

(57)要約

光通信システムの運用中に伝送路の波長分散を最適化する。加算部(42)において、中心値設定部(40)が出力する中心値に発振器(32)が出力する矩形波電圧を加算して可変分散補償器(16)へ制御電圧として与えることにより伝送路の波長分散に摂動を与える。カウンタ(34, 36)においてそれぞれの方向の摂動が与えられたときの誤りをカウントして比較器(38)において両者が比較される。比較器(38)の比較結果が中心値設定部(40)へ与えられ、誤りの発生がないか少ない方向に摂動の中心が変更される。

PCTに基づいて公開される国際出願のパ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)

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

明 細 書

波長分散等化方法と装置

技術分野

本発明は光通信システムにおける分散量最適化に関するものである。

インターネット、画像通信等の普及に対応するため、光通信の大容量化が望まれている。そのひとつの方法として、伝送速度の高速化がある。現在、10 Gb/s 光通信システムが実用化されており、40 Gb/s 光通信システムが研究されている。本発明は、高速光通信システムにおける分散量制御に関するものである。

背景技術

光ファイバ中を通過する光の速度は波長（周波数）により微妙に異なる（波長分散と呼ぶ。）。光パルスには複数の周波数成分が含まれており、波長分散が存在すると、それぞれの周波数成分の伝送速度が異なるため、その分散量（分散×距離）に応じて伝送波形が歪んでくる。そのため、伝送可能な分散量に限界が存在し、その値は $1 / (\text{伝送速度})^2$ に比例し、伝送速度が上昇するほど小さくなる。波長分散は零分散波長で最小となるが波長分散が大きい波長を使用する場合は、逆の分散特性をもつ分散補償器を挿入し、合計の分散量を低減するシステム構成が採用されている。

システム運用中にも分散量の変化が存在する。ファイバの零分散波長に温度依存性があるため、分散値はファイバの敷設環境条件によって変わり、また、使用する送信器のレーザ波長の経時変動で変わる。

10 Gb/s システムでは許容分散量が大きいため、分散補償器の補償量は初期設定をすれば固定でも問題なかったが、40 Gb/s システムでは分散耐力が30 ps/nmと報告されており、非常に小さい（大井他、1997年信学会総大B-10-165）。このため、運用中でも分散量を調整する必要がある。

たとえば、送信波長の経年変動を±1 nm（幅2 nm）、SMF（シングルモードファイバ）の零分散波長の温度依存性を0.03 nm/°C、ファイバ伝送路の周囲温度変化を50°C、伝送距離100 km、分散スロープ0.07 ps/nm²/kmとすると、 $(2 + 0.03 \times 50) \times 0.07 \times 100 = 25$ ps/nm分散量の変動する。

A. Sano et al., ECOC'96 Technical Digests Tud. 3.5 では、運用中でも分散量が最適になるように、クロック成分の大きさをモニタする方法が提案されている。

クロック成分の大きさをモニタすることによって分散量が最適かどうかを判断する手法は信号波形の形状に依存するため、SPM等の非線形現象により波形が歪んだ場合や送信波形形状のばらつきにより、対応できない可能性がある。

発明の開示

したがって本発明の目的は、運用中に伝送路の分散値を最適に設定するための方法と装置を提供することにある。

本発明によれば、信号を伝送路符号としての誤り訂正符号で符号化し、符号化された信号を伝送路上に送出し、該伝送路の波長分散に対して摂動を与え、該伝送路上で伝送された信号を受信し、受信された信号を復号することによって誤りを検出しかつ訂正し、誤りの発生がないか少ない方向に摂動の中心を変更する各ステップを具備する波長分散等化方法が提供される。

本発明によれば、信号を伝送路符号としての誤り訂正符号で符号化する符号化器と、符号化された信号を伝送路上に送出する送信器と、該伝送路の波長分散に対して摂動を与える手段と、該伝送路上で伝送された信号を受信する受信器と、受信された信号を復号することによって誤りを検出しかつ訂正する復号器と、誤りの発生がないか少ない方向に摂動の中心を変更する制御器とを具備する波長分散等化装置もまた提供される。

図面の簡単な説明

図 1 は本発明の第 1 の実施例を示すブロック図である。

図 2 は図 1 のシステムの動作を示す波形図である。

図 3 は符号誤り率と分散補償量の関係を示すグラフである。

図 4 は図 1 の制御回路 2 2 の詳細な構成の一例を示すブロック図である。

図 5 は図 4 のシステムの一変形を示すブロック図である。

図 6 は本発明の第 2 の実施例を示すブロック図である。

図 7 は図 6 の光受信器 1 8 の詳細な構成を示す回路ブロック図である。

図 8 は図 4 の制御をソフトウェアで実現したときの動作のフローチャートである。

図 9 は図 1 の制御をソフトウェアで実現したときの動作のフローチャートである。

図 1 0 は図 5 の制御をソフトウェアで実現したときの動作のフローチャートである。

図 1 1 は図 6 の制御をソフトウェアで実現したときの動作のフローチャートである。

図 1 2 は図 1 1 の D B の調整のフローチャートである。

図 1 3 は図 1 1 の ϕ の調整のフローチャートである。

図 1 4 は図 1 1 の V_{th} の調整のフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

図 1 は本発明の一実施例を示すブロック図である。送信側において、送信すべきデータが符号化器 1 0 により伝送路符号化される。本発明において、例えば I T U - T 勧告 G . 9 7 5 に記述される、リード・ソロモン符号のような誤り検出および訂正能力を持つ符号が伝送路符号として採用される。特願平 4 - 2 3 1 0 6 7 号に開示された、伝送速度の上昇を伴わない誤り訂正符号も適用可能である。符号化器 1 0 の出力は光送信器 1 2 において光信号に変換され、伝送路 1 4 へ送出される。伝送路 1 4 に直列に可変分散補償器 1 6 が挿入される。可変分散補償器としては、特願平 9 - 2 2 4 0 5 6 号の図 1 9 ~ 図 2 2 に示されるものが使用できる。

光受信器 1 8 は受信した光信号を電気信号に変換する。復号器 2 0 は受信信号中の誤りを検出しかつ訂正する。

制御回路 2 2 は、可変分散補償器 1 6 の補償分散量を図 2 に示すように矩形波状に変化させて、分散量に増加させる方向の摂動と減少させる方向の摂動とを交互に与える。そして、誤りが発生したらそのときの摂動の方向とは逆の方向へ摂動の中心を移動させる。例えば図 2 に示すように分散量を減少させる方向の摂動が与えられている時刻 (a) において誤りが発生したら、摂動の中心を (c) から (d) に移動させる。逆に分散量を増加させる方向の摂動が与えられている時刻 (b) において誤りが発生したら、摂動の中心を (c) から (e) へと移動させる。

長時間でみると、図 3 に示すように誤り率は分散量の最適値で最小となり、それをはさんで誤り率が増加するから、上記のような制

御をすることにより、分散量を最適値に制御することができる。なお発生した誤りは復号器 20 において正しく訂正される。

誤りが発生するごとに摂動の中心を移動させる代わりに、それぞれの方向の摂動が与えられているときに発生する誤りをそれぞれカウントし、誤りの発生回数が少ない方向へ摂動の中心を移動させるようにしても良い。

図 4 は後者の場合の制御回路 22 の詳細な構成を示す。図 1 と同一の構成要素には同一の参照番号を付してその説明を省略する。

スイッチ 30 は発振器 32 が出力する矩形波によって制御され、復号器 20 において検出された誤りをカウンタ 34 または 36 へ交互に通知する。カウンタ 34, 36 は通知された誤りの回数をカウントする。比較器 38 はカウンタ 34, 36 のカウント値を比較し結果を中心値設定部 40 に通知する。中心値設定部 40 は比較器 38 の比較結果に応じて摂動の中心値を変更する。加算部 42 は中心値設定部 40 の出力に発振器 32 が出力する矩形波を加算して分散量制御信号として可変分散補償器 16 に与える。

図 5 に示すように、可変分散補償器 16 に代えて分散量が固定の分散補償器 44 を使用し、信号光の波長を変えて分散量を変えるようにしても良い。

図 6 は本発明の第 2 の実施例を示す。本実施例においては、伝送路の波長分散の最適化に加えて、それと同様な制御により光受信器 18 における識別位相と識別電圧が時分割で最適化される。図 4 と同一の構成要素には同一の参照番号を付してその説明を省略する。

