

1. ICSSC2009 の概要

2009年6月1日から4日にかけてスコットランドの首都エジンバラで開催された AIAA の International Communications Satellite Systems Conference (ICSSC2009)に参加した。本講演会は毎年、米国内とヨーロッパあるいはアジアでの開催とを交互に行っており、衛星通信をテーマとする国際会議としては最も大きなもののひとつである。講演会場は、エジンバラの郊外に位置する Heriot Watt University 内にある Conference Center で、講演発表は講堂と3つの小会場を使って前後に Plenary を挟んだ4つの並行セッションにより進められた。6月1日にはコロキウムが行われ、6月2日から4日の3日間で91件の講演と3つのパネルディスカッションが行われた。講演会の参加登録者は144名で、ちょうど新型インフルエンザの感染拡大が心配されていた時期でもあり数件の講演中止があったものの、ヨーロッパ・アメリカからの参加者により盛況であった。

予稿集の取りまとめや参加登録を含む会議の運営は The Institution of Engineering and Technology (IET) という組織が担当したが、例年と違って講演発表のスライドを約1か月前に提出させて講演発表は基本的にはこのスライドを元にセッション会場に設置されたノート PC で行われた。このため、著作権を譲渡した著者については論文予稿 CDROM に同じ情報が入っており、講演当日にスライドを変更した著者については、更新後のスライドが Web にアップロードされており、発表の内容を後から参照する際に大変便利であった。また、各セッション会場のプログラムはハイパーリンクによりプレゼンテーションがすぐ開始できるように工夫されており、通常の講演会でありがちなノート PC の切り替えのトラブルで貴重な時間を無駄にすることも無く、スムーズなセッション運営が行われたと思う。ただし、個々の発表者にとっては事前に発表スライドまで提出させることについて、賛否両論があったようである。以下に報告者が撮影した写真をもとに講演会の雰囲気を紹介する。



▲初日のパネルディスカッションの様相(衛星開発者側からの意見が寄せられた。)



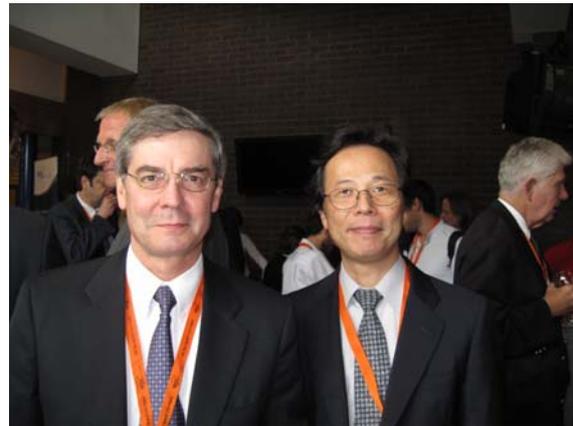
▲ パネルディスカッションの様様



▲小会議室での講演の様子(講演内容によってはほぼ満席になる場合もあった。)



▲ 休憩時間(会場の廊下部分に地上局用の追尾機能付きアンテナが展示されていた。同じ場所で休憩時にはコーヒー・紅茶・ジュース等が提供された。昼食も同じ場所であった。)



▲休憩時間の様子



▲講演会受付の様子(IET という組織が講演プログラムから当日の業務一切を担当していた。)



▲講演会場の入口

2. 講演発表内容について

Proceedings の CDROM の内容と筆者が聴講できたセッションの印象をもとに、この講演発表の内容について報告する。なお、全ての講演を聞いたわけではないので、この中にはキャンセルされた講演があるかも知れない。プログラム全体を通しての印象は、セッション・タイトルと実際の講演内容が異なっているものがあり、論文の内容に立ちいったプログラムの作成はなされていないようである。このため、関連した内容の講演が異なるセッション会場で連続して行われることがあり、並行して進められる 4 つのセッション間を講演が終わる毎に聴衆が移動する場合が多く見受けられた。

