

(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2010-74724

(P2010-74724A)

(43) 公開日 平成22年4月2日(2010.4.2)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)		
H03F	1/32	(2006.01)	H03F	1/32	5J500	
H04B	1/04	(2006.01)	H04B	1/04	R	5K060

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2008-242436 (P2008-242436)	(71) 出願人	000004330
(22) 出願日	平成20年9月22日 (2008.9.22)		日本無線株式会社
			東京都三鷹市下連雀5丁目1番1号
		(74) 代理人	100119677
			弁理士 岡田 賢治
		(74) 代理人	100115794
			弁理士 今下 勝博
		(72) 発明者	柴田 孝基
			東京都三鷹市下連雀5丁目1番1号 日本無線株式会社内
		(72) 発明者	船山 拓也
			東京都三鷹市下連雀5丁目1番1号 日本無線株式会社内
		Fターム(参考)	5J500 AA01 AA41 AC22 AF08 AK33 AM20 AS14 AT01 NG03
			最終頁に続く

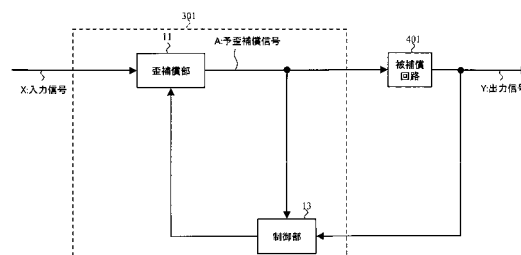
(54) 【発明の名称】 プリディストータ

(57) 【要約】

【課題】歪補償するためのメモリ量を低減でき、且つ高い歪補償精度と歪補償追従性とを両立できるプリディストータを提供することを目的とする。

【解決手段】プリディストータ301は、所定の基準に基づく歪補償値で入力信号Xを歪補償した予歪補償信号Aを被補償回路401へ出力する歪補償部11と、互いに異なるサンプリングポイントで入力信号Xを取り込んだ複数の入力サンプリング信号及び前記サンプリングポイントで被補償回路401からの出力信号Yを取り込んだ複数の出力サンプリング信号から前記基準の更新量を算出し、歪補償部11に前記基準を更新させる制御部13と、を備える。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

所定の基準に基づく歪補償値で入力信号を歪補償した予歪補償信号を被補償回路へ出力する歪補償部と、

互いに異なるサンプリングポイントで前記予歪補償信号を取り込んだ複数の予歪サンプリング信号及び前記サンプリングポイントで前記被補償回路からの出力信号を取り込んだ複数の出力サンプリング信号から前記基準の更新量を算出し、前記歪補償部に前記基準を更新させる制御部と、

を備えるプリディストータ。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】**【0001】**

本発明は、信号増幅器などの被補償回路からの出力信号の歪を補償するため、入力信号に予め加えるプリディストーション信号を生成するプリディストータに関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、プリディストータで用いる歪補償値を生成する多項式の係数（もしくはルックアップテーブル）を推定するのには計算量とメモリ量が多く必要であった。（例えば、特許文献 1～4 を参照。）。

20

【特許文献 1】特開 2004 - 320329 号公報

【特許文献 2】特開 2004 - 320598 号公報

【特許文献 3】特開 2007 - 282066 号公報

【特許文献 4】特開 2007 - 243549 号公報

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

計算量やメモリ量を多くすると歪補償精度は高くなるが更新速度および更新速度に対応する追従速度や収束速度が遅くなる。一方、逆に計算量やメモリ量を少なくすると更新速度および追従速度は速くなるが、歪補償精度が低くなる。このため、送信キャリア数の変化や温度の変化などにより、増幅装置の歪特性が変化した場合に、プリディストータで乗じる歪補償値を生成する多項式の係数（もしくはルックアップテーブル）を即座に変化、追従させる必要があるが、歪補償精度を維持することと追従性や更新速度を速めることとは両立しないという課題があった。

30

【0004】

そこで、本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、歪補償するための計算量やメモリ量を低減でき、且つ高い歪補償精度と歪補償追従性とを両立できるプリディストータ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】**【0005】**

40

前記目的を達成するために、本発明に係るプリディストータは、歪補償量を定義する歪補償多項式の係数（または、対応するルックアップテーブル）を推定するのに用いる入出力信号のうち、入力信号の取得点を変更することとした。

【0006】

具体的には、本発明に係るプリディストータは、所定の基準に基づく歪補償値で入力信号を歪補償した予歪補償信号を被補償回路へ出力する歪補償部と、互いに異なるサンプリングポイントで前記予歪補償信号を取り込んだ複数の予歪サンプリング信号及び前記サンプリングポイントで前記被補償回路からの出力信号を取り込んだ複数の出力サンプリング信号から前記基準の更新量を算出し、前記歪補償部に前記基準を更新させる制御部と、を備える。

50

【 0 0 0 7 】

ここで、所定の基準とは、歪補償多項式の係数もしくはルックアップテーブルのテーブル値である。従来、図 2 のように歪補償量を定義する歪補償多項式の係数（または、対応するルックアップテーブル）の推定にプリディストータへの入力信号と被補償回路の出力信号を用いていた。本発明では、歪補償量を定義する歪補償多項式の係数（または、対応するルックアップテーブル）の推定に歪補償部が出力する予歪補償信号と被補償回路の出力信号を用いる。但し、歪補償量を計算する際には従来と同様に歪補償部への入力信号を用いる。後述のように、歪補償量を定義する歪補償多項式の係数（または、対応するルックアップテーブル）を推定するのに用いる信号の取得点を図 3 のように歪補償部の出力信号（すなわち被補償回路の入力信号）と被補償回路の出力信号に変更したことで、計算量、および必要なメモリ量が減る。

10

【 0 0 0 8 】

従って、本発明に係るプリディストータは、歪補償するための計算量やメモリ量を低減でき、且つ高い歪補償精度と歪補償追従性とを両立できる。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 9 】

本発明は、歪補償するための計算量やメモリ量を低減できるプリディストータであるため、歪補償値を生成する歪補償多項式の係数（もしくはルックアップテーブル）を更新する更新時間を短縮でき、収束が速くなる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

20

【 0 0 1 0 】

添付の図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。以下に説明する実施の形態は本発明の構成の例であり、本発明は、以下の実施の形態に制限されるものではない。なお、本明細書及び図面において符号が同じ構成要素は、相互に同一のものを示すものとする。

【 0 0 1 1 】

（実施の形態 1）

図 3 は本実施形態のプリディストータ 3 0 1 の構成を説明するブロック図である。プリディストータ 3 0 1 は、所定の基準に基づく歪補償値で入力信号 X を歪補償した予歪補償信号 A を被補償回路 4 0 1 へ出力する歪補償部 1 1 と、互いに異なるサンプリングポイントで予歪補償信号 A を取り込んだ複数の予歪サンプリング信号及び同じサンプリングポイントで被補償回路 4 0 1 からの出力信号 Y を取り込んだ複数の出力サンプリング信号から前記基準の更新量を算出し、歪補償部 1 1 に前記基準を更新させる制御部 1 3 と、を備える。例えば、被補償回路 4 0 1 は信号増幅器である。また、歪補償部 1 1 が保有する基準とは歪補償多項式の係数もしくはルックアップテーブルのテーブル値であるが、以下では歪補償多項式の係数として説明する。

30

【 0 0 1 2 】

制御部 1 3 は、所定のサンプリングポイントで予歪補償信号 A 及び出力信号 Y からそれぞれ予歪サンプリング信号及び出力サンプリング信号を取り込む。さらに、後述するように歪補償多項式の係数又はルックアップテーブルのテーブル値の更新量を算出し、補償部 1 1 が保有する歪補償多項式の係数又はルックアップテーブルのテーブル値を更新する。

40

【 0 0 1 3 】

（更新量の算出の説明）

複数の増幅器で構成された増幅器は、図 1 のようにモデル化できる。入力信号 X を周期 T_s でサンプリングした離散時間信号を $x(nT_s)$ とし、出力信号 Y を周期 T_s でサンプリングした離散時間信号を $y(nT_s)$ とし、表記を簡単にするためにそれぞれを $x(n)$ 、 $y(n)$ で表すこととする。また、 $x(n)$ 及び $y(n)$ は実数成分と虚数成分を持つ複素数信号であり、 $x(n)$ 及び $y(n)$ に対する乗算及び加算は、それぞれ複素乗算及び複素加算を示すものとする。すなわち、先に説明した図 2 および 3 においては歪補償部 1 1 と被補償回路 4 0 1 との間には図示しない直交変調器、 D/A 変換器、およびアップコンバータがあり、被補償回路 4 0 1 と制御部の間には図示しないダウンコンバータ

