

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4149667号

(P4149667)

(45) 発行日 平成20年9月10日 (2008. 9. 10)

(24) 登録日 平成20年7月4日 (2008. 7. 4)

(51) Int. Cl.	F I
H04Q 7/36 (2006.01)	H04Q 7/00 233
H04Q 7/38 (2006.01)	H04Q 7/00 120
H01Q 3/26 (2006.01)	H01Q 3/26 Z

請求項の数 24 (全 37 頁)

(21) 出願番号	特願2000-524947 (P2000-524947)	(73) 特許権者	507159979
(86) (22) 出願日	平成10年11月24日 (1998. 11. 24)		アーレイコム リミテッド ライアビリテ
(65) 公表番号	特表2001-526510 (P2001-526510A)		ィ カンパニー
(43) 公表日	平成13年12月18日 (2001. 12. 18)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
(86) 国際出願番号	PCT/US1998/025375		131-1014 サン ホセ ノース
(87) 国際公開番号	W01999/030520		ファースト ストリート 2480 スイ
(87) 国際公開日	平成11年6月17日 (1999. 6. 17)		ート 200
審査請求日	平成16年12月14日 (2004. 12. 14)	(74) 代理人	100082005
(31) 優先権主張番号	08/988, 519		弁理士 熊倉 禎男
(32) 優先日	平成9年12月10日 (1997. 12. 10)	(74) 代理人	100067013
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 大塚 文昭
		(74) 代理人	100086771
			弁理士 西島 孝喜
		(74) 代理人	100109070
			弁理士 須田 洋之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 所望の放射パターンを提供するアンテナアレイを有する通信局からの無線送信

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

通信局から1つ以上の加入者ユニットにダウンリンク信号を送信するための方法において、前記通信局は、アンテナ素子のアレイを含み、それぞれのアンテナ素子は、関連送信装置に結合させられ、前記関連送信装置は、重みベクトルに従って、位相及び振幅において前記ダウンリンク信号に重み付けをするための1つ以上のシグナルプロセッサに結合させられているものであって、

(a) 所望のセクターに亘って所望の放射パターンを実現するために低い相対的放射パワーで送信するように設計された第1の重みベクトルを決定するステップと、

(b) それぞれが前記アレイ中に意図されたアンテナ素子を有する一組の重み付けされたダウンリンクアンテナ信号を形成するために、1つ以上のシグナルプロセッサを使用して、選択された前記第1の重みベクトルによって前記ダウンリンク信号を重み付けするステップと、

(c) 前記一組の重み付けされた前記ダウンリンクアンテナ信号の中のそれぞれの重み付けされたダウンリンクアンテナ信号を、前記意図されたアンテナ素子関連送信装置を通して、その意図されたアンテナ素子へ通すことによって、前記ダウンリンク信号を送信するステップと、を有し、

前記ステップ(a)で決定された前記重みベクトルは、前記重みベクトルのコスト関数を最小にするような重みベクトルであり、前記コスト関数は、前記所望のセクターに亘って、前記所望の放射パターンからの、前記重みベクトルを使用して送信することに起因する前

10

20

記放射パターンの変化量の第1の式を含むことを特徴とする方法。

【請求項2】

前記コスト関数は、前記重みベクトルを使用することによって、前記アンテナ素子から送信される前記総計のパワーの式を含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記コスト関数は、前記重みベクトルを使用するときの前記アンテナ素子の間で送信されたパワー中の変化量の式を含むことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項4】

通信局から1つ以上の加入者ユニットにダウンリンク信号を送信するための方法において、前記通信局は、アンテナ素子のアレイを含み、それぞれのアンテナ素子は、関連送信装置に結合させられ、前記関連送信装置は、重みベクトルに従って、位相及び振幅において前記ダウンリンク信号に重み付けをするための1つ以上のシグナルプロセッサに結合させられているものであって、

(a) 所望のセクターに亘って所望の放射パターンを実現するために低い相対的放射パワーで送信するように設計された第1の重みベクトルを決定するステップと、

(b) それぞれが前記アレイ中に意図されたアンテナ素子を有する一組の重み付けされたダウンリンクアンテナ信号を形成するために、1つ以上のシグナルプロセッサを使用して、選択された前記第1の重みベクトルによって前記ダウンリンク信号を重み付けするステップと、

(c) 前記一組の重み付けされた前記ダウンリンクアンテナ信号の中のそれぞれの重み付けされたダウンリンクアンテナ信号を、前記意図されたアンテナ素子関連送信装置を通して、その意図されたアンテナ素子へ通すことによって、前記ダウンリンク信号を送信するステップと、

(d) 少なくとも1つの加入者ユニット中で前記ダウンリンク信号を受信するステップと、有し、

前記所望のセクターは、方位角の範囲を含み、

前記所望のセクターは、高度の範囲を含み、

前記所望の放射パターンは、NORパターンであり、決定する前記ステップ(a)は、

(i) 前記所望のセクターに亘ってNORパターンからの、前記重みベクトルを使用して送信することに起因する前記放射パターンの変化量の式を含む、前記重みベクトルのコスト関数を特定するステップと、

(ii) 前記第1の重みベクトルとして、前記コスト関数を最小にする重みベクトルを選択するステップと、を更に有することを特徴とする方法。

【請求項5】

前記コスト関数は、前記重みベクトルを使用することによって前記アンテナ素子から送信された前記総計のパワーの式を含むことを特徴とする請求項4に記載の方法。

【請求項6】

前記コスト関数は、前記重みベクトルを使用することによって前記アンテナ素子の間で送信されたパワー中の前記変化量の式を含むことを特徴とする請求項5に記載の方法。

【請求項7】

従来のチャンネルを通して、通信局から対応する複数の加入者ユニットへの複数のダウンリンク信号を送信するための方法において、それぞれのダウンリンク信号は、意図された加入者ユニットを有し、それぞれの意図された加入者ユニットは、位置を有し、それぞれの位置は、少なくともおおよそ知られており、前記通信局は、アンテナ素子のアレイを含み、それぞれのアンテナ素子は、関連送信装置に結合させられ、前記関連送信装置は、前記ダウンリンク信号を空間マルチプレクスするための1つ以上のシグナルプロセッサに結合させられ、前記空間マルチプレクスは、重みベクトルに従って位相及び振幅においてそれぞれのダウンリンク信号を重み付けしかつ前記重み付けされた信号を加えるものであって、

(a) 複数の所望の重みベクトルを決定するステップであって、それぞれの加入者ユニットは、前記複数の所望の重みベクトル中に関連する所望の重みベクトルを有し、それぞれの関連する所望の重みベクトルは、その関連する加入者ユニットへのダウンリンク通信のために設計され、前記複数の所望の重みベクトルは、所望のセクターに亘る全体の所望の放射パターンを作り出すためにデザインされている、そのようなステップと、

(b) 前記複数のダウンリンク信号を空間マルチプレクスするステップであって、前記マルチプレクスは、特定のダウンリンク信号の意図された加入者ユニットに関連する前記所望の重みベクトルによって、それぞれの特定のダウンリンク信号を重み付けするステップを含み、前記複数の所望の重みベクトル中の関連する所望の重みベクトルではない所望の重みベクトルによる前記空間マルチプレクスは、1つ以上のダミー信号であり、前記空間マルチプレクスは、一組の合計されかつ重み付けされたダウンリンクアンテナ信号を形成するために前記1つ以上のシグナルプロセッサを使用し、それぞれの合計されかつ重み付けされたダウンリンクアンテナ信号は、前記アレイ中に意図されたアンテナ素子を有する、そのようなステップと、

(c) それぞれの合計されかつ重み付けされたダウンリンクアンテナ信号を、その意図されたアンテナ素子に、前記意図されたアンテナ素子の関連送信装置を通して、通すことによって、前記複数のダウンリンク信号を送信するステップと、を有し、

前記所望のセクターは、一組の対応する領域を含み、それぞれの対応する領域は、多くて1つの加入者ユニットの位置を含み、全ての前記対応する領域の結合は、前記所望のセクターをほぼカバーしており、

前記決定するステップ(a)で、それぞれの所望の重みベクトルは、前記対応する領域の1つへの送信のために決定され、及び

前記決定するステップ(a)で決定された前記複数の所望の重みベクトルは、可能な重みベクトルのコスト関数を最小にする前記複数の重みベクトルであり、前記コスト関数は、前記複数の重みベクトルを使用して送信することに起因するネットの全体の放射パターンの中の所望の放射パターンからの前記変化量の式を含むことを特徴とする方法。

【請求項8】

前記複数の所望の重みベクトル中の重みベクトルの数は、加入者ユニットの数と同じであり、そのため、前記一組の所望の重みベクトル中の全ての所望の重みベクトルが関連する所望の重みベクトルであり、及びそれぞれの加入者ユニットの位置が対応する領域の1つの中にあることを特徴とする請求項7に記載の方法。

【請求項9】

前記コスト関数は、それぞれの重みベクトルを使用して前記アンテナ素子から送信された総計のパワーの式を含むことを特徴とする請求項8に記載の方法。

【請求項10】

前記コスト関数は、それぞれの重みベクトルを使用して前記アンテナ素子の間で送信されたパワー中の前記変化量の式を含むことを特徴とする請求項8に記載の方法。

【請求項11】

前記コスト関数は、それぞれの重みベクトルに対して意図していない対応する領域中で受信された前記エネルギーの式を含むことを特徴とする請求項8に記載の方法。

【請求項12】

所望のセクターに亘る全体の所望の放射パターンでの、従来のチャネルを通した、通信局から対応する複数の加入者ユニットへの、複数のダウンリンク信号を送信するための方法において、それぞれのダウンリンク信号は、意図された加入者ユニットを有し、それぞれの意図された加入者ユニットは、位置を有し、それぞれの位置は少なくともおおよそ知られており、前記通信局はアンテナ素子のアレイを含み、それぞれのアンテナ素子は、関連送信装置に結合させられ、前記関連する送信装置は、ダウンリンク信号を空間マルチプレクスするための1つ以上のシグナルプロセッサに結合させられ、前記空間マルチプレクスは、重みベクトルに従って位相及び振幅においてそれぞれのダウンリンク信号に重み付けをしかつ当該重み付けされた信号を加えることを含んでいるものであって、

(a) 前記所望のセクターを一組の領域に区切るステップであって、領域の数は加入者ユニットの数と同じであり、全ての前記領域の結合は、前記所望のセクターをほぼカバーする、そのようなステップと、

(b) 複数の所望の重みベクトルを決定するステップであって、それぞれの所望の重みベクトルは、前記領域の1つへのダウンリンク通信のために設計され、前記複数の所望の重みベクトルは、前記所望のセクターに亘って前記全体の所望の放射パターンを作り出すために設計され、前記複数の所望の重みベクトル及び前記一組の領域は、所在を画定する、そのようなステップと、

(c) メモリ中に前記所望の重みベクトルを記憶させるステップと、

(d) 十分な数の所在が記憶されるまで、前記ステップ(a)から(c)を反復させるステップと、

(e) 前記加入者ユニットの前記位置に適合した所在の前記複数の所望の重みベクトルを前記メモリから呼び出すステップと、

(f) 前記複数のダウンリンク信号を空間マルチプレクスするステップであって、前記マルチプレクスは、前記特定のダウンリンク信号の意図された加入者ユニットの前記位置を含む前記領域に送信するように設計された、前記呼び出された所望の重みベクトルで、それぞれの特定のダウンリンク信号に重み付けすることを含み、前記空間マルチプレクスは、一組の合計されかつ重み付けされたダウンリンクアンテナ信号を形成するために前記1つ以上のシグナルプロセッサを使用し、それぞれの合計されかつ重み付けされたダウンリンクアンテナ信号は、前記アレイ中に意図されたアンテナ素子を有する、そのようなステップと、

(g) それぞれの合計されかつ重み付けされたダウンリンクアンテナ信号をその意図されたアンテナ素子へ、前記意図されたアンテナ素子の関連送信装置を通して、通すことによって、前記複数のダウンリンク信号を送信するステップと、を有し、
前記ステップ(b)で決定された前記複数の所望の重みベクトルは、可能な重みベクトルのコスト関数を最小にする前記複数の重みベクトルであり、前記コスト関数は、前記複数の重みベクトルを使用して送信することに起因する、前記ネットの全体の放射パターンの中の前記所望の放射パターンからの前記変化量の式を含むことを特徴とする方法。

【請求項13】

前記コスト関数は、それぞれの重みベクトルを使用して、前記アンテナ素子から送信される前記全体のパワーの式を含むことを特徴とする請求項12に記載の方法。

【請求項14】

前記コスト関数は、それぞれの重みベクトルを使用して、前記アンテナ素子の間で送信されたパワー中の前記変化量の式を含むことを特徴とする請求項12に記載の方法。

【請求項15】

前記コスト関数は、それぞれの重みベクトルに対して意図していない対応する領域中で受信された前記エネルギーの式を含むことを特徴とする請求項12に記載の方法。

【請求項16】

所望のセクターに亘る全体の所望の放射パターンでの、従来のチャネルを通した、通信局から対応する複数の加入者ユニットへの、複数のダウンリンク信号を送信するための方法において、それぞれのダウンリンク信号は、意図された加入者ユニットを有し、それぞれの意図された加入者ユニットは、位置を有し、それぞれの位置は少なくともおおよそ知られており、前記通信局はアンテナ素子のアレイを含み、前記アンテナ素子はおおよそ均一に分布しており、それぞれのアンテナ素子は、関連送信装置に結合させられ、前記関連する送信装置は、ダウンリンク信号を空間マルチプレクスするための1つ以上のシグナルプロセッサに結合させられ、前記空間マルチプレクスは、重みベクトルに従って位相及び振幅においてそれぞれのダウンリンク信号に重み付けをしかつ当該重み付けされた信号を加えることを含んでいるものであって、

(a) 前記所望のセクターを一組の領域に区切るステップであって、領域の数は少なくとも加入者ユニットの数であり、全ての前記領域の結合は、前記所望のセクターをほぼカ

10

20

30

40

50

バーする、そのようなステップと、

(b) 複数の所望の重みベクトルを決定するステップであって、それぞれの所望の重みベクトルは、前記領域の1つへのダウンリンク通信のために設計され、前記複数の所望の重みベクトルは、前記所望のセクターに亘って前記全体の所望の放射パターンを作り出すために設計され、前記複数の所望の重みベクトル及び前記一組の領域は、所在を画定する、そのようなステップと、

