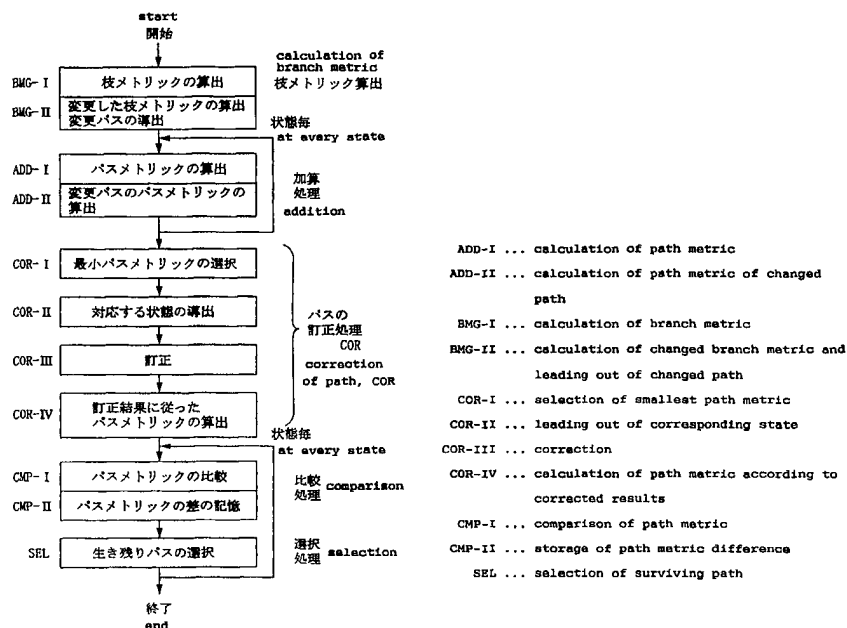




<p>(51) 国際特許分類6 H03M 13/12</p>	<p>A1</p>	<p>(11) 国際公開番号 WO98/39848</p> <p>(43) 国際公開日 1998年9月11日(11.09.98)</p>
<p>(21) 国際出願番号 PCT/JP97/00652</p> <p>(22) 国際出願日 1997年3月4日(04.03.97)</p> <p>(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA)[JP/J] 〒100 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo, (JP)</p> <p>(72) 発明者 ; および (75) 発明者 / 出願人 (米国についてのみ) 久保博嗣(KUBO, Hiroshi)[JP/J] 村上圭司(MURAKAMI, Keishi)[JP/J] 〒100 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 Tokyo, (JP)</p> <p>(74) 代理人 弁理士 宮田金雄, 外(MIYATA, Kanco et al.) 〒100 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 Tokyo, (JP)</p>		<p>(81) 指定国 AU, CA, CN, JP, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>添付公開書類 国際調査報告書</p>

(54) Title: SERIAL ESTIMATING METHOD

(54) 発明の名称 系列推定方法



(57) Abstract

The conventional serial estimating method using the viterbi algorithm is changed in the following way: (1) a changed path which is obtained by changing the route of a path a specific time past is led out, (2) the path metric value of the changed path is calculated, (3) the path metric value of the changed path is compared with that of a normal path and, when the path metric value of the changed path is smaller, the route of the changed path is corrected, and (4) a surviving path is selected out of a plurality of paths passing the corrected route.

(57) 要約

従来のビタビアルゴリズムを用いた系列推定方法を以下のように変更する。①パスの特定時刻過去の経路を変更した変更パスを導出する。②変更パスのパスメトリック値を算出する。③通常のパスのパスメトリックと変更パスのパスメトリックとを比較して、変更パスのパスメトリック値が小さい場合には、パスの経路を訂正する。④訂正後の経路を通る複数のパスの中から生き残りパスを選択する。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AL	アルバニア	FI	フィンランド	LT	リトアニア	SN	セネガル
AM	アルメニア	FR	フランス	LU	ルクセンブルグ	SZ	スワジランド
AU	オーストラリア	GB	英国	LV	ラトヴィア	TD	チャド
AZ	アゼルバイジャン	GE	グルジア	MC	モナコ	TG	トーゴ
BA	ボスニア・ヘルツェゴビナ	GH	ガーナ	MD	モルドヴァ	TJ	タジキスタン
BB	バルバドス	GM	ガンビア	MG	マダガスカル	TM	トルクメニスタン
BE	ベルギー	GW	ギニア	MK	マケドニア共和国	TR	トルコ
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア・ビサウ			TT	トリニダード・トバゴ
BG	ブルガリア	GR	ギリシャ	ML	マリ	UA	ウクライナ
BJ	ベナン	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	UG	ウガンダ
BR	ブラジル	ID	インドネシア	MR	モリタニア	US	米国
BY	ベラルーシ	IE	アイルランド	MW	マラウイ	UZ	ウズベキスタン
CA	カナダ	IL	イスラエル	MX	メキシコ	VN	ヴェトナム
CC	中央アフリカ共和国	IS	アイスランド	NE	ニジェール	VU	ニューヘブリッド
CG	コンゴ共和国	IT	イタリア	NL	オランダ	YU	ユーゴスラヴィア
CH	スイス	JP	日本	NO	ノルウェー	ZW	ジンバブエ
CI	コートジボワール	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド		
CM	カメルーン	KG	キルギス	PL	ポーランド		
CN	中国	KP	北朝鮮	PT	ポルトガル		
CU	キューバ	KR	韓国	RO	ルーマニア		
CY	キプロス	KZ	カザフスタン	RU	ロシア		
CZ	チェコ	LC	セントルシア	SD	スーダン		
DE	ドイツ	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン		
DK	デンマーク	LK	スリランカ	SG	シンガポール		
EE	エストニア	LR	リベリア	SI	スロヴェニア		
ES	スペイン	LS	レソト	SK	スロバキア		
				SL	シエラレオネ		

明 細 書

発明の名称 系列推定方法

技術分野

- 5 この発明は自動車電話等をはじめとするデジタルデータ伝送において、受信信号と伝送路の特性を基に、送信信号系列を受信側で推定する系列推定方法に関するものである。

背景技術

- 10 この発明に関する技術的背景について説明する。

従来技術 1 .

- 通常、デジタルデータ伝送においては、伝送路の状態や雑音等によって送信側からの送信信号をそのまま受信側で受信することはできず、送信信号が伝送路の状態、雑音等によって変換された形で
15 受信することになる。

伝送路上での信号の変換を示すモデルを図 1 6 に示す。図 1 6 に示すように、伝送路上では信号に遅延が生じるとともに、雑音が付加されることになる。したがって、送信信号を x_k とすると、受信信号 r_k は次のように表現される。

20
$$r_k = \sum_{i=0}^L c_i x_{k-i} + w_k \cdots \cdots \text{式 (1)}$$

ここで、 L は送信信号に遅延を生じさせる伝送路のメモリ長を示し、 c_i はタップ係数、 w_k は雑音成分を示している。タップ係数、雑音成分は伝送路の特性によって決まる値である。

- 受信機では、受信信号 r_k を受信することになるが、この受信信号 r_k とタップ係数 c_i とから、送信信号を推定する。
25

受信機（系列推定装置）においては、送信信号の候補と既知のタ

ップ係数とを畳込むことにより、受信信号の推定値（以下、レプリカと記す）を以下のようにして算出する。

$$\hat{r}_k = \sum_{i=0}^L c_i \hat{x}_{k-i} \cdots \cdots \text{式 (2)}$$

5 更に、受信機（系列推定装置）は、実際の受信信号と式（2）により算出した受信信号の推定値（レプリカ）との誤差電力を以下の式（3）を用いて算出する。

$$\sum_k |e_k|^2 = \sum_k |r_k - \hat{r}_k|^2 \cdots \cdots \text{式 (3)}$$

10 受信機（系列推定装置）は、式（3）によって得られる誤差電力が最も小さくなるような送信信号の候補を探し、この候補を送信信号と推定する。

15 具体的に、伝送路のメモリ長を $L = 2$ とした場合の、系列推定の処理について説明する。図 17 に、伝送路のメモリ長 $L = 2$ の場合に最適な系列推定装置のモデルを示す。系列推定装置は、伝送路の伝送路モデルと同様のモデルを再現するよう構成される。但し、図 17 の系列推定装置では、伝送路の伝送路モデルの内、雑音を付加するための付加手段は構成されていない。

20 具体的には、系列推定装置は、伝送路のメモリ長と同じメモリ長を有し、送信信号の推定値が入力されるメモリと、メモリから出力される送信信号の推定値に所定のタップ係数をかける乗算手段と、乗算手段によって乗算された値をたし合わせることにより受信信号の推定値（レプリカ）を算出する加算手段と、加算手段から出力される受信信号の推定値（レプリカ）と実際の受信信号の差分を取る差分算出手段と、差分算出手段から出力された値の二乗和を取る二乗和算出手段とから構成されている。尚、乗算手段に設定される所定のタップ係数は、伝送路の特性から得られるタップ係数と同じものである。

25

以上の系列推定装置により、最尤判定を行う方法を説明する。

まず、送信系列長 N の送信信号の候補を得る。

そして、この送信信号の候補を系列推定装置のメモリに入力し、乗算手段はメモリから出力される各信号にタップ係数 c_1 、 c_2 を乗算し、メモリを介さずに出力される信号にタップ係数 c_0 を乗算する。

加算手段は、乗算手段によって乗算された値をすべて加算することにより、受信信号の推定値（レプリカ）を得る。

差分算出手段では、実際に受信した受信信号と加算手段により得られた受信信号の推定値（レプリカ）の差分をとる。

そして、二乗和算出手段は、差分算出手段から出力される差分値を二乗和する。二乗和算出手段は、受信信号と受信信号の推定値（レプリカ）の差の 2 乗和をすべての信号系列に渡って加算することにより二乗和を得る。

この送信信号の候補は、送信系列長を N とすると 2 の N 乗個存在するが、すべての候補について上記処理を行う。

最尤判定器は、二乗和算出手段によって得られる二乗和が最小となるときの送信信号の候補を送信信号と推定する。

従来の技術 2 .

以上のような最尤判定の場合には、演算量が送信系列長 N のべき乗に比例して増加する。そこで、ビタビアルゴリズムという手法を導入した最尤判定が採用されている。ビタビアルゴリズムに関しては、G. D. Forney, Jr. 著の "The Viterbi algorithm", Proc. IEEE, Vol. 61, No. 3, pp. 268-278 (March 1973) に詳しく説明されている。

図 18 の伝送路モデルの場合には、現在の時刻 k の送信データと

これに遡ること 2 時刻前までの送信データが分かれば時刻 k での誤差電力を算出することができる。

5 ビタビアルゴリズムを用いた最尤判定では、図 19 のように 2 時刻に渡るデータの組み合わせから、データの遷移情報を示した図(以下、トレリス図と記す)を用いる。

このトレリス図 19 は、次の特性を考慮して 2 時刻に渡るデータの組み合わせを線で結んだものである。

10 その特性とは、例えばある時刻におけるメモリに格納された信号の状態 00 であるとする、次の時刻では状態 10 若しくは状態 00 のいずれかに遷移するが、状態 01 や状態 11 に遷移することはないというこあとである。これは、000 なるシフトレジスタを 1 時刻シフトした場合に、000 か 100 しか得られないことに起因する。

15 したがって、2 時刻に渡るデータの組み合わせを線で結ぶ際には、状態 00 と状態 10 間、状態 00 と状態 00 間に線を結ぶこととする。状態 00 と状態 01 間、状態 00 と状態 11 間には線は結ばない。

20 このように遷移の特性を考慮したトレリス図を作成する。図 19 において、線が結ばれているのは遷移が有り得ることを示しており、線が結ばれていないのは遷移が起り得ないことを示している。尚、以降では、状態の遷移を示す線を枝と呼ぶ。また、トレリス図 19 には、実線と点線とが記載されているが、実線は信号 0 が入力されて状態が遷移したことを示し、点線は信号 1 が入力されて状態が遷移したことを示している。

25 図 19 のトレリス図のように 2 時刻に渡るデータの組み合わせを線で結ぶと、3 時刻に渡るデータの組み合わせが決定でき、これを

利用して誤差電力を求めることができる。

次に、図 19 に示したトレリス図を用いたビタビアルゴリズムの処理内容を詳細に説明する。

まず、ビタビアルゴリズムでは状態数はどのように決定されるかという、伝送路メモリ長を L とすると 2 の L 乗通りとなる。つまり、伝送路メモリ長 L のべき乗に比例して状態数が増加する。そして、この状態数に応じて演算量が増加する。

しかし、従来例 1 においては全ての送信信号の候補について探索しなければならなかったのに対して、ビタビアルゴリズムを適用することにより処理数を削減することが可能である。

図 20 に、ビタビアルゴリズムの各時刻における処理手順を示す。

以降の説明において、各時刻 k における状態 xx を $s[k, xx]$ と記載し、時刻 k_1 の時状態 xx であり、時刻 k_2 において状態 oo に遷移する経路を $s[k_1, xx] / s[k_2, oo]$ と記載する。

(1) まず、各枝 (図 19 における線分) に対する 2 乗誤差を計算する。

この各枝に対する 2 乗誤差を枝メトリックと記す。

例えば、状態 $s[0,00]$ と状態 $s[1,00]$ を結ぶ枝の場合、この枝は 3 時刻に渡るデータが 000 であること示しているのでこのデータのそれぞれに対してタップ係数を掛けて実際の受信信号との差分を取り、2 乗することにより 2 乗誤差を算出する。

このような方法により、全ての枝についての 2 乗誤差を算出する。

(2) 次に、ある時刻における状態 (図 19 における 00, 10, 01, 11) に至るまでの状態の遷移を示すパスを抽出する。そして、抽出したパスを構成する枝の枝メトリックを累積加算することによりパスメトリックを算出する。尚、パスメトリックの算出は、

すべての状態のすべてのパスについて行う。

例えば、 $s[2,00]$ に至るまでのパスとしては、パス $s[0,00] / s[1,00] / s[2,00]$ と、パス $s[0,11] / s[1,01] / s[2,00]$ の2つのパスが存在する。そして、この2つのパスについてパスメ
5 トリックを算出する。

(3) 各状態に対して抽出された複数のパスのパスメトリック同士を比較する。この比較は、すべての状態に対して行う。

(4) 比較の結果、パスメトリックの最も小さいパスを最も確か
らしいパスとして、パスおよびそのパスメトリックを記憶する。尚、
10 このパス及びパスメトリックの記憶は各状態毎に行う。

比較の結果、パスメトリックが最も小さいパスは、生き残りパス
と呼び、この生き残りパスのパスメトリックを生き残りパスメトリ
ックと呼ぶ。

例えば、状態 $s[2,00]$ に至るパスの内、パス $s[0,00] / s[1,00] / s[2,00]$ のパスメトリックと、パス $s[0,11] / s[1,01] / s[2,00]$ のパスメトリックとを比較し、小さい方のパスが生き残りパスとな
15 る。

(5) ビタビアルゴリズムにおいては、ある状態に至る複数のパスの中から最終的に1つの生き残りパスを選択する。

20 以上の処理を各時刻毎に行うものがビタビアルゴリズムである。

図19のトレリス図を用いて、ビタビアルゴリズムを行った結果を
図21に示す。図21は、最終的に得られた生き残りパスを示す
図である。

そして、上記処理を1フレーム分行った最終時刻での生き残りパス
25 の中から最もパスメトリックの小さいパスを最終パスとして選択
する。図21では太い実線および太い点線で示したパスが最終パス

