

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5521013号
(P5521013)

(45) 発行日 平成26年6月11日(2014.6.11)

(24) 登録日 平成26年4月11日(2014.4.11)

(51) Int.Cl.		F I	
HO4J 11/00	(2006.01)	HO4J 11/00	
HO4J 13/22	(2011.01)	HO4J 13/00	230
HO4W 56/00	(2009.01)	HO4W 56/00	130
HO4L 27/01	(2006.01)	HO4L 27/00	K

請求項の数 10 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2012-181437 (P2012-181437)	(73) 特許権者	504161984
(22) 出願日	平成24年8月20日 (2012.8.20)		ホアウェイ・テクノロジーズ・カンパニー・リミテッド
(62) 分割の表示	特願2008-550604 (P2008-550604) の分割		中華人民共和国・518129・グアンドン・シェンツェン・ロンガン・ディストリクト・バンティアン・(番地なし)・ホアウェイ・アドミニストレーション・ビルディング
原出願日	平成18年1月18日 (2006.1.18)	(74) 代理人	100146835
(65) 公開番号	特開2013-34204 (P2013-34204A)		弁理士 佐伯 義文
(43) 公開日	平成25年2月14日 (2013.2.14)	(74) 代理人	100140534
審査請求日	平成24年8月20日 (2012.8.20)		弁理士 木内 敬二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信システムにおける同期のための方法およびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マルチユーザセルラー通信システムの装置であって、
第1のシグネチャシーケンスを含む信号を受信するための受信手段と、
前記信号を、第2のシグネチャシーケンスと関連させるための関連手段と
によって特徴付けられ、

前記第1及び第2のシグネチャシーケンスは、少なくとも一部が、ゼロ相関区間を有するシーケンスを前記マルチユーザセルラー通信システムのセルサイズに応じて打ち切ることによって生成されることを特徴とする装置。

10

【請求項 2】

前記第1のシグネチャシーケンスが、シグネチャシーケンスセットから提供され、
前記装置が、
前記シグネチャシーケンスセットを指定する少なくとも1つのパラメータ値を提供するための送信手段を更に備えることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項 3】

受信された前記信号の相関ピークに対応する着信時刻推定値を提供するように構成される着信時刻推定手段を備えることを特徴とする請求項1または請求項2のいずれか一項に記載の装置。

20

【請求項 4】

前記信号が、ランダムアクセスチャネルの信号であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 5】

マルチユーザセルラ通信システムの装置であって、シグネチャシーケンスセットを生成するための生成手段であって、前記シグネチャシーケンスセットがゼロ相関区間を有するシーケンスを前記マルチユーザセルラ通信システムのセルサイズに応じて打ち切ることによって生成される、生成手段と、前記シグネチャシーケンスセットからシグネチャシーケンスを選択するための選択手段と、

選択された前記シグネチャシーケンスを受信機に対する信号において送信するための送信手段と
を備えることを特徴とする装置。

10

【請求項 6】

前記装置が、前記シグネチャシーケンスセットを指定する少なくとも 1 つのパラメータ値を受信するための受信手段を更に備える
ことを特徴とする請求項 5 に記載の装置。

【請求項 7】

前記信号が、ランダムアクセスチャネルの信号であることを特徴とする請求項 5 または請求項 6 のいずれか一項に記載の装置。

20

【請求項 8】

マルチユーザセルラ通信システムであって、セル内の受信機と通信する送信機を備え、前記送信機が、シグネチャシーケンスセットを生成するための生成手段であって、前記シグネチャシーケンスセットがゼロ相関区間を有するシーケンスを前記セルのセルサイズに応じて打ち切ることによって生成される、生成手段と、前記シグネチャシーケンスセットからシグネチャシーケンスを選択するための選択手段と、

選択された前記シグネチャシーケンスを前記受信機に対する信号において送信するための送信手段と
を備えることを特徴とするマルチユーザセルラ通信システム。

30

【請求項 9】

前記送信機が、前記シグネチャシーケンスセットを指定する少なくとも 1 つのパラメータ値を受信するための受信手段を更に備える
ことを特徴とする請求項 8 に記載のマルチユーザセルラ通信システム。

【請求項 10】

前記信号が、ランダムアクセスチャネルの信号であることを特徴とする請求項 8 または請求項 9 のいずれか一項に記載のマルチユーザセルラ通信システム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線通信システムの分野に関し、特に、マルチユーザセルラ通信システムにおける基地局と移動端末装置とのアップリンク同期のための方法に関する。

【背景技術】

【0002】

今日のほとんどの通信システムにおいて、正しいデータ伝送を確実にするために、基地局と移動端末装置との同期に関する特定の要件が、存在する。そのようなシステムの例が

50

、UTRA(ユニバーサル地上無線接続)およびEvolved UTRAである。

【 0 0 0 3 】

Evolved UTRAにおいて、SC-FDMA(シングルキャリア周波数分割多元接続)が、アップリンク通信に関する多元接続スキームとして使用されることが可能である。SC-FDMAの伝送スキームは、プリコーディングを伴うOFDMとして見られることが可能な、いわゆるDFT拡散OFDM(離散フーリエ変換拡散直交周波数領域多重化)である。マルチキャリア信号をもたらすOFDMが、高いPAPR(ピーク対平均比)を有するのに対して、DFTプリコーディングは、より低いPAPRを有するシングルキャリア信号を与える。低いPAPRは、有効範囲を広げ、移動体における電池の消費を低減するのに役立つ。

【 0 0 0 4 】

DFT拡散OFDMにおいて、サイクリックプレフィックスを使用して、周波数領域における等化が達せられる。しかし、DFT拡散OFDM、ならびにOFDMにおける等化の成功の要件は、セル内のすべての移動端末装置から伝送される信号が、信号の遅延拡散に着信時刻の拡散を足したものがサイクリックプレフィックスの持続時間未満であるように、同期化されることである。したがって、それぞれの送信する移動端末装置が、データを送信するにはまず、サイクリックプレフィックスの持続時間の数分の1以内にまで同期化されることが要求される。

【 0 0 0 5 】

Evolved UTRAにおいて、同期は、アップリンクとダウンリンクの両方において実行される。同期の1つのステップ、ダウンリンク同期において、移動端末装置は、基地局の搬送波周波数およびフレームタイミングに同期化される(つまり、ロックされる)。しかし、この同期は、移動端末装置が基地局に対して様々な距離に位置している可能性があるため、基地局が移動端末装置からの信号を適切に受信することができることを保証するのに十分ではない。したがって、一般に、基地局と移動端末装置との間の距離が知られておらず、そのために往復時間が知られていないので、さらなる同期、アップリンク同期が必要とされる。

【 0 0 0 6 】

Evolved UTRAにおいて、RACH(ランダムアクセスチャネル)が、移動端末装置のアップリンク同期をサポートする。Evolved UTRAにおけるRACHは、競合ベースであり、すなわち、セル内のいずれの移動端末装置も、RACHに割り当てられたリソース上で伝送することができる。したがって、いくつかの移動端末装置が、同期信号を同時に伝送しようと試みることが可能であり、基地局が異なる移動端末装置からの信号を区別し損なうというリスクを低減するため、シグネチャシーケンスのセットが提供され、各移動端末装置は、1つのシグネチャシーケンスをランダムに選択する。