(c) 確実に、移動させられた領域について1つだけの加入者ユニットがあり、かつ、前記加入者ユニットの前記位置が適切に分離されるように、前記加入者ユニットの前記位置を使用して、前記一組の領域の移動を決定するステップと、 (d) 複数のシフトされた重みベクトルを形成するために、それぞれの決定された所望の重みベクトルをシフトされるステップであって、それぞれのシフトは、前記ステップ(c)で決定された前記移動に対応する、そのようなステップと、 (e) 前駆複数のダウンリンク信号を空間マルチプレクスするステップであって、前記マルチプレクスは、前記特定のダウンリンク信号の意図された加入者ユニットの前記位置を含む前記移動させられた領域へ送信するように設計された、前記シフトされた重みベクトルによって、それぞれの特定のダウンリンク信号に重み付けすることを含み、加入者ユニットを有しない任意の移動させられた領域へ送信するように設計された任意のシフトされた重みベクトルによる前記空間マルチプレクスは、1つ以上のダミー信号であり、前記空間マルチプレクスは、一組の合計されかつ重み付けされたダウンリンクアンテナ信号を形成するために、前記1つ以上のシグナルプロセッサを使用し、それぞれの合計されかつ重み付けされたダウンリンクアンテナ信号は、前記アレイ中に意図されたアンテナ素子を有する、そのようなステップと、

(f) それぞれの合計されかつ重み付けされたダウンリンクアンテナ信号を、その意図されたアンテナ素子に、前記意図されたアンテナ素子の関連送信装置を通して、通すことによって、前記複数のダウンリンク信号を送信するステップと、を有し、それぞれのシフトされた領域は加入者ユニットを有することを特徴とし、また、前記ステップ(b)で決定された前記複数の所望の重みベクトルは、可能な重みベクトルのコスト関数を最小にする前記複数の重みベクトルであり、前記コスト関数は、前記複数の重みベクトルを使用して送信することに起因する前記ネットの全体の放射パターンの中の前記所望の放射パターンからの前記変化量の式を含むことを特徴とする方法。

【請求項17】

前記コスト関数は、それぞれの重みベクトルを使用して、前記アンテナ素子から送信された前記全体のパワーの式を含むことを特徴とする請求項16に記載の方法。

【請求項18】

前記コスト関数は、それぞれの重みベクトルを使用して、前記アンテナ素子の間で送信されたパワー中の前記変化量の式を含むことを特徴とする請求項16に記載の方法。

【請求項19】

前記コスト関数は、それぞれの重みベクトルに対して、意図されていない対応する領域中で受信された前記エネルギーの式を含むことを特徴とする請求項16に記載の方法。

【請求項20】

前記ステップ(d)から(f)は、周期的に反復され、それぞれの反復中の前記シフトは、前記ステップ(c)中で決定された前記移動の周りでディザリングされることを特徴とする請求項16に記載の方法。

【請求項21】

前記ディザリングは、前記ステップ(c)中で決定された前記移動にランダムなシフトを加えることを含むことを特徴とする請求項20に記載の方法。

【請求項22】

ダウンリンク信号を1つ以上の加入者ユニットに送信するための通信局において、

(a) アンテナ素子のアレイと、

(b) 所望のセクターに亘る所望の放射パターンを実現するために、低い相対的放射パワーで前記アレイを通して送信するために設計された第1の重みベクトルを決定するための

手段と、

(c)一組の重み付けされたダウンリンクアンテナ信号を形成するために、前記決定された第1の重みベクトルに従って、位相及び振幅において前記ダウンリンク信号に重み付けするために結合させられた1つ以上のシグナルプロセッサであって、それぞれの重み付けされたダウンリンクアンテナ信号は、前記アレイ中に意図されたアンテナ素子を有する、そのようなシグナルプロセッサと、

(d)前記アレイを通して前記一組の重み付けされたダウンリンクアンテナ信号を送信するための一組の関連送信装置であって、それぞれのアンテナ素子は、前記一組の関連送信装置中の1つの関連送信装置の出力に結合させられ、それぞれの関連送信装置は、前記重み付けされたダウンリンクアンテナ信号の1つを受信するための入力を含む、そのような一組の関連送信装置と、を有し、

10

決定する前記手段は、前記第1の重みベクトルとして、前記重みベクトルのコスト関数を最小にする重みベクトルを選択し、前記コスト関数は、前記所望のセクターに亘る前記所望の放射パターンからの、前記重みベクトルを使用して送信することに起因する前記放射パターンの変化量の第1の式を含むことを特徴とする通信局。

【請求項23】

前記コスト関数は、前記重みベクトルを使用することによって前記アンテナ素子から送信される総計のパワーの式を含むことを特徴とする請求項22に記載の通信局。

【請求項24】

前記コスト関数は、前記重みベクトルを使用するときの前記アンテナ素子の間で送信されたパワーにおける前記変化量の式を含むことを特徴とする請求項22に記載の通信局。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の分野)

本発明は無線通信システムの分野に関連し、より詳しくは、有効範囲の領域の全体を通して無指向性に近いパターン(near omnidirectional pattern)を達成するために複数素子の送信アンテナアレイを使用する通信局(communication station)による、無線通信システムでの共通ダウンリンク通信チャネル信号の効率的なブロードキャスト(broadcast)に関連する。

【0002】

30

(発明の背景)

地理上の領域がセルに分割され、また、それぞれのセルは、(遠隔ターミナル(remote terminal)、モバイルユニット(mobile unit)、移動局(mobile station)、加入者局(subscriber station)、又は遠隔ユーザ(remote user)とも呼ばれる)加入者ユニット(subscriber units, SUs)と通信するための基地局(base station, BS, BTS)をそのセル内に含むことを特徴とする、セルラー無線通信システムが知られている。そのようなシステムでは、例えば加入者ユニットへの呼出(call)を開始するために特定の加入者ユニットをページングするために、又は、基地局とどのようにして通信するかについて、全ての加入者ユニットに、例えば、基地局識別(base station identification)、タイミング、及び同期(synchronization)データを含む制御情報を送るために、基地局からセル内の加入者ユニットに情報をブロードキャストする必要がある。そのようなページング及び制御情報は、何が共通制御チャネルと呼ばれているかについてのブロードキャストである。ページング又は制御情報を受信する必要がある遠隔ユーザの位置に関する前の情報がないことはしばしばであるため、又は、そのような情報は数人のユーザのために意図されているため、そのような信号を無指向性で又はほぼ無指向性で送信することが好適である。ここで、一般的に無指向性とは、基地局の放射パワーパターンが、基地局の定められた有効範囲の領域内で、方位角及び高度から独立していることを意味する。更に、いくつかの標準的な通信プロトコルは、意図された受信者のいくつかの位置の知識がある時でさえ、特定のチャネルが無指向性に送信されることを要求する。このように、そのような周波数チャネルについての「情報」を特定のユーザに指向性で送信する必要がある時でさえ、「高周波(RF)エネルギー

40

50

ギー」は無指向性で送信される必要が未だにある。この発明は、そのような無指向性送信を達成するための方法及び装置を扱う。

【0003】

本発明を適用することができるセルラーシステムのいくつかの例は、電波産業会(Association of Radio Industries and Businesses, ARIB)予備標準(preliminary standard)である、1995年12月の、RCR STD-28 (バージョン2)により定義されるパーソナル・ハンディ・フォン・システム(PHS)プロトコルの改訂版(variant)を使用するシステム、及び、ここではGSMシステムの「改訂版(variant)」と呼ばれる3つのバージョンである、初期バージョン、DCS-1800と呼ばれる1.8GHzバージョン、及びPCS-1900と呼ばれる北アメリカの1.9GHzのパーソナル・コミュニケーション・システム(PCS)バージョンを含む、GSM(Global System for Mobile communications)プロトコルを使用するシステムである。PHS及びGSM標準は、機能チャンネル(functional channel)(論理チャンネル(logical channel)とも呼ばれる)の2つの一般的なセットを定義する：制御チャンネル(control channel, CCH)セットとトラフィックチャンネル(traffic channel, TCH)セットである。TCHセットは、加入者ユニットと基地局との間でユーザデータを送信するための2方向のチャンネルを含む。CCHセットは、ブロードキャストチャンネル(broadcast control channel, BCCH)、ページングチャンネル(paging channel, PCH)、及びここではあまり関係ないいくつかの他の制御チャンネルを含む。BCCHは、システム及びチャンネル構造情報を含む、基地局から加入者ユニットへ制御情報をブロードキャストするための一方向(unidirectional)のダウンリンクのチャンネルであり、PCHは、基地局から、加入者ユニットの選択された組への又は複数の加入者ユニットの広い領域(ページング領域)への、一方向のダウンリンクチャンネルであり、またそれは典型的には、入ってくる呼出の特定の遠隔局(remote station)にアラートをするために使用される。本発明は、すべてのダウンリンクのブロードキャスト及び送信に適用される。それは、共通情報を1つより多くの加入者に同時に送信する(すなわちブロードキャストする)ために基地局によって使用されるBCCH及びPCHに特に適当である。RFエネルギーを無指向性に送信することが望まれる場合の他の状況にも適用される。

【0004】

高周波(RF)エネルギーの放射のためのアンテナアレイの使用は、種々の無線分野で十分に確立されている。アンテナアレイを含む基地局から遠隔受信機(加入者ユニット)へのダウンリンクで送信する目的のために、利得及び位相ファクタだけ素子間で異なるようにし、通常、計画的に、加入者ユニットへ焦点を合わせた指向性放射パターンを生じるように、SUのために意図された信号を、アレイの放射素子のそれぞれへの入力として提供することができる。この種の送信方法の利益は、単一の放射素子を使用して可能な利得を超える増大した利得、及び単一の放射素子による送信と比較して、当該システムでの他の同一チャンネルユーザとの減少した干渉を含む。そのようなアンテナアレイを使用すると、同じ「従来のチャンネル(conventional channel)」(すなわち、周波数分割多重アクセス(FDMA)システムでの同じ周波数、時間分割多重アクセス(TDMA)システムでのタイムスロット、符号分割多重アクセス(CDMA)システムでの符号、又はTDMA/FDMAシステムでのタイムスロット及び周波数)を1つより多くの加入者ユニットに割り当てることができる、空間分割多重アクセス(spatial division multiple access, SDMA)技術も可能である。

【0005】

どのような送られるダウンリンク信号も、加入者ユニットにより受信され、またそのような受信している加入者ユニットで受信された信号は、技術上周知であるように、処理される。

【0006】

信号が遠隔ユニットから基地局に送られるとき(すなわち、通信がアップリンクであるとき)、基地局は、典型的には(また必ずしもそうである必要はないが)、(通常、送信用

10

20

30

40

50

のものと必ずしも同じアンテナである必要はないが) 受信アンテナアレイを使用するものであり、受信アレイのそれぞれの素子で受信された基地局信号は、(空間デマルチプレクシング重み(spatial demultiplexing weight)とも呼ばれる) 受信重みによって振幅及び位相にそれぞれ重み付けされ、ここで、その処理は、空間デマルチプレクシング(spatial demultiplexing)と呼ばれるものであり、すべての受信重みは、基地局に送信している遠隔ユーザの受信空間シグナチャー(receive spatial signature)に依存している複素数値の受信重みベクトルを決定する。受信空間シグナチャーは、基地局アレイがどのようにして特定の加入者ユニットから、いかなる干渉もなく、信号を受信するかを特徴づける。ダウンリンク(基地局ユニットから加入者ユニットへの通信)では、送信しようとする信号に、一組の個々の(空間マルチプレクシング重み(spatial multiplexing weight)とも呼ばれる) 送信重みによって、それぞれのアレイ素子により送信される信号に振幅及び位相において重み付けすることによって送信が実行され、ここで、特定のユーザのためのすべての送信重みは、どのようにして遠隔ユーザが、いかなる干渉もなく、基地局からの信号を受信するかを特徴づける、遠隔ユーザの「ダウンリンク空間シグナチャー(downlink spatial signature)」と呼ばれるものにも依存している複素数値の送信重みベクトルを決定する。同じ従来のチャンネル上のいくつかの遠隔ユーザに送信するとき、重み付けされた信号の合計は、アンテナアレイによって送信される。加入者ユニットが送信のためのアンテナアレイも使用しての、そのような加入者ユニットからの無指向性の送信が望まれるとき、この技術は確かにアップリンク通信にも適用可能であるが、この発明は、ダウンリンク通信に主に関連する。

【0007】

アンテナアレイを使用するシステムにおいて、アンテナのアレイ内のそれぞれのアンテナ素子からのアップリンクか、あるいはそれぞれのアンテナ素子へのダウンリンクかのいずれかで信号に重み付けすることは、ここでは「空間処理(spatial processing)」と呼ばれる。空間処理は、1つの加入者ユニットのみを任意の従来のチャンネルに割り当てるときに有用である。このようにして、SDMAの用語は、従来のチャンネルにつき1つより多くのユーザを有する真の空間マルチプレクシングの場合と、従来のチャンネルにつき1つのみのユーザによる空間処理の使用との両方を含むように、ここでは使用される。チャンネルの用語は、基地局と単一の遠隔ユーザの間の通信リンクを言い、そのため、SDMAの用語は、従来のチャンネルにつき単一のチャンネル、及び従来のチャンネルにつき1つより多くのチャンネルの両方を含む。従来のチャンネル内の複数チャンネルは、空間チャンネル(spatial channel)と呼ばれる。SDMAシステムの説明のためには、例えば、ロイIII(Roy, III)らが発明者の、スペイシャル・ディビジョン・マルチプル・アクセス・ワイヤレス・コミュニケーション・システムズ(SPATIAL DIVISION MULTIPLE ACCESS WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS)という名称の、(1996年5月7日発行の)米国特許第5,515,378号、及び(1997年7月24日発行の)第5,642,353号;バラット(Barratt)らが発明者の、スペクトラリー・イフィシエント・ハイ・キャパシティ・ワイヤレス・コミュニケーション・システムズ(SPECTRALLY EFFICIENT HIGH CAPACITY WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS)という名称の、(1997年1月7日発行の)米国特許第5,592,490号;オッターステン(Ottersten)らが発明者の、スペクトラリー・イフィシエント・ハイ・キャパシティ・ワイヤレス・コミュニケーション・システムズ・ウィズ・スペイシオータンポラル・プロセッシング(SPECTRALLY EFFICIENT HIGH CAPACITY WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS WITH SPATIO-TEMPORAL PROCESSING)という名称の、(1996年10月10日出願の)米国特許出願第03/735,530号;及びバラット(Barratt)らが発明者の、メソッド・アンド・アパレイタス・フォー・デシジョン・ディレクテッド・デモジュレーション・ユージング・アンテナ・アレイ・アンド・スペイシャル・プロセッシング(METHOD AND APPARATUS FOR DECISION DIRECTED DEMODULATION USING ANTENNA ARRAY AND SPATIAL PROCESSING)を参照する。通信の効率を改良するため、及び/又はSDMAを時々提供するためにアンテナアレイを使用するシステムは、「スマート・アンテナ・システム」と呼ばれる。上述の特許及び特許出願は、ここでは集合的に、「我々のスマートアンテナ

