

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5386587号
(P5386587)

(45) 発行日 平成26年1月15日(2014.1.15)

(24) 登録日 平成25年10月11日(2013.10.11)

(51) Int.Cl. F I
HO4J 11/00 (2006.01) HO4J 11/00 Z

請求項の数 18 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2011-526833 (P2011-526833)	(73) 特許権者	598036300
(86) (22) 出願日	平成21年9月16日 (2009.9.16)		テレフオンアクチーボラゲット エル エム エリクソン (パブル)
(65) 公表番号	特表2012-503358 (P2012-503358A)		スウェーデン国 ストックホルム エスー
(43) 公表日	平成24年2月2日 (2012.2.2)		164 83
(86) 国際出願番号	PCT/SE2009/000410	(74) 代理人	100076428
(87) 国際公開番号	W02010/036173		弁理士 大塚 康德
(87) 国際公開日	平成22年4月1日 (2010.4.1)	(74) 代理人	100112508
審査請求日	平成24年9月4日 (2012.9.4)		弁理士 高柳 司郎
(31) 優先権主張番号	12/211, 470	(74) 代理人	100115071
(32) 優先日	平成20年9月16日 (2008.9.16)		弁理士 大塚 康弘
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 干渉信号特性に関する事前知識を用いた干渉処理

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

無線受信機において、受信直交周波数分割多重 (OFDM) 信号の複数のリソース要素についてセル間干渉レベルを推定する方法であって、

前記受信 OFDM 信号内の複数のリファレンス・シンボルのそれぞれについてリファレンス・シンボル干渉レベルを測定する工程と、

干渉信号の構造の事前情報に基づいて、対応するリソース要素が干渉 OFDM 信号からの干渉にさらされる確率をそれぞれが反映している複数の干渉倍率を前記受信 OFDM 信号の複数のリソース要素のそれぞれに対応付ける工程と、

前記測定されたリファレンス・シンボル干渉レベルと前記複数の干渉倍率との関数として前記複数のリソース要素のそれぞれについて干渉レベルを推定する工程とを有することを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記複数のリソース要素のそれぞれについて干渉レベルを推定する工程は、

近接して位置するリソース要素の範囲についてのリファレンス干渉レベルを、前記範囲内の 2 つ以上のリファレンス・シンボルについて測定されたリファレンス・シンボル干渉レベルに基づいて計算する工程と、

前記範囲内の少なくとも 1 つのリソース要素についての干渉レベルを、該リソース要素に対応する干渉倍率で前記リファレンス干渉レベルを乗算することによって推定する工程と

10

20

を有することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記複数の干渉倍率を前記複数のリソース要素に対応付ける工程は、
前記干渉 OFDM 信号内のリファレンス・シンボルについて取りうる位置に対応する
前記受信 OFDM 信号内の位置にあるリソース要素に第 1 倍率値を割り当てる工程と、
残りのリソース要素に 1 つ以上の異なる倍率値を割り当てる工程と
を有することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記複数の干渉倍率を前記複数のリソース要素に対応付ける工程は、前記干渉 OFDM
信号内の制御チャンネル・シンボルについて取りうる位置に対応する前記受信 OFDM 信号
内の位置にあるリソース要素に第 2 倍率値を割り当てる工程を有することを特徴とする請
求項 3 に記載の方法。

10

【請求項 5】

前記複数の干渉倍率を前記複数のリソース要素に対応付ける工程は、前記干渉 OFDM
信号に対応する利用率の関数として前記複数の干渉倍率のうちの 1 つ以上を計算する工程
を有することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記複数の干渉倍率を前記複数のリソース要素に対応付ける工程は、
前記受信 OFDM 信号と前記干渉 OFDM 信号との間の時間オフセットと、
前記干渉 OFDM 信号に対応するセル識別子と、
前記干渉 OFDM 信号について推定された信号強度と
のうちの 1 つ以上に基づくことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 7】

前記複数の干渉倍率を前記複数のリソース要素に対応付ける工程は、
前記干渉 OFDM 信号に対応するセル識別子と、前記受信 OFDM 信号と前記干渉
OFDM 信号との間の時間オフセットとのうちの一方又は両方に基づいて、前記干渉 OFDM
信号のリファレンス・シンボルからの干渉にさらされる可能性が高い位置を決定する工
程と、

前記可能性が高い位置に対応する前記受信 OFDM 信号内の位置にあるリソース要素
に第 1 倍率値を割り当てる工程と、

30

残りのリソース要素に 1 つ以上の異なる倍率値を割り当てる工程と
を有することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記複数の干渉倍率を前記複数のリソース要素に対応付ける工程は、少なくとも第 1 リ
ソース要素について、

前記第 1 リソース要素について以前に復号されたデータを前記受信 OFDM 信号の対
応するサンプルと比較することによって、前記第 1 リソース要素について瞬時干渉レベル
推定値を取得する工程と、

前記瞬時干渉レベル推定値に基づいて前記第 1 リソース要素について第 1 倍率を計算
する工程と

40

を有することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記瞬時干渉レベル推定値に基づいて前記第 1 リソース要素について第 1 倍率を計算す
る工程は、先行する OFDM サブフレームから取得された前記第 1 リソース要素について
の少なくとも 1 つの干渉レベル推定値で前記瞬時干渉レベル推定値を平均化する工程を有
することを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記瞬時干渉レベル推定値に基づいて前記第 1 リソース要素について第 1 倍率を計算す
る工程は、干渉に対して同様の影響を受けると考えられるその他のリソース要素に対応す
る 1 つ以上の付加的な干渉レベル推定値で前記瞬時干渉レベル推定値を平均化する工程を

50

有することを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 1 1】

前記瞬時干渉レベル推定値に基づいて前記第 1 リソース要素について第 1 倍率を計算する工程は、

前記第 1 リソース要素を含む近接して位置するリソース要素の範囲についてのリファレンス干渉レベルを、前記範囲内の 2 つ以上のリファレンス・シンボルについて測定されたリファレンス・シンボル干渉レベルに基づいて計算する工程と、

前記瞬時干渉レベル推定値を前記リファレンス干渉レベルで除算することによって第 1 相対干渉比を決定する工程と、

干渉に対して同様の影響を受けると考えられるその他のリソース要素に対応する 1 つ以上の付加的な相対干渉比で前記第 1 相対干渉比を平均化することによって前記第 1 倍率を計算する工程と

を有することを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 1 2】

直交周波数分割多重 (OFDM) 信号を受信する無線受信機であって、

前記受信 OFDM 信号内の複数のリファレンス・シンボルのそれぞれについてリファレンス・シンボル干渉レベルを測定し、

干渉信号の構造の事前情報に基づいて、対応するリソース要素が干渉 OFDM 信号からの干渉にさらされる確率をそれぞれが反映している複数の干渉倍率を前記受信 OFDM 信号の複数のリソース要素のそれぞれに対応付け、

前記測定されたリファレンス・シンボル干渉レベルと前記複数の干渉倍率との関数として前記複数のリソース要素のそれぞれについて干渉レベルを推定するように構成された 1 つ以上の処理回路を備えることを特徴とする無線受信機。

【請求項 1 3】

前記 1 つ以上の処理回路は、

前記干渉 OFDM 信号内のリファレンス・シンボルについて取りうる位置に対応する前記受信 OFDM 信号内の位置にあるリソース要素に第 1 倍率値を割り当て、

残りのリソース要素に 1 つ以上の異なる倍率値を割り当てることによって、前記複数の干渉倍率を前記複数のリソース要素に対応付けるように構成されることを特徴とする請求項 1 2 に記載の無線受信機。

【請求項 1 4】

前記 1 つ以上の処理回路は、前記干渉 OFDM 信号に対応する利用率の関数として前記複数の干渉倍率のうちの 1 つ以上を計算することによって、前記複数の干渉倍率を前記複数のリソース要素に対応付けるように構成されることを特徴とする請求項 1 2 に記載の無線受信機。

