

進化する防衛アプリケーションを支える次世代センシングシステム

ピーター・フレッチ

米ロッキード・マーティン社(Lockheed Martin)は米アヤール・ラボ社(Ayar Labs)と提携し、従来の電氣的インターコネクト(電気通信)に代わる光I/Oソリューションを開発した。

競合に勝つための鍵とは、差別化できる強みを見つけて活かすことだ。

とはいえ、言うは易く行うは難しである。というのは、戦場、兵器、それらを支える機器といったあらゆる分野は絶え間ない進化を続けているからである。今日の戦場は、歴史的な戦場というよりも、急速に進展する高解像度のビデオゲームに似た点が多い。つまり、戦争はデジタル化していると言える。データ駆動型のデジタル空間が社

会に広がり続けるに伴い、この傾向はますます強まるだろう。

デジタル社会では、あらゆる種類のデータをいかに迅速に収集し、分析し、利用できるかが、結果に大きな違いを生み出すものだ。ロッキード・マーティン社のアドバンスド・テクノロジー・ラボラトリーズのシニア・リサーチ・エンジニア兼プログラム・マネージャーであるマイケル・ホフ氏(Michael Hoff)は、次のように述べる。「現代と未来の戦

場では、適切な判断を迅速に下せることが大きな差別化要因になる。従って、プラットフォームの処理と機能を用いて遅延時間を最小限に抑えることで、いつものOODA(Observe[観察]、Orient[状況判断]、Decide[意思決定]、Act[行動])ループをますます早く回せるようになる。

今日の機器は、航空機の誘導、飛行経路図の作成、通信管理など、一連のシステム(レーダ、テレコムなど)に依



図1 ダイナミックで多様な戦闘空間においてリアルタイムの意思決定と行動を調整、分散するには、プラットフォーム間で大量のデータが収集、処理、通信される。このため、各プラットフォームは、前例のない電磁波スペクトルにアクセスする必要がある。さらに、プラットフォーム内では、大量のスペクトルデータセットを取得、処理、転送できる対応力も要求される

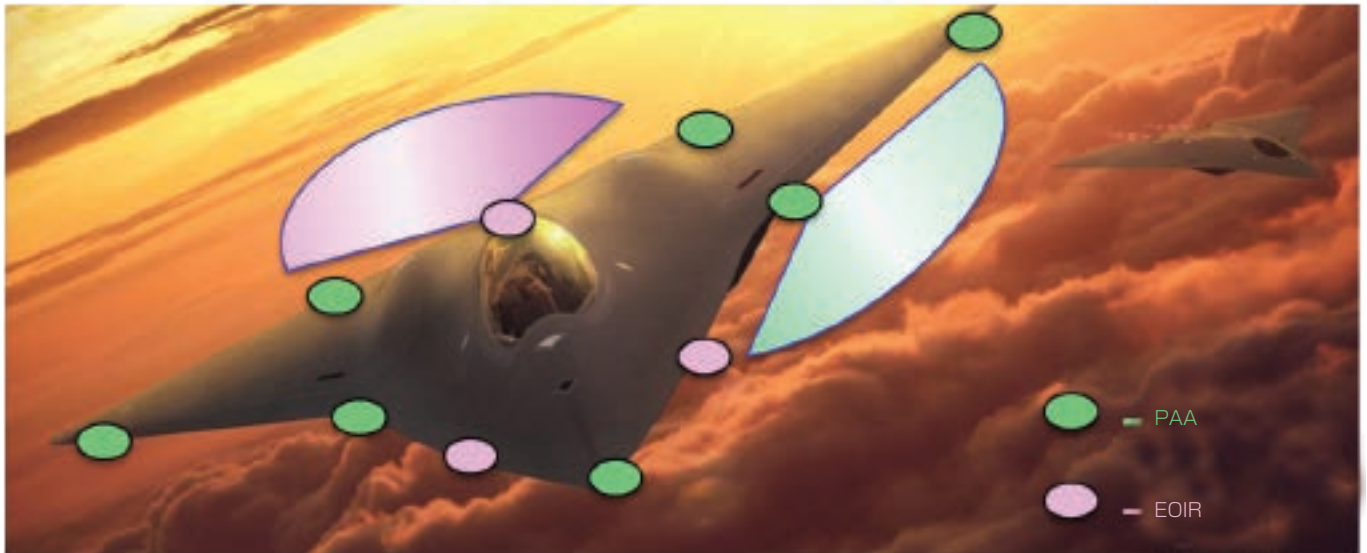
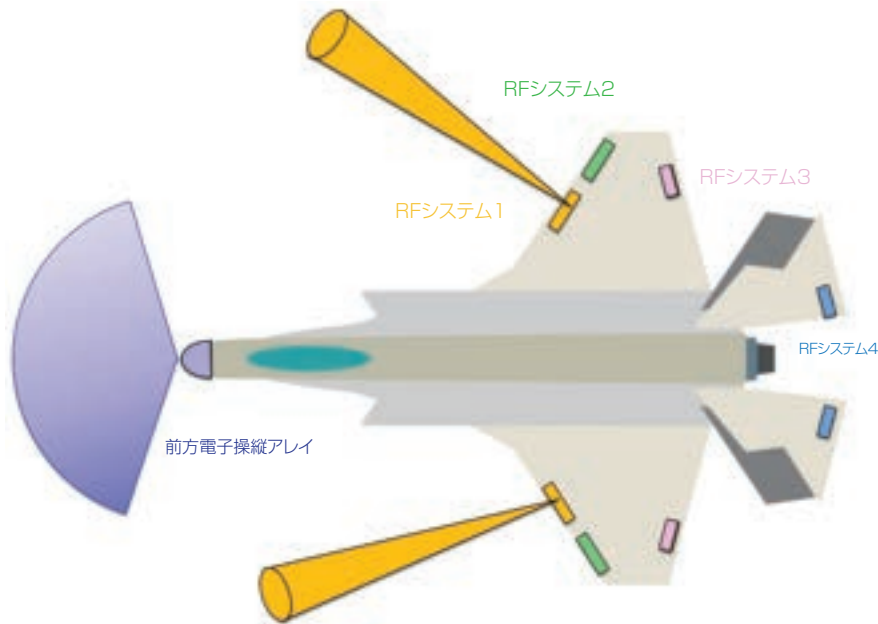


