15.67
LS Seq Number: 80000035
Checksum: 0x573F
Length: 48
Area Border Router
Number of Links: 2
Link connected to: another Router (point-to-point)
(Link ID) Neighboring Router ID: 203.250.16.130
(Link Data) Router Interface address: 203.250.15.1
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 64
```

```
Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 203.250.15.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.192
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 64
```

```
Routing Bit Set on this LSA
LS age: 958
Options: (No TOS-capability)
LS Type: Router Links
Link State ID: 203.250.16.130
Advertising Router: 203.250.16.130
```

LS Seq Number: 80000038  
Checksum: 0xDA76  
Length: 48  
AS Boundary Router  
Number of Links: 2

Link connected to: another Router (point-to-point)  
(Link ID) Neighboring Router ID: 203.250.15.67  
(Link Data) Router Interface address: 203.250.15.2  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 64

Link connected to: a Stub Network  
(Link ID) Network/subnet number: 203.250.15.0  
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.192  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 64

#### Router Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA  
LS age: 1107  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Router Links  
Link State ID: 203.250.13.41  
Advertising Router: 203.250.13.41  
LS Seq Number: 8000002A  
Checksum: 0xC0B0  
Length: 60  
AS Boundary Router  
Number of Links: 3

Link connected to: a Stub Network  
(Link ID) Network/subnet number: 203.250.13.41  
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.255  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Stub Network  
(Link ID) Network/subnet number: 203.250.15.192  
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.192  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 10

Link connected to: a Transit Network  
(Link ID) Designated Router address: 203.250.15.68  
(Link Data) Router Interface address: 203.250.15.68  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 10

LS age: 1575  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Router Links  
Link State ID: 203.250.15.67  
Advertising Router: 203.250.15.67  
LS Seq Number: 80000028  
Checksum: 0x5666  
Length: 36  
Area Border Router  
Number of Links: 1

Link connected to: a Transit Network  
(Link ID) Designated Router address: 203.250.15.68

(Link Data) Router Interface address: 203.250.15.67  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 10

**RTC#show ip ospf database network**

OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)

Net Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA  
LS age: 1725  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Network Links  
Link State ID: 203.250.15.68 (address of Designated Router)  
Advertising Router: 203.250.13.41  
LS Seq Number: 80000026  
Checksum: 0x6CDA  
Length: 32  
Network Mask: 255.255.255.192  
Attached Router: 203.250.13.41  
Attached Router: 203.250.15.67

**RTC#show ip ospf database summary**

OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)

Summary Net Link States (Area 1)

LS age: 8  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Summary Links(Network)  
Link State ID: 203.250.13.41 (summary Network Number)  
Advertising Router: 203.250.15.67  
LS Seq Number: 80000029  
Checksum: 0x42D1  
Length: 28  
Network Mask: 255.255.255.255 TOS: 0 Metric: 11

LS age: 26  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Summary Links(Network)  
