

高性能フェムトセル無線基地局装置

中澤正幸* 岩山哲治**
 中村浄重* 永易孝幸***
 平木啓愛*

High-performance Base Transceiver Station for Femto-cell Wireless Communications Systems

Masayuki Nakazawa, Kiyoshige Nakamura, Hirochika Hiraki, Tetsuharu Iwayama, Takayuki Nagayasu

要旨

近年の携帯電話コンテンツの多様化に伴い、楽曲配信や動画配信、フルブラウザによるインターネットホームページアクセスなど大容量データ通信が増えつつあり、安定した高速通信環境が求められている。そこで、極小セル化による電波の利用効率の向上や有線ブロードバンドの活用によって緻密(ちみつ)な携帯電話サービスが実現できるフェムトセル無線基地局が全世界で注目され、2010年3月時点で(株)NTTドコモを含む、世界7か国9通信オペレータによって商用サービスが開始されている。

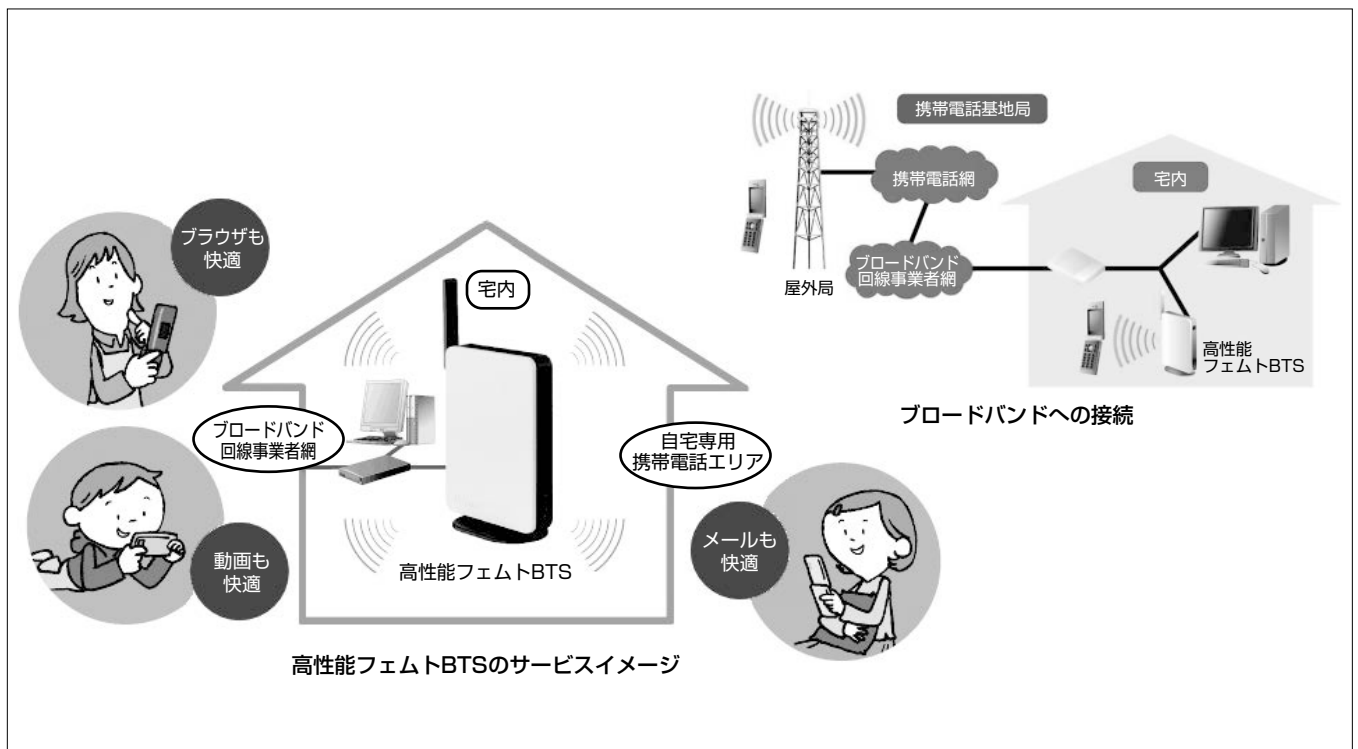
三菱電機は、2007年度に開発したフェムトセル無線基地局装置(従来機)の通信速度“下り(基地局→携帯)3.6Mbps, 上り(携帯→基地局)384kbps”を“下り14Mbps, 上り5.7Mbps”に高速化し、ホームエリアへの設置を容易にするPlug&Play機能や、周辺基地局の電波状況をサーチする機能に対応した高性能フェムトセル無線基地局装置(以下“高性能フェムトBTS”という。)を(株)NTTドコモと共同開

