

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3983688号  
(P3983688)

(45) 発行日 平成19年9月26日(2007.9.26)

(24) 登録日 平成19年7月13日(2007.7.13)

(51) Int.C1.

F 1

HO 4 L 27/38

(2006.01)

HO 4 L 27/00

G

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2003-38674 (P2003-38674)  
 (22) 出願日 平成15年2月17日 (2003.2.17)  
 (65) 公開番号 特開2004-248219 (P2004-248219A)  
 (43) 公開日 平成16年9月2日 (2004.9.2)  
 審査請求日 平成17年1月7日 (2005.1.7)

(73) 特許権者 000006013  
 三菱電機株式会社  
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号  
 (74) 代理人 100066474  
 弁理士 田澤 博昭  
 (74) 代理人 100088605  
 弁理士 加藤 公延  
 (72) 発明者 淩原 隆  
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

審査官 彦田 克文

(56) 参考文献 特開平11-355373 (JP, A)  
 特開平11-275164 (JP, A)  
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】変調型式識別回路および復調装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

受信信号の各観測点毎の振幅の平均値を算出し、それら各観測点毎の振幅をその平均値で補正した補正後の振幅を算出する振幅補正手段と、

上記振幅補正手段により算出された観測点前後の各補正後の振幅を用いて振幅差分を算出する振幅差分算出手段と、

識別区分となる各振幅位相変調型式に応じて予め設定された尤度計算用信号点と上記振幅差分算出手段により算出された振幅差分とに応じて各尤度計算用識別子毎の尤度を計算する尤度計算手段と、

上記尤度計算手段により計算された各観測点毎の尤度を全観測点数に渡って各尤度計算用識別子毎に累積加算する累積加算手段と、

上記累積加算手段による各尤度計算用識別子毎の尤度の累積加算結果に基づいて受信信号の振幅位相変調型式を識別する識別判定手段とを備えた変調型式識別回路。

## 【請求項2】

受信信号に応じてその受信信号の位相変調型式を識別する位相変調型式識別手段を備えたことを特徴とする請求項1に記載の変調型式識別回路。

## 【請求項3】

受信信号の各観測点毎の振幅の平均値を算出し、それら各観測点毎の振幅をその平均値で補正した補正後の振幅を算出する振幅補正手段と、

上記振幅補正手段により算出された観測点前後の各補正後の振幅を用いて振幅差分を算

10

20

出する振幅差分算出手段と、

識別区分となる各振幅位相変調型式に応じて予め設定された尤度計算用信号点と上記振幅差分算出手段により算出された振幅差分とに応じて各尤度計算用識別子毎の尤度を計算する第1の尤度計算手段と、

上記第1の尤度計算手段により計算された各観測点毎の尤度を全観測点数に渡って各尤度計算用識別子毎に累積加算する第1の累積加算手段と、

受信信号を各観測点毎に正規化する信号正規化手段と、

上記信号正規化手段により正規化された受信信号とその正規化された受信信号を1つの観測点だけ遅延させた正規化された受信信号とに応じて遅延検波する遅延検波手段と、

識別区分となる各振幅位相変調型式に応じて予め設定された尤度計算用信号点と上記遅延検波手段による遅延検波後の信号とに応じて各尤度計算用識別子毎の尤度を計算する第2の尤度計算手段と、

上記第2の尤度計算手段により計算された各観測点毎の尤度を全観測点数に渡って各尤度計算用識別子毎に累積加算する第2の累積加算手段と、

上記第1の累積加算手段および上記第2の累積加算手段による各尤度計算用識別子毎の尤度の累積加算結果に基づいて受信信号の振幅位相変調型式および位相変調型式を識別する識別判定手段とを備えた変調型式識別回路。

#### 【請求項4】

受信信号に応じて伝送路の状況を推定し、その推定した伝送路の状況に応じて第1および第2の累積加算手段の累積加算数または識別判定手段の識別基準を調整する伝送路状況推定手段を備えたことを特徴とする請求項3に記載の変調型式識別回路。

#### 【請求項5】

請求項1から請求項4のいずれかに記載の変調型式識別回路により識別された変調型式に基づいて受信信号を復調処理する復調手段を備えたことを特徴とする復調装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

この発明は、無線通信システム等において、受信信号から未知の変調型式を識別する変調型式識別回路および復調装置に関するものである。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

近年、異なる技術標準や多種・多様な無線通信システムが混在する状況を克服する通信技術の一つとして、従来ハードウェアで行われていた無線機能をソフトウェアによって実現するソフトウェア無線（S D R : Software Defined Radio）が注目を浴びている。ソフトウェア無線では、D S P (Digital Signal Processor) やF P G A (Field programmable Gate Array) 等のプログラマブルな信号処理デバイスを用いて無線機能をディジタル信号処理により実現するものであり、単一のハードウェア構成でも複数の通信システムに対応できるマルチモード通信や、通信環境の変化に応じて最適な通信システムを自動選択したり無線機能を最適化する環境適応通信、伝送路状況に応じてより高い伝送品質やスループットを実現する適応変復調等が実現可能となる。

##### 【0003】

この環境適応通信や適応変復調を実現するための要素技術の一つとして、変調型式識別技術の検討が行われている。従来の変調型式識別技術では、受信信号における瞬時振幅値と瞬時位相値とから瞬時振幅値の標準偏差と連続シンボル間位相差分値の分散とを導出する。そして、この受信信号から検出された二つの特徴量を用いて最近傍決定法による変調型式の識別処理を行い、識別結果を出力する。

最近傍決定法においては、プロトタイプと呼ばれる各変調型式の代表的なパターンを特徴空間上に前もって配置し、各プロトタイプのパターンと受信信号から検出された特徴量のパターンとの距離によって識別を行う。例えば、受信信号の変調型式として想定したB P S K (Binary Phase Shift Keying)、Q P S K (Quadrature P S K)、/ 4 Q P S

10

20

30

40

50

K、GMSK (Gaussian Filtered Minimum S K)、16QAM (Quadrature Amplitude Modulation)に対応した各変調型式の瞬時振幅値の標準偏差と連続シンボル間位相差分値の分散をプロトタイプとして予め計算機シミュレーションにより取得しておき、この事前に準備されたプロトタイプのパターンと変調型式が未知の受信信号から検出された瞬時振幅値の標準偏差と連続シンボル間位相差分値の分散のパターンとの距離が最小となるプロトタイプに対応した変調型式を識別結果として出力する（下記特許文献1参照）。

#### 【0004】

##### 【特許文献1】

特開2002-64577公報

#### 【0005】

##### 【発明が解決しようとする課題】

従来の変調型式識別回路は以上のように構成されているので、変調型式を識別するための事前情報として、各変調型式に対応した瞬時振幅値の標準偏差や連続シンボル間位相差分値の分散等の特徴量を予め取得しておく必要があるという課題があった。

