

(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2006-324754
(P2006-324754A)

(43) 公開日 平成18年11月30日(2006.11.30)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO3M 13/39 (2006.01)	HO3M 13/39	5B001
GO6F 11/10 (2006.01)	GO6F 11/10 330M	5J065
HO3M 13/29 (2006.01)	HO3M 13/29	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2005-143912 (P2005-143912)	(71) 出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(22) 出願日	平成17年5月17日 (2005.5.17)	(74) 代理人	100084711 弁理士 齊藤 千幹
		(72) 発明者	鍋田 あつ子 北海道札幌市北区北七条西四丁目3番地1 富士通モバイルコミュニケーションテクノロジーズ株式会社内
		(72) 発明者	白沢 英俊 北海道札幌市北区北七条西四丁目3番地1 富士通モバイルコミュニケーションテクノロジーズ株式会社内

最終頁に続く

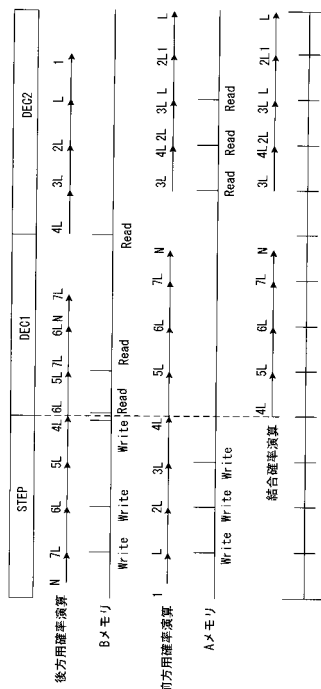
(54) 【発明の名称】 最大事後確率復号方法及び復号装置

(57) 【要約】

【目的】 MAP復号に要する時間を短縮することである。

【構成】 情報長Nを分割長Lで分割したとき、余り領域を含めた分割数を2nとすると、第N後方用確率から逆方向に第(n+1)区間までの後方用確率を演算すると共に分割点の後方用確率を離散的に保存し、該後方用確率演算と並行して第1前方用確率から順方向に第n区間までの前方用確率を演算すると共に各分割点の前方用確率を離散的に保存する。以後、これら離散的に保存した後方用確率及び前方用確率を用いて区間毎に後方用確率と前方用確率を求め、これら各確率を用いて全区間の復号結果を順次求める。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

長さ N の情報を符号化して得られた符号化データの第 1 ~ 第 k 番目の符号化データを用いて第 k 前方用確率を演算すると共に、第 N ~ 第 k 番目の符号化データを用いて第 k 後方用確率を求め、これら確率を用いて第 k 番目の復号結果を出力する最大事後確率復号方法において、

情報長 N を複数の区間に分割するとき、第 N 後方用確率から逆方向に第 $(n+1)$ 区間までの後方用確率を演算すると共に各分割点の後方用確率を保存し、該後方用確率演算と並行して第 1 前方用確率から順方向に第 n 区間までの前方用確率を演算すると共に各分割点の前方用確率を保存する第 1 ステップ、

10

前記保存した後方用確率を用いて第 $(n+1)$ 区間から最終区間までの後方用確率を演算すると共に、第 $(n+1)$ 区間から最終区間までの前方用確率を演算し、これら後方用確率と前方用確率を用いて第 $(n+1)$ 区間から最終区間までの復号結果を求める第 2 ステップ、

ついで、前記保存した前方用確率を用いて第 n 区間から第 1 区間までの前方用確率を演算すると共に、前記保存した第 n 分割点の後方用確率を用いて第 n 区間から第 1 区間までの後方用確率を演算し、これら前方用確率と後方用確率を用いて第 n 区間から第 1 区間までの復号結果を求める第 3 ステップ、

を有することを特徴とする最大事後確率復号方法。

【請求項 2】

前記分割される区間の総数は、 $2n$ 又は $2n+1$ (n は自然数) であり、

20

前記第 $(n+1)$ 区間の後方用確率は、前記第 N 後方用確率から逆方向に第 $(n+1)$ 区間までの後方用確率を演算したときに保存しておく、

ことを特徴とする請求項 1 記載の最大事後確率復号方法。

【請求項 3】

前記第 1 ステップは、

第 N 後方用確率から逆方向に第 $(n+1)$ 区間までの後方用確率を演算すると共に、各分割点の後方用確率を離散的に保存し、かつ、第 $(n+1)$ 番目の分割区間の後方用確率を連続的に保存するステップ、

該後方用確率演算と並行して第 1 前方用確率から順方向に第 n 区間までの前方用確率を演算すると共に各分割点の前方用確率を離散的に保存するステップ

30

を備え、前記第 2 ステップは、

第 $(n+1)$ 番目の分割区間の前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある該 $(n+1)$ 番目の分割区間の後方用確率を用いて該 $(n+1)$ 番目の分割区間の復号結果を求め、これらと並行して前記保存してある分割点 $(n+2)$ の後方用確率から逆方向に第 $(n+2)$ 番目の分割区間の後方用確率を演算して保存するステップ、

ついで、第 $(n+2)$ 番目の分割区間の前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある該 $(n+2)$ 番目の分割区間の後方用確率を用いて該 $(n+2)$ 番目の分割区間の復号結果を求め、これらと並行して前記保存してある分割点 $(n+3)$ の後方用確率から逆方向に第 $(n+3)$ 番目の分割区間の後方用確率を演算して保存し、以後、同様にして最後の分割区間までの復号結果を求めるステップ、

40

を備え、前記第 3 ステップは、

前記保存してある分割点 n の後方用確率から逆方向に第 n 番目の分割区間の後方用確率を演算して保存するステップ、

ついで、前記保存してある $(n-1)$ 番目の分割点の前方用確率を用いて第 n 番目の分割区間の前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある該 n 番目の分割区間の後方用確率を用いて該 n 番目の分割区間の復号結果を求め、これらと並行して逆方向に第 $(n-1)$ 番目の分割区間の後方用確率を演算して保存するステップ、

ついで、前記保存してある $(n-2)$ 番目の分割点の前方用確率を用いて第 $(n-1)$ 番目の分割区間の前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある該 $(n-1)$ 番目の分割区間の後方用確率を用いて該 $(n-1)$ 番目の分割区間の復号結果を求め、これらと並行して、逆

50

方向に第 $(n-2)$ 番目の分割区間の後方用確率を演算して保存し、以後、同様にして最初の分割区間までの復号結果を求めるステップ、

を有することを特徴とする請求項1記載の最大事後確率復号方法。

【請求項4】

前記分割数が奇数の場合、前記第1ステップにおいて、

第 N 後方用確率から逆方向に第 $(2n+1)$ 番目の分割区間の後方用確率を演算し、

ついで、第 $2n$ 番目の分割区間から第 $(n+1)$ 番目の分割区間の後方用確率を演算すると共に、第1番目の分割区間から第 n 番目の分割区間までの前方用確率を演算する、

ことを特徴とする請求項3記載の最大事後確率復号方法。

【請求項5】

前記分割数が偶数の場合、前記第1ステップにおいて、

第1番目の分割区間の前方用確率演算と第 $2n$ 番目の分割区間の後方用確率の演算が終了後、第 $(2n-1)$ 番目の分割区間から第 $(n+1)$ 番目の分割区間の後方用確率と、第2番目の分割区間から第 n 番目の分割区間までの前方用確率を並行して演算する、

ことを特徴とする請求項3記載の最大事後確率復号方法。

【請求項6】

前方用確率演算と後方用確率演算において同時にアクセスされるメモリを、アドレス数が最小 $N/2$ の2つのシングルポートRAMで構成し、かつ、シングルポートRAMに同時にアクセスしないようにアドレスを発生し、

前記シングルポートRAMに同時にアクセスしないようにアドレスを発生できない場合には前記メモリをデュアルポートRAMで、あるいは、メモリを2面持たせて構成する、

ことを特徴とする請求項3記載の最大事後確率復号方法。

【請求項7】

前方用確率演算と後方用確率演算において同時にアクセスされるメモリを、アドレス数が最小 $N/2$ の2つのシングルポートRAMで構成し、かつ、シングルポートRAMに同時にアクセスしないようにアドレスを発生し、

インタリーブ処理が原因で前記シングルポートRAMに同時にアクセスする事態が生じる場合には、該インタリーブ処理したアドレスを元のアドレスに戻して前記メモリにデータを格納することにより、シングルポートRAMに同時にアクセスしないようにアドレスを発生する、

ことを特徴とする請求項3記載の最大事後確率復号方法。

【請求項8】

長さ N の情報を符号化した符号化データの第1～第 k 番目の符号化データを用いて第 k 前方用確率を演算すると共に、第 N ～第 k 番目の符号化データを用いて第 k 後方用確率を求め、これら確率を用いて第 k 番目の復号結果を出力する復号装置において、

後方用確率を演算する後方用確率演算部、

演算された後方用確率を保存する後方用確率保存部、

前方用確率を演算する前方用確率演算部、

演算された前方用確率を保存する前方用確率保存部、

第 k 前方用確率と第 k 後方用確率を用いて第 k 番目の復号結果を求める復号結果演算部

、前記後方用確率演算部、前方用確率演算部、復号結果演算部の演算タイミングを制御する制御部を備え、

(1) 情報長 N を分割長 L で分割したとき、余り領域を含めた分割数を $2n$ ($2n$ は偶数)または $2n+1$ ($2n+1$ は奇数)とすると、前記後方用確率演算部は、第 N 後方用確率から逆方向に第 $(n+1)$ 区間までの後方用確率を演算すると共に各分割点の後方用確率を離散的に前記後方用確率保存部に保存し、該後方用確率演算と並行して前記前方用確率演算部は、第1前方用確率から順方向に第 n 区間までの前方用確率を演算すると共に各分割点の前方用確率を離散的に前記前方用確率保存部に保存し、

(2) 前記後方用確率演算部は、前記離散的に保存した後方用確率を用いて第 $(n+1)$ 区間

10

20

30

40

50

から最終区間までの後方用確率を演算すると共に、前記前方用確率演算部は、第(n+1)区間から最終区間までの前方用確率を演算し、前記復号結果演算部はこれら後方用確率と前方用確率を用いて第(n+1)区間から最終区間までの復号結果を求め、

(3) ついで、前記前方用確率演算部は、前記離散的に保存した前方用確率を用いて第n区間から第1区間までの前方用確率を演算すると共に、前記後方用確率演算部は、前記保存した第n分割点の後方用確率を用いて第n区間から第1区間までの後方用確率を演算し、前記復号結果演算部はこれら前方用確率と後方用確率を用いて第n区間から第1区間までの復号結果を求める、

ことを特徴とする復号装置。

【請求項9】

10

前記第(n+1)区間の後方用確率は、前記第N後方用確率から逆方向に第(n+1)区間までの後方用確率を演算したときに、前記後方用確率保存部に保存しておくことを特徴とする請求項8記載の復号装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、最大事後確率(MAP: Maximum A Posteriori Probability)復号方法及び該復号方法を用いた復号装置に係わり、特に、最大事後確率復号における後方用確率と前方用確率を同時に演算することにより復号時間を短縮し、かつメモリの使用量を減少する最大事後確率復号方法及び装置に関する。

20

【背景技術】

【0002】

誤り訂正符号は、受信情報や再生情報などに含まれる誤りを訂正して正しく元の情報を復号できるようにするためのもので、種々のシステムに適用されている。例えば、移动通信、FAXその他のデータ通信に際してデータを誤りなく伝送する場合、あるいは、磁気ディスク、CDなどの大容量記憶媒体からデータを誤り無く再生する場合に適用されている。

誤り訂正符号の中でもターボ符号(例えば米国特許番号5,446,747号明細書参照)は次世代移動体通信において、標準化に採用されることが決まっている。かかるターボ符号において、最大事後確率復号(MAP復号: Maximum A Posteriori Probability Decoding)が大きな効果を発揮する。

30

図9はターボ符号器及びターボ復号器を含む通信システムの構成図であり、11はデータ送信側に設けられたターボ符号器、12はデータ受信側に設けられたターボ復号器、13はデータ通信路である。又、uは伝送する長さNの情報データ、 x_a , x_b , x_c はターボ符号器11で情報データuを符号化した符号化データ、 y_a , y_b , y_c は符号化データ x_a , x_b , x_c が通信路13を伝搬し、雑音やフェージングの影響を受けた受信信号、uはターボ復号器12で受信データ y_a , y_b , y_c を復号した復号結果であり、それぞれ以下のように表現される。

