

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2009年9月3日(03.09.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/107347 A1

- (51) 国際特許分類:
H04J 11/00 (2006.01) H04B 7/005 (2006.01)
H04B 1/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/000745
- (22) 国際出願日: 2009年2月20日(20.02.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-045402 2008年2月27日(27.02.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社(PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 井口賀敬(IGUCHI, Noritaka). 木村知弘(KIMURA, Tomohiro).
- (74) 代理人: 中島司朗, 外(NAKAJIMA, Shiro et al.); 〒5310072 大阪府大阪市北区豊崎三丁目2番1号淀川5番館6F Osaka (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

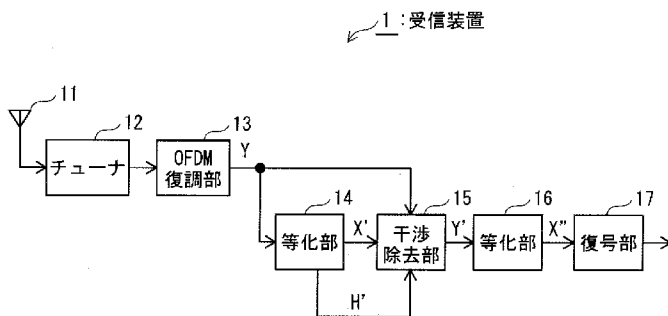
添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

(54) Title: RECEPTION DEVICE, INTEGRATED CIRCUIT, AND RECEPTION METHOD

(54) 発明の名称: 受信装置、集積回路及び受信方法

[図3]



- 1... RECEPTION DEVICE
12... TUNER
13... OFDM DEMODULATION SECTION
14... EQUALIZATION SECTION
15... INTERFERENCE ELIMINATING SECTION
16... EQUALIZATION SECTION
17... DECODING SECTION

(57) Abstract: An OFDM demodulation section (13) converts a transmission signal of a time domain into a demodulation vector (Y) of a frequency domain. An equalization section (14) estimates a transmission line response vector (H') on the basis of the demodulation vector (Y) and equalizes the demodulation vector (Y) to calculate an equalization vector (X') on the basis of the estimated transmission line response vector (H'). An interference eliminating section (15) calculates an error component vector indicating an error component related to the interference between symbols and interference between carriers on the demodulation vector (Y) on the basis of the equalization vector (X') and the transmission line response vector (H') and eliminates the error component vector from the demodulation vector (Y) to generate and output a demodulation vector (Y').

(57) 要約: OFDM復調部13は時間領域の伝送信号を周波数領域の復調ベクトルYに変換し、等化部14は復調ベクトルYに基づいて

て伝送路応答ベクトルH'を推定し、推定した伝送路応答ベクトルH'に基づいて復調ベクトルYを等化して等化ベクトルX'を算出し、干渉除去部15は、復調ベクトルYに関するシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る誤差成分を表す誤差成分ベクトルを等化ベクトルX'及び伝送路応答ベクトルH'に基づいて算出し、復調ベクトルYから誤差成分ベクトルを除去して復調ベクトルY'を生成して出力する。

明 細 書

受信装置、集積回路及び受信方法

技術分野

[0001] 本発明は、変調処理が施された複数のキャリアを周波数分割多重した伝送信号からシンボル間干渉及びキャリア間干渉の少なくとも一方に起因する誤差を除去する技術に関する。

背景技術

[0002] 地上デジタル放送や無線LAN（Local Area Network）の伝送方式として、直交周波数分割多重（OFDM）方式が採用されている。OFDM方式は、複数の搬送波を直交性を保ちながら密に並べる方式であることから、周波数利用効率の高い方式である。また、OFDM方式では、シンボル長を長く設定できることから、複数の到来波によって生じるシンボル間干渉に強い方式である。

[0003] また、OFDM方式の技術として、ガードインターバル技術が広く用いられている。これは、有効シンボルの後ろの一部分を、ガードインターバルとして有効シンボルの前に付加し、主波に対する遅延波の遅延時間がガードインターバルの時間幅以内であれば、遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分を避けて高速フーリエ変換（Fast Fourier Transform：FFT）を施すことを可能にする。これによって、受信装置は受信したOFDM伝送信号を劣化なく復調できる。

[0004] しかしながら、遅延波の遅延時間がガードインターバルの時間幅を超える場合、シンボル間干渉（Inter-Symbol-Interference：ISI）及びキャリア間干渉（Inter-Carrier-Interference：ICI）が発生することにより、受信装置は受信したOFDM伝送信号を正確に復調することが困難となり、受信品質が劣化する。

[0005] ところで、地上デジタル放送方式では、単一周波数ネットワーク（Single Frequency Network：SFN）が用いられており、遅延波の遅延時間がガード

インターバルの時間幅以内に収まるように送信局の設置が行われる。しかし、山岳やビルなどでの反射により、遅延時間がガードインターバルの時間幅を超える遅延波が到来する環境もある。このような環境では、シンボル間干渉及びキャリア間干渉のために、受信装置は受信したOFDM伝送信号を正しく復調することが困難となり、受信品質が著しく劣化する。

[0006] このため、上記の環境においてOFDM伝送信号を正確に復調するためには、OFDM伝送信号から遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る干渉成分を除去する技術が必須となり、例えば特許文献1に以下の手法が提案されている。

[0007] 時間領域のOFDM伝送信号にFFTを施すことによって周波数領域の復調データを算出し、復調データに基づいて周波数領域の伝送路応答データを推定し、周波数領域の伝送路応答データに逆高速フーリエ変換（Inverse Fast Fourier Transform：IFFT）を施すことによって時間領域の伝送路応答信号を算出する。時間領域の伝送路応答信号に基づいて時間領域のOFDM伝送信号に波形等化を施し、シンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る干渉成分を推定して、OFDM伝送信号から干渉成分を除去する。

[0008] なお、その他にも特許文献2に開示された手法があるが、主波より先行して到来する先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る干渉成分を推定して除去できないというものである。

特許文献1：特開2007-006067号公報

特許文献2：特開2004-289475号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、特許文献1に開示された手法では、FFTより前段の時間領域でフィルタを用いてシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る干渉成分を推定しており、干渉成分の推定精度を上げるためには、タップ数の多いフィルタが必要になり、回路規模が増大してしまうという課題がある。

[0010] そこで、本発明は、変調処理が施された複数のキャリアを周波数分割多重

した伝送信号からシンボル間干渉及びキャリア間干渉の少なくとも一方に係る誤差成分の除去を小さい回路規模で可能にする受信装置、集積回路及び受信方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0011] 上記目的を達成するために本発明の受信装置は、変調処理が施された複数のキャリアを多重した伝送信号を受信し、当該伝送信号を復調する受信装置であって、受信した時間領域の前記伝送信号をシンボル毎に周波数領域の復調データに変換する変換部と、前記復調データに基づいて周波数領域の伝送路応答データを推定し、推定した前記伝送路応答データに基づいて前記復調データを等化して周波数領域の等化データを算出する等化部と、シンボル毎に、前記等化データ及び前記伝送路応答データに基づいてシンボル間干渉及びキャリア間干渉の少なくとも一方に係る干渉成分を表す干渉データを算出し、前記干渉データに基づいて前記復調データに対して前記干渉成分の除去処理を施す干渉除去部と、を備える。
- [0012] また、本発明の集積回路は、変調処理が施された複数のキャリアを多重した伝送信号を受信し、当該伝送信号を復調する集積回路であって、受信した時間領域の前記伝送信号をシンボル毎に周波数領域の復調データに変換する変換回路と、前記復調データに基づいて周波数領域の伝送路応答データを推定し、推定した前記伝送路応答データに基づいて前記復調データを等化して周波数領域の等化データを算出する等化回路と、シンボル毎に、前記等化データ及び前記伝送路応答データに基づいてシンボル間干渉及びキャリア間干渉の少なくとも一方に係る干渉成分を表す干渉データを算出し、前記干渉データに基づいて前記復調データに対して前記干渉成分の除去処理を施す干渉除去回路と、を備える。
- [0013] さらに、本発明の受信方法は、変調処理が施された複数のキャリアを多重した伝送信号を受信し、当該伝送信号を復調する受信装置において行われる受信方法であって、受信した時間領域の前記伝送信号をシンボル毎に周波数領域の復調データに変換する変換ステップと、前記復調データに基づいて周

波数領域の伝送路応答データを推定し、推定した前記伝送路応答データに基づいて前記復調データを等化して周波数領域の等化データを算出する等化ステップと、シンボル毎に、前記等化データ及び前記伝送路応答データに基づいてシンボル間干渉及びキャリア間干渉の少なくとも一方に係る干渉成分を表す干渉データを算出し、前記干渉データに基づいて前記復調データに対して前記干渉成分の除去処理を施す干渉除去ステップと、を有する。

発明の効果

- [0014] 上記受信装置、集積回路、及び受信方法によれば、時間領域の伝送信号を周波数領域の復調データに変換する変換部より後段の周波数領域において干渉成分の算出及び除去を行っているため、回路規模の増大を抑えつつ、シンボル間干渉及びキャリア間干渉の影響を除去することによる受信品質の向上が図られる。
- [0015] 上記の受信装置において、前記干渉除去部は、 N は1より大きい数であり、 T_u は有効シンボル期間の時間幅であるとし、一のシンボルに対応する前記等化データに対して遅延処理及びアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1/(N \times T_u)$ の第1等化データを生成して出力する遅延アップサンプル部と、前記一のシンボルに対応する前記伝送路応答データに対してアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1/(N \times T_u)$ の第1伝送路応答データを生成するアップサンプル部と、前記第1等化データと前記第1伝送路応答データとをキャリア毎に乗算して第1復調データを生成する乗算部と、前記第1復調データに対して所定の通過特性に基づくフィルタ処理を施して当該第1復調データから遅延波によるシンボル間干渉に係る第1干渉成分を抽出し、当該第1干渉成分を表す第1干渉データを生成する抽出部と、前記第1干渉データに対してダウンサンプル処理を施して前記干渉成分を表す前記干渉データを生成する干渉成分生成部と、前記一のシンボルに対応する前記復調データから前記干渉データを減算する除去部と、を備えるようにしてもよい。
- [0016] これによれば、第1復調データを時間領域でみた場合における隣接する信

号成分が重複しなくなるので、遅延波によるシンボル間干渉に係る第1干渉成分を独立して抽出することが可能になり、遅延波によるシンボル間干渉の除去能力の向上が図られる。

[0017] 上記の受信装置において、前記干渉成分生成部は、前記第1干渉データに対して前記ダウンサンプル処理に加え、キャリア毎にガードインターバル期間の時間幅に-1を乗算した値に基づく位相回転処理を施すようにしてもよい。

[0018] これによれば、受信する伝送信号にガードインターバル期間が付加されている場合にも、復調データから干渉成分の除去を効果的に行うことが可能になる。

[0019] 上記の受信装置において、前記干渉除去部は、 N は1より大きい数であり、 T_u は有効シンボル期間の時間幅であるとし、一のシンボルに対応する前記等化データに対してアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1/(N \times T_u)$ の第1等化データを生成する第1アップサンプル部と、前記一のシンボルに対応する前記伝送路応答データに対してアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1/(N \times T_u)$ の第1伝送路応答データを生成する第2アップサンプル部と、前記第1等化データと前記第1伝送路応答データとをキャリア毎に乗算して第1復調データを生成する乗算部と、前記第1復調データに対して所定の通過特性に基づくフィルタ処理を施して当該第1復調データから遅延波によるキャリア間干渉に係る第1干渉成分を抽出し、当該第1干渉成分を表す第1干渉データを生成する抽出部と、前記第1干渉データに対してダウンサンプル処理を施して前記干渉成分を表す前記干渉データを生成する干渉成分生成部と、前記一のシンボルに対応する前記復調データに前記干渉データを加算する除去部と、を備えるようにしてもよい。

[0020] これによれば、第1復調データを時間領域でみた場合における隣接する信号成分が重複しなくなるので、遅延波によるキャリア間干渉に係る第1干渉成分を独立して抽出することが可能になり、遅延波によるシンボル間干渉の除去能力の向上が図られる。

- [0021] 上記の受信装置において、前記干渉除去部は、前記一のシンボルに対応する前記等化データ又は前記第1等化データに対してキャリア毎にガードインターバル期間の時間幅に基づく位相回転処理を施して第2等化データを生成する位相回転部を更に備え、前記位相回転部が前記等化データに対して位相回転処理を施す場合には、前記第1アップサンプル部は前記等化データの代わりに前記第2等化データに対してアップサンプル処理を施して前記第1等化データを生成し、前記位相回転部が前記第1等化データに対して位相回転処理を施す場合には、前記乗算部は前記第1等化データの代わりに前記第2等化データと前記第1伝送路応答データとをキャリア毎に乗算して前記第1復調データを生成し、前記干渉成分生成部は、前記第1干渉データに対して前記ダウンサンプル処理に加え、キャリア毎にガードインターバル期間の時間幅に -1 を乗算した値に基づく位相回転処理を施すようにしてもよい。
- [0022] これによれば、受信する伝送信号にガードインターバル期間が付加されている場合にも、復調データから干渉成分の除去を効果的に行うことが可能になる。
- [0023] 上記の受信装置において、前記干渉除去部は、一のシンボルに対応する前記等化データに対して遅延処理を施して遅延等化データを出力する遅延部と、前記遅延等化データから前記一のシンボルに対応する前記等化データを減算し、減算結果を表す差分等化データを生成する差分部と、 N は1より大きい数であり、 T_u は有効シンボル期間の時間幅であるとし、前記差分等化データに対してアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1/(N \times T_u)$ の第1差分等化データを生成する第1アップサンプル部と、前記一のシンボルに対応する前記伝送路応答データに対してアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1/(N \times T_u)$ の第1伝送路応答データを生成する第2アップサンプル部と、前記第1差分等化データと前記第1伝送路応答データとをキャリア毎に乗算して差分復調データを生成する乗算部と、前記差分復調データに対して所定の通過特性に基づくフィルタ処理を施して当該差分復調データから遅延波によるシンボル間干渉及び遅延波によるキャリア間干渉

に係る第1干渉成分を抽出し、当該第1干渉成分を表す第1干渉データを生成する抽出部と、前記第1干渉データに対してダウンサンプル処理を施して前記干渉成分を表す前記干渉データを生成する干渉成分生成部と、前記一のシンボルに対応する前記復調データから前記干渉データを減算する除去部と、を備えるようにしてもよい。

[0024] これによれば、遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る干渉成分の除去に一部の構成要素を用いているため、回路規模の削減を図りつつ、復調データから遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る双方の干渉成分の除去を行うことが可能になる。

[0025] 上記の受信装置において、前記干渉除去部は、前記一のシンボルに対応する前記等化データに対してキャリア毎にガードインターバル期間の時間幅に基づく位相回転処理を施して第1等化データを生成する位相回転部を更に備え、前記差分部は、前記一のシンボルに対応する前記等化データの代わりに前記第1等化データを用いて、前記遅延等化データから前記第1等化データを減算し、減算結果を表す前記差分等化データを生成し、前記干渉成分生成部は、前記第1干渉データに対して前記ダウンサンプル処理に加え、キャリア毎にガードインターバル期間の時間幅に-1を乗算した値に基づく位相回転処理を施すようにしてもよい。

[0026] これによれば、受信する伝送信号にガードインターバル期間が付加されている場合にも、復調データから干渉成分の除去を行うことが可能になる。

[0027] 上記の受信装置において、前記干渉除去部は、前記差分復調データに対して所定の通過特性に基づくフィルタ処理を施して当該差分復調データから先行波によるシンボル間干渉及び先行波によるキャリア間干渉に係る第2干渉成分を抽出し、当該第2干渉成分を表す第2干渉データを生成する第1抽出部と、前記第2干渉データに対してダウンサンプル処理を施して先行波によるシンボル間干渉及び先行波によるキャリア間干渉に係る第3干渉成分を表す前記第3干渉データを生成する第1干渉成分生成部と、前記除去部による処理の結果得られた第1復調データに対して遅延処理を施して第1遅延復調

データを出力する第1遅延部と、前記第1遅延復調データと前記第3干渉データとを加算する第1除去部と、を更に備えるようにしてもよい。

[0028] これによれば、復調データから先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る干渉成分の除去を行うことが可能になり、更なる受信品質の向上が期待できる。

[0029] 上記の受信装置において、前記一のシンボルに対応する前記伝送路応答データに対して遅延処理及びアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1/(N \times T_u)$ の第2伝送路応答データを生成して出力する遅延アップサンプル部と、前記第1差分等化データと前記第2伝送路応答データとをキャリア毎に乗算して第1差分復調データを生成する第1乗算部と、前記第1差分復調データに対して所定の通過特性に基づくフィルタ処理を施して当該第1差分復調データから先行波によるシンボル間干渉及び先行波によるキャリア間干渉に係る第2干渉成分を抽出し、当該第2干渉成分を表す第2干渉データを生成する第1抽出部と、前記第2干渉データに対してダウンサンプル処理を施して先行波によるシンボル間干渉及び先行波によるキャリア間干渉に係る第3干渉成分を表す前記第3干渉データを生成する第1干渉成分生成部と、前記除去部による処理の結果得られた第1復調データに対して遅延処理を施して第1遅延復調データを出力する第1遅延部と、前記第1遅延復調データと前記第3干渉データとを加算する第1除去部と、を更に備えるようにしてもよい。

[0030] これによれば、送信局間の周波数偏差や伝送路変動による影響を抑えつつ、復調データから先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る干渉成分の除去を行うことが可能になり、更なる受信品質の向上が期待できる。

[0031] 上記の受信装置において、前記干渉除去部は、供給される第1遅延復調データを一のシンボルに対応する前記伝送路応答データで除算して第1等化データを生成する除算部と、前記第1等化データ及び前記一のシンボルに対応する前記伝送路応答データに基づいて遅延波によるシンボル間干渉に係る第

1 干渉成分を算出し、前記一のシンボルに対応する前記等化データ及び前記一のシンボルに対応する前記伝送路応答データに基づいて遅延波によるキャリア間干渉に係る第2干渉成分を算出し、当該第1干渉成分から当該第2干渉成分を減算して前記干渉成分を算出して前記干渉データを生成する干渉成分生成部と、前記一のシンボルに対応する前記復調データから前記干渉データを減算して第1復調データを出力する減算部と、前記第1復調データに対して遅延処理を施して次シンボル用の前記第1遅延復調データを前記除算部へ供給する遅延部と、を備えるようにしてもよい。

[0032] これによれば、シンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る干渉成分が除去された前シンボルの復調データを用いて遅延波によるシンボル間干渉の除去処理を行うことが可能になって、更なる受信品質の向上が図られる。