また、これらの予め準備しておく特徴量は、実際の伝送路で想定されるガウス通信路やフェージング通信路等の伝送路状況に合った特徴量でないと高い識別精度が得られないため、想定される伝送路に対応した特徴量を事前に準備しておく必要があるという課題があった。

#### 【0006】

この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、変調型式識別のための特徴量を事前に取得する必要がなく、想定される伝送路が未知であっても高い識別精度が得られる変調型式識別回路を得ることを目的とする。

また、この発明は上記変調型式識別回路を用いることにより、受信信号の変調型式が未知である信号を復調する復調装置を得ることを目的とする。

#### 【0007】

##### 【課題を解決するための手段】

この発明に係る変調型式識別方法は、直交振幅変調方式のデジタル変調信号の変調型式を識別する変調型式識別方法において、デジタル変調信号の変調型式に対応したコンスタレーションの情報から異なる振幅位置にある信号点間の差分を求め、変調型式毎に求めた前記差分から各変調型式の尤度計算用信号点をそれぞれ決定し、この決定された各変調型式の尤度計算用信号点に対する受信したデジタル変調信号の複数の尤度値をそれぞれ比較し、最も小さい尤度値が得られる尤度計算用信号点を有する変調型式を前記受信したデジタル変調信号の変調型式と識別するものである。

また、この発明に係る変調型式識別回路は、受信信号の各観測点毎の振幅の平均値を算出し、各観測点毎の振幅を平均値で補正した補正後の振幅を算出する振幅補正手段と、振幅補正手段により算出された観測点前後の各補正後の振幅を用いて振幅差分を算出する振幅差分算出手段と、識別区分となる各振幅位相変調型式に応じて予め設定された尤度計算用信号点と振幅差分算出手段により算出された振幅差分とに応じて各尤度計算用識別子毎の尤度を計算する尤度計算手段と、尤度計算手段により計算された各観測点毎の尤度を全観測点数に渡って各尤度計算用識別子毎に累積加算する累積加算手段と、累積加算手段による各尤度計算用識別子毎の尤度の累積加算結果に基づいて受信信号の振幅位相変調型式を識別する識別判定手段とを備えたものである。

#### 【0008】

##### 【発明の実施の形態】

以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1による変調型式識別回路を示す構成図であり、図において、多値QAM識別回路1は、受信ベースバンド信号が多値QAMのうちのいずれの変調型式であるか識別するものである。

その多値QAM識別回路1において、振幅補正部（振幅補正手段）11は、アイパターン

10

20

30

40

50

が最大となるシンボル周期毎の振幅である受信ベースバンド信号に対して受信ベースバンド信号の全観測シンボル数に渡った平均値を算出し、各シンボル周期毎の振幅を平均値で補正した補正後の振幅を算出するものである。振幅差分部（振幅差分算出手段）12は、振幅補正部11により算出された補正後の振幅を用いて1シンボル間における受信ベースバンド信号のレベル差信号を算出するものである。尤度計算部（尤度計算手段）13は、各多値QAMの変調型式に応じて予め設定された尤度計算用信号点とレベル差信号との距離を算出することにより各尤度計算用識別子毎の尤度を計算するものである。累積加算部（累積加算手段）14は、シンボル周期毎の尤度を全観測シンボル数に渡って各尤度計算用識別子毎に累積加算するものである。識別判定部（識別判定手段）15は、各尤度計算用識別子毎の尤度の累積加算結果を判別式に基づいて受信ベースバンド信号の多値QAMの変調型式を識別するものである。10

#### 【0009】

次に動作について説明する。

図2は受信ベースバンド信号の変調型式として想定した4QAM、16QAMの各変調型式に対応したコンスタレーション（信号点配置）を示す説明図である。

多値QAM識別回路1では、受信ベースバンド信号から図2に示した変調型式の識別を行う。まず、時刻nTs（Ts：シンボル周期）の受信ベースバンド信号 $S_R(n) (= S_{RI}(n) + jS_{RQ}(n))$ が多値QAM識別回路1に入力される。振幅補正部11では、受信ベースバンド信号 $S_R(n)$ から補正された振幅信号 $A_N(n)$ を算出する。すなわち、以下の式(1)を算出する。20

$$A_N(n) = (S_{RI}(n)^2 + S_{RQ}(n)^2)^{1/2} / A_{AVE}$$

$$; n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (1)$$

なお、Nは変調型式の識別に用いられる受信ベースバンド信号の観測シンボル数であり、また、 $A_{AVE}$ は、観測シンボル内に渡る受信ベースバンド信号の平均値であり、以下の式(2)から得られる。

#### 【数1】

$$A_{AVE} = \sum_{n=0}^{N-1} (S_{RI}(n)^2 + S_{RQ}(n)^2)^{1/2} / N \quad (2)$$
30

振幅差分部12では、振幅補正部11から出力された補正後の振幅信号 $A_N(n)$ を用いて1シンボル間における受信ベースバンド信号のレベル差信号 $A_N(n)$ を算出する。すなわち、以下の式(3)を算出する。

$$A_N(n) = |A_N(n+1) - A_N(n)| \quad (3)$$

#### 【0010】

尤度計算部13では、振幅差分部12から出力された受信ベースバンド信号のレベル差信号 $A_N(n)$ に対して、下記表1に示す尤度計算用信号点 $W_{ki}$ との距離を計算することにより、尤度計算用識別子( $k = 1, 2$ )毎の尤度 $\rho_k(n)$ ( $k = 1, 2$ )を算出する。すなわち、以下の式(4)を算出する。40

#### 【数2】

$$\rho_k(n) = m_i n |\Delta A_N(n) - W_{ki}| ; n = 0, 1, \dots, N-2$$

$$i \quad (4)$$

#### 【表1】

尤度計算用識別子	尤度計算用信号点W <sub>ki</sub>
①(k=1) ; 4QAM	W <sub>10</sub> =0
②(k=2) ; 16QAM	W <sub>20</sub> =0, W <sub>21</sub> =0.360, W <sub>22</sub> =0.583, W <sub>23</sub> =0.943

10

なお、尤度計算用信号点W<sub>ki</sub>の値は、16QAMの場合、図2において正規化された信号振幅r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub>, r<sub>3</sub>は、それぞれr<sub>1</sub>=2<sup>1/2</sup>/3, r<sub>2</sub>=10<sup>1/2</sup>/3, r<sub>3</sub>=2<sup>1/2</sup>となることから、W<sub>20</sub>=|r<sub>1</sub>-r<sub>1</sub>|, or, |r<sub>2</sub>-r<sub>2</sub>|, or, |r<sub>3</sub>-r<sub>3</sub>|=0, W<sub>21</sub>=|r<sub>2</sub>-r<sub>3</sub>|=0.360, W<sub>22</sub>=|r<sub>1</sub>-r<sub>2</sub>|=0.583、W<sub>23</sub>=|r<sub>1</sub>-r<sub>3</sub>|=0.943として求められる。また、4QAMの場合、振幅差分をとることからW<sub>10</sub>=0のみとなる。

