サイトの準備と計画

この章では、メッシュ ネットワークのサイト準備と計画について説明します。内容は次のとおりです。

- サイト サーベイ，1 ページ
- ワイヤレス メッシュ ネットワークのカバレッジに関する考慮事項，9 ページ
- 屋内メッシュと屋外メッシュの相互運用性，37 ページ

サイト サーベイ

機器を設置する前に、無線サイトサーベイすることを推奨します。サイト サーベイでは、干渉、フレネルゾーン、または物流の問題などの問題を明らかにします。適切なサイト サーベイには、メッシュ リンクの一時的なセットアップや、アンテナの計算が正確かどうかを判別する測定などが含まれます。穴を開けたり、ケーブルを設置したり、機器を取り付けたりする前に、それが正しい場所かどうかを確認します。

（注） 電源が準備できていないときは、Unrestricted Power Supply（UPS）を使用してメッシュ リンクに一時的に電源を入れることを推奨します。

サーベイ前チェックリスト

サイト サーベイの前に、次のことを確認します。

- ワイヤレス リンクの長さはどのくらいか？
- 見通し（Line of Sight）は確保されているか？
- リンクが稼働する最小の許容データ レートは？

- これは、ポイントツーポイントのリンクか？あるいはポイントツーマルチポイントのリンクか？
- 正しいアンテナがあるか？
- アクセス ポイントの設置場所は、アクセス ポイントの重量を支えられるか？
- 両方のメッシュ サイトの場所にアクセスできるか？
- （必要であれば）適切な権限はあるか？
- 共同作業者はいるか？屋根や塔の上では、単独では決してサーベイや作業を行わないでください。
- オンサイトに出向く前に 1500 シリーズを設定したか？設定やデバイスの問題を先に解決しておくと、作業が楽になります。
- 作業を遂行するための適切なツールや機器があるか？

（注） サーベイでは、携帯電話や携帯の送受信兼用無線機があると便利です。

屋外サイト サーベイ

WLAN システムを屋外に設置するのは、屋内にワイヤレスを配置する場合とは異なるスキルセットが必要です。天候による災害、雷、物理的セキュリティ、その地域の規制などを考慮に入れなければなりません。

メッシュ リンクの適合が成功するかどうかを判別する際には、そのメッシュ リンクに対し、期待されるワイヤレス データ レートと到達距離を決めてください。ワイヤレス ルーティングの計算にはデータ レートが直接は含まれないため、同じメッシュ全体を通して同じデータ レートを使用することを推奨します。

メッシュ リンクの設計には、次の値を推奨します。

- MAP の配置について、街路の上では、高さ 35 フィートを超えられません。
- MAP は、地面に向かって下向きに取り付けられたアンテナと一緒に配置されます。
- 一般的な 5 GHz の RAP から MAP までの距離は、1000 ～ 4000 フィートです。
- RAP は、一般的には塔か高い建物に設置します。
- 一般的な 5 GHz の MAP から MAP までの距離は、500 ～ 1000 フィートです。
- MAP は、一般的には低い建物の上か街灯に設置します。
- 一般的な 2.4 GHz の MAP からクライアントまでの距離は、500 ～ 1000 フィートです（アクセス ポイントのタイプによって異なります）。
- クライアントは、一般的にはラップトップ、スマートフォン、タブレット、CPE です。ほとんどのクライアントは 2.4 GHz 帯で動作します。

- 2.4 GHz 帯もバックホールに使用できるリリース 8.2 以降では、2.4 GHz 帯を使用することで到達距離を若干改善できます。ただし、同時にスループットが低下する可能性があります。

見通し（Line of Sight）の判別

リンクが成功するかどうかを判別する際には、そのリンクに対し、どの無線データ レートでどのくらい遠くまでの伝送を期待しているのかを定義する必要があります。非常に近い、1 キロメートル以内のリンクは、クリアな見通し（Line of Sight、LOS）（障害物のないパス）があれば容易に到達できます。

メッシュ電波は5GHz帯で非常に高い周波数であるため電波波長が小さく、電力が同じであれば、低い周波数の電波ほど電波は遠くへ行きません。この高い周波数範囲によって、メッシュはライセンス不要の使用に対して理想的なものになっています。高利得アンテナを使用して電波を特定の方向にしっかり電波を向かせない限り、電波が遠くまで届かないためです。

この高利得アンテナ設定は、RAP を MAP に接続する場合にだけ推奨します。メッシュ リンクが1マイル（1.6km）に限定されているため、メッシュの動作を最適化するのに、オムニ指向性アンテナが使用されます。地球の屈曲は 9.6 km（6 マイル）ごとに変化するため、見通し（Line of Sight）の計算には影響しません。

天候

フリー スペースのパス損失と見通し（Line of Sight）といった条件の他に、天候によってもメッシュ リンクの質は低下する場合があります。雨、雪、霧、多湿環境は見通し（Line of Sight）に多少の影響を与え、若干の損失（「レインフェード」や「フェードマージン」とも呼ばれる）を生みますが、それによるメッシュ リンクへの影響はわずかです。安定したメッシュ リンクを確立していれば、天候が問題になることはありませんが、リンクが開始できないほど弱い場合は、悪天候によるパフォーマンス低下やリンク損失が発生します。

理想的には見通し（Line of Sight）が必要ですが、何も見えないような吹雪では見通し（Line of Sight）が認められません。また、嵐で雨や雪が問題になるかもしれない一方、その逆の天気によって別の条件が引き起こされる可能性も多々あります。たとえば、アンテナはおそらく垂直パイプ上にあり、嵐が垂直パイプまたはアンテナ構造に吹き付けていて、その揺れによってリンクが行ったり来たりしたり、アンテナの上に氷や雪の大きな塊ができたりします。

フレネル ゾーン

フレネルゾーンは、トランスミッタとレシーバの間の目に見える見通し（Line of Sight）周辺の虚楕円です。無線信号はフリースペースを通って目的の場所に到達するため、フレネルエリアに障害物を検出して信号の質が低下することがあります。最高のパフォーマンスと範囲は、フレネルエリアに障害物がない場合に達成されます。フレネルゾーン、フリースペース損失、アンテナ利得、ケーブル損失、データ レート、リンク距離、トランスミッタ電源、レシーバ感度などの変動要因は、メッシュ リンクの到達距離を左右します。図 1：ポイントツーポイント リンクのフレネ

ル ゾーン，（4 ページ） に示すように、フレネル エリアの 60 ～70 % に障害物がなければ、リンクを確立できます。

図 *1*：ポイントツーポイント リンクのフレネル ゾーン

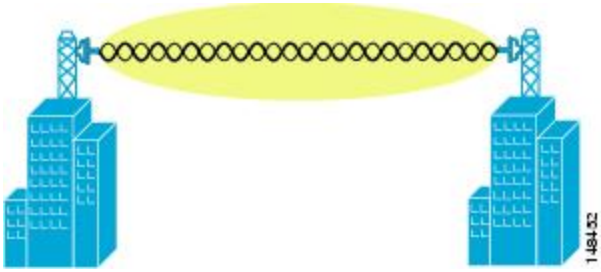
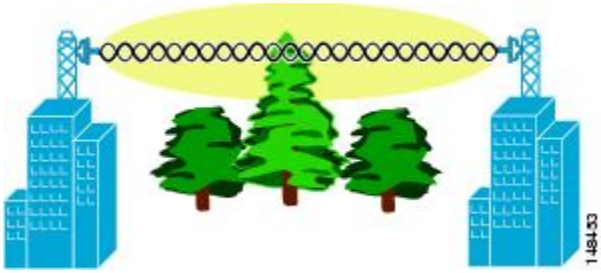


図 2：フレネル ゾーン内の一般的な障害物，（4 ページ） は、障害物のあるフレネル ゾーンを示しています。

図 *2*：フレネル ゾーン内の一般的な障害物



パス沿いの特定の距離におけるフレネル ゾーンの半径（フィート）は、次の方程式で計算できます。

F1 = 72.6 X (d/4 X f) の平方根

値は次のとおりです。

F1 = 最初のフレネル ゾーン半径（フィート）

D = パスの全長（マイル）

F = 周波数（GHz）

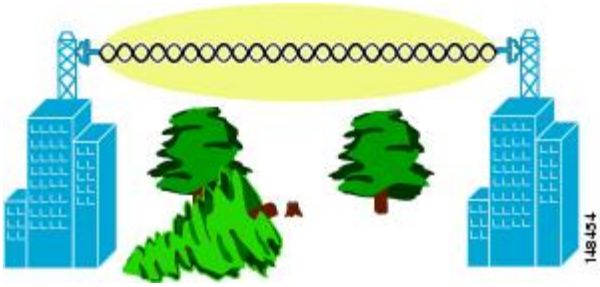
通常、最初のフレネル ゾーンの 60 % のクリアランスが推奨されるため、上の公式を 60 % のフレネル ゾーン クリアランスで表すと、次のようになります。

0.60 F1= 43.3 X (d/4 X f) の平方根

これらの計算は、平坦地に基づいたものです。

図 3：フレネル ゾーンの障害物の除去，（5 ページ） は、ワイヤレス信号のフレネル ゾーンにある障害物の除去を示しています。

図 *3*：フレネル ゾーンの障害物の除去



ワイヤレス メッシュ配置のフレネル ゾーン サイズ

可能な最小周波数 4.9 GHz におけるフレネル ゾーンの最大サイズの概算を求める場合、最小値は周波数ドメインによって異なります。記載している最小の数値は、米国の Public Safety のために割り当てられた使用可能帯域で、1 マイルの最大距離の場合、クリアランス要件のフレネル ゾーンは、9.78 フィート = 43.3 X 平方根 (1/(4*4.9)) です。このクリアランスは、ほとんどのソリューションで比較的簡単に達成できます。たいていの配置では、距離は 1 マイル（1.6 km）より短く、周波数は 4.9 GHz より大きいと想定され、フレネル ゾーンはより小さくなります。すべてのメッシュ配置では、フレネル ゾーンを設計の一部として考慮する必要がありますが、ほとんどの場合、フレネル クリアランス要件が問題になることはないと考えられます。

隠れノードの干渉

メッシュ バックホールは、メッシュ内のすべてのノードに同じ 802.11a チャネルを使用しますが、これによって WLAN バックホール環境に隠れノードが発生することがあります。

図 *4*：隠れノード

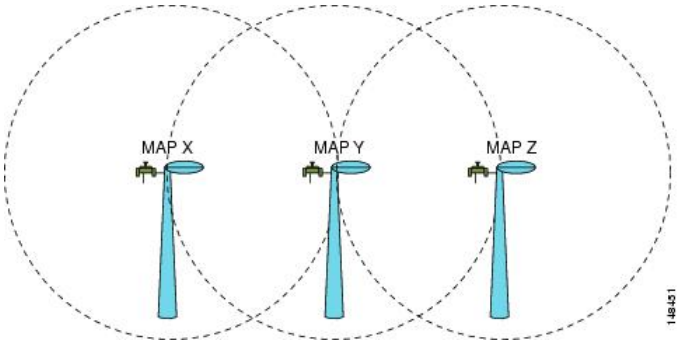


図 4：隠れノード，（5 ページ） は、次の 3 つの MAP を示します。

- MAP X
- MAP Y
- MAP Z

MAP Y と MAP Z にとって、MAP X が RAP に戻るルートの場合、MAP X と MAP Z の両方が同時に MAP Y にトラフィックを送信する可能性があります。RF 環境のため、MAP Y は MAP X と MAP Z の両方からのトラフィックが見えますが、MAP X と MAP Z は互いが見えません。これは、キャリア検知多重アクセス（CSMA）メカニズムでは、MAP X と MAP Z が同じ時間ウィンドウ中に送信するのを止められないことを意味します。これらのフレームのどちらかが 1 つの MAP に向かうと、フレーム間のコリジョンによって破損し、再送信が必要になります。

すべての WLAN で何らかの時点で隠れノード コリジョンが生じる可能性がありますが、MAP の修正された特性によって、重負荷や大きなパケット ストリームなどのトラフィック条件では、隠れノードのコリジョンがメッシュ WLAN バックホールの永続的な機能になります。

