

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4065025号
(P4065025)

(45) 発行日 平成20年3月19日 (2008. 3. 19)

(24) 登録日 平成20年1月11日 (2008.1.11)

(51) Int. Cl. F I
HO 4 B 14/04 (2006. 01) HO 4 B 14/04 Z
HO 4 B 7/26 (2006. 01) HO 4 B 7/26 1 O 2

請求項の数 14 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願平9-512948	(73) 特許権者	505365297
(86) (22) 出願日	平成8年9月20日 (1996. 9. 20)		パシフィック コミュニケーション サイ
(65) 公表番号	特表2001-515666 (P2001-515666A)		エンシーズ, インコーポレイテッド
(43) 公表日	平成13年9月18日 (2001. 9. 18)		アメリカ合衆国 テキサス 78746,
(86) 国際出願番号	PCT/US1996/015187		オースティン, ヴィアフォーチャーナ
(87) 国際公開番号	W01997/011535		2901
(87) 国際公開日	平成9年3月27日 (1997. 3. 27)	(74) 代理人	100078282
審査請求日	平成15年8月29日 (2003. 8. 29)		弁理士 山本 秀策
(31) 優先権主張番号	60/004, 800	(74) 代理人	100062409
(32) 優先日	平成7年9月22日 (1995. 9. 22)		弁理士 安村 高明
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100113413
(31) 優先権主張番号	08/542, 541		弁理士 森下 夏樹
(32) 優先日	平成7年10月12日 (1995. 10. 12)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複数の符号レートをを用いるセルラー通信システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

セルラーデジタルデータ無線通信システムにおいて送信性能を改善する方法であって、
 (a) 複数の符号レートのうちの第 1 の符号レートをを用いて誤り訂正符号化されたデータをモバイルユニットからベースステーションに送信するステップと、

(b) 該符号化されたデータの特性を分析することによって該モバイルユニットから受信された該誤り訂正符号化されたデータに対する該第 1 の符号レートを該ベースステーションにおいて決定するステップと、

(c) 該第 1 の符号レートをを用いて該ベースステーションにおいて生成され、該ベースステーションから受信された情報に基づいて、該第 1 の符号レートをを用いて誤り訂正符号化され送信された該データが該ベースステーションによって十分に受信されるかどうかを決定するステップであって、そうでない場合には、該第 1 の符号レートと、該複数の符号レートのうちの該第 1 の符号レート以外の 2 つの符号レートであって、該第 1 の符号レート未満のレートである 2 つの符号レートとに対して、該モバイルユニットから該ベースステーションに送信されるべきデータを符号化するために必要とされるブロックの数を計算し、該 2 つの符号レートから第 2 の符号レートを選択し、該第 2 の符号レートの選択は、該第 1 の符号レートに対して該データを符号化するために必要とされるブロックの数が、該 2 つの符号レートのそれぞれに対して該データを符号化するために必要とされるブロックの数と等しいか否かに基づいて行われる、ステップと、

(d) 該第 2 の符号レートをを用いて誤り訂正符号化されたデータを該モバイルユニットか

ら該ベースステーションに送信するステップと
を包含する、方法。

【請求項 2】

(a) 前記第 2 の符号レートをを用いて誤り訂正符号化され送信された前記データが前記ベースステーションによって十分に受信されるかどうかを決定するステップであって、そうでない場合には、前記モバイルユニットについて、該第 2 の符号レート未満である第 3 の符号レートを選択するステップと、

(b) 該第 3 の符号レートをを用いて誤り訂正符号化されたデータを該モバイルユニットから該ベースステーションに送信するステップと

をさらに包含する、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 3】

(a) 前記モバイルユニットからの送信の前に、前記誤り訂正符号化されたデータをインターリーブするステップをさらに包含する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

セルラーデジタルデータ無線通信システムにおいて、送信性能を改善する方法であって、
(a) モバイルユニットについて、該モバイルユニットからベースステーションにデータを送信するための所望の送信電力レベルを決定するステップであって、該所望の送信電力レベルは、複数の符号レートのうちの第 1 の符号レートに基づいて決定される、ステップと、

(b) 該所望の送信電力レベルが該モバイルユニットの最大送信電力レベル未満であるかどうかを決定するステップであって、

20

(1) そうである場合には、該複数の符号レートのうち、該データを誤り訂正符号化するための 1 つの符号レートと、該モバイルユニットの該所望の送信電力レベル以下である送信電力レベルとを選択し、該複数の符号レートのうちの該 1 つの符号レートをを用いて誤り訂正符号化されたデータを該モバイルユニットから該ベースステーションに該送信電力レベルで送信し、

(2) そうでない場合には、該複数の符号レートのうちの該第 1 の符号レート以外の 2 つの符号レートであって、該第 1 の符号レート未満のレートである 2 つの符号レートに対して、該モバイルユニットから該ベースステーションに送信されるべきデータを符号化するために必要とされるブロックの数を計算し、該 2 つの符号レートから第 2 の符号レートを選択し、該第 2 の符号レートの選択は、該 2 つの符号レートのうちの一方である第 1 の符号レートに対して該データを符号化するために必要とされるブロックの数が、該 2 つの符号レートのうちの他方である第 2 の符号レートに対して該データを符号化するために必要とされるブロックの数と等しいか否かに基づいて行われ、該モバイルユニットの該所望の送信電力レベルから該第 2 の符号レートに関連する所定の値を引いたもの以下である第 2 の送信電力レベルを選択し、該第 2 の符号レートをを用いて誤り訂正符号化されたデータを該モバイルユニットから該ベースステーションに該第 2 の送信電力レベルで送信するステップと

30

を包含する、方法。

【請求項 5】

40

データが複数のブロックとして送信され、

(a) 前記所望の送信電力レベルが前記モバイルユニットの最大送信電力レベル未満である場合に、該データを送信するために必要とされるブロックの数が前記 2 つの符号レートの第 2 の符号レートの場合と該 2 つの符号レートの第 1 の符号レートの場合とで同じであれば該第 2 の符号レートを選択するステップをさらに包含する、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

(a) 前記ベースステーションにおいて、モバイルユニットに対して利用可能なすべての可能な符号レートをを用いて誤り訂正符号化されたデータの復号化を試みることによって、該モバイルユニットから受信された該データに対する符号レートを決定し、該データを最良に復号化する符号レートを選択するステップをさらに包含する、請求項 4 に記載の方法

