

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-22002

(P2010-22002A)

(43) 公開日 平成22年1月28日(2010.1.28)

(51) Int.Cl.
H03M 1/12 (2006.01)F I
H03M 1/12テーマコード (参考)
5J022

審査請求 有 請求項の数 25 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2009-164615 (P2009-164615)
 (22) 出願日 平成21年7月13日 (2009.7.13)
 (31) 優先権主張番号 12/171,696
 (32) 優先日 平成20年7月11日 (2008.7.11)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. GSM

(71) 出願人 501209070
 インフィネオン テクノロジーズ アクチ
 エンゲゼルシャフト
 ドイツ連邦共和国 85579 ノイビー
 ベルク アム カンペオン 1-12
 (74) 代理人 110000338
 特許業務法人原謙三国際特許事務所
 (72) 発明者 マルクス ドミニク ミュック
 ドイツ連邦共和国, 82008 ウンター
 ハッピング, ミュンヒェナー シュトラ
 セ 21

Fターム(参考) 5J022 AA01 BA04 BA09 CD05

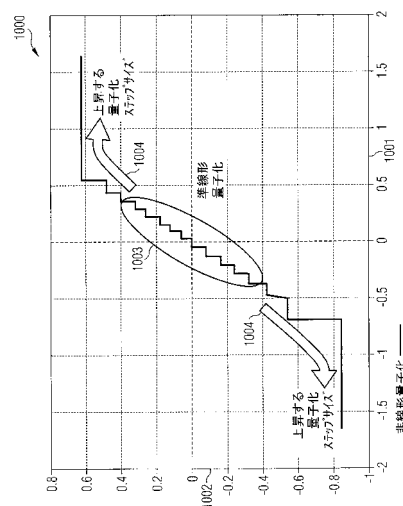
(54) 【発明の名称】 信号値を量子化する方法および量子化器

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 少ない電力消費および少ない量子化誤差の改善された量子化方法を提供する。

【解決手段】 2つの量子化ステップ間における量子化ステップ幅が、同数の量子化ステップを有する線形量子化とは、多くとも当該同数の量子化ステップを有する線形量子化のステップ幅だけ異なる、複数の量子化ステップを有する第1の量子化に従って、第1の数値範囲内にある信号値を量子化する工程と、2つの量子化ステップ間における量子化ステップ幅が、上記第1の量子化の2つの量子化ステップ間における量子化ステップ幅よりも大きい、複数の量子化ステップを有する第2の量子化に従って、第2の数値範囲内にある信号値を量子化する工程とを含む。

【選択図】 図10



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

無線インターフェースを介して受信または伝送される信号の信号値を量子化する方法であって、

2つの量子化ステップ間における量子化ステップ幅が、同数の量子化ステップを有する線形量子化とは、多くとも上記同数の量子化ステップを有する線形量子化のステップ幅だけ異なる、複数の量子化ステップを有する第1の量子化に従って、第1の数値範囲内にある信号値を量子化する工程と、

2つの量子化ステップ間における量子化ステップ幅が、上記第1の量子化の2つの量子化ステップ間における量子化ステップ幅よりも大きい、複数の量子化ステップを有する第2の量子化に従って、第2の数値範囲内にある信号値を量子化する工程とを含む、方法。

10

【請求項 2】

上記第1の量子化の複数の量子化ステップは、同数の量子化ステップを有する線形量子化の量子化ステップとは、多くとも当該同数の量子化ステップ数を有する線形量子化のステップ幅だけ異なる、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

上記第2の数値範囲内にある信号値の絶対値は、上記第1の数値範囲内にある信号値の絶対値よりも大きい、請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

上記第2の量子化の量子化ステップ幅は、上記第2の数値範囲内にある信号値の絶対値の増加に伴って増加する、請求項1に記載の方法。

20

【請求項 5】

上記第1の数値範囲は、予想される最大信号値の絶対値の最大でも3分の1である絶対値を有する信号値を含む数値範囲である、請求項1に記載の方法。

【請求項 6】

上記第2の数値範囲は、受信されると予想される最大信号値の絶対値の3分の1よりも高い絶対値を有する信号値を含む数値範囲である、請求項1に記載の方法。

【請求項 7】

上記第1の数値範囲の定義は、上記信号の信号値の確率分布関数の近似に基づいている、請求項1に記載の方法。

30

【請求項 8】

上記信号の信号値の確率分布関数は、当該信号値の確率分布関数の区分線形近似とは、最大でも0.1だけ異なる、請求項1に記載の方法。

【請求項 9】

上記信号の信号値の確率分布関数は、当該信号値の確率分布関数の区分線形近似とは、最大でも0.05だけ異なる、請求項1に記載の方法。

【請求項 10】

上記確率分布関数の区分線形近似は、y軸に対して軸対称である、請求項7に記載の方法。

【請求項 11】

上記第1の数値範囲は、上記確率分布関数の区分線形近似が一定である数値範囲に対応するように定義される、請求項7に記載の方法。

40

【請求項 12】

上記確率分布関数の区分線形近似は、0と第1の正值との間の第1の区間において一定であり、上記第1の正值と第2の正值との間の第2の区間において線形に減少し、上記第2の正值と第3の正值との間の第3の区間において線形に減少する、請求項8に記載の方法。

【請求項 13】

上記第2の区間における線形の減少は、上記第3の区間における線形の減少よりも急速である、請求項12に記載の方法。

50

【請求項 14】

上記第1の数値範囲は、上記第1の区間、および、x軸の負の部分における反映された第1の区間に対応するように定義される、請求項12に記載の方法。

【請求項 15】

上記第2の数値範囲は、上記第2の区間、上記第3の区間、x軸の負の部分における反映された第2の区間、および、x軸の負の部分における反映された第3の区間に対応するように定義される、請求項12に記載の方法。

【請求項 16】

上記第2の正值と上記第1の正值との比率は、最大でも1.1であるとともに少なくとも2である、請求項12に記載の方法。

10

【請求項 17】

上記第2の正值と上記第1の正值との比率は、最大でも1.05である、請求項12に記載の方法。

【請求項 18】

上記第3の正值と上記第2の正值との比率は、最大でも2であるとともに少なくとも1.2である、請求項12に記載の方法。

【請求項 19】

上記第3の正值と上記第2の正值との比率は、最大でも1.5である、請求項12に記載の方法。

【請求項 20】

無線インターフェースを介して受信または伝送される信号の信号値を量子化する量子化器であって、

20

2つの量子化ステップ間における量子化ステップ幅が、同数の量子化ステップを有する線形量子化とは、多くとも当該同数の量子化ステップを有する線形量子化のステップ幅だけ異なる、複数の量子化ステップを有する第1の量子化に従って、第1の数値範囲内にある信号値を量子化するように構成された、第1の量子化回路と、

2つの量子化ステップ間における量子化ステップ幅が、上記第1の量子化の2つの量子化ステップ間における量子化ステップ幅よりも大きい、複数の量子化ステップを有する第2の量子化に従って、第2の数値範囲内にある信号値を量子化する、第2の量子化回路とを含む、量子化器。

30

【請求項 21】

上記量子化器は、無線通信装置内のアナログ／デジタル変換器またはデジタル／アナログ変換器の一部である、請求項20に記載の量子化器。

【請求項 22】

通信装置から受信された信号または通信装置に伝送される信号を量子化する方法であって、

第1の量子化に従って、上記通信装置に伝送される信号を量子化する工程と、

第2の量子化に従って、上記通信装置から受信された信号を量子化する工程とを含み、

上記第1の量子化は、上記第2の量子化が量子化ステップを含まない信号値において、量子化ステップを含んでおり、

40

上記第2の量子化は、上記第1の量子化が量子化ステップを含まない信号値において、量子化ステップを含んでいる、方法。

【請求項 23】

上記通信装置は、移動体端末または基地局である、請求項20に記載の方法。

【請求項 24】

通信装置から受信された信号または通信装置に伝送される信号を量子化する量子化器であって、

第1の量子化に従って、上記通信装置に伝送される信号を量子化するように構成されている第1の量子化回路と、

第2の量子化に従って、上記通信装置から受信された信号を量子化するように構成され

50

ている第2の量子化回路とを備え、

上記第1の量子化は、上記第2の量子化が量子化ステップを含まない信号値において、量子化ステップを含んでおり、

上記第2の量子化は、上記第1の量子化が量子化ステップを含まない信号値において、量子化ステップを含んでいる、量子化器。

【請求項25】

通信装置から受信された信号または通信装置に伝送される信号を量子化する方法であって、

上記通信装置に伝送される信号の信号値の確率分布に適応されている第1の量子化に従って、上記通信装置に伝送される信号を量子化する工程と、

上記通信装置から受信された信号の信号値の確率分布に適応されている第2の量子化に従って、上記通信装置から受信された信号を量子化する工程とを含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の詳細な説明】

【0001】

〔技術分野〕

実施形態は、概して、信号値を量子化する方法および量子化器に関する。

【0002】

〔背景〕

無線通信システムでは、アナログからデジタルおよびデジタルからアナログへの変換が行われる。本質的にこれらの変換では、信号値の量子化が行われる。用いられる量子化のタイプおよび設計は、量子化誤差（ひいては信号対雑音比）と、量子化を行う回路の電力消費とに影響を及ぼす。少ない電力消費および少ない量子化誤差が望まれることから、改善された量子化方法が必要とされている。

【0003】

〔図面の簡単な説明〕

全ての図面において、同様の参照符号は概して同一の箇所を示す。これらの図面は、互いに相対的な縮尺になっているとは限らず、代わりに、様々な実施形態の原理を示す箇所が概して強調されている。以下の説明では、様々な実施形態について図面を参照しながら説明する。

図1は、アップリンクおよびダウンリンク用の3GPP LTE規格の枠組み内における線形量子化器の伝達関数を示す図である。

図2は、典型的なLTE構造内におけるアップリンク信号およびダウンリンク信号の正規化された確率密度関数(PDF)を有する図表を示す図である。

図3は、一実施形態に係る通信システムを示す図である。

図4は、無線インターフェースを介して受信または伝送される信号の信号値を量子化する方法を示す図である。

図5は、通信装置から受信された信号または通信装置へ伝送される信号を量子化する方法を示す図である。

図6は、一実施形態に係る信号処理構成を示す図である。

図7は、一実施形態に係る信号処理構成を示す図である。

図8は、マルチパス環境用の信号例の正規化された確率密度関数を有する図表を示す図である。

図9は、LTE構造内におけるアップリンク信号およびダウンリンク信号の正規化された確率密度関数を有する3つの図表を示す図である。

図10は、一実施形態に係る量子化器の伝達関数を有する図表を示す図である。

図11は、一実施形態に係るフローチャートを示す図である。

図12は、一実施形態に係る機能グラフを示す図である。

図13は、一実施形態に係るフローチャートを示す図である。

【0004】

〔説明〕

移動体通信システムでは、情報を交換するために、移動体端末（ユーザ装置（User Equipment；UE）とも称される）と基地局との間において無線リンクが使用される。このため、交換される情報（例えば、テキストメッセージ、ビデオクリップ等）は、無線伝送に適した無線信号に変換される。

【0005】

典型的には、そのような変換処理は以下の工程に分割されうる（記載されている順序は伝送のための順序であって、受信には逆の順序が適用される）：

i）ベースバンド処理（チャンネル符号化等の、伝送されるデータのデジタル処理を含む）、

i i）伝送のためのデジタル／アナログ（D／A）変換（または、受信のためのアナログ／デジタル（A／D）変換）、および、

i i i）無線周波数（RF）処理。

【0006】

一実施形態では、上記第2の工程、すなわちA／D変換およびD／A変換に焦点が当てられる。

【0007】

A／D部品およびD／A部品の電力消費は、それらの入力信号の特性およびそれらの量子化誤差のサイズに密接に関連しているため、例えば移動体端末および基地局において、A／D部品およびD／A部品の電力消費を最小限にすることを目的とする場合、以下の問題が生じる：