50

、A / D 変換器、および直交復調器がある。このとき、増幅器を構成する要素増幅器 5 1 3 の歪特性を表す歪特性多項式をそれぞれ

【数 1】

$$v_j(n) = \sum_{d=-D1_j}^{D2_j} \sum_{k=1}^{K_j} v_{j,d,k} x(n-d) |x(n-d)|^{k-1}, 1 \leq j \leq J$$

とおく。ここで、 j は要素増幅器 5 1 3 の番号であり、 J は要素増幅器 5 1 3 の個数である。また、 d は入力信号の正規化先行時間、または正規化遅延時間を表し、 $D1_j$ は j 番目の要素増幅器の最大正規化先行時間、 $D2_j$ は j 番目の要素増幅器の最大正規化遅延時間、 k は次数であり、 K_j は j 番目の要素増幅器の歪成分の最大次数を表す。

10

【0 0 1 4】

また、要素増幅器 5 1 3 を合成する比率を入力信号 x の振幅値の関数（合成多項式）

【数 2】

$$f_j(n) = \sum_{r=-R1_j}^{R2_j} \sum_{l=1}^{L_j} f_{j,r,l} |x(n-r)|^{l-1}, 1 \leq j \leq J$$

とおく。ここで、 r は入力信号の正規化先行時間、または正規化遅延時間を表し、 $R1_j$ は j 番目の要素増幅器に対する合成する比率において関係する入力信号の最大正規化先行時間、 $R2_j$ は j 番目の要素増幅器に対する合成する比率において関係する入力信号の最大正規化遅延時間、 l は次数であり、 L_j は j 番目の要素増幅器に対する合成する比率において関係する入力信号の最大次数から 1 次高い次数を表す。このとき、増幅器の出力は

20

【数 3】

$$\begin{aligned} y(n) &= \sum_{j=1}^J f_j(n) v_j(n) \\ &= \sum_{j=1}^J \left(\sum_{r=-R1_j}^{R2_j} \sum_{l=1}^{L_j} f_{j,r,l} |x(n-r)|^{l-1} \right) \left(\sum_{d=-D1_j}^{D2_j} \sum_{k=1}^{K_j} v_{j,d,k} x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} \right) \\ &= \sum_{j=1}^J \sum_{r=-R1_j}^{R2_j} \sum_{d=-D1_j}^{D2_j} \sum_{l=1}^{L_j} \sum_{k=1}^{K_j} f_{j,r,l} v_{j,d,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \\ &= \sum_{j=1}^J \sum_{r=-R1_j}^{R2_j} \sum_{d=-D1_j}^{D2_j} \sum_{l=1}^{L_j} \sum_{k=1}^{K_j} h_{j,r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \end{aligned}$$

30

となる。但し、 $h_{j,r,d,l,k} = f_{j,r,l} v_{j,d,k}$ である。

40

【0 0 1 5】

ここで、数式 3 を整理する。まず、異なる増幅器（異なる j ）の同じ項をまとめると

【 数 4 】

$$\begin{aligned}
y(n) &= \sum_{j=1}^J \sum_{r=-R1_j}^{R2_j} \sum_{d=-D1_j}^{D2_j} \sum_{l=1}^{L_j} \sum_{k=1}^{K_j} h_{j,r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \\
&= \sum_{r=-\max(R1_1, \dots, R1_J)}^{\max(R2_1, \dots, R2_J)} \sum_{d=-\max(D1_1, \dots, D1_J)}^{\max(D2_1, \dots, D2_J)} \sum_{l=1}^{\max(L_1, \dots, L_J)} \sum_{k=1}^{\max(K_1, \dots, K_J)} (h_{1,r,d,l,k} + h_{2,r,d,l,k} + \dots + h_{J,r,d,l,k}) x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \\
&= \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K \hat{h}_{r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1}
\end{aligned}$$

となる。但し、

10

$$\hat{h}_{r,d,l,k} = h_{1,r,d,l,k} + h_{2,r,d,l,k} + \dots + h_{J,r,d,l,k} \quad ,$$

$$R1 = \max(R1_1, R1_2, \dots, R1_J) \quad , \quad R2 = \max(R2_1, R2_2, \dots, R2_J) \quad ,$$

$$D1 = \max(D1_1, D1_2, \dots, D1_J) \quad , \quad D2 = \max(D2_1, D2_2, \dots, D2_J) \quad ,$$

$$L = \max(L_1, L_2, \dots, L_J) \quad , \quad K = \max(K_1, K_2, \dots, K_J)$$

である。ここで、 $\max(c_1, c_2, \dots, c_J)$ は $c_1, c_2, \dots, c_J$ の最大値を表す。

20

【 0 0 1 6 】

次に、数式 4 の $r = d$ の項をまとめると

【数 5】

$$\begin{aligned}
y(n) &= \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K \hat{h}_{r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \\
&= \sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K \hat{h}_{d,d,l,k} x(n-d) |x(n-d)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \\
&+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{\substack{r=-R1 \\ r \neq d}}^{R2} \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K \hat{h}_{r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \\
&= \sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K \hat{h}_{d,d,l,k} x(n-d) |x(n-d)|^{k+l-2} \\
&+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{\substack{r=-R1 \\ r \neq d}}^{R2} \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K \hat{h}_{r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \\
&= \sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{k=1}^{K+L-1} \tilde{h}_{d,k} x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} \\
&+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{\substack{r=-R1 \\ r \neq d}}^{R2} \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K \hat{h}_{r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1}
\end{aligned}$$

10

20

となる。但し、

30

$$\sum_{k=1}^{K+L-1} \tilde{h}_{d,k} = \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K \hat{h}_{d,d,l,k}$$

である。

【0 0 1 7】

また、数式 5 は、

【数 6】

$$\begin{aligned}
y(n) &= \sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{k=1}^{K+L-1} \tilde{h}_{d,k} x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} \\
&+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=1}^K \hat{h}_{r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \\
&= \sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{k=1}^{K+L-1} \tilde{h}_{d,k} x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} + \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{k=1}^K \hat{h}_{r,d,1,k} x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} \\
&+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=1}^K \hat{h}_{r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \tag{10} \\
&= \sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{k=1}^{K+L-1} \tilde{h}_{d,k} x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} + \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{k=1}^K (\hat{h}_{-R1,d,1,k} + \cdots + \hat{h}_{R2,d,1,k}) x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} \\
&+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=1}^K \hat{h}_{r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \\
&= \sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{k=1}^{K+L-1} \tilde{h}_{d,k} x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} + \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{k=1}^K \tilde{h}'_{d,k} x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} \\
&+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=1}^K \hat{h}_{r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \tag{20} \\
&= \sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{k=1}^{K+L-1} (\tilde{h}_{d,k} + \tilde{h}'_{d,k}) x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} \\
&+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=1}^K \hat{h}_{r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \\
&= \sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{k=1}^{K+L-1} h'_{d,k} x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} \\
&+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=1}^K \hat{h}_{r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \tag{30}
\end{aligned}$$

と整理される。但し、 $\sum_{d=-D1}^{D2} \tilde{h}'_{d,k} = \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \hat{h}_{r,d,1,k}$ であり、 $h'_{d,k} = \tilde{h}_{d,k} + \tilde{h}'_{d,k}$ である。

【0018】

更に、

【数 7】

$$\begin{aligned}
y(n) &= \sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{k=1}^{K+L-1} h'_{d,k} x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} \\
&+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=1}^K \hat{h}_{r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \\
&= \sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{k=1}^{K+L-1} h'_{d,k} x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} + \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L \hat{h}_{r,d,l,1} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} \\
&+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=2}^K \hat{h}_{r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1} \\
&= \sum_{d=-D_a}^{D_b} \sum_{k=1}^{K_b} h'_{d,k} x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} + \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L h'_{r,d,l} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} \\
&+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=2}^K h'_{r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1}
\end{aligned}$$

10

20

と整理される。但し、 $K_b = K + L - 1$ 、 $h'_{r,d,l} = \hat{h}_{r,d,l,1}$ 、

$h'_{r,d,l,k} = \hat{h}_{r,d,l,k}$ 、 $D_a = \max(D1, R1)$ 、 $D_b = \max(D2, R2)$ である。