原データ : $u = [u_1, u_2, u_3, \dots, u_N]$

符号化データ : $x_a = [x_{a1}, x_{a2}, x_{a3}, \dots, x_{ak}, \dots, x_{aN}]$

: $x_b = [x_{b1}, x_{b2}, x_{b3}, \dots, x_{bk}, \dots, x_{bN}]$

: $x_c = [x_{c1}, x_{c2}, x_{c3}, \dots, x_{ck}, \dots, x_{cN}]$

受信データ : $y_a = [y_{a1}, y_{a2}, y_{a3}, \dots, y_{ak}, \dots, y_{aN}]$

: $y_b = [y_{b1}, y_{b2}, y_{b3}, \dots, y_{bk}, \dots, y_{bN}]$

: $y_c = [y_{c1}, y_{c2}, y_{c3}, \dots, y_{ck}, \dots, y_{cN}]$

40

ターボ符号器11は情報長Nの情報データuを符号化して符号化データ x_a , x_b , x_c を出力する。符号化データ x_a は情報データuそのものであり、符号化データ x_b は情報データuを符号器ENC1で畳み込み符号化したデータ、符号化データ x_c は情報データuをインタリーブ()して符号器ENC2で畳み込み符号化したデータである。すなわち、ターボ符号は、畳み込みを2つ用いて合成したものである。ただし、インタリーブ出力 x_a は

50

符号化データ x_a と順番が異なるだけであるため出力しない。

【0003】

図10はターボ符号器11の詳細図であり、11a, 11bは同一構成の畳み込み符号器(ENC1, ENC2)、11cはインタリーブユニット()である。畳み込み符号器11a, 11bは再帰組織畳み込み符号を出力する構成になっており、2つのフリップフロップFF1, FF2、3つの排他的論理和回路EXOR1~EXOR3を図に示すように接続して構成されている。フリップフロップFF1, FF2は(00), (01), (10), (11)の4つの状態 $m(=0\sim 3)$ をとり、それぞれの状態において0または1が入力すると、図11に示すように状態が遷移し、かつ、 x_a, x_b を出力する。図11において、左側は受信データ入力前の状態、右側は入力後の状態、実線は"0"入力時の状態遷移パス、点線は"1"入力時の状態遷移パス、パス上の00, 11, 10, 01は出力信号 x_a, x_b の値を示している。例えば、状態0(00)において、"0"が入力すると出力は00で、状態は0(00)になり、"1"が入力すると出力は11で、状態は1(10)になる。

10

【0004】

図12はターボ復号器の構成図である。ターボ復号は、受信信号 y_a, y_b, y_c のうち、まず y_a と y_b を使って、第1の要素復号器DEC1で復号を行う。要素復号器DEC1は軟出力要素復号器であり、復号結果の尤度を出力する。次に、第1の要素復号器DEC1から出力された尤度と y_c を用いて第2の要素復号器DEC2で同様の復号を行う。すなわち、第2の要素復号器DEC2も軟出力要素復号器であり、復号結果の尤度を出力する。 y_c は原データ u をインタリーブしたものを符号化した x_c に対応する受信信号なので、第1の要素復号器DEC1から出力される尤度は第2の要素復号器DEC2に入力する前にする。

20

第2の要素復号器DEC2から出力された尤度はデインタリーブ(-1)された後、第1の要素復号器DEC1への入力としてフィードバックされる。また、 u は第2の要素復号器DEC2のデインタリーブ結果を"0", "1"判定した復号データ(復号結果)である。以後、上記の復号操作を所定回数繰り返し行うことにより、誤り率が低減する。

かかるターボ要素復号器における第1、第2の要素復号器DEC1, DEC2としてMAP要素復号器を使用することができる。

【0005】

図13は従来の第1のMAP復号方法を実現するMAP復号器の構成図で、符号化レート R 、情報長 N 、原情報 u 、符号化データ x_a, x_b 、受信データ y_a, y_b はそれぞれ、

30

- ・符号化レート: $R=1/2$
- ・情報長: N
- ・原情報: $u=[u_1, u_2, u_3, \dots, u_N]$
- ・符号化データ: $x_a=[x_{a1}, x_{a2}, x_{a3}, \dots, x_{ak}, \dots, x_{aN}]$
 $x_b=[x_{b1}, x_{b2}, x_{b3}, \dots, x_{bk}, \dots, x_{bN}]$
- ・受信データ: $y_a=[y_{a1}, y_{a2}, y_{a3}, \dots, y_{ak}, \dots, y_{aN}]$
 $y_b=[y_{b1}, y_{b2}, y_{b3}, \dots, y_{bk}, \dots, y_{bN}]$

である。すなわち、情報長 N の原情報 u より符号化データ x_a, x_b を生成し、受信時に符号化データに誤りが挿入されてデータ y_a, y_b が受信され、この受信データより原情報 u を復号するものとする。

40

移行確率演算部1は時間 k において (y_{ak}, y_{bk}) を受信すれば、

(x_{ak}, x_{bk}) が(0,0)である確率 $0, k$

(x_{ak}, x_{bk}) が(0,1)である確率 $1, k$

(x_{ak}, x_{bk}) が(1,0)である確率 $2, k$

(x_{ak}, x_{bk}) が(1,1)である確率 $3, k$

をそれぞれ演算して、メモリ2へ保存する。

【0006】

前方用確率演算部3は、1つ前の時間 $(k-1)$ の各状態 $m(=0\sim 1)$ において、原データ u_{k-1} が"1"である前方用確率 $1, k-1(m)$ と原データ u_{k-1} が"0"である前方用確率 $0, k-1(m)$ と、前記求めた時間 k における移行確率 $0, k, 1, k, 2, k,$

50

3, k とを用いて、時間 k において原データ u_k が "1" である前方用確率 $1, k(m)$ と原データ u_k が "0" である前方用確率 $0, k(m)$ を演算してメモリ 4 a ~ 4 d に記憶する。なお、必ず状態 $m=0$ から始まるから、前方用確率の初期値 $0, 0(0)=1, 0(0)=1$ 、 $0, 0(m)=1, 0(m)=0$ (但し、 $m=0$) である。

移行確率演算部 1 及び前方用確率演算部 3 は、 $k=k+1$ として上記演算を繰り返し、 $k=1$ から $k=N$ まで演算を行って、 $k=1 \sim N$ の各時間における移行確率 $0, k, 1, k, 2, k, 3, k$ と前方用確率 $1, k, 0, k$ を演算してメモリ 2, 4 a ~ 4 d にそれぞれ記憶する。

しかる後、後方用確率演算部 5 は、時間 $(k+1)$ の後方用確率 $k+1$ と移行確率 $s, k+1$ ($s=0, 1, 2, 3$) を使用して時間 k の各状態 m ($=0 \sim 3$) における後方用確率 $k(m)$ ($m=0 \sim 3$) を演算する。ただし、 k の初期値は $N-1$ であり、トレリス終結状態 $m=0$ とし、 $N(0)=1, N(1)=N(2)=N(3)=0$ とする。

結合確率演算部 6 の第 1 の演算部 6 a は時間 k の各状態 m ($=0 \sim 3$) における前方用確率 $1, k(m)$ と後方用確率 $k(m)$ とを掛け合わせて k 番目の原データ u_k が "1" である確率 $1, k(m)$ を演算し、第 2 の演算部 6 b は時間 k の各状態 m ($=0 \sim 3$) における前方用確率 $0, k(m)$ と後方用確率 $k(m)$ とを用いて原データ u_k が "0" である確率 $0, k(m)$ を演算する。

u_k 及び u_k 尤度演算部 7 は時間 k の各状態 m ($=0 \sim 3$) における "1" である確率 $1, k(m)$ ($m=0 \sim 3$) を加算すると共に、時間 k の各状態 m ($=0 \sim 3$) における "0" である確率 $0, k(m)$ ($m=0 \sim 3$) を加算し、加算結果、 $m=1, k(m)$ と $m=0, k(m)$ の大小に基づいて k 番目のデータ u_k の "1", "0" を決定すると共にその信頼度 (尤度) $L(u_k)$ を演算して出力する。

以後、後方用確率演算部 5、結合確率演算部 6、 u_k 及び u_k 尤度演算部 7 は $k=k-1$ として上記演算を繰り返し、 $k=N$ から $k=1$ まで演算を行って、 $k=1 \sim N$ の各時間における原データ u_k の "1", "0" を決定すると共にその信頼度 (尤度) $L(u_k)$ を演算して出力する。

【0007】

図 13 の第 1 の MAP 復号方法では使用するメモリが非常に多い問題がある。すなわち、第 1 の MAP 復号方法は、移行確率記憶用に $4 \times N$ のメモリを、前方用確率記憶用に m (状態数) $\times 2 \times N$ のメモリを必要とし、合計 $(4+m \times 2) \times N$ のメモリを必要とする。そして、実際の演算は軟判定信号を伴うからさらに 8 倍程度以上のメモリを必要とする。

そこで、メモリを削減するために、前方用確率演算と後方用確率演算の演算順を入替えて演算する方法が考えられる。図 14 はかかる第 2 の MAP 復号方法を実現する MAP 復号器の構成図であり、図 13 と同一部分には同一符号を付している。入出力反転部 8 は受信データの出力順序を適宜反転するもので、全受信データを記憶するメモリと受信データを入力順と逆順にあるいは同順に出力するデータ出力部を備えている。復号法として MAP 復号方法を採用するターボ復号器では受信データをインタリーブする必要があるため全受信データを記憶するメモリが存在するから、上記入出力反転部 8 のメモリとして該インタリーブ用のメモリを兼用でき、メモリ負担はない。

移行確率演算部 1 は時間 k ($=N$) として受信データ ($y_{a k}, y_{b k}$) を用いて、確率 $0, k, 1, k, 2, k, 3, k$ をそれぞれ演算して、メモリ 2 へ保存する。また、後方用確率演算部 5 は、時間 k ($=N$) の後方用確率 $k(m)$ と移行確率 s, k ($s=0, 1, 2, 3$) を使用して時間 $k-1$ の各状態 m ($=0 \sim 3$) における後方用確率 $k-1(m)$ ($m=0 \sim 3$) を演算してメモリ 9 に記憶する。以後、移行確率演算部 1 及び後方用確率演算部 5 は、 $k=k-1$ として上記演算を繰り返し、 $k=N$ から $k=1$ まで演算を行って、 $k=1 \sim N$ の各時間における移行確率 $0, k, 1, k, 2, k, 3, k$ と後方確率 $k(m)$ を演算してメモリ 2, 9 に記憶する。

【0008】

しかる後、前方用確率演算部 3 は、時間 $(k-1)$ において原データ u_{k-1} が "1" である前方用確率 $1, k-1(m)$ と原データ u_{k-1} が "0" である前方用確率 $0, k-1(m)$ と、前記求めた時間 k における移行確率 $0, k, 1, k, 2, k, 3, k$ とを用いて、時間 k の各状態 m ($=0 \sim 3$) において u_k が "1" である前方用確率 $1, k(m)$ と u_k が "0" 30

である前方用確率 $0, k(m)$ を演算する。ただし、 k の初期値は 1 である。

結合確率演算部 6 は時間 k の各状態 $0 \sim 3$ における前方用確率 $1, k(m)$ と後方用確率 $k(m)$ とを掛け合わせて k 番目の原データ u_k が "1" である確率 $1, k(m)$ を演算し、同様に、時間 k の各状態 $0 \sim 3$ における前方用確率 $0, k(m)$ と後方用確率 $k(m)$ とを用いて原データ u_k が "0" である確率 $0, k(m)$ を演算する。 u_k 及び u_k 尤度演算部 7 は時間 k における各状態 $0 \sim 3$ の "1" である確率 $1, k(m)$ ($m=0 \sim 3$) を加算すると共に、時間 k における各状態 $0 \sim 3$ の "0" である確率 $0, k(m)$ ($m=0 \sim 3$) を加算し、加算結果、 $m=1, k(m)$ と $m=0, k(m)$ の大小に基づいて k 番目のデータ u_k の "1", "0" を決定すると共にその信頼度 (尤度) $L(u_k)$ を演算して出力する。

以後、前方確率演算部 3、結合確率演算部 6、 u_k 及び u_k 尤度演算部 7 は $k=k+1$ として上記演算を繰り返し、 $k=1$ から $k=N$ まで演算を行って、 $k=1 \sim N$ の各時間における u_k の "1", "0" を決定すると共にその信頼度 (尤度) $L(u_k)$ を演算して出力する。

以上、第 2 の MAP 復号方法では、図 15 のタイムチャートに示すように、前半において移行確率演算、後方用確率演算及び演算結果のメモリへの記憶処理を行い、後半において前方用確率演算、結合確率演算、原データ及び尤度演算処理を行っている。すなわち、第 2 の MAP 復号方法では、前方用確率 $1, k(m)$ 、 $0, k(m)$ を記憶しないで、後方用確率 $k(m)$ を記憶する。この結果、必要とするメモリは、移行確率記憶用に $4 \times N$ 、後方用確率記憶用に状態数 $m \times N$ を必要とするだけとなり、必要とするメモリは合計 $(4+m) \times N$ となり、図 13 の第 1 の MAP 復号方法に比べ必要とするメモリ量を減少できる。しかし、使用メモリを更に減少することができる。

【0009】

図 16 は第 3 の MAP 復号方法の演算シーケンス説明図 (特許文献 1 参照) である。予め、情報長 N を L ($L=N^{1/2}$) 毎に分割し、分割点を $mS, m(S-1), \dots, m3, m2, m1$ とする。ただし、分割区間は小数点を桁上げするものとし、また、 L 値より小さい余り値 M の区間が存在する場合がある。

