

次世代移動通信W-CDMA用干渉除去技術

Interference Cancellation Techniques for Next Generation Mobile Communications W-CDMA

あらまし

マルチメディア移動通信への需要に対応するために、次世代移動通信システムの研究開発が各国で行われている。新たな周波数である2GHz帯を利用するこのシステムでは、国際ローミングや、2Mbps程度までのマルチメディアサービスの提供を可能とすることなどが求められている。日本からは、システム容量が大きく、低速から高速まで多様な通信を効率よく実現できるW-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access)方式が提案されている。このW-CDMA方式では、各ユーザに割り当てられる拡散符号の相互相関によって生じる干渉が加入者容量を決める要因となるため、干渉キャンセラやアダプティブアレイアンテナなどの干渉除去技術が注目されている。

本稿では、初めにW-CDMAの技術と標準化の動向を述べ、つぎに著者らが提案しているパーシャル干渉キャンセラとアダプティブアレイアンテナを紹介し、終わりに得られた特性の評価結果を述べる。

Abstract

A next-generation mobile communication system has been studied in various regions to satisfy the demands of multimedia mobile communications. This new system, which uses the 2 GHz band, must provide an international roaming and multimedia service having a bandwidth of up to 2 Mbps.

The Wideband Code Division Multiple Access(W-CDMA) system, which can achieve a large system capacity and efficient communication at transmission speeds ranging from low to high, has been proposed from Japan. In the W-CDMA system, the interference caused by cross-correlation of spreading codes assigned to individual users is the dominant factor restricting the channel capacity. To reduce this interference, interference cancellation using interference cancellers and adaptive array antennas are becoming important technologies.

This paper first describes the W-CDMA technologies and standardization activities and then introduces the partial interference cancellers and adaptive array antennas that we propose. This paper also evaluates the measured characteristics of these cancellers and antennas.



田中良紀(たなか よしのり)

1983年横浜国立大学工学部電気工学科卒。同年(株)富士通研究所入社。1983～1995年デジタル変復調技術、デジタル信号処理技術、音声符号化技術などの研究・開発、1996年より移動通信システムの研究・開発に従事。
ネットワークシステム研究所無線システム研究部



斉藤民雄(さいとう たみお)

1984年長岡技術科学大学大学院電子機器工学専攻修士課程了。同年(株)富士通研究所入社。1984～1995年マイクロ波・ミリ波回路の研究・開発、1995～1996年ソフトウェアエージェントのセキュリティ応用の研究・開発、1997年より移動通信システムの研究・開発に従事。
ネットワークシステム研究所無線システム研究部



武田幸雄(たけだ ゆきお)

1974年慶應義塾大学大学院工学研究科修士課程了。同年(株)富士通研究所入社。以来無線通信・移動通信の研究開発に従事。その間1981年度電子通信学会学術奨励賞受賞。
ネットワークシステム研究所無線システム研究部

ま え が き

今後大きな伸びが予想されるマルチメディア移動通信への需要に対応するために、次世代移動通信システムであるIMT-2000(International Mobile Telecommunications-2000)の研究開発が各国で行われている。現在利用されているデジタル方式の移動通信では複数の異なる規格が運用されており、これがユーザの利便性を損なう結果となっている。この反省から、IMT-2000では相互ローミング可能な世界統一方式の策定を目指してITU-R(International Telecommunication Union - Radio communication sector)で標準化が進められている。2 GHz帯を利用するIMT-2000システムへの要求条件としては、国際ローミングや、2 Mbps程度までの高速マルチメディアサービスの提供を可能とすることなどが求められている。日本および欧州は、システム容量が大きく、低速から高速まで多様な通信を効率よく実現できる方式として、W-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access)方式を提案している。

このW-CDMAは、各ユーザが異なる拡散符号を用いて通信を行うことによりチャネル分離を行う方式であるが、割り当てられる拡散符号間の相互相関によって生じる他チャネルからの干渉がシステムの加入者容量を制限する大きな要因となっている。そのためこの干渉を低減できれば、さらに容量を増大させることができるため、干渉キャンセラやアダプティブアレイアンテナなどの干渉除去技術が注目されている。