である。

最終パスから得られる信号列を送信信号として推定する。

以上説明したビタビアルゴリズムを用いた最尤判定が、G.D. Forney, Jr. 著の "Maximum-likelihood sequence estimation of digital sequences in the presence of intersymbol interference", IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. IT-18, No. 3, pp. 363-378 (May 5 1972)に述べられた、Maximum-Likelihood Sequence Estimation (MLSE: 最尤系列推定) と呼ばれるものである。

このMLSEでは、ビタビアルゴリズムの状態数は、伝送路メモリ長をLとすると、2のL乗となる。このように、状態遷移を示す枝から一意的に伝送路メモリの値を埋める手法がMLSEである。図12にL=5の場合の伝送路モデルを示す。このモデルに対してMLSEを適用する場合には、状態数は2の5乗、即ち32となる。従来技術3。

15 上記MLSEは、従来技術1. に比べては処理数は削減できるものの、伝送路メモリ長Lのべき乗で状態数が増加することになり、依然として処理量が膨大である。

この問題を解決しようとしたものが、A. Duel-Hallen 他著の "Delayed decision-feedback sequence estimation", IEEE Trans. 20 Commun., vol. COM-37, 5, pp. 428-436, May 1989 に示された Decision-Feedback Sequence Estimation (DFSE) という手法である。

このDFSEという手法は、前述のMLSEの処理を一部変えたものである。

25 DFSEとMLSEの動作の相違に関して図15を用いて簡単に説明する。図15における伝送路メモリは5であるため、総ての候

補を埋めるには、5つのメモリにより状態を作成する必要がある。
この場合MLSEでは状態数が32となる。

5 一方、DFSEの場合は、伝送路メモリは5であるが、状態作成
のためのメモリとして2つのメモリに着目する。しかし、2つのメ
モリにより状態を作成した場合は、伝送路のメモリを埋めるには後
半の3シンボル分のデータが足りない。そこで、時刻 $k-1$ の状態
に繋がる生き残りパスを利用し、生き残りパスから得られる値を後
半の3シンボル分のデータとして用いる。

10 このようなDFSEを適用することにより、状態数を32から4
に減らすことができる。

次に、DFSEの処理を図20に基づいて具体的に説明する。図
20は、DFSEの各時刻における処理内容を一般化して示したも
のである。

15 <時刻 $k=1\sim 3$ までの処理>

まず、 k が負の場合のデータは既知であるとし、 $k=0$ ではすべ
ての状態が存在しているものとして以下説明する。

20 トレリス図19から分かるように、 $s[1,00]$ に至るには $s[0,00]$
/ $s[1,00]$ 又は $s[0,01]$ / $s[1,00]$ のパスがある。これらのパ
スマトリックを算出して、当該パスマトリック同士を比較する。そし
て、パスマトリックの小さいものを生き残りパスとして選択する。
ここでは、 $s[0,00]$ / $s[1,00]$ のパスが生き残りパスとして選択
されたものとする。

25 同様に、 $s[1,10]$ 、 $s[1,01]$ 、 $s[1,11]$ の各状態に至るまでの
生き残りパスを1つずつ決定する。

同様の処理を行うことにより、時刻 $k=2$ 、 $k=3$ についても各状

態に至るまでの生き残りパスを決定する。

このような処理を経て、時刻 $k=3$ までには、図 2 に示す生き残りパスが得られる。また、 $k=3$ までの生き残りパスのパスメトリックを記憶する。

5 <時刻 $k=4$ での処理>

(枝メトリックの算出処理：BMG-I)

状態 $s[4,00]$ となるためには、状態 $s[3,00]$ 又は状態 $s[3,01]$ であればよい。従って、状態 $s[4,00]$ となるためのパスとしては、
10 $s[0,01] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s[4,00]$ なるパス
と、 $s[0,01] / s[1,10] / s[2,11] / s[3,01] / s[4,00]$ なる
パスの 2 つのパスが存在する。

このパス $s[0,01] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s[4,00]$
からは時刻 $k=4$ で「000101」の送信系列の候補が得られ、パス s
15 $[0,01] / s[1,10] / s[2,11] / s[3,01] / s[4,00]$ からは時
刻 $k=4$ で「001101」の送信系列の候補が得られる。この値から、
 $k=4$ での枝メトリックを算出する。

(パスメトリックの算出処理：ADD-I)

そして、状態 $s[4,00]$ に至る上記パスについてのパスメトリック
を算出する。

20 パスメトリックは、過去において算出して記憶しておいた $k=3$
までのパスメトリックに、新たに算出した $k=4$ での枝メトリック
を加算することによって得られる。即ち、パス $s[0,01] / s[1,10]$
 $/ s[2,01] / s[3,00] / s[4,00]$ の場合は、状態 $s[3,00]$ に対
するパスメトリックに枝メトリックを加算し、パス $s[0,01] / s$
25 $[1,10] / s[2,11] / s[3,01] / s[4,00]$ の場合は、状態 $s[3,01]$
に対するパスメトリックに枝メトリックを加算する。

同様の処理を状態 $s[4,10]$ 、状態 $s[4,01]$ 、状態 $s[4,11]$ に
5 ついても行う。

(パスメトリックの比較処理：CMP-I)

次に、ADD-Iにおいて算出した状態 $s[4,00]$ に至る2つの
パスのパスメトリック同士を比較する。即ち、パス $s[0,01] / s$
10 $[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s[4,00]$ のパスメトリックと、
パス $s[0,01] / s[1,10] / s[2,11] / s[3,01] / s[4,00]$ の
パスメトリックとを比較する。パスメトリックの比較は、選択した
パスメトリック同士の差(メトリック差)をとることにより行う。

(選択処理：SEL)

そして、パス $s[0,01] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s$
15 $[4,00]$ のパスメトリックと、パス $s[0,01] / s[1,10] / s[2,11]$
 $/ s[3,01] / s[4,00]$ のパスメトリックの内、パスメトリックが
小さい方のパスを $s[4,00]$ に至る生き残りパスとして選択する。

以上のCMP-I、およびSELの処理を、各状態 $s[4,10]$ 、 s
20 $[4,01]$ 、 $s[4,11]$ についても行う。

このような処理を $k=5$ 以降の各時刻ごとに行う。1フレーム分
上記処理を行い、最終時刻の各状態に対して得られた生き残りパス
のパスメトリック同士を比較して、最もパスメトリックの小さいパ
スを選択する。この選択されたパスが最終パスである。

この最終パスから送信系列を抽出し、得られた送信系列を送信側
25 が送信した送信系列として推定する。

図22は、図20に示したビタビアルゴリズムを行う系列推定装

置のブロック図である。

図 2 2 において、1 B は枝メトリック算出部であり、2 B は枝メトリック算出部 1 B の出力側に設けられたパスメトリック算出部であり、4 B はパスメトリック算出部 2 B の出力側に設けられた比較
5 選択処理部である。

5 は比較選択処理部 4 B の出力側およびパスメトリック算出部 2 B の入力側に設けられたパスメトリックメモリであり、6 は枝メトリック算出部 1 B、比較選択処理部 4 B に接続された生き残りパスメモリである。

10 7 は受信信号入力端子であり、この端子から受信信号が入力される。8 は伝送路特性入力端子であり、この端子から伝送路の特性、例えば上述の実施例で示したタップ係数等が入力される。9 は生き残りパスメモリ 6 において記憶している生き残りパスを出力する出力線である。

15 次に、この系列推定装置の動作について図 2 0 の処理内容と対応させて説明する。枝メトリック算出部 1 B は、図 2 0 に示す B M G - I を行う。

そして、パスメトリック算出部 2 B は、枝メトリック算出部 1 B によって算出された枝メトリックを入力し、図 2 0 に示す A D D -
20 I を行う。

比較選択処理部 4 B は、パスメトリック算出部 B によって算出された複数のパスメトリックを入力し、C M P - I , S E L を行う。

さらに、比較選択処理部 4 A による S E L の処理において、得られた生き残りパスを生き残りパスメモリ 6 に記憶させる。また、生き残りパスのパスメトリックもパスメトリックメモリ 5 に記憶させる。
25

以上説明した D F S E はメモリ L の内、2 つのメモリの状態しか注目していないため明らかに最尤ではない。従って、M L S E に対して特性の劣化が生じる。例えば、図 1 4 (b) における非最小位相条件においては、D F S E で注目しているメモリの信号成分が他のメモリに相当する信号成分よりも大幅に減少しているため、生き残りパスの選択に誤りが生じる。そして、一旦生き残りパスの選択に誤りが生じると、この誤りが連続する「誤り伝搬」という現象が生じ大幅な特性の劣化が生じるという問題があった。

一方、M L S E は特性上は理想的ではあるが、演算量が多すぎるため実用的でないという問題があった。

発明の開示

この発明は、演算量を少なくしつつより正確な送信系列の推定を行うことを目的としている。

この発明における系列推定方法は、第 1 の時刻におけるデータの組合わせ状態が第 2 の時刻に至るまでにどのように遷移していくのかを示す複数のパスの中から、上記第 2 の時刻における複数個のデータの組合わせ状態のそれぞれに対応する生き残りパスを選択するビタビアルゴリズムを用い、受信信号と伝送路の特性とに基づき送信側から送信された送信信号系列を推定する系列推定方法において、第 1 の時刻の状態から第 2 の時刻の状態に至るパスのパスメトリックを算出する第 1 のパスメトリック算出ステップと、上記第 1 の時刻の状態から第 2 の時刻の状態に至るパスの経路の一部を変更した変更パスを導出する変更パス導出ステップと、上記変更パス導出ステップにおいて導出された変更パスのパスメトリックを算出する第 2 のパスメトリック算出ステップと、上記第 1 のパスメトリック算

出ステップにおける算出結果および上記第2のパスメトリック算出ステップにおける算出結果を基に上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスの経路を訂正する経路訂正ステップと、上記経路訂正ステップにおいて訂正された経路を通り、上記第1の時刻

5 の状態から上記第2の時刻の状態に至る複数のパスの中から上記第2の時刻の状態に至る生き残りパスを決定する生き残りパス決定ステップと、上記第2の時刻における複数のデータの組合わせ状態の各々について上記第1のパスメトリック算出ステップと、上記変更パス導出ステップと、上記第2のパスメトリック算出ステップと、

10 上記経路訂正ステップと、上記生き残りパス決定ステップとを行った後、上記第2の時刻における複数のデータの組合わせそれぞれに対して決定された生き残りパスの中から、当該生き残りパスのパスメトリックに基づいて最終パスを選択する最終パス選択ステップと、上記最終パス選択ステップにおいて選択した最終パスから得られる信号系列を送信信号系列として推定する推定ステップとを有するものである。

また、上記変更パス導出ステップは、伝送路特性に応じて上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスの経路の一部を変更するものである。

20 さらに、上記変更パス導出ステップは、上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスを構成する枝の内、上記第2の時刻に対して特定時刻過去の枝を変更するものである。

さらにまた、上記特定時刻は、受信信号への影響度に応じて決定するものである。

25 また、上記変更パス導出ステップは、上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスを構成する枝の内、複数の枝を変更す

るものである。

さらに、上記生き残りパス決定ステップは、上記経路訂正ステップにおいて訂正された経路を通り、上記第1の時刻の状態から上記第2の時刻の状態に至る複数のパスのパスメトリックを基に、上記
5 第2の時刻の状態に至る生き残りパスを決定するものである。

さらにまた、上記経路訂正ステップにおいて訂正された経路を通り、上記第1の時刻の状態から上記第2の時刻の状態に至る複数のパスのパスメトリック同士の差分を取るパスメトリック差算出ステップを有し、上記第2のパスメトリック算出ステップは、上記パス
10 メトリック差算出ステップにおいて過去に算出したパスメトリック差と、上記第1のパスメトリック算出ステップにおいて算出した第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスのパスメトリックとから上記変更パスのパスメトリックを算出するものである。

また、上記生き残り決定ステップの決定結果を基に、上記第1パス
15 メトリック算出ステップと、上記変更パス導出ステップと、上記第2のパスメトリック算出ステップと、上記経路訂正ステップと、上記生き残りパス決定ステップとを再度実行し、上記最終パス選択ステップは、再度実行した結果得られた生き残りパスの中から最終パスを選択するものである。

この発明における系列推定装置は、第1の時刻におけるデータの
20 組合わせ状態が第2の時刻に至るまでにどのように遷移していくのかを示す複数のパスの中から、上記第2の時刻における複数個のデータの組合わせ状態のそれぞれに対応する生き残りパスを選択するビタビアルゴリズムを用い、受信信号と伝送路の特性とに基づき送信側から送信された送信信号系列を推定する系列推定装置において、
25 第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスのパスメトリック

ク及び上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスの経路の一部を変更した変更パスのパスメトリックを算出するパスメトリック算出手段と、上記パスメトリック算出手段による算出結果を基に上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスの経路を訂正する経路訂正手段と、上記経路訂正手段において訂正された経路を通り、上記第1の時刻の状態から上記第2の時刻の状態に至る複数のパスの中から上記第2の時刻の状態に至る生き残りパスを決定する生き残りパス決定手段と、上記生き残りパス決定手段により上記第2の時刻における複数のデータの組合わせそれぞれに対して決定された生き残りパスの中から、当該生き残りパスのパスメトリックに基づいて最終パスを選択する最終パス選択手段と、上記最終パス選択手段において選択した最終パスから得られる信号系列を送信信号系列として推定する推定手段とを有するものである。

15 図面の簡単な説明

第1図は、実施例1における系列推定方法の処理手順を示すフローチャートである。

第2図は、時刻 $k=3$ における生き残りパスを示す図である。

第3図は、時刻 $k=4$ の各状態に対して作成された通常パスおよび変更パスを示す図である。

第4図は、時刻 $k=4$ における生き残りパスを示す図である。

第5図は、時刻 $k=5$ の状態00に至る通常のパスおよび変更パスを示す図である。

第6図は、時刻 $k=6$ における生き残りパスを示す図である。

第7図は、送信系列の推定処理の手順を示すフローチャートである。

第8図は、実施例1における系列推定方法と従来例の系列推定方法との性能を示すシミュレーション結果である。

第9図は、実施例2における系列推定装置のブロック図である。

5 第10図は、実施例3における系列推定方法の処理手順を示すフローチャートである。

第11図は、繰り返し回数とビット誤り率との関係を示すシミュレーション結果である。

第12図は、6タップの伝送路モデルを示す図である。

10 第13図は、実施例1における系列推定方法を適用する4タップの伝送路モデルを示す図である。

第14図は、4タップのタップ係数を示す電力分布図である。

第15図は、MLSEとDFSEの処理内容との相違を簡潔に示す図である。

第16図は、伝送路と系列推定のモデルを示す図である。

15 第17図は、最尤判定のモデルを示す図である。

第18図は、3タップの伝送路モデルを示す図である。

第19図は、トレリス図である。

第20図は、従来の系列推定方法の手順を示すフローチャートである。

20 第21図は、従来の系列推定方法によって得られる最終パスを示す図である。

第22図は、従来の系列推定装置のブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

25 この発明の実施例を以下に説明する。

実施例1.