[0033] 上記の受信装置において、前記干渉除去部は、周波数領域の前記等化データを時間領域の等化信号に変換し、周波数領域の前記伝送路応答データを時間領域の伝送路信号に変換し、前記等化信号及び前記伝送路信号に基づいて前記干渉成分を表す干渉信号を算出し、前記干渉信号に基づいて前記復調データに対して前記干渉成分の除去処理を施すようにしてもよい。

[0034] これによれば、時間領域で干渉成分を表す干渉信号の算出による干渉成分の除去処理が可能になる。

[0035] 上記の受信装置において、前記復調データと前記干渉除去部による前記除去処理によって得られた第1復調データとの受信品質を比較し、受信品質の良い方を選択して出力する選択部を更に備えるようにしてもよい。

[0036] これによれば、干渉成分を除去することによって第1復調データの受信品質が低下するような場合には干渉成分が除去されていない復調データが選択され、干渉除去に起因する受信品質の劣化を回避できる。

[0037] 上記の受信装置において、前記干渉除去部は、前記等化データに対して硬判定処理を施して前記除去処理を行うようにしてもよい。

[0038] これによれば、等化データの推定誤差を小さくすることができるので、受信品質の更なる向上が図られる。

- [0039] 上記の受信装置において、直列に多段接続されている前記等化部及び前記干渉除去部を有する処理ブロックを有するようにしてもよい。
- [0040] これによれば、干渉除去処理が複数回繰り返されるので、受信品質の更なる向上が図られる。
- [0041] また、本発明の受信装置は、変調処理が施された複数のキャリアを多重した伝送信号を受信し、当該伝送信号を復調する受信装置であって、受信した時間領域の前記伝送信号をシンボル毎に周波数領域の復調データに変換する変換部と、シンボル毎に、前記復調データを供給される遅延伝送路応答データで除算して等化データを生成する除算部と、シンボル毎に、前記等化データ及び供給される前記遅延伝送路応答データに基づいてシンボル間干渉及びキャリア間干渉の少なくとも一方に係る干渉成分を表す干渉データを算出し、前記干渉データに基づいて前記復調データに対して前記干渉成分の除去処理を施して第1復調データを生成する干渉除去部と、前記第1復調データに基づいて周波数領域の伝送路応答データを推定し、推定した前記伝送路応答データに基づいて前記復調データを等化して周波数領域の等化データを算出する等化部と、前記伝送路応答データに対して遅延処理を施して次シンボル用の前記遅延伝送路応答データを前記除算部及び前記干渉除去部へ供給する遅延部と、を備える。
- [0042] これによれば、時間領域の伝送信号を周波数領域の復調データに変換する変換部より後段の周波数領域において干渉成分の算出及び除去を行っているため、回路規模の増大を抑えつつ、シンボル間干渉及びキャリア間干渉の影響を除去することによる受信品質の向上が図られる。また、干渉成分の除去処理を施して生成された第1復調データを用いて伝送路応答データを推定し、この伝送路応答データをフィードバックして干渉データを算出して算出した干渉データに基づいて復調データに対して干渉成分の除去処理を施して第1復調データを生成しているため、伝送路応答データには干渉成分の繰り返し除去の効果が得られ、受信品質の向上が図られる。
- [0043] さらに、本発明の受信装置は、変調処理が施された複数のキャリアを多重

した伝送信号を受信し、当該伝送信号を復調する受信装置であって、受信した時間領域の前記伝送信号をシンボル毎に周波数領域の復調データに変換する変換部と、シンボル毎に、前記復調データから、供給される遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分を表す遅延干渉データを減算して第1復調データを生成する第1干渉除去部と、前記第1復調データに基づいて周波数領域の伝送路応答データを推定し、推定した前記伝送路応答データに基づいて前記第1復調データを等化して周波数領域の等化データを算出する等化部と、シンボル毎に、前記等化データ及び前記伝送路応答データに基づいて遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分を算出し、当該干渉成分を表す干渉データを生成するとともに、前記第1復調データに対して干渉除去処理を施す第2干渉除去部と、前記干渉データに対して遅延処理を施して次シンボルの前記遅延干渉データを第1干渉除去部へ供給する遅延部と、を備える。

[0044] これによれば、時間領域の伝送信号を周波数領域の復調データに変換する変換部より後段の周波数領域において干渉成分の算出及び除去を行っているため、回路規模の増大を抑えつつ、シンボル間干渉及びキャリア間干渉の影響を除去することによる受信品質の向上が図られる。

図面の簡単な説明

[0045] [図1] OFDM伝送信号を模式的に表した図。

[図2] (a) ~ (g) は遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の概要を説明するための図。

[図3] 第1の実施の形態の受信装置1の構成図。

[図4] (a) ~ (g) は図3の受信装置1の処理内容を説明するための図。

[図5] 図3の等化部14の構成図。

[図6] 図3の干渉除去部15の構成図。

[図7] (a) ~ (s) は図6の干渉除去部15の処理内容を説明するための図。

[図8] (a) は図6の抽出部57のフィルタの通過帯域を説明するための図であり、(b) は図14の抽出部84のフィルタの通過帯域を説明するための

図。

[図9] 第2の実施の形態の干渉除去部15aの構成図。

[図10] (a) ~ (n) は図9の干渉除去部15aの処理内容を説明するための図。

[図11] (a) ~ (g) は先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の概要を説明するための図。

[図12] 第3の実施の形態の受信装置1bの構成図。

[図13] (a) ~ (g) は図12の受信装置1bの処理内容を説明するための図。

[図14] 図12の干渉除去部15bの構成図。

[図15] (a) ~ (o) は図14の干渉除去部15bの処理内容を説明するための図。

[図16] 第4の実施の形態の干渉除去部15cの構成図。

[図17] 第5の実施の形態の干渉除去部15dの構成図。

[図18] 第6の実施の形態の干渉除去部15eの構成図。

[図19] 第7の実施の形態の干渉除去部15fの構成図。

[図20] 第8の実施の形態の干渉除去部15gの構成図。

[図21] 第9の実施の形態の受信装置1hの構成図。

[図22] 第10の実施の形態の受信装置1iの構成図。

[図23] 第11の実施の形態の受信装置1jの構成図。

[図24] 図23の干渉除去部21の構成図。

[図25] 図23の干渉除去部23の構成図。

[図26] 第12の実施の形態の干渉除去部15kの構成図。

符号の説明

- [0046]
- 1 受信装置
 - 11 アンテナ
 - 12 チューナ
 - 13 OFDM復調部

- 14 等化部
- 15 干渉除去部
- 16 等化部
- 17 復号部
- 51 遅延部
- 52, 54, 55 アップサンプル部
- 53 位相回転部
- 56, 60 乗算部
- 57, 61 抽出部
- 58, 62 ダウンサンプル部
- 59, 63 位相回転部
- 64, 65 減算部

発明を実施するための最良の形態

[0047] <<第1の実施の形態>>

以下、本発明の第1の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。但し、本実施の形態及び後述する実施の形態では、OFDM伝送方式に基づいて生成され、無線伝送されたOFDM伝送信号を受信する受信装置を例に説明する。なお、OFDM伝送信号は、マルチキャリア伝送方式の一方式であり、地上デジタル放送（DVB-T/H、ISDB-Tなど）や無線LAN（IEEE802.11a/gなど）、Wi-MAX（IEEE802.16）、次世代移動通信など幅広い製品分野で用いられ、或いは、用いられる予定である。

[0048] <OFDM伝送信号の概要>

本実施の形態の受信装置1の構成及び動作を説明する前に、OFDM伝送方式で利用されるOFDM伝送信号の概要について図1を参照しつつ説明する。図1は1シンボル分のOFDM伝送信号を模式的に表したものであり、図1において横軸は時間を示す。

[0049] 1シンボルの時間幅を T_s とし、この時間幅 T_s を「シンボル期間」と称

する。シンボル期間 T_s は、「有効シンボル期間」と称する時間幅 T_u の期間と、「ガードインターバル期間」と称する時間幅 T_g の期間とからなる。

[0050] OFDM 伝送信号は、シンボル毎に、複数のキャリアにデジタル変調を施して多重した信号である。複数のキャリアの周波数は有効シンボル期間 T_u で互いに直交する周波数関係にある。この周波数関係は、任意の 2 つのキャリアの周波数間隔が有効シンボル期間 T_u の逆数 ($1/T_u$) の整数倍になる、関係である。従って、OFDM 伝送信号は有効シンボル期間 T_u で周期性を有する信号となり、ガードインターバル期間 T_g で伝送される OFDM 伝送信号は有効シンボル期間 T_u の後部の時間幅 T_g 分で伝送される OFDM 伝送信号をコピーしたものとなる。ガードインターバル期間 T_g で伝送される OFDM 伝送信号は、サイクリックプレフィックスと呼ばれている。

[0051] マルチパス伝搬や SFN などのために複数の到来波が時間差を持って受信装置に到来した場合でも、その時間差がガードインターバル期間 T_g 以内であれば、ガードインターバルの作用によってシンボル間干渉の発生を防ぐことが可能である。これとともに、サイクリックプレフィックスの作用によって同一シンボル内の複数のキャリア間の直交性を保持し、キャリア間干渉の発生を防ぐことが可能である。しかしながら、複数の到来波が到来した時間差がガードインターバル期間 T_g より大きくなった場合は、シンボル間干渉及びキャリア間干渉が発生する。

[0052] なお、以下において、適宜、受信レベルが最大の到来波を「主波」と称し、主波より先行して到来する到来波を「先行波」と称し、主波より遅れて到来する到来波を「遅延波」と称する。

[0053] <遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の概要>

以下、遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の概要について、1 つの遅延波が主波に対してガードインターバル期間 T_g より大きい時間遅れて受信装置に到来する場合を例に挙げて、図 2 (a) から図 2 (g) を参照しつつ説明する。図 2 (a) から図 2 (g) は遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の概要を説明するための図であり、図 2 (a) から図

2 (g) の各図において横軸は時間を示す。

[0054] 図 2 (a) は連続して送信された複数シンボル分の OFDM 伝送信号 $s(t)$ を模式的に表したものであり、送信局は複数シンボル連続して OFDM 伝送信号を送信しているものとする。ここでは、 n 番目のシンボルに着目して説明する。なお、図 2 (a) では、着目した n 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_n(t)$ を隣接する $(n-1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ 及び $(n+1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ と区別するために、 $(n-1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に左斜線（右肩下がりの斜線）の模様を、 $(n+1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に右斜線（右肩上がりの斜線）の模様を施して表している。

[0055] 図 2 (b) は、伝送路応答を示す伝送路応答信号 $h(t)$ を模式的に表したものであり、受信装置に到来する複数の到来波の相対的な時間差と受信レベルとで表している。図 2 (b) で表した伝送路応答信号 $h(t)$ は遅延プロファイルと呼ばれることもある。図 2 (b) に一例を示す伝送路応答信号 $h(t)$ は、受信装置に 2 つの到来波が到来し、最初に到来した受信レベルが最大の到来波（主波）の到来時刻 t を 0 にし ($t=0$)、2 番目に到来した到来波（遅延波）が主波より t_d 時間遅れて到来する様子を表している。なお、2 つの到来波が到来した時間差 t_d がガードインターバル期間 T_g より大きい場合を対象としている。

[0056] 図 2 (c) は、受信装置が受信する OFDM 伝送信号 $r(t)$ を模式的に表したものである。但し、最初に到来した到来波（主波）を上段に、主波より t_d 時間遅れて到来した到来波（遅延波）を下段に重ねて表しているが、実際はそれらが加法的に重畳された状態で受信される。なお、図 2 (e)、図 2 (g) についても同様にそれらを重ねて表示している。また、図 2 (c) では、OFDM 伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に由来する信号成分に左斜線の模様を、OFDM 伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に由来する信号成分に右斜線の模様を施して表している。また、図 2 (e) 及び図 2 (f) についても同様に模様を施し

て表している。

[0057] OFDM伝送信号を受信する受信装置は、シンボル毎に、受信したOFDM伝送信号 $r(t)$ から有効シンボル期間の時間幅 T_u 分のOFDM伝送信号を切り出して復調する。 n 番目のシンボルでは、受信装置は、図2(c)に示すOFDM伝送信号 $r(t)$ から図2(d)に示す有効シンボル期間の時間幅 T_u 分の図2(e)に示すOFDM伝送信号 $r_n(t)$ を切り出す。

[0058] 図2(f)は、図2(e)に示すOFDM伝送信号 $r_n(t)$ に含まれる $(n-1)$ 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に由来する信号成分を表している。この $(n-1)$ 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に由来する信号成分が n 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $r_n(t)$ における遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分である。 n 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $r_n(t)$ における遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分は、 $(n-1)$ 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に関する遅延波の最後から時間をさかのぼった $(t_d - T_g)$ 期間の信号成分である。

[0059] 図2(g)は、図2(e)に示すOFDM伝送信号 $r_n(t)$ に含まれる n 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $s_n(t)$ に由来する信号成分を表す。図2(g)から、OFDM伝送信号 $r_n(t)$ に含まれる n 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $s_n(t)$ に由来する遅延波の信号成分の時間幅は有効シンボル期間の時間幅 T_u に満たないことが分かる。この遅延波の信号成分の時間幅が有効シンボル期間の時間幅 T_u に満たないことから、OFDM伝送信号 $r_n(t)$ を形成する複数のキャリア間の直交性を保持できず、複数のキャリアの各々を復調する際にキャリア間干渉が生じてしまう。この n 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $s_n(t)$ に由来する遅延波の信号成分の不足している信号成分が n 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $r_n(t)$ における遅延波によるキャリア間干渉に係る干渉成分である。 n 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $r_n(t)$ における遅延波によるキャリア間干渉に係る干渉成分は、 n 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $s_n(t)$ に関する遅延波の最後より t

d時間前の時間位置から ($t_d - T_g$) 期間の信号成分である。

[0060] <受信装置 1 の構成及び動作>

以下、本実施の形態の受信装置 1 の構成及び動作について図 3 及び図 4 (a) から図 4 (g) を参照しつつ説明する。図 3 は本実施の形態の受信装置 1 の構成図であり、図 4 (a) から図 4 (g) は図 3 の受信装置 1 の処理内容を説明するための図である。

[0061] 受信装置 1 は、アンテナ 11 と、チューナ 12 と、OFDM 復調部 13 と、等化部 14 と、干渉除去部 15 と、等化部 16 と、復号部 17 とを備える。

[0062] アンテナ 11 は、図示しない送信局から発せられた OFDM 伝送信号を受信し、受信した OFDM 伝送信号をチューナ 12 へ供給する。チューナ 12 は、アンテナ 11 から供給された OFDM 伝送信号から所望のチャネルの OFDM 伝送信号 $r(t)$ を選択し、選択した OFDM 伝送信号 $r(t)$ を OFDM 復調部 13 へ出力する。

[0063] 図 4 (a) は送信局から発せられた OFDM 伝送信号 $s(t)$ を模式的に表したものである。図 4 (b) は伝送路応答信号 $h(t)$ を模式的に表したものである。図 4 (c) は受信装置 1 が受信し、選択した OFDM 伝送信号 $r(t)$ を模式的に表したものである。

[0064] 但し、図 4 (a) 中の $X_{(n-1)}$ 、 X_n 及び $X_{(n+1)}$ は、夫々、 $(n-1)$ 番目のシンボル、 n 番目のシンボル及び $(n+1)$ 番目のシンボルにおいて、送信側で複数のキャリアに変調を施した変調ベクトルを表す。なお、 $(n-1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に左斜線の模様を、 $(n+1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に右斜線の模様を施して表している。また、図 4 (c) では、OFDM 伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に由来する信号成分に左斜線の模様を、OFDM 伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に由来する信号成分に右斜線の模様を施して表している。

[0065] OFDM 復調部 13 は、図示しないシンボル同期部が生成したシンボル同期信号に従って、シンボル毎に、チューナ 12 から供給された図 4 (c) に

示すOFDM伝送信号 $r(t)$ から図4(d)に示した有効シンボル期間の時間幅 T_u 分のOFDM伝送信号を切り出し、切り出したOFDM伝送信号に離散フーリエ変換を施す。そして、OFDM復調部13は離散フーリエ変換の結果得られた周波数領域の復調ベクトル Y を等化部14及び干渉除去部15へ供給する。なお、離散フーリエ変換は高速フーリエ変換を使って高速に計算可能である。図4(e)は、OFDM復調部13が出力する周波数領域の復調ベクトル Y を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。但し、図4(e)中の記号 $Y_{(n-1)}$ 、 Y_n 及び $Y_{(n+1)}$ は、夫々、 $(n-1)$ 番目のシンボル、 n 番目のシンボル及び $(n+1)$ 番目のシンボルにおいて、OFDM復調部13が出力する復調ベクトル Y を表す。なお、 $(n-1)$ 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に由来する信号成分に左斜線の模様を、 $(n+1)$ 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に由来する信号成分に右斜線の模様を施して表している。

[0066] 上述したアンテナ11からOFDM復調部13までの構成は一般的なOFDM伝送信号を受信する受信装置に利用されている構成と同じであり、これ以上の詳細説明は行わない。

[0067] なお、OFDM復調部13より後の各部の処理は周波数領域で行われるが、説明を簡単にするために、適宜、時間領域で表した信号を用いて説明を行う。

[0068] 等化部14は、OFDM復調部13から供給された復調ベクトル Y から伝送路応答ベクトル H' を推定し、推定した伝送路応答ベクトル H' に基づいて復調ベクトル Y を等化して等化ベクトル X' を算出し、伝送路応答ベクトル H' と等化ベクトル X' とを干渉除去部15へ供給する。図4(f)は、等化部14が出力する周波数領域の伝送路応答ベクトル H' を時間領域の信号に変換して模式的に表したものであり、図4(g)は、等化部14が出力する周波数領域の等化ベクトル X' を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。但し、図4(f)中の $H'_{(n-1)}$ 、 H'_n 及び $H'_{(n+1)}$ は、夫々、 $(n-1)$ 番目のシンボル、 n 番目のシンボル及び $(n+1)$ 番目のシン

ボルにおいて、等化部 14 が出力する伝送路応答ベクトル H' を表す。また、図 4 (g) 中の $X'_{(n-1)}$ 、 X'_n 及び $X'_{(n+1)}$ は、夫々、 $(n-1)$ 番目のシンボル、 n 番目のシンボル及び $(n+1)$ 番目のシンボルにおいて、等化部 14 が出力する等化ベクトル X' を表す。なお、 $(n-1)$ 番目の等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ に左斜線の模様を、 $(n+1)$ 番目のシンボルの等化ベクトル $X'_{(n+1)}$ に右斜線の模様を施して表している。

[0069] 等化部 14 から出力される等化ベクトル X' は、伝送路等化の処理によって、送信側で変調を行った変調ベクトル X を再生したものである。しかしながら、ガードインターバル期間 T_g を超える遅延波が存在する環境下では、等化部 14 から出力される等化ベクトル X' は、変調ベクトル X に対して遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る干渉成分を含む。