Link State ID: 203.250.15.64 (summary Network Number)  
Advertising Router: 203.250.15.67  
LS Seq Number: 80000030  
Checksum: 0xB182  
Length: 28  
Network Mask: 255.255.255.192 TOS: 0 Metric: 10

LS age: 47  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Summary Links(Network)  
Link State ID: 203.250.15.192 (summary Network Number)  
Advertising Router: 203.250.15.67  
LS Seq Number: 80000029  
Checksum: 0x1F91  
Length: 28  
Network Mask: 255.255.255.192 TOS: 0 Metric: 20

Summary Net Link States (Area 0)

LS age: 66  
Options: (No TOS-capability)

LS Type: Summary Links(Network)  
Link State ID: 203.250.15.0 (summary Network Number)  
Advertising Router: 203.250.15.67  
LS Seq Number: 80000025  
Checksum: 0x68E0  
Length: 28  
Network Mask: 255.255.255.192 TOS: 0 Metric: 64

**RTC#show ip ospf asbr-summary**

OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)

Summary ASB Link States (Area 0)

LS age: 576  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Summary Links(AS Boundary Router)  
Link State ID: 203.250.16.130 (AS Boundary Router address)  
Advertising Router: 203.250.15.67  
LS Seq Number: 80000024  
Checksum: 0xB3D2  
Length: 28  
Network Mask: 0.0.0.0 TOS: 0 Metric: 64

**RTC#show ip ospf database external**

OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)

AS External Link States

Routing Bit Set on this LSA  
LS age: 305  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: AS External Link  
Link State ID: 0.0.0.0 (External Network Number)  
Advertising Router: 203.250.16.130  
LS Seq Number: 80000001  
Checksum: 0x98CE  
Length: 36  
Network Mask: 0.0.0.0  
Metric Type: 2 (Larger than any link state path)  
TOS: 0  
Metric: 10  
Forward Address: 0.0.0.0  
External Route Tag: 10

Routing Bit Set on this LSA  
LS age: 653  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: AS External Link  
Link State ID: 203.250.16.128 (External Network Number)  
Advertising Router: 203.250.16.130  
LS Seq Number: 80000024  
Checksum: 0x4FE6  
Length: 36  
Network Mask: 255.255.255.192  
Metric Type: 2 (Larger than any link state path)  
TOS: 0  
Metric: 10  
Forward Address: 0.0.0.0  
External Route Tag: 0

OSPF では、Hello パケットおよびリンクステート アップデートの交換に IP マルチキャストを使用します。IP マルチキャスト アドレスは、クラス D アドレスを使用して実装されます。クラス D アドレスとは、224.0.0.0 ~ 239.255.255.255 の範囲のアドレスです。

次の IP マルチキャスト アドレスは、OSPF 用に特別に予約されています。

224.0.0.5: 224.0.0.5 : OSPF ルータはすべて、このアドレスへの送受信ができます。

224.0.0.6: 224.0.0.6 : DR および BDR ルータはすべて、このアドレスへの送受信ができます。

IP マルチキャスト アドレスと MAC アドレスの間のマッピングには、次の規則があります。

マルチキャストをサポートするマルチアクセス ネットワークについては、IP アドレスの下位 23 ビットは MAC マルチキャスト アドレス 01-00-5E-00-00-00 の下位ビットとして使用されます。次に、例を示します。

224.0.0.5 は 01-00-5E-00-00-05 にマップされます。

224.0.0.6 は 01-00-5E-00-00-06 にマッピングされます。

OSPF では、トークン リング ネットワーク上でブロードキャストが使用されます。

## 付録 C : 可変長サブネット マスク (VLSM)

次に、2 進数/10 進数の変換表を示します。

	00	00	00	00	00	01	01	01	01	01	01	01	01	01	
	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	10	11	00	01	
0	00	1	00	3	00	4	00	6	00	8	00	9	00	1	00
	00	6	00	2	00	8	00	4	00	0	00	6	00	1	00
														2	
1	00	1	00	3	00	4	00	6	00	8	00	9	00	1	00
	01	7	01	3	01	9	01	5	01	1	01	7	01	1	01
														3	
2	00	1	00	3	00	5	00	6	00	8	00	9	00	1	00
	10	8	10	4	10	0	10	6	10	2	10	8	10	1	10
														4	
3	00	1	00	3	00	5	00	6	00	8	00	9	00	1	00
	11	9	11	5	11	1	11	7	11	3	11	9	11	1	11
														5	
4	01	2	01	3	01	5	01	6	01	8	01	1	01	1	01
	00	0	00	6	00	2	00	8	00	4	00	0	00	1	00
												0		6	
5	01	2	01	3	01	5	01	6	01	8	01	1	01	1	01
	01	1	01	7	01	3	01	9	01	5	01	0	01	1	01
												1		7	