【請求項 1 5】

前記 1 つ以上の処理回路は、

前記受信 OFDM 信号と前記干渉 OFDM 信号との間の時間オフセットと、

前記干渉 OFDM 信号に対応するセル識別子と、

前記干渉 OFDM 信号について推定された信号強度と

のうちの 1 つ以上に基づいて前記複数の干渉倍率を前記複数のリソース要素に対応付けるように構成されることを特徴とする請求項 1 2 に記載の無線受信機。

【請求項 1 6】

前記 1 つ以上の処理回路は、

前記干渉 OFDM 信号に対応するセル識別子と、前記受信 OFDM 信号と前記干渉 OFDM 信号との間の時間オフセットとのうちの一方又は両方に基づいて、前記干渉 OFDM 信号のリファレンス・シンボルからの干渉にさらされる可能性が高い位置を決定し、

前記可能性が高い位置に対応する前記受信 OFDM 信号内の位置にあるリソース要素に第 1 倍率値を割り当て、

残りのリソース要素に 1 つ以上の異なる倍率値を割り当てる

10

20

30

40

50

ことによって、前記複数の干渉倍率を前記複数のリソース要素に対応付けるように構成されることを特徴とする請求項 1 2 に記載の無線受信機。

【請求項 1 7】

前記 1 つ以上の処理回路は、少なくとも第 1 リソース要素について、

前記第 1 リソース要素について以前に復号されたデータを前記受信 OFDM 信号の対応するサンプルと比較することによって、前記第 1 リソース要素について瞬時干渉レベル推定値を取得し、

前記瞬時干渉レベル推定値に基づいて前記第 1 リソース要素について第 1 倍率を計算する

ことによって、前記複数の干渉倍率を前記複数のリソース要素に対応付けるように構成されることを特徴とする請求項 1 2 に記載の無線受信機。

10

【請求項 1 8】

直交周波数分割多重 (OFDM) 信号を受信する移動体端末であって、

前記受信 OFDM 信号内の複数のリファレンス・シンボルのそれぞれについてリファレンス・シンボル干渉レベルを測定し、

干渉信号の構造の事前情報に基づいて、対応するリソース要素が干渉 OFDM 信号からの干渉にさらされる確率をそれぞれが反映している複数の干渉倍率を前記受信 OFDM 信号の複数のリソース要素のそれぞれに対応付け、

前記測定されたリファレンス・シンボル干渉レベルと前記複数の干渉倍率との関数として前記複数のリソース要素のそれぞれについて干渉レベルを推定する

20

ように構成された 1 つ以上の処理回路を備えることを特徴とする移動体端末。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に無線通信システムに関し、特に受信された直交周波数分割多重 (OFDM) 信号のリソース要素についてのセル間干渉レベルを推定する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

ロングタームエボリューションまたは LTE として知られる進歩した無線アクセス技術を用いる無線通信システムは、現在のところ第 3 世代パートナーシップ・プロジェクト (3GPP) のメンバーにより開発中である。下りリンク送信 (基地局から移動体端末へ) について、3GPP は直交周波数分割多重 (OFDM) 技術の使用の仕様を定めてきた。LTE のような OFDM システムでは、同時に送信される複数のシンボルが概して互いに直交するように信号が構造化される。当業者によく知られているように、これは主に 2 つの方法で達成される。第 1 に、OFDM 信号の複数のサブキャリアが送信機によって構築され、これらは OFDM シンボル間隔上で相互に直交する。第 2 に、送信チャネルの予想される遅延スプレッドを上回る期間を有するいわゆるサイクリック・プレフィックスが各 OFDM シンボルの先頭に挿入される。変調の際に、サイクリック・プレフィックスが破棄され、それによって時間のばらつきにより引き起こされるシンボル間干渉を回避し、または少なくとも軽減する。

30

40

【0003】

LTE の OFDM 信号の各シンボルはユーザデータまたは制御チャネル・データを搬送する情報シンボルもしくはリファレンスすなわち「パイロット」シンボルであり、QPSK、16QAM、または 64QAM の変調方式を用いて変調される。よって、受信されると、各シンボルは 2 つ、4 つ、または 6 つの「ソフト」ビットへ復調される。典型的に、各ソフトビットの値は、送信ビットが 1 の値を有していた確率と、当初の送信ビットが 0 の値を有していた確率との間の対数尤度比に対応する。この尤度は通常、このシンボルについて推定された信号対雑音比を用いて計算される。

【0004】

データ送信のためのすべての実用的な標準はまた、情報ビットの送信の信頼性を向上す

50

るためのチャネル符号化方式を含む。一般的に言えば、このような方式は符号化前のN個の情報ビットを符号化後のM個のビットへ変換する。ここで、 $M > N$ である。様々な符号化方式の詳細は異なるものの、符号化レート N/M およびその他の符号制約を前提として、誤りが比較的少ないならば、誤りビットはしばしば訂正されうる。LTEについて3GPPにより仕様が定められるターボ符号技術のような最近のチャネル符号化方式では、デコーダは自身に提供されるソフトビット値に固有の信頼性情報を利用する。

【0005】

復調ビットのどれが他のものよりも信頼できるかに関する訂正情報がデコーダに与えられ、すなわちソフトビット値を通じて、典型的なデコーダの復号性能はすべてのビットが等しく扱われる場合よりも遥かに優れる。いくつか理由で、様々なビットが様々なレベルの信頼性(reliability)、すなわち「信憑性(trustworthiness)」を有しうることが当業者は理解するだろう。例えば、一部の受信情報シンボルは他のものよりも多くのフェージングにさらされうる。従って、対応する復調ビットはあまり信頼できない。その他のシンボルは他のものよりも干渉の影響を受けやすいかもしれず、やはり信頼性の低い復調ビットを結果として生じる。

10

【0006】

LTEシステムを含む典型的なOFDMシステムでは、OFDM信号により規定される時間・周波数グリッド内の所定のシンボルがリファレンス・シンボルとして指定される。これらのリファレンス・シンボルは、受信機に知られている値を有し、送信機と受信機との間の伝播チャネルを特徴付け、受信信号の雑音・干渉分散(noise and interference variance)を推定するためのパイロット信号として受信機により用いられる。これらのチャネル推定値および雑音干渉推定値は情報シンボルの復調に用いられる推定信号対干渉比(SIR)を計算するために用いられる。

20

【0007】

この一般的なアプローチの1つの問題はリファレンス・シンボルが比較的、スパースであるということである。一般に、リファレンス・シンボルにより生じる伝播チャネル情報は一般にOFDM信号の時間・周波数グリッド内の近くの情報シンボルが経験する伝播チャネル特性と高い相関を有する。よって、リファレンス・シンボルから取得されるチャネル推定値は隣接シンボルの復調および復号に信頼して用いられうる。しかしながら、干渉、特に隣接基地局から送信されるOFDM信号により引き起こされるセル間干渉に関して同じことは正しくないかもしれない。

30

【0008】

3GPPのLTEシステムのようなリユース・ワン・システムでは、サービング・セルの大部分において隣接基地局からの干渉が移動体端末により認識(hear)されうる。干渉下りリンク信号が完全には利用されない場合に、干渉OFDMシンボルのリソース要素の一部は空となるが、その他は変調データを含む。よって、所望のOFDM信号への干渉はリソース要素ごとに変わる。干渉電力を推定するために無線受信機により用いられるリファレンス・シンボルはスパースであるため、リソース要素ごとのこのばらつきは測定されない。

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

以下により詳細に説明されるように、リファレンス・シンボルの周辺のすべてのリソース要素がリファレンス・シンボルと同じレベルの干渉にさらされるという従来の想定はこれらのリソース要素により搬送されるデータ・シンボルの復号において性能の低下を引き起こす。従って、OFDMシステムにおいて隣接OFDM信号からのセル間干渉を推定するための改善された技術が必要となる。

【課題を解決するための手段】

【0010】

受信直交周波数分割多重(OFDM)信号のリソース要素についてセル間干渉レベルを

50

推定するための方法および装置が開示される。3GPPのLTEシステム内の無線受信機に特に適用可能であるが、開示される技術はその他のOFDMベースのシステムにおいても適用されうる。

【0011】

本発明の様々な実施形態は所望のOFDM信号の構造と干渉OFDM信号の構造との間の関係の特徴付ける事前知識を利用する。複数の実施形態では、受信OFDM信号内の各リファレンス・シンボルについてのリファレンス・シンボル干渉レベルが測定され、次いでこの事前知識を用いて他のリソース要素についての個別の推定値に対応付けられる。言い換えると、近傍内の複数のリソース要素に適用されうるリファレンス・シンボル干渉分散を取得するために、従来的手段を用いて、受信OFDM信号のリファレンス・シンボル内の情報だけに基づいて干渉レベルが推定される。次いで、干渉信号特性の事前知識に基づいて、リファレンス・シンボル干渉分散とユーザデータの各リソース要素における干渉との間の予測される関係を規定する関数を用いて、ユーザデータを含むリソース要素内の干渉レベルがリファレンス・シンボル干渉分散から推定されうる。

