

# 衛星系と地上系通信システムの統合に関する国際標準化の概要

三浦 周 辻 宏之

本稿では衛星系と地上系が統合された移動通信システムに対する国際標準化の概要を述べる。システム全般に関しては、2000年代に入り欧米で制度化が行われたのち、アジア太平洋電気通信共同体 (APT) や国際電気通信連合無線通信部門 (ITU-R) において標準化の議論が行われている。無線インタフェースに関しても、地上系の第4世代移動通信に相当する衛星系の無線インタフェースが議論され ITU-R 勧告が成立している。

## 1 まえがき

従来、衛星系の通信システムは衛星系単独での通信システムが中心であった。これに対し、デュアルモードあるいはハイブリッドシステムと呼ばれる地上系と衛星系用の2つの無線インタフェースを持つ通信システムが規格化され、実用化が果たされている。さらに近年、統合 MSS (Mobile Satellite Service) システムと呼ばれる衛星系と地上系の統合が進んだ通信形態が提案され、システムの制度化及び国際標準化<sup>[1]</sup>や、無線インタフェースに関する国際標準化<sup>[2]</sup>が行われている。地上/衛星共用携帯電話システム (Satellite Terrestrial Integrated Mobile Communications System: STICS) も統合 MSS システムの一種である。

そこで本稿では STICS の今後の実用化に向け、統合 MSS システムの国際標準化動向を整理し俯瞰する。以降、2においてシステム全般の制度化、標準化に関するこれまでの動向を整理する。3で、無線インタフェースに関する規格化の動向を整理する。4で本稿をまとめる。

## 2 統合 MSS システムの制度化、標準化の動向

統合 MSS システムについては、2000年代に入り欧米で移動衛星通信システムの同一周波数帯で地上システムを補完的に利用する通信システムが衛星事業者により計画された。この地上システムは、米国では Ancillary Terrestrial Component (ATC)<sup>[3]</sup>、欧州では Complementally Ground Component (CGC)<sup>[4]</sup>と呼ばれるがどちらも同様の考え方であり、MSS と同一周波数帯で地上基地局 (ATC/CGC) による補完的なサービスを行うことによる通信サービスの向上を目指した。米国では連邦通信委員会 (Federal

Communications Commission: FCC) によって2003年に制度化され<sup>[3]</sup>、MSS/ATC システムが L/S 帯を用いて複数の衛星事業者により計画され、2008~2010年頃に衛星が打ち上げられた<sup>[5]-[7]</sup> (商用サービスは未開始)。欧州では Solaris Mobile 社が衛星系と地上系携帯電話を複合した S 帯移動体通信サービスを目的として2009年に Eutelsat-W2 A 衛星を打ち上げた (S 帯用の直径 12 m アンテナの展開が未達成)<sup>[8]</sup>。最近では、Inmarsat 社が欧州で航空機向けの移動体通信サービスとして衛星と地上系を S 帯の同一周波数帯でサービスする Aviation CGC (ACGC) と呼ばれるシステムを提案し、欧州連合域内での S 帯の CGC ライセンスの取得、衛星開発、航空機搭載通信機の開発、地上系システムの開発に向けた活動を進めている (2014年9月現在)<sup>[9]</sup>。

アジア地域・太平洋地域においては、電気通信専門の国際機関としてアジア・太平洋電気通信共同体 (Asia-Pacific Telecommunity: APT) のアジア・太平洋地域における無線通信システムの高度化及び普及・促進を目的とする会合である APT Wireless Group (AWG) において関係国間で議論が行われている。まず、「災害時における衛星と陸上業務の効率的な相互運用のための研究」の報告に STICS の研究開発成果が入力された<sup>[10]</sup>。また、2013年の AWG14 会合において「APT 諸国における 1980-2010 MHz 帯と 2170-2200 MHz 帯の利用調査の提案」が提案され、S 帯の MSS/MS 共用バンドの利用調査が行われた<sup>[11]</sup>。また、同会合で「3 GHz 帯以下における統合 MSS システムと衛星・地上ハイブリッドシステムのアーキテクチャと性能に関する検討」が承認され、統合 MSS システムおよびデュアルモード形式のハイブリッドシステムに関する技術検討が開始している<sup>[12]</sup>。この検討には STICS の研究開発成果が入力され、2014年に報告として成立した<sup>[13]</sup>。

