

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6400828号  
(P6400828)

(45) 発行日 平成30年10月3日(2018.10.3)

(24) 登録日 平成30年9月14日(2018.9.14)

|                       |      |        |      |
|-----------------------|------|--------|------|
| (51) Int.Cl.          | F I  |        |      |
| HO4B 17/391 (2015.01) | HO4B | 17/391 |      |
| HO4L 29/14 (2006.01)  | HO4L | 13/00  | 315Z |
| HO4B 17/29 (2015.01)  | HO4B | 17/29  | 100  |
| HO4B 17/16 (2015.01)  | HO4B | 17/16  |      |
| HO4W 24/06 (2009.01)  | HO4W | 24/06  |      |

請求項の数 9 (全 26 頁)

|               |                               |           |   |
|---------------|-------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号     | 特願2017-502964 (P2017-502964)  | (73) 特許権者 | 515140897<br>インテル アイピー コーポレーション<br>アメリカ合衆国、95054 カリフォル<br>ニア州、サンタクララ ミッション カレ<br>ッジ ブレーバード 2200 |
| (86) (22) 出願日 | 平成26年8月8日(2014.8.8)           | (74) 代理人  | 110000877<br>龍華国際特許業務法人   |
| (65) 公表番号     | 特表2017-532800 (P2017-532800A) | (72) 発明者  | ムガル、ギラウメ<br>アメリカ合衆国、95054 カリフォル<br>ニア州、サンタクララ ミッション カレ<br>ッジ ブレーバード 2200 インテル<br>アイピー コーポレーション内 |
| (43) 公表日      | 平成29年11月2日(2017.11.2)         |           |   |
| (86) 国際出願番号   | PCT/US2014/050418             |           |   |
| (87) 国際公開番号   | W02016/022157                 |           |   |
| (87) 国際公開日    | 平成28年2月11日(2016.2.11)         |           |   |
| 審査請求日         | 平成29年3月17日(2017.3.17)         |           |   |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線装置を試験するための自然無線環境の仮想化

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

無線通信装置を試験する装置であって、  
記録された複数の環境場追跡値を再生する環境場追跡源と、  
前記再生された複数の環境場追跡値を受信し、前記複数の環境場追跡値から複数の信号を抽出し、前記複数の信号を被検装置に送信し、かつ前記被検装置から複数の信号を受信するプロトコルテスターと、

前記環境場追跡源および前記プロトコルテスターと前記被検装置との間に結合していて、前記再生された複数の環境場追跡値を受信し、前記再生された複数の環境場追跡値を複数の信号と混合し、かつ前記プロトコルテスターと前記被検装置との間のチャンネルをエミュレートするチャンネルエミュレータとを備える、無線通信装置を試験する装置。

【請求項2】

前記プロトコルテスターは、前記再生された複数の環境場追跡値を受信するローダーと、前記プロトコルテスターにより前記被検装置に送信される前記複数の信号を抽出するコプロセッサとをさらに含む請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記複数の環境場追跡値は複数のチャンネルインパルス応答信号を含む請求項1または2に記載の装置。

【請求項4】

前記複数の環境場追跡値は自然無線環境で記録された複数の無線信号を含む請求項1か

ら 3 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 5】

前記複数の環境場追跡値から複数の基地局構成パラメータを抽出し、前記複数の基地局構成パラメータを前記プロトコルテスターに送信する基地局構成モジュールをさらに含み、前記プロトコルテスターは前記複数の基地局構成パラメータを基地局構成モジュールから受信し、前記受信した複数の基地局構成パラメータに基づいて、前記被検装置へ複数の信号を送信し、または、前記被検装置から複数の信号を受信する、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 6】

無線通信装置を試験する方法であって、

プロトコルテスターが、収集された複数の環境場追跡値から複数の構成パラメータを抽出することと、

前記プロトコルテスターが、前記抽出された複数の構成パラメータを用いて前記プロトコルテスターを構成することと、

前記プロトコルテスター及びチャネルエミュレータが、前記収集された複数の環境場追跡値を再生することと、

前記チャネルエミュレータが、前記収集された複数の環境場追跡値から無線環境を抽出することと、

前記プロトコルテスターが、前記収集された複数の環境場追跡値から再生される複数の信号を抽出することと、

前記チャネルエミュレータが、再生される複数の信号を前記抽出された無線環境と結合することと、

前記プロトコルテスターが、前記結合された複数の信号を被検装置に送信することと、

前記プロトコルテスターが、前記被検装置から再生されている前記複数の信号への複数の応答を受信することと、

前記プロトコルテスターが、前記受信された複数の応答を記録することと、を含む無線通信装置を試験する方法。

【請求項 7】

環境場追跡源が、前記複数の環境場追跡値をローダーにロードすることをさらに含み、再生される前記複数の信号を抽出することは、前記プロトコルテスターのコプロセッサが、前記ロードされた複数の環境場追跡値を処理して前記複数の信号を抽出することを含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記チャネルエミュレータが、前記抽出された無線環境を前記再生される複数の信号と同期させることをさらに含む、請求項 6 または 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記チャネルエミュレータが、再生される前記複数の信号を修正して所望の無線環境を模倣することをさらに含む、請求項 6 から 8 のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本記述は、無線通信分野、特に無線装置の試験に関する。

【背景技術】

【0002】

無線通信システムで使用する装置は、変動する高周波環境の中で基地局や他の種類の無線局と通信している。無線装置の部品やシステムの開発では、他局と通信が可能かどうかを判定し、また無線周波数性能や通信特性を測定するため、無線装置の部品やシステムの試験を行う。この試験は、制御された条件のもとで、実験室で行うのが最も容易である。実験室の環境では、装置部品の性能の限界を容易に試すことができ、また装置の通信能力の限界も容易に試すことができる。

10

20

30

40

50

## 【0003】

自然無線環境は、予測不能であり、時間や場所によって大きく変動することがある。干渉、マルチパス、他局の送信・受信品質は、時間と位置によって変動する。さらに、無線通信システムが使用する登録、割当等の制御プロトコルが、複雑で不安定な振る舞いを示すことがある。これら全てが要因となり、試験室で自然無線環境を再現することが困難になっている。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0004】

本発明の実施形態を添付する図面の各図において、例として示すが制限する目的ではない。なお、図面において類似の参照番号は同じ種類の要素であることを示す。

【図1】図1は、本発明の一実施形態に従う、高周波環境をエミュレートするシステムのブロック図である。

【図2】図2は、本発明の一実施形態に従う、高周波環境をエミュレートするための工程図を示す。

【図3】図3は、本発明の一実施形態に従う、高周波環境をエミュレートする代替システムのブロック図である。

【図4A】図4Aは、本発明の一実施形態に従う、図1のシステムで用いる環境場追跡値の記録の一例を示すグラフである。

【図4B】図4Bは、本発明の一実施形態に従う、図1のシステムで用いることがある図4Aの環境場追跡値に基づく再現データのグラフである。

【図5】図5は、本発明の一実施形態に従う、連続したチャンネルインパルス応答の内、隣接する2つのサンプル上でアクティブなレイ ( r a y ) を示す。

【図6】図6は、本発明の一実施形態に従う、環境場に似せた試験用のレイトレーシングによる試験システムのブロック図である。

【図7】図7は、本発明の一実施形態に従う、連続したチャンネルインパルス応答を生成するための工程図である。

【図8】図8は、高周波環境をエミュレートするための追跡値の収集および再現処理の一実施形態を示す。

【図9】図9は、本発明の一実施形態に従う、図8の収集および再現処理を拡張したブロック図である。

【図10】図10は、本発明の一実施形態に従う、エミュレートされた高周波環境において端末向けにセル負荷を再現するためのシステムのブロック図である。

【図11A】図11Aは、本発明の一実施形態に従う、図10のシステムによる再現における3つの異なる環境場パラメータのグラフである。

【図11B】図11Bは、本発明の一実施形態に従う、図10のシステムによる再現における3つの異なる環境場パラメータのグラフである。

【図11C】図11Cは、本発明の一実施形態に従う、図10のシステムによる再現における3つの異なる環境場パラメータのグラフである。

【図12】図12は、本発明の一実施形態に従う、図10のシステムを用いた試験を実施するための工程図である。

【図13】図13は、本発明の一実施形態に従う、携帯端末、プロトコルテスター、制御システムとしての利用に適したコンピュータシステムのブロック図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0005】

無線基地局と通信する無線端末との関連で本発明の実施形態を示す。「端末」は、人間の利用者と接続する、すなわち人間の利用者によって使用される無線システムの無線終端装置を示す。端末は、固定端末または携帯端末のどちらでもよい。端末は、音声またはデータ、または両方の用途に使用される。「基地局」は、端末と接続先の間に介在する無線局を示すのに使用される。基地局は、集中局、インターネットのような広域ネットワーク、ローカルエリアネットワーク、都市規模ネットワーク、または直接端末と接続すること

10

20

30

40

50

がある。基地局は、これらの接続先全てに接続することもあれば、さらに多くの接続先と接続することもある。

【 0 0 0 6 】

端末や基地局を、特定の無線インタフェース標準や適用される協約に応じて、異なる用語で識別することがある。ここで使用される"端末"という用語は、例えば、携帯装置、携帯端末、携帯機器、ハンドセット、ユーザ端末、ユーザ装置、加入者装置、加入者端末といった様々な名称で呼ばれる装置を意味することがある。"基地局"という用語は、例えば、基地局装置、アクセスノード、アクセスポート、アクセス装置、eNB（発展型ノードB）、ゲートウェイ、サービングセル、サービングノードといった様々な名前と呼ばれる装置を意味することがある。

10

【 0 0 0 7 】

本発明の実施形態は、端末と基地局の間の通信チャンネルに実際の無線チャンネルが増設される場合の影響について、シミュレーションやエミュレーションを行う機能を提供する。これらの影響には、フェーディング、マルチパス、反射、他の信号源からの信号、例えばノイズ、クロスチャンネル干渉、隣接チャンネル干渉などが含まれることがある。このような影響を与える装置には、フェーダー、チャンネルエミュレータ、増設モデムなど、様々な種類の装置が挙げられる。チャンネルエミュレータという用語は、典型的には本発明の文脈において、無線伝搬チャンネルがそのチャンネルを伝搬する無線信号に及ぼす影響をエミュレートする装置を示す。これらの影響は、上述のとおり、フェーディングなどの影響を含む。

【 0 0 0 8 】

本明細書に記載される実施形態によっては、自然無線環境を仮想化して、無線装置を試験する。一例では、環境場で記録した信号やメッセージを抽出し、プロトコルテストの運用にその信号やメッセージを注入する。この抽出により、環境場で観測される時間間隔（the temporal spacing）を保持することができる。別の例においては、チャンネルエミュレータの機能を拡張し、後処理によりその拡張を支援することで、特定の無線環境を再現する。これにより、現実的な無線環境を発生させ装置を試験する一手段として、レイトリングを用いることが可能となる。別の一例では、環境場で取得した特定の組の追跡値を用いて、無線環境を記録する。これにより、環境場で経験した無線環境を実際に再現することが可能となる。さらに別の例では、現実的なセル内干渉を再現することにより、自然無線環境を発生させる。これは、試験中の装置が実際の運用で受けるようなセル負荷を再現することにより実行される。第1節