[0070] 干渉除去部 15 は、等化部 14 から供給された伝送路応答ベクトル H' と等化ベクトル X' とを用いて、OFDM 復調部 13 から供給された復調ベクトル Y に含まれる遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分を表す干渉ベクトル及び復調ベクトル Y に不足する遅延波によるキャリア間干渉に係る干渉成分を表す干渉ベクトルを算出する。そして、干渉除去部 15 は、復調ベクトル Y に対して、遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分を表す干渉ベクトルを差し引く処理及び遅延波によるキャリア間干渉に係る干渉成分を表す干渉ベクトルを足し込む処理を行い、これらの処理の結果得られた復調ベクトル Y' を等化部 16 へ供給する。

[0071] 等化部 16 は、干渉除去部 15 から供給された復調ベクトル Y' から伝送路応答ベクトル H'' を推定し、推定した伝送路応答ベクトル H'' に基づいて復調ベクトル Y' を等化して等化ベクトル X'' を算出し、等化ベクトル X'' を復号部 17 へ供給する。復号部 17 は、等化部 16 から供給された等化ベクトル X'' にデマッピング処理を施して変調ベクトル X を判定し、判定結果に誤り訂正などの復号処理を施すことによって伝送された情報を判定して出力する。

[0072] [等化部 14 の構成及び動作]

以下、図3の等化部14の構成及び動作について図5を参照しつつ説明する。図5は、図3の等化部14の構成図である。但し、図5に示す等化部14の構成は地上デジタル放送方式において伝送路等化に一般に用いられている既知の構成である。なお、図3の等化部16は図5に示した構成と実質的に同じ構成を利用することができる。

[0073] 等化部14は、SP抽出部31と、SP生成部32と、除算部33と、シンボル補間フィルタ34と、キャリア補間フィルタ35と、除算部36とを備える。

[0074] OFDM復調部13から出力された復調ベクトル Y は、等化部14内のSP抽出部31及び除算部36に供給される。なお、等化部14の説明における各ベクトルに付記する $(N1, N2)$ の $N1$ はシンボル番号を、 $N2$ はキャリア番号を表す。

[0075] SP抽出部31は、OFDM復調部13から供給された復調ベクトル $Y(n, k)$ から分散パイロットに対応する復調ベクトル $Y(n, k_{sp}(n))$ を抽出し、抽出した復調ベクトル $Y(n, k_{sp}(n))$ を除算部33へ供給する。なお、 $k_{sp}(n)$ は、シンボル番号 n における分散パイロットに対応するキャリアのキャリア番号を表す。SP生成部32は、送信側で生成された変調ベクトル $X(n, k_{sp}(n))$ と同じ振幅及び同じ位相の参照ベクトル $SP(n, k_{sp}(n))$ を生成し、生成した参照ベクトル $SP(n, k_{sp}(n))$ を除算部33へ供給する。除算部33は、SP抽出部31から供給された復調ベクトル $Y(n, k_{sp}(n))$ をSP生成部32から供給された参照ベクトル $SP(n, k_{sp}(n))$ で除算し、除算結果を伝送路応答ベクトル $H'(n, k_{sp}(n))$ としてシンボル補間フィルタ34へ供給する。

[0076] シンボル補間フィルタ34は、除算部33から供給された伝送路応答ベクトル $H'(n, k_{sp}(n))$ を用いてシンボルーキャリア平面上でシンボル方向に補間処理を行い、キャリア補間フィルタ35は、シンボル補間フィルタ34によるシンボル方向の補間処理の結果を用いてシンボルーキャリア平面上でキャリア方向に補間処理を行う。キャリア補間フィルタ35は、キャリ

ア方向の補間処理の結果得られた伝送路応答ベクトル H' (n , k)を除算部36及び干渉除去部15へ供給する。なお、キャリア補間フィルタ35から出力される伝送路応答ベクトル H' は、シンボル毎でキャリア毎の伝送路応答ベクトルである。

[0077] 除算部36は、OFDM復調部13から供給された復調ベクトル Y (n , k)をキャリア補間フィルタ35から供給された伝送路応答ベクトル H' (n , k)で除算し、除算結果を等化ベクトル X' (n , k)として干渉除去部15へ供給する。なお、除算部36から出力される等化ベクトル X' は、シンボル毎でキャリア毎の等化ベクトルである。

[0078] [干渉除去部15の構成及び動作]

図3の干渉除去部15の構成及び動作について図6及び図7(a)から図7(s)を参照しつつ説明する。図6は図3の干渉除去部15の構成図であり、図7(a)から図7(s)は図6の干渉除去部15の処理内容を説明するための図である。

[0079] 干渉除去部15は、遅延部51と、アップサンプル部52と、位相回転部53と、アップサンプル部54と、アップサンプル部55と、乗算部56と、抽出部57と、ダウンサンプル部58と、位相回転部59と、乗算部60と、抽出部61と、ダウンサンプル部62と、位相回転部63と、減算部64と、減算部65とを備える。

[0080] OFDM復調部13から出力された復調ベクトル Y は干渉除去部15内の減算部65に供給される。等化部14から出力された等化ベクトル X' は干渉除去部15内の遅延部51及び位相回転部53に供給され、等化部14から出力された伝送路応答ベクトル H' は干渉除去部15内のアップサンプル部55に供給される。図7(a)は、 n 番目のシンボルにおいて、OFDM復調部13が出力する周波数領域の復調ベクトル Y_n を時間領域の信号に変換して模式的に表したものであり、 $(n-1)$ 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に由来する信号成分に左斜線の模様を施して表している。図7(b)は、 n 番目のシンボルにおいて、等化部14が出力する周波数領域

の等化ベクトル X'_n を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。図7(c)は、 n 番目のシンボルにおいて、等化部14が出力する周波数領域の伝送路応答ベクトル H'_n を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。

[0081] 復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n は、夫々、OFDM伝送で用いられた複数のキャリアの離散周波数毎に得られている。OFDM伝送で用いられる複数のキャリアの周波数は、有効シンボル期間の時間幅を T_u とした場合、 $(1/T_u)$ 間隔の離散周波数である。このため、周波数領域の復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n を時間領域の信号で表すと、図7(a)、図7(b)及び図7(c)に示すように、有効シンボル期間の時間幅 T_u を周期とする繰り返し信号で表される。

[0082] 以下、干渉除去部15の構成及び動作の説明を、遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分（以下、「遅延波シンボル間干渉成分」と言う。）の計算と、遅延波によるキャリア間干渉に係る干渉成分（以下、「遅延波キャリア間干渉成分」と言う。）の計算と、復調ベクトルから遅延波シンボル間干渉成分及び遅延波キャリア間干渉成分を除去する干渉除去処理の3つに分けて説明する。但し、遅延波又は後述する先行波によるシンボル間干渉に係る干渉成分を除去する処理は復調ベクトルからそれを差し引く処理であり、遅延波又は先行波によるキャリア間干渉に係る干渉成分を除去する処理は復調ベクトルにそれを足し込む処理である。なお、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部15に供給されるときに干渉除去部15内の各部の処理内容を例に挙げて説明する。

[0083] （遅延波シンボル間干渉成分の計算）

遅延部51は、等化部14から供給された等化ベクトル X' を1シンボルの処理期間に相当する時間分、つまり1シンボル分遅延させて出力する。これによって、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X

x'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部 15 に供給されて干渉除去部 15 が処理を行うとき、遅延部 51 からアップサンプル部 52 に $(n-1)$ 番目のシンボルに対応する等化ベクトル $x'_{(n-1)}$ が供給される。図 7 (d) は、遅延部 51 が出力する周波数領域の等化ベクトル $x'_{(n-1)}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。なお、図 7 (d)、図 7 (e)、図 7 (g)、図 7 (i)、図 7 (j) 及び図 7 (k) では、等化ベクトル $x'_{(n-1)}$ に関する信号成分であることを示すために左斜線の模様を施して表している。

[0084] アップサンプル部 52 は、遅延部 51 から供給された等化ベクトル $x'_{(n-1)}$ を 2 倍にアップサンプリングし、アップサンプリングの結果得られた等化ベクトル $x'^{2}_{(n-1)}$ を乗算部 56 へ供給する。図 7 (e) は、アップサンプル部 52 が出力する周波数領域の等化ベクトル $x'^{2}_{(n-1)}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。等化ベクトル $x'^{2}_{(n-1)}$ は離散周波数の間隔が $1/T_u$ の等化ベクトル $x'_{(n-1)}$ を 2 倍にアップサンプリングして作成したものであることから、等化ベクトル $x'^{2}_{(n-1)}$ の離散周波数の間隔は $1/(2 \times T_u)$ となる。図 7 (e) に示すように、周波数領域の等化ベクトル $x'^{2}_{(n-1)}$ を時間領域の信号で表すと、有効シンボル期間の時間幅 T_u の 2 倍を周期とする繰り返し信号で表される。

[0085] 但し、2 倍のアップサンプリングは、例えば、等化ベクトル $x'_{(n-1)}$ に対してキャリアとキャリアとの間に 0 を挿入した後に FIR (Finite Impulse Response) フィルタで生成したハーフバンドフィルタを通過させることによって実現できる。また、他の構成要素で行われる 2 倍のアップサンプリングも同様にして実現することができる。なお、アップサンプリングは既知の技術であるので、これ以上の詳細説明は行わない。

[0086] アンパサンプル部 55 は、等化部 14 から供給された n 番目のシンボルに対応する伝送路応答ベクトル H'_n を 2 倍にアップサンプリングし、アップサンプリングの結果得られた伝送路応答ベクトル H'^{2}_n を乗算部 56 へ供給する。図 7 (f) は、アップサンプル部 55 が出力する周波数領域の伝送路応答

ベクトル H'^2_n を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。伝送路応答ベクトル H'^2_n は離散周波数の間隔が $1/T_u$ の伝送路応答ベクトル H'^2_n を 2 倍にアップサンプリングして作成したものであることから、伝送路応答ベクトル H'^2_n の離散周波数の間隔は $1/(2 \times T_u)$ となる。図 7 (f) に示すように、周波数領域の伝送路応答ベクトル H'^2_n を時間領域の信号で表すと、有効シンボル期間の時間幅 T_u の 2 倍を周期とする繰り返し信号で表される。

[0087] 乗算部 56 は、アップサンプル部 52 から供給された等化ベクトル $X'^2_{(n-1)}$ とアップサンプル部 55 から供給された伝送路応答ベクトル H'^2_n とをキャリア毎に乗算し、乗算の結果得られた復調ベクトル $Y_1'^2_{(n-1)}$ を抽出部 57 へ供給する。図 7 (g) は、乗算部 56 が出力する周波数領域の復調ベクトル $Y_1'^2_{(n-1)}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものであり、上段は主波に関する信号成分であり、下段は遅延波に関する信号成分である。図 7 (g) に示す時間領域の信号は、時間領域で図 7 (e) に示す信号と図 7 (f) に示す信号とを畳みこんだものである。

[0088] 図 7 (g) から分かる通り、等化ベクトル $X'^2_{(n-1)}$ と伝送路応答ベクトル H'^2_n とを 2 倍にアップサンプリングしてから乗算することによって、主波に対する遅延波の遅延時間 t_d が有効シンボル期間の時間幅 T_u 以内の場合には、 $2 \times T_u$ 離れた左右の繰り返し成分が互いに干渉することがない。この結果、復調ベクトル Y_n に含まれる遅延波シンボル間干渉成分を復調ベクトル $Y_1'^2_{(n-1)}$ を利用することによって独立して観測可能になる。

[0089] 抽出部 57 は、例えば FIR フィルタで構成され、下記に説明する通過帯域の通過特性を有している。抽出部 57 は、乗算部 56 から供給された復調ベクトル $Y_1'^2_{(n-1)}$ にフィルタ処理を施すことによって、復調ベクトル $Y_1'^2_{(n-1)}$ から、復調ベクトル Y_n に関する遅延波シンボル間干渉成分を抽出し、抽出した遅延波シンボル間干渉成分を表す干渉ベクトル $E_1'^2_n$ を生成し、生成した干渉ベクトル $E_1'^2_n$ をダウンサンプル部 58 へ供給する。抽出部 57 によって抽出される遅延波シンボル間干渉成分は、復調ベクトル $Y_1'^2_{(n-1)}$ に

含まれる信号成分のうちの、 $(n-1)$ 番目のシンボルにおける主波に対して t_d 時間遅延した遅延波の最後から時間をさかのぼった $(t_d - T_g)$ 期間の信号成分であり、復調ベクトル Y'_n に含まれる遅延波シンボル間干渉成分に関係する信号成分である。図 7 (h) は、抽出部 57 のフィルタの通過帯域を時間領域で表した模式図である。図 7 (i) は、抽出部 57 が出力する周波数領域の干渉ベクトル $E_1'^2_n$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。

[0090] 以下に、抽出部 57 のフィルタの通過帯域について図 8 (a) を参照しつつ説明する。図 8 (a) は図 6 の抽出部 57 のフィルタの通過帯域を説明するための図であり、抽出部 57 のフィルタの通過帯域を時間領域で表した模式図である。但し、図 8 (a) では、有効シンボル期間を T_u 、ガードインターバル期間を T_g とし、アップサンプリングのアップレートを 2 としている。

[0091] 抽出部 57 が $(T_u / T_g) / 2$ を超える信号成分を抽出できれば干渉成分の除去が可能である。このことから、時間領域でみた場合のフィルタの通過帯域の左端は、 $(T_u / T_g) / 2$ を超える信号成分を抽出できるように設定する。但し、通過帯域の右端は、折り返し成分が入ると劣化を起すので、折り返し成分がフィルタの通過帯域に入らないように設定することが好ましい。

[0092] なお、抽出部 57 は周波数領域で信号処理を行うものであるので、上述した内容を踏まえて、抽出部 57 のフィルタの周波数領域でのフィルタ係数を決定すればよい。

[0093] ダウンサンプル部 58 は、抽出部 57 から供給された干渉ベクトル $E_1'^2_n$ を $1/2$ 倍にダウンサンプリングし、ダウンサンプリングの結果得られた干渉ベクトル $E_1'_n$ を位相回転部 59 へ供給する。図 7 (j) は、ダウンサンプル部 58 が出力する周波数領域の干渉ベクトル $E_1'_n$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。図 7 (j) に示すように、周波数領域の干渉ベクトル $E_1'_n$ を時間領域の信号で表すと、有効シンボル期間の時間

幅 T_u を周期とする繰り返し信号で表される。

[0094] 位相回転部 59 は、ダウンサンプル部 58 から供給された干渉ベクトル $E_{1'}$ を時間領域で $-T_g$ 時間シフトするようにキャリア毎に位相回転させ、位相回転の結果得られた干渉ベクトル $E_{1'}^{rot_n}$ を減算部 64 へ供給する。図 7 (k) は、位相回転部 59 が出力する周波数領域の干渉ベクトル $E_{1'}^{rot_n}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。図 7 (a) と図 7 (k) とから、干渉ベクトル $E_{1'}^{rot_n}$ に含まれる遅延波シンボル間干渉成分の時間位置が復調ベクトル Y_n に含まれる遅延波シンボル間干渉成分の時間位置に一致していることが分かる。

[0095] なお、干渉ベクトル $E_{1'}$ を時間領域で $-T_g$ 時間シフトするようにキャリア毎に位相回転させる処理は、信号の繰り返し周期が T_u の場合、つまり、離散周波数間隔が $1/T_u$ の場合、周波数領域におけるキャリア番号を f (f は 0 以上 N_{FFT} 未満の整数であり、 N_{FFT} は OFDM 復調部 13 における離散フーリエ変換のサンプル数) とすると、周波数領域で干渉ベクトル $E_{1'}$ をキャリア毎に $2\pi \times (-T_g/T_u) \times f$ 分位相回転させる処理である。なお、他のベクトルを時間領域で $-T_g$ 時間シフトするようにキャリア毎に位相回転させる場合についても同様のことが言える。

[0096] (遅延波キャリア間干渉成分の計算)

位相回転部 53 は、等化部 14 から供給された n 番目のシンボルに対応する等化ベクトル X'_n を時間領域で T_g 時間シフトするようにキャリア毎に位相回転させ、位相回転の結果得られた等化ベクトル X'^{rot_n} をアップサンプル部 54 へ供給する。図 7 (l) は、位相回転部 53 が出力する周波数領域の等化ベクトル X'^{rot_n} を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。

[0097] なお、等化ベクトル X'_n を時間領域で T_g 時間シフトするようにキャリア毎に位相回転させる処理は、信号の繰り返し周期が T_u の場合、つまり、離散周波数間隔が $1/T_u$ の場合、周波数領域におけるキャリア番号を f (f は 0 以上 N_{FFT} 未満の整数であり、 N_{FFT} は OFDM 復調部 13 における離散フー

リエ変換のサンプル数) とすると、周波数領域で等化ベクトル X'_n をキャリア毎に $2\pi \times (T_g / T_u) \times f$ 分位相回転させる処理である。なお、他のベクトルを時間領域で T_g 時間シフトするようにキャリア毎に位相回転させる場合についても同様のことが言える。

[0098] アップサンプル部 54 は、位相回転部 53 から供給された等化ベクトル X'^{rot_n} を 2 倍にアップサンプリングし、アップサンプリングの結果得られた等化ベクトル $X'^{\text{rot}_n^2}$ を乗算部 60 へ供給する。図 7 (m) は、アップサンプル部 54 が出力する周波数領域の等化ベクトル $X'^{\text{rot}_n^2}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。等化ベクトル $X'^{\text{rot}_n^2}$ は離散周波数の間隔が $1/T_u$ の等化ベクトル X'^{rot_n} を 2 倍にアップサンプリングして作成したものであることから、等化ベクトル $X'^{\text{rot}_n^2}$ の離散周波数の間隔は $1/(2 \times T_u)$ となる。図 7 (m) に示すように、周波数領域の等化ベクトル $X'^{\text{rot}_n^2}$ を時間領域の信号で表すと、有効シンボル期間の時間幅 T_u の 2 倍を周期とする繰り返し信号で表される。

[0099] アンプサンプル部 55 は、等化部 14 から供給された n 番目のシンボルに対応する伝送路応答ベクトル H'_n を 2 倍にアップサンプリングし、アップサンプリングの結果得られた伝送路応答ベクトル H'^2_n を乗算部 60 へ出力する (図 2 (f) 参照)。なお、この処理は、遅延波シンボル間干渉成分の計算と共用され、それと別個に行われるものではない。

[0100] 乗算部 60 は、アップサンプル部 54 から供給された等化ベクトル $X'^{\text{rot}_n^2}$ とアップサンプル部 55 から供給された伝送路応答ベクトル H'^2_n とをキャリア毎に乗算し、乗算の結果得られた復調ベクトル $Y_2'^2_n$ を抽出部 61 へ供給する。図 7 (n) は、乗算部 60 が出力する周波数領域の復調ベクトル $Y_2'^2_n$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものであり、上段は主波に関する信号成分であり、下段は遅延波に関する信号成分である。図 7 (n) に示す時間領域の信号は、時間領域で図 7 (m) に示す信号と図 7 (f) に示す信号とを畳みこんだものである。