50

【請求項 7】

(a) 前記モバイルユニットからの送信の前に、前記誤り訂正符号化されたデータをインターリーブするステップをさらに包含する、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 8】

セルラーデジタルデータ無線通信システムにおいて、送信性能を改善する方法であって、
(a) モバイルユニットについて、該モバイルユニットからベースステーションにデータを送信するための所望の送信電力レベルを決定するステップであって、該所望の送信電力レベルは、複数の符号レートの中の第 1 の符号レートに基づいて決定される、ステップ
と、

(b) 該所望の送信電力レベルが該モバイルユニットの最大送信電力レベル未満であるかどうかを決定するステップであって、そうである場合には、該複数の符号レートのうち、該データを誤り訂正符号化するための 1 つの符号レートと、該モバイルユニットの該所望の送信電力レベル以下である送信電力レベルとを選択し、該複数の符号レートの中の 1 つの符号レートを用いて誤り訂正符号化されたデータを該モバイルユニットから該ベースステーションに該送信電力レベルで送信するステップと、

(c) そうでない場合には、次に、該所望の送信電力レベルが、該モバイルユニットの最大送信電力レベルに第 2 の符号レートに第 1 の所定の値を足したものの未満であるかどうかを決定するステップであって、

(i) そうである場合には、該複数の符号レートの中の該第 1 の符号レート以外の 2 つの符号レートであって、該第 1 の符号レート未満のレートである 2 つの符号レートに対して、該モバイルユニットから該ベースステーションに送信されるべきデータを符号化するために必要とされるブロックの数を計算し、該 2 つの符号レートから第 2 の符号レートを選択し、該第 2 の符号レートの選択は、該 2 つの符号レートの中の一方である第 1 の符号レートに対して該データを符号化するために必要とされるブロックの数が、該 2 つの符号レートの中の他方である第 2 の符号レートに対して該データを符号化するために必要とされるブロックの数と等しいか否かに基づいて行われ、該モバイルユニットの該所望の送信電力レベルから該第 1 の所定の値を引いたものと等しい第 2 の送信電力レベルを選択し、該第 2 の符号レートを用いて誤り訂正符号化されたデータを該モバイルユニットから該ベースステーションに該第 2 の送信電力レベルで送信するステップと、

(ii) そうでない場合には、該データを誤り訂正符号化するための、該第 2 の符号レート未満である第 3 の符号レートと、該モバイルユニットの該所望の送信電力レベルから該第 3 の符号レートに関連する第 2 の所定の値を引いたものと等しい第 3 の送信電力レベルとを選択し、該第 3 の符号レートを用いて誤り訂正符号化されたデータを該モバイルユニットから該ベースステーションに該第 3 の送信電力レベルで送信するステップとを包含する、方法。

【請求項 9】

データが複数のブロックとして送信され、

(a) 前記所望の送信電力レベルが前記モバイルユニットの最大送信電力レベル未満である場合には、

(1) 該データを送信するために必要とされるブロックの数が前記第 3 の符号レートの場合と前記第 1 の符号レートの場合とで同じであれば該第 3 の符号レートを選択するステップと、
そうでない場合には、

(2) 該データを送信するために必要とされるブロックの数が前記第 2 の符号レートの場合と該第 1 の符号レートの場合とで同じであれば該第 2 の符号レートを選択するステップとをさらに包含する、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

データが複数のブロックとして送信され、

(a) 前記所望の送信電力レベルが前記モバイルユニットの最大送信電力レベルに前記第 1 の所定の値を足したものの未満である場合には、

10

20

30

40

50

(1) 該データを送信するために必要とされるブロックの数が前記第3の符号レートの場合と前記第2の符号レートの場合とで同じであれば該第3の符号レートを選択するステップをさらに包含する、請求項8に記載の方法。

【請求項11】

(a) 前記ベースステーションにおいて、モバイルユニットに対して利用可能なすべての可能な符号レートをを用いて誤り訂正符号化されたデータの復号化を試みることによって、該モバイルユニットから受信された該データに対する符号レートを決定し、該データを最良に復号化する符号レートを選択するステップをさらに包含する、請求項8に記載の方法。

【請求項12】

(a) 前記モバイルユニットからの送信の前に、前記誤り訂正符号化されたデータをインターリーブするステップをさらに包含する、請求項8に記載の方法。

【請求項13】

セルラーデジタルデータ無線通信システムにおいて、送信性能を改善するシステムであって、

(a) モバイルユニットからベースステーションに誤り訂正符号化されたデータを送信するワイアレス送信システムと、

(b) 複数の符号レートのうちの第1の符号レートと、該複数の符号レートのうちの該第1の符号レート以外の少なくとも1つの符号レートとに対して、該モバイルユニットから該ベースステーションに送信されるべきデータを符号化するために必要とされるブロックの数を計算するプロセッサであって、該少なくとも1つの符号レートは、該第1の符号レート未満のレートである、プロセッサと、

(c) 該ワイアレス送信システムに結合されたセレクトアであって、

(1) 該モバイルユニットについて、該データを誤り訂正符号化するための第1の符号レートを選択し、

(2) 該少なくとも1つの符号レートから第2の符号レートを選択し、該第2の符号レートの選択は、該第1の符号レートに対して該データを符号化するために必要とされるブロックの数が、該第2の符号レートに対して該データを符号化するために必要とされるブロックの数と等しいか否かに基づいて行われる、セレクトアと、

(d) 該セレクトアに結合されたコンパレータであって、該第1の符号レートに対して該データを符号化するために必要とされるブロックの数が、該第2の符号レートに対して該データを符号化するために必要とされるブロックの数と等しいか否かを決定し、そうである場合には、該第1の符号レートに優先して該第2の符号レートを該セレクトアに選択させるコンパレータと

を備えた、システム。

【請求項14】

前記モバイルユニットからの送信の前に、前記誤り訂正符号化されたデータをインターリーブするインターリーバをさらに有する、請求項13に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

発明の背景

1. 発明の分野

本発明は、セルラー無線通信システムに関し、より具体的には、セルラーデジタルデータ無線通信システムにおいて順方向誤り訂正 (forward error correction) に複数の符号レートをを用いる方法および装置に関する。

