

(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2016-197782

(P2016-197782A)

(43) 公開日 平成28年11月24日(2016.11.24)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)	
H03M	3/02	(2006.01)	H03M	3/02	5J064
H04B	15/02	(2006.01)	H04B	15/02	5K052
H04B	1/04	(2006.01)	H04B	1/04	R 5K060

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-76112 (P2015-76112)	(71) 出願人	000005223
(22) 出願日	平成27年4月2日 (2015.4.2)		富士通株式会社
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
		(74) 代理人	100089118
			弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	ロズキン アレクサンダー ニコラビッチ
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		Fターム(参考)	5J064 AA01 BA03 BB07 BB14 BC07 BC08 BC19 BD02 5K052 AA01 CC06 DD15 DD36 EE01 EE17 FF32 GG19 5K060 BB08 CC04 HH01 HH03 HH11 HH14 JJ21

(54) 【発明の名称】 送信装置及び雑音除去方法

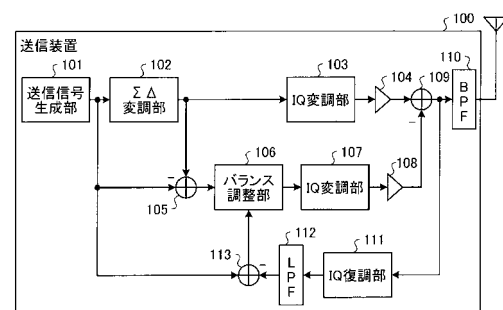
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 送信信号の振幅が変換される場合でも、送信信号から十分に雑音を除去する。

【解決手段】 送信装置100は、量子化ビット数が複数ビットの送信信号を当該送信信号よりも量子化ビット数が小さい信号に変換する変換部102と、変換部による変換後の信号を増幅する第1の増幅器104と、変換部による変換によって信号に発生する雑音成分を抽出する抽出部105と、抽出部によって抽出された雑音成分を増幅する第2の増幅器108と、第1の増幅器による増幅後の信号と第2の増幅器による増幅後の雑音成分とを合成し、増幅後の信号に含まれる雑音成分を除去する合成部109と、合成部によって雑音成分が除去された信号と複数ビットの送信信号との誤差に基づいて、第1の増幅器へ入力される信号又は第2の増幅器へ入力される雑音成分に歪みを付加する付加部106と、を有する。

【選択図】 図1

実施の形態1に係る送信装置の構成を示すブロック図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

量子化ビット数が複数ビットの送信信号を当該送信信号よりも量子化ビット数が小さい信号に変換する変換部と、

前記変換部による変換後の信号を増幅する第 1 の増幅器と、

前記変換部による変換によって信号に発生する雑音成分を抽出する抽出部と、

前記抽出部によって抽出された雑音成分を増幅する第 2 の増幅器と、

前記第 1 の増幅器による増幅後の信号と前記第 2 の増幅器による増幅後の雑音成分とを合成し、増幅後の信号に含まれる雑音成分を除去する合成部と、

前記合成部によって雑音成分が除去された信号と前記複数ビットの送信信号との誤差に基づいて、前記第 1 の増幅器へ入力される信号又は前記第 2 の増幅器へ入力される雑音成分に歪みを付加する付加部と

を有することを特徴とする送信装置。

【請求項 2】

前記付加部は、

前記雑音成分が除去された信号と前記複数ビットの送信信号との誤差を小さくする歪みを付加することを特徴とする請求項 1 記載の送信装置。

【請求項 3】

前記変換部は、

前記複数ビットの送信信号を $\Sigma \Delta$ 変調して量子化ビット数が 1 ビットの信号に変換することを特徴とする請求項 1 記載の送信装置。

【請求項 4】

前記付加部は、

前記変換部による変換後の信号が D/A (Digital/Analogue) 変換されて得られるアナログ信号に歪みを付加することを特徴とする請求項 1 記載の送信装置。

【請求項 5】

前記付加部は、

前記雑音成分が除去された信号と前記複数ビットの送信信号との誤差に対応する係数を有する多項式を用いて算出した歪みを付加することを特徴とする請求項 1 記載の送信装置。

【請求項 6】

量子化ビット数が複数ビットの送信信号を当該送信信号よりも量子化ビット数が小さい信号に変換する変換部と、

前記変換部による変換後の信号を増幅する第 1 の増幅器と、

前記変換部による変換によって信号に発生する雑音成分を抽出する抽出部と、

前記抽出部によって抽出された雑音成分を増幅する第 2 の増幅器と、

前記第 1 の増幅器による増幅後の信号と前記第 2 の増幅器による増幅後の雑音成分とを合成し、増幅後の信号に含まれる雑音成分を除去する合成部と、

前記抽出部によって抽出された雑音成分と前記第 2 の増幅器による増幅後の雑音成分との誤差に基づいて、前記第 2 の増幅器へ入力される雑音成分に歪みを付加する付加部と