図3は尤度計算部13における尤度計算の一例を示す説明図である。上記式(4)における関数minは、観測シンボル点(n)の尤度計算用識別子(k)において、(i)を変化、すなわち、尤度計算用信号点W<sub>ki</sub>を変化させた時の絶対値記号内が最小となる値を算出するものである。すなわち、各レベル差信号A<sub>N</sub>(n)に対して、尤度計算用識別子(k)毎に尤度計算用信号点W<sub>ki</sub>との距離で一番小さいものを計算するものである。図3で具体的に説明すれば、振幅差分部12から出力された受信ベースバンド信号のレベル差信号A<sub>N</sub>(n)が0.25である時、尤度計算用識別子(k=1)について、

$$\rho_1(n) = |0.25 - W_{10}| = 0.25 \quad (5)$$

30

と算出し、また、尤度計算用識別子(k=2)について、

$$\begin{aligned} \rho_2(n) &= \min \{|0.25 - W_{20}|, |0.25 - W_{21}| \\ &\quad , |0.25 - W_{22}|, |0.25 - W_{23}|\} \\ &= \min \{|0.25|, |0.25 - 0.360| \\ &\quad , |0.25 - 0.583|, |0.25 - 0.943|\} \\ &= \min \{0.25, 0.11, 0.333, 0.693\} \\ &= 0.11 \end{aligned} \quad (6)$$

40

と算出する。

#### 【0011】

累積加算部14では、尤度計算部13から出力された各観測シンボル点(n)毎の尤度<sub>k</sub>(n)(k=1, 2)に対して全観測シンボル数(N)に渡って各尤度計算用識別子(k=1, 2)毎に累積加算を行い、累積加算後の尤度値<<sub>k</sub>>(k=1, 2)を算出する。すなわち、以下の式(7)を算出する。

#### 【数3】

$$\langle \rho_k \rangle = \sum_{n=0}^{N-2} \rho_K(n) \quad (7)$$

識別判定部 15 では、累積加算部 14 から出力された累積加算後の各尤度計算用識別子 ( $k = 1, 2$ ) 每の尤度値  $\langle \cdot_k \rangle$  ( $k = 1, 2$ ) を用いて各変調型式を識別するための判定式 D を導出し、その判定式 D の計算を行う。例えば、以下の式 (8) ような判定式 D を導出し、計算を行う。

$$D = \langle \cdot_1 \rangle - \langle \cdot_2 \rangle \quad (8)$$

但し、 $\cdot_1, \cdot_2$  は、重み付け係数である。

この判定式 D から、 $D < 0$  であれば 4 Q A M、 $D > 0$  であれば 16 Q A M と判定する。

#### 【0012】

##### 【課題を解決するための手段】

この発明に係る変調型式識別回路は、受信信号の各観測点毎の振幅の平均値を算出し、各観測点毎の振幅を平均値で補正した補正後の振幅を算出する振幅補正手段と、振幅補正手段により算出された観測点前後の各補正後の振幅を用いて振幅差分を算出する振幅差分算出手段と、識別区分となる各振幅位相変調型式に応じて予め設定された尤度計算用信号点と振幅差分算出手段により算出された振幅差分とに応じて各尤度計算用識別子毎の尤度を計算する尤度計算手段と、尤度計算手段により計算された各観測点毎の尤度を全観測点数に渡って各尤度計算用識別子毎に累積加算する累積加算手段と、累積加算手段による各尤度計算用識別子毎の尤度の累積加算結果に基づいて受信信号の振幅位相変調型式を識別する識別判定手段とを備えたものである。

#### 【0013】

##### 実施の形態 2 .

図 4 はこの発明の実施の形態 2 による変調型式識別回路を示す構成図であり、図において、P S K 識別回路（位相変調型式識別手段）20 は、受信ベースバンド信号に応じてその受信ベースバンド信号がいずれの位相変調型式であるか識別するものである。その他の構成については、図 1 と同等である。

#### 【0014】

##### 次に動作について説明する。

まず、時刻  $n T_s$  ( $T_s$  : シンボル周期) の受信ベースバンド信号  $S_R(n)$  ( $= S_{R_I}(n) + j S_{R_Q}(n)$ ) が多値 Q A M 識別回路 1 に入力される。多値 Q A M 識別回路 1 では、上記実施の形態 1 で示したように、振幅の異なる多値 Q A M 等の識別が行われ、その識別結果が出力される。

B P S K、Q P S K、8 P S K、M S K 等の振幅が一定である変調型式については、多値 Q A M 識別回路 1 においては全て 4 Q A M として識別されるため、P S K 識別回路 20 により、受信ベースバンド信号のコンスタレーション等の情報を用いて N 相 P S K 等の識別を行う。

#### 【0015】

以上のように、この実施の形態 2 によれば、多値 Q A M 識別回路 1 では識別できない B P S K、Q P S K、8 P S K、M S K 等の振幅が一定である変調型式については、新たに追加した P S K 識別回路 20 で識別する構成としたので、多値 Q A M における変調型式の識別のみならず、N 相 P S K 等の識別も可能とすることができる。

#### 【0016】

##### 実施の形態 3 .

図 5 はこの発明の実施の形態 3 による変調型式識別回路を示す構成図であり、図において、多値 Q A M 識別回路 2 は、振幅補正部 11、振幅差分部 12、尤度計算部（第 1 の尤度計算手段）13、累積加算部（第 1 の累積加算手段）14 からなるものである。なお、こ

10

20

30

40

50

これらの構成は図 1 に示したものと同等である。

P S K 識別回路 3 は、受信ベースバンド信号に応じてその受信ベースバンド信号がいずれの N 相 P S K 等の変調型式であるか識別するものである。

その P S K 識別回路 3 において、信号正規化部（信号正規化手段）2 1 は、受信ベースバンド信号から正規化された受信ベースバンド信号を算出するものである。遅延検波部（遅延検波手段）2 2 は、正規化された受信ベースバンド信号とその 1 シンボルだけ遅延させた正規化された受信ベースバンド信号とに応じて遅延検波するものである。尤度計算部（第 2 の尤度計算手段）2 3 は、識別区分となる各 N 相 P S K 等の変調型式に応じて予め設定された尤度計算用信号点と遅延検波後の信号との内積を算出することにより各尤度計算用識別子毎の尤度を計算するものである。累積加算部（第 2 の累積加算手段）2 4 は、シンボル周期毎の尤度を全観測シンボル数に渡って各尤度計算用識別子毎に累積加算するものである。10