1）i）特定の平均量子化誤差レベルでの電力消費を最小限にするために、i i）特定の電力消費での平均量子化誤差を最小限にするために、または、i i i）これら2つを混ぜ合わせた目的のために、基地局および移動体端末の両方におけるA／D部品およびD／A部品の最適な設定をどのように選択するのか。

【0008】

2）移動体通信システム内で生じる入力信号特性を考慮に入れながら、最適なA／D量子化戦略、および／または、D／A量子化戦略（すなわち、A／D部品（および／または、D／A部品）の入力と出力との最適な関係）をどのように選択するのか。

【0009】

一実施形態では、3GPP 長期発展（Long Term Evolution；LTE）規格の枠組みに準拠した移動体無線通信システムが使用される（しかし別の実施形態では、任意の他の移動体無線通信規格に準拠した他の任意の移動体無線通信技術が提供されうる）。例えば、一実施形態では、（逆フーリエ変換に基づく）従来の直交周波数分割多重（Orthogonal Frequency Division Multiplexing；OFDM）変調器と、フーリエ変換係数を含むプリコーディング行列とを組み合わせた、特別な3GPP LTEアップリンク変調方式のための量子化方法が提供されうる。

【0010】

入力信号特性とは無関係な量子化に対しては、標準的な線形量子化方法が用いられうる。従って、量子化のステップサイズは、例えば入力信号電力に応じて選択されうる。

【0011】

図1は、アップリンクおよびダウンリンク用の3GPP LTE規格の枠組み内における線形量子化器の伝達関数を示している。図表100では、入力値（x軸103に沿って示されている）と出力値（y軸104に沿って示されている）との関係が、例えばSC-OFDMに準拠した信号の入力値に用いられる線形量子化（曲線102）と、例えばOFDMAに準拠した信号の入力値に用いられる線形量子化（曲線101）とに対して示されている。

【0012】

アップリンクおよびダウンリンクの最適なステップサイズは、複数の異なる信号特性ゆえに、同一の電力レベルにおいて異なりうる。分かり易くするために、図1には16の量

10

20

30

40

50

子化ステップが示されている。

【0013】

鍵となる問題は、A/D変換器、および/または、D/A変換器における固有の量子化への入力信号値の分配に見られる。

【0014】

図2は、典型的なLTE構造内におけるアップリンク信号およびダウンリンク信号の正規化された確率密度関数(probability density function; PDF)を示す図表200を示している。電力レベルは、用いられる信号キャリアの平均電力が1となるように選択される。

【0015】

x軸205に沿って、信号値が示されている。y軸206に沿って、確率が示されている。図表200は、アップリンク伝送信号の虚数値(曲線201)、アップリンク伝送信号の実数値(曲線202)、ダウンリンク伝送信号の虚数値(曲線203)、およびダウンリンク伝送信号の実数値(曲線204)の確率分布関数を示している。

【0016】

確率分布関数(probability distribution function; PDF)は、負の無限大から正の無限大までの積分が1と等しくなる関数である。PDFを示す図では、PDFは、最大値が1となるようにスケールされている。これには2つの理由がある：i)図の解釈が促進される、および、ii)数値的に不安定となりうる、ひいては誤りうる積分の数値計算が回避される(すなわち、誤る可能性のある計算結果が回避される)。従って、適用可能な場合であれば、「確率密度関数」という用語は、このように正規化された確率密度関数、すなわち「正規化された確率密度関数」を言う。さらに、正規化された確率密度関数が一実施形態に従って生成または使用される場合、これはまた、(正規の、すなわち、積分1を有する)確率密度関数が生成または使用されること、およびその逆も意味する。

【0017】

図2に示されている分布グラフからは、線形量子化の使用の特性が分かる：

1) 平均二乗量子化誤差を最小限にするためには、量子化範囲にわたって入力信号を一定に分配する線形量子化法が最適である。しかし、図2に示されているような一定でないPDFは、複数の異なる量子化要件を生じさせる：量子化誤差は、最も頻繁に生じる数値範囲では可能な限り小さくしなければならない。他方で、量子化誤差制限を、非常に稀にしか生じない数値範囲では軽減することができる。従って、線形量子化に基づく標準的な方法によって、準最適な解決策がもたらされる。この直観的な考えは、一実施形態において、最適な量子化ステップの順序を厳密に誘導する基礎として用いられる。固定数の量子化ステップにおいて、最適化された量子化ステップ設定を用いて、より良好な雑音レベルを得ることができる。この最適化された量子化ステップ設定によって、場合によっては、必要とされる量子化ビット数を低減することもでき、これにより量子化を含む部品の電力消費を低減することができる。

【0018】

2) 従来、アップリンク信号およびダウンリンク信号には、同様の量子化タイプ(すなわち線形量子化)が使用されている。しかし、例えばLTEでは、図2に見られるように、確率分布はアップリンク信号とダウンリンク信号とでは異なる。従って、一実施形態によれば、以下の特別な構成が考慮される：

a) ユーザ装置(UE)：A/D変換は、一実施形態では、ダウンリンク信号を受信するように適応される。最適な量子化ステップ順序の対応する選択は、例えば、図2に示されているようなダウンリンクPDFの形式に基づいている。標準的なOFDMシンボルでは、対応する実時間領域信号および虚時間領域信号のPDFは準ガウスである。他方、D/A変換は、一実施形態では、アップリンク信号を送信するように適応される。このアップリンク信号は、例えば3GPP LTEアップリンク信号、または、3GPP LTEアップリンク信号に(その信号値分布に関して)特性が類似したアップリンク信号である。最適な量子化ステップ順序の選択は、例えば、上述のようなアップリンクPDFの形式

10

20

30

40

50

に基づいている。このように上記例では、このPDFは、ゼロ付近の数値範囲（この例において使用される平均電力の約 $-0.3 \dots +0.3$ ）においてほぼ一定であり、その後急激に低下する。これは、一実施形態では、線形に近い量子化がほぼ一定の数値範囲に適した量子化として用いられる一方で、「より粗い」量子化（すなわち、量子化ステップ幅がより大きい量子化）が、一実施形態では、残りの値（すなわち、より大きい信号値）には十分であると考えられることを意味している。

【0019】

b) 基地局(BS)：A/D変換は、一実施形態では、アップリンク信号を受信するように適応され、D/Aは、ダウンリンク信号を送信するように適応される。これは、一実施形態では、部品構成が、使用される量子化方法に関して、移動体端末に比べて逆に構成されていることを意味する。

10

【0020】

上述のように、A/D、および/または、D/Aの固有の（線形）量子化の典型的な実施は、例えば3GPP LTEの状況においては準最適であり、また、（特別に最適化された量子化と比較して）i) 平均二乗量子化誤差が高くなり、およびii) 量子化ビット数の要件が高くなり、これによって平均二乗量子化誤差目標を満たすための電力消費が高くなりうるということが分かっている。

【0021】

後者においては、A/D部品の電力消費は、典型的には、2を有効ビット数(effective number of bits; ENOB)で累乗した値に比例することに留意されたい。これは、追加の各ビットが、A/D部品の電力消費を約2倍にすることが予想されることを意味している。例えば、ENOBが11.2ビットで、20メガサンプル/秒を提供する適切な部品の予想されるA/D電力消費は、120mWでありうる。従って、ENOB要件の低減によって、数十mWの電力消費低下につながると予想される。

20

【0022】

図3は、一実施形態に係る通信システムを示している。

【0023】

本実施例における通信システムは、移動体無線通信システムである。移動体端末301は、例えばコアネットワーク304に結合された移動体無線通信ネットワーク302と通信しうる。この移動体無線通信ネットワークは、無線アクセスネットワーク303を含んでいる。上記移動体無線通信ネットワークは、基地局305を含みうる。移動体端末301は、無線信号を用いて基地局305とデータを交換する。これを行うために、移動体端末301は、無線周波数フロントエンド部品307（例えば無線周波数回路）に結合されたアンテナ306を含んでいる。無線周波数フロントエンド部品307は、ベースバンド回路308に結合されている。無線周波数フロントエンド部品307からベースバンド回路308に伝送された信号は、第1のA/D変換部品309によってアナログからデジタルへ変換され、ベースバンド回路308から無線周波数フロントエンド部品307に伝送された信号は、第1のD/A変換部品310によってデジタルからアナログへ変換される。無線周波数フロントエンド部品307は、例えば、1つ以上のミキサ、および/または、1つ以上のフィルタを含んでいる。これは、受信した信号からベースバンド信号を抽出するか（受信用）、または、ベースバンド信号に基づいた伝送に用いられる周波数帯域内に伝送信号を生成する（伝送用）ためである。ベースバンド回路308は、例えばOFDMで、（デジタル）ベースバンド信号を処理し、逆高速フーリエ変換（伝送用）または高速フーリエ変換（受信用）を行う。

30

40

【0024】

同様に、基地局305は、無線周波数フロントエンド部品312に結合されたアンテナ311を含んでいる。無線周波数フロントエンド部品312は、ベースバンド回路313に結合されている。無線周波数フロントエンド部品312からベースバンド回路313に伝送された信号は、第2のA/D変換部品314によってアナログからデジタルへ変換され、ベースバンド回路313から無線周波数フロントエンド部品312に伝送された信号

50

は、第 2 の D/A 変換部品 315 によってデジタルからアナログへ変換される。

【0025】

一実施形態では、第 1 の A/D 変換部品 309、第 1 の D/A 変換部品 310、第 2 の A/D 変換部品 314、および/または、第 2 の D/A 変換部品 315 において行われる量子化は、図 4 に示されているように行われる。

【0026】

図 4 には、無線インターフェースを介して受信または伝送される信号の信号値を量子化する方法が示されている。

【0027】

401 では、複数の量子化ステップを有する第 1 の量子化に従って、第 1 の数値範囲内の信号値が量子化される。上記第 1 の量子化では、2 つの量子化ステップ間における量子化ステップ幅は、同数の量子化ステップを有する線形量子化とは、多くとも当該同数の量子化ステップを有する線形量子化のステップ幅だけ異なる。一実施形態では、第 1 の量子化は擬似線形量子化であると見なされうる。

【0028】

402 では、複数の量子化ステップを有する第 2 の量子化に従って、第 2 の数値範囲内の信号値が量子化される。上記第 2 の量子化では、2 つの量子化ステップ間における量子化ステップ幅は、第 1 の量子化の 2 つの量子化ステップ間における量子化ステップ幅よりも大きい。第 2 の量子化は、一実施形態では、非線形量子化である。

【0029】

図 4 に示されている順序は、例証するためのみの順序であって、第 1 の数値範囲内の信号値または第 2 の数値範囲内の信号値の量子化は、特定の順序で行われる必要はなく、任意の順序で行われてもよいし、あるいは同時に行われてもよい。複数とは、例えば 3 つ以上を意味する。