を有することを特徴とする送信装置。

【請求項 7】

量子化ビット数が複数ビットの送信信号を当該送信信号よりも量子化ビット数が小さい信号に変換し、

変換によって信号に発生する雑音成分を抽出し、

信号から雑音成分除去後にフィードバックされるフィードバック信号と前記複数ビットの送信信号との誤差に基づいて、前記変換後の信号又は前記雑音成分に歪みを付加し、

前記変換後の信号及び前記雑音成分を互いに異なる増幅器によって増幅し、

増幅後の信号及び雑音成分を合成する

処理を有することを特徴とする雑音除去方法。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、送信装置及び雑音除去方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、例えば送信装置に設けられるH P A (High Power Amplifier)などの増幅器は、入力電力が大きくなって出力電力が飽和領域に近づくと、入力電力と出力電力の線形性が崩れる。このため、電力効率が高い飽和領域付近で増幅器を動作させると、非線形歪みが発生する。非線形歪みは、帯域外放射などの原因となるため、非線形歪みを抑制するために、増幅器で増幅される信号を変換して振幅を一定にすることなどが考えられている。

10

【0003】

具体的には、増幅器で増幅される送信信号を例えば $\Sigma \Delta$ 変調によって振幅が一定の信号に変換し、変換後の信号を増幅器で増幅して送信することなどが検討されている。 $\Sigma \Delta$ 変調によれば、量子化ビット数が複数ビットの信号が1ビットの信号に変換されるため、振幅が変化する送信信号を一定振幅の送信信号に変換することができる。そして、送信信号の振幅が一定になることにより、増幅器への入力電力が一定になり、非線形歪みの発生を抑制することができる。

【0004】

20

ただし、信号を $\Sigma \Delta$ 変調する際には、信号の周波数帯域外に比較的高レベルの量子化雑音が発生する。そこで、この量子化雑音を除去するために、Q値が高いバンドパスフィルタが増幅器の後段に設けられることがある。また、Q値が高いバンドパスフィルタを設けると、送信装置のサイズ及びコストが増大するため、送信信号を増幅するパスとは別に雑音成分を増幅するパスを送信装置に設け、増幅後の送信信号から雑音成分を除去する構成が検討されている。

【0005】

図8は、雑音成分を除去する構成の送信回路の一例を示すブロック図である。図8に示す送信回路は、信号処理部10、第1信号発生部20、第2信号発生部30、増幅器40、50及び合成部60を有する。

30

【0006】

図8に示す送信回路において、信号処理部10によって信号処理された送信信号が第1信号発生部20及び第2信号発生部30へ入力されると、第1信号発生部20は、送信信号を例えば $\Sigma \Delta$ 変調する。このとき、 $\Sigma \Delta$ 変調によって発生する雑音成分が送信信号に付加される。また、第2信号発生部30は、第1信号発生部20における $\Sigma \Delta$ 変調によって発生する雑音成分と同じ雑音成分を発生させる。そして、第1信号発生部20によって $\Sigma \Delta$ 変調された送信信号は増幅器40によって増幅される一方、第2信号発生部30において発生した雑音成分は増幅器50によって増幅される。増幅後の送信信号と雑音成分は、合成部60によって合成される。このとき、増幅器50によって増幅された雑音成分の位相を反転して送信信号に合成することにより、送信信号から雑音成分が除去される。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2004-72735号公報

【特許文献2】特開2005-295521号公報

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】Antoine Frappe et al. “An All-Digital RF Signal Generator Using High-Speed $\Delta \Sigma$ Modulators” IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, Vol.44, No.10 2009年10月

50

【非特許文献 2】Toru Matsuura et al. “A High Efficiency Transmitter with a Delta-Sigma Modulator and a Noise Cancellation Circuit” European Conference on Wireless Technology 2004 年

【非特許文献 3】Hsin-Hung Chen et al. “Joint Polynomial and Look-Up-Table Predistortion Power Amplifier Linearization” IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS-II: EXPRESS BRIEFS, Vol.53, No.8 2006 年 8 月

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、送信信号と雑音成分をそれぞれ別のパスで増幅し合成することによって雑音成分を除去する技術においては、両パスの特性が不均衡である場合には、十分に雑音成分を除去することが困難であるという問題がある。具体的には、例えば図 8 に示した送信回路において、増幅器 40、50 に線形特性やゲインなどの違いがある場合には、送信信号と雑音成分が同等の条件で増幅されず、増幅後の送信信号と雑音成分を合成しても、十分に雑音成分が除去されない。このため、送信信号及び雑音成分が増幅されるパスの特性を一致させることが好ましいが、両パスに設けられる増幅器などの部品に個体差があるため、両パスの特性を完全に一致させることは現実的ではない。