識別判定部（識別判定手段）2 5 は、累積加算部 1 4 および累積加算部 2 4 からの各尤度計算用識別子毎の尤度の累積加算結果を判別式に基づいて受信ベースバンド信号の多値 Q A M および N 相 P S K 等の変調型式を識別するものである。

#### 【0017】

次に動作について説明する。

まず、時刻  $n T_s$  ( $T_s$  : シンボル周期) の受信ベースバンド信号  $S_R(n)$  ( $= S_{R_I}(n) + j S_{R_Q}(n)$ ) が多値 Q A M 識別回路 2 に入力される。多値 Q A M 識別回路 2 では、上記実施の形態 1 で示したように、累積加算後の尤度値  $\langle k \rangle$  ( $k = 1, 2$ ) を算出する。20

また、時刻  $n T_s$  ( $T_s$  : シンボル周期) の受信ベースバンド信号  $S_R(n)$  ( $= S_{R_I}(n) + j S_{R_Q}(n)$ ) が P S K 識別回路 3 に入力される。

図 6 は B P S K、Q P S K、 $/4$  Q P S K、8 P S K、M S K の各変調型式に対応したコンスタレーションを示す説明図であり、信号正規化部 2 1 では、受信ベースバンド信号  $S_R(n)$  から正規化された受信ベースバンド信号  $S_N(n)$  を算出する。すなわち、以下の式(9)を算出する。

$$S_N(n) = S_R(n) / (\sqrt{S_{R_I}(n)^2 + S_{R_Q}(n)^2})^{1/2} \\ ; n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (9)$$

なお、N は変調型式の識別に用いられる受信ベースバンド信号の観測シンボル数である。30 遅延検波部 2 2 では、信号正規化部 2 1 から出力された受信ベースバンド信号  $S_N(n)$  とその信号を 1 シンボル遅延させた信号である  $S_N(n-1)$  の複素共役信号を複素乗算し、1 シンボル遅延検波後の信号  $S_{ND}(n)$  ( $= S_{ND_I}(n) + j S_{ND_Q}(n)$ ) を算出する。すなわち、以下の式(10)を算出する。

$$S_{ND}(n) = S_N(n) \times S_N^*(n-1) \quad (10)$$

但し、\* は共役複素数を示す。

図 7 は遅延検波部出力におけるコンスタレーションを示す説明図であり、遅延検波部 2 2 出力におけるコンスタレーションは、この図 7 のようになる。

#### 【0018】

図 8 は尤度計算部 2 3 における尤度計算用信号点を示す説明図である。40

尤度計算部 2 3 では、遅延検波部 2 2 から出力された遅延検波信号  $S_{ND}(n)$  に対して、下記表 2 および図 8 に示す尤度計算用信号点  $W_{ki}$  ( $= W_{kiI} + j W_{kiQ}$ ) との内積を計算し、最大値を選択することにより、これらの尤度計算用識別子毎の尤度  $\langle k \rangle$  ( $n$ ) ( $k = 3, 4, \dots, 7$ ) を計算する。すなわち、以下の式(11)を算出する。

#### 【数 4】

$$\rho_k(n) = m \max_i \left\{ S_{NDI}(n) W_{k i I} + S_{NDQ}(n) W_{k i Q} \right\}$$

$$(11)$$

【表2】

尤度計算用識別子	尤度計算用信号点 $W_{ki} = (W_{kiI}, W_{kiQ})$
③( $k=3$ )	$W_{30}=(1, 0), W_{31}=(-1, 0)$
④( $k=4$ )	$W_{40}=(0, 1), W_{41}=(0, -1)$
⑤( $k=5$ )	$W_{50}=(1, 0), W_{51}=(0, 1), W_{52}=(-1, 0), W_{53}=(0, -1)$
⑥( $k=6$ )	$W_{60}=(2^{-1/2}, 2^{-1/2}), W_{61}=(-2^{-1/2}, 2^{-1/2})$ $W_{62}=(-2^{-1/2}, -2^{-1/2}), W_{63}=(2^{-1/2}, -2^{-1/2})$
⑦( $k=7$ )	$W_{70}=(1, 0), W_{71}=(2^{-1/2}, 2^{-1/2})$ $W_{72}=(0, 1), W_{73}=(-2^{-1/2}, 2^{-1/2})$ $W_{74}=(-1, 0), W_{75}=(-2^{-1/2}, -2^{-1/2})$ $W_{76}=(0, -1), W_{77}=(2^{-1/2}, -2^{-1/2})$

図9は尤度計算部23における尤度計算の一例を示す説明図である。上記式(11)における関数  $\max$  は、観測シンボル点( $n$ )の尤度計算用識別子( $k$ )において、( $i$ )を変化、すなわち、尤度計算用信号点  $W_{k i}$  を変化させた時の {} 内が最大となる値を算出するものである。すなわち、各遅延検波信号  $S_{ND}(n)$  に対して、尤度計算用識別子( $k$ )毎に尤度計算用信号点  $W_{k i}$  との内積を計算し、最大となるものを算出するものである。

図9で具体的に説明すれば、遅延検波部22から出力された遅延検波信号  $S_{ND}(n)$  が(0.34, 0.94)である時、尤度計算用識別子( $k=3$ )について、

$$\begin{aligned} \rho_3(n) &= \max \{ S_{NDN}(n) W_{30I}, S_{NDI}(n) W_{31I} \} \\ &= \max \{ 0.34, -0.34 \} \\ &= 0.34 \end{aligned} \quad (12)$$

と算出する。

### 【0019】

累積加算部24では、尤度計算部23から出力された尤度  $\rho_k(n)$  ( $k = 3, 4, \dots, 7$ )に対して全観測シンボル数( $N$ )に渡って各尤度計算用識別子( $k = 3, 4, \dots, 7$ )毎に累積加算を行い、累積加算後の尤度値  $\rho_k$  ( $k = 3, 4, \dots, 7$ )を算出する。すなわち、以下の式(13)を算出する。

### 【数5】

$$\langle \rho_k \rangle = \sum_{n=0}^{N-2} \rho_k(n) \quad . \quad (13)$$

識別判定部 25 では、累積加算部 14, 24 から出力された累積加算後の各尤度計算用識別子 ( $k = 1, 2, \dots, 7$ ) 每の尤度値  $\langle \rho_k \rangle$  ( $k = 1, 2, \dots, 7$ ) を用いて各変調型式を識別するための判定式  $D_j$  ( $j = 1, 2, \dots, 6$ ) を導出し、その判定式  $D_j$  の計算を行う。例えば、以下の式 (14) ような判定式  $D_j$  を導出し、計算を行う。

$$\begin{aligned} D_1 &= 1 (\langle \rho_1 \rangle - \langle \rho_2 \rangle) \\ D_2 &= 2 (\langle \rho_3 \rangle - \langle \rho_4 \rangle) \\ D_3 &= 3 (\langle \rho_5 \rangle - \langle \rho_6 \rangle) \\ D_4 &= 4 (\langle \rho_6 \rangle - \langle \rho_5 \rangle) \\ D_5 &= 5 (\langle \rho_7 \rangle - \max[\langle \rho_5 \rangle, \langle \rho_6 \rangle]) \\ D_6 &= 6 (\langle \rho_4 \rangle - \langle \rho_3 \rangle) \end{aligned} \quad (14)$$

