



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。

- [サイトの調査, 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](#)

サイトの調査

機器を設置する前に、無線サイトの調査を推奨します。サイトの調査では、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。適切なサイト調査には、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。

調査前チェックリスト

サイト調査の前に、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?
- ライン オブ サイトはクリアか?
- 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、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?
- パートナーはいるか? 屋根や塔の上では、単独では決して調査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、作業は常に楽になります。
- 作業を遂行するための適切なツールや機器があるか?



(注) 調査を行うときには、携帯電話や携帯の送受信兼用無線機があると便利です。

屋外サイトの調査

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る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、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してください。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 帯域で動作します。

ラインオブサイトの判別

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、クリアなラインオブサイト (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 5 GHz 帯域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。高ゲイン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。

この高ゲインアンテナ設定は、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 (1.6 km) 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、全方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、ラインオブサイトの計算には影響しません。

天候

フリースペースパスのロスとラインオブサイトの他に、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、多湿条件はラインオブサイトに若干の障害となったり影響を与えたりし、メッシュリンクにはほとんど影響しないような小さなロスをもたらします (レインフェードやフェードマージンと呼ばれることもあります)。安定したメッシュリンクを確立したのであれば、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、悪天候でパフォーマンスが低下したりリンクのロスが引き起こされたりします。

理想的にはラインオブサイトが必要ですが、何も見えないような吹雪ではラインオブサイトが認められません。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マストパイプ上にあり、嵐がマスト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ラインオブサイト周辺の虚楕円です。無線信号はフリースペースを通過し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、フリースペースロス、アンテナゲイン、ケーブルロス、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、およびその他の変動要因は、メッシュリンクがどのくらい遠くまで行くかを判別する役割を持ちます。

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 パーセント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

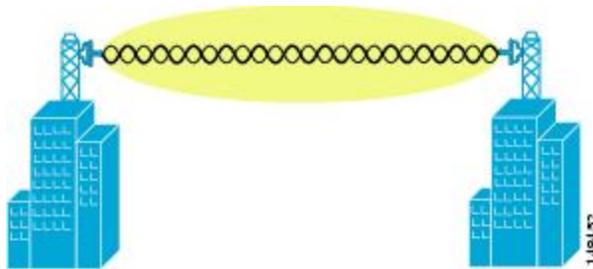


図2：フレネルゾーン内の一般的な障害物，（4 ページ）は、障害物のあるフレネルゾーンを示しています。

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。

$F1 = 72.6 \times (d/4 \times f)$ 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）

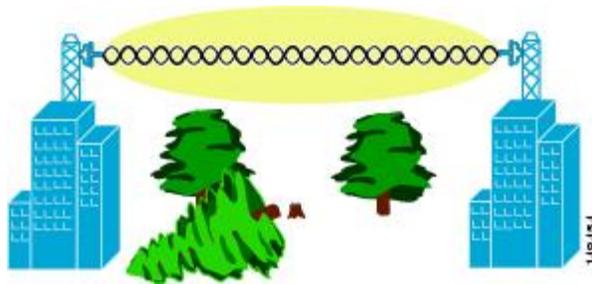
通常、最初のフレネルゾーンの 60% のクリアランスが推奨されるため、上の公式を 60% のフレネルゾーンクリアランスで表すと、次のようになります。

$0.60 F1 = 43.3 \times (d/4 \times f)$ 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 = $43.3 \times \sqrt{1/(4 \times 4.9)}$ 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。

隠しノードの干渉

メッシュバックホールは、そのメッシュ内のすべてのノードに同じ 802.11a チャン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しノードができることがあります。

図 4：隠しノード

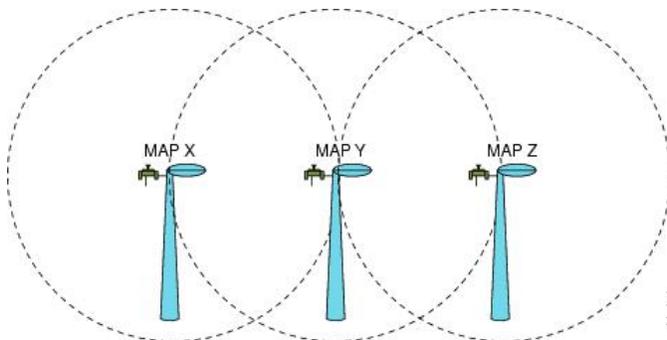


図 4：隠しノード、(5 ページ) は、次の 3 つの MAP を示します。

- 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しノード コリジョンが生じる可能性があります。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、隠し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、隠し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つの無線があります。1つは5 GHz チャネルのバックホールアクセス用で、もう1つは、2.4 GHz クライアントアクセス用です。さらに、Radio Resource Management (RRM) 機能は、2.4-GHz 無線で動作しますが、これによって、Cell Breathing 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つだけあって、隠しステーションにはなっていないければ、コリジョンはおそらく、ほんの3回も再試行するだけで、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し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、隠し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、メッシュ環境でリニア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。