10

【0012】

無線受信機における例示の方法では、受信OFDM信号内の複数のリファレンス・シンボルのそれぞれについてリファレンス・シンボル干渉レベルが測定され、複数の干渉倍率が受信OFDM信号の複数のリソース要素に対応付けられる。各干渉倍率は対応するリソース要素又はリソース要素のグループが干渉OFDM信号からの干渉にさらされる確率を反映している。次いで、測定されたリファレンス・シンボル干渉レベルと前記複数の干渉倍率との関数として複数のリソース要素のそれぞれについて干渉レベルが推定される。

20

【0013】

一部の実施形態では、リソース要素の干渉レベルの推定は、近接して位置するリソース要素の範囲についてのリファレンス干渉レベルを、この範囲内の2つ以上のリファレンス・シンボルについて測定されたリファレンス・シンボル干渉レベルに基づいて計算することと、この範囲内の各情報搬送リソース要素についての干渉レベルを、該リソース要素についての干渉倍率で前記リファレンス干渉レベルを乗算することによって推定することを含む。

一部の実施形態では、干渉OFDM信号内のリファレンス・シンボルについて取りうる位置に対応する受信OFDM信号内の位置にあるリソース要素に第1倍率値を割り当て、残りのリソース要素に1つ以上の異なる倍率値を割り当てることによって、各リソース要素についての複数の干渉倍率が決定されうる。

30

【0014】

一部の場合に、干渉倍率の1つ以上は干渉OFDM信号に対応する利用率の関数として計算されうる。利用率は無線受信機によって直接に推定されてもよいし、サービング基地局から受信されてもよいし、所与の値として仮定されてもよい。さらに別の実施形態では、干渉倍率の1つ以上はさらに、受信OFDM信号と干渉OFDM信号との間の時間オフセット、干渉OFDM信号に対応するセル識別子、および干渉OFDM信号について推定された信号強度のうちの1つ以上にさらに基づきうる。

【0015】

本発明に従う無線受信機も開示され、無線受信機の一部の実施形態は受信OFDM信号に関して上述の方法の1つ以上を実行するように構成された1つ以上の処理回路を含む。当然ながら、本発明は上述の方法、装置、特徴および利点に限定されない。実際には、別の特徴および利点だけでなく、以下の詳細な説明を読み添付の図面を見ることによって、本発明の範囲に含まれる開示された方法および装置の変形を当業者は認識するだろう。

40

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】LTE無線通信ネットワークの一部を説明する図である。

【図2】本発明の一部の実施形態に従う例示の無線受信機の機能要素を説明するブロック図である。

50

【図3】受信OFDM信号のフレームと隣接OFDM信号からの干渉との間の関係を説明する図である。

【図4】所与の信号環境およびチャネル符号化レートの範囲について先行技術の受信機の実効信号対干渉比性能に対して本発明の実施形態を比較するグラフである。

【図5】、

【図6】、

【図7】本発明の一部の実施形態に従ってOFDMシステムにおいてセル間干渉を推定する方法を説明する処理フロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

10

図1は本発明の一部の実施形態に従う3GPPのLTEネットワーク100の一部の簡略図を表し、サービングLTE基地局120からOFDM信号を受信する移動体端末110を含む。サービング・セルの境界の近くに位置しているため、移動体端末110はまた隣接LTE基地局130により送信される干渉OFDM信号を「認識(hear)」する。隣接セルからの干渉のレベルは移動体端末の位置に依存するとともに、移動体端末110、サービング基地局120、および隣接基地局130との間の支配的な無線周波数(RF)伝播状況に依存するだろう。移動体端末の位置とRFチャネル状況とにやはり依存して、2つ以上の基地局によりセル間干渉が引き起こされうることを当業者は理解するだろう。

【0018】

LTE通信システムにおける例示の実施形態を参照しつつ本発明の詳細が総括的に本明細書で説明される。しかしながら、本明細書に記載される本発明の技術はこのようなシステムに限定されず、より一般にセル間干渉レベルがリソース要素に対して推定されなければならないOFDMベースのシステムに適用されうることを当業者は理解するだろう。LTEシステムに関連して本明細書で用いられる「リソース要素」という用語はLTE信号の時間・周波数グリッドにおける最小の要素、例えば特定のシンボル間隔において特定のサブキャリアを変調する1つのシンボルを表すことを当業者は理解するだろう。これらのリソース要素のそれぞれは、ユーザデータ、制御チャネル・データ、またはリファレンス・シンボルを搬送し、もしくは完全には充填されていないOFDM信号において未使用(unoccupied)でありうる。

20

【0019】

30

上述のように、LTEのOFDM信号は、下りリンク信号により規定されるリソース要素の時間・周波数グリッド内の所定の位置にリファレンス・シンボルを含む。これらのリファレンス・シンボルは既知の値を有し、移動体端末内の無線受信機によって下りリンク伝播チャネルを推定し、受信信号の雑音干渉分散を推定するためのパイロット・シンボルとして用いられる。これらのチャネル推定値および雑音干渉推定値は、例えばユーザデータまたは制御チャネル・データを搬送するシンボルを含みうる情報シンボルを変調するために用いられる推定信号対干渉比(SIR)を計算するために受信機により用いられる。

【0020】

リソース要素単位の雑音・干渉の分散を推定する典型的な手順は2つのメイン・ステップを含む。第1に、受信OFDM信号のリファレンス・シンボル位置における瞬時雑音・干渉レベル

40

$\hat{e}_{k,l}$

が、リファレンス・シンボル位置内の対応する実際の受信シンボル・データから、再生成されたリファレンス・シンボルを減算することによって計算される。

$$\hat{e}_{k,l} = y_{k,l} - \hat{h}_{k,l} r_{k,l}, \quad (k,l) \in K^{RS} \quad (1)$$

ここで、kはOFDMサブキャリア、すなわちOFDMシンボル・グリッドの周波数方向における位置であり、lはOFDMシンボル位置、すなわちOFDMグリッドの時間方向における位置を示す。K^{RS}はリファレンス・シンボル位置の集合であり、y_{k,l}は位置k

50

、 l における受信シンボル・データであり、

$$\hat{h}_{k,l}$$

は（従来の手段を用いて取得される）チャンネル推定値であり、 $r_{k,l}$ は位置 k, l におけるリファレンス・シンボルについて事前に知られているリファレンス・シンボル値である。

【0021】

次に、OFDMシンボル・グリッドにおけるリソース要素のそれぞれについての干渉分散は測定された瞬時雑音・干渉電力を事前に定義された範囲のリファレンス・シンボル位置に関して平均することによって推定される。

$$\hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS} = g_{k,l} \sum_{(k,l) \in K_{k,l}^{\sigma}} \hat{e}_{k,l}^* \hat{e}_{k,l} \quad (2)$$

ここで、

$$K_{k,l}^{\sigma} \subseteq K^{RS}$$

は典型的に位置 k, l を含む「近傍 (neighborhood)」に含まれるように選択されたリファレンス・シンボル位置の部分集合であり、 $g_{k,l}$ は

$$K_{k,l}^{\sigma}$$

のサイズとチャンネル推定値の属性とに依存する利得係数である。干渉分散を推定するために用いられるリファレンス・シンボルの集合

$$K_{k,l}^{\sigma}$$

はしばしば複数のリソース要素に対して同一であり、LTEリソース・ブロック全体またはより大きなものに対して同一でありうる。（LTEリソース・ブロックは、システムが拡張サイクリック・プレフィックスで動作しているかに依存して、12個の連続したサブキャリアおよび12個または14個の連続したシンボルをカバーするリソース要素のブロックである。）