【0010】

開示の技術は、かかる点に鑑みてなされたものであって、送信信号の振幅が変換される場合でも、送信信号から十分に雑音を除去することができる送信装置及び雑音除去方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本願が開示する送信装置は、1つの態様において、量子化ビット数が複数ビットの送信信号を当該送信信号よりも量子化ビット数が小さい信号に変換する変換部と、前記変換部による変換後の信号を増幅する第 1 の増幅器と、前記変換部による変換によって信号に発生する雑音成分を抽出する抽出部と、前記抽出部によって抽出された雑音成分を増幅する第 2 の増幅器と、前記第 1 の増幅器による増幅後の信号と前記第 2 の増幅器による増幅後の雑音成分とを合成し、増幅後の信号に含まれる雑音成分を除去する合成部と、前記合成部によって雑音成分が除去された信号と前記複数ビットの送信信号との誤差に基づいて、前記第 1 の増幅器へ入力される信号又は前記第 2 の増幅器へ入力される雑音成分に歪みを付加する付加部とを有する。

【発明の効果】

【0012】

本願が開示する送信装置及び雑音除去方法の 1つの態様によれば、送信信号の振幅が変換される場合でも、送信信号から十分に雑音を除去することができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図 1】図 1 は、実施の形態 1 に係る送信装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】図 2 は、実施の形態 1 に係る雑音除去処理を示すフロー図である。

【図 3】図 3 は、信号のパワースペクトル密度の具体例を示す図である。

【図 4】図 4 は、実施の形態 1 に係る送信装置の変形例を示すブロック図である。

【図 5】図 5 は、実施の形態 2 に係る送信装置の構成を示すブロック図である。

【図 6】図 6 は、実施の形態 3 に係る送信装置の構成を示すブロック図である。

【図 7】図 7 は、実施の形態 3 に係る雑音除去処理を示すフロー図である。

【図 8】図 8 は、送信回路の一例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、本願が開示する送信装置及び雑音除去方法の実施の形態について、図面を参照し

10

20

30

40

50

て詳細に説明する。なお、この実施の形態により本発明が限定されるものではない。

【0015】

(実施の形態1)

図1は、実施の形態1に係る送信装置100の構成を示すブロック図である。図1に示す送信装置100は、送信信号生成部101、 $\Sigma\Delta$ 変調部102、I Q (In-phase Quadrature) 変調部103、増幅器104、雑音成分抽出部105、バランス調整部106、I Q変調部107、増幅器108、合成部109及びバンドパスフィルタ(以下「BPF」と略記する)110を有する。このうち、 $\Sigma\Delta$ 変調部102、I Q変調部103及び増幅器104は、送信信号用のパスを構成する。一方、雑音成分抽出部105、バランス調整部106、I Q変調部107及び増幅器108は、雑音成分用のパスを構成する。また、送信装置100は、フィードバック系として、I Q復調部111、ローパスフィルタ(以下「LPF」と略記する)112及び誤差算出部113を有する。

10

【0016】

送信信号生成部101は、データの符号化及び変調などを実行し、送信信号を生成する。送信信号生成部101が生成する送信信号は、量子化ビット数が複数ビットのベースバンド信号である。

【0017】

$\Sigma\Delta$ 変調部102は、量子化ビット数が複数ビットの送信信号を $\Sigma\Delta$ 変調し、量子化ビット数が1ビットの送信信号を生成する。すなわち、 $\Sigma\Delta$ 変調部102は、送信信号を振幅が一定の送信信号に変換する。このとき、 $\Sigma\Delta$ 変調部102における $\Sigma\Delta$ 変調によって量子化雑音が発生し、送信信号に雑音成分が含まれることになる。

20

【0018】

I Q変調部103は、送信信号を直交変調してキャリアに重畳し、D/A (Digital/Analogue) 変換を行って無線周波数の送信信号を得る。

【0019】

増幅器104は、所定のゲインで無線周波数の送信信号を増幅する。ここで、本実施の形態においては、送信信号が $\Sigma\Delta$ 変調されて振幅が一定となっているため、増幅器104における非線形歪みの発生は抑制される。

【0020】

雑音成分抽出部105は、 $\Sigma\Delta$ 変調後の送信信号から $\Sigma\Delta$ 変調前の送信信号を減算することにより、 $\Sigma\Delta$ 変調によって発生した雑音成分を抽出する。