(1) まず、 $k=N$ の第 N 後方用確率から始めて $k=1$ の第 1 後方用確率まで逆方向に後方用確率 $k(m)$ ($k=N \sim 1$) を演算し、離散的に第 mS 後方用確率 $mS(m)$ 、第 $m(S-1)$ 後方用確率 $m(S-1)(m)$ 、 \dots 、第 $m3$ 後方用確率 $m3(m)$ 、第 $m2$ 後方用確率 $m2(m)$ を保存すると共に、第 $m1$ 後方用確率 $m1(m) \sim$ 第 1 後方用確率 $1(m)$ を連続的に保存する。

(2) ついで、第 1 前方用確率 $1,1(m)$ 、 $0,1(m)$ を演算し、該第 1 前方用確率と前記保存してある第 1 後方用確率 $1(m)$ を用いて第 1 番目の復号データ u_1 及び尤度 $L(u_1)$ を求め、同様に、第 2 ~ 第 $m1$ 番目の復号データ $u_2 \sim u_{m1}$ 及び尤度 $L(u_2) \sim L(u_{m1})$ を求める。

また、以上と並行して、(1) の処理で保存してある第 $m2$ 後方用確率 $m2(m)$ から始めて第 $(m1+1)$ 後方用確率 $m1+1(m)$ まで演算して保存する。

(3) ついで、第 $(m1+1)$ 前方用確率 $1,m1+1(m)$ 、 $0,m1+1(m)$ を演算し、該第 $(m1+1)$ 前方用確率と前記保存してある第 $(m1+1)$ 後方用確率 $m1+1(m)$ を用いて第 $(m1+1)$ 番目の復号データ u_{m1+1} 及び尤度 $L(u_{m1+1})$ を求め、同様に、第 $(m1+2) \sim$ 第 $m2$ 番目の復号データ $u_{m1+2} \sim u_{m2}$ 及び尤度 $L(u_{m1+2}) \sim L(u_{m2})$ を求める。

また、以上と並行して、(1) の処理で保存してある第 $m3$ 後方用確率 $m3(m)$ から始めて第 $(m2+1)$ 後方用確率 $m2+1(m)$ まで演算して保存する。

(4) ついで、第 $(m2+1)$ 前方用確率 $1,m2+1(m)$ 、 $0,m2+1(m)$ を演算し、該第 $(m2+1)$ 前方用確率と前記保存してある第 $(m2+1)$ 後方用確率 $m2+1(m)$ を用いて第 $(m2+1)$ 番目の復号データ u_{m2+1} 及び尤度 $L(u_{m2+1})$ を求め、同様に、第 $(m2+2) \sim$ 第 $m3$ 番目の復号データ $u_{m2+2} \sim u_{m3}$ 及び尤度 $L(u_{m2+2}) \sim L(u_{m3})$ を求める。

また、以上と並行して、(1) の処理で保存してある第 $m4$ 後方用確率 $m4(m)$ から始めて第 $(m3+1)$ 後方用確率 $m3+1(m)$ まで演算して保存する。

10

20

30

40

50

(5)~(8)以後、同様に、第 $(m+1)$ ~第 N 番目の復号データ u_{m+1} ~ u_N 及び尤度 $L(u_{m+1})$ ~ $L(u_N)$ を求める。

なお、後方用確立演算を行う(1)の状態をSTEPステートと定義し、(2)~(8)の後方用確立演算、前方用確立演算、結合確率演算を行う状態をDECステートと定義する。STEPステートでは情報長 N の後方用確率演算を行うので N サイクルの処理時間を要し、DECステートでも情報長 N の前方確率演算、結合確率演算を行うので同様に N サイクルの処理時間を要している。図17は、STEPステートとDECステートが明確になるようにした第3の復号方法のタイムチャートであり、この図より明らかなように、第3の復号方法では、STEPステートにおいて情報長 N の後方用確率演算を行うので N サイクルの処理時間を要し、DECステートでも情報長 N の前方確率演算、結合確率演算を行うので同様に N サイクルの処理時間を要している。

10

【0010】

図18は第3のMAP復号方法を実現するMAP復号器の構成図である。MAP制御部50はMAP復号器全体を制御し、図17の演算シーケンスに従って各部の演算タイミング、各メモリへのデータの読み出し、データ書き込みなどを制御する。入出力入替部51は受信データの出力順序を適宜入れ替えて出力するもので、全受信データを記憶するメモリと受信データを入力順と逆順にあるいは同順に出力するデータ出力部を備えている。

移行確率演算部52は時間 $k(=N)$ として受信データ $(y_{a,k}, y_{b,k})$ を用いて確率 $0, k, 1, k, 2, k, 3, k$ をそれぞれ演算する。また、後方用確率演算部53は、時間 $k(=N)$ の後方用確率 $k(m)$ と移行確率 $s, k(s=0, 1, 2, 3)$ を使用して時間 $k-1$ の各状態 $m(=0 \sim 3)$ における後方用確率 $k-1(m)(m=0 \sim 3)$ を演算する。以後、移行確率演算部52及び後方用確率演算部53は、 $k=k-1$ として上記演算を繰り返し、 $k=N$ から $k=1$ まで演算を行う。後方用確率演算部53は、 $k=N \sim 1$ までの後方用確率の演算と並行して離散的に求める第 m の後方用確率 $m(m)$ 、第 $(m-1)$ の後方用確率 $m(m-1)$ 、 \dots 、第 3 の後方用確率 $m(3)$ 、第 2 の後方用確率 $m(2)$ をメモリ54の離散的後方用確率記憶部54aに記憶し、又、第 1 の後方用確率 $m(1)$ ~第 1 の後方用確率 $1(m)$ を連続的後方用確率記憶部54bに記憶する。

20

しかる後、移行確率演算部52は時間 $k(=1)$ として受信データ $(y_{a,k}, y_{b,k})$ を用いて確率 $0, k, 1, k, 2, k, 3, k$ をそれぞれ演算する。また、前方用確率演算部55は $k=1$ とし、時間 $(k-1)$ における前方用確率 $1, k-1(m), 0, k-1(m)$ と、前記求めた時間 k における移行確率 $0, k, 1, k, 2, k, 3, k$ とを用いて、時間 k における前方用確率 $1, k(m), 0, k(m)$ を演算する。結合確率演算部56は時間 k の各状態 $m(=0 \sim 3)$ における前方用確率 $1, k(m)$ と後方用確率 $k(m)$ とを掛け合わせて k 番目の原データ u_k が"1"である確率 $1, k(m)$ を演算し、同様に、時間 k の各状態 $m(=0 \sim 3)$ における前方用確率 $0, k(m)$ と後方用確率 $k(m)$ とを用いて原データ u_k が"0"である確率 $0, k(m)$ を演算する。

30

u_k 及び u_k 尤度演算部57は時間 k における各状態 $m(=0 \sim 3)$ の"1"である確率の総和 $m(1, k(m))$ と"0"である確率の総和 $m(0, k(m))$ を求め、次式

$$L(u) = \log [m(1, k(m)) / m(0, k(m))]$$

により尤度を出力する。又、 $L(u) > 0$ であれば復号結果 $u_k = 1$ を、 $L(u) < 0$ であれば復号結果 $u_k = 0$ を出力する。

40

以後、移行確率演算部52、前方確率演算部55、結合確率演算部56、 u_k 及び u_k 尤度演算部57は $k=k+1$ として上記演算を繰り返し、 $k=1$ から $k=m-1$ まで演算を行って、 $k=1 \sim m-1$ の各時間における u_k とその信頼度(尤度) $L(u_k)$ を演算して出力する。

$k=1$ から $k=m-1$ までの u_k 及び $L(u_k)$ の上記演算と並行してMAP制御部50の制御により、移行確率演算部52は時間 $k(=m-1)$ として受信データ $(y_{a,k}, y_{b,k})$ を用いて、移行確率 $0, k, 1, k, 2, k, 3, k$ をそれぞれ演算する。また、後方用確率演算部53は時間 $k(=m-1)$ の後方用確率 $k(m)(=m-1(m))$ を記憶部54aより読み出し、該後方用確率 $k(m)$ と移行確率 $s, k(s=0, 1, 2, 3)$ を使用して時間 $k-1$ の各状態 $m(=0 \sim 3)$ における後方用確率 $k-1(m)(m=0 \sim 3)$ を演算して記憶部54bに記憶する。以後、移行確率演

50

算部 5 2 及び後方用確率演算部 5 3 は、 $k=k-1$ として上記演算を繰り返し、 $k=m 2$ から $k=m 1 +1$ まで演算を行い、第 $m 2$ 後方用確率 $m 2 (m) \sim$ 第 $m 1 +1$ 後方用確率 $m 1 + 1 (m)$ を記憶部 5 4 b に保存する。

【 0 0 1 1 】

しかる後、移行確率演算部 5 2 は時間 $k (=m 1 + 1)$ として受信データ $(y a k , y b k)$ を用いて、確率 $0, k, 1, k, 2, k, 3, k$ をそれぞれ演算する。また、前方用確率演算部 5 5 は $k=m 1 +1$ とし、時間 $(k-1)$ における前方用確率 $1, k-1(m), 0, k-1(m)$ と、前記求めた時間 k における移行確率 $0, k, 1, k, 2, k, 3, k$ とを用いて、時間 k の各状態 $m(=0 \sim 3)$ における前方用確率 $1, k(m), 0, k(m)$ を演算する。結合確率演算部 5 6、 $u k$ 及び $u k$ 及び尤度演算部 5 7 は前述と同様の演算を行って尤度 $L (u k)$ 及び $u k$ 10

以後、移行確率演算部 5 2、前方確率演算部 5 5、結合確率演算部 5 6、 $u k$ 及び $u k$ 尤度演算部 5 7 は $k=k+1$ として上記演算を繰り返し、 $k=m 1 +1$ から $k=m 2$ まで演算を行って、 $k=m 1 +1 \sim m 2$ の各時間における $u k$ 及びその信頼度 (尤度) $L (u k)$ を演算して出力する。また、後方用確率演算部 5 3 は、 $k=m 1 +1$ から $k=m 2$ までの上記計算と並行して後方用確率 $m 3(m) \sim m 2 + 1(m)$ を演算して記憶部 5 4 b に保存する。

以後、同様にして第 $(m 2 + 1) \sim$ 第 N 番目の復号データ $u m 2 + 1 \sim u N$ 及び尤度 $L (u m 2 + 1) \sim L (u N)$ を求める。

【 0 0 1 2 】

図 1 9 はターボ復号器 (図 1 2 参照) における要素復号器 DEC1, DEC2 として、本発明の MAP 20 復号器を用いた場合の構成図であり、1つの MAP 復号器で要素復号器 DEC1, DEC2 における復号動作を行うようになっている。尚、図 1 8 の MAP 復号器と同一部分には同一符号を付している。

MAP 制御部 5 0 は図 1 7 の演算シーケンスに従って MAP 復号器の各種タイミング等を制御すると共に復号データ及び信頼度情報を所定回数繰り返し演算する制御を行い、イネーブル生成部 5 0 a は復号処理の繰り返しに対応して各部にイネーブル信号を供給する。

入出力入替部 5 1 は、受信データ $y a, y b, y c$ を記憶する入力 RAM 5 1 a \sim 5 1 c 及び受信データの読み/書き制御を行う入力 RAM 制御部 5 1 d を有し、受信データを入力順に出力すると共に、適宜、出力順序を入れ替えて出力する (インタリーブ)。移行確率演算部 5 2 は移行確率を演算するもので、第 1、第 2 の 2 つの移行確率演算部 5 2 a , 30 5 2 b を有している。後方用確率演算部 (B 演算部) 5 3 は図 1 8 で説明したように後方用確率を演算する。メモリ 5 4 は後方用確率を記憶するもので、離散的後方用確率を記憶する RAM (STEP RAM) 5 4 a、連続的に後方用確率を記憶する RAM (BAC RAM) 5 4 b、後方用確率の読み/書きを制御する RAM 制御部 5 4 c を備えている。前方用確率演算部 (A 演算部) 5 5 は前方用確率を演算し、結合確率演算部 (L 算出部) 5 6 は前方用確率と後方用確率とを掛け合わせて k 番目のデータ $u k$ が "1" である確率と "0" である確率をそれぞれ演算し、尤度演算部 (L(u) 算出部) 5 7 は復号結果 u を出力すると共に事後確率 $L (u)$ を出力する。

S / P 変換部 6 1 は受信データを直列並列変換して入出力入替部 5 1 に入力する。変換により得られた受信データ $y a, y b, y c$ は n ビットで量子化された軟判定データである 40 。外部情報尤度算出部 (Le(u) 算出部) 6 2 は、第 1 回目の MAP 復号において L(u) 算出部 5 7 より出力する事後確率 $L (u)$ とタイミング調整部 5 1 から入力する MAP 復号器入力信号 $L y a$ とを用いて外部情報尤度 (今回の信頼度情報) $L e(u)$ を出力する。書込制御部 6 3 は外部尤度情報 $L e(u)$ を復号結果 RAM 6 4 に書き込み、読出し制御部 6 5 は復号結果 RAM 6 4 から読み出すことで外部情報尤度 $L e(u)$ に適宜インタリーブ、デインタリーブを施し、次の MAP 復号に用いる事前尤度 $L (u)$ として出力する。