20

【 0 0 0 9 】

この節では、eNB（発展型ノードB）のような基地局と端末の間の信号伝達を実験室で再現することができることを記述する。これを実行するため、プロトコルテストの機能を拡張し、環境場試験で取得される環境場追跡値やログをテストにロードできるようにする。次にプロトコルテストは、追跡で観測されるメッセージを抽出し、そのような追跡で見つかるメッセージを用いてプロトコルテスト自体を構成する。次にプロトコルテストは、抽出されたメッセージを試験中のDUT（被験装置）に転送することが可能である。DUTは、タブレット、携帯コンピュータ、携帯電話、無線ネットワークノード、無線ルータ、無線ハブ、IoT（モノのインターネット）装置、または任意の他の装置のような様々な種類の内のいかなる無線通信機でもよい。

30

40

【 0 0 1 0 】

図1は、チャンネルを再現する従来のプロトコルテストを拡張することにより、高周波環境をエミュレートするための実験室での試験構成について、一例を示すブロック図である。端末102は、DUTとして動作し、下記のとおり、基地局、eNB又は任意の他のタイプの基地局の振る舞いを模倣するプロトコルテスト108に接続される。基地局構成部106は、環境場追跡値の収集で追跡される信号伝達に基づき、エミュレートされる基地局の状態を追跡、および維持する。実施形態によっては、DUTとプロトコルテスト間のプロトコル信号は、プロトコルテストの制御部で記録されてよい。次に、そのログにアクセスすることにより、試験の分析を行うことができる。しかしながら、本発明

50

はそれにとどまらない。

【 0 0 1 1 】

図 1 では、無線環境エミュレータ 1 1 2 はプロトコルテスターからの信号を修正し、所望の高周波環境、すなわち基地局 ( B S ) と D U T の間の無線チャンネルを模倣する。このエミュレータは単純なアッテネーターまたは複雑なフェーダーでもよい。ある事例では、このエミュレータは、プロトコルテスターからの信号のみに影響を与える。別の事例では、ノイズや干渉の環境をエミュレートすることが目的の場合、エミュレータは、他の信号も変えることがある。図示の例では、エミュレータは環境場追跡源 1 1 4 に結合している。これは、記憶装置、信号発生器、あるいは他の様々な形態のいずれかでよい。一実施形態では、環境場、すなわち自然無線環境において、自然環境を車で走行するか歩きまわって自然無線環境を記録することにより、環境場追跡値が収集される。この記録は無線環境エミュレータにより処理され、次に再生されるが、プロトコルテスターからの信号との結合も行われる。

10

【 0 0 1 2 】

この例や他の例で使用される環境場追跡値は、携帯型受信機を用いて現場で収集されるチャンネルインパルス応答 ( C I R = channel impulse response ) の形式である。あるいは、環境場追跡値は、実験室で人工的に生成されてもよい。C I R は、チャンネルを介したあらゆる種類の無線伝送のシミュレーションや分析に所望される情報を全て含むよう、広帯域チャンネル特性化として収集されることがあるが、より絞り込んだ収集も用いられることがある。携帯無線チャンネルは、時間変動するインパルス応答をもつ線形フィルターとしてモデル化されるが、時間変動は、受信機や送信機の移動、または動的な無線環境の変化に起因する。C I R は、インパルス性の刺激に対するそのようなフィルターの効果を定義する量である。実際には C I R は振幅や遅延が異なる複数のインパルスの総和で表す。

20

【 0 0 1 3 】

従前の実験室の試験では、基地局と端末の間の特定の相互作用を分離することを目的に、テストケースは一般に熟練した技術者が作成する。無線環境を精密にエミュレートするという条件で ( 概してそうはならないが ) 、基地局が環境場で経験するのと同じ状態をプロトコルテスターが完全に経験する場合のみ、そのような目的は達成することができる。しかしながら、典型的なプロトコルテスターは、一般にいくつかのさまざまな可能な基地局の大まかな近似を行うよう設計されているため、完全に同じ状態を経験することはない。つまり、プロトコルテスターは、一般的にあらゆる可能性のある基地局の全ての状態のサブセットに基づき運用されている。さらに、プロトコルテスターは、基地局メーカーが開発した、状態の一時的な進展を定義する最良または最新のアルゴリズムを備えていない。結果として、作成されたテストケースは、環境場で観測される特定の信号伝達事象のいくつかを再現する際、あまり役に立つことはない。

30

【 0 0 1 4 】

信号伝達事象をより精密に再現するため、本明細書に記載されるようにプロトコルテスターの機能を拡張し、信号伝達の再現を支援する。プロトコルテスター 1 0 8 は、内部または外部の制御部 1 1 0 によって駆動され、双方向通信チャンネルを介して、端末、チップセット、無線システム、または他の D U T 1 0 2 と通信する。

40

【 0 0 1 5 】

図 1 の例では、プロトコルテスターは、特別に作成されたテストケースの代わりに環境場追跡値を用いて構成される。環境場追跡値はまた、基地局構成ブロックが使用するのと同じ環境場追跡源 1 1 4 、または第 2 の環境場追跡値再生源 1 1 6 からプロトコルテスター 1 0 8 に直接ロードされる。環境場追跡源 1 1 6 は、プロトコルテスターの追加制御部、すなわち共制御部 1 2 2 のバッファとして動作するローダー 1 2 0 に結合する。共制御部は、試験対象のメッセージを抽出する。試験対象外の任意の他のメッセージは、プロトコルテスターの主制御部 1 1 0 に残され、生成または処理される。

【 0 0 1 6 】

二つの再生源 1 1 4 および 1 1 6 の環境場追跡値は、同一または異なってもよい。第 1

50

の環境場追跡源 1 1 4 は基地局構成モジュール 1 0 6 に向けて再生される。構成モジュールは、プロトコルテスターが環境場の基地局の振る舞いを大まかにエミュレートできるように、選択した構成信号をプロトコルテスター 1 0 8 の主制御部 1 1 0 に送信する。同一または異なる環境場追跡値はまた、無線環境エミュレータに向けて再生される。構成信号は、試験対象の D U T を構成する、いかなる信号でもよい。構成信号は、一般に D U T へのデータを含む同報通信チャネルの一部であり、基地局との通信に使用されるパラメータを記述する。制御信号は、試験中、D U T に向けて再生されることがあるが、この信号は一般的に制御プレーンの一部、または、無線通信システムの制御チャネルの一部であり、ハンドオーバー、登録、構成、チャネル割当、リソース割当などの構成処理のための信号を含む。構成、および制御に使用される特有のチャネルと信号種別は、無線のプロトコルや標準によって異なることがある。本発明の実施形態は、様々な種類の信号の処理に適合する。

10

**【 0 0 1 7 】**

試験中は一般に、プロトコルテスターまたは D U T から要求があり、次にプロトコルテスターがエミュレートする基地局から応答がある。応答後、別の信号が続くこともあるし、続かないこともある。例えば、ハンドオーバーの場合、ハンドオーバーが完了する前に構成信号が何度か交換される。

**【 0 0 1 8 】**

第 2 の環境場追跡源 1 1 6 からの環境場追跡値は、ローダー 1 2 0 によりプロトコルテスター 1 0 8 の共制御部 1 2 2 に提供され、環境場追跡値が混合器 1 2 4 で主制御部 1 1 0 からのプロトコル信号と結合するよう準備を行う。従って、プロトコルテスターの出力は、環境場追跡値から抽出され元の形式で再生される重畳信号および、一組の内部信号である。これにより、環境場追跡値の全ての信号を対象とするのではなく、分析対象の信号伝達事象を精密かつ繰り返し再生することができる。

20

**【 0 0 1 9 】**

この精密な再生では、プロトコルテスターにこれ以上複雑な要件は求められない。結果として、追加の費用を負うことなく、ほとんどの試験は環境場から実験室へ移動することができる。このことは、L T E (Long Term Evolution)、L T E - A d v a n c e d、および M I M O (Multiple Input Multiple Output) 伝送システムなど、ますます複雑化する無線通信システムで特に役立つ。

30

**【 0 0 2 0 】**

図 2 は、上述した図 1 に示す実験室試験構成の運用の工程図である。環境場追跡値が収集された後、処理 2 0 2 では、環境場追跡値から基地局構成を定義する信号を抽出する。この信号は、基地局からの構成パラメータや任意の他の所望の信号を含む。処理 2 0 4 では、構成パラメータを使用してプロトコルテスターを構成する。基地局構成部 1 0 6 は、構成パラメータを使用してプロトコルテスターの制御部を構成する。

**【 0 0 2 1 】**

処理 2 0 6 では、環境場追跡値から再生する信号を抽出する。処理 2 0 8 では、例えばチャネルエミュレータで、再生する信号を環境場追跡値から抽出する無線環境と混合する。この手順の結果、再生する信号は無線環境と同期する。このことは、図 4 B との関連で以下に記述する。処理 2 1 0 では、混合信号を D U T に送信する。

40

**【 0 0 2 2 】**

処理 2 1 2 では、D U T から任意の応答を受信し、処理 2 1 4 はこの応答をその後の分析用に記録する。処理 2 1 6 では、一連の試験が完了していなければ、さらに構成信号を D U T に向けて再生する。それ以外の場合は、この処理は終了する。

**【 0 0 2 3 】**

図 3 は、図 2 の機能を実行するための、一代替構成のブロック図である。

**【 0 0 2 4 】**

より処理能力の高い単一の制御部および単一の環境場追跡源を用いれば、図 2 の試験装置の機能のいくつかは、より少ない部品に統合することができる。図 3 に示すように、端

50

末302は、DUTとして動作する。DUTは、エミュレートされた無線チャネルを介してプロトコルテスター308と通信する。エミュレートされた無線チャネルは、無線環境エミュレータ312を介した双方向接続である。

【0025】

記録された環境場追跡値を、単一の追跡源314からエミュレータ312、プロトコルテスター308の制御部310、および基地局構成モジュール306に向けて再生する。基地局構成モジュールは、環境場追跡値のメッセージから構成パラメータを抽出し、それをプロトコルテスターの制御部に供給する。制御部はまた、環境場追跡値に含まれる他の基地局や端末からの信号を抽出し得、この信号を構成メッセージと結合してDUTに伝送し得る。無線チャネルエミュレータは、環境場追跡値からのノイズや干渉をDUTに送信する無線信号に付加する。

10

【0026】

結果として、図3の試験装置は、図2の試験装置と同一または同様な機能を実行する。この2つの例は、本明細書に記載の試験構成のいくつかの変形例を示すため、提供される。特定の実装に応じて、他にも多くの様々な変形例が可能である。