ナ特許」と呼ぶ。

【0008】

ブロードキャストすること(broadcasting)は、加入者ユニットの分散したセットへ、共通チャンネルを通じてデータの同時送信を含むため、1つ以上の特定のユーザに意図された共通ダウンリンクチャンネル情報及びトラフィック情報の両方をブロードキャストするための、複数素子アンテナアレイ及び関連トランスミッタハードウェアを使用する方法を見つけることが望まれる。

【0009】

特定のアプリケーションでは、特定の従来のチャンネルは無指向性のパターンで放射されることが要件である。GSMファミリーのプロトコル(TDMA/FDMAシステム)では、例えば、すべての基地局がRFエネルギーを無指向性に、「BCHキャリア」として示されるキャリアによって運ばれる全ての論理チャンネル(TDMA/FDMAシステムにおける、FDMAの従来の周波数チャンネル)上に放射するという要件がある一方、他のチャンネル上への放射は、指向性がある方法で実行されることができる。例えば、BCHキャリアでは、1つのタイムスロットは、BCHメッセージのために確保されている。他のタイムスロットのいくつかは、1つ以上のユーザとのTCHのために使用されることができる。SDMAを使用しているとき、これらの他のタイムスロットを、1つより多くの遠隔ユーザに情報を直接送信することにより、これらのユーザと通信するために、使用することができる。従来のチャンネルあたりのユーザの数に依存しない通常のSDMAでは、RFエネルギーパターンは、高度に指向性であり、そのためこれらのタイムスロットにおけるセル内の「ネット(net)」のRFエネルギーが、許容できる信号品質の要件に従って最小にされる。しかしこれは、BCHキャリアの全てのタイムスロットのネットのエネルギーを無指向性に送信するというGSMの要件と対立するであろう。このように、無指向性に送信しているネットエネルギーで、1つ以上のユーザに指向性をもって情報を送信するための方法及び装置が技術上必要である。

【0010】

アンテナアレイを使用したセクターに分割されたシステム(sectorized system)が技術上既知である。真の無指向性のブロードキャスト(360°の方位角の有効範囲)ではなく、セクターに分割されたシステムでは、アンテナアレイ及び関連電子機器の「意図している有効範囲の領域(intended coverage region)」(すなわち、セクター)で効率的にブロードキャストするための技術上の必要性がある。このように、この文書では、「無指向性」の用語は、以下の意味で使用される：1)「無指向性」は、「おおよそ、ほとんど」無指向性(「NOR」)を意味する；2)セクターに分割されていないセルラーシステムでは、無指向性は、360°の方位角の有効範囲に対してNORを意味するであろう、そして3)セクターに分割されたシステムでは、無指向性は意図されているセクター幅でほぼ無指向性(例えば、120°のセクターに対して120°の方位角の有効範囲)を意味するであろう。

【0011】

(望ましい特徴)

好結果の方法は、以下の特徴を有するであろう。

- ・方位角及び遠隔受信機の位置を記述する他の量の関数としておおよそ一定の利得；
- ・アレイ中のすべての素子が良好な利点(good advantage)を有し、実際に生じるスケールリングの問題(scaling issue)を最小にするような、アレイ中のそれぞれの素子の送信パワーの低い変化量；
- ・アレイ素子の個々の送信への比較できるパワーで送信しているアレイの単一の素子で達成できる利得に関してかなり大きいパターン利得；
- ・全ての素子が効率的に使用されているような低い全体の放射エネルギー。

【0012】

NORパターンが通常望まれるが、異なるパターンが望まれる場合の状況もあり得る。例えば、特定の領域を「避ける」ことが望ましい、又は1つ以上の特定の領域で特定のパワ

ーレベルを超えないことが望ましい状況があるであろう。1つ又は2つの他の領域が、大部分のNOR領域が有するパワーレベルの2倍又は他の何倍でのNORパターンを有することができる一方、同様に、ほとんどの領域でNORパターンを有することが望ましい状況があるであろう。

【0013】

ここでの「低い相対的放射パワー」の特性は、アンテナアレイの個々の素子と同じ利得（例えば、dB_iで測定したとき）の単一のアンテナ素子を使用して、（範囲(range)、方位角(azimuth)及び高度(elevation)で比較できる）比較できる放射パターンをもたらすために必要とされるパワーに関して、アンテナ素子あたりの低い放射パワーを意味する。放射パワーの違いは、異なるパワー増幅器の要件に言い換えることができ、また、非常に高いパワーの増幅器は、比較的高価であり、ある状況では、1dBでさえ放射パワーにおいて重大な違いとなり得る。より一般的な場合では、3dBは放射パワーにおいて重大な違いと考えられるであろう。

【0014】

（先行技術）

データをそのようにブロードキャストするための普通の方法は、無指向性のアンテナを使用し、そのためRFキャリアがすべての方向にだいたい均一に送信されるようにすることである。この無指向性の放射パターンは、加入者ユニットがセル領域内で任意に位置することができる、モバイルセルラーシステムのための妥当な選択であるように見える。スマートアンテナシステムの場合は、そのような無指向性のパターンを、別個の単一の（垂直ダイポールのような）無指向性アンテナ又は（m個のエレメントを有すると仮定する）アンテナアレイ中の素子の1つのいずれかを使用することによって達成することができる。不都合なことに、全てのアンテナ素子が動作しているとき、トラフィック及び制御チャネルのために同様の範囲を達成するためには、これは、普通のTCH通信で使用されるパワーレベルと比較してそのようなアンテナ素子（又は別個のアンテナ）における、全体の送信機パワーを増加させることを必要とするであろう。パワーを増大させるというオプションは、法令により許されないことがあり、もし許されたとしても、例えば、パワー増幅器のコストはパワーと共に急に増大する傾向があるために、現実的な選択ではないであろう。

単一のアレイ素子のみから送信する先行技術の方法は、方位角及び遠隔受信機の位置を記述する他の量の関数としてのおよそ一定の利得、及び低い全体の放射エネルギーという望ましい基準を満足するであろうが、アレイ中の全ての素子が良好な利点を有し、実際に生じるスケールアップの問題を最小にするような、それぞれの素子の送信パワーにおける低い変化量(variation)を提供しないであろうし、また、アレイ素子の個別の送信パワーと比較できるパワーで送信しているアレイの単一の素子により達成できる利得に関してかなり大きいパターン利得は提供しないであろう。更に、1つだけのアンテナからの送信は、同じ従来のチャンネル上のいくつかのユーザとの同時の通信を可能にすることはないであろう。

【0015】

他には、アンテナアレイの放射パターンは、空間処理の前に任意の信号の前処理の利用を通じて制御することが可能である。（1997年7月15日発行の）フォーセン(Forssen)が発明者の、オーソゴナライジング・メソッズ・フォー・アンテナ・パターン・ナルフィリング(ORTHOGONALIZING METHODS FOR ANTENNA PATTERN NULLFILLING)という名称の米国特許第5,649,287号は、1つのアンテナアレイ及び複数の移動局を有する少なくとも1つの基地局を含むセルラー通信システムで情報をブロードキャストするための方法を開示する。共通の情報が、直交信号(orthogonal signal)を作り出すために前処理される。次に、直交信号はビーム形にされ、そのため直交信号はアレイアンテナ中の異なるビームに送出される。直交信号は送信され、次に、1つ以上の移動局によって受信される。その信号は次に移動局で処理され、直交信号から共通情報を判読する。移動局に送信される直交化する信号は、ナル(null)がアンテナパターンに発生しないように形成される

。

【0016】

どのようにしてフォーセン他の方法を、ネットの無指向性の放射パターンを維持ながら、「いくつかの」信号を（任意の従来のチャンネル上のユーザに同時に）指向性をもって送信するように適合させることができるかは明確ではない。更に、フォーセン他の方法は、 m 個の直交信号を形成するために制御信号を前処理（直交化）することを必要とする。すなわち、ブロードキャストされる任意の信号は、一組の相関していない信号に最初に変換される。これは、余分のハードウェア又は処理ステップを必要とする。更に、フォーセン他により記載された特定の実施形態は、直交化された信号を他の色々なローブ(lobe)から区別するために、加入者ユニットのところで高い性能のイコライザを必要とする。追加のステップ（例えば、直交化）を必要とすることなく、送信される任意の信号が、位相及び振幅においてのみ重み付けされるようなシステムを使用することが望まれるであろう。

10

【0017】

このように、従来のチャンネルにつき単一のユーザの場合、及び従来のチャンネルにつき複数のユーザの場合の両方のための、低い相対的放射パワーを有する、許容できる無指向性の性能を実現するための、アンテナアレイ内の既存のアンテナ素子を含む既存の通信システム装置を使用する、無指向性のダウンリンク送信のための方法の技術上の必要性がある。このように、これを実現する装置の技術上の必要性もある。

【0018】

望ましい、できればNORではない放射パターンを実現する、ダウンリンク送信のための方法及び装置の技術上の必要性もある。

20

【0019】

（要約）

本発明の1つの目的は、従来のチャンネルにつき単一のユーザの場合、及び従来のチャンネルにつき複数のユーザの場合の両方のための、低い相対的放射パワーを有する、許容できる無指向性の性能を実現するための、アンテナアレイ内の既存のアンテナ素子を含む既存の通信システム装置を使用する、無指向性のダウンリンク送信のための方法である。他の目的は、これを実現する装置である。

【0020】

更に他の目的は、望ましい、できればNORではない放射パターンを実現する、ダウンリンク送信のための方法及び装置である。

30

【0021】

これら及び他の目的は、開示された発明の種々の態様中に提供される。

【0022】

ここに開示された発明の1つの態様は、アンテナ素子のアレイを有する通信局から加入者ユニットへの望ましい放射パターンを有するダウンリンク信号を送信するための方法である。通信局では、複素数値の重みベクトルとして記述可能な重み付け(weighting)である、位相及び振幅において任意のダウンリンク信号に重み付けするように（プログラマブルシグナルプロセッサの場合）プログラムされた1つ以上のシグナルプロセッサがある。重み付けされた信号は、その出力がアンテナ素子に結合された送信装置の入力に供給される。この方法は、所望のセクターに亘る所望の放射パターンを実現するため、低い相対的放射パワーで送信するように設計された第1の重みベクトルを選択することを含む。ここで低い相対的放射パワーとは、アンテナアレイの個々の素子と（例えばdBiで測定したときに）同じ利得の単一のアンテナ素子を使用した比較できる放射をもたらしするために必要なパワーに関して、アンテナ素子あたりの低い放射パワーを意味する。方位角又は高度又はその両方の範囲は、所望のセクターを画定することができる。典型的には、しかし必ずしもそうである必要はないが、所望のパターンは、NORパターンである。好適な実施形態では、選択された重みベクトルは、重みベクトルを使用した送信から生ずる放射パターンの、所望のセクターに亘る所望の放射パターンからの変化量の式を含む、重みベクトルのコスト関数を最小にするような重みベクトルである。好適な実施形態では、コスト関数は

40

50

、重みベクトル及び重みベクトルを使用するときのアンテナ素子の中で送信されるパワーの変化量の式を使用することによる、アンテナ素子から送信された全体のパワーの式も含む。この実施形態では、ダウンリンク信号は、それぞれがアレイ内に意図されたアンテナ素子を有する、重み付けされた一組のダウンリンクアンテナ信号を形成するための1つ以上のシグナルプロセッサを使用して、選択された重みベクトルにより重み付けされる。ダウンリンク信号を送信するためには、それぞれの重み付けされたダウンリンクアンテナは、その意図されたアンテナ素子の関連する送信装置を介してその意図されたアンテナ素子に供給される。

【0023】

開示した特定の実施形態では、通信局は、セルラー通信システムでのGSM電波インターフェース(air interface)の改訂版を使用して動作する基地局の部分である。本発明は、任意の特定のマルチプレクシング方法又は電波インターフェース標準に限定されない。他の実施形態は、任意のアナログ又はデジタルのマルチプレクシング方法(例えば、FDMA、TDMA/FDMA、CDMAなど)及び/又は任意の電波インターフェース標準(例えばAMPS、PHSなど)を使用することができる。

【0024】

ここに開示された本発明の他の態様は、1つの通信局から1つ以上の加入者ユニットに、所望のセクターに亘る全体の所望の放射パターンを有する単一の従来のチャンネルを通して、1つ以上の意図された加入者ユニットをそれぞれ有する1つ以上のダウンリンク信号を同時に送信する方法である。いくつかのユーザへの同じ従来のチャンネルを通しての同時送信のために、通信局は、アンテナ素子のアレイと、それぞれのアンテナ素子への出力に接続された送信装置と、位相及び振幅において、任意のダウンリンク信号に重み付けをし、重み付けされた信号を加えることによって、ダウンリンク信号を空間的にマルチプレクスするように(プログラマブルシグナルプロセッサの場合)プログラムされた1つ以上のシグナルプロセッサとを含む。重み付けは、複素数値の重みベクトルとして記述できる。シグナルプロセッサからの合計された重み付けされた信号は、送信装置の入力に供給される。本方法は、所望のセクターに亘る全体の所望の放射パターンを作り出すように設計された、一組の所望の重みベクトルを選択するステップを含む。方位角又は高度又はその両方の範囲は、所望のセクターを画定することができる。典型的には、しかし必ずしもそうである必要はないが、全体の所望のパターンは、NORパターンである。それぞれの意図された加入者ユニットは、(少なくともおおよそ)知られた位置を有し、及びこれらの知られた位置は、所望の重みベクトルの選択に使用される。好適な実施形態では、その選択は、それぞれが多くとも1つの加入者ユニットを含み、全ての対応する領域の結合が所望のセクターをほぼカバーするような、一組の対応する領域を画定することを含む。それぞれの所望の重みベクトルは、対応する領域の1つへの送信のために選択され、また、すべての所望の重みベクトルは、複数の重みベクトルを使用した送信から生ずるネットの全体の放射パターン-の所望の放射パターンからの変化量の式を含む、可能な重みベクトルのコスト関数を最小にする重みベクトルである。好適な実施形態のコスト関数は、それぞれの重みベクトルを使用するアンテナ素子から送信された総計のパワーの式、それぞれの重みベクトルを使用するアンテナ素子の中で送信されたパワーの変化量の式、及びそれぞれの重みベクトルに対する意図されていない対応する領域で受信されたエネルギーの式も含む。所望の重みベクトルの数は、1つ以上のダミー信号が任意の遠隔ユーザと関連しない重みベクトルを使用して送信される場合の、同時のユーザの数を超えることができる。複数のダウンリンク信号(及び、もしあるならば、ダミー信号)は、それぞれが合計されて重み付けされた、アレイ内の意図されたアンテナ素子を有する、合計されて重み付けされたダウンリンクアンテナ信号の一組を形成するために、空間的にマルチプレクスされる。ダウンリンク(及びダミー)信号を送信するために、それぞれの重み付けされたダウンリンクアンテナは、その意図されるアンテナ素子の関連する送信装置を介してその意図されるアンテナ素子に供給される。