【0022】

上述のように、干渉推定へのこのアプローチの問題は、一部の場において、リファレンス・シンボル位置自身における干渉を正しく推定するにすぎないということである。リファレンス・シンボルと周囲のリソース要素との間の干渉レベルにおけるいかなるばらつきも捕らえられない。従って、従来の干渉推定技術は同一の干渉レベルを所定の近傍内のすべてのリソース要素に割り当てる。ここで、本明細書で「近傍」という用語は特定のリソース要素を囲む所定サイズのリソース要素の範囲を意味する。これは、ソフトビットの生成について、干渉の観点から、同一の近傍内の情報搬送シンボルから復調されるソフトビットは等しく信頼できるとみなされることを意味する。

【0023】

しかしながら、3GPPのLTEシステムでは、等しい信憑性というこの仮定はしばしば妥当ではない。1つ以上の隣接基地局からの干渉はしばしばサービング・セルの大部分において移動局により認識されうる。隣接基地局からの下りリンク信号がほとんど空である場合であってさえも、リファレンス・シンボルおよび制御チャンネル・データがなおも送信され、所望のOFDM信号の一部のリソース要素に強い干渉を生成するが、その他にはない。例えば、干渉OFDM信号が完全に空であるならば、干渉OFDM信号のリファレ

10

20

30

40

50

ンス・シンボルおよび制御チャネル・シンボルに時間および周波数において一致する所望のOFDM信号のこれらのリソース要素にだけ干渉が現れるだろう。干渉の影響を強く受けるビットを事実上干渉がないビットと同じ信頼性を有するものとして扱おうと、受信機のデコーダの性能に大幅な影響を与えうる。特に、符号化ビット数が元のビット数よりもわずかにだけ大きい高い符号化レートについて、一部が明らかに干渉の影響を受ける場合にさえすべてのビットを等しく信頼できると扱うことは非常に悪い性能になりうる。

【0024】

本発明の様々な実施形態は所望のOFDM信号と干渉OFDM信号の構造との間の関係の事前(priori)知識を利用することによってこの問題に対処する。受信OFDM信号内の各リファレンス・シンボルについてのリファレンス・シンボル干渉レベルが測定され、次いでリファレンス・シンボル干渉レベルがこの事前知識を用いて各情報搬送リソース要素に対して個別の推定値に対応付けられる。言い換えると、リファレンス・シンボル干渉分散

$$\hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS}$$

を取得するために、従来の手段を用いて受信OFDM信号だけのリファレンス・シンボル内の情報に基づいて干渉レベルが推定される。このリファレンス・シンボル干渉分散

$$\hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS}$$

は、近傍内の複数のリソース要素に適用されうる。次いで、ユーザデータまたは制御チャネル情報を含むリソース要素内の干渉レベルが、

$$\hat{\sigma}_{k,l}^2 = f_{k,l}(\hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS}) \quad (3)$$

に従ってリファレンス・シンボル干渉分散

$$\hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS}$$

から推定されうる。ここで、関数 $f_{k,l}(x)$ は干渉信号特性の事前知識に基づいてリファレンス・シンボル干渉分散とリソース要素 k, l における干渉との間の予想される関係を規定する。

【0025】

関数

$$f_{k,l}(\hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS})$$

は一部の実施形態においてリソース・ブロックまたはサブフレーム内の相異なるリソース要素位置 k, l に対して変化する単なる利得係数 $c_{k,l}$ でありうる。

$$f_{k,l}(\hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS}) = c_{k,l} \hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS} \quad (4)$$

その他の実施形態では、

$$f_{k,l}(\hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS})$$

は、以下により詳細に説明されるように、リソース要素位置、干渉信号の利用率、受信OFDM信号と干渉信号との間の時間オフセット、および/または干渉信号の信号強度に関するより複雑な関数でありうる。

【 0 0 2 6 】

図2は本発明の1つ以上の実施形態に従うセル間干渉レベルを推定するように構成された無線受信機200の機能要素を説明するブロック図である。図2は図1の移動体端末110に含まれるもののような受信機回路の簡略図を示すことを当業者は理解するだろう。本発明を理解するのに不要な詳細は省略される。ほとんどの場合に図2の受信機回路200は対応する送信機に結合され、コンシューマ・ハンドセットまたは携帯情報端末(PDA)、パーソナルコンピュータに用いられる無線データカード、テレマティクスまたはテレメトリのアプリケーションに用いられる通信モジュールなどのいずれにも統合されうことを当業者はさらに理解するだろう。

【 0 0 2 7 】

いずれの場合でも、無線受信機200は従来の手段を用いて受信OFDM信号をダウンコンバートし、それをデジタル形式に変換する無線フロントエンド回路210を含む。よって、無線フロントエンド回路210は典型的に不要な周波数を除去し、同じく配置された無線送信機により生成される信号から残りの受信機回路を隔離するための無線周波数フィルタ、低雑音増幅器、受信無線周波数信号をベースバンド周波数へダウンコンバートするためのミキサ回路、およびミキサを駆動するための局所発振器回路を含む。無線フロントエンド回路210はまた、アナログベースバンド信号をデジタル形式へ変換するためのアナログ・デジタル変換器(ADC)だけでなく、受信機回路を受信信号へ同期してサイクリック・プレフィックスを除去するための回路を含む。最後に、無線フロントエンド回路210は、典型的に数百の直交サブキャリアを含みうるOFDM信号を、それぞれがOFDM信号のリソース単位に対応する複素数の情報シンボルへ変換するための、典型的には高速フーリエ変換(FFT)を実装する離散フーリエ変換プロセッサを含む。OFDM受信機フロントエンドのこれらの詳細および他の詳細は当業者によく知られている。本明細書で提供される簡単な説明は以下に詳細に説明される干渉推定技術についての文脈を提供するためだけに提示される。

【 0 0 2 8 】

無線受信機200はまた、変調部220およびデコーダ230を含む。一般的に言うと、変調部220は無線フロントエンドにより出力された複素数の情報シンボルを複数のビットに対応付ける。一部の実施形態では、変調部220は送信チャネルにより引き起こされる振幅および位相のばらつきに対して複素値の情報シンボルを補償するためにチャンネル推定部240により提供される伝播チャネルの推定値を用い、採用される変調方式に依存して、補償された情報シンボルを(LTEシステムについては)2つ、4つまたは6つのソフトビット値に「逆対応付け」する。変調部220はまた、干渉推定部250により提供される雑音および干渉のリソース要素固有の推定値とともに、チャンネル推定部240により提供されるチャンネル推定値を用いて、各リソース要素または近接して配置されたリソース要素のグループについて信号対干渉比(SIR)を推定する。この推定SIRは次いで、ソフトビットのそれぞれについての信頼性メトリックを確立するために用いられる。上述のように、この信頼性メトリックはビット対数尤度比(LLR)を有しうる。変調シンボルに対する推定SIRまたは干渉電力推定値に基づいてビット固有の信頼性メトリックを決定するための様々な方法は当業者に知られている。これら方法は例えばシンボル固有のLLRを決定するステップとシンボル固有のLLRをビット固有のLLRへ変換するステップとを含む。しかしながら、これらの方法の詳細は本発明の理解に重要ではない。

【 0 0 2 9 】

どのように決定されようとも、関連する信頼性メトリックを含むソフトビット値がデコーダ230へ供給される。デコーダ230は周知の技術を用いて下りリンク送信機により実行されたチャンネル符号化の逆を行う。LTEについての3GPPの仕様は現在のところ1/3の符号レートをを用いた下りリンクについてのターボ符号を使用することを定める。しかしながら、その他の符号化方式および/または符号化レートを取りうる。

【 0 0 3 0 】

当業者に周知であるように、デコーダへ供給されるソフトビットのそれぞれについての正確な信頼性情報がデコーダに提供される場合にチャンネル・デコーダの性能は向上する。信頼性情報の精度は変調器により用いられるチャンネル推定値の精度だけでなく干渉推定値の精度により決定される。受信OFDM信号内に提供されるリファレンス・シンボルは、従来技術を用いてOFDM信号の時間・周波数グリッド上のリファレンス・シンボルの近くにあるリソース要素について概して正確なチャンネル推定値を生成するためにチャンネル推定部240により用いられうる。