発した。

この装置によって、屋内での通信環境が安定し、動画などの大容量コンテンツのダウンロードが高速パケット通信で可能となる。また、登録者専用の通信エリアを構築できるため、在宅確認などの新たなホームエリア向けサービスの提供も可能となる。

この装置は、専用LSI(Large Scale Integration)の開発によって、高速・高機能でありながら、従来機と同等の12W以下という低消費電力を実現し、放熱構造の最適化によって自然空冷のまま、装置体積で15%減の小型化を実現している。また、家庭のブロードバンド回線に接続するだけで、各種パラメータを自動的に取得するPlug&Play機能に対応しており、ホームユースでも煩雑な設定作業なしに容易に設置可能である。

今後は、家電製品との連携などを実現するホームエリア向けの新しいサービスへの発展に貢献していく。



高性能フェムトBTSのサービスイメージとブロードバンドへの接続

今回開発した高性能フェムトBTSによって、これまでどおり不感エリアの解消を進めるとともに、家庭内の通信環境を安定的に形成することによって、ますます大容量化する動画や音楽コンテンツの快適な視聴が可能となる。ブロードバンドに接続するだけで、各種パラメータを自動的に取得するPlug&Play機能によって、煩雑な設定作業なしに運用でき、簡易に設置が可能となった。低消費電力化や放熱構造の最適化によって、容量1リットル以下、重さ600グラム以下を実現した。

*コミュニケーション・ネットワーク製作所 **情報技術総合研究所 ***同研究所(工博)

1. ま え が き

近年の携帯電話コンテンツの多様化に伴い、従来のメール送受信のような小容量データ通信に加え、楽曲配信や動画配信、フルブラウザによるインターネットホームページアクセスなど大容量データ通信が増えつつあり、安定した高速通信環境が求められている。そこで、フェムトセル無線基地局による通信環境の改善が注目されている。

このフェムトセル無線基地局の円滑な導入や活用に向け、2008年10月には電波法改正によって免許申請手続きが簡易化され、また同年12月には事業者間の運用ガイドラインが公表されるなど、国内の運用環境が整備された。

当社は、2007年度に開発したフェムトBTS⁽¹⁾⁽²⁾の通信速度“下り(基地局→携帯)3.6Mbps、上り(携帯→基地局)384kbps”を“下り14Mbps、上り5.7Mbps”に高速化し、ホームエリアへの設置を容易にするPlug&Play機能に対応した高性能フェムトBTSを(株)NTTドコモと共同開発した⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾。この装置は、不感エリアを解消するための従来機能を維持しつつ、ホームエリア向けサービスに必要な新機能にも対応しており、2009年11月から、(株)NTTドコモの“マイエリア^(注1)”サービス専用フェムトセル小型基地局として販売されている⁽⁶⁾。

本稿では、高性能フェムトBTSのシステム構成と各部の特長を述べる。なお、本稿で使用する略語一覧を表1に示す。

(注1) マイエリアは、(株)NTTドコモの登録商標である。

2. システム概要

高性能フェムトBTSは、従来機と比較して、通信速度の高速化及びPlug&Play機能を実現している。通信速度については、HSPA技術を採用し、送信速度で約4倍、受信速度で約15倍の高速化を図っている一方、LSI化などの技術を採用することによって、従来機と同等の消費電力、装置体積で15%減の小型化を実現した。

表1. 本稿で使用する略語一覧

略語	意味
BTS	Base Transceiver Station (携帯電話無線基地局装置)
HSPA	High Speed Packet Access
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
ICMP	Internet Control Message Protocol
IP	Internet Protocol
IPsec	Security Architecture for Internet Protocol
LSI	Large Scale Integration
MAC	Medium Access Control
PPPoE	Point-to-Point Protocol over Ethernet
RNC	Radio Network Controller
USIM	Universal Subscriber Identity Module (携帯事業者との契約情報を記録したICカード)