[0101] 図 7 (n) から分かる通り、等化ベクトル X'^{rot_n} と伝送路応答ベクトル H

y'_n とを2倍にアップサンプリングしてから乗算することによって、主波に対する遅延波の遅延時間 t_d が有効シンボル期間の時間幅 T_u 以内の場合には、 $2 \times T_u$ 離れた左右の繰り返し成分が互いに干渉することがない。この結果、復調ベクトル y_n に不足する遅延波キャリア間干渉成分を復調ベクトル y_{2n}' 利用することによって独立して観測可能になる。

[0102] 抽出部61は、例えばFIRフィルタで構成され、抽出部57と同じ通過帯域の通過特性を有している。抽出部61は、乗算部60から供給された復調ベクトル y_{2n}' にフィルタ処理を施すことによって、復調ベクトル y_{2n}' から、復調ベクトル y_n に関係する遅延波キャリア間干渉成分を抽出し、抽出した遅延波キャリア間干渉成分を表す干渉ベクトル E_{2n}' を生成し、生成した干渉ベクトル E_{2n}' をダウンサンプル部62へ供給する。抽出部61によって抽出される遅延波キャリア間干渉成分は、復調ベクトル y_{2n}' に含まれる信号成分のうちの、 n 番目のシンボルにおける主波に対して t_d 時間遅延した遅延波の最後より t_d 時間前の時間位置から $(t_d - T_g)$ 期間の信号成分であり、復調ベクトル y'_n に不足する遅延波キャリア間干渉成分に関する信号成分である。この信号成分の抽出はガードインターバル期間を考慮した位相回転を等化ベクトル x' に施すことによって可能になる。図7(o)は、抽出部61のフィルタの通過帯域を時間領域で表した模式図である。図7(p)は、抽出部61が出力する周波数領域の干渉ベクトル E_{2n}' を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。

[0103] ダウンサンプル部62は、抽出部61から供給された干渉ベクトル E_{2n}' を $1/2$ 倍にダウンサンプリングし、ダウンサンプリングの結果得られた干渉ベクトル E_{2n}' を位相回転部63へ供給する。図7(q)は、ダウンサンプル部62が出力する周波数領域の干渉ベクトル E_{2n}' を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。図7(q)に示すように、周波数領域の干渉ベクトル E_{2n}' を時間領域の信号で表すと、有効シンボル期間の時間幅 T_u を周期とする繰り返し信号で表される。

[0104] 位相回転部63は、ダウンサンプル部62から供給された干渉ベクトル E

$2'_n$ を時間領域で $-T_g$ 時間シフトするようにキャリア毎に位相回転させ、位相回転の結果得られた干渉ベクトル $E 2'^{rot}_n$ を減算部64へ供給する。図7(r)は、位相回転部63が出力する周波数領域の干渉ベクトル $E 2'^{rot}_n$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。図7(a)と図7(r)とから、干渉ベクトル $E 2'^{rot}_n$ に含まれる遅延波キャリア間干渉成分の時間位置が復調ベクトル Y_n に含まれる遅延波キャリア間干渉成分の時間位置に一致していることが分かる。

[0105] (干渉除去処理)

減算部64は、位相回転部59から供給された干渉ベクトル $E 1'^{rot}_n$ から位相回転部63から供給された干渉ベクトル $E 2'^{rot}_n$ を減算し、減算の結果得られた干渉ベクトル $E 1'^{rot}_n - E 2'^{rot}_n$ を減算部65へ供給する。減算部65は、OFDM復調部13から供給された n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n から減算部64から供給された干渉ベクトル $E 1'^{rot}_n - E 2'^{rot}_n$ を減算し、減算の結果得られた復調ベクトル $Y'_n (= Y_n - E 1'^{rot}_n + E 2'^{rot}_n)$ を等化部16へ供給する。図7(s)は、減算部77が出力する周波数領域の復調ベクトル Y'_n を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。

[0106] 上記の受信装置1によれば、ガードインターバル期間を超える遅延波が存在する環境下でも、復調ベクトル Y から遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る各干渉成分を除去できるので、それらによる受信品質の劣化を効果的に抑えることができる。また、受信装置の到来波の数は3以上であっても、復調ベクトル Y から遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る各干渉成分を除去可能である。

[0107] また、上記の受信装置1によれば、復調ベクトル Y に対する遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る各干渉成分の除去処理を周波数領域で行っているため、それを時間領域で行う場合と比較して回路規模及び演算量を大幅に削減できる。

[0108] 更に、上記の受信装置1によれば、復調ベクトル Y から遅延波によるシン

ボル間干渉及びキャリア間干渉による誤差を除去した後、再度伝送路等化を行う構成になっている。このため、復調ベクトル Y に対する干渉除去処理を復調ベクトル Y と同時刻の伝送路応答ベクトルを用いることができ、伝送路の時間変動による影響を受けず、送信局間の周波数偏差などによる変動に対する耐性が強い。

[0109] なお、上記の受信装置 1 は、OFDM 伝送信号 $r(t)$ に対するフーリエ変換窓の切り出し位置が適切に設定されない場合にもシンボル間干渉及びキャリア間干渉が発生するが、このようなシンボル間干渉及びキャリア間干渉の夫々に係る干渉成分の除去も可能である。なお、フーリエ変換窓の切り出し位置がシンボル間で変化する場合は、その変化値に基づいてキャリア毎に位相回転を施すことにより補正が可能である。

[0110] ≪第 2 の実施の形態≫

以下、本発明の第 2 の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。但し、本実施の形態の受信装置は、第 1 の実施の形態の干渉除去部 15 の内部構成を変更した干渉除去部 15 a を有し、それ以外の構成要素は受信装置 1 と実質的に同じであることから、干渉除去部 15 a についてのみ説明する。なお、本実施の形態において、第 1 の実施の形態の構成要素と実質的に同じ構成要素には同じ符号を付し、その説明が適用できるためその説明を省略する。

[0111] [干渉除去部 15 a の構成及び動作]

本実施の形態の干渉除去部 15 a の構成及び動作について図 9 及び図 10 (a) から図 10 (n) を参照しつつ説明する。図 9 は本実施の形態の干渉除去部 15 a の構成図であり、図 10 (a) から図 10 (n) は図 9 の干渉除去部 15 a の処理内容を説明するための図である。

[0112] 干渉除去部 15 a は、遅延部 51 と、位相回転部 53 と、減算部 71 と、アップサンプル部 72 と、アップサンプル部 55 と、乗算部 73 と、抽出部 74 と、ダウンサンプル部 75 と、位相回転部 76 と、減算部 77 とを備える。但し、干渉除去部 15 は遅延波シンボル間干渉成分及び遅延波キャリア

間干渉成分を別個に処理している。これに対して、干渉除去部 15 a は遅延波シンボル間干渉成分及び遅延波キャリア間干渉成分を一体として処理し、回路規模及び演算量の削減を図っている。

[0113] OFDM復調部 13 から出力された復調ベクトル Y は干渉除去部 15 a 内の減算部 77 に供給される。等化部 14 から出力された等化ベクトル X' は干渉除去部 15 a 内の遅延部 51 及び位相回転部 53 に供給され、等化部 14 から出力された伝送路応答ベクトル H' は干渉除去部 15 a 内のアップサンプル部 55 に供給される。図 10 (a) は、 n 番目のシンボルにおいて、OFDM復調部 13 が出力する周波数領域の復調ベクトル Y_n を時間領域の信号に変換して模式的に表したものであり、 $(n-1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に由来する信号成分に左斜線の模様を施して表している。図 10 (b) は、 n 番目のシンボルにおいて、等化部 14 が出力する周波数領域の等化ベクトル X'_n を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。図 10 (c) は、 n 番目のシンボルにおいて、等化部 14 が出力する周波数領域の伝送路応答ベクトル H'_n を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。なお、周波数領域の復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n を時間領域の信号で表すと、図 10 (a)、図 10 (b) 及び図 10 (c) に示すように、有効シンボル期間の時間幅 T_u を周期とする繰り返し信号で表される。

[0114] なお、以下では、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部 15 a に供給されるとき、の干渉除去部 15 a 内の各部の処理内容を例に挙げて説明する。

[0115] 遅延部 51 は、等化部 14 から供給された等化ベクトル X' を 1 シンボルの処理期間に相当する時間分遅延させて出力する。これによって、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部 15 a に供給されて干渉除去部 15 a が処理を行うとき、遅延部 51 から減算部 71 に $(n-1)$ 番目のシンボルに対応する等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ が供給される。図 10 (d) は、遅延部 51 が出力する周波

数領域の等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。なお、図 10 (d)、図 10 (f)、図 10 (g)、図 10 (i)、図 10 (k)、図 10 (l) 及び図 10 (m) では、等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ に関する信号成分に左斜線の模様を施して表している。

[0116] 位相回転部 53 は、等化部 14 から供給された n 番目のシンボルに対応する等化ベクトル X'_n を時間領域で T_g 時間シフトするようにキャリア毎に位相回転させ、位相回転の結果得られた等化ベクトル X'^{rot}_n を減算部 71 へ供給する。図 10 (e) は、位相回転部 53 が出力する周波数領域の等化ベクトル X'^{rot}_n を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。

[0117] 減算部 71 は、遅延部 51 から供給された等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ から位相回転部 53 から供給された等化ベクトル X'^{rot}_n を減算し、減算の結果得られた差分等化ベクトル $X A'_{(n-1), n} (= X'_{(n-1)} - X'^{rot}_n)$ をアップサンプル部 72 へ供給する。図 10 (f) は、減算部 71 が出力する周波数領域の差分等化ベクトル $X A'_{(n-1), n}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。図 10 (f) では、等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ に対応した信号成分（左斜線の模様を施して表した部分）と等化ベクトル X'^{rot}_n に対応した信号成分（模様を施さずに表した部分）とを重ねて模式的に表しているが、実際は差分等化ベクトル $X A'_{(n-1), n}$ によって表わされる信号成分は上段の信号成分から下段の信号成分を減算した信号成分である。

[0118] アップサンプル部 72 は、減算部 71 から供給された差分等化ベクトル $X A'_{(n-1), n}$ を 2 倍にアップサンプリングし、アップサンプリングの結果得られた差分等化ベクトル $X A'^2_{(n-1), n}$ を乗算部 73 へ供給する。図 10 (g) は、アップサンプル部 72 が出力する周波数領域の差分等化ベクトル $X A'^2_{(n-1), n}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。

[0119] アップサンプル部 55 は、等化部 14 から供給された n 番目のシンボルに対応する伝送路応答ベクトル H'_n を 2 倍にアップサンプリングし、アップサンプリングの結果得られた伝送路応答ベクトル H'^2_n を乗算部 73 へ供給する。図 10 (h) は、アップサンプル部 55 が出力する周波数領域の伝送路応

答ベクトル H'^2_n を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。

[0120] 乗算部 73 は、アップサンプル部 72 から供給された差分等化ベクトル $X A'^2_{(n-1),n}$ とアップサンプル部 55 から供給された伝送路応答ベクトル H'^2_n とを乗算し、乗算の結果得られた差分復調ベクトル $Y A'^2_{(n-1),n}$ を抽出部 74 へ供給する。図 10 (i) は、乗算部 73 が出力する周波数領域の差分復調ベクトル $Y A'^2_{(n-1),n}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものであり、上段は主波に関する信号成分であり、下段は遅延波に関する信号成分である。

[0121] 抽出部 74 は、例えば FIR フィルタで構成され、抽出部 57 と同じ通過帯域の通過特性を有している。抽出部 74 は、乗算部 73 から供給された差分復調ベクトル $Y A'^2_{(n-1),n}$ にフィルタ処理を施すことによって、差分復調ベクトル $Y A'^2_{(n-1),n}$ から、復調ベクトル Y_n に関する遅延波シンボル間干渉成分及びそれに関する遅延波キャリア間干渉成分を抽出し、抽出した遅延波シンボル間干渉成分および遅延波キャリア間干渉成分を表す干渉ベクトル $E A'^2_n$ を生成し、生成した干渉ベクトル $E A'^2_n$ をダウンサンプル部 75 へ供給する。図 10 (j) は、抽出部 74 のフィルタの通過帯域を時間領域で表した模式図である。図 10 (k) は、抽出部 74 が出力する周波数領域の干渉ベクトル $E A'^2_n$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。

[0122] ダウンサンプル部 75 は、抽出部 74 から供給された干渉ベクトル $E A'^2_n$ を 1/2 倍にダウンサンプリングし、ダウンサンプリングの結果得られた干渉ベクトル $E A'_n$ を位相回転部 76 へ供給する。図 10 (l) は、ダウンサンプル部 75 が出力する干渉ベクトル $E A'_n$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。

[0123] 位相回転部 76 は、ダウンサンプル部 75 から供給された干渉ベクトル $E A'_n$ を時間領域で $-T_g$ 時間シフトするようにキャリア毎に位相回転させ、位相回転の結果得られた干渉ベクトル $E A'^{rot}_n$ を減算部 77 へ供給する。図 10 (m) は、位相回転部 76 が出力する周波数領域の干渉ベクトル $E A'^{rot}_n$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。図 10 (a) と図

10 (m) とから、干渉ベクトル $E A'_{\text{rot}_n}$ に含まれる遅延波シンボル間干渉成分及び遅延波キャリア間干渉成分の時間位置が復調ベクトル Y_n に含まれる遅延波シンボル間干渉成分及び遅延波キャリア間干渉成分の時間位置に一致していることが分かる。

[0124] 減算部 77 は、OFDM 復調部 13 から供給された n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n から位相回転部 76 から供給された干渉ベクトル $E A'_{\text{rot}_n}$ を減算し、減算の結果得られた復調ベクトル $Y'_n (= Y_n - E A'_{\text{rot}_n})$ を等化部 16 へ供給する。図 10 (n) は、減算部 77 が出力する周波数領域の復調ベクトル Y'_n を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。

[0125] なお、遅延部 51、減算部 71、アップサンプル部 72、アップサンプル部 55、乗算部 73、抽出部 74、ダウンサンプル部 75、位相回転部 76、及び減算部 77 が、遅延波によるシンボル間干渉の除去を行う機能を実現する。また、位相回転部 53、減算部 71、アップサンプル部 72、アップサンプル部 55、乗算部 73、抽出部 74、ダウンサンプル部 75、位相回転部 76、及び減算部 77 が、遅延波によるキャリア間干渉の除去を行う機能を実現する。

[0126] <<第 3 の実施の形態>>

以下、本発明の第 3 の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。上記の各実施の形態の受信装置は、遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉のみを除去対象としている。これに対して、本実施の形態の受信装置 1b は、遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に加えて、先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉も除去対象とする。なお、本実施の形態において、上記の各実施の形態の構成要素と実質的に同じ構成要素には同じ符号を付し、その説明が適用できるためその説明を省略する。

[0127] <先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の概要>

以下、本実施の形態の受信装置 1b の構成及び動作を説明する前に、先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の概要について、1 つの先行波

が主波に対してガードインターバル期間 T_g より大きい時間先行して受信装置に到来する場合を例に挙げて、図 11 (a) から図 11 (g) を参照しつつ説明する。図 11 (a) から図 11 (g) は先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の概要を説明するための図であり、図 11 (a) から図 11 (g) の各図において横軸は時間を示す。

[0128] 図 11 (a) は連続して送信された複数シンボル分の OFDM 伝送信号 $s(t)$ を模式的に表したものであり、送信局は複数シンボル連続して OFDM 伝送信号を送信しているものとする。ここでは、 n 番目のシンボルに着目して説明する。なお、図 11 (a) では、着目した n 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_n(t)$ を隣接する $(n-1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ 及び $(n+1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ と区別するために、 $(n-1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に左斜線の模様を、 $(n+1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に右斜線の模様を施して表している。

[0129] 図 11 (b) は、伝送路応答を表す伝送路応答信号 $h(t)$ を模式的に表したものである。図 11 (b) に一例を示す伝送路応答信号 $h(t)$ は、受信装置に 2 つの到来波が到来し、2 番目に到来した受信レベルが最大の到来波（主波）の到来時刻 t を 0 にし ($t=0$)、最初の到来波（先行波）が主波より t_d 時間先行して到来する様子を表している。なお、2 つの到来波が到来した時間差 t_d がガードインターバル期間 T_g より大きい場合を対象としている。

[0130] 図 11 (c) は、受信装置が受信する OFDM 伝送信号 $r(t)$ を模式的に表したものである。但し、2 番目に到来した到来波（主波）を上段に、主波より t_d 時間先行して到来した到来波（先行波）を下段に重ねて表しているが、実際はそれらが加法的に重畳された状態で受信される。なお、図 11 (e)、図 11 (g) についても同様にそれらを重ねて表示している。また、図 11 (c) では、OFDM 伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に由来する信号成分に左斜線の模様を、OFDM 伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に由来する信号成分に右斜線の

模様を施して表している。また、図 1 1 (e) 及び図 1 1 (f) についても同様に模様を施して表している。

[0131] OFDM 伝送信号を受信する受信装置は、シンボル毎に、受信した OFDM 伝送信号 $r(t)$ から有効シンボル期間の時間幅 T_u 分の OFDM 伝送信号を切り出して復調する。 n 番目のシンボルでは、受信装置は、図 1 1 (c) に示す OFDM 伝送信号 $r(t)$ から図 1 1 (d) に示す有効シンボル期間の時間幅 T_u 分の図 1 1 (e) に示す OFDM 伝送信号 $r_n(t)$ を切り出す。

[0132] 図 1 1 (f) は、図 1 1 (e) に示す OFDM 伝送信号 $r_n(t)$ に含まれる $(n+1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に由来する信号成分を表している。この $(n+1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に由来する信号成分が n 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $r_n(t)$ における先行波によるシンボル間干渉に係る干渉成分である。 n 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $r_n(t)$ における先行波によるシンボル間干渉に係る干渉成分は、 $(n+1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に関する先行波のガードインターバルの先頭から $(t_d - T_g)$ 期間の信号成分である。なお、この信号成分は、 $(n+1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に関する先行波の最後より T_g 時間前の時間位置から $(t_d - T_g)$ 期間の信号成分と等価であり、本実施の形態では、先行波によるシンボル間干渉に係る干渉成分の除去を後者の信号成分を用いて行うものである。

[0133] 図 1 1 (g) は、図 1 1 (e) に示す OFDM 伝送信号 $r_n(t)$ に含まれる n 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_n(t)$ に由来する信号成分を表す。図 1 1 (g) から、OFDM 伝送信号 $r_n(t)$ に含まれる n 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_n(t)$ に由来する先行波の信号成分の時間幅は有効シンボル期間の時間幅 T_u に満たないことが分かる。この先行波の信号成分の時間幅が有効シンボル期間の時間幅 T_u に満たないことから、OFDM 伝送信号 $r_n(t)$ を形成する複数のキャリア間の直交性を保持できず、複数の