【0025】

1つのバリエーションでは、区切ること(partitioning)及び選択することは、いくつかの所在に対して反復され、及び十分な所在の数が記憶されるまで、結果として得られる重みベクトルは記憶される。1つ以上の遠隔ユーザへの実際の送信のために、加入者ユニットの位置に適合した所在の所望の重みベクトルは、メモリから呼び戻される。

【0026】

おおよそ均一に分配されているアンテナアレイの場合に適合した他のバリエーションでは、1つの典型の所在(prototype situation) (又は1つより多くの典型の所在) が記憶されており、及び遠隔ユーザの位置に基いて、典型の所在の領域の移動(translation)は、確実に、移動させられた(translated)領域につき1つのみの加入者ユニットがあり、かつ、加入者ユニットの位置は適切に分離されるように、決定される。典型の重みベクトルは、決定された移動に従ってシフトされ、また、シフトされた重みベクトルは空間マルチプレックスのために使用される。

10

【0027】

バリエーションの改善では、ダウンリンク信号の送信が周期的に反復されたとき、それぞれの反復でのシフトは、決定されたシフトの回りでディザリング(dither)され、ディザリングは好適には決定されたシフトにランダムなシフトを加えることを含む。

【0028】

本発明の他の態様では、1つ以上のダウンリンク信号を同じ従来のチャネルを通して、1つ以上の加入者ユニットに、所望のセクターに亘る所望の全体の放射パターンを達成するために、同時に送信するための通信局も開示される。その通信局は、アンテナ素子のアレイと、所望のセクターに亘る所望の全体の放射パターンを実現するためにアレイを通じて送信するように設計された重みベクトルを選択する選択手段と、一組の重み付けされたダウンリンクアンテナ信号を形成するため、重みベクトルに従って位相及び振幅においてダウンリンク信号に重み付けをし、重み付けされた信号を加えるための1つ以上のシグナルプロセッサとを含む。それぞれの合計されかつ重み付けされたダウンリンクアンテナ信号は、アレイ内に意図されたアンテナ素子、及びそのアレイを使用して重み付けされたダウンリンクアンテナ信号の組を送信するための一組の関連する送信装置を含む。それぞれの関連する送信装置は、合計されかつ重み付けされたダウンリンクアンテナ信号の1つを受信するための入力をも有する。それぞれのアンテナ素子は、関連する送信装置の1つの出力に結合されている。それぞれの関連する送信装置は、重み付けされたダウンリンクアンテナ信号の1つを受信するための入力をも有する。

20

30

【0029】

好適な実施形態では、選択手段は、1つ以上のシグナルプロセッサである。これらは、重みベクトルのコスト関数を最小にするような重みベクトルを選択し、また、そのコスト関数は、重みベクトルを使用した送信から生ずる全体の放射パターンの、所望のセクターに亘る所望の全体の放射パターンからの変化量の式を含む。好適な実施形態のコスト関数は、それぞれの重みベクトルを使用したアンテナ素子から送信される総計のパワーの式、それぞれの重みベクトルを使用したアンテナ素子の中の送信パワーの変化量の式、及びそれぞれの重みベクトルのための意図されていない対応する領域内で受信されたエネルギーの式も含む。

40

【0030】

本発明は、どのような特定の実施形態にも本発明を限定するように理解すべきでなく、説明及びよりよい理解のみのためである、本発明の詳細な好適な実施形態からより完全に理解することができるであろう。実施形態は、今度は、以下の図面を補助として説明される。

【0031】

本発明は、好適には、SDMAによる無線通信システム、特にセルラーSDMAシステムの部分として実施される。1つの実施では、本システムは、固定された加入者ユニットの位置で動作し、及びPHS通信プロトコルを使用する。固定された位置での無線システムは、時々、「無線ローカルループ(wireless local loop)」(WLL)システムと呼ばれ

50

る。第2の実施では、加入者ユニットはモバイルとすることができ、及び、そのシステムも、低い移動度の用途に適しているPHSプロトコルを使用する。第3の実施では、加入者ユニットは、やはりモバイルとすることができ、及びGSM通信プロトコルが使用される。従来のチャンネルにつき1つより多くの空間チャンネルを有し、また、モバイルの、固定の、又はモバイル及び固定の加入者ユニットの組合わせを有する、どのようなSDMAシステムでも、本発明を実施することができることは、当業者に明らかであろう。

【0032】

記載された好適な実施形態は、SDMA及びGSMプロトコルの改訂版を使用するセルラーシステムのためのものである。他の電波インターフェースのため及び他のマルチプレクス方法のために、どのようにこれらを適合させるかは、当業者に明らかになるであろう。10
特定の実施形態はデジタルセルラーシステムのためであるが、本発明は、例えば（SDMAを含むように修正された）普通のAMPSシステムのために、SDMAを使用する、アナログ通信システムにも適用される。

【0033】

（GSMの概略）

GSMは、モバイルセルラー通信のためのTDMA/FDMAシステムである。加入者ユニットは、通常、移動局(mobile station, MS)と呼ばれる。基地局は、基地トランシーバ局(base transceiver station, BTS)と呼ばれる。基地局コントローラ(base station controller)は、1つ以上のBTSのための無線リソースを管理し、また、そのようなリソースは、チャンネル設定/分解(setup/teardown)、ハンドオーバ、及び周波数ホッピングを含む。20

【0034】

GSMでは、（「キャリア」と呼ばれる）周波数チャンネルは、200kHzで分離されている。GSMは、周波数分割デュプレクスを使用しており、そのことは、BSとMSの間のダウンリンク及びアップリンクの通信は、異なる周波数で起きることを意味する。標準のGSMでは、それぞれ25MHzまでが、ダウンリンクのキャリア（880～915MHz）及びアップリンクのキャリア（925～960MHz）のために利用可能である。1つ以上のキャリアが、それぞれのBSに割り当てられている。DCS-1800に対しては、アップリンク及びダウンリンクの範囲は、それぞれ1710～1785MHz及び1805～1880MHzであり、一方、PCS-1900に対しては、アップリンク及びダウンリンクの範囲は、それぞれ1850～1910MHz及び1930～1990MHzである。30

【0035】

それぞれのキャリアは、それぞれの（バーストと呼ばれる）スロットが15/26msの長さである、8つのタイムスロットに時間で分割される。それぞれの8つのスロットは、TDMAフレーム中に結合させられ、こうして、それぞれのTDMAフレームは、120/26msの長さである。トラフィックチャンネル(TCH)及び制御チャンネル(control channel, CCH)は、フレーム内でのそれらの対応するバースト期間(burst period)の位置により画定される。40

【0036】

トラフィックチャンネル(TCH)は、音声及びデータを運ぶために使用される。フルレートのトラフィックチャンネル(TCH/F)は、22.8kbpsのグロスレートで情報を運び、一方、ハーフレートのトラフィックチャンネル(TCH/H)は、11.4kbpsのグロスレートで情報を運ぶ。トラフィックチャンネルは、26のTDMAフレームグループに現れ、またそのようなグループはマルチフレームと呼ばれる。このように、TCHマルチフレームは120msの長さである。

【0037】

共通制御チャンネルは、アイドルモード(idle mode)及び専用モード(dedicated mode)の両方の移動局(mobile)によってアクセスされることができる。アイドルモードの移動局は、専用モードに変わるために必要な信号の情報を交換するために共通チャンネルを使用する。50

既に専用モードにある移動局は、ハンドオーバー及び他の情報のために、周囲の基地局の制御キャリアをモニタする。共通チャンネルは、51フレームのマルチフレーム内に画定され、そのため、26フレームのマルチフレームTCH構造を使用する専用の移動局は、制御チャンネルをまだモニタすることができる。共通チャンネルは以下のものを含む：

「ブロードキャスト制御チャンネル(Broadcast Control Channel, BCCH)」：BCCHは、基地局の識別(identity)、周波数配置(frequency allocation)及び周波数ホッピングシーケンスを含む情報を、ダウンリンク上に、連続的にブロードキャストする。

【0038】

「周波数訂正チャンネル(Frequency Correction Channel, FCCH)及び同期チャンネル(Synchronization Channel, SCH)」：FCCH及びSCHは、バースト期間の境界、タイムスロットのナンバリング、及びキャリアオフセットを画定することにより、セルの、周波数及びタイムスロット構造に移動局を同期させるために使用される、ダウンリンクチャンネルである。GSMネットワーク内のそれぞれのセルは、正確に、1つのFCCH及び1つのSCHをブロードキャストする。画定によるFCCH及びSCHは、BCCHキャリア上のTDMAフレーム内のタイムスロットナンバー0上に送られる。

10

【0039】

「ランダム・アクセス・チャンネル(Random Access Channel, RACH)」：RACH（アップリンク・チャンネル）は、ネットワークへのアクセスをリクエストするために移動局により使用される。

【0040】

「ページング・チャンネル(Paging Channel, PCH)」：PCHは、移動局に入ってくる呼出(incoming call)のアラートをするために使用されるダウンリンク・チャンネルである。

20

【0041】

「アクセス許可チャンネル(Access Grant Channel, AGCH)」：AGCHは、RACH上のリクエストに続いて、（専用チャンネルを得るために）信号を送るための移動局への、TCH又はSDCHと呼ばれる特定の関連制御チャンネルを配置するために使用されるダウンリンク・チャンネルである。

【0042】

「専用制御チャンネル(Dedicated Control Channel)」：これらは、スローTCH/H関連制御チャンネル(Slow TCH/H Associated Control Channel, SACCH/TF)、ファーストTCH/H関連制御チャンネル(Fast TCH/H Associated Control Channel, FACCH/F)、スローTCH/H関連制御チャンネル(Slow TCH/H Associated Control Channel, SACCH/TH)、ファーストTCH/H関連制御チャンネル(Fast TCH/H Associated Control Channel, FACCH/H)、及び他のTCHトラフィックに関連する専用制御チャンネルを含む。

30

【0043】

GSMで送信のために使用される異なるタイプの4つのバーストがある。通常のバーストは、データ及び大部分の信号を発する情報(signaling information)を運ぶために使用され、また、2つの57ビットの情報ストリーム(information stream)、イコライゼーションのために使用される26ビットのトレーニング・シーケンス(training sequence)、（FACCHのために使用される）それぞれの情報ブロックのための1つのスチーリング・ビット(stealing bit)、それぞれの終了部にある3つのテール・ビット(tail bit)、及び8.25ビットのガード・シーケンス(guard sequence)から構成される、156.25ビットの全体の長さを有する。その156.25ビットは、15/26ms（0.577ms）で送信され、270.833kbpsのグロスのビットレートを与える。FCCHで使用されるFバースト、及びSCHで使用されるSバーストは、通常のバーストと同じ長さを有するが、異なる内部構造を有しており、それにより、通常のバーストからそれらは区別され、このようにして同期ができるようにされる。バーストの4番目のタイプは、アクセスバーストであり、これは通常のバーストより短く、またRACH上でのみ使用される。

40

【0044】

50

(特定のGSMの実施の説明)

本発明は、アンテナ素子のアンテナアレイを使用し、信号の位相及び振幅を調節するための手段を有し、そのため、それぞれのアンテナ素子は、振幅のスケーリング及び位相のシフトに従って調節された位相及び振幅を有する1つのバージョンの信号を送信することになる、任意の通信局に適用される。当業者に理解されるように、それぞれのアンテナ素子の、特定の通信信号のための重み付けをする振幅及び位相は、複素数値の重みにより表わすことができ、すべてのアンテナ素子に対するその信号のための複素数値の重みの組は、複素数値の重みベクトルにより表わすことができる。

【0045】

本発明の好適な実施形態は、GSMプロトコルのPCS-1900の改訂版を使用し、PCS-1900周波数(約1.9GHz)で送信する、テストシステムである。テストシステムは、GSMBSを含む。本発明は、通信局から送信することに関連するため、そのような送信を扱うようなBSの素子が、ここで説明される。例えば、PHSプロトコル又は更にAMPSのような非デジタルシステムを使用するセルラーシステムにおける、又は更に非セルラー通信局におけるような、他のシステムにおける実施のために、ここで説明された実施形態をどのように修正するかは、当業者に明らかであろう。

【0046】

フルレートのGSM音声データは、50Hzの、260ビットの線形予測符号化(linear prediction coded, LPC encoded)音声パケット(voice packet)である。260ビットのGSM-LPC音声パケット(speech packet)は、それぞれのグループがその重要性に従って分類された3つのタイプ(グループ)のビットを含み、及びそれぞれのグループはこのようなして異なるタイプの(パリティ及び畳込み、畳込みのみ、又は符号化なしの)保護符号化(protection encoding)によって保護される。すべてのグループは、456ビットの出力パケットを形成するようにインターリーブ(interleave)される。

【0047】

連続する456ビットチャンネルで符号化された音声パケットは、8つの電波のバースト(radio burst)を横切ってお互いにインターリーブされる。バーストにつき114ビットの8つのバーストは、合計で912ビットを与え、そして、実際は、2つの音声パケットが、任意のTCHバーストの構成のために必要である。更に、パケットはお互いに関してスキューがかけられる。

【0048】

更に音声データ、いくつかの他のタイプのデータは、GSMプロトコルに従って送信されることもできる。更に、SDMAを使用すると、(一般に、TCHあたりのアンテナアレイ素子の数までの任意の数の)いくつかの空間チャンネルは、任意のキャリアにおける任意のタイムスロット上に存在することができる。「TS-SpChan」表記(notation)は、ここで空間チャンネル及びタイムスロットのために使用され、例えば、特定のTCHを運ぶ。例えば、好適な実施形態のために使用される特定のハードウェアでは、単一のキャリアのシステムは、3つの空間チャンネルまでマルチプレクスする性能を有しており、8つのスロットの内の1つがこの実施形態における制御のために使用されるため、このようにして、 $3 \times 7 = 21$ までのTS-SpChansがある。理想的な条件下では、これらのそれぞれは、関連する信号を有するフル又はハーフレートの音声チャンネルを含むことができる。