本稿では、初めにW-CDMAの技術および標準化の動向を述べ、つぎに著者らが提案しているパーシャル干渉キャンセラとアダプティブアレイアンテナを紹介し、得られた特性の評価結果を述べる。

次世代移動通信システム

● IMT-2000の標準化

IMT-2000は2001年より最初の商用化が開始される次世代移動通信システムであり、ITU-Rにおいて1985年より標準化が進められてきた。無線伝送方式については、これまで欧州、北米、韓国、日本など各地域の標準化機関で標準化が進められてきた。日本においては主として無線技術を電波産業会(ARIB)で、ネットワーク関係を電信電話技術委員会(TTC)で行っている。ITU-Rは1998年6月に提案を締め切ったが、地上系だけでも10種類の規格の提案が行われた。しかしその後、グローバルな統一標準作成を行うことを目的として1998年12月に発足した3GPP

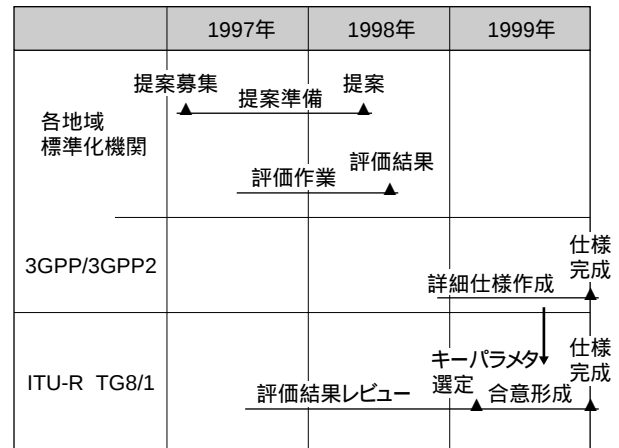


図-1 IMT-2000標準化スケジュール
Fig.1-Standardization schedule of IMT-2000.

表-1 W-CDMA方式の主要諸元

項 目	仕 様
帯域幅	1.25/5/10/20 MHz
チップレート	1.024/4.096/8.192/16.384 Mchip/s
基地局間同期	非同期/同期
フレーム長	10 ms
変調方式(上り/下り)	BPSK/QPSK(データ) QPSK/QPSK(拡散)
チャネル符号化	畳み込み符号(K=9), ターボ符号(K=4)
拡散符号	短周期符号と長周期符号を用いた2重拡散
検波方式	パイロットシンボルを用いた同期検波
送信電力制御	SIRベース適応閉ループおよび開ループ制御

(3rd Generation Partnership Project)において、W-CDMA方式をベースとした統一仕様作成が進められている。同じCDMA技術を用いた北米提案のcdma2000方式をベースとした仕様作成は3GPP2において進められている。ITU-RにおけるIMT-2000標準化スケジュールを図-1に示す。

● W-CDMA方式の概要と課題

W-CDMA方式はスペクトル拡散変調方式を用いた通信方式で、各ユーザに固有の拡散符号を割り当て、受信側で自己の符号と照合することによってチャネル分離を行う。隣り合うセルにおいて同一の周波数を使用することができるため、セル配置の柔軟性が高いという特長を持つ。現在IMT-2000として開発中のW-CDMA方式の主要諸元を表-1に示す。以下にW-CDMA方式の主な特長を述べる。

最大2 Mbpsまでの通信を効率良く伝送することを考慮して4とりのチップレートが設定されている。基地局間の同期方式については、非同期、同期の両モードをサポートしている。非同期システムは同期システムと比較して端末における初期同期手順が多少複雑になるが、

GPS(Global Positioning System)などを用いて基地局間で同期をとる必要がないため、地下街や屋内などGPSの電波が届かない場所でのサービスが容易となる利点がある。