2. 従来技術の説明

通信チャネルにおける誤り率性能を改善するために、順方向誤り訂正 (FEC) 符号化技術がよく用いられる。FEC符号化によれば、受信ステーションが、送信ステーションによって送信された劣化した信号を再現できるようになる。元の信号の誤りの原因は、例えば、電力 (power) の低い信号をマスクするノイズ、干渉、地形特徴による信号のシャドローイング (shadowing)、またはレイリー (マルチパス) 干渉であり得る。

10

20

30

40

50

F E C 符号化技術は 1 9 6 0 年代から用いられ、数多くの文献に記載されている（例えば、「Error Correcting Coding for Digital Communications」, George C. Clark & J. B. ibb Cain, Plenum Press, 1981）。F E C 符号化技術に共通する特徴は、符号化処理によって、送信しなければならないビット数が増加することである。チャンネルを介して送信されるビット数に対する、エンコードに入力されるビット数の比は、一般的に「符号レート」と呼ばれる。符号レートが低い程、送信しなければならないビット数（データビットおよび誤り訂正符号ビットを含む）が大きくなる。

送信ビット数を増やすには、より広い帯域幅を送信用に利用可能にするか、または、符号化されたデータを含む信号の帯域幅が、符号化されていない信号が占めるであろう帯域幅と同じになるまで、そのチャンネルを介してユーザの情報を送信するレート（「データレート」）を低くする必要がある。

一般に、他の条件が全て等しい場合、低い符号レートで F E C 符号を用いる程、誤り率性能は良好になる。従って、良好でないチャンネルにおいて許容可能な誤り率性能を達成するためには、非常に低い符号レートを用いることが望ましい。より良好なチャンネルの場合、非常に低い符号レートの誤り訂正性能は不要であり得る。この場合、比較的高い符号レートによって、比較的低い送信符号ビットレート、つまりは比較的高いデータレートで十分な誤り率性能が得られる。よって、そのような場合、特に利用可能な帯域幅が固定されているシステムの場合には、比較的高い符号レートを用いることが望ましい場合がある。

衛星システム等の多くの通信システムにおいて、受信機での信号レベルは、サイト毎に、および経時的にあまり変化しない。多くの場合、このようなシステム設計者が最も重要視するのは、そのリンクを介して送信するのに必要な電力であり、帯域幅についてはあまり重要視されない。この場合、システム設計者は 1 つの低い符号レートを選択し、選択が適切であれば、ほとんどの場合、その 1 つの符号レートによってリソースを浪費することなく十分な性能が得られる。

しかし、地上モバイル無線通信の場合、ベースステーションからモバイルユニットまでの距離、信号のシャドローイングを生じ得る地形特徴の有無、および、レイリー効果によるフェーディングに応じて、受信機での信号は広域を変化する。チャンネルは帯域幅で固定されるので、F E C 符号化を用いることによりチャンネルスループットが低減される。順方向リンク（ベースステーションからモバイルユニット）の場合、トランスミッタ電力を大きくして、受信信号レベルが十分なレベルとなり且つ符号レートが比較的高いレートに維持されるようにするだけで費用効果的である場合が多い。逆方向リンクの場合、バッテリーの寿命を長くするために電力消費量を最低限に抑える必要があること、ならびに、高電力マイクロ波トランスミッタ（high-powered microwave transmitter）が体の傍にあることによって健康を害する恐れがあることから、モバイルユニットの送信電力能力（capability）は極端に制限されることが多い。多くの場合、順方向リンクでの電力レベルは、モバイルユニットが十分に受信を行うのに十分なレベルであるが、ベースステーションで受信する電力は不十分であるために逆方向リンクでの誤り率は許容不可能なものになる。比較的低い符号レートを用いれば、多くの場合この問題は解決されるが、システムスループットが低くなるという犠牲を払うことになる。

従って、セルラーデジタルデータ無線通信システムにおいて順方向誤り訂正を用いる改善された方法が必要とされている。本発明は、そのような改善を提供する。

発明の要旨

本発明は、セルラーデジタルデータ無線通信システムにおいて順方向誤り訂正に複数の符号レートを用いる方法および装置を包含する。各ベースステーションは、電力積（power product）（ PP ）と呼ばれるある量（quantity）を同報通信する（broadcasts）。これは、ベースステーション送信電力 P_{BT} （単位：ワット）にベースステーションにおける所望の受信電力レベル P_{BR} （単位：ワット）を掛けたものに等しい。あるモバイルユニットについての適切な送信電力 P_{MT} （単位：ワット）を求めるには、単に、そのモバイルユニットが受信する電力 P_{MR} （単位：ワット）を測定し、以下の計算を行えばよい。

$$P_{MT} = PP / P_{MR}$$

10

20

30

40

50

距離またはシャドーイング等のチャネル条件がチャネルパス損失が大きくなるような条件である場合、上記電力制御計算は、モバイルユニットの最大送信電力能力よりも大きい値を返す。その場合、ベースステーションにおける受信電力は所望の電力未満となり、得られる誤り性能が許容不可能なものになり得る。従って、本発明のシステムにおいては、あるモバイルユニットが、所望の送信電力レベルがその能力を越えると決定した場合、そのモバイルユニットはより低い符号レートを選択することができる。ベースステーションの受信機感度は符号レートが低くなる程向上するので、トランスミッタ電力を高めるのと同様の結果が得られる。

好適な実施形態において、本発明は3つの異なる符号レートを使用する。各符号レートは、当該産業分野の標準である拘束長7畳込み符号 (constraint length 7 convolutional code) に基づいている。ほとんどの場合、使用される符号レートは2/3であるが、モバイルユニットがその能力よりも大きな送信電力が必要であると決定した場合には符号レートは1/2に変更され、厳しい条件の場合には符号レートは1/3に変更される。

本発明の他の特徴は、モバイルユニットの符号レート選択を送信データ量に基づいて行うことができること、および、ベースステーションが、全ての符号レートを復号化してみても、最良の結果を選択することによって、モバイルユニットが使用する符号レートを決定できることである。

本発明の鍵となる利点は、(1) モバイルワイアレスデータ通信システムにおいて最も不利なモバイルユニットでも、非常に低い符号レートを使用することによって許容可能な逆方向リンク誤り性能を達成できるようになり、その際に(2) セルラー無線通信システムにおける送信の大部分を占める、不利でないモバイルユニットの全送信に、低い符号レートに起因する能力低下をもたらさないことである。

