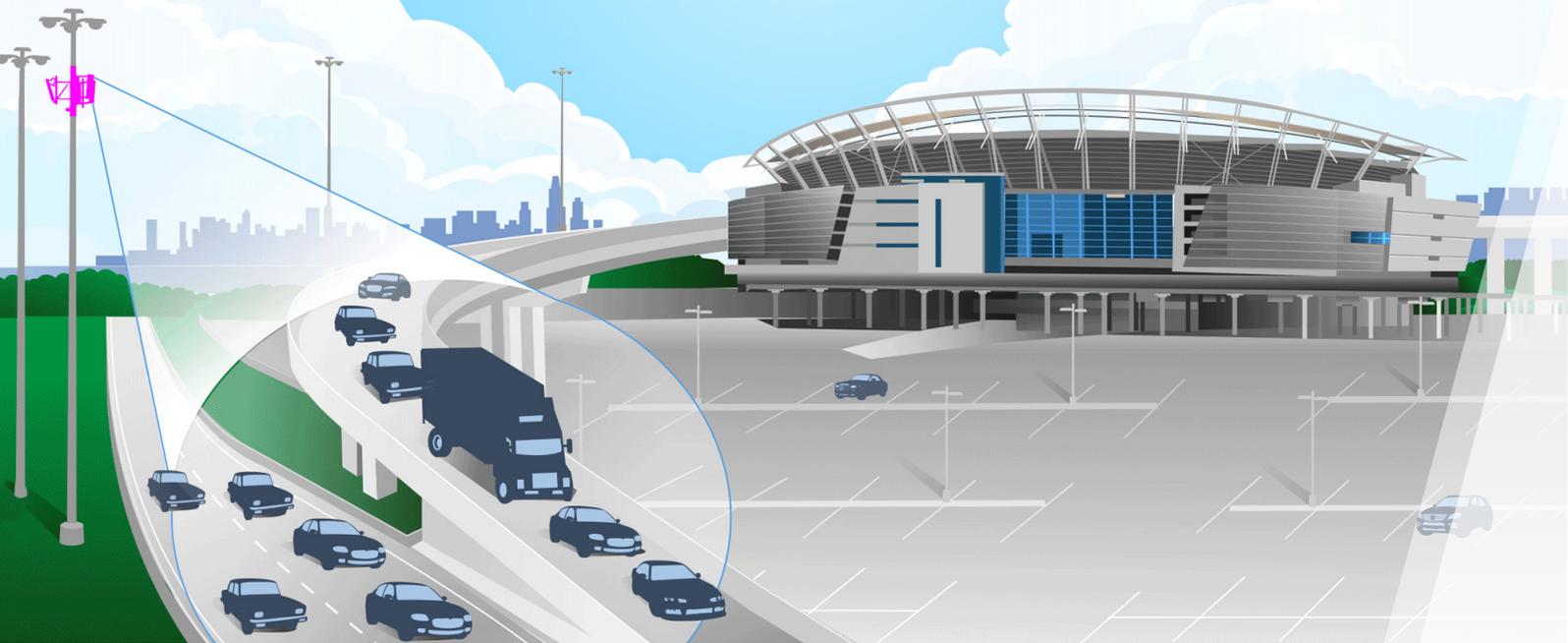


# 5G Antenna Technology for Smart Products

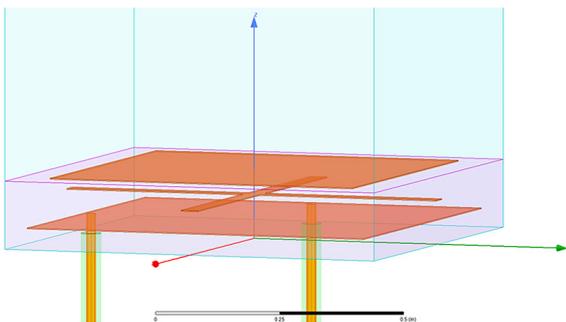
スマート製品に対応する 5G アンテナ技術



**Eric Black**  
(米国 カーランド、  
Pivotal Commware, CTO)

スマートコネクテッド製品が劇的に増加したことで、通信帯域幅を急激に増やす必要が生じていますが、利用可能な無線周波数スペクトルの拡大は必要なベースに追いついていません。こうした問題を解決できるのが第5世代のセルラー無線技術（5G）です。その方法の1つとして、ビームフォーミングアンテナを用いて様々な信号を様々なセルラーネットワーク領域に送信することが挙げられます。これにより、複数の同時通信を同じ周波数で同時に行えるようになります。Pivotal Commware 社（以下、Pivotal 社）では、セルラー基地局などの用途に対応する次世代のビームフォーミングアンテナを既存手法の数分の1のコストで設計しています。同社のエンジニアは、ANSYS HFSS を使用して、設計要件をファーストパスまたはセカンドパスで満たすアンテナ設計を開発することで、この競争の激しい業界で新しいアンテナを市場に投入するのにかかる時間を大幅に短縮しています。