優先親の選択基準

子 AP は、次の基準に基づいて優先親を選択します。

- 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）。
- 優先される親には 12 dB ~ 20 dB の範囲内のリンク SNR がありますが、他の親が非常に優れていることはありません（つまり、SNR が 20 % 以上優れている）。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す。
- 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 アドレスはベース無線の MAC アドレスで、最後の文字が f になります。たとえば、ベース無線の 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

```

共同チャネルの干渉

隠し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は、同じチャネルの隣接する無線がローカルメッシュネットワークのパフォーマンスに干渉するときに発生します。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、それぞれのドメインでの準拠条件を守るために、都心もしくは郊外の地域で、最大のワイヤレス LAN カバレッジについて考慮する必要のある項目についてまとめています。

次の推奨値は、障害物のない平坦地（グリーンフィールド導入）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、サイト調査を行うことを常に推奨します。

セルの計画と距離

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。一般的な計画用に、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計画と距離について、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 カウント：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 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](#)，（11 ページ）および [図 6：2.3～2.7 のパスロス指数](#)，（11 ページ）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 1.310×10^6 で、1 平方マイルは 25 セルに相当します。（[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, (11 ページ) および図 8 : 2.5 ~ 3.0 のパス ロス指数, (12 ページ) 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

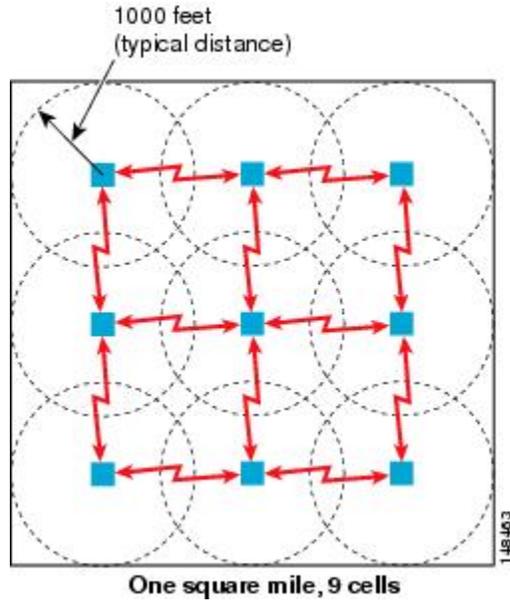


図 6 : 2.3 ~ 2.7 のパス ロス指数

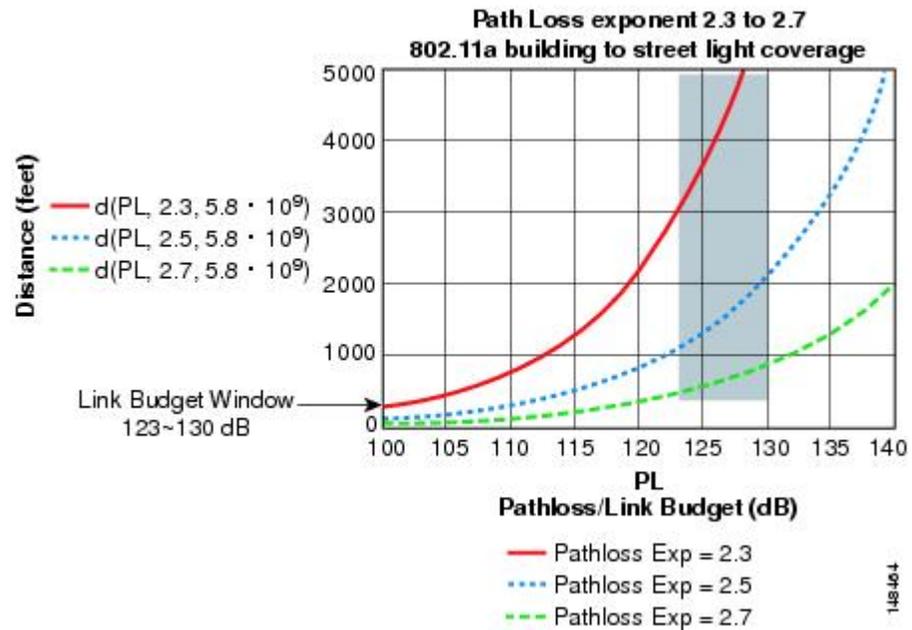


図 7 : 非音声メッシュ ネットワークにおける半径 600 フィートのセルとアクセス ポイントの位置

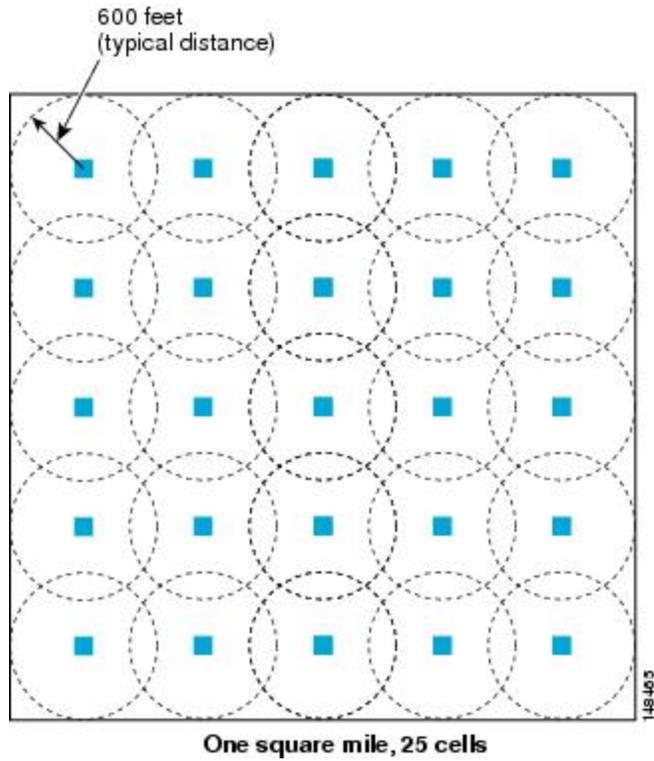
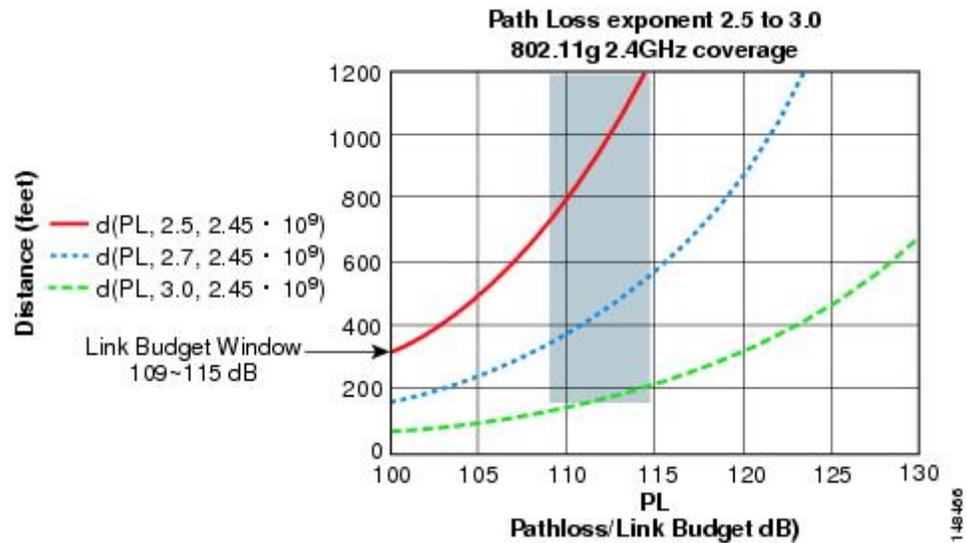


図 8 : 2.5 ~ 3.0 のパスロス指数



Cisco 1550 シリーズ アクセス ポイント用

前の項で説明したように、セル半径 600 フィートおよび AP 間の距離 1200 フィートを推奨します。通常、AP 間の距離は 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 間の距離を半分にすると、おおよそのセル半径になります。

AP1550 シリーズは、802.11n 機能を備えているため、比較的優れた範囲とキャパシティを備えています。ダウンストリームの ClientLink (ビーム形成)、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、チャネル結合などの 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 バジレ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 帯域の AP1572 シリーズと AP1552 シリーズのリンク バジレットの比較 (-A ドメイン)

表 1: -A/-B ドメインの 2.4 GHz 帯域のリンク バジレット比較, (13 ページ) を参照してください。

表 1: -A/-B ドメインの 2.4 GHz 帯域のリンク バジレット比較

パラメータ	Cisco 1552 (-A ドメイン)	Cisco 1532 (-A ドメイン)	Cisco 1572 (-B ドメイン)
周波数帯域	2412 ~ 2462 MHz	2412 ~ 2462 MHz	2412 ~ 2462 MHz
エア インターフェイス	802.11b/g/n	802.11b/g/n	802.11b/g/n
チャネル帯域幅	20 MHz	20 MHz	20 MHz
Tx 空間ストリーム数	2	1532I 用 3SS、1532E 用 2SS	3SS
PHY データ レート	最大 144 Mbps ¹	3SS で最大 216 Mbps 2SS で 144 Mbps	最大 216 Mbps
供給 Tx 電力	28 dBm、複合 ²	29 dBm	30 dBm
Rx 感度	6 Mbps で -94 dBm 54 Mbps で -79 dBm 150 Mbps で -73 dBm	6 Mbps で -95 dBm 54 Mbps で -75 dBm 216 Mbps で -69 dBm	6 Mbps で -93 dBm 54 Mbps で -81 dBm 216 Mbps で -76 dBm
受信チャネル数	3	3	4
Rx ダイバーシティ	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	0.5 dB

¹ 2.4 GHz での 40 MHz チャンネル 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 Tx ストリームが有効な場合の電力です。

5 GHz 帯域については、表 2：-A/-B ドメインの 5 GHz 帯域のリンク バジェット比較、(14 ページ) を参照してください。

表 2：-A/-B ドメインの 5 GHz 帯域のリンク 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 1572 (-B ドメイン)