【 0 0 0 7 】

UTRAおよびEvolved UTRAにおいて、シフトレジスタによって生成されたバイナリ擬似ランダムシーケンスが16ビットアダマールシーケンスによって変調されて、これらのシグネチャシーケンスが生成される。多くの事例において、これらのシグネチャシーケンスは、良好な相関特性をもたらすものの、特に低いSIR値において、他の同時のシグネチャが存在する状態で特定のシグネチャを検出するのに、強化された検出能力の必要性が依然として存在する。

【 先行技術文献 】

【 非特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 非特許文献 1 】 B.M. Popovic, "New Complex Space-Time Block Codes for Efficient Transmit Diversity", IEEE 6th Int. Symp. on Spread-Spectrum Tech. & Appl.(ISSSTA 2000)、NJ、USA、132~136ページ、2000年9月

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

10

20

30

40

50

本発明の目的は、特に低いSIR値において、いくつかの他の同時のシグネチャが存在する状態で、既知の従来技術と比べて、単一のシグネチャを検出するより高い能力を有する、マルチユーザセルラー通信システムにおけるアップリンク同期のための方法およびシステムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明によれば、シグネチャシーケンスが、第2のトランシーバから第1のトランシーバに伝送され、前記シグネチャシーケンスは、第1のシグネチャシーケンスセットから選択され、受信された信号は、第2のトランシーバと第1のトランシーバとの間の伝送を同期させるために、第1のトランシーバにおいて少なくとも1つのシグネチャシーケンスと相関される。本発明は、シグネチャシーケンスが、少なくとも一部ゼロ相関区間を有するシーケンスを打ち切ることによって生成されることを特徴とする。前記シグネチャシーケンスは、シグネチャシーケンスのグループから選択されることが可能である。

10

【0011】

こうすることは、正確なタイミング推定を可能にするための良好な自己相関特性、異なると共に同時に存在する、或る程度同期化されたシグネチャシーケンスの正確なタイミング推定を可能にする良好な相互相関特性、および小さいピーク対平均電力比などの、従来技術のシグネチャシーケンスの好ましい特徴を保つことに加えて、同時に発生し、同時に存在するシグネチャシーケンスに関して、ゼロの相互相関、または実質的にゼロの相互相関が達せられ、これにより、特定のシグネチャシーケンスの検出確率が、シーケンスが互いに容易に区別されるので、実質的に向上する。向上した検出確率は、複数の同時に伝送されたシグネチャシーケンスを有する状況において、検出の失敗によって行われなければならない再送の回数が、より少なくなるというさらなる利点を有し、したがって、システムリソースが、より効率的に使用される。さらに、ネットワークへの迅速なアクセスを得ること、および高い電力を使用してデータを迅速に伝送することができることが、ますます重要になっている。この向上した検出能力は、データを伝送することを望む特定の移動端末装置の、より迅速な検出を可能にし、これにより、IPプロトコルとの相互運用性も円滑になる。

20

【0012】

本発明によるシグネチャシーケンスの使用は、例えば、距離、陰影妨害 (shadowing) 、または(おそらく、最もありそうなこととして)急速なフェージングに起因して、1つのシグネチャシーケンスの信号レベルが強い一方で、実質的に同時のシグネチャシーケンスの信号レベルの方が相当に弱い場合でも、正しい検出の確率が実質的に向上するという利点をさらに有する。

30

【0013】

前記第1のシグネチャシーケンスのゼロ相関区間は、第2のトランシーバから第1のトランシーバまでの予期される最大遅延に実質的に相当するような長さであることが可能である。さらに、受信された信号は、例えば、予期される最大遅延に相当する信号の所定の数の遅延にわたって、少なくとも1つのシグネチャシーケンスと相関が取られることが可能である。この遅延は、セルサイズを使用して算出されることが可能である。こうすることは、所望される長さのゼロ相関区間が獲得されることが可能であるという利点を有し、これにより、シグネチャシーケンスの数が、要求されるゼロ相関区間長を提供するように変更されることが可能である。シーケンスが、多くなるほど、ゼロ相関区間は、短くなる。

40

【0014】

受信された信号を、信号の所定の数の遅延にわたって、少なくとも1つのシグネチャシーケンス、またはシグネチャシーケンスのグループの中の各シグネチャシーケンスと相関させるために、整合フィルタのセットが、第1のトランシーバにおいて使用され得ると共に、相関が取られると、各整合フィルタからのピーク出力が検出され、この後、各フィルタからの検出されたピーク出力を使用して着信時刻が推定されて、第2のトランシーバからの伝送が同期化される。こうすることは、相関を取ることを簡単な方法で実行され得る

50

という利点を有する。

【0015】

これらのシグネチャシーケンスは、複素シーケンスの直交セットを使用してZadoff-Chuシーケンスを変調することによって得られる一般化されたチャープ様のシーケンスのセットからとられることが可能である。例えば、変調シーケンスの直交セットは、離散フーリエ変換行列の行セットおよび/または列セット、またはアダマール行列における行セットおよび/または列セットである。このようにすることは、シグネチャシーケンスが簡単な方法で実現され得るといふ利点を有する。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】同期化されたデータ伝送に関する基本的なDFT拡散OFDM送信機構造を示す図である。

【図2】本発明による例示的なシグネチャシーケンスの自己相関関数および相互相関関数の絶対値を示す図である。

【図3】図2のグラフの一部をより詳細に示す図である。

【図4】本発明による、1つの伝送されたシーケンスに関して検出に失敗する確率を示す図である。

【図5】本発明による、他の1つまたは複数の伝送されたシーケンスが存在する状態で、或る伝送されたシーケンスの検出に失敗する確率を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

次に、本発明を、DFT拡散OFDMを使用する通信システムに関連して詳細に説明する。図1には、DFT拡散OFDMのための基本的な送信機構造が示される。M個の複素変調シンボル X_n のブロック、 $n=0,1,\dots,M-1$ が、DFTによって変換され、これにより、M個の係数 X_k がもたらされる。

【0018】

【数1】

$$X_k = \sum_{n=0}^{M-1} x_n e^{-j2\pi \frac{nk}{M}}, \quad k=0,1,\dots,M-1 \dots (1)$$

30

【0019】

DFTからの出力は、等距離の副搬送波、 $l_k=l_0+kL$ 上に割り当てられると共に、ここで、 l_0 は、周波数オフセットであり、Lは、1以上の整数である。NポイントIDFT(逆離散フーリエ変換)への他のすべての入力、ゼロに設定される。このIDFTの出力、 y_n は、以下によって与えられる。すなわち、

【0020】

【数2】

$$y_n = \frac{1}{M} \sum_{k=0}^{M-1} X_k e^{j2\pi \frac{nl_k}{N}}, \quad n=0,1,\dots,N-1 \dots (2)$$

40

【0021】

最後に、ISI(シンボル間干渉)およびICI(チャネル間干渉)を回避するのに、サイクリックプレフィックスが、挿入され、すなわち、各OFDMシンボルの最後の部分のコピーが、同一のシンボルの先頭より前に挿入される。サイクリックプレフィックスの後に或る時間窓が適用されて、帯域外放射が低減されてもよい。

