

ホームスマートスピーカー WiFiルーターのパフォーマンス解析

概要

今日の家やその周辺で使用される機器のネットワーク接続が進むにつれ、その接続性に対する要求が高まっています。特に、障害物が通信リンクを遮断するように移動するような環境でさまざまな接続をすべて維持するには、信号パスを操舵して接続性を高めるビームフォーミング機能をネットワーク機器に持たせることが有益です。この事例では、ホームネットワーク用のWi-Fiスマートスピーカーについて、複数の周波数で動作するアレイアンテナの異なる組み合わせを、どのようなビーム操舵パターンを使用し、最適な信号パスを維持するかを探っています。

対象とするMU-MIMO WiFiルーターには、ほとんどの802.11a/b/g/n/acデバイスで一般的な2.4GHzおよび5GHz帯のアレイを使用し、802.11ax帯の6GHzでのカバレッジについても探ります。

モデルとシミュレーション

ここで取り上げた一般的なWiFiルーターの例では、円形に配置された4基の5GHzアンテナと2基のデュアルバンド2.4/6GHzアンテナの組み合わせを使用します。アンテナはスマートスピーカーのケースに収められており、いくつかのコンポーネントパーツに簡略化された他の回路基板とスピーカーパーツも含まれています。モデルの3次元透過図を図1に示します。高さは約100mm、半径は50mmです。図2では、内部のアンテナアレイを示しています。

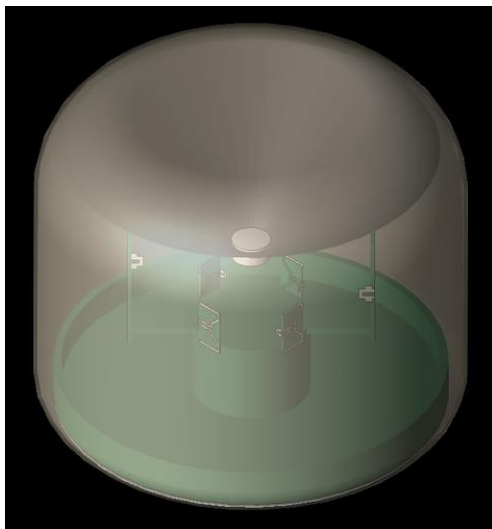


図1：解析対象の3次元ビュー

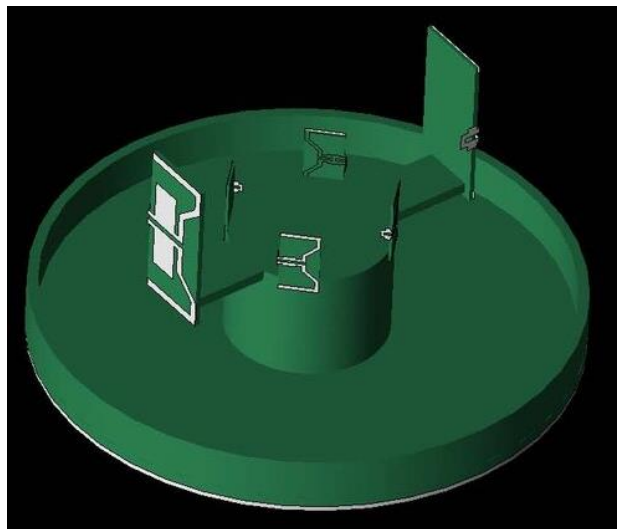


図2：各アンテナの実装位置

2.4/6 GHzデュアルバンドアンテナ2基と5 GHzアンテナ4基が実装されている。

5 GHzに調整された4基の平面ダイポールアンテナ（図3参照）は、半径30mmの円形に配列されています。さらに、2.4GHzと6GHzのデュアルバンドで使用するよう調整された2基のアンテナが、妨害・干渉を減らすため5 GHzアレイの中心軸から45度回転して配置されています。2基のアンテナは60.5mm離れています。この2基の2.4 / 6 GHzアンテナのリターンロス、それぞれのバンドで-15dB以下であることが図4に示されています。同様に、5 GHzアンテナのそれぞれのリターンロスを図5に示しますが、これも5GHzで-15dB以下です。