国際電気通信連合(International Telecommunication Union: ITU)の無線通信部門(ITU-R)においては、2014年2月のITU-R WP4B 会合において統合MSSシステムのアーキテクチャや性能に関する研究に関する研究を行うためのQuestionが提案され<sup>[14]</sup>、新研究課題が成立し、2014年6月会合において勧告/報告に向けた作業文書が提案されている<sup>[15]</sup>。この作業文書は、統合MSSシステムのサービスとシステムアーキテクチャ、導入へのシナリオ及び技術的な制約、性能評価、性能向上を可能とする技術導入等について検討している。今後、ITU-Rの場においても統合MSSシステムが議論されると予想される。

### 3 無線インタフェースの標準化

地上系と衛星系用の2つの無線インタフェースを1つの端末に収めたデュアルモード型の通信システム(あるいはハイブリッドシステム)に関しては、衛星系と地上系の第2世代移動通信の国際標準規格であるGlobal System for Mobile Communications(GSM)とのデュアルモード端末が実用化されている。衛星系の無線インタフェースはGEO-Mobile Radio Interface Specifications(GMR)であり、例えばThurayaはGMR-1<sup>[16]</sup>を、ACeSはGMR-2<sup>[17]</sup>を使用している。また、地上系の第3世代移動通信に対応したGMR-1 3GではGSMに加えて欧州の第3世代の国際標準規格であるUniversal Mobile Telecommunications System(UMTS)のコア網との接続が規定されている<sup>[18]</sup>。ITU-Rでは、第3世代規格であるIMT-2000の衛星インタフェースに関する国際標準規格<sup>[19]</sup>において、このGMR-1 3Gを外部標準として取り込んでいる。また、Qualcomm社は2012年にEnhanced Geostationary Air Link(EGAL)というThird Generation Partnership Project 2(3GPP2)で規定された無線インタフェースを利用し、地上系の第3世代や第3.9世代に当たるLong Term Evolution(LTE)とデュアルモードで接続するシステムを提案している<sup>[20]</sup>。

統合MSSシステムにおいては、デュアルモードより統合が進んだ形態として地上系の無線インタフェースを衛星向けに拡張した1つの無線インタフェースを端末に搭載することが考えられる。このような無線インタフェースの提案が、地上系の第4世代移動通信(4G)に対応する、IMT-ADVANCED-SATと呼ばれる移動衛星通信の標準化において行われている。IMT-ADVANCED-SATの標準化はITU-R WP4Bにおいて2010年11月会合から開始し、2013年にITU-R勧告M.2047(IMT-ADVANCED-SAT)<sup>[21]</sup>、ITU-R報告M.2279(SAT-IMT-OUTCOME)<sup>[22]</sup>を制

定した。勧告では、中国提案(BMSat)と韓国提案(SAT-OFDM)が承認されているが、いずれもLTEの無線インタフェースを改変する形の提案であり、衛星環境特有の大遅延環境や低電力条件に合致するよう修正を行っている。例えば大遅延環境への対応では、中国提案でVirtual Hybrid ARQと呼ばれる、ACK/NACKのフィードバックを前提としないHARQ方式の提案を行っている。また、低電力条件への対応では、韓国提案でNarrowband RB uplink transmissionと呼ばれる方式が提案されている。ここでは、端末の送信電力が限られることから、帯域当たりの送信電力を大きくする目的で1端末あたりの送信サブチャネル数を大幅に減らして送信する方式提案を行っている。

### 4 まとめ

衛星系と地上系を統合する移動通信システムの国際標準化の現状と概要について報告した。統合MSSシステム全般に関しては、2000年代に入り欧米で制度化が行われた後、APTやITU-Rにおいて標準化の議論が行われている。衛星を利用する移動通信の無線インタフェースに関しては、デュアルモード型の無線インタフェースが地上系の第2世代移動通信に相当する国際標準規格において実用化が果たされ、第3世代に相当する国際標準規格についてITU-R勧告が成立している。また、より地上系と衛星系の統合が進んだ無線インタフェースとして、地上系の第4世代に相当する衛星系の無線インタフェースのITU-R勧告が成立している。今後も、統合MSSシステムの標準化及び実用化に向けて、我が国を含む各国の取組が注目される。

### 謝辞

本研究は、総務省の研究委託「地上/衛星共用携帯電話システム技術の研究開発」により実施した。

#### 【参考文献】

- 1 門脇直人, 豊嶋守生, 三浦周, 山本伸一, 高橋卓, 吉村直子, 辻宏之, 滝沢賢一, 高山佳久, 宗正康, “新たな広がりを見せる衛星通信技術の最新動向,” 電子情報通信学会論文誌(B), Vol.J97-B, No.11, pp.979-991, Nov. 2014.
- 2 三浦周, 辻宏之, 岡本英二, “5Gモバイルネットワークにおける衛星通信の役割に関する調査研究,” 電子情報通信学会技術研究報告, SAT2015-19, pp.47-52, Aug. 2015.
- 3 Federal Communications Commission, FCC 03-15, Jan. 2003.
- 4 “On the harmonised use of radio spectrum in the 2 GHz frequency bands for the implementation of systems providing mobile satellite services,” 2007/98/EC, Feb. 2007.
- 5 J. L. Walker, B. Day, and S. Xie, “Architecture, Implementation and Performance of Ground-Based Beam Forming in the DBSD G1 Mobile Satellite System,” Proceedings of 28th AIAA ICSSC, AIAA2010-8824,

