

5G時代の新たなソリューション事業を支える無線通信技術

Wireless Communication Technologies for New Solution Business in the 5G World

佐野 達也* 新宮 秀樹*
Tatsuya Sano Hideki Shingu

5Gではさまざまな通信方式が重畳配置されるヘテロジニアスネットワーク（HetNet）構成が検討されており、そのなかで無線LANを含めた運用も検討されている。筆者らは5G HetNet上でサービスが提供される時代を5G時代と定義し、5G時代に当社が取り組むソリューション事業を支える無線通信技術（高密度無線LAN環境の干渉低減技術、高周波数帯のアンテナ設計技術、高精細映像の無線伝送技術）について紹介する。

In the 5G world, a wireless network called “Heterogeneous Network (HetNet)” is composed of various communication systems, and wireless LAN is also included in 5G communication systems. In this paper, we define the world in which some new services are provided on the 5G HetNet as “5G World” and introduce wireless communication technologies for new solutions in the 5G World.

1. 5G時代に向けた無線通信技術

2020年に商用サービス開始となる第5世代移動体通信システム（5G）では、無線LANを含むさまざまな通信方式が重畳される無線ネットワーク構成になるとともに、さまざまなモバイルサービスの実現が検討されている[1]。当社ではB2B事業が5Gの有効な活用領域の1つであるとの考えのもと、例えばエンターテインメント分野やスマートシティ分野では高精細映像を無線伝送する利活用シーンの実現のため、事業エリアを大容量化する高密度無線LANシステムの実現技術や、無線帯域の変動に応じた映像伝送技術を開発している。また5Gの普及には端末の小型化も重要であるとの認識のもと、高周波数帯向けの小型アンテナ設計技術も検討している。本稿ではそれら5G時代の無線技術開発について解説する。

2. 高密度無線LAN環境の干渉低減技術

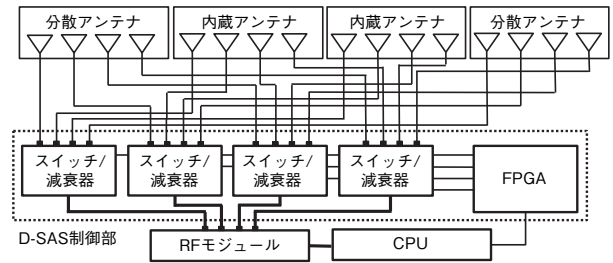
5G HetNet環境においてサービスエリアを大容量化する手段の1つとして、Wi-Fi（注1）AP（Access Point）を集中して設置する高密度無線LANシステムが有望視されている[2]。このシステムでは機器間の電波干渉を抑制することが性能向上のポイントであり、その実現にあたりD-SAS-AP（Distributed Smart Antenna System Access Point）を開発している。

2.1 D-SAS-APの構成

第1図にD-SAS-APの構成を示す。D-SAS-APは16本のアンテナを異なる場所に配置した分散アンテナを搭載し、

（注1） Wi-Fi Allianceの登録商標。

* コネクティッドソリューションズ社 イノベーションセンター Innovation Center, Connected Solutions Company

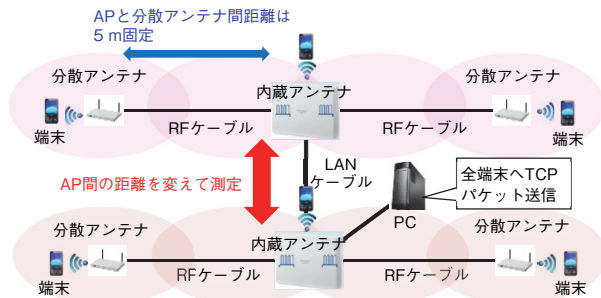


第1図 D-SAS-AP ハードウェア構成
Fig. 1 Hardware structure for D-SAS-AP

APから届く電波の範囲を制御することで干渉を抑制する。さらに端末ごとに使用する最適なアンテナ4本を選択し送信電力を高速に切り替えることで無線信号の到達距離を抑制して隣接セルへの干渉低減を図っており、4 MIMO（Multiple-Input and Multiple-Output）のRFモジュールを備えるAPとして動作する。

2.2 D-SAS-APの性能

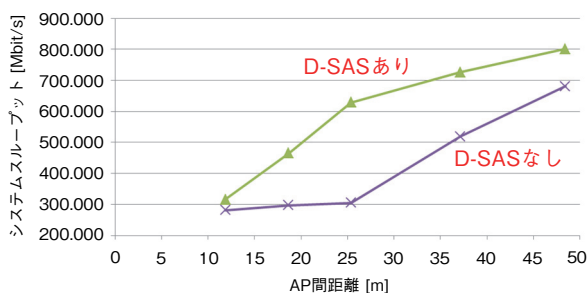
第2図にD-SASの効果検証環境を示す。今回の評価は中小規模スタジアムを想定し、APの置局設計シミュレーションの結果から同一チャネルに設定されるAP間の距離は20m～30mとなることより、AP間の距離を25m前後で



第2図 評価環境（D-SASあり）
Fig. 2 Evaluation environment (with D-SAS)