【0022】

サイクリックプレフィックスは、周波数領域における等化を可能にする。しかし、DFT拡散OFDMならびにOFDMにおける等化の成功の要件は、セル内のすべての移動端末装置から

50

伝送される信号が同期化されて、信号の遅延拡散に着信時刻の拡散を足したものがサイクリックプレフィックスの持続時間未満であるようにされることである。したがって、移動端末装置が、データを送信できるにはまず、サイクリックプレフィックスの持続時間の数分の1以内にまで同期化されることが要求される。

【 0 0 2 3 】

前述したとおり、DFT拡散OFDMシステムにおける第1の同期ステップで、移動端末装置は、基地局の搬送波周波数およびフレームタイミングを使用して、同期化を実行する。この同期ステップは、ダウンリンク同期が取られた移動体が基地局からの信号を受信できることを保証するものの、移動端末装置と基地局との間の一般に知られていない距離を補償して、基地局が移動端末装置からの信号を適切に受信できることを保証するのに、さらなる同期が必要とされる。基地局から遠く離れている移動端末装置は、基地局に近い移動端末装置と比べて、より大きい遅延を有するダウンリンク信号を受信し、この移動端末装置に関して、基地局に伝搬されるのに、アップリンクにおいて送信される信号は、基地局により近い移動端末装置からの信号と比べて、より長い時間がかかる。この移動端末装置から送信された信号が基地局に到達するのにかかる時間を基地局が推定すると、基地局は、この移動端末装置の送信タイミングを調整するように、この移動端末装置にコマンドを送信し、様々な移動端末装置からの伝送が、所望される時点で基地局に着信するようにすることができる。

10

【 0 0 2 4 】

同期の第2のステップの重要な態様は、移動端末装置が、ダウンリンク信号の受信に既に同期しており、移動端末装置から送信される信号の、基地局における着信時刻のすべての変動が、異なる往復時間に起因することである。セルサイズは、知られているので、着信時刻の範囲は、基地局において推測的に知られている。

20

【 0 0 2 5 】

Enhanced UTRAにおいて、アップリンクにおけるRACH(ランダムアクセスチャネル)は、移動端末装置のアップリンク同期化をサポートする。RACHは、時間(アクセススロット)および周波数における、いくつかのリソース上に割り当てられる。各アクセススロット内に、伝送されたすべての信号が、割り当てられた時間内に着信し、送信する移動端末装置が、セル内のどこに位置していても、データ伝送に干渉しないように、ガード間隔が存在しなければならない。

30

【 0 0 2 6 】

Evolved UTRAにおけるRACHは、競合ベースであり、すなわち、セル内のいずれの移動端末装置も、RACHに割り当てられた時間 - 周波数リソース上で伝送することができるので、複数の移動端末装置が、同時に、または実質的に同時に、同期信号を伝送しようと試みるのが可能である。基地局が、異なる移動端末装置からの信号を区別し損なうというリスクを低減するために、シグネチャシーケンスのセットが使用され、各移動端末装置は、通常、ランダムな方法で、シグネチャシーケンスのセットから1つのシグネチャシーケンスを選択する。

【 0 0 2 7 】

このシグネチャシーケンスの検出の成功が、移動端末装置がネットワークにアクセスするのに必要であるので、伝送されるシグネチャシーケンスが、低い電力増幅器バックオフを要して、高い平均送信電力を可能にし、このため、良好な有効範囲を可能にすることが重要である。

40

【 0 0 2 8 】

アップリンクにおけるシグネチャシーケンスは、以下の特性を有さなければならない。すなわち、

正確なタイミング推定を可能にする良好な自己相関特性、

位相差がセルにおける最大往復時間によって限定される、異なると共に同時に存在する、或る程度同期化された(すなわち、ダウンリンク同期が取られた)シグネチャシーケンスの正確なタイミング推定を可能にする良好な相互相関特性、

50

同期の、同時のシグネチャシーケンスに関するゼロ相互相関、
小さいピーク対平均電力比である。

【 0 0 2 9 】

これらの特性は、今日使用されるUTRAにおけるRACHシグネチャによって大体のところは満たされ、これらの特性の少なくとも一部は、Evolved UTRAに関する現在の提案も構成してもいる。UTRAでは、シフトレジスタによって生成されたバイナリ擬似ランダムシーケンスが、16ビットアダマールシーケンスによって変調されて、これらのシグネチャシーケンスが生成される。さらに、信号配置の循環 (rotation) が適用されて、信号のPAPRが低減される。

【 0 0 3 0 】

アダマールシーケンスを使用する変調は、受信機における複雑さを減らすことを可能にし、すなわち、各遅延に関して、受信された信号に、擬似ランダムスクランブルシーケンスの複素共役が要素に関して掛けられる。16番目のサンプルごとに合計されて、16個の要素のベクトルが生成される。最後に、アダマールシーケンスは、受け取られるベクトルと相関が取られて、これらのシグネチャシーケンスの相関出力が生成される。

【 0 0 3 1 】

しかし、互いの相互相関などの、これらの既知のシグネチャシーケンスの特性のいくつか、すなわち、他の1つまたは複数の同時のシグネチャが存在する状態における単一のシグネチャの検出確率は、特に、低いSIR値で、より良好であることが可能である。

【 0 0 3 2 】

本発明によれば、前述の問題は、ゼロ相関区間シーケンスを使用することによって克服され、すなわち、ダウンリンク同期が取られた移動端末装置が、ゼロ相関区間シーケンスのセットからのシグネチャシーケンスである信号を伝送する。

【 0 0 3 3 】

長さNのM個のシーケンスのセット、 $\{d_x(k)\}$ 、 $x=0,1,\dots,M-1$ 、 $k=0,1,\dots,N-1$ が、このセットにおけるすべてのシーケンスが以下の自己相関特性および相互相関特性を満たす場合、ゼロ相関区間シーケンスのセットであるという言い方がされる。すなわち、
周期自己相関関数

【 0 0 3 4 】

【 数 3 】

$$\sum_{k=0}^{N-1} d_x(k) d_x^*((k+p) \bmod N)$$

【 0 0 3 5 】

は、すべてのpに関してゼロであり、したがって、 $0 < |p| < T$ であり、周期相互相関関数

【 0 0 3 6 】

【 数 4 】

$$\sum_{k=0}^{N-1} d_x(k) d_y^*((k+p) \bmod N)$$

【 0 0 3 7 】

は、すべてのpに関してゼロであり、したがって、 $|p| < T$ ($p=0$ を含む) である。Tは、ゼロ相関区間の長さである。

【 0 0 3 8 】

本発明の例示的な実施形態において、ゼロ相関区間シーケンスのセットは、GCL(一般化されたチャープ様の)シーケンスを使用することによって構築される。GCLシーケンス、 $\{c(k)\}$ は、以下のとおり定義される。すなわち、

$c(k)=a(k)b(k \bmod m)$ 、 $k=0,1,\dots,N-1 \dots (3)$

10

20

30

40

50

であり、ただし、 $N=sm^2$ であり、 s および m は、正の整数であり、 $\{b(k)\}$ は、単位の大きさの m 個の複素数の任意のシーケンスであり、 $\{a(k)\}$ は、Zadoff-Chuシーケンス、