メッシュ アクセス ポイントは同じバックホール チャネルを共有するため、隠れノードと露出ノードは、ワイヤレス メッシュ ネットワークに付きものの問題になっています。Cisco メッシュ ソリューションでは、ネットワークのパフォーマンス全体に影響するこれら 2 つの問題を、できるだけ多く探し出して軽減しています。たとえば、AP1500 には少なくとも 2 つの周波数帯に対応します。1 つはバックホール アクセス用の 5 GHz 帯で、もう 1 つはクライアント アクセス用の 2.4 GHz 帯です。また Radio Resource Management（RRM）機能は 2.4 GHz 帯で動作しますが、これによって、セルの調整と自動チャネル変更が可能であり、メッシュ ネットワーク内のコリジョン ドメインを効果的に削減できます。

この他にも、これら 2 つの問題をさらに軽減するためのソリューションがあります。コリジョンを減らして高負荷条件での安定性を向上させるため、802.11 MAC では、コリジョン発生が認識されたときに指数関数バックオフ アルゴリズムが使用され、競合ノードが指数関数的にバックオフしてパケットを再送信します。理論上、ノードが再試行すればするほど、コリジョンの可能性は小さくなります。実際には、競合するステーションが 2 つだけあり、隠れステーションになっていなければ、3 回余り再試行するだけでコリジョンは無視できるものになるでしょう。もっと多くの競合ステーションがある場合には、コリジョンが増加すると考えられます。そのため、同じコリジョン ドメインに数多くの競合ステーションがある場合、再試行制限回数を多くし、最大コンテンション ウィンドウを大きくする必要があります。さらに、ネットワーク内に隠れノードがある場合には、コリジョンは指数関数的には減らないものと考えられます。この場合、隠れノードの問題を軽減するために、RTS/CTS 交換が使用できます。

優先される親の選択

MAP に対して優先される親を設定できます。この機能を使用すると、細かい制御が可能になり、メッシュ環境で直線的なトポロジを適用できます。AWPP を省略し、優先される親への移行を強制できます。

優先される親の選択基準

子 AP は、次の基準に基づいて優先される親を選択します。

- 優先される親は最良の親です。
- 優先される親には少なくとも 20 dB のリンク SNR があります（他の親はどんなに優れていても無視されます）。
- 優先される親のリンク SNR は 12 dB ～ 20 dB の範囲内にありますが、他の親が非常に（SNR が 20 % 以上）優れていることはありません。SNR が 12 dB 未満の場合、設定は無視されます。
- 優先される親はブラックリストに掲載されません。
- 優先される親は、12 dB ～ 20 dB の範囲内の（DFS）のため、サイレント モードになりません。
- 優先される親は同じブリッジグループ名（BGN）に属します。設定された優先される親が同じ BGN に属さず、他の親が利用可能でない場合、子はデフォルトの BGN を使用して親 AP に join します。

優先される親の設定

優先される親を設定するには、次のコマンドを入力します。

`(Cisco Controller) >` **config mesh parent preferred** *AP_name MAC*

値は次のとおりです。

- *AP_name* は、指定する必要がある子 AP の名前です。
- *MAC* は、指定する必要がある優先される親の MAC アドレスです。

（注） 優先される親を設定する場合、目的の親に対して実際のメッシュ ネイバーの MAC アドレスを指定してください。この MAC アドレスはベース AP の MAC アドレスで、最後の文字が f になります。たとえば、ベース AP の MAC アドレスが 00:24:13:0f:92:00 の場合、優先される親として 00:24:13:0f:92:0f を指定する必要があります。これが、メッシュ ネイバー関係に使用される実際の MAC アドレスです。

次に、MAP1SB アクセス ポイントの優先される親を設定する例を示します。00:24:13:0f:92:00 は、優先される親の MAC アドレスです。

`(Cisco Controller) >` **config mesh parent preferred** *MAP1SB 00:24:13:0f:92:0f*

コントローラの GUI を使用して優先される親を設定する手順は、次のとおりです。

1. [Wireless] > [Access Points] > [AP_NAME] > [Mesh] を選択します。
2. [Preferred Parent] テキスト ボックスに優先される親の MAC アドレスを入力します。

（注） [Preferred Parent] の値をクリアするには、[Preferred Parent] テキスト ボックスで何も入力しないでください。

3 [Apply] をクリックします。

（注） 優先される親が入力されると、その他のメッシュ設定は、同時に設定できません。変更を適用してから 90 秒間待ってから、他のメッシュの変更を行えます。

関連コマンド

優先される親の選択に関連するコマンドは次のとおりです。

- 設定された親を削除するには、次のコマンドを入力します。

  (Cisco Controller) > **config mesh parent preferred** *AP_name* **none**

- 子 AP の優先される親として設定された AP に関する情報を取得するには、次のコマンドを入力します。

  (Cisco Controller) > **show ap config general** *AP_name*

次に、MAP1SB アクセス ポイントの設定情報を取得する例を示します。00:24:13:0f:92:00 は優先される親の MAC アドレスです。

(Cisco Controller) > **show ap config general** *MAP1*

```
Cisco AP Identifier.............................. 9
Cisco AP Name.................................... MAP1
Country code..................................... US - United States
Regulatory Domain allowed by Country............. 802.11bg:-A 802.11a:-A
AP Country code.................................. US - United States
AP Regulatory Domain............................. 802.11bg:-A 802.11a:-A
Switch Port Number .............................. 1
MAC Address...................................... 12:12:12:12:12:12
IP Address Configuration......................... DHCP
IP Address....................................... 209.165.200.225
IP NetMask....................................... 255.255.255.224
CAPWAP Path MTU.................................. 1485
Domain...........................................
Name Server......................................
Telnet State..................................... Disabled
Ssh State........................................ Disabled
Cisco AP Location................................ default location
Cisco AP Group Name.............................. default-group
Primary Cisco Switch Name........................ 4404
Primary Cisco Switch IP Address.................. 209.165.200.230
Secondary Cisco Switch Name......................
Secondary Cisco Switch IP Address................ Not Configured
Tertiary Cisco Switch Name....................... 4404
Tertiary Cisco Switch IP Address................. 3.3.3.3
Administrative State ............................ ADMIN_ENABLED
```

```
Operation State ................................ REGISTERED
Mirroring Mode ................................. Disabled
AP Mode ........................................ Local
Public Safety .................................. Global: Disabled, Local: Disabled
AP subMode ..................................... WIPS
Remote AP Debug ................................ Disabled
S/W  Version ................................... 5.1.0.0
Boot  Version .................................. 12.4.10.0
Mini IOS Version ............................... 0.0.0.0
Stats Reporting Period ......................... 180
LED State....................................... Enabled
PoE Pre-Standard Switch......................... Enabled
PoE Power Injector MAC Addr..................... Disabled
Power Type/Mode................................. PoE/Low Power (degraded mode)
Number Of Slots................................. 2
AP Model........................................ AIR-LAP1252AG-A-K9
IOS Version..................................... 12.4(10:0)
Reset Button.................................... Enabled
AP Serial Number................................ serial_number
AP Certificate Type............................. Manufacture Installed
Management Frame Protection Validation........... Enabled (Global MFP Disabled)
AP User Mode.................................... CUSTOMIZED
AP username.................................... maria
AP Dot1x User Mode.............................. Not Configured
AP Dot1x username............................... Not Configured
Cisco AP system logging host.................... 255.255.255.255
AP Up Time...................................... 4 days, 06 h 17 m 22 s
AP LWAPP Up Time................................ 4 days, 06 h 15 m 00 s
Join Date and Time.............................. Mon Mar 3 06:19:47 2008

Ethernet Port Duplex............................ Auto
Ethernet Port Speed............................. Auto
AP Link Latency................................. Enabled
 Current Delay.................................. 0 ms
 Maximum Delay................................... 240 ms
 Minimum Delay................................... 0 ms
 Last updated (based on AP Up Time)............... 4 days, 06 h 17 m 20 s
Rogue Detection................................. Enabled
AP TCP MSS Adjust............................... Disabled
Mesh preferred parent........................... 00:24:13:0f:92:00
```

同一チャネルの干渉

隠れノードの干渉以外に、同一チャネルの干渉もパフォーマンスに影響する可能性があります。同一チャネルの干渉が発生すると、同じチャネルの隣接帯域がローカルメッシュネットワークのパフォーマンスを低下させます。この干渉は、CSMA によるコリジョンまたは過度の遅延という形で現れます。いずれの場合でも、メッシュネットワークのパフォーマンスが低下します。適切なチャネル管理をすれば、ワイヤレスメッシュネットワーク上の同一チャネルの干渉は最小化できます。

ワイヤレスメッシュネットワークのカバレッジに関する考慮事項

この項では、各地域でコンプライアンスを維持しつつ、都心や郊外でワイヤレス LAN カバレッジを最大化するための必要項目についてまとめています。

次の推奨事項は、障害物のない平坦地（新規導入）を前提としています。

そのエリアの実際の見積もりや部品表作成を開始する前に、サイト サーベイを行うことを常に推奨します。

セルのプランニングと距離

Cisco 1500 シリーズ アクセス ポイント用

RAP と MAP の比率は開始点です。一般的なプランニング用に、現在の比率は RAP ごとに 20 MAP になっています。

非音声ネットワークでのセル プランニングと距離について、次の値を推奨します。

- RAP と MAP の比率：推奨最大比率は、RAP ごとに 20 の MAP です。
- AP 間の距離：各メッシュ アクセス ポイント間に 2000 フィート（609.6 m）以下の間隔をあけることを推奨します。バックホール上でメッシュ ネットワークを拡張する（クライアント アクセスなし）場合、セルの半径には 1000 フィート（304.8 m）を使用してください。
- ホップ数：3 ～ 4 ホップ
  - 1 平方マイル（1 マイル = 52,802 フィート）は 9 セルに相当し、およそ 3 つまたは 4 つのホップでカバーできます（図 1および図 2を参照）。

- 2.4 GHz の場合、ローカル アクセス セル サイズの半径は 600 フィート（182.88 m）です。1 つのセル サイズは、およそ 1.310 x 106 で、1 平方マイルあたりのセルは 25 個です。（図 3 および図 4 を参照）。