周波数帯域	5745 ~ 5825 MHz	5.280 ~ 5.320 GHz 5.500 ~ 5.560 GHz 5.680 ~ 5.700 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
エア インターフェイス	802.11a/n	802.11a/n	802.11a/n/ac
チャンネル帯域幅	20 MHz、40 MHz	20 MHz、40 MHz	20 MHz、40 MHz、80 MHz
Tx 空間ストリーム数	2	2	3
PHY データ レート	最大 300 Mbps	最大 300 Mbps	最大 1.3 Gbps
供給 Tx 電力	28 dBm、複合	27 dBm	30 dBm
Rx 感度	6 Mbps で -92 dBm 54 Mbps で -76 dBm 300 Mbps で -72 dBm	6 Mbps で -92 dBm 54 Mbps で -72 dBm 300 Mbps で -68 dBm	6 Mbps で -92 dBm 54 Mbps で -80 dBm 1300 Mbps で -60 dBm

5 GHz では、40 MHz チャンネルを形成する 20 MHz チャンネル 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 バジェットの時間帯は連動します。完全なクリアパスの場合、PLE は 2.0 です。AP 間の場合、AP からクライアントまでよりクリアランスが大きくなります。AP 間では、PLE を 2.3 とすることができます。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、ラインオブサイトが適切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 高いだけなので、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 の両帯域に該当します。

5 GHz をメッシュのバックホールとして使用するの、-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 : AP 間 RF リンク バジェット、5.8 GHz : 9 Mbps (-A ドメイン) , (15 ページ) 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形成) の利点があります。ClientLink は、ダウンリンク方向に最大 4 dB のゲインを提供します。

表 3 : AP 間 RF リンク バジェット、5.8 GHz : 9 Mbps (-A ドメイン)

パラメータ	Cisco 1552 I/C	Cisco 1552 E/H	Cisco 1522
9 Mbps、20 MHz 帯域幅で供給される Tx 電力	28 dBm、複合	26 dBm、複合	28 dBm
Tx アンテナ ケーブル 損失	0 dB	0.5 dB	0.5 dB
Tx アンテナ ゲイン	4 dBi (内蔵アンテナ)	7 dBi	8 dBi
Tx ビーム形成 (BF)	4 dB	4 dB	0 dB
Tx EIRP	36 dBm	36.5 dBm	35.5 dBm
Rx アンテナ ゲイン	4 dBi	7 dBi	8 dBi
Rx アンテナ ケーブル 損失	0 dB	0.5 dB	0.5 dB
Rx 感度	9 Mbps で -91 dBm	9 Mbps で -91 dBm	9 Mbps で -88 dBm
システム ゲイン	131 dB	134 dB	131 dB
フェード マージン	9 dB	9 dB	9 dB
AP 間の範囲 (LOS、PLE = 2.3)	829 m (2722 フィート)	1120 m (3675 フィート)	829 m (2722 フィート)

9dB のフェード マージンを前提としています。これは、「ワイヤレスメッシュの制約」の項で必要な SNR 値を計算するための前提条件と矛盾しています。

AP からクライアントまでのリンク バジェット分析 (-A ドメイン)

この項では、各帯域のシステム ゲイン値によって AP からどの程度クライアントを離すことができるかがわかるように、AP からクライアントまでのリンク バジェット分析について説明します。この分析では、アップストリームおよびダウンストリームのシステム ゲインに焦点を当てます。リンクのアップストリームとダウンストリームのバランスが取れていることが理想ですが、実際にはバランスが取れない場合があります。一般には、AP のアンテナ ゲインおよび Tx 電力はクライアントより高くなります。しかし、一部の規制ドメインでは異なる EIRP 制限が必要なため、これが逆になることがあります。そのため、AP からクライアントまでの距離を計算する場合、アップストリームとダウンストリームの低い方を使用します。これが決定要素になるためです。たとえば、ダウンストリームのゲインがアップストリームより高い場合、アップストリームのシステム ゲインによりクライアントだけが AP に接続できるため、セル サイズの決定にはアップストリームを使用する必要があります。

規制ドメインの Tx EIRP および Rx 感度の値によって、アップストリームとダウンストリームのどちらのシステム ゲインが低いかを判断します。セル サイズは、ダウンストリームではなくアップストリームに基づいて決定する必要があります。

使用可能なクライアントのほとんどが 2.4 GHz クライアントであるため、2.4 GHz AP に焦点を当てます。

2.4 GHz の AP からクライアントまでのリンク バジェットでは、クライアントの Tx 電力が 20 dB、アンテナ ゲインが 0 dBi とします (表 4: 屋外 11n AP/クライアント間、2.4 GHz : 9 Mbps データ レート (-A ドメイン) , (16 ページ) を参照) 。-A ドメインでは、2.4 および 5 GHz 帯域の EIRP 制限は 36 dBm です。

表 4: 屋外 11n AP/クライアント間、2.4 GHz : 9 Mbps データ レート (-A ドメイン)

パラメータ	Cisco 1552 I/C		Cisco 1552 E/H		注
	DS	US	DS	US	
供給 Tx 電力	28 dBm (AP)	20 dBm (クライアント)	28 dBm (AP)	20 dBm (クライアント)	9 Mbps、20 MHz 帯域幅の複合電力
Tx アンテナ ゲイン	2 dBi (AP)	0 dBi (クライアント)	4 dBi (AP)	0 dBi (クライアント)	
Tx ビーム形成 (BF)	4 dB (AP)	0 dB (クライアント)	4 dB (AP)	0 dB (クライアント)	レガシー レートの ClientLinkDS でのみ有用
Tx EIRP	34 dBm	20 dBm	36 dBm	20 dBm	

パラメータ	Cisco 1552 I/C		Cisco 1552 E/H		注
Rx アンテナ ゲイン	0 dBi (クライアント)	2 dBi (AP)	0 dBi (クライアント)	4 dBi (AP)	