【 0 0 3 9 】

【 数 5 】

$$a(k) = \begin{cases} W_N^{k^2/2+qk}, & N \text{ even} \\ W_N^{k(k+1)/2+qk}, & N \text{ odd} \end{cases}, k=0, 1, \dots, N-1, q \text{ is any integer,}$$

・・・(4)

10

【 0 0 4 0 】

であり、ここで、 $W_N = \exp(-j2\pi r/N)$ であり、 r は、 N と互いに素である(すなわち、 r と N の最大公約数は、1である)。

【 0 0 4 1 】

いずれのGCLシーケンスも、理想的な周期自己相関関数を有し、すなわち、GCLシーケンスは、CAZAC(定振幅ゼロ自己相関)シーケンスである。

【 0 0 4 2 】

2つのGCLシーケンス、 $c_x(k)$ および $c_y(k)$ が、同一のZadoff-Chuシーケンス、 $\{a(k)\}$ を使用して、ただし、異なる任意の変調シーケンス、 $\{b_x(k)\}$ および $\{b_y(k)\}$ を使用して定義される場合、周期相互相関は、(B.M. Popovic, "New Complex Space-Time Block Codes for Efficient Transmit Diversity", IEEE 6th Int. Symp. on Spread-Spectrum Tech. & Appl (ISSSTA 2000), NJ, USA, 132~136ページ、2000年9月において開示されるものと同様の方法で、)遅延区間におけるすべてのタイムシフト、 p 、

20

$0 < |p| < sm, sm < |p| < 2sm, \dots, (m-1)sm, < |p| < sm^2$

に関してゼロであることが示され得る。

【 0 0 4 3 】

このため、前述の2つの変調シーケンスが、直交している場合、もたらされるGCLシーケンスは、直交しているだけでなく、長さ $sm-1$ のゼロ相関区間も有する。

【 0 0 4 4 】

30

この特性に基づき、 m 個のゼロ相関区間シーケンスのセットは、異なる m 個の直交変調シーケンス、 $\{b_i(k)\}$ 、 $i=0, 1, 2, \dots, m-1$ 、 $k=0, 1, 2, \dots, m-1$ を使用して、一般的なZadoff-Chuシーケンス、 $\{a(k)\}$ を変調することによって得られたGCLシーケンスのセットと定義されることが可能である。このセットからの任意の2つのシーケンスの間の周期相互相関は、 $-sm$ から $+sm$ までの間のすべての遅延に関してゼロである。

【 0 0 4 5 】

ゼロ相関区間シーケンスのセットからのシーケンスは、同期シグネチャとして使用される。そのようなシグネチャに関する整合フィルタは、実際には、非周期相互相関を計算するものの、探索窓内の理想的な周期相互相関特性が、大体のところ、保たれると見込まれる。その理由は、シーケンスの長さよりはるかに小さい探索窓内の遅延に関して、非周期相互相関値に関する合計と、周期相互相関値に関する合計とが、少数の項においてしか変わらないことである。この見込みは、後段で示されるとおり、数値評価によって確認される。

40

【 0 0 4 6 】

GCLシーケンスに関して、直交変調シーケンスの選択に関する可能な選択肢は、例えば、アダマールシーケンスのセット、またはDFT(離散フーリエ変換)のセットである。DFTシーケンスのセットは、以下のとおり定義される。すなわち、

【 0 0 4 7 】

【数6】

$$b_i(k) = W_m^{ik}, \quad i, k = 0, 1, \dots, m-1 \dots (5)$$

【0048】

であり、一方、アダマールシーケンスのセットは、以下で定義されるように、 $m \times m$ アダマール行列における行(または列、あるいは、場合により、行と列の両方)として定義される。すなわち、次数 m のアダマール行列 H_m が、 $1s$ と $-1s$ とだけから成り、特性、 $H_m H_m^T = mI$ を有し、ただし、 I は、恒等行列であり、 T は、転置を表す。このため、アダマールシーケンスは、直交している。 n が、正の整数である、 $m=2^n$ に関して、アダマールシーケンスは、以下のとおり定義されることが可能である。すなわち、

10

【0049】

【数7】

$$b_i(k) = (-1)^{\sum_{l=0}^{i-1} k_l}, \quad i, k = 0, 1, \dots, m-1 \dots (6)$$

【0050】

ただし、 i_1 、 k_1 は、整数 i および k の m ビット長のバイナリ表現のビットである。

【0051】

20

実際の数 m および N は、Evolved UTRAの要件に合うように選択されることが可能である。シーケンスの所与の長さに関して、その場合、ゼロ相関区間の長さと、提供されることが可能なシグネチャの数との間に、トレードオフが存在する。

【0052】

例えば、Evolved UTRAにおける1.25MHz帯域幅に関して、シグネチャシーケンス伝送に利用可能である例示的な時間は、500マイクロ秒であり、約110マイクロ秒のガード時間を伴い、シーケンスの持続時間は、390マイクロ秒である。例えば、1.024MHzというサンプリングレートを想定すると、これらのシーケンスの長さは、 $N=400=sm^2$ ということになる。

【0053】

30

セルサイズは、一般に知られており、その結果、そのセル内の2つの移動端末装置からの信号間の最大時間差(すなわち、他方の移動端末装置を基準にした、一方の移動端末装置までの追加の伝搬時間と、一方の移動端末装置からの追加の伝搬時間との合計)も知られている。有利に、ゼロ相関区間長は、この時間差に適合され、すなわち、可能な最大の時間差までの可能なすべての時間差に関して、低い相関が得られるように適合される。例えば、セルサイズが、14kmである場合、信号に関する最大伝送時間は、前述の仮定で、96個のシンボルに相当する。この遅延範囲における低い相互相関は、前述したことによれば、 $sm=100$ である場合に保証され、したがって、 $m=4$ 、かつ $s=25$ であることになる(より大きい m は、より短く、その結果、満足のいかないゼロ相関区間長をもたらす)。簡単化のため、式(4)において $q=0$ を選択する。しかし、 q の他の値が使用されてもよいものと理解されるべきである。ゼロではない q は、シーケンスのシフトを生じさせる。このため、長さ400の、異なる4つのシグネチャシーケンスが存在する。

40

【0054】

図2には、受信された信号に対するシーケンスの自己相関関数の絶対値、および相互相関関数の絶対値が示される。

【0055】

p が、遅延であり、 $*$ が、複素共役を表す、非周期相互相関関数

【0056】

【数 8】

$$R_{xy}(p) = \sum_{k=0}^{N-1-p} c_x(k) c_y^*(k+p)$$

【0057】

の振幅が、 $N=400$ ($s=25$ 、かつ $m=4$)、および $r=1$ で、DFT変調されたGCLシーケンスに関して図2に示される。

【0058】

アダマール変調されたGCLシーケンスのセットは、図2に示されるものと同様の自己相関関数および相互相関関数を有する。相互相関関数のピークは、 $sm=100$ の倍数近くに位置する。それらのピークは、或る広がりを示し、すなわち、 sm の倍数近くの相関値は、周期相互相関関数に関しては存在しない、相当な非ゼロ値を有する。しかし、所与のパラメータに関して、相互相関関数は、96未満の遅延に関して、20を超えない。したがって、サイズ14kmのセルに関して、 $p=96$ までのプロットの部分だけが、関心対象であり、この間隔内で、相関の結果は、明白である。0から100までの遅延を示す図2のプロットの部分は、図3において、より詳細に示される。

