

次世代移動通信システムにおける 携帯端末のキー技術

Key Technologies for Mobile Terminals in Future Wireless Communication Systems

出口 典孝 佐藤 一美 小林 崇裕

■ DEGUCHI Noritaka ■ SATO Kazumi ■ KOBAYASHI Takahiro

次世代移動通信システムでは、高速・大容量通信、及び複数のシステムが統合されたシームレスアクセス環境の実現が期待されている。一方で、システムの進化とともに携帯端末に実装する機能は複雑になり、要求される処理能力や回路規模の増大が避けられない。

これに対し東芝は、MIMO-OFDM (Multiple Input Multiple Output-Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 受信機の信号処理量を削減するグループディテクション技術、及びソフトウェア無線機のソフトウェア処理量を削減する階層化アーキテクチャを開発した。これらは次世代移動通信システムにおける携帯端末の小型化及び低消費電力化を実現する基盤技術となる。

Higher data rates and higher capacity are expected features of the coming next-generation wireless systems. Another expected feature is seamless access to plural systems. On the other hand, mobile terminals for such enhanced systems tend to be complicated.

Toshiba has therefore developed a multiple input multiple output (MIMO) receiver with group detection and layered architecture for a software-defined radio modem that respectively reduce the amounts of digital signal processing and software processing. These technologies achieve reductions in both the complexity and the power consumption of the mobile terminal.

1 まえがき

携帯電話システムは、アナログ方式の第1世代、デジタル方式の第2世代、そしてグローバル化とマルチメディア化を実現した第3世代へと発展してきた。現在も、更なる高速化や高機能化を目指し、次世代移動通信システムへと進化を続けている。東芝は、このような進化とともに携帯端末が複雑になることを考慮し、次世代移動通信システムにおける携帯端末の小型化と低消費電力化を実現する技術を開発してきた。

ここでは、次世代移動通信システムの実現に向けた技術動向とともに、MIMO-OFDM (Multiple Input Multiple Output-Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 技術及びソフトウェア無線技術を例に、次世代移動通信システムにおける携帯端末の基盤技術について述べる。

2 移動通信システムの将来展開及び技術動向

現在の移動通信システムは、第3世代移動通信システムに代表されるセルラー系システムと、無線LANに代表されるLAN系システムに大別でき、それぞれが独自に発展している。現在、それぞれのシステムで、静止環境で100 Mビット/sの伝送速度を実現するための標準化が行われている。将来は、静止環境で1 Gビット/s、移動環境で100 Mビット/sの伝送速度が期待されている。一方で、利用者が常に最適なシス

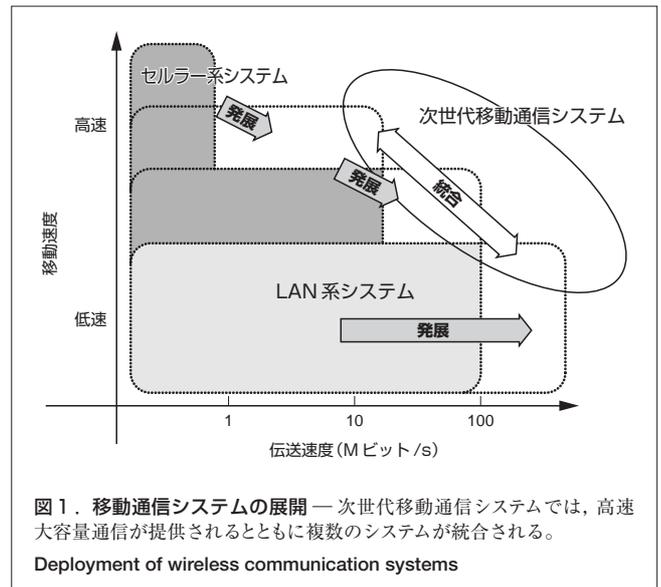
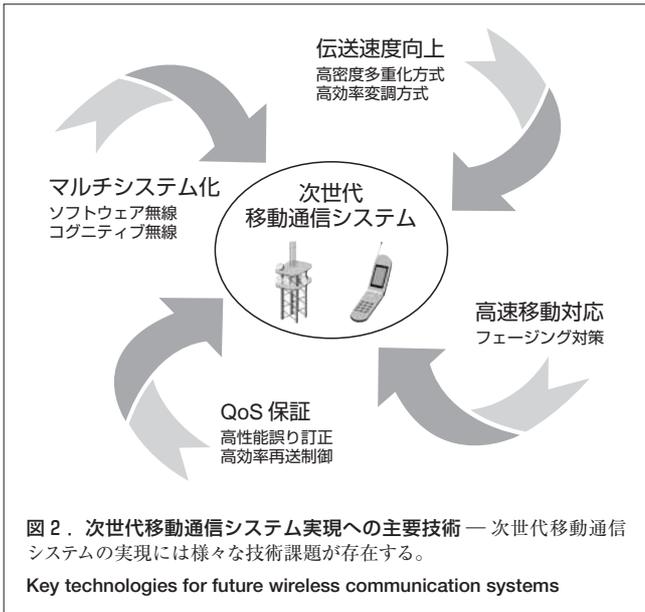