Rx 感度	-90 dBm (クライアント)	-94 dBm (AP)	-90 dBm (クライアント)	-94 dBm (AP)	AP1552 の 4.7 dB MRC ゲインを含む
システム ゲイン	124 dB	116 dB	126 dB	118 dB	
範囲 (AP からクライアント)		268 m (881 フィート)		323 m (1058 フィート)	LOS、PLE = 2.5

-A ドメインでは、2.4 GHz 帯域の AP からクライアントまでのリンクバジェットはアップストリームによって制限されます。つまり、アップストリームのシステムゲインの方が低く、そのため決定要素はアップストリームになります。

各種 AP1552 モデルの 2.4 GHz の AP からクライアントまでのセルサイズは、次の 2 つの小さい方を使用して決定することができます。

- 2.4 GHz 帯域の AP からクライアントまでの距離 (表 4 : 屋外 11n AP/クライアント間、2.4 GHz : 9 Mbps データレート (-A ドメイン) , (16 ページ) より)
- 5 GHz バックホールの AP 間距離の 2 分の 1 (表 2 : -A/-B ドメインの 5 GHz 帯域のリンクバジェット比較, (14 ページ) より)

使用可能なクライアントのほとんどが 2.4 GHz クライアントであるため、セルサイズに 2.4 GHz の値を考慮することを推奨します (表 5 : AP/クライアント間の最小距離と AP 間バックホール距離の 2 分の 1, (17 ページ) を参照)。

表 5 : AP/クライアント間の最小距離と AP 間バックホール距離の 2 分の 1

AP タイプ (-A ドメイン)	AP/クライアント間 (2.4 GHz)	AP 間バックホール距離の 2 分の 1 (5 GHz)
1552 C/I	250 m (800 フィート)	415 m (1360 フィート)
1552 E/H	300 m (1000 フィート)	560 m (1840 フィート)

AP 間距離については、AP からクライアントまでの距離の 2 倍にすることができます (表 6 : セル半径の推奨値, (18 ページ) を参照)。

表 6: セル半径の推奨値

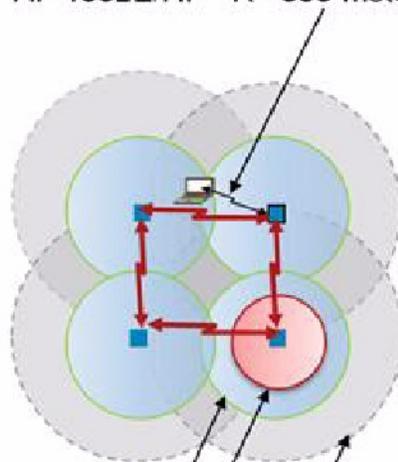
APタイプ (-A ドメイン)	AP からクライアント	AP 間
1552 C/I	250 m (800 フィート)	500 m (1600 フィート)
1552 E/H	300 m (1000 フィート)	600 m (2000 フィート)

図 9: 2.4 GHz での AP/クライアント間のセル半径

AP-to-Client Cell Radius @ 2.4 GHz

AP 1552C/I: R= 250 meters

AP 1552E/H: R= 300 meters



- AP-Client Coverage 2.4 GHz
- AP-Client Coverage 5 GHz
- AP-AP Backhaul Coverage 5 GHz
 - AP-AP Distance $\geq 2x$ AP-Client Distance

331452

前提条件は次のとおりです。

- 高さ : AP は 33 フィート (10 m) 、クライアントは 3.3 フィート (1 m)
- 1 Mbps を超えるスループット
- AP 間距離を短くするとカバレッジが向上する
- ほぼ LoS。LoS が少ない場合、距離の前提条件を減らす必要がある
- 平坦地環境

AP 密度の結果 :

- AP1552C および AP1552I : 14 AP/平方マイル = 5.3 AP/平方 km
- AP1552E および AP1552H : 9 AP/平方マイル = 3.5 AP/平方 km

これらの推奨値を使用すると、健全なセルを実現できる可能性が高くなります。



(注) 5 GHz クライアントの場合、周波数が高くなるに従い減衰が高くなるため、セル半径が比較的小さくなります。2.4 GHz 帯域のリンク バジレットは、5 GHz よりほぼ 13 dB 優れています。

2.4 および 5 GHz 帯域の AP1520 シリーズと AP1552 シリーズのリンク バジレットの比較 (-E ドメイン)

-E ドメインでは、EIRP 制限がかなり低くなります。EIRP 制限は 2.4 GHz で 20 dBm、5 GHz で 30 dBm です。

5 GHz をメッシュのバックホールに使用するため、5 GHz の場合を考えてみましょう。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。



(注) バックホールの場合、PLE は 2.3 です。

AP 間 RF リンク バジレット、5.6 GHz : 9 Mbps (-E ドメイン)

表 7: AP 間 RF リンク バジレット、5.6 GHz : 9 Mbps (-E ドメイン)

パラメータ	Cisco 1552 I/C	Cisco 1552 E/H	Cisco 1522
9 Mbps、20 MHz 帯域幅で供給される Tx 電力	22 dBm、複合	19 dBm、複合	22 dBm
Tx アンテナ ケーブル 損失	0 dB	0.5 dB	0.5 dB
Tx アンテナ ゲイン	4 dBi (内蔵アンテナ)	7 dBi	8 dBi
Tx ビーム形成 (BF)	4 dB	4 dB	0 dB
Tx EIRP	30 dBm	30.5 dBm	30.5 dBm
Rx アンテナ ゲイン	4 dBi	7 dBi	8 dBi
Rx アンテナ ケーブル 損失	0 dB	0.5 dB	0.5 dB

パラメータ	Cisco 1552 I/C	Cisco 1552 E/H	Cisco 1522
Rx 感度	9 Mbps で -91 dBm	9 Mbps で -91 dBm	9 Mbps で -88 dBm
システム ゲイン	125 dB	127 dB	125 dB
フェード マージン	9 dB	9 dB	9 dB
AP 間の範囲 (LOS、PLE = 2.3)	471 m (1543 フィート)	575 m (1888 フィート)	471 m (1543 フィート)

内蔵アンテナを搭載した AP1552 モデル (1552C/I) のシステムゲインは、AP 間距離が 1543 フィートの 5 GHz バックホールの AP1522 と同じです。

AP からクライアントまでのリンク バジレット分析 (-E ドメイン)

この項では、2.4 GHz 帯域の AP からクライアントまでのリンク バジレット分析について説明します。この分析では、アップストリームおよびダウンストリームのシステムゲインに焦点を当てます。リンクのアップストリームとダウンストリームのバランスが取れていることが理想ですが、実際にはバランスが取れない場合があります。そのため、セル半径の決定要素はアップストリームとダウンストリームの低い方になります。