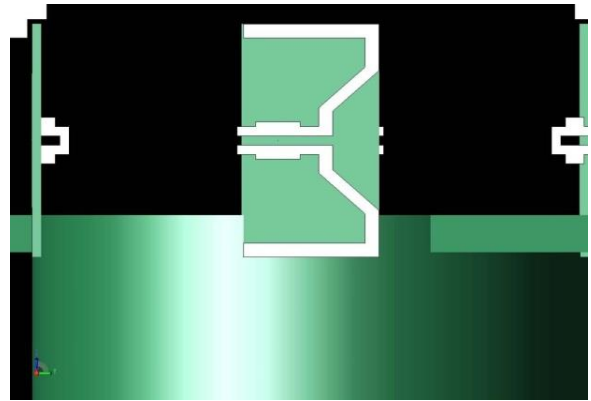


図3：5 GHzアンテナ拡大図

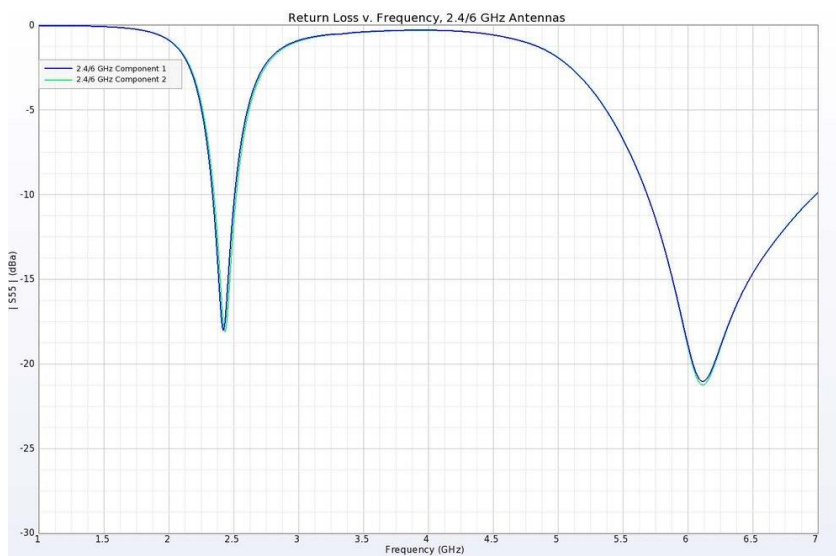


図4：
 2.4/6 GHzデュアルバンドアンテナのリターンロス
 使用周波数帯で-15 dB以下の値を示している。

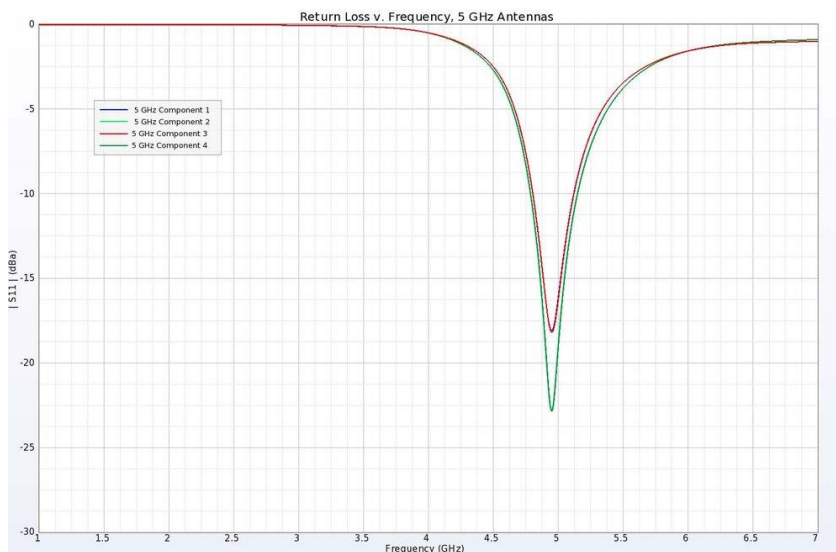


図5：
 5 GHzアンテナのリターンロス
 使用周波数帯で-15 dB以下の値を示している。

自由空間では、各アンテナはダイポールアンテナの典型的な球形のアンテナ放射パターンを作ります。ただし、回路基板やその他の部品がアンテナの近傍にあるWiFiルーター内部の環境では、放射パターンは大幅に変化します。2.4 GHzアンテナ1基の放射パターンを図6に示します。ここでは、アンテナの長いエレメントから放射する2方向のメインローブがあります。2基のアンテナをそれぞれ独立して動作させた放射パターンを図7に示します。ここでは、4方向のローブが表示されています。5 GHzアンテナ1基の放射パターンは、図8に示すように、アンテナ面から外を向く単一ローブです。アレイとなる4基のアンテナは、図9に示すように、デバイス周囲にそれぞれ4方向の独立したローブを生成しています。