図1. 移動通信システムの展開 一次世代移動通信システムでは、高速大容量通信が提供されるとともに複数のシステムが統合される。
Deployment of wireless communication systems

テムを使用できるように、複数のシステムを有機的に統合することが考えられている(図1)。更に、ネットワークのIP (Internet Protocol) 化が進められ、VoIP (Voice over IP) などを含む多様なサービスの提供が期待されている。

図2は、将来展開に基づく次世代移動通信システムの主要技術を示しており、以下のようにまとめることができる。

- (1) 伝送速度向上技術 限られた周波数資源で伝送速度を向上させるためには、周波数利用効率を高める必



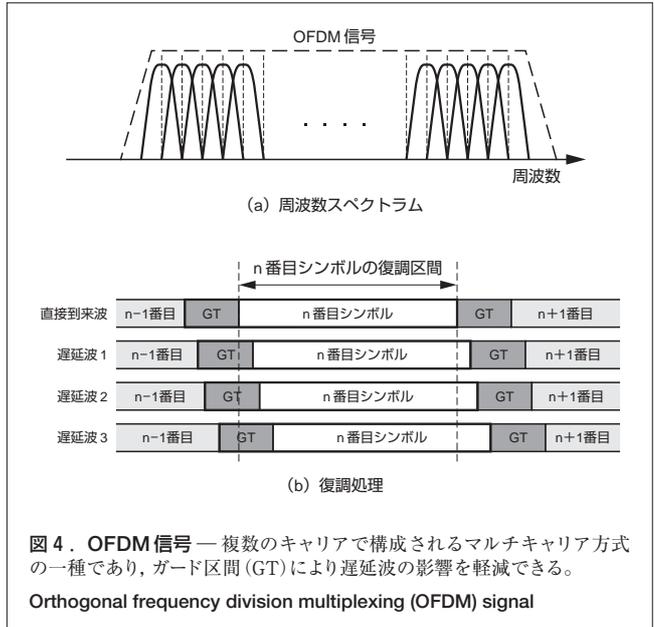
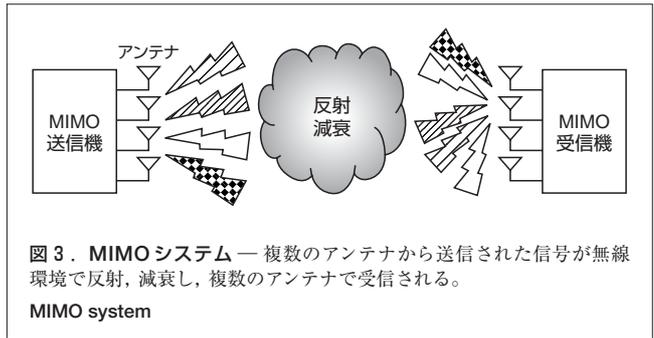
要がある。このため、高密度多重化方式や高効率変調方式などが検討されている。

- (2) 高速移動対応技術 高速移動環境で伝送速度を向上させるために、広帯域通信に影響を与えるマルチパス干渉やフェージング対策技術が検討されている。
- (3) QoS (Quality of Service) 保証技術 多様なサービスを提供するためには、サービスごとに伝送速度、許容遅延、データ誤り率などを保証する必要がある。このため、高性能誤り訂正技術や高効率再送制御技術などが検討されている。
- (4) マルチシステム化技術 複数のシステムを統合するために、ネットワーク制御技術及び対応する端末技術が検討されている。