2.1 主要諸元

高性能フェムトBTSの主な仕様を表2に示す。フェムトセルサービスに必要な機能を厳選することによって、各構成部を1枚の基板上に実装し、従来機に対して、装置体積で15%減の小型化を実現した。また、専用LSIなどの開発による低消費電力化を進めることで、高機能化を達成しつつ、ホームユースに要求される冷却ファン/フィンレスの基地局を実現した。

2.2 特 長

(1) HSPAの最高伝送速度に対応

3.5世代規格に準拠したHSPAのデータ伝送の最高伝送速度“下り14Mbps、上り5.7Mbps”に対応しており、音楽や動画データを快適に視聴可能。

(2) Plug&Play機能によって設置が容易

Plug&Play機能に対応しており、家庭のブロードバンド回線に接続するだけで、各種パラメータを自動的に取得するため、ホームユースでも煩雑な設定作業なしに容易に設置可能。

(3) 小型・低消費電力

図1に高性能フェムトBTSの外観を示す。専用LSIの開発やMACスケジューラ等のアルゴリズムの工夫によるCPU(Central Processing Unit)処理負荷軽減によって、高速・高機能でありながら、従来機と同等の低消費電力を実現した。また、放熱構造の最適化によって自然空冷のまま、装置体積で15%減の小型化を実現した。

表2. 主要諸元(ハードウェア)

項目	高性能フェムトBTS	従来機
通信方式	W-CDMA	W-CDMA
周波数帯域	2 GHz帯	2 GHz帯
送信出力	20mW	20mW
装置構成	筐体一体型(自然空冷)	筐体一体型(自然空冷)
大きさ	H180×W135×D35mm (85lcc) *アンテナ、ネジなどの突起を除く	H184×W135×D40mm (99lcc) *アンテナ、ネジなどの突起を除く
質量	約600g	約600g
キャリア/セクタ数	1キャリア/1セクタ	1キャリア/1セクタ
ユーザー数	4	4
伝送路インタフェース	IP(10BASE-T/100BASE-TX)	IP(10BASE-T/100BASE-TX)
通信速度	基地局→携帯	最大14Mbps (HSDPA)
	携帯→基地局	最大5.7Mbps (HSUPA)
消費電力	12W以下	12W以下
Plug&Play機能	あり	なし

W-CDMA: Wideband Code Division Multiple Access



図1. 高性能フェムトBTSの外観

3. 高性能フェムトBTSを支える主要技術

ここでは高速処理・低消費電力化を実現するために、高性能フェムトBTSで採用した技術について述べる。

3.1 小型・低消費電力

HSPAの下り14Mbps／上り5.7Mbpsの高速伝送，同時4ユーザー送受信に対応した変／復調処理，誤り訂正処理，無線部制御処理を，独自の回路圧縮技術によって1チップLSI化した。LSI内部にCPUを搭載し，複雑な処理や制御を分散して処理させることで，HSPAに対する柔軟な制御と，回路簡易化による回路圧縮を実現した。また，内部CPUのプログラムは遠隔で更新可能であり，今後の機能拡張への柔軟な対応も可能とした。図2に開発したLSIの外観を示す。

この専用LSIの開発や無線部の小型化によって，従来と同等の低消費電力を維持している。さらに放熱構造の最適化による冷却ファン／フィンレス設計を推進し，装置体積で従来機に対して15%減の小型化を実現した。

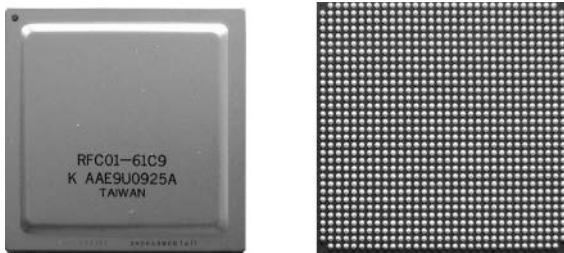


図2. 高速通信処理LSI

3.2 高速通信処理技術

高性能フェムトBTSでは，HSPA対応によって増加したデータを高速に処理するために，U-plane(ユーザー)データは，専用LSIを中心としたハードウェアのみで処理している。一方，複雑なシーケンスを伴うC-plane(制御)データはCPUで処理する構成を採用している。これによってU-planeデータは処理遅延の少ない高速処理を実現し，かつCPU処理負荷も削減している。図3に高性能フェムトBTSのブロック図を示す。

