

1 2. AeroMACS プロトタイプシステムの基本性能評価

監視通信領域 ※森岡 和行, 金田 直樹, ニッ森 俊一, 河村 暁子
富田 武, 米本 成人, 住谷 泰人

1 はじめに

空港面における次世代の高速デジタル通信システムとして WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)規格[1]をベースにした AeroMACS (Aeronautical Mobile Airport Communications System)の検討が行われている[2][3]。表 1 に AeroMACS 規格の概要を示す[4]。電子航法研究所では, AeroMACS の導入に向け, 空港面における AeroMACS 試験信号の評価等, 基礎検討を行ってきた[5][6]。本報告では, 平成 26 年度に電子航法研究所岩沼分室に構築した AeroMACS プロトタイプシステムの基本性能評価結果について報告する。

表 1. AeroMACS 規格の概要

周波数	5030MHz ~ 5150MHz
複信方式	Time Division Duplex (TDD)
多重アクセス方式	Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)
チャンネル帯域幅	5MHz
最大実効放射電力 (MS)	30dBm
最大実効放射電力 (BS)	39.4dBm
変調・符号化方式	64QAM-3/4, 64QAM-2/3, 16QAM-3/4, 16QAM-1/2, QPSK-3/4, QPSK-1/2 (64QAM is optional for Mobile Station)

2 プロトタイプシステムの構成

図 1 に仙台空港に隣接する弊所岩沼分室に構築した AeroMACS プロトタイプシステムの外観を示す。プロトタイプシステムは, 端末 (MS: Mobile Station), 基地局 (BS: Base Station), バックホールシステムから構成される。MS は測定車の中に設置され, 測定車の天井に設置されたアンテナに接続されている。MS 用アンテナは MLS (Microwave Landing System) 用の $1/4 \lambda$ モノポールアンテナを用いている。MLS アンテナの利得は 0dBi であり, 前回の実験と同様のものを用いている[5][6]。また, MLS アンテナと MS のアンテナ端子までのケーブルロス は 3dB であり, さらに MLS アンテナと MS のアンテナ端子 1 の間には, スプリアスを減らすために, 6dB のアッテネータを挿入している。

BS は 30m の鉄塔上にある機器室の中に設置され, 屋上に設置したコリニアアンテナに接続されている。コリニアアンテナの利得は 11dBi であり, 図 1 に示されるように, 2 本のアンテナを滑走路に対して平行になるように設置している。BS の出力電力はアンテナ 1, アンテナ 2 各々 0.2W である。また, BS とアンテナ間のケーブルロス は 3dB である。また, バッ

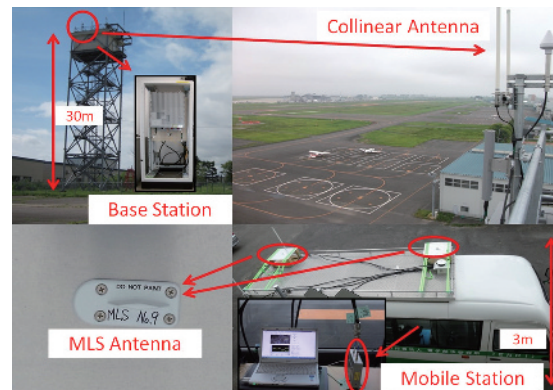


図 1. AeroMACS プロトタイプシステム

クホールシステムは、Home Agent (HA) サーバ、Authentication, Authorization and Accounting (AAA) サーバ、Access Service Network gateway (ASN-GW) サーバ、BS 管理サーバから構成されている。

図2にプロトタイプシステムのブロックダイアグラムを示す。このプロトタイプシステムは5091MHzから5150MHzの周波数で動作し、帯域幅は5MHzである。物理レイヤとMACレイヤの規格は、IEEE 802.16 (Mobile WiMAX) 規格[1]に準拠している。MSは、測定用ノートPCにイーサネットケーブルで接続されている。スループットの測定を行うために、測定用ノートPCとバックホールシステムの先に接続されたアプリケーションサーバとの間でFile Transfer Protocol (FTP) によるファイル転送を行った。測定用ノートPCとアプリケーションサーバのOSはともにWindows 7 Professionalである。走行しながらファイル転送を行い、5秒の間に転送されたファイルサイズからスループットを計算した。同時に、RSSI (Received Signal Strength Indicator)とGPSからの位置情報を取得し、各測定ポイントにおけるスループットとRSSIを記録した。スループットはダウンリンク(BSからMS)方向のみを測定した。AeroMACSシステムは複信方式がTDDのため、アップリンクについてもダウンリンクと同様の傾向を示す。そのため、本実験では、ダウンリンクのみに着目して解析を行った。