10

【0059】

実際の同期は、整合フィルタのセットを使用して、探索窓内のすべての遅延に関して、受信された信号をシグネチャシーケンスのセットの中のシグネチャシーケンスと相関させて、各整合フィルタからのピーク出力を検出する基地局によって実行される。閾値が使用されて、誤検出の確率が低減され、すなわち、閾値は、受信された信号が雑音だけから成る場合、特定の確率、例えば0.0001を有する検出をもたらすような値に設定される。

20

【0060】

次に、各フィルタからの検出されたピーク出力を使用して、着信時刻、すなわち、遅延が推定されて、移動端末装置からの伝送が同期化される。

【0061】

基地局における比較信号は、非周期的であってもよく、すなわち、1周期だけから成っていてもよい。代替として、この信号は、周期的であってもよく、つまり、1周期に加え、片側または両側の周期の一部分から成っていてもよい。周期信号が使用される場合、閾値は、誤った検出の確率が高まるため、高められなければならない。他方、複数のシグネチャシーケンスが存在する場合、堅牢性が高まる。さらに、もちろん、移動端末装置によって伝送されるシグネチャシーケンスを、そのシーケンスの片側または両側で周期の一部分、延長することも可能である。このさらなる部分の長さは、そのシグネチャシーケンスを伝送するのに利用可能な時間によって決定されることが可能である。

30

【0062】

本発明の一実施形態では、システムにおけるすべてのセルに、同一の数のシグネチャシーケンスが与えられ、好ましくは、この数は、システムにおける最大のセルに基づいて選択される。しかし、明白なとおり、特定のシグネチャシーケンスは、セルごとに異なってもよい。このようにすることは、移動端末装置が2つのセル間の境界に存在する際、移動端末装置がいずれのセルに接続しようとするか、が決定され得るという利点を有する。近隣のセルが、同一のシグネチャシーケンスセットを有する場合、2つ以上の基地局が、移動端末装置からのコールに回答しようとする可能性がある。他方、最良の信号品質を提供する基地局がいずれであるかが、決定されることが可能であり、その結果、応答すべき基地局がいずれであるかが、決定されることが可能である。しかし、前述のことからやはり明白なとおり、異なるセルにおいて異なるシグネチャシーケンスセットを有することも可能である。様々なシグネチャシーケンスセットが、 r を変えることによって容易に得られることが可能である。いずれの r 値を使用すべきかが、移動端末装置に伝送されることが可能であり、移動端末装置は、その結果、前述の式に従ってシグネチャシーケンスのセットを生成することができる。さらに、セルサイズが、より小さい場合、シグネチャシ

40

50

ーケンスの数は、シーケンス長が保たれたまま、増やされることが可能である。例えば、セルサイズが、7kmである場合、必要とされる遅延ステップの数は、前述の例の半分に過ぎない。したがって、mは、7に、sは、8に設定されることが可能である。このようにすることは、長さ392のシグネチャシーケンス、およびセルサイズの要件を満たす、すなわち、 $sm-1=55$ のステップ中に、7つのシグネチャシーケンスをもたらす。この例では、前述のガード時間は、保持されている。しかし、より小さいセルにおけるガード時間を短縮して、より長いシグネチャシーケンスを可能にし、その結果、より多くのシーケンスを可能にすることも可能である。

【0063】

これらの提案されるシグネチャシーケンス、つまり、プリアンプルの検出性能は、リンクレベルのシミュレーションによって評価されている。提案されるシーケンスの場合と同一の数のシグネチャシーケンスを保持するために、打ち切られたWCDMA RACHプリアンプルが、16ビット長のシーケンスの代わりに、4ビット長である変調アダマールシーケンスで、基準として使用された。受信アンテナの数は、2であり、同一の遅延における、その2つのアンテナからの相関が非コヒーレントに組み合わせられ、すなわち、同一の遅延における、その2つのアンテナからの2乗された整合フィルタ出力の絶対値が加算される。試行の回数は、100000回である。

【0064】

2つのシナリオが、シミュレートされた。両方のシナリオにおいて、検出器は、受信された信号を、探索窓内の可能なすべてのシグネチャシーケンスと相関させる。閾値は、単一の遅延におけるシグネチャシーケンスに関して、0.0001という誤警報確率をもたらすように設定される。伝送されたシグネチャシーケンスが検出されなかった場合、検出の失敗が宣言される。

【0065】

第1のシナリオにおいて、1つだけのプリアンプルが、RACHに関する時間 - 周波数リソースにおいて伝送される。遅延は、セル内のランダムに分布する移動体に対応して、探索窓内でランダムに分布し、すなわち、この実施例では、0のサンプルから96のサンプルまでに及ぶ。

【0066】

第2のシナリオにおいて、同一のセットからの異なる2つ以上のシグネチャシーケンスが、同一の時間 - 周波数リソースにおいて伝送される。シグネチャS1のSNRは、固定(SNR=-15dB)であり、その他の干渉シグネチャは、シグネチャ1に対して様々な電力オフセットで伝送される。しかし、すべての干渉シグネチャは、同一の電力で伝送される。すべてのシグネチャは、探索窓内で独立したランダムな遅延を有して伝送される。より弱い信号、シグネチャS1の検出に失敗する確率が記録される。SIRは、干渉シグネチャのいずれかの電力に対するシグネチャS1の電力の比である。

【0067】

シナリオ1および2に関するシミュレーション結果が、図4および図5にそれぞれ示される。図4には、伝送された1つのシーケンスに関して検出に失敗する確率が示され、図5には、別の伝送されたシーケンスが存在する状態で、或る伝送されたシーケンスの検出に失敗する確率が示される。図4から、干渉シーケンスがない事例では、従来技術と比べて検出に失敗する確率に違いが全くないことが明らかである。このため、この状況において、本発明によるシグネチャシーケンスは、従来技術のシーケンスと同様の性能を示す。

【0068】

しかし、2つ以上の同時に、または実質的に同時に伝送されるシーケンスを伴う第2のシナリオに関して、図5に示される結果は、本発明によるシーケンスのセットに関して、1つ、またはいくつかの干渉シーケンスが存在する状態で、大幅に向上した検出性能を明らかに実証する。提案されるシーケンスセットに関して、検出性能は、非常に低いSIR値の場合でさえ、より多くの干渉を有する状況で変化しないのに対して、対照シーケンスの場合、性能は、干渉の数が増えるにつれても、SIRが低下しても、大幅に低下する。この大幅

10

20

30

40

50

な違いは、強い信号と弱い信号が同時に存在する場合、強い方の信号のいくつかの部分が、相関を取る最中に、弱い方の信号の一部と解釈されて、その結果、誤って計算された遅延で解釈されるという条件によって、少なくとも或る程度、説明されることが可能である。本発明によるシグネチャシーケンスの使用は、図5で見て取ることができるとおり、1つのシグネチャシーケンスの信号レベルが強い一方で、実質的に同時のシグネチャシーケンスの信号レベルが、相当に弱い場合でも、正しい検出の確率が、大幅に向上するという利点を有する。