【 0 0 1 3 】

インタリーブ制御部 6 6 は、Prime Interleave パターン (PIL パターン) を保存する PIL テーブル RAM 6 6 a と、該 RAM へ PIL パターンを書込む書込み回路 6 6 b を備え、所定の順序で PIL パターンを PIL テーブル RAM から読出し、該 PIL パターンに従って入力 RAM 制御部 50

5 1 と書込み制御部 6 3 と読出し制御部 6 5 を制御する。外部尤度メモリ 6 7 は外部尤度 RAM 6 7 a と RAM 制御部 6 7 b を備え、インタリーブされた信頼度情報尤度 $L_e(u)$ を $L(u)$ として記憶し、タイミング調整部 6 7 c は処理時間を考慮して演算データ等の時間調整を行って $L(u)$ を出力する。

ターボ復号では第 2 回目以降の MAP 復号において、(信号 L_{ya} +事前尤度 $L(u)$) を入力信号 L_{ya} として使用する。従って、外部情報尤度算出部 6 2 は第 2 回目の MAP 復号において、 $L(u)$ 算出部 5 7 より出力する事後確率 $L(u)$ と復号器入力信号 (=信号 L_{ya} +事前尤度 $L(u)$) を用いて次の MAP 復号に用いる外部情報尤度 $L_e(u)$ を出力する。

書込み制御部 6 3 は外部情報尤度 $L_e(u)$ をメモリ 6 4 に書き込み、読出し制御部 6 5 はメモリ 6 4 から読み出すことで外部情報尤度 $L_e(u)$ に適宜インタリーブを施し、次の MAP 復号に用いる事前尤度 $L(u)$ として出力する。以後、同様にして外部情報尤度 $L_e(u)$ を出力する。

各値の log 値 (L は log を意味する) を用いると、次式

$$L(u) = L_{ya} + L(u) + L_e(u) \quad (1)$$

が成立するから、外部情報尤度算出部 6 2 は次式

$$L_e(u) = L(u) - L_{ya} - L(u) \quad (2)$$

により外部情報尤度 $L_e(u)$ を求めることができる。但し、第 1 回目は $L(u) = 0$ である。

書込み制御部 6 3 は最終的に復号データ u を出力する場合には該復号データをメモリ 6 4 に書き込むが、それ以外は外部情報尤度 $L_e(u)$ をメモリ 6 4 に書き込む。読出し制御部 6 5 は復号データ u を出力する場合は、書き込み順に復号データ u をメモリ 6 4 から読出して出力し、外部情報尤度 $L_e(u)$ を読み出す場合、インタリーブ制御部 6 6 から指示される読出順に従って読出して出力する。外部尤度メモリ 6 7 は RAM 6 7 a と RAM 制御部 6 7 b を備え、外部情報尤度 $L_e(u)$ を事前尤度 $L(u)$ として記憶する。

【0014】

図 20 はターボ復号のシーケンス説明図である。ターボ復号は図 12 より明らかなように y_a , y_b を用いる前半の復号と、 y_a , y_c を用いる後半の復号を一組にして複数回繰り返す。

第 1 回目の前半の復号処理では、受信信号 L_{cya} , L_{cyb} を用いて復号し、得られた尤度 $L(u_1)$ を出力する。ついで、(2)式(但し、 $L(u_1) = 0$)により、事前尤度 $L_e(u_1)$ を求めインタリーブして $L(u_2)$ とする。

第 1 回目の後半の復号処理では、受信信号 L_{cya} をインタリーブしたものと前半の復号処理で得られた事前尤度 $L(u_2)$ とを新たな受信信号 L_{cya} とみなし、該 L_{cya} と L_{cyc} を用いて復号し、得られた尤度 $L(u_2)$ を出力する。ついで、(2)式により事前尤度 $L_e(u_2)$ を求めインタリーブして $L(u_3)$ とする。

第 2 回目の前半の復号処理では、受信信号 L_{cya} と後半の復号処理で得られた事前尤度 $L(u_3)$ とを新たな受信信号 L_{cya} とみなし、該 L_{cya} と L_{cyb} を用いて復号し、得られた尤度 $L(u_3)$ を出力する。ついで、上式により事前尤度 $L_e(u_3)$ を求めインタリーブして $L(u_4)$ とする。

第 2 回目の後半の復号処理では、受信信号 L_{cya} をインタリーブしたものと前半の復号処理で得られた事前尤度 $L(u_4)$ とを新たな受信信号 L_{cya} とみなし、該 L_{cya} と L_{cyc} を用いて復号し、得られた尤度 $L(u_4)$ を出力する。ついで、(2)式により事前尤度 $L_e(u_4)$ を求めインタリーブして $L(u_5)$ とする。以後、上記復号処理を繰り返す。

図 21 は図 19 のターボ復号器のタイミング図であり、インタリーブを行わない前半部とインタリーブを行う後半部に分けており、インタリーブに対応する後半の STEP ステートを MILSTEP ステート、DEC ステートを MILDEC ステートという。図 21 は説明を容易にするために、実際にはありえない $N=8$ ビット、分割長 $L=2$ ビットとしている。

【0015】

前半部の STEP ステートにおいて、ターボ復号器は入力 RAM 5 1 a ~ 5 1 c からアドレス (7, 6, ..., 1, 0) の順に入力データを読み出して移行確率を演算すると共に後方用確率を演算し、 $L (= 2)$ 毎に離散的に後方用確率 ${}_6(m)$, ${}_4(m)$, ${}_2(m)$, を保存すると

10

20

30

40

50

共に、後方用確率 $1(m) \sim 0(m)$ を連続的に保存する。これと並行して、後方からのアドレス $(7, 6, \dots, 1, 0)$ の順に復号結果RAM 6 4 から前回演算して記憶されている外部情報尤度 $Le(u)$ を読み出して外部尤度RAM 6 7 a にアドレス $(7, 6, \dots, 1, 0)$ の順に書き込む。

前半部のDECステートにおいて、ターボ復号器は入力RAM 5 1 a ~ 5 1 c からアドレス $(0, 1, 2, \dots, 6, 7)$ の順に入力データを読み出して移行確率を演算し、かつ、外部尤度RAM 6 7 a からアドレス $(0, 1, 2, \dots, 6, 7)$ の順に事前尤度 $L(u)$ を読み出し、これら移行確率と事前尤度 $L(u)$ を用いて前方用確率を演算する。また、ターボ復号器は得られた前方用確率と演算済みの後方用確率を用いて結合確率演算を行なうと共に外部情報尤度 $Le(u)$ を演算して復号結果RAM 6 4 にアドレス $(0, 1, 2, \dots, 6, 7)$ の順に書き込む。更に、以上と並行してターボ復号器は、離散的に記憶してある後方用確率と入力データと事前尤度 $L(u)$ を用いて後方用確率を連続的に演算する。

また、後半部のMIL STEPステートにおいて、ターボ復号器はPILパターンが示すアドレス $(5, 3, 0, 1, 7, 4, 2, 6)$ の順に入力RAM 5 1 a ~ 5 1 c から入力データを読み出して移行確率を演算すると共に後方用確率を演算する。これと並行して、PILパターンが示すアドレス $(5, 3, 0, 1, 7, 4, 2, 6)$ の順に復号結果RAM 6 4 から前回演算して記憶されている外部情報尤度 $Le(u)$ を読み出してアドレス $(7, 6, \dots, 1, 0)$ の順に外部尤度RAM 6 7 a に書き込む。

後半部のMILDECステートにおいて、ターボ復号器は入力RAM 5 1 a ~ 5 1 c からPILパターンが示すアドレス $(6, 2, 4, 7, 1, 0, 3, 5)$ の順に入力データ $(gcehbadf)$ を読み出して移行確率を演算し、かつ、外部尤度RAM 6 7 a からアドレス $(0, 1, 2, \dots, 6, 7)$ の順に事前尤度 $L(u)$ $(=gcehbadf)$ を読み出し、これら移行確率と事前尤度 $L(u)$ を用いて前方用確率を演算する。また、ターボ復号器は得られた前方用確率と演算済みの後方用確率を用いて結合確率演算を行なうと共に外部情報尤度 $Le(u)$ $(=gcehbadf)$ を演算して復号結果RAM 6 4 のPILパターンが示すアドレス $(6, 2, 4, 7, 1, 0, 3, 5)$ に順に書き込む(インタリーブ)。更に、以上と並行してターボ復号器は、離散的に記憶してある後方用確率と入力データと事前尤度 $L(u)$ を用いて後方用確率を連続的に演算する。

なお、MILDECステートにおいて、入力RAM 5 1 a から後方用確率演算のためのデータと前方用確率演算のためのデータを同時に読み出すが、入力RAM 5 1 a はデュアルポートRAMなので同時読み出しが可能である。また、各種演算後、復号結果を復号結果RAM 6 4 に書き込む時のアドレスもPILパターンであるが、1サイクルに1データを書き込むのでRAMの同時アクセスは無い。

【特許文献1】：国際公開第W000/52833号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

第3のMAP復号法によれば、 $m_1 = L$, $m_2 = 2L$, $m_3 = 3L \dots$ の場合、後方用確率を記憶するのに $L \times m + (s - 1)$ (m : 状態数) のメモリ容量を必要するだけでよい。又、第N後方用確率から第1後方用確率まで後方用確率を逆方向に演算し、得られた後方用確率を離散的に記憶し、必要に応じて該離散的に記憶した後方用確率から始めて必要数の後方用確率を演算するようにしたから、該後方用確率 $k(m)$ を正確に計算でき、MAP復号の精度を向上することができる。

しかしながら、第3のMAP復号法ではSTEPステート(図17参照)において、情報長Nの後方用確率演算を行うのでNサイクルの処理時間を要し、DECステートでも情報長Nの前方用確率演算、結合確率演算を行うので同様にNサイクルの処理時間を要し、トータル $2 \times N$ サイクルの処理時間を必要とする問題がある。その為、制限時間内に情報長Nが長いデータを復号する場合はMAP復号器を複数個実装しなければならず、回路規模が増加していた。

また、第3の復号方法では、後方用確率演算と前方用確率演算の両方を同時に行う必要があるため、同時に各RAMをアクセスする必要が生じる。かかる場合、RAMを2面持たせ、あるいは、デュアルポートRAMを使用することにより対応することが可能であるが、高価

10

20

30

40

50

な構成になる。

従って、本発明の目的は、第3の復号方法の利点を維持したままMAP復号に要する時間を短縮し、回路規模を削減することである。

本発明の別の目的は、必要とするメモリ量を削減できるようにすることである。

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記課題は本発明によれば、長さNの情報を符号化した符号化データの第1～第k番目の符号化データを用いて第k前方用確率を演算すると共に、第N～第k番目の符号化データを用いて第k後方用確率を求め、これら確率を用いて第k番目の復号結果を出力する最大事後確率復号方法および復号装置により達成される。

本発明の、最大事後確率復号方法は、(1)情報長Nを複数の区間に分割するとき、第N後方用確率から逆方向に第(n+1)区間までの後方用確率を演算すると共に各分割点の後方用確率を保存し、該後方用確率演算と並行して第1前方用確率から順方向に第n区間までの前方用確率を演算すると共に各分割点の前方用確率を保存する第1ステップ、(2)前記保存した後方用確率を用いて第(n+1)区間から最終区間までの後方用確率を演算すると共に、第(n+1)区間から最終区間までの前方用確率を演算し、これら後方用確率と前方用確率を用いて第(n+1)区間から最終区間までの復号結果を求める第2ステップ、(3)ついで、前記保存した前方用確率を用いて第n区間から第1区間までの前方用確率を演算すると共に、前記保存した第n分割点の後方用確率を用いて第n区間から第1区間までの後方用確率を演算し、これら前方用確率と後方用確率を用いて第n区間から第1区間までの復号結果を求める第3ステップを有している。

前方用確率演算と後方用確率演算で同時にアクセスされるメモリを、アドレス数が最小N/2の2つのシングルポートRAMで構成し、かつ、シングルポートRAMに同時にアクセスしないようにアドレスを発生し、該シングルポートRAMに同時にアクセスしないようにアドレスを発生できない場合には前記メモリをデュアルポートRAMで、あるいは、メモリを2面持たせて構成する。

また、前方用確率演算と後方用確率演算で同時にアクセスされるメモリを、アドレス数が最小N/2の2つのシングルポートRAMで構成し、かつ、シングルポートRAMに同時にアクセスしないようにアドレスを発生し、インタリーブ処理が原因で前記シングルポートRAMに同時にアクセスする場合には、該インタリーブ処理したアドレスを元のアドレスに戻して前記メモリにデータを格納することにより、シングルポートRAMに同時にアクセスしないようにアドレスを発生する。

