

スマート・アンテナの ビーム・フォーミング技術

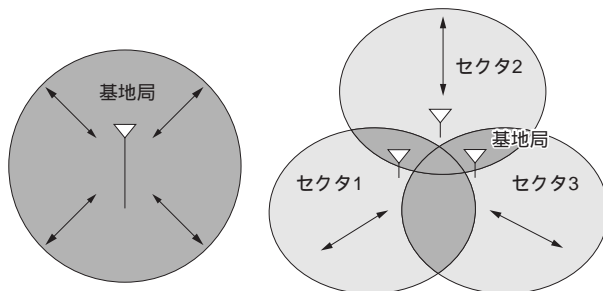
Minseok Kim

スマート・アンテナ技術はIEEE 802.11nで注目が高まるMIMO (Multiple Input Multiple Output) 技術とともに、3GPPや3GPP2, IEEE 802.16, IEEE 802.11など、さまざまな通信システムで次々と取り入れられると考えられる。本章では、スマート・アンテナ・システムの基本原理と信号処理の実装について説明する。(筆者)

近年、音声通話以外に高速なデータ・サービスへの期待が高まっています。プロバイダ側では、基地局で収容可能なユーザ数を増やしながら設備費用を節減し、適切なサービスを開発しなければなりません。

無線システムでデータ伝送の高速化を実現するには、制限された周波数資源の利用効率を向上する必要があります。このために導入されたのがスマート・アンテナ・システム (Smart Antenna System)^{注1}です。

注1：アダプティブ・アレイ・アンテナ (Adaptive Array Antenna)とも呼ぶ。



(a) 無指向性アンテナ (b) 120°, 3セクタ・アンテナ
図1 従来の基地局アンテナ

1. スマート・アンテナとは

● スマート・アンテナの動作イメージ

割り当てられる周波数帯の不足により、制限された周波数帯域内で通信容量を増やすことが大きな課題となっています。

図1(a)のように、全方向に対して指向性を持たないアンテナ基地局では、各ユーザ信号の送受信は、同一周波数を利用するセル内のほかのユーザにそのまま干渉してしまいます。不要な方向に無駄な電力を放射するため、そのシステム性能が干渉電力により大きく制限されることとなります。この問題を解決するために工夫したのがセクタ・アンテナです。セクタ・アンテナとは、指向性を持つアンテナを用いてカバー領域を分割します。同一セル内において、異なるセクタ間の干渉を抑えることができ、複数のユーザを収容できる基地局アンテナ・システムです。図1(b)は3セクタ・アンテナの例を示しています。

スマート・アンテナは、空間信号処理により同一周波数の干渉を抑えることができ、制限された周波数でシステム容量の増大をはかる技術です。あるユーザ方向にアンテナ指向性のメイン・ビームを向け、ほかのユーザにはヌルを形成し送受信を行うことで、干渉の影響を取り除けます。この方式は空間的にチャンネルを分割するので、空間分割多重方式 (SDMA: Space Division Multiple Access) と呼ばれます。図2にその概要を示します。

周波数の利用効率を上げるために、距離の離れた場所 (異なるセル) では周波数を繰り返し利用しています。スマー

KeyWord

スマート・アンテナ, アダプティブ・アレイ・アンテナ, 空間分割多重方式, 適応ビーム形成, シストリック・アレイ

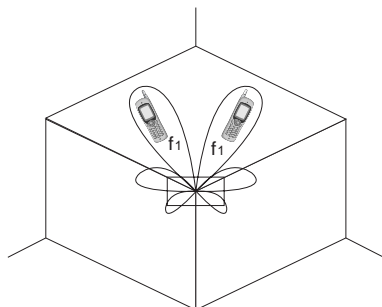


図2
スマート・アンテナを用いた空間分割多重(SDMA: Space Division Multiple Access)の概念図

ト・アンテナ技術を用いると、ある条件(方向)に対して送信電力を制御できるため、隣接セルにおける干渉電力を大幅に抑えられます。

図3に、携帯電話のセルラ基地局における伝搬環境のイメージを示します。伝搬路の状況によりさまざまな現象が起きます。建物などにより電波が反射、回折、散乱が起き、複数の伝搬路を通過するために生じるマルチパス・フェージング(Multipath Fading)や、同一周波数を利用している隣接のセルのユーザによる同一チャネル干渉(CCI: Co-channel Interference)、伝搬遅延時間差(遅延広がり特性)に起因するシンボル間干渉(ISI: Inter-symbol Interference)によって通信容量や品質が劣化してしまいます。