2.4 GHz の AP からクライアントまでのリンク バジレットでは、クライアントの Tx 電力が 20 dB、アンテナゲインが 0 dBi とします。

-E ドメインでは、EIRP 制限は 2.4 GHz 帯域で 20 dBm、5 GHz 帯域で 30 dBm です。

表 8: 屋外 11n AP/クライアント間、2.4 GHz : 9 Mbps データ レート (-E ドメイン)

パラメータ	Cisco 1552 I/C		Cisco 1552 E/H		注
	DS	US	DS	US	
供給 Tx 電力	15 dBm (AP)	20 dBm (クライアント)	13 dBm (AP)	20 dBm (クライアント)	9 Mbps、20 MHz 帯域幅の複合電力
Tx アンテナ ゲイン	2 dBi (AP)	0 dBi (クライアント)	4 dBi (AP)	0 dBi (クライアント)	
Tx ビーム形成 (BF)	3 dB (AP)	0 dB (クライアント)	3 dB (AP)	0 dB (クライアント)	レガシー レートの ClientLinkDS でのみ有用
Tx EIRP	20 dBm	20 dBm	20 dBm	20 dBm	

パラメータ	Cisco 1552 I/C		Cisco 1552 E/H		注
Rx アンテナ ゲイン	0 dBi (クライアント)	2 dBi (AP)	0 dBi (クライアント)	4 dBi (AP)	
Rx 感度	-91 dBm (クライアント)	-94 dBm (AP)	-91 dBm (クライアント)	-94 dBm (AP)	AP1552 の 4.7 dB MRC ゲインを含む
システム ゲイン	111 dB	116 dB	111 dB	118 dB	
範囲 (AP からクライアント)	173 m (567 フィート)		173 m (567 フィート)		LOS、PLE = 2.5 (5 dB のフェード マージン)

-E ドメインでは、2.4 GHz 帯域の AP からクライアントまでのリンク バジレットはダウンストリームによって制限されます。そのため、ダウンストリームのシステム ゲインが低くなります。したがって、決定要素はダウンストリームになります。

各種 AP1552 モデルの 2.4 GHz の AP からクライアントまでのセル サイズは、次の 2 つの小さい方を使用して決定することができます。

- 2.4 GHz 帯域の AP からクライアントまでの距離 (表 8 : 屋外 11n AP/クライアント間、2.4 GHz : 9 Mbps データ レート (-E ドメイン) , (20 ページ) より)
- 5 GHz バックホールの AP 間距離の 2 分の 1 (表 7 : AP 間 RF リンク バジレット、5.6 GHz : 9 Mbps (-E ドメイン) , (19 ページ) より)

使用可能なクライアントのほとんどが 2.4 GHz クライアントであるため、セル サイズに 2.4 GHz の値を考慮することを推奨します (表 9 : AP/クライアント間の最小距離と AP 間バックホール距離の 2 分の 1, (21 ページ) を参照)。

表 9 : AP/クライアント間の最小距離と AP 間バックホール距離の 2 分の 1

AP タイプ (-E ドメイン)	AP/クライアント間 (2.4 GHz)	AP 間バックホール距離の 2 分の 1 (5 GHz)
1552 C/I	180 m (600 フィート)	235 m (770 フィート)
1552 E/H	180 m (600 フィート)	288 m (944 フィート)

AP 間距離については、AP からクライアントまでの距離の 2 倍にすることができます (表 10 : セル半径の推奨値, (22 ページ) を参照)。

表 10: セル半径の推奨値

AP タイプ (-E ドメイン)	AP からクライアント	AP 間
1552 C/I	180 m (600 フィート)	360 m (1200 フィート)
1552 E/H	180 m (600 フィート)	360 m (1200 フィート)



(注) 範囲と AP の密度を見積もる場合、次の URL にある範囲カルキュレータを使用できます。

- すべての Cisco アクセスポイントの範囲カルキュレータ : http://173.37.206.125/aspnet_client/system_web/2_0_50727/WNG_Coverage_Capacity_Calculator_V2.0_HTML/WNG_Coverage_Capacity_Calculator_V2.0.htm

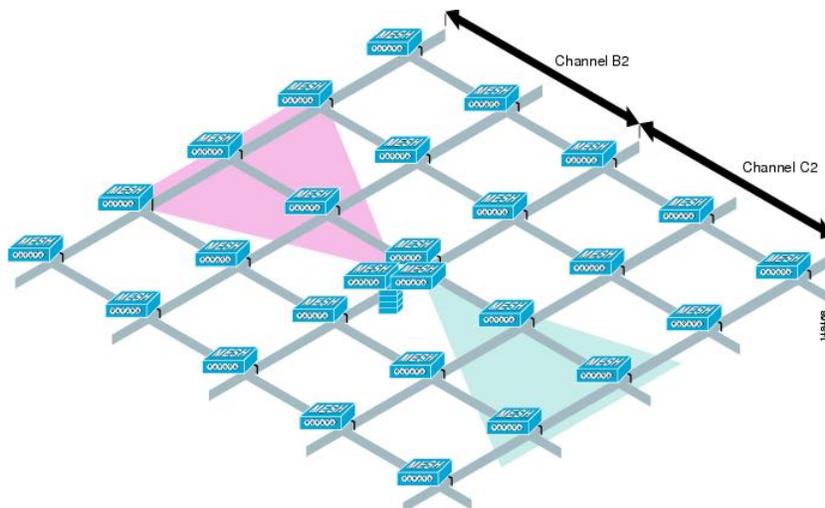
Cisco 範囲カルキュレータの前提条件

- 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範囲カルキュレータが編集されています。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。
- 範囲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。
- 範囲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（またはアンテナゲイン）、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。高ゲインアンテナを入力し、EIRP制限を超える電力を選択した場合は、警告が表示され、範囲が0になります。
- アクセスポイントで認定されたチャン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 10: 複数の RAP の PoP, (23 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

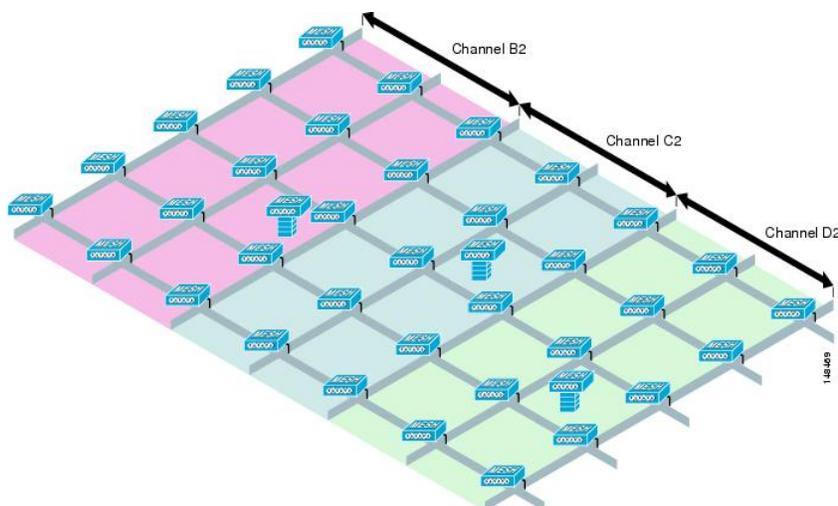
10：複数の RAP の PoP, (23 ページ) に示すように、RAP の有線ネットワークのロケーションが、複数のセルの RAP に対するホストの役割をする可能性があります。

図 10：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することができます。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ンネルを使用するか、セルごとにバックホールチャンネルを変えるかを定める必要があります。図 11：複数の RAP および MAP のセル, (23 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ンネル (B2、C2、および D2) が選択され、セル間の共同チャンネル干渉を減らしています。

図 11：複数の RAP および MAP のセル

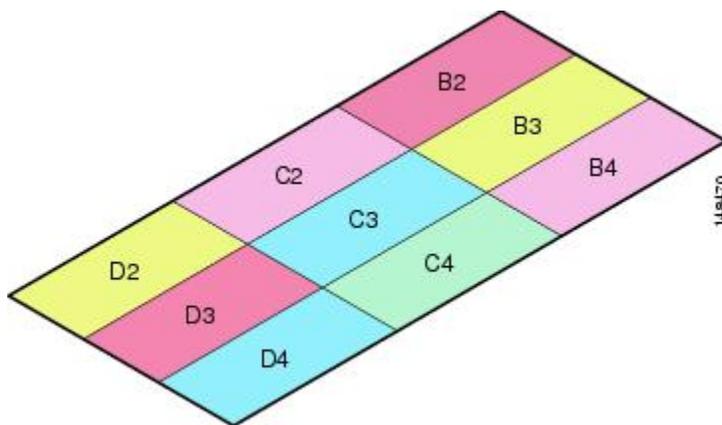