パイロット信号の個別チャンネルへの多重化は、上りはI/Q多重方式、下りは時間多重方式を用いている。下りにおいても各個別チャンネルごとにパイロット信号を付加することにより、後述する容量増加に有効な技術であるアダプティブアレイアンテナの適用が容易となる利点がある。

W-CDMA方式は、種々の伝送レートを扱うマルチメディア通信の実現に適したシステムである。しかし、前述したように、チャンネル間の干渉が大きく、これが加入者容量を制限する大きな要因となっているため、加入者容量の増大には、これらの干渉をいかに抑圧するかが重要な課題となる。また動画伝送などの高速伝送を端末が行う場合には高い送信電力が必要になるため、バッテリーの消耗が問題となる。伝送品質を維持しながらできるだけ端末の送信電力を下げる目的においても、これら干渉抑圧技術は有効である。

W-CDMA 用干渉キャンセラ

あるユーザの信号を復調する際に、受信信号に含まれるほかのユーザからの信号が干渉信号となる。基地局では受信すべきすべてのユーザの拡散符号を知っているため、いったん各ユーザの信号を復調することにより干渉信号の複製(レプリカ)を生成する。この干渉レプリカを受信信号から差し引くことにより干渉を抑圧できる。このようにして干渉を抑圧した受信信号を用いて、再度復調を行うことにより各ユーザの信号を再生する。上述した処理を複数回繰り返すことにより、干渉抑圧特性を向上することが可能であるが、回路規模が大きくなるという問題がある。今回、後述の軟判定技術を用いて干渉レプリカ生成精度を高める工夫をすることにより、1回の処理により干渉抑圧を行う1ステージ構成を採用している^{(1),(2)}。この干渉キャンセラの構成を図-2に示す。また、以下に著者が提案する技術の特長を述べる。

(1) 小さい処理遅延

伝送路特性の推定法を改良することにより、処理遅延のない伝送路特性推定を実現した。これにより、干渉キャンセラ全体の処理遅延を小さく抑え、送信電力制御遅延の増加による特性劣化を抑えている。

(2) 信頼度に応じた干渉レプリカの生成

干渉レプリカの生成に軟判定技術を用いることにより、受信信号の信頼度(瞬時の信号対干渉電力比)に応じたレプリカ生成を可能とし、低い信号対干渉電力比にお

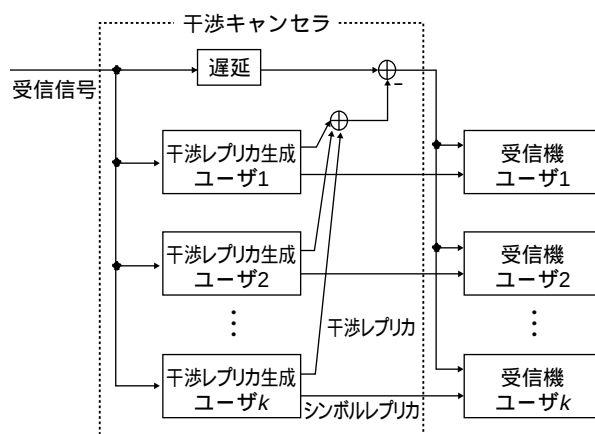


図2 干渉キャンセラの構成
Fig.2-Structure of interference canceller.

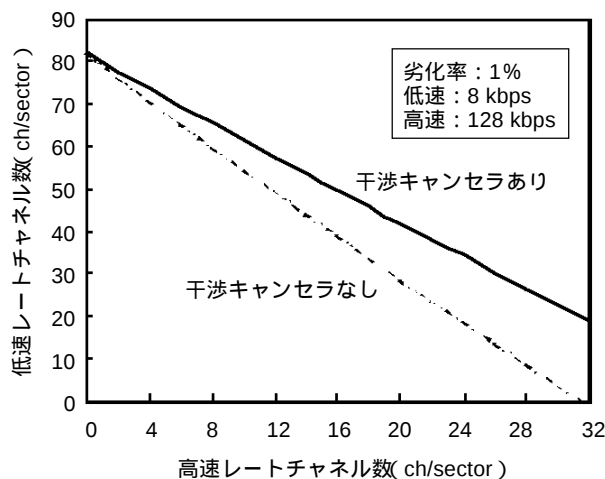


図3 干渉キャンセラのチャンネル容量特性
Fig.3-Channel capacity with interference canceller.