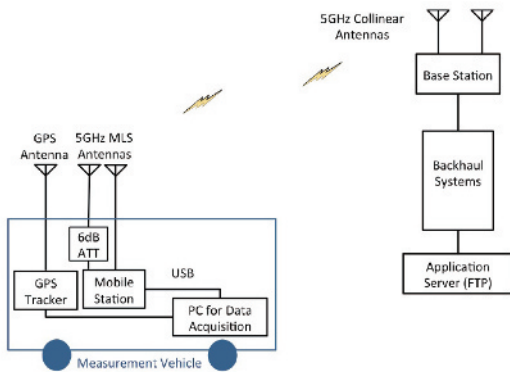


図2. ブロックダイアグラム

3 実験結果と考察

実験では、MSのアンテナ1で測定したRSSI1、アンテナ2で測定したRSSI2、アンテナ1とアンテナ2のCombined RSSIを取得した。本評価では、全体としての性能が重要であるため、Combined RSSIを評価指標として用いる。はじめに、RSSIとスループットの関係について考察を行う。

図3に、各測定ポイントにおけるRSSIを色分けして示した。図中のデータは、測定車で仙台空港の滑走路と誘導路を時速30km/hで走行しながら取得したものである。赤色はRSSIが-72dBm以上であった箇所を示している。黄色はRSSIが-79dBm以上-72dBm未満であった箇所を示している。緑色は、RSSIが-86dBm以上-79dBm未満であった箇所を示している。青色は、RSSIが-86dBm未満であった箇所を示している。ターミナルエリアではRSSIが弱かったために、接続が途切れている様子が分かる。また、再接続までに時間がかかったために、図3の右上の測定点では一部データが欠落した。

図4に、各測定ポイントにおけるスループットを色分けして示した。赤色はスループット

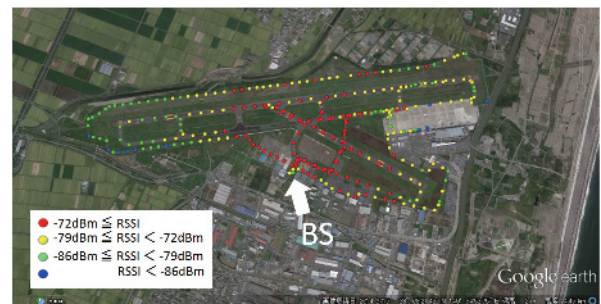


図3. RSSIの評価結果

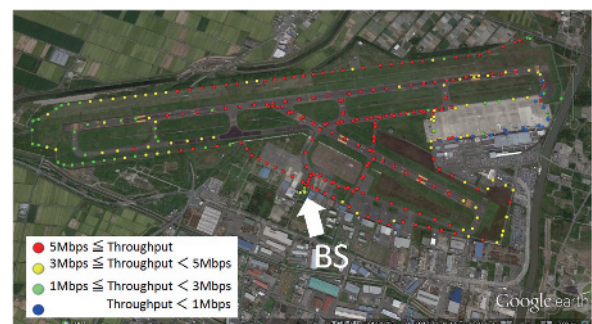


図4. スループットの評価結果

が 5Mbps 以上であった箇所を示している。黄色はスループットが 3Mbps 以上、5Mbps 未満であった箇所を示している。緑色はスループットが 1Mbps 以上、3Mbps 未満であった箇所を示している。青色はスループットが 1Mbps 未満であった箇所を示している。

図 3 から基地局の近くでは RSSI が高いことが分かる。また図 4 よりこれらのエリアではスループットが 5Mbps 以上である様子が分かる。前回、測定器ベースでの評価システムを用いた信号品質調査を実施した[6]。信号品質調査では RSSI と EVM (Error Vector Magnitude) の評価を行い、その結果、RSSI が高いエリアでは 64QAM が復調可能となる EVM 値-23dB が得られることが分かった。これらの結果より、RSSI が高ければ良好な EVM が得られ、結果として 64QAM が復調可能となり、スループットが向上していることが分かる。図 3, 図 4 の結果は前回の EVM 評価結果ともほぼ一致していることが確認できた[6]。

