

将来の航空交通管制と監視のための先進的衛星システム 設計と周波数スペクトルの課題



ジョセフ N. ベルトン教授
ジョージワシントン大学宇宙・高度通信調査研究所 (SACRI) 所長
アーサー・C・クラーク通信情報研究所長

航空安全、航空セキュリティ、航空交通管理・管制を大幅に改良できる、新しいブロードバンド衛星通信・宇宙ナビゲーションシステムが設計製造できる状況にある。このシステムは、スループット、信頼性、ビーム間接続性、プロセッシング及びスイッチング、増加する航空機との双方向及びマルチポイント相互接続性などの点で、きわめて挑戦的な課題を持つ新しい移動体衛星通信システムである。このような機能を持つためには新たな周波数の分配が必要になる。最初に必要となる重要なステップは実行可能性に対する詳細な調査である。このような発展的で現代的なシステムを整備するために必要となる広範囲な情報を視野に入れて調査する必要がある。

この過程における主要な課題は

- a. 損耗や歪破壊、潜在的な故障を監視するための航空サブシステムや機器を明確に定義し、優先順位をつけること。これらの機能は、次世代の航空安全や故障検出システムに必要とされる。また、一体化された検出デバイスとセンサー、航空監視システム、航空機の性能や信頼性を明確にすること。
- b. 新しい航空交通監視システムやビデオとデータレコーディングを統合した機器で使用される様々な要件、コックピット・データレコーダーあるいはフライト・データレコーダーに現在記録される66項目に新たに加わる IT 情報について、その特性を明確化し、優先順位をつけること。これらは次世代の航空交通監視システムで使用されることになるだろう。
- c. 衛星を利用した航空交通管制システムで新たに実現できる機能性能を明確にして優先順位をつけること。衛星を利用した新しいシステムでは、航空機間の距離を縮めること(10から50分の1に短縮)より燃料と運行効率が高い航空路の設定が可能になる。国際的な航空安全性の基準、すなわち30億乗客・マイル飛行ごとに1回の事故という国際的な基準を満足しつつ、あるいはそれより高い安全性でそれらが可能になるだろう。
- d. 最も期待できる新しい衛星技術とシステムを見定めて優先順位をつけ、最もコスト効率がよく、空力学的に抵抗の少ない航空機搭載アンテナシステムを設計すること。また必要となる GPS 機能を明確にすること。またシームレスで先進的な衛星利用航空監視及び交通管制システムを構築するために、宇宙と地上統合型のコンピューターシステムを明確に定義すること。
- e. 詳細なシステムエンジニアリングと最適化の作業が必要になる。それによりコスト効率がよく、安全監視機能が向上し、リアルタイムな交通監視が実現でき、燃費及び燃料消費を削減でき、さらに航空交通管制情報をリアルタイムで取得できる。安全性と自動化と国際的に効率のよい運行性という点で、航空機の交通管制機能が向上する。

そのようなシステムが一度設計し整備されれば、実際に長期間にわたって航空機の安全性を向上させ、航空交通管制を向上させ、さらに航空監視システムの効率や範囲を向上させることができる。テロリズムや航空機の損耗や故障の危険性も減少させることも可能だ。新たな宇宙技術を用いたグローバルなシステムの導入も容易になる。これらの

システムは既存システムの補完的なものになるだろうが、少なくとも、航空機の運行やルート制御や機器の状態監視や飛行制御上の問題や故障を迅速に把握できるようにする。

ここでは次の事を提案したい。すなわち、将来にわたって航空機の安全性を維持し、航空機運行の効率性を向上させ、航空交通量を増加させ、航空監視システムを改善するための技術。テロ行為を防止するための技術。これらの技術を検討し、評価する国際的な活動を早急に開始すべきだ。日本、カナダ、オーストラリア、米国、ヨーロッパの国々を含めた国際的な活動が必要である。

そこには、航空交通監視、管制の安全基準、センサー基準、情報蓄積や処理の要求条件、さらに安全性、信頼性及び国際的な標準に関するシステム仕様など、多くの設計上の検討やシステムエンジニアリングが含まれる。しかし、この記事の目的は、必要な帯域幅や使用可能なスペクトラムを得るための方法についての問題だ。衛星技術を使った航空交通管制や監視システムに必要な高速データ伝送速度、ブロードバンドのスループットに必要なアンテナ設計（衛星と航空機搭載端末）などの課題だ。これらのスペクトラムや衛星や端末のアンテナ設計は、様々なキーとなるシステム上の制約によって決まってくる。すなわち、