講演を聴講し、論文集をざっと見渡した印象について述べる。現在の衛星通信に関する研究開発は単なる衛星のトランスポンダや地上局の無線系の開発(これは言い換えれば物理層の研究開発)だけではなく、衛星通信システム全体として、その特徴を発揮できるようなアーキテクチャと、それに必要となる技術に主眼が移っているようである。例えば、筆者は WINDS プロジェクトの準備段階で、なぜ IP 交換機ではなく ATM 交換機を搭載したのかが議論されていたように記憶するが、Hughes の発表にあるように、今では交換方式が問題ではなく、搭載交換機を使って IP マルチキャストやユニキャスト、セキュリティといった衛星が得意とするアプリケーションを有効に活用できる道具立て(例えばシングルホップで多地点のビデオストリームを衛星で振り分けるためのシステムなど)を用意できるかどうかの問題とされているようである。また、ヨーロッパで衛星移動体通信サービスが開始されようとしていることもあり、地上系の技術(MIMO や偏波ダイバーシティ、ハンドオーバー)に関する論文も多く見られた。しかしながら、それらの半分くらいは ESA 等の委託を受けた大学の研究で、シミュレーションシステムを整備したといったものが多く、地上系の本格的なサービスインはまだ先のことなのかも知れない。逆にこれらの分野で多くの技術開発要素が残っているとみえる。最後に、日本で現在実験が進められている WINDS 計画や ETS-8 に関する講演発表が無かったのが日本からの参加者として残念であった。セッションの休憩時間の雑談の中でも関係者は日本の状況(衛星 DAB のサービス停止など)を筆者よりも正確に理解しており、現在進められている実験の最新の状況を発表すれば注目されたと思われる。

以下にプログラムに沿って講演発表の内容について紹介する。

6月2日(火)セッション 1:

通信プロトコル

筆者は聴講していないが、ETSI の Broadband Satellite Multimedia (BSM) working group で検討されている PEP アーキテクチャに関する内容が興味深かった。衛星回線で TCP/IP プロトコルを使用する場合、大きな遅延時間による性能劣化が問題とされてきた。これに対して、window や segment サイズを最大にする Selective acknowledge やタイムスタンプオプションを用いるといった end-to-end での対策には限界があり、Performance Enhancing Proxies (PEP)を介して衛星回線を使用することにより、Web ブラウズ等のアプリケーションの効率低下を軽減することが検討されている。論文では、PEP とセキュリティとの共存についての問題も解説されている。このほか、MPLS の輻輳制御に関する論文、リンク層のセキュリティに関する論文が発表されている。

衛星システム(Satellite Systems Architecture)

このセッションも筆者は聞いていないが、Hughes Network Systems から、SPACEWAY が採用している RSM-A 規格(Regenerative Satellite Mesh A)の特徴とそのサービスについての発表があった。SPACEWAY3衛星は 2008 年 4 月から商用サービスを開始しており、マルチビームアンテナや搭載交換器

によるL2スイッチ機能によりリアルタイムの多地点高画質テレビ会議のようなアプリケーションに最適であるとのことである。H323を用いた2MbpsまでのHD多地点テレビ会議システムのプロトタイプシステムが紹介されている。

このほか、Kaバンドのマルチビーム衛星通信システムにビームホッピングを導入した場合の検討やGOESのデータ収集システムの帯域を拡大する方法についての検討、日本から大型展開アンテナを用いた衛星携帯電話サービス(STICS)に関する発表があった。

軍用衛星通信(Military Satellite Communications)

Skynet 5衛星通信システムとそれらを使ったAstriumあるいはParadigmサービスの紹介があった。英国のMOD(Ministry of Defense)の資金により開発されたシステムで、X-band(SHF)を使った軍用あるいはGovernment useのサービス提供を目的とするが、X-bandあるいはUHFを使って商用のサービスも提供している。保護されているX-bandを使うため、商用のC-BandやKu-bandにおける問題(帯域割り当て等)が無いとのこと。2007年から2008年にかけて3機のSkynet 5衛星が稼働した。

英国における軍用衛星を用いた通信容量は毎年50%の割合で増加しており、2020年ごろを予測すると既存の静止衛星システムではまかなえなくなる。このため、HAPs(High Altitude Platforms、高高度飛行船)が有効であるとの講演があった。

米国の空軍研究所からは、V-bandあるいはW-bandを用いた研究開発の提案があった。アップリンクに81-86GHz、ダウンリンクに71-76GHzを用いて5GHzの帯域を確保した場合の回線計算、シミュレーションが紹介され、50W-TWTなどの開発課題が示されている。

フランスからは、SYRACUSE 3A/BのEHF帯トランスポンダ(44/21GHz)を用いた高帯域マルチメディア伝送(DVB-RCS、DVB/S2)についての発表があった。降雨減衰による回線マージンの変化に対応するため可変レート(256kbpsから1536kbps)のモデムの評価結果が報告された。

地上システム(Ground Systems)

ESTECからマルチビームアンテナのビームフォーミングを地上で行う方式に関する発表があった。フィードリンクの帯域を増加させないために衛星上で粗いビームフォーミングの量子化を行って圧縮したデータを地上に伝送した後、細かな信号処理を行うというものである。