【0019】

すなわち、図1のようにモデル化できる増幅器の歪特性を推定するには、複素数係数 $h'_{d,k}$ 、係数 $h'_{r,d,l}$ 、および係数 $h'_{r,d,l,k}$ を算出すれば良い。係数 $h'_{d,k}$ 、係数 $h'_{r,d,l}$ 、および係数 $h'_{r,d,l,k}$ を算出するには入力信号 X および出力信号 Y を数式7のモデルに適用して最小二乗法を用いればよい。

30

【0020】

(歪補償方法)

次に、図1のモデルに基づいた増幅装置の歪補償方法について説明する。増幅装置全体の入出力信号の関係は

【数8】

$$y(n) = Gx(n)$$

となり、線形であるのが理想的である。但し、 G は増幅装置の利得を表す実数定数である。ここでは、以降の議論を簡単にする目的で、 $G = 1$ とおくこととする。

【0021】

40

しかし、実際の増幅装置では、入力信号の振幅（もしくは電力）が大きくなると入出力信号の関係は線形ではなく数式3または数式7で表現されるように非線形となる。一方、数式3又は数式7において入力信号と出力信号の関係が理想的になるとき $y(n) = x(n)$ の関係が成立する。従って、図1のモデルに基づいた増幅回路を歪補償するには、図1のモデルを数式で表現した歪特性多項式である数式3または数式7において入力信号 X と出力信号 Y を入れ替えた歪補償多項式

【数 9】

$$\begin{aligned}
x(n) &= \sum_{j=1}^J g_j(n) u_j(n) \\
&= \sum_{j=1}^J \left(\sum_{r=-R1_j}^{R2_j} \sum_{l=1}^{L_j} g_{j,r,l} |y(n-r)|^{l-1} \right) \left(\sum_{d=-D1_j}^{D2_j} \sum_{k=1}^{K_j} u_{j,d,k} y(n-d) |y(n-d)|^{k-1} \right) \\
&= \sum_{j=1}^J \sum_{r=-R1_j}^{R2_j} \sum_{d=-D1_j}^{D2_j} \sum_{l=1}^{L_j} \sum_{k=1}^{K_j} g_{j,r,l} u_{j,d,k} y(n-d) |y(n-r)|^{l-1} |y(n-d)|^{k-1} \\
&= \sum_{j=1}^J \sum_{r=-R1_j}^{R2_j} \sum_{d=-D1_j}^{D2_j} \sum_{l=1}^{L_j} \sum_{k=1}^{K_j} w_{j,r,d,l,k} y(n-d) |y(n-r)|^{l-1} |y(n-d)|^{k-1}
\end{aligned} \tag{10}$$

の係数 $w_{j,r,d,l,k}$ を推定すればよい。

但し、

$$\begin{aligned}
g_j(n) &= \sum_{r=-R1_j}^{R2_j} \sum_{l=1}^{L_j} g_{j,r,l} |y(n-r)|^{l-1} \\
u_j(n) &= \sum_{d=-D1_j}^{D2_j} \sum_{k=1}^{K_j} u_{j,d,k} y(n-d) |y(n-d)|^{k-1}
\end{aligned} \tag{20}$$

$$w_{j,r,d,l,k} = g_{j,r,l} u_{j,d,k}$$

である。

【0022】

30

数式 3 から数式 7 に整理したのと同様に、数式 9 を整理すると、

【数 1 0】

$$\begin{aligned}
x(n) &= \sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{k=1}^{K+L-1} w'_{d,k} y(n-d) |y(n-d)|^{k-1} \\
&+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=1}^K \hat{w}_{r,d,l,k} y(n-d) |y(n-r)|^{l-1} |y(n-d)|^{k-1} \\
&= \sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{k=1}^{K+L-1} w'_{d,k} y(n-d) |y(n-d)|^{k-1} + \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L \hat{w}_{r,d,l,1} y(n-d) |y(n-r)|^{l-1} \\
&+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=2}^K \hat{w}_{r,d,l,k} y(n-d) |y(n-r)|^{l-1} |y(n-d)|^{k-1} \\
&= \sum_{d=-D_a}^{D_b} \sum_{k=1}^{K_b} w'_{d,k} y(n-d) |y(n-d)|^{k-1} + \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L w'_{r,d,l} y(n-d) |y(n-r)|^{l-1} \\
&+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=2}^K w'_{r,d,l,k} y(n-d) |y(n-r)|^{l-1} |y(n-d)|^{k-1}
\end{aligned}$$

10

20

を得る。但し、 $\hat{w}_{r,d,l,k} = w_{1,r,d,l,k} + w_{2,r,d,l,k} + \dots + w_{J,r,d,l,k}$ 、

$$\sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{k=1}^{K+L-1} w'_{d,k} = \sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{k=1}^{K+L-1} (\tilde{w}_{d,k} + \tilde{w}'_{d,k}) = \sum_{d=-\max(D1,R1)}^{\max(D2,R2)} \sum_{k=1}^{K+L-1} \tilde{w}_{d,k} + \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \sum_{k=1}^K \hat{w}_{r,d,1,k}、$$

$$\sum_{d=-D1}^{D2} \tilde{w}'_{d,k} = \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{r=-R1}^{R2} \hat{w}_{r,d,1,k}、$$

30

$$R1 = \max(R1_1, R1_2, \dots, R1_J) \quad 、 \quad R2 = \max(R2_1, R2_2, \dots, R2_J) \quad 、$$

$$D1 = \max(D1_1, D1_2, \dots, D1_J) \quad 、 \quad D2 = \max(D2_1, D2_2, \dots, D2_J) \quad 、$$

$$L = \max(L_1, L_2, \dots, L_J) \quad 、 \quad K = \max(K_1, K_2, \dots, K_J) \quad 、 \quad K_b = K + L - 1$$

$$w'_{r,d,l} = \hat{w}_{r,d,l,1} \quad 、 \quad w'_{r,d,l,k} = \hat{w}_{r,d,l,k} \quad 、$$

40

$$D_a = \max(D1, R1) \quad 、 \quad D_b = \max(D2, R2) \quad \text{である。}$$

【0 0 2 3】

この数式 10 の複素数係数 $w'_{d,k}$ 、 $w'_{r,d,l}$ 、及び $w'_{r,d,l,k}$ を最小二乗法を用いて推定し、入力信号 X を歪補償多項式に従って補償すればよい。最小二乗法により複素数係数 $w'_{d,k}$ 、 $w'_{r,d,l}$ 、及び $w'_{r,d,l,k}$ を算出する際には、複素数係数 $w'_{d,k}$ 、 $w'_{r,d,l}$ 、及び $w'_{r,d,l,k}$ の総数よりも多くの入力信号 X 及び出力信号 Y をサンプリングした $x(n)$ と $y(n)$ の組を用いる。

【0 0 2 4】

50

すなわち、最小 2 乗法を用いて得られた数式 10 の係数を用いて増幅装置の入出力関係を線形にする目的で、増幅装置の前段に設けてある増幅装置の非線形な歪特性（歪値）に対する逆歪特性（歪補償値）を生成するプリディストータ 300、あるいは 301 において、入力信号 X に歪補償値を予め与えた予歪補償信号 A を生成して増幅装置に入力する。このとき、増幅装置の出力信号 Y が $y(n) = x(n)$ となる予歪補償信号 A を得るために、プリディストータ 300、あるいは 301 は、数式 11 で表される歪補償多項式で入力信号 X に歪補償値を予め与えて予歪補償信号 A を生成して増幅装置に入力する。

【数 11】

$$a(n) = \sum_{d=-D_a}^{D_b} \sum_{k=1}^{K_b} w'_{d,k} x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} + \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{\substack{r=-R1 \\ r \neq d}}^{R2} \sum_{l=2}^L w'_{r,d,l} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} \quad (10)$$

$$+ \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{\substack{r=-R1 \\ r \neq d}}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=2}^K w'_{r,d,l,k} x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1}$$

【0025】

図 1 のモデルを数式で表現した歪特性多項式である数式 3 または数式 7 で与えられる非線形な歪を補償する逆歪特性（歪補償特性）を与える予歪補償信号 A、すなわち数式 11 の $a(n)$ を得るには、数式 3 または数式 7 において $x(n)$ と $y(n)$ を入れ替えた数式 9 または数式 10 の関係を満たす係数 $w'_{j,r,d,l,k}$ 、または、係数 $w'_{d,k}$ 、 $w'_{r,d,l}$ 、及び $w'_{r,d,l,k}$ を得ればよい。