30

【0021】

バランス調整部106は、誤差算出部113によって算出される送信信号とフィードバック信号との誤差に基づいて、送信信号用のパスと雑音成分用のパスとのバランスを調整するための歪みを雑音成分に付加する。すなわち、本実施の形態においては、送信信号用のパスと雑音成分用のパスとが分離しており、それぞれ異なるI Q変調部103、107及び増幅器104、108を有する。このため、例えば増幅器104と増幅器108との線形特性の相違などにより、送信信号用のパスと雑音成分用のパスとの特性が完全には一致しておらず、パス間の不均衡が生じている。そこで、バランス調整部106は、パス間のバランスを調整するために、送信信号とフィードバック信号との誤差に基づいて雑音成分をあらかじめ歪ませる。

40

【0022】

具体的には、バランス調整部106は、例えばメモリ多項式を用いて雑音成分に歪みを付加する。メモリ多項式としては、例えば以下の式(1)などを用いることが可能である。

【数1】

$$S_{out}(n) = \sum_{k=1}^K \sum_{q=0}^Q a_{kq} \cdot S_{in}(n-q) \cdot |S_{in}(n-q)|^{k-1} \cdots (1)$$

【0023】

50

式(1)において、 $S_{in}(n)$ 及び $S_{out}(n)$ は、それぞれ時刻 n におけるバランス調整部106の入力信号及び出力信号を示す。また、 a_{kq} は、誤差算出部113によって算出された誤差に応じた係数である。時刻 n における係数 $a_{kq}(n)$ は、例えば直前の時刻 $(n-1)$ における係数 $a_{kq}(n-1)$ を用いて、以下の式(2)によって算出することができる。

$$a_{kq}(n) = a_{kq}(n-1) + \mu \cdot \varepsilon(n-1) \cdot S_{fed}^* \cdots (2)$$

【0024】

ただし、式(2)において、 μ は定数であり、 $\varepsilon(n-1)$ は時刻 $(n-1)$ における誤差算出部113の出力を示す。また、 S_{fed}^* は、合成部109からフィードバックされるフィードバック信号の複素共役を示す。

10

【0025】

バランス調整部106は、上式(1)によって雑音成分に歪みを付加することにより、送信信号とフィードバック信号との誤差 ε を0に収束させる。

【0026】

IQ変調部107は、歪みが付加された雑音成分を直交変調してキャリアに重畳し、D/A変換を行って無線周波数の雑音成分を得る。

【0027】

増幅器108は、増幅器104と同等のゲインで無線周波数の雑音成分を増幅する。増幅器108のゲインは、増幅器104と同等であることが好ましいが、完全に一致させることは困難である。しかしながら、本実施の形態においては、バランス調整部106によって雑音成分にあらかじめ歪みが付加されるため、この歪みによって増幅器104及び増幅器108のゲインの誤差が補償される。

20

【0028】

合成部109は、増幅器104によって増幅された送信信号と増幅器108によって増幅された雑音成分とを合成する。すなわち、合成部109は、増幅器108によって増幅された雑音成分の位相を反転させて送信信号に合成する。これにより、合成部109は、送信信号に含まれる雑音成分を除去する。

【0029】

BPF110は、合成部109によって雑音成分が除去された送信信号の不要帯域を除去して、得られた送信信号をアンテナから無線送信する。

30

【0030】

IQ復調部111は、合成部109から出力された送信信号をフィードバックし、フィードバック信号をA/D(Analogue/Digital)変換して直交復調する。

【0031】

LPF112は、IQ復調部111から出力されるフィードバック信号に含まれる不要なイメージ周波数帯域などを除去する。

【0032】

誤差算出部113は、送信信号生成部101によって生成された送信信号とフィードバック信号との誤差を算出し、算出された誤差をバランス調整部106へ出力する。

【0033】

40

次いで、上記のように構成された送信装置100における雑音除去処理について、図2に示すフロー図を参照しながら説明する。

【0034】

まず、送信信号生成部101によって、データの符号化及び変調などが実行され、量子化ビット数が複数ビットの送信信号が生成される(ステップS101)。送信信号は、 $\Sigma\Delta$ 変調部102によって $\Sigma\Delta$ 変調され(ステップS102)、量子化ビット数が1ビットの送信信号が生成される。このとき、 $\Sigma\Delta$ 変調における量子化雑音が発生するため、 $\Sigma\Delta$ 変調部102によって生成された1ビットの送信信号は、雑音成分を含んでいる。そこで、雑音成分抽出部105によって、 $\Sigma\Delta$ 変調前後の送信信号の減算が行われ、 $\Sigma\Delta$ 変調後の送信信号に含まれる雑音成分が算出される(ステップS103)。