図1に、時刻kにおける本発明のフローを示す。なお、従来例との相違点を明らかにするために、新規に追加した処理を太線で囲んでいる。

本発明と従来例の主な相違点は次の通りである。

- 5
- ・通常の枝/パスメトリックの他に、特定時刻だけ先行した生き残りパスを変更した場合の枝メトリックおよびパスメトリックを算出する。
 - ・生き残りパスを変更した場合としていない場合のパスメトリックを比較して、生き残りパスを訂正するか否かを決定する。加えて、
- 10
- 訂正結果に従って、比較選択処理に用いるパスメトリックを各枝毎に選択する。
 - ・各状態毎に選択したパスメトリックに対して比較選択処理行う。加えて、メトリック差を記憶する処理を追加する。

これら相違点をより詳細に説明するため、図13の伝送路モデルを用いて、本発明の動作を具体的に説明する。

15

図13の伝送路モデルは、図14(b)に示すようなタップ係数をもつ伝送路に対して適用されるモデルである。即ち、タップ係数 $c_3 \sim c_4$ を有さない伝送路で適用されるモデルである。

特に、この形態では、図14(b)に示す非最小位相条件のようなタップ係数 c_5 の値がその他のタップ係数よりも大きい場合の伝送路モデルについて説明する。このような伝送路モデルは、例えば送信側から直接受信される受信信号の受信電力よりも、反射等を経て所定時間経過後に受信される受信信号の受信電力の方が大きいことを示している。以上のような伝送路モデルで表現される伝送路を

20

25

想定して以降説明する。

次に、この実施例における各時刻の処理手順を具体的に説明する。

<時刻 $k = 1 \sim 3$ までの処理>

まず、時刻 k が負の場合のデータは既知であるとし、時刻 $k = 0$ ではすべての状態が存在しているものとして以下説明する。

- 5 トレリス図 19 から分かるように、 $s[1,00]$ に至るには $s[0,00] / s[1,00]$ 又は $s[0,01] / s[1,00]$ のパスがある。これらのパスメトリックを算出して、得られたパスメトリック同士を比較する。そして、パスメトリックの小さいものを生き残りパスとして選択する。ここでは、 $s[0,00] / s[1,00]$ のパスが生き残りパスとして
- 10 選択されたものとする。

同様に、 $s[1,10]$ 、 $s[1,01]$ 、 $s[1,11]$ の各状態に至るまでの生き残りパスを1つずつ決定する。

同様の処理を行うことにより、時刻 $k = 2$ 、 $k = 3$ についても各状態に至るまでの生き残りパスを決定する。

- 15 このような処理を経て、時刻 $k = 3$ までには、図 2 に示す生き残りパスが得られる。また、時刻 $k = 3$ までの生き残りパスのパスメトリックと、選択されたパスと棄却されたパスのパスメトリックの差（以下、メトリック差と記す）を記憶する。

20 <時刻 $k = 4$ での処理>

以降では、状態 $s[1,10]$ における生き残りパスを $k = 1$ から 3 までの処理において $s[0,01] / s[1,10]$ としてしてしまったのを、 $s[0,00] / s[1,10]$ に訂正する処理を示す。

「状態 $s[4,00]$ に至るまでのパスのパスメトリックの算出」

- 25 (枝メトリックの算出処理：BMG-I)

状態 $s[4,00]$ となるためには、状態 $s[3,00]$ 又は状態 $s[3,01]$

であればよい。従って、状態 $s[4,00]$ となるためのパスとしては、
 図 2 に示す $k = 3$ での生き残りパスにつながる、 $s[0,01] / s[1,10]$
 $/ s[2,01] / s[3,00] / s[4,00]$ なるパスと、 $s[0,01] / s[1,10]$
 $/ s[2,11] / s[3,01] / s[4,00]$ なるパスの 2 つのパスが存在す
 5 る。

このパス $s[0,01] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s[4,00]$
 からは時刻 $k = 4$ で「000101」の送信系列の候補が得られ、パス s
 $[0,01] / s[1,10] / s[2,11] / s[3,01] / s[4,00]$ からは時
 刻 $k = 4$ で「001101」の送信系列の候補が得られる。

10 (変更し枝メトリックの算出および変更パスの導出: BMG-II)

次に、送信系列の候補の内タップ係数 c_5 に相当する値を変更し
 た送信系列を得る。

送信系列の候補の内、タップ係数 c_5 に相当する値を変更するこ
 とにより、「000100」と「001100」とが得られる。この「000100」
 15 は、上述の送信系列「000101」を変更したものであり、「001100」
 は上述の送信系列「001101」を変更したものである。ここでいう変
 更は、送信系列内に位置する特定の値が「0」であったものを「1」に
 すること、又は送信系列内に位置する特定の値が「1」であったもの
 を「0」にすることをいう。

20 変更した送信系列「000100」に相当するパスは $s[0,00] / s[1,10]$
 $/ s[2,01] / s[3,00] / s[4,00]$ であり、変更した送信系列「001100」
 に相当するパスは $s[0,00] / s[1,10] / s[2,11] / s[3,01] /$
 $s[4,00]$ である。このようにして得られたパスを以降では変更パス
 という。この変更パスに対して、変更する前のパスを通常のパスと
 25 いう。

このようにして得られた $s[4,00]$ に至る 4 つのパスを図 3 (a)

に示す。尚、図3において波線は変更によって生じた枝である。図3からわかるように、変更パスは、通常のパスの特定時刻過去の枝を変更したものと見える。

次に、送信系列「000101」と「001101」、変更した送信系列「000100」と「001100」によって枝メトリックを算出する。この枝メトリックの算出方法は、従来の方法と同様の枝メトリック算出手法によって算出することが可能である。

(パスメトリックの算出処理：ADD-I)

そして、通常のパスと変更パスについてのパスメトリックを算出する。

通常のパスのパスメトリックは、過去において算出して記憶しておいた $k=3$ までのパスメトリックに、新たに算出した $k=4$ での枝メトリックを加算することによって得られる。

(変更パスのパスメトリックの算出処理：ADD-II)

また、変更パスのパスメトリックについては、次の要領で算出する。

変更パス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s[4,00]$ は、パス $s[0,01] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s[4,00]$ とは、枝 $s[0,00] / s[1,10]$ と枝 $s[0,01] / s[1,10]$ の部分で異なっている。

そのため、 $s[0,00] / s[1,10]$ のパスメトリックから $s[0,01] / s[1,10]$ のパスメトリックを差し引いた差分（以下、パスメトリック差と記す）を、パス $s[0,01] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s[4,00]$ のパスメトリックにプラスすることによって変更パスのパスメトリックが求められる。ここで用いるパス $s[0,00] / s[1,10]$ とパス $s[0,01] / s[1,10]$ のパスメトリック差としては、棄却さ

れたパスのパスメトリックから生き残りパスのパスメトリックを減算したものであり、この値は時刻 $k = 1$ において算出した際に記憶しておいたものを使用する。

もう一つの変更パス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,11] / s[3,01]$
 5 $/ s[4,00]$ についてもパス $s[0,01] / s[1,10] / s[2,11] / s$
 $[3,01] / s[4,00]$ のパスメトリックを基に同様の処理を行うこと
 によってパスメトリックを算出する。

このように過去において算出したパスメトリック差を記憶しておき、将来の変更パスの算出に用いるようにしているので、変更パス
 10 のパスメトリックを算出するための演算量を少なくすることができる。

以上のような処理を経て、通常のパスと変更パスのパスメトリックが算出できる。この例では、合計4つのパスメトリックが算出されることになる。この4つのパスメトリックは一旦記憶しておく。

15 「状態 $s[4,10]$ に至るまでのパスのパスメトリックの算出」
 (枝メトリックの算出処理: BMG-I、変更した枝メトリックの算出および変更パスの導出処理: BMG-II)

状態 $s[4,10]$ に至るまでのパスの決定についても、上述の処理と同様に行う。

20 状態 $s[4,10]$ となるためには、状態 $s[3,00]$ 又は状態 $s[3,01]$ であればよい。従って、状態 $s[4,10]$ となるためのパスとしては、 $s[0,01] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s[4,10]$ なるパスと、 $s[0,01] / s[1,10] / s[2,11] / s[3,01] / [4,10]$ なるパスの2つのパスが存在する。

25 このパス $s[0,01] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / [4,10]$ からは時刻 $k = 4$ で「100101」の送信系列の候補が得られ、パス s

[0,01] /s [1,10] /s [2,11] /s [3,01] / [4,10] からは時刻 $k=4$ で「101101」の送信系列の候補が得られる。

そして、送信系列の候補の内、タップ係数 c_5 に相当する値を変更することにより、「100100」と「101100」とを得る。

- 5 以上の送信系列「100101」と「101101」、変更した送信系列「100100」と「101100」について枝メトリックを算出する。

さらに、この変更した送信系列に相当する変更パスを作成する。変更パスは、 $s[0,00] /s[1,10] /s[2,01] /s[3,00] /s[4,10]$ なるパスと、 $s[0,00] /s[1,10] /s[2,11] /s[3,01] /s[4,10]$

- 10 なるパスである。

このようにして得られた状態 $s[4,10]$ に至る4つのパスを図3 (b) に示す。

(通常のパスのパスメトリックおよび変更パスのパスメトリックの算出処理: ADD-I, ADD-II)

- 15 そして、状態 $s[4,10]$ に至る通常のパスと変更パスについてのパスメトリックを算出する。パスメトリックの算出方法は、状態 $s[4,00]$ の場合と同様である。

以上のような処理を経て、生き残りパスと変更パスのパスメトリックが算出できる。この例では、合計4つのパスメトリックが算出されることになる。

- 20

「状態 $s[4,01]$ に至るまでのパス及び状態 $s[4,11]$ に至るまでのパスのパスメトリックの算出」

以上と同様の処理により、状態 $s[4,01]$ に至るまでのパスのパスメトリックの算出および、状態 $s[4,11]$ に至るまでのパスのパスメトリックの算出を行う。

- 25

この処理によって、 $s[4,01]$ に至るパスとしては図3 (c) に示

すような4つのパスと、 $s[4,11]$ に至るパスとしては図3(d)に示すような4つのパスが得られる。

(パスの訂正処理: COR)

(a) 最小パスメトリックの選択: COR-I

- 5 次に、各状態ごとに算出された4つのパスメトリックの中から最も値の小さいパスメトリックを選択する。この実施の形態では、状態 $s[4,00]$ に対してはパス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s[4,00]$ が選ばれ、状態 $s[4,10]$ に対してはパス $s[0,01] / s[1,10] / s[2,11] / s[3,01] / s[4,10]$ が選ばれ、状態 $s[4,01]$ に対してはパス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,10] / s[4,01]$ が選ばれ、状態 $s[4,11]$ に対してはパス $s[0,00] / s[1,00] / s[2,10] / s[3,11] / s[4,11]$ が選ばれたものとして以降説明する。
- 10

(b) 対応する状態の導出: COR-II

- 15 これら選ばれたパスを遡っていき、選ばれたパス同士に同じ状態を通るものがないかを確認する。具体的には、次のような処理を行う。

- 選ばれたパスにおいて、状態 $s[4,00]$ に至るパス、状態 $s[4,10]$ に至るパス、状態 $s[4,01]$ に至るパスはいずれも状態 $s[1,10]$ を通るが、状態 $s[1,10]$ に至る経緯を見ると、これらパスの中には $s[0,00] / s[1,10]$ なる枝を持つパスと、 $s[0,01] / s[1,10]$ なる枝を持つパスとがある。
- 20

(c) 生き残りパスの訂正: COR-III

- したがって、これら3つのパスの中から最もパスメトリックの小さいパスを選択し、選択されたパスに合わせて $s[1,10]$ よりも過去の枝を訂正する。その訂正の方法は次のようにして行う。
- 25

状態 $s[4,00]$ に至るパス、状態 $s[4,10]$ に至るパス、状態 $s[4,01]$ に至るパスの内、最もパスメトリックが小さいものが、状態 $s[4,01]$ に至るパスであるとする、 $s[4,01]$ に至るパスでは $s[0,00] / s[1,10]$ なる枝を有している、トレリス図 19 中の $s[1,10]$ 5

(d) 訂正パスに従ったパスメトリックの選択：COR-IV

この時点で、時刻 $k = 1$ における生き残り枝が $s[0,00] / s[1,10]$ と決定する。

そして、一旦保存された $s[4,00]$ に至る 4 つのパスのパスメトリック中から、 $s[0,00] / s[1,10]$ を有するパス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s[4,00]$ のパスメトリックと、パス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,11] / s[3,01] / s[4,00]$ のパスメトリックとを選択する。 10

15 (パスメトリックの比較処理：CMP-I)

次に選択したパス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s[4,00]$ のパスメトリックと、パス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,11] / s[3,01] / s[4,00]$ のパスメトリックとを比較する。パスメトリックの比較は、選択したパスメトリック同士の差(メトリック差)をとることにより行う。 20

(パスメトリック差の記憶処理：CMP-II)

パスメトリックの比較処理において算出したパスメトリックの差(メトリック差)を以降の処理のために記憶する。

25 (選択処理：SEL)

そして、パス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s$

[4,00] のパスメトリックと、パス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,11] / s[3,01] / s[4,00]$ のパスメトリックの内、パスメトリックが小さい方のパスを $s[4,00]$ に至る生き残りパスとして選択する。そして、この選択に従って、これまで記憶していたパスを更新する。

- 5 以上のCMP-I、CMP-II およびSELの処理を、各状態 $s[4,10]$ 、 $s[4,01]$ 、 $s[4,11]$ についても行う。

10 以上の処理を経て、状態 $s[4,00]$ に至るまでの生き残りパスとして $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / [4,00]$ が得られ、状態 $s[4,10]$ に至るまでのパスとして $s[0,00] / s[1,10] / s[2,11] / s[3,01] / [4,10]$ が得られ、状態 $s[4,01]$ に至るまでのパスとして $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,10] / [4,01]$ が得られ、状態 $s[4,11]$ に至るまでのパスとして $s[0,00] / s[1,00] / s[2,10] / s[3,11] / [4,11]$ が得られる。

K=4において得られた生き残りパスを図4に示す。

15

<時刻 $k=5$ での処理>

(枝メトリックの算出: BMG-I, BMG-II 及びパスメトリックの算出処理: ADD-I, ADD-II)

20 時刻 $k=5$ についても、 $k=4$ の場合と同様に枝メトリックの算出処理とパスメトリック算出処理とを経て、各状態に至るまでの通常のパスと変更パスのパスメトリックを算出する。

25 時刻 $k=5$ において、状態 $s[5,00]$ に至るパスとしては、 $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s[4,00] / s[5,00]$ なるパスと、 $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,10] / s[4,01] / s[5,00]$ なるパスが存在する。

そして、これらパスから $s[0,10] / s[1,11] / s[2,01] / s[3,00]$

／ [4,00] ／s [5,00] なる変更パスと、s [0,10] ／s [1,11] ／s [2,01] ／s [3,10] ／s [4,01] ／s [5,00] なる変更パスを得る。尚、変更パスを得るための手順は時刻 $k=4$ の時と同様であるので説明は省略する。

- 5 状態 s [5,00] に至る 4 つのパスは図 5 に示すようになる。
したがって、これら 4 つのパスについてパスメトリックを算出する。

その他の状態についてもそれぞれ 4 つのパスが得られ、これら 4 つのパスについてのパスメトリックを算出する。

- 10 (訂正処理：COR)