【0049】

GSMシステムの好適な実施形態では、それぞれのダウンリンクTS-SpChan上で、GSM標準により許されているような、チャンネルのいくつかの組み合わせのみが使用される。このようにして、それぞれのキャリアは8つのタイムスロットを有し、それぞれ(キャリア、タイムスロット0を除くタイムスロット)は、3つまでの空間チャンネルを有し、それぞれ(キャリア、タイムスロット、空間チャンネル)は、ダウンリンクチャンネルの組み合わせを有し、及びそれぞれのダウンリンクチャンネルの組み合わせは、論理チャンネルのグループから構成される。更に、それぞれ(キャリア、タイムスロット、空間チャンネル)は、そ

れに関連する一組の空間マルチプレクシング重み（重みベクトル）を有する。しかし、標準の GSM は、同じキャリア上の単一のタイムスロットに複数の TCH を有するという概念を含んでいないことは強調すべきことである。

【0050】

複数の移動局を行き先とする複数の論理チャネルからのデータは、GSM ダウンリンクフレームを形成するために、組み立てられる。例えば、タイムスロット 0 は同期制御チャネル（SCH）バーストを含むであろうし、タイムスロット 1 は 1 つの移動局のための TCH/F データを含むであろうし、タイムスロット 2～5 は使われていないであろうし、タイムスロット 6 は他の移動局のためのスロー関連制御チャネル（slow-associated control channel, SACCH）データを含むであろうし、及びタイムスロット 7 は更に他の移動局のための TCH/F データを含むであろう。トレーニングシーケンス及び他の情報と一緒にすべてのこのデータは、送信のための 1250 ビットフレーム中に集められる。ビット 0～147 はタイムスロット 0 であり、ビット 148～155 はバースト間ガードビット（inter-burst guard bit）であり、ビット 156～303 はタイムスロット 1 である、などである。1 つの余分のバースト間ガードビットが、タイムスロット 3 と 4 の間、及びタイムスロット 7 と 0 の間に挿入される。

10

【0051】

GSM フレームは、GSM スペックに従って変調されたガウス最小シフトキー（Gaussian Minimum Shift Key, GMSK）である。特定の実施形態では、GMSK 変調は、波形を作るためにルックアップテーブルを使用することにより実行される。特定の実施形態の GSM プロセッサは、それぞれのアンテナ素子に対して単一のデジタルシグナルプロセッサ DSP を使用し、また、変調方法及び空間処理を実行するために使用されるのは、この DSP である。

20

【0052】

図 1(a) は、GSM システムで GMSK 変調されたフレームを構成するためのサブシステムの「信号フロー」式を示す。フレーム構成のための実際の装置は、この構造を有しないであろう；これはフレームの構成のプロセスを説明することを助けるために示されている。フレーム構成器（frame builder）103 は、チャネル符号化された音声パケット又は制御パケット（集散的に、101）を取得し、GSM 電波インターフェース標準に従ってバースト中への送信のためにこのデータをフォーマットし、8 個のタイムスロットの GSM フレーム 105 を構成する。図 1(a) は、特定のフレームに対するそのタイムスロットにおいて 1 つより多くの空間チャネルがあるなら、1 つの特定のタイムスロットで特定の空間チャネルに対して起きることを反映する。（任意の時間の）フレームデータ 105 は、GMSK 変調器 107 によりガウス最小シフトキーイング（GMSK）変調によって変調され、ベースバンド複素数値（すなわち、I 及び Q）信号 109 を作り出す。GSM フレームを構成すること及び必要な GSM（GMSK）変調を実行することは、全ての GSM 基地局で行われ、またそれは技術上周知である。我々の実施では、ベースバンドデータ 109 は、1.5 倍でオーバーサンプリングされた（one-and-one-half-times oversampled）デジタルの I、Q データである（すなわち、 $1.5 \times 270.833 \text{ kHz}$ でサンプリングされた I、Q データ）。

30

40

【0053】

空間マルチプレクシング方法は、変調と密接に関連している。空間的にマルチプレクスされたのは、変調されたベースバンド信号である。これは、図 1(b) に示される。時間における任意の特定のポイントにおいて（すなわち任意のタイムスロットの間に）、送信されることになる 1 つより多くの信号があるであろう。図 1(b) は、ベースバンド信号の、そのような 3 つの空間チャネルを示し、その信号はそれぞれ 109.1、109.2、及び 109.3 と表示されている。図 1(b) は、ある特定のタイムスロットで処理を捕捉する。他のタイムスロットで、異なる数の空間チャネル—例えば 1 チャネルだけを送信することができる。

【0054】

50

特定の実施形態では、特定のアンテナ素子に関連する D S P によって、アンテナ毎ベース (per antenna basis) に、ユニット 1 1 1 の空間マルチプレクシングが実行される。m 個のアンテナシステムでは、m 個のそのような D S P が、我々のシステムでそのため使用される。空間マルチプレクシングは、G M S K 波形生成の後に起きる。このようにして、G M S K 変調及び空間マルチプレクシングは、同じ D S P 内で効率のために結合され、また、この D S P は、ここでは送信変調及びマルチプレクシング D S P と呼ばれる。結合 (coupling) は、それぞれの (フレーム、タイムスロット、空間チャンネル) バーストコンテンツ データ (burst content data) 及び対応する空間マルチプレクシング重みベクトルが、送信変調及びマルチプレクシング D S P に書き込まれなければならないことを意味する。

【0055】

10

好適な実施形態の G S M システムの実施では、それぞれのチャンネル編成は、シーケンスにされたとき、送信変調及びマルチプレクシング D S P のためのバーストパケットの適切なシーケンスを生成する、サブルーチンへのポインタのリンクしたリストである。

【0056】

特定のタイムスロットの間に、K 個のチャンネルに対して、それぞれ、K 個の複素数値の重みベクトル $w_1, w_2, \dots, w_j, \dots, w_k$ を使用し、j 番目の重みベクトルは行ベクトル

$$w_j = [w_{j1}, \dots, w_{ji}, \dots, w_{jm}]$$

であって、(全体の m 個のアンテナアレイ素子の内の) i 番目のアンテナ素子に関連する送信変調及びマルチプレクシング D S P によって実行された空間処理及び G M S K 変調は、数学的に

20

$$y_i(n) = \sum_{j=1}^K \dot{w}_{ji} \text{GMSK}(s_j(n))$$

として記述できる。ここで、 $()^*$ は共役複素数を示し、n は特定のタイムスロットの間の時間におけるサンプルであり、 $y_i(n)$ は i 番目のアンテナ素子によって (R F で) 送信される (ベースバンドでの) 出力であり、及び $\text{GMSK}(s_j(n))$ は、時間サンプル n での j 番目の空間チャンネルの G M S K 変調されたベースバンド波形である。

【0057】

このように図 1 (b) は、m 個のアンテナ素子による送信のための m 個の複素数値の (I, Q) 信号を形成するため、重みベクトル w_1, w_2 、及び w_3 を使用して、3 つの空間チャンネルを空間的にマルチプレクスするための、全ての m 個の送信変調及びマルチプレクシング D S P を使用する空間処理を示す。

30

【0058】

図 1 (d) は、それぞれアンテナ素子 1 2 9 . 1 から 1 2 9 . m に結合した m 個の R F 信号を生成するために、これらの m 個のベースバンド信号 1 1 3 . 1 から 1 1 3 . m が、それぞれの送信機 1 1 5 . 1 から 1 1 5 . m によって、どのようにして送信されるかを示す。

【0059】

どのような適切な送信器も使用することができるが、特定の実施形態は、1 つのアンテナ素子のための 1 つのそのような送信機を示す図 1 (c) に示す構造を有する送信機を使用した。i 番目の送信変調及びマルチプレクシング (transmit modulation-and-multiplexing) D S P からの 1 . 5 倍でオーバーサンプリングされたベースバンド信号 1 1 3 . i は、最初にデジタル的に 3 2 倍にアップサンプル (upsample) され、アップコンバート (upconvert) され、及びユニット 1 1 7 により補間 (interpolate) される。結果として得られる信号は、次に、D - A コンバータ (D A C) によって 1 3 MHz でアナログに変換され、そして結果として得られる信号 1 2 3 は、次に、R F 送信機 1 2 5 によって、アナログで、アップコンバートされて増幅される。

40

【0060】

それぞれ 1 つのアンテナ素子に関連する送信機装置 (transmitter apparatus) の用語は、R F でアンテナ素子を通じた送信のため、ベースバンド信号を増幅されたベースバンド信号に変換することに関連する、デジタル及びアナログのハードウェア、ケーブルなどを含

50

むすべての装置のことを言い、またそのような装置は当業者に周知である。

【0061】

(数学的説明)

ここで説明される特定の実施形態は、炊く定の変調フォーマットを使用する F D M A / T D M A システムのためのものであるが、本発明はどのようなタイプの変調又はマルチプレクシングにも限定されず、このため、T D M A、F D M A、F D M A / T D M A 又は C D M A システムを使用するアナログ及びデジタルのシステムを含む任意のシステムで使用するができる。

【0062】

ベースステーション (B S) に m 個のアンテナ素子のアンテナアレイを持たせる。Θ に、B S のアンテナアレイの遠いフィールド (far-field) 内の遠隔ユーザ (MS と表わされる移動局 (mobile station)) の位置の範囲を記述するパラメータ集合 (parameter set) を表現させる。すなわち、特定のユーザのための R F パターンの目的の有効範囲である。集合の Θ は、例えば、

$$[\theta_1, \theta_2]$$

は、 θ_1 から θ_2 への方位角角度の範囲を示すものとして、

$$\theta = [30^\circ, 150^\circ]$$

のような一組の方位角角度 (azimuth angle) を表わすことができるであろう。他には、Θ は、例えば、V 又は H の偏波、 -30° から -5° の高度 (elevation)、 30° から 150° の方位角の範囲の集合である、

$$\Theta = [30^\circ, 150^\circ] \times [-30^\circ, -5^\circ] \times \{V, H\}$$

のような方位角及び俯角 (depression angle) 及び偏波 (polarization) の集合であってもよい。特定の実施形態では、そのパターンは、方位角のみの特定の範囲の有効範囲を提供するように設計されたものであり、また、本発明の方法は、そのような範囲の定義に確実に限定されない。

【0063】

好適な実施の形態の G S M プロトコルを使用したするシステムを含む多くのシステムでは、すべての信号は、中心周波数が知られており、信号のバンド幅とそれらの中心周波数の比率が 1 よりかなり小さいという意味において、おおよそナローバンド (narrowband) であると考えることができる。

$$a(\theta), \theta \in \Theta$$

を、m 個のベクトルを含む、遠隔受信機 (M S) でアンテナアレイ素子のそれぞれから受信した信号の、これらの素子が同じナローバンド信号をそれぞれ送信しているときの相対位相及び振幅と定義する。

そのように定義された

$$a(\theta)$$

は、ステアリングベクトル (steering vector) と呼ばれることがある。いくつかのアンテナアレイの構造はが可能であり、本発明はどのような特定の配置に限定されない。好適な実施の形態で使用される 1 つの例は、d として示された、均一な間隔 (spacing) で直線に沿って配置された、m 個の同一の、無指向性アンテナ素子の直線アレイ (linear array) である。そのような構造に対して、ステアリングベクトルは (比例定数内で)、反射又は分散 (diffracting) オブジェクト

$$a(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & e^{-j2\pi d \cos(\theta)/\lambda} & \dots & e^{-j2(m-1)\pi d \cos(\theta)/\lambda} \end{bmatrix}^T \quad \text{式 1}$$

の影響を本質的に受けない環境中にあることを示すことができる。ここで、 $\lambda = c / f$ で

あり、 $()^T$ は転置行列を示し、 c は伝播速度であり、 f はR F周波数であり、及び θ はアンテナアレイの軸に関して測定されたM Sの位置に対応する方位角又は円錐角(cone angle)である。もし、アンテナアレイ素子のそれぞれが、 $e(\theta)$ で示される、無指向性の高度応答だが、定数ではなく同一の(non-constant and identical)方位角応答を有していたなら、ステアリングベクトルは、

$$a(\theta) = e(\theta) \begin{bmatrix} 1 & e^{-j2\pi d \cos(\theta)/\lambda} & \dots & e^{-j2(m-1)\pi d \cos(\theta)/\lambda} \end{bmatrix}^T \quad \text{式2}$$

であることを示すことが可能である。

【0064】

送信マニホールド(transmit manifold) $T(\Theta)$ を、集合 Θ の中の全ての θ_s に対して、遠隔受信機で、アンテナアレイのそれぞれから受信された信号の相対位相及び振幅の集合として定義する。すなわち、

$$T(\theta) = \{a(\theta), \theta \in \Theta\} \quad \text{式4}$$

である。

【0065】

好適な実施形態では、 $T(\Theta)$ は知られていることとする。 $T(\Theta)$ を正確に推測する方法は知られており、また、そのような方法は、アレイの電子機器のキャリブレーション(calibration)及びフィールドでの直接測定の結合での、分析的なモデリングを含む。例えば、どのようにしてステアリングベクトルを決定するか及びどのようにしてS D M Aシステムにおける遠隔ユーザの位置を決定するかの例のための我々のスマートアンテナ特許を、ロイ(Roy)他が発明者の、S D M Aシステムをキャリブレーションする例を含む、メソッド・アンド・アパレイタス・フォー・キャリブレーション・アンテナ・アレイズ(METHOD AND APPARATUS FOR CALIBRATING ANTENNA ARRAYS)という名称の米国特許第5, 546, 090号(1996年8月13日)と一緒に参照するとよい。

【0066】

複素数値の m 次元の行重みベクトル(row weight vector) w は、 θ の関数としての特定の放射パターンを実現するため、複素数値(同相のI及び直角位相(quadrature)のQ)の信号 $s(t)$ をアンテナアレイ素子に亘って分配するために使用される複素数の重み(complex weightings)を含む。重みベクトル w が、送信空間処理(transmit spatial processing)のために使用されるとき、(ベースバンドの)アンテナ素子にかけられる m 個の複素数値の信号は、複素数値の m 行ベクトル

$$w^* s(t) = \begin{bmatrix} w_1^* s(t) & w_2^* & \dots & w_m^* s(t) \end{bmatrix} \quad \text{式5}$$

の要素によって与えられる。ここで、 $()^*$ は共役複素数を示し、 $s(t)$ は送信される(G S Mを使用する好適な実施形態ではG M S K変調された)ベースバンド信号であり、そのため、M Sによって位置 θ で受信されるネットの信号は、複素数値の量

$$w^* a(\theta) s(t) \quad \text{式6}$$

に比例する。

【0067】

好適な実施形態では、送信される信号のそれぞれは、ここで上述のように、送信変調及びマルチプレクシングD S Pによって生成され、また、他の実施形態も、当業者に明らかになるように、本発明の範囲内で、確かに可能である。