セレクタ 46 は比較器 38 における比較結果を中心値設定部 40 だけでなく中心値設定部 48 および 50 にも時分割で通知する。中心値設定部 48, 50 および加算部 52, 54 はそれぞれ中心値設定部 40 および加算部 52 と同一の構成を有しているが、加算部 5

2 の出力は識別位相の制御電圧として光受信器 1 8 へ与えられ、加算部 5 4 の出力は識別電圧として光受信器 1 8 へ与えられる。

セレクタ 5 6 はセレクタ 4 6 と同期して制御される。すなわち、中心値設定部 4 0 へ比較器 3 8 の識別結果が与えられているときは加算部 4 2 へ発振器 3 2 からの矩形波電圧が供給されて分散補償量に対して摂動が与えられる。中心値設定部 4 8 へ比較器 3 8 の識別結果が与えられるようにセレクタ 4 6 が切り換わるとそれに同期してセレクタ 5 6 も切り換わって加算部 5 2 へ矩形波電圧が供給されて識別位相に対して摂動が与えられる。このとき加算部 4 2 へは矩形波電圧が供給されないので加算部 4 2 からは摂動の中心値が出力される。比較器 3 8 の識別結果が中心値設定部 5 0 へ与えられるようにセレクタ 4 6 が切り換わるとそれに同期してセレクタ 5 6 も切り換わって加算部 5 4 へ矩形波電圧が供給されて識別電圧に対して摂動が与えられる。このとき加算部 5 2 からは摂動の中心値が出力される。

図 7 に図 6 の光受信器 1 8 の構成の詳細を示す。受信した光信号は光検出器 5 8 で電気信号に変換され増幅器 6 0 で増幅される。増幅器 6 0 の 2 つの出力の一方は識別回路 6 2 へ入力されて識別される。非線形抽出回路 6 4 は増幅器 6 0 の出力の他方から非線形抽出によりクロック成分を発生させる。非線形抽出回路 6 4 で抽出したクロック成分は帯域通過フィルタ 6 6 を経て可変移相器 6 8 で位相が調節されて識別回路 6 2 へ識別のタイミングを与えるクロック信号として供給される。

可変移相器 6 8 へは移相量を制御するための信号として加算器 5 2 (図 6) の出力が供給される。識別回路 6 2 へは識別の閾値として加算器 5 4 (図 6) の出力が供給される。

図 8 は図 4 の制御回路 2 2 をコンピュータ及びそのためのソフト

ウェアで実現したときの動作を示すフローチャートである。

図 8 において、まず、以下の (1) ~ (3) のいずれかの方法により初期設定が実施される (ステップ 1000)。

(1) 可変分散補償器 16 の分散量を所定のステップ幅 (たとえば 40 Gb/s で 5 ~ 10 ps 程度) で全可変範囲を掃引し、各ステップ毎に誤り率を測定し (測定時間はたとえば 1 秒間)、符号誤り率が最小であった分散量に可変分散補償器 16 の分散量を設定する。

(2) (1) で符号誤り率を測定する代わりに、光受信器 18 において光信号から抽出されるクロック成分を測定し、その量が最大となる分散量に可変分散補償器 16 の分散量を設定する。

(3) システム立ち上げ者が光通信、符号誤り率またはクロック成分を監視しながら、良好な光通信、符号誤り率特性、または最大クロック成分が得られる分散量に可変分散補償器 16 の分散量を設定する。

次に、可変分散補償器 16 の分散量 DB を ΔD だけ増加して (ステップ 1002)、 Δt 秒間だけ誤り数をカウントし N1 とする (ステップ 1004)。さらに、DB を ΔD だけ減少して (ステップ 1006)、 Δt 秒間誤り数をカウントし N2 とする (ステップ 1008)。N1 と N2 を比較し (ステップ 1010)、N1 が N2 より大であれば DB を $DB - D1$ に変更して (ステップ 1012) ステップ 1002 へ戻る。N1 が N2 より小さければ DB を $DB + D1$ に変更して (ステップ 1014)、ステップ 1002 へ戻る。N1 と N2 が実質的に等しければ、DB は変更せずにステップ 1002 へ戻る。

ここで、 Δt は例えば 10 msec ~ 1 sec であり、1 sec よりも長くても良いが最適値が変化したときに安定状態に達するまでの時間が長くなる。D1 は目標とする誤り率における分散トレランスより

も小さい値である。たとえば、 40 Gb/s で BER (誤り率) = 10^{-5} 以下を想定した場合に $0.5 \sim 2 \text{ ps/nm}$ が適切である。 ΔD は $D1$ とほぼ同程度の値とする。

上記では、 $D1$ 、 ΔD の値は一定であったが、誤り数の測定値に応じて $D1$ または $D1$ と ΔD を変えるようにしても良い。誤り数が多い場合、 $D1$ 、 ΔD を大きくし、誤り数が小さい場合は小さくする。これにより、最適値への収束速度が改善される。一例として、 $E = \text{誤り数} / \text{時間}$ とするとき、 $10^3 < E \leq 10^7$ で $D1 = 5 \text{ ps/nm}$ (40 Gb/s)、 80 ps/nm (10 Gb/s) 程度とし、 $1 < E \leq 10^3$ で $D1 = 2 \text{ ps/nm}$ (40 Gb/s)、 30 ps/nm (10 Gb/s) 程度とし、 $E \leq 1$ で $D1 = 0.5 \text{ ps/nm}$ (40 Gb/s)、 10 ps/nm (10 Gb/s) 程度とする。

また、単位時間当たりの誤り数 (誤り率) が小さい場合に Δt を増加させるといったように誤り率に応じて Δt を変化させても良い。この場合に Δt に上限を設けることが好ましい。例えば、 $10^{-5} \leq \text{BER}$ で $\Delta t = 10 \text{ msec}$ 、 $10^{-9} \leq \text{BER} < 10^{-5}$ で $\Delta t = 100 \text{ msec}$ とし、 $10^{-12} \leq \text{BER} < 10^{-9}$ で $\Delta t = 1 \text{ sec}$ とし、 $\text{BER} < 10^{-12}$ で $t = 10 \text{ sec}$ とする。さらに前記の $D1$ 、 ΔD の値を変化させる手法と組み合わせることもできる。

図 9 は図 1 - 3 を参照して説明した制御回路 22 をコンピュータおよびそのためのソフトウェアで実現したときの動作のフローチャートである。誤りの発生頻度が小さい場合にこの手法を適用することができる。

図 9 において、ステップ 1100 の初期設定は図 8 のステップ 1000 の初期設定と同じである。ステップ 1102 において、可変分散補償器 16 の分散量 DB を ΔD だけ増加し、 Δt 秒間誤りを監視する (ステップ 1104)。 Δt 秒間に誤りが発生したら (ステ

ップ 1 1 0 6)、DB を $DB - D 1$ に変更してステップ 1 1 0 2 へ戻る。次に、DB を ΔD だけ減少して(ステップ 1 1 1 0) Δt 秒間誤りを監視し(ステップ 1 1 1 2)、誤りが発生したら(ステップ 1 1 1 4)、DB を $DB + D 1$ に変更してステップ 1 1 0 2 へ戻る。

この場合にも、誤り率に応じて Δt を変化させ Δt に上限を設けても良い。例えば、 $10^{-10} \leq BER < 10^{-7}$ で $\Delta t = 1 \mu sec$ 、 $10^{-11} \leq BER < 10^{-10}$ で $\Delta t = 10 msec$ 、 $10^{-12} \leq BER < 10^{-11}$ で $\Delta t = 100 msec$ 、 $BER \leq 10^{-12}$ で $\Delta t = 1 sec$ とする。なお $BER \geq 10^{-7}$ のときはこの手法は適用できない。

図 1 0 は図 5 の制御回路 2 2 をコンピュータおよびそのためのソフトウェアで実現したときの動作を示すフローチャートである。DB が波長 λB に、 ΔD が $\Delta \lambda$ に、 $D 1$ が $\Delta \lambda 1$ に置き換わっただけで、本質的に図 8 の処理と同一である。 $\Delta \lambda 1$ としては、たとえば、 $40 Gb/s$ で $80 km$ 伝送、二次分散係数を $0.05 ps/nm^2/km$ 、 $BER = 10^{-15}$ 以下を想定したとき、分散量 $0.5 \sim 2 ps/nm$ に対応する値として、 $0.1 \sim 0.5 nm$ である。