50

【0035】

一方、 $\Sigma\Delta$ 変調前の送信信号は、誤差算出部113にも入力され、フィードバック信号との誤差が算出される（ステップS104）。算出された誤差は、バランス調整部106へ出力される。そして、バランス調整部106によって、送信信号とフィードバック信号との誤差が0に近づくように、雑音成分に歪みが付加される（ステップS105）。具体的には、送信信号とフィードバック信号との誤差に応じた係数を用いる上式（1）のようなメモリ多項式が用いられることにより、雑音成分にあらかじめ歪みが付加される。この歪みは、送信信号用のパスと雑音成分用のパスとの特性の不均衡を補償する歪みである。換言すれば、雑音成分に歪みがあらかじめ付加されることにより、送信信号用のパスと雑音成分用のパスとの特性のバランスが調整される。

10

【0036】

そして、歪みが付加された雑音成分は、I/Q変調部107によって直交変調及びD/A変換される。同様に、送信信号は、I/Q変調部103によって直交変調及びD/A変換される（ステップS106）。I/Q変調部103、107によってアナログ信号となった送信信号及び雑音成分は、それぞれ増幅器104、108によって増幅される（ステップS107）。このとき、増幅器104及び増幅器108には同等のゲインが設定されているため、送信信号及び雑音成分は、同等のゲインで増幅される。

【0037】

そして、合成部109によって、位相が反転した雑音成分が送信信号に合成されることにより、送信信号に含まれる雑音成分が除去される（ステップS108）。ここで、雑音成分には、バランス調整部106によってあらかじめ歪みが付加されており、送信信号用のパスと雑音成分用のパスとの特性の不均衡が補償されている。このため、送信信号及び雑音成分がそれぞれ異なる特性のパスを経由しても、送信信号に含まれる雑音成分が合成部109によって十分に除去される。

20

【0038】

雑音成分が除去された送信信号は、I/Q復調部111へフィードバックされて誤差算出部113における誤差の算出に用いられるとともに、BPF110によるフィルタリングが施される（ステップS109）。すなわち、BPF110によって、送信信号の不要帯域が除去される。そして、BPF110によるフィルタリング後の送信信号は、アンテナを介して無線送信される（ステップS110）。

30

【0039】

このように、本実施の形態においては、 $\Sigma\Delta$ 変調前の送信信号と雑音成分除去後の送信信号との誤差が小さくなるように、バランス調整部106によって雑音成分にあらかじめ歪みが付加される。このため、例えば増幅器104、108の線形特性やゲインの違いなどの送信信号用のパスと雑音成分用のパスとの不均衡が補償される。結果として、送信信号の振幅が $\Sigma\Delta$ 変調によって変換される場合でも、合成部109によって送信信号と雑音成分が合成されることにより、送信信号から十分に雑音を除去することができる。

【0040】

図3は、送信信号が帯域幅20MHz及びPAPR（Peak-to-Average Power Ratio）7dBのOFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing）信号である場合のパワースペクトル密度を示す図である。図3において、横軸は中心周波数からのオフセットを示し、縦軸は減衰量を示す。また、グラフ151は、 $\Sigma\Delta$ 変調前の元の送信信号のパワースペクトル密度を示し、グラフ152は、 $\Sigma\Delta$ 変調後の送信信号のパワースペクトル密度を示し、グラフ153は、合成部109から出力される送信信号のパワースペクトル密度を示す。

40

【0041】

$\Sigma\Delta$ 変調前の送信信号は帯域幅が20MHzであるため、図3のグラフ151に示すように、中心周波数からのオフセットが10MHz以上の帯域ではパワーが非常に小さい。これに対して、 $\Sigma\Delta$ 変調後の送信信号では、図3のグラフ152に示すように、中心周波数からのオフセットが10MHz以上の帯域でもパワーが大きくなっている。これは、 Σ

50

Δ 変調において発生する雑音成分により、帯域外放射のレベルが大きくなったことを意味している。しかし、本実施の形態のように、バランス調整部106によって雑音成分にあらかじめ歪みを付加して送信信号に合成することにより、送信信号の雑音成分が除去され、図3のグラフ153に示すように、帯域外放射のレベルが小さくなる。

【0042】

以上のように、本実施の形態によれば、 $\Sigma\Delta$ 変調された送信信号と雑音成分とをそれぞれ異なるパスで増幅し、送信信号から雑音成分を除去する場合に、 $\Sigma\Delta$ 変調前の送信信号と雑音成分除去後の送信信号との誤差を小さくする歪みを雑音成分にあらかじめ付加する。このため、送信信号用のパスと雑音成分用のパスとの特性の不均衡を補償して、両パスのバランスを調整することができる。結果として、送信信号の振幅が $\Sigma\Delta$ 変調によって変換される場合でも、送信信号から十分に雑音を除去することができる。

10

【0043】

なお、上記実施の形態1においては、合成部109によって雑音成分が除去され、BPF110へ入力される前の送信信号をフィードバックするものとしたが、図4に示すように、BPF110から出力される送信信号をフィードバックすることも可能である。こうすることにより、 $\Sigma\Delta$ 変調前の送信信号と実際にアンテナから送信される送信信号との誤差を小さくする歪みがバランス調整部106によって雑音成分に付加される。