添付の図面および以下の記載に、本発明の好適な実施形態の詳細を示す。本発明の詳細を知れば、数多くのさらなる改良および改変が当業者には自明になるであろう。

【図面の簡単な説明】

図1は、典型的な従来技術のセルラー無線通信システムを示すブロック図である。

図2aおよび図2bは、本発明による、あるモバイルユニットについて符号レートを選択する好適な方法を示すフローチャートである。

図3aは、本発明において使用可能な順方向誤り訂正符号エンコーダの第1の実施形態を示すブロック図である。

図3bは、本発明において使用可能な順方向誤り訂正符号エンコーダの第2の実施形態を示すブロック図である。

図3cは、本発明において使用可能な順方向誤り訂正符号エンコーダの第3の実施形態を示すブロック図である。

異なる図面において同一の参照番号および表記は同一の要素を示す。

発明の詳細な説明

以下の記載全体を通して、示される好適な実施形態および実施例は、本発明を制限するものではなく例示とみなされる。

動作原理

本発明は、セルラーデジタルデータ無線通信システムにおけるモバイルユニットが複数の符号レートで送信を行い得る順方向誤り訂正技術を用いる。FEC符号化はモバイルユニットにおける送信電力能力の不十分さを解消するので、符号レートの選択が、モバイルユニット電力制御アルゴリズム内に組み込まれていることが好ましい。好適な実施形態において、電力制御アルゴリズムは、セルラーデジタルパケットデータ(CDPD)規格で使用されている方法に基づいている。この方法は、順方向リンクおよび逆方向リンクのパス損失に、平均的にほとんど差がないことを利用したものである。順方向リンクパス損失は、ベースステーション送信電力 P_{BT} (単位: ワット) をモバイルユニットが受信する電力 P_{MR} (単位: ワット) で割ることによって求められる。逆方向リンクパス損失は、モバイルユニットの送信電力 P_{MT} (単位: ワット) をベースステーションが受信する電力レベル P_{BR} (単位: ワット) で割ったものに等しい。これら2つのパス損失を互いに等しくなる

10

20

30

40

50

ように設定し、その結果を操作することにより、

$$P_{MT} = P_{BT} \times P_{BR} / P_{MR}$$

が得られる。

従って、もし、モバイルユニットが、ベースステーションのトランスミッタ電力を決定するとともに、モバイルユニット自身が受信している電力レベルを推定することができ、且つ、モバイルユニットが、許容可能な性能を得るためにベースステーションが受信しなければならない電力レベルを決定することができるならば、そのモバイルユニットは、必要なモバイル送信電力を決定することができる。CDPD規格では、各ベースステーションは、電力積 (P P) と呼ばれる量を同報通信する。これは、 $P_{BT} \times P_{BR}$ に等しい。モバイルユニットが、その適切な送信電力を決定するには、単に、そのモバイルユニットにおける受信電力を測定して簡単な計算を行うだけでよい。従って、本発明のシステムは、送信された誤り訂正符号化されたデータがベースステーションによって十分に受信されるかどうかを決定し、そうでない場合には、そのモバイルユニットが使用する符号レートとしてより低い符号レートを選択する。

距離またはシャドーイング等のチャネル条件がチャネルパス損失が大きくなるような条件である場合、上記電力制御計算は、モバイルユニットの最大送信電力能力よりも大きい値を返す。その場合、ベースステーションにおける受信電力は所望の電力未満となり、得られる誤り性能が許容不可能なものになり得る。従って、本発明のシステムにおいては、あるモバイルユニットが、所望の送信電力レベルがその能力を越えると決定した場合、そのモバイルユニットはより低い符号レートを選択することができる。ベースステーションの受信機感度は符号レートが低くなる程向上するので、トランスミッタ電力を上げるのと同様の結果が得られる。

好適な実施形態において、本発明は3つの異なる符号レートを使用する。各符号レートは、当該産業分野の標準である拘束長7畳込み符号 (constraint length 7 convolutional code) に基づいている。ほとんどの場合、使用される符号レートは2 / 3であるが、モバイルユニットがその提供能力よりも大きな送信電力が必要であると決定した場合には符号レートは1 / 2に変更され、厳しい条件の場合には符号レートは1 / 3に変更される。これらの各符号は、ベースステーションにおいて、シングルチップデコーダ (例えば、QUALCOMM Q1650集積回路) を用いて容易に復号化できる。実際に選択された符号レートの数、使用される厳密なFEC符号および選択されるレートは、本発明を限定するものではない。例えば、FEC符号は、Reed-Solomon符号、BCH符号、Hamming符号、および他のFEC符号の中か

ら選択されてもよく、あるいはこれらの組合せでもあってもよい。

一般に、性能に関して鍵となるのはシステム全体の能力であるので、ほとんどの場合、可能な限り高い符号レートを維持することが望ましい。好適な実施形態において、データは複数のブロック (好ましくは、各約400ビット) 内へ構築される。従って、送信データがブロックを埋め尽くすには不十分なために、ブロック内にビットが余る場合がある。このため、より低い符号レートを使用しながら、なおかつ、より高い符号レートを使用した場合に必要になるブロック数と同じ数のブロックに、全データを入れることが可能な場合がある。従って、より高い符号レートを選択した場合に必要な電力レベルと同じ電力レベルを使用して、より低い符号レートを選択することが可能である。これにより、必要とされる性能以上の性能が得られる。あるいは、送信電力を低くしながら、より高い符号レートの場合に得られるのと同じ性能を得ることが可能であり、結果的に、そのモバイルユニットのバッテリーの消耗を抑えるとともに、その送信によってセルラーシステム内の他のセルに生じるRF干渉の量を低減する。

畳込み符号が最良に働くのは、誤り同士が相関していない場合であるので、フェーディングによって生じる複数の誤りを脱相関 (decorrelate) する手段が有用である (他の種類の符号では必要でない場合もある) 。好適な実施形態においては、インターリーブを用いて、公知の方法で、送信するデータを脱相関する。好適な実施形態において使用されるインターリーブは、 20×20 行列インターリーブである (他の大きさ (dimension) およ

10

20

30

40

50

び他のインターリーブ方法を用いてもよい)。

好適な実施形態において、逆方向リンクメッセージは、C D P D規格と同様の方法で送信される(各メッセージは、ドットィングシーケンス(dotting sequence)で始まり、同期ワードおよび他のヘッダビット、そして、制御ビットが散在する1~多数の一連のブロックがその後に続く。好ましくは、電力レベルおよび符号レートはメッセージ送信の初めに選択されて、送信中には変更されない。一般的な符号「テーリング」(code"tailing")またはビットフラッシング(bit flushing)技術を用いてブロック構造を有するデータに畳込み符号を適用することによって、各ブロックが独立して符号化される。