本発明の復号装置は、後方用確率を演算する後方用確率演算部、演算された後方用確率を保存する後方用確率保存部、前方用確率を演算する前方用確率演算部、演算された前方用確率を保存する前方用確率保存部、第k前方用確率と第k後方用確率を用いて第k番目の復号結果を求める復号結果演算部、前記後方用確率演算部、前方用確率演算部、復号結果演算部の演算タイミングを制御する制御部を備え、(1)情報長Nを分割長Lで分割したとき、余り領域を含めた分割数を $2n$ ($2n$ は偶数)または $2n+1$ ($2n+1$ は奇数)とするとき、前記後方用確率演算部は、第N後方用確率から逆方向に第(n+1)区間までの後方用確率を演算すると共に各分割点の後方用確率を離散的に前記後方用確率保存部に保存し、該後方用確率演算と並行して前記前方用確率演算部は、第1前方用確率から順方向に第n区間までの前方用確率を演算すると共に各分割点の前方用確率を離散的に前記前方用確率保存部に保存し、(2)前記後方用確率演算部は、前記離散的に保存した後方用確率を用いて第(n+1)区間から最終区間までの後方用確率を演算すると共に、前記前方用確率演算部は、第(n+1)区間から最終区間までの前方用確率を演算し、前記復号結果演算部はこれら後方用確率と前方用確率を用いて第(n+1)区間から最終区間までの復号結果を求め、(3)ついで、前記前方用確率演算部は、前記離散的に保存した前方用確率を用いて第n区間から第1区間までの前方用確率を演算すると共に、前記後方用確率演算部は、前記保存した第n分割点の後方用確率を用いて第n区間から第1区間までの後方用確率を演算し、前記復号結果演算部はこれら前方用確率と後方用確率を用いて第n区間から第1区間までの復号結

10

20

30

40

50

果を求める。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、STEPステート処理に $N/2$ サイクル、DECステート処理に N サイクル、トータル $3N/2$ サイクルを必要とするだけであるため、 $2N$ サイクルを必要とする従来の復号処理に比べて復号処理時間が短縮することができる。仮に、時間 T 以内にターボ復号を2回行う必要があり且つ1回の復号時間が $T/2$ 以上だと、MAP復号器を2個実装しなければならない。本発明を適用することでターボ復号1回の復号処理時間が $T/2$ 以下になれば、MAP復号器1個分の回路規模を削減することができる。

また、本発明によれば、分割数が奇数であれば後方用確率演算を前方用確率演算より早めに開始することにより、また、分割数が偶数である場合には、前方用確率演算を後方用確率演算より早めに開始することにより、STEPステートにおける後方用確率演算処理と前方用確率演算処理を同時に終了することができ、復号処理時間が短縮することができる。

また、本発明によれば、前方用確率演算と後方用確率演算で同時にアクセスされるメモリを、アドレス数が最小 $N/2$ の2つのシングルポートRAMで構成し、かつ、シングルポートRAMに同時にアクセスしないようにアドレスを発生するようにしたから、使用メモリ量を減少でき、あるいはデュアルポートRAMを使用する必要がなくコストを抑えることができる。また、本発明によれば、インタリーブ処理が原因で前記シングルポートRAMに同時にアクセスする場合、該インタリーブ処理したアドレスを元のアドレスに戻してデータを格納するようにしたからシングルポートRAMに同時にアクセスしないようにでき、この結果、使用メモリ量を減少でき、コストを抑えることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

長さ N の情報を符号化した符号化データの第1～第 k 番目の符号化データを用いて第 k 前方用確率を演算すると共に、第 N ～第 k 番目の符号化データを用いて第 k 後方用確率を求め、これら確率を用いて第 k 番目の復号結果を出力する復号装置である。

復号装置は、後方用確率を演算する後方用確率演算部、演算された後方用確率を保存する後方用確率保存部、前方用確率を演算する前方用確率演算部、演算された前方用確率を保存する前方用確率保存部、第 k 前方用確率と第 k 後方用確率を用いて第 k 番目の復号結果を求める復号結果演算部、前記後方用確率演算部、前方用確率演算部、復号結果演算部の演算タイミングを制御する制御部を備えている。

この復号装置の復号方法は、以下の第1～第3ステップを有している。

第1ステップは、第 N 後方用確率から逆方向に第 $(n+1)$ 区間までの後方用確率を演算すると共に、各分割点の後方用確率を離散的に保存し、かつ、第 $(n+1)$ 番目の分割区間の後方用確率を連続的に保存するステップ、該後方用確率演算と並行して第1前方用確率から順方向に第 n 区間までの前方用確率を演算すると共に各分割点の前方用確率を離散的に保存するステップで構成される。

第2ステップは、第 $(n+1)$ 番目の分割区間の前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある該 $(n+1)$ 番目の分割区間の後方用確率を用いて該 $(n+1)$ 番目の分割区間の復号結果を求め、これらと並行して前記保存してある分割点 $(n+2)$ の後方用確率から逆方向に第 $(n+2)$ 番目の分割区間の後方用確率を演算して保存するステップ、ついで、第 $(n+2)$ 番目の分割区間の前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある該 $(n+2)$ 番目の分割区間の後方用確率を用いて該 $(n+2)$ 番目の分割区間の復号結果を求め、これらと並行して前記保存してある分割点 $(n+3)$ の後方用確率から逆方向に第 $(n+3)$ 番目の分割区間の後方用確率を演算して保存するステップ、以後、同様にして最後の分割区間までの復号結果を求めるステップで構成される。

第3ステップは、前記保存してある分割点 n の後方用確率から逆方向に第 n 番目の分割区間の後方用確率を演算して保存するステップ、ついで、前記保存してある $(n-1)$ 番目の分割点の前方用確率を用いて第 n 番目の分割区間の前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある該 n 番目の分割区間の後方用確率を用いて該 n 番目の分割区間の復号結果を

求め、これらと並行して逆方向に第 $(n - 1)$ 番目の分割区間の後方用確率を演算して保存するステップ、ついで、前記保存してある $(n - 2)$ 番目の分割点の前方用確率を用いて第 $(n - 1)$ 番目の分割区間の前方用確率を演算し、該前方用確率と前記保存してある該 $(n - 1)$ 番目の分割区間の後方用確率を用いて該 $(n - 1)$ 番目の分割区間の復号結果を求め、これらと並行して、逆方向に第 $(n - 2)$ 番目の分割区間の後方用確率を演算して保存するステップ、以後、同様にして最初の分割区間までの復号結果を求めるステップで構成される。

【実施例 1】

【0020】

図 1 は本発明のターボ復号器の構成図であり、図 19 の従来構成と同一部分には同一符号を付している。異なる点は、(1) STEP ステートにおいて、後方用確率演算と共に前方用確率演算部 55 が前方用確率演算を行い、メモリ制御部 71a の制御で前方用確率メモリ (STEP Aメモリ) 71b に分割長 L 毎に前方用確率を離散的に記憶する点、(2) DEC ステートにおいて該分割長 L 毎の前方用確率を適宜読み出して前方用確率演算部 55 に入力して連続的に分割長 L 分の前方用確率を演算して出力する点である。

図 2 は情報ビット数 N を分割長 L で分割したときの分割数が奇数の場合における本発明の MAP 復号方法の演算シーケンス説明図である。予め、情報長 N を分割長 L 毎に分割し、分割点を $6L, 5L, \dots, 2L, L$ とする。ただし、分割区間は小数点を桁上げするものとし、また、 L 値より小さい余り値 M の区間 ($N - 6L$ の区間) が存在する場合がある。

(1) STEP ステートにおいて、後方用確率演算部 53 は $k = N$ の第 N 後方用確率から始めて $k = 6L$ の第 L 後方用確率まで逆方向に後方用確率 $k(m)$ ($k = N \sim L$) を演算し、第 $6L$ 20 後方用確率 $_{6L}(m)$ を Bメモリ 54b に書き込む。

ついで、後方用確率演算部 53 は $k = 6L \sim 5L$ の後方用確率を演算すると共に、前方用確率演算部 55 は $k = 1 \sim L$ の前方用確率を演算し、第 $6L$ 後方用確率 $_{6L}(m)$ を Bメモリ 54b に書き込むと共に、第 L 前方用確率 $_{L}(m)$ を Aメモリ 71b に書き込む。以後、後方用確率演算部 53 は後方用確率を演算して、Bメモリ 54b に後方用確率 $_{6L}(m), _{5L}(m), _{4L}(m), _{3L}(m)$ を離散的に保存すると共にメモリ 54a に後方用確率 $_{4L}(m) \sim _{3L+1}(m)$ を連続して保存する。また、前方用確率演算部 55 は前方用確率を演算し、前方用確率 $_{L}(m), _{2L}(m), _{3L}(m)$ を Aメモリ 71b に離散的に保存する (なお、 $_{4L}(m), _{3L}(m)$ は必ずしも記憶しなくても良い)。

(分割数 - 1) $L / 2$ 個 (図 2 では $3L$ 個) までの後方用確率と前方用確率の演算が終了すれば、STEP ステートの処理は終了し第 1 DEC ステート DEC1 の処理が開始する。 30

(2) DEC1 ステートにおいて、前方用確率演算部 55 は第 $(3L+1)$ 前方用確率 $_{3L+1}(m)$ を演算し、結合確率演算部 56 は該第 $(3L+1)$ 前方用確率 $_{3L+1}(m)$ と STEP ステートにおいて演算して保存してある第 $(3L+1)$ 後方用確率 $_{3L+1}(m)$ を用いて結合演算を行い、 $L(u)$ 演算部 57 は第 $(3L+1)$ 番目の復号データ u_{3L+1} 及び尤度 $L(u_{3L+1})$ を求めて出力する。以後、同様に、第 $(3L+2) \sim$ 第 $4L$ 番目の復号データ $u_{3L+2} \sim u_{4L}$ 及び尤度 $L(u_{3L+2}) \sim L(u_{4L})$ を求める。また、以上と並行して、後方用確率演算部 53 は (1) の処理で保存してある第 $5L$ 後方用確率 $_{5L}(m)$ から初めて後方用確率 $_{5L}(m) \sim _{4L+1}(m)$ まで演算してメモリ 54a に保存する。

(3) ついで、前方用確率演算部 55 は第 $(4L+1)$ 前方用確率 $_{4L+1}(m)$ を演算し、結合確率演算部 56 は該第 $(4L+1)$ 前方用確率 $_{4L+1}(m)$ と (2) において演算して保存して第 $(4L+1)$ 後方用確率 $_{4L+1}(m)$ を用いて結合演算を行い、 $L(u)$ 演算部 57 は第 $(4L+1)$ 番目の復号データ u_{4L+1} 及び尤度 $L(u_{4L+1})$ を求めて出力する。以後、同様に、第 $(4L+2) \sim$ 第 $5L$ 番目の復号データ $u_{4L+2} \sim u_{5L}$ 及び尤度 $L(u_{4L+2}) \sim L(u_{5L})$ を求める。また、以上と並行して、後方用確率演算部 53 は (1) の処理で保存してある第 $6L$ 後方用確率 $_{6L}(m)$ から初めて後方用確率 $_{6L}(m) \sim _{5L+1}(m)$ まで演算してメモリ 54a に保存する。 40

以後、同様にして、第 $3L+1 \sim$ 第 N 番目の復号データ $u_{3L+1} \sim u_N$ 及び尤度 $L(u_{3L+1}) \sim L(u_N)$ を求めれば DEC1 ステートの処理は終了し、DEC2 ステートが開始する。

(4) DEC2 ステートにおいて、後方用確率演算部 53 は (1) の処理で保存してある第 $3L$ 後方用確率 $_{3L}(m)$ から初めて後方用確率 $_{3L}(m) \sim _{2L+1}(m)$ まで演算して保存する。 50

ついで、前方用確率演算部 5 5 は A メモリ 7 1 b に記憶してある前方用確率 $2L(m)$ を用いて第 $(2L+1)$ 前方用確率 $2L+1(m)$ を演算し、結合確率演算部 5 6 は該第 $(2L+1)$ 前方用確率 $2L+1(m)$ と上記処理において演算して保存してある第 $(2L+1)$ 後方用確率 $2L+1(m)$ を用いて結合演算を行い、 $L(u)$ 演算部 5 7 は第 $(2L+1)$ 番目の復号データ u_{2L+1} 及び尤度 $L(u_{2L+1})$ を求めて出力する。以後、同様に、第 $(2L+2) \sim$ 第 3L 番目の復号データ $u_{2L+2} \sim u_{3L}$ 及び尤度 $L(u_{2L+2}) \sim L(u_{3L})$ を求める。また、以上と並行して、後方用確率演算部 5 3 は第 2L 後方用確率 $2L(m)$ から初めて後方用確率 $2L(m) \sim L+1(m)$ まで演算してメモリ 5 4 a に保存する。

以後、同様の処理により、第 1 ~ 第 3L 番目の復号データ $u_1 \sim u_{3L}$ 及び尤度 $L(u_1) \sim L(u_{3L})$ を求めれば、ターボ復号処理は終了する。

以上のターボ復号処理によれば、STEP ステート処理に $N/2$ サイクル、DEC ステート処理に N サイクル、トータル $3N/2$ サイクルを必要とするだけである。このため $2N$ サイクルを必要とする、従来 of 図 1 7 に示す復号処理に比べて復号処理時間が短縮する。