3.3 Plug & Play機能

高性能フェムトBTSは，手軽で安価に利用できる一般ブロードバンド回線を介したバックボーン接続に対応するため，家庭のブロードバンド回線に接続するだけで，各種パラメータを自動的に取得するPlug&Play機能を搭載した。これによって，ホームユースに要求される，煩雑な設定作業のない，容易な設置を実現している。また一般ブロードバンド回線における安全性及び信頼性を確保するため，次のプロトコルをサポートしている。

- (1) IPsec(IETF RFC4306ほか)
- (2) PPPoE(IETF RFC1661, RFC2516ほか)
- (3) USIM(ISO/IEC7816ほか)

次に，高性能フェムトBTSの一般ブロードバンド回線を介したネットワーク接続形態を図4に示す。高性能フェムトBTSがサポートするインタフェースはイーサネット^(注2)であり，一般ブロードバンド回線の回線終端装置を介して，PPPoEでRNC側と接続される。高性能フェムトBTSとRNC側のIPsecルータ間はIPsecで暗号化され，インターネ

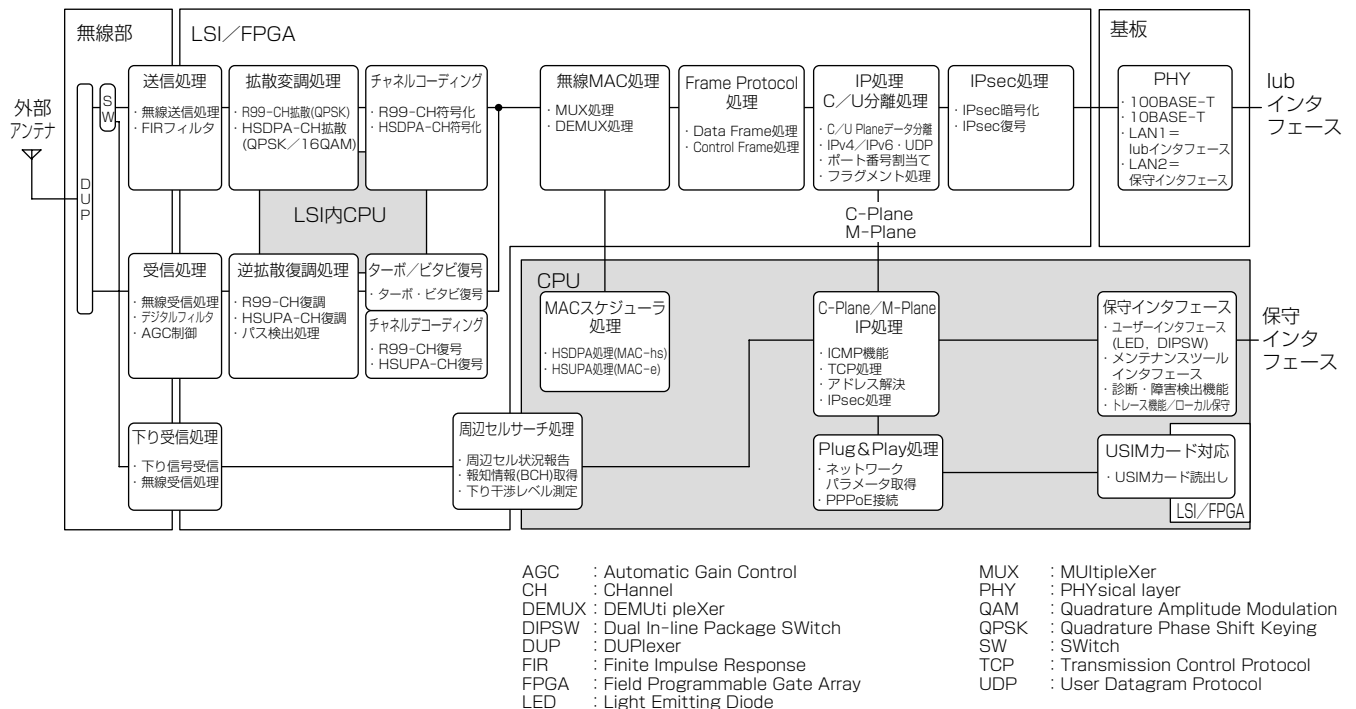


図3. 高性能フェムトBTSのブロック図

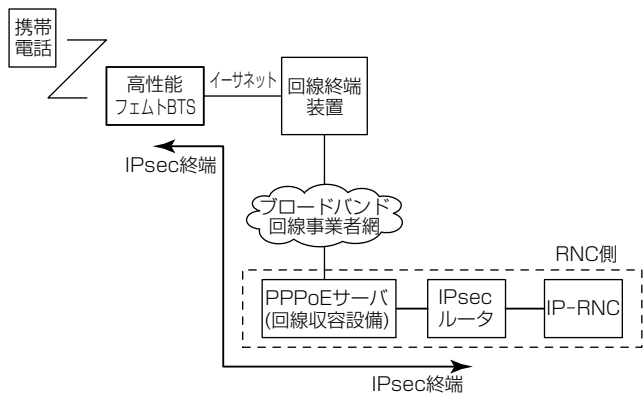


図4. 一般ブロードバンド回線によるネットワーク接続形態

ット上での秘匿性を確保している。装置認証にはUSIMに記憶された契約情報が使用される。

(注2) イーサネットは、富士ゼロックス株の登録商標である。

3.4 周辺セルサーチ機能

フェムトBTSの設置によって、既存の基地局との間で電波干渉が発生し、既存基地局のエリアを狭めてしまう懸念がある。そこで、既存基地局への影響を最小限に抑えるために、周辺の基地局の電波状況を基にフェムトBTSで使用する周波数や拡散コード、送信電力を決定する必要がある。そのため高性能フェムトBTSは、周辺の基地局の電波状況を観測する機能を備えている。

周辺セルサーチは、携帯電話との通信を実施していない時間に行うことを想定しているため、通信用の回路とセルサーチ用の回路を共用することで、回路規模やCPU処理負荷を増加させることなく実現している。

3.5 保守機能

高性能フェムトBTSは、運用開始後にシステムの機能追加や修正に対応するため、ネットワーク経由で制御プログラムを更新できる機能を備えている。また、ネットワーク経由で高性能フェムトBTSの内部状態信号をモニターすることも可能な構成となっており、障害などの発生時にも遠隔で対応が可能な仕組みとなっている。