図2 専用無線周波数(RF)センサ群の模式図(a)。各センサの位置が1つのRFシステムのみに対応し、このシステムのアップストリーム処理用と意思決定用のハードウェアにのみ接続されている。また、すべてのフェーズドアレイ・アンテナ(PAA)と電気光学/赤外線(EOIR)開口部を、プラットフォームの関連するミッションシステムのいずれかに動的に再配分できる、統合型の開口部センサ群も示されている(b)。急速に変化する戦闘空間では、このセンサ群を用いて、リソースを最大限に活用し、ミッションを遂行する

存している(図1)。現在、こういった用途を推進しているコア技術は、通信とセンシングのために指向性の強いビームを生成する。もちろん、さらに忠実性の高い用途には、タイムリーかつ実用的に洞察するために、多機能センサと、膨大な量のデータを処理ユニット間で迅速にやり取りする技術が要求される。迅速性を維持するためには、

従来の電氣的インターコネクトの仕組みを超えることが必要である。あらゆる種類の防衛プラットフォームでは、効率を最大化し、遅延時間を最小化しながら、膨大化するデータを伝送・処理することが求められている。

「将来の戦場での需要に対応する次世代、さらにはその次の世代のプラットフォームのコンセプトを考えると、

必要とするデータ量の増加のペースは減速しそうにない」と、ホフ氏は言う。「戦場では、データの複雑さと量が増大するほど、さらに迅速な意思決定が不可欠になる。アヤール・ラボ社の高度な光I/Oソリューションを活用した新しいセンサ・プラットフォームは、スペクトル情報の取得、デジタル化、伝送、処理を行う国防総省のアプリケー

ション全体で重要だ」。

ロッキード・マーティン社はアヤール・ラボ社と提携してマルチチップパッケージ(MCP)ソリューションを開発し、高密度、高効率の光I/Oチップレットを無線周波数(RF)処理デバイスと同じマイクロエレクトロニクスパッケージに搭載している。アヤール・ラボ社がTeraPHY光I/OチップレットとSuperNova光源を開発して統合し、プラットフォーム全体でさらに高速で高効率な、かつ信頼性の高いデータ転送を実現した。この技術は、フェイズドアレイ・アパーチャを用いてシステムと人々をつなぎ、さらにスマートで迅速な意思決定を行う次世代アーキテクチャにとって重要である(図2)。