好適な実施形態においては、2つある方法のいずれかによって、ベースステーションが受信する(incoming)メッセージの符号レートを決定することができる。第1の方法の場合、未符号化ビットが各メッセージブロックのヘッダ内に設けられ、これが符号レートを示す。しかし、これらのビットはフェーディングに起因する誤りに弱く、ベースステーションがこれらのビットから適切な符号レートを抽出することができない場合がある。このために第2の方法が提供される。第2の方法は、各ブロックが巡回冗長検査(CRC)符号を含んでいることを利用したものである。CRC符号は、ベースステーションが、復号化したデータ内に少しでも誤りが残っていないかどうかを決定することを可能にするものである。これにより、ベースステーションは、可能な符号レートを1つずつ全て使ってデータを復号化してみて、CRCが誤り無しと判断する結果を生じた符号レートをどれでも選択することができる。誤りが無さそうであるブロックを生じる符号レートが存在しない場合、そのメッセージは破棄される。

符号レートを決定するために必ずCRCを設ける必要はなく、どの符号レートが最良の出力を提供するのかを決定する他の方法を用いることも可能である。そのようなスキームの一例としては、(1)各符号レートにおいて復号化されたメトリック増加レート(metric growth rate)を観察する方法、あるいは(2)ベースステーションデコーダから出力されるデータを選択されたレートを用いて再符号化し、復号化したデータを変調したデータと比較して、一致度(agreement)が最も大きいレートを選択する方法が挙げられる。別の可能な方法は、C D P D規格「カラーコード(color code)」フィールドを利用する方法である。このC D P D規格では、あるブロックの初めの8ビットは固定、即ち既知である。従って、受信したブロックをある符号レートで復号化したもの(one code rate decoding of a received block)がこの既知のパターンに適合するビットを生成した場合、その符号レートが選択され得る。

好適な実施形態の詳細

図1は、典型的な従来技術のセルラー無線通信システムを示すブロック図である。ベースステーション1は、アンテナを介して無線送信でモバイルユニット2に結合している。モバイルユニット2は、図示したような公知の様式で結合された、ユーザインターフェース10と、プロトコルスタック11と、媒体アクセス制御(media access control)(MAC)プロセッサ12と、変調および送信回路13と、送受切換スイッチ14と、アンテナ15と、受信および復調回路16と、電力推定回路17とを備えている。

本発明のシステムは、ハードウェアまたはソフトウェア、あるいは両方を組み合わせたものとして実現され得る。具体的には、モバイルユニット送信電力の計算、モバイルユニットによる符号レートの選択、およびモバイルユニットから受信したメッセージの符号レートのベースステーションによる決定は、セルラー無線通信システムのベースステーションおよびモバイルユニット内のプログラマブルコンピュータプロセッサ上で実行されるコンピュータプログラムとして実現され得る。好ましくは、各コンピュータプログラムが、汎用または専用コンピュータプロセッサによって読出し可能な記憶媒体または記憶デバイス(例えば、ROMまたは磁気ディスク)上に記録され、これにより、その記憶媒体または記憶デバイスがコンピュータプロセッサによって読み出されたときに、本明細書中に記載のプロシージャを実行するようにコンピュータプロセッサをコンフィギュレーションおよび駆動する。本発明のシステムは、コンピュータプログラムを伴いコンフィギュレーションされるコンピュータ可読記憶媒体として実現されるものとして考えてもよい。この

10

20

30

40

50

コンフィギュレーションされた記憶媒体は、コンピュータプロセッサを特定の予め決められた方法で動作させて本明細書中に記載のプロトコルを実行させる。

図2 aおよび図2 bは、本発明による、あるモバイルユニットについて符号レートを選択する好適な方法を示すフローチャートである。初めに、モバイルユニット処理システムが、送信するデータを公知の方法によってフェッチする(ステップ21)。好適な実施形態において、データは、複数の400ビットブロックにフォーマットされる。特定のメッセージに関して、全ブロック容量が必要でない場合でも全ブロックを送信する。

電力積PPは、セルラーシステム内の各ベースステーション1によって周期的に送信され、範囲内にある全てのモバイルユニット2によって受信される。この電力積PPは、全てのモバイルユニット2が通常2/3の符号レートをを用いて送信を行うという前提に基づいて10
いる。ベースステーション1から受信される電力積PPは、モバイルユニット2内の適切なレジスタまたはロケーションからフェッチされる(ステップ22)。ベースステーション1から受信する信号の電力 P_{MR} の推定値を、電力推定回路17により公知の方法で求める(ステップ23)(CDPD規格において、 P_{MR} は標準受信信号強度インジケータ(standard Received Signal Strength Indicator)(RSSI)信号である)。その後、モバイルユニット2は、電力積PPを推定受信電力 P_{MR} で割った商として名目上の(nominal)送信電力 P_{MT} を計算することができる(ステップ24)。好適な実施形態において、この計算は各送信毎に行われる。しかし、この計算を各メッセージブロック毎に行ってもよい。

名目上の送信電力 P_{MT} を、モバイルユニット2の最大送信電力 P_{MAX} と比較する(ステップ25)。必要な名目上の送信電力 P_{MT} が最大送信電力 P_{MAX} 未満である場合、モバイルユニット2は、各符号レート2/3、1/2および1/3を用いてメッセージを符号化するのに必要なブロックの数を計算する(ステップ32)。これは、ユーザのデータがメッセージブロック全体を埋め尽くさない場合があり、その場合、メッセージブロックに幾分の「遊び」が存在することを利用するために行われる。従って、適用され得るルールの一つは、2つの符号レートについてのブロック数が同じである場合には、(常に、全ブロックが送信されるので)より低い符号レートを選択して、送信するビット数の合計を増大させることなく同じ送信電力でより高い信頼性を提供することである。あるいは、「遊び」が存在することによって、低い符号レートでより低い送信電力を使用してモバイルユニットのバッテリーの寿命を節約し、且つ、より高い符号レートでより高い送信電力を用いた場合と同じ誤り率を維持することが可能になる。一般に、送信電力、符号レートおよび誤り率は、必要に応じて互いにトレードオフされ得る。好適な実施形態においては、電力の節約および低い符号レートを最適化し、許容可能な誤り率を得ている。従って、符号レート2/3および符号レート1/3の場合のブロック数を比較する(ステップ33)。これらが互いに等しい場合、メッセージを符号レート1/3を用いて符号化し、計算した名目上の送信電力 P_{MT} から符号レート1/3のバイアスファクタ(後述)を引いたものに近似する送信電力を選択する(ステップ27)。その後、符号化されたメッセージを、好ましくはインターリーブしてから、送信する(ステップ28)。