(a) 最小パスメトリックの選択：COR-I

各状態ごとに算出された 4 つのパスメトリックの中から最も値の小さいパスメトリックを選択する。

- 15 ここで、この実施例では、状態 s [5,00] に至るまでのパスとして s [0,00] ／s [1,10] ／s [2,01] ／s [3,10] ／s [4,01] ／s [5,00] が選択され、状態 s [5,10] に至るまでのパスとして s [0,10] ／s [1,11] ／s [2,01] ／s [3,10] ／s [4,01] ／s [5,10] が選択されたとする。

- 20 また、状態 s [5,01] に至るまでのパスとして s [0,11] ／s [1,01] ／s [2,10] ／s [3,11] ／s [4,11] ／s [5,01] が選択され、状態 s [5,11] に至るまでのパスとして s [0,00] ／s [1,00] ／s [2,10] ／s [3,11] ／s [4,11] ／s [5,11] が選択されたとする。

(b) 対応する状態の導出：COR-II

- 25 これら選ばれたパスを遡っていき、選ばれたパス同士に同じ状態を通るものがないかを確認する。具体的には、次のような処理を行う。

選ばれたパスの内、状態 $s[5,00]$ に至るパスと状態 $s[5,10]$ に至るパスとは、共に $s[2,01]$ を通るが、 $s[2,01]$ に至る経緯を見ると、一方は $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01]$ を通り、他方は $s[0,10] / s[1,11] / s[2,01]$ を通る。

- 5 また、状態 "01" に至るパスと状態 "11" に至るパスとは、共に $s[2,10]$ を通るが、 $s[2,10]$ に至る経緯を見ると、一方のパスは $s[0,11] / s[1,01] / s[2,10]$ を通り、他方のパスは $s[0,00] / s[1,00] / s[2,10]$ を通る。

(c) 生き残りパスの訂正：COR-III

- 10 状態 "00" に至るパスと、状態 "10" に至るパスの内、パスメトリックの小さいパスを選択する。ここでは、状態 "10" に至るパスのパスメトリックよりも状態 "00" に至るパスのパスメトリックの方が小さいとする。

- 15 この場合には、状態 "00" に至るパスに合わせて、状態 "10" に至るパスについても $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01]$ を通るようにパスを訂正する。尚、状態 "00" に至るパスについては、訂正されない。

- 20 また、状態 "01" に至るパスは、状態 "11" に至るパスに合わせて、 $s[0,00] / s[1,00] / s[2,10]$ を通るように訂正される。状態 "11" に至るパスについては、訂正されない。尚、ここでは状態 "11" に至るパスのパスメトリックが状態 "01" に至るパスのパスメトリックよりも小さいとしている。

(d) 訂正結果に従ったパスメトリックの選択：COR-IV

- 25 生き残りパスの訂正処理によって、状態 "10" に至るパスと、状態 "01" に至るパスは訂正されたので、これらパスについては、訂正に従ったパスのパスメトリックを選択する。

そして、一旦保存された $s[5,10]$ に至る 4 つのパスのパスメトリック中から、 $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01]$ を有するパス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,10] / s[4,01] / s[5,10]$ のパスメトリックと、パス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s[4,00] / s[5,10]$ のパスメトリックとを選択する。

また、状態 "01" に至るパスについては、一旦保存された $s[5,01]$ に至る 4 つのパスのパスメトリック中から、 $s[0,00] / s[1,00] / s[2,10]$ を有するパス $s[0,00] / s[1,00] / s[2,10] / s[3,01] / s[4,11] / s[5,01]$ のパスメトリックを選択する。

10

(比較処理: CMP - I および記憶処理: CMP - II)

次に、選択したパス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,10] / s[4,01] / s[5,10]$ のパスメトリックと、パス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s[4,00] / s[5,10]$ のパスメトリックとを比較する。また、この比較に際して算出したパスメトリックの差分を記憶しておく。

15

状態 "01" に至るパスについては、 $s[0,00] / s[1,00] / s[2,10]$ を有するパスはパス $s[0,00] / s[1,00] / s[2,10] / s[3,01] / s[4,11] / s[5,01]$ のみであるので比較は不要である。

20

(選択処理: SEL)

そして、パス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,10] / s[4,01] / s[5,10]$ のパスメトリックと、パス $s[0,00] / s[1,10] / s[2,01] / s[3,00] / s[4,00] / s[5,10]$ のパスメトリックの内、パスメトリックが小さい方のパスを $s[5,10]$ に至る生き残りパスとして選択する。

25

以上のCMP-I, CMP-IIおよびSELの処理を、各状態 s
[5,00]、 s [5,01]、 s [5,11]についても行う。正し、パスの訂
正がなかった状態"00"に至るパスや状態"11"に至るパスについ
ては、特に比較及び選択処理の必要はなく、最小パスメトリックの
5 選択処理において最もパスメトリックが小さいとして選択したパス
を生き残りパスとして決定する。

このようにして決定された生き残りパスを図6に示す。

<時刻 $k=6$ 以降の処理>

10 時刻 $k=6$ 以降も $k=5$ における処理と同様の処理を行うことによ
って、各状態に至るまでの生き残りパスを決定する。

各時刻において以上のような処理を行う。各時刻における処理を
一般化して示したのが図1である。各時刻における処理と図1に示
15 した処理の内容とが対応する。

<送信系列の推定処理>

1 フレーム分終了するまで図1に示す処理を行い、最終時刻の各
状態に対して得られた生き残りパスのパスメトリック同士を比較し
て、最もパスメトリックの小さいパスを選択する。この選択された
20 パスが最終パスである。

この最終パスから送信系列を抽出し、得られた送信系列を送信側
が送信した送信系列として推定する。

このような送信系列の推定処理の流れを図7に示している。

25 以上の処理を行うことによって、受信側で送信側が送信した送信
系列を推定することが可能となる。

この実施例の処理を採用した場合のシミュレーション結果を図8に示す。

図8の△は、この実施例の処理を行うことによって送信系列を推定した場合のビット誤り率を示し、□は従来のDFSEによって送信系列を推定した場合のビット誤り率を示している。また、○は従来のMLSEによって送信系列を推定した場合のビット誤り率を示している。

図8において、縦軸はビット誤り率であり、横軸は平均 E_b/N_0 比である。平均 E_b/N_0 比とは、1ビット当りの信号エネルギーの平均値と雑音電力密度の比を示している。

このシミュレーションでは、図12と同様の伝送路モデルであり、且つ各タップ係数の電力が同一でレイリー分布するフェージング伝送路を条件としている。また、メモリLにおける状態数を従来例のDFSEは4状態とし、従来例のMLSEは32状態とし、この実施例は4状態として処理を行っている。

図8に示すシミュレーション結果からわかるように、この実施例の処理を行うことによって、ビット誤り率を従来例のDFSEよりも大きく低減することが可能となる。

また、演算量について検討してみると、従来例のDFSEの演算量を1とすると、従来例のMLSEの演算量は8となり、この実施例の演算量は2となり、演算量を従来例のMLSEよりも大きく低減することができる。

以上のことから、この実施例における処理は、演算量を少なくしつつより正確な送信系列の推定を行うことができることがわかる。このように正確な送信系列の推定を行うことができるのは、生き残りパスのみならず、変更パスについてもパスメトリックの算出を行

い比較選択を行い、パスを訂正するためである。このパスの訂正処理を行うことによって、過去の時刻で間違っただパスを選択していても正しいパスに訂正でき、信頼性の高い推定を行うことができる。

5 尚、この実施例ではタップ係数 c_5 の影響が大きい伝送路モデルを採用しているが、その他の伝送路モデルについても適用することが可能である。また尚、この実施例ではタップ係数 c_5 の影響が大きい伝送路モデルを採用したため、送信系列の内タップ係数 c_5 に対応する値を変更するようにしているが、その他のタップ係数の影響が大きい場合には、その影響の大きいタップ係数に応じて変更する位置を変える必要がある。

10 また尚、本明細書において伝送路とは、有線伝送路、無線伝送路のいずれをも含む。

尚、この実施例では、1フレーム処理してから推定送信系列を抽出する「トレースバック」形を例にして説明している。これ以外に送信系列の推定処理としては、「メモリイクスチェンジ」という方法があり、「メモリイクスチェンジ」という方法を用いて送信系列を推定することも可能である。また、その他の方法によって系列推定の処理を行うようにしてもよい。この点、以降の実施の形態についても同様である。

20 請求項における推定ステップは、これら「トレースバック」という方法、「メモリイクスチェンジ」という方法等を含む。

実施例 2 .

この実施例は、先の実施例における処理を行う系列推定装置を示す。

25

図 9 は、先の実施例における処理を行う系列推定装置のブロック

図である。

図において、1 Aは枝メトリック算出部であり、2 Aは枝メトリック算出部1 Aの出力側に設けられたパスメトリック算出部であり、3はパスメトリック算出部2 Aの出力側に設けられた生き残りパス訂正部である。4 Aは、生き残りパス訂正部3の出力側に設けられた比較選択処理部であり、5は比較選択処理部4 Aの出力側およびパスメトリック算出部2 Aの入力側に設けられたメモリであり、このメモリ5はパスメトリックを記憶するメモリおよびメトリック差を記憶するメモリとして機能する。図では、メモリ5をパスメトリックメモリ・メトリック差メモリと記載している。

6は、枝メトリック算出部1 A、パスメトリック算出部2 A、生き残りパス訂正部3および比較選択処理部4 Aに接続された生き残りパスメモリである。

7は、受信信号入力端子であり、この端子から受信信号が入力される。8は、伝送路特性入力端子であり、この端子から伝送路の特性、例えば上述の実施例で示したタップ係数等が入力される。9は、生き残りパスメモリ6において記憶している生き残りパスを出力する出力線である。

10は、パスメトリックメモリ・メトリック差メモリ5および生き残りパスメモリ6の出力側に設けられた最終パス決定部である。

11は、最終パス決定部10の出力側に設けられた推定送信系列抽出部である。

次に、この系列推定装置の動作について図1の処理内容と対応させて説明する。枝メトリック算出部1 Aは、図1に示すBMG-I、BMG-IIを行う。このとき、送信系列のどの部分の値を変更する

かは、伝送路特性入力端子 8 から入力される伝送路の特性に応じて決定する。例えば、実施例 1 のようにタップ係数 c_5 の影響が大きい伝送路の場合には、送信系列の内タップ係数 c_5 に対応する値を変更するようにする。

- 5 そして、パスメトリック算出部 2 A は、枝メトリック算出部 1 A によって算出された枝メトリックを入力し、図 1 に示す ADD-I, ADD-II を行う。また、パスメトリック算出部 2 A は、ADD-I, ADD-II において変更パスのパスメトリックを算出する際には、パスメトリックメモリ・メトリック差メモリ 5 に記憶しておいたメトリック差と生き残りパスメモリ 6 に記憶しておいた生き残り
- 10 パスとを読み込み、変更パスのパスメトリックを算出する。

- 生き残りパス訂正部 3 は、パスメトリック算出部 2 A によって算出した通常のパスのパスメトリックと変更パスのパスメトリックを入力し、図 1 に示す COR-I, COR-II, COR-III, COR-IV を行う。生き残りパス訂正部 3 は、パスを訂正した場合には、
- 15 訂正後のパスを生き残りパスメモリ 6 に記憶する。

- 比較選択処理部 4 A は、生き残りパス訂正部 3 によって選択された複数のパスメトリックを入力し、COM-I, COM-II, SEL を行う。COM-II の処理において、比較選択処理部 4 A は、メ
- 20 トリック差をパスメトリックメモリ・メトリック差メモリ 5 に記憶させる。さらに、比較選択処理部 4 A による COM-II の処理において、得られた生き残りパスを生き残りパスメモリ 6 に記憶させる。また、生き残りパスのパスメトリックもパスメトリックメモリ・メ
- トリック差メモリ 5 に記憶させる。

- 25 以上の処理部は、1 フレーム分終了するまで各時刻について図 1 に示す処理を行う。

1 フレーム分の処理が終了すると、最終パス決定部 10 が最終時刻の各状態に対して得られた生き残りパスのパスメトリックをパスメトリックメモリ・メトリック差メモリ 5 から入力し、かつ生き残りパスメモリ 6 から各状態に対して得られた生き残りパスを入力する。

最終パス決定部 10 が、入力した生き残りパスの中から最もパスメトリックの小さいパスを選択することにより最終パスとする。

推定送信系列抽出部 11 は、最終パス決定部 10 によって決定した最終パスから送信系列を抽出し、得られた送信系列を送信側が送信した送信系列として推定する。

この実施例における系列推定装置は、以上のような処理を行うことにより演算量を少なくしつつより正確な送信系列の推定を行うことができる。このように正確な送信系列の推定を行うことができるのは、生き残りパスのみならず、変更パスについてもパスメトリックの算出を行いパスメトリックの算出結果によってパスを訂正するためである。このパスの訂正処理を行うことにより、過去の時刻で間違ったパスを選択していても正しいパスに訂正でき、信頼性の高い推定を行うことができる。

尚、この実施例では、送信系列の推定処理を行う回路構成として、最終パス決定部 10 及び推定送信系列抽出部 11 を示している。これら構成により、1 フレーム処理してから推定送信系列を抽出する方法を「トレースバック」形という。これ以外に送信系列の推定処理としては、「メモリクスチェンジ」という方法がある。この「メモリクスチェンジ」という方法を用いて送信系列を推定することも可能であり、この場合本実施例とは回路構成が一部異なる。

尚、請求項における推定手段は、上記「トレースバック」を行う

手段及び「メモリクスチェンジ」を行う手段のいずれをも含んでいる。

実施例 3 .

先の実施例では、1つのタップに着目して変更パスを作成した。しかし、影響が大きいタップが複数存在する場合には、複数のタップに着目して変更パスを作成するようにしてもよい。

この場合には、変更パスがより多く作成されることになるため、処理量は増えることになるが、より精度の良い推定を行うことができる。

実施例 4 .

先の実施例では、1フレーム分終了するまで各時刻について図1に示す処理を1回だけ行う場合を示した。

しかし、1回目の処理によって得られた生き残りパスを用いて再度図1に示す処理を行うようにしてもよい。

図1に示す訂正処理では、例えば $k = 4$ の時点で $k = 1$ における各状態に至るパスが訂正されることになるため、 $k = 1$ の時点では訂正後のパスに従った枝メトリックの算出やパスメトリックの算出等を行っていないことになる。

そこで、図1におけるBMG-I~SELの処理を再度行うことにより訂正後のパスに従って処理を行うことができるので、より精度良い推定を行うことが可能である。

即ち、図10に示す手順で処理を行う。尚、繰り返し処理を行う際には、CMP-Iは行わない。

繰り返し回数は何回でも良いが、図11に示すようにある程度

繰り返しを行うとビット誤り率が収束していく。したがって、この特性に応じて最適な繰り返し回数を決定すべきである。

この実施例の処理を行った場合のシミュレーション結果を図8に示す。図8の◇は、図10に示すように1回目の処理によって決定した生き残りパスを用いて繰り返して図1に示す処理を行った場合のシミュレーション結果である。このシミュレーションでは、くり返し回数を3回とした場合を示している。

このように、繰り返し処理を行うことによって、ビット誤り率が改善されてより精度良い推定を行うことがわかる。

10

実施例5.