【0031】

一方、リファレンス・シンボルについて干渉が正確に測定されたとしても、この測定された干渉は、干渉シンボルの構造および利用に依存して、近くのリソース要素における干渉の正確な推定値を提供するかもしれないし、提供しないかもしれない。従って、本発明の複数の実施形態に従って、干渉推定部250は、従来の方式で取得される測定されたリファレンス・シンボル干渉レベルと、干渉信号の構造、タイミング、利用、および/または信号レベルに関する事前情報に従ってリファレンス・シンボル干渉をその他のリソース要素に関連付ける干渉倍率との関数として受信OFDM信号のリソース要素についての干渉レベルを推定するように構成される。このアプローチを用いて、所与の近傍からのソフトビットに同一の信頼性メトリックが自動的に割り当てられることはない。以下に説明されるように、結果としてデコーダの性能が向上する。

【0032】

一般的に言うと、干渉推定部250はまず近接して配置されたリソース要素の範囲についてのリファレンス干渉レベルを、この範囲内の1つ以上のリファレンス・シンボルについて測定されたリファレンス・シンボル干渉レベルに基づいて決定する。このような処理の1つは式(2)に関連して上述され、単一リソース・ブロックの全部または一部、2つ以上の連続するリソース・ブロックの一部、または複数のリソース・ブロック全体を有する「近傍」内の複数のリソース要素に適用可能なリファレンス・シンボル干渉レベル

$$\hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS}$$

を結果として生じる。従って、OFDM信号の時間・周波数グリッド全体をカバーするために、それぞれが特定の近傍に適用可能である複数のリファレンス・シンボル干渉レベル値が計算されうる。

【0033】

干渉推定部250は次いで、式(3)に関連して上述されたようにマッピング関数

$$f_{k,l}(\hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS})$$

を用いて、所与のリソース要素についてのリファレンス干渉レベル

$$\hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS}$$

を要素固有の干渉レベルに「対応付ける」。本発明の一部の実施形態では、以下により詳細に説明されるように、マッピング関数は単に、上記の式(4)に示されたようにリソース要素固有の干渉レベル推定値を取得するために対応するリファレンス干渉レベルで乗算される倍率値 (scaling value) の配列を有しうる。この倍率値は干渉信号構造の事前知識に基づいて、例えば再構築された情報シンボルと受信シンボル・データとを比較することによって取得された過去の要素固有の干渉推定値に基づいてリソース要素に対応付けられうる。その他の実施形態では、マッピング関数の要素は、干渉信号の利用、受信OFDM信号と干渉信号との間の時間オフセット、干渉信号の信号強度、および同様のものうちの1つ以上を考慮に入れる関数を用いて計算されうる。

【0034】

上記で示唆したように、マッピング関数

$$f_{k,l}(\hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS})$$

の要素は複数の相異なる方法で決定されうる。「測定支援の干渉アプローチ」と名づけてもよい1つのアプローチは干渉信号の構造および/またはその他の特性に関する事前情報を利用する。

$$\hat{\sigma}_{k,l}^{2,data}$$

と

$$\hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS}$$

10

との間の関係は、特に隣接OFDM信号が軽い負荷の場合、すなわち隣接セルが完全には利用されていない場合に、隣接OFDM信号からの干渉にさらされる確率がその他のものよりも高い一部のリソース要素を観察することによって推定されうることを当業者は理解するだろう。よって、例えば、隣接セルのパイロット・シンボルについて取りうる位置に対応する受信OFDM信号の情報搬送リソース要素は隣接信号の空のリソース要素に対応するリソース要素よりも干渉を受ける可能性が高い。同様に、一部のリソース要素は隣接セルの制御チャンネル、ブロードキャスト・チャンネル、または同期チャンネルのせいで、その他のものよりも干渉を受ける可能性が高い。

20

【0035】

隣接OFDM信号からの干渉へのこの変動する感受性が図3で説明され、この図は第1スロット305と第2スロット306とを有する受信OFDM信号の1つのサブフレーム300を説明する。各スロットは図示されるサブフレーム内に7つのOFDMシンボルを含む。(例外的に長いチャンネル遅延スプレッドを克服するために)拡張サイクリック・プレフィックスを利用するOFDM信号はこの代わりにスロットごとに6つのOFDMシンボルを有しうることに当業者は気づくだろう。瞬時リファレンス・シンボル干渉レベルを測定するために用いられうる自セルリファレンス・シンボル310はサブフレーム300にわたって点在し、第1スロット305と第2スロット306との1番目のOFDMシンボルと5番目のOFDMシンボルのそれぞれに2つが現れる。

30

【0036】

LTEシステムでは、送信されるユーザデータが存在するか否かに関わらず、制御チャンネル・シンボルとリファレンス・シンボルはすべてのサブフレームで送信される。制御チャンネル、リファレンス・シンボルまたはユーザデータに割り当てられないリソース要素は空であり、よって信号エネルギーを含まない。結果として、干渉LTE信号が軽度利用されるならば、所望の信号への干渉はリソース要素ごとに劇的に変わりうる。

【0037】

従って、1つのリファレンス・シンボル310で測定された干渉は干渉信号の使用中のリソース要素からの干渉を反映するかもしれないが、一方で第2リファレンス・シンボル310が干渉信号の未使用のリソース要素に一致するならば第2リファレンス・シンボルにおいて測定された干渉は反映しないかもしれない。信号が同期していると仮定すると、サブフレーム300の最初のOFDMシンボル内のリファレンス・シンボル310が干渉信号についての制御チャンネル・シンボルに確かに一致することを観察することによって、このことが図3から見て取れる。しかしながら、残りのリファレンス・シンボル310は干渉シンボル内の使用中のリソース要素に一致するかもしれないし、しないかもしれない。なぜなら、サブキャリア周波数によるリファレンス・シンボルの配置は1つのLTE信号から次のものへと変わりうるからである。よって、サブフレーム300の5番目、8番目、および12番目のOFDMシンボルに現れる複数のリソース要素330は恐らくは隣

40

50

接セルにより送信されたリファレンス・シンボルに対して位置する（が確かではない）。隣接セルのリファレンス・シンボルに対応しないリソース要素 330 はそれにもかかわらず、ユーザデータを搬送する干渉信号のリソース要素に対応するかもしれないが、リソース要素 330 のそれぞれが隣接信号からの干渉にさらされる確率は一般に 1 よりも小さい。

【0038】

サブフレーム 300 内の残りのリソース要素は、隣接セルの瞬時の利用に依存して、セル間干渉にさらされるかもしれないし、さらされないかもしれない。一般的に言えば、これらのリソース要素の 1 つが隣接信号において使用される尤度は 1 よりも小さく、隣接セルが所与のサブフレームにおいて完全に利用されないならば 0 でありうる。

10

【0039】

図 3 を参照して、隣接制御チャネルからの干渉にさらされるサブフレームの最初の OFDM シンボル内のリファレンス・シンボル 310 について測定された干渉レベルは、隣接信号内の未使用のリソース要素に対応するリソース要素に完全に適用できないかもしれないことが明らかである。よって、測定されたリファレンス・シンボル干渉レベルが所与の近傍内のすべてのリソース要素に等しく適用されるならば、その結果としてデコーダに供給される信頼性メトリックは、様々なソフトビット間の相対的な信頼性に関してほとんど実際の情報を提供しないだろう。この結果、受信機性能は乏しくなりうる。

【0040】

これは図 4 から見て取れ、この図は単純な干渉シナリオへの 2 つのアプローチについての実効 (effective) 信号対干渉比 (SIR) をプロットする。3GPP の LTE システムが想定され、このシステムでは受信機は隣接セルからの干渉 OFDM 信号がほとんど空であるセル内にある。すべてのセルは時間について同期されている。単純のために、干渉信号がとても強く、干渉信号内の使用中のリソース要素に対応する受信 OFDM 信号の任意のリソース要素における SIR は 0 dB であると仮定する。干渉信号の空のリソースに対応するリソース要素は 15 dB の SIR を有すると仮定する。さらに、(図 3 のように) 時間について最初の 2 つ OFDM シンボルが制御チャネルに用いられ、それ故、データに占有される受信 OFDM 信号のリソース要素が 138 個存在する (12 サブキャリア × 12 OFDM シンボル - 6 リファレンス・シンボル) と仮定する。これらのうち、図 3 に示されるように、30 個のリソース要素は他のセルからのリファレンス・シンボル干渉により強く影響を受ける可能性が高い。