【0069】

提案されるシーケンスセットに関して示される、検出に失敗する確率の低下は、ゼロ相関区間シーケンスの良好な相互相関特性のためであり、したがって、本発明は、従来技術と比べて大幅な改善をもたらす。さらに、ゼロ相関区間シーケンスの使用による検出確率のこの改善は、RACHプリアンプルのための伝送電力を低減して、システムにおける全体的な干渉を減らすこと、および電池寿命を延ばすことを可能にすることができる。

10

【0070】

さらに、前述の説明において、本発明は、完全なゼロ相関区間シーケンスを利用するものとして説明されてきた。しかし、打ち切られたシーケンスを使用することも可能であり、すなわち、すべてがゼロ相関区間シーケンスではないシーケンスが使用されることも可能である。このようにすることは、検出確率を低下させるが、増加する特定のシグネチャ長のためにシグネチャシーケンスの数を選択する際の自由が大きくなるという利点を有する。打ち切りは、セルサイズによって変えることが可能であり、より小さいセルでは、より大きい打ち切りが、満足のいく性能が保たれて容認されることが可能である。

20

【0071】

前述したとおり、本発明は、いくつかの利点を有する。しかし、システムが適切に動作するために考慮される必要がある他の特徴が存在する。例えば、前述したとおり、伝送されるシグネチャシーケンスが、高い平均送信電力を可能にするために、低い電力増幅器バックオフを必要として、これにより、良好な有効範囲を可能にすることが重要である。電力バックオフと関係する2つの測定値が、PAPR(ピーク対平均電力比)およびCM(キュービクメトリック)である。

【0072】

以下において、これらの測定値に対する本発明の影響が開示される。

30

【0073】

$z(t)$ を正規化されたベースバンド信号とし、この信号の期待値 $E(|z(t)|^2)=1$ であるようにする。99.9パーセンタイルにおけるPAPRは、 $10\log_{10}(|z(t)|^2)<x$ である確率が、0.999であるような値 x と定義される。

【0074】

CMは、以下のとおり定義される。

$$CM=[20\log_{10}((v_norm^3)_{rms})-20\log_{10}((v_norm_ref^3)_{rms})]/1.85 \quad (7)$$

ただし、

- v_norm は、入力信号の正規化された電圧波形であり、

- v_norm_ref は、基準信号(WCDMAにおける12.2kbps AMR Speech)の正規化された電圧波形である。

40

【0075】

表1は、4ビットアダマール変調シーケンスを使用する、400のサンプルにまで打ち切られた基準WCDMA RACHプリアンプル、ならびにDFT変調シーケンスおよびアダマール変調シーケンスを使用するGCLシーケンスに関する99.9パーセンタイルにおけるPAPR値をリストアップする。表2は、対応するCM値をリストアップする。

【0076】

【表1】

表1 PAPR(99.9パーセントイル)値

パルス整形フィルタ	WCDMA	GCL-DFT	GCL-アダマール
シンク	3.9-5.9 dB	2.8 dB	4.5 dB
ルートレイズドコサイン、 ロールオフ率=0.15	2.6-3.4 dB	3.0 dB	3.6 dB

【0077】

【表2】

10

表2 キュービックメトリック値

パルス整形フィルタ	WCDMA	GCL-DFT	GCL-アダマール
シンク	0.1-0.5 dB	-0.6 dB	1.4 dB
ルートレイズドコサイン、 ロールオフ率=0.15	-0.3 to -0.1 dB	-0.6 dB	1.1 dB

【0078】

すべての事例において、最大PAPR値は、すべての変調シーケンスにわたって与えられる。WCDMA RACHプリアンブルに関して与えられる値の範囲は、すべてのスクランブル符号にわたっている。GCLシーケンスに関して、 $r=1$ を有するZadoff-Chuシーケンスが使用された。 r の値のこの特定の例は、単に例示的であるものと理解されるべきである。異なる2つのパルス整形フィルタ、単純なシンクフィルタおよびロールオフ率0.15を有するルートレイズドコサインフィルタが、適用される。

20

【0079】

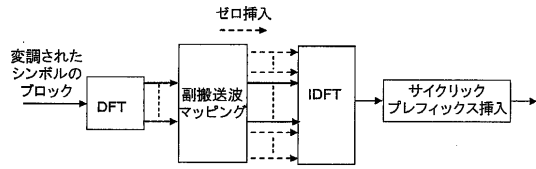
これらの表から、DFT変調されたシーケンスは、アダマール変調されたGCLシーケンスと比べて、より低いPAPRとキュービックメトリックとを有することが明白である。さらに、ルートレイズドコサインフィルタを適用することは、DFT変調されたシーケンスのPARもキュービックメトリックも向上させない。