さまざまなチャンネルを選択すると、より早いメッシュコンバージェンスが犠牲になり、セル境界の共同チャンネル干渉が減ります。MAP は seek モードにフォールバックして隣接セルのネイバーを検出する必要があります。高トラフィック密度のエリアで、共同チャンネル干渉は、RAP の

周辺に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。

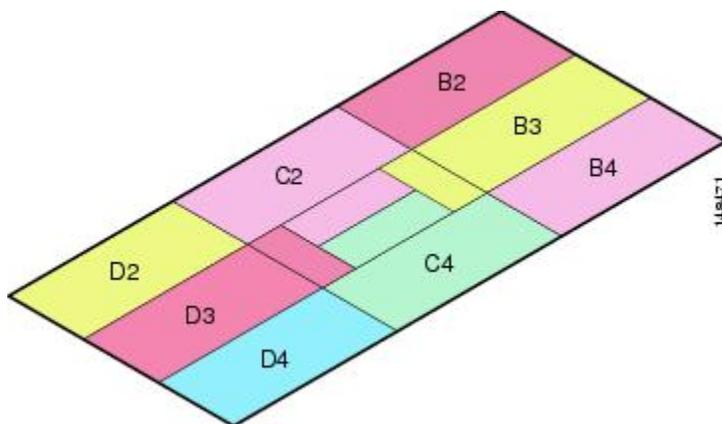
複数のセルをレイアウトするには、標準のWLAN計画に似たチャネル計画を使用し、チャネルのオーバーラップを回避してください（[図 12：さまざまなセルのレイアウト](#)、[\(24 ページ\)](#) を参照）。

図 12：さまざまなセルのレイアウト



メッシュがRAP接続のロスカバーするように拡張されている場合には、できれば、チャネル計画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 13：フェールオーバー カバレッジ](#)、[\(24 ページ\)](#) を参照）。

図 13：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

次の推奨値は、複数の AP1500 を同じタワーにコロケーションする際に必要なアンテナ セパレーションを決めるためのガイドラインとしてください。アンテナ、伝送パワー、およびチャンネル間隔の推奨最小区切りについて記載しています。

適切な間隔をあけたりアンテナを選択するのは、アンテナの放射パターンやフリースペースパス損失、隣接または代替隣接のチャンネル レシーバ拒否によって十分な切り分けをするのが目的で、コロケーションされた複数のユニットが独立して動作するためです。CCA ホールドオフによるスループット低下や、受信ノイズフロアの増加によるレシーブ感度の低下をごくわずかに抑えることが重要です。

アンテナのプロキシミティ要件に従う必要がありますが、この要件は隣接および代替隣接のチャンネル使用によって異なります。

隣接チャンネルでの AP1500 のコロケーション

コロケーションされた2つの AP1500 が、チャンネル 149 (5745 MHz) とチャンネル 152 (5765 MHz) のような隣接チャン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 の全方向性アンテナまたは 17 dBi の高ゲイン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)。

コロケーションされた2つの AP1500 が、5.5 dBi 全方向性アンテナ付きのチャンネル 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。

代替隣接チャンネルでの AP1500 のコロケーション

コロケーションされた2つの AP1500 が、チャンネル 149 (5745 MHz) とチャンネル 157 (5785 MHz) のような代替隣接チャン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 の全方向性アンテナまたは 17 dBi の高ゲイン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)。

コロケーションされた2つの AP1500 が、5.5 dBi 全方向性アンテナ付きの代替隣接チャンネル 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 アンテナの切り離しによって、メッシュ アクセス ポイントのスペーシング要件が決まります。また、アンテナのプロキシミティを遵守する必要がありますが、これは隣接および代替隣接のチャンネル使用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、ローカルの 2.4 GHz クライアントアクセス無線、および 5 GHz 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。
- ホップカウント：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
 - 最小使用率のチャンネル（CU）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、CU を確認してください。

無線リソース管理 (RRM) を使用して、802.11b/g/n 無線に、推奨される RSSI、PER、SNR、CU、セルカバレッジ、およびカバレッジホールの設定を実装できます (RRM は 802.11a/n 無線では使用できません)。

図 14: 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

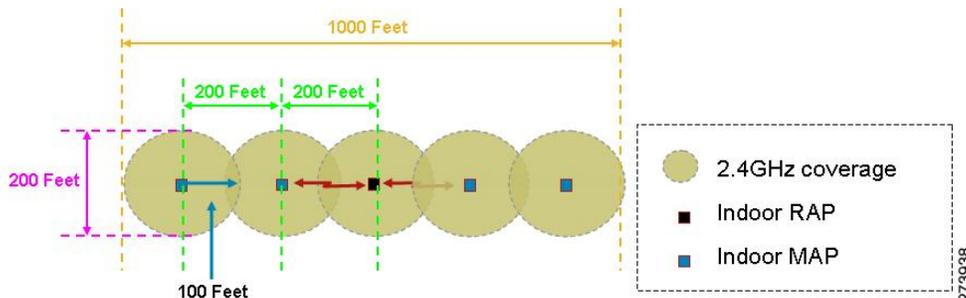
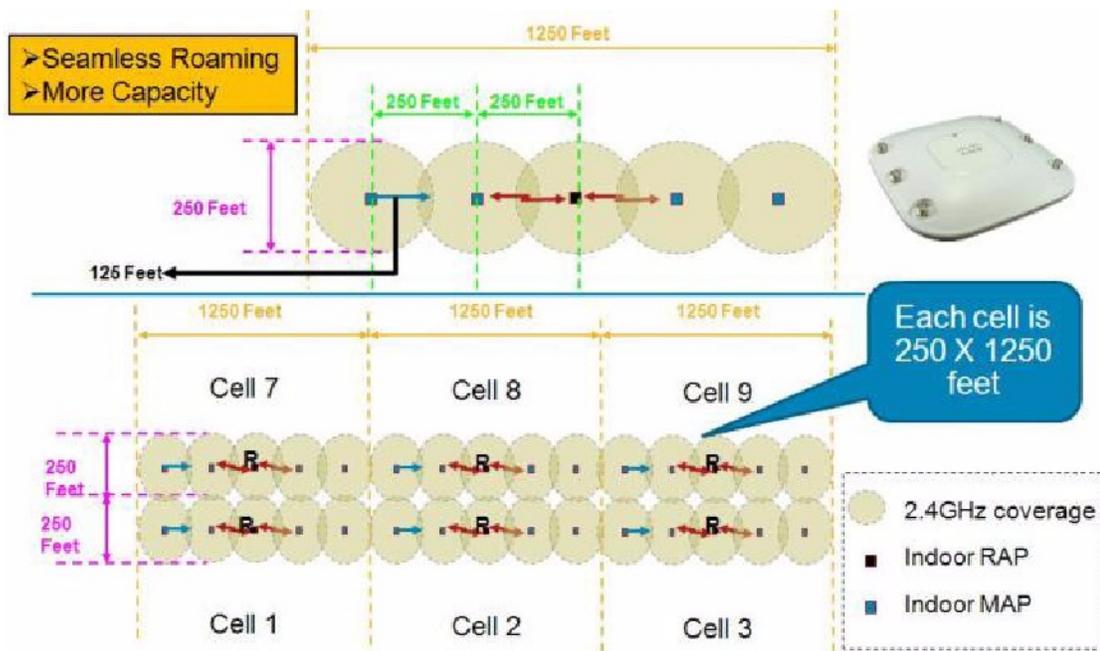


図 15: 屋内 11n メッシュ ネットワークにおける半径 125 フィート (38 m) のセルとアクセス ポイントの位置



(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。

ワイヤレス伝搬の特性

表 11 : 2.4 GHz 帯域と 5 GHz 帯域の比較, (28 ページ) は、2.4 GHz 帯域と 5 GHz 帯域の比較です。

2.4 GHz 帯域の伝搬特性は、5 GHz より優れていますが、2.4 GHz はライセンス不要の帯域で、今日まで歴史的に、5 GHz より多くのノイズや干渉に影響されてきました。さらに、2.4 GHz にはバックホールチャンネルが 3 つしかないため、共同チャンネル干渉の原因となります。そのため、同程度のキャパシティを得る最良の方法は、システムゲイン（つまり、伝送パワー、アンテナゲイン、レシーブ感度、およびパスロス）を削減して、もっと小さいセルを作成することです。セルを小さくすると、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）必要があります。

表 11 : 2.4 GHz 帯域と 5 GHz 帯域の比較

2.4 GHz 帯域の特性	5 GHz 帯域の特性
3 チャンネル	22 チャンネル (-A/-B の規制ドメイン)
共同チャンネル干渉の傾向がより強い	共同チャンネル干渉がない
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 よりも伝搬特性はよいが、ノイズと干渉の影響を受けやすい	2.4 GHz よりも伝搬特性は悪いが、ノイズと干渉の影響を受けにくい
ライセンス不要の帯域。世界中で広く利用可能。	世界中で 2.4 GHz ほど広くは利用できない。ライセンスの必要な国もある。

2.4 GHz の方が波長が大きく、障害物に対する通過能力が大きいと言えます。また、2.4 GHz のデータ レートの方が小さく、他方の終端に信号が届く成功率が高くなります。