6	01 10	2 2	01 10	3 8	01 10	5 4	01 10	7 0	01 10	8 6	01 10	1 0 2	01 10	1 1 8	01 10
7	01 11	2 3	01 11	3 9	01 11	5 5	01 11	7 1	01 11	8 7	01 11	1 0 3	01 11	1 1 9	01 11
8	10 00	2 4	10 00	4 0	10 00	5 6	10 00	7 2	10 00	8 8	10 00	1 0 4	10 00	1 2 0	10 00
9	10 01	2 5	10 01	4 1	10 01	5 7	10 01	7 3	10 01	8 9	10 01	1 0 5	10 01	1 2 1	10 01
1 0	10 10	2 6	10 10	4 2	10 10	5 8	10 10	7 4	10 10	9 0	10 10	1 0 6	10 10	1 2 2	10 10
1 1	10 11	2 7	10 11	4 3	10 11	5 9	10 11	7 5	10 11	9 1	10 11	1 0 7	10 11	1 2 3	10 11
1 2	11 00	2 8	11 00	4 4	11 00	6 0	11 00	7 6	11 00	9 2	11 00	1 0 8	11 00	1 2 4	11 00
1 3	11 01	2 9	11 01	4 5	11 01	6 1	11 01	7 7	11 01	9 3	11 01	1 0 9	11 01	1 2 5	11 01
1 4	11 10	3 0	11 10	4 6	11 10	6 2	11 10	7 8	11 10	9 4	11 10	1 1 0	11 10	1 2 6	11 10
1 5	11 11	3 1	11 11	4 7	11 11	6 3	11 11	7 9	11 11	9 5	11 11	1 1 1	11 11	1 2 7	11 11
	10 00		10 01		10 10		10 11		11 00		11 01		11 10		11 11
1 2 8	00 00	1 4 4	00 00	1 6 0	00 00	1 7 6	00 00	1 9 2	00 00	2 0 8	00 00	2 2 4	00 00	2 4 0	00 00
1 2 9	00 01	1 4 5	00 01	1 6 1	00 01	1 7 7	00 01	1 9 3	00 01	2 0 9	00 01	2 2 5	00 01	2 4 1	00 01
1 3 0	00 10	1 4 6	00 10	1 6 2	00 10	1 7 8	00 10	1 9 4	00 10	2 1 0	00 10	2 2 6	00 10	2 4 2	00 10
1 3 1	00 11	1 4 7	00 11	1 6 3	00 11	1 7 9	00 11	1 9 5	00 11	2 1 1	00 11	2 2 7	00 11	2 4 3	00 11
1 3 2	01 00	1 4 8	01 00	1 6 4	01 00	1 8 0	01 00	1 9 6	01 00	2 1 2	01 00	2 2 8	01 00	2 4 4	01 00
1 3	01 01	1 4	01 01	1 6	01 01	1 8	01 01	1 9	01 01	2 1	01 01	2 2	01 01	2 4	01 01

3		9		5		1		7		3		9		5	
1	01	1	01	1	01	1	01	1	01	2	01	2	01	2	01
3	10	5	10	6	10	8	10	9	10	1	10	3	10	4	10
4	0	0	10	6	10	2	10	8	10	4	10	0	10	6	10
1	01	1	01	1	01	1	01	1	01	2	01	2	01	2	01
3	11	5	11	6	11	8	11	9	11	1	11	3	11	4	11
5	1	1	11	7	11	3	11	9	11	5	11	1	11	7	11
1	10	1	10	1	10	1	10	2	10	2	10	2	10	2	10
3	00	5	10	6	10	8	10	0	10	1	10	3	10	4	10
6	2	00	8	00	4	00	0	0	00	6	00	2	00	8	00
1	10	1	10	1	10	1	10	2	10	2	10	2	10	2	10
3	01	5	10	6	10	8	10	0	10	1	10	3	10	4	10
7	3	01	9	01	5	01	1	01	7	01	3	01	9	01	10
1	10	1	10	1	10	1	10	2	10	2	10	2	10	2	10
3	10	5	10	7	10	8	10	0	10	1	10	3	10	5	10
8	4	10	0	10	6	10	2	10	8	10	4	10	0	10	10
1	10	1	10	1	10	1	10	2	10	2	10	2	10	2	10
3	11	5	10	7	10	8	10	0	10	1	10	3	10	5	10
9	5	11	1	11	7	11	3	11	9	11	5	11	1	11	11
1	11	1	11	1	11	1	11	2	11	2	11	2	11	2	11
4	00	5	11	7	11	8	11	0	11	2	11	3	11	5	11
0	6	00	2	00	8	00	4	00	0	00	6	00	2	00	11
1	11	1	11	1	11	1	11	2	11	2	11	2	11	2	11
4	01	5	11	7	11	8	11	0	11	2	11	3	11	5	11
1	11	1	11	1	11	1	11	2	11	2	11	2	11	2	11
4	10	5	11	7	11	9	11	0	11	2	11	3	11	5	11
2	8	10	4	10	0	10	6	10	2	10	2	10	8	10	10
1	11	1	11	1	11	1	11	2	11	2	11	2	11	2	11
4	11	5	11	7	11	9	11	0	11	2	11	3	11	5	11
3	9	11	5	11	1	11	7	11	3	11	9	11	5	11	11

可変長サブネットマスクが使われるようになった背景にあるのは、より柔軟にメジャー ネットを複数のサブネットに分割して、各サブネットに十分な数のホストを確保するという考え方です。VLSM を使用しなければ、1つのサブネットマスクは1つのメジャー ネットワークにしか割り当てることができません。これでは、必要なサブネットの数によってホストの数が制限されてしまいます。十分な数のサブネットを確保できるようなマスクを選択すれば、各サブネットに十分なホストを割り当てられなくなります。同じことがホストにもあてはまります。十分な数のホストを確保できるマスクでは、十分なサブネットスペースを提供できなくなります。

たとえば、クラス C ネットワーク 192.214.11.0 を割り当てられたと仮定して、このネットワークを3つのサブネットに分割し、1つのサブネットには100のホスト、残りのサブネットにはそれぞれ50のホストを確保する必要があるとします。両端の0と255の制限を無視すると、理論的には256のアドレスを使用できます(192.214.11.0 ~ 192.214.11.255)。しかしこれは、VLSM を使用しなければ達成できません。

使用できるサブネットマスクには以下のものがあります。マスクは左から連続する1で始まり、残りのビットはすべて0である必要があります。

RTC#show ip ospf database router

OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)

Router Link States (Area 1)

LS age: 926

Options: (No TOS-capability)

LS Type: Router Links

Link State ID: 203.250.15.67

Advertising Router: 203.250.15.67

LS Seq Number: 80000035

Checksum: 0x573F

Length: 48

Area Border Router