【0021】

図 3 は情報ビット数 N を分割長 L で分割したときの分割数が偶数の場合における本発明の MAP 復号方法の演算シーケンス説明図である。

(1) 分割数が偶数の場合、STEP ステートにおいて、前方用確率から演算を開始する。前方用確率演算部 5 5 は $k=1 \sim L$ の受信データについて前方用確率演算を行い、第 L 前方用確率 $L(m)$ を A メモリ 7 1 a に格納する。 $k=0 \sim L$ の前方用確率演算を行っている間に、後方用確率演算部 5 3 は $N \sim 7L$ の後方用確率演算を行い、第 $7L$ 後方用確率 $7L(m)$ を B メモリ 5 4 b に書き込む。なお、以上は $0 \sim L$ の前方用確率演算の終了時間に合わせて $N \sim 7L$ の後方用確率演算を終了するようした例であるが、前方用確率演算と後方用確率演算を同時に開始してもよい。この場合は情報長 N によっては後方用確率演算 $N \sim 7L$ と後方用確率演算 $7L \sim 6L$ の間に演算を行わないタイミングが生じる。

次に前方用確率演算部 5 5 は $k = L \sim 2L$ の受信データについて前方用確率演算を行い、算出した前方用確率 $2L(m)$ を A メモリ 7 1 b に格納する。同時に $k = 7L \sim 6L$ の後方用確率演算を行い、算出した後方用確率 $6L(m)$ を B メモリ 5 4 b に書き込む。

以後、前方用確率演算部 5 5 は前方用確率を演算し、前方用確率 $L(m)$, $2L(m)$, $3L(m)$, $4L(m)$ を A メモリ 7 1 b に離散的に保存する。また、後方用確率演算部 5 3 は後方用確率を演算して、B メモリ 5 4 b に後方用確率 $7L(m)$, $6L(m)$, $5L(m)$, $4L(m)$ を離散的に保存すると共にメモリ 5 4 a に後方用確率 $5L(m) \sim 4L+1(m)$ を連続して保存する。なお、 $5L(m)$, $4L(m)$ は必ずしも記憶しなくても良い。

(分割数) $\times L / 2$ 個 (図 2 では $4L$) までの後方用確率と前方用確率の演算が終了すれば、STEP ステートの処理は終了し第 1 DEC ステート DEC1 の処理が開始する。

(2) DEC1 ステートにおいて、前方用確率演算部 5 5 は第 $(4L+1)$ 前方用確率 $4L+1(m)$ を演算し、結合確率演算部 5 6 は該第 $(4L+1)$ 前方用確率 $4L+1(m)$ と STEP ステートにおいて演算して保存してある第 $(4L+1)$ 後方用確率 $4L+1(m)$ を用いて結合演算を行い、 $L(u)$ 演算部 5 7 は第 $(4L+1)$ 番目の復号データ u_{4L+1} 及び尤度 $L(u_{4L+1})$ を求めて出力する。以後、同様に、第 $(4L+2) \sim$ 第 5L 番目の復号データ $u_{4L+2} \sim u_{5L}$ 及び尤度 $L(u_{4L+2}) \sim L(u_{5L})$ を求める。また、以上と並行して、後方用確率演算部 5 3 は (1) の処理で保存してある第 6L 後方用確率 $6L(m)$ から初めて後方用確率 $6L(m) \sim 5L+1(m)$ まで演算してメモリ 5 4 a に保存する。

(3) ついで、前方用確率演算部 5 5 は第 $(5L+1)$ 前方用確率 $5L+1(m)$ を演算し、結合確率演算部 5 6 は該第 $(5L+1)$ 前方用確率 $5L+1(m)$ と (2) において演算して保存してある第 $(5L+1)$ 後方用確率 $5L+1(m)$ を用いて結合演算を行い、 $L(u)$ 演算部 5 7 は第 $(5L+1)$ 番目の復号データ u_{5L+1} 及び尤度 $L(u_{5L+1})$ を求めて出力する。以後、同様に、第 $(5L+2) \sim$ 第 6L 番目の復号データ $u_{5L+2} \sim u_{6L}$ 及び尤度 $L(u_{5L+2}) \sim L(u_{6L})$ を求める。また、以上と並行して、後方用確率演算部 5 3 は (1) の処理で保存してある第 7L 後方用確率 $7L(m)$ から初めて後方用確率 $7L(m) \sim 6L+1(m)$ まで演算してメモリ 5 4 a に保存する。

以後、同様にして、第 $4L+1 \sim$ 第 N 番目の復号データ $u_{4L+1} \sim u_N$ 及び尤度 $L(u_{4L+1}) \sim L(u_N)$ を求める。

10

20

30

40

50

uN)を求めればDEC1ステートの処理は終了し、DEC2ステートが開始する。

(4)DEC2ステートにおいて、後方用確率演算部53は(1)の処理で保存してある第4L後方用確率 $4L(m)$ から初めて後方用確率 $4L(m) \sim 3L+1(m)$ まで演算して保存する。

ついで、前方用確率演算部55はAメモリ71bに記憶してある前方用確率 $3L(m)$ を用いて第(3L+1)前方用確率 $3L+1(m)$ を演算し、結合確率演算部56は該第(3L+1)前方用確率 $3L+1(m)$ と上記処理において演算して保存してある第(3L+1)後方用確率 $3L+1(m)$ を用いて結合演算を行い、L(u)演算部57は第(3L+1)番目の復号データ u_{3L+1} 及び尤度 $L(u_{3L+1})$ を求めて出力する。以後、同様に、第(3L+2)～第4L番目の復号データ $u_{3L+2} \sim u_{4L}$ 及び尤度 $L(u_{3L+2}) \sim L(u_{4L})$ を求める。また、以上と並行して、後方用確率演算部53は第3L後方用確率 $3L(m)$ から初めて後方用確率 $3L(m) \sim 2L+1(m)$ まで演算してメモリ54aに保存する。 10

以後、同様の処理により、第1～第4L番目の復号データ $u_1 \sim u_{4L}$ 及び尤度 $L(u_1) \sim L(u_{4L})$ を求めれば、ターボ復号処理は終了する。

以上のターボ復号処理によれば、STEPステート処理にN/2サイクル、DECステート処理にNサイクル、トータル3N/2サイクルを必要とするだけである。このため2Nサイクルを必要とする、従来図17に示す復号処理に比べて復号処理時間が短縮する。

図4は本発明のMAP制御部50の制御処理フローである。分割数が偶数であるか、奇数であるかを判定し(ステップ101)、奇数であれば図2の演算シーケンスに従ってターボ復号処理を行い(ステップ102)、偶数であれば図3の演算シーケンスに従ってターボ復号処理を行う(ステップ103)。 20

【実施例2】

【0022】

従来例である図21の演算シーケンスより明らかなように、DECステート、MILDECステートにおいて、入力RAM51a～51c、外部尤度RAM67a、PILテーブルRAM66a等を後方用確率演算と前方用確率演算で同時にアクセスする必要がある。このため、PILテーブルRAM66a、外部尤度RAM67a、復号結果RAM64を、アドレス数N/2のシングルポートRAMを2個実装して構成し、2個のRAMを分割単位長L毎に切り替えて使用している。なお、入力RAM51a～51cはデュアルポートRAMで構成している。

図5はアドレス数N/2のシングルポートRAMを2個実装した場合の説明図で、N=8ビット、分割長L=2ビットとした例である。図5(a)に示すように2個のRAMをRAM1、RAM2とすると、L=2のデータD0、D1をRAM1のアドレス0、1に、データD2、D3をRAM2のアドレス0、1に、データD4、D5をRAM1のアドレス2、3に、データD6、D7をRAM2のアドレス2、3に対応付ける(読み書きする)。このように構成することでRAM1のデータとRAM2のデータを同時に読み書きすることが可能となり、ターボ復号器のPILテーブルRAM66a、復号結果RAM64、外部尤度RAM67aを後方用確率演算と前方用確率演算で同時にアクセスできるようになる。なお、図5(b)に示すようにRAM1、RAM2を結合して通しのアドレスを付加し、その記憶内容をa～hとしている。 30

図6は図1のターボ復号器のタイミング図であり、インタリーブを行わない前半部とインタリーブを行う後半部に分けており、説明を容易にするために、N=8ビット、分割長L=2ビットとしている。図6の各ステートにおいて、入力RAM51a～51c、復号結果RAM64、外部尤度RAM67a、PILテーブルRAM66aは、後方用確率演算と前方用確率演算で同時にアクセスされる。前半部ではインタリーブしていないためアドレス数N/2のシングルポートRAMを2個実装する構成により同時アクセス可能になる。しかし、後半部のMILSTEPステート、MILDECステートではPILパターンに基づいて並び替えをしているため、単純にアドレス数N/2のシングルポートRAMを2個実装するだけでは解決できない。 40

そこで、実施例2では、外部尤度RAM67aとPILテーブルRAM66aはアドレス数N/2のシングルポートRAMを2個実装して同時アクセスを可能にするが、入力RAM51a～51cおよび復号結果RAM64については2面実装し、一方を前方用確率演算のために使用し、他方を後方用確率演算のために使用する。あるいは、入力RAM51a～51c及び復号結果RAM64をデュアルポートRAMで構成し、デュアルポートRAMのAポートを前方用確率演算用と 50

し、Bポートを後方用確率演算用とする。

外部尤度RAM 6 7 aの書き込みについて説明すると、後方からのアドレス(7, 6, 5, 4)と前方からのアドレス(0, 1, 2, 3)で同時に書き込むため、2個のシングルポートRAM構成とすることにより同時書き込みが可能になる。

一方、復号結果RAM 6 4について説明すると、STEPステートは後方からのアドレス(7, 6, 5, 4)と前方からのアドレス(0, 1, 2, 3)でアクセスするため、2個のシングルポートRAM構成とすることにより同時読み出しが可能だが、MILSTEPステートではPILパターンで読み出す為、2個のシングルポートRAM構成としても一方のシングルポートRAMを同時にアクセスするが生じ、2個のシングルポートRAM構成にしても同時アクセスは不可能である。そこで、復号結果RAM 6 4をデュアルポートRAMに変更するか、あるいは2面持たせる。デュアルポートRAMとする場合はAポートを後方確率演算用、Bポートを前方確率演算用(または逆)とし、RAMを2面持たせる場合はSTEP(MILSTEP)ステートで片面を後方演算専用の読み出し、別面を前方演算専用の読み出し用とし、DEC(MILDEC)ステートで復号結果を書き込む場合は両面に同じデータを書き込む。

【実施例3】

【0023】

実施例2のようにRAMを2面実装し、あるいはデュアルポートRAMを使用すると、使用メモリ量が多くなりあるいはコスト高となる問題がある。そこで、実施例3では、外部尤度RAM 6 7 a、PILテーブルRAM 6 6 a及び復号結果RAM 6 4としてアドレス数N/2のシングルポートRAMを2個実装して構成するようにしている。なお、入力RAM 5 1 a~5 1 cはデュアル

ポートRAMとする。
実施例2で復号結果RAM 6 4を2個のシングルポートRAMで構成できなかった理由は、該復号結果RAM 6 4にインタリーブして外部情報尤度(事前情報)を保存したことによる。そこで、実施例3では、図7の演算シーケンス(DEC1, DEC2ステート)に示すように、テンポラリRAMを用いて外部情報尤度を復号結果RAM 6 4にインタリーブしないで書き込むようにしている。このようにすることにより、MILSTEPステートにおいてSTEPステートと同じように、復号結果RAM 6 4に対して後方からのアドレス(7, 6, 5, 4)と前方からのアドレス(0, 1, 2, 3)で同時読み出しを行うため、2個のシングルポートRAMでもアクセスが可能になる。

図8は実施例3のターボ復号器の構成図であり、図1の第1実施例と異なる点は、(1)インタリーブ制御部66内にPILパターンと逆のパターンを記憶するテンポラリRAM 6 6 cと該テンポラリRAMに該逆パターンを書き込むテンポラリRAM書き込み回路66dを設け、(2)前半部のDECステートではテンポラリRAM 6 6 cから出力するアドレスを復号結果RAM 6 4の書き込みアドレスとし、後半部のMILDECステートではPILテーブルRAM 6 6 aから発生するアドレスを復号結果RAM 6 4の書き込みアドレスとするアドレス選択部81を設けている点である。テンポラリRAMから読み出される逆パターンはPILパターンのアドレスを元のアドレスに戻すもので、図7の左上で示すように、PILパターンによりアドレス(0, 1, , 5, 6, 7)が(6, 2, , 0, 3, 5)にされるが、逆パターンにより元のアドレス(0, 1, , 5, 6, 7)に戻される。

実施例3では図7の演算シーケンスで示すように、STEPステートの動作は実施例2と同じであるが、DECステートでは復号結果を書き込む際にテンポラリRAM 6 6 cの逆パターンにしたがったアドレスを読み出し、該アドレスを復号結果RAM 6 4の書き込みアドレスとして外部情報尤度Le(u)を書き込む。これによって次のMILSTEPステートでは後方からのアドレス(7, 6, 5, 4)と前方からのアドレス(0, 1, 2, 3)で復号結果RAM 6 4から外部情報尤度Le(u)を読み出すことが可能となる。なお、MILDECステートではPILテーブルRAM 6 6 aから読み出したPILパターンにしたがったアドレスを復号結果RAM 6 4の書き込みアドレスとして外部情報尤度Le(u)を書き込む。