【0068】

(単位時間あたりの単一の論理チャネル)

例えば無指向性に近い(N O R)特性のような、所望の特性を達成する重みベクトル w を決定する好適な実施形態は、所望の応答パターンからの偏差を測定する重みベクトル w のコスト関数を定義すること、そしてそのコスト関数を最小にする重みベクトル w を見つけ

ることの最小化の問題を解くことを含む。多くのコスト関数が、この実施形態のために可能である。NORパターンに対する、単位時間あたりの単一の論理チャンネルの場合には、無指向性のブロードキャストのための所望の特性の測定である好適なコスト関数は、

$$J(w) = \alpha_1 \|w - \overline{w} [1 \ \cdots \ 1]\|_2 + \alpha_2 \|w\|_2 + \alpha_3 \left\{ \int_{\Theta'} [w \cdot a(\theta) - g_d]^2 d\theta \right\}^{1/2} \quad \text{式7}$$

である。ここで、 $|w|$ は、ベクトル w の要素の振幅のベクトルであり、

$$\overline{w}$$

は、 $|w|$ の中の全ての要素の平均値であり、及び

$$\|w\|_2$$

は、ベクトル w の L_2 ノルム (norm) (すなわち「長さ (length)」) である。コスト関数の式 (式7) の第1の項は、アンテナ素子の中の送信パワーの変化量の測定 (measure) であり、第2の項は、全体の送信パワーの式であり、及び第3の項は、ある一定の目的利得値 (constant target gain value) で示される g_d からの利得の偏差の測定である。 α_i は、コスト関数の成分のための相対重みを提供する正のスケールファクタ (scale factor) である。第3の項中の積分は、 Θ' 、すなわち Θ のサブセット、特に、コスト関数の最小化がそれに関して (例えば、方位角のセクターに関して) 実行されるパラメータ空間 Θ の部分に関するものである。例えば、領域のいくつかの中の応答パターン中のリップル (ripple) のためにより大きい「コスト」を課する、又は所望の非NORパターンなどを実現する、他のコスト関数を使用することができる。特定のコスト関数は、デザインエンジニアに委ねることができる。またそれは、コスト関数中にある測定のいくつかの相対的重要性に依存する。

【0069】

無指向性 (又は所望のパターン) のブロードキャストのために使用する最適の w は、次に、コスト関数 $J(w)$ を最小にする w である。 $J(w)$ を分析的に最小化できることは希であろう。その代わり、好適な実施形態では、数値最小化方法 (numerical minimization approach) が使用される。特に、我々は、準ニュートン法 (quasi-Newton method) を使用し、2m個の実数のパラメータの集まり (collection) として w の実部及び虚部の成分を扱った。

【0070】

そのような数値最小化をどのようにして実行するかは、当業者には明らかであろう。実際の実施では、対話式行列操作プログラム (interactive matrix manipulation program) M A T L A B (マサチューセッツ州ナティックの、マスワークス・インコーポレイテッド (The Mathworks, Inc. Natick, MA)) が使用された。ほとんどの一般的なコンピュータオペレーティングシステム上で動作する M A T L A B は、より複雑なアプリケーションをサポートするために、従来のプログラミング言語のオーバーヘッドなしに、数値分析、行列計算、信号処理、及びグラフィックスを、問題及び解が数学的に表現されている単一の環境に統合する。基本的なデータ要素は、次元 (dimensioning) を必要としない行列である。そのため、フォートラン (FORTRAN)、ベーシック (Basic)、またはCのような言語で書くために要する時間の何分の一で、数字の問題を解くことが可能になる。特別の「ツールボックス」を利用することができ、それは、問題の特定のクラスを解くため M A T L A B 環境を拡張する、広範囲な M A T L A B 関数の集合 (M-ファイル) を提供する。そのようなツールボックスは、信号処理、制御システム設計、動的システムシミュレーション、システム識別、ニューラルネットワーク、最適化などを含む。特に、M A T L A B 最適化ツールボックスが、最適化問題を解くために使用された。M A T L A B 最適化ツールボックスは、準ニュートン最適化法 (quasi-Newton optimization method) を含む。

【0071】

NORパターンを実現することが普通望ましい一方、時々他の考慮すべきことがより重要となり得ることは、再び記載すべきことである。このように、本発明の他の態様では、こ

10

20

30

40

50

の方法を、他の、必ずしもNORでないパターンを実現するために適用することができる。一般的に、これらの非NORパターンは、いくつかの広い領域を有するであろう。例えば、有効範囲の意図された領域中にナルを持たず、アンテナ素子からアンテナ素子へのエネルギーの変化及び全体の送信されるエネルギーを最小にする、パターンを実現することは十分であろう。そのような応用のためには、コスト関数の異なる成分によって、同じアプローチを使用することができる。このように、特定の実施形態が無指向性パターンを実現することに関して説明されていくが、他のパターンも本発明の異なる変形によって実現することができる。

【0072】

(実験結果)

上述の方法は、1945.2MHzで動作する0.51λの間隔の直線アレイとして配列された、8つの120°パッチアンテナ素子(patch antenna element)からなるアレイのための、方位角的にNOR重みベクトルwを設計するために使用された。0.5λの間隔、及び以下のような式6を決めて、実際の設計はなされた。

$\alpha_1 = 1.0, \alpha_2 = 1.0, \alpha_3 = 0.5, g_d = 1.0$, 及び

$$a(\theta) = [1 \quad e^{-j\pi \cos(\theta)} \quad \dots \quad e^{-j(m-1)\pi \cos(\theta)}]^T / \sqrt{8}$$

$$\Theta' = [30^\circ, 150^\circ]$$

この例はセクターの設計のためであったため、 Θ' に対する特定の選択がなされた。 g_d は、 $a(\theta)$ のスケールリング(scaling)及びアンテナアレイ中のエレメントの数(8)に基づいて選択される。

【0073】

直線アレイに対しては、対称性のため、非セクターのNORパターンのための設計の問題は0から180°であろう。非直線及び非対称のアレイパターンは、全体の360°に亘る設計を必要とするであろう。

【0074】

上述のように、式7に従って重みベクトルwを設計するために、MATLABが使用された。その結果は、任意の素子からの最大の正規化された放射パワーが1であるように、スケールを変えて示される。図2の2つの垂直の点線203及び205は、セクター[30°, 150°]の限界である。このパターン201は、単一の素子に関してかなり大きい利得を有することが明らかである。セクター[30°, 150°]中のリップルについて、2つのコメントをすべきである。第1に、数dBのオーダーのピークからピークのリップルは、動作的には重要ではなさそうである。第2に、セクターの端での増大した利得は、それは、セクターの端での個々の素子のパターンにおける減少した利得を補償することになるため、実際には望ましいパターンの特徴である(式2参照)。もしリップルが許容できなかったなら、任意の特定の領域中のリップルに高い重みを与える、異なるコスト関数を構成することができる。そのような修正は、当業者には明らかであろう。

【0075】

この処理戦略は、SDMAによる好適な実施形態の実験のGSMシステム上に実施され、また、実際の性能を理論的予測と比較するために、実地(field)の測定がそのセクター内で5°毎に実施された。その結果は、図3中の点線305を与えるための補間をしたものと共に、図3で「x」として表示される。図3の実線201は、図2のものと同じであり、また、分かるように、実際の実地の測定値は理論的計算と非常によく一致している。

【0076】

(単位時間あたりの複数論理チャネル)

複数の論理チャネルを、NORエネルギーパターンの制約のもとに、同じキャリア上に同時に送信するために、BSでアンテナアレイを使用することが望ましい状況がある。例え

10

20

30

40

50

ば、アンテナアレイは、無指向性エネルギーパターンの追加の要件を有するキャリア上の複数のダウンリンクトラフィックチャネル又はいくつかの空間チャネルをサポートするために使用することができる。この要件は、例えば、GSMシステムのBCHキャリアを含む、いくつかのキャリアに対して存在する。本発明の他の態様は、これを実現するための方法及び装置である。本発明のこの態様を使用することなしに、(FDMA/TDMAシステムにおける)単一のタイムスロット又は(一般的な)従来のチャネルにおいて1つより多くのユーザに送信するとき、通常の空間処理は、ユーザのそれぞれに対して指向性の高いRFパターンを生成するであろうし、それによって「ネットの」RFパターンは指向性を有するであろう。無指向性に近いネットのRFパターンを維持しながら、そのような同一チャネル(co-channel)のユーザへの指向性を有して情報を送信することができる

10

【0077】

例えば、D個の方位角 θ_i ($i = 1, \dots, D$)によって与えられる異なる位置のD個のMS (すなわち、遠隔ユーザ)というような数Dがあると考えよう。これらの位置は、典型的には、少なくとももおおよそ知られている。目標は、NORパターンが望まれるか必要とされる領域の全体中にネットのNORパターンを維持しながら、それぞれが他のMSとの干渉を発生することなく対応するMSへの指向性パターンを発生するD個の重みベクトルを設計することである。これを行うために、最初に、(NORパターンが望まれるところである)全体のパラメータ空間 Θ を、D個の重なっていない領域、 Ω_i ($i = 1, \dots, D$)に分割する。ここで、

20

$$\theta_i \in \Omega_i, i=1, \dots, D, \quad \text{式8}$$

$$\bigcup_i \Omega_i = \Theta, \text{ 及び } \quad \text{式9}$$

$$\Omega_i \cap \Omega_j = \emptyset, i \neq j \quad \text{式10}$$

式8は、i番目のMSは、 Ω_i で示されるi番目の領域中にあることを表わし、式9は、 Θ がD個の領域すべての合計であることを表わし、及び、式10は、領域は重なっていないことを表わす($\emptyset$ は空集合である)。これは、それぞれの遠隔ユーザのための領域があることを意味する。ユーザより多い数の領域、すなわちD個より多い領域を持つこともできる。そのような場合、1つ以上の「ダミー信号」を、ユーザが存在しないことが知られているところの領域に送ることができる。ダミー信号を含むように変更することは直接的(straightforward)である。この説明及び請求項においては、「ダミー信号」は、1つのダミー信号かいくつかの異なるダミー信号かのいずれかであり、いずれの場合も、この文脈から当業者にとって明らかであろう。しかし、好適な実施形態は、D個の領域のみを使用する。前述のように、ユーザのそれぞれに対する重みベクトルを決定する方法は、それぞれが所望の応答パターンからの偏差を示す、D個の重みベクトル $w_1, \dots, w_D$ のコスト関数を定義すること、及び、次にコスト関数を最小にするD個の重みベクトルのセットを見つけないという最小化問題を解くことを含む。また、多くのコスト関数が本発明のこの態様のために可能であり、また、最小化問題を解く、多くの方法が可能である。好適な実

30

40

$$K_i(w_i) = \alpha_{i,1} \|w_i\| - \overline{w_i} [1 \dots 1]_2 + \alpha_{i,2} \|w_i\|_2 + \alpha_{i,3} \left\{ \int_{\Omega_i} [w_i a(\theta) - g_d]^2 d\theta \right\}^{1/2} \quad \text{式11}$$

及び

$$L_i(w_i) = \beta_i \sum_{j \neq i} \left\{ \int_{\Omega_j} |w_j a(\theta)|^2 d\theta \right\}^{1/2} \quad \text{式12}$$

を定義する。全体の好適なコスト関数 $J(w)$ は、

50

$$J(W) = \sum_{i=1}^D (K_i(w_i) + L_i(w_i)) \quad \text{式13}$$

で与えられる。ここでWは、D個の重みベクトルの集合、 $W = \{w_1, \dots, w_D\}$ である。W_{opt}で示される重みベクトルの最適なセットは、次に、コスト関数J(w)を最小にするセットWで与えられる。式11では、個々の項の意味は、式7のそれと類似している。式12の $L_i(w_i)$ は、i番目のユーザにより受信されたエネルギーの測定であるが、それはそのユーザのために意図したものではない。すなわち、その重みベクトル w_i に対するすべての意図していない領域中で受信されたエネルギーは、全体のコスト関数のこの成分に対する正の重みである。

【0078】

他の実施形態では、 $L'_i(w_i)$ で示される、 $L_i(w_i)$ に対する以下の形態が使用される。

$$L'_i(w_i) = \begin{cases} L_i(w_i) & L_i(w_i) > \gamma_i \\ 0 & L_i(w_i) \leq \gamma_i \end{cases} \quad \text{式15}$$

ここで、 γ_i は、 $j \neq i$ とした Ω_j でのユーザのために意図された信号から、 Ω_i でのユーザへの干渉の許容できるレベルを設定するために使用することができる、D個のパラメータである。当業者に明らかであるように、他の代替も可能である。

【0079】

単一のユーザの場合については、J(W)を最小にする重みベクトルのセットに対して解くために、数値的方法(numerical method)が好適には使用される。特に、もう一度、準ニュートン法、特にMATLAB最適化ツールボックスにおける準ニュートン法が使用され、また、 w_i の実数及び虚数の成分は、 $2m \times D$ の実数パラメータの集まり(collection)として扱われる。

【0080】

(他の計算が効率的な方法)

ユーザが有効範囲の領域内で動き回ると、重みベクトルの最適なセット、Wは、一般的に再計算されることが必要になってくる。これは、高速に、極度の計算が必要な最適化問題を反復して解くことを含み得る。第1の他の実施形態では、所在(同一チャネルのユーザのための位置範囲)のセットを予め決めることができ、そのような所在に対する重みベクトルは、予め計算され、そしてメモリ中に予め記憶される。

【0081】

同一チャネルのユーザの知られた又はおおよそ知られた位置が、予め計算された所在の1つと適合するなら、所在の中の特定の1つに対する重みベクトルのセットが、メモリから呼び出され、送信のために使用される。同一チャネルのユーザに対して設計された領域が、確実に、適切に分離されるようにするため、典型的には、1つより多くのセットの領域が、同一チャネルのユーザのどのような特定の数に対しても設計されることが必要となるであろう。そうでなければ、2人のユーザが移行ゾーン(transition zone)に近いとき、同一チャネルの干渉が発生し得る。

【0082】

おおよそ均一なアンテナアレイの構造、例えばおおよそ均一な直線アレイ、及びいくつかの他の構造のために、第2の他の実施形態は、重みベクトルの予め計算されたセットの非常に少ない数のみを記憶すること、及び簡単な計算を使用して、予め計算されていない所在に対する重みベクトルを迅速に計算することを含む。すなわち、この方法は、重みWの典型(prototype)のセットを予め計算すること、そしてそのような典型のセットWを、セットΘ中の移動ユーザの変化している位置に適合させるために「シフトさせる」ことを含む。