誤り数が高いと $\Delta \lambda 1$ 、 $\Delta \lambda$ を大きくし、誤り数が小さいとき小さくするというように、誤り数に応じて $\Delta \lambda 1$ または $\Delta \lambda 1$ と $\Delta \lambda$ を変えるようにすれば最適値への収束速度が改善される。例えば、上記の条件下で、 $10^3 < E \leq 10^7$ のとき $\Delta \lambda 1 = 1.25 nm$ ($40 Gb/s$)、 $20 nm$ ($10 Gb/s$)、 $1 < E \leq 10^3$ で $\Delta \lambda 1 = 0.5 nm$ ($40 Gb/s$)、 $7.5 nm$ ($10 Gb/s$)、 $E \leq 1$ で $\Delta \lambda 1 = 0.13 nm$ ($40 Gb/s$)、 $2.5 nm$ ($10 Gb/s$) とする。

誤り率が小さいとき Δt を大きくするといったように、誤り率に応じて Δt を変化させ、また、それに上限を設けても良い。例えば、 $10^{-5} \leq BER$ で $\Delta t = 10 msec$ 、 $10^{-9} \leq BER < 10^{-5}$ で Δ

$t = 100 \text{ msec}$ 、 $10^{-12} \leq \text{BER} < 10^{-9}$ で $t = 1 \text{ sec}$ 、 $\text{BER} < 10^{-12}$ で $t = 10 \text{ sec}$ とする。さらに、前記の $\Delta \lambda 1$ 、 $\Delta \lambda$ を変える手法と組み合わせても良い。

図11は図6の制御をコンピュータおよびそのためのソフトウェアで実現したときの動作のフローチャートである。

ステップ1300の初期設定において、前述の初期設定方法(1)～(3)のいずれかに従って分散量が設定される。識別位相および識別電圧については、例えば、識別位相は1シンボルの期間の中央になるように、識別電圧は波形振幅の中心に設定される。

次に、図12にその詳細が示される分散量DBの調整(ステップ1302)、図13にその詳細が示される識別位相 ϕ の調整(ステップ1304)、および図14にその詳細が示される識別電圧 V_{th} の調整(ステップ1306)が繰り返し実行される。

図12はDBの調整の詳細を示す。図12において、パラメータkを用いて、以下の処理がx回繰り返される。DBを ΔD だけ増加して(ステップ1402)、 Δt 秒間だけ誤り数をカウントしてN1とする(ステップ1404)。さらに、DBを ΔD だけ減少して(ステップ1406)、 Δt 秒間だけ誤り数をカウントしてN2とする(ステップ1408)、N1とN2を比較し(ステップ1410)、N1がN2より大であればDBを $DB - D1$ に変更する(ステップ1412)。N1がN2より小さければDBを $DB + D1$ に変更する(ステップ1414)。N1とN2が実質的に等しければDBは変更されない。

図13は ϕ の調整の詳細を示す。図13において、パラメータkを用いて、以下の処理がy回繰り返される。 ϕ とを $\Delta \phi$ だけ増加して(ステップ1502)、 Δt 秒間だけ誤り数をカウントしてN1とする(ステップ1504)。さらに、 ϕ を $\Delta \phi$ だけ減少して(ス

ステップ1506)、 Δt 秒間だけ誤り数をカウントして N_2 とする(ステップ1508)。 N_1 と N_2 を比較し(ステップ1510)、 N_1 が N_2 より大であれば ϕ を $\phi - \phi_1$ に変更する(ステップ1512)。 N_1 が N_2 より小さければ ϕ を $\phi + \phi_1$ に変更する(ステップ1514)。 N_1 と N_2 が実質的に等しければ ϕ は変更されない。

図14は V_{th} の調整の詳細を示す。図14において、パラメータ k を用いて、以下の処理が z 回繰り返される。 V_{th} を ΔV だけ増加して(ステップ1602)、 Δt 秒間だけ誤り数をカウントして N_1 とする(ステップ1604)。さらに、 V_{th} を ΔV だけ減少して(ステップ1606)、 Δt 秒間だけ誤り数をカウントして N_2 とする(ステップ1608)。 N_1 と N_2 を比較し(ステップ1610)、 N_1 が N_2 より大であれば V_{th} を $V_{th} - V_1$ に変更する(ステップ1612)。 N_1 が N_2 より小さければ V_{th} を $V_{th} + V_1$ に変更する(ステップ1614)。 N_1 と N_2 が実質的に等しければ V_{th} は変更されない。

Δt は10 msec~1 secであり1 sec以上でも問題ないが安定するまでに時間がかかる。 D_1 は目標とする誤り率での分散トレランスよりも小さい値であり、例えば、40 Gb/sでBER = 10^{-5} 以下を想定した場合、0.5~2 ps/nmである。 ΔD は D_1 と同程度の値である。 ϕ_1 は1.8~3.6度が望ましく、 $\Delta \phi$ は ϕ_1 と同程度とする。 V_1 は振幅電圧/100~振幅電圧/200が望ましく、 ΔV は V_1 と同程度とする。 x , y , z は1以上の整数である。

誤り数が多いとき D_1 , ΔD , ϕ_1 , $\Delta \phi$, ΔV , V_1 を大きくし、小さいとき小さくするというように、誤り数に応じて D_1 または D_1 と ΔD 、 ϕ_1 または ϕ_1 と $\Delta \phi$ 、 V_1 または V_1 と ΔV を

変えるようにしてもよい。これにより収束速度が改善される。例えば、 $10^3 < E \leq 10^7$ において $D_1 = 5 \text{ ps/nm}$ (40 Gb/s)、 80 ps/nm (10 Gb/s) 程度、 $\phi_1 = 20$ 度、 $V_1 = \text{振幅}/50$ とし、 $1 < E \leq 10^3$ において $D_1 = 2 \text{ ps/nm}$ (40 Gb/s)、 30 ps/nm (10 Gb/s) 程度、 $\phi_1 = 10$ 度、 $V_1 = \text{振幅}/10$ とし、 $E \leq 1$ において、 $D_1 = 0.5 \text{ ps/nm}$ (40 Gb/s)、 10 ps/nm (10 Gb/s) 程度、 $\phi_1 = 3$ 度、 $V_1 = \text{振幅}/200$ とする。

。

請 求 の 範 囲

1. (a) 信号を伝送路符号としての誤り訂正符号で符号化し、
(b) 符号化された信号を伝送路上に送出し、
(c) 該伝送路の波長分散に対して摂動を与え、
(d) 該伝送路上で伝送された信号を受信し、
(e) 受信された信号を復号することによって誤りを検出しかつ訂正し、
(f) 誤りの発生がないか少ない方向に摂動の中心を変更する各ステップを具備する波長分散等化方法。
2. ステップ(c)において、伝送路に挿入された可変分散補償器の分散量を変更することによって伝送路の波長分散に対して摂動が与えられる請求の範囲1記載の方法。
3. ステップ(c)において、信号波長を変更することによって伝送路の波長分散に対して摂動が与えられる請求の範囲1記載の方法。
4. ステップ(c)において、受信信号の識別位相に対してさらに摂動が与えられる請求の範囲1～3のいずれかに記載の方法。
5. ステップ(c)において、受信信号の識別レベルに対してさらに摂動が与えられる請求の範囲1～4のいずれかに記載の方法。
6. 信号を伝送路符号としての誤り訂正符号で符号化する符号化器と、
符号化された信号を伝送路上に送出する送信器と、
該伝送路の波長分散に対して摂動を与える手段と、
該伝送路上で伝送された信号を受信する受信器と、
受信された信号を復号することによって誤りを検出しかつ訂正する復号器と、