例えば、受信アンテナに到来する信号は、図4(a)のようにマルチパスにより、それぞれある位相差を持って辿り着きます。その信号の和は位相差によって強め合ったり、弱め合ったりします。このため、図4(b)のように受信電力が激しく変化し、時間あるいは場所により通信状況が劣化します。最悪は途切れてしまうことになります。これを

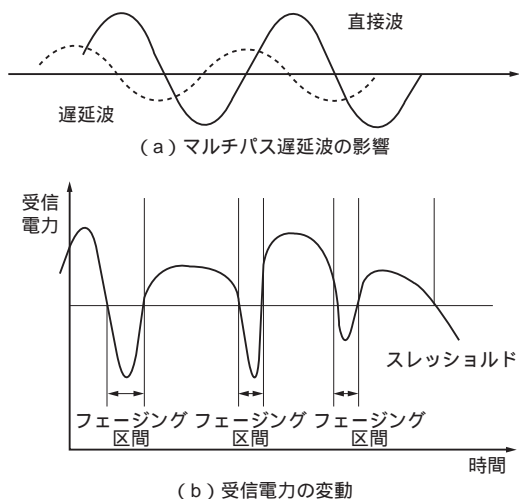


図4 マルチパス信号の影響

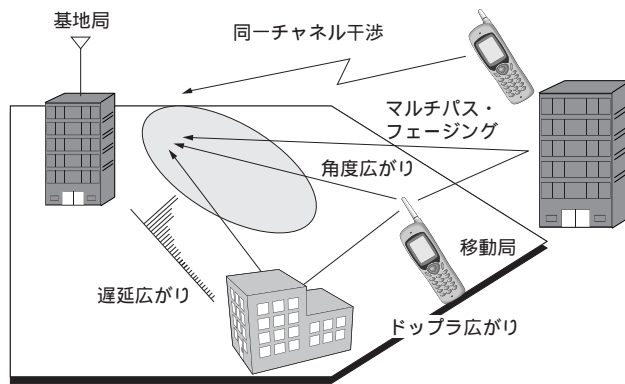


図3 移動通信における伝搬状況

マルチパス・フェージングと呼びます。

マルチパス・フェージングを含めた諸問題に対して、以前から送信電力制御や誤り制御符号、ダイバシティ技術が導入されてきました。そして、周波数利用効率をより高めるために、スマート・アンテナを用いて干渉波や遅延波の除去をすることを目的とした研究が盛んに行われました。

スマート・アンテナの適応ビーム形成理論は、古典的な適応等価技術と等価です。最近では、送受信ともに複数のアンテナを考慮したMIMOシステムの研究にウェイトが移りつつあり、一層活発に研究開発が行われています。

スマート・アンテナ・システムは、図5のようにアレイ・アンテナと複数の無線チャンネル、信号処理部で構成されています。ベースバンドにおけるデジタル信号処理により適応的なアンテナの指向性を制御できます。スマート・アンテナにおけるビーム形成は、伝搬路の状況に対して最適な複素重み係数を計算し、各アンテナ素子からの信号に重み係数を乗算します。これは、信号の振幅と位相の数値的

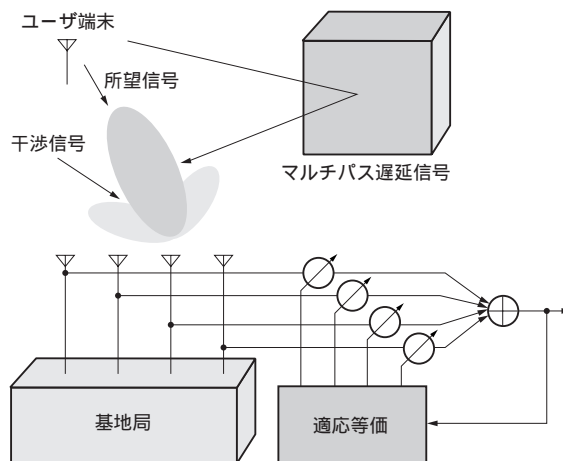


図5 セルラ・システムのスマート・アンテナの動作

- 1
- 1 App
- 2
- 2 App
- 3
- 3 App
- 4