次に、RSSI とスループットの関係をより詳細に解析するために、図 5 にフィールド試験と実験室における直結試験での、RSSI とスループットの関係を示した。直結試験では、BS と MS は固定アッテネータと可変アッテネータをはさみ、RF ケーブルで直接接続されている。直結試験では可変アッテネータの値を調節することで MS の RSSI を変更している。図 5 の横軸は RSSI (dBm)で縦軸はスループット(Mbps)である。図 5 よりこのシステムにおける最大のスループットは 7Mbps 程度であり、RSSI が約-70Bm よりも高い場合に最大スループットを達

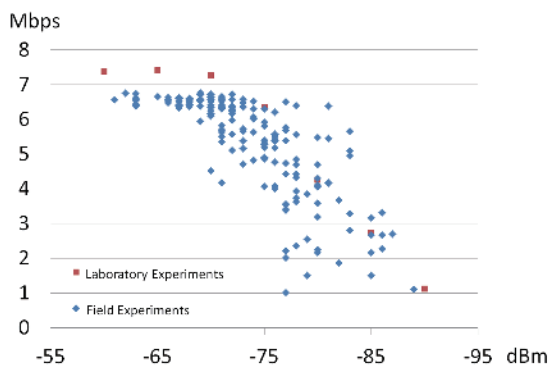


図 5. RSSI 特性

成している様子が分かる。また、RSSI が約-70dBm よりも低い場合にはスループットが低下している様子が分かる。図 5 には、同時にフィールド実験の結果も青色で示している。このフィールド実験の結果は、図 4 で用いたデータと同じである。フィールド実験でのスループットは最大 6.7Mbps 程度であった。同じ RSSI であっても、フィールド実験の結果では、スループットに幅がでているが、おおよその傾向は直結の実験結果と一致しており、空港面においては RSSI が重要な要因であることが分かった。

最後に、プロトタイプシステムの覆域を評価するために、図 6 に変調方式を QPSK-1/2 に固定した場合の RSSI とスループットの関係を示した。図 6 より QPSK-1/2 で通信可能となる RSSI の最小値は-91dBm であることが分かる。RSSI が自由空間損失のみで決定されるとすると、RSSI が-91dBm の場合の BS-MS 間の距離は 8500m となる。よって、この距離が本システムの最大の覆域となる。実際には、自由空間損失以外の要因により覆域は 8500m よりも小さくなると考えられる。

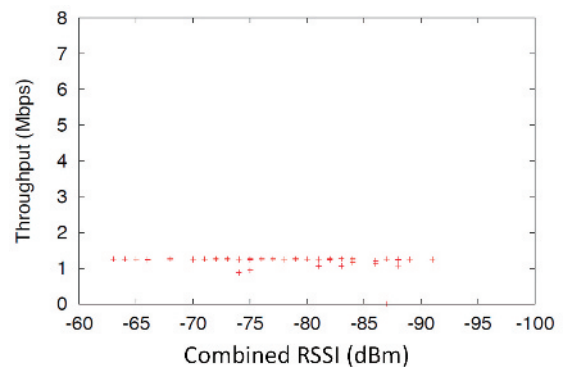


図 6. 覆域評価結果

4 おわりに

本報告では、AeroMACS プロトタイプシステムを用いた基本性能評価結果について報告を行った。フィールド実験結果を解析したところ、空港面においては RSSI がスループットに影響を及ぼす主要な要因となっていることが分かった。今後、実験用航空機に搭載してのフィールド試験等を実施する予定である。

謝辞

実験にご協力いただきました国土交通省東京航空局仙台空港事務所関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] IEEE std 802.16-2009, May 2009.
- [2] G. Bartoli, R. Fantacci and D. Marabissi, "AeroMACS: A New Perspective for Mobile Airport Communications and Services," IEEE Wireless Communications Vol. 20, pp. 44-50, Dec 2013.
- [3] "Communications Operating Concept and Requirements," ICAO Aeronautical Communications Panel #1, Information Paper 5, Oct 2007.
- [4] "Proposals to Amend ANNEX 10 Volume III Concerning AeroMACS," ICAO Communications Panel #1, Working Paper 3, Dec 2014.
- [5] 森岡, 金田, ニッ森, 本田, 河村, 米本, 住谷, "実環境下における AeroMACS 試験信号解析", 電子航法研究所研究発表会 (第13回), pp.31-34, 2014年6月.
- [6] Morioka, Kanada, Futatsumori, Honda, Kohmura, Yonemoto, Sumiya and Asano, "EVM and BER Evaluation of C band New Airport Surface Communication Systems", IEEE International Workshop on Antenna Technology 2014 (iWAT2014), Sydney, Australia, 2014.