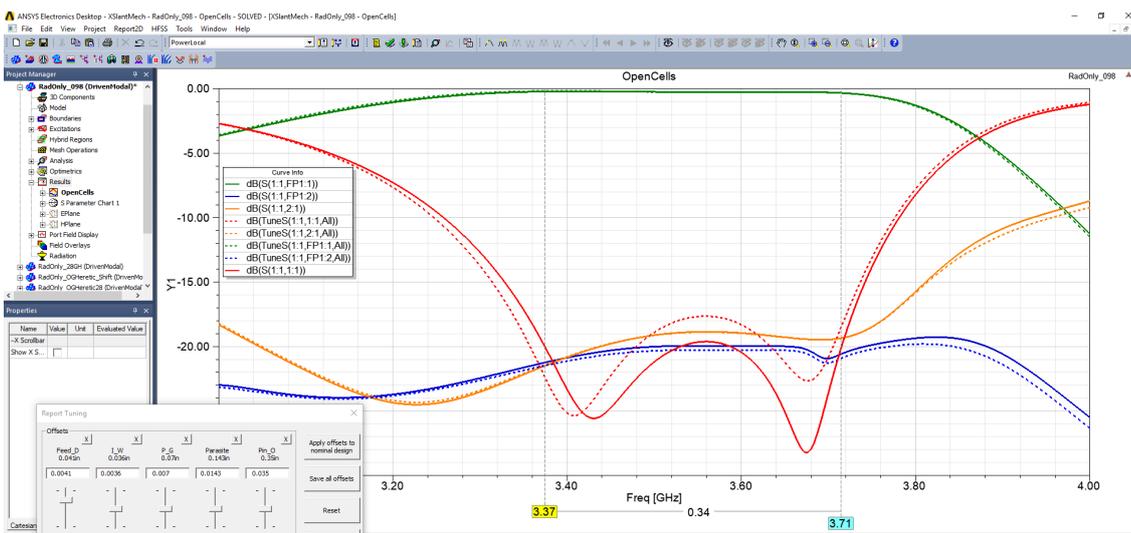
従来の 3G および 4G LTE セルラー技術では、ネットワークが対応できる携帯電話ユーザー数を増やすために、周波数帯をより狭いセグメントに、時間をより小さいパルスに分割するプロセスを完成させました。Pivotal 社では、空間細分化への 5G の新たな取り組みに対して、同社のホログラフィックビームフォーミング（HBF）アンテナ技術で対応しています。HBF ビームフォーミングでは、



Floquet解析は、1つのアンテナ素子から無限アレイを生み出す。

既存のビームフォーミングアンテナに使われているフェイズドアレイや多入力多出力 (MIMO : Multiple Input Multiple Output) などの複雑なエレクトロニクスに比べてはるかにシンプルで低価格の電子部品であるバラクタを利用しています。

コスト、サイズ、重量、電力 (C-SWaP) は、通信システムの設計における重要な課題です。1ヵ月かけて試作品を作成し、不具合を特定し、新しい設計を開発するといった従来の手法では、製品のリリーススケジュールを守ることは不可能と思われます。その代わりに、Pivotal社のエンジニアは、ANSYS スタートアッププログラムを通じて入手した ANSYS