【0030】

一実施形態では、値の量子化は、1 セットの離散値内の値の表現、すなわち、例えば、第 1 の設定（例えば、アナログ値または離散値の数値範囲）内の値の、第 2 の設定（例えば、離散値の数値範囲）へのマッピングを意味する。ここで、上記第 2 の設定は、上記第 1 の設定よりも小さい、すなわち、第 1 の設定よりも可能値が少ない。量子化されるこれらの値は、例えばアナログ値（例えば A/D 変換の場合）、すなわち連続的な数値範囲からの値でありうる。また、量子化されるこれらの値は、1 セットの離散値（例えば D/A 変換の場合）からの値でもありうる。この場合、例えば、より大きい設定（例えば、これら値の分解能がより高い設定）の離散値からの値は、より小さい設定（例えば、これら値の分解能がより低い設定）にマッピングされる。

【0031】

一実施形態では、第 1 の数値範囲内の信号値は、（例えば、信号値の確率分布関数内に反映されるように）第 2 の数値範囲内の信号値よりも頻繁に生じる。従って、一実施形態では、信号値の確率のこの差異を考慮するために、異なる複数の量子化が用いられる。例えば、他の信号値よりは生じる可能性の低い信号値は、より低い精度で量子化されるが、平均量子化誤差を低く維持することができる。これは、より高い量子化誤差が、稀にしか生じない信号値にのみ導入されるからである。

【0032】

一実施形態では、第 1 の量子化の量子化ステップは、同数の量子化ステップを有する線形量子化の量子化ステップとは、多くとも当該同数の量子化ステップを有する線形量子化のステップ幅だけ異なる。従って、第 1 の量子化は、実質的には線形量子化あるいは擬似線形量子化であると見なされうる。

【0033】

一実施形態では、第 2 の数値範囲内にある信号値の絶対値は、第 1 の数値範囲内にある信号値の絶対値よりも大きい。これは、一実施形態において、第 2 の量子化が、第 1 の量子化よりも大きい信号値に適用されることを意味している。

【0034】

一実施形態では、第2の量子化の量子化ステップ幅は、第2の数値範囲内にある信号値の絶対値が高くなるにつれて増加する。従って、一実施形態では、量子化の精度は、信号値（の絶対値）が高くなるにつれて低下する。

【0035】

一実施形態では、第1の数値範囲は、入力信号として受信されると予想される最大信号値の絶対値の最大でも3分の1である絶対値を有する信号値を含む数値範囲である。予想される最大信号値は、例えば、異常値を除く、生じうる最大信号値である。この異常値は、例えば、予測不可能な影響（例えば雑音または干渉）によって増加した信号値である。従って、予想される最大信号値は、例えば、妨害がないという仮定のもとに予想されうる最大信号値である。

10

【0036】

例えば、第2の数値範囲は、受信されると予想される最大信号値の絶対値の3分の1よりも高い絶対値を有する信号値を含む数値範囲である。

【0037】

一実施形態では、第1の数値範囲の定義は、信号の信号値の確率分布関数の近似に基づいている。

【0038】

一実施形態では、信号の信号値の確率分布関数は、信号値の確率分布関数の区分線形近似とは、最大でも（関数値内、すなわち確率内において）0.1だけ異なる。これは、例えば、積分1に正規化されるか、（例えばゼロにおいて）最大値が1となるように正規化される、確率分布関数（およびその近似）に適用される。

20

【0039】

一実施形態では、信号の信号値の確率分布関数は、信号値の確率分布関数の区分線形近似とは、多くとも0.05だけ異なる。これは、例えば、積分1に正規化されるか、（例えばゼロにおいて）最大値が1となるように正規化される、確率分布関数（およびその近似）に適用される。

【0040】

一実施形態では、確率分布関数の区分線形近似は、y軸に対して軸対称である。

【0041】

一実施形態では、第1の数値範囲は、確率分布関数の区分線形近似が一定である数値範囲に対応するように定義される。

30

【0042】

一実施形態では、確率分布関数の区分線形近似は、0と第1の正值との間の第1の区間において一定であり、第1の正值と第2の正值との間の第2の区間において線形に減少し、そして第2の正值と第3の正值との間の第3の区間において線形に減少する。例えば、第2の区間における線形の減少は、第3の区間における減少よりも急速である。

【0043】

一実施形態では、第1の数値範囲は、第1の区間、および、x軸の負の部分における反映された第1の区間に対応するように定義される。第2の数値範囲は、例えば、第2の区間、第3の区間、x軸の負の部分における反映された第2の区間、および、x軸の負の部分における反映された第3の区間に対応するように定義される。

40

【0044】

例えば、第2の正值と第1の正值との比率は、最大でも1.1、および／または、少なくとも2である。第2の正值と第1の正值との比率は、例えば、最大でも1.05である。一実施形態では、第3の正值と第2の正值との比率は、最大でも2、および／または、少なくとも1.2である。第3の正值と第2の正值との比率は、例えば、最大でも1.5である。

【0045】

信号は、複素数値信号の実数部または虚数部に対応しうる。従って、第1の量子化およ

50

び第2の量子化は、複素数値信号の実数部分および虚数部分の両方に適用されうる。実数部分および虚数部分の確率分布関数は異なりうる。従って、実数部分および虚数部分の確率分布関数の近似は異なりうる。

【0046】

信号は、例えば無線伝送信号（場合によっては、受信処理においてスケーリングまたは正規化される）であり、例えば、ユニバーサル・モバイル・テレコミュニケーション・システム（Universal Mobile Telecommunication System；UMTS）、CDMA 2000（Code Division Multiple Access；CDMA；符号分割多元接続）、フォーマ（Freedom Of Mobile Access；FOMA）、またはグローバル・システム・オブ・モバイル・コミュニケーションズ（Global System of Mobile Communications；GSM）などに準拠する移動体通信システムにおいて使用される無線伝送信号である。一実施形態では、信号は、UMTS-LTEアップリンク伝送に使用される無線伝送信号である。例えば、信号は、一実施形態では、シングルキャリア直交周波数分割多重（Single Carrier Orthogonal Frequency Division Multiplexing；SC-OFDM）に準拠する無線伝送信号である。一実施形態では、信号は、OFDM伝送（あるいは、概して、例えば受信器におけるフーリエ変換、および、例えば伝送器内における逆フーリエ変換を含む伝送）に準拠し、プリコーディング（例えば、逆フーリエ変換前に行われる）される信号である。プリコーディングは、例えば、データシンボルの伝送に用いられる無線信号の平均電力にピークを低減するために、伝送されるデータシンボルをインタリーブする工程を含んでいる。

【0047】

図4に係る方法は、例えば、第1の量子化および第2の量子化を行う部品（例えば回路）を有する通信装置によって行われる。例えば、通信装置301、305（本実施例では、移動体端末および基地局）の第1のA/D部品309、第1のD/A部品310、第2のA/D部品314、および／または、第2のD/A部品315が量子化を行う。

【0048】

一実施形態では、「回路」は、論理を実行する任意のタイプの部品であると理解され、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、あるいはこれらの任意の組み合わせでありうる。従って、一実施形態では、「回路」は、配線論理回路またはプログラマブル論理回路でありうる。プログラマブル論理回路は、例えば、マイクロプロセッサ（例えば複数命令セットコンピュータ（Complex Instruction Set Computer；CISC）プロセッサ、または縮小命令セットコンピュータ（Reduced Instruction Set Computer；RISC）プロセッサ）などのプログラマブルプロセッサでありうる。「回路」は、プロセッサによって実施または実行されるソフトウェアでもありうる。このソフトウェアは、例えば任意のタイプのコンピュータプログラムであり、例えばジャバなどのバーチャルマシンコードを用いたコンピュータプログラムである。以下により詳しく説明する各機能の任意の他のタイプの実施も、別の実施形態に係る「回路」であると理解されうる。

【0049】

一実施形態では、移動体端末301および基地局305が、図5に示されているように量子化を行う。

【0050】

図5は、通信装置から受信された信号または通信装置へ伝送される信号を量子化する方法を示している。

【0051】

501では、通信装置に伝送される信号が、第1の量子化に従って量子化される。

【0052】

502では、通信装置から受信された信号が、第2の量子化に従って量子化される。

【0053】

図5に示されている順序は、例証のためのみの順序であって、伝送される信号および受信される信号の量子化は、特定の順序で量子化される必要はなく、任意の順序で行ってもよいし、あるいは同時に行ってもよい。

【0054】

第1の量子化は、第2の量子化が量子化ステップを含まない信号値において、量子化ステップ（すなわち、或る出力値から異なる出力値へのステップ）を含みうる。第2の量子化は、第1の量子化が量子化ステップを含まない信号値において、量子化ステップを含みうる。

【0055】

これは、一実施形態では、第1の量子化および第2の量子化は異なっており、例えば、一方の量子化は他方の量子化に単に微調整を加えたものではないことを意味する。各量子化は、少なくとも1つの量子化ステップ（或る入力値に位置され、或る出力値を有する）を含みうり、他方の量子化は量子化ステップ（この入力値に位置され、この出力値を有する）を含まない。

10

【0056】

一実施形態では、これらの量子化は異なる。異なる点は、一方の量子化においては、或る信号値範囲に対して相対的な量子化ステップ幅の増加または減少がある（例えば、量子化ステップ幅は、量子化ステップから量子化ステップへと二倍になる）が、これは他方の量子化によるこの数値範囲に対しては生じない、という点である。

【0057】

伝送される信号および／または受信される信号は、例えば、無線伝送信号（場合によっては、受信処理においてスケーリングまたは正規化される）であり、例えば、ユニバーサル・モバイル・テレコミュニケーション・システム（Universal Mobile Telecommunication System; UMTS）、CDMA 2000（Code Division Multiple Access; CDMA; 符号分割多元接続）、フォーマ（Freedom Of Mobile Access; FOMA）、またはグローバル・システム・オブ・モバイル・コミュニケーションズ（Global System of Mobile Communications; GSM）などに準拠する移動体通信システムにおいて使用される無線伝送信号である。一実施形態では、伝送される信号および受信される信号の、一方はアップリンク無線伝送信号であり、他方はダウンリンク無線伝送信号である。

20

【0058】

一実施形態では、上記信号の一方は、UMTS LTEアップリンク伝送に用いられる無線伝送信号である。例えば、上記信号は、シングルキャリア直交周波数分割多重（Single Carrier Orthogonal Frequency Division Multiplexing; SC-OFDM）に準拠する無線伝送信号である。他方の信号は、例えば、UMTS LTEダウンリンク伝送に用いられる無線伝送信号である。

30

【0059】

一実施形態では、通信装置から受信された信号または通信装置へ伝送される信号を量子化する方法が用いられる。当該方法は、上記通信装置に伝送される信号の信号値の確率分布に適応されている第1の量子化に従って、上記通信装置に伝送される信号を量子化する工程と、上記通信装置から受信された信号の信号値の確率分布に適応されている第2の量子化に従って、上記通信装置から受信された信号を量子化する工程とを含んでいる。

【0060】

例えば、一実施形態では、受信される信号および伝送される信号（例えば、アップリンク信号およびダウンリンク信号）の異なる特性または特徴（例えば、異なる確率分布）は、例えば受信信号と伝送信号とで（すなわち伝送方向が異なる）異なる伝送技術に起因して生じ、伝送信号および受信信号用の異なる量子化を用いることによって考慮される。

40

【0061】

第1の量子化および第2の量子化は、それぞれの確立分布に適応される。例えば、量子化ステップおよび／または量子化ステップ幅の数および位置は、確立分布または決定される確立分布の近似に基づいて決定される。

【0062】

一実施形態では、通信装置は、移動体端末または基地局である。

【0063】

50

図 5 に示されている方法が移動体端末 301 によって行われ、通信装置が基地局 305 である一実施形態では、移動体端末 301 が、アップリンクおよびダウンリンクにおいて異なる複数の量子化（言い換えると、異なる複数の量子化方法または量子化規則）を用いること、あるいは、第 1 の A/D 部品 309 が第 1 の D/A 部品 310 とは異なる量子化を用いることを、上記方法は意味している。これは図 6 に示されている。