D-SASの効果を検証した。評価では2台のD-SAS-APを設置、AP本体と分散アンテナに隣接配置した計6台の端末に対し、PCからTCP (Transmission Control Protocol) パケットを送信した際の合計スループットを測定した。また比較対象として、D-SASを用いない従来方式のAPを用いて同様の端末配置で測定を行った。

第3図に評価結果を示す。AP間距離12 mでは両システムとも同等のスループットであった。これは、パケット送信前に観測された受信電力値が一定値を上回ると、他APがシステムを使用中と判定して送信を待機するキャリアセンス機能の影響で、12 mでは従来およびD-SASとも待機状態にあると考えられる。AP間距離が広がると、D-SASの効果でAP間の干渉が軽減され、AP間距離25 mでは従来比200 %以上のシステムスループットを達成した。スタジアムでの評価でも従来比200 %以上のシステムスループットを確認している[2]。今後は、観客の入ったスタジアムで総合的な評価を行い、システムの完成度を高めていく。



第3図 D-SAS適用時の効果

Fig. 3 System throughput in case of D-SAS ON/OFF

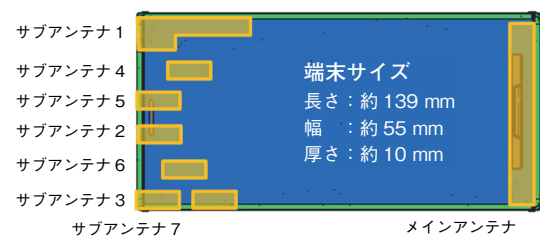
3. 高速通信システムを支えるアンテナ技術

5Gでは大容量通信化のため、新たに4.5 GHz帯や28 GHz帯などの活用が検討されている[3]。また4Gでサポート済みであるがまだ導入端末のない8x8 MIMOも大容量化のための重要な技術と考える。そこで5Gの大容量化のため、スマートフォンサイズの端末で0.7 GHz~3.5 GHz帯の既存の4Gに対応しつつ、新たに4.5 GHz帯にて8x8 MIMOアンテナを導入するための基礎検討を行った。なお、28 GHz帯は周波数が非常に高いために他アンテナとの共用は考えにくいとスコープ外とした。

3.1 アンテナ構成

第4図は検討した8x8 MIMO用アンテナの構成である。メインアンテナ (Main) は端末下端部に、7つのサブアンテナ (Sub_n) は端末上部に配置した。MainとSub_1は0.7

GHz~4.5 GHz帯のマルチバンドに対応し、アンテナ性能確保に有利な端末端部付近に配置した。Sub_2~3は2GHz帯、3.5 GHz帯、4.5 GHz帯に対応し、Sub_4~7は4.5GHz帯のみ対応した。Mainでは、既存周波数帯の性能を維持しつつ4.5 GHz帯の追加が困難であったが、素子の途中にLC定数を装荷した構成で対応した。Sub_1~7は小型化のため素子間隔が非常に狭く、素子間結合によりアンテナ放射性能が劣化した。そこで素子間結合緩和のため、通常は放射性能を考慮し金属と離して配置するアンテナをあえて基板GNDと重なる配置とした。これによりアンテナ単体時の放射性能は劣化したものの、素子間結合が緩和されSub_1~7配置時の放射性能が改善した。

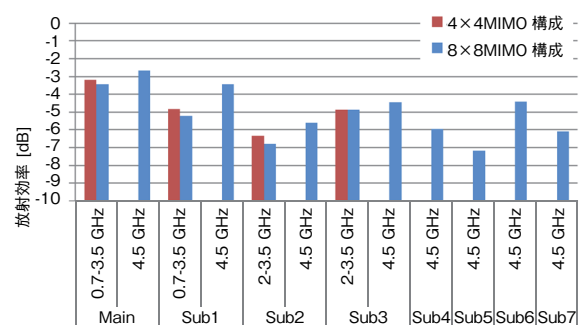


第4図 8x8 MIMOアンテナ構成

Fig. 4 8x8 MIMO antenna design

3.2 アンテナ性能

第5図は自由空間のアンテナの放射効率を示す。メインアンテナは従来 (4x4 MIMO構成[4]) と同等サイズで、既存の0.7 GHz~3.5 GHz帯の性能をほぼ劣化せず、4.5 GHz帯は既存周波数帯の-3.4 dBdより良好な-2.7 dBdとした。サブアンテナは従来比約30 %増のサイズで、4.5 GHz帯は全素子平均で既存周波数帯の-5.4 dBdより良好な-5.0 dBdとした。以上より、スマートフォンサイズの小型端末に4.5 GHz帯対応の8x8 MIMOアンテナを実装し、5Gの大容量通信に対応可能なことを確認した。今後は、さらなる性能向上と、8x8 MIMOアンテナの実伝搬環境でのスループット性能の確認が必要である。