【0027】

図4Aは、ハンドオーバーに関連する特定のメッセージに対する記録した環境場追跡値の一例を示す。信号は、縦軸が参照信号受信電力(RSRP = Reference Signal Received Power)、横軸が時間のグラフで示す。この信号は、LTEのセッション層(第3層)のメッセージ記録、すなわちハンドオーバーの要求とハンドオーバーの完了に関する。グラフは、ある特定の時間に端末が電力測定信号414を送信したことを示している。ハンドオーバー要求信号410が続いた後、次にハンドオーバー完了信号412が続いている。これらの信号は、ハンドオーバー前はサービングセル273のチャネル上のトラフィック404、ハンドオーバー後はサービングセル248のチャネル上のトラフィック408を含む環境で記録される。最初の部分には、セル248からの干渉406が存在する。ハンドオーバー後の2番目の部分では、状態は反転し、セル273からの干渉402が存在する。他にも多くのノイズや干渉の発生源があるが、これらは例として示されている。

20

【0028】

図4Bは、図4Aのグラフと縦軸を揃えた同様のグラフである。ただし、図4Bは、記録された信号を示す代わりに、本明細書に記載の方法により再生した実際のデータを示す。各信号は、図4Aで示すのと同じ第3層のメッセージの再生セッションに対応する。ハンドオーバー要求430およびハンドオーバー完了432は、時間領域で精密に揃っている。他のメッセージ、すなわち端末が送信したメッセージの測定報告434は、制御の対象外である。同一のトラフィック424および428、干渉信号422および426が存在するが、いずれも時間が揃って再生されている。DUTへのメッセージは、本明細書に示すように、環境場追跡値から抽出された後、同期がとられ、プロトコルテスターによりDUTに送信される。第2節

30

【0029】

この節では、エミュレートされる無線環境がフェーダーを用いた決定論的伝搬モデルにより作成されることを記述する。空間ダイバシティは、例えばシングルユーザーMIMO、マルチユーザーMIMO、および他の伝送方式の無線通信において、ますます利用が増加している。結果として、決定論的伝搬モデルにより作成される合成チャネル追跡値は、無線端末やその部品を検証する段階でますます重要な役割を果たすことが予想されている。

40

【0030】

本明細書に記載されるように、そのような追跡値は、レイトレーサを用いて生成され、フェーダーまたはチャネルエミュレータにロードされた後、対象装置を試験するために使用される。非常に詳細な追跡を行えば、試験は、より現実的なものになる。結果として、追跡は、非常に大きな規模が必要とされることが多く、かなりの処理資源の生成が求められる。しかしながら、以下に記述するように、フェーダーの記憶装置、バッファ、メモリ

50

一の制限を超えることなく、また典型的なレイトレーサの計算機能の欠点に陥ることなく、現実的なチャンネル追跡値が生成され得る。

【0031】

上述のように、無線環境エミュレータ112および312のようなフェーダーは、一連のチャンネルインパルス応答(CIR)を用いてチャンネルをエミュレートする。チャンネルを細かくサンプリングする場合、メモリーや処理能力に関する要求が原因で追跡の生成やロードが取り扱いにくいことがある。

【0032】

メモリーや計算の負荷は、以下の運用によって軽減することがある。まず、CIRの最初のシーケンスは、密度を下げてサンプリングしたCIRの別のシーケンスに置換する。本明細書で使用するように、密度の低いサンプリングとは、単位時間または単位空間あたりのCIRのサンプル数が小さいことを示し、サンプルの流れのデータ速度を低下させる。その代わりに、密度の高いサンプリングまたはサンプリングレートは、単位時間または単位空間あたりのサンプル数がより大きくなる。次に、フェーダーに、置換後のシーケンスから最初のシーケンスを復元するのに必要な知能を備えさせる。これは、例えば、複数のCIRの置換シーケンスにおいて各CIRを以下の項目で記述する場合に実現可能であるが、これに限定するものではない。 a) 受信機の位置 b) 受信機の速度 c) タップの各要素が次の項目により表現される一連のタップ i) タップに対応するレイを特定する一意の識別子 ii) 遅延 iii) 関連合成チャンネルの利得 iv) 受信機の移動方向に関連するレイの到達角 v) 探査エージェントが観測する信号源または最後の散乱の高度を特定する角度 d) CIRの1つ前とその次のサンプルにおいて、レイがアクティブかどうかを報告するための対応する2つのフラグ

【0033】

(d)のフラグは、2つの起こりうる事例を示すことができる。第1の事例は、隣接する2つのサンプルに関してレイがアクティブである。第2の事例は、隣接する2つのサンプルの内1つのサンプルに関してのみレイがアクティブである。

【0034】

隣接する2つのサンプルにおいてレイがアクティブな場合、サンプルを取得した位置 $x_1$ と $x_2$ をつなぐセグメント内でアクティブなままであるとみなすことができる。図5は、隣接する2つのサンプルでアクティブなレイの一例を示す。この図において、 $x$ におけるレイは、 $\theta$ の到達角があるとみなされる。同様に信号源からのレイは、 $x_1$ では $\theta_1$ の角度、 $x_2$ では $\theta_2$ の角度をもつとみなされる。図5に定義するように、これらの到達角を用いてサンプル $x_1$ 、 $x_2$ における合成チャンネル利得を $h_1$ 、 $h_2$ で表すと、 $x$ における合成チャンネル利得は、例えば次の通り算出される。

【数1】

$$|h| \approx \frac{|h_2| - |h_1|}{\|x_2 - x_1\|} \|x - x_1\| + |h_1| \quad \text{Eq. 1}$$

および

【数2】

$$\angle h \approx \theta_2 + \frac{2\pi}{\lambda} \int_{x_2}^x \hat{k}(s) \cdot \hat{d}(s) ds \quad \text{Eq. 2}$$

ここで、 $\lambda$ はデータの伝送に用いる電磁波の波長、 $\hat{k}(s)$ は電磁波が伝搬している局所方向を示す単位ベクトル、 $\hat{d}(s)$ は受信機が移動している局所方向を示す単位ベクトルである。

【数 3】

$$\theta \approx \frac{\theta_2 - \theta_1}{\|x_2 - x_1\|} \|x - x_1\| + \theta_1 \quad \text{Eq. 3}$$

【数 4】

$$\varphi \approx \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{\|x_2 - x_1\|} \|x - x_1\| + \varphi_1 \quad \text{Eq. 4}$$

は、高度を示す。xにおけるレイの遅延rについては、代わりに次のように表すことができる。

【数 5】

$$\tau \approx \tau_1 + \frac{1}{c} \int_{s_1}^s \hat{k}(s) \cdot \hat{d}(s) ds \quad \text{Eq. 5}$$

ここでcは、真空での光の速度である。

【0035】

レイが1つのサンプル、例えばx1に関してのみアクティブな場合、間隔[x1, x2]は、レイが[x1, xs]に関してのみアクティブであるという条件で2つのサブセット[x1, xs]と[xs, x2]の論理和で表すことができる。容易に推測することができるが、[xs, x2]には寄与率がなく、[x1, xs]の処理は単純に数式1、数式2、数式3、数式4、数式5を用いるだけでよい。従って、この事例での唯一の問題は、xsの位置を推定することにある。これに関して、3つの事例を特定することができる。1) xsは、特定の区間内で不規則な位置に配置される。2) xsは、任意のポリシーに従って、特定の区間内で特定の位置に配置される(例えば、特定の区間の中間点)。3) 一定レベルの細分化が得られるまで特定の区間を再サンプリングした後、2つの方法のいずれかを適用する。

【0036】

本明細書に記載の簡素化と内挿の技術は、図6のブロック図に示す構成に従って、実装することができる。図6は、図1や図3に示すような試験システムの一部を示す。上記のように、信号は基地局または基地局エミュレータ608により生成または再生され、フェーダー612(またはチャネルエミュレータ)を介して試験中の端末602、すなわちDUTに送信される。フェーダーは、複数のCIRのシーケンスを用いて、無線チャネルをエミュレートする。

【0037】

複数のCIRは、幾何学的データベース632を用いて、レイトレーサ634により生成される。複数のCIRのシーケンスが完全に上記に列挙した全ての情報を含む場合、そのシーケンスはフェーダーの内挿装置638に直接提供することができる。次に内挿装置は、上述した手順に従ってCIRの最終的な合成シーケンスを生成する。しかしながら、一般に最初のシーケンスでは、典型的に受信機の速度、各レイの識別子やフラグなどの項目が欠落していることがある。

【0038】

そのような場合、後処理636は、内挿装置に有用となる可能性のある、最初のシーケンスの追加パラメータを複数生成する。これらの追加パラメータは、到達角、位置、受信機の速度など、上記パラメータの1つまたは複数を含むことがある。これらのパラメータは、内挿装置に提供される。後処理は、内挿装置638が例えば上述の手順をうまく適用できるよう、最初のシーケンスに足りないデータを加える。あるいは、後処理は、補

10

20

30

40

50

助的なデータセットとして、密度の低いシーケンスとともに、またはそれとは別に追加パラメータを送信することがある。これにより、フェーダー内部に要求される、追跡値を蓄積するためのメモリー容量の大幅な削減をもたらし、また複数のCIRのシーケンスを細かくサンプリングするために必要となる時間の節約にもつながる。

**【 0 0 3 9 】**

図6の例におけるフェーダー612は、レイトレーサから提供される、低い密度でサンプリングされた複数のCIRのシーケンスを取り込み可能な内挿装置638で拡張されている。この内挿装置は、この情報を用いて、より高いサンプリングレートで第2の組のCIRを生成する。

**【 0 0 4 0 】**

内挿装置は、既存のハードウェアに実装するか、またはフェーダーの追加または修正ハードウェアを用いてもよいが、後処理636からのCIRを用いてレイを再構築することができる。この処理は、完全でサンプリングレートの高いレイがフェーダーで蓄積または処理されることがないように、信号を端末に送信しながら実行される。

**【 0 0 4 1 】**

図7は、無線通信装置の試験を目的とした、チャンネルインパルス応答のシーケンスの生成方法に関する工程図である。この方法において、処理702では、低い密度でサンプリングされたチャンネルインパルス応答の最初のシーケンスが生成される。この処理は、幾何学的データベース632を入力として用いるレイトレーサ634が実行する。

**【 0 0 4 2 】**

処理710では、サンプリング密度の低いCIRが内挿装置638ですぐ利用可能な状態であれば、シーケンスが直接内挿装置に供給され、より密度の高い複数のCIRのシーケンスに内挿される。処理710において、内挿するための十分な情報がない場合は、シーケンスは処理704で後処理され、内挿するための情報が生成される。

**【 0 0 4 3 】**

処理706では、密度の低い最初のシーケンスから、密度の高い複数のCIRの合成シーケンスを生成する。

**【 0 0 4 4 】**

この処理は、与えられたパラメータを用いるか、または他の所望の方法で内挿することにより実行される。処理708では、合成された複数のCIRを試験チャンネルに適用する。これは、例えば図6に示すように、プロトコルテスターと試験対象の無線通信装置の間の試験チャンネルでもよい。このシーケンスは、図1、図9、図10などのシステムのように、より規模の大きい試験システムにおける端末に適用してもよい。第3節