【0044】

(実施の形態2)

実施の形態2の特徴は、雑音成分用のパスの特性の線形化を図ることにより、送信信号用のパスと雑音成分用のパスとのバランスを調整する点である。

20

【0045】

図5は、実施の形態2に係る送信装置100の構成を示すブロック図である。図5において、図1と同じ部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。図5に示す送信装置100は、図1のIQ復調部111、LPF112及び誤差算出部113に代えて、IQ復調部201、LPF202及び誤差算出部203を有する。また、図5に示す送信装置100は、図1のバランス調整部106に代えて、雑音成分調整部204を有する。

【0046】

IQ復調部201は、増幅器108によって増幅された雑音成分をフィードバックし、フィードバック信号をA/D変換して直交復調する。

30

【0047】

LPF202は、IQ復調部201から出力されるフィードバック信号に含まれる不要なイメージ周波数帯域などを除去する。

【0048】

誤差算出部203は、雑音成分抽出部105によって抽出された雑音成分とフィードバック信号との誤差を算出し、算出された誤差を雑音成分調整部204へ出力する。

【0049】

雑音成分調整部204は、誤差算出部203によって算出される雑音成分とフィードバック信号との誤差に基づいて、雑音成分用のパスの特性を線形化するための歪みを雑音成分に付加する。すなわち、雑音成分調整部204は、例えば増幅器108において発生する非線形歪みを補償する歪みをあらかじめ雑音成分に付加する。雑音成分調整部204は、例えば、誤差算出部203によって算出される誤差に応じた係数を有するメモリ多項式を用いて雑音成分に歪みを付加する。

40

【0050】

本実施の形態においては、増幅器108によって増幅される雑音成分をフィードバックすることにより、雑音成分用のパスを線形化する。通常、雑音成分抽出部105によって抽出される雑音成分の振幅は一定ではないため、雑音成分が増幅器108によって増幅される際に非線形歪みが発生する。一方、送信信号の振幅は、 $\Sigma\Delta$ 変調部102によって $\Sigma\Delta$ 変調されることにより一定であるため、送信信号が増幅器104によって増幅される際には非線形歪みが発生しない。そこで、本実施の形態においては、雑音成分にあらかじめ

50

歪みを付加することにより、増幅器 108 において発生する非線形歪みを補償する。これにより、増幅器 104 及び増幅器 108 双方を線形増幅器とみなすことができ、送信信号用のパスと雑音成分用のパスとのバランスを調整することができる。この結果、送信信号の振幅が $\Sigma \Delta$ 変調によって変換される場合でも、合成部 109 によって送信信号と雑音成分が合成されることにより、送信信号から十分に雑音を除去することができる。

【0051】

以上のように、本実施の形態によれば、 $\Sigma \Delta$ 変調された送信信号と雑音成分とをそれぞれ異なるパスで増幅し、送信信号から雑音成分を除去する場合に、増幅器による増幅前後の雑音成分の誤差を小さくする歪みを増幅前の雑音成分にあらかじめ付加する。このため、雑音成分を増幅する増幅器において発生する非線形歪みを補償し、両パスの増幅器が送信信号及び雑音成分を線形増幅するとみなすことができる。結果として、送信信号の振幅が $\Sigma \Delta$ 変調によって変換される場合でも、送信信号から十分に雑音を除去することができる。

【0052】

(実施の形態 3)

実施の形態 3 の特徴は、送信信号にあらかじめ歪みを付加することにより、送信信号用のパスと雑音成分用のパスとのバランスを調整する点である。

【0053】

図 6 は、実施の形態 3 に係る送信装置 100 の構成を示すブロック図である。図 6 において、図 1 と同じ部分には同じ符号を付し、その説明を省略する。図 6 に示す送信装置 100 は、図 1 のバランス調整部 106 に代えて、バランス調整部 301 を有する。

【0054】

バランス調整部 301 は、誤差算出部 113 によって算出される送信信号とフィードバック信号との誤差に基づいて、送信信号用のパスと雑音成分用のパスとのバランスを調整するための歪みを送信信号に付加する。すなわち、バランス調整部 301 は、雑音成分に歪みを付加するバランス調整部 106 とは異なり、送信信号とフィードバック信号との誤差に基づいて送信信号をあらかじめ歪ませる。

【0055】

ここで、送信信号は、 $\Sigma \Delta$ 変調部 102 によって $\Sigma \Delta$ 変調されることにより振幅が一定の信号となるため、デジタル信号の状態のまま歪みを付加することが困難である。そこで、バランス調整部 301 は、I/Q 変調部 103 によってアナログ信号に変換された送信信号に歪みを付加する。