3 MIMO-OFDM

MIMOとは、複数の送受信アンテナを用いて伝送速度を向上させる技術である。MIMO送信機は複数のアンテナから異なる信号を同一の周波数帯域を用いて同時に送信し、MIMO受信機は複数のアンテナで受信した信号から送信信号を復元する(図3)。無線通信環境では送信された信号が建物などによる反射や減衰の影響を受けるため、受信機の各アンテナで受信した信号は、ひずみを受けた信号が合成されたものになる。したがって、受信信号のひずみを推定して送信信号を復元するアルゴリズムが必要になる。

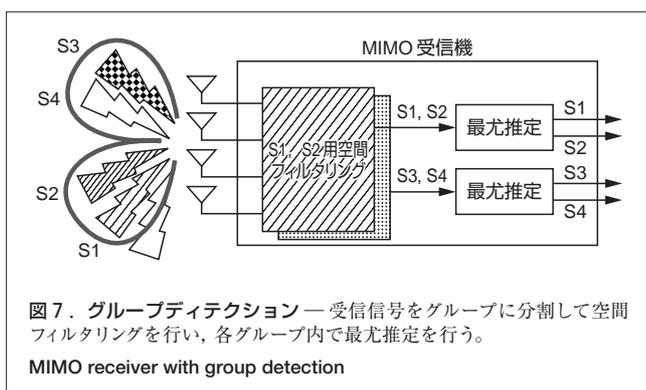
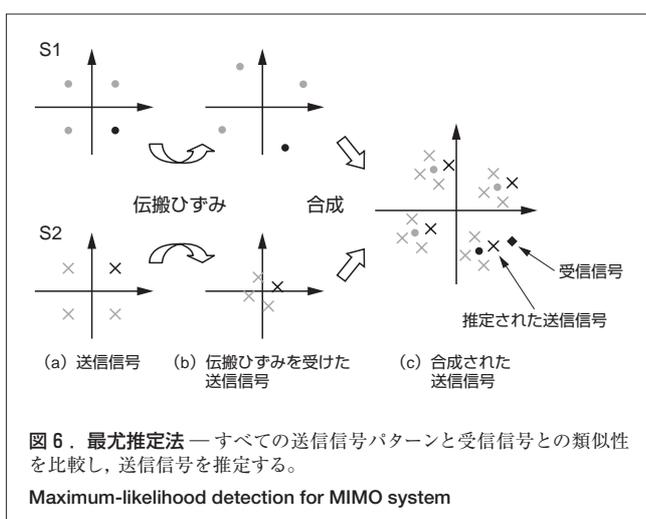
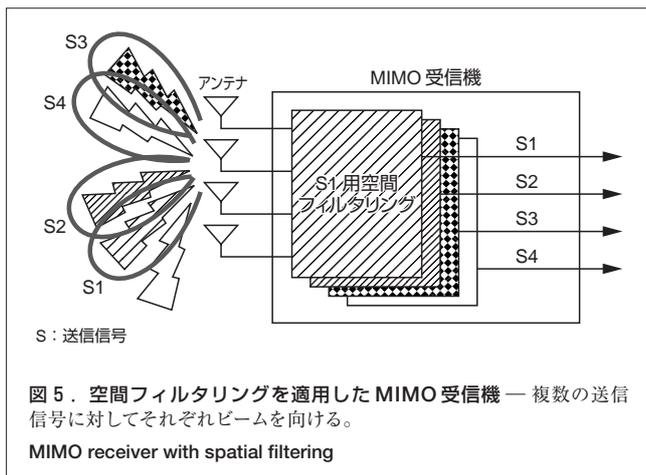
一方、OFDMは既に無線LANなどに用いられている通信方式であり、図4(a)のように複数のキャリアに信号を多重するマルチキャリア通信方式である。シンボルの一部をコピーしたガード区間(GT)を各シンボルの前に付加する



ことにより(図4(b)), 反射して到来する信号の影響を防ぐことができる。このように、OFDMはシンボル間の干渉を防ぐことで受信機のひずみ推定処理を簡素化できることから、MIMOとの親和性が高い。したがって、両者を組み合わせたMIMO-OFDMは次世代移動通信システムの基盤となる技術である。