但し、 $\rho_j$  ( $j = 1, 2, \dots, 6$ ) は、重み付け係数である。

上記の識別判定の計算においては、受信ベースバンド信号が 16QAM の場合は判定式  $D_1$  が最大、BPSK の場合は判定式  $D_2$  が最大、QPSK / OQPSK の場合は判定式  $D_3$  が最大、 $\sqrt{4}$  QPSK の場合は判定式  $D_4$  が最大、8PSK の場合は  $D_5$  が最大、MSK / GMSK の場合は判定式  $D_6$  が最大となるように変換処理を行っている。すなわち、判定式  $D_j$  ( $j = 1, 2, \dots, 6$ ) の最大値を検出し、その最大値に対応した判定式における変調型式を識別結果とする。

図 10 は計算機シミュレーションによる各変調型式の識別率の評価結果を示す特性図である。図 10において、対象とする変調型式は BPSK、QPSK、OQPSK、 $\sqrt{4}$  QPSK、8PSK、MSK、GMSK、16QAM とし、伝送路はガウス通信路 (AWGN)、観測シンボル数は 100 シンボルとした。図から判るように、1 シンボル当りの SNR 比 (Es/N0) が 13dB 以上であれば各変調型式とも 100% 近い識別率が得られていることが判る。

#### 【0020】

以上のように、この実施の形態 3 によれば、PSK 識別回路 3 を追加し、かつ、多値 QAM 識別回路 2 の識別判定部と PSK 識別回路 3 の識別判定部を共通化したため、多値 QAM と N 相 PSK 等の識別を同時にを行うことができ、識別時間の短縮を実現することができる。

#### 【0021】

実施の形態 4。

図 11 はこの発明の実施の形態 4 による変調型式識別回路を示す構成図であり、図において、伝送路状況推定部（伝送路状況推定手段）31 は、受信ベースバンド信号に応じて伝送路の状況を推定し、その推定した伝送路の状況に応じて累積加算手段 14, 24 の加算シンボル数または識別判定部 25 の重み付け係数や判定式を調整するものである。その他の構成については、図 5 と同等である。

#### 【0022】

次に動作について説明する。

まず、時刻  $n T_s$  ( $T_s$  : シンボル周期) の受信ベースバンド信号  $S_R(n)$  ( $= S_{RI}(n) + j S_{RQ}(n)$ ) が伝送路状況推定部 31 に入力される。伝送路状況推定部 31 では、受信ベースバンド信号  $S_R(n)$  に応じて SNR 比やフェージング変動の有無等の伝送路の状況を推定し、その推定結果により累積加算部 14, 24 における加算シンボル数や識別判定部 25 の重み付け係数や判定式を変更する。

#### 【0023】

10

20

30

40

50

以上のように、この実施の形態4によれば、伝送路状況推定部31により伝送路の状況を推定し、その伝送路状況に応じて累積加算部14,24における観測シンボル数を変更するようにしたので、所要の識別率を維持しながら観測時間を短縮することができる。また、伝送路状況に応じて識別判定部25の重み付け係数や判定式を可変するようにしたので、伝送路状況に応じて最適な識別判定を行うことが可能となり、識別率を向上することができる。

#### 【0024】

実施の形態5.

図12はこの発明の実施の形態5による復調装置を示す構成図であり、図において、準同期検波部41は、受信信号を受信ベースバンド信号に変換するものである。速度変換部42は、受信ベースバンド信号の速度を変換するものである。復調部(復調手段)43は、変調型式識別回路の識別判定部25により識別された変調型式に基づいて受信ベースバンド信号を復調処理するものである。その他の構成については、図5と同等である。

10

#### 【0025】

次に動作について説明する。

まず、受信信号 $S(t)(=S_I(t)+jS_Q(t))$ が準同期検波部41に入力される。準同期検波部41では、受信信号をベースバンド信号に変換し、さらに、A/D変換器によるサンプリング処理を行い、時刻 $mT(T:$ サンプリング周期)毎に受信ベースバンド信号 $S_R(m)(=S_{R_I}(m)+jS_{R_Q}(m))$ が出力される。速度変換部42では、受信ベースバンド信号 $S_R(m)$ の速度を変換し、上記実施の形態3に示した受信ベースバンド信号 $S_R(n)(=S_{R_I}(n)+jS_{R_Q}(n))$ を多値QAM識別回路2およびPSK識別回路3に供給する。

20

復調部43では、準同期検波部41から出力された受信ベースバンド信号 $S_R(m)$ に対して、上記実施の形態3で示した変調型式識別回路の識別判定部25により識別された変調型式に基づいて復調処理を行い、復調データを出力する。

#### 【0026】

以上のように、この実施の形態5によれば、復調装置に上記実施の形態3で示した変調型式識別回路を追加した構成としたので、受信信号の変調型式が未知であっても、変調型式識別回路の識別結果に応じて復調処理を行うことができる。なお、この実施の形態5では、変調型式識別回路として上記実施の形態3で示したもの用いたが、変調型式識別回路は上記実施の形態1から4で示したものであればいずれのものを用いても良い。

30

#### 【0027】

実施の形態6.

図13はこの発明の実施の形態6による復調装置を示す構成図であり、図において、復調部(復調手段)44は、変調型式識別回路の識別判定部58により識別された変調型式に基づいて受信ベースバンド信号 $S_R(m)$ を復調処理するものである。

その復調部44において、シンボルレート推定部(シンボルレート推定手段)51は、受信ベースバンド信号 $S_R(m)$ からシンボルレートを推定するものである。速度変換部(速度変換手段)52は、シンボルレート推定部51によるシンボルレート推定結果を用いて受信ベースバンド信号 $S_R(m)$ のサンプリングレートを受信ベースバンド信号 $S_R(1)$ に変換処理するものである。キャリア周波数推定部(キャリア周波数推定手段)53は、速度変換部52によるサンプリングレート変換後の信号を用いてキャリア周波数を推定するものである。周波数補償部(周波数補償手段)54は、キャリア周波数推定部53による周波数推定結果を用いて速度変換部52から出力される信号に対して周波数を補償するものである。チャネルフィルタ推定部(チャネルフィルタ推定手段)55は、周波数補償部54による周波数補償後の信号を用いて最適なチャネルフィルタを推定するものである。チャネルフィルタ部(チャネルフィルタ手段)56は、チャネルフィルタ推定部55によるチャネルフィルタ推定結果を用いて周波数補償部54による周波数補償後の信号に対してフィルタリング処理を行うものである。復調処理部(復調処理手段)57は、変調型式識別回路の識別判定部58により識別された変調型式に基づいて、チャネルフィル