**【 0 0 4 5 】**

この節では、装置を試験するために、装置自体または同様な装置が収集した環境場追跡値を用いて無線チャンネルが再生されることを記述する。図1は、一試験構成を示すが、この構成ではプロトコルテスターとチャンネルエミュレータにより環境場追跡値114が再生される。LTE装置に関して、無線環境を精密に表現する場合、環境場追跡値は膨大な量の情報を含まなければならない。本明細書に記載の方法に従って、そのような情報は、構成を変更することによりLTE受信機から直接収集することができる。これにより、高水準の現実性でチャンネル再生を行うことができる。

**【 0 0 4 6 】**

LTE装置は、運用中、とりわけ復調参照シンボル(DRS = Demodulated Reference Symbols)、参照信号受信電力(RSRP = Reference Signal Received Power)、物理資源ブロック(PRB = Physical Resource Block)あたりの受信信号強度表示(RSSI = Received Signal Strength Indication)、隣接セルのRSRPを計算、推定、または復元することができる。これらの数値は全て復元することができるが、端末は、一般に運用に要求されるか、または必要となる数値のみを復元する。

**【 0 0 4 7 】**

従って、これらの数値には、通常の運用では標準的に復元されないものがある。これら

10

20

30

40

50

の数値は全て、環境場で経験する環境を再生するのに役立つ。しかしながら、通常、試験技術者が全ての数値を完全に利用できることはない。

【 0 0 4 8 】

前述の内部データを記録することができる装置を用いて、現実的な再生を行うことが可能になる。携帯電話、携帯型ノートパソコン、タブレット端末などの標準的なLTE受信機を用いてデータを記録する場合、無線チャンネルは、受信アンテナ、すなわち終端装置のアンテナの指向性を考慮して記録するので、現実性が向上する。

【 0 0 4 9 】

図8は、内部データの復元、および記録ができるLTE受信機のような携帯端末を用いた収集と再生を示す図である。装置802は、無線モデム804を用いて追跡値806を収集する。これは、最初に無線サービングノードと信号リンクを確立することにより実行してもよいが、信号リンクは必須ではない。

10

【 0 0 5 0 】

受信情報は、信号リンクを確立することなく、単純に記録してもよい。追跡値は取り込まれた後、後処理808を受け、再生の準備が行われる。

【 0 0 5 1 】

再生に関しては、図1のプロトコルテスター108や図3のプロトコルテスター308などの信号発生器814により信号が生成される。一実施形態では、信号発生器は基地局エミュレータであるが、本発明はそのような事例に制限されるものではない。生成した信号は、無線チャンネルエミュレータ112や無線チャンネルエミュレータ312のようなフェーダー812に適用された後、DUTであるLTEモデム810に加えられる。このモデムは、信号の収集に用いたモデム804と同一か、または異なるモデムでもよい。

20

【 0 0 5 2 】

図9は、これらの原理、および取込再生手順をより詳細に示すブロック図である。この手順の第1ステップ902は、環境場での追跡値の収集である。第2ステップ904は、収集した追跡値の抽出と後処理である。第3ステップ906は、中間情報を作成する。第4ステップ908は、試験構成の利用である。

【 0 0 5 3 】

第1ステップでは、試験追跡値が取り込まれた後、基盤装置910から抽出される。基盤装置は、開発された製品、あるいは開発された製品の部品や開発中の製品の部品でもよい。あるいは、特別な追跡値収集システムを用いてもよい。

30

【 0 0 5 4 】

この追跡値は、干渉装置918の参照信号受信電力に対応する。この追跡値は、隣接セルの影響、または基盤装置がアクティブな同一セル内で運用している他の無線の影響に関する追跡値を保持する。受信信号強度表示/物理資源ブロック916は、物理資源ブロックあたりの総受信エネルギーに対応する。復調参照シンボル/参照信号受信電力912は、使用されるLTEの帯域幅においてチャンネルがどのように振る舞うかを同様に表示する。利用者端末資源ブロック割当914も抽出され、各サブフレームで資源ブロックをLTE受信機910に割り当てる。これらのパラメータを、LTEの用語を用いて全て表現しているが、本発明はLTEの特定の例示に制限されるものではない。追跡部902の全ての情報を、使用可能なモデム910で収集した環境場追跡値から抽出してもよい。このモデムは、環境場追跡値により環境場での所望の情報全てを収集、蓄積し、情報が復元できるよう、修正されている。

40

【 0 0 5 5 】

後処理904はこの情報を用いて関連データを抽出し、処理の一部で使用する特定のチャンネル状態を生成する。後処理は処理に適した種類の高機能な外部装置を用いて実行してもよい。例えば、最新のプロトコルテスターやコンピュータを使用してもよい。まず第1に、後処理はCIR再構築926のために行われ、復調参照シンボル/参照信号受信電力912を用いて、LTEシステムで利用する各MIMOリンクの時間変動CIRの推定値を生成する。これは、利用者端末の外部でかつDUTの試験が実行される前に実行される

50

ため、処理時間が長い最新のアルゴリズムが許容される。各リンクについてC I Rの一時的な進展を推定した後、干渉チャネル再構築924は、チャネル間干渉の傾向を記述する。もう1つの処理は、受信信号強度表示/物理資源ブロックと信号復調参照シンボル/参照信号受信電力を用いた割当再構築である。この処理を利用して、各サブフレームで他の利用者端末に割り当てる物理資源ブロックの組を決定する。特定の実装に応じて、追加の後処理を実行してもよい。

**【0056】**

後処理の後、チャネルや資源の割当情報を含む中間情報906が作成される。信号リンクチャネル938は、C I R再構築アルゴリズムに基づく、電力変動による時間変動C I Rデータである。一実施形態では、電力変動はフェーダーで発生するが、本発明はそれに

10

**【0057】**

剰余受信信号強度表示/物理資源ブロック934は、干渉チャネルの再構築に使用する中間データである。図に示すように、このデータは、後処理ステップ904の割当再構築922から導出された後、後処理ステップの干渉チャネル再構築924に供給される。干渉チャネル再構築924を用いて干渉チャネル936を生成する。剰余受信信号強度表示/物理資源ブロックを他の目的に用いることはないが、本発明はそのように限定されるものではない。

**【0058】**

20

他利用者端末RB割当932は、後処理904の割当再構築922から導出される。これは、DUT以外の利用者端末の時間変動資源ブロック割当情報である。この例では、基盤装置910が保有する資源ブロック割当は、処理914で追跡値に記録される。他利用者端末の資源ブロック割当は、一般に基盤装置が収集および追跡することはないが、処理922で割当を再構築した後、処理932で他利用者端末向けの割当を決定することにより、後処理904で抽出することができる。

**【0059】**

次に、処理906で導出される中間情報は、信号eNBと干渉eNBを構成することができる試験構成908に入力される。この事例では、信号伝達は、制御プレーンまたはデータプレーンにおける、どの種別の信号伝達でもよい。試験構成は、2つの異なる処理942と処理944を用いて作成してもよい。図に示すように、第1の処理942は、信号リンクを表し、第2の処理944は、干渉リンクを表す。2つの処理はそれぞれ、フェーダー948に結合する信号発生器946、フェーダー958に結合する信号発生器956をもつ。

30

**【0060】**

各フェーダーはそれぞれ、基盤装置910と同一か、または異なるDUT960に信号を送り込む。信号は、図10の例に示すように、最初に結合器1026で結合される。さらに、信号箱946と信号箱956は、特定の実装に応じて、対応するフェーダーで結合するか、他の方法で統合した上で同時に結合してもよい。一実施形態では、本明細書に記載するようなプロトコルテスターが信号箱として用いられる。特定の実装に応じて、送受

40

**【0061】**

各信号箱は、対応する利用者端末割当を受信する。信号eNBエミュレータ946は、収集する利用者端末向けの利用者端末資源ブロック割当914を受信する。これらの資源ブロック割当を用いて、DUT向けの正しい資源ブロック割当を適用する。信号伝達は、これらの割当に基づいて生成され、対応するフェーダー948に送信される。フェーダー948は、処理938に従って、正しいフェーディングを適用する。次に、信号箱946からの減衰した信号がDUTに送信される。

**【0062】**

干渉信号箱956は、処理906で抽出した資源ブロック割当932を受信する。これ

50

らの割当を用いて、システムにおける他利用者端末の存在をシミュレートする。フェーダー 9 5 8 は、干渉チャネル情報 9 3 6 を直接または後処理の形式で使い、信号箱 9 5 6 の信号出力を減衰させる。減衰後すぐ、この信号は、また D U T へ送信される。D U T は最終的に、試験中、被験装置の応答が追跡および測定されるよう、エミュレートされた信号 e N B と通信するか、または別の方法で通信を行う。第 4 節

#### 【 0 0 6 3 】

この節では、現実的なセル負荷をシミュレートすることにより、実験室でセル内干渉が現実的な表現で生成されることを記述する。環境場試験は、D U T の限界を試すための最も現実的な方法を提供するが、時間を浪費し、費用がかかり、また容易に繰り返すことはできない。上述した手法により、環境場で通常直面する信号伝達やフェーディングを実験室で再生することが可能になる。これにより、長期的な費用を削減し、また試験を十分繰り返すことや制御することができる。しかしながら、環境場試験の再生において考慮すべき重要な観点は、現実的な干渉の再生の実現性である。第 3 節では、物理資源ブロックあたりの受信信号強度表示と割当を追跡することにより、L T E と L T E に基づく技術への対処を行った。この節では、W C D M A (登録商標) (Wideband Code Division Multiple Access = 広帯域符号分割多元接続) システムのセル内干渉に焦点を当て、環境場で経験するセル内干渉の現実的な表現をどのように達成するかについて取り組む。

#### 【 0 0 6 4 】

セル内干渉を再生するための標準的な方法として、白色ガウス雑音を注入する方法がある。しかしながら、このような手法は効率がよくないことが多い。白色雑音は実際、干渉する W C D M A (登録商標) 信号よりも、かなり悪い影響を受信機に及ぼす。本明細書に記載するように、現実的な干渉は、通常の専用チャネルおよび共用チャネルと同期して、直交チャネル化符号でダウンリンク物理チャネルを注入することにより、生成することができる。これにより、正しいセル負荷を再構築し、その結果現実的なセル内干渉を生成する。

#### 【 0 0 6 5 】

図 1 0 は、正しいセル負荷を再構築することができる実験室試験システムのブロック図である。プロトコルテスターなどの通信試験器 1 0 0 8 は、チャネルエミュレータ 1 0 1 2 と結合する。チャネルエミュレータは、他の記述に示すような無線トランシーバー、利用者端末などの D U T 1 0 0 2 と結合する。D U T は、同様に可搬型装置または固定装置でもよいが、また無線受信機の部品または無線受信機そのものでもよい。