MIMO受信機で送信信号を復元するアルゴリズムとしては、送信された信号それぞれにビームを向ける空間フィルタリング(図5)や、受信信号から送信された可能性がもっとも高い信号を推定する最尤(さいゆう)推定法(図6)などがある。空間フィルタリングは、信号処理量は少ないものの受信性能が劣化する特徴がある。逆に、最尤推定法は、理論的には最適な受信性能が得られるものの、信号処理量が膨大になる。

最尤推定法では、送信された可能性があるすべての信号パターンと受信信号との類似性を比較するため、アンテナ数を増やすと比較処理演算量が著しく増加し、回路規模が大きくなる。したがって、携帯端末に実装するためには比較処理演算量を大幅に削減する必要がある。



そこで当社は、空間フィルタリングと最尤推定法を組み合わせたグループディテクションを開発した⁽¹⁾。グループディテクションでは、まず送信信号グループに対してビームを向ける空間フィルタリングを行い、それぞれのグループに分離する。そして各グループ内で最尤推定法により送信信号を推定する(図7)。このような階層的な処理により、最尤推定法と比べてわずかに受信性能は劣化するものの、信号処理量

を大幅に削減できる。したがって、回路規模が小さくなることから携帯端末への実装に適した技術と考えられる。

4 ソフトウェア無線技術

次世代移動通信システムにおける携帯端末は、複数のシステムと通信できるよう構成する必要がある。これまでの携帯端末では、無線通信処理モジュールは、アナログ素子、デジタル信号処理ハードウェア及びプロセッサなどで構成されており、システム固有の通信方式や周波数帯域幅によって設計が最適化されている。

複数のシステムに対応する携帯端末では、対応するシステムの種類だけ、各システムに最適化された無線通信処理モジュールと、更にそれぞれを有機的に結合する制御モジュールにより構成することが考えられる。しかし、携帯端末の大型化、高価格化及び消費電力の増大などの問題が避けられない。

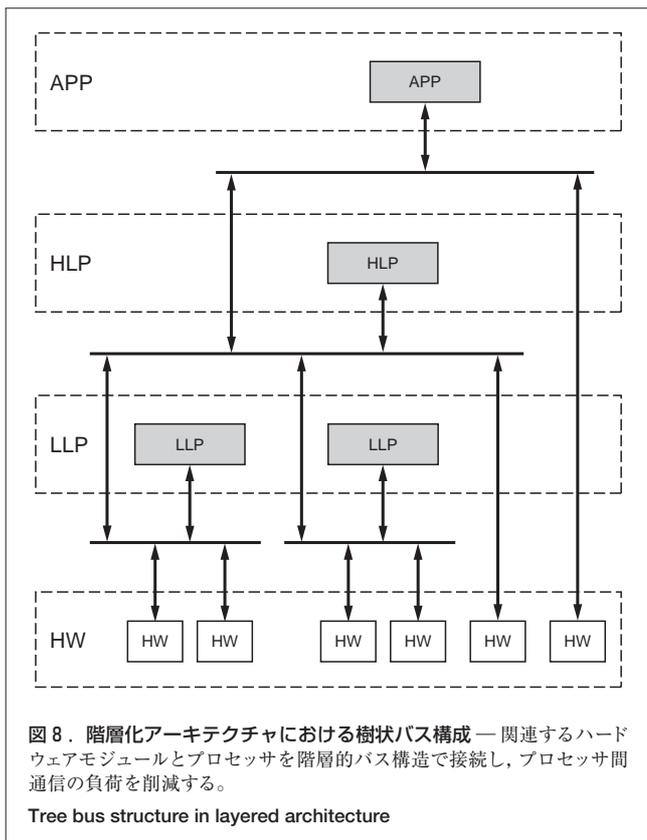
これに対して、ハードウェアで実装していた無線通信処理モジュールの処理をソフトウェアで実装することにより、異なるシステムに柔軟に対応できるソフトウェア無線技術が検討されている。

しかし、ソフトウェアで実装する処理を増やすとプロセッサに要求される処理能力も増大する。例えば、第3世代移動通信システムの携帯端末では、高速かつ多量の信号処理が必要になるため、すべてをソフトウェアで実装すると数千MIPS (Million Instruction Per Second) の処理能力が必要となる⁽²⁾。これにより、プロセッサの消費電力も増大する。