動作原理

アヤール・ラボ社の光I/Oソリューションは、業界標準の大量生産に対応した費用対効果の高いシリコン処理技術を用いて、従来の電気信号のI/Oに代わる高速、高密度、低消費電力の光インターコネクトCMOS「チップレット」及び多波長レーザを開発したものである。「TeraPHYチップレットは、従来の銅線ベースのシステムのボトルネックを解消した、世界初のモノリシック・インパッケージ光I/O(MIPO)チップレットだ。

TeraPHY光I/Oチップレットと『世界初』の多波長光源であるSuperNovaを組み合わせたことで、標準的な電気信号のI/Oの10分の1の電力で最大1000倍の高帯域密度を実現し、ASICがさまざまな距離(ミリ単位から最大2キロメートルまで)で相互に通信できるようになる」と、アヤール・ラボ社CEOのチャーリー・ウイッシュパード氏(Charlie Wuischpard)は述べる。「TeraPHY光I/Oチップレットは、マイクロリングを用いてSuperNovaレー

ザを変調し、電気デジタルデータを光に変換して伝送する。このプロセスは、帯域幅を劇的に拡張し、数百ものデバイスをオンダイ(チップ上)で実現し、画期的な高密度、電力削減、性能向上を可能にする」。

こういった多機能センサシステムでは、再構成可能なアーキテクチャも実現する。ホフ氏は次のように述べる。「従来の設計では、センサとプラットフォームが1対1であったため、再構成が不可能だった。周波数帯域へのアクセスが必要な場合、再構成可能なシステムであれば、その時点で必要なセンサを使用できる。そのためには、高帯域幅のルーティングインターコネクトシステムが必要であり、そこでアヤール・ラボ社の光I/Oソリューションが、大容量のデータ転送において重要になるのだ」。

このような技術は、クラウド/データセンター、通信、HPC/AI、インテリジェントエッジなど、さまざまなアプリケーションに適合する。「当社の技術の基本的な価値は、こういったアプリケーション全体に等しく適用できることだ。はるかに広い帯域幅で、かつ、非常に低い遅延時間と電力で、マイクロチップ間のデータ転送が可能になる」と、ウイッシュパード氏は言う。軍事的な観点からは、光I/O対応ソリューションの応用として、人工衛星の地対空通信、フェーズドアレイ・レーダと通信システム、無人航空機システム、相互接続された衛星間の通信、またその他のアプリケーション(航空業界の過密空域の航空交通管制システムなど)も考えられる。

障害への対応

コンバージド・フェーズドアレイ・システムを構築する際には、数多くの課

題が同時に存在する。「必要な周波数アクセスと俊敏性を実現するために、RFコンポーネントに求められる要件がある。次に、情報を取得し処理するために必要なデジタル処理要件がある。そして最後に、センサと処理リソースの間で低遅延時間の情報伝送を可能にするデータ転送の要件がある」と、ホフ氏は述べる。

航空宇宙及び防衛アプリケーションに取り組む際には、極端な温度、放射線の影響、電子戦(EW)の干渉など、独自の側面が存在する。また、あらゆるタイプの電子設計においてトレードオフが存在する。「航空宇宙開発では、サイズ・重量・電力(SWaP)が多くの設計問題の核心となる。コンポーネントのサイズと重量を削減し、消費電力を最小限に抑えることが、現代の航空宇宙事業における戦略的かつ物流的な責務として不可欠である」と、ウイッシュパード氏は言う。

また、この次世代技術を、現在防衛分野全体で使用されている多くのレガシーデバイスと融合させるという課題もある。「RFIC(無線周波数集積回路)やデジタル信号処理装置(DSP)といった従来のコンポーネントは、引き続き使用できる。光トランシーバを追加することで、多数のセンサからのデータを一元的に処理し、さまざまな用途に利用できるようになる」と、ウイッシュパード氏は述べる。

光I/Oベースのセンシングシステムの導入は、複数の段階からなる複数年にわたるプログラムである。また、研究開発の段階であるため、実装までのタイムラインは厳密には決まっていない。しかし、現在の計画では、2024年に導入を完了し、ロッキード・マーティン社のさまざまな事業分野に移行する予定である。