#### 【 0 0 6 6 】

通信試験器は、サービングセルエミュレータ 1 0 0 4 を備え、プロトコル信号、命令、および他のトラフィックを生成し、また負荷をエミュレートするセルエミュレータ 1 0 0 6 を備え、環境場試験で経験する干渉信号の近似値を生成する。2 つのセルからの信号は、それぞれフェーディングチャネル 1 0 1 4 とフェーディングチャネル 1 0 1 6 へ送信された後、結合器 1 0 2 6 へ送信される。図に示すように、負荷をエミュレートするセルは、ダウンリンクのトラフィックのみで D U T に影響を及ぼす。

#### 【 0 0 6 7 】

サービングセルエミュレータは、二重フィルター 1 0 2 2 に結合する。この二重フィルターは、アップリンクとダウンリンクの信号を分離するが、他の実施形態では、図中の他の部品内部に統合されることがある。アップリンク信号、すなわち D U T 1 0 0 2 からの信号は、第 2 の二重フィルター 1 0 2 4 で受信、分離され第 1 の二重フィルター 1 0 2 2 へ送信される。二重フィルター 1 0 2 2 は、同様に通信試験器のサービングセルエミュレータに接続されている。二重フィルター 1 0 2 2 については、他の実施形態では、二重フィルター 1 0 2 4 が図中の他の部品内部に統合されることがある。このような種類の配線により、アップリンク信号は劣化することなく、チャネルエミュレータで受信することが可能となり、そのため D U T の試験の焦点を維持することができるが、本発明はそれに限定されるものではない。高周波二重フィルター 1 0 2 2、高周波二重フィルター 1 0 2 4、結合器 1 0 2 6 は、試験手順で選択された中心周波数で動作するよう設計されている。

10

20

30

40

50

しかしながら、異なる周波数帯で試験を実施できるよう、これらの部品を調整することができる。あるいは、通信試験器がダウンリンクとアップリンクを異なるポートに関連づける場合、ハードウェア配線も行うことにより、二重フィルター 1022 の使用を避けてもよい。

#### 【0068】

説明したように、サービングセルエミュレータ 1004 からのダウンリンク信号は、二重フィルターで分離され、チャンネルエミュレータの第 1 のフェーディングチャンネル 1014 に送信される。チャンネルエミュレータの 2 つのチャンネルからの 2 つのダウンリンクチャンネルは、結合器 1026 で結合した後、第 2 の二重フィルター 1024 を介して DUT に送信される。第 2 の二重フィルターにより、DUT をアップリンクチャンネル用とダウンリンクチャンネル用を兼ねる単一コネクタに接続することが可能になる。しかしながら、特定の構成を修正して様々な異なる環境に適合させてもよいし、また実験室試験システムに使用する特定のハードウェア装置に応じて、部品を結合してもよい。さらに、環境場追跡値のような、図示しない他の信号源、テストケース、CIR 源で試験手順を完成させてもよい。

10

#### 【0069】

図に示す例では、DUT 1002 は、電源、温度、および他の条件について、試験ブロックと物理的に接触した状態にあり、また二重フィルター、結合器、チャンネルエミュレータを介して、通信試験器に接続されている。次に DUT と通信試験器を起動すると、DUT との登録処理が確立し、DUT の登録、およびサービングセル 1004 への帰属が行われる。

20

#### 【0070】

DUT が帰属すると、負荷をエミュレートするセル 1006 が起動し、直交チャンネルノイズをダウンリンク物理チャンネルに注入する状態になる。所望のレベルのセル負荷に従って、次に各フェーディングチャンネルに加える電力を変更する。例えば、第 1 のフェーディングチャンネル（サービングセル）に加える電力を減少させるか、または第 2 のフェーディングチャンネル（負荷をエミュレートするセル）に加える電力を増加させる。

#### 【0071】

図 10 に示すように、通信試験器を構成して、所望の種類 of 基地局、または他の WCDMA（登録商標）無線局をシミュレートする。図に示す例では、通信試験器は、同一のスクランブル符号を用いて、同時に 2 つの完全な WCDMA（登録商標）ダウンリンク信号をシミュレートする。この 2 つの信号はチップに同期するが、これは例えば WCDMA（登録商標）の共通フレームが 1 チップ以内に開始することを意味する。チャンネルエミュレータにより、試験装置は、シミュレートする全ての DL 物理チャンネルの相対電力割合を変更することが可能になり、また各チャンネルに対してマルチパス伝搬モデルを導入することが可能になる。試験器は、所望のチャンネル化符号で物理 DL チャンネルを生成してもよい。試験器は、また特定の電力レベルで直交チャンネルノイズを生成してもよい。

30

#### 【0072】

上述のように、第 1 の WCDMA（登録商標）セルは、「サービングセル」として構成され、被験装置（DUT）との接続を保持する。DL チャンネルの電力レベルは、WCDMA（登録商標）の標準値に設定される。この後、第 2 の WCDMA（登録商標）セルが「負荷をエミュレートするセル」として構成される。このセルは、様々な異なる構成をもってよい。一実施形態では、このセルはフレーム単位かつチップ単位でサービングセルに同期するので、共通 WCDMA（登録商標）DL 物理チャンネルおよび専用 WCDMA（登録商標）DL 物理チャンネルの電力が低減する。これにより、共通チャンネルおよび専用チャンネルとは異なるチャンネル化符号をもつ直交チャンネルノイズチャンネルに、確実に大部分の出力電力が存在することになる。

40

#### 【0073】

実際のチャンネル状態をエミュレートするため、チャンネルエミュレータを制御し、エミュレートする 2 つのセルの間の電力を調節する。これにより、2 つのチャンネルは、同一のマ

50

ルチパス特性で作成されるが、異なる出力電力をもつことが可能になる。サービングセルからのフェーディングチャンネル1は、所望のマルチパスをエミュレートするが、出力電力の観点では、共用のパイロットチャンネルのプライマリ共用パイロットチャンネル（P-CPICH = P-Common Pilot Channel）で測定される、所望の参照信号符号電力（RSCP = Reference Signal Code Power）の電力レベルに追従する。負荷をエミュレートするセルからのフェーディングチャンネル2も所望のマルチパスをエミュレートするが、このチャンネルの出力電力は、別の電力レベルに追従し、フェーディングチャンネル1とフェーディングチャンネル2からDUTへ到達する総電力は、測定される受信信号強度表示と一致する。この受信信号強度表示は、当該WCDMA（登録商標）帯域幅における受信信号強度の総和である。

【0074】

チャンネルエミュレータにおける2つのチャンネルの間の相対電力レベルを調節することにより、DUTは、プライマリ共用パイロットチャンネルの正しい電力レベル、およびデータチャンネルの正しい電力レベル（なぜなら、データチャンネルの電力制御は、パイロットチャンネルの電力に基づき決定される）を受信する。同じ理由により、DUTも環境場で測定するのと同じ受信信号強度表示の値を受信する。

【0075】

図11A、図11B、図11Cは、本明細書に記載するように、実験室構成でチャンネル間干渉（ICI = Inter-Channel Interference）を生成した場合の再生を示すグラフで、横軸を揃えて縦軸に3つの異なる環境場パラメータを示している。図11Aは受信信号強度表示を示し、単位はdBmである。図11Bはチップあたりの受信エネルギー対干渉電力スペクトル密度比（ $E_c/I_{0dB}$ ）= 参照信号符号電力対受信信号強度表示比（RSCPdB-RSSI dB）を示し、単位はdB、また図11Cは参照信号符号電力を示し、単位はdBmである。実線は実験室での再生を示し、点線は環境場の原始データである。環境場でのこれらのパラメータの値と、本明細書に記載の装置と手法を用いた実験室での値は、実質的に同じである。

【0076】

図12は、図10に示すような試験システムを用いて試験を実施するための、工程図である。図12の工程において、処理1202では、エミュレートするサービングセルにDUTを帰属させる。これは、WCDMA（登録商標）システムの基地局エミュレータでもよいが、本発明はそれに限定されるものではない。この帰属処理は、登録、チャンネル割当、チャンネル構成パラメータの通信、および他の信号伝達を含む。

【0077】

処理1204では、DUTと基地局エミュレータの間で、通信チャンネルを確立する。処理1206では、負荷をエミュレートするセルを起動する。この処理は、処理1202および処理1204の運用の前か、または後に行ってもよい。処理1208では、負荷をエミュレートするセルが、DUTとサービングセルに対応する基地局エミュレータの間に確立した通信チャンネルに干渉信号を注入する。

【0078】

直交チャンネルノイズを干渉信号として注入する。この事例では、直交ノイズは、サービングセルの共用通信チャンネルおよび専用通信チャンネルのチャンネル化符号と直交するという事実を表している。直交ノイズは、自然高周波線環境での干渉に非常に酷似している信号である。より現実的なノイズを生成するため、負荷をエミュレートするセルは、またフレーム単位かつチップ単位で、エミュレートするサービングセルに同期する。この方法では、干渉信号のフレームもサービングセルに同期する。エミュレートする2つの基地局は、同じ実験室、かつおそらく同じハードウェアでエミュレートするので、2つの基地局エミュレータを接続するか、または共通の時間基準を用いることにより信号を同期する。

【0079】

処理1210では、確立した通信チャンネルにフェーディングを適用し、エミュレートするサービングセルと負荷をエミュレートするセルの送信電力を調節する。第5節

【0080】

10

20

30

40

50

この節では、上述のシステムおよび手法で効果的に使用する演算装置について記述する。図13は、本発明の一実施形態に従う、演算装置100を示す。このような演算装置を用いて、上述のように環境場追跡値の収集、環境場追跡値の再生、プロトコルの試験、一装置としての試験を行う。演算装置100は、システム基板2を収容する。基板2は、多くの部品で構成され、処理装置4および少なくとも1つの通信パッケージ6を含むが、これに限定されるものではない。通信パッケージは、1つまたは複数のアンテナ16と結合する。処理装置4は、物理的および電氣的に基板2と結合する。通信パッケージ6と統合する、少なくとも1つのアンテナ16は、物理的および電氣的にパッケージを介して基板2と結合する。

#### 【0081】

アプリケーションに応じて、演算装置100は他の部品を含むことがあるが、これらの部品は物理的および電氣的に基板2に結合するか、または結合しなくてもよい。他の部品は、揮発性メモリー8（例えば、DRAM＝ダイナミックランダムアクセスメモリー）、不揮発性メモリー9（例えば、ROM＝リードオンリーメモリー）、フラッシュメモリー（図示しない）、画像処理装置12、デジタル信号処理装置（図示しない）、暗号処理装置（図示しない）、チップセット14、アンテナ16、タッチスクリーン表示装置などの表示装置18、タッチスクリーン制御装置20、電池22、音声符号化装置（図示しない）、映像符号化装置（図示しない）、電力増幅器24、全地球測位システム装置26（GPS）、方位計28、加速度計（図示しない）、回転儀（図示しない）、スピーカー30、カメラ32、大容量記憶装置10（ハードディスク装置など）、CDドライブ（図示しない）、DVDドライブ（図示しない）などを含むが、これに限定されるものではない。これらの部品は、システム基板2に接続するか、システム基板に搭載するか、または他の部品と結合してもよい。