【0026】

（歪補償多項式の係数の算出方法）

ここで、数式 10 を利用して歪補償多項式の係数を求める方法について説明する。但し、ここでは、表現の簡単のために $D_a = 0$ 、 $R1 = 0$ 、 $D1 = 0$ とおく。複素数係数 $w'_{d,k}$ 、 $w'_{r,d,l}$ 、及び $w'_{r,d,l,k}$ をすべて並べた係数のベクトルを

【数 12】

$$\begin{aligned} \mathbf{w} = & (w'_{0,1}, w'_{0,2}, \dots, w'_{0,K_b}, w'_{1,1}, w'_{1,2}, \dots, w'_{1,K_b}, \dots, w'_{D_b,1}, w'_{D_b,2}, \dots, w'_{D_b,K_b}, \\ & w'_{1,0,2}, w'_{1,0,3}, \dots, w'_{1,0,L}, w'_{2,0,2}, w'_{2,0,3}, \dots, w'_{2,0,L}, \dots, w'_{R2,0,2}, w'_{R2,0,3}, \dots, w'_{R2,0,L}, \\ & w'_{0,1,2}, w'_{0,1,3}, \dots, w'_{0,1,L}, w'_{2,1,2}, w'_{2,1,3}, \dots, w'_{2,1,L}, \dots, w'_{R2,1,2}, w'_{R2,1,3}, \dots, w'_{R2,1,L}, \dots, \\ & w'_{0,D2,2}, w'_{0,D2,3}, \dots, w'_{0,D2,L}, w'_{1,D2,2}, w'_{1,D2,3}, \dots, w'_{1,D2,L}, \dots, w'_{R2,D2,2}, w'_{R2,D2,3}, \dots, w'_{R2,D2,L}, \\ & w'_{1,0,2,2}, w'_{1,0,2,3}, \dots, w'_{1,0,2,K}, w'_{1,0,3,2}, w'_{1,0,3,3}, \dots, w'_{1,0,3,K}, \dots, w'_{1,0,L,2}, w'_{1,0,L,3}, \dots, w'_{1,0,L,K}, \\ & w'_{2,0,2,2}, w'_{2,0,2,3}, \dots, w'_{2,0,2,K}, w'_{2,0,3,2}, w'_{2,0,3,3}, \dots, w'_{2,0,3,K}, \dots, w'_{2,0,L,2}, w'_{2,0,L,3}, \dots, w'_{2,0,L,K}, \dots, \\ & w'_{R2,0,2,2}, w'_{R2,0,2,3}, \dots, w'_{R2,0,2,K}, w'_{R2,0,3,2}, w'_{R2,0,3,3}, \dots, w'_{R2,0,3,K}, \dots, w'_{R2,0,L,2}, w'_{R2,0,L,3}, \dots, w'_{R2,0,L,K}, \\ & w'_{0,1,2,2}, w'_{0,1,2,3}, \dots, w'_{0,1,2,K}, w'_{0,1,3,2}, w'_{0,1,3,3}, \dots, w'_{0,1,3,K}, \dots, w'_{0,1,L,2}, w'_{0,1,L,3}, \dots, w'_{0,1,L,K}, \\ & w'_{2,1,2,2}, w'_{2,1,2,3}, \dots, w'_{2,1,2,K}, w'_{2,1,3,2}, w'_{2,1,3,3}, \dots, w'_{2,1,3,K}, \dots, w'_{2,1,L,2}, w'_{2,1,L,3}, \dots, w'_{2,1,L,K}, \dots, \\ & w'_{R2,1,2,2}, w'_{R2,1,2,3}, \dots, w'_{R2,1,2,K}, w'_{R2,1,3,2}, w'_{R2,1,3,3}, \dots, w'_{R2,1,3,K}, \dots, w'_{R2,1,L,2}, w'_{R2,1,L,3}, \dots, w'_{R2,1,L,K}, \dots, \\ & w'_{0,D2,2,2}, w'_{0,D2,2,3}, \dots, w'_{0,D2,2,K}, w'_{0,D2,3,2}, w'_{0,D2,3,3}, \dots, w'_{0,D2,3,K}, \dots, w'_{0,D2,L,2}, w'_{0,D2,L,3}, \dots, w'_{0,D2,L,K}, \\ & w'_{1,D2,2,2}, w'_{1,D2,2,3}, \dots, w'_{1,D2,2,K}, w'_{1,D2,3,2}, w'_{1,D2,3,3}, \dots, w'_{1,D2,3,K}, \dots, w'_{1,D2,L,2}, w'_{1,D2,L,3}, \dots, w'_{1,D2,L,K}, \dots, \\ & w'_{R2,D2,2,2}, w'_{R2,D2,2,3}, \dots, w'_{R2,D2,2,K}, w'_{R2,D2,3,2}, w'_{R2,D2,3,3}, \dots, w'_{R2,D2,3,K}, \dots, w'_{R2,D2,L,2}, w'_{R2,D2,L,3}, \dots, w'_{R2,D2,L,K})^T \\ = & (w_0, w_1, \dots, w_Q)^T \end{aligned} \quad (11)$$

とおく。ここで、 T は行列の転置を表す。

【0027】

次に、 w_0 、 w_1 、 $\dots$ 、 w_Q を求める方法について説明する。数式 12 の歪補償多項式の係数 w_0 、 w_1 、 $\dots$ 、 w_Q を求めるには、異なる n における $Q+1$ 個以上の数式 10 が必要である。ここで、数式 10 を行列表現すると数式 13 となる。