ける干渉抑圧特性を向上させている。

(3) パーシャル干渉除去技術⁽³⁾

基地局において、すべてのチャンネルの干渉レプリカを生成しこの干渉を除去することにより、大きな干渉抑圧特性が得られる。しかし、チャンネル数が大きくなると回路規模が大きくなり、かえって必要なチャンネル数を実装できなくなるといった問題が生ずる。限られたチャンネル数の干渉キャンセラを用いて、大きな干渉源となる高速レートチャンネルからの干渉を優先的に除去する。これにより、回路規模およびコストを低減できた。

シミュレーションにより求めた、上りリンクのチャンネル容量特性を図-3に示す。条件として、音声チャンネル(8 kbps)と高速データチャンネル(128 kbps)が混在する環境において、高速データチャンネルの干渉のみをパーシャル干渉キャンセラにより抑圧する場合の特性評価を行っ



図-4 干渉キャンセラ試作装置
Fig.4-Testbed of interference canceller.

た。干渉キャンセラを適用することにより、上りリンクチャンネル容量を約1.2倍に増やすことができる。

上記提案方式を用いて干渉キャンセラの実験装置を開発し、その特性を評価している。実験装置の外観を図-4に示す。

アダプティブアレイアンテナ

アダプティブアレイアンテナは、複数の素子アンテナを並べたアレイアンテナの指向性を適応的に形成することにより、希望局の方向に狭ビームを向けて送受信を行う技術である。アダプティブアレイアンテナを用いた基地局の構成を図-5に示す。上りリンクにおいては、各素子アンテナにおける受信信号を重み付け合成した信号を用いて復調することが特徴である。この重み係数は、適応アルゴリズムを用いて合成後の信号の信号対干渉電力比が最小となるように逐次制御される。これにより、希望信号の到来方向にアンテナの高い利得が、また干渉電力の大きい方向に低い利得のビームパターンを形成できる。このように最適なビームパターンを適応的に形成することから、アダプティブアレイアンテナと呼ばれる。

一方、下りリンクに用いる送信ビームパターンとして、上り受信信号から求めた対象とする移動局からの信号の到来方向に最大利得となるビームを形成する。上りリンクと下りリンクではキャリアの周波数が異なるため、上りで用いた重み係数をそのまま用いることができない。そのため、周波数の違いに依存しない信号の到来方向情報のみを用いて送信ビームを制御している。

上りリンクチャンネル容量特性を図-6に示す。4素子アダプティブアレイアンテナを用いることにより、通常の

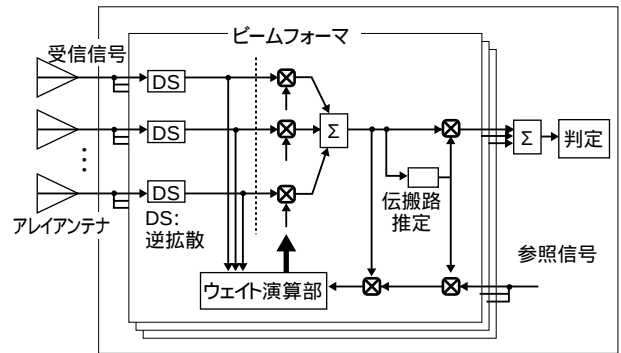


図-5 アダプティブアレイアンテナを用いた基地局の構成
Fig.5-Base station with adaptive array antenna.