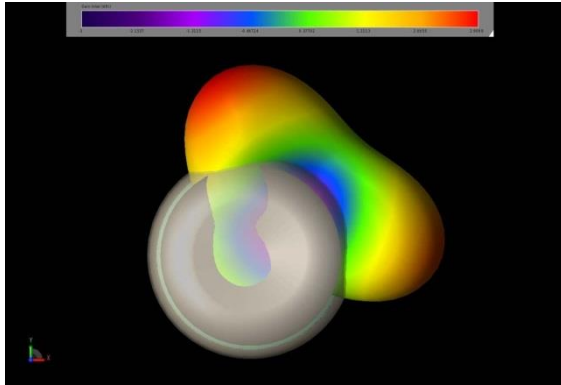


図6：2.4 GHzアンテナ1基の放射パターン上面図
 水平面に集束した2つのローブがある。

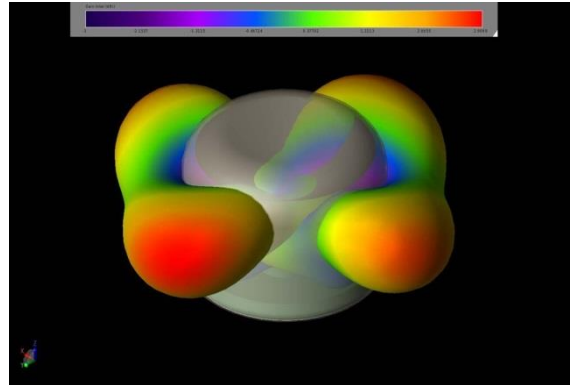


図7：2.4 GHzアンテナ2基の個別の放射パターン

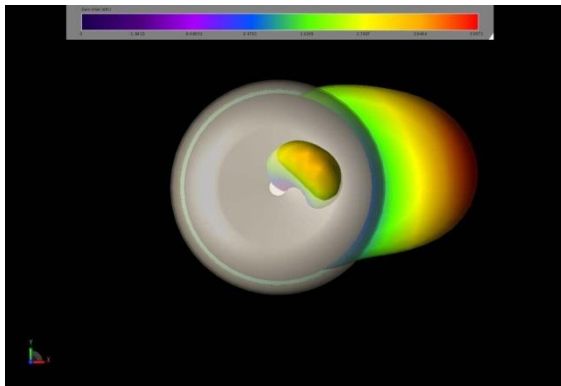


図8：5 GHz アンテナ1基の放射パターン上面図
 単一方向のビームが放射されている。

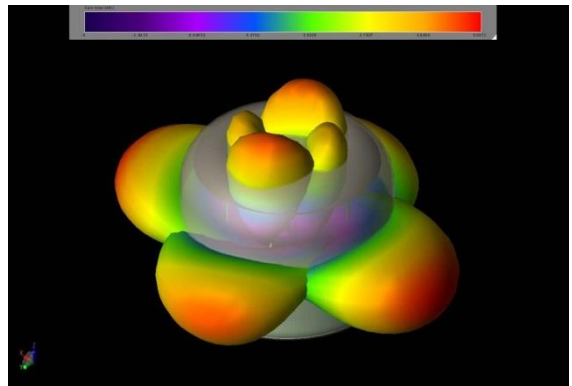


図9：5 GHzアレイの4基のアンテナ個別の放射パターン

XFDTDのアレイ最適化機能を使用することで、アレイのパフォーマンスを決定して可能な限りのカバレッジを見つけることができます。このWiFiルーターの使用目的では、デバイスを囲む水平面で良好なカバレッジを確保することであり、次の解析では、その平面での最適化に焦点を当てます。2基のアンテナからなる2.4GHzアレイの場合、水平面で可能な最大カバレッジ（最大実効輻射電力=EIRP）が図10に示され、デバイスの周囲を円形に囲んでいることがわかります。水平面内のパターンを2次元プロット（図11）が示すとおり、デバイスを囲む360度全体にわたって均一なゲインが得られています。5GHzでは、4基のアンテナをすべて使用することも、あるいは2基または3基の異なるグループで使用することも可能です。

