



デザインの考慮事項

この章では、設計上の重要な考慮事項について説明し、ワイヤレス メッシュの設計例を示します。

屋外のワイヤレス メッシュの導入はそれぞれが独自のため、利用できる場所や障害物、利用可能なネットワーク インフラストラクチャに伴い、環境ごとに課題が異なります。主要な設計要件には、想定されるユーザ、トラフィック、および可用性のニーズによって決まる設計基準もあります。この章の内容は、次のとおりです。

- [無線メッシュの制約, 1 ページ](#)
- [ClientLink テクノロジー, 5 ページ](#)
- [コントローラの計画, 9 ページ](#)

無線メッシュの制約

ワイヤレスメッシュネットワークを設計および構築する場合に考慮すべきシステムの特徴は次のとおりです。これらの一部の特徴はバックホールネットワークの設計に適用され、残りの特徴はCAPWAP コントローラ的设计に適用されます。

ワイヤレス バックホール データ レート

バックホールは、アクセス ポイント間でワイヤレス接続のみを作成するために使用されます。バックホール インターフェイスはアクセス ポイントによって、802.11a/n/ac になります。利用可能な RF スペクトラムを効果的に使用するにはレート選択が重要です。また、レートはクライアントデバイスのスループットにも影響を与えることがあり、スループットはベンダーデバイスを評価するために業界出版物で使用される重要なメトリックです。

Dynamic Rate Adaptation (DRA) には、パケット伝送のために最適な伝送レートを推測するプロセスが含まれます。レートを正しく選択することが重要です。レートが高すぎると、パケット伝送が失敗し、通信障害が発生します。レートが低すぎると、利用可能なチャネル帯域幅が使用されず、品質が低下し、深刻なネットワーク輻輳および障害が発生する可能性があります。

データ レートは、RF カバレッジとネットワーク パフォーマンスにも影響を与えます。低データ レート（6 Mbps など）が、高データ レート（1300 Mbps など）よりもアクセス ポイントからの距離を延長できます。結果として、データ レートはセル カバレッジと必要なアクセス ポイントの数に影響を与えます。異なるデータ レートは、ワイヤレス リンクで冗長度の高い信号を送信することにより（これにより、データをノイズから簡単に復元できます）、実現されます。1 Mbps のデータ レートでパケットに対して送信されるシンボル数は、11 Mbps で同じパケットに使用されたシンボル数より多くなります。したがって、低ビット レートでのデータの送信には、高ビット レートでの同じデータの送信よりも時間がかかり、スループットが低下します。

低ビット レートでは、MAP 間の距離を長くすることが可能になりますが、WLAN クライアント カバレッジにギャップが生じる可能性が高く、バックホール ネットワークのキャパシティが低下します。バックホール ネットワークのビット レートを増加させる場合は、より多くの MAP が必要となるか、MAP 間の SNR が低下し、メッシュの信頼性と相互接続性が制限されます。



(注) データ レートは、AP ごとにバックホールで設定できます。これはグローバル コマンドではありません。

各データ レートのバックホールリンクに必要な最小 LinkSNR を [表 1：バックホールのデータ レートと LinkSNR の最小要件](#)、(2 ページ) に示します。

表 1：バックホールのデータ レートと LinkSNR の最小要件

802.11a データ レート (Mbps)	必要な最小 LinkSNR (dB)
54	31
48	29
36	26
24	22
18	18
12	16
9	15
6	14

- LinkSNR の必要最小値は、データ レートと次の公式で決まります：最小 SNR + フェードマージン。

[表 2：802.11n のバックホール データ レートと最小 LinkSNR 要件](#)、(3 ページ) に、データ レート別の計算をまとめています。

- 最小 SNR は、干渉とノイズがなく、システムのパケットエラーレート (PER) が 10% 未満の理想的な状態における値です。
 - 一般的なフェード マージンは約 9 ~ 10 dB です。
- データ レート別の必要最小 LinkSNR の計算