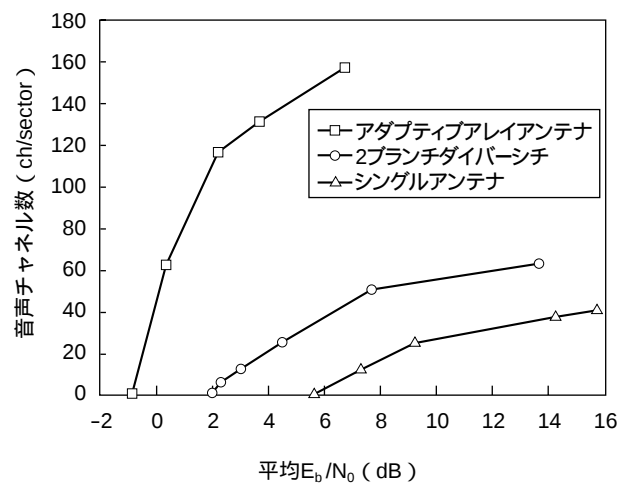


図-6 アダプティブアレイアンテナのチャンネル容量特性
Fig.6-Channel capacity with adaptive array antenna.

2ブランチダイバーシチ受信の容量と比較して、約2倍のチャンネル容量が得られる。一方、下りリンクについては、通常1アンテナでの送信を行うため、4素子アダプティブアレイアンテナを用いて送信することにより、約4倍の容量が得られる。

アダプティブアレイアンテナについても試作装置を開発し、特性評価を行っている。試作装置で用いている4素子アレイアンテナの外観を図-7に示す。

む す び

次世代移動通信方式として日本が提案しているW-CDMA方式に適用し、加入者容量を更に増大させることができる干渉キャンセラ、およびアダプティブアレイアンテナを提案し、その概要を紹介した。干渉キャンセラでは、高速通信ユーザからの大きな干渉に着目し、優先的にこれらを削減することで、キャンセラユニットの実装数を大きく削減できることを示した。容量改善効果

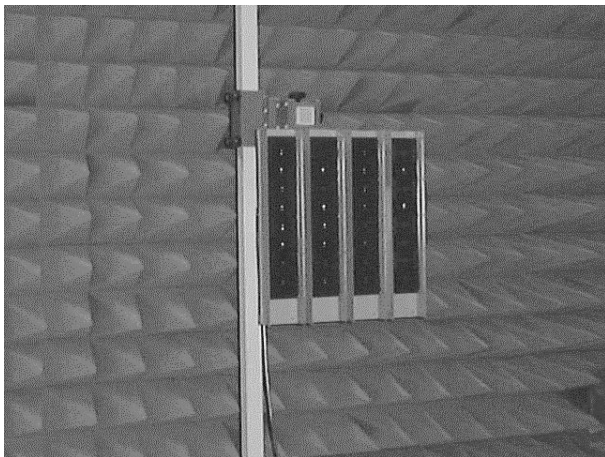


図-7 4素子アレイアンテナ
Fig.7-4-element array antenna.

は、伝搬条件や種々のパラメタに依存するが、実際と同じマルチセル環境において、約1.2倍に容量を増大できる

ことを示した。また、4素子のアダプティブアレイアンテナを採用することで、約2倍の容量改善が得られることを示した。今後は、これらの評価結果を基に、実際のシステムへの導入を実現させていきたい。

参考文献

- (1) H. Seki, T. Toda and Y. Tanaka : Low Delay Multistage Parallel Interference Canceller for Asynchronous Coherent DS/CDMA Systems and Its Performance with Closed-Loop TPC. Proceedings, APCC 97, pp.832-836, Dec. 1997.
- (2) T. Futami, H. Seki and Y. Tanaka : Performance Evaluation of DS-CDMA Multistage Interference Canceller in Multi-Cell Environments. Proceeding Globecom 98, 71-4, Nov. 1998.
- (3) 関, 二見, 田中 : マルチステージ型高速伝送チャネル干渉キャンセラの特性評価. 1998年電子情報通信学会通信ソサエティ大会, B-5-141.