マドリッド工科大学からは、LEO衛星からのダウンリンクシグナルを大型のアンテナで受信する代わりにソフトウェア無線で実現したフェーズドアレイアンテナで受信する方式についての検討結果が報告された。

英国のS3 Satcom Ltdからは、ローコストの追尾機能を持った地上アンテナ制御システムに関する発表があった。NORADの軌道要素をもとに高精度の駆動系を用いることでビーコンなしでも高い精度で軌道傾斜角の大きな静止衛星を指向することができる。このアンテナは講演会場のロビーに実際に展示されていた。

6月2日(火)セッション2:

DVB及びDVB-RCSネットワーク

開催地がヨーロッパであることもありDVB-S2あるいはDVB-RCSに関して4件の講演があった。具体的にはend-to-endのQoSに関するもの、適応符号化・変調に関するもの、ギャップフィルタを用いたシステムにおける地上網とのハンドオーバーについて、DVB-RCSの鉄道への応用における検討などである。

変調・符号化および同期 (Modulation, Coding and Synchronization)

日本から VPFDM に関するもの、OFDM におけるキャリア間干渉 (ICI) の軽減策について、衛星及び地上の移動体放送用 OFDM 信号にプリアンプルを挿入してフレーム検出や周波数同期性能を改善する工夫、Viterbi 復号アルゴリズムなどの発表があった。

Satellite System Performance

米国の Harris からソフトウェア無線の概念を導入した衛星トランスポンダ開発に関する講演があった。Virtex4 を 4 台用いて 54Mbps の OFDM モデムを実現し、汎用の OS サポートによりユーザフレンドリーな開発環境を実現している。COTS デバイスを用いるための放射線のエラー対策、シングルイベントに対する放射線被ばく試験の結果などが報告された。このモデムは今年中に宇宙ステーションで動作確認を行うとのこと。

また、韓国の ETRI からは COMS 衛星用の Ka バンドトランスポンダの開発試験結果が報告された。

Payload Technology

リニアライザに関する発表があったようである。

6月2日(火)セッション3:

Network and Resource Management

ドイツから衛星運用に関する発表、フランスから DVB-RCS の適応符号化・変調と QoS を改善するためのクロスレイヤーサポートに関する発表があった。

Antenna Technology

陸上移動体の MIMO に用いるヘリックスアンテナ、12GHz帯用の正方形パッチアンテナ、Ka/Ku 帯用のレンズアンテナに関する発表があった。レンズアンテナについては会場でも動作デモを行っていた。この他に、大きな軌道傾斜角を持った静止衛星について軌道上でのアンテナ指向誤差の影響についての発表があった。

Satellite Orbits and Constellations

ミリ波帯の衛星通信において地上で指向性アンテナを使うためモルニア型の衛星軌道を提案する発表があった。これは日本の準天頂衛星に通じる考え方である。また、高緯度地域向けのサービスに 16 時間周期の長楕円軌道を使う提案があった。これら 2 件は共に米国からの発表であった。日本の NICT からは通信用の信号を用いて衛星距離を測定するシステムに関する発表があった。

Advanced Communication Technology

イタリアボローニャ大学から地上の携帯網と衛星の共存に関する発表、NICT から OICETS の地上局との光通信実験に関する発表、フランスの Thales Alenia Space からは Radio on fiber などの新技術を検証するためのピギーバックペイロードに関する発表がそれぞれ行われた。このセッションの最後に日本大学からアレイアンテナと変復調技術を複合した新しい方式についての講演が予定されていたが、残念ながら講演者不在のため講演は行われなかった。

6月3日(水)セッション4:

Propagation and Fade Mitigation:

衛星陸上移動用に円偏波の直行性を利用した多重化について伝搬解析、マルチメディア衛星放送の陸上移動サービスについて MIMO チャンネル解析(偏波多重)、ニューラルネットを使って 2 周波数のデータから大気吸収損失を推定する検討、マドリッドにおける 20GHz 帯の 2 年間の伝搬データ解析結果などの論文発表が行われた。

Satellite System Performance 2:

1990 年から 2008 年までに打ち上げられた 400 機以上の静止衛星の寿命データから統計的に衛星の信頼性について解析した結果の発表があった。

DVB and DVB-RCS Network 2:

ESTEC から DVB-S2 のテストベッドに関する発表(4.4.1)、DVB-RCS や DVB-S2 の ACM(Adaptive Coding and Modulation)、VCM(Variable Coding Modulation)におけるクロック基準に関する発表(4.4.2)、アマゾン川流域において DVB による衛星ネットワークへのアクセスを WiMAX で実現するための研究(降雨減衰対策、4.4.3)、ACM 下の DVB-S2 の性能について(4.4.4)の 4 件の講演があった。