図 *5*：非音声メッシュ ネットワークにおける半径 *1000* フィートのセルとアクセス ポイントの位置

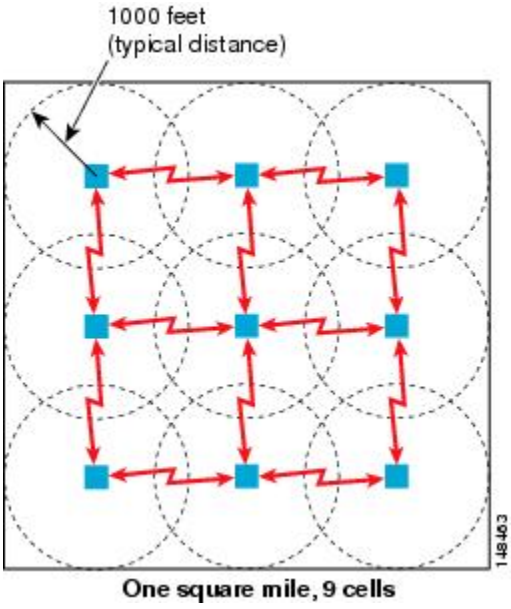


図 *6*：*2.3* ～ *2.7* のパス損失指数

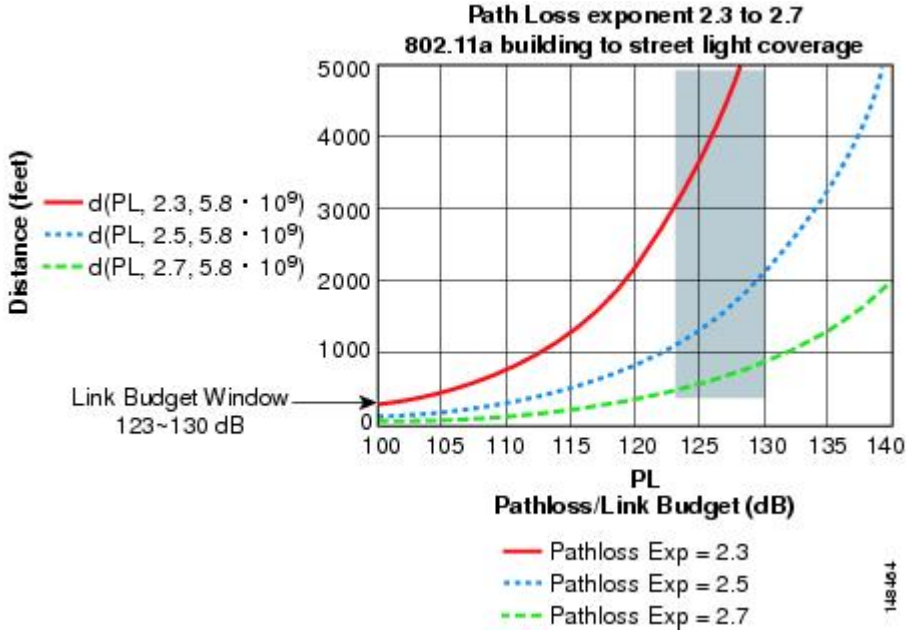


図 *7*：非音声メッシュ ネットワークにおける半径 *600* フィートのセルとアクセス ポイントの位置

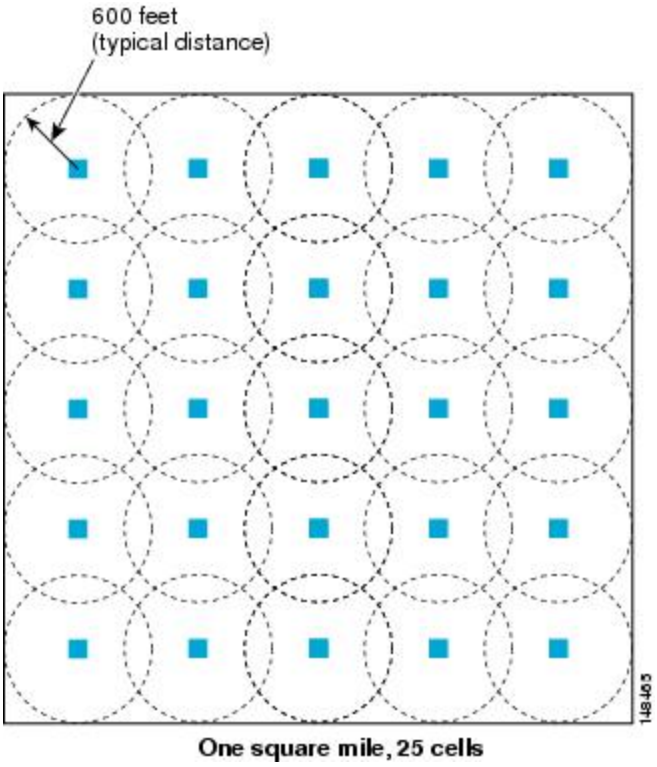
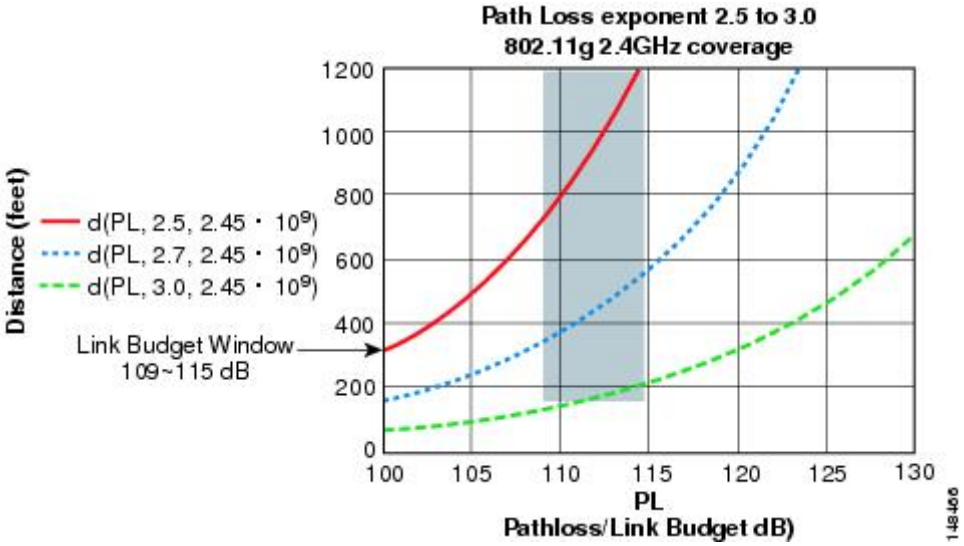


図 *8* : *2.5* ～ *3.0* のパス損失指数



Cisco 1550 シリーズ AP 用

前の項で説明したように、セル半径は600フィート、AP間の距離は1200フィートを推奨します。AP間の距離は通常APからクライアントまでの距離の2倍にすることを推奨します。つまり、AP間の距離はセル半径とほぼ等しくなります。

AP1500 シリーズは 802.11n に対応しているため、到達範囲とキャパシティは比較的優れています。ダウンストリームの ClientLink（ビーム フォーミング）、アップストリームの MRC による高いレシーバ感度、複数のトランスミッタ ストリームといった利点に加え、チャネル ボンディングなどの 802.11n の利点もあります。1552 アクセス ポイントは、比較的大容量のセルを提供できます。

（注） リンク バジェットは国のドメインによって異なります。この項では、最も広く分散し、大きなドメインである -A と -E を考慮して説明します。

2.4 および 5 GHz 帯の AP1572 シリーズと AP1552 シリーズのリンク バジェットの比較（-A ドメイン）

表 1を参照してください。

表 *1*：*-A/-B* ドメインの *2.4 GHz* 帯のリンク バジェット比較

パラメータ	Cisco 1552（-A ドメイン）	Cisco 1532（-A ドメイン）	Cisco 1562（-A ドメイン）	Cisco 1572（-B ドメイン）
周波数帯	2412 ～ 2462 MHz	2412 ～ 2462 MHz	2412 ～ 2462 MHz	2412 ～ 2462 MHz
無線インターフェイス	802.11b/g/n	802.11a/b/g/n/acW2	802.11a/b/g/n/acW2	802.11 a/b/g/n
チャネル幅	20 MHz	20 MHz	—	20 MHz
送信空間ストリーム数	2	1562I の場合は 3SS、1562E/D モデルの場合は 2SS	1562I の場合は 3SS、1562E/D モデルの場合は 2SS	3SS
PHY データ レート	最大 144 Mbps[1]	3SS では最大で 216 Mbps、2SS では 144 Mbps	3SS では最大で 216 Mbps、2SS では 144 Mbps	最大 216 Mbps
最大送信電力	28 dBm、複合[2]	1562I の場合は 29 dBm 1562E/D の場合は 27 dBm	1562I の場合は 29 dBm 1562E/D の場合は 27 dBm	30 dBm
受信感度	6 Mbps で –94 dBm 54 Mbps で -79 dBm 150 Mbps で -73 dBm	6 Mbps で -92 dBm 54 Mbps で -76 dBm 216 Mbps で -71 dBm	6 Mbps で -92 dBm 54 Mbps で -76 dBm 216 Mbps で -71 dBm	6 Mbps で -93 dBm 54 Mbps で -81 dBm 216 Mbps で -76 dBm

パラメータ	Cisco 1552（-A ドメイン）	Cisco 1532（-A ドメイン）	Cisco 1562（-A ドメイン）	Cisco 1572（-B ドメイン）
受信チャネル数	3	3 または 2	3 または 2	4
受信ダイバーシティ	MRC	MRC	MRC	MRC
アンテナ ケーブル損失	0.5 dB（外部アンテナ使用）	0.5 dB（外部アンテナ使用）	0.5 dB（外部アンテナ使用）	0.5 dB（外部アンテナ使用）

1 2.4 GHz での 40 MHz チャネル ボンディングは適用されません。そのため、最大データ レートは 144 Mbps です。
2 複合電力は、AP1552 で 2 つの送信ストリームが有効な場合の電力です。

5 GHz 帯については、表 2 を参照してください。

表 *2*：*-A/-B* ドメインの *5 GHz* 帯のリンク バジェット比較

パラメータ	Cisco 1552（-A ドメイン）	Cisco 1532（-A ドメイン）	Cisco 1562（-A/B ドメイン）	Cisco 1572（-B ドメイン）
周波数帯	5745 ～ 5825 MHz	5.180 ～ 5.240 GHz 5.260 ～ 5.320 GHz 5.500 ～ 5.560 GHz 5.680 ～ 5.720 GHz 5.745 ～ 5.825 GHz	5.180 ～ 5.240 GHz 5.260 ～ 5.320 GHz 5.500 ～ 5.560 GHz 5.680 ～ 5.720 GHz 5.745 ～ 5.825 GHz	5.180 ～ 5.240 GHz 5.260 ～ 5.320 GHz 5.500 ～ 5.560 GHz 5.680 ～ 5.720 GHz 5.745 ～ 5.825 GHz
無線インターフェイス	802.11a/n	802.11a/b/g/n/acW2	802.11a/b/g/n/acW2	802.11a/n/ac
チャネル幅	20 MHz、40 MHz	20 MHz、40 MHz、80 MHz	20 MHz、40 MHz、80 MHz	20 MHz、40 MHz、80 MHz
送信空間ストリーム数	2	2	3 または 2	3
PHY データ レート	最大 300 Mbps	最大 300 Mbps	1.300/867 Mbps	最大 1.3 Gbps
最大送信電力	28 dBm、複合	27 dBm	29 または 27 dBm	30 dBm

パラメータ	Cisco 1552（-A ドメイン）	Cisco 1532（-A ドメイン）	Cisco 1562（-A/B ドメイン）	Cisco 1572（-B ドメイン）
受信感度	6 Mbps で -92 dBm 54 Mbps で -76 dBm 300 Mbps で -72 dBm	6 Mbps で –94 dBm 54 Mbps で -80 dBm 1300 Mbps で -65 dBm	6 Mbps で –94 dBm 54 Mbps で -80 dBm 1300 Mbps で -65 dBm	6 Mbps で -92 dBm 54 Mbps で -80 dBm 1300 Mbps で -60 dBm

5 GHz では、40 MHz チャネルを形成する 20 MHz チャネル ボンディングが使用可能です。これにより、データ レートを 300 Mbps まで増加できます。

前の項で説明したように、パス損失指数（PLE）とリンク バジェットのウィンドウは連動します。完全なクリア パスの場合、PLE は 2.0 です。AP 間の場合、AP～クライアント間と比べてクリアランスが大きくなります。AP 間では PLE を 2.3 にできます。これは両方の AP の高さが約 10 m と見なすことができるためで、見通し（Line of Sight）が良好であることを意味します（ただし、フレネル ゾーン クリアランスはありません）。

AP からクライアントまでの場合、クライアントは 1 m の高さなので、PLE は 2.5 以上必要です。そのため、フレネル ゾーン クリアランスが小さくなります。これは 2.4 GHz および 5 GHz の両周波数帯に該当します。

5 GHz をメッシュのバックホールとして使用するために、-A ドメインの 5 GHz の AP 間リンク バジェットについて考えてみましょう。範囲を予測するためにレガシー データ レートを 9 Mbps とします（表 3 を参照）。

（注） これは、屋外 802.11n AP の最も低いデータ レートで、シスコの ClientLink（レガシー クライアントのビーム フォーミング）の利点があります。ClientLink は、ダウンリンク方向に最大 4 dB の利得を提供します。

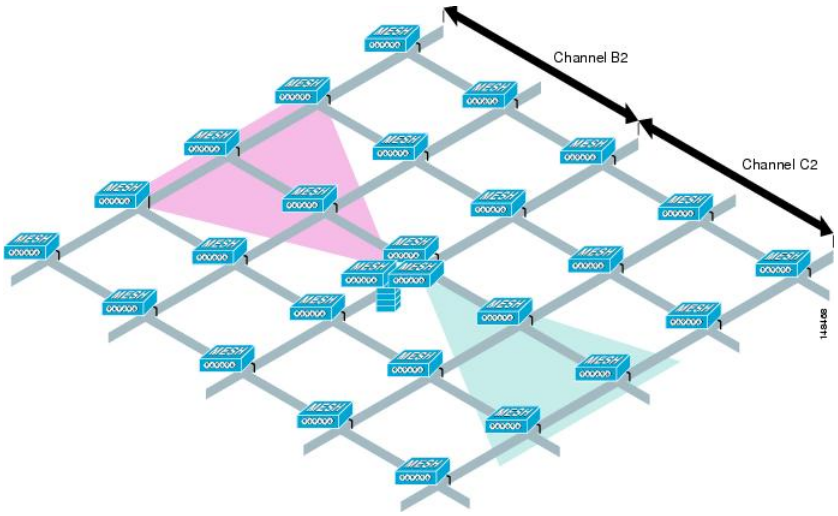
Cisco レンジ カルキュレータの前提条件

- 一覧表示された規制ドメインの送信電力および EIRP の制限内に収まるようレンジ カルキュレータが編集されていますが、この制限を超える場合があります。取り付けは、取り付ける地域の法律に従って行う必要があります。
- 効果的なパフォーマンスを実現するために、外部アンテナ モデルに対してすべてのアンテナ ポートを使用する必要があります。使用しない場合は、レンジが大幅に減少します。
- 送信電力は、両方の送信パスの総複合電力です。
- 受信感度は、3 つのすべての受信パスの複合感度です。つまり、MRC が含まれます。
- レンジ カルキュレータでは、ClientLink（ビームフォーミング）がオンになっていることを前提とします。