CleanAir

1550/1570 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 無線に実装でき、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 無線の Wi-Fi および非 Wi-Fi 干渉を検出し、定量化して、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 帯域の完全な CleanAir 機能と 5 GHz 無線での 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。

Wi-Fi 無線との緊密なシリコン統合により、CleanAir ハードウェアは、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、現在サービスが提供されているチャンネルでトラフィック間のリッスンを行うことができます。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 帯域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 がいない場合は、5 GHz 帯域でのみ使用できます。

CleanAir メッシュ AP は、各帯域の 1 つのチャン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、同じチャン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 がチャンネル選択を処理すると仮定すると、各チャン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、一般に全帯域を含む）の場合、帯域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（MMAPI） : 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、すべての帯域チャン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 チャン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ンネルをスキャンしますが、定期的にオフチャン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（任意）（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、デバイスを検出する AP およびデバイスを最も強いとしてヒアリングする AP を示すデバイス クラスタが表示されます。

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 からの場合、同じ干渉源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。

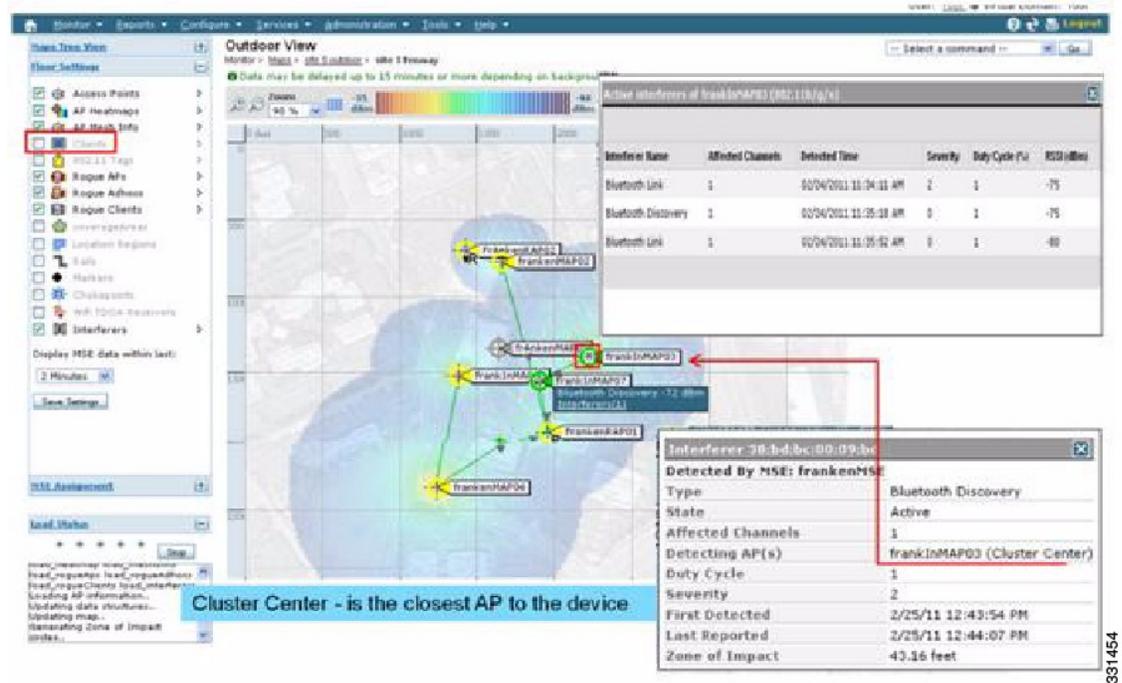
- センサーの密度
- 観測対象分類の品質
- 干渉源から AP までの RSSI
- AP での RF ネイバー リスト

したがって、メッシュ内の 2.4GHz 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は、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裏付け IDR と共に MSE に転送されません。

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ではロケーションは行われません。ロケーションは MSE で行われます。

図 16：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帯域に関連しています。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 帯域の非メッシュ 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 はグリーンフィールド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は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ン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、および複数のチャンネルに影響を与えるデバイスはネットワークへの干渉に対して重大であると見なされるため、これは便利です。



(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。

コンシューマエレクトロニクスの世界には多くの変動要因があり、意図しない電気干渉もあります。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ンネルだけをサポートします。
- 帯域カバレッジは、そのチャン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 帯域内の同じチャンネルに少なくとも 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がサポートされない可能性があります。アクティブなユーザチャン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は最も近い AP に対してです。デバイスは物理的にそのデバイスに最も近い AP の近くに位置しています。最も近い AP Resolution を仮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作業できます。CleanAir の完全な機能性は、CleanAir がイネーブル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 の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ンネルのみモニタできます。近くに複数のアクセスポイントを提供しているクライア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ンネルは 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、http://www.cisco.com/en/US/products/ps10315/products_tech_note09186a0080b4bdc1.shtmlを参照してください。

CleanAir Advisor