6月3日(水)セッション5:

Broadband Systems:

辺境や過疎地域に対する衛星ブロードバンドアクセスの評価について(5.1.1)、衛星のランダムアクセスプロトコル(CRDSA)の評価に関する発表(5.1.2)の 2 件の発表があった。

Navigation and Positioning Systems:

低軌道周回衛星の航法支援のためのフラックスゲート型センサについての講演(5.2.1)、GPS/GALILEO 用の測位受信機をソフトウェア無線の方式で実現したとの講演(5.2.2)、第 2 世代の GALILEO 衛星に通信ペイロードを搭載して、測位と通信を融合したシステムを実現する(5.2.3)という試み、ARGOS を使ったマルチユーザ同期通信のための数学モデルと検出手法の検討(5.2.4)の 4 つの講演があった。

Satellite Systems Architectures:

台湾からアンテナのビームパターンと復号の際の E_b/N_0 の条件を一緒に最適化する提案(5.3.1)、CNES から地上の送受信機コストを下げるため送受分離用の Duplexor を省略して衛星通信でも半 2 重の通信をする意義があるとの提案(5.3.2)、衛星系でも NGN ネットワークをサポートするため SLA(Service Level Agreement)と呼ばれる QoS を管理する手法についての検討(5.3.3)の 3 件の講演があった。

6月3日(水)セッション6:

Various Topics of Interest:

Tesat 社が開発した光通信機と搭載した米国の NFIRE 衛星とドイツの合成開口レーダ衛星 TerraSAR-X との衛星間レーザ通信及び地上との光通信に関する発表(6.1.1)があった。搭載光通信装置

は Teledesic の衛星間通信のために Tesat 社が開発したものをベースにしており、コヒーレントホモダイナミック PSK 方式の 5.625Gbps の双方向のエラーフリー光通信実験に成功している。ただし、地上との伝送実験はまだ成功していないようで、ハワイのマウイ島で本年 2 月から受信を試みているとのこと。特徴はコヒーレント方式と信号光を用いて追尾をするため太陽が背景に来ても通信を続行できることであるが、反面、捕捉に時間を要し、光を検出してから精追尾が安定するまで 43 秒、光のキャリア捕捉に 30 秒が必要で、その後に通信ができる。2 衛星は共に LEO で、Aerospace Corporation が独自に開発したシステム運用アルゴリズムにより短時間に衛星が捕捉できるようになったと強調していた。

2 番目の講演(6.1.2)は、2009 年に INMARSAT と Solaris Mobile に EC 内のサービスが認められた S バンド帯衛星移動体サービスの許認可に関するもので、選定基準やプロセスに対して批判的な意見が表明された。

このほか、HAPS のマルチキャスト伝送の管理に関する講演(6.1.3)、衛星を使った peer-to-peer アプリケーションのセキュリティに関する講演(6.1.4)があった。昔、テレサイエンスという用語は流行したことがあったが、最近では RIS (Remote Instrumentation Service) という用語が用いられているようである。

Satellite Economics and Market Issues:

ミッションの信頼性保証に関する発表(6.2.1)、衛星通信システムの価値を評価する指標に関する発表(6.2.2)があったようである。

Broadcasting Satellite Systems:

携帯端末等による TV サービスを衛星で実現するため C バンドで行うという提案(6.3.1)、OFDM 信号の特性を利用してマルチビーム衛星から単一周波数でマルチスポットビームの放送サービスを行うアイデア(6.3.2)、DVB-S2 を用いたデジタル衛星放送において SVC(Scalable Video Coding)と LDPC(Low Density Parity Check)とを合わせることで性能を向上するという論文(6.3.3)の 3 件の発表があった。

Aeronautical Communications:

航空機の運航管理用の通信において衛星系の VHF との複合システムを提案した講演(6.4.1)があった。これは Inmarsat の SBB(Swift Broad Band)システムの割り当てを VHF の AdHoc 通信により行うというアイデアである。この他に、航空機運航管理用ネットワークの Data Link Selection に関するもの(6.4.2)、ESA における航空機運航管理用の衛星通信技術開発プログラム(Iris)に関するもの(6.4.3)、航空機に対する DVB-RCS、DVB-S2 を使ったサービスの検討(6.4.4)の 3 件の発表があった。

6月4日(木)セッション7:

Communications Protocol 2

イタリアのローマ大学から衛星通信のトランスポート層の問題、TCP や UDP プロトコルの効率改善について(7.1.1)、IP ベースの衛星通信ネットワークに emulator に関するもの(7.1.2)の 2 件の講演があった。