- レンジカルキュレータを使用する場合に、規制ドメイン、選択されたアンテナ（またはアンテナ利得）、および選択されたデータ レートに基づいて、利用可能な電力レベルが変わります。パラメータの変更後にすべてのパラメータを確認する必要があります。
- デフォルトで利用可能な 2 つとは異なるアンテナを選択できます。高利得アンテナを入力し、EIRP 制限を超える電力を選択した場合は、警告が表示され、レンジが 0 になります。
- アクセス ポイントで認定されたチャネルのみを選択できます。
- 有効な電力レベルのみを選択できます。

図 9：複数の RAP の PoP, （16 ページ） に示した RAP は、開始点に過ぎません。ゴールは、RAP のロケーションを RF アンテナの設計と組み合わせて使用し、セルのコア内で MAP に適切な RF リンクを確立することです。これは、RAP の物理的なロケーションをセルの端にでき、指向性アンテナが、セルのセンターへのリンクの確立に使用されることを意味します。そのため、図 9：複数の RAP の PoP, （16 ページ） に示すように、RAP の有線ネットワークのロケーションが、複数のセルの RAP に対するホストの役割をする可能性があります。

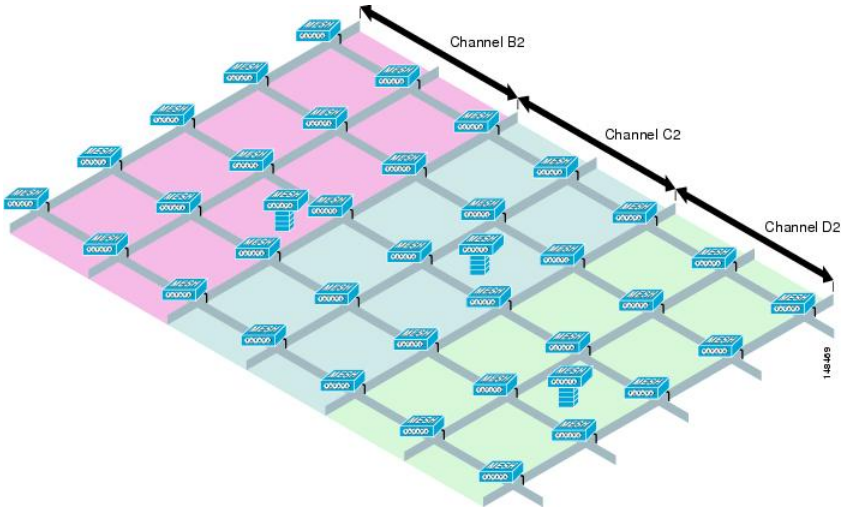
図 *9*：複数の *RAP* の *PoP*



基本のセルの構成が決まれば、そのセルを複製して、もっと広いエリアをカバーできるようにできます。セルを複製する際は、すべてのセルに同じバックホール チャネルを使用するか、セルごとにバックホール チャネルを変えるかを決める必要があります。図 10：複数の RAP および MAP

のセル，（17 ページ） の例では、セルごとにさまざまなバックホール チャネル（B2、C2、および D2）が選択され、セル間の同一チャネル干渉を低減しています。

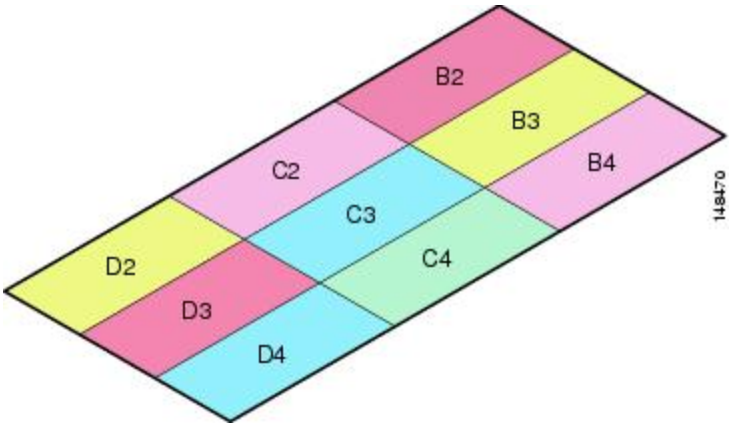
図 *10*：複数の *RAP* および *MAP* のセル



さまざまなチャネルを選択することで、メッシュ コンバージェンスを犠牲にする代わりに、MAP が seek mode にフォール バックして隣接セルのネイバーを検出する必要が生じるため、セル境界の同一チャネル干渉を低減できます。トラフィック密度が高い場所では、（主に RAP の周辺で発生する）同一チャネル干渉が最大の影響を与えます。RAP が 1 つのロケーションでクラスタ化されている場合、別のチャネル戦略によって最適なパフォーマンスが得られると考えられ、また、RAP がセル間で分散している場合には、同じチャネルを使用しても、パフォーマンスはほとんど低下しないと考えられます。

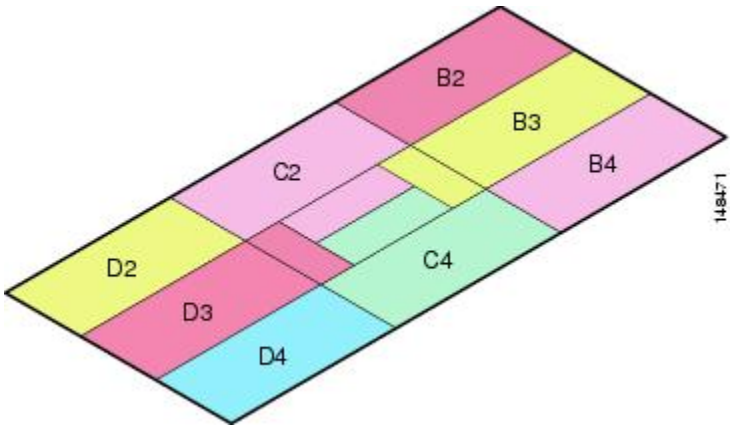
複数のセルをレイアウトする際には、標準の WLAN プランニングに似たチャネル プランニングを使用し、チャネルのオーバーラップを回避してください（図 11：さまざまなセルのレイアウト，（17 ページ） を参照）。

図 *11*：さまざまなセルのレイアウト



メッシュがRAP接続の損失をカバーするよう拡張されている場合には、できれば、チャネルプランニングでチャネル オーバーラップを最小にする必要もあります（図 12：フェールオーバー カバレッジ, （18 ページ） を参照）。

図 *12*：フェールオーバー カバレッジ



メッシュ アクセス ポイントのコロケーション（共同設置）

次の推奨事項は、複数の AP1500 を同じタワーにコロケーション（共同設置）させる際に必要となるアンテナ セパレーションを決めるためのガイドラインとして活用してください。アンテナ、伝送電力、およびチャネル分離間隔の推奨値について記載しています。

適切な間隔を取り最適なアンテナを選択するのは、アンテナの放射パターン、フリースペースパス損失や隣接/次隣接チャネルのレシーバ拒否などの面で十分なアンテナ セパレーションを確保し、複数のコロケーション（共同設置）ユニットを独立して動作させるためです。CCA ホールドオフによるスループット低下や、受信ノイズの増加による受信感度の低下をごくわずかに抑える目的もあります。

アンテナの近接要件に従う必要がありますが、この要件は隣接/次隣接チャネルの使用状況によって異なります。

隣接チャネルにおける AP1500 のコロケーション（共同設置）

コロケーション（共同設置）された 2 つの AP1500 が、チャネル 149（5745 MHz）とチャネル 152（5765 MHz）のような隣接チャネルで動作している場合、2 つの AP1500 の間の最小垂直距離は 40 フィート（12.192 m）です（この要件は 8 dBi のオムニ指向性アンテナまたは 17 dBi の高利得指向性パッチ アンテナを搭載したメッシュ アクセス ポイントに適用されます）。

コロケーション（共同設置）された 2 つの AP1500 が、5.5 dBi オムニ指向性アンテナ付きのチャネル 1、6、または 11（2412 ～ 2437 MHz）で動作している場合、最小垂直距離は 8 フィート（2.438 m）です。

次隣接チャネルにおける AP1500 のコロケーション（共同設置）

コロケーション（共同設置）された 2 つの AP1500 が、チャネル 149（5745 MHz）とチャネル 157（5785 MHz）のような次隣接チャネルで動作している場合、2 つの AP1500 の間の最小垂直距離は 10 フィート（3.048 m）です（この要件は 8 dBi のオムニ指向性アンテナまたは 17 dBi の高利得指向性パッチ アンテナを搭載したメッシュ アクセス ポイントに適用されます）。

コロケーション（共同設置）された 2 つの AP1500 が、5.5 dBi オムニ指向性アンテナによる次隣接チャネル 1 と 11（2412 MHz と 2462 MHz）で動作している場合、最小垂直距離は 2 フィート（0.609 m）です。

要約すると、5 GHz アンテナの分離によって、メッシュ アクセス ポイントのスペース要件が決まります。また、アンテナの近接要件に従う必要もありますが、これは隣接/次隣接チャネルの使用状況によって異なります。

屋内メッシュ ネットワークの特殊な考慮事項

次の屋内メッシュ ネットワークの考慮事項に注意してください。

- 屋外の場合、音声は、メッシュ インフラストラクチャにおいてベストエフォート方式でサポートされます。
- Quality of Service（QoS）は、2.4 GHz 帯のローカル クライアント AP、および 5 GHz 帯でサポートされます。
- シスコは、アクセス ポイントとクライアントの間のコール アドミッション制御（CAC）を提供する CCXv4 クライアントの静的 CAC もサポートします。
- RAP と MAP の比率：推奨比率は、RAP ごとに 3 ～ 4 MAP です。
- AP 間の距離：
  - 11n および 11ac メッシュ AP の場合、セル半径 125 フィートで、各メッシュ AP 間に 250 フィート以下の間隔をあけることを推奨します。
- ホップ数：データには最大 4 ホップです。音声には 2 ホップ以下を推奨します。
- 音声ネットワーク上のクライアント アクセスの RF 考慮事項：
  - 2 ～ 10 % のカバレッジ ホール
  - 15 ～ 20 % のセル カバレッジ オーバーラップ
  - 音声がデータ要件より 15 dB 以上高い RSSI 値および SNR 値を必要とする
  - すべてのデータ レートの -67 dBm の RSSI が 11b/g/n および 11a/n の目標である
  - AP に接続するクライアントにより使用されるデータ レートの SNR は 25 dB である必要がある
  - パケット エラー レート（PER）の値が 1 % 以下の値になるように設定する必要がある
  - 最小使用率のチャネルを使用する必要がある

    実行中のトラフィックがない場合は、チャネル使用率を確認してください。

- Radio Resource Manager（RRM）により、推奨される RSSI、PER（パケットエラーレート）、SNR、CU（チャネル使用率）、セル カバレッジ、およびカバレッジ ホールの設定を 802.11b/g/n/ac 無線に実装できます。