- a. 航空機の乗務員がリアルタイムで利用できる情報量を増加させるための方法を見出す。航空監視、交通管制、全体の安全性などに関する情報で、これを航空機から地上システムへ高速にデータ伝送する。航空機からの情報量、あるいは航空機への情報量が増加するとともに、全体の運用コストを下げるかあるいは費用増加を合理的な水準で維持するかでなければならない。例えば、それは全体のコストが、1千人・マイルの飛行に対して、\$5 から\$25 以上増加しないようにする。
- b. この新しいシステムによって生み出される、かなり大きな情報を通信し、処理するための効率的な方法を見出すこと。安全性のリスクを大きくすることなく、行われなければならない。（これらの制約条件によって、前処理や人口知能やエキスパートシステムを使う必要が生ずるかもしれない。これらの技術により、生成され通信され処理される情報量は格段に少なくなるからだ。）
- c. 航空機から送受信される情報量（例えばリアルタイムの天気予報）を取り扱うために、創造的で費用効率のよい方法を見つけること。これは航空通信用に割り当てられた周波数帯域内で送信されなければならない。飛行中の航空機の数が増えることを考慮する必要がある。さらに航空機の安全基準に適合したシステムの高信頼性も必要になる。（情報処理、前処理アルゴリズム、衛星通信性能、航空機搭載アンテナシステム、周波数効率、セキュリティシステムなどの技術革新についてはこの考察の中では述べていないが当然含まれるものである。）
- d. 最後に、これらのシステムエンジニアリングでは次の課題にも取り組まなくてはならない。すなわちこれらの航空交通管制、航空交通監視、航空安全システムなどはすべて、乗客向けのエンターテインメントや通信サービスと独立とすべきか、いっしょのものとするべきかである。さらにどの程度まで、これらのサービスが、共通の周波数帯域を共用するのか、あるいはべつの帯域を使うかという問題である。

次のステップへ

航空技術の国際性や航空機の安全性や効率的な運行に対する関心から、このような衛星を用いた航空交通管制及び監視システムは、地球規模で検討される課題である。もしこのシステムの設計やエンジニアリングが地球規模の視野で行われるか、あるいは航空交通密度が高い地域を飛ぶ飛行機会社によって地域規模で行われるような場合でも、これらのシステムのエンジニアリングは、スケールの経済や共通の設計仕様を用いることによって、利益がもたらされるものだ。

これらのアプリケーションに適した周波数スペクトルを決めるためには、政策的な観点からの注意が必要だろう。Kuバンドにおける周波数は、ミリ波に比べて、降雨減衰の問題と高い信頼性の点から有利だろう。この点は第一に注意すべき点だ。

新しいブロードバンド衛星システムの設計と製作は、衛星システムの事業者の要請により、衛星製作事業として開始される。この場合には、新たな衛星ベースのトラフィックを発生させる新しいシステムは、ユーザの需要に対する予測に基づいて設計できる。人命を助け、テロリズムと戦い、航空システムをよりコストと燃料効率の高いシステムにする

ことができる21世紀のネットワークをつくるために、衛星コミュニティは、航空機の製造業界や航空業界といっしょに仕事をするを提案したい。

日本と米国の科学技術宇宙応用プログラム(JUSTSAP)の次の会合は2004年11月にハワイで開催されるが、この新しい宇宙応用プログラムについても議論され、これらの可能性を探る研究もスタートされることになるだろう。

表1 航空機のためのブロードバンド衛星サービスをサポートする 静止プラットフォームシステムのための主な研究アジェンダ		
No.	先端的静止プラットフォーム設計の進化と選択のためのサブシステム	Criticality (1-5) Status of Design Readiness
1.0	Extremely High Efficiency “Rainbow Solar Cells—True Multi-Junction Cells with over 50% Energy Conversion Capability	(Criticality--4) 5 years to in-orbit test
2.0	Re-regenerative, Unitized Fuel Cells with Energy Density Twice That of Lithium Ion Batteries	(Criticality-2) 3 years to in-orbit test
3.0	Advanced Satellite coding and modem systems (that offer outstanding new ranges of transmission efficiency (in the 3 to 4 bits/Hz).	(Criticality-4) 2-3 years to in-orbit test
4.0	Advanced “Smart Beam” MIMO Antennas and advanced encoding that allows extremely intensive reuse of frequencies (1 in 3 or even 1 in 2 frequency re-use coupled with advanced turbocoding multi-plexing systems	(Criticality-4) 3-5 years to in-orbit test
5.1	Large Scale Piezo-Electric Based Parabolic Antenna Reflectors w/ Shape Maintenance Via Electronic Gun Radiation (i.e. 50 meter aperture—5 to 10 meter scale model test)	(Criticality-5) 3-5 years to in-orbit test
5.2	Large Scale Polyimide Inflatable Parabolic Antenna (50 meter aperture reflector—10 meter scale model test)	(Criticality-5) 3-5 years to in-orbit test
5.3	Cluster of 8-10 Flat MIMO Antennas with Aperture Size of 5-8 meters (Test configuration to be determined)	(Criticality-5) 3-5 years to in-orbit test

著者紹介

Dr. Joseph N. Pelton はジョージワシントン大学宇宙・高度通信調査研究所(SACRI)所長及びアーサー・C・クラーク通信情報研究所長、ならびに、ストラスブルク国際宇宙大学のティーチャーズ・カレッジのメンバーである。同時に応用科学研究所の宇宙通信と周波数スペクトラムに関する様々な国際研究プロジェクトのヘッドでもある。1975年以來、衛星、通信、社会における技術の長期的なインパクトに関する16冊の本、300を超える論文等を執筆した。ペルトン教授は現在NASA及びthe National Science Foundation Panel of Expertsの主査も務めている。また、フランス宇宙機関のコンサルタント、日本のNASDAの外部評価委員会のメンバーでもある。