【0080】

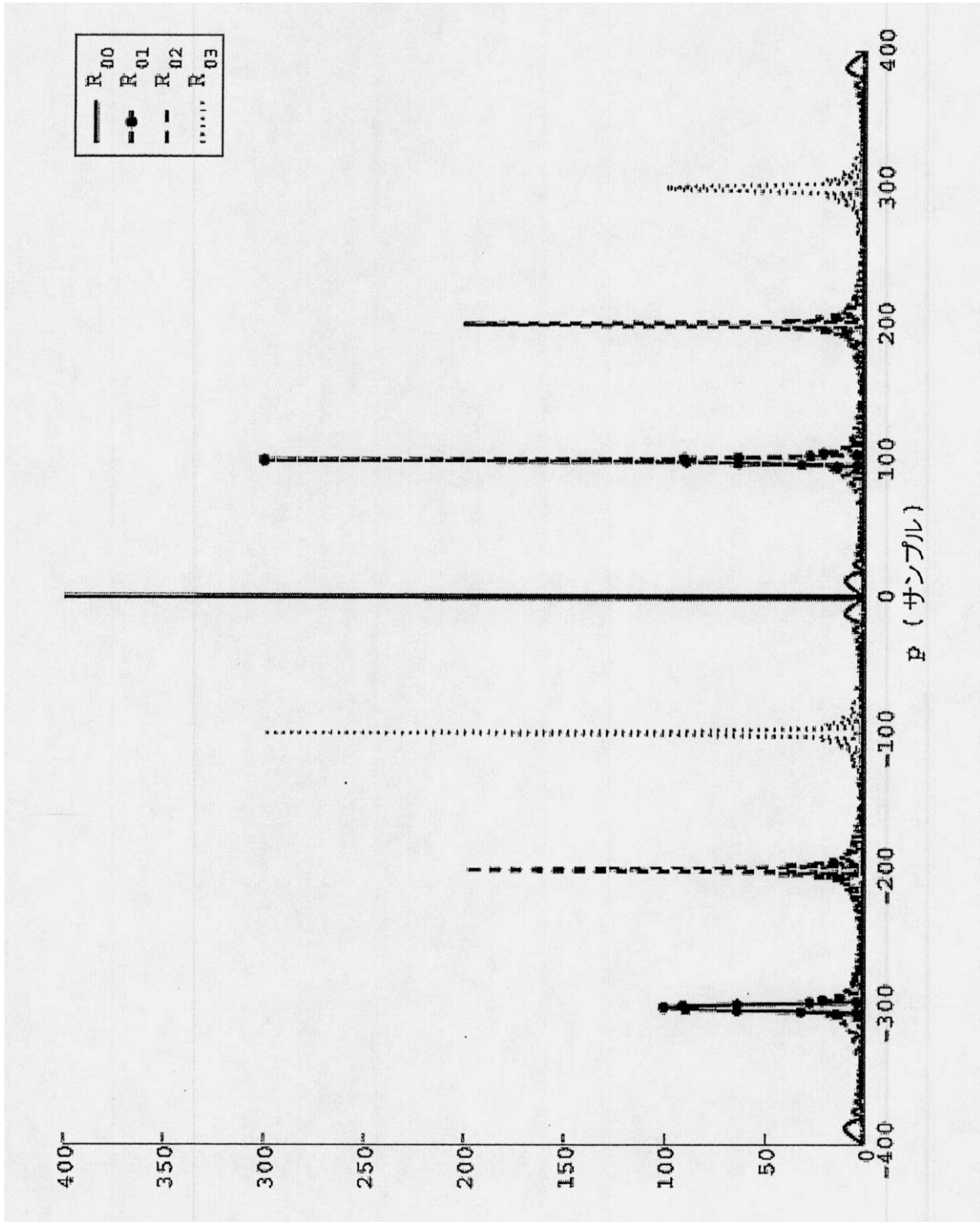
30

最後に、DFT変調されたGCLシーケンスのPAPRは、ルートレイズドコサインフィルタを使用するWCDMAシーケンスの場合と同程度に良好である一方で、キュービックメトリックは、WCDMAシーケンスの場合よりも、多少、優れている。明らかに、低い電力バックオフを可能にするゼロ相関区間シーケンスのセットを見つけることが可能である。