【0064】

図 6 は、一実施形態に係る信号処理構成 600 を示している。

【0065】

信号処理構成 600 は、ベースバンド回路 601、RF フロントエンド回路 602、D/A 変換器 603、および A/D 変換器 604 を有している。D/A 変換器 603 はアップリンク信号を処理し、A/D 変換器 604 はダウンリンク信号を処理する。D/A 変換器 603 および A/D 変換器 604 は、異なる複数の量子化に基づいている。従って、これは、D/A 変換器 603 および A/D 変換器 604 の非対称の構造として見る事ができる。

10

【0066】

図 6 に示されている実施形態では、行われる量子化は、それぞれ、アップリンクまたはダウンリンクにおいて量子化される信号に適応される（例えば、信号の信号確率分布に適応される）と仮定される。例えば、信号は、UMTS LTE に準拠して通信システム内に伝送される、それぞれ、アップリンク信号またはダウンリンク信号である。従って、D/A 量子化は、図 2 に示されているような LTE UL 信号特性に適応されうる。A/D 量子化は、ほぼガウスである LTE DL 信号特性に適応されうる、すなわち、ダウンリンク信号の（ほぼ）ガウス確率分布に適応されうる。

20

【0067】

図 6 と同様に、図 5 に示されている方法が基地局 305 によって行われ、通信装置が基地局 301 である一実施形態では、基地局 305 は、アップリンクおよびダウンリンクにおいて異なる複数の量子化を用い、第 2 の A/D 部品 314 は、第 2 の D/A 部品 315 とは異なる量子化を用いる。これは図 7 に示されている。

【0068】

図 7 は、一実施形態に係る信号処理構成 700 を示している。

【0069】

信号処理構成 700 は、ベースバンド回路 701、RF フロントエンド回路 702、D/A 変換器 703、および A/D 変換器 704 を有している。D/A 変換器 703 はダウンリンク信号を処理し、A/D 変換器 704 はアップリンク信号を処理する。D/A 変換器 703 および A/D 変換器 704 は、異なる複数の量子化に基づいている。従って、これは、D/A 変換器 703 および A/D 変換器 704 の非対称の構造として見る事ができる。

30

【0070】

上述のように、行われる量子化は、それぞれ、アップリンクまたはダウンリンクにおいて量子化される信号に適応される（例えば、その信号確率分布に適応される）。例えば、信号は、UMTS LTE に準拠して通信システム内に伝送される、それぞれ、アップリンク信号またはダウンリンク信号である。従って、A/D 量子化は、図 2 に示されているような LTE UL 信号特性に適応されうる。D/A 量子化は、ほぼガウスである LTE DL 信号特性に適応されうる。図 7 に係る構造は、図 6 に係る構造に対し逆の構造であると見ることができる。

40

【0071】

図 6 および図 7 を参照して説明された実施形態では、移動体端末および／または基地局の伝送および受信の両方に適用される同一の（典型的には線形の）量子化タイプは、非対称の構造によって置き換えられる。これは、一実施形態では、TX（伝送）連鎖内の量子化と RX（受信）連鎖内の量子化との間に、量子化ステップ数の差異があるだけでなく、TX 連鎖（すなわち信号送信用）内および RX 連鎖（すなわち信号受信用）内において

50

、異なる複数の量子化が用いられることを意味する。これら異なる複数の量子化は、例えば、各量子化が、他の量子化のあらゆる量子化ステップとは（位置および／または出力値において）異なる量子化ステップを有しうる点において異なっている。A／D変換は、典型的にはD／A変換と比較して電力消費量が多いため、A／D変換においてよりもD／A変換においてより多くの量子化ステップを用いることが望ましい。

【0072】

マルチパスフェージングの存在下での実際の使用に関し、A／D変換器への入力は、チャネルインパルス応答によって畳み込み後に考慮されうる。この目的のために、3つのチャネルモデルが定義されうる：拡張歩行者Aモデル（Extended Pedestrian A model；EPA）、拡張乗物Aモデル（Extended Vehicular A model；EVA）、および拡張典型的都市モデル（Extended Typical Urban model；ETU）である。シミュレーションは、A／D変換器への入力信号の対応するPDFが、i）チャネル畳み込みがない場合、ii）チャネルモデルEPAの場合、およびiii）チャネルモデルEVAの場合に、非常に類似していることを示している。モデルETUの場合、分布はガウス分布に向かう傾向がある。量子化は、それぞれのシナリオに従って適応されうる。しかし、量子化ステップ設定が固定されたA／D変換器のみが用いられる場合、量子化は、EPA／EVA／チャネルなしの状況の必要性に適応されうる。

【0073】

図8は、マルチパス環境用の信号例（例えば、A／D変換器への信号入力）の正規化された確率密度関数（PDF）を有する図表800を示している。

【0074】

x軸805に沿って、信号値が示されている。y軸806に沿って、確率が示されている。図表800は、チャネルなし（曲線804）、チャネルが1つ（曲線803）、チャネルが2つ（曲線802）、およびチャネルが3つ（曲線801）のマルチパス環境におけるアップリンク伝送信号の実数値の確率分布関数を示している。

【0075】

以下では、一実施形態に従って、アップリンク信号に適応される量子化ステップを選択するための一般的な規則について説明する。

【0076】

アップリンク量子化方法（移動体端末301内におけるD／A量子化、および基地局305内におけるA／D量子化）を選択するために従う一般的な規則は、様々なLTEパラメータ設定用の信号分布を考慮することによって得られうる。例えば、キャリア数は、周波数領域内において6リソースブロック（resource block；RB）から最大で110リソースブロックまで変更されうる。一実施形態では、「リソースブロック」（RB）という用語は、3GPP LTEに準拠して定義されるリソースブロックをいう（例えば、Release 8）。極端な場合（周波数領域内のリソースブロックが6および110）および中間的な場合（周波数領域内のリソースブロックが50）において生じる信号分布は、図9に示されている。

【0077】

図9は、LTE構造内におけるアップリンク信号およびダウンリンク信号の正規化された確率密度関数（PDF）を有する3つの図表907、908、909を示している。

【0078】

各x軸905に沿って、信号値が示されている。各y軸906に沿って、確率が示されている。これら3つの図表907、908、909は、アップリンク伝送信号の虚数値（曲線901）、アップリンク伝送信号の実数値（曲線902）、ダウンリンク伝送信号の虚数値（曲線903）、およびダウンリンク伝送信号の実数値（曲線904）の確率分布関数を示している。第1の図表907は、6リソースブロックに対するこれらの信号を示し、第2の図表908は、50リソースブロックに対するこれらの信号を示し、第3の図表909は、110リソースブロックに対するこれらの信号を示している。

【0079】

図 9 では、信号電力は、使用されるキャリアの平均電力が「1」となり、使用されていないキャリアの平均電力が「0」となるように選択されている。これは、例えば、なぜ右側の P D F の振幅値範囲が、

【0080】

【数 1】

$$\text{約 } \sqrt{110/6} \approx 4.3$$

【0081】

よりも大きいのかを説明している。

【0082】

図 9 によると、アップリンク（U L）（実数部および虚数部の両方）の場合、信号分布は、

【0083】

【数 2】

$$\text{約 } -\frac{\max}{3} \dots + \frac{\max}{3}$$

10

20

【0084】

の数値範囲にわたって一定分布に近いことが観察される。ここで、「max」は、グラフ上方において識別される最大近似が観察される振幅である（6RB に対して約 $+/-0.3$ 、50RB に対して約 $+/-1$ 、110RB に対して約 $+/-1.3$ 等）。

【0085】

従って、一実施形態では、アップリンク量子化は以下に従って行われる：

1) 関連する D/A 変換器および/または A/D 変換器の、（移動体端末の伝送連鎖内の D/A、および基地局の受信連鎖内の A/D に対する）量子化ステップは、

【0086】

【数 3】

$$-\frac{\max}{3} \dots + \frac{\max}{3}$$

30

【0087】

の振幅領域内においてほぼ線形となるように選択される。

【0088】

2)

【0089】

【数 4】

$$-\frac{\max}{3} \dots + \frac{\max}{3}$$

40

【0090】

の数値範囲外では、量子化ステップサイズは、ステップからステップへ（入力値の増加する絶対値の方向に）、顕著に増加するように選択される。

【0091】

3) 一実施形態では、ほぼゼロの入力に対して非ゼロの量子化振幅をもたらす（これは、正值範囲および負値範囲での量子化ステップの非対称性に起因する：「 $N = 2^M$ 」（「

50

M」は整数)の量子化ステップの場合、典型的には「 $N/2 - 1$ 」の負量子化振幅、「 $N/2$ 」の正量子化振幅、およびゼロ振幅がある)量子化最適化手順とは対照的に、ほぼゼロの入力の量子化振幅は、ゼロになるように選択される。このことは、この場合では直流オフセットが問題となりうるため、同期化関数において有利となりうる。

【0092】

上記1)～3)に係る量子化の実施例は、図10に示されている。

【0093】

図10は、一実施形態に係る量子化器の伝達関数を有する図表1000を示している。図表1000では、入力値(x軸1001に沿って示されている)と出力値(y軸1002に沿って示されている)との関係が示されている。中間的な数値範囲(ゼロ周辺)に対しては、楕円1003で示されているように準線形量子化が用いられる。中間的な数値範囲内の絶対値よりも大きい絶対値を有する信号値では、量子化ステップサイズは、矢印1004で示されているように、信号値の絶対値の増加に伴って増加する。

【0094】

図10に示されている可変範囲は、周波数領域内の50リソースブロックを用いたLTEパラメータ化に基づいており、用いられた各OFDMキャリアの平均電力は「1」である。別のパラメータ設定に従って、用いられたOFDMキャリアの数が、(例えば、図9のように6リソースブロックおよび110リソースブロックに)変更されるとき、対応する入力/出力値は、図10に示されている量子化器の入力/出力値を、この平均電力差分数の平方根に対応する因数で乗算することによって取得されうる。言い換えると、平均入力電力レベルが変化する場合、量子化ステップ設定間における単純線形関係が用いられうる。

【0095】

一実施形態では、例えば、表1～6に与えられた量子化ステップが適用される。これらの値は、50リソースブロックに基づいて、LTEアップリンク信号用の電力レベルに適應される。他の電力レベルでは、表1～6に与えられた振幅は、例えば、

【0096】

【数5】

$$\sqrt{\frac{\text{リソースブロック数}}{50}}$$

【0097】

で線形にスケーリングされる。

【0098】

【表1】

Xステップ°振幅	$-\infty, -0.42, -0.24, -0.08, 0.00, 0.06, 0.19, 0.33, 0.51, \infty$
Y振幅	$-0.52, -0.32, -0.16, 0.00, 0.12, 0.26, 0.40, 0.62$

8個の非線形量子化ステップ(UL入力信号[$3e^{-4}$ 、 $5e^{-4}$ 誤差/ステップ])

【0099】

10

20

30

40

【表 2】

Xステップ°振幅	$-\infty, -0.56, -0.43, -0.34, -0.26, -0.18, -0.10, -0.03, 0.00, 0.03, 0.09, 0.15, 0.22, 0.29, 0.36, 0.44, 0.55, \infty$
Y振幅	$-0.64, -0.48, -0.38, -0.30, -0.22, -0.14, -0.06, 0.00, 0.06, 0.12, 0.18, 0.26, 0.32, 0.40, 0.48, 0.62$