キャリアの各々を復調する際にキャリア間干渉が生じてしまう。この n 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_n(t)$ に由来する先行波の信号成分の不足している信号成分が n 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $r_n(t)$ における先行波によるキャリア間干渉に係る干渉成分である。 n 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $r_n(t)$ における先行波によるキャリア間干渉に係る干渉成分は、 n 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_n(t)$ に関する先行波の有効シンボル期間の先頭から $(t_d - T_g)$ 期間の信号成分である。

[0134] <受信装置 1 b の構成及び動作>

以下、本実施の形態の受信装置 1 b の構成及び動作について図 1 2 及び図 1 3 (a) から図 1 3 (g) を参照しつつ説明する。図 1 2 は本実施の形態の 1 b の構成図であり、図 1 3 (a) から図 1 3 (g) は図 1 2 の受信装置 1 b の処理内容を説明するための図である。

[0135] 受信装置 1 b は、アンテナ 1 1 と、チューナ 1 2 と、OFDM 復調部 1 3 と、等化部 1 4 と、干渉除去部 1 5 b と、等化部 1 6 と、復調部 1 7 とを備える。但し、干渉除去部 1 5 b を除く各部の処理内容は第 1 の実施の形態で説明した処理内容と実質的に同じであり、干渉除去部 1 5 b の詳細説明は図 1 4 及び図 1 5 (a) から図 1 5 (o) を用いて後述する。なお、ここでは、アンテナ 1 1 から等化部 1 4 までの処理内容の記載を行う。

[0136] アンテナ 1 1 は、図示しない送信局から発せられた OFDM 伝送信号を受信し、受信した OFDM 伝送信号をチューナ 1 2 へ供給する。チューナ 1 2 は、アンテナ 1 1 から供給された OFDM 伝送信号から所望のチャネルの OFDM 伝送信号 $r(t)$ を選択し、選択した OFDM 伝送信号 $r(t)$ を OFDM 復調部 1 3 へ出力する。

[0137] 図 1 3 (a) は送信局から発せられた OFDM 伝送信号 $s(t)$ を模式的に表したものであり、図 1 3 (a) 中の $X_{(n-1)}$ 、 X_n 及び $X_{(n+1)}$ は、夫々、 $(n-1)$ 番目のシンボル、 n 番目のシンボル及び $(n+1)$ 番目のシンボルにおいて、送信側で複数のキャリアに変調を施した変調ベクトルを表す。なお、 $(n-1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に左斜線の模様

を、 $(n+1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に右斜線の模様を施して表している。

[0138] 図 13 (b) は伝送路応答信号 $h(t)$ を模式的に表したものである。但し、図 13 (b) に一例を示す伝送路応答信号 $h(t)$ は、受信装置 1 b に 3 つの到来波が到来し、2 番目に到来した受信レベルが最大の到来波（主波）の到来時刻 t を 0 にし ($t=0$)、最初の到来波（先行波）が主波より t_p 時間先行して到来し、3 番目の到来波（遅延波）が主波より t_d 時間遅れて到来している様子を表している。なお、先行波と遅延波とが到来した時間差 $t_p + t_d$ がガードインターバル期間 T_g より大きい場合を対象としている。

[0139] 図 13 (c) は受信装置 1 b が受信し、選択した OFDM 伝送信号 $r(t)$ を模式的に表したものである。但し、図 13 (c) では、最初に到来した到来波（先行波）を上段に、2 番目に到来した到来波（主波）を中段に、3 番目に到来した到来波（遅延波）を下段に重ねて表しているが、実際はそれらが加法的に重畳された状態で受信される。なお、図 13 (e) についても同様にそれらを重ねて表示している。また、図 13 (c) では、OFDM 伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に由来する信号成分に左斜線の模様を、OFDM 伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に由来する信号成分に右斜線の模様を施して表している。

[0140] OFDM 復調部 13 は、シンボル毎に、チューナ 12 から供給された図 13 (c) に示す OFDM 伝送信号 $r(t)$ から図 13 (d) に示した有効シンボル期間の時間幅 T_u 分の OFDM 伝送信号を切り出し、切り出した OFDM 伝送信号に離散フーリエ変換を施す。そして、OFDM 復調部 13 は離散フーリエ変換の結果得られた復調ベクトル Y を等化部 14 及び干渉除去部 15 b へ供給する。図 13 (e) は、OFDM 復調部 13 が出力する周波数領域の復調ベクトル Y を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。但し、図 13 (e) 中の記号 $Y_{(n-1)}$ 、 Y_n 及び $Y_{(n+1)}$ は、夫々、 $(n-1)$ 番目のシンボル、 n 番目のシンボル及び $(n+1)$ 番目のシンボルにおいて、OFDM 復調部 13 が出力する復調ベクトル Y を表す。なお、 $(n-1)$

番目のシンボルのOFDM伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に由来する信号成分に左斜線の模様を、 $(n+1)$ 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に由来する信号成分に右斜線の模様を施して表している。

[0141] 等化部 14 は、OFDM復調部 13 から供給された復調ベクトル Y から伝送路応答ベクトル H' を推定し、推定した伝送路応答ベクトル H' に基づいて復調ベクトル Y を等化して等化ベクトル X' を算出し、伝送路応答ベクトル H' と等化ベクトル X' とを干渉除去部 15b へ供給する。図 13 (f) は、等化部 14 が出力する周波数領域の伝送路応答ベクトル H' を時間領域の信号に変換して模式的に表したものであり、図 13 (g) は、等化部 14 が出力する周波数領域の等化ベクトル X' を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。但し、図 13 (f) 中の $H'_{(n-1)}$ 、 H'_n 及び $H'_{(n+1)}$ は、夫々、 $(n-1)$ 番目のシンボル、 n 番目のシンボル及び $(n+1)$ 番目のシンボルにおいて、等化部 14 が出力する伝送路応答ベクトル H' を表す。また、図 13 (g) 中の $X'_{(n-1)}$ 、 X'_n 及び $X'_{(n+1)}$ は、夫々、 $(n-1)$ 番目のシンボル、 n 番目のシンボル及び $(n+1)$ 番目のシンボルにおいて、等化部 14 が出力する等化ベクトル X' を表す。なお、 $(n-1)$ 番目の等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ に左斜線の模様を、 $(n+1)$ 番目のシンボルの等化ベクトル $X'_{(n+1)}$ に右斜線の模様を施して表している。

[0142] 等化部 14 から出力される等化ベクトル X' は、伝送路等化の処理によって、送信側で変調を行った変調ベクトル X を再生したものである。しかしながら、先行波と遅延波との到来時間差がガードインターバル期間 T_g を超える環境下では、等化部 14 から出力される等化ベクトル X' は、変調ベクトル X に対して先行波及び遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る干渉成分を含む。

[0143] [干渉除去部 15b の構成及び動作]

図 12 の干渉除去部 15b の構成及び動作について図 14 及び図 15 (a) から図 15 (o) を参照しつつ説明する。図 14 は図 12 の干渉除去部 15b の構成図であり、図 15 (a) から図 15 (o) は図 14 の干渉除去部

15bの処理内容を説明するための図である。

[0144] 干渉除去部15bは、干渉除去部15aに対して、遅延部81、アップサンプル部82、乗算部83、抽出部84、ダウンサンプル部85、遅延部86及び加算部87を付加した構成を有する。

[0145] OFDM復調部13から出力された復調ベクトル Y は干渉除去部15b内の減算部77に供給される。等化部14から出力された等化ベクトル X' は干渉除去部15b内の遅延部51及び位相回転部53に供給され、等化部14から出力された伝送路応答ベクトル H' は干渉除去部15b内のアップサンプル部55及び遅延部81に供給される。図15(a)は、 n 番目のシンボルにおいて、OFDM復調部13が出力する周波数領域の復調ベクトル Y_n を時間領域の信号に変換して模式的に表したものであり、 $(n-1)$ 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $s_{(n-1)}(t)$ に由来する信号成分に左斜線の模様を施して表し、 $(n+1)$ 番目のシンボルのOFDM伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に由来する信号成分に右斜線を施して表している。図15(b)は、 n 番目のシンボルにおいて、等化部14が出力する周波数領域の等化ベクトル X'_n を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。図15(c)は、 n 番目のシンボルにおいて、等化部14が出力する周波数領域の伝送路応答ベクトル H'_n を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。

[0146] 以下、干渉除去部15bの構成及び動作の説明を、遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去と、先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去の2つに分けて説明する。なお、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部15bに供給されるときに干渉除去部15b内の各部の処理内容を例に挙げて説明する。

[0147] (遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去)

遅延部51、位相回転部53、減算部71、アップサンプル部72、アップサンプル部55、乗算部73、抽出部74、ダウンサンプル部75、位相回転部76、及び減算部77は、夫々、上述した処理内容の処理を行い、減

算部 77 は復調ベクトル $Y B'_n (= Y_n - E A'^{\text{rot}_n})$ を遅延部 86 へ供給する。なお、減算部 77 が出力する復調ベクトル $Y B'_n$ は、第 2 の実施の形態において減算部 77 が出力する復調ベクトル Y'_n と同じであるが、説明の便宜上、両者の記号を変えている。図 15 (d) は、減算部 77 が出力する周波数領域の復調ベクトル $Y B'_n$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものであり、 $(n+1)$ 番目のシンボルの OFDM 伝送信号 $s_{(n+1)}(t)$ に由来する信号成分に右斜線を施して表している。但し、先行波及び遅延波の双方を対象とする場合には、抽出部 74 の通過帯域は、第 1 の実施の形態で説明した抽出部 57 のフィルタの通過帯域の設定の仕方に加えて、先行波側の抽出部 84 のフィルタの通過帯域と重複しないように設定することが好ましい。

[0148] (先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去)

遅延部 51、位相回転部 53、減算部 71、及びアップサンプル部 72 は、夫々、上述した処理内容の処理を行い、アップサンプル部 72 は、差分等化ベクトル $X A'^{2_{(n-1),n}}$ を乗算部 83 へ供給する。なお、これらの処理は、遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去と共用され、それと別個に行われるものではない。

[0149] 図 15 (e) は、遅延部 51 が出力する周波数領域の等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。図 15 (f) は、位相回転部 53 が出力する周波数領域の等化ベクトル X'^{rot_n} を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。図 15 (g) は、減算部 71 が出力する周波数領域の差分等化ベクトル $X A'_{(n-1),n}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。図 15 (h) は、アップサンプル部 72 が出力する周波数領域の差分等化ベクトル $X A'^{2_{(n-1),n}}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。なお、図 15 (e)、図 15 (g)、図 15 (h)、図 15 (j)、図 15 (l) 及び図 15 (m) では、等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ に関する信号成分に左斜線の模様を施して表している。

[0150] 遅延部 81 は、等化部 14 から供給された伝送路応答ベクトル H' を 1 シ

ンボルの処理期間に相当する時間分遅延させて出力する。これによって、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部 15 b に供給されて干渉除去部 15 b が処理を行うとき、遅延部 8 1 からアップサンプル 8 2 に $(n-1)$ 番目のシンボルに対応する伝送路応答ベクトル $H'_{(n-1)}$ が供給される。

[0151] アップサンプル部 8 2 は、遅延部 8 1 から供給された伝送路応答ベクトル $H'_{(n-1)}$ を 2 倍にアップサンプリングし、アップサンプリングの結果得られた伝送路応答ベクトル $H'^{2}_{(n-1)}$ を乗算部 8 3 へ供給する。図 15 (i) は、アップサンプル部 8 2 が出力する周波数領域の伝送路応答ベクトル $H'^{2}_{(n-1)}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。伝送路応答ベクトル $H'^{2}_{(n-1)}$ は離散周波数の間隔が $1/T_u$ の伝送路応答ベクトル $H'_{(n-1)}$ を 2 倍にアップサンプリングして作成したものであることから、伝送路応答ベクトル $H'^{2}_{(n-1)}$ の離散周波数の間隔は $1/(2 \times T_u)$ となる。図 15 (i) に示すように、周波数領域の伝送路応答ベクトル $H'^{2}_{(n-1)}$ を時間領域の信号で表すと、有効シンボル期間の時間幅 T_u の 2 倍を周期とする繰り返し信号で表される。

[0152] 乗算部 8 3 は、アップサンプル部 7 2 から供給された差分等化ベクトル $X A'^{2}_{(n-1),n}$ とアップサンプル部 8 2 から供給された伝送路応答ベクトル $H'^{2}_{(n-1),n}$ とをキャリア毎に乗算し、乗算の結果得られた差分復調ベクトル $Y B 2'^{2}_{(n-1),n}$ を抽出部 8 4 へ供給する。図 15 (j) は、乗算部 8 3 が出力する周波数領域の差分復調ベクトル $Y B 2'^{2}_{(n-1),n}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものであり、上段は先行波に関する信号成分であり、中段は主波に関する信号成分であり、下段は遅延波に関する信号成分である。図 15 (j) に示す時間領域の信号は、時間領域で図 15 (h) に示す信号と図 15 (i) に示す信号とを畳み込んだものである。

[0153] 抽出部 8 4 は、例えば FIR フィルタで構成され、下記に説明する通過帯域の通過特性を有している。抽出部 8 4 は、乗算部 8 3 から供給された差分復調ベクトル $Y B 2'^{2}_{(n-1),n}$ にフィルタ処理を施すことによって、差分復調ベクトル $Y B 2'^{2}_{(n-1),n}$ から、復調ベクトル $Y_{(n-1)}$ に関係する先行波によるシンボ

ル間干渉に係る干渉成分（以下、「先行波シンボル間干渉成分」と言う。）及びそれに関係する先行波によるキャリア間干渉に係る干渉成分（以下、「先行波キャリア間干渉成分」と言う。）を抽出し、抽出した先行波シンボル間干渉成分および先行波キャリア間干渉成分を表す干渉ベクトル $E B'^2_{(n-1)}$ を生成し、生成した干渉ベクトル $E B'^2_{(n-1)}$ をダウンサンプル部 85 へ供給する。図 15（k）は、抽出部 84 のフィルタの通過帯域を時間領域で表した模式図であり、図 15（l）は、抽出部 85 が出力する周波数領域の干渉ベクトル $E B'^2_{(n-1)}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。

[0154] 以下に、抽出部 84 のフィルタの通過帯域について図 8（b）を参照しつつ説明する。図 8（b）は図 14 の抽出部 84 のフィルタの通過帯域を説明するための図であり、抽出部 84 のフィルタの通過帯域を時間領域で表した模式図である。但し、図 8（b）では、有効シンボル期間を T_u 、ガードインターバル期間を T_g とし、アップサンプリングのアップレートを 2 としている。

[0155] 抽出部 84 が $-(T_u / T_g) / 2$ を超える信号成分を抽出できれば干渉成分の除去が可能である。このことから、時間領域でみた場合のフィルタの通過帯域の右端は、 $-(T_u / T_g) / 2$ を超える信号成分を抽出できるように設定する。但し、通過帯域の左端は、折り返し成分が入ると劣化を起こすので、折り返し成分がフィルタの通過帯域に入らないように設定することが好ましい。また、先行波及び遅延波の双方を対象とする場合には、抽出部 84 の通過帯域は、遅延波側の抽出部 74 のフィルタの通過帯域と重複しないように設定することが好ましい。

[0156] なお、抽出部 84 は周波数領域で信号処理を行うものであるので、上述した内容を踏まえて、抽出部 84 のフィルタの周波数領域でのフィルタ係数を決定すればよい。

[0157] ダウンサンプル部 85 は、抽出部 84 から供給された干渉ベクトル $E B'^2_{(n-1)}$ を $1/2$ 倍にダウンサンプリングし、ダウンサンプリングの結果得られた干渉ベクトル $E B'_{(n-1)}$ を加算部 87 へ供給する。図 15（m）は、ダウンサン

プル部 8 6 が出力する周波数領域の干渉ベクトル $E B'_{(n-1)}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。図 1 5 (m) に示すように、周波数領域の干渉ベクトル $E B'_{(n-1)}$ を時間領域の信号で表すと、有効シンボル期間の時間幅 T_u を周期とする繰り返し信号で表される。

[0158] 遅延部 8 6 は、減算部 7 7 から供給された復調ベクトル $Y B'$ を 1 シンボルの処理期間に相当する時間分遅延させて出力する。これによって、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部 1 5 b に供給されて干渉除去部 1 5 b が処理を行うとき、 $(n-1)$ 番目のシンボルに対応する復調ベクトル $Y_{(n-1)}$ 、等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ 及び伝送路応答ベクトル $H'_{(n-1)}$ が干渉除去部 1 5 b に供給されて干渉除去部 1 5 b が処理を行うことによって減算部 7 7 から遅延部 8 6 に供給された復調ベクトル $Y B'_{(n-1)}$ が遅延部 8 6 から加算部 8 7 に供給される。図 1 5 (n) は、遅延部 8 6 が出力する周波数領域の復調ベクトル $Y B'_{(n-1)}$ を時間領域の信号に変換して模式的に表したものである。図 1 5 (m) と図 1 5 (n) とから、干渉ベクトル $E B'_{(n-1)}$ に含まれる先行波シンボル間干渉成分及び先行波キャリア間干渉成分の時間位置が復調ベクトル $Y B'_{(n-1)}$ に含まれる先行波シンボル間干渉成分及び先行波キャリア間干渉成分の時間位置に一致していることが分かる。

[0159] 加算部 8 7 は、遅延部 8 6 から供給された復調ベクトル $Y B'_{(n-1)}$ とダウンサンプル部 8 5 から供給された干渉ベクトル $E B'_{(n-1)}$ とを加算し、加算結果を復調ベクトル $Y'_{(n-1)}$ ($= Y B'_{(n-1)} + E B'_{(n-1)}$) として等化部 1 6 へ供給する。

[0160] なお、位相回転部 5 3、減算部 7 1、アップサンプル部 7 2、遅延部 8 1、アップサンプル部 8 2、乗算部 8 3、抽出部 8 4、ダウンサンプル部 8 5、遅延部 8 6、及び加算部 8 7 が、先行波によるシンボル間干渉の除去を行う機能を実現する。但し、先行波によるシンボル間干渉の除去のみを行う場合には、位相回転部 5 3、減算部 7 1、アップサンプル部 7 2、遅延部 8 1、アップサンプル部 8 2、乗算部 8 3、抽出部 8 4、ダウンサンプル部 8 5

、遅延部 8 6、及び加算部 8 7 を備えればよい。なお、減算部 7 1 及び加算部 8 7 と等価になるように、減算部 7 1 を削除し、加算部 8 7 を減算部に置き換えるなど変更を加えてもよい。