【数 1 3】

$$\mathbf{y}_n \mathbf{W} = \mathbf{x}(n)$$

但し、

【数 1 4】

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_n = & (y(n), y(n) | y(n) |, \dots, y(n) | y(n) |^{K_b-1}, y(n-1), y(n-1) | y(n-1) |, \dots, y(n-1) | y(n-1) |^{K_b-1}, \\ & \dots, y(n-D_b), y(n-D_b) | y(n-D_b) |, \dots, y(n-D_b) | y(n-D_b) |^{K_b-1}, \\ & y(n) | y(n-1) |, y(n) | y(n-1) |^2, \dots, y(n) | y(n-1) |^{L-1}, y(n) | y(n-2) |, y(n) | y(n-2) |^2, \dots, y(n) | y(n-2) |^{L-1}, \\ & \dots, y(n) | y(n-R2) |, y(n) | y(n-R2) |^2, \dots, y(n) | y(n-R2) |^{L-1}, \\ & y(n-1) | y(n) |, y(n-1) | y(n) |^2, \dots, y(n-1) | y(n) |^{L-1}, y(n-1) | y(n-2) |, \\ & y(n-1) | y(n-2) |^2, \dots, y(n-1) | y(n-2) |^{L-1}, \\ & \dots, y(n-1) | y(n-R2) |, y(n-1) | y(n-R2) |^2, \dots, y(n-1) | y(n-R2) |^{L-1}, \\ & \dots, y(n-D2) | y(n) |, y(n-D2) | y(n) |^2, \dots, y(n-D2) | y(n) |^{L-1}, \\ & y(n-D2) | y(n-1) |, y(n-D2) | y(n-1) |^2, \dots, y(n-D2) | y(n-1) |^{L-1}, \\ & \dots, y(n-D2) | y(n-R2) |, y(n-D2) | y(n-R2) |^2, \dots, y(n-D2) | y(n-R2) |^{L-1}, \\ & y(n) | y(n-1) | \| y(n) |, y(n) | y(n-1) | \| y(n) |^2, \dots, y(n) | y(n-1) | \| y(n) |^{K-1}, \\ & y(n) | y(n-1) |^2 | y(n) |, y(n) | y(n-1) |^2 | y(n) |^2, \dots, y(n) | y(n-1) |^2 | y(n) |^{K-1}, \\ & \dots, y(n) | y(n-1) |^{L-1} | y(n) |, y(n) | y(n-1) |^{L-1} | y(n) |^2, \dots, y(n) | y(n-1) |^{L-1} | y(n) |^{K-1}, \\ & y(n) | y(n-2) | \| y(n) |, y(n) | y(n-2) | \| y(n) |^2, \dots, y(n) | y(n-2) | \| y(n) |^{K-1}, \\ & y(n) | y(n-2) |^2 | y(n) |, y(n) | y(n-2) |^2 | y(n) |^2, \dots, y(n) | y(n-2) |^2 | y(n) |^{K-1}, \\ & \dots, y(n) | y(n-2) |^{L-1} | y(n) |, y(n) | y(n-2) |^{L-1} | y(n) |^2, \dots, y(n) | y(n-2) |^{L-1} | y(n) |^{K-1}, \\ & \dots, y(n) | y(n-R2) | \| y(n) |, y(n) | y(n-R2) | \| y(n) |^2, \dots, y(n) | y(n-R2) | \| y(n) |^{K-1}, \\ & y(n) | y(n-R2) |^2 | y(n) |, y(n) | y(n-R2) |^2 | y(n) |^2, \dots, y(n) | y(n-R2) |^2 | y(n) |^{K-1}, \\ & \dots, y(n) | y(n-R2) |^{L-1} | y(n) |, y(n) | y(n-R2) |^{L-1} | y(n) |^2, \dots, y(n) | y(n-R2) |^{L-1} | y(n) |^{K-1}, \\ & y(n-1) | y(n) | \| y(n-1) |, y(n-1) | y(n) | \| y(n-1) |^2, \dots, y(n-1) | y(n) | \| y(n-1) |^{K-1}, \\ & y(n-1) | y(n) |^2 | y(n-1) |, y(n-1) | y(n) |^2 | y(n-1) |^2, \dots, y(n-1) | y(n) |^2 | y(n-1) |^{K-1}, \\ & \dots, y(n-1) | y(n) |^{L-1} | y(n-1) |, y(n-1) | y(n) |^{L-1} | y(n-1) |^2, \dots, y(n-1) | y(n) |^{L-1} | y(n-1) |^{K-1}, \\ & y(n-1) | y(n-2) | \| y(n-1) |, y(n-1) | y(n-2) | \| y(n-1) |^2, \dots, y(n-1) | y(n-2) | \| y(n-1) |^{K-1}, \\ & y(n-1) | y(n-2) |^2 | y(n-1) |, y(n-1) | y(n-2) |^2 | y(n-1) |^2, \dots, y(n-1) | y(n-2) |^2 | y(n-1) |^{K-1}, \\ & \dots, y(n-1) | y(n-2) |^{L-1} | y(n-1) |, y(n-1) | y(n-2) |^{L-1} | y(n-1) |^2, \dots, y(n-1) | y(n-2) |^{L-1} | y(n-1) |^{K-1}, \\ & \dots, y(n-1) | y(n-R2) | \| y(n-1) |, y(n-1) | y(n-R2) | \| y(n-1) |^2, \dots, y(n-1) | y(n-R2) | \| y(n-1) |^{K-1}, \\ & y(n-1) | y(n-R2) |^2 | y(n-1) |, y(n-1) | y(n-R2) |^2 | y(n-1) |^2, \dots, y(n-1) | y(n-R2) |^2 | y(n-1) |^{K-1}, \\ & \dots, y(n-1) | y(n-R2) |^{L-1} | y(n-1) |, y(n-1) | y(n-R2) |^{L-1} | y(n-1) |^2, \dots, y(n-1) | y(n-R2) |^{L-1} | y(n-1) |^{K-1}, \\ & \dots, y(n-D2) | y(n) | \| y(n-D2) |, y(n-D2) | y(n) | \| y(n-D2) |^2, \dots, y(n-D2) | y(n) | \| y(n-D2) |^{K-1}, \\ & y(n-D2) | y(n) |^2 | y(n-D2) |, y(n-D2) | y(n) |^2 | y(n-D2) |^2, \dots, y(n-D2) | y(n) |^2 | y(n-D2) |^{K-1}, \\ & \dots, y(n-D2) | y(n) |^{L-1} | y(n-D2) |, y(n-D2) | y(n) |^{L-1} | y(n-D2) |^2, \dots, y(n-D2) | y(n) |^{L-1} | y(n-D2) |^{K-1}, \\ & y(n-D2) | y(n-1) | \| y(n-D2) |, y(n-D2) | y(n-1) | \| y(n-D2) |^2, \dots, y(n-D2) | y(n-1) | \| y(n-D2) |^{K-1}, \\ & y(n-D2) | y(n-1) |^2 | y(n-D2) |, y(n-D2) | y(n-1) |^2 | y(n-D2) |^2, \dots, y(n-D2) | y(n-1) |^2 | y(n-D2) |^{K-1}, \\ & \dots, y(n-D2) | y(n-1) |^{L-1} | y(n-D2) |, y(n-D2) | y(n-1) |^{L-1} | y(n-D2) |^2, \dots, y(n-D2) | y(n-1) |^{L-1} | y(n-D2) |^{K-1}, \\ & \dots, y(n-D2) | y(n-R2) | \| y(n-D2) |, y(n-D2) | y(n-R2) | \| y(n-D2) |^2, \dots, y(n-D2) | y(n-R2) | \| y(n-D2) |^{K-1}, \\ & y(n-D2) | y(n-R2) |^2 | y(n-D2) |, y(n-D2) | y(n-R2) |^2 | y(n-D2) |^2, \dots, y(n-D2) | y(n-R2) |^2 | y(n-D2) |^{K-1}, \\ & \dots, y(n-D2) | y(n-R2) |^{L-1} | y(n-D2) |, y(n-D2) | y(n-R2) |^{L-1} | y(n-D2) |^2, \dots, y(n-D2) | y(n-R2) |^{L-1} | y(n-D2) |^{K-1}) \\ & = (y_{n,0}, y_{n,1}, \dots, y_{n,Q}) \end{aligned}$$

歪補償多項式の係数を推定する際に使用する異なる n に対する数式 10 の個数は N ($N = Q + 1$) であり、数式 10 を N 個まとめると数式 13 は数式 15 の連立方程式となる。

【数 1 5】

$$\mathbf{Y}\mathbf{w} = \mathbf{x}$$

ただし、 $\mathbf{x} = (x(0), x(1), \dots, x(N-1))^T$

【数 1 6】

$$\mathbf{Y} = \begin{pmatrix} \mathbf{y}_0 \\ \mathbf{y}_1 \\ \vdots \\ \mathbf{y}_{N-1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{0,0} & y_{0,1} & \cdots & y_{0,Q} \\ y_{1,0} & y_{1,1} & \cdots & y_{1,Q} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ y_{N-1,0} & y_{N-1,1} & \cdots & y_{N-1,Q} \end{pmatrix} \quad 10$$

である。ここで、数式 1 6 における $\mathbf{y}_n$ は数式 1 4 の $\mathbf{y}_n$ である。

【0 0 2 8】

数式 1 5 又は数式 1 7 の連立方程式を解くことで、係数 $w_0, w_1, \dots, w_Q$ が求まる。数式 1 5 又は数式 1 7 の連立方程式を解くには掃き出し法を用いても良いし、最小二乗法を用いて数式 1 8 としても良い。

20

【数 1 7】

$$(\mathbf{Y}^H \mathbf{Y})\mathbf{w} = \mathbf{Y}^H \mathbf{x}$$

【数 1 8】

$$\mathbf{w} = (\mathbf{Y}^H \mathbf{Y})^{-1} \mathbf{Y}^H \mathbf{x}$$

但し、 H は行列の複素共役転置を表す。このようにして得られた係数 $w_0, w_1, \dots, w_Q$ を $a(n)$ に適用し、 $x(n)$ に応じた歪補償値を算出すれば歪補償ができる。

【0 0 2 9】

30

歪補償部 1 1 は、制御部 1 3 が算出した係数を受け取り、歪補償多項式に適用する。プリディストータ 3 0 1 は、この係数を適用した歪補償多項式で入力信号 X から予歪補償信号 A を生成する。歪補償部 1 1 が記憶する歪補償多項式は被補償回路 4 0 1 を適切にモデル化し、そのモデルの歪特性から得られたものであるため、プリディストータ 3 0 1 は少ない計算量で歪補償値を算出でき、歪補償の精度を高くすることができる。但し、プリディストータ 3 0 1 の係数である数式 1 2 の初期値は、

【数 1 9】

$$\mathbf{w} = (w_0, w_1, \dots, w_Q)^T = (1, 0, \dots, 0)^T$$

40

である。

【0 0 3 0】

(更新アルゴリズム)

歪補償多項式の係数を 1 回で正確に求めるには、想定している入力信号の振幅（または電力）の全てを網羅するような信号を実際に増幅装置に入力した際の入力信号と、入力信号に対応する出力信号の組を用いて歪補償多項式の係数を最小二乗法を用いて算出する必要があり、計算量が膨大なものとなる問題がある。すなわち、歪補償多項式の係数を正確に算出するには、サンプリングした入力信号と出力信号を非常に多く用いる必要がある。