16個の非線形量子化ステップ°(UL入力信号[$4.9e^{-5}$ 、 $7e^{-5}$ 誤差/ステップ°])

【0 1 0 0】

10

【表 3】

Xステップ°振幅	$-\infty, -0.68, -0.56, -0.49, -0.43, -0.38, -0.34, -0.30, -0.26, -0.22, -0.18, -0.14, -0.10, -0.07, -0.04, -0.01, 0.00, 0.01, 0.04, 0.07, 0.10, 0.13, 0.16, 0.20, 0.24, 0.28, 0.32, 0.36, 0.40, 0.45, 0.51, 0.59, 0.81, \infty$
Y振幅	$-0.76, -0.60, -0.52, -0.46, -0.40, -0.36, -0.32, -0.28, -0.24, -0.20, -0.16, -0.12, -0.08, -0.06, -0.02, 0.00, 0.02, 0.06, 0.08, 0.12, 0.14, 0.18, 0.22, 0.26, 0.30, 0.34, 0.38, 0.42, 0.48, 0.54, 0.64, 0.98$

32個の非線形量子化ステップ°(UL入力信号[$1.15e^{-5}$ 、 $1.2e^{-5}$ 誤差/ステップ°])

20

【0 1 0 1】

【表 4】

Xステップ°振幅	$-\infty, -0.9055, -0.7072, -0.6387, -0.5917, -0.5536, -0.5202, -0.4900, -0.4624, -0.4369, -0.4131, -0.3905, -0.3689, -0.3479, -0.3275, -0.3077, -0.2884, -0.2694, -0.2505, -0.2316, -0.2127, -0.1938, -0.1750, -0.1562, -0.1375, -0.1189, -0.1005, -0.0822, -0.0639, -0.0456, -0.0273, -0.0090, 0.0000, 0.0085, 0.0257, 0.0428, 0.0600, 0.0773, 0.0946, 0.1120, 0.1295, 0.1471, 0.1647, 0.1824, 0.2001, 0.2178, 0.2356, 0.2534, 0.2712, 0.2890, 0.3071, 0.3256, 0.3446, 0.3641, 0.3841, 0.4050, 0.4270, 0.4503, 0.4752, 0.5020, 0.5314, 0.5649, 0.6045, 0.6533, 0.7224, \infty$
Y振幅	$-1.0614, -0.7496, -0.6648, -0.6126, -0.5708, -0.5364, -0.5040, -0.4760, -0.4488, -0.4250, -0.4012, -0.3798, -0.3580, -0.3378, -0.3172, -0.2982, -0.2786, -0.2602, -0.2408, -0.2224, -0.2030, -0.1846, -0.1654, -0.1470, -0.1280, -0.1098, -0.0912, -0.0732, -0.0546, -0.0366, -0.0180, 0.0000, 0.0170, 0.0344, 0.0512, 0.0688, 0.0858, 0.1034, 0.1206, 0.1384, 0.1558, 0.1736, 0.1912, 0.2090, 0.2266, 0.2446, 0.2622, 0.2802, 0.2978, 0.3164, 0.3348, 0.3544, 0.3738, 0.3944, 0.4156, 0.4384, 0.4622, 0.4882, 0.5158, 0.5470, 0.5828, 0.6262, 0.6804, 0.7644$

64個の非線形量子化ステップ°(UL入力信号[$10^{-6.28}$ 、 $10^{-6.2}$ 誤差/ステップ°])

30

40

【0 1 0 2】

【表 5】

Xステップ°振幅	$-\infty, -0.9102, -0.7767, -0.7184, -0.6784, -0.6471, -0.6213, -0.5990, -$ $0.5790, -0.5606, -0.5434, -0.5271, -0.5116, -0.4968, -0.4827, -0.4692, -$ $0.4562, -0.4437, -0.4316, -0.4199, -0.4085, -0.3974, -0.3866, -0.3760, -$ $0.3655, -0.3552, -0.3450, -0.3350, -0.3251, -0.3154, -0.3058, -0.2963, -$ $0.2869, -0.2776, -0.2683, -0.2590, -0.2497, -0.2404, -0.2311, -0.2218, -$ $0.2125, -0.2032, -0.1940, -0.1848, -0.1756, -0.1664, -0.1572, -0.1480, -$ $0.1388, -0.1296, -0.1205, -0.1115, -0.1025, -0.0936, -0.0847, -0.0758, -$ $0.0669, -0.0580, -0.0491, -0.0402, -0.0313, -0.0223, -0.0133, -0.0044,$ $0.0000, 0.0043, 0.0130, 0.0217, 0.0304, 0.0391, 0.0478, 0.0565, 0.0652,$ $0.0739, 0.0826, 0.0913, 0.1001, 0.1089, 0.1177, 0.1265, 0.1354, 0.1443,$ $0.1532, 0.1621, 0.1711, 0.1800, 0.1889, 0.1979, 0.2069, 0.2159, 0.2249,$ $0.2339, 0.2429, 0.2519, 0.2609, 0.2699, 0.2789, 0.2879, 0.2970, 0.3062,$ $0.3155, 0.3249, 0.3344, 0.3441, 0.3539, 0.3638, 0.3739, 0.3841, 0.3945,$ $0.4052, 0.4162, 0.4275, 0.4392, 0.4512, 0.4636, 0.4765, 0.4899, 0.5038,$ $0.5184, 0.5338, 0.5503, 0.5681, 0.5876, 0.6090, 0.6327, 0.6597, 0.6917,$ $0.7334, 0.8018, \infty$
Y振幅	$-1.0082, -0.8122, -0.7412, -0.6956, -0.6612, -0.6330, -0.6096, -0.5884,$ $-0.5696, -0.5516, -0.5352, -0.5190, -0.5042, -0.4894, -0.4760, -0.4624,$ $-0.4500, -0.4374, -0.4258, -0.4140, -0.4030, -0.3918, -0.3814, -0.3706,$ $-0.3604, -0.3500, -0.3400, -0.3300, -0.3202, -0.3106, -0.3010, -0.2916,$ $-0.2822, -0.2730, -0.2636, -0.2544, -0.2450, -0.2358, -0.2264, -0.2172,$ $-0.2078, -0.1986, -0.1894, -0.1802, -0.1710, -0.1618, -0.1526, -0.1434,$ $-0.1342, -0.1250, -0.1160, -0.1070, -0.0980, -0.0892, -0.0802, -0.0714,$ $-0.0624, -0.0536, -0.0446, -0.0358, -0.0268, -0.0178, -0.0088, 0.0000,$ $0.0086, 0.0174, 0.0260, 0.0348, 0.0434, 0.0522, 0.0608, 0.0696, 0.0782,$ $0.0870, 0.0956, 0.1046, 0.1132, 0.1222, 0.1308, 0.1400, 0.1486, 0.1578,$ $0.1664, 0.1758, 0.1842, 0.1936, 0.2022, 0.2116, 0.2202, 0.2296, 0.2382,$ $0.2476, 0.2562, 0.2656, 0.2742, 0.2836, 0.2922, 0.3018, 0.3106, 0.3204,$ $0.3294, 0.3394, 0.3488, 0.3590, 0.3686, 0.3792, 0.3890, 0.4000, 0.4104,$ $0.4220, 0.4330, 0.4454, 0.4570, 0.4702, 0.4828, 0.4970, 0.5106, 0.5262,$ $0.5414, 0.5592, 0.5770, 0.5982, 0.6198, 0.6456, 0.6738, 0.7096, 0.7572,$ 0.8464

128個の非線形量子化ステップ°(UL入力信号[10、 $10^{-7.125}$ 誤差/ステップ°])