ステップ33における比較結果が等しくなかった場合、符号レート2/3および符号レート1/2の場合のブロック数を比較する(ステップ34)。これらが互いに等しい場合、メッセージを符号レート1/2を用いて符号化し、計算した名目上の送信電力 P_{MT} から符号レート1/2のバイアスファクタを引いたものに近似する送信電力を選択する(ステップ31)。その後、符号化されたメッセージを、好ましくはインターリーブしてから、送信する(ステップ28)。

ステップ34における比較結果が等しくなかった場合、メッセージを符号レート2/3を用いて符号化し、計算した名目上の送信電力 P_{MT} に近似する送信電力を選択する(ステップ35)。

名目上の送信電力 P_{MT} が最大送信電力 P_{MAX} 未満でなかった場合(ステップ25)、名目上の送信電力 P_{MT} をモバイルユニット2の最大送信電力 P_{MAX} にレート1/2のバイアスファクタを足したものと比較する(ステップ26)。必要な名目上の送信電力 P_{MT} が上記

10

20

30

40

50

和未満であった場合、モバイルユニット 2 は、各符号レート 1 / 2 および 1 / 3 を用いてメッセージを符号化するのに必要なブロック数を計算する (ステップ 29)。符号レート 1 / 2 および符号レート 1 / 3 の場合のブロック数を比較する (ステップ 30)。これらが互いに等しい場合、符号レート 1 / 3 を用いてメッセージを符号化し、計算した名目上の送信電力 P_{MT} から符号レート 1 / 3 のバイアスファクタを引いたものに近似する送信電力を選択する (ステップ 27)。その後、符号化されたメッセージを、好ましくはインターリーブしてから、送信する (ステップ 28)。

符号レート 1 / 2 および符号レート 1 / 3 の場合のブロック数が等しくなかった場合 (ステップ 30)、符号レート 1 / 2 を用いてメッセージを符号化し、計算した名目上の送信電力 P_{MT} から符号レート 1 / 2 のバイアスファクタを引いたものに近似する送信電力を選択する (ステップ 31)。その後、符号化されたメッセージを、好ましくはインターリーブしてから、送信する (ステップ 28)。

必要な名目上の送信電力 P_{MT} が最大送信電力 P_{MAX} にレート 1 / 2 のバイアスファクタを足したものの未満でなかった場合 (ステップ 26)、符号レート 1 / 3 を用いてメッセージを符号化し、計算した名目上の送信電力 P_{MT} から符号レート 1 / 3 のバイアスファクタを引いたものに近似する送信電力を選択する (ステップ 27)。その後、符号化されたメッセージを送信する (ステップ 28)。

各バイアスファクタは、特定の符号化における信号対雑音比の予想される増加を表している (これは、ベースステーションにおける受信電力 P_{BR} がより低いものであってもより高い符号レートの場合と同じ誤り率性能を達成することが可能であることを意味している)。最適な実施形態において、レート 1 / 2 のバイアスは約 1.5 dB であり、レート 1 / 3 のバイアスは約 3 dB である。このように、上記のようなバイアスファクタを用いることにより、本発明のシステムの全体的な性能が向上する。しかし、このようなバイアスファクタは、本発明の基本概念を実施するために必要なものではない。

図 3 a は、本発明において使用可能な順方向誤り訂正符号エンコーダの第 1 の実施形態を示すブロック図である。レート $N / 3$ bps (bits per second) の入力データを 7 ビットレジスタ 40 に入力する。レジスタ 40 の中身は、図示したように、3 つの排他的 OR 回路 C_0 、 C_1 および C_2 に結合されている。図 3 a の場合、FEC 組合せ多項式 (FEC combinatorial polynomials) は以下ようになる。

$$C_0 = X^1 + X^2 + X^3 + X^4 + X^7$$

$$C_1 = X^1 + X^3 + X^4 + X^6 + X^7$$

$$C_2 = X^1 + X^2 + X^3 + X^5 + X^7$$

排他的 OR 回路 C_0 、 C_1 および C_2 の出力は、公知の方法で、パラレル / シリアルコンバータ 42 に結合されている。パラレル / シリアル回路の出力は、レート N のデータストリームである。

図 3 b は、本発明において使用可能な順方向誤り訂正符号エンコーダの第 2 の実施形態を示すブロック図である。レート $N / 2$ bps の入力データを 7 ビットレジスタ 40 に入力する。レジスタ 40 の中身は、図示したように、2 つの排他的 OR 回路 C_0 および C_1 に結合されている。図 3 b の場合、FEC 組合せ多項式は以下ようになる。

$$C_0 = X^1 + X^2 + X^3 + X^4 + X^7$$

$$C_1 = X^1 + X^3 + X^4 + X^6 + X^7$$

排他的 OR 回路 C_0 および C_1 の出力は、公知の方法で、パラレル / シリアルコンバータ 42 に結合されている。パラレル / シリアル回路の出力は、レート N のデータストリームである。

図 3 c は、本発明において使用可能な順方向誤り訂正符号エンコーダの第 3 の実施形態を示すブロック図である。レート $2N / 3$ bps の入力データを 7 ビットレジスタ 40 に入力する。レジスタ 40 の中身は、図示したように、2 つの排他的 OR 回路 C_0 および C_1 に結合されている。図 3 c の場合の FEC 組合せ多項式は、図 3 b の場合と同じである。排他的 OR 回路 C_0 および C_1 の出力は、公知の方法で、パラレル / シリアルコンバータ 42 に結合されている。パラレル / シリアルコンバータ 42 の出力は、 $4N / 3$ bps で

10

20

30

40

50

ある。但し、パラレル/シリアルコンバータ42の出力は、単純なカウンタ回路44に結合されている。カウンタ回路44は、ゲーティングにより、4ビット毎に3ビットだけを通過させ(つまり、各4番目のビットを破棄する)、これにより、レートNの出力データを得る。好適な実施形態において、このカウンタパターンは、C0のビットを1つおきに破棄し(2進数10のゲーティングまたは「パンクチャー(puncture)」パターン)、C1のビットを全て維持する(2進数11のゲーティングまたは「パンクチャー」パターン)。