図 *13*：音声メッシュ ネットワークにおける半径 *100* フィート（*30.4 m*）のセルとアクセス ポイントの位置

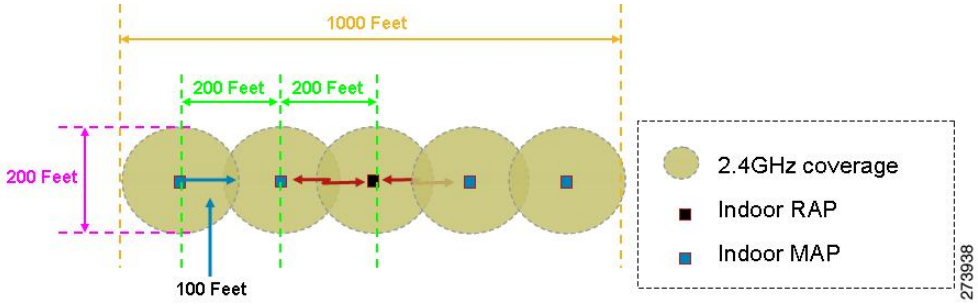
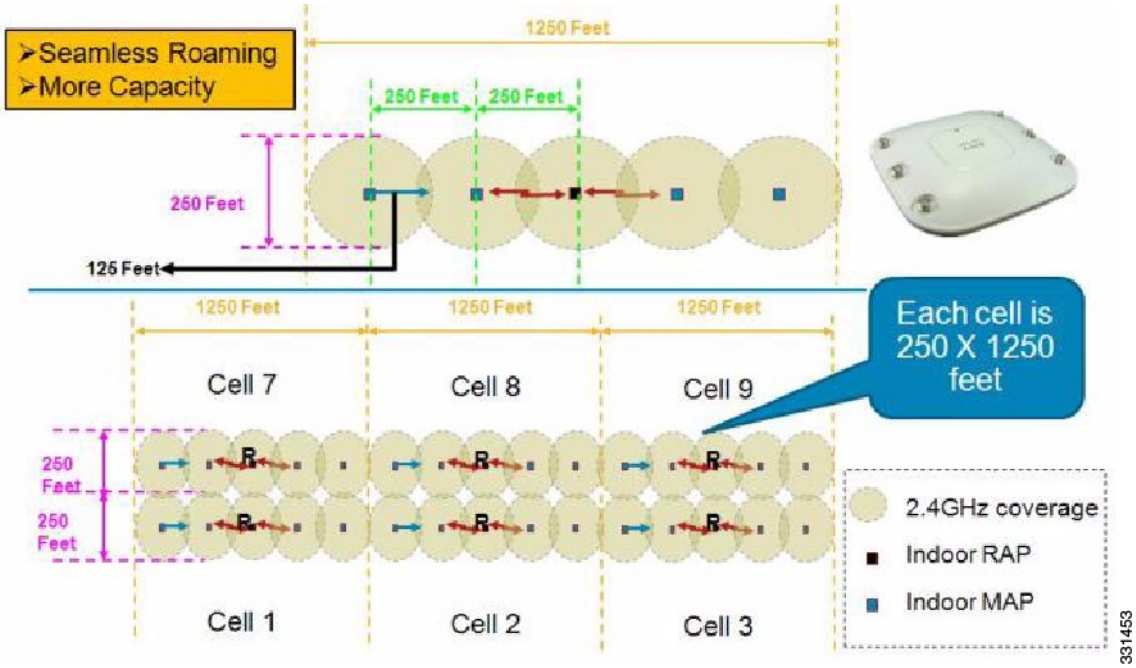


図 *14*：屋内 *11n* メッシュ ネットワークにおける半径 *125* フィート（*38 m*）のセルとアクセス ポイントの位置



（注） 指向性アンテナを使用していて、AP 間の距離が 250 フィート（76.2 m）を超えている場合でも、シームレスなローミングのために AP 間の距離を 250 フィート以下にすることを推奨します。

メッシュ AP バックグラウンド スキャン リリース 8.3

リリース 8.3 では、より高速なメッシュ コンバージェンスを実現する追加の拡張機能であるメッシュ AP バックグラウンド スキャン機能が導入されました。MAP にかかるコンバージェンス時間を短縮し、メッシュ ネットワークを高速に再コンバージェンスするために、リリース 8.0 および 8.1 の WLC ソフトウェアリリースですでに 2 つのメッシュ コンバージェンス機能が実装されています。

- メッシュ サブセット チャネル ベースのコンバージェンス（リリース 8.0）
- メッシュ クリア チャネル通知コンバージェンス（リリース 8.1）

両方の機能が導入されることで、メッシュ ツリーで 3 番目のホップ MAP が 10 秒もかからずにデータ パスを再コンバージェンスして回復できます。

この新しいメッシュバックグラウンドスキャンおよび自動親選択によって、コンバージェンス時間や親選択の信頼性と安定性がさらに向上します。MAP はより適切な親をすべてのチャネルから見つけて接続し、常に最適な親とのアップリンクを維持できます。

（注） バックグラウンド スキャンのこのような実装は、Marvell ベースの AP に適用されます。具体的には、AP1550、AP1570、AP1560、および IW3702 です。

子 MAP は、親とのアップリンクを維持するために、AWPP - Neighbor Discovery Request/Response（NDReq/NDResp）メッセージを使用します。これは、キープアライブとして機能します。NDResp メッセージの損失が連続して発生した場合、親は損失したと宣言され、子 MAP は新しい親を探します。MAP は現在の**オンチャネル**のネイバーのリストを維持し、現在の親が失われたときは、同じサービング チャネル内で次に最適なネイバーにローミングします。ただし、同じチャネル内で他のネイバーが見つからなかった場合は、親を見つけるためにすべてのチャネルやサブセット チャネルでスキャン/シークを実行します。

各オフチャネル リスト ノードには、そのチャネルでリッスンしたすべてのネイバーを管理するネイバー リストがあります。各オフチャネル NDReq ブロードキャストで、ネイバーは NDResp パケットに基づいて最新の SNR 値が更新されます。misscount パラメータは、オフチャネル スキャンの試行にネイバーが応答しなかった回数を示します。各隣接ネイバーは、各バックグラウンド スキャン サイクル後に調整された容易度（ease）が最新の linkSNR 値で更新されます。

この機能は、時間がかかるスキャン/シークで他のチャネルで親を見つけることを回避しようとします。しかし子 MAP をすべてのチャネルのすべてのネイバーで更新し続けるため、任意のチャネルのネイバーへの「切り替え」に役立ち、アップリンクの次の親としてそのネイバーを使用します。親の「切り替え」手順は、親の損失検出のようなトリガーされるイベントである必要はなく、子 MAP で現在の親のアップリンクがアクティブであるときは「自動親選択アルゴリズム」を使用してより適切な親を識別します。「自動親選択アルゴリズム」は、新しい容易度（ease value）の値に基づきます。コンバージェンスの計算を改善するため、リリース 8.3 ではよりスムーズでより高速な親またはネイバー検出と自動親接続アルゴリズムのために新しい「容易度（ease）」の値が導入されました。容易度（ease）の値は、SNR、ホップ数、タイマー、およびロードの値に基づきます。オフチャネル ネイバーの場合、AdjustedEase 値が使用され、オフチャネルごとに最適

なネイバーが最高の AdjustedEase 値に基づいて特定されます。StickyEase はオンチャネル親のみに適用されます。

子 MAP は、すべてのオフチャネルにわたる最適なネイバーの定期的な評価に基づいて最適な親を切り替えます。現在のオンチャネル親の stickyEase と比較して、別のオフチャネルのネイバーで最も高い adjustedEase 値を使用して、最適な次の親が特定されます。

次の表は、さまざまなコンバージェンス設定オプションに基づいた新しいコンバージェンス時間を示しています。最新の CCN（クリアチャネル通知）およびバックグラウンド スキャン機能の実装と高速コンバージェンスにより、ファースト ホップ MAP は 3 ～ 4 秒のコンバージェンスを実現できます。

	親の損失の検出/キープ アライブ タイマー	チャネル スキャン/シーク	DHCP/CAPWAP 情報	ホップごとの時間（秒）
Standard	21 / 3 秒	すべての 2.4 および 5 GHz チャネルのスキャン/シーク	CAPWAP の更新/再スタート	48.6*
Fast	7 / 3 秒	同じブリッジ グループにあるチャネルのみのスキャン/シーク	DHCP および CAPWAP の維持	20.5*
Very Fast	4 / 1.5 秒	同じブリッジ グループにあるチャネルのみのスキャン/シーク	DHCP および CAPWAP の維持	15.9*
CCN（クリアチャネル通知）/バックグラウンド スキャン Fast/Very Fast	50ms の場合は 4 / 3 秒	同じブリッジ グループにあるチャネルのみのスキャン/シーク	DHCP および CAPWAP の維持	8 ～ 10 秒

DFS と非 DFS チャネル スキャン

非 DFS チャネル スキャン

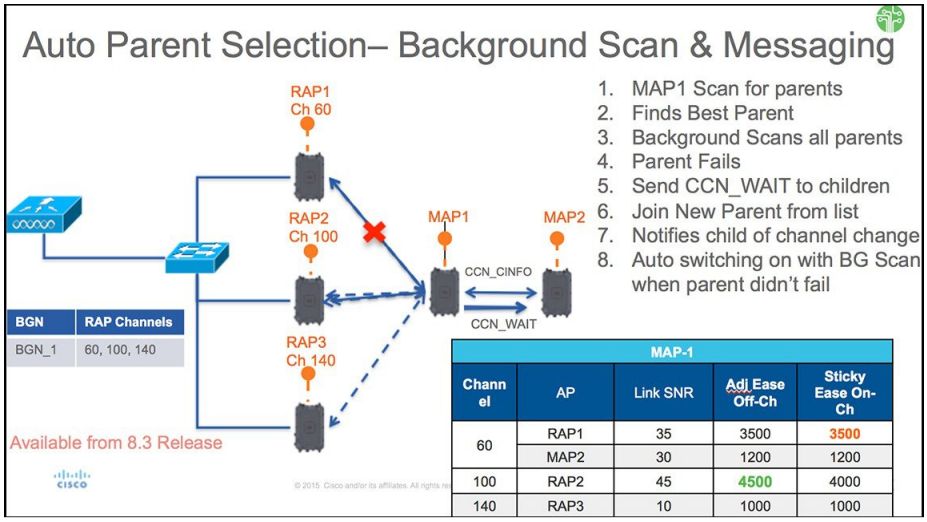
- MAP は定期的にオフチャネルになり、選択されたオフチャネルで NDReq ブロードキャスト パケットを伝送します。さらに、すべての「到達可能な」ネイバーから NDResp パケットを受信します。
- オフチャネル スキャンは 3 秒ごとに発生します。オフチャネルごとに最大で 50 ミリ秒維持されます。

- 各ネイバーから適切にヒアリングするには、50 ミリ秒の滞留時間内に少なくとも 4 つのメッセージを送信できるよう、NDReq が 10 ミリ秒ごとに伝送される必要があります。

DFS チャネル スキャン

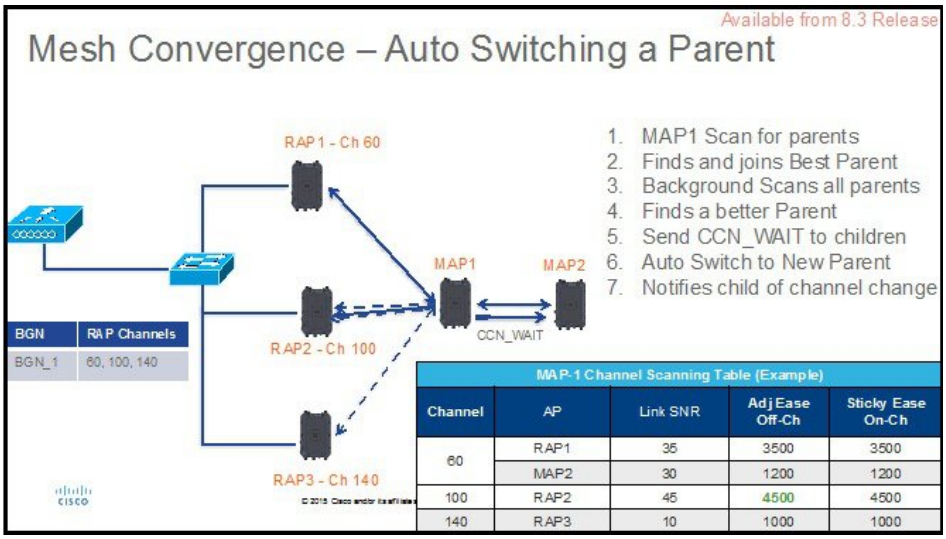
規制に従い、DFS チャネルが「安全に送信できる」と宣言するまで、AP は DFS チャネルを使用しません（AP 上で DFS がオフチャネル スキャン向けに設定されている場合）。検出されたレーダー信号がある場合、伝送がなく、該当チャネルを AP のワイヤレス送信・受信に使用することを避ける必要があります。チャネルが安全に送信できることを確認する方法の 1 つは、AP がパッシブ スキャンを実行して DFS オンチャネルにある他のネイバーからパケットを受信するときです。