先の実施例では、タップ係数 c_3 、 c_4 がない伝送路モデルについて説明していたが、タップ係数 c_3 、 c_4 がある伝送路モデルについても適用が可能である。

15

但し、タップ係数 $c_0 \sim c_2$ 以外に複数のタップ係数が存在する場合には、次のように訂正パスを作成すると処理量が削減できる。

タップ係数 $c_0 \sim c_2$ 以外の複数のタップ係数の内、最も影響の大きいタップ係数に対応するメモリに格納される信号の値を変更するように訂正パスを作成する。

20

例えば、タップ係数の内 c_3 のタップ係数の影響が最も大きい場合には、タップ係数 c_3 に対応するメモリに格納される信号値を変更するように訂正パスを作成することになる。

尚、最も影響の大きいタップ係数とは、係数の値が最も大きいタップ係数をいう。

25

実施例6.

以上の系列推定装置では、タップ係数を固定していたが、伝送路特性入力端子 8 から入力される伝送路特性に応じてタップ係数値およびタップ係数の個数を可変にすることもできる。

5 タップ係数値およびタップ係数を変更するタップ係数変更ステップ又は手段を備えることにより、どのような伝送路に対しても送信信号の推定を行うことができる。また、伝送路特性が変わった場合にでも対応することができる。

10 この発明は以上説明したように構成されているため、以下に示すような効果を奏する。

 この発明に係る系列推定方法は、第 1 の時刻におけるデータの組合わせ状態が第 2 の時刻に至るまでにどのように遷移していくのかを示す複数のパスの中から、上記第 2 の時刻における複数個のデータの組合わせ状態のそれぞれに対応する生き残りパスを選択するビタビアルゴリズムを用い、受信信号と伝送路の特性とに基づき送信側から送信された送信信号系列を推定する系列推定方法において、

15 第 1 の時刻の状態から第 2 の時刻の状態に至るパスのパスメトリックを算出する第 1 のパスメトリック算出ステップと、上記第 1 の時刻の状態から第 2 の時刻の状態に至るパスの経路の一部を変更した変更パスを導出する変更パス導出ステップと、上記変更パス導出ステップにおいて導出された変更パスのパスメトリックを算出する第 2

20 のパスメトリック算出ステップと、上記第 1 のパスメトリック算出ステップにおける算出結果および上記第 2 のパスメトリック算出ステップにおける算出結果を基に上記第 1 の時刻の状態から第 2 の

25 時刻の状態に至るパスの経路を訂正する経路訂正ステップと、上記経路訂正ステップにおいて訂正された経路を通り、上記第 1 の時刻

の状態から上記第2の時刻の状態に至る複数のパスの中から上記第2の時刻の状態に至る生き残りパスを決定する生き残りパス決定ステップと、上記第2の時刻における複数のデータの組合わせ状態の各々について上記第1のパスメトリック算出ステップと、上記変更パス導出ステップと、上記第2のパスメトリック算出ステップと、上記経路訂正ステップと、上記生き残りパス決定ステップとを行った後、上記第2の時刻における複数のデータの組合わせそれぞれに対して決定された生き残りパスの中から、当該生き残りパスのパスメトリックに基づいて最終パスを選択する最終パス選択ステップと、上記最終パス選択ステップにおいて選択した最終パスから得られる信号系列を送信信号系列として推定する推定ステップとを有するため、演算量を少なくしつつより正確な送信系列の推定を行うことができる。

また、上記変更パス導出ステップは、伝送路特性に応じて上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスの経路の一部を変更するため、伝送路特性に応じて変更する経路を変えて、実際の伝送路に則したより精度のよい送信系列の推定を行うことができる。

さらに、上記変更パス導出ステップは、上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスを構成する枝の内、上記第2の時刻に対して特定時刻過去の枝を変更するため、特定時間過去の枝に注目して変更を行うことによってより精度のよい送信系列の推定を行うことができる。

さらにまた、上記特定時刻は、受信信号への影響度に応じて決定することを特徴とするため、受信信号への影響度に併せて変更を行うことにより受信信号への影響度の高い枝を変更することができ、より効率よく精度の良い送信系列の推定を行うことができる。

また、上記変更パス導出ステップは、上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスを構成する枝の内、複数の枝を変更するため、複数の枝の訂正が可能となり、より精度良い送信系列の推定を行うことができる。

5 さらに、上記生き残りパス決定ステップは、上記経路訂正ステップにおいて訂正された経路を通り、上記第1の時刻の状態から上記第2の時刻の状態に至る複数のパスのパスメトリックを基に、上記第2の時刻の状態に至る生き残りパスを決定するため、パスメトリックを評価基準としてより適切に送信系列の推定を行うことができる。

10

さらにまた、上記経路訂正ステップにおいて訂正された経路を通り、上記第1の時刻の状態から上記第2の時刻の状態に至る複数のパスのパスメトリック同士の差分を取るパスメトリック差算出ステップを有し、上記第2のパスメトリック算出ステップは、上記パスメトリック差算出ステップにおいて過去に算出したパスメトリック差と、上記第1のパスメトリック算出ステップにおいて算出した第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスのパスメトリックとから上記変更パスのパスメトリックを算出するため、変更パスのパスメトリックを容易に算出することができる。

15

20 また、上記生き残り決定ステップの決定結果を基に、上記第1パスメトリック算出ステップと、上記変更パス導出ステップと、上記第2のパスメトリック算出ステップと、上記経路訂正ステップと、上記生き残りパス決定ステップとを再度実行し、上記最終パス選択ステップは、再度実行した結果得られた生き残りパスの中から最終

25

パスを選択するため、繰り返し処理を行うことで誤り率が改善されてより精度よい送信系列の推定を行うことができる。

この発明に係る系列推定装置は、第1の時刻におけるデータの組合わせ状態が第2の時刻に至るまでにどのように遷移していくのかを示す複数のパスの中から、上記第2の時刻における複数個のデータの組合わせ状態のそれぞれに対応する生き残りパスを選択するビ
5
タビアルゴリズムを用い、受信信号と伝送路の特性とに基づき送信側から送信された送信信号系列を推定する系列推定装置において、第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスのパスメトリック及び上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスの経路の一部を変更した変更パスのパスメトリックを算出するパスメ
10
トリック算出手段と、上記パスメトリック算出手段による算出結果を基に上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスの経路を訂正する経路訂正手段と、上記経路訂正手段において訂正された経路を通り、上記第1の時刻の状態から上記第2の時刻の状態に至る複数のパスの中から上記第2の時刻の状態に至る生き残りパスを
15
決定する生き残りパス決定手段と、上記生き残りパス決定手段により上記第2の時刻における複数個のデータの組合わせそれぞれに対して決定された生き残りパスの中から、当該生き残りパスのパスメトリックに基づいて最終パスを選択する最終パス選択手段と、上記最終パス選択手段において選択した最終パスから得られる信号系列
20
を送信信号系列として推定する推定手段とを有するため、

産業上の利用可能性

以上のように、自動車電話等をはじめとするデジタルデータ伝送において、受信信号と伝送路の特性を基に、送信信号系列を受信
25
側で推定するのに適している。演算量を少なくしつつより正確な送信系列の推定を行うことができる。

請 求 の 範 囲

1. 第1の時刻におけるデータの組合わせ状態が第2の時刻に至る
までにどのように遷移していくのかを示す複数のパスの中から、上
5 記第2の時刻における複数個のデータの組合わせ状態のそれぞれに
対応する生き残りパスを選択するビタビアルゴリズムを用い、受信
信号と伝送路の特性とに基づき送信側から送信された送信信号系列
を推定する系列推定方法において、

第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスのパスメトリ
10 ックを算出する第1のパスメトリック算出ステップと、

上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスの経路の
一部を変更した変更パスを導出する変更パス導出ステップと、

上記変更パス導出ステップにおいて導出された変更パスのパスメ
トリックを算出する第2のパスメトリック算出ステップと、

15 上記第1のパスメトリック算出ステップにおける算出結果および
上記第2のパスメトリック算出ステップにおける算出結果を基に上
記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスの経路を訂正
する経路訂正ステップと、

上記経路訂正ステップにおいて訂正された経路を通り、上記第1
20 の時刻の状態から上記第2の時刻の状態に至る複数のパスの中から
上記第2の時刻の状態に至る生き残りパスを決定する生き残りパス
決定ステップと、

上記第2の時刻における複数個のデータの組合わせ状態の各々に
ついて上記第1のパスメトリック算出ステップと、上記変更パス導
25 出ステップと、上記第2のパスメトリック算出ステップと、上記経
路訂正ステップと、上記生き残りパス決定ステップとを行った後、

上記第2の時刻における複数のデータの組合わせそれぞれに対して決定された生き残りパスの中から、当該生き残りパスのパスメトリックに基づいて最終パスを選択する最終パス選択ステップと、

上記最終パス選択ステップにおいて選択した最終パスから得られる信号系列を送信信号系列として推定する推定ステップと、
5 有することを特徴とする系列推定方法。

2. 上記変更パス導出ステップは、伝送路特性に応じて上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスの経路の一部を変更することを特徴とする請求項1記載の系列推定方法。

10 3. 上記変更パス導出ステップは、上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスを構成する枝の内、上記第2の時刻に対して特定時刻過去の枝を変更することを特徴とする請求項1記載の系列推定方法。

15 4. 上記特定時刻は、受信信号への影響度に応じて決定することを特徴とする請求項3記載の系列推定方法。

5. 上記変更パス導出ステップは、上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスを構成する枝の内、複数の枝を変更することを特徴とする請求項1記載の系列推定方法。

20 6. 上記生き残りパス決定ステップは、上記経路訂正ステップにおいて訂正された経路を通り、上記第1の時刻の状態から上記第2の時刻の状態に至る複数のパスのパスメトリックを基に、上記第2の時刻の状態に至る生き残りパスを決定することを特徴とする請求項1記載の系列推定方法。

25 7. 上記経路訂正ステップにおいて訂正された経路を通り、上記第1の時刻の状態から上記第2の時刻の状態に至る複数のパスのパスメトリック同士の差分を取るパスメトリック差算出ステップを有し、

上記第2のパスメトリック算出ステップは、上記パスメトリック差算出ステップにおいて過去に算出したパスメトリック差と、上記第1のパスメトリック算出ステップにおいて算出した第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスのパスメトリックとから上記
5 変更パスのパスメトリックを算出することを特徴とする請求項6記載の系列推定方法。

8. 上記生き残り決定ステップの決定結果を基に、上記第1パスメトリック算出ステップと、上記変更パス導出ステップと、上記第2のパスメトリック算出ステップと、上記経路訂正ステップと、上記
10 生き残りパス決定ステップとを再度実行し、

上記最終パス選択ステップは、再度実行した結果得られた生き残りパスの中から最終パスを選択することを特徴とする請求項1乃至7のいずれかに記載の系列推定方法。

9. 第1の時刻におけるデータの組合わせ状態が第2の時刻に至る
15 までにどのように遷移していくのかを示す複数のパスの中から、上記第2の時刻における複数個のデータの組合わせ状態のそれぞれに対応する生き残りパスを選択するビタビアルゴリズムを用い、受信信号と伝送路の特性とに基づき送信側から送信された送信信号系列を推定する系列推定装置において、

20 第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスのパスメトリック及び上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスの経路の一部を変更した変更パスのパスメトリックを算出するパスメトリック算出手段と、

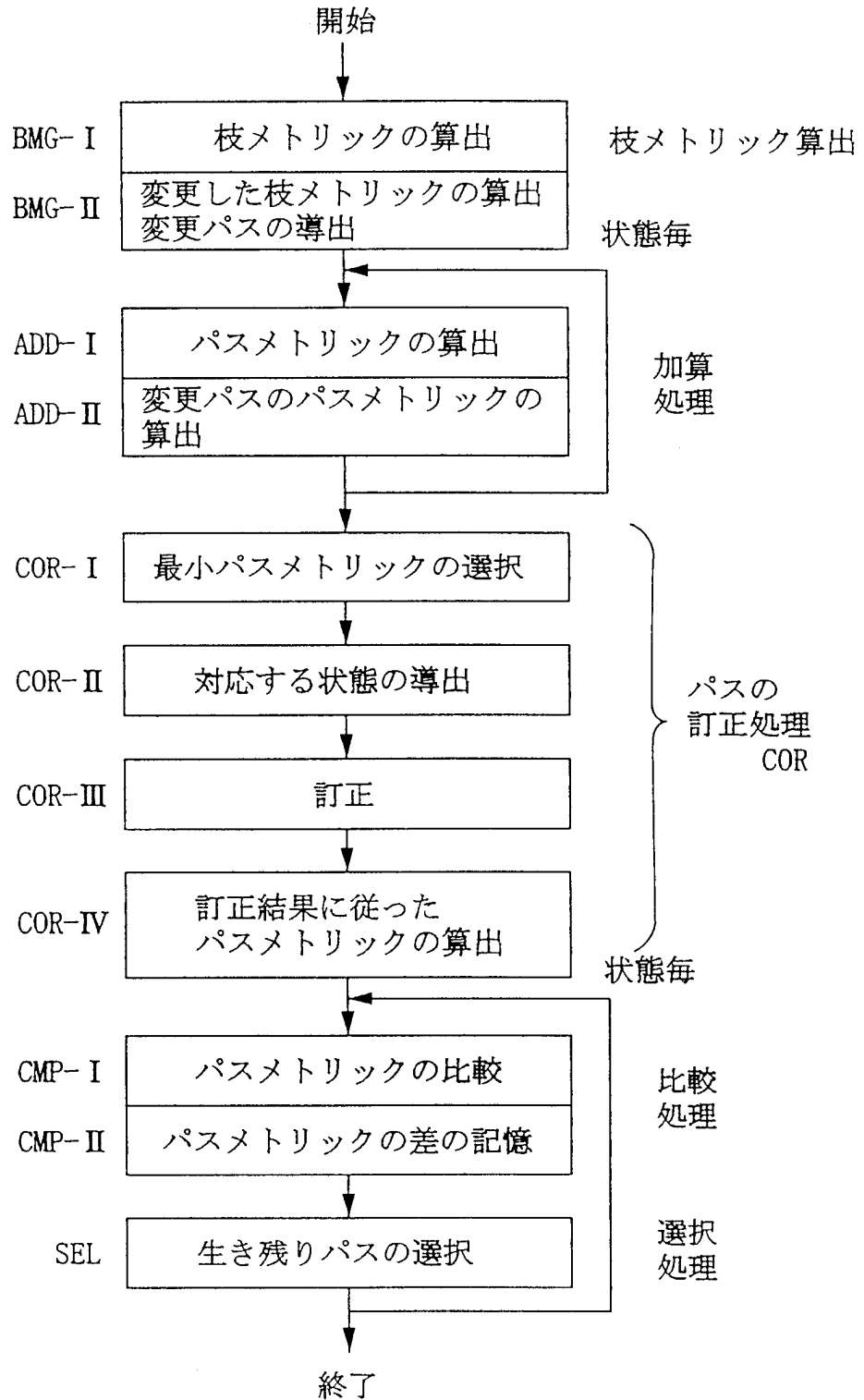
25 上記パスメトリック算出手段による算出結果を基に上記第1の時刻の状態から第2の時刻の状態に至るパスの経路を訂正する経路訂正手段と、