本発明は、セルラーデジタルデータ無線通信システムの順方向リンク上でも使用可能である。つまり、ベースステーションからモバイルユニットへの順方向(発信)信号の符号レートを変化させることによりシステムの性能を高めることができる。リンクが1対1(即ち、各ベースチャンネルにつきモバイルユニットが1つ)である場合、この利点はより明白であるが、本発明は、1対多数のリンクシステムにおいても利点を提供し得る。ベースステーションにおいて受信される信号レベルが使用されている符号レートに対する所望のレベル未満である場合、ベースステーションは、大凡のモバイルユニットが認識する(see)受信電力レベルを決定し得る。この決定を行うために、ベースステーションは、モバイルが最大電力で送信を行っており、ベースステーション側でその最大電力が分かっていると仮定し得る。この場合、このプロシージャは明解である。モバイルが送信する電力が P_{MT} であり、(受信対送信のアンテナゲイン(antenna gains)を考慮して)ベースステーションにおいて受信される電力が P_{BR} である場合、パス損失は P_{MT} / P_{BR} として計算される。この場合、順方向チャンネル上においてモバイルユニットが受信している電力レベル P_{MR} は、 $P_{BT} \times P_{BR} / P_{MT}$ である。システムは、利用可能な符号レートのそれぞれについて、 P_{MR} の所望の最少値が存在するように設定されるべきである。選択された順方向チャンネル符号レートに対するモバイルユニットにおける電力が低過ぎることをベースステーションが決定した場合、ベースステーションは、より低い符号レートを選択して、モバイルユニットの受信機におけるブロック誤り率を低くすることができる。

あるいは、リンクがバランスされている(balanced)(即ち、モバイルユニットおよびベースステーションの両方について受信機性能が大凡同じである)場合、モバイルユニットがその符号レートを変更したことをベースステーションが認識したときにベースステーションは符号レートを変更することができる。この場合、モバイルユニットは、その受信信号のレートがいつ変更されるのかを大凡知ることができ、これにより、モバイルユニットの複雑さが低減される。

あるいは、モバイルユニットは、モバイルユニットの受信レベルが現在の符号化レートに対して低過ぎることを送信メッセージによってベースステーションに知らせて、新たな符号レートを要求することができる。符号レートが変更されたことをモバイルユニットが認識しなかった場合、モバイルユニットは、そのメッセージをベースステーションが受信しなかったこと、および、符号レートが変更されるまでモバイルユニットがメッセージを再送信するしなければならないことを仮定することができる。符号レートの変更をいつ要求するかについての決定は、短期ブロック誤り率、受信電力レベル、短期ビット誤り率、または他の特性に基づいて行われ得る。

あるいは、やはりリンクがある程度バランスされているという仮定の下で、ベースステーションは、逆方向チャンネルブロック誤り率を用い得る。逆方向チャンネルブロック誤り率は、逆方向で使用されている符号レートが不十分であり、順方向チャンネルについての符号レート選択を、逆方向リンク上で使用される最新の既知符号レート未満になるように下げなければならないことを示すものである。

総括

総括して、本発明の鍵となる利点は、(1)モバイルワイアレスデータ通信システムにおいて最も不利なモバイルユニットでも、非常に低い符号レートを使用することによって許容可能な逆方向リンク誤り性能を達成できるようになり、その際に(2)セルラー無線通信システムにおける送信の大部分を占める、不利でないモバイルユニットの全送信に、低い符号レートに起因する能力低下をもたらさないことである。本発明特有の特徴として、

10

20

30

40

50

- (1) モバイルワイアレスデータ通信システムの逆方向リンクにおいて用いられる可変レート符号化、
 - (2) ベースステーションにおける最少の許容可能な性能レベルを提供する、モバイル電力制御と一体化されたモバイルユニット符号レート選択、
 - (3) 送信データ量に基づいたモバイルユニット符号レート選択、
 - (4) 全ての符号レートを復号化してみて最良の結果を選択することによる、
- ベースステーションの符号レート決定が挙げられる。

本発明の複数の実施形態を説明した。しかし、本発明の趣旨および範囲から逸脱することなく、様々な変更が可能であることが理解される。例えば、符号レートを選択するための方法またはアルゴリズムは、(1) 受信(順方向)チャンネルブロック誤り率に基づくもの、(2) 送信(逆方向)チャンネルブロック誤り率に基づくもの、(3) あるリンクにおける送信のレートに基づくものであってもよく、(4) モバイルユニットについての既知の特性およびベースステーションとこのモバイルユニットとの間のチャンネルの測定結果からベースステーションによって計算されて、その後、このモバイルユニットに送信されるものであってもよい。別の例として、2種類だけ、あるいは3種類よりも多い種類の符号レートをを用いてもよい。さらに、当該分野において認識されるように、図2 aおよび図2 bに示されるステップの順序は、多くの場合プロシージャの結果に影響することなく、変更可能である。さらに、本発明を、通信システムの逆方向リンク上と同様に、順方向リンク上で使用してもよい。従って、本発明が、上記の具体的な実施形態によって限定されることはなく、添付の請求項の範囲によってのみ限定されることが理解される。

10

20

【図1】

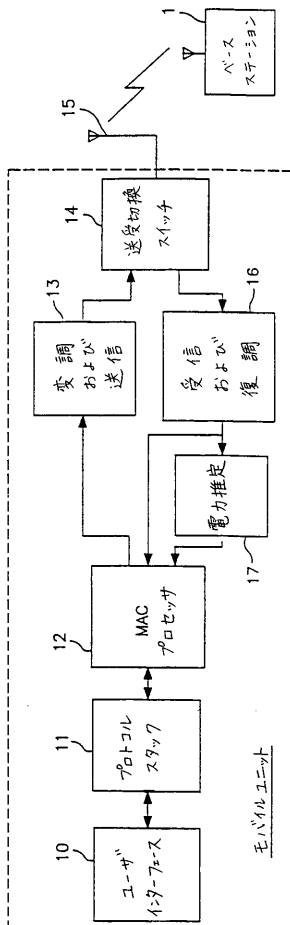


FIG. 1
(従来技術)