バックホール無線で 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 (IDR) というレポートが生成されますが、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 バックホール無線のみに存在します。他のすべての AP モードでは、1552 アクセスポイントの 5 GHz バックホール無線は CleanAir モードで動作します。

CleanAir のイネーブル化

システムの CleanAir 機能をイネーブルにするには、まず、[Wireless] > [802.11a/b] > [CleanAir] を選択してコントローラで CleanAir をイネーブルにする必要があります。CleanAir はデフォルトでディセーブルですが、CleanAir は AP インターフェイスではデフォルトでイネーブルです。

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 をイネーブルにした後、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 CleanAir 詳細レベルで結果を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 の追加は基本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 での干渉ロケーションのために、各干渉デバイスは 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 の永久 Interferer ライセンスが MSE に組み込まれています。Interferer 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 に適用されます。干渉デバイスは、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ので、使用可能なシート数のごく一部のみ使用しま

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）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ため、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ると、ピアに対する各コントローラがコントローラの境界を越えたシームレスなローミングを互いにサポートできます。APは、CAPWAP Join プロセス後にモビリティグループの他のメンバのIPアドレスを学習します。コントローラは、最大24台のコントローラを含めることができる単一のモビリティグループのメンバにすることができます。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。クライアントのIPアドレスは、同じモビリティドメイン内で更新する必要はありません。この機能を使用する場合、IPアドレスの更新はコントローラベースのアーキテクチャでは無意味です。

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、オペレーショナルに利点がありますが、その利点は、CAPWAP APへのリンクの速度およびキャパシティ、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に対するトレードオフとなります。

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操作上の利点を享受できます。

WLANクライアントトラフィックが、よりピアツーピアの場合、分散されたコントローラモデルの方が適している可能性があります。WLANトラフィックの大多数は、そのエリアのクライアントで、他のロケーションに向かう比較的少量のトラフィックを伴う傾向があります。数多くのピアツーピアアプリケーションが遅延やパケット損失に影響されやすい場合、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する必要があります。

大部分の配置に、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場合、CAPWAPコントローラのハイブリッドモデルが使用されていると考えられ、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。つまり、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は高速で低遅延であると考えられています。

メッシュ アベイラビリティの増加

「セルの計画と距離」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、同じチャンネルでRAPを使用するか (図 17: 同じチャンネルでセルごとに2つのRAP, (36 ページ) を参照)、または別のチャンネルに置いたRAPを使用するか (図 18: 別のチャンネルで

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 17: 同じチャンネルでセルごとに2つのRAP

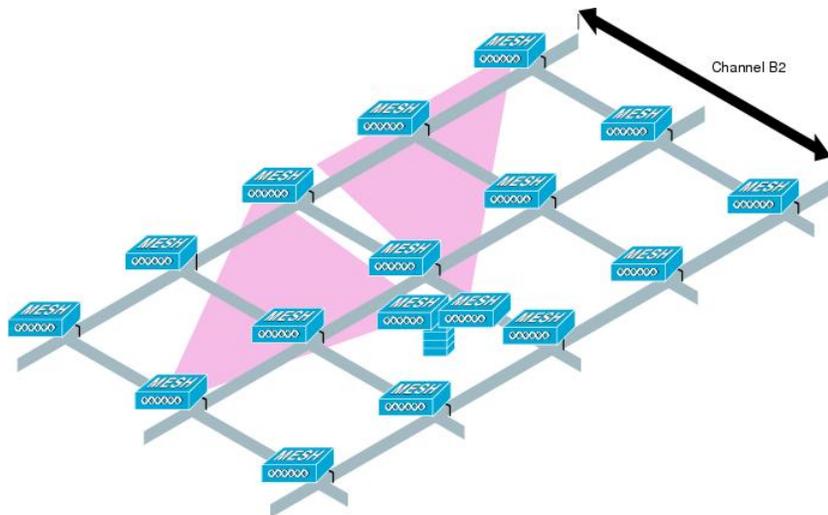
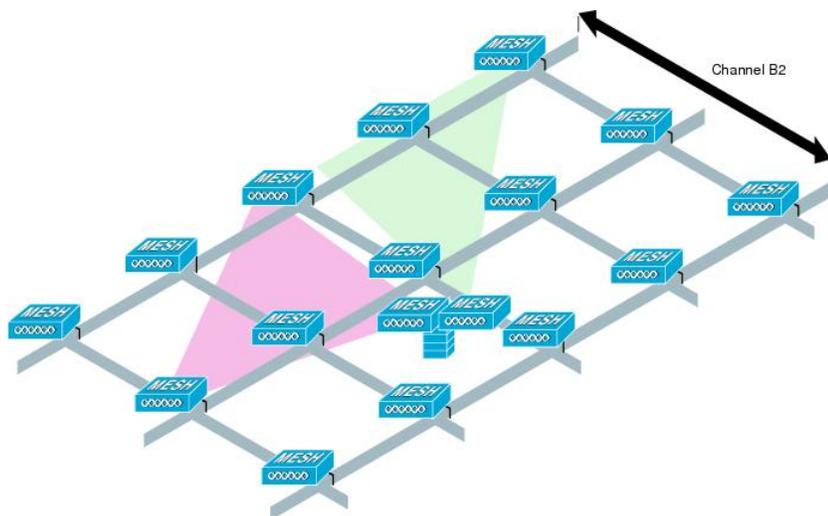


図 18: 別のチャンネルでセルごとに2つのRAP



複数のRAP

複数のRAPが配置される場合は、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 ダイバーシティを提供するために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、同じチャンネルに追加の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32MAPを検討します。

キャパシティを第一に追加するために追加のRAPが配置される場合、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が近隣のRAPと異なるチャネルに配置される必要があります。

チャネル計画やRAPセルスプリットを介して、異なるチャネルに2番目のRAPを追加しても、コリジョンドメインが減ります。チャネル計画では、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全方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、屋外から屋内にカバレッジを持ち込むのに役立ちます。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1260、1600、1700、2600、2700、3500e、3600、および3700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。