表 2 : 802.11n のバックホール データ レートと最小 LinkSNR 要件

802.11n データ レート (Mbps)	空間ストリーム	必要な最小 LinkSNR (dB)
15	1	9.3
30	1	11.3
45	1	13.3
60	1	17.3
90	1	21.3
120	1	24.3
135	1	26.3
157.5	1	27.3
30	2	12.3
60	2	14.3
90	2	16.3
120	2	20.3
180	2	24.3
240	2	27.3
270	2	29.3
300	2	30.3

- 必要最小 LinkSNR を計算するために MRC の影響を考慮した場合。表 3 : 802.11a/g に必要な LinkSNR の計算, (4 ページ) は、3 本の Rx アンテナ (MRC ゲイン) を使用した AP1552 および 1522 の 802.11a/g (2.4 GHz および 5 GHz) に必要な LinkSNR を示します。

LinkSNR = 最小 SNR - MRC + フェード マージン (9 dB)

表 3: 802.11a/g に必要な LinkSNR の計算

802.11a/g MCS (Mbps)	変調	最小 SNR (dB)	3 RX からの MRC ゲイン (dB)	フェードマージン (dB)	必要リンク SNR (dB)
6	BPSK 1/2	5	4.7	9	9.3
9	BPSK 3/4	6	4.7	9	10.3
12	QPSK 1/2	7	4.7	9	11.3
18	QPSK 3/4	9	4.7	9	13.3
24	16QAM 1/2	13	4.7	9	17.3
36	16QAM 3/4	17	4.7	9	21.3
48	64QAM 2/3	20	4.7	9	24.3
54	64QAM 3/4	22	4.7	9	26.3

表 4: 2.4 および 5 GHz での AP1552 の LinkSNR 要件, (4 ページ) に、802.11n のレートだけを考慮する場合の 2.4 および 5 GHz の AP1552 の LinkSNR 要件を示します。

表 4: 2.4 および 5 GHz での AP1552 の LinkSNR 要件

空間ストリーム数	11n MCS	変調	最小 SNR (dB)	3 RX からの MRC ゲイン (dB)	フェードマージン (dB)	リンク SNR (dB)
1	MCS 0	BPSK 1/2	5	4.7	9	9.3
1	MCS 1	QPSK 1/2	7	4.7	9	11.3
1	MCS 2	QPSK 3/4	9	4.7	9	13.3
1	MCS 3	16QAM 1/2	13	4.7	9	17.3
1	MCS 4	16QAM 3/4	17	4.7	9	21.3
1	MCS 5	64QAM 2/3	20	4.7	9	24.3
1	MCS 6	64QAM 3/4	22	4.7	9	26.3
1	MCS 7	64QAM 5/6	23	4.7	9	27.3
2	MCS 8	BPSK 1/2	5	1.7	9	12.3

空間ストリーム数	11n MCS	変調	最小 SNR (dB)	3 RX からの MRC ゲイン (dB)	フェードマージン (dB)	リンク SNR (dB)
2	MCS 9	QPSK 1/2	7	1.7	9	14.3
2	MCS 10	QPSK 3/4	9	1.7	9	16.3
2	MCS 11	16QAM 1/2	13	1.7	9	20.3
2	MCS 12	16QAM 3/4	17	1.7	9	24.3
2	MCS 13	64QAM 2/3	20	1.7	9	27.3
2	MCS 14	64QAM 3/4	22	1.7	9	29.3
2	MCS 15	64QAM 5/6	23	1.7	9	30.3



(注) 2つの空間ストリームの場合、MRC ゲインは半分になります。つまり、MRC ゲインは3 dB 少なくなります。これは、システムに 10 ログ (3/1 SS) ではなく 10 ログ (3/2 SS) があるためです。3つの受信器で 3 SS がある場合は、MRC ゲインがゼロになります。

- バックホールのホップ数は最大 8 ですが、3 ~ 4 にすることをお勧めします。

ホップ数は 3 か 4 に制限して、主に、十分なバックホール スループットを維持することをお勧めします。これは、各メッシュアクセスポイントはバックホールトラフィックの伝送と受信に同じ無線を使用するためです (つまり、スループットはホップごとに約半分になります)。たとえば、24Mbps の最大スループットは、最初のホップで約 14Mbps、2 番目のホップで 9 Mbps、3 番目のホップで 4 Mbps になります。