- DFS チャネル上のオフチャネル スキャン中に MAP がパケットを受信できるようにするには、最後の 50 ミリ秒に送信・受信がない場合に、他のすべてのオンチャネル DFS ネイバーが AWPP メッシュ ビーコンを伝送する必要があります。
- これらのメッシュ ビーコンは、DFS チャネル上でオフチャネルを実行している MAP が「安全に送信できる」と宣言してオフチャネルのアクティビティを実行できます。



上図は、「Standard」または「Fast/Very Fast」な構成の典型的なオフチャネル コンバージェンス プロセスを示しています。

（注） 表内のタイマーは、図示のためにすぎません。



下図は、元の親が依然として使用可能であっても、新しい容易度の値（ease value）によってより適切な親への切り替えが容易度の値（ease value）によって要求されるときのメッシュ コンバージェンスおよび Parent Auto Switching を示しています。

メッシュ コンバージェンスの設定

設定手順は非常に簡単で、新しいバックグラウンド スキャン機能を呼び出します。

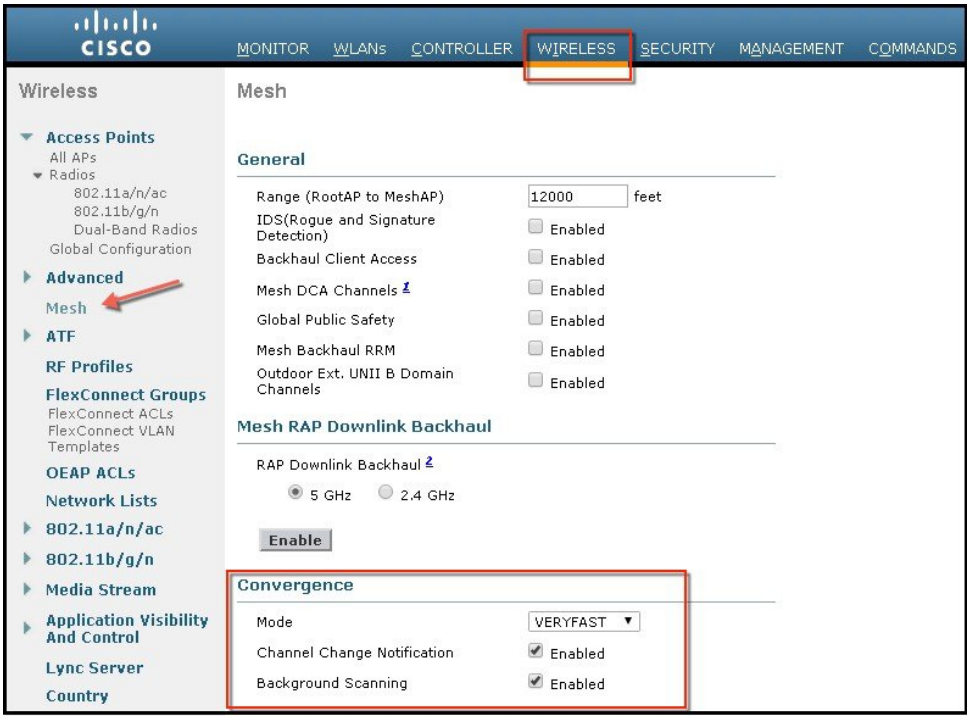
GUI を使用してコントローラを設定するには、次の手順を実行します。

手順の概要

1. コントローラで [Wireless] > [Mesh] タブを選択し、メッシュ設定の [Convergence] セクションでモードを選択し、CCN（クリアチャネル通知）およびバックグラウンド スキャンを有効にします。
2. [Mode] にはコンバージェンス モードを選択するためのオプションが 3 つあることに注意してください。前述のように、選択したモードに応じてコンバージェンス時間が大幅に変化します。

手順の詳細

ステップ 1 コントローラで [Wireless] > [Mesh] タブを選択し、メッシュ設定の [Convergence] セクションでモードを選択し、CCN（クリアチャネル通知）およびバックグラウンド スキャンを有効にします。



バックグラウンド スキャンは、次のコマンドを使用して CLI から設定します。

```
(Cisco Controller) >config mesh background-scanning ?

enable          Enable background scanning on Mesh
disable         Disable background scanning on Mesh

(Cisco Controller) >config mesh background-scanning enable
```

CCN（クリアチャネル通知）は次の CLI コマンドを使用して設定します。

```
(Cisco Controller) >config mesh ccn ?

enable          Enables channel change notification
disable         Disables channel change notification

(Cisco Controller) >config mesh ccn enable
```

ステップ 2 [Mode] にはコンバージェンス モードを選択するためのオプションが 3 つあることに注意してください。前述のように、選択したモードに応じてコンバージェンス時間が大幅に変化します。

CLI からは次のコマンドを使用して、同じコンバージェンスが設定されます。

```
(Cisco Controller) >config mesh convergence ?

fast            Set fast convergence method
noise-tolerant-fast Set noise-tolerant fast convergence method to handle unstable RF environment
standard        Set standard convergence method
very-fast       Set very fast convergence method

(Cisco Controller) >config mesh convergence very-fast all
```

（注） Standard モードでは、CCN（クリアチャネル通知）およびバックグラウンド スキャン オプションは適用されません。

メッシュ機能の管理

コンバージェンスの問題をデバッグおよびトラブルシューティングするために複数のコマンドが導入されています。

Debug mesh convergence enable：デバッグ トレース

```
AP1572-7a7f.09c0#debug mesh ?
  adjacency      MESH Adjacency debug
  channel        Mesh Channel debug
  convergence    Mesh convergence debug
  error          Mesh error debug
  ethernet       Mesh Ethernet debug
  event          Mesh event debug
  forwarding     Mesh forwarding debug
  link           MESH Link debug
  mperf          MESH BW test tool
  node           Mesh node debug
  port-control   Mesh port control debug
  reliable       Mesh Reliable Delivery debug
  security       MESH Security debug
  trace          trace address
```

Debug mesh bgscan enable/disable

```
Cyprus_MAP1#debug mesh ?
  adjacency     MESH Adjacency debug
  bgscan        Mesh bgscan debug
  channel       Mesh Channel debug
  convergence   Mesh convergence debug
  error         Mesh error debug
  ethernet      Mesh Ethernet debug
  event         Mesh event debug
  forwarding    Mesh forwarding debug
  link          MESH Link debug
  mperf         MESH BW test tool
  node          Mesh node debug
  port-control  Mesh port control debug
  reliable      Mesh Reliable Delivery debug
  security      MESH Security debug
  trace         trace address
```

Show mesh convergence：状態とカウンタの表示

```
AP1572-7a7f.09c0#sh mesh ?
  adjacency    MESH Adjacency
  backhaul     MESH backhaul
  channel      MESH channel
  config       MESH config paramenter
  convergence  MESH convergence info
  dfs          MESH dfs information
  ethernet     show mesh ethernet bridging
  forwarding   MESH Forwarding
  inventory    platform inventory
  linktest     MESH linktest stats
  lsc          MESH lsc details
  module       MESH module detail
  mperf        MESH BW tool
  security     MESH Security show
  simulation   MESH simulated configuration
  status       MESH status
```

Show mesh bgscan

```
Cyprus_MAP1#sh mesh ?
  adjacency    MESH Adjacency
  backhaul     MESH backhaul
  bgscan       MESH Background scanning info
  channel      MESH channel
  config       MESH config paramenter
  convergence  MESH convergence info
  dfs          MESH dfs information
  ethernet     show mesh ethernet bridging
  forwarding   MESH Forwarding
  inventory    platform inventory
  linktest     MESH linktest stats
  lsc          MESH lsc details
  module       MESH module detail
  mperf        MESH BW tool
  security     MESH Security show
  simulation   MESH simulated configuration
  status       MESH status
```

```
Cyprus_MAP1#sh mesh bgscan
show MESH BG Scan

Background Scanning: Enabled

Off Channel Neighbors
---------------------

Channel:149 MissCnt:0
Mac:1c6a.7a7f.11ef MissCnt:0 NDRespCnt:72972 HopCnt:1 AdjustedEase:15448576
Flags: UPDATED NEIGH BEACON OCNEIGH


Channel:153 MissCnt:0
Mac:1c6a.7a7f.107f MissCnt:0 NDRespCnt:2579 HopCnt:1 AdjustedEase:17048576 StickyEase:21848576
Flags: UPDATED NEIGH PARENT BEACON
Mac:5835.d9aa.e46f MissCnt:0 NDRespCnt:0 HopCnt:0 AdjustedEase:0
Flags: BEACON
Mac:18e7.28aa.e87f MissCnt:0 NDRespCnt:0 HopCnt:0 AdjustedEase:0
Flags: UPDATED CHILD BEACON

Aligned Offchannel neighbors
----------------------------

Channel:149 (POTENTIAL OFFCHANNEL)
Mac:1c6a.7a7f.11ef Ease:15448576

Channel:153 (ON-CHANNEL)
Mac:1c6a.7a7f.107f Ease:17048576


OffChannel Requests Statistics
------------------------------
Mac:18e7.28aa.e87f NDReqCnt:64 ch:149 last NDReq rx at: 10:54:21 UTC Mar 28 2016

Cyprus_MAP1#
```

ワイヤレス伝搬の特性

表 3：2.4 GHz 帯と 5 GHz 帯の比較, （29 ページ） は、2.4 GHz 帯と 5 GHz 帯の比較です。

2.4 GHz 帯の伝搬特性は 5 GHz 帯より優れていますが、2.4 GHz 帯はライセンスが不要という特徴があります。ノイズや干渉による影響を多く受けるのも 2.4 GHz 帯です。さらに、2.4 GHz にはバックホール チャネルが 3 つしかないため、同一チャネル干渉の原因となります。そのため、5 GHz 帯と同程度のキャパシティを得るには、システム利得（つまり、伝送電力、アンテナ利得、受信感度、およびパス損失）を犠牲にしてセルを小型化することが最善策になります。セルを小型化すると、それに伴って 1 平方マイルあたりのアクセス ポイント数を増やす（アクセス ポイント密度を増やす）必要もあります。

表 *3*：*2.4 GHz* 帯と *5 GHz* 帯の比較

2.4 GHz 帯の特性	5 GHz 帯の特性
3 チャネル	22 チャネル（-A/-B の規制ドメイン）
同一チャネル干渉の傾向がより強い	同一チャネル干渉がない
低電力	高電力
低データ レートで、SNR 要求は低い	高データ レートで、SNR 要求は高い
5 GHz よりも伝搬特性は良いが、ノイズと干渉の影響を受けやすい	2.4 GHz よりも伝搬特性は劣るが、ノイズと干渉の影響を受けにくい
ライセンス不要。世界中で広く利用可能。	世界中で 2.4 GHz ほど広くは利用されていない。ライセンスの必要な国もある。

2.4 GHz 帯はより波長が大きく、障害物に対する通過能力が向上します。また 2.4 GHz の方がデータ レートが低くなるため、信号の到達成功率が高くなります。

CleanAir

1550/1560/1570 シリーズ アクセス ポイントは、CleanAir のチップセットを含み、CleanAir の完全サポートを可能にします。

メッシュの CleanAir は 2.4 GHz 帯に実装でき、無線周波数（RF）を検出、位置を特定、分類、緩和すると同時にクライアントに完全な 802.11n/ac データ レートを提供します。これにより、キャリアクラス管理およびカスタマーエクスペリエンスを実現し、展開されたロケーションのスペクトルを制御できます。屋外プラットフォームの CleanAir 対応 RRM テクノロジーは、2.4 GHz 帯の Wi-Fi および非 Wi-Fi 干渉を検出し、数値で表して、緩和します。ブリッジ モードで動作するアクセス ポイントは、2.4 GHz のクライアント アクセス モードの CleanAir をサポートします。

CleanAir AP 動作モード

ブリッジ（メッシュ）モード AP：CleanAir 対応のアクセス ポイントでは、2.4 GHz 帯の完全な CleanAir 機能と 5 GHz 帯での CleanAir Advisor を提供します。これは、ブリッジ モードで動作するすべてのアクセス ポイントに適用されます。

CleanAir ハードウェアは Wi-Fi 機能をハードウェア レベルで統合しているため、接続されているクライアントのスループットを損なわずに、アクティブ チャネルでトラフィック間をリッスンできます。つまり、クライアント トラフィックを中断しないライン レートの検出です。