#### 【0082】

通信パッケージ6は、演算装置100へのデータ伝送および演算装置100からのデータ伝送を行うため、無線通信および有線通信の少なくとも1つを動作可能にする。「無線（wireless）」という用語およびその派生語を用いて、非固体の媒体を介し電磁波を変調してデータ通信を行う、回線、装置、システム、方法、手法、通信チャネルなどを記述する。この用語は、関連装置が導線（wire）を含まないことを意味するものではないが、実施形態によっては、関連装置が導線（wire）を含まないことがある。通信パッケージ6は、多数ある無線または有線の標準やプロトコルのいずれかを実装する。標準やプロトコルは、Wi-Fi（IEEE 802.11シリーズ）、WiMAX（IEEE 802.16シリーズ）、IEEE 802.20、LTE（Long term evolution）、Ev-DO（Evolution Data Only）、HSPA+（High speed packet access plus）、HSDPA+（High speed downlink packet access plus）、HSUPA+（High speed uplink packet access plus）、EDGE（Enhanced Data Rates for GSM（登録商標）Evolution）、GSM（登録商標）（Global system for mobile communications）、GPRS（General Packet Radio Service）、CDMA（Code division multiple access＝符号分割多元接続）、TDMA（Time division multiple access＝時分割多元接続）、DECT（Digital Enhanced Cordless Telecommunications＝デジタルコードレス電話）、Bluetooth（登録商標）、イーサネット（登録商標）関連、および3G、4G、5Gと称する無線プロトコルおよび有線プロトコルなどを含むが、これに限定されるものではない。演算装置100は、複数の通信パッケージ6を含んでもよい。例えば、第1の通信パッケージ6は、Wi-FiやBluetooth（登録商標）など、近距離の無線通信専用とし、第2の通信パッケージ6は、GPS、EDGE、GPRS、CDMA、WiMAX、LTE、Ev-DOなど、長距離の無線通信専用としてもよい。

#### 【0083】

演算装置100の処理装置4は、処理装置4の内部にパッケージされた集積回路のダイを含む。この処理装置は、同じダイに結合するか、または他の部品にパッケージしてもよい。「処理装置」という用語は、レジスタおよびメモリーの少なくとも1つからの電子デ

10

20

30

40

50

ータを処理し、それをレジスタおよびメモリーの少なくとも1つに蓄積される別の電子データに変換する装置または装置の一部を表す。

【0084】

様々な実装において、演算装置100は、ラップトップ、ネットブック、ノートブック、ウルトラブック、スマートフォン、タブレット端末、携帯情報端末(personal digital assistant = PDA)、ウルトラモバイルPC、携帯電話、デスクトップパソコン、サーバー、プリンター、スキャナー、モニター、セットトップボックス、娯楽用制御装置、デジタルカメラ、携帯型音楽再生装置、またはデジタル映像記録装置の形態でもよい。さらに進んだ実装では、演算装置100は、データを処理する電子装置であれば、他の形態でもよい。

10

【0085】

実施形態は、1つまたは複数のメモリーチップ、制御装置、中央処理装置(CPU = Central Processing Unit)、基板を用いて相互接続したマイクロチップや集積回路、特定用途向け集積回路(Application specific integrated circuit = ASIC)の一部として、および/またはフィールドプログラマブルゲートアレイ(Field programmable gate array = FPGA)として実装してもよい。

【0086】

「一実施形態」、「ある実施形態」、「実施形態例」、「様々な実施形態」などの表現は、そのように記述することで、本発明の実施形態が特定の機能、構造、または特性を含むことがあるが、全ての実施形態が必ずしも当該の機能、構造、または特性を含まないことを示している。さらに、実施形態によっては、他の実施形態で記述する機能の一部や全部をもつか、またはその機能を全くもたないことがある。

20

【0087】

以下の記述と請求項では、「結合する」という用語と派生語を用いることがある。「結合する(Coupled)」という用語を用いて、2つ以上の要素がお互いに共同動作、または相互作用することを示すが、それらの要素の間には、物理的または電氣的に部品が介在する場合と、介在しない場合がある。

【0088】

請求項で用いるように、「第1の」、「第2の」、「第3の」などの序数の形容詞を用いて共通的な要素を記述する場合、特に指定しない限り、単に類似の要素を異なる例で表しているだけであり、そのように記述される各要素が、時間軸上、空間上、分類上、または他の理由により、特定の順序でなければならないことを意味するものではない。

30

【0089】

各図は、説明を記載することなく、実施形態の例を示している。記載の1つまたは複数の要素が、容易に単一の機能要素に結合する場合があることを、当業者であれば理解するであろう。あるいは、ある要素を、複数の機能要素に分割してもよい。一実施形態の要素を、別の実施形態に追加してもよい。例えば、本明細書に記載した処理は、順序を変更してもよいし、また本明細書に記載した方法に限定されるものではない。さらに、フロー図の動作は、示した順序で実行する必要はなく、また必ずしも全ての動作を実行する必要もない。また、他の動作に依存しない動作は、他の動作と同時に実行してもよい。実施形態の範囲は、決して本明細書の特定の例に限定されるものではない。仕様で明示的に記載しているかどうかに関わらず、構造、単位、および使用する材料の差異など、数多くの変形例が可能である。実施形態の範囲は、少なくとも以下の請求項に記載するのと同じ範囲である。

40

【0090】

以下の例は、さらなる実施形態に関する。異なる実施形態の様々な機能が、その実施形態が含む機能、およびその実施形態が含まない他の機能と多様に結合し、様々な異なる用途を満足する。実施形態によっては、無線通信装置を試験する装置に関するものもある。この装置は、記録された環境場追跡値を再生する環境場追跡源、再生された環境場追跡値および構成パラメータを受信して、信号を被験装置との間で送受信するプロトコルテスタ

50

一、環境場追跡源およびプロトコルテスターと被験装置の間に結合していて、再生された環境場追跡値を受信し、この再生された環境場追跡値を信号と混合し、かつプロトコルテスターと被験装置の間のチャンネルをエミュレートするチャンネルエミュレータを含む。

【0091】

さらなる実施形態では、プロトコルテスターは、再生された環境場追跡値を受信するローダーと、プロトコルテスターにより被験装置に送信される信号を抽出するコプロセッサとをさらに含む。

【0092】

さらなる実施形態では、環境場追跡値はチャンネルインパルス応答信号を含む。

【0093】

さらなる実施形態では、環境場追跡値は自然無線環境で記録された無線信号を含む。

【0094】

さらなる実施形態は、環境場追跡値から基地局構成パラメータを抽出し、この基地局構成パラメータをプロトコルテスターに送信する基地局構成モジュールを含み、プロトコルテスターは基地局構成パラメータを基地局構成モジュールから受信し、この受信した基地局構成パラメータに基づいて被験装置と信号を送受信する。

【0095】

実施形態の中には、無線通信装置を試験する方法に関するものもある。この方法は、収集された環境場追跡値から構成パラメータを抽出すること、プロトコルテスターを抽出された構成パラメータで構成すること、収集された環境場追跡値を再生すること、収集された環境場追跡値から無線環境を抽出すること、収集された環境場追跡値から再生される信号を抽出すること、再生される信号をチャンネルエミュレータ中の抽出された無線環境と結合すること、結合された信号を有線接続経由で被験装置に送信すること、有線接続経由で被験装置から再生中の信号への応答を受信すること、およびこの受信された応答を記録することを含む。

【0096】

さらなる実施形態では、再生される信号の抽出は、環境場追跡値をローダーにロードすること、プロトコルテスターのコプロセッサによりロードされた環境場追跡値を処理してこの信号を抽出することを含む。

【0097】

さらなる実施形態は、抽出された無線信号を再生された信号と同期させることを含む。

【0098】

さらなる実施形態は、再生される信号を修正して所望の無線環境を模倣することを含む。

【0099】

実施形態の中には、無線通信チャンネルを表すための一連のチャンネルインパルス応答を生成し、無線通信装置を試験する方法に関するものもある。この方法は、レイトレーサを用いて第1のサンプリングレートに対応する第1の組のチャンネルインパルス応答を生成すること、第1の組のチャンネルインパルス応答を記述する複数の追加のパラメータを生成すること、追加のパラメータを用いて、第1の組を内挿し、第1のサンプリングレートよりも高い第2のサンプリングレートに対応する第2の組のチャンネルインパルス応答を形成すること、およびこの合成シーケンスを基地局もしくは基地局エミュレータと被験装置間のチャンネルを表現するのに適用することを含む。

【0100】

さらなる実施形態では、内挿が無線チャンネルエミュレータの内挿装置中で実行され、さらに、この方法は第1の組のチャンネルインパルス応答およびパラメータを送信することを含み、内挿は付加されたパラメータを用いたチャンネルエミュレータによる内挿を含む。

【0101】

さらなる実施形態では、パラメータを生成することは、第1の組のチャンネルインパルス応答における各タップに到達する方向を表す2つの角度を記述するためのパラメータを生

10

20

30

40

50

成することを含む。

【0102】

さらなる実施形態では、パラメータを生成することは、第1の組のチャンネルインパルス応答におけるチャンネルインパルス応答ごとの受信機の位置と速度を記述するためのパラメータを生成することを含む。

【0103】

さらなる実施形態では、パラメータを生成することは、第1の組のチャンネルインパルス応答におけるチャンネルインパルス応答ごとの受信機の速度を記述するためのパラメータを生成することを含む。

【0104】

さらなる実施形態では、パラメータを生成することは、第1の組で追跡されたレイが第1の組の隣接する2つのサンプル中に存在するか否かを決定するのに十分なパラメータを生成することを含む。

【0105】

さらなる実施形態では、第1の組のチャンネルインパルス応答を生成することは、レイトレーサが動作している環境の幾何学的記述を含むデータベースを用いることを含む。

【0106】

実施形態の中には無線通信チャンネルエミュレータを含む装置に関するものもある。この無線通信チャンネルエミュレータを含む装置は、無線通信チャンネルを表し、第1のサンプリングレートに対応する第1の組のチャンネルインパルス応答を生成するレイトレーサ、第1の組のチャンネルインパルス応答を、第1の組のチャンネルインパルス応答を内挿するためのチャンネルエミュレータによる使用のための追加情報で後処理するプロセッサ、および第1のサンプリングレートより高い第2のサンプリングレートに対応し、チャンネルエミュレータと被験装置間の無線チャンネルを表す第2の組のチャンネルインパルス応答を形成する追加情報を用いて第1の組を内挿し、合成されたシーケンスを被験装置と交換される信号にかけるための無線通信チャンネルエミュレータを含む。

【0107】

さらなる実施形態では、追加情報は、第1のシーケンスのチャンネルインパルス応答の各タップに対して、受信機の到達の方向、位置、および速度を表す2つの角度の内の少なくとも1つを含む。

【0108】

実施形態の中には、無線通信装置用の現実的な試験信号を生成する方法に関するものもある。この方法は、サービング無線ノードとの信号リンクを確立し携帯端末を用いて環境場追跡値を収集すること、環境場追跡値を用いて携帯端末から信号リンクのためのチャンネル情報を抽出すること、環境場追跡値を用いて携帯端末から信号リンクのためのチャンネル割当を抽出すること、環境場追跡値から抽出されたチャンネル情報を用いて信号リンクチャンネルを再構築すること、抽出されたチャンネル割当、再構築された信号リンクチャンネル、および再構築された干渉チャンネルを、携帯端末を試験する第2の携帯端末に適用することを含む。