Number of Links: 2

Link connected to: another Router (point-to-point)

(Link ID) Neighboring Router ID: 203.250.16.130

(Link Data) Router Interface address: 203.250.15.1

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 64

Link connected to: a Stub Network

(Link ID) Network/subnet number: 203.250.15.0

(Link Data) Network Mask: 255.255.255.192

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 64

Routing Bit Set on this LSA

LS age: 958

Options: (No TOS-capability)

LS Type: Router Links

Link State ID: 203.250.16.130

Advertising Router: 203.250.16.130

LS Seq Number: 80000038

Checksum: 0xDA76

Length: 48

AS Boundary Router

Number of Links: 2

Link connected to: another Router (point-to-point)

(Link ID) Neighboring Router ID: 203.250.15.67

(Link Data) Router Interface address: 203.250.15.2

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 64

Link connected to: a Stub Network

(Link ID) Network/subnet number: 203.250.15.0

(Link Data) Network Mask: 255.255.255.192

Number of TOS metrics: 0

TOS 0 Metrics: 64

Router Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA

LS age: 1107

Options: (No TOS-capability)

LS Type: Router Links

Link State ID: 203.250.13.41

Advertising Router: 203.250.13.41

LS Seq Number: 8000002A

Checksum: 0xC0B0

Length: 60

AS Boundary Router  
Number of Links: 3

Link connected to: a Stub Network  
(Link ID) Network/subnet number: 203.250.13.41  
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.255  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: a Stub Network  
(Link ID) Network/subnet number: 203.250.15.192  
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.192  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 10

Link connected to: a Transit Network  
(Link ID) Designated Router address: 203.250.15.68  
(Link Data) Router Interface address: 203.250.15.68  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 10

LS age: 1575  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Router Links  
Link State ID: 203.250.15.67  
Advertising Router: 203.250.15.67  
LS Seq Number: 80000028  
Checksum: 0x5666  
Length: 36  
Area Border Router  
Number of Links: 1

Link connected to: a Transit Network  
(Link ID) Designated Router address: 203.250.15.68  
(Link Data) Router Interface address: 203.250.15.67  
Number of TOS metrics: 0  
TOS 0 Metrics: 10

**RTC#show ip ospf database network**

OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)

Net Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA  
LS age: 1725  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Network Links  
Link State ID: 203.250.15.68 (address of Designated Router)  
Advertising Router: 203.250.13.41  
LS Seq Number: 80000026  
Checksum: 0x6CDA  
Length: 32  
Network Mask: 255.255.255.192  
Attached Router: 203.250.13.41  
Attached Router: 203.250.15.67

**RTC#show ip ospf database summary**

OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)

Summary Net Link States (Area 1)

LS age: 8  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Summary Links(Network)  
Link State ID: 203.250.13.41 (summary Network Number)  
Advertising Router: 203.250.15.67  
LS Seq Number: 80000029  
Checksum: 0x42D1  
Length: 28  
Network Mask: 255.255.255.255 TOS: 0 Metric: 11

LS age: 26  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Summary Links(Network)  
Link State ID: 203.250.15.64 (summary Network Number)  
Advertising Router: 203.250.15.67  
LS Seq Number: 80000030  
Checksum: 0xB182  
Length: 28  