【 0 1 0 3 】

【表 6】

Xステップ°振幅	$-\infty, -0.9145, -0.8353, -0.7875, -0.7529, -0.7260, -0.7038, -0.6845, -0.6674, -0.6522, -$ $0.6384, -0.6258, -0.6141, -0.6031, -0.5927, -0.5828, -0.5733, -0.5642, -0.5554, -$ $0.5469, -0.5386, -0.5305, -0.5226, -0.5149, -0.5074, -0.5001, -0.4929, -0.4859, -$ $0.4790, -0.4723, -0.4657, -0.4593, -0.4530, -0.4468, -0.4407, -0.4347, -0.4288, -$ $0.4230, -0.4173, -0.4117, -0.4061, -0.4006, -0.3952, -0.3898, -0.3845, -0.3792, -$ $0.3740, -0.3688, -0.3636, -0.3585, -0.3534, -0.3484, -0.3434, -0.3384, -0.3335, -$ $0.3286, -0.3237, -0.3189, -0.3141, -0.3093, -0.3046, -0.2999, -0.2952, -0.2905, -$ $0.2859, -0.2813, -0.2767, -0.2721, -0.2675, -0.2629, -0.2583, -0.2537, -0.2491, -$ $0.2445, -0.2399, -0.2353, -0.2307, -0.2261, -0.2215, -0.2169, -0.2123, -0.2077, -$ $0.2031, -0.1985, -0.1939, -0.1893, -0.1847, -0.1801, -0.1755, -0.1709, -0.1663, -$ $0.1617, -0.1571, -0.1525, -0.1479, -0.1433, -0.1388, -0.1343, -0.1298, -0.1253, -$ $0.1209, -0.1165, -0.1121, -0.1077, -0.1033, -0.0989, -0.0945, -0.0901, -0.0857, -$ $0.0813, -0.0769, -0.0725, -0.0681, -0.0637, -0.0593, -0.0549, -0.0505, -0.0461, -$ $0.0417, -0.0373, -0.0329, -0.0285, -0.0240, -0.0196, -0.0152, -0.0108, -0.0064, -$ $0.0021, 0.0000, 0.0021, 0.0063, 0.0106, 0.0149, 0.0192, 0.0235, 0.0278, 0.0321, 0.0364,$ $0.0407, 0.0450, 0.0493, 0.0536, 0.0579, 0.0622, 0.0665, 0.0708, 0.0751, 0.0794, 0.0837,$ $0.0880, 0.0923, 0.0966, 0.1009, 0.1052, 0.1095, 0.1138, 0.1181, 0.1224, 0.1268, 0.1312,$ $0.1356, 0.1401, 0.1445, 0.1489, 0.1534, 0.1579, 0.1624, 0.1669, 0.1714, 0.1759, 0.1804,$ $0.1849, 0.1894, 0.1939, 0.1984, 0.2029, 0.2074, 0.2119, 0.2164, 0.2209, 0.2254, 0.2299,$ $0.2344, 0.2389, 0.2434, 0.2479, 0.2524, 0.2569, 0.2614, 0.2659, 0.2704, 0.2749, 0.2794,$ $0.2839, 0.2884, 0.2929, 0.2975, 0.3021, 0.3067, 0.3113, 0.3160, 0.3207, 0.3254, 0.3302,$ $0.3350, 0.3398, 0.3447, 0.3496, 0.3545, 0.3594, 0.3644, 0.3694, 0.3744, 0.3795, 0.3846,$ $0.3898, 0.3951, 0.4004, 0.4058, 0.4113, 0.4168, 0.4224, 0.4281, 0.4339, 0.4398, 0.4458,$ $0.4519, 0.4581, 0.4644, 0.4708, 0.4773, 0.4839, 0.4907, 0.4976, 0.5047, 0.5119, 0.5193,$ $0.5269, 0.5348, 0.5429, 0.5513, 0.5601, 0.5692, 0.5788, 0.5888, 0.5993, 0.6103, 0.6219,$ $0.6342, 0.6473, 0.6614, 0.6767, 0.6937, 0.7129, 0.7358, 0.7658, 0.8057, 0.8625, \infty$
Y振幅	$-0.9658, -0.8632, -0.8074, -0.7676, -0.7382, -0.7138, -0.6938, -0.6752, -0.6596, -$ $0.6448, -0.6320, -0.6196, -0.6086, -0.5976, -0.5878, -0.5778, -0.5688, -0.5596, -$ $0.5512, -0.5426, -0.5346, -0.5264, -0.5188, -0.5110, -0.5038, -0.4964, -0.4894, -$ $0.4824, -0.4756, -0.4690, -0.4624, -0.4562, -0.4498, -0.4438, -0.4376, -0.4318, -$ $0.4258, -0.4202, -0.4144, -0.4090, -0.4032, -0.3980, -0.3924, -0.3872, -0.3818, -$ $0.3766, -0.3714, -0.3662, -0.3610, -0.3560, -0.3508, -0.3460, -0.3408, -0.3360, -$ $0.3310, -0.3262, -0.3212, -0.3166, -0.3116, -0.3070, -0.3022, -0.2976, -0.2928, -$ $0.2882, -0.2836, -0.2790, -0.2744, -0.2698, -0.2652, -0.2606, -0.2560, -0.2514, -$ $0.2468, -0.2422, -0.2376, -0.2330, -0.2284, -0.2238, -0.2192, -0.2146, -0.2100, -$ $0.2054, -0.2008, -0.1962, -0.1916, -0.1870, -0.1824, -0.1778, -0.1732, -0.1686, -$ $0.1640, -0.1594, -0.1548, -0.1502, -0.1456, -0.1410, -0.1366, -0.1320, -0.1276, -$ $0.1230, -0.1188, -0.1142, -0.1100, -0.1054, -0.1012, -0.0966, -0.0924, -0.0878, -$ $0.0836, -0.0790, -0.0748, -0.0702, -0.0660, -0.0614, -0.0572, -0.0526, -0.0484, -$ $0.0438, -0.0396, -0.0350, -0.0308, -0.0262, -0.0218, -0.0174, -0.0130, -0.0086, -$ $0.0042, 0.0000, 0.0042, 0.0084, 0.0128, 0.0170, 0.0214, 0.0256, 0.0300, 0.0342, 0.0386,$ $0.0428, 0.0472, 0.0514, 0.0558, 0.0600, 0.0644, 0.0686, 0.0730, 0.0772, 0.0816, 0.0858,$ $0.0902, 0.0944, 0.0988, 0.1030, 0.1074, 0.1116, 0.1160, 0.1202, 0.1246, 0.1290, 0.1334,$ $0.1378, 0.1424, 0.1466, 0.1512, 0.1556, 0.1602, 0.1646, 0.1692, 0.1736, 0.1782, 0.1826,$ $0.1872, 0.1916, 0.1962, 0.2006, 0.2052, 0.2096, 0.2142, 0.2186, 0.2232, 0.2276, 0.2322,$ $0.2366, 0.2412, 0.2456, 0.2502, 0.2546, 0.2592, 0.2636, 0.2682, 0.2726, 0.2772, 0.2816,$ $0.2862, 0.2906, 0.2952, 0.2998, 0.3044, 0.3090, 0.3136, 0.3184, 0.3230, 0.3278, 0.3326,$ $0.3374, 0.3422, 0.3472, 0.3520, 0.3570, 0.3618, 0.3670, 0.3718, 0.3770, 0.3820, 0.3872,$ $0.3924, 0.3978, 0.4030, 0.4086, 0.4140, 0.4196, 0.4252, 0.4310, 0.4368, 0.4428, 0.4488,$ $0.4550, 0.4612, 0.4676, 0.4740, 0.4806, 0.4872, 0.4942, 0.5010, 0.5084, 0.5154, 0.5232,$ $0.5306, 0.5390, 0.5468, 0.5558, 0.5644, 0.5740, 0.5836, 0.5940, 0.6046, 0.6160, 0.6278,$ $0.6406, 0.6540, 0.6688, 0.6846, 0.7028, 0.7230, 0.7486, 0.7830, 0.8284, 0.8966$

256個の非線形量子化ステップ(UL入力信号[$10^{-8.06}$ 、 $10^{-8.033}$ 誤差/ステップ])

【0104】

表7には、図10に示されている量子化の性能が、線形量子化の平均量子化誤差と比較

10

20

30

40

50

して示されている。

【0105】

【表7】

量子化ステップ数	図10に係る量子化の平均誤差	(標準的な)線形量子化の平均誤差	非線形量子化に対して改善された誤差性能
32 (5 有効ビット)	-27.038 dB	-26.790 dB	0.248 dB
64 (6 有効ビット)	-33.089 dB	-32.152 dB	0.937 dB
128 (7 有効ビット)	-39.112 dB	-37.681 dB	1.431 dB
256 (8 有効ビット)	-45.119 dB	-43.265 dB	1.854 dB

10

【0106】

なお、図10に係る量子化と線形量子化との性能差は、量子化ステップ数と共に生じることに留意されたい。より多い有効ビット数（または量子化ステップ数）にとっては、この差によって、変換器の精度を1ビット低下させることができるので、この差は電力消費を顕著に低減させるために用いられうる。この性質の理由は、i) 少ない量子化ステップ数に対しては、頻繁に生じる振幅に対して（両方の量子化法に対して）全てのステップが用いられ、他の全ては飽和領域内にあるので、両方の量子化法間における差は小さい、およびii) より多い量子化ステップ数に対しては、これらはより低い頻度で生じる振幅でより効率的に用いられるので、性能差が生じる、という点に見られる。

20

【0107】

一実施形態では、UL信号に適応される（最適な）量子化ステップを見つけるために、以下の方法が用いられる。これは、反復処理に基づいており、一般的な任意のタイプの信号分配に適用可能である。

【0108】

この処理によると、

30

1) ほぼゼロの信号の量子化振幅は、ゼロになるように保証される（これは、例えば、典型的には相関器に基づく時間同期には重要であり、非常に小さい入力信号のための非ゼロ量子化振幅によって導入される直流オフセットによって、同期化の精度および効率の劣化が生じうる）、および、

2) 量子化ステップサイズは、前述の制約下において、所定の信号分配に（最適に）適応される。

【0109】

図11は、一実施形態に係るフローチャート1100を示している。フローチャート1100は、一実施形態に係る量子化ステップを設定する方法を示している。

【0110】

40

1101では、一部の初期化が行われる：

- ・ 目標とする量子化ステップ数「 $N = 2^M$ 」（Mは整数）を設定し、
- ・ 初期の量子化誤差「 e_q 」が、量子化ステップ毎に達成されるように設定し（最良の推測）、
- ・ 正值範囲および負値範囲のための初期入力変数を $x_{pos} = 0$ および $x_{neg} = 0$ に設定し、また、対応する量子化出力を $y_{pos} = 0$ 、 $y_{neg} = 0$ に設定し、
- ・ （対応するPDF「 $p(x)$ 」（約ゼロ）と共に）考慮されるように、最小および最大入力振幅を設定する： x_{max} 、 x_{min} 。

【0111】

1102では、 $y_{pos} = 0$ として、平均量子化誤差が、

50

【 0 1 1 2 】

【 数 6 】

$$\int_0^{x_{\text{pos}}} p(x)(x - y_{\text{pos}})^2 dx = \frac{e_q}{2}$$

【 0 1 1 3 】

を満たすまで、 x_{pos} を増加させる。

【 0 1 1 4 】

1 1 0 3では、 $y_{\text{pos}} = 2 x_{\text{pos}} - y_{\text{pos}}$ と設定し、平均量子化誤差

10

【 0 1 1 5 】

【 数 7 】

$$\int_{x_{\text{pos}}^{(n-1)}}^{x_{\text{pos}}^{(n)}} p(x)(x - y_{\text{pos}})^2 dx = e_q$$

【 0 1 1 6 】

が得られるまで、または $x_{\text{pos}} > x_{\text{max}}$ となるまで、 x_{pos} を増加させる。

【 0 1 1 7 】

20

1 1 0 3は、 $x_{\text{pos}} < x_{\text{max}}$ である間、繰り返される。

【 0 1 1 8 】

1 1 0 4では、目標とする量子化ステップ数が達せられたかどうか、および、全ての量子化ステップに対して同一の平均量子化誤差が達成されたかどうか、が検査される。

【 0 1 1 9 】

これら2つの目的が達成されていない場合、 e_q は更新され、処理は1 1 0 2に戻る。そうでない場合、処理は1 1 0 8において終了する。

【 0 1 2 0 】

1 1 0 5では、 $y_{\text{neg}} = 0$ として、平均量子化誤差が、

【 0 1 2 1 】

30

【 数 8 】

$$\int_{x_{\text{neg}}}^0 p(x)(x - y_{\text{pos}})^2 dx = \frac{e_q}{2}$$

【 0 1 2 2 】

を満たすまで、 x_{neg} を減少させる。

【 0 1 2 3 】

1 0 0 6では、 $y_{\text{neg}} = 2 x_{\text{neg}} - y_{\text{neg}}$ と設定し、平均量子化誤差

40

【 0 1 2 4 】

【 数 9 】

$$\int_{x_{\text{pos}}^{(n)}}^{x_{\text{pos}}^{(n-1)}} p(x)(x - y_{\text{pos}})^2 dx = e_q$$

【 0 1 2 5 】

が得られるまで、または $x_{\text{neg}} < x_{\text{min}}$ となるまで、 x_{neg} を減少させる。

【 0 1 2 6 】

50

1106は、 $x_{pos} > x_{min}$ である間、繰り返される。

【0127】

1107では、目標とする量子化ステップ数が達せられたかどうか、および、全ての量子化ステップに対して同一の平均量子化誤差が達成されたかどうか、が検査される。

【0128】

これら2つの目的が達成されていない場合、 e_q は更新され、処理は1105に戻る。そうでない場合、処理は1108において終了する。

【0129】

一実施例として、信号の正規化された確率密度関数が、シミュレーションによってどのように近似されるのかについて以下に説明する。これは、3GPP LTEに準拠する物理アップリンク共有チャネル（Physical Uplink Shared Channel；PUSC）に対して行われる。このチャネルは、有用なデータを搬送し、また最高感度の変調方式（QPSKから64QAMまで）を有している。他のチャネルは、例えば、物理アップリンク制御チャネル（Physical Uplink Control Channel；PUCCH）および物理ランダムアクセスチャネル（Physical Random Access Channel；PRACH）である。

【0130】

シミュレーションには以下のパラメータが考慮されうる：

リソースブロック毎のサブキャリア数：値は、

【0131】

【数10】

$$N_{sc}^{RB} = 12$$

【0132】

に固定される。

【0133】

アップリンクスロット内のSC-FDMAシンボル数は、

【0134】

【数11】

$$N_{sc}^{RB} = \{6, 7\}$$

【0135】

である。この値は、変調器出力の分配に影響を及ぼすことはなく、以下に説明する解析には考慮されない。

【0136】

配置タイプは、QAM4、QAM16、QAM64である。一実施形態では、量子化の最適化は、特定の実施によって支持される最も高い配置タイプに対して行われる。なぜなら、これが最も高い要求につながるからである。

【0137】

結果は、アップリンク通信のための複素数値時間領域信号の実数値および虚数値の両方に適用する。実信号および虚信号の変換に対しては、それぞれ、異なるA/D変換器またはD/A変換器が用いられると仮定される。従って、低い変換周波数速度を達成することができる（「アナログI/Q法」として知られている）。あるいは、バンド幅が最小バンド幅の二倍（またはそれ以上）であるデジタルベースバンド信号が、1つの単一A/DまたはD/A変換器で十分であるように生成される（「デジタルI/Q法」）。結果は、後者の方法にも直接的に適用することができる。