40

50

タ部 5 6 によるフィルタリング処理後の信号を復調処理するものである。

また、識別判定部（識別判定手段）5 8 は、累積加算部 1 4 および累積加算部 2 4 からの各尤度計算用識別子毎の尤度の累積加算結果を判別式に基づくと共に、シンボルレート推定部 5 1、キャリア周波数推定部 5 3 およびチャネルフィルタ推定部 5 5 による推定結果を用いて受信ベースバンド信号の多値 Q A M および N 相 P S K 等の変調型式を識別するものである。その他の構成については、図 5 と同等である。

#### 【 0 0 2 8 】

次に動作について説明する。

まず、受信信号  $S(t) (= S_I(t) + j S_Q(t))$  が準同期検波部 4 1 に入力される。準同期検波部 4 1 では、受信信号をベースバンド信号に変換し、さらに、A D 変換器によるサンプリング処理を行い、時刻  $m T$  ( $T$  : サンプリング周期) 毎に受信ベースバンド信号  $S_R(m) (= S_{R_I}(m) + j S_{R_Q}(m))$  が出力される。シンボルレート推定部 5 1 では、受信ベースバンド信号  $S_R(m)$  から非線形処理を行った後、D F T (Digital Fourier Transformation) 処理等を行うことによりクロック成分を抽出しシンボルレートを推定する。速度変換部 5 2 では、シンボルレート推定部 5 1 により推定されたシンボルレートの推定値を用いてサンプリング速度の変換処理を行い、時刻  $1 T s$  ( $T s$  : サンプリング周期) 毎に受信ベースバンド信号  $S_R(1) (= S_{R_I}(1) + j S_{R_Q}(1))$  が出力される。キャリア周波数推定部 5 3 では、速度変換部 5 2 より出力されたサンプリング速度変換後の受信ベースバンド信号  $S_R(1)$  を用いて遅倍処理を行った後 F F T (Fast Fourier Transformation) 等の処理を行いキャリア周波数偏差を推定する。

周波数補償部 5 4 では、キャリア周波数推定部 5 3 で推定された周波数偏差を用いて受信ベースバンド信号  $S_R(1)$  から周波数偏差を除去する。チャネルフィルタ推定部 5 5 では、予め準備したチャネルフィルタを用いて周波数補償部 5 4 からの出力信号のフィルタリング処理を行ってフィルタリング処理後の符号間干渉量を測定し、符号間干渉量が最小となるチャネルフィルタを選択する。チャネルフィルタ部 5 6 では、チャネルフィルタ推定部 5 5 で推定されたチャネルフィルタを用いて周波数補償部 5 4 からの出力信号をフィルタリング処理する。なお、このチャネルフィルタ部 5 6 からの出力信号は、復調処理部 5 7 に供給されると共に、受信ベースバンド信号  $S_R(1)$  として速度変換部 4 2 に入力され、シンボル周期毎に速度変換された後、受信ベースバンド信号  $S_R(1)$  として多値 Q A M 識別回路 2 および P S K 識別回路 3 に供給される。

識別判定部 5 8 では、累積加算部 1 4 , 2 4 からの出力、シンボルレート推定部 5 1、キャリア周波数推定部 5 3 およびチャネルフィルタ推定部 5 5 からの推定結果を用いて、受信ベースバンド信号  $S_R(n)$  の変調型式を推定する。復調処理部 5 7 では、チャネルフィルタ部 5 6 から出力されたチャネルフィルタリング後の信号に対して識別判定部 5 8 により推定された変調型式に応じた復調処理を行い、復調データを出力する。

#### 【 0 0 2 9 】

以上のように、この実施の形態 6 によれば、復調装置に上記実施の形態 3 で示した変調型式識別回路を追加した構成とし、さらに、識別判定部 5 8 は、シンボルレート推定部 5 1 やキャリア周波数推定部 5 3 、チャネルフィルタ推定部 5 5 の推定結果を利用し、変調型式の識別を行うようにしたので、対象とする変調型式の拡大や識別精度の向上を実現することができる。また、変調型式のみならず、シンボルレートやキャリア周波数、チャネルフィルタが未知であっても復調することができる。

なお、この実施の形態 6 では、変調型式識別回路として上記実施の形態 3 で示したもの用いたが、変調型式識別回路は上記実施の形態 1 から 4 で示したものであればいずれのものを用いても良い。

#### 【 0 0 3 0 】

##### 【発明の効果】

以上のように、この発明によれば、振幅位相変調型式識別のための特徴量として、各振幅位相変調型式に応じて予め設定された尤度計算用信号点と受信信号の振幅差分とに応じて尤度を計算し、その尤度の累積加算結果に基づいて受信信号の振幅位相変調型式を識別す

10

20

30

40

50

るようとしたため、識別のための事前情報として、予め想定される伝送路に応じた特徴量の取得や振幅位相変調型式を識別するための閾値の決定を行う必要がなく、簡易な手法で高い識別精度を得ることができる。

また、振幅差分を用いて尤度を計算しているため、フェージング等による受信振幅のレベル変動があっても、振幅位相変調型式を識別することができ、受信振幅のレベル変動の影響に強い変調型式の識別が可能となる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1による変調型式識別回路を示す構成図である。  
【図2】 受信ベースバンド信号の変調型式として想定した4QAM、16QAMの各変調型式に対応したコンスタレーションを示す説明図である。 10

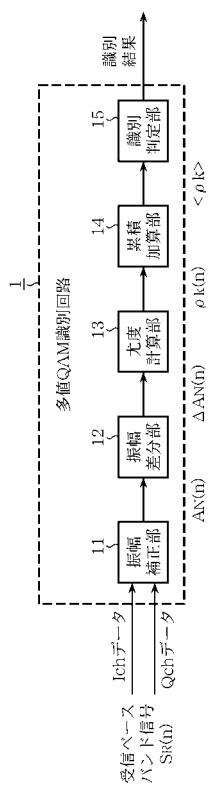
【図3】 尤度計算部における尤度計算の一例を示す説明図である。  
【図4】 この発明の実施の形態2による変調型式識別回路を示す構成図である。  
【図5】 この発明の実施の形態3による変調型式識別回路を示す構成図である。  
【図6】 BPSK、QPSK、/4QPSK、8PSK、MSKの各変調型式に対応したコンスタレーションを示す説明図である。  
【図7】 遅延検波部出力におけるコンスタレーションを示す説明図である。  
【図8】 尤度計算部における尤度計算用信号点を示す説明図である。  
【図9】 尤度計算部における尤度計算の一例を示す説明図である。  
【図10】 計算機シミュレーションによる各変調型式の識別率の評価結果を示す特性図である。 20