Network Mask: 255.255.255.192 TOS: 0 Metric: 10

LS age: 47  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Summary Links(Network)  
Link State ID: 203.250.15.192 (summary Network Number)  
Advertising Router: 203.250.15.67  
LS Seq Number: 80000029  
Checksum: 0x1F91  
Length: 28  
Network Mask: 255.255.255.192 TOS: 0 Metric: 20

Summary Net Link States (Area 0)

LS age: 66  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Summary Links(Network)  
Link State ID: 203.250.15.0 (summary Network Number)  
Advertising Router: 203.250.15.67  
LS Seq Number: 80000025  
Checksum: 0x68E0  
Length: 28  
Network Mask: 255.255.255.192 TOS: 0 Metric: 64

RTC#show ip ospf asbr-summary

OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)

Summary ASB Link States (Area 0)

LS age: 576  
Options: (No TOS-capability)  
LS Type: Summary Links(AS Boundary Router)  
Link State ID: 203.250.16.130 (AS Boundary Router address)  
Advertising Router: 203.250.15.67  
LS Seq Number: 80000024  
Checksum: 0xB3D2  
Length: 28  
Network Mask: 0.0.0.0 TOS: 0 Metric: 64

RTC#show ip ospf database external

OSPF Router with ID (203.250.15.67) (Process ID 10)

## AS External Link States

```
Routing Bit Set on this LSA
LS age: 305
Options: (No TOS-capability)
LS Type: AS External Link
Link State ID: 0.0.0.0 (External Network Number)
Advertising Router: 203.250.16.130
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0x98CE
Length: 36
Network Mask: 0.0.0.0
    Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
    TOS: 0
    Metric: 10
    Forward Address: 0.0.0.0
    External Route Tag: 10
```

```
Routing Bit Set on this LSA
LS age: 653
Options: (No TOS-capability)
LS Type: AS External Link
Link State ID: 203.250.16.128 (External Network Number)
Advertising Router: 203.250.16.130
LS Seq Number: 80000024
Checksum: 0x4FE6
Length: 36
Network Mask: 255.255.255.192
    Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
    TOS: 0
    Metric: 10
    Forward Address: 0.0.0.0
    External Route Tag: 0
```

VLSM を使用しない場合は、マスク 255.255.255.128 を使用してそれぞれ 128 のホストがある 2 つのサブネットに分割するか、またはマスク 255.255.255.192 を使用してそれぞれ 64 のホストがある 4 つのサブネットに分割することになります。しかし、これでは要件が満たされません。複数のマスクを使用する場合、マスク 128 を使用し、さらにサブネットでもマスク 192 の 2 番目のチャンクのアドレスを使用できません。次の表は、これに従ってアドレススペースを分割した結果を示しています。

ここで、各マスクへの IP アドレスの割り当てに注意してください。ルータまたはホストに IP アドレスを割り当てると、そのセグメントのサブネット全体が消費されます。たとえば、E2 に 192.214.11.10 255.255.255.128 を割り当てると、192.214.11.0 から 192.214.11.127 までのアドレス範囲全体が E2 によって消費されます。同様に、E2 に 192.214.11.160 255.255.255.128 を割り当てると、192.214.11.128 から 192.214.11.255 までのアドレス範囲全体が E2 セグメントによって消費されます。

次に、これらのアドレスがルータでどのように解釈されるかを示します。ナチュラル マスク以外のマスクを使用する場合（サブネット化する場合など）は、IP アドレスとマスクの組み合わせによってサブネット 0 が発生するとルータの処理に問題が生じる点に注意してください。この問題を解決するには、ルータで [ip subnet-zero コマンド](#) を使用します。

```
RTA#
ip subnet-zero
interface Ethernet2
    ip address 192.214.11.10 255.255.255.128
interface Ethernet3
    ip address 192.214.11.160 255.255.255.192
```

```
interface Ethernet4
 ip address 192.214.11.226 255.255.255.192
```

```
RTA#show ip route connected
```

```
    192.214.11.0 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
C       192.214.11.0 255.255.255.128 is directly connected, Ethernet2
C       192.214.11.128 255.255.255.192 is directly connected, Ethernet3
C       192.214.11.192 255.255.255.192 is directly connected, Ethernet4
```

## 関連情報

- [OSPF および MTU](#)
- [OSPF ネイバーが、MTU の不一致のために exstart および exchange 状態から抜け出せなくなっています。](#)
- [OSPF に関するサポート ページ](#)
- [OSPF : よく寄せられる質問 \(FAQ\)](#)
- [テクニカル サポートとドキュメント - Cisco Systems](#)