上記経路訂正手段において訂正された経路を通り、上記第 1 の時刻の状態から上記第 2 の時刻の状態に至る複数のパスの中から上記第 2 の時刻の状態に至る生き残りパスを決定する生き残りパス決定手段と、

上記生き残りパス決定手段により上記第 2 の時刻における複数個のデータの組合わせそれぞれに対して決定された生き残りパスの中から、当該生き残りパスのパスメトリックに基づいて最終パスを選択する最終パス選択手段と、

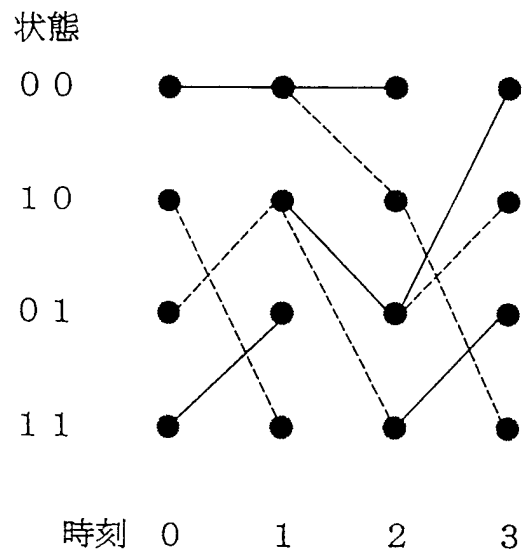
上記最終パス選択手段において選択した最終パスから得られる信号系列を送信信号系列として推定する推定手段と、
を有することを特徴とする系列推定装置。

1/19
第1図



2/19
第2図

<K=1~3までの生き残りパス>

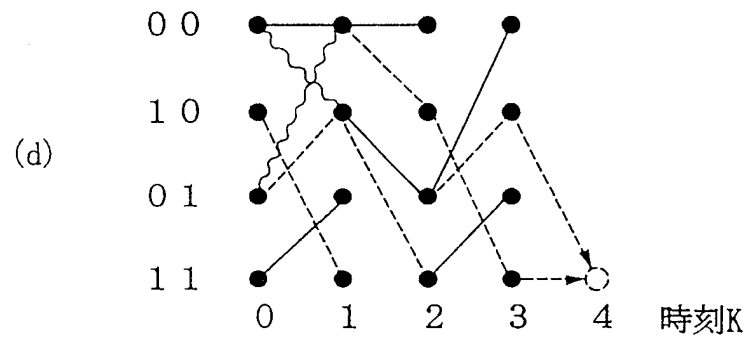
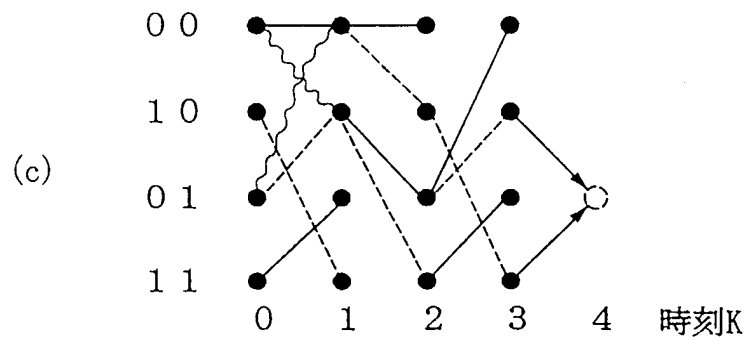
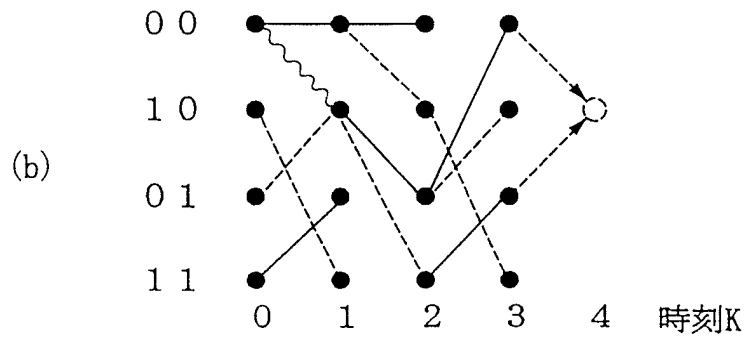
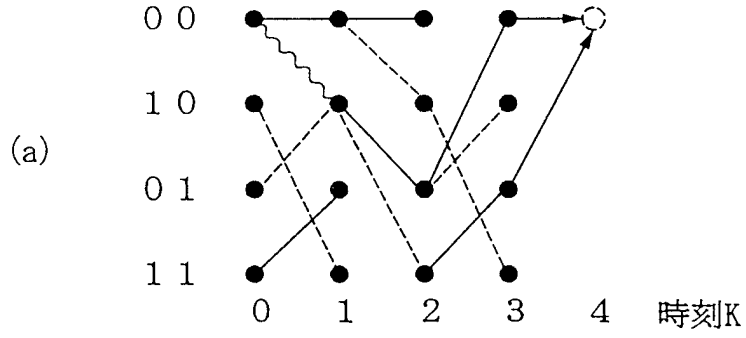