【0109】

さらなる実施形態では、信号リンクチャンネルを適用することは、信号リンクチャンネルを、信号箱と第2の携帯端末の間に接続されたフェーダーに適用することを含む。

【0110】

さらなる実施形態では、信号リンクチャンネルを再構築することは、環境場追跡値から信号リンクで復調された複数の参照シンボルおよびこの復調された複数の参照シンボルのための対応する受信出力を抽出すること、復調された複数の参照シンボルからチャンネルインパルス応答を再構築すること、およびチャンネルインパルス応答を用いて信号リンクノイズを生成することを含む。

【0111】

さらなる実施形態は、環境場追跡値を用いて干渉リンクのためのチャンネル情報を抽出す

10

20

30

40

50

ること、環境場追跡値を用いて干渉リンクのためのチャンネル割当を抽出すること、再生信号追跡値を用いて干渉チャンネルを再構築することを含み、適用することは再構築された干渉チャンネルを第2の携帯端末に適用することをさらに含む。

【0112】

さらなる実施形態は、干渉チャンネルの割当を用いて干渉無線ノードをエミュレートすることを含む。

【0113】

さらなる実施形態では、第1の携帯端末および第2の携帯端末は同じ端末である。

【0114】

実施形態の中には、チャンネルエミュレータを含む装置に関するものもある。このチャンネルエミュレータを含む装置は、サービング無線ノードと信号リンクを確立することにより環境場追跡値を収集する携帯端末、環境場追跡値を用いて携帯端末から信号リンクのためのチャンネル情報を抽出し、環境場追跡値を用いて携帯端末から信号リンクのためのチャンネル割当を抽出し、環境場追跡値から抽出されたチャンネル情報を用いて信号リンクチャンネルを再構築する外部推敲部、抽出されたチャンネル割当、再構築された信号リンクチャンネル、および再構築された干渉チャンネルを第2の携帯端末に適用して、この第2の携帯端末を試験するチャンネルエミュレータを含む。

10

【0115】

さらなる実施形態では、携帯端末は干渉チャンネル信号伝達および割当のための環境場追跡値を収集し、外部推敲部は干渉チャンネル信号伝達および割当をさらに抽出する。

20

【0116】

さらなる実施形態は、干渉チャンネルの割当を表す信号伝達を生成し、その信号伝達を同じまたはもう一つのチャンネルエミュレータに提供する信号箱を含む。

【0117】

実施形態の中には、無線通信装置を試験する方法に関するものもある。この方法は、被験装置をエミュレートするサービングセルに帰属させること、被験装置とエミュレートされたサービングセル間の通信チャンネルを確立すること、負荷をエミュレートするセルを起動すること、負荷をエミュレートするセルから確立された通信チャンネルに干渉を注入すること、フェーダーを確立した通信チャンネルに適用し、エミュレートされたサービングセルと負荷をエミュレートするセルの間の送信電力を調節することを含む。

30

【0118】

さらなる実施形態では、エミュレートされたサービングセルおよび負荷をエミュレートするセルからのダウンリンクチャンネルの送信電力は、WCDMA（登録商標）のNode Bのための標準値に設定される。

【0119】

さらなる実施形態では、負荷をエミュレートするセルがエミュレートされたサービングセルにフレーム単位かつチップ単位で同期される。

【0120】

さらなる実施形態では、干渉を注入することは、直交チャンネルノイズを注入することを含み、このチャンネルノイズはエミュレートされたサービングセルにおける通信チャンネルに直交する。

40

【0121】

さらなる実施形態では、通信チャンネルはWCDMA（登録商標）チャンネルであり、直交チャンネル干渉は共通チャンネルおよび専用チャンネルとは異なるチャンネル化符号を有する。

【0122】

さらなる実施形態では、フェーダーを適用することは、エミュレートされたサービングセルまたは負荷をエミュレートするセルの送信電力を変えることを含む。

【0123】

さらなる実施形態では、通信チャンネルはWCDMA（登録商標）チャンネルであり、負荷をエミュレートするセルのための送信電力を変更することは、エミュレートされたサービ

50

ングセルの送信電力に対して、共通および専用のWCDMA（登録商標）ダウンリンク物理チャンネルを変更することを含む。

【0124】

さらなる実施形態では、通信チャンネルはWCDMA（登録商標）チャンネルであり、負荷をエミュレートするセルのための送信電力を変更することは、エミュレートされたサービングセルの送信電力に対して直交するチャンネル干渉電力を変更することを含む。

【0125】

さらなる実施形態では、フェーダーを適用することは、エミュレートされたマルチパス伝搬チャンネルを被験装置とエミュレートされたサービングセル間の通信チャンネルに適用すること、およびエミュレートされたマルチパス伝搬チャンネルを被験装置と負荷をエミュレートするセルの間の通信チャンネルに適用することを含む。

10

【0126】

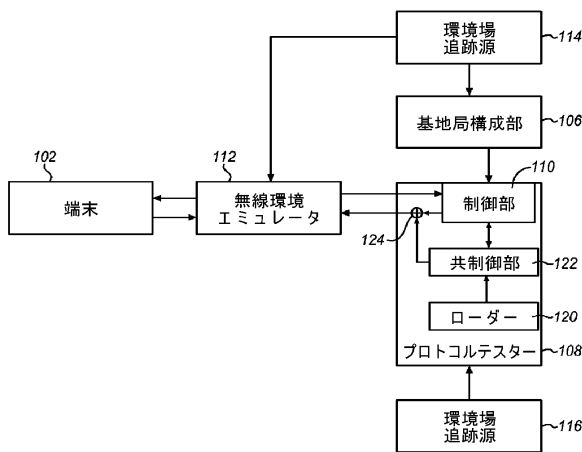
さらなる実施形態では、エミュレートされたマルチパス伝搬チャンネルを適用することは、マルチパスと直通チャンネルをフレーム単位かつチップ単位で、フェーダーからの信号出力と同期させることを含む。

【0127】

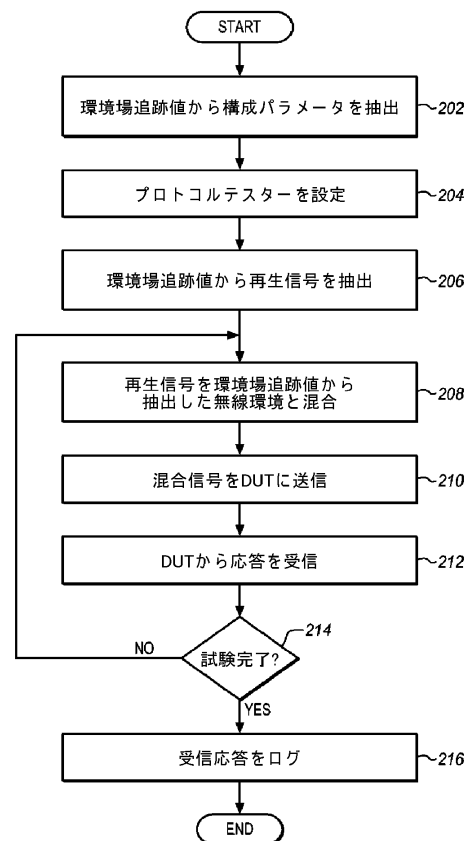
実施形態の中には、フェーダーを含む装置に関するものがある。このフェーダーを含む装置は、帰属された被験装置との通信チャンネルを確立するエミュレートされたサービングセルと、干渉を確立された通信チャンネルに注入する負荷をエミュレートするセルと、確立された通信チャンネル中に設けられ、エミュレートされたサービングセルと負荷をエミュレートするセルの間の送信電力を調節するフェーダーを含む。