【図2 A】

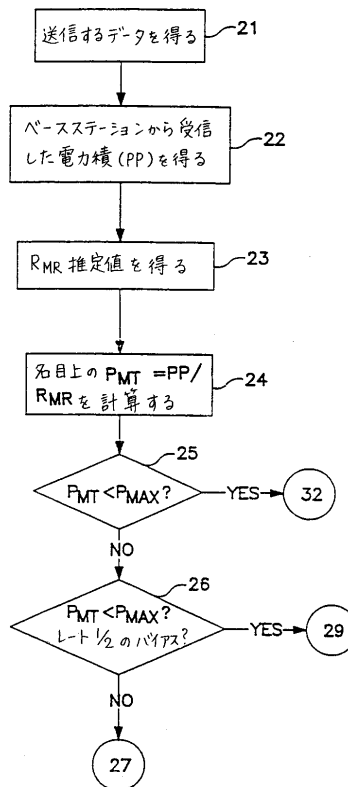


FIG. 2A

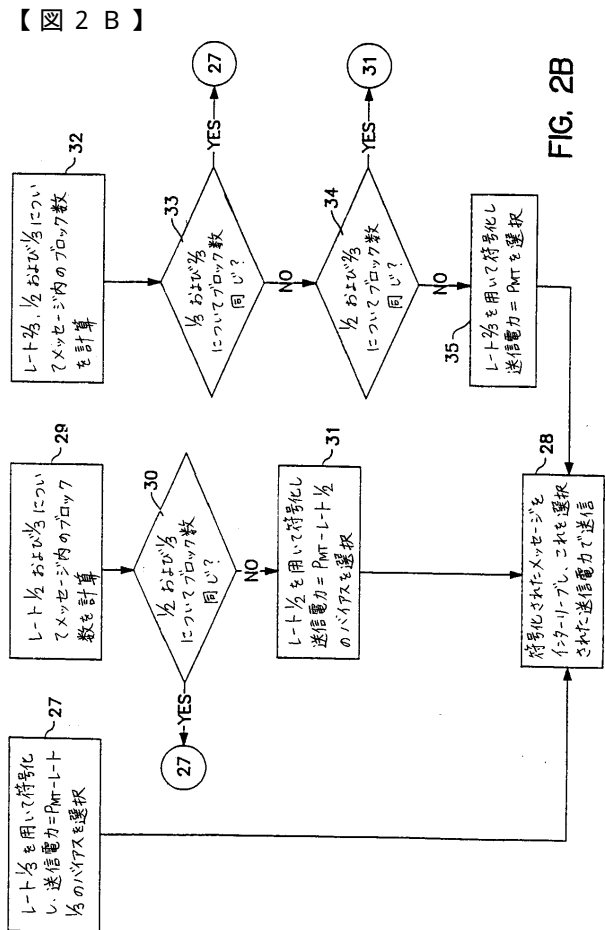


FIG. 2B

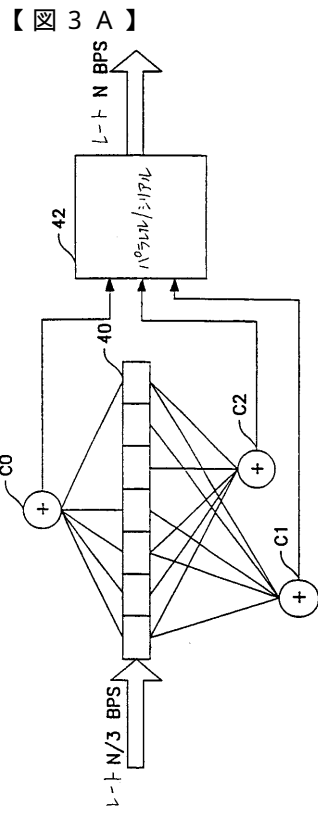


FIG. 3A

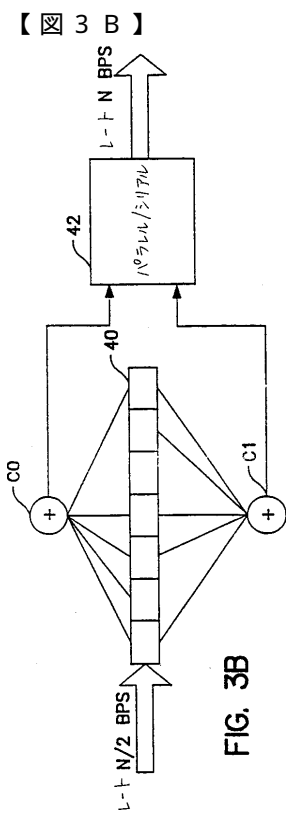


FIG. 3B

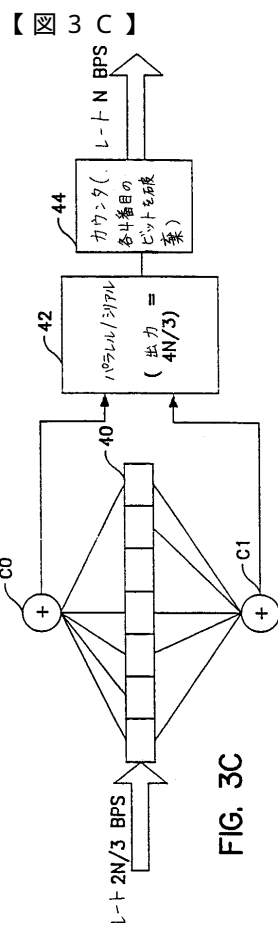


FIG. 3C

フロントページの続き

- (72)発明者 ガードナー, スティーブン エイチ.
アメリカ合衆国 カリフォルニア 92107, サン ディエゴ, アルハンブラ ストリート 4
423
- (72)発明者 ペトラノビッチ, ジェイムズ イー.
アメリカ合衆国 カリフォルニア 92024, エンシニタス, エンシニタス ブールバード ナ
ンバーエフ219 1190
- (72)発明者 ハーディン, シー. トーマス
アメリカ合衆国 カリフォルニア 92024, エンシニタス, ハーメス ストリート 1045

審査官 江口 能弘

- (56)参考文献 安部田貞行 他3名, CS95-18 ソフトパワーコントロールを用いた処理利得・符号化率可変DS/
CDMA方式の特性, 電子情報通信学会技術研究報告, 日本, 電子情報通信学会, 1995年 5月
22日, vol.95, No60, 61-66

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

H04B 14/04

H04B 7/26