3/19
第3図

<K=4>

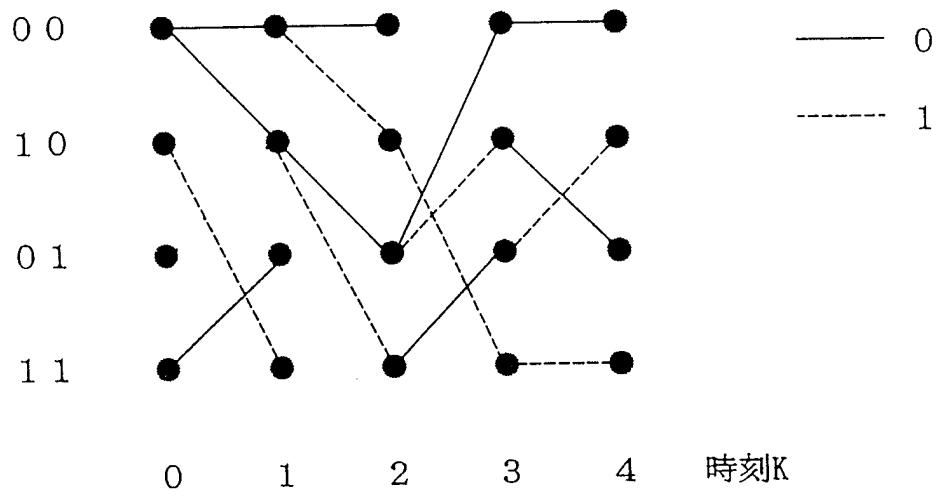
状態

—— 0
- - - 1
~~~~ 変更によって生じた枝



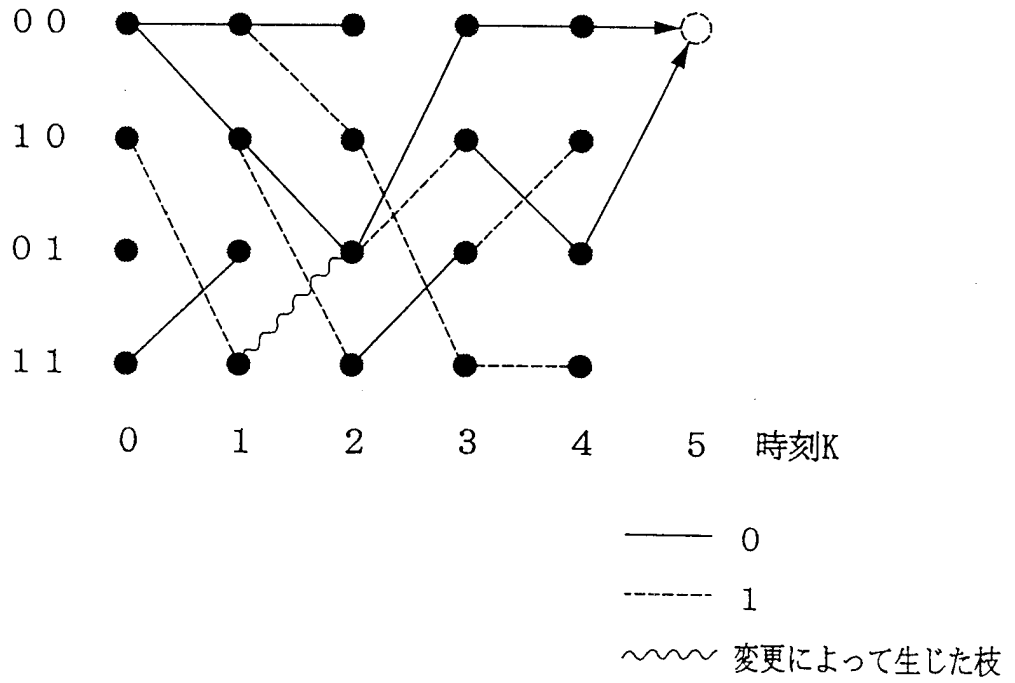
4/19  
第4図

<K=4における生き残りパス>



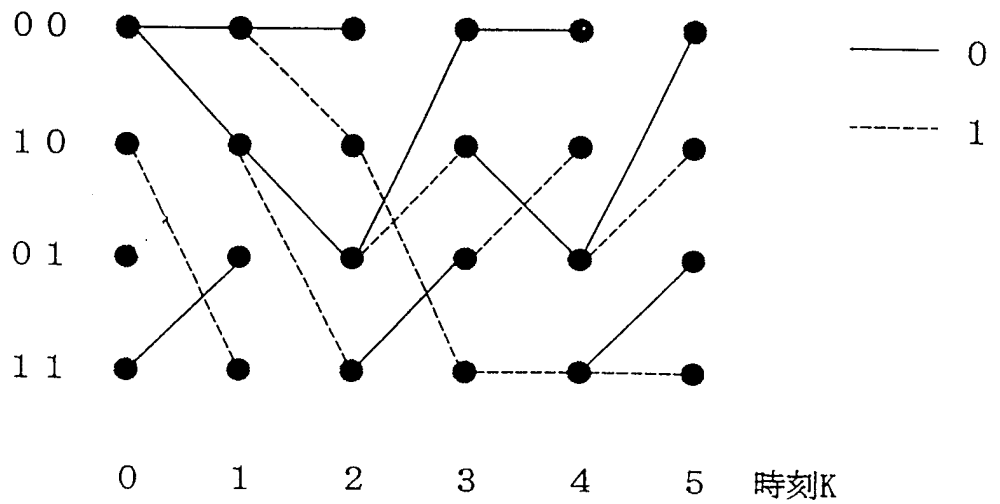
5/19  
第5図

<K=5>

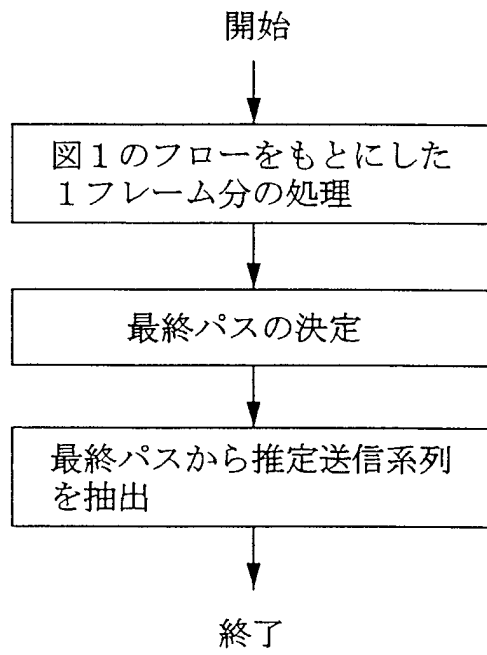


第6図

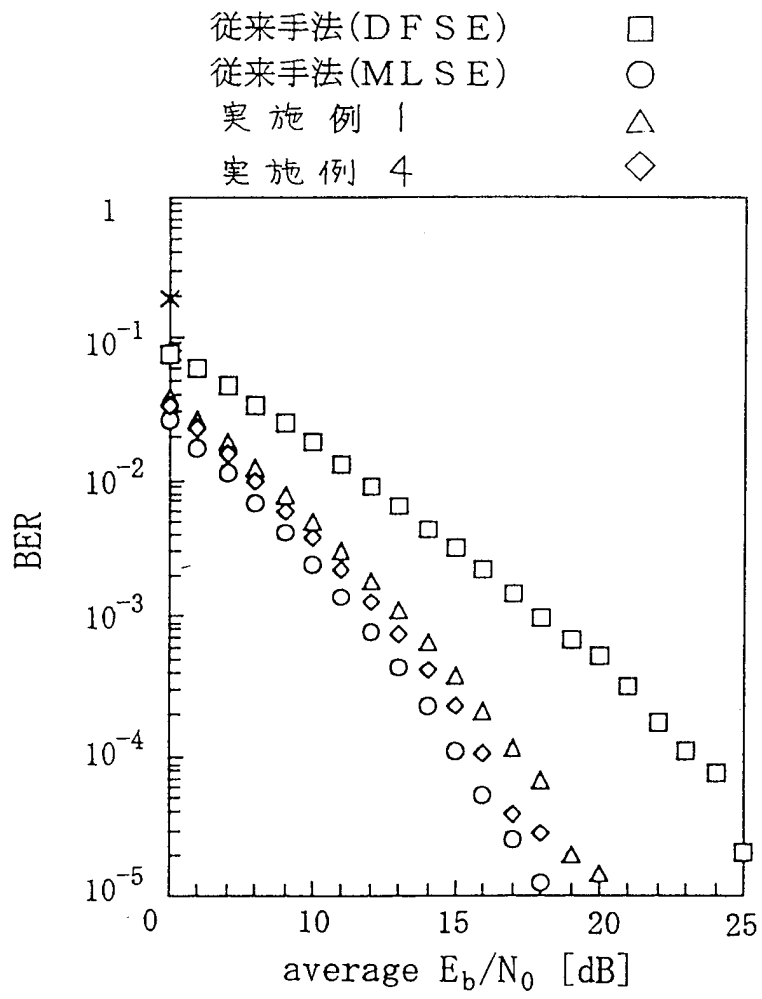
<K=5における生き残りパス>



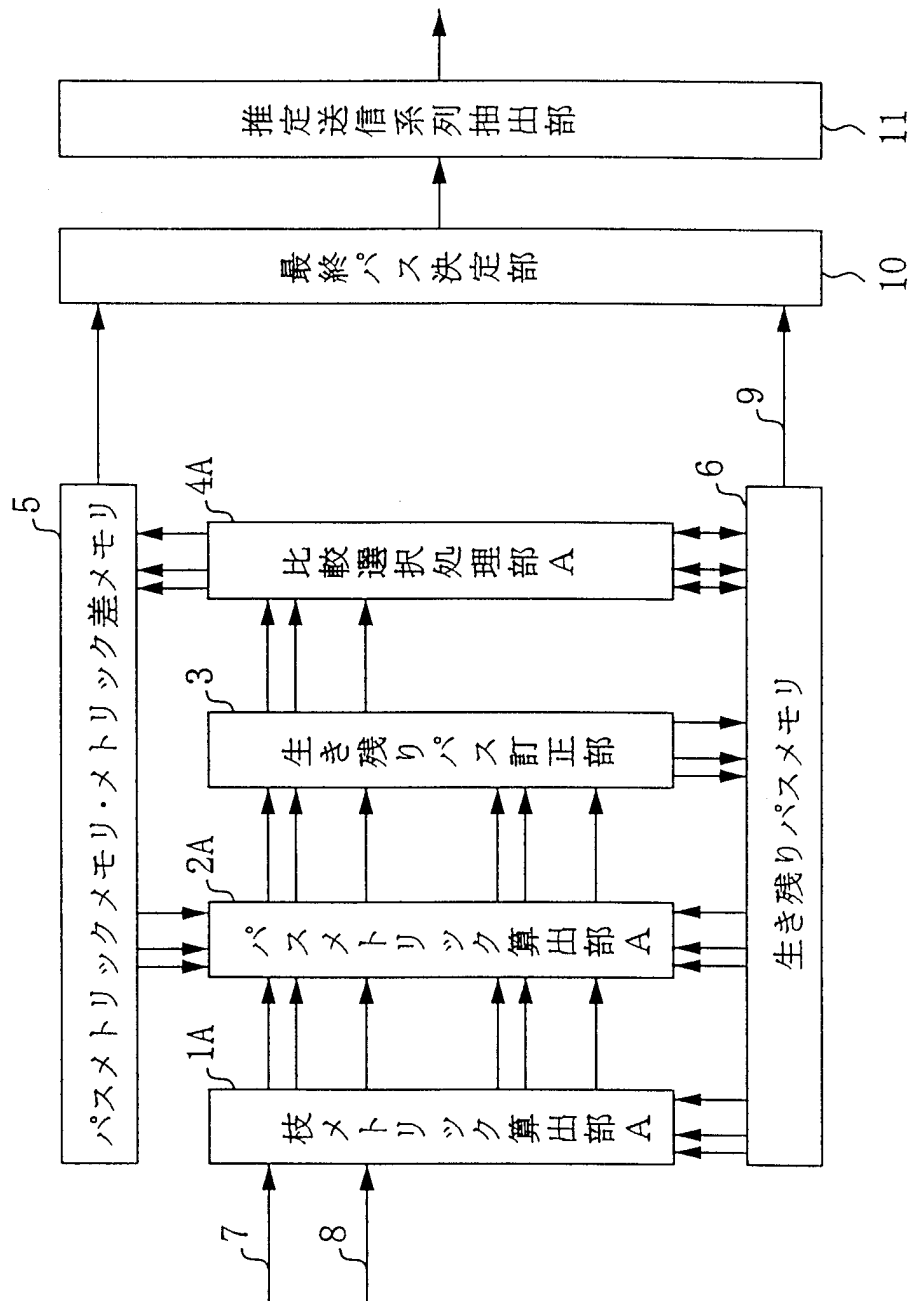
6/19  
第7図



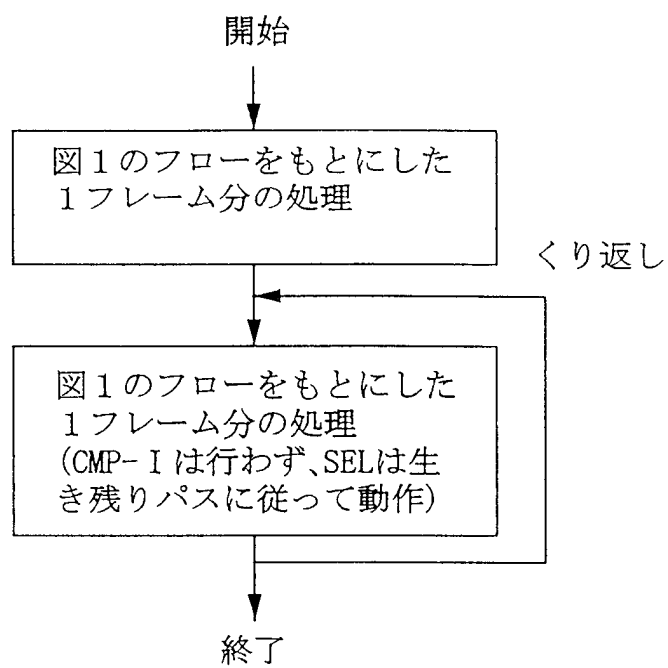
7/19  
第8図

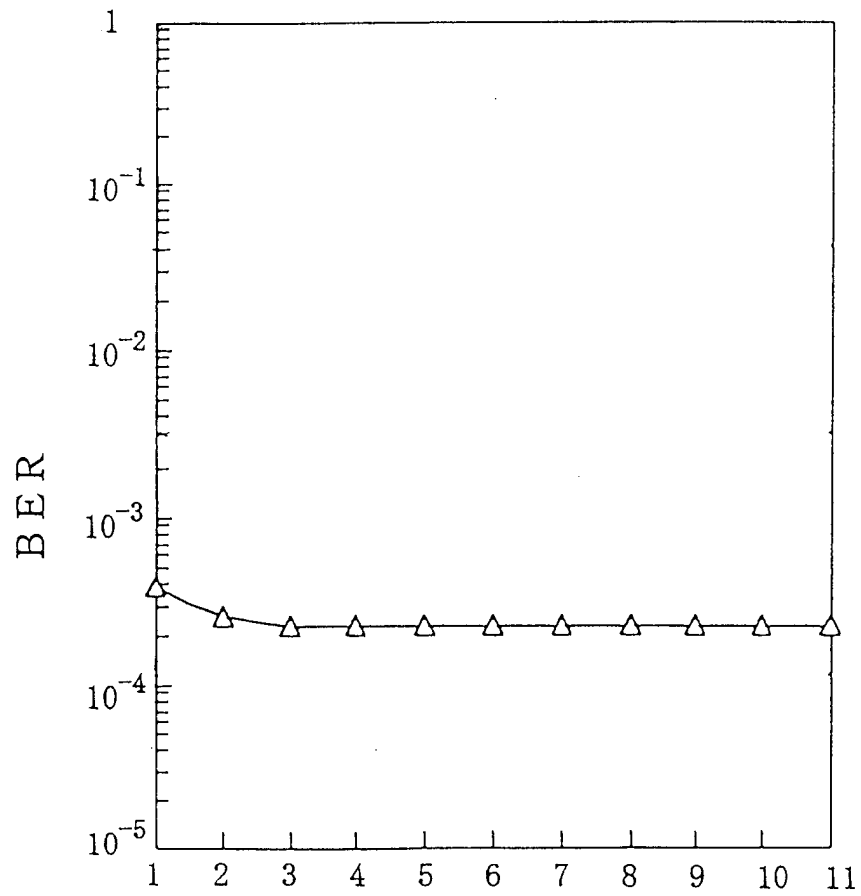


8/19  
第9図



9/19  
第10図

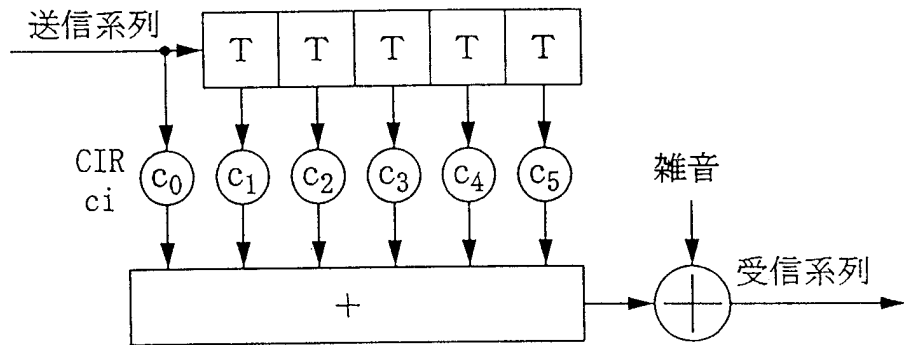


10/19  
第11図

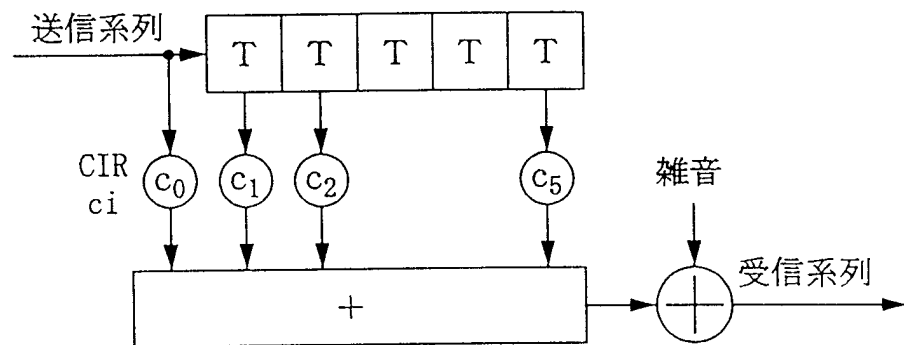
くり返し回数

(平均 $E_b/N_0=15\text{dB}$ )

11/19  
第12図



第13図



12/19  
第14図

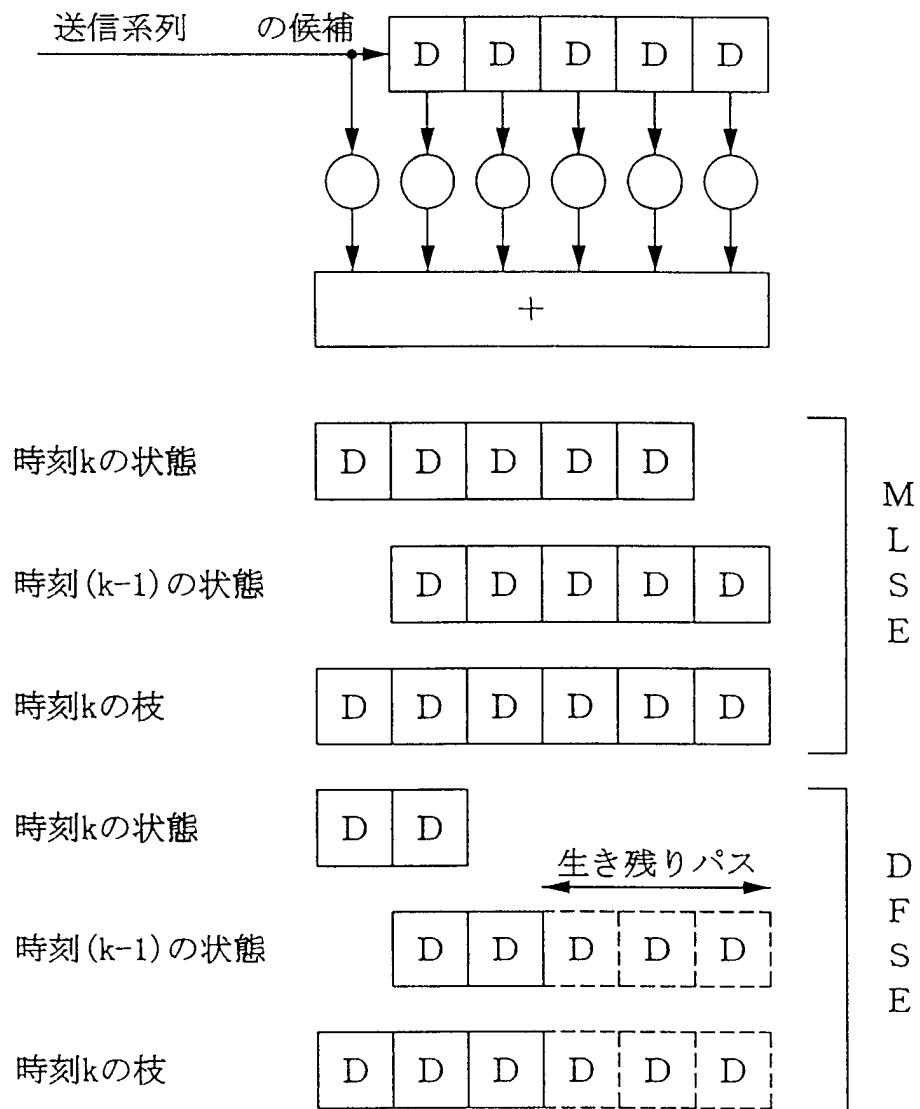


(a) 最小位相条件

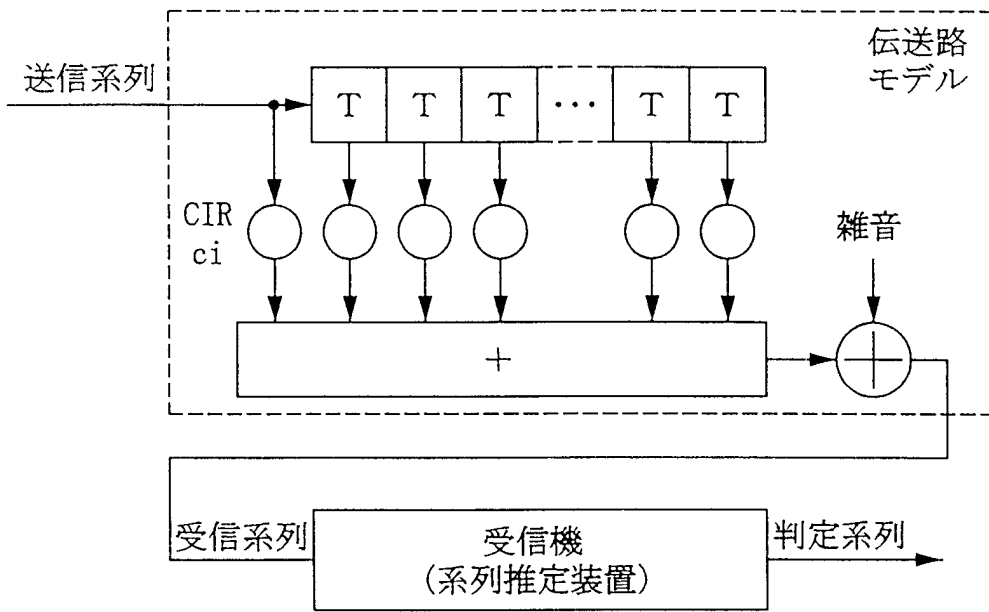


(b) 非最小位相条件

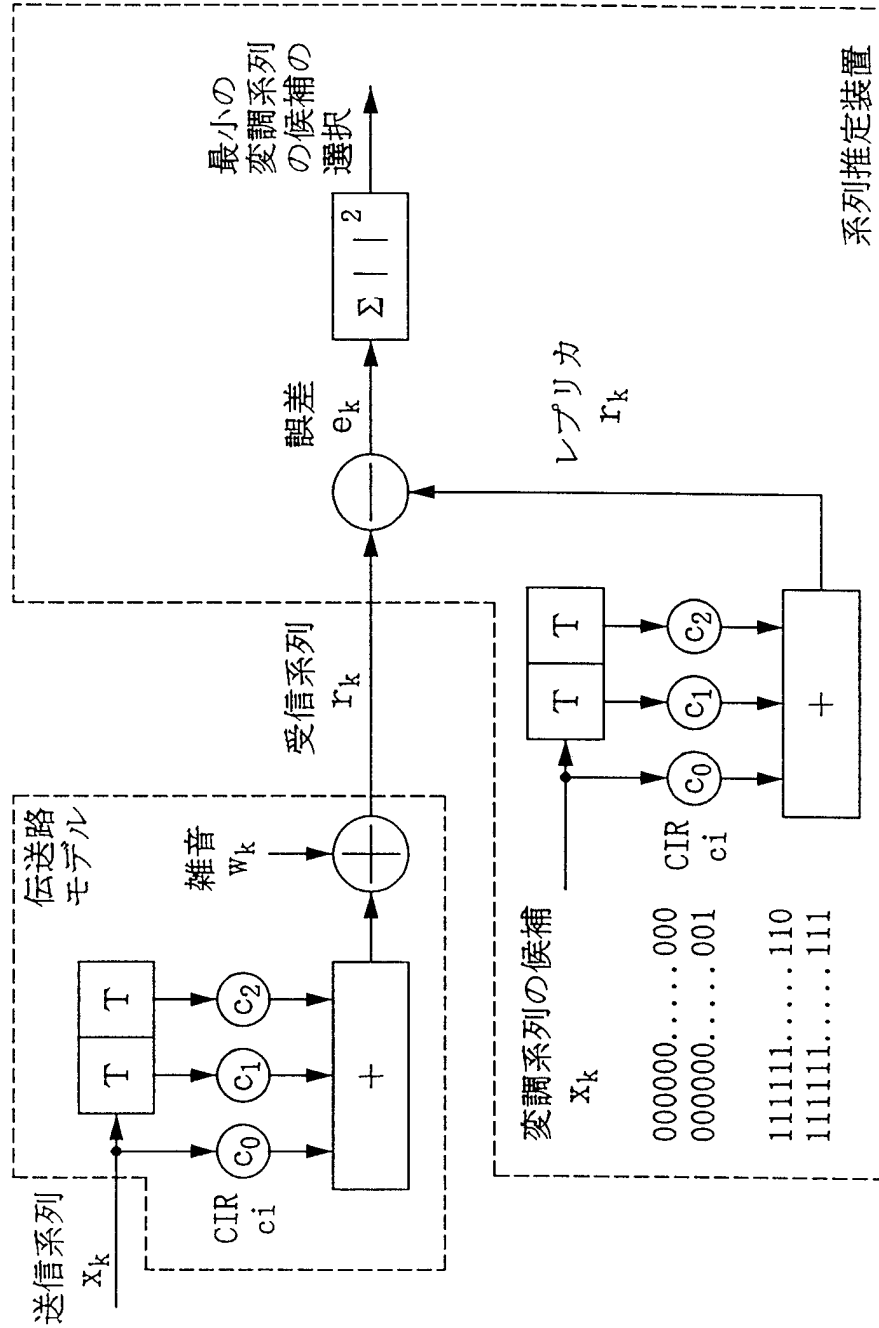
13/19  
第15図



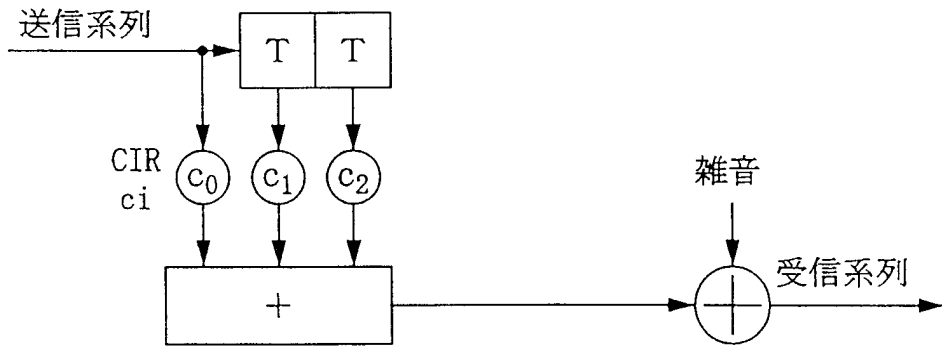
14/19  
第16図



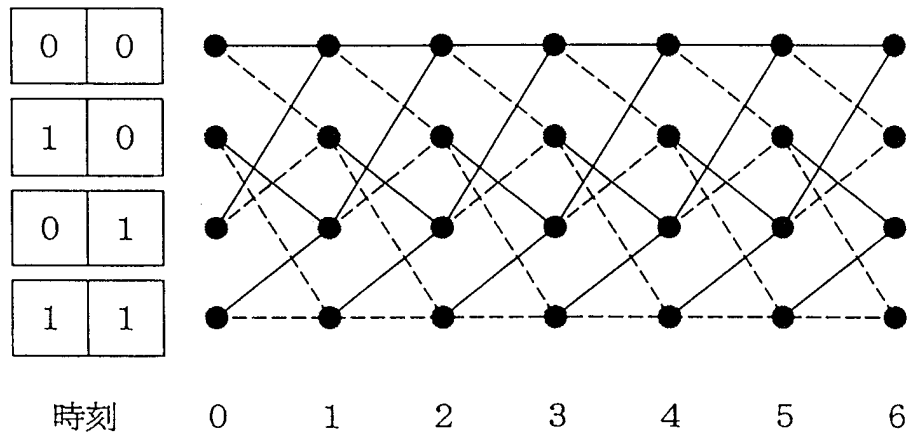
15/19  
第17図



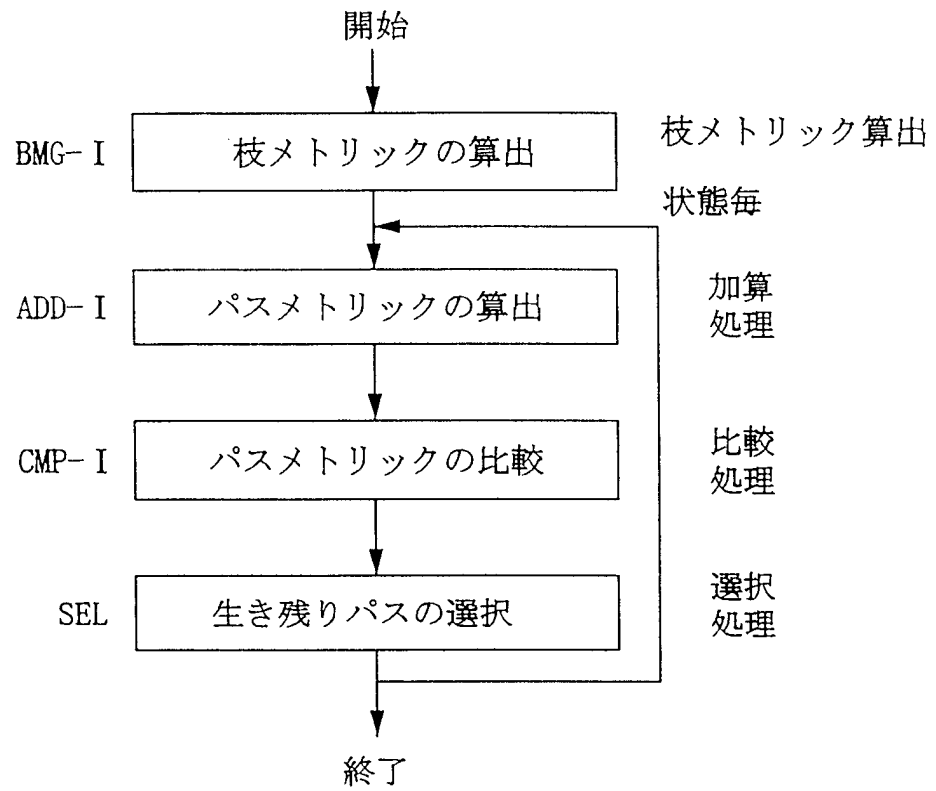
16/19  
第18図



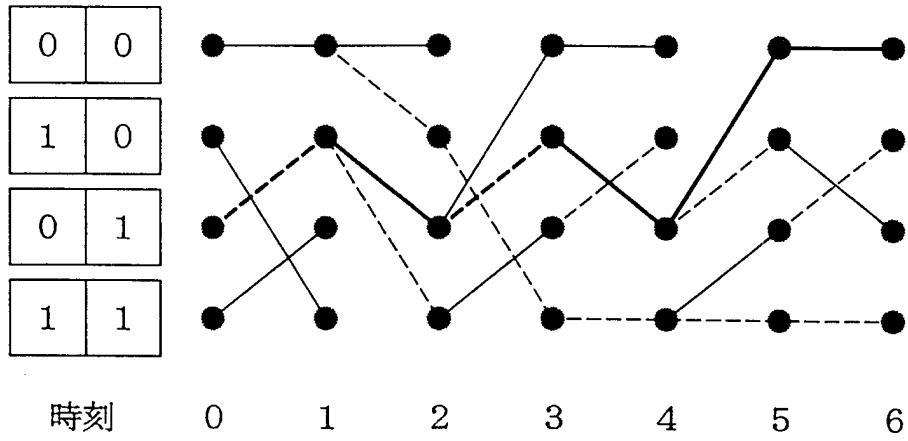
第19図



17/19  
第20図

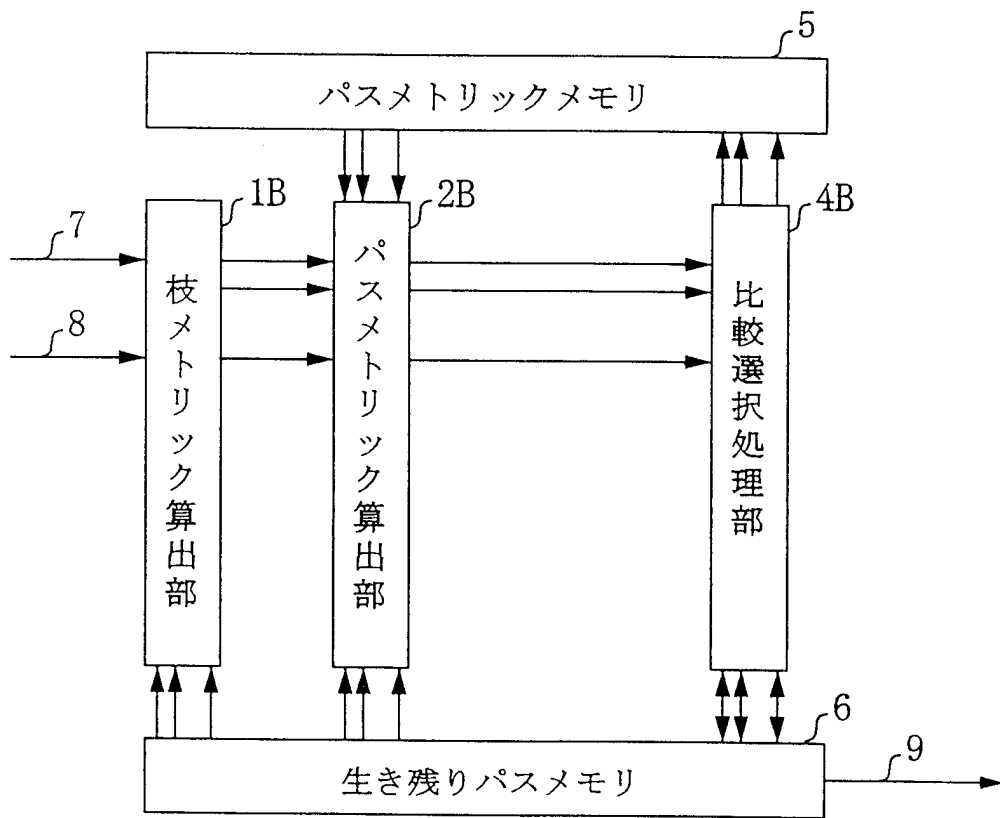


18/19  
第21図



|          |       |       |
|----------|-------|-------|
|          | 枝"1"  | 枝"0"  |
| 最終パス     | ----- | ===== |
| 他の生き残りパス | ----- | ===== |

19/19  
第22図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/00652

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER<br>Int. Cl <sup>6</sup> H03M13/12<br>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| B. FIELDS SEARCHED<br>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>Int. Cl <sup>6</sup> H03M13/12<br>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched<br>Jitsuyo Shinan Koho 1926 - 1997<br>Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1997<br>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                 |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                 |
| Category*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                              | Relevant to claim No.                                                           |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP, 05-227043, A (Hitachi, Ltd.),<br>September 3, 1993 (03. 09. 93),<br>Page 1, abstract (Family: none)                                                                                                                                                         | 1 - 9                                                                           |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Hirotsugu Kubo, Keiji Murakami, Tadashi Fujino,<br>"Characteristics of Adoptive Viterbi Decoder<br>Using Estimation Method in Every State (in<br>Japanese)", The transaction of IEICE A<br>December 25, 1994 (25. 12. 94),<br>Vol. J77-A, No. 12, pp. 1650-1660 | 1 - 9                                                                           |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ALEXANDRA DUEL-HALLEN, CHRIS HEEGARD,<br>"Delayed Decision-Feedback Sequence Estimation",<br>IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, Vol. 37,<br>No. 5, MAY 1989, pp. 428-436                                                                                      | 1 - 9                                                                           |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP, 06-284018, A (Matsushita Electric Industrial<br>Co., Ltd.),<br>October 7, 1994 (07. 10. 94),<br>Page 1, abstract (Family: none)                                                                                                                             | 1 - 9                                                                           |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                 |