[0161] 遅延部 5 1、減算部 7 1、アップサンプル部 7 2、遅延部 8 1、アップサンプル部 8 2、乗算部 8 3、抽出部 8 4、ダウンサンプル部 8 5、遅延部 8 6、及び加算部 8 7 が、先行波によるキャリア間干渉の除去を行う機能を実現する。但し、先行波によるキャリア間干渉の除去のみを行う場合には、アップサンプル部 7 2、アップサンプル部 8 2、乗算部 8 3、抽出部 8 4、ダウンサンプル部 8 5、遅延部 8 6、及び加算部 8 7 を備えればよい。

[0162] 上記の受信装置 1 b によれば、ガードインターバル期間を超える先行波が存在する環境下でも、復調ベクトル Y から先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る干渉成分を除去できるので、それらによる受信品質の劣化を効果的に抑えることができる。また、受信装置に到来する先行波の数は 2 以上であっても、復調ベクトル Y から先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る干渉成分を除去可能である。

[0163] <<第 4 の実施の形態>>

以下、本発明の第 4 の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。但し、本実施の形態の干渉除去部 1 5 c は、第 3 の実施の形態の干渉除去部 1 5 b に対して、先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉を除去するブロックの構成を変更したものである。なお、本実施の形態において、上記の各実施の形態の構成要素と実質的に同じ構成要素には同じ符号を付し、その説明が適用できるためその説明を省略する。

[0164] [干渉除去部 1 5 c の構成及び動作]

本実施の形態の干渉除去部 1 5 c の構成及び動作について図 1 6 を参照しつつ説明する。図 1 6 は本実施の形態の干渉除去部 1 5 c の構成図である。

[0165] 干渉除去部 1 5 c は、図 1 4 の干渉除去部 1 5 b に対して、遅延部 8 1、アップサンプル部 8 2、乗算部 8 3、抽出部 8 4、ダウンサンプル部 8 5 及び加算部 8 7 からなる処理ブロックを、抽出部 9 1、ダウンサンプル部 9 2

及び加算部 9 3 からなる処理ブロックに置き換えた構成を有する。

[0166] 但し、遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去は、第 3 の実施の形態と同じであるので、ここでは、先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去についてのみ記載する。なお、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部 1 5 c に供給されるときに干渉除去部 1 5 c 内の各部の処理内容を例に挙げて説明する。

[0167] (先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去)

遅延部 5 1、位相回転部 5 3、減算部 7 1、アップサンプル部 7 2、アップサンプル部 5 5、及び乗算部 7 3 は、夫々、上述した処理内容の処理を行い、乗算部 7 3 は差分復調ベクトル $Y A'^{2}_{(n-1), n}$ を抽出部 9 1 へ供給する。

[0168] 抽出部 9 1 は、例えば F I R フィルタで構成され、抽出部 8 4 と同じ通過帯域の通過特性を有している。抽出部 9 1 は、乗算部 7 3 から供給された差分復調ベクトル $Y A'^{2}_{(n-1), n}$ にフィルタ処理を施すことによって、差分復調ベクトル $Y A'^{2}_{(n-1), n}$ から、復調ベクトル $Y_{(n-1)}$ に関する先行波シンボル間干渉成分及びそれに関する先行波キャリア間干渉成分を抽出し、抽出した先行波シンボル間干渉成分および先行波キャリア間干渉成分を表す干渉ベクトル $E C'^{2}_{(n-1)}$ を生成し、生成した干渉ベクトル $E C'^{2}_{(n-1)}$ をダウンサンプル部 9 2 へ供給する。

[0169] ダウンサンプル部 9 2 は、抽出部 9 1 から供給された干渉ベクトル $E C'^{2}_{(n-1)}$ を $1/2$ 倍にダウンサンプリングし、ダウンサンプリングの結果得られた干渉ベクトル $E C'_{(n-1)}$ を加算部 9 3 へ供給する。

[0170] 遅延部 8 6 は、減算部 7 7 から供給された復調ベクトル $Y B'$ を 1 シンボルの処理期間に相当する時間分遅延させて出力する。これによって、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部 1 5 c に供給されて干渉除去部 1 5 c が処理を行うとき、 $(n-1)$ 番目のシンボルに対応する復調ベクトル $Y_{(n-1)}$ 、等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ 及び伝送路応答ベクトル $H'_{(n-1)}$ が干渉除去部 1 5 c に供給されて干

渉除去部 15 c が処理を行うことによって減算部 77 から遅延部 86 に供給された復調ベクトル $Y B'_{(n-1)}$ が遅延部 86 から加算部 93 に供給される。

[0171] 加算部 93 は、遅延部 86 から供給された復調ベクトル $Y B'_{(n-1)}$ とダウンサンプル部 92 から供給された干渉ベクトル $E C'_{(n-1)}$ とを加算し、加算結果を復調ベクトル $Y'_{(n-1)}$ ($= Y B'_{(n-1)} + E C'_{(n-1)}$) として等化部 16 へ供給する。

[0172] 本実施の形態の干渉除去部 15 c は、先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去を復調ベクトルより 1 シンボル後の伝送路応答ベクトルを用いて行う。このため、送信局間に周波数偏差がある場合や、受信装置の移動などにより伝送路応答が時間変動する場合には、受信品質が若干低下するものの、遅延部 81、アップサンプル部 82、及び乗算部 83 が不要になって回路規模及び演算量の削減が図られる。

[0173] <第 5 の実施の形態>

以下、本発明の第 5 の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。但し、本実施の形態の干渉除去部 15 d は、第 3 の干渉除去部 15 b の遅延波によるシンボル間干渉及び先行波によるキャリア間干渉の除去方法を変更したものである。なお、本実施の形態において、上記の各実施の形態の構成要素と実質的に同じ構成要素には同じ符号を付し、その説明が適用できるためその説明を省略する。

[0174] [干渉除去部 15 d の構成及び動作]

本実施の形態の干渉除去部 15 d の構成及び動作について図 17 を参照しつつ説明する。図 17 は本実施の形態の干渉除去部 15 d の構成図であり、干渉除去部 15 d は、図 14 の干渉除去部 15 b に対して遅延部 51 を除算部 96 に置き換えた構成を有する。

[0175] 以下、干渉除去部 15 d の構成及び動作の説明を、遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去と、先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去の 2 つに分けて説明する。なお、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉

除去部 15d に供給されるとき、の干渉除去部 15d 内の各部の処理内容を例に挙げて説明する。

[0176] (遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去)

遅延部 86 は、減算部 77 から供給される復調ベクトル YD' を 1 シンボルの処理期間に相当する時間分遅延させて出力する。これによって、干渉除去部 15d に n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 、及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部 15d に供給されて干渉除去部 15d が処理を行うとき、干渉除去部 15d に $(n-1)$ 番目のシンボルに対応する復調ベクトル $Y_{(n-1)}$ 、等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ 、及び伝送路応答ベクトル $H'_{(n-1)}$ が供給されて干渉除去部 15d が処理を行うことによって減算部 77 から遅延部 86 に供給された復調ベクトル $YD'_{(n-1)}$ が遅延部 86 から加算部 87 及び除算部 96 に供給される。

[0177] 除算部 96 は、遅延部 86 から供給された復調ベクトル $YD'_{(n-1)}$ を等化部 14 から供給された n 番目のシンボルに対応する伝送路応答ベクトル H'_n で除算し、除算結果を等化ベクトル $XD'_{(n-1)}$ として減算部 71 へ供給する。位相回転部 53 は、等化部 14 から供給された n 番目のシンボルに対応する等化ベクトル X'_n を時間領域で T_g 時間シフトするようにキャリア毎に位相回転させ、位相回転の結果得られた等化ベクトル X'^{rot}_n を減算部 71 へ供給する。減算部 71 は、除算部 96 から供給された等化ベクトル $XD'_{(n-1)}$ から位相回転部 53 から供給された等化ベクトル X'^{rot}_n を減算し、減算の結果得られた差分等化ベクトル $XD'_{(n-1)} - X'^{rot}_n$ をアップサンプル部 72 へ供給する。

[0178] アップサンプル部 72、アップサンプル部 55、乗算部 73、抽出部 74、ダウンサンプル部 75、位相回転部 76 及び減算部 77 は、夫々、上述した処理内容と実質的に同じ処理内容の処理を実行し、減算部 77 は、復調ベクトル YD'_n を遅延部 86 へ供給する。

[0179] (先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去)

遅延部 86、除算部 96、位相回転部 53、減算部 71、アップサンプル

部 7 2、遅延部 8 1、アップサンプル部 8 2、乗算部 8 3、抽出部 8 4、ダウンサンプル部 8 5 及び加算部 8 7 は、夫々、上述した処理内容或いは実質的に同じ処理内容の処理を行い、加算部 8 7 は復調ベクトル $Y'_{(n-1)}$ を等化部 1 6 へ供給する。なお、遅延部 8 6、除算部 9 6、位相回転部 5 3、減算部 7 1 及びアップサンプル部 7 2 の処理は、遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去と共用され、それと別個に行われるものではない。

[0180] 上記の干渉除去部 1 5 d によれば、遅延波によるシンボル間干渉及び遅延波によるキャリア間干渉が除去された復調ベクトル $Y D'_{(n-1)}$ を伝送路応答ベクトル H_n で除算して等化ベクトル $X D'_{(n-1)}$ を生成し、これを用いて遅延波によるシンボル間干渉及び先行波によるキャリア間干渉の除去を行っている。このため、等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ をそのまま用いる場合に比べて、遅延波によるシンボル間干渉及び先行波によるキャリア間干渉の除去性能が向上する。また、除算部 9 6 が追加されているものの、遅延部 5 1 が削除されているので、1 シンボル分のメモリ容量の削減が図られる。

[0181] <<第 6 の実施の形態>>

以下、本発明の第 6 の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。但し、本実施の形態の干渉除去部 1 5 e は、第 5 の実施の形態の干渉除去部 1 5 d に受信品質に応じて復調ベクトルの選択を行う機能を付加したものである。なお、本実施の形態において、上記の各実施の形態の構成要素と実質的に同じ構成要素には同じ符号を付し、その説明が適用できるためその説明を省略する。

[0182] [干渉除去部 1 5 e の構成及び動作]

本実施の形態の干渉除去部 1 5 e の構成及び動作について図 1 8 を参照しつつ説明する。図 1 8 は本実施の形態の干渉除去部 1 5 e の構成図である。

[0183] 干渉除去部 1 5 e は、図 1 7 の干渉除去部 1 5 d に対して、減算部 7 7、遅延部 8 6 及び加算部 8 7 からなるブロックを減算部 7 7、選択部 1 0 1、遅延部 8 6、加算部 8 7 及び選択部 1 0 2 からなるブロックに置き換えた構成を有する。

[0184] 以下、干渉除去部 15 e の構成及び動作の説明を、遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去と、先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去の 2 つに分けて説明する。なお、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部 15 e に供給されるとき、干渉除去部 15 e 内の各部の処理内容を例に挙げて説明する。

[0185] (遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去)

遅延部 86 は、選択部 101 から供給される復調ベクトル YD' を 1 シンボルの処理期間に相当する時間分遅延させて出力する。これによって、干渉除去部 15 e に n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 、及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部 15 e に供給されて干渉除去部 15 e が処理を行うとき、干渉除去部 15 e に $(n-1)$ 番目のシンボルに対応する復調ベクトル $Y_{(n-1)}$ 、等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ 、及び伝送路応答ベクトル $H'_{(n-1)}$ が供給されて干渉除去部 15 e が処理を行うことによって選択部 101 から遅延部 86 に供給された復調ベクトル $YE'_{(n-1)}$ が遅延部 86 から加算部 87、選択部 102 及び除算部 96 に供給される。

[0186] 除算部 96 は、遅延部 86 から供給された復調ベクトル $YE'_{(n-1)}$ を等化部 14 から供給された n 番目のシンボルに対応する伝送路応答ベクトル H'_n で除算し、除算結果を等化ベクトル $XE'_{(n-1)}$ として減算部 71 へ供給する。位相回転部 53 は、等化部 14 から供給された n 番目のシンボルに対応する等化ベクトル X'_n を時間領域で T_g 時間シフトするようにキャリア毎に位相回転させ、位相回転の結果得られた等化ベクトル X'^{rot}_n を減算部 71 へ供給する。減算部 71 は、除算部 96 から供給された等化ベクトル $XE'_{(n-1)}$ から位相回転部 53 から供給された等化ベクトル X'^{rot}_n を減算し、減算の結果得られた差分等化ベクトル $XE'_{(n-1)} - X'^{rot}_n$ をアップサンプル部 72 へ供給する。

[0187] アップサンプル部 72、アップサンプル部 55、乗算部 73、抽出部 74、ダウンサンプル部 75、位相回転部 76 及び減算部 77 は、夫々、上述し

た処理内容と実質的に同じ処理内容の処理を実行し、減算部 77 は、復調ベクトル $Y_E 1'_n$ を選択部 101 へ供給する。

- [0188] 選択部 101 は、OFDM 復調部 13 から供給された n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y'_n と減算部 77 から供給された復調ベクトル $Y_E 1'_n$ との受信品質を比較し、受信品質の良い方の復調ベクトルを復調ベクトル $Y_E'_n$ として遅延部 86 へ供給する。なお、受信品質の測定は、例えば復調ベクトルと伝送路応答ベクトルとを用いてデータキャリアやパイロットキャリア等の C/N 値を算出することによって実現できる。

- [0189] (先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去)

遅延部 86、除算部 96、位相回転部 53、減算部 71、アップサンプル部 72、遅延部 81、アップサンプル部 82、乗算部 83、抽出部 84、ダウンサンプル部 85 及び加算部 87 は、夫々、上述した処理内容或いは実質的に同じ処理内容の処理を行い、加算部 87 は復調ベクトル $Y_E 2'_{(n-1)}$ を選択部 102 へ供給する。なお、遅延部 86、除算部 96、位相回転部 53、減算部 71 及びアップサンプル部 72 の処理は、遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去と共用され、それと別個に行われるものではない。

- [0190] 選択部 102 は、遅延部 86 から供給された復調ベクトル $Y_E'_{(n-1)}$ と加算部 87 から供給された復調ベクトル $Y_E 2'_{(n-1)}$ との受信品質を比較し、受信品質の良い方の復調ベクトルを復調ベクトル $Y'_{(n-1)}$ として等化部 16 へ供給する。なお、受信品質の測定は、例えば復調ベクトルと伝送路応答ベクトルとを用いてデータキャリアやパイロットキャリア等の C/N 値を算出することによって実現できる。

- [0191] ところで、算出した遅延波シンボル間干渉成分、遅延波キャリア間干渉成分、先行波シンボル間干渉成分及び先行波シンボル間干渉成分の少なくとも一つが、実際の遅延波シンボル間干渉成分、遅延波キャリア間干渉成分、先行波シンボル間干渉成分及び先行波キャリア間干渉成分と異なる場合、復調ベクトルに対する干渉除去処理によって、復調ベクトルの誤差を増加させて

しまうことがある。

[0192] しかしながら、干渉除去部 15 e によれば、干渉除去処理前の復調ベクトルと干渉除去処理後の復調ベクトルの受信品質の良い方を選択するため、干渉除去処理による受信品質の低下を効果的に抑えることができる。

[0193] 例えば、遅延波や先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉がない受信環境では、それらに係る干渉成分は 0 であるにもかかわらず、AWGN (Additive White Gaussian Noise) などの雑音によって算出される干渉成分は 0 にならない。このとき、復調ベクトルから AWGN (Additive White Gaussian Noise) などの雑音によって 0 にならなかった干渉成分を除去することは、復調ベクトルに誤差を付加することになる。この場合に、干渉除去処理が施されていない復調ベクトルを選択することによって、干渉除去処理による受信品質の低下を効果的に抑えることができる。

[0194] <<第 7 の実施の形態>>

以下、本発明の第 7 の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。本実施の形態の干渉除去部 15 f は第 3 の実施の形態の干渉除去部 15 c に等化部 14 から供給される等化データに対して硬判定を行って等化データを修正する機能を付加したものである。なお、本実施の形態において、上記の各実施の形態の構成要素と実質的に同じ構成要素には同じ符号を付し、その説明が適用できるためその説明を省略する。

[0195] [干渉除去部 15 f の構成及び動作]

本実施の形態の干渉除去部 15 f の構成及び動作について図 19 を参照しつつ説明する。図 19 は本実施の形態の干渉除去部 15 f の構成図である。

[0196] 干渉除去部 15 f は、図 14 の干渉除去部 15 b に硬判定部 111 を付加した構成を有する。硬判定部 111 は、等化部 14 から供給された等化ベクトル X' に対して硬判定を行うことによって等化ベクトル X' の修正を行い、硬判定の結果修正された等化ベクトルを等化ベクトル X' として遅延部 51 及び位相回転部 53 へ供給する。

[0197] 等化部 14 から干渉除去部 15 f に供給された等化ベクトル X' には、シ

ンボル間干渉、キャリア間干渉、伝送路推定誤差、熱雑音などに起因する推定誤差が含まれる。このため、等化ベクトル X' をそのまま用いて遅延波及び先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る各干渉成分を算出した場合には、等化ベクトル X' に含まれる推定誤差のために、遅延波及び先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る各干渉成分には算出誤差が含まれる。

[0198] 上記の干渉除去部 15 f によれば、等化ベクトル X' に硬判定を行うことによって、等化ベクトル X' の推定誤差を小さくすることができる。このため、遅延波及び先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る各干渉成分の算出誤差を小さくすることができ、受信品質の向上が図られる。

[0199] なお、伝送路応答ベクトル H' についても同様にシンボル間干渉、キャリア間干渉、伝送路推定誤差、熱雑音などに起因する推定誤差が含まれる。このため、伝送路応答ベクトル H' をアップサンプルする場合に、有効キャリアの外側の帯域に伝送路応答ベクトルを外挿することにより、伝送路応答ベクトル H' の推定精度を向上させる手段を追加するようにしてもよい。但し、伝送路推定精度を向上させる手段はこれに限られるものではない。

[0200] <<第 8 の実施の形態>>

以下、本発明の第 8 の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。上記の第 3 の実施の形態の干渉除去部 15 b は周波数領域で信号処理を行って干渉除去を行う。これに対して、本実施の形態の干渉除去部 15 g は周波数領域の信号を時間領域の信号に変換してから時間領域で信号処理を行って干渉除去を行う。

[0201] [干渉除去部 15 g の構成及び動作]

本実施の形態の干渉除去部 15 g の構成及び動作について図 20 を参照しつつ説明する。図 20 は本実施の形態の干渉除去部 15 g の構成図である。

[0202] 干渉除去部 15 g は、IFFT 部 131 と、遅延部 132 と、時間シフト部 133 と、減算部 134 と、時間領域拡張部 135 と、IFFT 部 136 と、時間領域拡張部 137 と、畳み込み乗算部 138 と、抽出部 139 と、

時間領域縮小部 140 と、時間シフト部 141 と、FFT 部 142 と、減算部 143 と、遅延部 144 と、時間領域拡張部 145 と、畳み込み乗算部 146 と、抽出部 147 と、時間領域縮小部 148 と、FFT 部 149 と、遅延部 150 と、加算部 151 とを備える。