携帯端末の場合、低消費電力化は極めて重要であり、プロセッサ数及び処理能力を必要以上に高めることは好ましくない。したがって、携帯端末で必要な信号処理をすべてソフトウェアで実装することは現実的ではない。

そこで当社は、これらを考え合わせた信号処理モジュールの構成として、一部のハードウェアによる実装を許容し、複数のプロセッサとハードウェアモジュールを階層的にバス接続したアーキテクチャを開発した⁽²⁾。この階層化アーキテクチャにおけるバス構成を図8に示す。開発した信号処理モジュールは、以下に示す4種類の階層構造となっている。

- (1) HW (HardWare accelerator) 要求処理速度がプロセッサの処理能力を超える、又は1ビット単位の演算などプロセッサでは効率が悪い処理を実行する。
- (2) LLP (Low Layer Processor) 無線信号に同期するなど時間拘束性が強い処理を実行する。
- (3) HLP (High Layer Processor) 同時に実行する複数の処理や、制御処理などの条件分岐の多い処理を実行する。
- (4) APP (APplication Processor) 携帯端末のヒュー



マンインタフェースやアプリケーション、通信プロトコルとのインタフェースなどの処理を実行する。

この階層構造に加え、関連が強い、つまりデータ転送が多い複数の処理を、一つのLLPによるソフトウェア処理と複数のハードウェアモジュールに分割し、LLPのローカルバスで接続するアーキテクチャとした。

このような階層構造には、複数のプロセッサとハードウェアモジュールを一つのバスに接続した従来の構成に対して、以下に示す特長がある。

- (1) 複数のローカルバスにデータを分散させるため、各バスのデータ転送速度を低くすることができる。
- (2) データ転送が多い処理をまとめているため、不要なプロセッサ間通信が発生せず、オーバヘッドを減らすことができる。

開発したアーキテクチャでは、各システムに必要なハードウェアモジュールを適切なLLPのローカルバスに接続し、LLPで実行するソフトウェアを必要に応じて変更することにより、複数のシステムに対応することができる。また、HLP又はAPPによって制御することで、複数のシステムを有機的に統合することができる。

先に述べたように、次世代移動通信システムでは100 M

ビット/sを超える伝送速度が期待されており、これを実現するためには100 MHz程度の周波数帯域幅が必要になる。しかし、現在の周波数割当て状況を考えると、このような広い周波数帯域を一つのシステムに割り当てることは困難である。そこで、複数の周波数帯域の使用状況を認識し、使用されていない周波数帯域を一時的に共用するコグニティブ無線技術の検討が開始されている。これにより、限られた周波数資源を有効に利用できる。

コグニティブ無線に対応する携帯端末は、異なる周波数帯域を使うシステムの信号を処理する技術や、周波数帯域の使用状況を認識する技術などにより実現される。したがって、開発した階層構造アーキテクチャのソフトウェア無線技術は、コグニティブ無線を実現する携帯端末にも応用できると考えている。

5 あとがき

次世代移動通信システムの実現に向けた技術動向、及び主要技術であるMIMO-OFDM及びソフトウェア無線技術について述べた。

今後も、高性能、高機能とともに小型、低消費電力が要求される、次世代移動通信システムにおける携帯端末の実現に向けた技術開発を推進していく。

文献

- (1) Aoki, T., et al. "Novel reduced complexity algorithm based on group detection in multiple antenna systems". Proceedings of IEEE PIMRC2004. Barcelona, 2, 9, 2004, p.1444 - 1448.
- (2) 向井 学, ほか. 階層化アーキテクチャによるソフトウェア無線機用モデム. 電子情報通信学会論文誌. **J88-B**, 4, 2005, p.728 - 739.



出口 典孝 DEGUCHI Noritaka

研究開発センター モバイル通信ラボラトリー。
無線通信の研究・開発に従事。電気情報通信学会会員。
Mobile Communication Lab.



佐藤 一美 SATO Kazumi

研究開発センター モバイル通信ラボラトリー研究主務。
無線通信の研究・開発に従事。電気情報通信学会会員。
Mobile Communication Lab.



小林 崇裕 KOBAYASHI Takahiro

研究開発センター モバイル通信ラボラトリー主任研究員。
無線通信の研究・開発に従事。電気情報通信学会会員。
Mobile Communication Lab.