Mobile Satellite Systems:

韓国の ETRI から IMT-Advanced における衛星系に関する講演(7.2.1)があった。この中で MIMO を使った場合の効果が検討されている。同じ ETRI から地上系との協調を考慮して OFDMA を使ったシステムで部分的な周波数再利用を行った場合の検討結果(7.2.2)が報告された。

英国の Surrey 大学からも衛星移動体サービスにおいて OFDM を使った地上系との複合システムに関する発表(7.2.3)があった。

Broadcasting Satellite Systems:

フランス Thales Alenia Space から陸上移動体に TV サービスを行う場合の QoS の異なるストリームを伝送するため、階層的な変調を使う検討結果(7.3.1)が発表された。Lockheed Martin からは米国における 17/24GHz 帯衛星放送の現状(割り当て、事業者、技術動向等)についての講演(7.3.2)があった。ESTEC からは、S バンドあるいは C バンドを使った Interactive な移動体衛星放送システムの検討結果(7.3.3)が報告された。

6月4日(木)セッション8:

Communications for Space Explorations:

イタリアのミラノ工科大学から Ka バンドの深宇宙探査機からの信号を地球近傍のデータ中継衛星で受信して 2 ホップで伝送する場合の最適な構成についての発表(8.1.1)があった。また、将来の火星の有人活動を支援するためのデータ中継伝送(Web のインデックス情報の伝送)についての講演を筆者が行った。現在の地球全体の情報の増加傾向を考慮すると、インデックス情報を伝送するために必要な地球—火星間の伝送容量は 10Gbps で、これを現状で最も高性能な光通信技術で実現した場合のシステム設計結果(8.1.2)について報告した。講演会初日のコロキウムで Surrey 大学の Evans 教授が地球全体の情報量のトレンドと今後の通信需要に関する問題提起を行っていたこともあり、好印象で講演を聞いてもらえたようである。

Mobile Satellite Systems 2:

ESTEC から陸上移動体向けの大規模なメッセージ通信に関する検討結果(8.2.1)が発表された。イタリアからは航空機や鉄道向けの 16-PSK トレリスコードによる DS-CDMA システムの性能評価についての発表(8.2.2)があった。

Modulation Coding and Synchronization:

韓国 ETRI から衛星移動体通信に OFDMA を使った場合のアップリンクの同期に関する発表(8.3.1)、信号対雑音比を推定するための計算量の少ないアルゴリズムについての提案(8.3.2)の 2 件の講演があった。

以上の一般講演のほかに 3 回のパネルディスカッションが行われた。

3. AIAA 通信システム技術委員会 (TCCS) 会合について

著者は、6月1日から4日までの講演会全日程に参加することにしていたため、6月1日の夕刻に行われた TCCS 会合にも日本側委員(首都大学の福地教授)の代理として出席し、ICSSC に関する日本側の活動について、報告を代読するよう依頼されていた。以下に TCCS 会合の概要について報告する。主な参加者は米国から Elizabeth Klein-Lebbink, Tom Butash, カナダから, Mario Caron, Tony Stajcer, UK から Paul Thompson, Rick Houston の他に筆者を含めて6名であった。主な議事は、自己紹介の後、今回3名が新規メンバーとして参加したこと、予算の現状、AIAA に Award 候補者の推薦をしていること等が報告された。

Steering subcommittee からは、ICSSC の今後の開催場所の見通しや現在の状況が報告された。毎年、偶数年は北米で、奇数年はアジアあるいはヨーロッパで開催しているが、昨今の経済状況の悪化に伴って参加者や論文数が減少を続けており、この対策についての意見が多数あった。MILCOM 等での発表を取り込むことや、関連する分野の他学会との共催により規模を大きくすることが考えられるが、AIAA は他の組織との共催を喜んでおらず、類似の学会との競合も考えられるとのこと。筆者からは、AIAA Japan Forum on Satellite Communications (AIAA 衛星通信フォーラム)の活動について報告した。

Conference subcommittees (ICSSC2009) からは Paul Thompson が Edinburgh での状況を説明した。140件位の Abstract 投稿があり、その中から、110件を選択した。実際に論文を投稿したのは99件程度で、アジアからのキャンセルが多かったとのこと。参加登録は140名程度である。スポンサーについても交渉が大変だったとのこと。また、ICSSC2010は恐らく San Diego で開催することになると思われるが、まだ、調整ができておらず、2週間くらいのうちに決定するとのこと。ICSSC2011は日本で開催することになっており、準備状況を説明した。2012年については Canada で開催することを前提に国内の調整を開始するようとの発言があった。■