**Analytical Derivatives**機能により、追加のシミュレーションを実行することなく、微調整を行えるようになる。

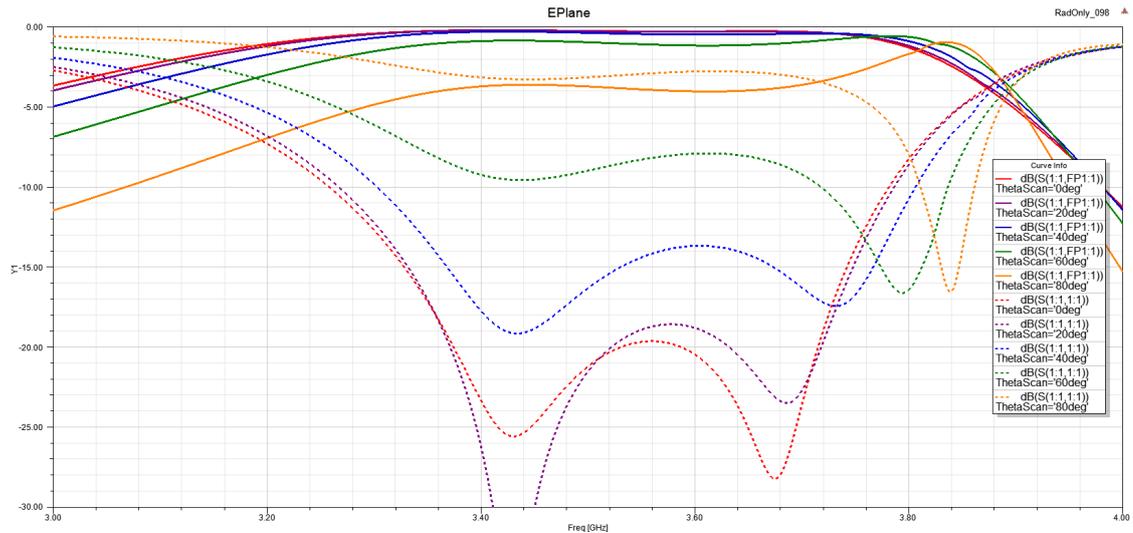
HFSS を使用して、同社の 5G アンテナのすべての重要な部品 (変換器、給電回路、カップラー、RF/DC ブロック、伝送線路、放射素子など) を設計しています。ANSYS のシミュレーションツールにより、Pivotal 社のホログラフィックビームフォーミング技術は C-SwaP の課題を克服できました。エンジニアは、シミュレーションを利用することで、開発プロセスの早期に信頼性の高い設計を実現し、従来の設計手法で必要とされていた、試作の繰り返しを回避しています。

## 5G 性能の鍵を握るビームフォーミング

4G LTE のセルラー技術は理論上、時間分割多重化および周波数分割多重化の限界に達しています。このため、エンジニアは、ソフトウェア駆動型の高指向性アンテナを使用して物理的な空間をスライスすることを検討しています。これにより、セルラーネットワーク内の様々な場所にいる携帯電話ユーザーが同じ周波数を同時に使用できるようになります。この分野をリードする技術が MIMO です。この技術では、各アンテナの様々な素子を励振する多くの送信機と受信機を使用してデータストリームを送信します。これらのデータストリームは、異なる経路を辿るものの後に結合できます。しかし、各素子の背後にあるシステムと無線機を調整するために複雑で高価なベースバンドユニット (BBU) が必要になるため、コストと電力消費が増大します。

一方、ホログラフィックビームフォーミングでは、アンテナ素子 1 つにつき 1 つのバラクタ (静電容量が DC バイアスに依存する可変コンデンサ) を用いることで、複数の無線機や複雑な BBU を使用することなく、セル内の必要な場所に無線容量を供給します。

**「コスト、サイズ、重量、電力 (C-SWaP) は、通信システムの設計における重要な課題です。」**



パラメトリック解析では、ロールオフをアンテナの中心線からの角度の関数とみなす。

この技術がホログラフィックと呼ばれる理由は、ホログラムが光波を制御して3次元画像を生成するのと同様に、アンテナにおけるバラクタのバイアス状態パターンが高周波を制御するからです。バラクタのDCバイアスを変化させると、各素子で参照波に対するインピーダンスが変化して、アレイの放射パターンが変わり、セルラーネットワーク内の一群のまたは1人の携帯電話ユーザーにビームが向かうこととなります。ホログラフィックビームフォーミングアンテナの構成に使われるすべての部品は、大量生産で低価格の既製品であるため、MIMOやフェイズドアレイに比べてコストを大幅に削減することができます。

### 設計上の課題がある放射素子

Pivotal社のエンジニアは、ANSYS HFSSを使用して、HBFアンテナのすべてのマイクロ波部品をモデリングしています。特に重要なのが、アンテナの放射パターンを生成する受動素子である放射素子です。この放射素子には、特殊な設計上の課題があります。というのも、放射素子は波長の5分の1よりも小さいコンパクトな形状の中で広範囲の周波数に渡って高い効率を発揮しなければならないからです。