【0083】

この第2の他の実施形態は、例を使用してもっとも好適に説明される。 $\lambda/2$ の間隔を有する、m個の無指向性素子から構成される均一な直線アンテナアレイを考え、更に、無指

10

20

30

40

50

向性の送信のための全体の範囲が、方位角での全体の平面であると、すなわち、 $\Theta = [0^\circ, 180^\circ)$ であり、及び設計の問題は、特定されたどのような特定の高度のセット又は偏波のセットではなく、方位角のみの上においてであると仮定する。この場合に対するステアリングベクトル

$$a(\theta)$$

は、式 1 により与えられる形態、特に、

$$a(\theta) = [1 \quad e^{-j\pi \cos(\theta)} \quad \dots \quad e^{-j(m-1)\pi \cos(\theta)}]^T \quad \text{式 16}$$

である。

10

【0084】

送信重みベクトル、 w を使用するとき、方位角の関数としての合計の放射パワーは、量 $P(\theta)$ に比例する。ここで、

$$P(\theta) = |w \cdot a(\theta)|^2, \quad \theta \in \Theta \quad \text{式 17}$$

$a(\theta)$ に対して式 16 により与えられる形態の任意のベクトルは、ヴァンデルモンド構造 (Vandermonde structure) を有すると言われる。 w_r は、 37° シフトされた重みベクトル w である他の送信重みベクトルであると仮定する。すなわち、

【数 1】

20

$$w_r = w \odot [1 \quad e^{-j\pi(\cos(127^\circ) - \cos(90^\circ))} \quad \dots \quad e^{-j(m-1)\pi(\cos(127^\circ) - \cos(90^\circ))}] \quad \text{式 18}$$

である。ここで、



は、要素と要素との乗算を意味する演算子である。

$a(\theta)$ のヴァンデルモンド構造のために、重み w_r を使用する方位角の関数としての放射パワーは、同様の量だけ (180° を法として) 回転させられる。言い換えれば、合計の放射パワーは、

30

$$|w_r \cdot a(\theta)|^2 \approx P((\theta + 37^\circ) \bmod 180^\circ) \quad \text{式 19}$$

に比例することになる。

式 16 中のコサインのため、式 19 は、正確に等しくはなく、おおよそ等しい。コサインは非線形である。

【0085】

この関係を、図 4(a) 及び 4(b) に示す。図 4(a) 中のプロット 403 は、最初の重みベクトル w を使用して方位角の関数としてのパワーを示し、また、図 4(b) 中のプロット 405 は、「回転させられた」重みベクトル w_r に対する方位角の関数としてのパワーを示す。

40

【0086】

この概念は、NOR 放射パターンを維持しながら、複数の、空間的に別個の、論理チャネルを同時に送信するための方法の第 2 の別の実施形態のための基礎を形成する。この方法の好適な実施形態は、以下のように進行する。

1. パラメータ空間を、その結合 (union) が全体の空間である有限の数の領域に区切り、及び、その領域の数は同一チャネルユーザの数である。他の実施形態は領域より少ないユーザを有することがあることに注意する。

2. 他の領域中に送信されるパワーを最小にしながら、その意図された領域に亘ってほ

50

ば一定の利得を提供する、それぞれの領域に対する設計重みベクトル。これは、好適には、式13により決定されるコスト関数を最小にする重みベクトルのセットを決定することによって、実行される。重みベクトルの典型のセットとして、領域内のNORを実現するため、重みベクトルを予め記憶させる。

3. 同一チャネルユーザの位置の情報に基づいて、確実に、同一チャネルのユーザが適切に分離され、それぞれの領域内に1つのみのユーザが含まれるように、領域の必要な移動(translation)を決定する。領域の移動(translation)の間に、変形(deformation)があり得ることに注意する。ユーザの位置又はおよその位置は、SDMA処理で知られている(例えば、我々のスマートアンテナシステムを参照する)。

4. 予め設計された(及び予め記憶された)重みを、それらが領域の移動に対応するように「シフトさせる」。

【0087】

第2の実施形態の利点は、予め記憶される必要がある重みの典型のセットがより少ないことである。一般的に、同一チャネルのユーザのそれぞれの潜在的な数の1つの典型のセットのみを予め計算することで十分であろう。

【0088】

(実験結果)

上述の第2の他の実施形態の方法は、単一のユーザの実験のために使用された同じアンテナアレイを有するBSのための合成のNORパターンを有する2つの同時の空間チャンネルシステムのための2つの重みベクトル w_1 及び w_2 を設計するために使用され、すなわち、アンテナアレイは、(PCS-1900システムのためには)1945.2MHzで、0.51λの間隔を有する直線アレイ中に配列された8つの120°のパッチアンテナ素子を含む。これらの重みは、全体のネットのNOR放射パターンを維持しながら、(例えば、2つのTCH上の2つの異なる音声会話のような)異なる論理チャンネルによる2つの同時の同一チャネルユーザとの使用のために設計された。

【0089】

無指向性の有効範囲 Θ のための全体の範囲は、完全な平面(complete plane)であるようにされた。すなわち、(カバーすることが必要な実際の領域が、 $[30^\circ, 150^\circ]$ であったとしても) $\Theta = [0^\circ, 180^\circ)$ であり、及び、この範囲は、0から60°及び60°から180°($\Omega_1 = [0^\circ, 60^\circ] \cup [120^\circ, 180^\circ]$)の第1の領域 Ω_1 、及び60°から120°($\Theta = \Omega_1 \cap \Omega_2$ で $\Omega_2 = (60^\circ, 120^\circ)$)の第2の領域 Ω_2 の2つの領域に区切られた。

【0090】

120°のセクターへのセクター化は、個々のアンテナ素子(式2参照)の物理的放射パターンによって影響を受けるものであり、そのため、放射パターン内のセクター化は、たとえ $\Theta = [0^\circ, 180^\circ)$ が選択されたとしても、存在するであろう。領域 Θ のための設計を180°に亘って広がるようにさせるための決定は、好適な実施形態の直線アンテナアレイのためのパターンを周期的にラッピング(wrapping)することによるものである。パターンを0°より小さいところにシフトさせることは、そのパターンを180°から下に「負方向に行く」ようにシフトさせる。これは「ラッピング(wrapping)」と呼ばれる。ラッピングの特性は、2つのユーザの場合に対する2つの典型のパターンを、単一のパターンをシフトさせることによって作るために使用される。この特性は望ましいものであるが、それは本発明のこの態様の必要な部分ではなく、他の方法で実施することができるものである。

【0091】

その領域の区切り点(breakpoint)は、 $\cos(60^\circ) = -\cos(120^\circ) = 0.5$ であるため、 $\{60^\circ, 120^\circ\}$ とされた。これにより、他の(ラッピング特性を法とする)シフトに、等しい角度の幅の領域が与えられた。

このように、この領域の定義及びラッピング特性で、1つだけの最適化問題、すなわち Ω_1 に対応する重みベクトル w_1 を決定し、次に w_2 を w_1 を90°シフトさせることにより作

10

20

30

40

50

り出すこと、を解く必要があった。

【0092】

他の区切り点及び領域も定義することができる。シフト特性により2つの典型的領域をシフトによって関係させることができないなら、2つの最適化の問題を解決する必要があるであろう。

【0093】

全体の領域 Θ が、確実にすべての個々の領域の結合であるようにすることが好適である一方、例えば、準ニュートン法において、それを実行することはいくつかの計算の問題を作り出すことが発生し得る。第2の他の実施形態として使用される特定の実施形態では、 10° のバッファゾーンが、それぞれの領域の端に組込まれた。これは、準ニュートン最適化ルーチンの収束(convergence)特性を改善するために見つけられた。このように、 $\Omega_1 = [0^\circ, 50^\circ] \cup [130^\circ, 180^\circ)$ 及び $\Omega_2 = [70^\circ, 110^\circ]$ である。その設計のこの要素は、 20° の分離が同一チャネルのユーザに対して維持されなければならないであろうということを意味する。 w_1 を計算するために使用された実際のコスト関数は、以下の条件の下、 K_1 (すなわち、 $\alpha_{2,i} = 0$) のみを使用する式13のようなものであった。

$$a(\theta) = [1 \quad e^{-j\pi \cos(\theta)} \quad \dots \quad e^{-j(m-1)\pi \cos(\theta)}]^T \quad \text{式20}$$

$$\alpha_{1,1} = 6.0; \alpha_{1,2} = 0.0; \alpha_{1,3} = 1.0; g_d = 1; \quad \text{式21}$$

$$\Omega_1 = [0^\circ, 50^\circ] \cup [130^\circ, 180^\circ), \text{ 及び } \Omega_2 = [70^\circ, 110^\circ] \quad \text{式22}$$

Ω_2 中の Ω_1 エネルギーパターンの正に行く(positive-going)極値にペナルティーを課し(penalize)ながら、 Ω_1 から Ω_2 への干渉を少なくとも30dB減少させることを目的とする、 L_1 の修正されたバージョンが使用された。数学的には、

$$L_1(w_1) = 0.1 \max \left\{ 0, 30 - 20 \log_{10} \frac{\frac{1}{\Omega_1} \int_{\Omega_1} |w_1^* a(\theta)| d\theta}{\frac{1}{\Omega_2} \int_{\Omega_2} |w_1^* a(\theta)| d\theta} \right\} + 0.2 \max_{\Omega_2} |w_1^* a(\theta)| \quad \text{式23}$$

である。 w_2 は、 0° ではなく 90° のところで中心になるように w_1 を回転させることによって得られる。2つのパターンのプロットが、図5の中に曲線503及び505として示される。いずれかの重みベクトル中の要素の最大の法(maximum modulus)が0.5であり、どの要素から送信される正規化されたパワーもたった1であるように、プロットを作り出すために、重みは正規化される。プロット上に指示された利得は、1で正規化されたパワーで送信する単一の素子に関連する。方位角の関数としての放射パワー、すなわち、軌跡(trace)503及び505への合計(sum)は、それでも、比較できるパワーで動作している単一の送信素子によって達成できるものより大きいことに注意する。

【0094】

もし、1つのユーザが、上記で定義されたような Ω_1 及び Ω_2 のそれぞれの中であれば、これらの重み w_1 及び w_2 は、2つのユーザのために適当である。こういう場合(遠隔ユーザが、いくつかの技術によって決定され得るところであるような場合。例えば、我々のスマートアンテナ特許を参照する。)でないなら、ユーザの間の中点(midpoint)へのパターンの間の区切り点をシフトさせるため上述のように、パターンは、 $[\cos(\theta_1) + \cos(\theta_2)] - \cos(60^\circ)$ だけシフトされ、 $\theta_1 > \theta_2$ となるようにソートされる。 94° 及び 137° のユーザの角度に対しては、結果として得られるパターンは、図6中にプロット603及び605として表示される。重みの計算は、専らユーザ間の方位角の距離に基いて計算され、またそれは非常に計算が効率的であることに注意する。以下は、図5及び6を生成するために使用されるMATLABコードである。MATLABコードでは、最適化によって決定される実際の重みは、パラメータとして示され、またそれはコード中に入力する

必要がある。図 5 を生成するためには、コマンド $\text{Pat2}(0, [94 \ 137], 1)$ を発し、また図 6 を生成するためには、コマンド $\text{Pat2}(1, [94 \ 137], 1)$ を発する。

【0095】

【表 1】

```
%  
function pat2(sel, angs, new)  
%  
% usage: pat2(sel, angs, new)  
%  
% inputs:  sel - 0, prototype two-user weights for 20 deg. minimum  
%           separation.  
%           1, two-user weights for specified angle
```

10

【0096】

【表 2】

```

%      angls - 1x2 vector of user azimuths in degrees, both angles
%      in
%      [30,150]
%      new - optional, specified MATLAB figure number
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
% The weight vector elements are shown here as parameters.
% User would modify the code and insert the actual real and
% imaginary parts for each number w_real_i and w_imag_i, I=1, ..., 8.
% and w_2real_i and w_2imag_i, respectively:
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
w = [ w_real_1 + w_imag_1i
      w_real_2 + w_imag_3i
      w_real_3 + w_imag_3i
      w_real_4 + w_imag_4i
      w_real_5 + w_imag_5i
      w_real_6 + w_imag_6i
      w_real_7 + w_imag_7i
      w_real_8 + w_imag_8i ] ;
patBp = 60;
%
% physical constants
%
doverlam = 0.079/(2.997925e8/1945.2e6);
dtr = pi/180;
tpdol = 2*pi*doverlam;
%
% basic unshifted two-user weights, scaled for max. Tx power of unity
%
wl = w(:)/(2*max(abs(w)));
wh = wl .* ((-1).^[0:7]');
%
% shift weights corresponding to user locations and calculate
% beampatterns
%
angs = sort(angls);
centerPhase = tpdol * sum(cos(angs*dtr))/2;
shift = centerPhase - tpdol*cos(patBp*dtr);

if ( sel == 1 )
    wl = wl.*exp(-j*[0:7]'*shift);
    wh = wh.*exp(-j*[0:7]'*shift);

```

10

20

30

40

【0097】

【表3】

```

end

patL = (wl.*exp(j*2*pi*doverlam*[0:7])*cos([1:180]*pi/180));
patH = (wh.*exp(j*2*pi*doverlam*[0:7])*cos([1:180]*pi/180));
%
% plot two-user patterns
%
if ( nargin == 3 )
    figure(new)
else
    figure(1)
end
clf
hl1 = plot(20*log10(abs(patL)), 'g');
hold
hl2 = plot(20*log10(abs(patH)), 'r--');
axis([0 180 -60 10])
if ( sel == 0 )
    h = legend([hl1 hl2], 'w1', 'w2');
else
    h = legend([hl1 hl2], sprintf('User @ %d', fix(angs(1))), ...
               sprintf('User @ %d', fix(angs(2))));
end
xlabel('Azimuth (deg)')
ylabel('Gain (dB)')
title('Weights for Co-Channel Users')
grid
axes(h)

```

10

20

30

【0098】

(ディザリング)

更に進んだ改良では、パターンの中の区切り点は、好適には 5° の小さい量だけ、例えば数百Hzの周波数のある低い周波数で、ディザリングされる。その結果、恒久的に合成パターン(composite pattern)の最小の近距離(local minimum)にある位置はセル中にはなく、また方位角の関数としての時間平均されたエネルギーは比較的一定である。

【0099】

ディザリングは、例えば、バーストからバーストで、少し異なるシフトを有することによって、実行されることができる。例えば、角度 θ のシフトが、ある典型的な重みのために必要なら、それぞれのバーストに利用されるシフトは、 rnd を ± 1 の間に均一に分布する乱数として、 $\theta + 5^\circ \times \text{rnd}$ であろう。このように、バーストからバーストで、重みベクトルは、公称の(nominal)重みベクトルからのシフトの中でディザリングされるであろう。

40

【0100】

図7は、図6で図示したものと同一、2つの同時のユーザの場合に対するディザリングありとなしの場合で得られた、1つのアンテナ素子上で無指向性に送信している間の時間平均パワー利得を示す。平均は、2つの信号の相対的位相がランダムに作られる、100を超える反復である。実線の曲線703は、ディザリングがあるときの結果を示し、一方、点線の曲線705は、ディザリングがないときの結果を示す。

50

【0101】

以下は、図7を生成するために使用されるMATLABコード「ditherDemo」である。コードPat2のときと同じように、最適化によって決定される実際の重みは、パラメータとして示され、またそれは、コード中に入力される必要がある。

【0102】

【表4】

```

%
function ditherDemo
%
% usage: ditherDemo
%
% plot time-averaged net-energy patterns for users at angles
% "userAngs"
% for a 0.079 m spaced uniform linear array at frequency 1945.2 MHz in
% dithered and non-dithered cases.
%
% Operation: Modify code by adding weights.
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
userAngs = [94 137];
%
% physical and simulation constants
%
doverlam = 0.079/(2.997925e8/1945.2e6);
dtr = pi/180;
tpdol = 2*pi*doverlam;
calcAngs = [30:150];
innerIter = 100;
a = exp(-j*tpdol*[0:7]*cos(calcAngs*dtr));
%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
% The 20 degree separation weight vector elements are shown here
% as parameters.