[0203] 以下、干渉除去部 15g の構成及び動作の説明を、遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去と、先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去の 2 つに分けて説明する。なお、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部 15g に供給されるとき、干渉除去部 15g 内の各部の処理内容を例に挙げて説明する。

[0204] (遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去)

IFFT 部 131 は、等化部 14 から供給された n 番目のシンボルに対応する周波数領域の等化ベクトル X'_n に IFFT を施し、IFFT の結果得られた時間領域の等化信号 x'_n を遅延部 132 及び時間シフト部 133 へ供給する。

[0205] 遅延部 132 は、IFFT 部 131 から供給された等化信号 x'_n を 1 シンボルの処理期間に相当する時間分遅延して出力する。これによって、復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部 15g に供給されて干渉除去部 15g が処理を行うとき、遅延部 132 から減算部 134 に $(n-1)$ 番目のシンボルに対応する等化信号 $x'_{(n-1)}$ が供給される。

[0206] 時間シフト部 133 は、IFFT 部 131 から供給された等化信号 x'_n を時間領域で T_g 時間シフトして、シフトの結果得られた等化信号 x'^{shift}_n を減算部 134 へ供給する。

[0207] 減算部 134 は、遅延部 132 から供給された等化信号 $x'_{(n-1)}$ から時間シフト部 133 から供給された等化信号 x'^{shift}_n を減算し、減算の結果得られた差分等化信号 $x'_{g'_{(n-1),n}}$ を時間領域拡張部 135 へ供給する。

[0208] 時間領域拡張部 135 は、減算部 134 から供給された時間領域が T_u で

ある差分等化信号 $x g'_{(n-1),n}$ に対して時間領域を 2 倍に拡張する処理を行って、時間領域が T_u の 2 倍である差分等化信号 $x g'^2_{(n-1),n}$ を畳み込み乗算部 138 へ供給する。但し、時間領域を 2 倍に拡張する処理は、差分等化信号 $x g'_{(n-1),n}$ の時間領域の双方の外側の期間 $T_u/2$ に 0 の信号を付加する処理である。また、その他の構成要素で行われる時間領域を 2 倍に拡張する処理も同様にして実現できる。なお、時間領域を 2 倍に拡張する処理は既知の技術であるので、これ以上の詳細説明は行わない。

[0209] IFFT部136は、等化部14から供給された n 番目のシンボルに対応する周波数領域の伝送路応答ベクトル H'_n に IFFT を施し、IFFT の結果得られた時間領域の伝送路応答信号 h'_n を時間領域拡張部137へ供給する。

[0210] 時間領域拡張部137は、IFFT部136から供給された時間領域が T_u である伝送路応答信号 h'_n に対して時間領域を 2 倍に拡張する処理を行って、時間領域が T_u の 2 倍である伝送路応答信号 h'^2_n を畳み込み乗算部138へ供給する。

[0211] 畳み込み乗算部138は、時間領域拡張部135から供給された差分等化信号 $x g'^2_{(n-1),n}$ と時間領域拡張部137から供給された伝送路応答信号 h'^2_n とを畳み込み乗算し、畳み込み乗算の結果得られた差分復調信号 $y g 1'^2_{(n-1),n}$ を抽出部139へ供給する。

[0212] 抽出部139は、畳み込み乗算部138から供給された差分復調信号 $y g 1'^2_{(n-1),n}$ に対して第3の実施の形態の抽出部74のフィルタの時間領域で見た通過帯域以外の期間の信号成分を 0 にすることによって、差分復調信号 $y g 1'^2_{(n-1),n}$ から、復調ベクトル Y_n に関する遅延波シンボル間干渉成分及びそれに関する遅延波キャリア間干渉成分を抽出する。そして、抽出部139は、抽出した遅延波シンボル間干渉成分および遅延波キャリア間干渉成分を表す干渉信号 $e g 1'^2_n$ を生成し、生成した干渉信号 $e g 1'^2_n$ を時間領域縮小部140へ供給する。

[0213] 時間領域縮小部140は、抽出部139から供給された時間領域が $2 \times T$

uである干渉信号 $e_{g1'}^{2_n}$ に対して時間領域を $1/2$ 倍に縮小する処理を行って、時間領域が T_u である干渉信号 $e_{g1'}^n$ を時間シフト部 141 へ供給する。

[0214] 時間シフト部 141 は、時間領域縮小部 140 から供給された干渉信号 $e_{g1'}^n$ を時間領域で $-T_g$ 時間シフトして、シフトの結果得られた干渉信号 $e_{g1'}^{\text{shift}_n}$ を F F T 部 142 へ供給する。

[0215] F F T 部 142 は、時間シフト部 141 から供給された干渉信号 $e_{g1'}^{\text{shift}_n}$ に F F T を施し、F F T の結果得られた周波数領域の干渉ベクトル $E_{G1'}^{\text{shift}_n}$ を減算部 143 へ供給する。

[0216] 減算部 143 は、O F D M 復調部 13 から供給された n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n から F F T 部 142 から供給された干渉ベクトル $E_{G1'}^{\text{shift}_n}$ を減算し、減算結果を復調ベクトル $Y_{G'}^n (= Y_n - E_{G1'}^{\text{shift}_n})$ として遅延部 150 へ供給する。

[0217] (先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去)

I F F T 部 131、遅延部 132、時間シフト部 133、減算部 134 及び時間領域拡張部 135 は、夫々、上述した処理内容の処理を行い、時間領域拡張部 135 は差分等化信号 $x_{g'}^{2_{(n-1),n}}$ を畳み込み乗算部 146 へ供給する。なお、これらの処理は、遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去と共用され、それと別個に行われるものではない。

[0218] I F F T 部 136 は、等化部 14 から供給された n 番目のシンボルに対応する周波数領域の伝送路応答ベクトル H'_n に I F F T を施し、I F F T の結果得られた時間領域の伝送路応答信号 h'_n を遅延部 144 へ供給する。なお、この処理は、遅延波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去と共用され、それと別個に行われるものではない。

[0219] 遅延部 144 は、I F F T 部 136 から供給された伝送路応答信号 h'_n を 1 シンボルの処理期間に相当する時間分遅延して出力する。これによって、復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部 15g に供給されて干渉除去部 15g が処理を行うとき、遅延部 144 か

ら時間領域拡張部 145 に $(n-1)$ 番目のシンボルに対応する伝送路応答信号 $h'_{(n-1)}$ が供給される。

[0220] 時間領域拡張部 145 は、遅延部 144 から供給された時間領域が T_u である伝送路応答信号 $h'_{(n-1)}$ に対して時間領域を 2 倍に拡張する処理を行って、時間領域が T_u の 2 倍である伝送路応答信号 $h'^2_{(n-1)}$ を畳み込み乗算部 146 へ供給する。

[0221] 畳み込み乗算部 146 は、時間領域拡張部 135 から供給された差分等化信号 $xg'^2_{(n-1),n}$ と時間領域拡張部 145 から供給された伝送路応答信号 $h'^2_{(n-1)}$ とを畳み込み乗算し、畳み込み乗算の結果得られた差分復調信号 $y g 2'^2_{(n-1),n}$ を抽出部 147 へ供給する。

[0222] 抽出部 147 は、畳み込み乗算部 146 から供給された差分復調信号 $y g 2'^2_{(n-1),n}$ に対して第 3 の実施の形態の抽出部 84 のフィルタの時間領域で見た通過帯域以外の期間の信号成分を 0 にすることによって、差分復調信号 $y g 2'^2_{(n-1),n}$ から、復調ベクトル $Y_{(n-1)}$ に関する先行波シンボル間干渉成分及びそれに関する先行波キャリア間干渉成分を抽出する。そして、抽出部 147 は、抽出した先行波シンボル間干渉成分および先行波キャリア間干渉成分を表す干渉信号 $eg 2'^2_{(n-1)}$ を生成し、生成した干渉信号 $eg 2'^2_{(n-1)}$ を時間領域縮小部 148 へ供給する。

[0223] 時間領域縮小部 148 は、抽出部 147 から供給された時間領域が $2 \times T_u$ である干渉信号 $eg 2'^2_{(n-1)}$ に対して時間領域を $1/2$ 倍に縮小する処理を行って、時間領域が T_u である干渉信号 $eg 2'^2_{(n-1)}$ を FFT 部 149 へ供給する。

[0224] FFT 部 149 は、時間領域縮小部 148 から供給された干渉信号 $eg 2'^2_{(n-1)}$ に FFT を施し、FFT の結果得られた周波数領域の干渉ベクトル $EG 2'^2_{(n-1)}$ を加算部 151 へ供給する。

[0225] 遅延部 150 は、減算部 143 から供給された復調ベクトル YG' を 1 シンボルの処理期間に相当する時間分遅延して出力する。これによって、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答

ベクトル H'_n が干渉除去部15gに供給されて干渉除去部15gが処理を行うとき、 $(n-1)$ 番目のシンボルに対応する復調ベクトル $Y_{(n-1)}$ 、等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ 及び伝送路応答ベクトル $H'_{(n-1)}$ が干渉除去部15gに供給されて干渉除去部15gが処理を行うことによって減算部143から遅延部150に供給された復調ベクトル $Y G'_{(n-1)}$ が遅延部150から加算部151に供給される。

[0226] 加算部151は、遅延部150から供給された復調ベクトル $Y G'_{(n-1)}$ とFFT部149から供給された干渉ベクトル $E G 2'_{(n-1)}$ とを加算し、加算結果を復調ベクトル $Y'_{(n-1)}$ ($= Y G'_{(n-1)} - E G 2'_{(n-1)}$)として等化部16へ供給する。

[0227] <<第9の実施の形態>>

以下、本発明の第9の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。第1の実施の形態の受信装置は干渉除去処理を1段で行う構成であるのに対して、本実施の形態の受信装置1hは干渉除去処理を2段で行う構成である。なお、本実施の形態において、上記の各実施の形態の構成要素と実質的に同じ構成要素には同じ符号を付し、その説明が適用できるためその説明を省略する。

[0228] <受信装置1hの構成及び動作>

本実施の形態の受信装置1hの構成及び動作について図21を参照しつつ説明する。図21は本実施の形態の受信装置1hの構成図であり、受信装置1hは図3の受信装置1に対して等化部14h及び干渉除去部15hを付加した構成を有する。

[0229] アンテナ11、チューナ12、OFDM復調部13、等化部14、及び干渉除去部15は、上述した処理内容の処理を行い、OFDM復調部13は等化部14、干渉除去部15及び干渉除去部15hに復調ベクトル Y を供給し、干渉除去部15は等化部14hに復調ベクトル Y' を供給する。

[0230] 等化部14hは、干渉除去部15から供給された復調ベクトル Y' から伝送路応答ベクトル $H H'$ を推定し、推定した伝送路応答ベクトル $H H'$ に基

づいて復調ベクトル Y' を等化して等化ベクトル X_H' を算出し、伝送路応答ベクトル H_H' と等化ベクトル X_H' とを干渉除去部15hへ供給する。なお、等化部14hに、図5において、入力される復調ベクトル Y を復調ベクトル Y' に置き換えた構成を利用できる。

[0231] 干渉除去部15hは、等化部14hから供給された伝送路応答ベクトル H_H' と等化ベクトル X_H' とを用いて、OFDM復調部13から供給された復調ベクトル Y からシンボル間干渉及びキャリア間干渉を除去するための処理を行い、この処理の結果得られた復調ベクトル Y_H' を等化部16へ供給する。なお、干渉除去部15hに、図6において、入力される復調ベクトル Y 、等化ベクトル X' 、伝送路応答ベクトル H' を復調ベクトル Y 、等化ベクトル X_H' 、伝送路応答ベクトル H_H' に置き換えた構成を利用できる。

[0232] 等化部16及び復号部17は、夫々、上述した処理内容と実質的に同じ処理内容の処理を行う。

[0233] 本実施の形態の受信装置1hによれば、復調ベクトルに対するシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る誤差成分の除去処理を2段で行っているため、シンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去能力が向上し、受信品質が向上する。また、受信装置1hは、フィードフォワード構成であるので、干渉除去処理を行うブロックの連結を容易に行うことができる。

[0234] <第10の実施の形態>

以下、本発明の第10の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。但し、本実施の形態の受信装置1iは、第1の実施の形態の受信装置1に対して、干渉除去部15が用いる等化ベクトル及び伝送路応答データを生成する構成の簡略化を行って、回路規模及び演算量の削減を図ったものである。なお、本実施の形態において、上記の各実施の形態の構成要素と実質的に同じ構成要素には同じ符号を付し、その説明が適用できるためその説明を省略する。

[0235] <受信装置1iの構成及び動作>

本実施の形態の受信装置1iの構成及び動作について図22を参照しつつ

説明する。図 22 は本実施の形態の受信装置 1 i の構成図であり、受信装置 1 i は、図 3 の受信装置 1 に対して、等化部 14 を除算部 14 i に置き換え、等化部 16 が出力する伝送路応答ベクトル H'' を遅延して除算部 14 i 及び干渉除去部 15 に供給する遅延部 18 を設けた構成を有する。

[0236] アンテナ 11、チューナ 12、及び OFDM 復調部 13 は、上述した処理内容の処理を行い、OFDM 復調部 13 は変調ベクトル Y を除算部 14 i 及び干渉除去部 15 へ供給する。

[0237] ここでは、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n が除算部 14 i 及び干渉除去部 15 に供給されるときを除算部 14 i 及び干渉除去部 15 等の処理内容を例に挙げて説明する。

[0238] 遅延部 18 は等化部 16 から供給される伝送路応答ベクトル H'' を 1 シンボルの処理期間に相当する時間分遅延して出力する。これによって、除算部 14 i 及び干渉除去部 15 に復調ベクトル Y_n が供給されるとき、除算部 14 i 及び干渉除去部 15 に $(n-1)$ 番目のシンボルに対応する復調ベクトル $Y_{(n-1)}$ が供給されて除算部 14 i、干渉除去部 15 及び等化部 16 が処理を行うことによって等化部 16 から遅延部 18 に供給された m 番目のシンボルに対応する伝送路応答ベクトル H''_m が遅延部 18 から除算部 14 i 及び干渉除去部 15 に供給される。なお、等化部 16 から遅延部 18 に供給される伝送路応答ベクトルには除算部 14 i、干渉除去部 15、等化部 16 による遅延が含まれることがあることを考慮して、上記では m 番目のシンボルとして記載している。

[0239] 除算部 14 i は、OFDM 復調部 13 から供給された復調ベクトル Y_n を遅延部 18 から供給された伝送路応答ベクトル H''_m で除算し、除算結果である等化ベクトル X'_n を干渉除去部 15 へ供給する。

[0240] 干渉除去部 15 は、除算部 14 i から供給される等化ベクトル X'_n と遅延部 18 から供給される伝送路応答ベクトル H''_m とを用いて、OFDM 復調部 13 から供給された復調ベクトル Y'_n に対してシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去処理を行って復調ベクトル Y'_n を等化部 16 へ供給する。なお

、本実施の形態の干渉除去部 15 の処理は、等化部 14 から供給される等化ベクトル X' を除算部 14 i から供給される等化ベクトル X' に置き換え、等化部 14 から供給される伝送路応答ベクトル H' を遅延部 18 から供給された伝送路応答ベクトル H'' に置き換えて行われる。

[0241] 等化部 16 は、干渉除去部 15 から供給された復調ベクトル Y' から伝送路応答ベクトル H'' を推定し、推定した伝送路応答ベクトル H'' に基づいて復調ベクトル Y' を等化して等化ベクトル X'' を算出する。そして、等化部 16 は、等化ベクトル X'' を復号部 17 へ供給するとともに、伝送路応答ベクトル H'' を遅延部 18 へ供給する。復号部 17 は、上述した処理内容と実質的に同じ処理内容の処理を実行し、伝送情報を出力する。

[0242] 本実施の形態の受信装置 1 i によれば、シンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去が行われた復調ベクトル Y' に基づいて推定された伝送路応答ベクトル H'' を用いて復調ベクトル Y に対してシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去処理を行っている。このため、シンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る各干渉成分の算出精度が向上し、受信品質の向上が図られる。また、伝送路等化を行う構成要素は等化部 16 のみになるので、回路規模及び演算量の削減が図られる。

[0243] また、干渉成分の除去処理を施して生成された復調データ Y' を用いて伝送路応答データ H'' を推定し、この伝送路応答データ H'' をフィードバックして復調データ Y に対して干渉成分の除去処理を施して復調データ Y' を生成している。このため、伝送路応答データ H'' には干渉成分の繰り返し除去の効果が得られ、受信品質の向上が図られる。

[0244] なお、除算部 14 i 及び干渉除去部 15 は、処理対象の復調ベクトル Y よりも過去の時刻の伝送路応答ベクトル H'' を用いて処理を行うため、送信局間に周波数偏差がある場合や、移動などにより伝送路応答が変化する場合には、伝送路応答の変動によりシンボル間干渉及びキャリア間干渉に係る各干渉成分の算出精度が低下してしまう。これに対して、伝送路応答データを外挿処理などにより予測することによって、周波数の変動耐性を向上させるこ

とができる。

[0245] ≪第 1 1 の実施の形態≫

以下、本発明の第 1 1 の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。但し、本実施の形態の受信装置 1 j は、第 1 の実施の形態の受信装置に対して干渉除去を行う構成を変更したものである。なお、本実施の形態において、上記の各実施の形態の構成要素と実質的に同じ構成要素には同じ符号を付し、その説明が適用できるためその説明を省略する。

[0246] <受信装置 1 j の構成及び動作>

本実施の形態の受信装置 1 j の構成及び動作について図 2 3 を参照しつつ説明する。図 2 3 は本実施の形態の受信装置 1 j の構成図であり、受信装置 1 j は、図 3 の受信装置 1 に対して、等化部 1 4 及び干渉除去部 1 5 からなるブロックを干渉除去部 2 1、等化部 2 2、干渉除去部 2 3 及び遅延部 2 4 からなるブロックに置き換えた構成を有する。

[0247] アンテナ 1 1、チューナ 1 2、及び OFDM 復調部 1 3 は、上述した処理内容の処理を行い、OFDM 復調部 1 3 は変調ベクトル Y を干渉除去部 2 1 へ供給する。

[0248] ここでは、n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n が干渉除去部 2 1 に供給されるとききの干渉除去部 2 1 等の処理内容を例に挙げて説明する。

[0249] 遅延部 2 4 は、干渉除去部 2 3 から供給される遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分を表す遅延シンボル間干渉ベクトル E_J' を 1 シンボルの処理期間に相当する時間分遅延させて出力する。これによって、干渉除去部 2 1 に復調ベクトル Y_n が供給されるとき、干渉除去部 2 1 に (n - 1) 番目のシンボルに対応する復調ベクトル $Y_{(n-1)}$ が供給されて干渉除去部 2 1、等化部 2 2、及び干渉除去部 2 3 の各部が処理を行うことによって干渉除去部 2 3 から遅延部 2 4 に供給された復調ベクトル Y_n に関する遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分を表す遅延シンボル間干渉ベクトル $E_J'_n$ が遅延部 2 4 から干渉除去部 2 1 に供給される。