- RAP ごとの MAP 数

RAP ごとに設定できる MAP 数について、現在ソフトウェアによる制限はありません。ただし、1 台の RAP につき 20 台の MAP に数を制限することをお勧めします。

- コントローラ数

- モビリティ グループごとのコントローラ数は 72 に制限されます。

- コントローラごとにサポートされるメッシュアクセスポイントの数。

ClientLink テクノロジー

多くのネットワークは、依然として 802.11n クライアントと 802.11ac クライアントの混在をサポートします。802.11a/g クライアント (レガシークライアント) は低データレートで動作するため、

古いクライアントにより、ネットワーク全体のキャパシティが減少することがあります。シスコのClientLinkテクノロジーは、802.11a/gクライアントが、特にセル境界に近い場合に、最適なレートで動作できるようにすることで、クライアントが混在するネットワークにおける802.11nの採用に関連する問題を解決します。

高度な信号処理がWi-Fiチップセットに追加されました。複数の送信アンテナが802.11a/gクライアントの方向に伝送を収束するために使用され、ダウンリンクの信号対ノイズ比と一定のレンジにおけるデータレートが増加するため、カバレッジホールが減少し、システム全体のパフォーマンスが向上します。このテクノロジーは、クライアントから受信された信号を合成する最適な方法を学習し、この情報を使用してパケットを最適な方法でクライアントに送り返します。このテクニックは、MIMO（複数入力複数出力）ビームフォーミング、送信ビームフォーミング、またはコフェーシングとも呼ばれ、高価なアンテナアレイを必要としない、市場で唯一のエンタープライズクラスかつサービスプロバイダークラスのソリューションです。

802.11nシステムは、複数の無線信号を同時に送信することによりマルチパスを利用します。空間ストリームと呼ばれるこれらの各信号は、独自のトランスミッターを使用して独自のアンテナから送信されます。これらのアンテナ間には空間があるため、各信号は受信装置への若干異なるパスに従います（空間ダイバーシティと呼ばれる状況）。レシーバにも、独自の無線を使用する複数のアンテナがあります。各アンテナは受信した信号を独自にデコードし、各信号は他のレシーバの無線からの信号と結合されます。その結果、複数のデータストリームが同時に受信されます。これにより、以前の802.11a/gシステムよりも高いスループットが実現されますが、信号を解読する802.11n対応クライアントが必要になります。したがって、APとクライアントの両方がこの機能をサポートする必要があります。問題が複雑であるため、第1世代のメインストリーム802.11nチップセットでは、APおよびクライアントチップセットで802.11n送信ビームフォーミングが実装されていません。したがって、802.11n標準伝送ビームフォーミングは将来利用可能になりますが、次世代のチップセットが市場に出るまで待つ必要があります。シスコは、この分野の発展をリードしていく所存です。

現行世代の802.11n APについて、2つ目の送信パスが802.11nクライアントでは（空間ダイバーシティを実装するために）よく使用されてきましたが、802.11a/gクライアントでは十分に使用されていなかったことを、シスコは認識していました。つまり、802.11 a/gクライアントに対しては、余分な送信パスの機能の一部がアイドル状態のままでした。また、多くのネットワークでは、設置されている802.11 a/gクライアントベースのパフォーマンスがネットワークの制限要素になることも認識していました。

802.11 a/gクライアントのパフォーマンスレベルを高めることで、このアイドル状態の機能を利用して全体的なネットワークキャパシティを大幅に向上させるために、シスコはClientLinkという伝送ビーム形成テクノロジーにおける技術革新をもたらしました。

ClientLinkは高度な信号処理手法と複数の送信パスを使用して、ダウンリンク方向で802.11a/gクライアントが受信した信号を、フィードバックを必要とせずに、最適化します。特別なフィードバックが必要ないため、Cisco ClientLinkは、既存のすべての802.11a/gクライアントで動作します。

Cisco ClientLinkテクノロジーにより、クライアントが配置された場所でアクセスポイントがSNRを効果的に最適化できるようになります。ClientLinkは、ダウンリンク方向にほぼ4 dBのゲインを提供します。SNRが改善され、再試行回数の減少やデータレートの向上などの多くの利点を提供されます。たとえば、以前に12 Mbpsでパケットを受信できたセルの端にあるクライアントが36 Mbpsでパケットを受信できるようになります。ClientLinkを使用した場合のダウンリンクパ