【図11】 この発明の実施の形態4による変調型式識別回路を示す構成図である。  
【図12】 この発明の実施の形態5による復調装置を示す構成図である。  
【図13】 この発明の実施の形態6による復調装置を示す構成図である。

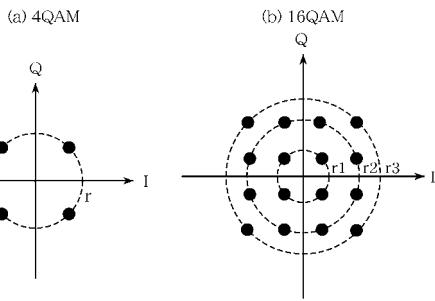
【符号の説明】

1, 2 多値QAM識別回路、3 PSK識別回路、11 振幅補正部（振幅補正手段）、  
12 振幅差分部（振幅差分算出手段）、13 尤度計算部（尤度計算手段、第1の尤度計算手段）、  
14 累積加算部（累積加算手段、第1の累積加算手段）、15, 25,  
58 識別判定部（識別判定手段）、20 PSK識別回路（位相変調型式識別手段）、  
21 信号正規化部（信号正規化手段）、22 遅延検波部（遅延検波手段）、23 尤度計算部（第2の尤度計算手段）、24 累積加算部（第2の累積加算手段）、31 伝送路状況推定部（伝送路状況推定手段）、41 準同期検波部、42 速度変換部、43  
, 44 復調部（復調手段）、51 シンボルレート推定部（シンボルレート推定手段）、  
52 速度変換部（速度変換手段）、53 キアリア周波数推定部（キアリア周波数推定手段）、  
54 周波数補償部（周波数補償手段）、55 チャネルフィルタ推定部（チャネルフィルタ推定手段）、  
56 チャネルフィルタ部（チャネルフィルタ手段）、57 復調処理部（復調処理手段）。 30

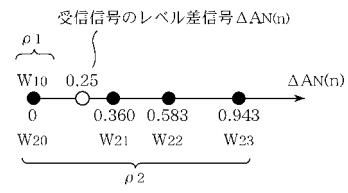
【 図 1 】



【 図 2 】

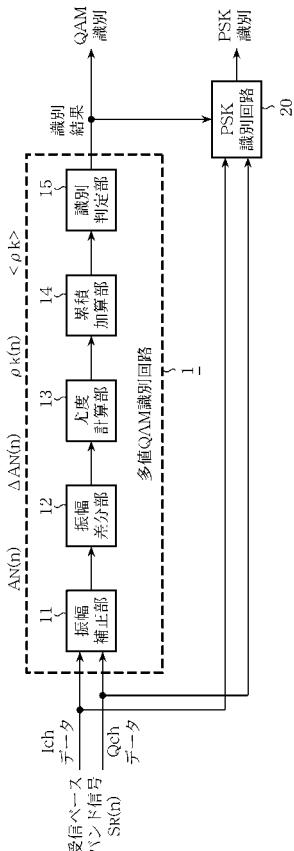


【 四 3 】

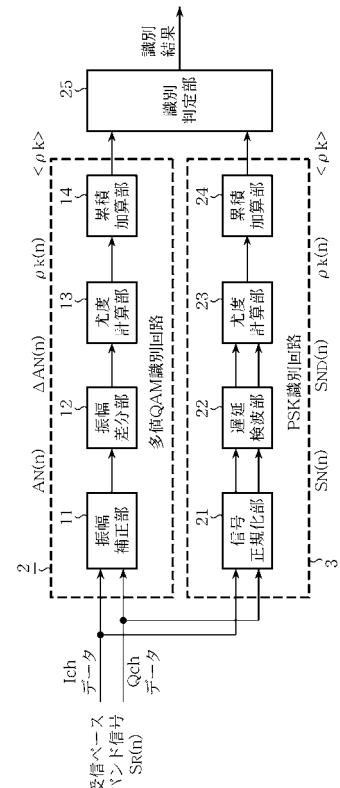


$$\begin{aligned}\rho_1(n) &= |0.25 - W_{10}| \\&= 0.25 \\ \rho_2(n) &= \min\{|0.25 - W_{20}|, |0.25 - W_{21}|, |0.25 - W_{22}|, |0.25 - W_{23}|\} \\&= \min\{0.25, |0.25 + 0.360|, |0.25 + 0.583|, |0.25 + 0.943|\} \\&= \min\{0.25, 0.11, 0.333, 0.693\} \\&= 0.11\end{aligned}$$