誤りの発生がないか少ない方向に摂動の中心を変更する制御器とを具備する波長分散等化装置。

7. 前記摂動を与える手段は、伝送路に挿入された可変分散補償器の分散量を変更することによって伝送路の波長分散に対して摂動を与える請求の範囲6記載の装置。

8. 前記摂動を与える手段は信号波長を変更することによって伝送路の波長分散に対して摂動を与える請求の範囲6記載の装置。

9. 前記摂動を与える手段は、受信信号の識別位相に対してさらに摂動を与える請求の範囲6～8のいずれかに記載の装置。

10. 前記摂動を与える手段は、受信信号の識別レベルに対してさらに摂動を与える請求の範囲6～9のいずれかに記載の装置。

Fig. 1



Fig. 2

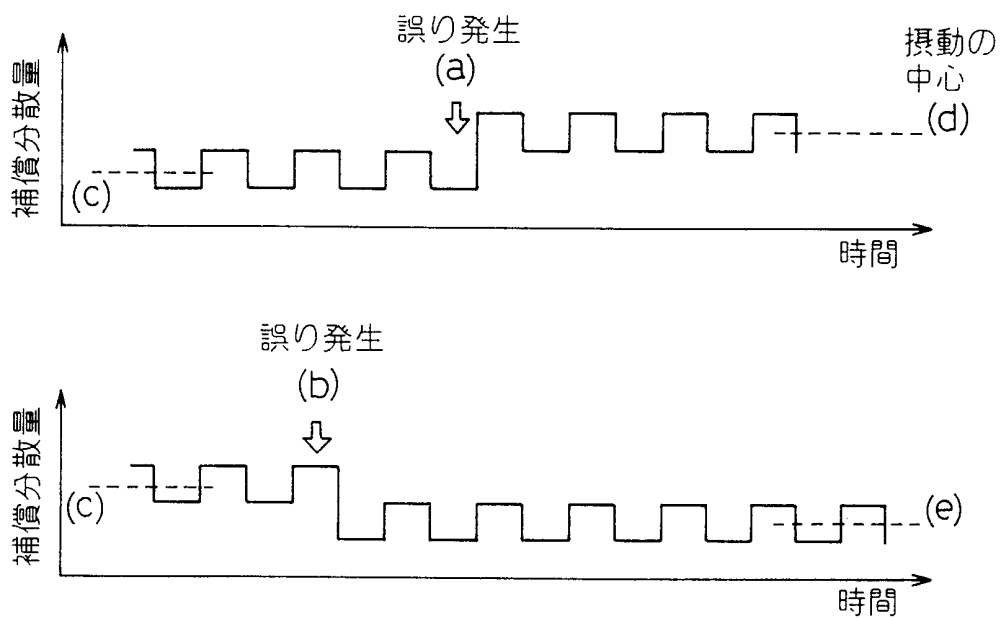


Fig. 3

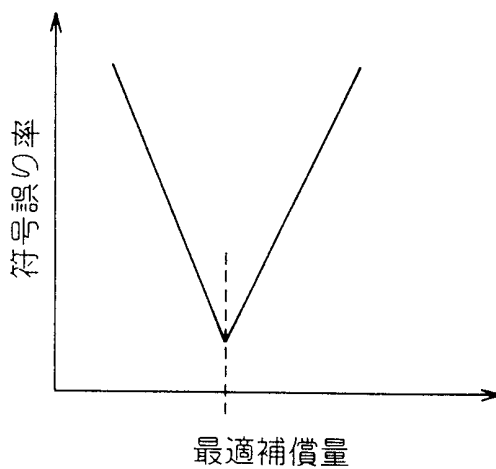


Fig. 4

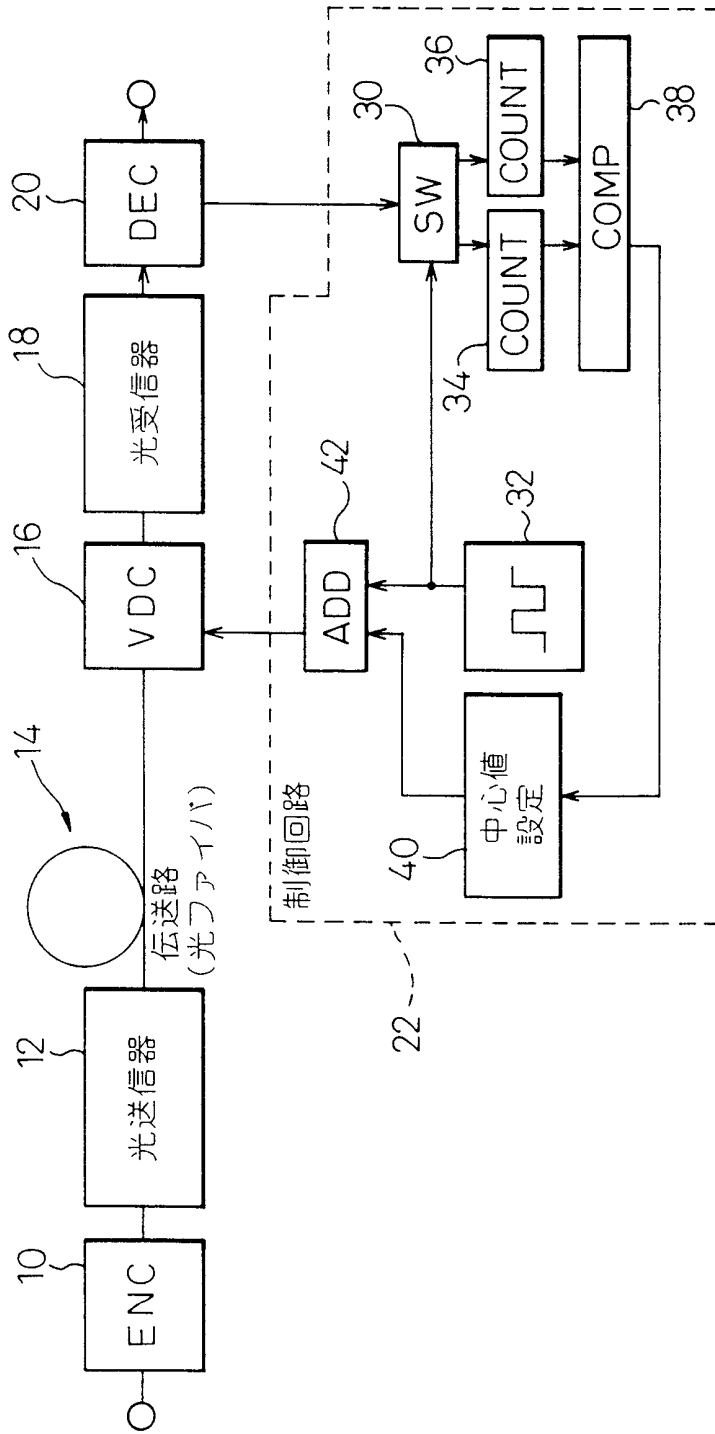


Fig. 5

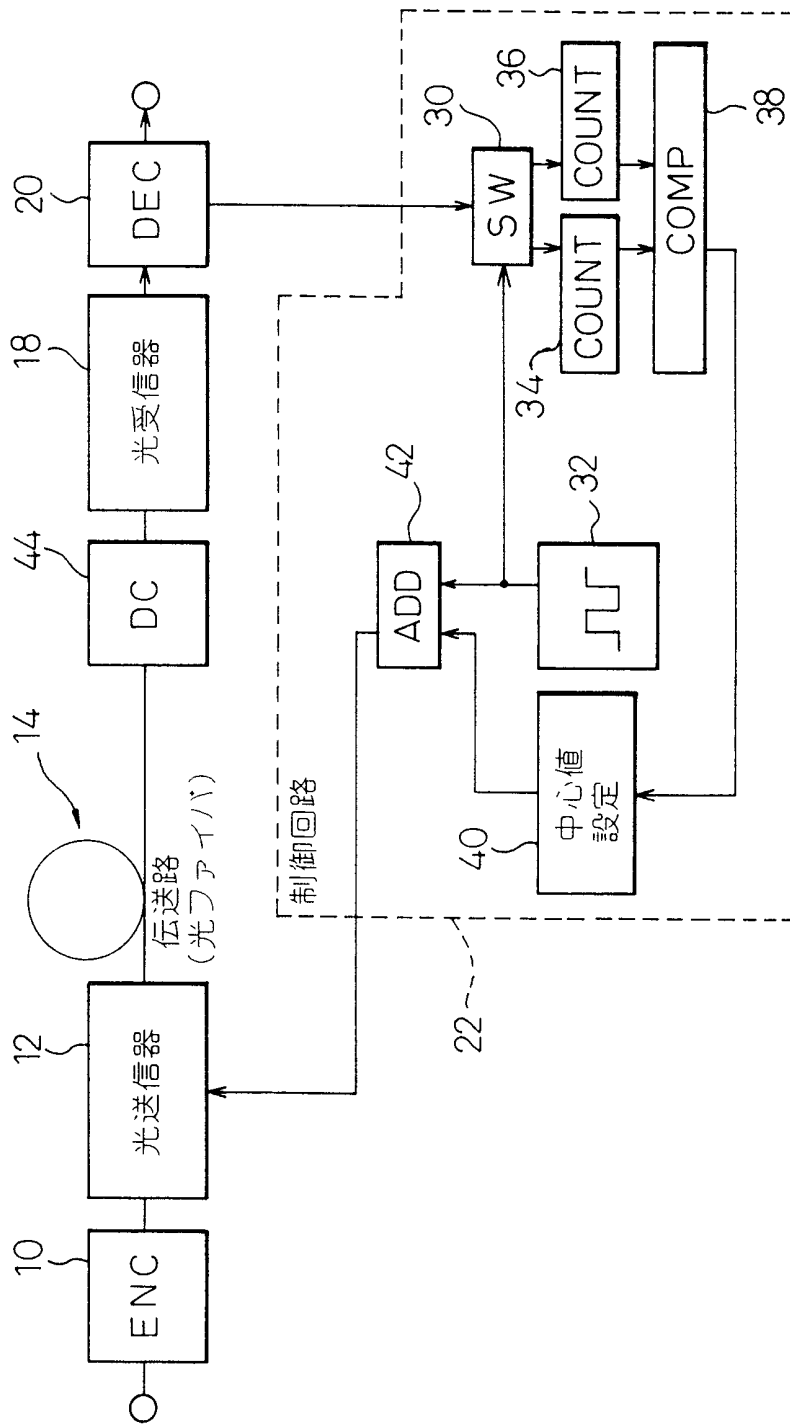


Fig.6

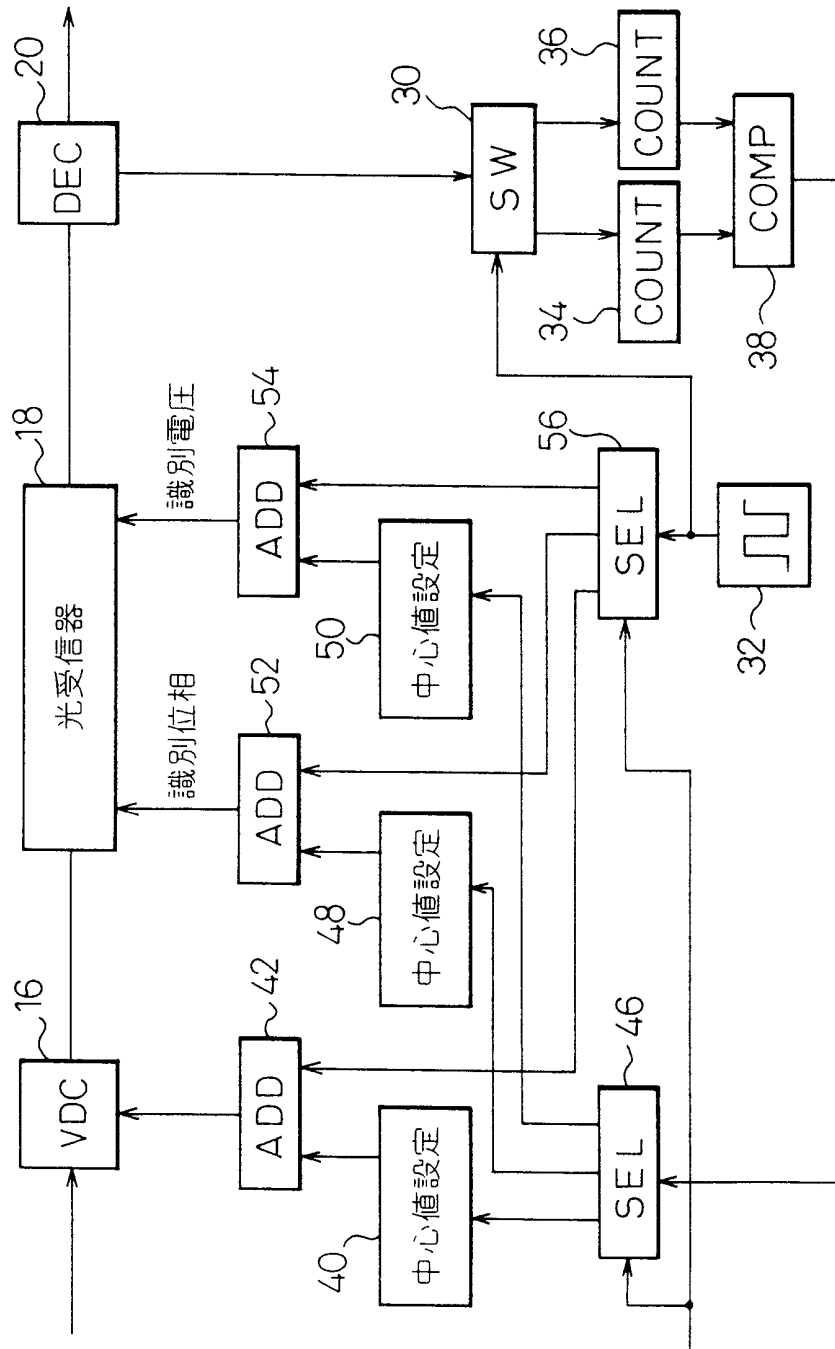


Fig. 7

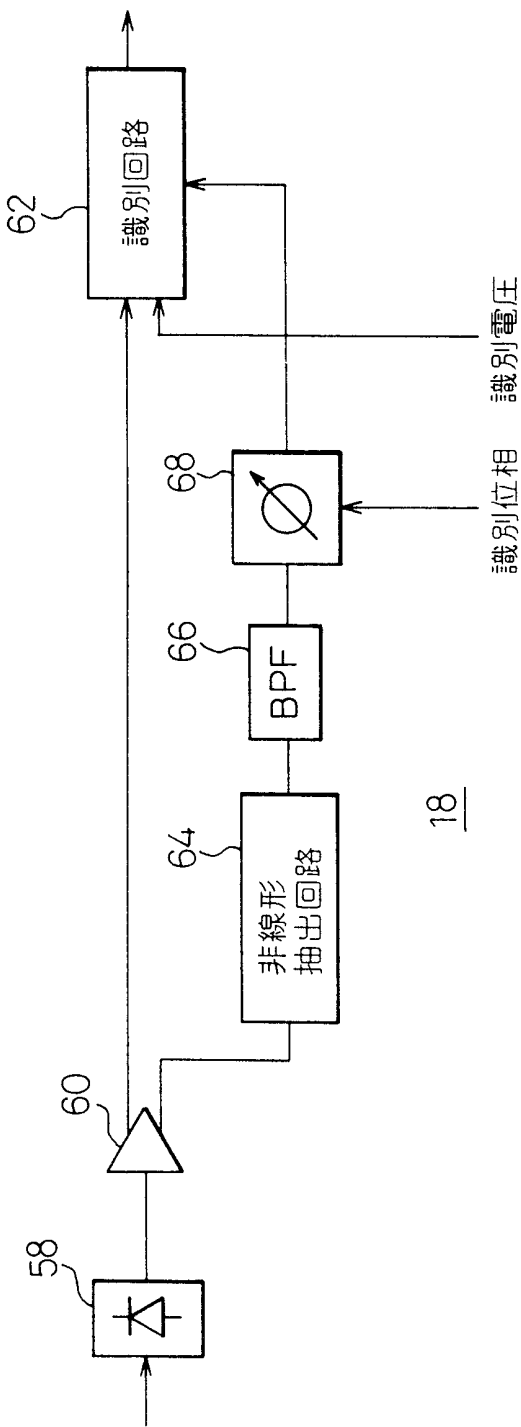


Fig. 8

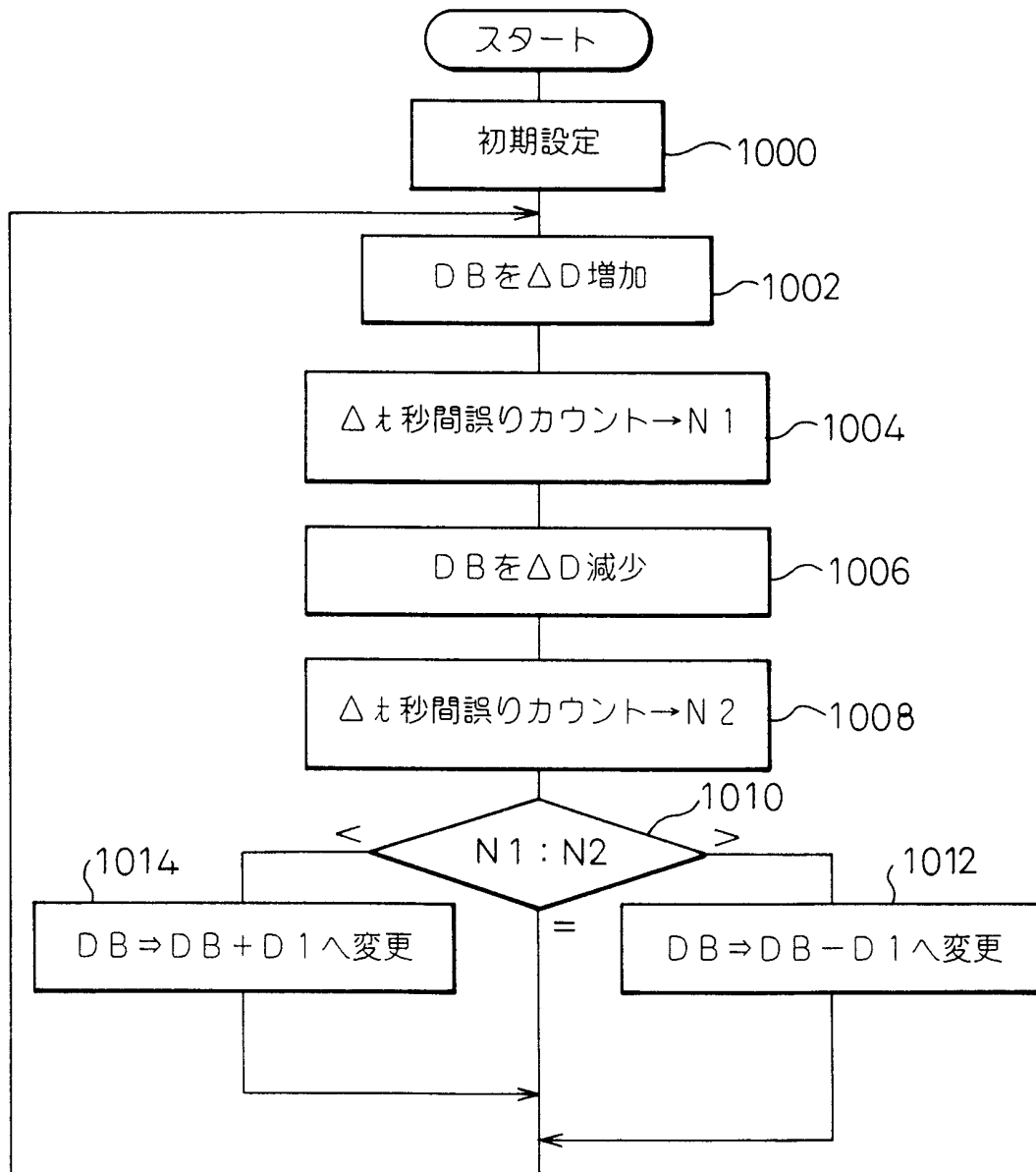


Fig. 9

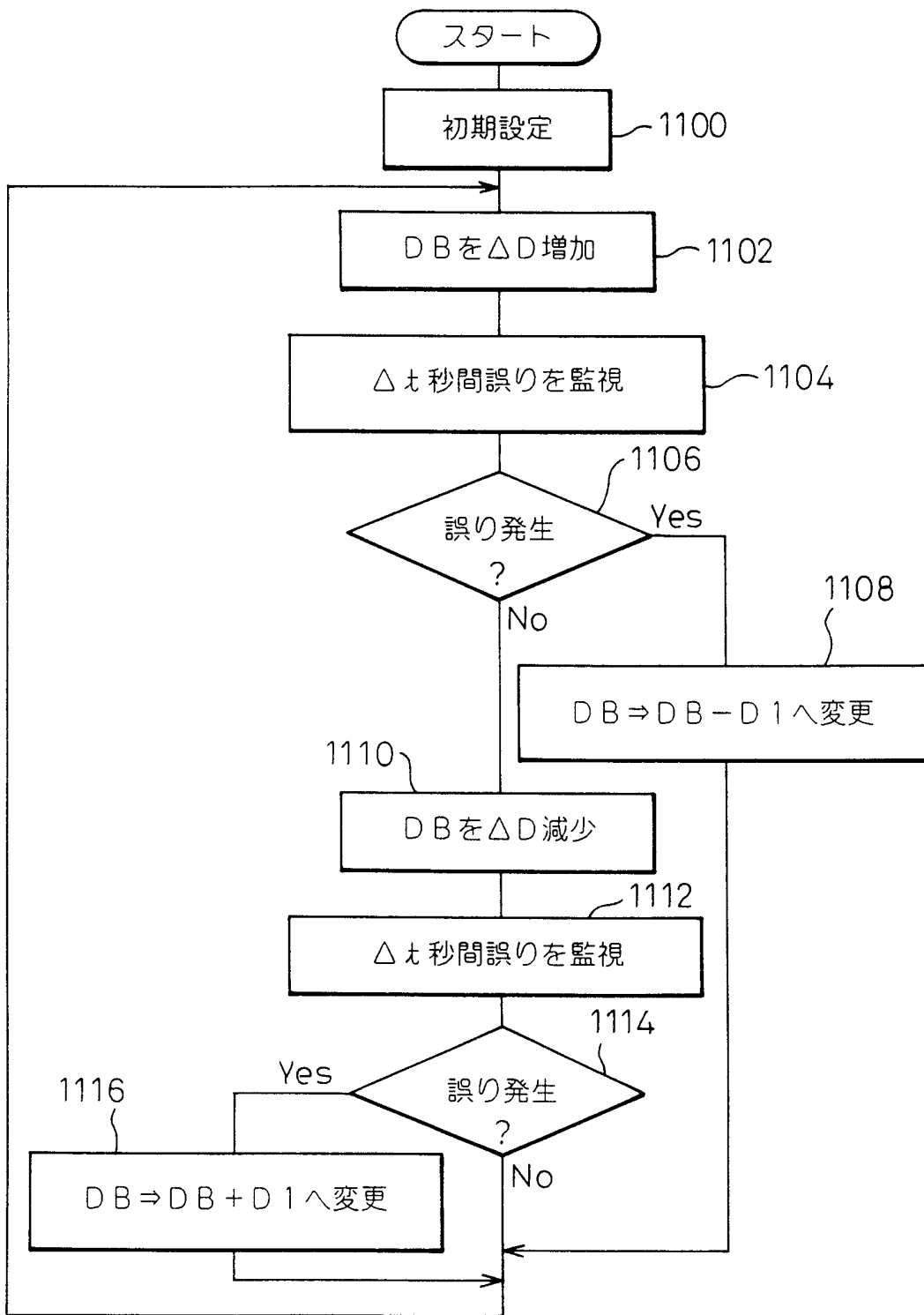


Fig.10

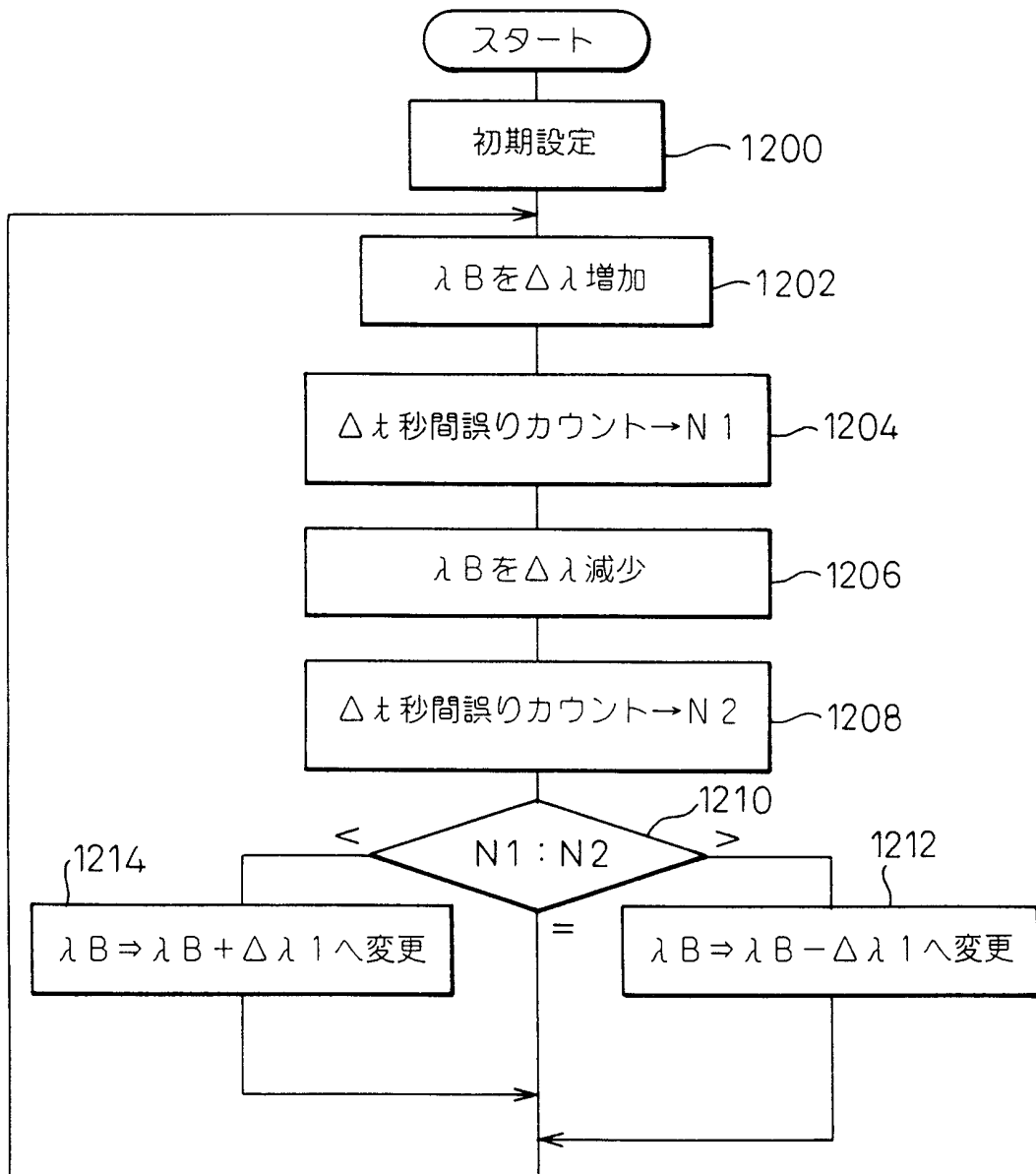


Fig.11

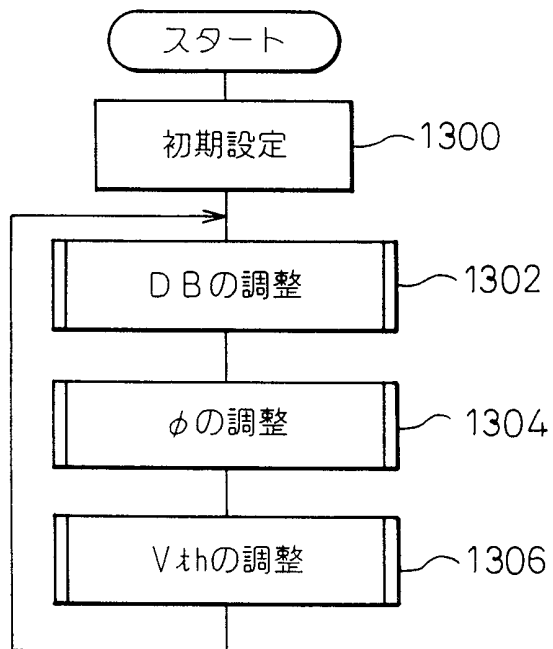


Fig. 12

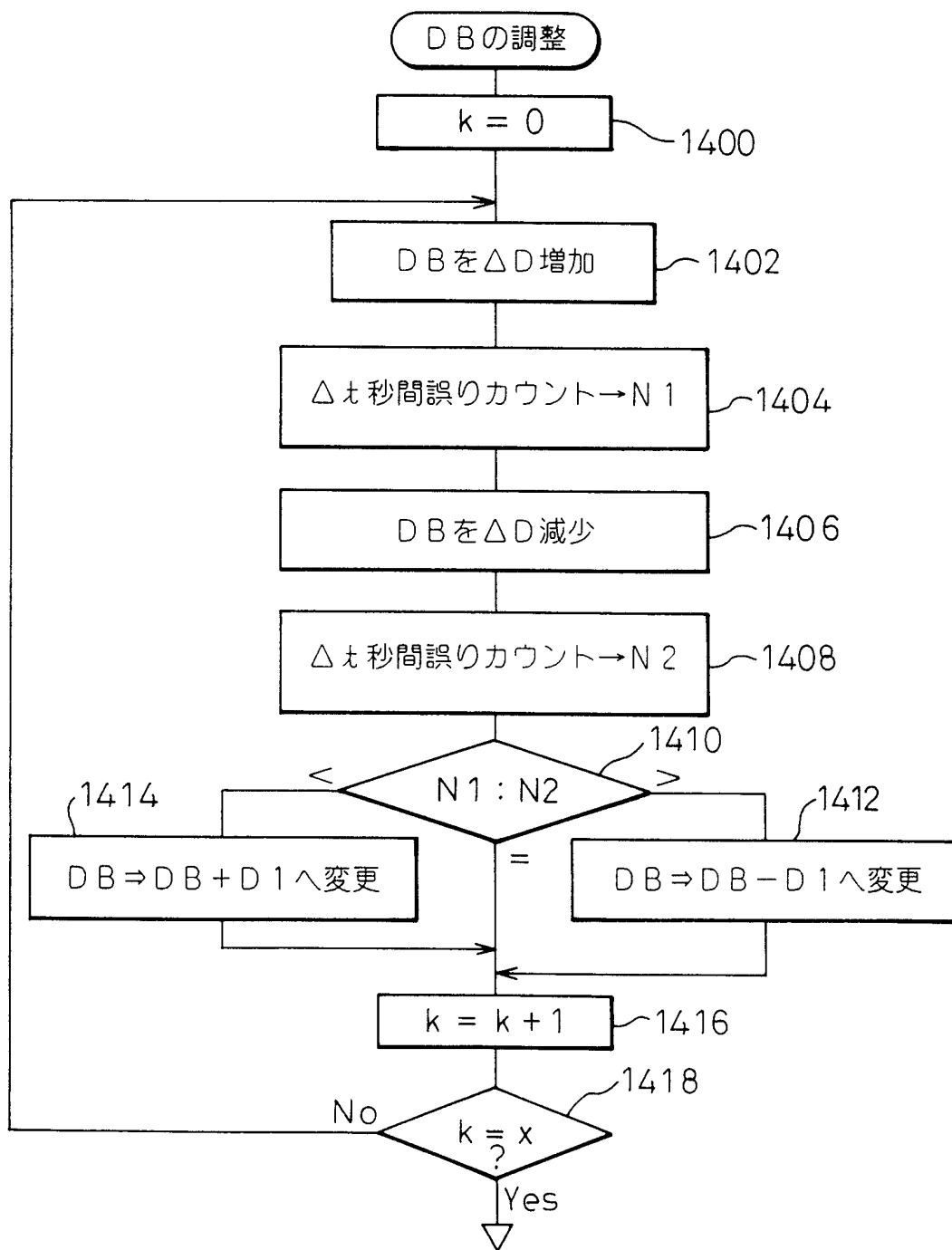


Fig. 13

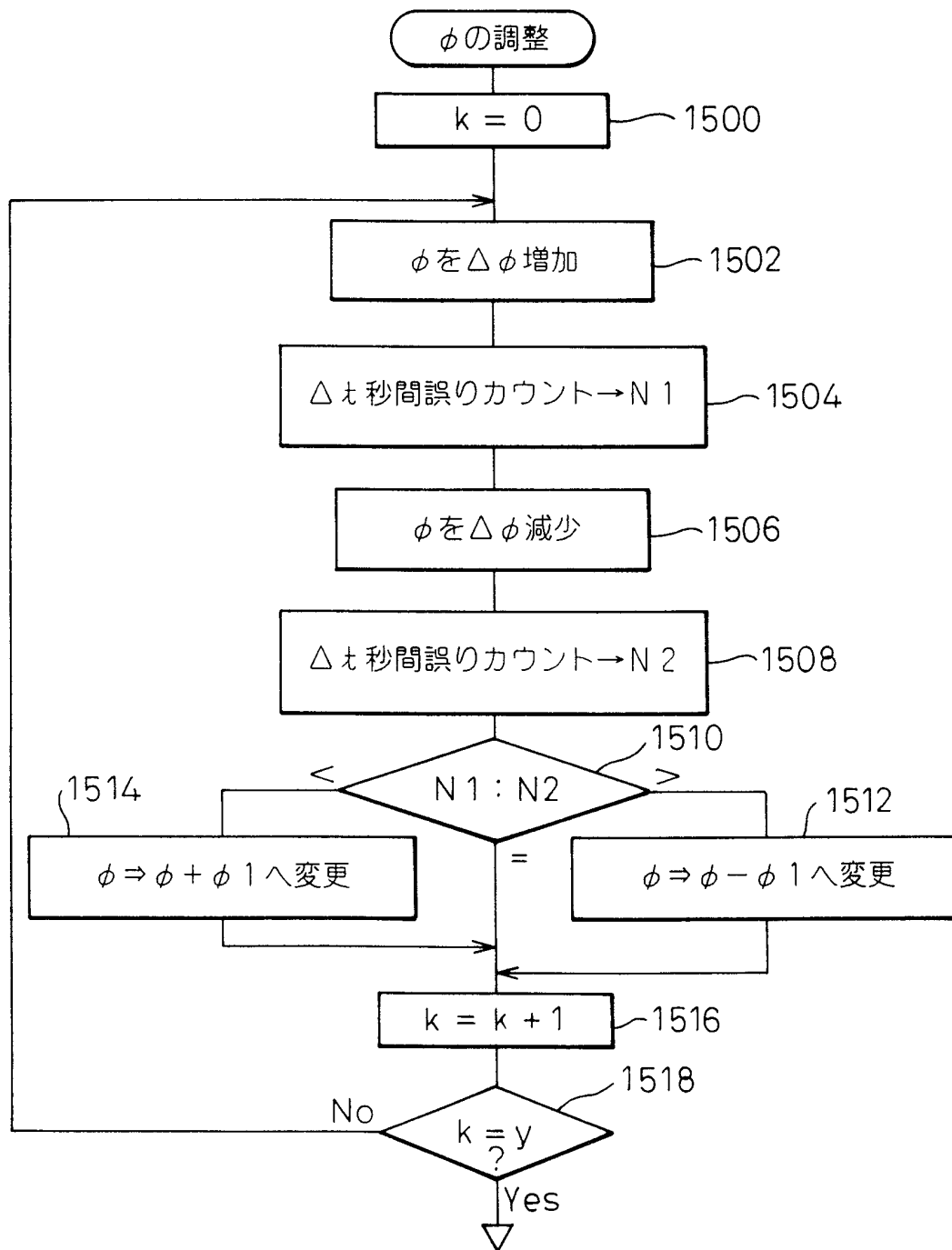
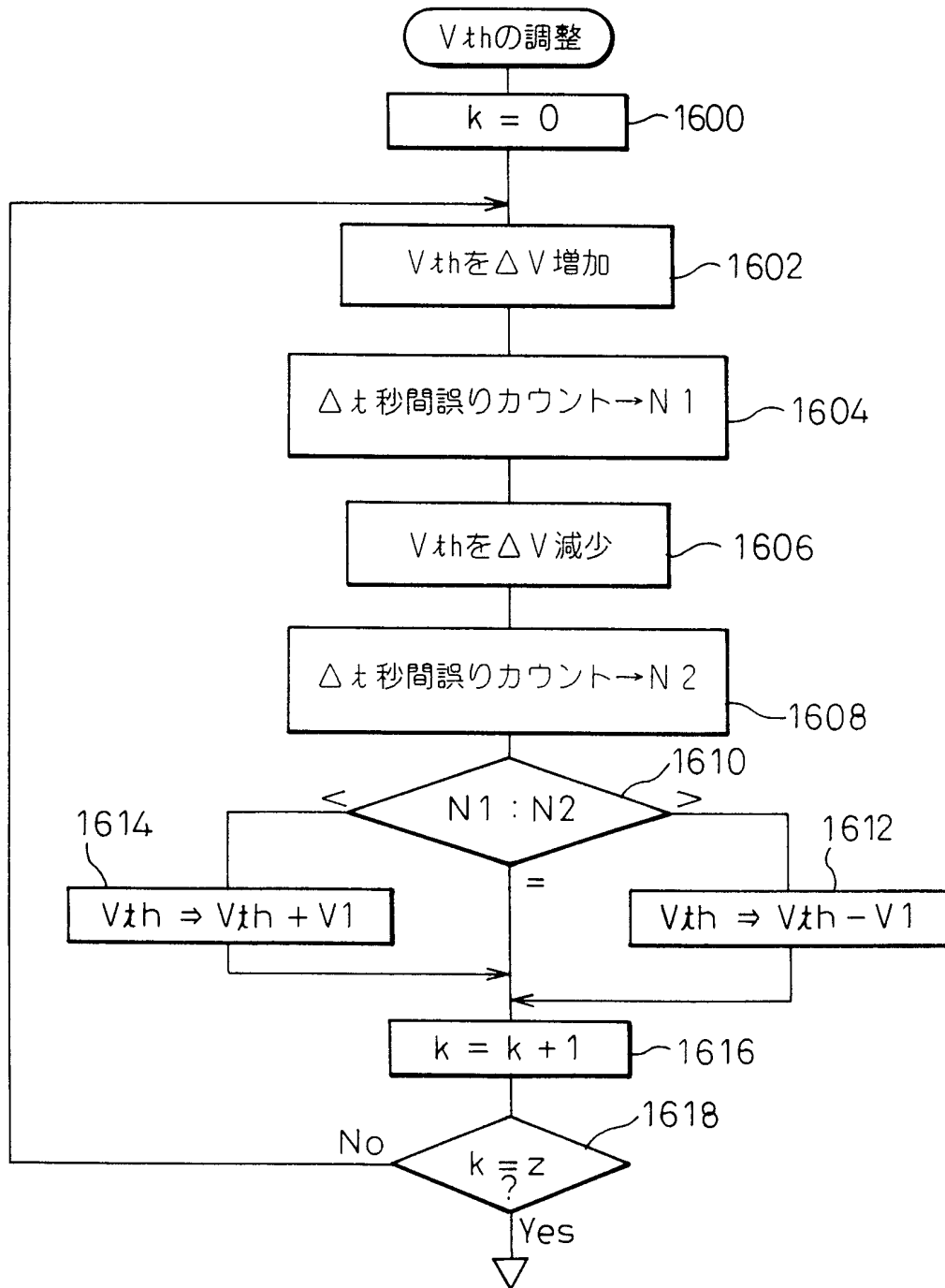


Fig.14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/01424