一例として、偏波共用の放射素子が、側壁上のマスター/スレーブ境界、理想的な接地面 ( $z=0$ ) を貫通する2本の同軸給電線、上部境界上のFloquetポートでモデリングされます。この放射素子は、交差偏波パッチ、誘導性グリッド、さらに上部の寄生パッチから成ります。各アンテナアレイは、数千個の同じ素子で構成されており、これらの素子をそれぞれモデリングしようとする、手間がかかり、長い計算時間が必要になります。このため、Pivotal社のエンジニアは、 $+z$  壁上に2つのモードを持つHFSS Floquetポートを使用して、各素子がそれぞれの側壁で結合された無限平面周期構造をモデリングしています。アンテナの伝搬特性は、素子の周波数、フェージング、形状で設定されます。この手法により、エンジニアは1つの素子を調整

してモデル全体を修正することが可能となり、従来のモデルの解析に要する時間の数分の1で新しい設計案のSパラメータを計算できるようになるため、設計を迅速に繰り返すことができます。

エンジニアは、モデルの重要な設計変数をすべてパラメータ化しています。このため、HFSSのアドオンであるANSYS OptimetricsのAnalytical Derivatives機能を使用し、調整可能な任意の設計パラメータを変更することで、モデルを再び解析することなく結果プロットを即座に更新できます。たとえば、エンジニアがAnalytical Derivatives機能を用いて、要素の厚さを1mm変えたとしても、

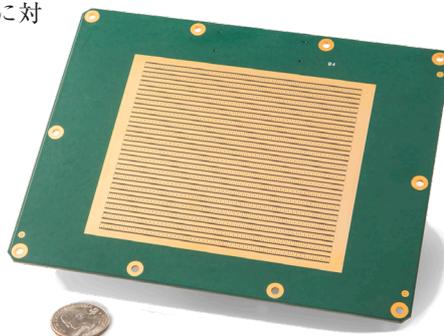
「Pivotal社では、空間を細分化するという5Gの新たな取り組みに対して、ホログラフィックビームフォーミング技術をベースにしたアンテナで対応しています。」

すると、新しい破線曲線が放射効率プロットに表示されるため、このプロットと元のプロットを比較して変更の影響を簡単に確認することができます。放射効率の他にも、Analytical Derivatives シミュレーションを利用することで、各設計変数について他の S パラメータ、遠方界、Analytical Derivatives 機能による一次微分偏移を 1 回のシミュレーションで求めることができます。偏微分の大きさは、シミュレーションの周波数範囲に渡る各設計変数の変化に対する S パラメータの感度を示します。

### パラメトリックスイープを実行してロールオフを調査

また、エンジニアは、パラメトリックスイープを行って、アンテナ性能のロールオフと、アンテナのブロードサイドからのビーム方向のずれとの関係を調査しています。多くの場合、エンジニアは放射効率を 10 度間隔のビームフォーミング方向に対する周波数の関数としてプロットします。一般に、こうしたプロットは、中心線から 0 ~ 20 度の角度で放射効率が完璧に近くなり、その後アンテナの方向が中心線からずれるに従って放射効率が低下していくことを示しますが、ホログラフィックビームフォーミングアンテナは、方向が中心線から 90 度ずれても妥当な性能を発揮することができます。

これまで、アンテナ設計エンジニアは、近似に頼った初期設計を手計算で作成してから、一連の試作品を製作してテストし、設計を徐々に改善していくという方法をとっていました。Pivotal 社のエンジニアは ANSYS HFSS を導入し、Floquet ポートを使用して周期モデルを作成することによって、設計の迅速化を図るとともに、Analytical Derivatives ツールを用いて、このモデルを短時間で解析し、性能を適切に調整することができます。さらに、パラメトリック解析を実行して、最適化後の設計を微調整し検証することもできます。同社のエンジニアは、この手法を利用したことで、1つの設計案にかかる期間を 1 ヶ月から数分に短縮し、タイトな納期内に困難な設計目標を達成しつつ、セルラープロバイダーおよびその他の業界の携帯電話ユーザーの厳しい要求に応えることができました。▲



セルラー基地局に対応する 28GHz アンテナ

## Go Digital with ANSYS Advantage

Our online issues contain valuable information including videos and animations.

Subscribe today!  
[ansys.com/magazine](https://www.ansys.com/magazine)



Don't miss an issue of ANSYS Advantage