【0138】

なお、シミュレーション結果は、考慮されるリソースブロックのいかなる周波数シフトにも無関係であることに留意されたい。周波数シフトは、信号の分配に影響を及ぼさない

10

20

30

40

50

時間領域において、単純な相変化に変換する。これは、異なる複数のユーザがアップリンク構造に同時に信号を送信している場合、各ユーザは、様々な信号が干渉しないように、自身の対応するリソースブロックに周波数シフトを適用していると考えられることを意味する。この場合、量子化の最適化は、各ハンド設定内において独立して行われる。

【0139】

以下に説明するシミュレーション結果は、信号の実数部分および虚数部分に適用可能な信号分配の近似（すなわち信号の確率分布）を与えるものである。すなわち、両分配は同一である。さらに、これらの結果は、正の振幅値に対してのみ与えられる。これは、負の振幅に対して全く同一の分配を観察することができるからである： $f(x) = f(-x)$ 。ここで、 $f(x)$ は正規化された確率密度関数である。以下に与えられた全ての値は、使用された各キャリアの電力が「1」と等しく、キャリアの総数が4096（これは、本実施例ではFFT/IFFTサイズでもある）と等しいと仮定している。これは、リソースブロック数が多いほど、信号の全電力がより高くなることを意味している。全てのシミュレーションは、データシンボルのみに基づいており、プリアンプルおよび他のレーニングフィールドは考慮されない。この理由は、SNR要件が、データシンボル内においてより高くなることが予想されるという事実にある。

10

【0140】

信号分布（すなわち信号値の確率分布）は、図12に示されているように、確率密度関数によって近似される。

【0141】

20

図12は、一実施形態に係る関数グラフ1200を示している。

【0142】

x軸1201に沿って、信号値が示されている。y軸1202に沿って、近似に従った確率が示されている。本実施例では、近似は、軸対称の区分線形関数である。ゼロから第1の値1203（ A_1 で示されている）までの第1の区間では、確率分布関数（正規化された確率密度関数とも称される）は一定である。第1の値1203から第2の値1204（ A_2 で示されている）までの第2の区間では、確率分布関数は線形に減少している。第2の値1204から第3の値1205（ A_3 で示されている）までの第3の区間においても同様である。本実施例では、確率分布関数は、第3の区間よりも第2の区間において、より急速に減少する。

30

【0143】

シミュレーションから得られた、異なる変調方式およびリソースブロック数に対する、関数グラフ1200のエッジ値 A_1 、 A_2 、および A_3 が、表8に示されている。表8では、これらの変調技術に対して、直交位相シフトキーイング（Quadrature Phase Shift Keying; QPSK）および直交振幅変調（Quadrature Amplitude Modulation; QAM）が用いられている。

【0144】

【表 8】

リソース ブロック数	QPSK			QAM16			QAM64		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3	A1	A2	A3
6	0.1	0.2	0.300	0.05	0.2	0.300	0.03	0.2	0.300
7	0.1	0.25	0.300	0.05	0.25	0.300	0.03	0.25	0.300
8	0.11	0.25	0.325	0.05	0.25	0.325	0.03	0.25	0.325
9	0.12	0.275	0.350	0.06	0.275	0.350	0.04	0.275	0.350
10	0.125	0.275	0.375	0.06	0.275	0.375	0.04	0.275	0.375
11	0.125	0.3	0.400	0.06	0.3	0.400	0.04	0.3	0.400
12	0.14	0.3	0.400	0.075	0.3	0.400	0.05	0.3	0.400
13	0.15	0.325	0.425	0.08	0.325	0.425	0.06	0.325	0.425
14	0.15	0.325	0.425	0.08	0.325	0.425	0.06	0.325	0.425
15	0.15	0.35	0.450	0.08	0.35	0.450	0.06	0.35	0.450
16	0.15	0.375	0.475	0.08	0.375	0.475	0.06	0.375	0.475
17	0.15	0.375	0.475	0.08	0.375	0.475	0.06	0.375	0.475
18	0.175	0.375	0.475	0.1	0.375	0.475	0.06	0.375	0.475
19	0.175	0.4	0.500	0.1	0.4	0.500	0.06	0.4	0.500
20	0.2	0.4	0.500	0.1	0.4	0.500	0.06	0.4	0.500
21	0.2	0.4	0.500	0.1	0.4	0.500	0.06	0.4	0.500
22	0.2	0.425	0.525	0.1	0.425	0.525	0.06	0.425	0.525
23	0.2	0.425	0.525	0.1	0.425	0.525	0.06	0.425	0.525
24	0.2	0.45	0.550	0.1	0.45	0.550	0.06	0.45	0.550
25	0.21	0.475	0.575	0.1	0.475	0.575	0.06	0.475	0.575
26	0.21	0.5	0.600	0.11	0.5	0.600	0.06	0.5	0.600
27	0.21	0.5	0.600	0.11	0.5	0.600	0.06	0.5	0.600
28	0.21	0.5	0.600	0.11	0.5	0.600	0.06	0.5	0.600
29	0.21	0.5	0.600	0.11	0.5	0.600	0.06	0.5	0.600
30	0.22	0.5	0.625	0.11	0.5	0.625	0.06	0.5	0.625
31	0.22	0.525	0.625	0.11	0.525	0.625	0.06	0.525	0.625
32	0.22	0.525	0.650	0.11	0.525	0.650	0.06	0.525	0.650
33	0.22	0.525	0.650	0.11	0.525	0.650	0.06	0.525	0.650
34	0.22	0.55	0.675	0.11	0.55	0.675	0.06	0.55	0.675
35	0.23	0.55	0.675	0.11	0.55	0.675	0.06	0.55	0.675
36	0.23	0.55	0.700	0.11	0.55	0.700	0.06	0.55	0.700
37	0.24	0.55	0.700	0.12	0.55	0.700	0.075	0.55	0.700
38	0.24	0.55	0.700	0.12	0.55	0.700	0.075	0.55	0.700
39	0.24	0.575	0.725	0.12	0.575	0.725	0.075	0.575	0.725
40	0.25	0.575	0.725	0.12	0.575	0.725	0.075	0.575	0.725
41	0.25	0.575	0.725	0.12	0.575	0.725	0.075	0.575	0.725
42	0.25	0.575	0.750	0.12	0.575	0.750	0.075	0.575	0.750
43	0.25	0.575	0.775	0.12	0.575	0.775	0.075	0.575	0.775
44	0.26	0.575	0.775	0.12	0.575	0.775	0.075	0.575	0.775
45	0.26	0.575	0.800	0.12	0.575	0.800	0.075	0.575	0.800
46	0.275	0.6	0.800	0.12	0.6	0.800	0.075	0.6	0.800
47	0.275	0.6	0.800	0.12	0.6	0.800	0.075	0.6	0.800
48	0.275	0.6	0.800	0.12	0.6	0.800	0.075	0.6	0.800
49	0.29	0.6	0.800	0.12	0.6	0.800	0.075	0.6	0.800
50	0.29	0.625	0.825	0.12	0.625	0.825	0.075	0.625	0.825
51	0.29	0.625	0.825	0.12	0.625	0.825	0.075	0.625	0.825
52	0.3	0.625	0.850	0.12	0.625	0.850	0.075	0.625	0.850
53	0.3	0.625	0.850	0.12	0.625	0.850	0.075	0.625	0.850
54	0.3	0.65	0.850	0.12	0.65	0.850	0.075	0.65	0.850
55	0.3	0.65	0.850	0.12	0.65	0.850	0.075	0.65	0.850
56	0.3	0.65	0.850	0.12	0.65	0.850	0.075	0.65	0.850
57	0.3	0.65	0.875	0.12	0.65	0.875	0.075	0.65	0.875
58	0.3	0.65	0.875	0.12	0.65	0.875	0.075	0.65	0.875

【0145】

無線信号の正規化された確率密度関数（例えば、図12に示されているもの）の近似を、例えば表8のパラメータを用いて生成する処理を、図13に示す。

【0146】

10

20

30

40

50

図 1 3 は、一実施形態に係るフローチャートを示している。

【0147】

1301では、選択された配置タイプ（本実施例では、QPSK配置）内のポイントが無作為に選択され、キャリアグリッド上にマッピングされる。使用されていないキャリアは0に設定される。

【0148】

1302では、例えば3GPPに準拠するプリコーディングが行われる。このプリコーディングタイプは、典型的には、高速フーリエ変換（Fast Fourier Transform; FFT）によって実施される。図 1 3 に示されている式は、そのような3GPPに準拠するプリコーディングに対応している。

10

【0149】

なお、図 1 3 に示されているフローは、LTEアップリンクの場合に関するフローであることに留意されたい。ダウンリンクの場合は、1302が省略される。

【0150】

1303では、SC-FDMAベースバンド信号生成（アップリンクの場合）、またはOFDM(A)信号生成（ダウンリンクの場合）が、例えば3GPPに準拠して行われる。このプリコーディングタイプは、典型的には、逆高速フーリエ変換（Inverse Fast Fourier Transform; IFFT）によって実施されることに留意されたい。

【0151】

図 1 3 に示されている式は、そのような3GPPに準拠する信号生成に対応している。

20

【0152】

1304では、複素数値SC-FDMA信号またはOFDM(A)信号の、実数値および虚数値の統計が、それぞれ更新される。正規化された確率密度関数は、実数値および虚数値がどの程度の頻度で生じているのかを評価することによって得られうる。この目的のために、十分に小さい区間が定義されうる。これらの区間では、実数値および虚数値が一定であると仮定される。これらの区間のそれぞれでは、発生回数が数えられた後、真に正規化された確率密度関数を近似することができるよう、適切に正規化される。

【0153】

上記処理は、統計が十分に正確となる（すなわち、結果の変化が反復後に十分に小さくなる）まで、要求されるたびに、（1301から再度開始して）反復される。

30

【0154】

特定の正規化された確率密度関数を有する信号用の最適な量子化を生成するとき、最適な解決手段（これにより、より多い量子化ステップ数にとって、平均二乗誤差性能が数デシベル向上されうる）と線形量子化と間の差異が、典型的にはステップサイズのわずか一部分であることが観察されうる。従って、一実施形態では、量子化（擬似線形量子化と称される）は、第1の振幅値範囲内において用いられる。この第1の振幅値範囲の量子化ステップは、この範囲における対応する線形量子化の量子化ステップとは、多くとも当該線形量子化の量子化ステップサイズのサイズだけ異なる。

【0155】

一実施形態では、そのような擬似線形量子化が用いられる信号値範囲を設定するために、エッジ値 A_1 、 A_2 、および A_3 が用いられる。例えば、擬似線形量子化は、 $-A_1$ から A_1 の信号値範囲内において用いられる、すなわち、その絶対値が最大でも A_1 である信号値に用いられる。正規化された確率密度関数の「エッジ近似」に対して必要とされる精度に関しては、エッジ振幅 A_1 、 A_2 、および A_3 が、一実施形態では、振幅誤差が量子化ステップ幅（各振幅値において、すなわち、絶対値 A_1 、 A_2 、または A_3 をそれぞれ有する）よりも小さくなるような精度で実施される。

40

【0156】

本発明について、具体的な実施形態を参照しながら図示および説明した。しかし当業者であれば、特許請求の範囲によって定義される本発明の精神および範囲から逸脱することなく、形式および詳細に様々な変更を加えることができることを理解するであろう。従っ