【0056】

次いで、上記のように構成された送信装置 100 における雑音除去処理について、図 7 に示すフロー図を参照しながら説明する。なお、図 7 において、図 2 と同じ部分には同じ符号を付し、その詳しい説明を省略する。

【0057】

送信信号生成部 101 によって生成された量子化ビット数が複数ビットの送信信号は、 $\Sigma \Delta$ 変調部 102 によって $\Sigma \Delta$ 変調され、量子化ビット数が 1 ビットの送信信号となる (ステップ S101、S102)。そして、雑音成分抽出部 105 によって、 $\Sigma \Delta$ 変調前後の送信信号の減算が行われ、 $\Sigma \Delta$ 変調後の送信信号に含まれる雑音成分が算出される (ステップ S103)。

【0058】

一方、 $\Sigma \Delta$ 変調前の送信信号は、誤差算出部 113 にも入力され、フィードバック信号との誤差が算出される (ステップ S104)。算出された誤差は、バランス調整部 301 へ出力される。また、送信信号及び雑音成分は、それぞれ I/Q 変調部 103、107 によって直交変調及び D/A 変換される (ステップ S106)。そして、バランス調整部 301 によって、誤差算出部 113 から出力される誤差が 0 に近づくように、アナログ信号に変換された送信信号に歪みが付加される (ステップ S201)。具体的には、送信信号とフィードバック信号との誤差に応じた係数を用いる上式 (1) のようなメモリ多項式が用

いられることにより、アナログの送信信号にあらかじめ歪みが付加される。この歪みは、送信信号用のパスと雑音成分用のパスとの特性の不均衡を補償する歪みである。換言すれば、送信信号に歪みがあらかじめ付加されることにより、送信信号用のパスと雑音成分用のパスとの特性のバランスが調整される。

【0059】

歪みが付加された送信信号と雑音成分とは、それぞれ増幅器104、108によって増幅される（ステップS107）。そして、合成部109によって、位相が反転した雑音成分が送信信号に合成されることにより、送信信号に含まれる雑音成分が除去される（ステップS108）。ここで、送信信号には、バランス調整部301によってあらかじめ歪みが付加されており、送信信号用のパスと雑音成分用のパスとの特性の不均衡が補償されている。このため、送信信号及び雑音成分がそれぞれ異なる特性のパスを経由しても、送信信号に含まれる雑音成分が合成部109によって十分に除去される。

10

【0060】

雑音成分が除去された送信信号は、I Q復調部111へフィードバックされて誤差算出部113における誤差の算出に用いられるとともに、BPF110によるフィルタリングが施される（ステップS109）。そして、BPF110によるフィルタリング後の送信信号は、アンテナを介して無線送信される（ステップS110）。

【0061】

以上のように、本実施の形態によれば、 $\Sigma\Delta$ 変調された送信信号と雑音成分とをそれぞれ異なるパスで増幅し、送信信号から雑音成分を除去する場合に、 $\Sigma\Delta$ 変調前の送信信号と雑音成分除去後の送信信号との誤差を小さくする歪みを送信信号にあらかじめ付加する。このため、送信信号用のパスと雑音成分用のパスとの特性の不均衡を補償して、両パスのバランスを調整することができる。結果として、送信信号の振幅が $\Sigma\Delta$ 変調によって変換される場合でも、送信信号から十分に雑音を除去することができる。

20

【0062】

なお、上記実施の形態3においては、I Q変調部103によってアナログ信号に変換された送信信号に歪みが付加されるものとしたが、例えば $\Sigma\Delta$ 変調前の送信信号に歪みを付加して送信信号用のパスと雑音成分用のパスとのバランスを調整することも可能である。すなわち、 $\Sigma\Delta$ 変調によって振幅を一定にすることにより非線形歪みの発生を抑制しているため、 $\Sigma\Delta$ 変調後の送信信号に歪みを付加するのは困難であるが、 $\Sigma\Delta$ 変調前又はアナログ信号に変換された後の送信信号に歪みを付加することは可能である。

30

【0063】

また、上記各実施の形態においては、 $\Sigma\Delta$ 変調によって送信信号の振幅を一定にする変換が施されるものとしたが、送信信号に対して $\Sigma\Delta$ 変調以外の変換が施される場合にも、上記各実施の形態と同様に送信信号の雑音成分を除去することが可能である。具体的には、量子化ビット数がmビット（mは2以上の整数）の送信信号が、量子化ビット数がnビット（nはm未満の整数）の送信信号に変換される場合、量子化ビット数が減少することによって雑音成分が発生するが、この雑音成分を上記各実施の形態と同様に除去することができる。