【0 0 3 1】

また、温度、および湿度、並びに経年変化により増幅装置の歪補償多項式の係数も変化

50

する問題がある。さらに、増幅装置の歪補償をしながら歪補償多項式の係数を時刻の経過とともに更新していく必要がある。そこで、歪補償多項式の係数を時刻の経過とともに更新する更新アルゴリズムをここで示す。

【 0 0 3 2 】

増幅装置の歪補償をしながら歪補償多項式の係数を更新する場合、増幅装置への入力信号は $x(n)$ ではなく、増幅装置の出力信号 y である $y(n)$ を $x(n)$ に近づけるように歪補償した数式 11 の予歪補償信号 A が入力信号になっている。

【 0 0 3 3 】

このとき、正確に増幅装置の歪補償がなされていれば、 $y(n) = x(n)$ が成立するので、数式 11 において

【数 2 0】

$$a(n) = \sum_{d=-D_a}^{D_b} \sum_{k=1}^{K_b} w'_{d,k} y(n-d) |y(n-d)|^{k-1} + \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{\substack{r=-R1 \\ r \neq d}}^{R2} \sum_{l=2}^L w'_{r,d,l} y(n-d) |y(n-r)|^{l-1} \\ + \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{\substack{r=-R1 \\ r \neq d}}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=2}^K w'_{r,d,l,k} y(n-d) |y(n-r)|^{l-1} |y(n-d)|^{k-1}$$

も成立する。ここで、

【数 2 1】

$$a'(n) = \sum_{d=-D_a}^{D_b} \sum_{k=1}^{K_b} w'_{d,k}(i) x(n-d) |x(n-d)|^{k-1} + \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{\substack{r=-R1 \\ r \neq d}}^{R2} \sum_{l=2}^L w'_{r,d,l}(i) x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} \\ + \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{\substack{r=-R1 \\ r \neq d}}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=2}^K w'_{r,d,l,k}(i) x(n-d) |x(n-r)|^{l-1} |x(n-d)|^{k-1}$$

とおく。但し、 $w'_{d,k}(i)$ 、 $w'_{r,d,l}(i)$ 、および $w'_{r,d,l,k}(i)$ は i 回目の更新で得られた係数 $w'_{d,k}$ 、 $w'_{r,d,l}$ 、および $w'_{r,d,l,k}$ をそれぞれ表す。

【 0 0 3 4 】

もし、増幅装置の歪補償が十分でなければ、 $y(n) = x(n)$ とはならず、

【数 2 2】

$$a''(n) = \sum_{d=-D_a}^{D_b} \sum_{k=1}^{K_b} w'_{d,k}(i) y(n-d) |y(n-d)|^{k-1} + \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{\substack{r=-R1 \\ r \neq d}}^{R2} \sum_{l=2}^L w'_{r,d,l}(i) y(n-d) |y(n-r)|^{l-1} \\ + \sum_{d=-D1}^{D2} \sum_{\substack{r=-R1 \\ r \neq d}}^{R2} \sum_{l=2}^L \sum_{k=2}^K w'_{r,d,l,k}(i) y(n-d) |y(n-r)|^{l-1} |y(n-d)|^{k-1}$$

とおくと、誤差

【数 2 3】

$$e(n) = a'(n) - a''(n)$$

が得られる。この誤差 $e(n)$ が零になるように歪補償多項式の係数を更新する。

【 0 0 3 5 】

すなわち、増幅装置全体の入出力関係を線形とする条件 $y(n) = x(n)$ を満たす係数 $w'_{d,k}(i)$ 、 $w'_{r,d,l}(i)$ 、および $w'_{r,d,l,k}(i)$ は数式 10 を満たす。ここで、係数 $w'_{d,k}$ 、 $w'_{r,d,l}$ 、および $w'_{r,d,l,k}$ を全て並べた係数は数式 12 により w_0 、 w_1 、 $\dots$ 、 w_Q で表されるので、 i 回目の更新

10

20

30

40

50

で得られた係数 $w_0, w_1, \dots, w_Q$ をそれぞれ $w_0(i), w_1(i), \dots, w_Q(i)$ とおくと、増幅回路全体の入出力関係を線形とする条件 $y(n) = x(n)$ を満たす係数 $w_0(i), w_1(i), \dots, w_Q(i)$ は数式 10 を満たす。従って、 $a'(n)$ と $a''(n)$ が一致するように、 $w_0(i), w_1(i), \dots, w_Q(i)$ を求めればよい。

【0036】

ここで、 $w_0, w_1, \dots, w_Q$ の更新について説明する。

【数24】

$$\mathbf{w}(i) = (w_0(i), w_1(i), \dots, w_Q(i))^T \quad 10$$

とおく。但し、 $i = 0$ である。なお、数式 24 の係数 $w(i)$ の初期値としては、 $w(0) = (1, 0, \dots, 0)^T$ を用いるか、同じ被補償部に対して十分な取り込み点数 N のときに数式 15、数式 17 または数式 18 を用いて予め求めておいた係数 w を $w(0) = w$ として用いるか、同じ被補償部に対して十分に更新回数を確認して予め求めておいた係数の行列 $w(\infty)$ を $w(0) = w(\infty)$ として用いられよい。

【0037】

ここでは、表現の簡単のために $D_a = 0, R_1 = 0, D_1 = 0$ とおいた場合、 $w_0(i), w_1(i), \dots, w_Q(i)$ に対応した入力信号 X 及び出力信号 Y の行列は、それぞれ数式 25 及び数式 29 とおくことができる。

20

【数25】

$$\mathbf{X}(i) = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_0(i) \\ \mathbf{x}_1(i) \\ \vdots \\ \mathbf{x}_{N-1}(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_{1,0}(i) & \mathbf{x}_{2,0}(i) & \mathbf{x}_{3,0}(i) \\ \mathbf{x}_{1,1}(i) & \mathbf{x}_{2,1}(i) & \mathbf{x}_{3,1}(i) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{x}_{1,N-1}(i) & \mathbf{x}_{2,N-1}(i) & \mathbf{x}_{3,N-1}(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{0,0}(i) & x_{0,1}(i) & \cdots & x_{0,Q}(i) \\ x_{1,0}(i) & x_{1,1}(i) & \cdots & x_{1,Q}(i) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{N-1,0}(i) & x_{N-1,1}(i) & \cdots & x_{N-1,Q}(i) \end{pmatrix}$$

但し、数式 25 を構成する行は

$$\mathbf{x}_n(i) = (\mathbf{x}_{1,n}(i) \ \mathbf{x}_{2,n}(i) \ \mathbf{x}_{3,n}(i)) = (x_{n,0}(i), x_{n,1}(i), \dots, x_{n,Q}(i)) \quad 30$$

である。

また、行 $\mathbf{x}_n(i)$ を構成するベクトル $x_{1,n}(i), x_{2,n}(i)$ および $x_{3,n}(i)$ はそれぞれ数式 26、数式 27 及び数式 28 で表せる。

【数26】

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{1,n}(i) = & (x(i(N+M)+n), x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n) |, \\ & \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n) |^{K_b-1}, \\ & x(i(N+M)+n-1), x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-1) |, \\ & \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-1) |^{K_b-1}, \\ & \cdots, x(i(N+M)+n-D_b), x(i(N+M)+n-D_b) | x(i(N+M)+n-D_b) |, \\ & \cdots, x(i(N+M)+n-D_b) | x(i(N+M)+n-D_b) |^{K_b-1}) \end{aligned} \quad 40$$

【 数 2 7 】

$$\begin{aligned}
& x2_n(i) = (x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-1) |, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-1) |^{L-1}, \\
& x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-2) |, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-2) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-2) |^{L-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-R2) |, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-R2) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-R2) |^{L-1}, \\
& x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n) |, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n) |^{L-1}, \\
& x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-2) |, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-2) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-2) |^{L-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-R2) |, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-R2) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-R2) |^{L-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n) |, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n) |^{L-1}, \\
& x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-1) |, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-1) |^{L-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-R2) |, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-R2) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-R2) |^{L-1},
\end{aligned}$$