50

て、本発明の範囲は特許請求の範囲によって示されており、特許請求の範囲に相当する部分の意味および範囲内の全ての変更が包含されるものと意図されている。

【図面の簡単な説明】

【0157】

【図1】アップリンクおよびダウンリンク用の3GPP LTE規格の枠組み内における線形量子化器の伝達関数を示す図である。

【図2】典型的なLTE構造内におけるアップリンク信号およびダウンリンク信号の正規化された確率密度関数(PDF)を有する図表を示す図である。

【図3】一実施形態に係る通信システムを示す図である。

【図4】無線インターフェースを介して受信または伝送される信号の信号値を量子化する方法を示す図である。

【図5】通信装置から受信された信号または通信装置へ伝送される信号を量子化する方法を示す図である。

【図6】一実施形態に係る信号処理構成を示す図である。

【図7】一実施形態に係る信号処理構成を示す図である。

【図8】マルチパス環境用の信号例の正規化された確率密度関数を有する図表を示す図である。

【図9】LTE構造内におけるアップリンク信号およびダウンリンク信号の正規化された確率密度関数を有する3つの図表を示す図である。

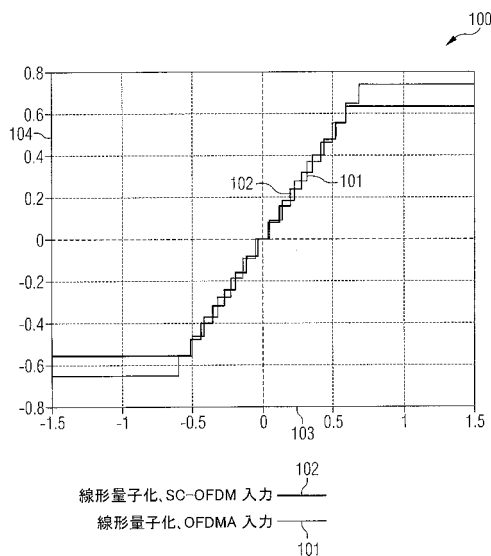
【図10】一実施形態に係る量子化器の伝達関数を有する図表を示す図である。

【図11】一実施形態に係るフローチャートを示す図である。

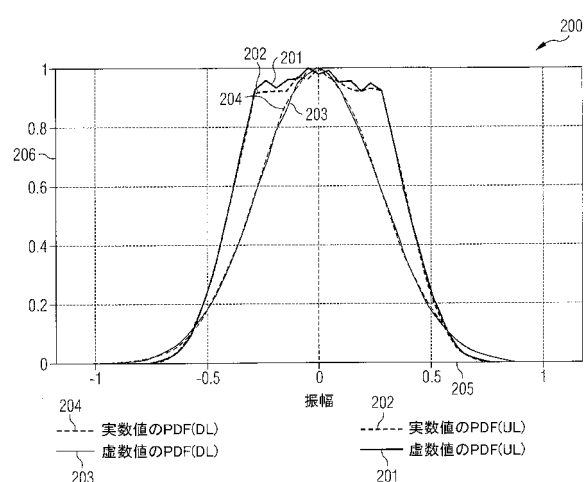
【図12】一実施形態に係る機能グラフを示す図である。

【図13】一実施形態に係るフローチャートを示す図である。

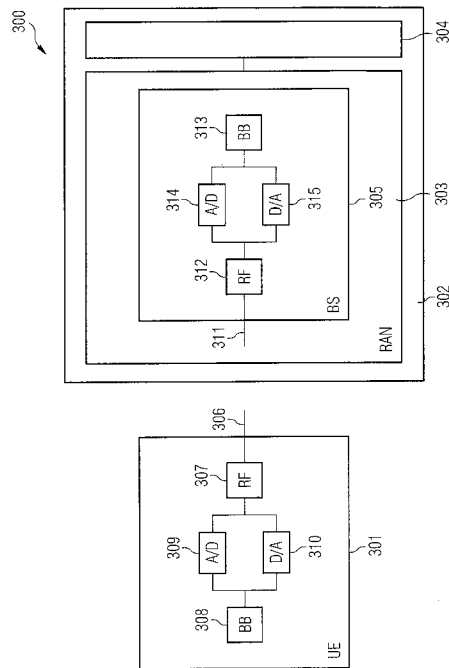
【図1】



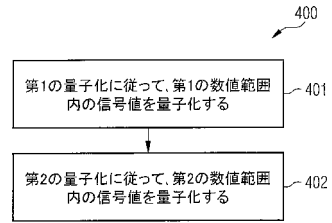
【図2】



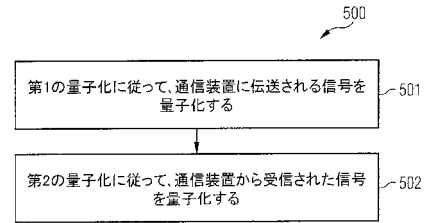
【図 3】



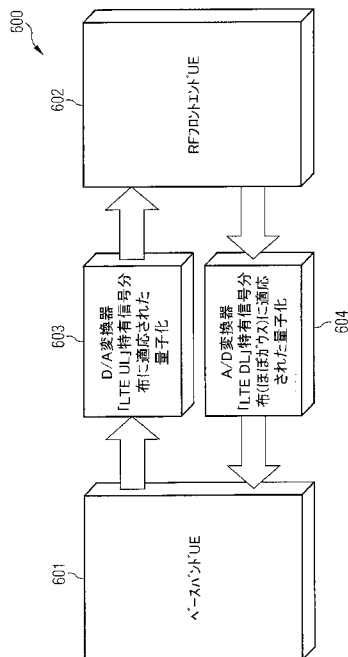
【図 4】



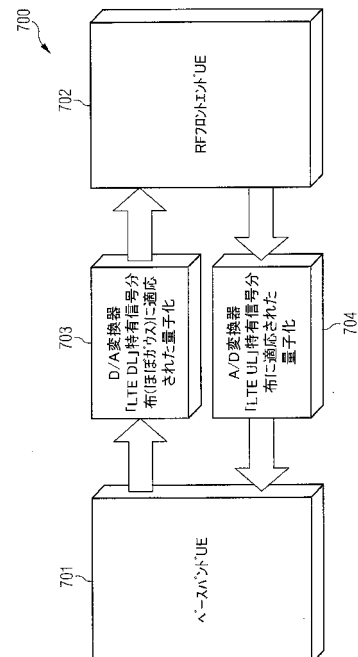
【図 5】



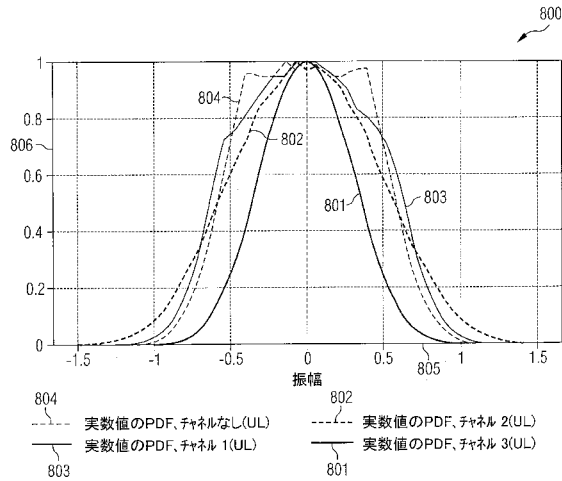
【図 6】



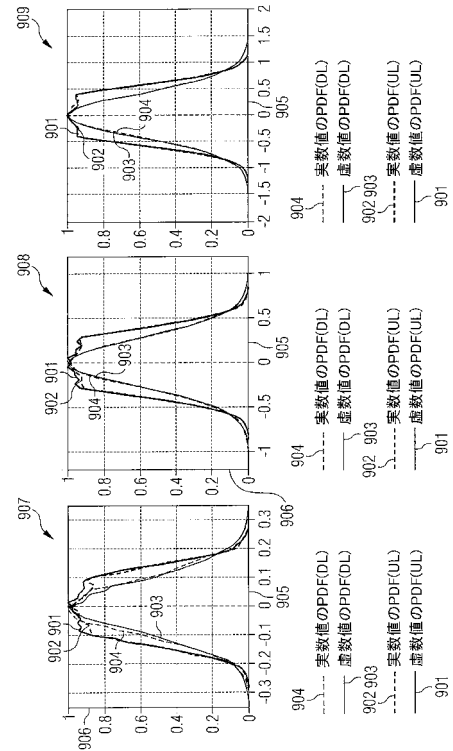
【図 7】



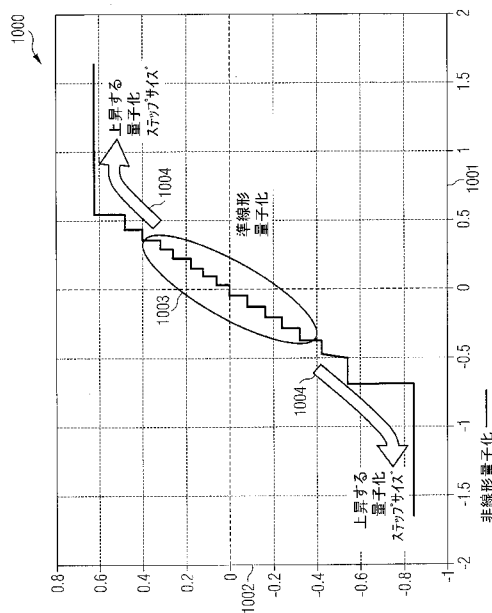
【図 8】



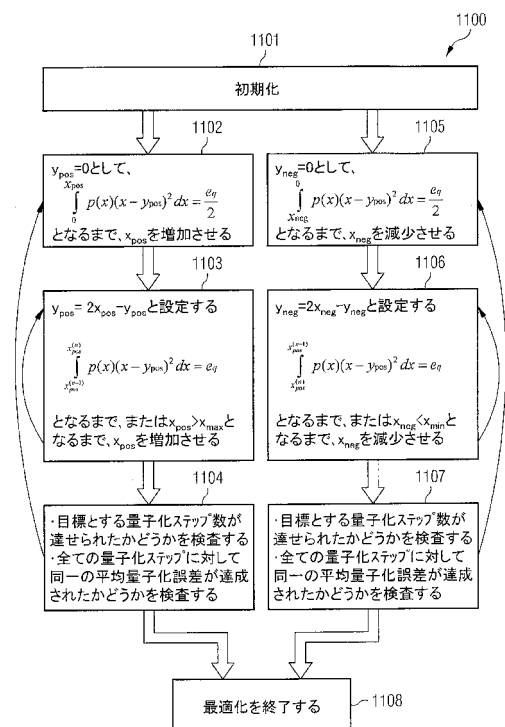
【図 9】



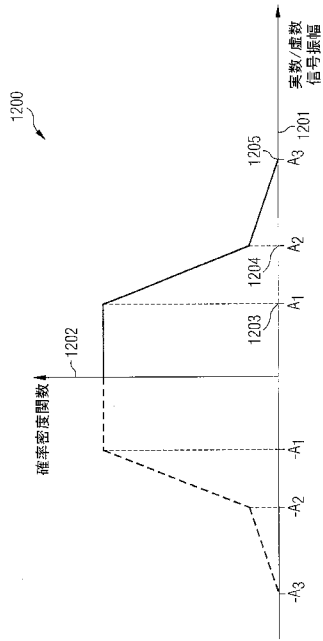
【図 10】



【図 11】



【図 1 2】



【図 1 3】