20

30

【0041】

N を M 個の符号化ビットごとの入力ビット数として、符号化レートが $r = N / M$ として定義されると、チャンネル符号化の効率は復号後の実効 SIR の観点で近似されうる。

$$SIR_{EFF} = SIR / r \quad (5)$$

【0042】

上述の例示のシナリオを前提として、符号化レートの範囲に対比して、実効 SIR は 2 つの処理アプローチについて計算されうる。第 1 アプローチでは、138 個のリソース要素すべてが等しく扱われる。すなわち、ユーザデータの各リソース要素が同一の干渉レベルにさらされると仮定する。このシナリオについての実効 SIR は以下の式に従って計算されうる。

40

$$SIR_{EFF} = \frac{1/r}{\frac{1}{SIR_{EMPTY}} \left(\frac{RE_{TOTAL} - RE_{INT}}{RE_{TOTAL}} \right) + \frac{1}{SIR_{INT}} \left(\frac{RE_{INT}}{RE_{TOTAL}} \right)} \quad (6)$$

ここで、 $SIR_{EMPTY} = 15 \text{ dB}$ は干渉信号内の空のリソース要素に対応するリソース要素についての SIR であり、 $SIR_{INT} = 0 \text{ dB}$ は干渉信号の干渉リソース要素に対応するリソース要素についての SIR であり、 $RE_{TOTAL} = 138$ はユーザデータ要素の総数であり、 $RE_{INT} = 30$ は隣接セルからの干渉にさらされるユーザデータのリソース要素の個数である。

50

【 0 0 4 3 】

図4の下側の曲線から見て取れるように、平均実効SIRはほとんどの符号化レートについて15dBより少ないだろう。なぜなら、一部のリソース要素における干渉は実際にその他と比べて非常に大きいからである。このアプローチは、リファレンス・シンボル干渉レベルが隣接リソース要素干渉を直接に推定するために用いられる従来技術に対応する。

【 0 0 4 4 】

本発明の単純な実施形態に対応する第2アプローチでは、起こりそうな干渉に対応する30個のユーザデータ・リソース要素は純粋な(pure)雑音として扱われ、単に脱落され、108個のユーザデータのリソース要素だけが残る。多くの受信ビット数が捨てられるため、これにより実効符号化レートが変わるだろう。この「破棄」シナリオについての実効符号化レートは以下の式に従って計算されうる。

$$r_{EFF} = \frac{r * RE_{TOTAL}}{RE_{TOTAL} - RE_{INT}} \quad (7)$$

ここで、 r は公称チャネル符号化レートであり、 r_{EFF} は実効符号化レートである。この例では、 $RE_{TOTAL} = 138$ 、 $RE_{INT} = 30$ であり、よって

$$r_{EFF} = 1.28r \quad (8)$$

である。干渉にさらされる30個のリソース要素が単に破棄されるなら、実効SIRは単に以下のように示されうる。

$$SIR_{effective} = SIR_{EMPTY} / r_{EFF} \quad (9)$$

【 0 0 4 5 】

図4の上側の曲線は第2アプローチについての符号化レートに対する実効SIRを示し、この曲線では、干渉にさらされる30個のリソース要素が単に破棄される。見て取れるように、相対利得はこの単純な実施形態について相当な量(約7.8dB)である。特に、本発明の様々な実施形態で可能となるようなより洗練された干渉推定アプローチが採用されるなら、あまり極端でない信号状況において大幅な性能向上が可能であることを当業者は理解するだろう。

【 0 0 4 6 】

前述の例は多くの仮定に基づいたが、所望のOFDM信号と1つ以上の干渉信号との間の関係を間接的に推定するために複数の情報要素が用いられうる。これらの情報要素は、所望の信号と隣接セルからの干渉信号との間の時間オフセットを推定するために用いられうる、所望の信号に対する隣接セルの時間割り当て、隣接セルの信号強度、および干渉信号内の所与の情報搬送リソース要素が使用される確率を決定するために用いられうる隣接セルの利用率を含みうるがこれらに限定されない。これらの情報要素のいずれもがサービング基地局からのシグナリングを介して無線受信機において取得されうることを当業者は理解するだろう。一部の場合に、これらの情報要素のうちの1つ以上が無線受信機によって直接に測定または推定されうる。

【 0 0 4 7 】

これらの情報要素の1つ以上が与えられると、または干渉信号が対象の信号と概ね同期しているという仮定が与えられると、受信OFDM信号の各個別のリソース要素について干渉の確率が推定されうる。よって、図5はこれらの推定された確率に基づいてリソース要素干渉レベルを推定する例示の方法を説明する。

【 0 0 4 8 】

ブロック510で、上述の従来技術を用いて1つ以上のリファレンス・シンボルにおいて瞬時干渉レベルが測定される。ブロック520で、受信OFDM信号の複数のリソース要素のそれぞれまたはリソース要素のグループに干渉倍率が対応付けられる。(上述のようにマッピング関数

$$f_{k,l}(\hat{\sigma}_{k,l}^2, RS)$$

の要素としてみる事ができる)これらの干渉倍率は、対応するリソース要素またはリソース要素のグループが1つ以上の干渉OFDM信号からの干渉にさらされる確率を反映する。これらの確率は利用可能な如何なる事前情報に基づいて導出されてもよい。例えば、干渉信号が所望の信号に時間合わせされること、および干渉信号の負荷が軽いことが知られている(または仮定される)ならば、5番目、8番目、および12番目のOFDM信号内のリソース要素が干渉にさらされる確率は、その他の位置のリソース要素に対する確率よりも高い。隣接セルについてのセルIDが知られているならば、隣接リファレンス・シンボルからの干渉の確率はさらにより正確に規定されうる。利用可能ならば、ありそうな干渉源を所望のOFDM信号のリソース要素に適切に合わせることによって、時間オフセット情報が干渉倍率を改良するために用いられてもよい。

【0049】

ブロック530に示されるように、リソース要素のそれぞれについての干渉レベルが、測定されたリファレンス・シンボル干渉レベルおよび干渉倍率の関数として推定される。一部の実施形態では、近傍についてのリファレンス干渉レベルを決定するために、上述のように式(2)に関連して、2つ以上のリファレンス・シンボルについての瞬時干渉レベルが組合せられる(例えば、平均される)。この近傍は1つ以上のリソース・ブロックのすべてまたは一部からなりうる。これらの実施形態では、このリファレンス干渉レベルは、要素固有の干渉レベルの推定値を取得するために、上記で決定されたリソース要素固有の干渉倍率により乗算(scale)される。これらの要素固有の干渉レベルの推定値は、シンボルレベルまたはビットレベルのSIRを推定するため、および/または使用するデータの復号に用いられる信頼性メトリックを決定するために用いられうる。

【0050】

一部の実施形態では、リソース要素は上述の事前情報の何れかに基づいて2つ以上の別個のカテゴリに分割されてもよく、これらのカテゴリに従って干渉倍率が割り当てられてもよい。数学的記法を用いて、隣接セルにより分散される可能性が高いリソース要素位置 k, l の集合は $K^{neighbor}$ と表されうる。式(4)で定義された関数

$$f_{k,l}(\hat{\sigma}_{k,l}^2, RS)$$

が選択されてもよく、利得係数 $c_{k,l}$ が以下の式に従って設定される。

$$c_{k,l} = \begin{cases} c^{data} & \text{if } k,l \notin K^{neighbor} \\ c^{neighbor} & \text{if } k,l \in K^{neighbor} \end{cases} \quad (10)$$

利得 c^{data} 、 $c^{neighbor}$ は、隣接セルが多く利用されると受信機が判定するか少なく利用すると受信機が判定するかに依存して異なって選択されうる。

【0051】

例えば、すべてのセルが時間において同期し、隣接セルがほとんど空であるようであるならば、干渉にさらされる可能性が高いリソース要素の集合 $K^{neighbor}$ が(例えば図3に図示した可能性が高い隣接リファレンス・シンボル位置330を用いて)決定され、 $c^{neighbor} = 1$ 且つ $c^{data} < 1$ となるように $c^{neighbor}$ と c^{data} とが選択される。 c^{data} の正確な値は、1つが知られているか推定可能ならば、隣接セルの利用率の関数として設定されうる。