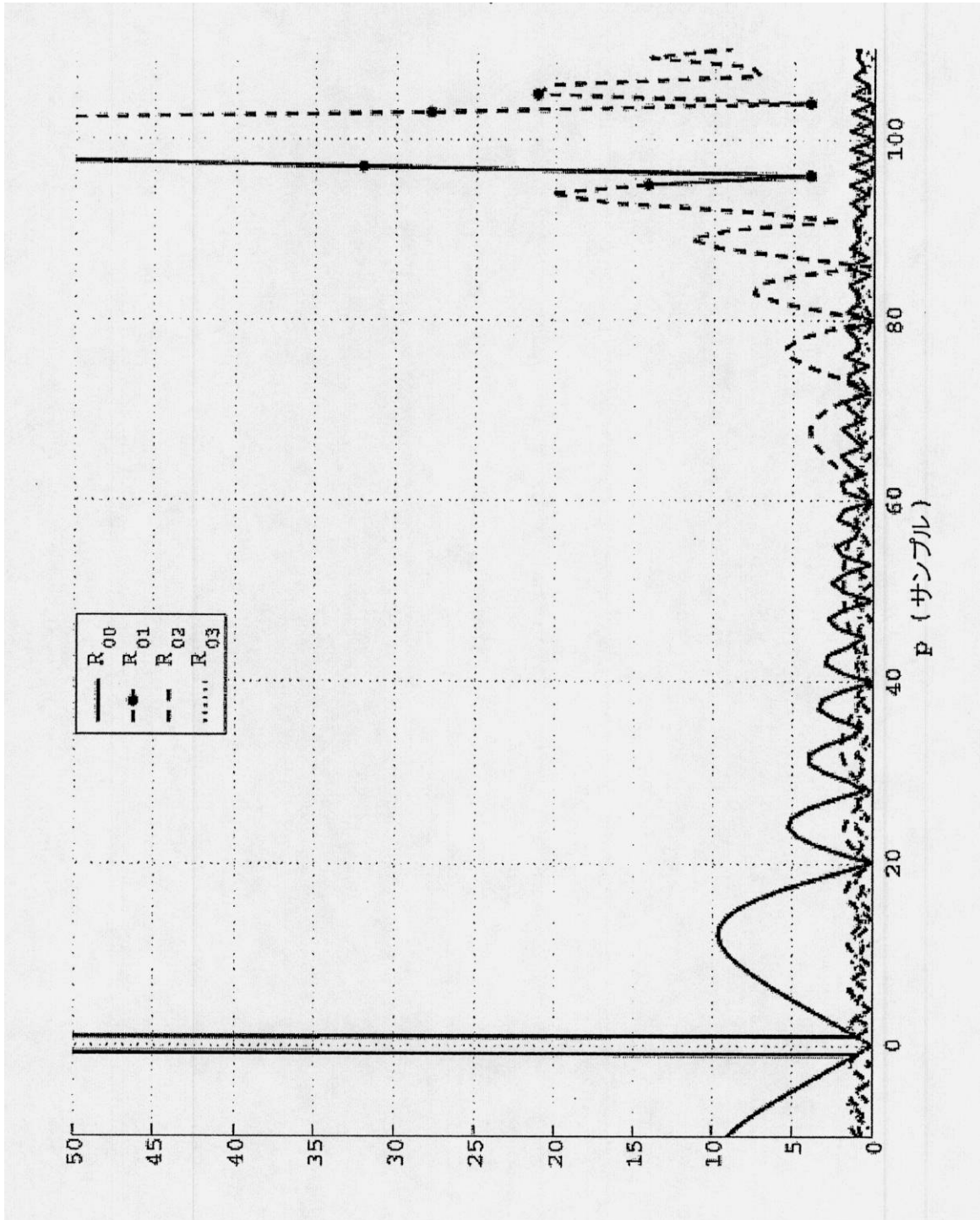
【図1】



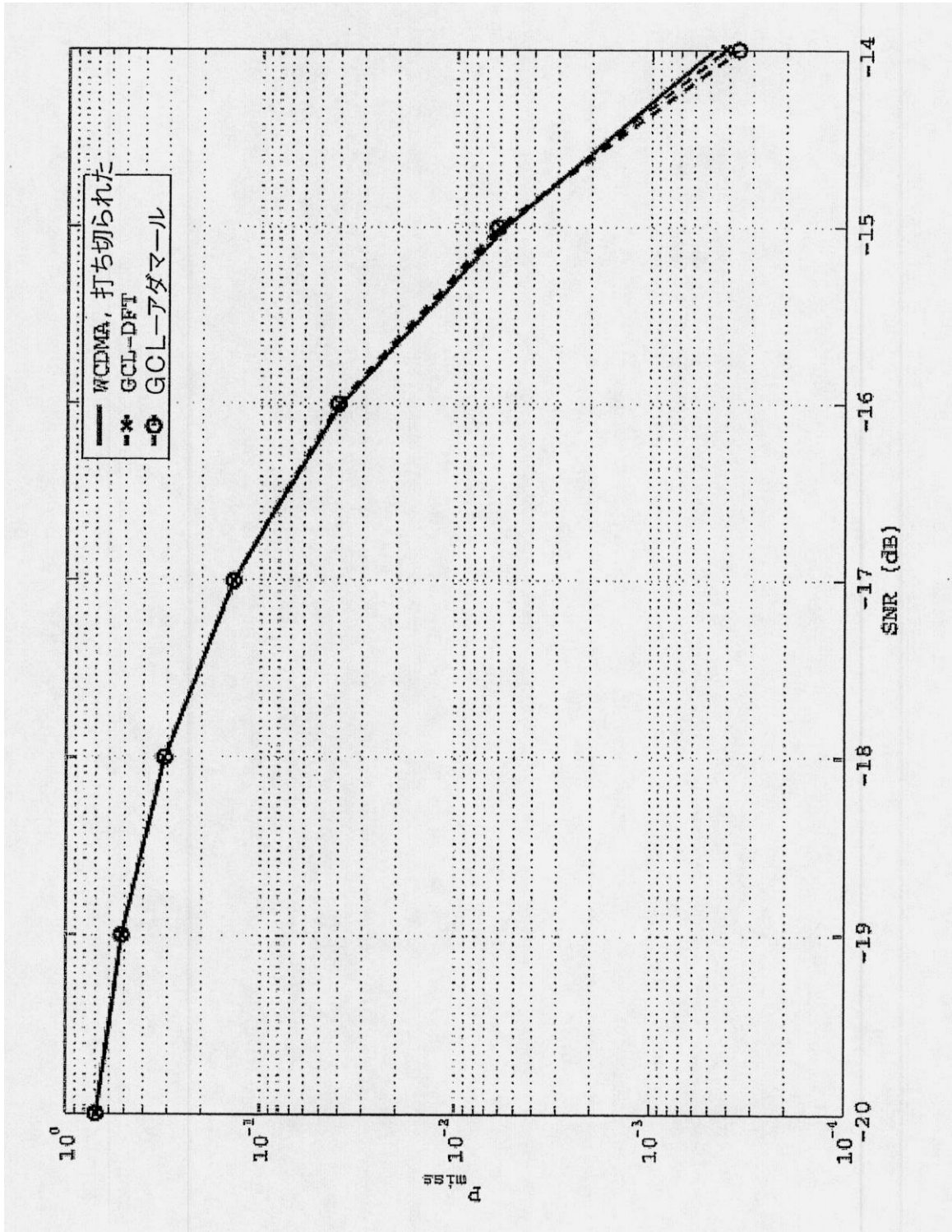
【 図 2 】



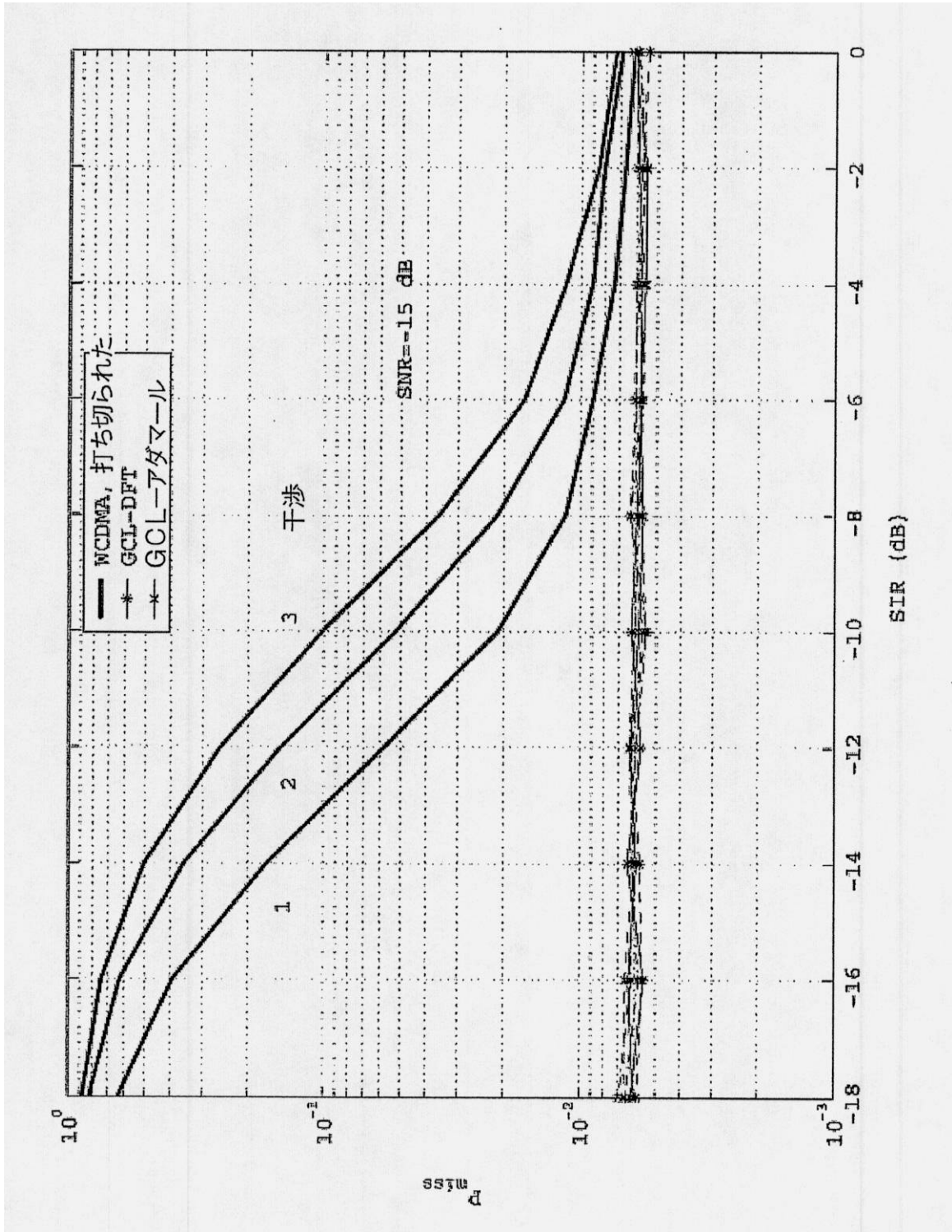
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ブラニスラブ・ポボヴィック
スウェーデン・エスイー・16494・エス - ストックホルム・アテリア・テレコム・アーペー・
(番地なし)・ボックス・54
- (72)発明者 オスカー・マウリッツ
スウェーデン・エスイー・16494・エス - ストックホルム・アテリア・テレコム・アーペー・
(番地なし)・ボックス・54

審査官 藤江 大望

- (56)参考文献 特表2002-536870(JP,A)
特開2000-312168(JP,A)
Class of binary sequences with zero correlation zone, Electronics Letters, 1999年
5月13日, Volume: 35, Issue: 10, Pages: 777 - 779
Motorola, RACH Design for EUTRA, 3GPP TSG RAN#43 R1-060025, 2009年 1月19日
Huawei, EUTRA RACH preambles, 3GPP TSG RAN WG1 LTE Ad Hoc R1-060226, 2006年 1月
18日

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04J 11/00
H04W 4/00 - 99/00
H04J 13/00 - 13/22
H04B 1/69 - 1/719