第5図 メインアンテナとサブアンテナの放射効率

Fig. 5 Radiation efficiency of main antenna and sub antenna

4. 5Gによる高精細映像伝送技術

当社では5Gの大容量性を、移動カメラによる撮影映像を無線伝送し高臨場感を実現するリアルタイム映像配信や、公共エリアのリアルタイム映像監視への適用を検討している。より高精細な映像をリアルタイムに途切れなく伝送するには、無線帯域の大きな変動に応じて映像側での出力符号量や解像度の動的制御が必要となる。

4.1 無線通信部と連携した高精細映像伝送技術

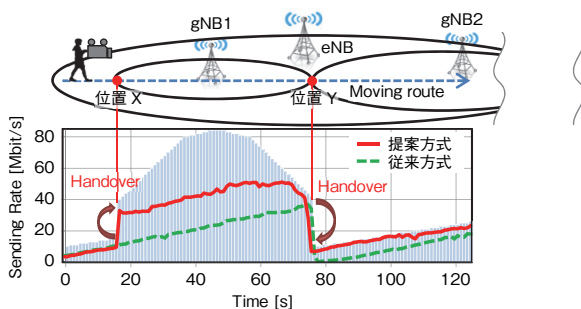
映像伝送には従来からさまざまな輻輳（ふくそう）制御方式が用いられており、その一例にTFRC（TCP-Friendly Rate Control：RFC3448）がある。TFRCは帯域縮小時に映像品質が劣化する恐れがある一方、帯域拡大への追従が非常に遅く瞬時に高精細映像を送送できない問題がある。

5Gの移動環境で生じる帯域変動は数百Mbit/sから数Mbit/sまで短時間で大幅に変化する点で、映像に与える影響が有線環境と比べてより大きい。筆者らはこの5Gの大きな帯域変動に対し不要なパケットロスを抑制し適切に通信帯域を決定するため、通信履歴を端末内に保持し、環境情報（端末の現在位置、曜日／時間帯）に合致する通信履歴から映像伝送帯域初期値を決定し映像伝送を開始する方式を提案した[5]。本方式はネットワークから通知される通信品質情報を必要とせず、アプリケーションとして実現可能なため端末への導入が容易である。

4.2 無線通信部と連携した高精細映像伝送技術

評価時に設定した端末移動モデルと可用帯域の推移、およびその評価結果を第6図、使用する通信履歴データベース（DB）を第1表に示す。

端末が位置Xで低速基地局（eNB）から高速基地局（gNB1）に、位置Yで中速基地局（gNB2）に切り替える通信環境を仮定し、各通信先の滞在時間、可用帯域をグラフのように設定した。また、通信履歴DBが理想的に蓄積されているものと仮定した。従来制御はTFRCとした。



第6図 映像伝送帯域測定結果

Fig. 6 Results of video transmission bandwidth measurement

第1表 通信履歴データベース

Table 1 Communication history database

時刻	曜日	位置	接続先	無線品質	実績値
13:00	月	X	gNB1	-80 dBm	32 Mbit/s
13:00	月	Y	gNB2	-78 dBm	8 Mbit/s

位置XでeNBからgNB1へ切り替わり可用帯域が拡大するが、提案制御では通信履歴DBを参照し位置Xでの過去の実績値を映像伝送帯域初期値として利用するため、従来に比べ可用帯域を有効活用できている。

位置YでgNB1からgNB2へ切り替わり可用帯域が縮小するが、従来は通信帯域が必要以上に劣化するのに対し、提案制御は位置Yでの過去の実績値を利用し事前に通信帯域を調整することで、必要以上の通信帯域低下を回避している。以上より提案制御は5Gの大きな帯域変動に追従し可用帯域を有効活用できることを確認した。

今後は、実環境での評価を進め映像伝送ソリューションへの展開を図っていく。

5. 今後の展望

当社では家電・住宅設備・自動車・B2Bの4つの事業領域のいずれにおいても5Gによる無線通信の高度化が不可欠であるとの認識のもと、通信オペレータやサービスプロバイダとの共同実証試験などをとおして5G通信の大容量かつ高速・低遅延という特長を生かしたソリューション事業の早期実現に向けて研究開発を進めていく。

本開発の一部は総務省の「第5世代移動通信システム実現に向けた研究開発」として実施した。

参考文献

- [1] 総務省, “電波政策2020懇談会報告書,” http://www.soumu.go.jp/main_content/000430220.pdf, 参照 Oct. 20, 2018.
- [2] NTT持株会社ニュースリリース, “スタジアムなどスマートフォン・タブレットが密集する環境でも通信速度を向上させる無線LAN技術を開発,” <http://www.ntt.co.jp/news2017/1710/171019a.html>, 参照 Oct.20, 2018.
- [3] 総務省, “周波数再編アクションプラン（平成29年11月改訂版）,” 別紙1, pp. 15-16, http://www.soumu.go.jp/main_content/000516209.pdf 2018, 参照 Oct. 20.2018.
- [4] 佐野達也 他, “3.5GHz帯4×4MIMO対応端末用アンテナの開発,” 信学総大, BS-1-7, 2016.
- [5] 志水紀之 他, “ヘテロロジーニアスネットワークにおける無線接続先に応じた上り映像伝送制御方式,” 信学ソ大, B-5-27, 2017.