パフォーマンスの一般的な測定値は、802.11a/g クライアントではスループットが 65% 向上します。Wi-Fi システムがより高いデータ レート、少ない再試行回数で動作できるようにすることで、ClientLink はシステムのキャパシティ全体を拡張します。つまり、スペクトル リソースを効率的に利用できます。

1552 アクセス ポイントの ClientLink は、AP3500 で使用可能な ClientLink 機能をベースにしています。したがって、アクセス ポイントは近接するクライアントに対してビームフォーミングを行い、802.11ACK でビームフォーミング情報を更新できます。したがって、専用アップリンクトラフィックがない場合でも、ClientLink は適切に動作します。これは、TCP および UDP 両方のトラフィックストリームに有用です。Cisco 802.11n アクセス ポイントでこのビーム形成を使用するためにクライアントが通過する必要がある RSSI ウォーターマークはありません。

ClientLink は、同時に 15 のクライアントにビーム形成を行うことができます。したがって、レガシークライアントの数が無線ごとに 15 を超える場合に、ホストは最良の 15 クライアントを選択する必要があります。AP1552 には 2 つの無線があるため、タイム ドメインで最大 30 個のクライアントに対してビームフォーミングを行えます。

ClientLink は、屋内および屋外 802.11n アクセス ポイント用の 11a/g レート (11b ではない) を示す、パケットのレガシー OFDM 部分に適用されますが、屋内 11n 用の ClientLink と屋外 11n 用の ClientLink には 1 つの違いがあります。屋内 11n アクセス ポイントの場合、SW は影響を受けるレートを 24、36、48、54 Mbps に制限します。これは、屋内環境でクライアントが離れた AP に固定されるのを回避するために行われます。また、スループットゲインが非常に小さいため、SW によって ClientLink が 11n クライアント用のレートで動作できなくなります。ただし、純粋なレガシークライアントに対しては明らかなゲインがあります。屋外 11n アクセス ポイントの場合、カバレッジを拡張する必要があります。そのため、24 Mbps 未満のレガシー データ レートがさらに 3 つ追加されました。屋外用の ClientLink は 6、9、12、18、24、36、48、54 Mbps のレガシー データ レートに適用されます。



(注) ClientLink はデフォルトで有効になっています。

ClientLink の設定 (CLI)

7.2 リリース以降から、コントローラ GUI を使用して ClientLink (ビーム形成) を設定することはできません。

ステップ 1 次のコマンドを入力して、802.11a または 802.11b/g ネットワークを無効にします。
config {802.11a | 802.11b} disable network

ステップ 2 次のコマンドを入力して、802.11a または 802.11g ネットワーク上でビーム形成をグローバルにイネーブルまたはディセーブルにします。
config {802.11a | 802.11b} beamforming global {enable | disable}
デフォルト値は [disabled] です。

(注) ネットワーク上でビーム形成をイネーブルにすると、そのネットワーク タイプに該当するすべての無線で自動的に有効になります。

ステップ 3 次のコマンドを入力して、グローバル設定をオーバーライドして、特定のアクセスポイントのビーム形成をイネーブルまたはディセーブルにします。

```
config {802.11a | 802.11b} beamforming apCisco_AP {enable | disable}
```

デフォルトの値は、ネットワーク上でビーム形成が無効である場合はディセーブル、ネットワーク上でビーム形成が有効である場合はイネーブルになります。

ステップ 4 次のコマンドを入力して、ネットワークを再び有効にします。

```
config {802.11a | 802.11b} enable network
```

ステップ 5 次のコマンドを入力して、変更を保存します。

```
save config
```

ステップ 6 次のコマンドを入力して、ネットワークのビーム形成ステータスを表示します。

```
show {802.11a | 802.11b}
```

以下に類似した情報が表示されます。

```
802.11a Network..... Enabled
11nSupport..... Enabled
802.11a Low Band..... Enabled
802.11a Mid Band..... Enabled
802.11a High Band..... Enabled
...
Pico-Cell-V2 Status..... Disabled
TI Threshold..... -50
Legacy Tx Beamforming setting..... Enabled
```