4. むすび

ホームエリアで携帯電話によるHSPA仕様の高速通信を実現する高性能フェムトセル無線基地局装置について、(株)NTTドコモと共同開発した製品の特長について述べた。

今後は、更なる小型・低消費電力化や、LTE (Long Term Evolution) 規格対応フェムトBTS⁽⁷⁾の開発にも取り組んでいく。また、ホームネットワークの発展に伴い、宅内機器に内蔵される様々な通信端末機器間の連携や、端末機器と宅外ネットワークとの連携⁽⁸⁾が更に加速すると考えられており、これらと高性能フェムトBTSの連携も検討していく。

参考文献

- (1) フェムトセル用W-CDMA超小型基地局装置, 三菱電機技報, **82**, No.1, 25 (2008)
- (2) 渡辺貴之, ほか: フェムトセル用超小型基地局装置の開発, NTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル, **16**, No.2, 61~65 (2008)
- (3) 高性能フェムトセル無線基地局装置, 三菱電機技報, **84**, No.1, 17 (2010)
- (4) 寺山武志, ほか: 家庭内における新たなサービスを提供するフェムトセル技術, NTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル, **17**, No.4, 19~25 (2010)
- (5) 青山幸二: NTTドコモのフェムトセルサービスの取組み, 電気通信, 13~20 (2010)
- (6) 三菱電機フェムトセルホームページ
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/femtocell/>
- (7) 塚本 薫, ほか: LTEフェムトセル基地局用マルチユーザMIMO性能検証装置の試作, 電子情報通信学会総合大会, B-5-2 (2010)
- (8) 3rd Generation Partnership Project: Technical Specification Group Services and System Aspects; Local IP Access and Selected IP Traffic Offload (Release 10); 23.829 (2010)