【0052】

この汎用アプローチに従う例示の方法が図6に示される。ブロック610で、隣接(干渉)信号内のリファレンス・シンボルについて可能性が高い位置が決定される。一部の場

10

20

30

40

50

合に、隣接信号についてのサブキャリアへのリファレンス・シンボルの対応付けは未知でありうるため、これらの可能性が高い位置は個別のOFDM信号へのみ狭められうる。その他の状況では、隣接シンボルのセルIDは既知でありうるため、隣接セルのリファレンス・シンボル位置がより正確に知られうる。どちらの場合も、所望のOFDM信号内のどのリソース要素が干渉を受けやすいかの判定をさらに改良するために、利用可能ならば時間オフセット情報が用いられうる。図6には示さないものの、隣接セルからの制御チャンネル・シンボルおよび同期シンボルに関して同様の手順が用いられうる。ブロック620で、隣接リファレンス・シンボル（および場合によっては同期シンボルおよび/または制御チャンネル・シンボル）について可能性が高い位置に対応する所望のOFDM信号の情報搬送リソース要素のそれぞれに第1倍率が割り当てられる。

10

【0053】

ブロック630で、既知であるか、推定されたか、または仮定された隣接セルについての利用率に基づいて、その他の情報搬送リソース要素についての第2倍率が計算される。一部の実施形態では、第2倍率は、既知であるならば隣接信号の信号強度に基づいてさらに計算されうる。ブロック640で、第2倍率が所望の信号の他の情報搬送リソース要素へ割り当てられる。倍率は、情報シンボルの復号に用いられるリソース要素固有の干渉レベルを推定するために上述の方法において用いられうる。

【0054】

図6に説明される方法は、リソース要素の3つ以上のカテゴリを含むように拡張されうることを当業者は理解するだろう。ここで、各カテゴリは隣接信号からの干渉の相異なる尤度に対応する。一部の実施形態では、カテゴリの個数は、利用可能な隣接信号に関する事前情報に依存しうる。よって、例えば、所望のOFDM信号が2つのみを用いているが、隣接セルが制御チャンネル情報についての各サブフレーム内に3つのOFDMシンボルを用いていることが既知であるならば、シンボルの第3カテゴリは、干渉信号内の制御チャンネル・シンボルについて取りうる位置に対応する受信OFDM信号にこれらの情報要素を含みうる。

20

【0055】

上述の方法は総括的に、利用率のような、干渉信号または干渉信号群に関する事前情報の既知のまたは仮定された個別要素に基づいて個別リソース要素についての干渉の確率が推定されるアプローチを中心に説明してきた。本発明のその他の実施形態では、その代わりに、リソース要素固有の干渉倍率は、受信に成功したデータから再構築されたシンボルを受信シンボル・データと比較することに基づいて推定されうる。このアプローチでは、それ故、瞬時干渉電力が情報搬送リソース要素について直接に測定される。適切なフィルタリングおよび/または平均化を用いて、受信信号の時間・周波数グリッド内の同一または近い位置における将来のリソース要素についての干渉の尤度を間接的に決定するためにこれらの瞬時干渉電力推定値が用いられうる。

30

【0056】

このようなアプローチを説明する処理フロー図が図7に図示される。ブロック710で、受信に成功して復号されたデータが当初に送信されたユーザシンボルを再構築するために用いられる。再構築されたシンボルへ適切なチャンネル推定値を用いてチャンネルの影響が適用され、それ故サービング基地局から送信されたシンボルに対応する受信信号の成分

40

$$\hat{y}_{k,l}^{data}$$

を推定する。次いで、各リソース要素についての瞬時干渉電力推定値

$$\hat{\sigma}_{k,l}^{2,data}$$

が以下のように計算されうる。

$$\hat{\sigma}_{k,l}^{2,data} = \left(y_{k,l} - \hat{y}_{k,l}^{data} \right)^* \left(y_{k,l} - \hat{y}_{k,l}^{data} \right) \quad (11)$$

ここで、 $y_{k,l}$ は再構築されたシンボル

$$\hat{y}_{k,l}^{data}$$

に対応する実際に受信されたサンプル・シンボルデータである。当然ながら、これらの瞬時電力推定値は対応するリソース要素についてのデータが正しく復号されていた場合にのみ利用可能であることを当業者は理解するだろう。

10

【 0 0 5 7 】

適切な平均化を通じて、情報搬送リソース要素の干渉推定値へのリファレンス・シンボル・ベースの干渉測定値に関連付ける関数

$$f_{k,l}(\hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS})$$

を推定するために、これらの瞬時干渉電力推定値が用いられうる。例えば、干渉のバースト性に対処するために、複数の OFDM フレームのような比較的長い時間にわたって瞬時干渉電力推定値が平均化されうる。測定されたリソース要素干渉のこの平均化がブロック 7 2 0 に示され、現在のリソース要素の干渉推定値

20

$$\bar{\sigma}_{k,l}^{2,data}$$

が生じる。

【 0 0 5 8 】

対象のリソース要素の近傍内の 1 つ以上のリファレンス・シンボルから決定されたリファレンス干渉レベルで現在のリソース要素の干渉推定値を除算することによって、すなわち

$$\bar{\sigma}_{\kappa,\lambda}^{2,data} / \hat{\sigma}_{\kappa,\lambda}^{2,RS}$$

30

によって、相対干渉比レベルが計算されうる。次いで、式 (4) のように

$$f_{k,l}(\hat{\sigma}_{k,l}^{2,RS})$$

が定義されるならば、ブロック 7 4 0 に示されるように各リソース要素についての干渉倍率が推定されうる。一部の実施形態では、干渉に対して同様の影響を受けると考えられるリソース要素のグループについての複数の相対干渉比レベルを平均化することによって、干渉倍率が計算されうる。

40

$$c_{k,l} = \frac{1}{|K_{k,l}^c|} \sum_{\kappa,\lambda \in K_{k,l}^c} \frac{\bar{\sigma}_{\kappa,\lambda}^{2,data}}{\hat{\sigma}_{\kappa,\lambda}^{2,RS}} \quad (12)$$

ここで、集合

$$K_{k,l}^c$$

は同様の特性を有すると仮定されたリソース要素についての位置の集合である。例えば、

50

この集合は、同一のサブフレーム内の隣接リソース要素もしくは隣接または近接するリソース・ブロック内の同一の位置におけるリソース要素を含みうる。

【0059】

上述の方法の何れかおよびその変形が図2に図示されるOFDM受信機のような無線受信機で実施されうることを当業者は理解するだろう。このような無線受信機はLTEシステムについての3GPP標準および/または1つ以上の追加の無線通信システムに従うように構成されうる。従って、本発明の複数の実施形態は受信OFDM信号の複数のリソース要素のそれぞれまたはリソース要素のグループについての干渉倍率を決定するように構成された1つ以上の処理回路を含む無線受信機を有し、各干渉倍率は対応するリソース要素またはリソース要素のグループが干渉OFDM信号からの干渉を含む確率を反映する。これらの実施形態はさらに、受信OFDM信号内の複数のリファレンス・シンボルのそれぞれについてリファレンス・シンボルの干渉レベルを測定し、推定されたリファレンス・シンボルの干渉レベルと干渉倍率との関数としてリソース要素のうちの一つ以上について推定干渉レベルを計算するように構成される。

10

【0060】

変調部220、デコーダ230、チャンネル推定部240、および干渉推定部250のような本明細書で説明された様々な機能要素のいくつかは、ハードウェア、ソフトウェア、またはこれらの任意の組み合わせを有する処理回路で実施されうることを当業者はさらに理解するだろう。一部の実施形態では、これらの処理回路は、本明細書で説明された方法および技術のうちの一つ以上を実行するために適切なソフトウェアおよび/またはファームウェアとともに構成された(DSP型プロセッサを含むような)少なくとも一つの特用途または汎用マイクロプロセッサ回路を含みうる。このような実施形態では、変調部220、デコーダ230、チャンネル推定部240、または干渉推定部250の上述の機能は例えば、無線受信機または移動体端末のメモリ/記憶装置に、説明された処理フローまたはその変形のうちの一つ以上の全部または一部に対応するプログラム命令を有するコンピュータプログラムを提供することによって構成されうる。本明細書で説明された様々な機能および/または本明細書で主張された様々な方法要素は一部の実施形態では2つ以上の処理部に分割されうることを当業者はさらに理解するだろう。

20

【0061】

従って、幅広く、本開示の教唆は受信OFDM信号のリソース要素についてセル間干渉レベルを推定するための技術および対応する装置を提供する。本明細書で説明された方法及び装置の変形を念頭において、本発明が上述の説明に限定されず、添付の図面にも限定されないことを当業者は理解するだろう。そうではなく、本発明は以下の特許請求の範囲にのみ制限される。