ステップ 7 次のコマンドを入力して、特定のアクセスポイントのビーム形成ステータスを表示します。

```
show ap config {802.11a | 802.11b} Cisco_AP
```

以下に類似した情報が表示されます。

```
Cisco AP Identifier..... 14
Cisco AP Name..... 1250-1
Country code..... US - United States
Regulatory Domain allowed by Country..... 802.11bg:-A      802.11a:-A
...
Phy OFDM parameters
Configuration ..... AUTOMATIC
Current Channel ..... 149
Extension Channel ..... NONE
Channel Width..... 20 Mhz
Allowed Channel List..... 36,40,44,48,52,56,60,64,100,
..... 104,108,112,116,132,136,140,
..... 149,153,157,161,165
TI Threshold ..... -50
Legacy Tx Beamforming Configuration ..... CUSTOMIZED
Legacy Tx Beamforming ..... ENABLED
```


ClientLink に関連するコマンド

ClientLink に関連するコマンドは次のとおりです。

- 次のコマンドを AP コンソールで入力します。
 - AP のビーム形成のステータスを確認するには、**show controller d0/d1** コマンドを入力します。
 - AP rbf テーブルでクライアントを見つけるには、**show interface dot110** コマンドを入力します。
 - AP に割り当てられたビーム形成レートを確認するには、**debug d0 trace print rates** コマンドを入力します。

- トラブルシューティングを行うには、AP コンソールで次のコマンドを使用します。

- 無線で ClientLink が有効であることを示すには、**show controllers | inc Beam** コマンドを入力します。

次のような出力が表示されます。

```
Legacy Beamforming: Configured Yes, Active Yes, RSSI Threshold -50 dBm
Legacy Beamforming: Configured Yes, Active Yes, RSSI Threshold -60 dBm
```

- ClientLink が特定のクライアントにビーム形成を行っていることを表示するには、**show interface dot11radio 1 lbf rbf** コマンドを入力します。

次のような出力が表示されます。

```
RBF Table:
Index      Client MAC      Reserved      Valid      Tx BF      Aging
1          0040.96BA.45A0  Yes           Yes        Yes        No
```

コントローラの計画

次の項目は、メッシュ ネットワークに必要なコントローラの数に影響します。

- ネットワーク内のメッシュ アクセス ポイント (RAP および MAP)。

RAP とコントローラを接続する有線ネットワークは、そのネットワーク内でサポートされるアクセスポイントの総数に影響を与えることがあります。このネットワークによって、コントローラが、WLAN のパフォーマンスに影響なく、すべてのアクセスポイントから利用できるようになっている場合、アクセスポイントはすべてのコントローラにわたって最大の効率で等しく分散できます。これに当てはまらない場合で、コントローラがさまざまなクラスタまたは PoP にグループ化されるとき、アクセスポイントの総数とカバレッジは減少します。

- コントローラごとにサポートされるメッシュアクセスポイント（RAPおよびMAP）の数。
表 5：コントローラモデル別にサポートされるメッシュアクセスポイント、（10 ページ）を参照してください。

本書では、わかりやすくするために非メッシュアクセスポイントを、ローカルアクセスポイントと呼びます。

表 5：コントローラモデル別にサポートされるメッシュアクセスポイント

コントローラ モデル	ローカル AP サポート（非メッシュ） ¹	最大メッシュ AP サポート
5508 ²	500	500
2504 ³	50	50
WiSM2	500	500

¹ ローカル AP サポートは、コントローラモデルでサポートされている非メッシュ AP の総数です。

² 5508 コントローラの場合、MAP の数は（ローカル AP サポート - RAP 数）になります。

³ 2504 コントローラの場合、MAP の数は（ローカル AP サポート - RAP 数）になります。



(注) メッシュは、Cisco 5508 コントローラで完全にサポートされています。屋内および屋外 AP（AP152X）には基本ライセンス（LIC-CT508-Base）で十分です。WPlus ライセンス（LIC-WPLUS-SW）は、基本ライセンスに含まれます。屋内メッシュ AP には WPlus ライセンスは必要ありません。