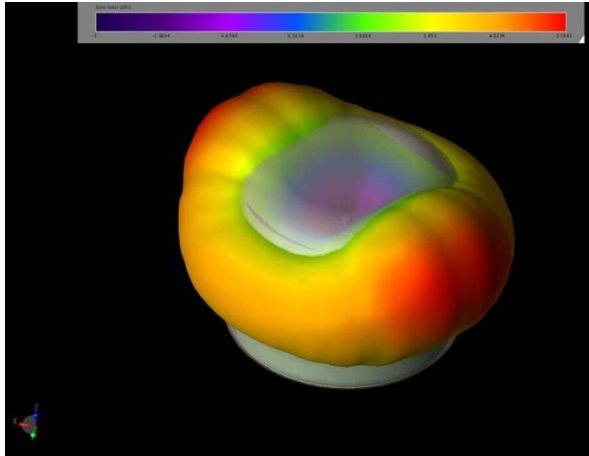


図10：2.4 GHzアレイの水平面における最大EIRPパターン
WiFiルーターの周囲をほぼ均等にカバーしていることを示している。

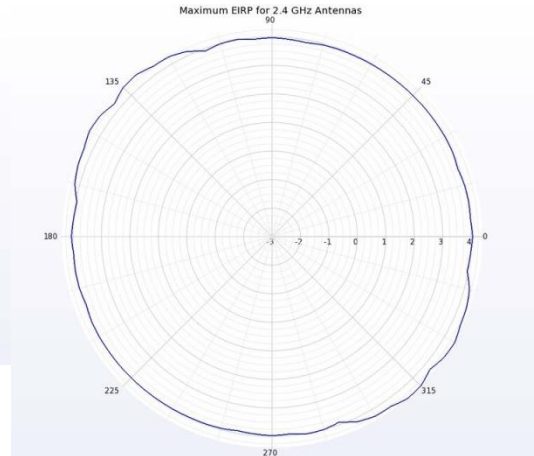


図11：水平面での最大 EIRP のプロット
全方向で約 4 dBi の利得を示している。

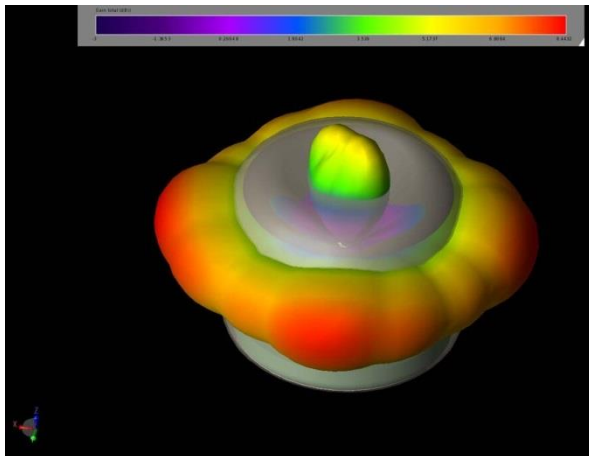


図12：5 GHzアレイの水平面における最大EIRPパターン

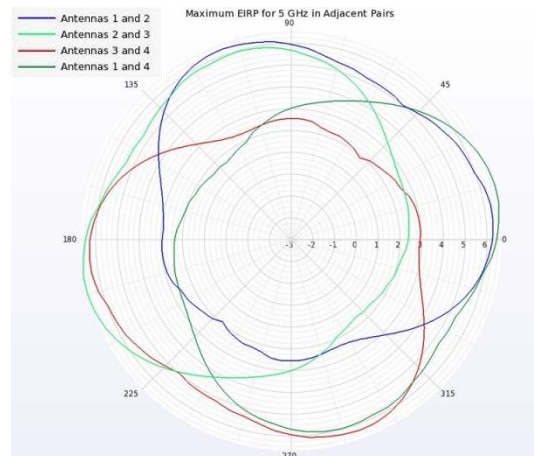


図13：4基の5 GHzアンテナのうち隣接する2基をアレイとした場合の最大EIRPプロット
各ペアのアレイは、デバイス周囲領域の 4 分の 1 を良好にカバーしている。

図12は、5 GHzの4基のアンテナがアレイとして機能する場合の最大EIRPを示しており、放射パターンはルーターの水平面を囲む360度全体をカバーしています。図13の2次元プロットでは、4基の5 GHzアンテナのうち隣接する2基をペアとしてアレイ使用した場合（4ケースの組み合わせ）の最大EIRPを示しており、これらは、デバイス周囲の約90度の領域をカバーするより集束したビームを生成することが示されています。

ペアで使用した4ケースのうちの1つの放射パターンを図14に示します。これは、XY平面で約105度を向いたかなり狭いビームを示しています。6 GHzでの最大EIRPパターン（図15）は、水平面から高く傾斜していますが、図16に示すように、ルーターの水平面の周りのすべての角度で十分な利得が得られています。