- CA, USA, Aug.-Sept. 2010.
- 6 D. Semler, A. Tulintseff, R. Sorrell, and J. Marshburn, "Design, Integration, and Deployment of the TerreStar 18-meter Reflector," Proceedings of 28th AIAA ICSSC, AIAA2010-8855, CA, USA, Aug.-Sept. 2010.
  - 7 P. B. de Selding, "Boeing Finishes Deployment of Stuck SkyTerra 1 Antenna," SPACENEWS, Dec. 14, 2010, <http://www.spacenews.com/article/boeing-finishes-deployment-stuck-skyterra-1-antenna>, 参照 Aug. 23, 2015.
  - 8 H. Ischebeck, "Solaris mobile corporate presentation," Colloquium Integrated Satellite Systems, 27th AIAA ICSSC, June 2009.
  - 9 L. Mondale, "S-band and ACGC: powering aviation connectivity," Inmarsat Investor Day Presentation, Sept. 24, 2014, <http://www.inmarsat.com/about-us/investor-relations/investor-day/>, 参照 Aug. 23, 2015.
  - 10 "Studies for the Efficient Interoperability Between Satellite and Terrestrial Services in the Area of Disaster Mitigation and Relief," APT Report APT/AWG/REP-34, March 2013.
  - 11 "Questionnaire on apt frequency usage of the bands 1 980-2 010 mhz and 2 170-2 200 mhz in asia pacific region," APT Document AWG-14/OUT-16, March 2013.
  - 12 "Proposed revision of terms of reference and work plan for the task group on modern satellite applications," APT Document AWG-14/TMP-14 (Rev.1), March 2013.
  - 13 "Studies within the Architecture and Performance of Integrated MSS System and Hybrid Satellite/ Terrestrial Systems below the 3GHz Band," APT Report APT/AWG/REP-57, Sept. 2014.
  - 14 "System architecture and performance aspects on integrated MSS systems," ITU-R Document 4B/TEMP/59-E, Feb. 2014.
  - 15 "Working document towards a preliminary draft new recommendation/report ITU-R M.[PERF-INTEG-MSS]," ITU-R Document 4B/156, June 2014.
  - 16 "GEO-Mobile Radio Interface Specifications; Part1: General specifications; Sub-part3: General System Description," ETSI TS 101 376-1-3, V1.1.1, GMR-1 01.202, March 2001.
  - 17 "GEO-Mobile Radio Interface Specifications; Part1: General specifications; Sub-part2: Introduction to the GMR-2 family of specifications," ETSI TS 101 377-1-2, V1.1.1, GMR-2 01.201, March 2001.
  - 18 "GEO-Mobile Radio Interface Specifications (Release 3) ; Third Generation Satellite Radio Packet Service; Part1: General specifications; Sub-part3: General System Description," ETSI TS 101 376-1-3, V3.1.1, GMR-1 3G 41.202, July 2009.
  - 19 "Detailed specifications of the radio interfaces for the satellite component of International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000)," Recommendation ITU-R M.1850, Jan. 2010.
  - 20 フアルコムジャパン株式会社, "2GHz 帯等を用いた衛星移動通信システム等の在り方及び技術条件に関する提案," 情報通信審議会情報通信技術分科会衛星通信システム委員会 (第 21 回), 資料 21-2-2, May 2013.
  - 21 "Detailed specifications of the satellite radio interfaces of International Mobile Telecommunications-Advanced (IMT Advanced)," Recommendation ITU-R M.2047-0, Dec. 2013.
  - 22 "Outcome of the evaluation, consensus building and decision of the IMT-Advanced satellite process (Steps 4 to 7), including characteristics of IMT-Advanced satellite radio interfaces," Report ITU-R M.2279, Oct. 2013.



辻 宏之 (つじ ひろゆき)

ワイヤレスネットワーク研究所宇宙通信システム研究室主任研究員  
博士 (工学)  
航空機・無人機通信システム、ミリ波帯高速移動体通信



三浦 周 (みうら あまね)

ワイヤレスネットワーク研究所宇宙通信システム研究室主任研究員  
博士 (情報科学)  
衛星通信、アンテナ