30

【図1】

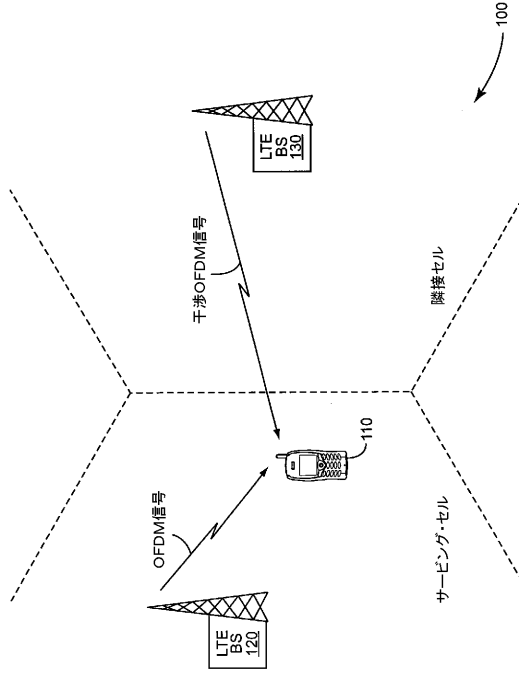


FIG. 1

【図2】

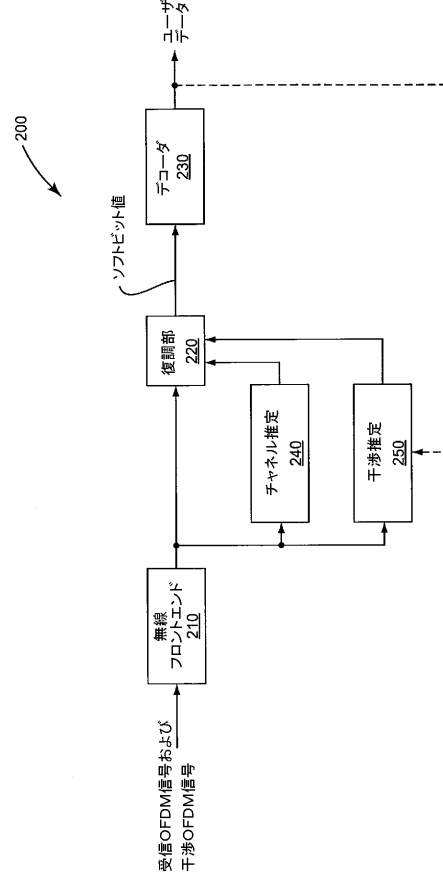


FIG. 2

【図3】

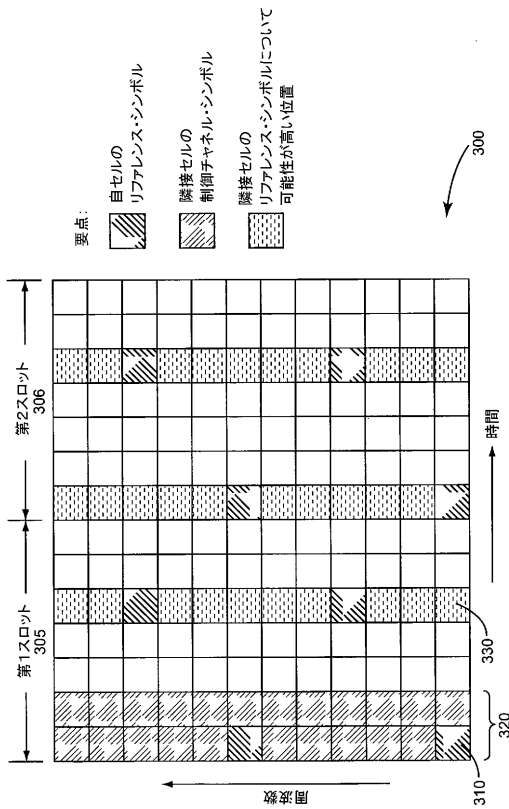


FIG. 3

【図4】

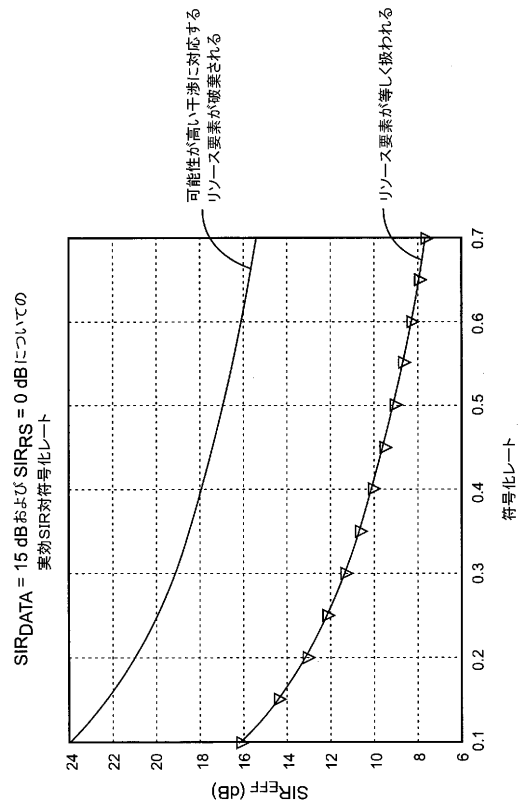


FIG. 4

【 図 5 】

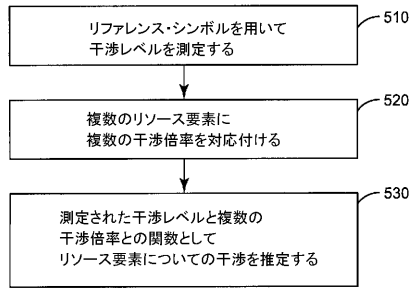


FIG. 5

【 図 6 】

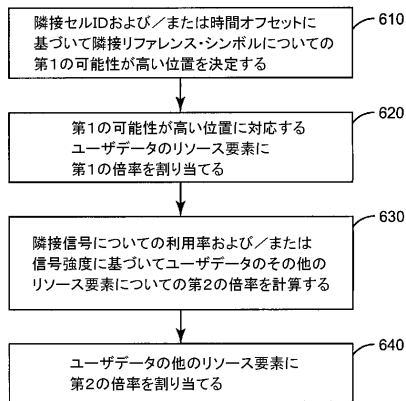


FIG. 6

【 図 7 】

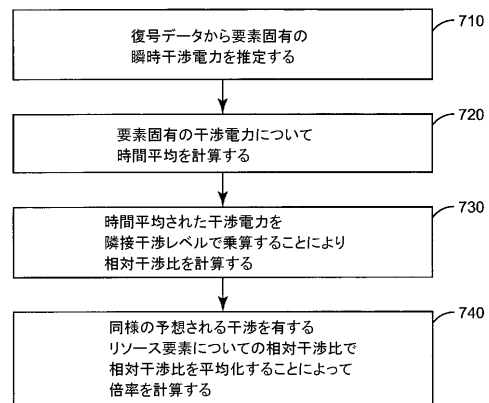


FIG. 7

フロントページの続き

(74)代理人 100161399

弁理士 大戸 隆広

(72)発明者 リンカーン, ボ

スウェーデン国 ルンド エス - 2 2 7 3 0 , モラレヴェーゲン 3 7

(72)発明者 カムフ, マティアス

スウェーデン国 ルンド エス - 2 2 2 3 7 , ビッグメスタレガタン 8 エー

(72)発明者 ノルドストレム, フレドリク

スウェーデン国 ルンド エス - 2 2 3 5 3 , リラ トヴェルガタン 1 6 エー

審査官 岡 裕之

(56)参考文献 特開2009-296354(JP,A)

特表2011-514717(JP,A)

特表2011-530247(JP,A)

Jin Bae Park et al., Adaptive Inter-Cell Interference Management for Downlink FH-OFDMA Systems, Advanced Communication Technology, 2008. ICACT 2008. 10th International Conference on, 2008年 2月20日, Vol.2, pp.1040-1044

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04J 11/00

IEEE Explore

Cinii