ブリッジ モードのアクセス ポイントは、WiFi 干渉源からの干渉を緩和できる 2.4 GHz 帯の無線リソース管理（RRM）をサポートします。RRM は、ブリッジ モード RAP に子 MAP がない場合、5 GHz 帯でのみ使用できます。

CleanAir メッシュ AP は、各周波数帯で 1 つのチャネルだけを連続してスキャンします。通常の構成密度では、同じチャネルに多数のアクセス ポイントが存在する必要があります。また、RRM がチャネル選択を処理すると仮定すると、各チャネルには少なくとも 1 つのアクセス ポイントが必要です。2.4 GHz では、アクセス ポイントには少なくとも 3 つの分類ポイントを確保するための十分な密度があります。狭帯域変調（単一周波数上またはその周囲で動作）を使用する干渉源は、その周波数空間を共有するアクセス ポイントだけに検出されます。干渉が周波数ホッピングタイプ（複数の周波数を使用、一般に全周波数帯を含む）の場合、周波数帯内での動作をヒアリングできるすべてのアクセス ポイントで検出されます。

モニタ モード AP（MMAP）：CleanAir モニタ モード AP は専用で、クライアント トラフィックを処理しません。モニタ モードでは、すべての周波数帯チャネルが定期的にスキャンされます。モニタ モードは、ブリッジ（メッシュ）モードのアクセス ポイントでは使用できません。これは、メッシュ環境ではアクセス ポイントはバックホールで相互に通信も行うためです。メッシュ AP（MAP）がモニタ モードの場合は、メッシュ動作は行いません。

ローカル モード AP：屋外アクセス ポイントがローカル モードで動作している場合、2.4 GHz と 5 GHz チャネルの両方で完全な CleanAir および RRM を実行することができます。主にプライマリ チャネルをスキャンしますが、定期的にオフチャネルになって残りのスペクトラムをスキャンします。拡張ローカル モード（ELM）wIPS の検出は、1532、1550、または 1570 では使用できません。

Spectrum Expert Connect モード（オプション）（SE Connect）：SE Connect AP は、CleanAir AP をローカル アプリケーションのリモート スペクトル センサーとして使用するためにローカル ホストで実行されている Cisco Spectrum Expert アプリケーションの接続を可能にする専用スペクトル センサーとして設定されます。このモードでは、FFT プロット、詳細な測定値などの未加工スペクトル データを表示できます。このモードは、リモート トラブルシューティング専用です。

Pseudo MAC（PMAC）とマージ

PMAC とマージ現象はローカル モードの第 2 世代アクセス ポイントの現象と似ています。PMAC はデバイス分類の一部として計算され、Interference Device Record（IDR）に含まれます。各 AP は個別に PMAC を生成します。各レポートで PMAC は異なりますが（少なくともデバイスの測定された RSSI は各 AP で異なる可能性があります）、よく似ています。PMAC を比較および評価する機能をマージと呼びます。PMAC はカスタマー インターフェイスには表示されません。マージの結果だけがクラスタ ID の形式で使用できます。

同じデバイスが複数の AP によって検出されることがあります。すべての PMAC および IDR がコントローラ上で分析され、「デバイス クラスタ」と呼ばれるレポートが生成されます。このレポートには、デバイスおよびデバイス クラスタを検出する AP に加えて、デバイスを最も強くヒアリングする AP が示されます。

このマージ空間プロキシミティでは、RF プロキシミティ（RF ネイバー関係）が同時に動作します。同様の IDR が 6 つあり、5 つが近隣の AP、残りの 1 つが離れた AP からのものである場合、それらの干渉源が同一である可能性はありません。そのため、これらをすべて考慮してクラスタが形成されます。MSE とコントローラは、まず RF ネイバー リストを使用してマージの空間プロキシミティを確立します。

PMAC コンバージェンスおよびマージは次の要素に依存します。

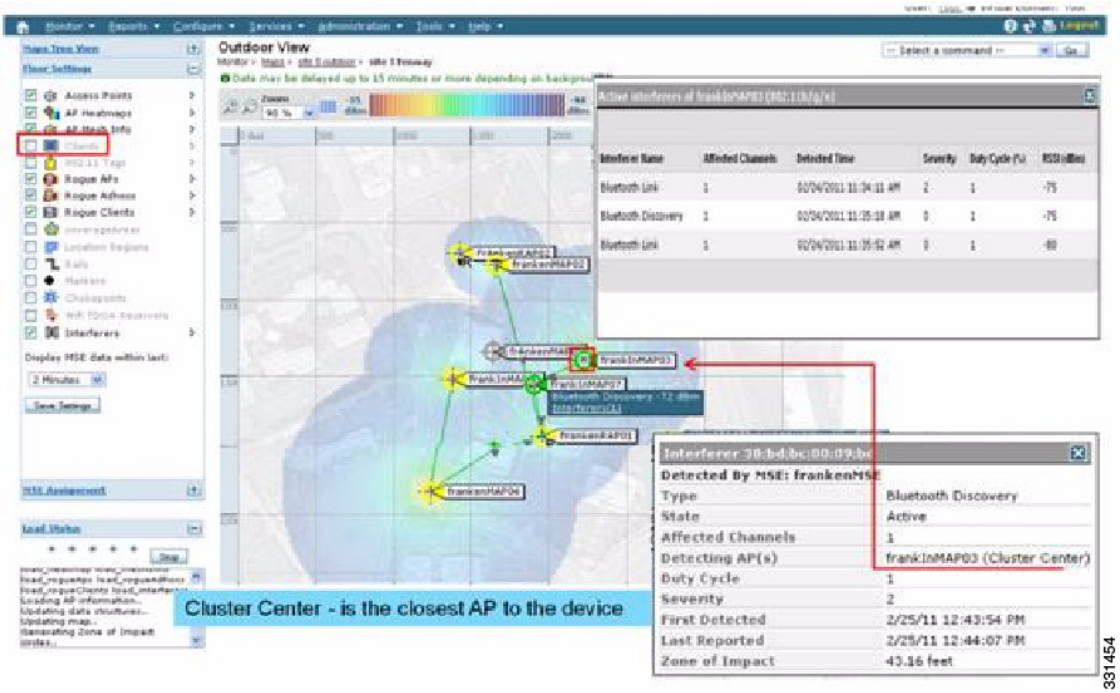
- センサーの密度
- 観測対象分類の品質
- 干渉源から AP までの RSSI
- AP での RF ネイバー リスト

したがって、メッシュ内の 2.4 GHz の RRM もマージを決定する際に重要な役割を担います。マージを行う可能性がある場合、AP は RF ネイバーにする必要があります。RF ネイバー リストを参照し、マージに IDR の空間関係を考慮します。

メッシュにはモニタ モードがないため、コントローラのマージがコントローラ側で行われます。MSE がある場合は、コントローラのマージ結果はすべての考慮される IDR と共に MSE に転送されます。

複数の WLC（屋外での展開の場合など）では、マージは MSE で行われます。MSE は高度なマージを行い、干渉源のロケーションおよび履歴情報を抽出します。コントローラのマージ干渉源にはロケーション（Location）が行われません。ロケーションは MSE で行われます。

図 *15*：屋外での *Pseudo MAC* マージ



PMAC シグニチャ マージ後、デバイスをヒアリングできる AP およびクラスタの中央にする AP を特定できます。上記の図に示されている値は選択した周波数帯に関連しています。AP のラベル R は AP が RAP であることを示し、AP 間の線はメッシュ関係を示します。

Event Driven Radio Resource Management と Persistence Device Avoidance

CleanAir には、主な軽減機能が 2 つあります。両機能とも CleanAir によってのみ収集可能な情報を直接利用します。この 2 つの機能は、Event Driven Radio Resource Management（EDRRM）と Persistence Device Avoidance（PDA）です。メッシュ ネットワークでは、これらの機能は 2.4 GHz 帯の非メッシュ ネットワークの場合とまったく同様に動作します。

（注） EDRRM と PDA は新規導入でだけ使用でき、デフォルトでオフに設定されています。

CleanAir アクセス ポイント配置の推奨事項

CleanAir は、Wi-Fi ネットワークの通常の動作に影響を与えないパッシブなテクノロジーです。CleanAir 導入とメッシュ導入に本質的な違いはありません。

非 Wi-Fi デバイスの特定には考慮すべき多くの変動要因があります。精度は、電力、デューティ サイクル、およびデバイスをヒアリングするチャネルの数によって向上します。高い電力、高いデューティ サイクル、および複数のチャネルに影響を与えるデバイスはネットワークに大きく干渉するため、CleanAir には大きな利点があります。

（注） 非 Wi-Fi デバイスのロケーションの精度は保証されません。

家電には多くの変動要因があり、意図しない電気干渉も発生させます。現在のクライアントまたはタグのロケーション精度モデルから導出した精度の予測は、非 Wi-Fi ロケーションや CleanAir 機能には適用されません。

考慮すべき重要事項：

- CleanAir メッシュ AP は、割り当てられたチャネルだけをサポートします。
- 周波数帯カバレッジは、そのチャネルをカバレッジの対象にすることにより実装されます。
- CleanAir メッシュ AP のヒアリングは非常に優れており、アクティブなセルの境界が限界にはなりません。
- ロケーション ソリューションでは、RSSI カットオフ値は -75 dBm です。
- ロケーション分解能力には高品質の測定値が少なくとも 3 つ必要です。

ほとんどの導入では、2.4 GHz 帯内の同じチャネルに少なくとも 3 つの AP が隣接しているカバレッジ エリアを持つことは困難です。最小限の密度があるロケーションでは、ロケーション分解能力がサポートされない可能性がありますが、アクティブなユーザ チャネルは保護されます。

導入に関する考慮事項は、必要なキャパシティに対するネットワークの計画、および CleanAir 機能をサポートするための適切なコンポーネントおよびネットワーク パスの配置によって異なります。RF プロキシミティ、および RF ネイバー関係の重要性は十分に理解する必要があります。ま

た、PMAC とマージ プロセスに留意することも重要です。ネットワークの RF 設計が適切でなければ、ネイバー関係に影響し、その結果 CleanAir のパフォーマンスに影響します。

CleanAir の AP 密度に関する推奨事項は、通常のメッシュ AP の配置の場合と同じです。

屋外におけるロケーション分解能力は最も近い AP に対しての値です。デバイスは物理的に最も近い AP の近くに位置していることになります。最も近い AP における分解能力を想定することを推奨します。

1552 AP と 1572 AP（CleanAir）で構成されるインストールで少数の 1530 AP（非 CleanAir）を配置することもできます。この配置では、各アクセス ポイントが互いに完全に相互運用可能なためクライアントとカバレッジの観点から稼働できます。CleanAir の完全な機能性は、CleanAir が有効になっているすべてのアクセス ポイントによって決まります。検出は影響を受けることがあり、緩和は推奨されません。

CleanAir AP がアクティブにサービスを提供しているクライアントは、サービスを提供している割り当てられたチャネルのみモニタできます。近くのクライアントにサービスを提供している複数のアクセスポイントがあるエリアでは、CleanAir のアクセス ポイントによってサービスが提供されているチャネルは CleanAir 機能を促進できます。従来の非 CleanAir アクセス ポイントは RRM に依存して干渉の問題を緩和しますが、CleanAir アクセス ポイントがシステム レベルに対して行うようなタイプと重大度はレポートしません。

混合システムの詳細については、以下を参照してください。 http://www.cisco.com/en/US/products/ps10315/products_tech_note09186a0080b4bdc1.shtml

CleanAir Advisor

バックホール AP で CleanAir が有効な場合、CleanAir Advisor が始動します。CleanAir Advisor では、電波品質の指標（AQI）および干渉検出レポート（IDR）が生成されますが、これらのレポートはコントローラにのみ表示されます。イベント駆動型 RRM（ED-RRM）で実行されるアクションはありません。CleanAir Advisor は、ブリッジ モードの 1552 アクセス ポイントの 5 GHz 無線バックホールでのみ動作します。他のすべての AP モードでは、1552 アクセス ポイントの 5 GHz 無線バックホールが CleanAir モードで動作します。

CleanAir の有効化

システムの CleanAir 機能を有効にするには、まず、[Wireless] > [802.11a/b] > [CleanAir] を選択してコントローラで CleanAir を有効にする必要があります。CleanAir はデフォルトで無効ですが、CleanAir は AP インターフェイスではデフォルトで有効です。