実施例3によれば、テンポラリRAM 6 6 cを持つことで、復号結果RAM 6 4の2面実装またはデュアルポートRAM化の必要がなくなり回路規模削減に効果的である。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

【図 1】本発明のターボ復号器の構成図である。

【図 2】情報ビット数 N を分割長 L で分割したときの分割数が奇数の場合における本発明のMAP復号方法の演算シーケンス説明図である。

【図 3】情報ビット数 N を分割長 L で分割したときの分割数が偶数の場合における本発明のMAP復号方法の演算シーケンス説明図である。

【図 4】本発明のMAP制御部の制御処理フローである。

【図 5】アドレス数 $N/2$ のシングルポートRAMを2個実装した場合の説明図である。

【図 6】図 1 のターボ復号器の全体の演算シーケンスである。

【図 7】実施例 3 のターボ復号器の全体の演算シーケンスである。

10

【図 8】実施例 3 のターボ復号器の構成図である。

【図 9】通信システムの概略図である。

【図 10】ターボ符号器の構成図である。

【図 11】畳み込み符号器の状態遷移図である。

【図 12】ターボ復号器の構成図である。

【図 13】従来の第 1 のMAP復号器の構成図である。

【図 14】従来の第 2 のMAP復号器の構成図である。

【図 15】第 2 のMAP復号方法の演算シーケンス説明図である。

【図 16】従来の第 3 のMAP復号方法の演算シーケンス説明図である。

【図 17】第 3 のMAP復号方法の別の演算シーケンス説明図である。

20

【図 18】従来の第 3 のMAP復号器の構成図である。

【図 19】従来のターボ復号器の構成図である。

【図 20】ターボ復号の動作説明図である。

【図 21】図 19 のターボ復号器のタイミング図（演算シーケンス説明図）である。

【符号の説明】

【 0 0 2 5 】

5 0 MAP制御部

5 0 a イネーブル生成部

5 1 a ~ 5 1 c 入力RAM

5 2 移行確率演算部

30

5 3 後方用確率演算部（B演算部）

5 4 後方用確率を記憶するメモリ

5 5 前方用確率演算部（A演算部）

5 6 結合確率演算部（L算出部）

5 7 尤度演算部（L(u)算出部）

6 2 外部情報尤度算出部（Le(u)算出部）

6 3 書込制御部

6 4 復号結果RAM

6 5 読出し制御部

6 6 インタリーブ制御部

40

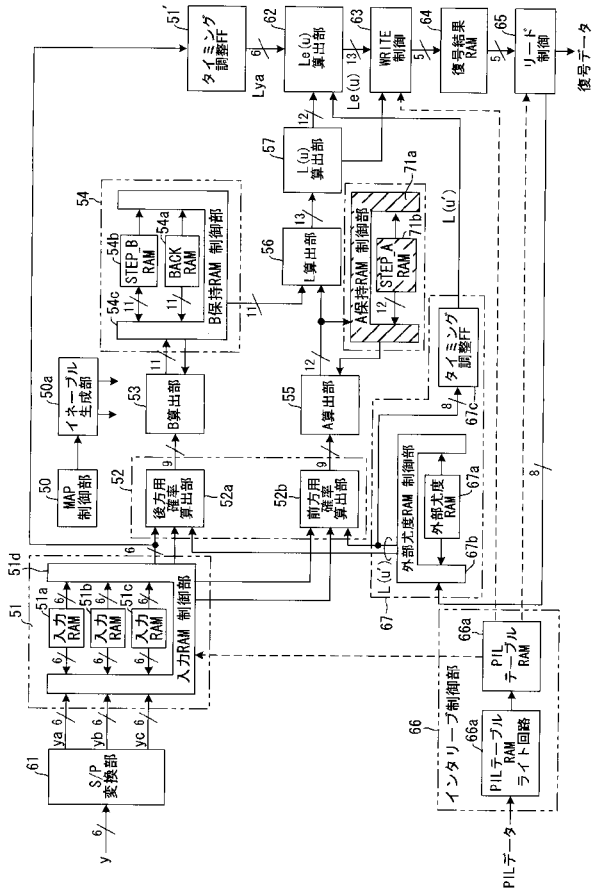
6 6 a PILテーブルRAM

6 7 a 外部尤度RAM

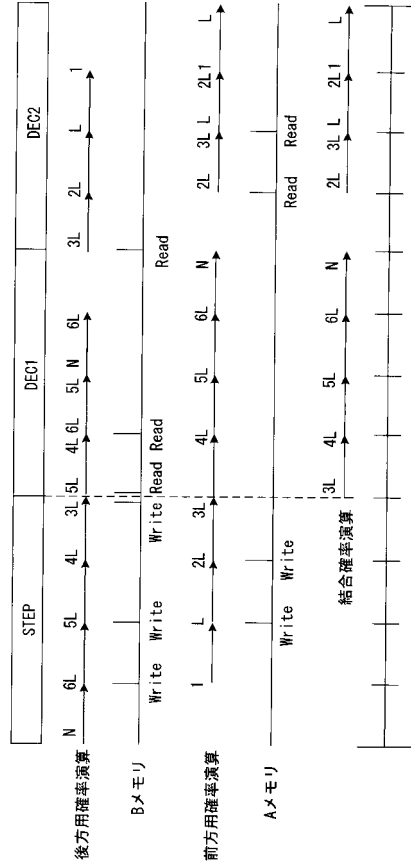