```

10

20

30

【0103】

【表5】

40

```

% User would modify the code and insert the actual real and
% imaginary parts for each number w_real_i and w_imag_i, I=1,0 8.
% and w_2real_i and w_2imag_i, repectively:
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
w = [ w_real_1 + w_imag_1i
      w_real_2 + w_imag_3i
      w_real_3 + w_imag_3i
      w_real_4 + w_imag_4i
      w_real_5 + w_imag_5i
      w_real_6 + w_imag_6i
      w_real_7 - w_imag_7i
      w_real_8 - w_imag_8i ] ;

patBp = 60;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
% choose innerIter different dither angles and for each of
% these we choose 100 different relative phases of the signals.
% Compute mean power versus azimuth over all experiments
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%
innerArray = zeros(size(a,2),innerIter);
for inner = 1:innerIter
    w1 = w(:)/(2*max(abs(w)));
    wh = w1 .* ((-1).^[0:7]');
    %
    % this if-block is the dithering step
    %
    angs = sort(userAngs);
    if ( abs(diff(angs)) >= 25 )
        angs = angs + (10*(rand(1,1)-.5));
    end
    centerPhase = tpdol * sum(cos(angs*dtr))/2;
    shift = centerPhase - tpdol*cos(patBp*dtr);
    w1 = w1.*exp(-j*[0:7]'*shift);
    wh = wh.*exp(-j*[0:7]'*shift);
    power = (abs((w1*ones(1,100)+wh*exp(j*2*pi*rand(1,100))).' * a)).^2;
    innerArray(:,inner) = mean(power)';
end
powArrayAO = mean(innerArray)';
%
% Compute mean power versus azimuth for non-dithered case
%
w1 = w(:)/(2*max(abs(w)));

```

10

20

30

40

【0 1 0 4】

【表 6】

```

wh = wl .* ((-1).^[0:7]');
angs = sort(userAngs);
centerPhase = tpdol * sum(cos(angs*dtr))/2;
shift = centerPhase - tpdol*cos(patEp*dtr);
wl = wl.*exp(-j*[0:7]*shift);
wh = wh.*exp(-j*[0:7]*shift);
power = (abs((wl*ones(1,1000)+wh*exp(j*2*pi*rand(1,1000)))).' * a).^2;
powArray = mean(power);
%
% plot results
%
figure(1)
hold off
clf
hl1 = plot(calcAngs,10*log10(powArrayAO),'g');
hold on;
hl2 = plot(calcAngs,10*log10(powArray),'r-.');
ax=axis;
axis([min(calcAngs) max(calcAngs) 0 ax(4)])
title(sprintf('Time Averaged Gain for Users at %d, %d Degrees',
    userAngs));
xlabel('Azimuth (deg)')
ylabel('Gain (dB)')
h = legend([hl1 hl2], 'dithering', 'no dithering');

```

10

20

【0105】

(空間チャネルにつき1つのユーザのためのディザリング)

いくつかのユーザの場合に対する上述のディザリングは、従来のユーザの場合についての1つのユーザに対するリップルを減少させるためにも使用することができる。重みベクトルは、同様に、好適にはバーストからバーストに、ある低い周波数で、数度ずつ、上方又は下方にシフトされる。

30

【0106】

(実地試験)

この設計のための実地試験も実行された。図8は、実地検証の結果を示す。3つの実験が、PCS-1900周波数で動作する実験のためのGSMシステムに実施された。それぞれの実験で、同一チャネルのユーザの一对が、固定された方位角に設定され、また、受信されたパワーの測定値は、単一の放射素子によって、及び(ディザリングを有する)本発明の第2の交替の実施形態の方法及び装置によって、交互に実行された。5°の増分ごとに、セクター内で、測定値が取得された。3つの実験に対するユーザの方位角の対は、それぞれ、52°/107°、52°/84°及び60°/136°であった。単一の放射素子を使用している間の第2の実施形態を使用することの利得はそれぞれの角度で計算され、そして、これらの利得の累積的分布関数(cumulative distribution function)が決定された。図中の実線の軌跡803は、(1で正規化されたパワーでの単一の素子からの放射に関する)使用された構成のダウンリンクパワーの利得の、この測定された累積的分布関数である。この軌跡803は、3つの全ての実験の間に収集されたデータに対する合成の結果である。点線の805曲線は、区切り点ディザリング方法(breakpoint dithering strategy)の結果を含む理論的予想である。理論的結果は、上述の実験のモンテカルロ・シミュレーションを実行して得られた。2つの曲線の形状は、非常によく一致しているよ

40

50

うに見える。それらの曲線間の1.5から2 dBのオフセットは、単一のアンテナ及び複数のアンテナのデータのために実行された収集の間の一貫した誤差に帰することができそうである。

【0107】

当業者に理解されるように、技術を有する実施者は、本発明の精神及び範囲から逸脱することなく、上述の方法及び装置に多くの変更を加えることができるであろう。例えば、本システムは、異なる通信プロトコルに対して実施することができ、NORパターンを含む所望のパターンを実現する重み w を決定するための異なる方法を使用することができる、などである。本発明の範囲は、以下の請求項中に示されたようにのみ、限定されるべきである。

10

【図面の簡単な説明】

【図1(a)】 GSMシステムでGMSK変調されたフレームの構築の信号フロー表現である。

【図1(b)】 m 個のアンテナ素子による送信のため、 m 個の複素数値(I , Q)信号を形成するように、重みベクトル w_1 , w_2 及び s_3 を使用する3つの空間チャンネルを空間的にマルチプレクスするための空間マルチプレクサを示す。

【図1(c)】 アンテナ素子の1つのための送信機の構造を示す。

【図1(d)】 図1(b)の空間マルチプレクサから m 個の空間的にマルチプレクスされた信号を送信するための、それぞれ図1(c)のような m 個の送信機を示す。

【図2】 1のパワーで放射する単一のアンテナ素子を使用する本発明の1つの実施形態に従って、NORのために設計された重みベクトルを使用した、方位角の関数としての計算された(理論的な)利得のプロットを示す。

20

【図3】 図2の理論的結果と、本発明の1つの実施形態に従った、NORのために設計された重みベクトルを使用した実験結果との比較である。

【図4(a)】 NOR送信のための重みベクトル w を使用した角度の関数としてのパワーを示す。

【図4(b)】 重みベクトル w に由来する「ローテーションされた(rotated)」重みベクトル w_r に対する方位角の関数としてのパワーを示す。

【図5】 それぞれがNOR領域への、本発明の1つの実施形態に従って決定された、NOR送信のための、2つの重みベクトルを使用することにより得られる利得のプロットを示す。

30

【図6】 本発明の他の実施形態に従った、図5の例のために決定された重みベクトルから決定された、同じ従来のチャンネル上の2つの同時のユーザへのNOR送信のための、2つの重みベクトルを使用することによって得られる利得のプロットを示す。

【図7】 本発明の態様に従ったディザリングがある場合とない場合の、方位角の関数としての利得を示す。

【図8】 本発明の1つの実施形態を使用した実験での、1の正規化された(normalized)パワーでの単一の素子からの放射に関するダウンリンクパワーの利得の、測定された及び理論的な累積的分布関数を示す。

【図 1 (a)】

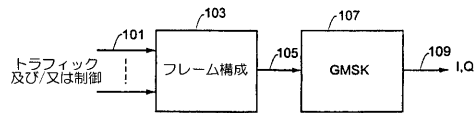


Figure 1(a)

【図 1 (b)】

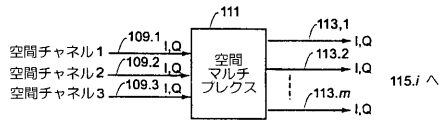


Figure 1(b)

【図 1 (c)】

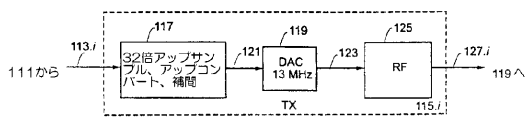


Figure 1(c)

【図 1 (d)】

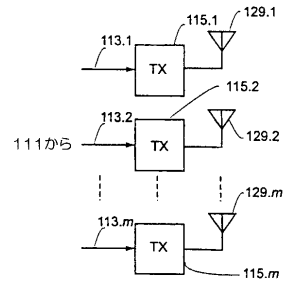


Figure 1(d)

【図 2】

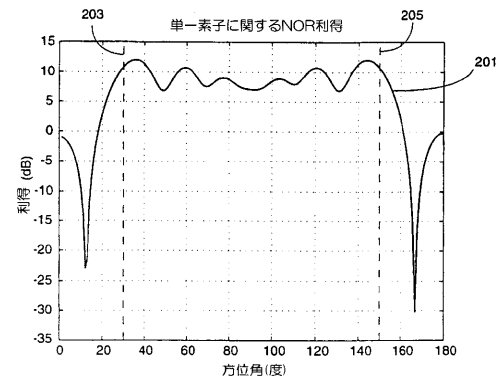


Figure 2

【図 3】

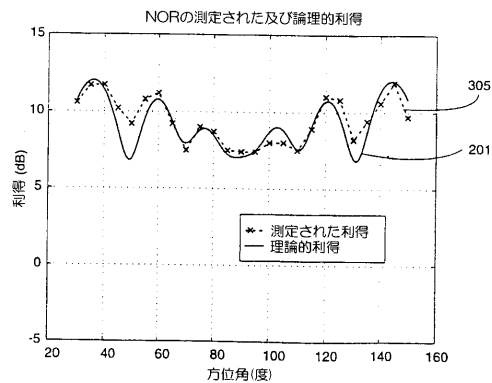


Figure 3

【図 4 (b)】

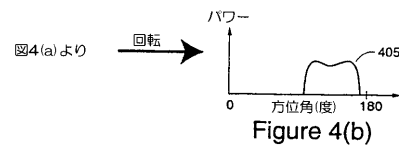


Figure 4(b)

【図 5】

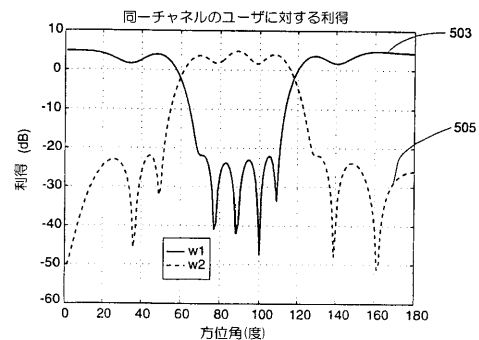


Figure 5

【図 4 (a)】

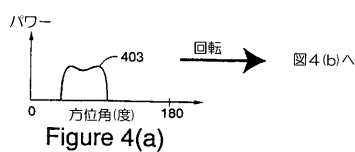


Figure 4(a)

【図 6】

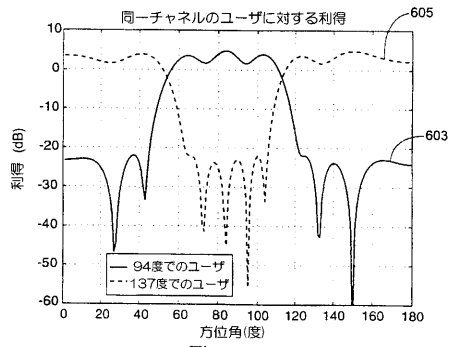


Figure 6

【図 7】

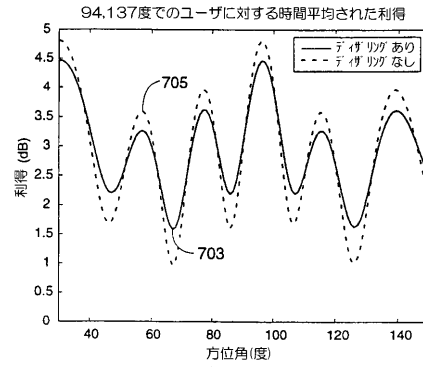


Figure 7

【図 8】

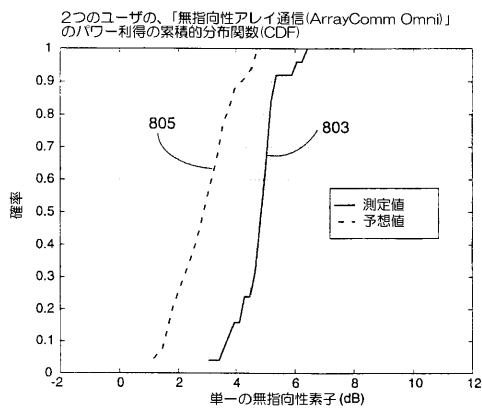


Figure 8

フロントページの続き

(72)発明者 ゴールドバーグ マーク エイチ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94062 レッドウッド シティー クウォーツ ストリ
ート 575

審査官 松野 吉宏

(56)参考文献 特開平09-200115 (JP, A)
特開平07-087011 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04B 7/24 ~ 7/26
H04Q 7/00 ~ 7/38
H01Q 3/26