【 図 4 】

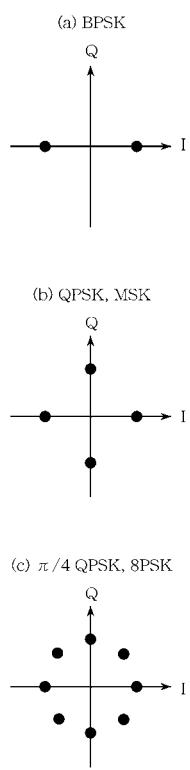


【 四 5 】

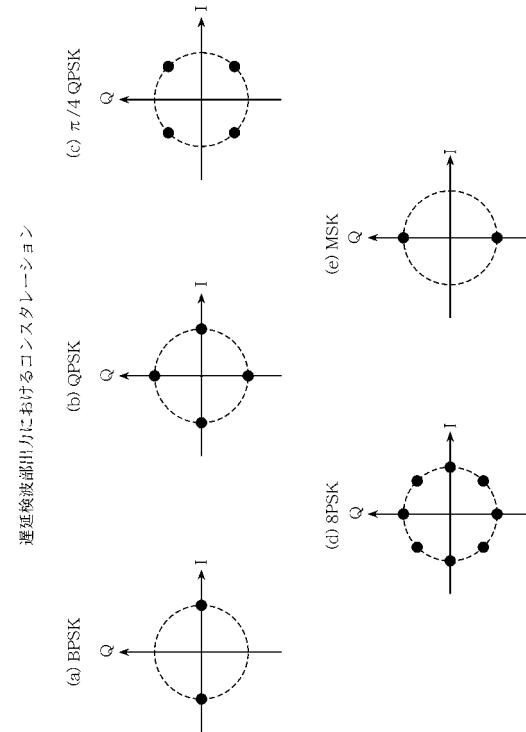


【図6】

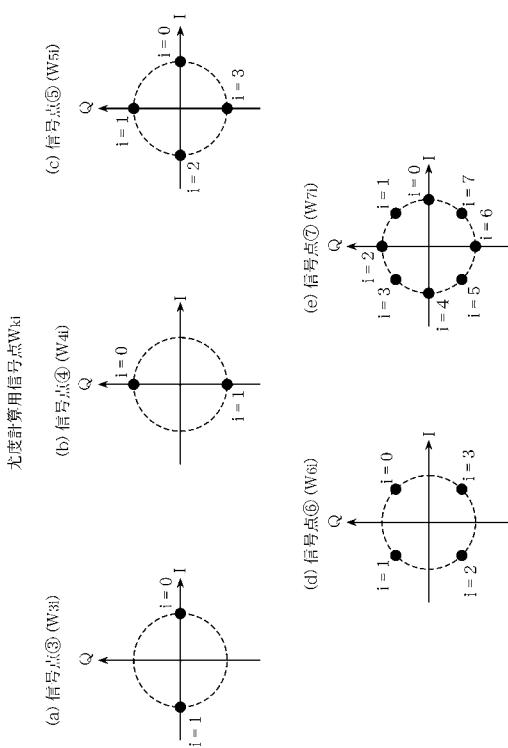
受信信号における各変調型式のコンスタレーション



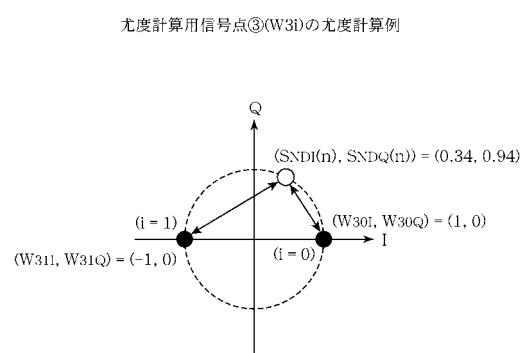
【図7】



【図8】

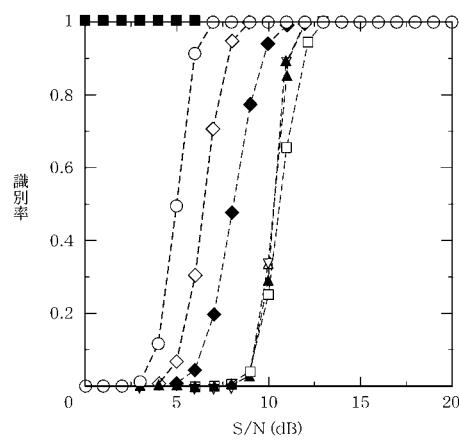


【図9】



$$\rho_3(n) = \max\{SNDI(n)W30I, SNDI(n)W31I\} \\ = \max\{0.34, -0.34\} \\ = 0.34$$

【図 10】

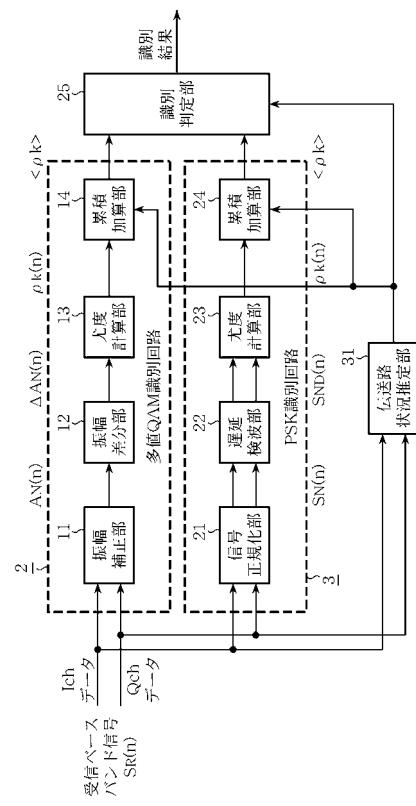


通信路: AWGN  
観測シンボル数: 100  
重み付け係数:  $\alpha_1=1.5$ ,  $\alpha_{2,6}=1$ ,  $\alpha_{3,4}=2$ ,  $\alpha_5=3$

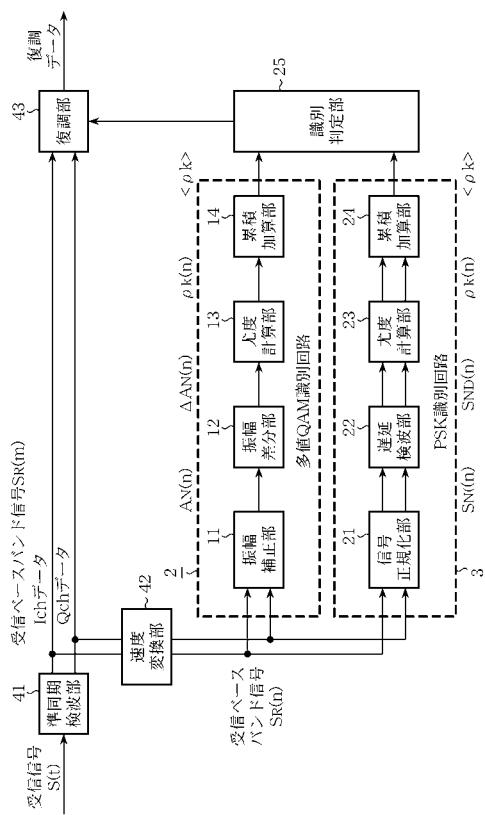
変調型式

- : BPSK
- △, ▲ : QPSK, OQPSK
- ▽ :  $\pi/4$ QPSK
- : 8PSK
- ◇, ◆ : MSK, GMSK(BbT = 0.5)
- : 16QAM

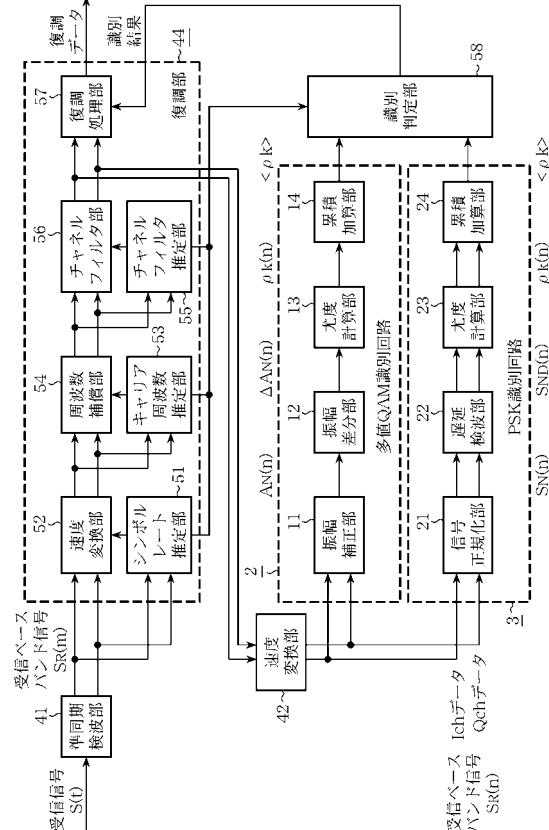
【図 11】



【図 12】



【図 13】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 27/38