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. ⁶ H04B10/02, H04B10/18, H04B3/06												
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC												
B. FIELDS SEARCHED												
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. ⁶ H04B10/00-10/28, H04J14/00-14/08												
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1998 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1998												
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.										
Y	JP, 9-326755, A (Nippon Telegraph & Telephone Corp.), 16 December, 1997 (16. 12. 97), Column 6, line 16 to column 7, line 44 ; column 14, line 37 to column 15, line 27 (Family: none)	1-10										
Y	JP, 9-18408, A (Toshiba Corp.), 17 January, 1997 (17. 01. 97), Column 3, lines 1 to 14 (Family: none)	1-10										
Y	JP, 5-235917, A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 10 September, 1993 (10. 09. 93), Column 2, line 28 to column 3, line 21 (Family: none)	4, 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> <table border="0"> <tr> <td>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"E" earlier document but published on or after the international filing date</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"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)</td> <td>"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</td> </tr> <tr> <td>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td> <td>"&" document member of the same patent family</td> </tr> <tr> <td>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td> <td></td> </tr> </table>			"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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	"E" earlier document but published on or after the international filing date	"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	"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)	"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	"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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											
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"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											
"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)	"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											
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family											
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed												
Date of the actual completion of the international search 7 June, 1999 (07. 06. 99)		Date of mailing of the international search report 22 June, 1999 (22. 06. 99)										
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer										
Facsimile No.		Telephone No.										

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl ⁶ H04B 10/02 Int. Cl ⁶ H04B 10/18 Int. Cl ⁶ H04B 3/06		
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 ⁶ H04B 10/00-10/28 Int. Cl ⁶ H04J 14/00-14/08		
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 1926-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-1999年 日本国実用新案登録公報 1996-1998年 日本国登録実用新案公報 1994-1998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 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 請求の範囲の番号
Y	J P, 9-326755, A (日本電信電話株式会社), 16. 12月. 1997, (16. 12. 1997), 第6欄第16行~第7欄第44行, 第14欄第37行~第15欄第27行 (ファミリーなし)	1-10
Y	J P, 9-18408, A (株式会社東芝), 17. 1月. 1997, (17. 1. 1997), 第3欄第1行~第3欄第14行 (ファミリーなし)	1-10
Y	J P, 5-235917, A (住友電気工業株式会社), 10. 9月. 1993, (10. 9. 1993), 第2欄第28行~第3欄第21行 (ファミリーなし)	4, 9
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 「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 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「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) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「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 「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 「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 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 07. 06. 99	国際調査報告の発送日 22.06.99	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 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) 鈴木 重幸 印	5 J 9653
電話番号 03-3581-1101 内線 3535		