10

20

【数 2 8】

$$\begin{aligned}
& x3_n(i) = (x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n) |, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-1) |^2 | x(i(N+M)+n) |, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-1) |^2 | x(i(N+M)+n) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-1) |^2 | x(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-1) |^{L-1} | x(i(N+M)+n) |, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-1) |^{L-1} | x(i(N+M)+n) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-1) |^{L-1} | x(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-2) | x(i(N+M)+n) |, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-2) | x(i(N+M)+n) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-2) | x(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-2) |^2 | x(i(N+M)+n) |, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-2) |^2 | x(i(N+M)+n) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-2) |^2 | x(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-2) |^{L-1} | x(i(N+M)+n) |, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-2) |^{L-1} | x(i(N+M)+n) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-2) |^{L-1} | x(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-R2) | x(i(N+M)+n) |, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-R2) | x(i(N+M)+n) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-R2) | x(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-R2) |^2 | x(i(N+M)+n) |, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-R2) |^2 | x(i(N+M)+n) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-R2) |^2 | x(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-R2) |^{L-1} | x(i(N+M)+n) |, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-R2) |^{L-1} | x(i(N+M)+n) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-R2) |^{L-1} | x(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-1) |, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n) |^2 | x(i(N+M)+n-1) |, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n) |^2 | x(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n) |^2 | x(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-1) |, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-2) | x(i(N+M)+n-1) |, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-2) | x(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-2) | x(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-2) |^2 | x(i(N+M)+n-1) |, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-2) |^2 | x(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-2) |^2 | x(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-2) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-1) |, \\
& x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-2) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-2) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-R2) | x(i(N+M)+n-1) |, \\
& x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-R2) | x(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-R2) | x(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-R2) |^2 | x(i(N+M)+n-1) |, \\
& x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-R2) |^2 | x(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-R2) |^2 | x(i(N+M)+n-1) |^{K-1},
\end{aligned}$$

(以下続く)

$$\begin{aligned}
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-R2) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-1) |, \\
& x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-R2) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-R2) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-D2) |, \\
& x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n) | x(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n) |^2 | x(i(N+M)+n-D2) |, \\
& x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n) |^2 | x(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n) |^2 | x(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-D2) |, \\
& x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-D2) |, \\
& x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-1) | x(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-1) |^2 | x(i(N+M)+n-D2) |, \\
& x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-1) |^2 | x(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-1) |^2 | x(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-1) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-D2) |, \\
& x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-1) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-1) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-R2) | x(i(N+M)+n-D2) |, \\
& x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-R2) | x(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-R2) | x(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-R2) |^2 | x(i(N+M)+n-D2) |, \\
& x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-R2) |^2 | x(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-R2) |^2 | x(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-R2) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-D2) |, \\
& x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-R2) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, x(i(N+M)+n-D2) | x(i(N+M)+n-R2) |^{L-1} | x(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}
\end{aligned}$$

10

20

30

40

【数 2 9】

$$\mathbf{Y}(i) = \begin{pmatrix} \mathbf{y}_0(i) \\ \mathbf{y}_1(i) \\ \vdots \\ \mathbf{y}_{N-1}(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{y}_{1_0}(i) & \mathbf{y}_{2_0}(i) & \mathbf{y}_{3_0}(i) \\ \mathbf{y}_{1_1}(i) & \mathbf{y}_{2_1}(i) & \mathbf{y}_{3_1}(i) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \mathbf{y}_{1_{N-1}}(i) & \mathbf{y}_{2_{N-1}}(i) & \mathbf{y}_{3_{N-1}}(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{0,0}(i) & y_{0,1}(i) & \cdots & y_{0,Q}(i) \\ y_{1,0}(i) & y_{1,1}(i) & \cdots & y_{1,Q}(i) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ y_{N-1,0}(i) & y_{N-1,1}(i) & \cdots & y_{N-1,Q}(i) \end{pmatrix}$$

但し、数式 2 9 を構成する行は

$$\mathbf{y}_n(i) = (\mathbf{y}_{1_n}(i) \quad \mathbf{y}_{2_n}(i) \quad \mathbf{y}_{3_n}(i)) = (y_{n,0}(i), y_{n,1}(i), \cdots, y_{n,Q}(i))$$

である。

また、行 $y_n(i)$ を構成するベクトル $y_{1_n}(i)$ 、 $y_{2_n}(i)$ および $y_{3_n}(i)$ はそれぞれ数式 3 0、数式 3 1 及び数式 3 2 で表せる。

【数 3 0】

$$\begin{aligned}
& \mathbf{y1}_n(i) = (y(i(N+M)+n), y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n) |, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n) |^{K_b-1}, \\
& y(i(N+M)+n-1), y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-1) |, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-1) |^{K_b-1}, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D_b), y(i(N+M)+n-D_b) | y(i(N+M)+n-D_b) |, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D_b) | y(i(N+M)+n-D_b) |^{K_b-1})
\end{aligned}$$

10

【数 3 1】

$$\begin{aligned}
& \mathbf{y2}_n(i) = (y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-1) |, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-1) |^{L-1}, \\
& y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-2) |, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-2) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-2) |^{L-1}, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-R2) |, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-R2) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-R2) |^{L-1}, \\
& y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n) |, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n) |^{L-1}, \\
& y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-2) |, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-2) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-2) |^{L-1}, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-R2) |, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-R2) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-R2) |^{L-1}, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n) |, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n) |^{L-1}, \\
& y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-1) |, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-1) |^{L-1}, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-R2) |, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-R2) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-R2) |^{L-1},
\end{aligned}$$

20

30

【数 3 2】

$$\begin{aligned}
& y3_n(i) = (y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-1) \| y(i(N+M)+n) |, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-1) \| y(i(N+M)+n) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-1) \| y(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-1)^2 | y(i(N+M)+n) |, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-1)^2 | y(i(N+M)+n) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-1)^2 | y(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& \dots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-1)^{L-1} | y(i(N+M)+n) |, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-1)^{L-1} | y(i(N+M)+n) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-1)^{L-1} | y(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-2) \| y(i(N+M)+n) |, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-2) \| y(i(N+M)+n) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-2) \| y(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-2)^2 | y(i(N+M)+n) |, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-2)^2 | y(i(N+M)+n) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-2)^2 | y(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& \dots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-2)^{L-1} | y(i(N+M)+n) |, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-2)^{L-1} | y(i(N+M)+n) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-2)^{L-1} | y(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& \dots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-R2) \| y(i(N+M)+n) |, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-R2) \| y(i(N+M)+n) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-R2) \| y(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-R2)^2 | y(i(N+M)+n) |, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-R2)^2 | y(i(N+M)+n) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-R2)^2 | y(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& \dots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-R2)^{L-1} | y(i(N+M)+n) |, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-R2)^{L-1} | y(i(N+M)+n) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-R2)^{L-1} | y(i(N+M)+n) |^{K-1}, \\
& y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n) \| y(i(N+M)+n-1) |, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n) \| y(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n) \| y(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n)^2 | y(i(N+M)+n-1) |, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n)^2 | y(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n)^2 | y(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& \dots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n)^{L-1} | y(i(N+M)+n-1) |, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n)^{L-1} | y(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n)^{L-1} | y(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-2) \| y(i(N+M)+n-1) |, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-2) \| y(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-2) \| y(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-2)^2 | y(i(N+M)+n-1) |, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-2)^2 | y(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-2)^2 | y(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& \dots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-2)^{L-1} | y(i(N+M)+n-1) |, \\
& y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-2)^{L-1} | y(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-2)^{L-1} | y(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& \dots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-R2) \| y(i(N+M)+n-1) |, \\
& y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-R2) \| y(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-R2) \| y(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-R2)^2 | y(i(N+M)+n-1) |, \\
& y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-R2)^2 | y(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \dots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-R2)^2 | y(i(N+M)+n-1) |^{K-1},
\end{aligned}$$

(以下続く)

$$\begin{aligned}
& \cdots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-R2) |^{L-1} | y(i(N+M)+n-1) |, \\
& y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-R2) |^{L-1} | y(i(N+M)+n-1) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-R2) |^{L-1} | y(i(N+M)+n-1) |^{K-1}, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-D2) |, \\
& y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n) | y(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n) |^2 | y(i(N+M)+n-D2) |, \\
& y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n) |^2 | y(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n) |^2 | y(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n) |^{L-1} | y(i(N+M)+n-D2) |, \\
& y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n) |^{L-1} | y(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n) |^{L-1} | y(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-D2) |, \\
& y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-1) | y(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-1) |^2 | y(i(N+M)+n-D2) |, \\
& y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-1) |^2 | y(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-1) |^2 | y(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-1) |^{L-1} | y(i(N+M)+n-D2) |, \\
& y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-1) |^{L-1} | y(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-1) |^{L-1} | y(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-R2) | y(i(N+M)+n-D2) |, \\
& y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-R2) | y(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-R2) | y(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-R2) |^2 | y(i(N+M)+n-D2) |, \\
& y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-R2) |^2 | y(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-R2) |^2 | y(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-R2) |^{L-1} | y(i(N+M)+n-D2) |, \\
& y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-R2) |^{L-1} | y(i(N+M)+n-D2) |^2, \\
& \cdots, y(i(N+M)+n-D2) | y(i(N+M)+n-R2) |^{L-1} | y(i(N+M)+n-D2) |^{K-1}
\end{aligned}$$