| <p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                 |
| Date of the actual completion of the international search<br>May 26, 1997 (26. 05. 97)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                 | Date of mailing of the international search report<br>June 3, 1997 (03. 06. 97) |
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japanese Patent Office<br>Facsimile No.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                 | Authorized officer<br><br>Telephone No.                                         |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>°</sup> H03M13/12

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>°</sup> H03M13/12

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1997年  
日本国公開実用新案公報 1971-1997年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                                                          | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| A               | JP, 05-227043, A (株式会社日立製作所) 3.9月.1993 (03.09.93),<br>第1頁, 要約<br>(ファミリーなし)                                                                                                 | 1-9              |
| A               | 久保 博嗣, 村上 圭司, 藤野 忠 「ステートごと推定法を用いた適応形ビタ<br>ビ復号器の特性」, 電子情報通信学会論文誌 A 25.12月.1994 (25.12.94)<br>Vol. J77-A No.12, pp. 1650-1660                                                | 1-9              |
| A               | ALEXANDRA DUEL-HALLEN, CHRIS HEEGARD,<br>「Delayed Decision-Feedback Sequence<br>Estimation」, IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS,<br>Vol. 37, No. 5, MAY 1989, pp. 428-436 | 1-9              |

C欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

|                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| * 引用文献のカテゴリー<br>「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの<br>「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの<br>「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)<br>「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願 | の日の後に公表された文献<br>「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの<br>「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの<br>「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの<br>「&」 同一パテントファミリー文献 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                    |                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 国際調査を完了した日<br>26.05.97                                             | 国際調査報告の発送日<br>03.06.97                                               |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁 (ISA/J P)<br>郵便番号100<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号 | 特許庁審査官 (権限のある職員)<br>稲葉 和生 印<br>5 K 8732<br>電話番号 03-3581-1101 内線 3556 |

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                              |                  |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                            | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
| A                     | JP, 06-284018, A (松下電器産業株式会社) 7.10月.1994 (07.10.94),<br>第1頁, 要約<br>(ファミリーなし) | 1-9              |