デフォルトのレポートインターバルが 15 分であるため、CleanAir を有効にした後、電波品質情報がシステムに伝搬されるまで 15 分かかります。ただし、[Monitor] > [Access Points] > [802.11a/n] または [802.11b/n] を選択することで、無線の結果を CleanAir 詳細レベルで即座に確認できます。

ライセンス

CleanAir システムには CleanAir AP およびリリース 7.0 以降のリリースを実行しているコントローラが必要です。Cisco Prime Infrastructure を追加すると、表示を強化し、システム内で追加の情報

を相互に関連付けることができます。MSE を追加すると、使用可能な機能がさらに増え、特定の干渉源デバイスの履歴と場所が表示されます。CleanAir AP がライセンスであるため、CleanAir 機能の使用には追加ライセンスは必要ありません。Prime Infrastructure の追加は base ライセンスで行うことができます。システムに MSE を追加するには、Prime Infrastructure Plus ライセンス、および MSE の Context-Aware ライセンスを選択する必要があります。

MSE または CMX での干渉ロケーションのために、各干渉源デバイスは Context-Aware 内のロケーション ターゲットとしてカウントされます。100 の永続干渉源ライセンスが MSE に組み込まれています。干渉源ライセンスは各 CleanAir AP の 5 つのライセンスのそれぞれのステージで、CleanAir AP が検出されるたびに開かれます。このプロセスは AP1552/1562/1572 に適用されます。干渉源デバイスは、ライセンス数の観点からはクライアントやタグと同じです。追跡対象の干渉源デバイスはクライアントやタグよりはるかに少なくする必要があるため、使用可能なライセンス数のごく一部のみが使用されます。ユーザは、コントローラの設定メニューから検出および検索する干渉源デバイスのタイプを制御できます。

Cisco Context-Aware ライセンスは、ターゲットの種類（クライアント、タグ、干渉源）で管理および制限することができ、ユーザがライセンスの使用方法を完全に制御できます。

（注） 各干渉源デバイスは、コンテキスト認識型サービス（CAS）ライセンスが 1 つ必要です。

Bluetooth デバイスの数が多すぎる場合、それらのデバイスによって多数の CAS ライセンスが利用される可能性があるので、Bluetooth デバイスの追跡をオフにすることを推奨します。

ワイヤレス メッシュ モビリティ グループ

モビリティ グループを使用すれば、各コントローラが互いにピア接続を確立し、コントローラの境界を越えてシームレスなローミングを実現できます。モビリティ グループ内の AP は、CAPWAP Join プロセス後に、他のメンバの IP アドレスを学習します。コントローラは 1 つのモビリティ グループに参加できます。モビリティ グループは最大 24 台のコントローラから構成されます。モビリティは 72 台のコントローラ間でサポートされます。モビリティ リストには最大 72 のメンバ（WLC）、およびクライアントのハンドオフに参加している同じモビリティ グループ（またはドメイン）内の最大 24 のメンバを登録できます。同じモビリティ ドメイン内では、クライアントの IP アドレスを更新する必要はありません。コントローラベースのアーキテクチャでモビリティを使用する場合、IP アドレスの更新は無意味です。

複数のコントローラ

モビリティ グループ内の他の CAPWAP コントローラから CAPWAP コントローラまでの距離と、RAP からの CAPWAP コントローラの距離については、企業内の CAPWAP WLAN の配置と同様に考慮する必要があります。

CAPWAP コントローラを集中させると、運用面では利点がありますが、その利点は、CAPWAP AP へのリンク スピード/キャパシティ、およびこれらのメッシュ アクセス ポイントを使用している WLAN クライアントのトラフィック プロファイルとトレード オフの関係にあります。

WLANクライアント トラフィックを、インターネットやデータセンターなどの特定のサイトに集中させたい場合は、これらのトラフィック フォーカルポイントと同じサイトにコントローラを集中させると、トラフィックの効率を犠牲にしなくても運用面の利点を享受できます。

WLAN クライアント トラフィックでピアツーピアの比重が多い場合は、分散型コントローラ モデルがより適している場合もあります。その場合、WLAN トラフィックの大部分は同一エリア内のクライアントに向かい、比較的少量のトラフィックが他のエリアに向かいます。多くのピアツーピア アプリケーションは遅延やパケット損失に影響されやすいため、ピア間のトラフィックが最も効率のよいパスを通過するように配慮する必要があります。

大部分の導入では、クライアント サーバ トラフィックとピアツーピア トラフィックが混ざっているため、CAPWAP コントローラのハイブリッド配置モデルが使用されることが多くあります。このモデルでは、ネットワーク内の戦略的なロケーションに置かれたコントローラのクラスタと共に Points of Presence（PoP）が作成されます。

ワイヤレス メッシュ ネットワークで使用される CAPWAP モデルは、キャンパス ネットワーク向けに設計されています。キャンパス ネットワークでは、CAPWAP メッシュ アクセス ポイントと CAPWAP コントローラ間のネットワークに高速で低遅延が求められます。

メッシュ アベイラビリティの増加

「セルのプランニングと距離」セクションでは、1 平方マイルのワイヤレス メッシュ セルが作成され、組み込まれました。このワイヤレスメッシュセルは、携帯電話ネットワークの作成に使用されるセルに似た特性を持ちます。より大きなアベイラビリティやキャパシティに対して、同じ物理エリアをカバーするために、（定義された最大セル サイズより）小さいセルが作成される可能性があるからです。このプロセスは、セルに RAP を追加することで行われます。より大きなメッシュ配置と同様、同じチャネルでRAPを使用するか（図 16：同じチャネルでセルごとに 2 つの RAP, （36 ページ） を参照）、または別のチャネルに置いた RAP を使用するか（図 17：別の

チャネルでセルごとに 2 つの RAP, （36 ページ） を参照）を決める必要があります。エリアへの RAP の追加により、そのエリアのキャパシティと回復力が増大します。

図 *16*：同じチャネルでセルごとに *2* つの *RAP*

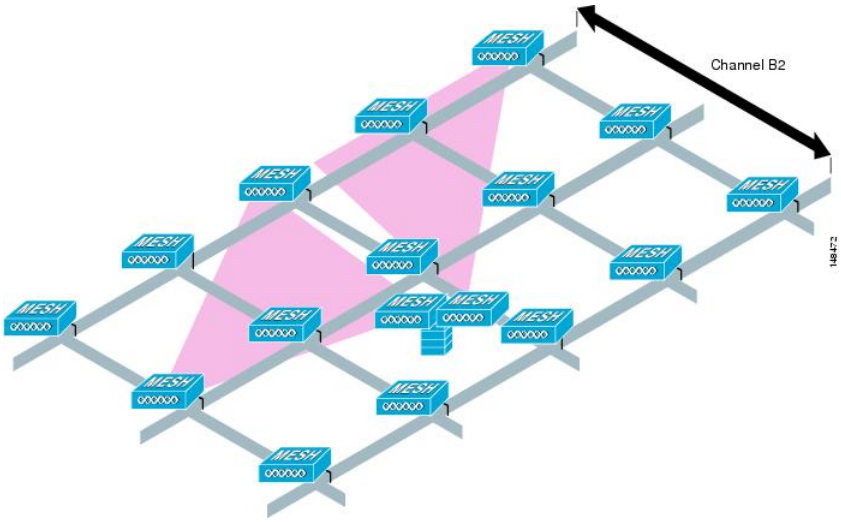
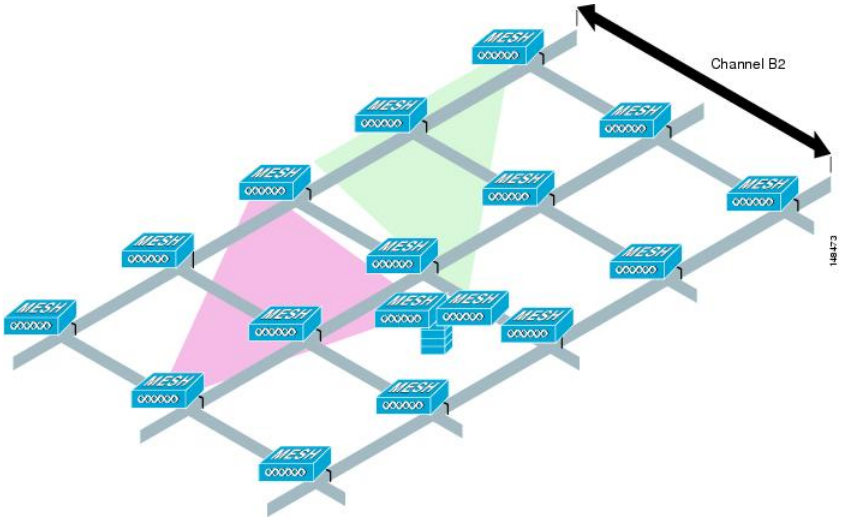


図 *17*：別のチャネルでセルごとに *2* つの *RAP*



複数の RAP

複数の RAP を配置する場合は、それらの RAP を配置する目的を考慮する必要があります。ハードウェア ダイバーシティを確保するために RAP を配置するのであれば、メッシュが 1 つの RAP から別の RAP へ転送する場合に、プライマリの RAP がコンバージェンス時間を最小にできるよう、同じチャネルに追加の RAP を配置する必要があります。RAP ハードウェア ダイバーシティを計画する場合は、RAP 制限ごとに 32 MAP を検討します。

キャパシティの増加を主な目的としてRAPを追加配置する場合、バックホールチャネルの干渉を最小限にするために、追加の RAP は近隣の RAP と異なるチャネルに設定する必要があります。

異なるチャネルに 2 番めの RAP を追加しても、チャネル プランニングや RAP セル スプリットを介せばコリジョン ドメインを低減できます。チャネルプランニングでは、コリジョンの確率を最小限にするため、同じコリジョン ドメイン内のメッシュ ノードに異なる非オーバーラップ チャネルを割り当てます。RAPセルスプリットは単純ですが、コリジョン ドメインを減らすのに効果的な方法です。メッシュ ネットワークでオムニ指向性アンテナと共に 1 つの RAP を配置する代わりに、方向性アンテナと共に 2 つ以上の RAP を配置できます。これらの RAP は互いに一緒に用いられ、異なる周波数チャネルで動作します。このプロセスにより、大きなコリジョン ドメインが個別に動作する複数の小さなコリジョン ドメインに分割されます。

メッシュ アクセス ポイントのブリッジ機能が複数の RAP と共に使用される場合、これらの RAP はすべて同じサブネット上になければならず、継続したサブネットがブリッジ クライアントに提供されるようにする必要があります。

異なるサブネット上の複数の RAP と共にメッシュを構築し、異なるサブネット上の別の RAP に MAP をフェールオーバーする必要がある場合、MAP コンバージェンス時間が増加します。このプロセスが起こらないようにする1つの方法として、サブネット境界で区切られているネットワークのセグメントに異なる BGN を使用する方法があります。

屋内メッシュと屋外メッシュの相互運用性

屋内メッシュ アクセス ポイントと屋外メッシュ アクセス ポイントとの間では、完全な相互運用性がサポートされています。これは、屋外から屋内へのローミングに役立ちます。屋内メッシュ アクセス ポイントは屋内でのみ使用することを推奨します。屋内メッシュ アクセス ポイントは、以下で説明されているような限られた状況でのみ屋外に配置してください。

注意 サードパーティの屋外ラックの屋内アクセス ポイントは、屋内 WLAN から駐車場のホップまでの単純かつ短距離の拡張などの、屋外での限られた配置でのみ配置できます。堅牢な環境および温度に関する仕様を備えているため、屋外ラックでは 1700、1800、2600、2700、2800、3500e/i、3600、3700、および 3800 アクセス ポイントを推奨します。さらに、AP が屋外ラック内にある場合、屋内アクセス ポイントには、連結されたアンテナをサポートするためのコネクタがあります。SNR 値は増減しない場合もあるので、注意してください。また、より最適化された屋外の 1500 シリーズ アクセス ポイントと比較した場合、長期間のフェードにより、これらの AP のリンクが消失する場合があります。

モビリティ グループは、屋外メッシュ ネットワークと屋内 WLAN ネットワークの間で共有できます。1 台のコントローラで、屋内と屋外のメッシュ アクセス ポイントを同時に制御することもできます。同じ WLAN が屋内と屋外の両方のメッシュ アクセス ポイントからブロードキャストされます。