7 1 a メモリ制御部

7 1 b 前方用確率メモリ

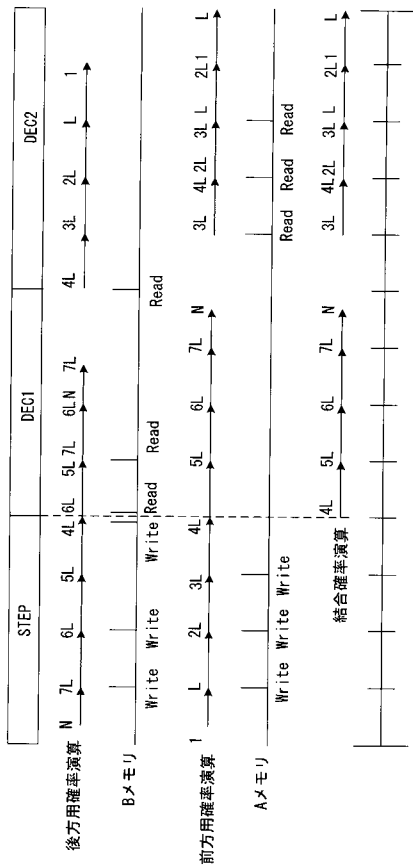
【 図 1 】



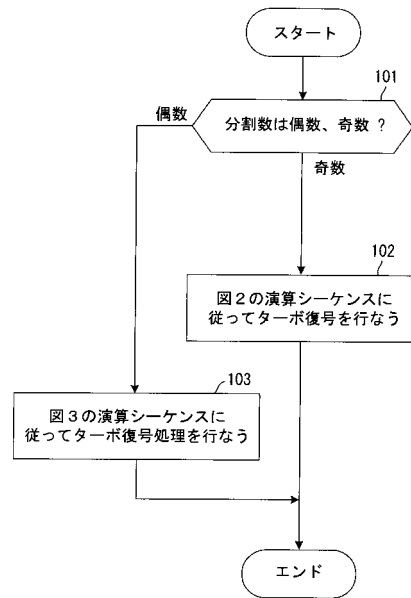
【 図 2 】



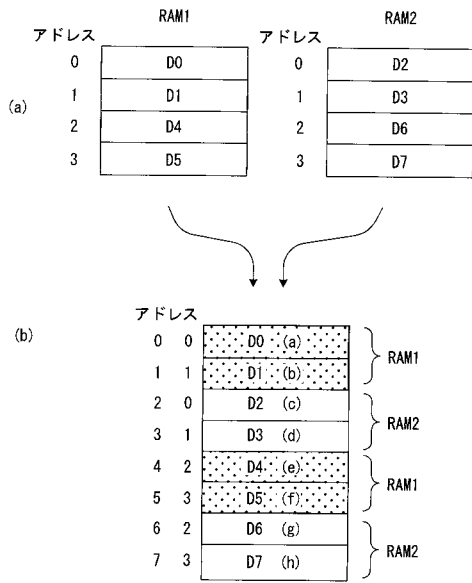
【 図 3 】



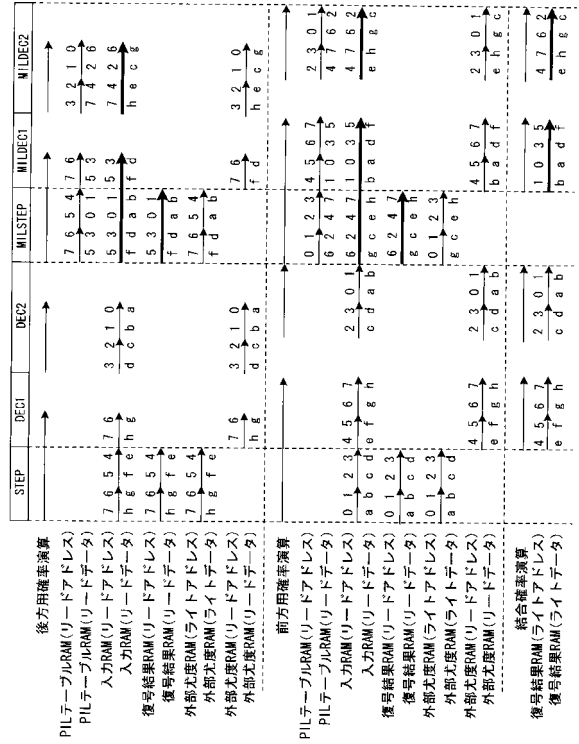
【 図 4 】



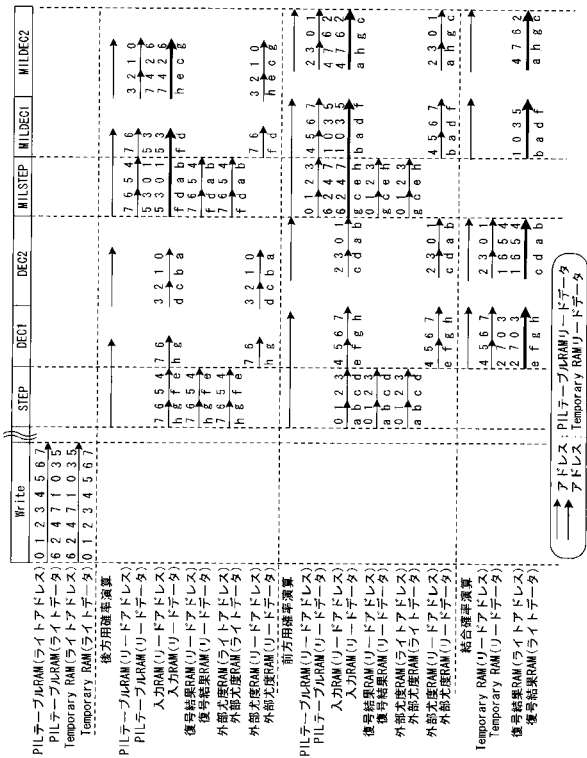
【図 5】



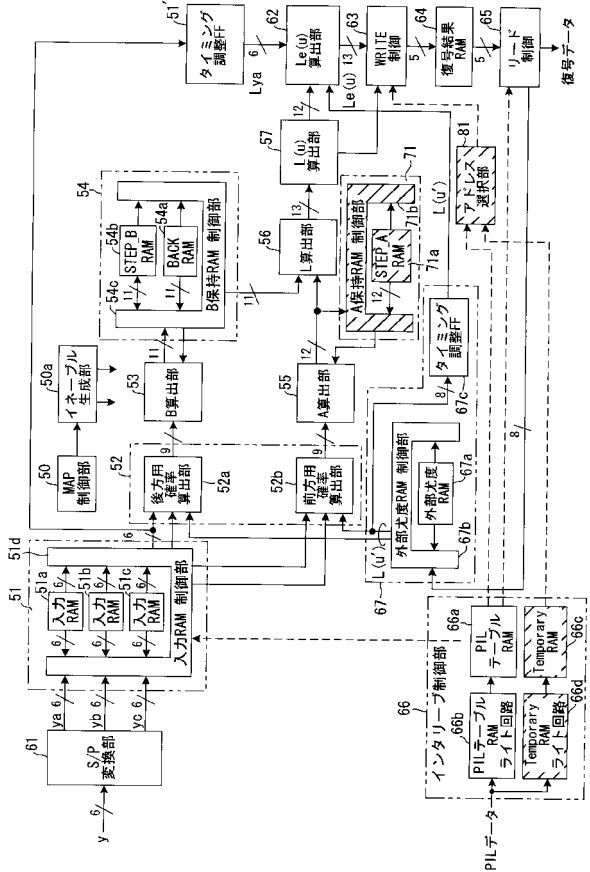
【図 6】



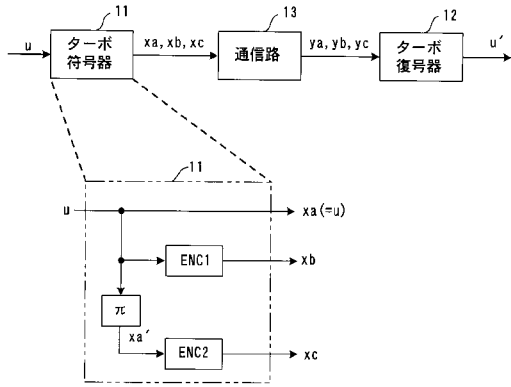
【図 7】



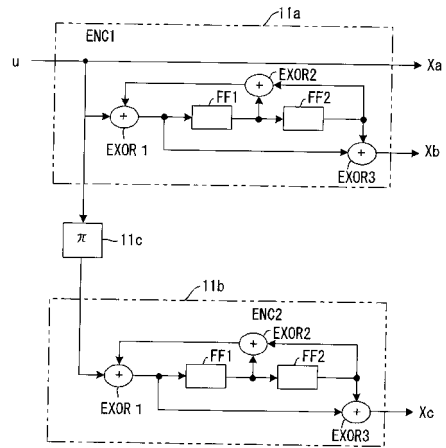
【図 8】



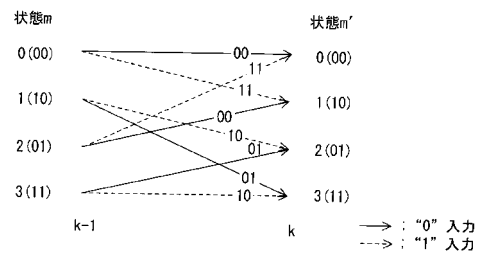
【図9】



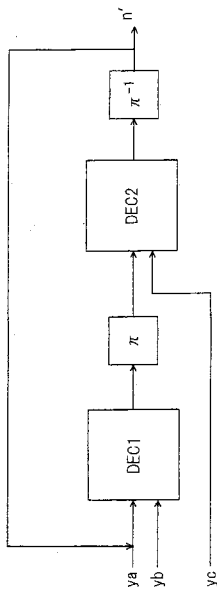
【図10】



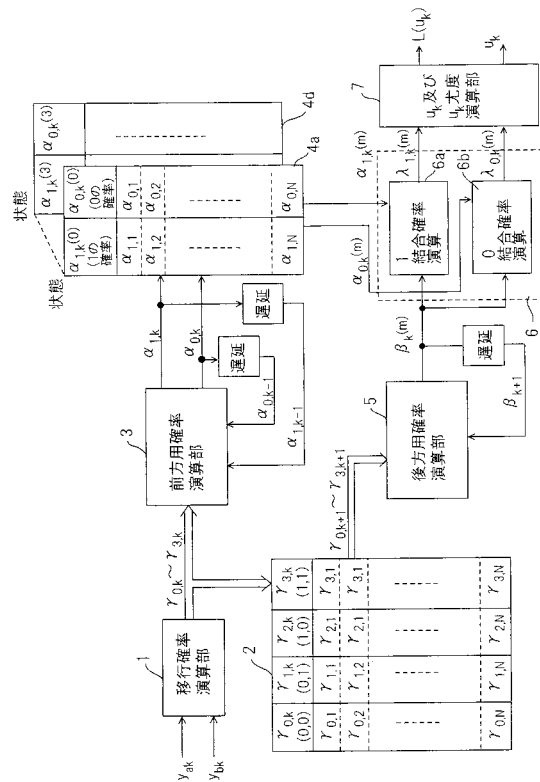
【図11】



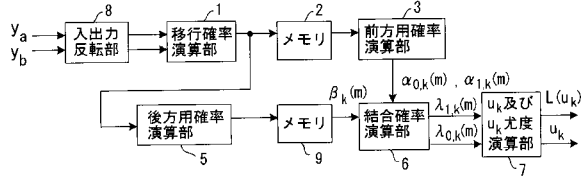
【図12】



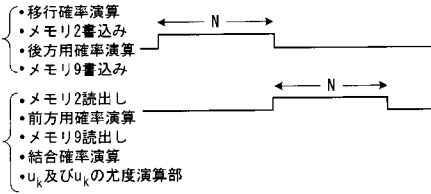
【図13】



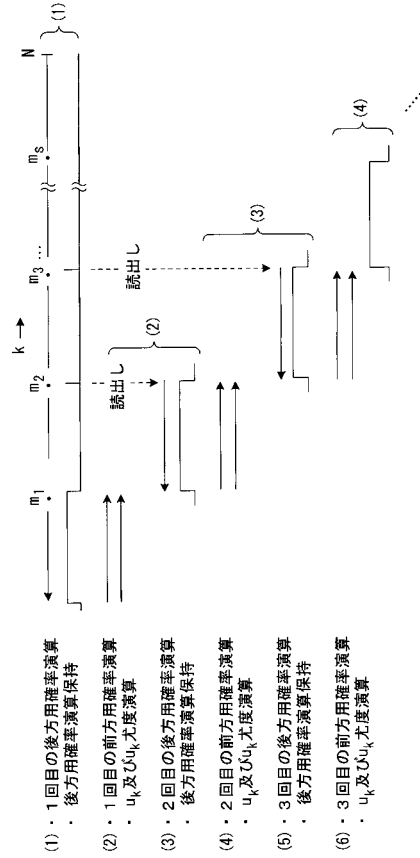
【 図 1 4 】



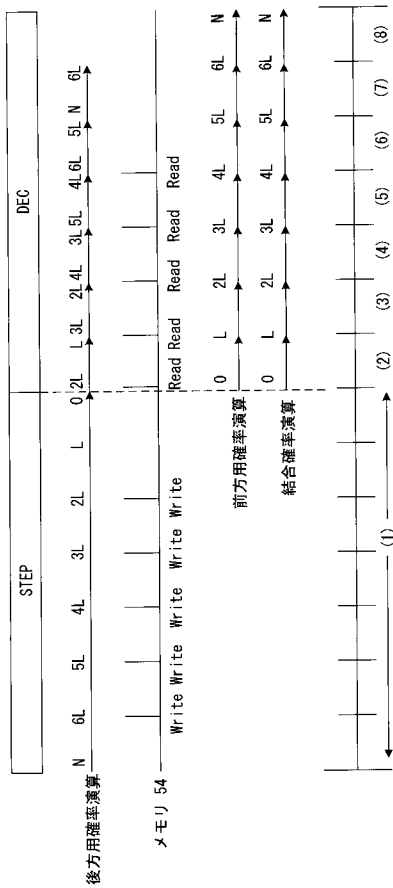
【 図 1 5 】



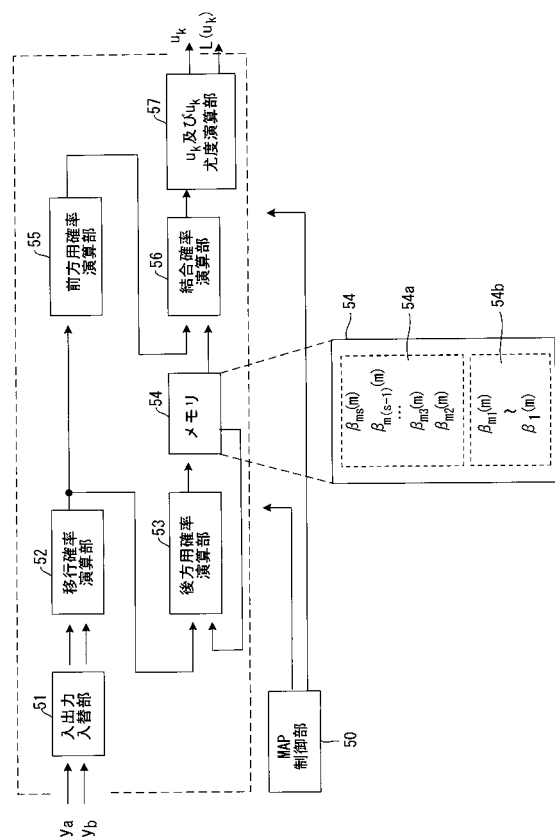
【 図 1 6 】



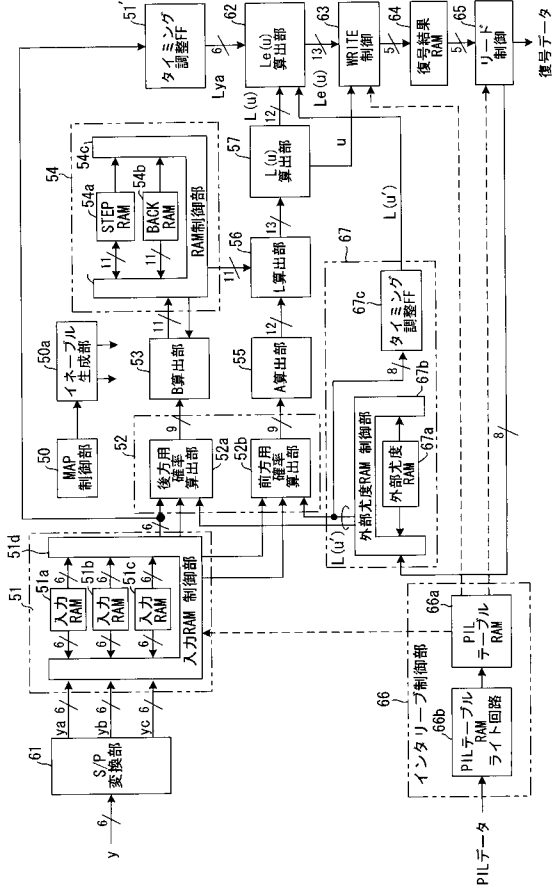
【 図 1 7 】



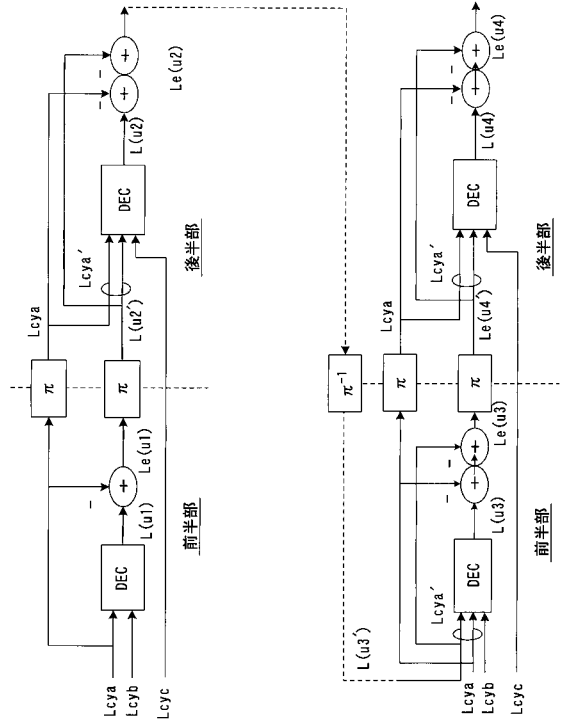
【 図 1 8 】



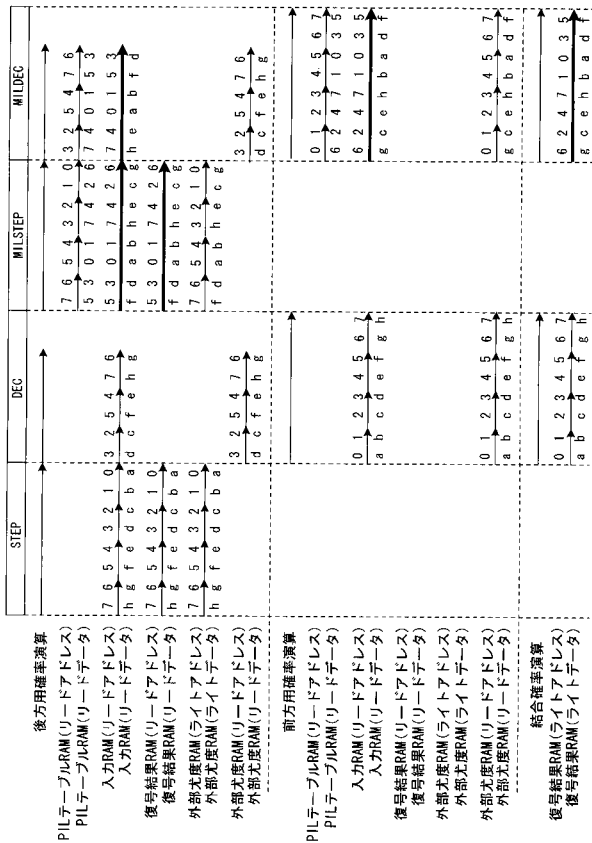
【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



【 図 2 1 】



フロントページの続き

(72)発明者 原田 正和

北海道札幌市北区北七条西四丁目3番地1 富士通モバイルコミュニケーションテクノロジーズ株式会社内

Fターム(参考) 5B001 AA10 AB04 AB05 AD06 AE07

5J065 AA01 AB01 AC02 AC03 AD10 AG05 AH06 AH13