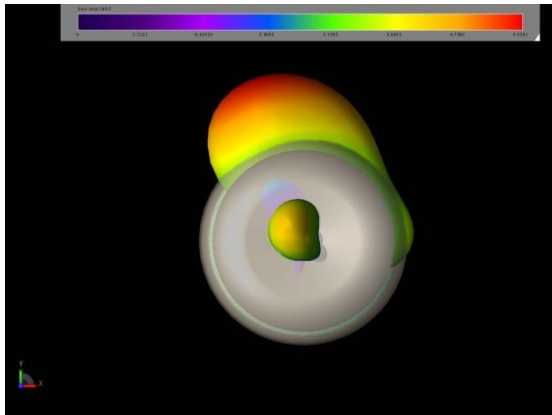


図14：2基の5 GHzアンテナをアレイとした場合のビームパターン

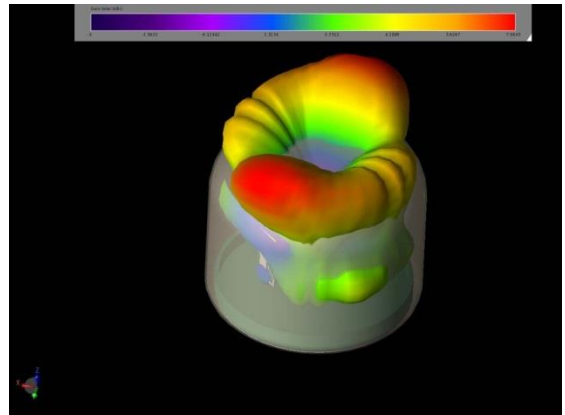


図15：6 GHzアレイの最大 EIRP パターン
水平軸よりも上に傾いたビームを示しているが、デバイスの周囲では正の利得が得られている。

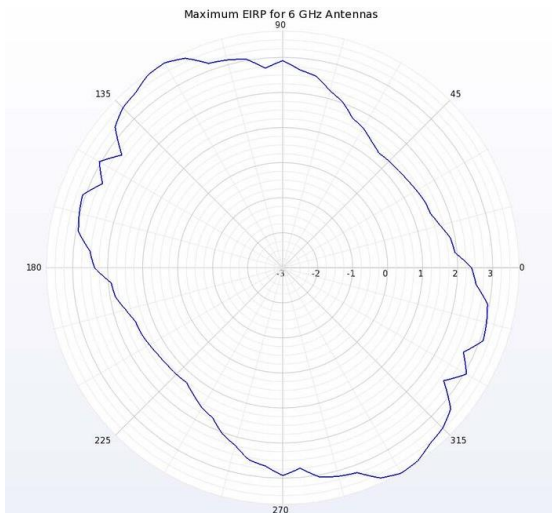


図16：2基のアンテナによる6 GHzアレイの水平面における最大 EIRP プロット
水平面で1~3 dBiの利得が得られている。

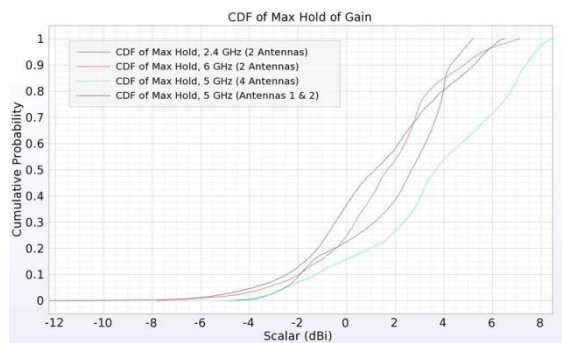


図17：4種類のアレイ構成におけるEIRPのCDF

EIRP の累積分布関数 (CDF) を作成することで、デバイスを取り囲む完全な 3 次元球の最大カバレッジを計算することができます。

* 累積分布関数 (CDF) を実効輻射電力(EIRP) の関数として表す。EIRPはアンテナがある方向に放射できる電力の尺度を与える。この関係を用いればアンテナの放射パターンの0dBi 以上の強度を持つ部分の表面積を計算することができます。

図17のEIRPのCDFプロットでは、2.4 GHzアレイ要素のすべての可能な位相関係について78% 近くの方で正の利得が可能であることを示しています。5 GHzでは、2つの隣接するアンテナの組み合わせでは60%強のカバレッジのCDFプロットとなっていますが、4つのアンテナすべてを使用した場合には、83%の方向が正の利得が得られています。最後に、2つの6 GHzアンテナでは、約75%の方向で正の利得を得られる可能性があります。

結論

XFDTDを使用した本解析では、対象となったホームスマートスピーカーWiFiルーターが、移動するターゲットを追跡し、動的な環境でより有効なパスを見つけることが可能となるビームを使用して、全範囲にわたって良好な利得を得られることが示されています。

[全ての事例はこちら](#)
[お問い合わせ等はこちら \(製品HP\)](#)