20

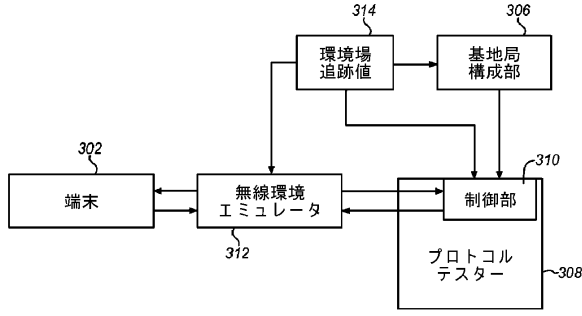
【図1】



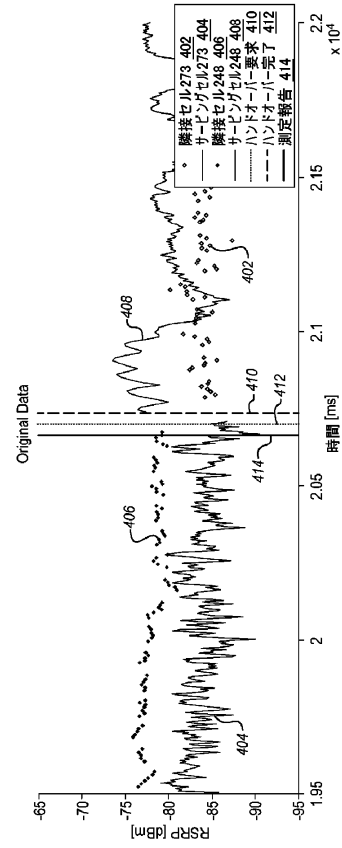
【図2】



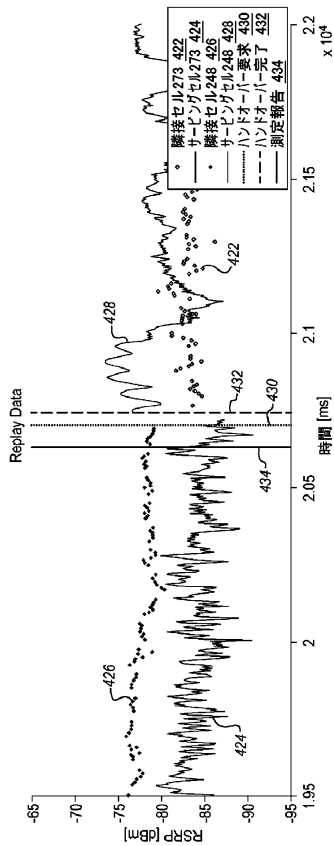
【図3】



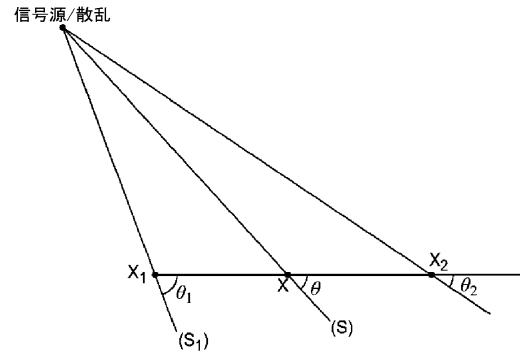
【図4A】



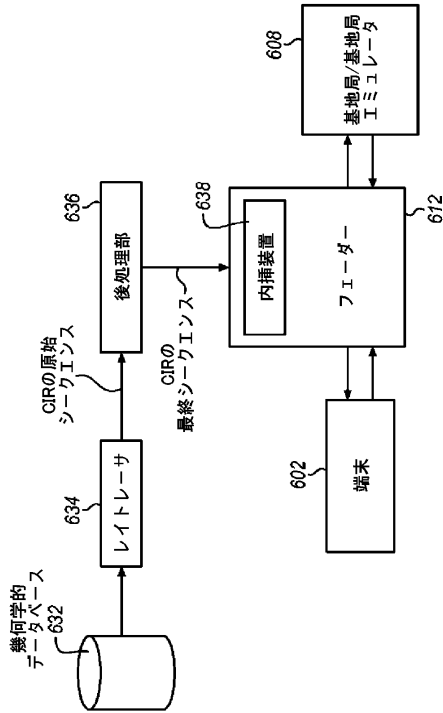
【図4B】



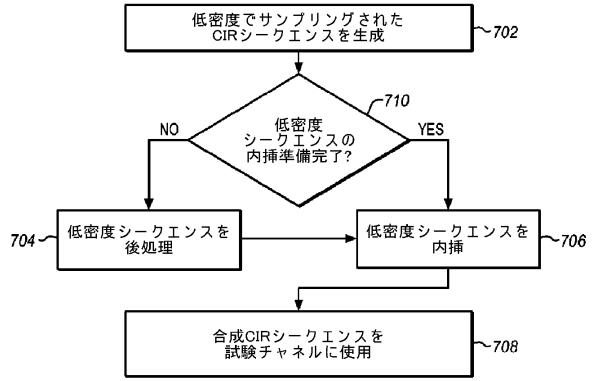
【図5】



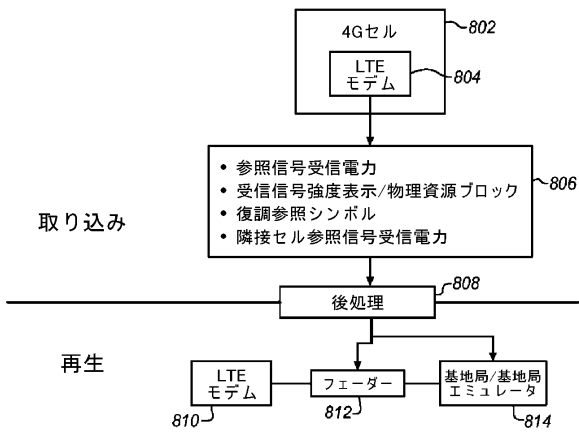
【図6】



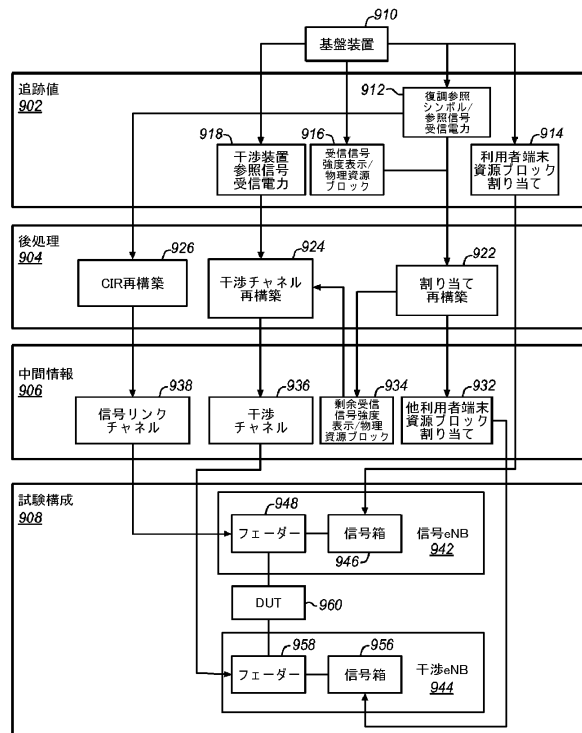
【図7】



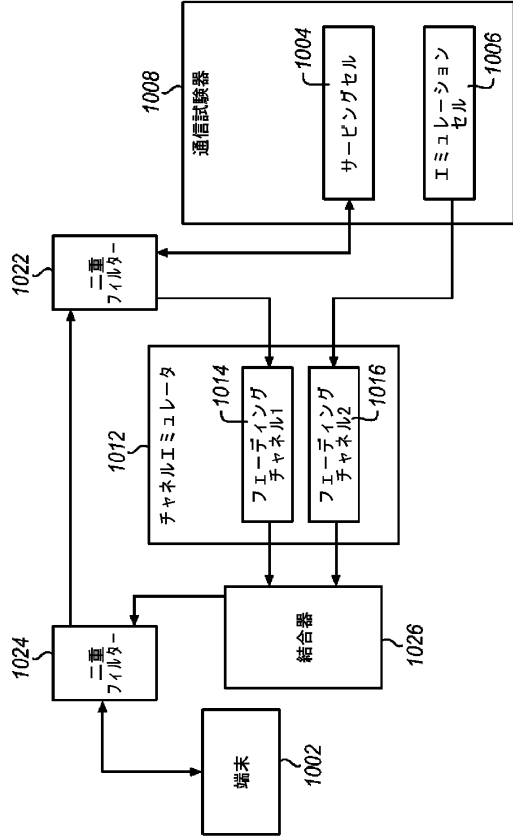
【図8】



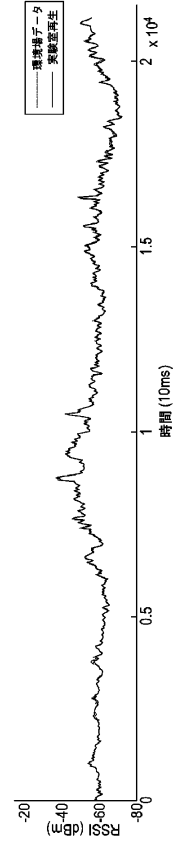
【図9】



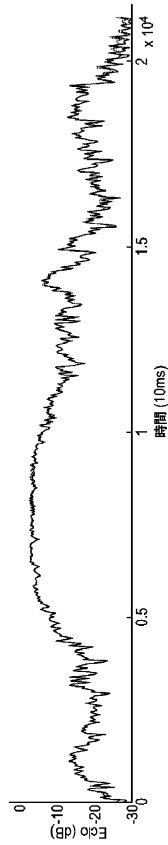
【図10】



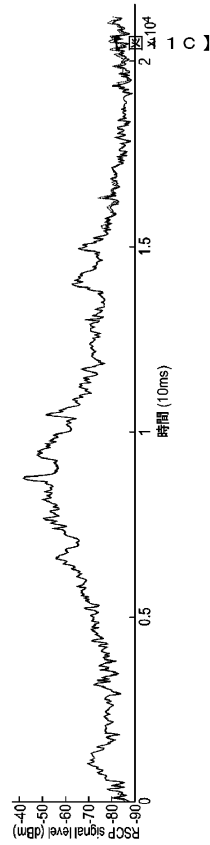
【図11A】



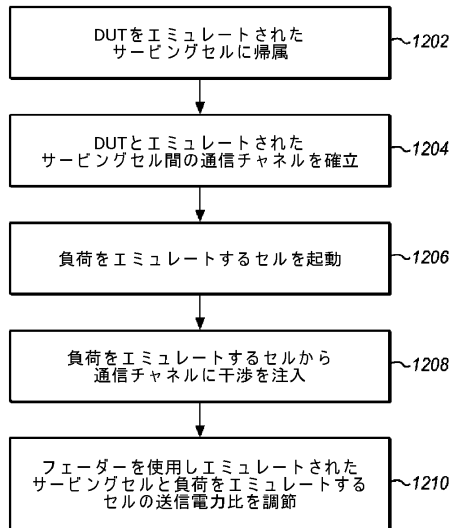
【図11B】



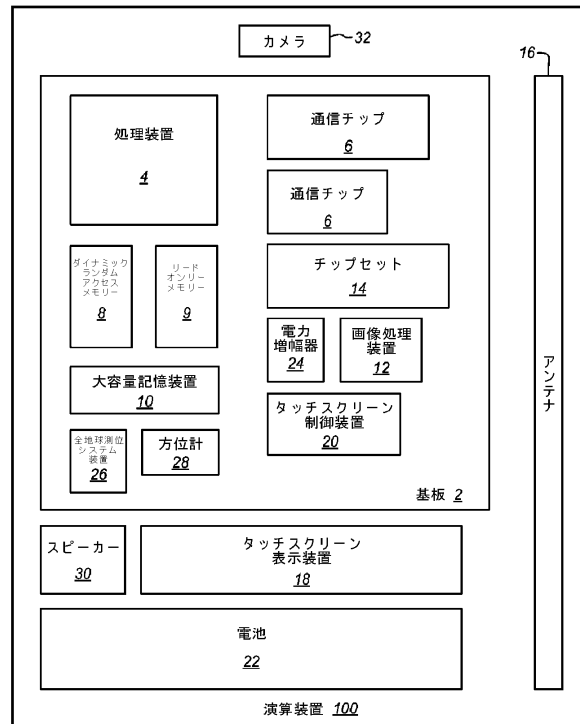
【図11C】



【図12】



【図13】



## フロントページの続き

- (72)発明者 バレンシア、トーマソ  
アメリカ合衆国、95054 カリフォルニア州、サンタクララ ミッション カレッジ ブーレ  
バード 2200 インテル アイピー コーポレーション内
- (72)発明者 ロム、クリスチャン  
アメリカ合衆国、95054 カリフォルニア州、サンタクララ ミッション カレッジ ブーレ  
バード 2200 インテル アイピー コーポレーション内
- (72)発明者 ブラウエンダル、ジェスパー  
アメリカ合衆国、95054 カリフォルニア州、サンタクララ ミッション カレッジ ブーレ  
バード 2200 インテル アイピー コーポレーション内
- (72)発明者 フロスト、チャーノ  
アメリカ合衆国、95054 カリフォルニア州、サンタクララ ミッション カレッジ ブーレ  
バード 2200 インテル アイピー コーポレーション内
- (72)発明者 ゲェン、ハン トゥアン  
アメリカ合衆国、95054 カリフォルニア州、サンタクララ ミッション カレッジ ブーレ  
バード 2200 インテル アイピー コーポレーション内
- (72)発明者 ローア、マレク  
アメリカ合衆国、95054 カリフォルニア州、サンタクララ ミッション カレッジ ブーレ  
バード 2200 インテル アイピー コーポレーション内

審査官 前田 典之

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2014/0154995 (US, A1)  
特開2000-224119 (JP, A)  
特開2010-232976 (JP, A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 17/391  
H04B 17/16  
H04B 17/29  
H04L 29/14  
H04W 24/06