10

20

30

40

但し、Nは歪補償値を推定する際に使用する入出力信号の取り込み点数、Mは次の多項式係数の更新時に用いる入出力信号の取り込み開始までのサンプリング間隔数である。

【 0 0 3 8 】

また、

【 数 3 3 】

$$\mathbf{a}'(i) = \mathbf{X}(i)\mathbf{w}(i-1)$$

$$= (a'(i(N+M)), a'(i(N+M)+1), \cdots, a'(i(N+M)+N-1))^T$$

【 数 3 4 】

$$\mathbf{a}''(i) = \mathbf{Y}(i)\mathbf{w}(i-1)$$

$$= (a''(i(N+M)), a''(i(N+M)+1), \cdots, a''(i(N+M)+N-1))^T$$

【数 3 5】

$$\mathbf{e}(i) = \mathbf{a}'(i) - \mathbf{a}''(i)$$

$$= (e(i(N+M)), e(i(N+M)+1), \dots, e(i(N+M)+N-1))^T$$

とおくと、連立方程式

【数 3 6】

$$\mathbf{Y}(i)\Delta\mathbf{w}(i) = \mathbf{e}(i) \text{、もしくは、} \mathbf{Y}^H(i)\mathbf{Y}(i)\Delta\mathbf{w}(i) = \mathbf{Y}^H(i)\mathbf{e}(i)$$

より

10

$$\Delta\mathbf{w}(i) = (\mathbf{Y}^H(i)\mathbf{Y}(i))^{-1}\mathbf{Y}^H(i)\mathbf{e}(i)$$

を求め、

$$\mathbf{w}(i) = \mathbf{w}(i-1) + \mu\Delta\mathbf{w}(i)$$

により $\mathbf{w}(i)$ を更新すればよい。但し、 μ は $0 < \mu < 1$ を満たす。

【0039】

図3のプリディストータ301の制御部13において算出された $\mathbf{w}(i)$ を用いて、歪補償部11において予歪補償信号Aの $\mathbf{a}'(i(N+M)+n)$ を算出して、被補償回路401に入力する。歪補償された予歪補償信号Aが入力されるので、被補償回路401は出力信号Yの $y(i(N+M)+n)$ を得る。

20

【0040】

(メモリ量の比較)

本発明は、制御部13が取得する2つのサンプリング信号を被補償回路401へ入力する予歪補償信号Aと被補償回路401から出力する出力信号Yとから取得することで、制御部13における数式33の計算を省略し、歪補償多項式の係数の更新に必要な計算量、メモリ量、および計算時間を大幅に減らすものである。

【0041】

従来の誤差演算では、制御部13において

【数 3 7】

$$\mathbf{e}(i) = (\mathbf{X}(i) - \mathbf{Y}(i))\mathbf{w}(i-1)$$

$$(\text{もしくは} \mathbf{e}(i) = \mathbf{X}(i)\mathbf{w}(i-1) - \mathbf{Y}(i)\mathbf{w}(i-1))$$

としていた演算が

【数 3 8】

$$\mathbf{e}(i) = \mathbf{a}'(i) - \mathbf{Y}(i)\mathbf{w}(i-1)$$

となる。ここで $\mathbf{e}(i)$ 、 $\mathbf{X}(i)$ 、 $\mathbf{a}(i)$ 、 $\mathbf{Y}(i)$ 、および $\mathbf{w}(i)$ は、それぞれ N 行1列、 N 行 $(Q+1)$ 列、 N 行1列、 N 行 $(Q+1)$ 列、および $(Q+1)$ 行1列の行列である。

40

【0042】

従って、従来は誤差演算において $\mathbf{X}(i) - \mathbf{Y}(i)$ の演算で $N(Q+1)$ 回の減算、 $(\mathbf{X}(i) - \mathbf{Y}(i))\mathbf{w}(i-1)$ の演算で $N(Q+1)$ 回の乗算、および NQ 回の加算が必要だった誤差演算が、本発明により $\mathbf{Y}(i)\mathbf{w}(i-1)$ の演算で $N(Q+1)$ 回の乗算、および NQ 回の加算、 $\mathbf{a}(i) - \mathbf{Y}(i)\mathbf{w}(i-1)$ の演算で N 回の減算で済むこととなり、減算回数が従来の $(Q+1)$ 分の1になる。

【0043】

また、従来では

50

$$2N(Q+1) + (Q+1)$$

に比例した量のメモリ量が必要だったのが、本発明により、

$$N + N(Q+1) + (Q+1)$$

に比例した量のメモリ量となり、 NQ に比例したメモリ量を減らせることができる。

【産業上の利用可能性】

【0044】

本発明に係るプリディストータは、移動体通信基地局などに用いられる無線送信機の電力増幅器に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0045】

10

【図1】複数の増幅器で構成された増幅回路をモデル化した図である。

【図2】従来のプリディストータの構成を説明するブロック図である。

【図3】本発明に係るプリディストータの構成を説明するブロック図である。

【符号の説明】

【0046】

300、301：プリディストータ

11：歪補償部

13：制御部

401：被補償回路

511：遅延素子

20

512-j：振幅値関数（jは自然数）

513：要素増幅器

514：複素乗算器

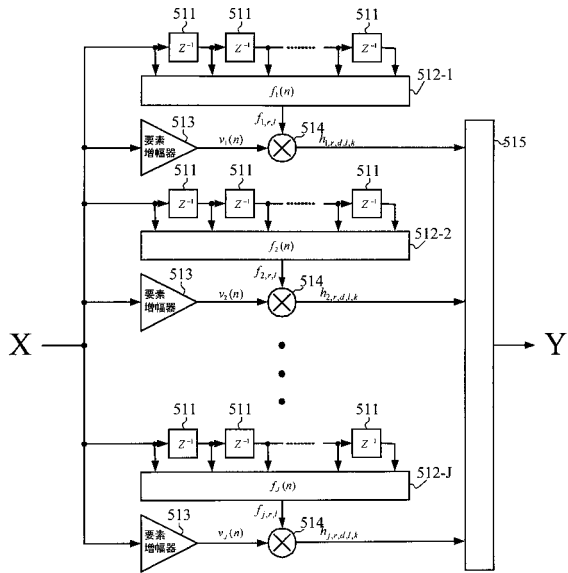
515：積算器

X：入力信号

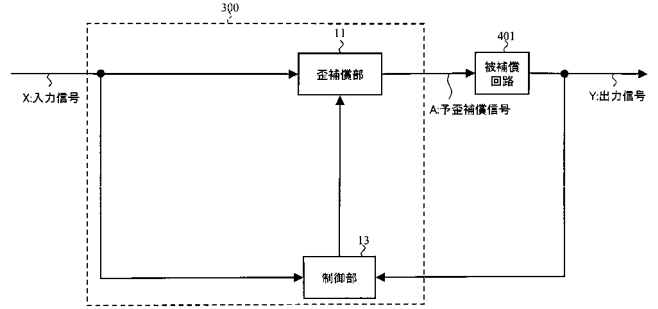
Y：出力信号

A：予歪補償信号

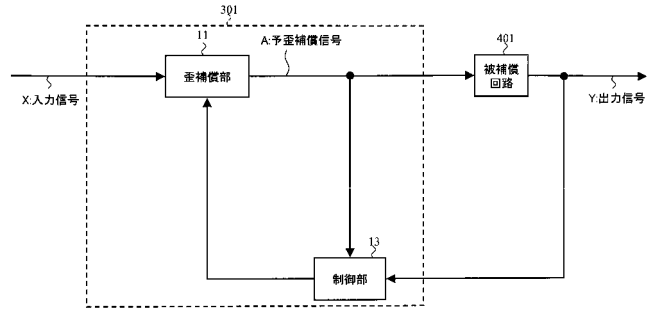
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5K060 BB07 HH06 HH31 HH34 KK04 LL24