【0064】

さらに、上記各実施の形態においては、メモリ多項式を用いて送信信号又は雑音成分に歪みを付加するものとしたが、メモリ多項式を用いずに歪みを決定することも可能である。すなわち、例えば誤差に応じた歪みを記憶するルックアップテーブルが参照され、算出された誤差に対応する歪みが送信信号又は雑音成分に付加されるようにしても良い。

40

【0065】

なお、上記各実施の形態において説明した送信信号生成部101、 $\Sigma\Delta$ 変調部102、雑音成分抽出部105、バランス調整部106、雑音成分調整部204及び誤差算出部113、203による処理は、送信装置100が有する例えばCPU（Central Processing Unit）及びDSP（Digital Signal Processor）などのプロセッサによって実行されても良い。この場合、プロセッサは、使用されるデータ等をメモリに記憶させながら、

50

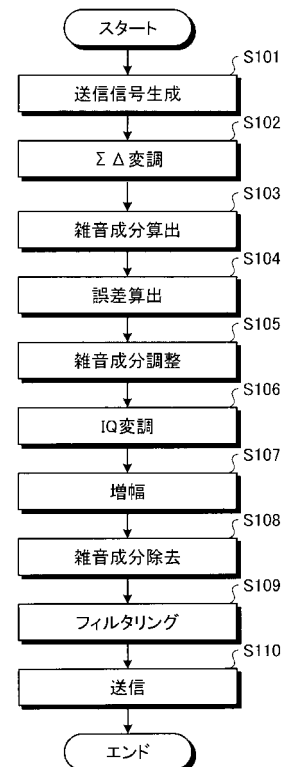
【符号の説明】

1 0 1	送信信号生成部
1 0 2	$\Sigma \Delta$ 変調部
1 0 3	I Q変調部
1 0 4	増幅器
1 0 5	雑音成分抽出部
1 0 6、3 0 1	バランス調整部
1 0 7	I Q変調部
1 0 8	増幅器
1 0 9	合成部
1 1 0	B P F
1 1 1、2 0 1	I Q復調部
1 1 2、2 0 2	L P F
1 1 3、2 0 3	誤差算出部
2 0 4	雑音成分調整部

10

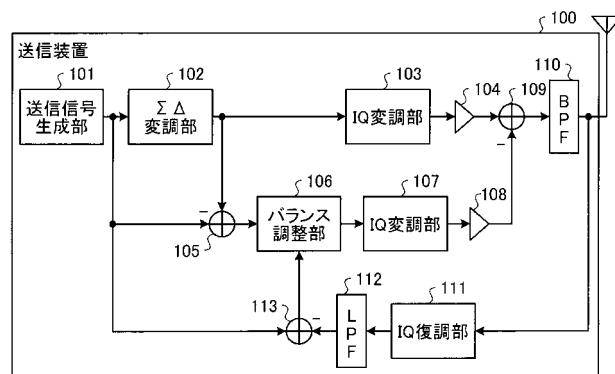
【図 2】

実施の形態1に係る雑音除去処理を示すフロー図



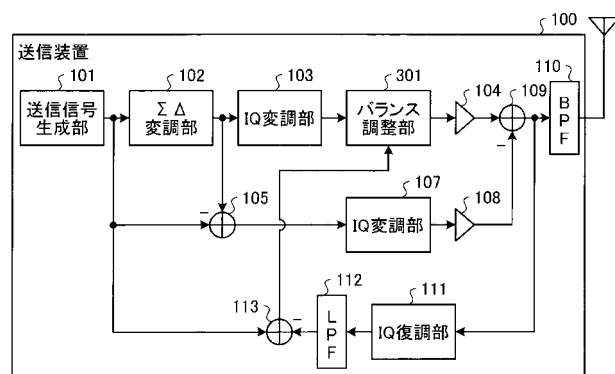
【図 4】

実施の形態1に係る送信装置の変形例を示すブロック図



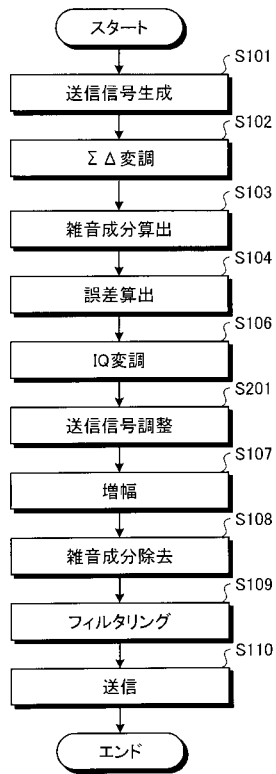
【图 6】

実施の形態3に係る送信装置の構成を示すブロック図



【図 7】

実施の形態3に係る雑音除去処理を示すフロー図



【図 8】

送信回路の一例を示すブロック図