[0250] 干渉除去部 2 1 は、図 2 4 に示すように、減算部 2 1 j を有する。干渉除

去部 2 1 内の減算部 2 1 j は、OFDM 復調部 1 3 から供給された n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_n から遅延部 2 4 から供給された復調ベクトル Y_n に関する遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分を表す遅延シンボル間干渉ベクトル $E_{J'}_n$ を減算し、減算の結果得られた復調ベクトル $Y_{J'}_n (= Y_n - E_{J'}_n)$ を等化部 2 2 及び干渉除去部 2 3 へ供給する。

[0251] 等化部 2 2 は、干渉除去部 2 1 から供給された復調ベクトル $Y_{J'}_n$ から伝送路応答ベクトル H'_n を推定し、推定した伝送路応答ベクトル H'_n に基づいて復調ベクトル $Y_{J'}_n$ を等化して等化ベクトル X'_n を算出する。そして、等化部 2 2 は、推定した伝送路応答ベクトル H'_n と算出した等化ベクトル X'_n とを干渉除去部 2 3 へ供給する。これによって、等化ベクトル X'_n と伝送路応答ベクトル H'_n とが等化部 2 2 から干渉除去部 2 3 に供給される。なお、等化部 2 2 に、図 5 において、入力される復調ベクトル Y を復調ベクトル $Y_{J'}_n$ に置き換えた構成を利用できる。

[0252] 干渉除去部 2 3 は、等化部 2 2 から供給された等化ベクトル X'_n と伝送路応答ベクトル H'_n を用いて、復調ベクトル $Y_{(n+1)}$ に関する遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分を表す遅延シンボル間干渉ベクトル $E_{J'}_{(n+1)}$ を遅延部 2 4 へ供給する。また、干渉除去部 2 3 は、等化部 2 2 から供給された等化ベクトル X'_n と伝送路応答ベクトル H'_n を用いて、復調ベクトル $Y_{J'}_n$ から遅延波によるキャリア間干渉に係る干渉成分、先行波によるシンボル間干渉及び先行波によるキャリア間干渉に係る干渉成分を除去する処理を行って、この結果得られた復調ベクトル Y'_n を等化部 1 6 へ供給する。

[0253] 等化部 1 6 及び復号部 1 7 は、上述した処理内容と実質的に同じ処理内容の処理を行う。

[0254] [干渉除去部 2 3 の構成及び動作]

図 2 3 の干渉除去部 2 3 の構成及び動作について図 2 5 を参照しつつ説明する。図 2 5 は図 2 3 の干渉除去部 2 3 の構成図である。

[0255] 干渉除去部 2 3 は、遅延部 5 1 と、位相回転部 5 3 と、減算部 7 1 と、アップサンプル部 7 2 と、遅延部 8 1 と、アップサンプル部 8 2 と、乗算部 8

3と、抽出部84と、ダウンサンプル部85と、遅延部86と、加算部87と、アップサンプル部55と、アップサンプル部72jと、乗算部73jと、抽出部74jと、ダウンサンプル部75jと、位相回転部76jと、減算部77jと、アップサンプル部201と、乗算部202と、抽出部203と、ダウンサンプル部204と、位相回転部205とを有する。

[0256] 以下、干渉除去部23の構成及び動作の説明を、遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分の計算と、遅延波によるキャリア間干渉の除去と、先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去の3つに分けて説明する。なお、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_{Jn} 、等化ベクトル X'_n 及び伝送路応答ベクトル H'_n が干渉除去部23に供給されるときに干渉除去部23内の各部の処理内容を例に挙げて説明する。

[0257] (遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分の計算)

アップサンプル部201は、等化部22から供給される n 番目のシンボルに対応する等化ベクトル X'_n を2倍にアップサンプリングし、アップサンプリングの結果得られた等化ベクトル X'^2_n を乗算部202へ供給する。

[0258] アップサンプル部55は、等化部22から供給された n 番目のシンボルに対応する伝送路応答ベクトル H'_n を2倍にアップサンプリングし、アップサンプリングの結果得られた伝送路応答ベクトル H'^2_n を乗算部202へ供給する。

[0259] 乗算部202は、アップサンプル部201から供給された等化ベクトル X'^2_n とアップサンプル部55から供給された伝送路応答ベクトル H'^2_n とを乗算し、乗算の結果得られた復調ベクトル $Y_{J1}'^2_n$ を抽出部203へ供給する。

[0260] 抽出部203は、例えばFIRフィルタで構成され、第3の実施の形態の抽出部74と同じ通過帯域の通過特性を有している。抽出部203は、乗算部202から供給された復調ベクトル $Y_{J1}'^2_n$ にフィルタ処理を施すことによって、復調ベクトル $Y_{J1}'^2_n$ から復調ベクトル $Y_{(n+1)}$ に関する遅延波シンボル間干渉成分を抽出し、抽出した遅延波シンボル間干渉成分を表す遅延

シンボル間干渉ベクトル $E_{J1'}^{2_{(n+1)}}$ を生成し、生成した遅延シンボル間干渉ベクトル $E_{J1'}^{2_{(n+1)}}$ をダウンサンプル部 204 へ供給する。

[0261] ダウンサンプル部 204 は、抽出部 203 から供給された遅延シンボル間干渉ベクトル $E_{J1'}^{2_{(n+1)}}$ を $1/2$ 倍にダウンサンプリングし、ダウンサンプリングの結果得られた遅延シンボル間干渉ベクトル $E_{J1'}^{(n+1)}$ を位相回転部 205 へ供給する。

[0262] 位相回転部 205 は、ダウンサンプル部 75 から供給された遅延シンボル間干渉ベクトル $E_{J1'}^{(n+1)}$ を時間領域で $-T_g$ 時間シフトするようにキャリア毎に位相回転させ、位相回転の結果得られた遅延シンボル間干渉ベクトル $E_{J1'}^{\text{rot}_{(n+1)}}$ を遅延シンボル間干渉ベクトル $E_{J'}^{(n+1)}$ として遅延部 24 へ供給する。

[0263] (遅延波によるキャリア間干渉の除去)

位相回転部 53 は、等化部 22 から供給された n 番目のシンボルに対応する等化ベクトル X'_n を時間領域で T_g 時間シフトするようにキャリア毎に位相回転させ、位相回転の結果得られた等化ベクトル X'^{rot_n} をアップサンプル部 72j へ供給する。

[0264] アップサンプル部 72j は、位相回転部 53 から供給された等化ベクトル X'^{rot_n} を 2 倍にアップサンプリングし、アップサンプリングの結果得られた等化ベクトル $X'^{\text{rot}2_n}$ を乗算部 73j へ供給する。

[0265] アップサンプル部 55 は、等化部 22 から供給された n 番目のシンボルに対応する伝送路応答ベクトル H'_n を 2 倍にアップサンプリングし、アップサンプリングの結果得られた伝送路応答ベクトル H'^2_n を乗算部 73j へ供給する。なお、この処理は、遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分の計算と共用され、それと別個に行われるものではない。

[0266] 乗算部 73j は、アップサンプル部 72j から供給された等化ベクトル $X'^{\text{rot}2_n}$ とアップサンプル部 55 から供給された伝送路応答ベクトル H'^2_n とを乗算し、乗算の結果得られた復調ベクトル $Y_{J2'}^2_n$ を抽出部 74j へ供給する。

- [0267] 抽出部 74j は、例えば FIR フィルタで構成され、第 3 の実施の形態の抽出部 74 と同じ通過帯域の通過特性を有している。抽出部 74j は、乗算部 73j から供給された復調ベクトル $Y_{J2'}^{2n}$ にフィルタ処理を施すことによって、復調ベクトル $Y_{J2'}^{2n}$ から復調ベクトル Y_n に関する遅延波キャリア間干渉成分を抽出し、抽出した遅延波キャリア間干渉成分を表す干渉ベクトル $E_{J2'}^{2n}$ を生成し、生成した干渉ベクトル $E_{J2'}^{2n}$ をダウンサンプル部 75j へ供給する。
- [0268] ダウンサンプル部 75j は、抽出部 74j から供給された干渉ベクトル $E_{J2'}^{2n}$ を $1/2$ 倍にダウンサンプリングし、ダウンサンプリングの結果得られた干渉ベクトル $E_{J2'}^n$ を位相回転部 76j へ供給する。
- [0269] 位相回転部 76j は、ダウンサンプル部 75j から供給された干渉ベクトル $E_{J2'}^n$ を時間領域で $-T_g$ 時間シフトするようにキャリア毎に位相回転させ、位相回転の結果得られた干渉ベクトル $E_{J2'}^{rot_n}$ を減算部 77j へ供給する。
- [0270] 減算部 77j は、等化部 22 から供給された n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル Y_{Jn} から位相回転部 76j から供給された干渉ベクトル $E_{J2'}^{rot_n}$ を減算し、減算結果を復調ベクトル $Y_{JA'}^n (= Y_{Jn} - E_{J2'}^{rot_n})$ として出力する。
- [0271] (先行波によるシンボル間干渉及びキャリア間干渉の除去)
遅延部 51、位相回転部 53、減算部 71、アップサンプル部 72、遅延部 81、アップサンプル部 82、乗算部 83、抽出部 84、及びダウンサンプル部 85 は、上述した処理内容の処理を行って、ダウンサンプル部 85 は、干渉ベクトル $E_{B'}^{(n-1)}$ を加算部 87 へ供給する。なお、位相回転部 53 の処理は、遅延波によるキャリア間干渉の除去と共用され、それと別個に行われるものではない。
- [0272] 遅延部 86 は、減算部 77j から供給された復調ベクトル $Y_{JA'}$ を 1 シンボルの処理期間に相当する時間分遅延させて出力する。これによって、 n 番目のシンボルに対応する復調ベクトル $Y_{J'}^n$ 、等化ベクトル X'^n 及び伝送

路応答ベクトル H'_n が干渉除去部15bに供給されて干渉除去部15bが処理を行うとき、 $(n-1)$ 番目のシンボルに対応する復調ベクトル $Y'_{J(n-1)}$ 、等化ベクトル $X'_{(n-1)}$ 及び伝送路応答ベクトル $H'_{(n-1)}$ が干渉除去部23に供給されて干渉除去部23が処理を行うことによって減算部77jから遅延部86に供給された復調ベクトル $Y'_{JA(n-1)}$ が遅延部86から加算部87に供給される。

[0273] 加算部87は、遅延部86から供給された復調ベクトル $Y'_{JA(n-1)}$ とダウンサンプル部85から供給された干渉ベクトル $E'_{B(n-1)}$ とを加算し、加算結果を復調ベクトル $Y'_{(n-1)}$ ($=Y'_{JA(n-1)} + E'_{B(n-1)}$) として等化部16へ供給する。

[0274] 本実施の形態の受信装置1jによれば、遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分を復調ベクトルから先行して除去し、遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分が除去された復調ベクトルを用いて遅延波によるキャリア間干渉、先行波によるシンボル間干渉、及び先行波によるキャリア間干渉に係る各干渉成分の算出を行っている。このため、前記の各干渉成分の算出精度が向上し、受信品質の向上が図られる。

[0275] <第12の実施の形態>

以下、本発明の第12の実施の形態について図面を参照しつつ説明する。第3の実施の形態は、ガードインターバル期間を付加したOFDM伝送信号を対象としているが、本実施の形態はガードインターバル期間が付加されていないOFDM伝送信号を対象とするものである。なお、本実施の形態において、上記の各実施の形態の構成要素と実質的に同じ構成要素には同じ符号を付し、その説明が適用できるためその説明を省略する。

[0276] <干渉除去部15kの構成及び動作>

本実施の形態の干渉除去部15kの構成及び動作について図26を参照しつつ説明する。図26は本実施の形態の干渉除去部15kの構成図である。

[0277] 本実施の形態では、ガードインターバル期間を付加していないOFDM伝送信号を対象としているため、図14の干渉除去部15bから位相回転部5

3 及び位相回転部 7 6 を削除した構成になっている。但し、抽出部 7 4 及び抽出部 8 4 のフィルタ処理における通過特性の通過帯域は、図 8 を参照して説明した通過帯域に対して $T_g = 0$ としたものである。

[0278] <<補足>>

本発明は上記の実施の形態で説明した内容に限定されず、本発明の目的とそれに関連又は付随する目的を達成するためのいかなる形態においても実施可能であり、例えば、以下であってもよい。

[0279] (1) 上記の各実施の形態では、OFDM 伝送方式を例に説明したが、これに限られるものではなく、互いに直交していない複数のキャリアを用いた周波数分割多重伝送方式に対しても適用可能である。

[0280] (2) 上記の各実施の形態では、等化部 1 4 が図 5 に示した構成であるとしたが、これに限られるものではなく、復調ベクトル Y を用いて伝送路応答ベクトルの推定及び等化ベクトルの算出を行える構成であればよい。なお、その他の等化部についても同様である。

[0281] (3) 上記の実施の形態では、2 倍のアップサンプル処理と $1/2$ 倍のダウンサンプル処理との組み合わせとしているが、これに限られるものではなく、 N (2 を除く 1 より大きい数) 倍のアップサンプル処理と $1/N$ 倍のアップサンプル処理との組み合わせとしてもよい。なお、 N の設定は、乗算部 5 6、6 0 の出力信号が隣り合う繰り返し成分が互いに干渉しないように定めることが好ましい。

[0282] また、上記の第 8 の実施の形態では、2 倍の時間領域拡張処理と $1/2$ 倍の時間領域縮小処理の組み合わせとしているが、これに限られるものではなく、 N (2 を除く 1 より大きい数) 倍の時間領域拡張処理と $1/N$ 倍の時間領域縮小処理との組み合わせであってもよい。

[0283] (4) 上記の各実施の形態で説明した構成要素の並びは、出力信号が同じであれば、構成要素の並びを入れ替えてもよい。例えば、第 1 の実施の形態の遅延部 5 1 とアップサンプル部 5 2 との並びを入れ替えてもよく、位相回転部 5 3 とアップサンプル部 5 4 との並びを入れ替えてもよく、ダウンサン

プル部 58 と位相回転部 59 との並びを入れ替えてもよく、ダウンサンプル部 62 と位相回転部 63 との並びを入れ替えてもよい。また、第 2 及び第 3 の実施の形態のダウンサンプル部 75 と位相回転部 76 との並びを入れ替えてもよい。なお、時間領域で $-T_g$ 又は T_g シフトするようにキャリア毎に位相回転させる際に、離散周波数間隔を考慮して周波数領域での位相回転量を適宜変更する必要がある。

[0284] (5) 上記の第 6 の実施の形態では、第 5 の実施の形態の干渉除去部 15d に対して選択部 101、102 を付加する場合を例に挙げて説明したが、これに限られるものではなく、干渉除去前の復調ベクトルと干渉除去後の復調ベクトルとの受信品質を比較して、受信品質の良い方を選択して出力する選択部を他の実施の形態で説明した干渉除去部や変形例の干渉除去部に対して付加するようにしてもよい。

[0285] (6) 上記の第 7 の実施の形態では、第 3 の実施の形態の干渉除去部 15b に対して硬判定部 111 を付加する場合を例に挙げて説明したが、これに限られるものではなく、例えば、等化ベクトルを入力とする他の実施の形態で説明した干渉除去部や変形例の干渉除去部に対して硬判定部 111 を付加するようにしてもよい。

[0286] (7) 上記の第 8 の実施の形態の干渉除去部 15g は、第 3 の実施の形態の干渉除去部 15b に対して干渉成分の算出を時間領域で行うように変形したものであるが、これに限られるものではなく、他の実施の形態の干渉除去部や変形例の干渉除去部を干渉成分の算出を時間領域で行うように変形してもよい。なお、周波数領域の信号から時間領域の信号への変換に IFFT を用いているが、これに限らず、周波数領域の信号から時間領域の信号へ変換することができる手段であればよい。また、時間領域の信号から周波数領域の信号への変換に FFT を用いているが、これに限らず、周波数領域の信号から時間領域の信号へ変換することができる手段であればよい。

[0287] (8) 上記の第 9 実施の形態では、受信装置 1h は等化部 14 及び干渉除去部 15 からなるブロック及び等化部 14h 及び干渉除去部 15h からなる

ブロックの２段で干渉除去処理を行うようになっているが、これに限られるものではなく、３段以上で干渉除去処理を行うようにしてもよい。また、第１０及び第１１の各実施の形態の受信装置１ｉ、１ｊにおいても、干渉除去を行う構成要素のブロックを２段以上にしてもよい。

[0288] （９）上記の第９の実施の形態では、受信装置１ｈが備える干渉除去部として第１の実施の形態の干渉除去部１５或いは干渉除去部１５と等価な干渉除去部１５ｈとし、上記の第１０の実施の形態では、受信装置１ｉが備える干渉除去部として第１の実施の形態の干渉除去部１５としたが、これに限られるものではなく、例えば、復調ベクトル、等化ベクトル及び伝送路応答ベクトルを入力とする他の実施の形態で説明した干渉除去部や変形例の干渉除去部に置き換えてもよい。

[0289] （１０）上記の第３の実施の形態の干渉除去部１５ｂを除く各干渉除去部をガードインターバル期間が付加されていないＯＦＤＭ伝送信号用の干渉除去部に変更する場合には、位相回転部や時間シフト部を取り除けばよい。

[0290] （１１）上記の実施の形態において、遅延波によるシンボル間干渉成分、遅延波によるキャリア間干渉成分、先行波によるシンボル間干渉成分、先行波によるキャリア間干渉成分のうち、除去したい干渉成分のみを除去することができるよう、適宜、構成要素の追加及び削除を行ってもよい。

[0291] （１２）上記の実施の形態では、周波数領域で動作する抽出部のフィルタの通過帯域は固定としたが、これに限られるものではなく、伝搬路の状況に応じて適応的にフィルタの通過帯域を変更するようにしてもよい。また、時間領域で動作する抽出部が抽出する時間領域は固定としたが、伝搬路の状況に応じて適応的に抽出する時間領域を変更するようにしてもよい。

[0292] （１３）上記の各実施の形態などの各構成は、典型的には集積回路であるＬＳＩ（Large Scale Integration）として実現されてもよい。これらは、個別に１チップ化されてもよいし、各実施の形態の全ての構成または一部の構成を含むように１チップ化されてもよい。

[0293] ここでは、ＬＳＩとしたが、集積度の違いにより、ＩＣ（Integrated Circ

uit)、システムLSI、スーパーLSI、ウルトラLSIと呼称されることもある。

[0294] また、集積回路化の手法はLSIに限られるものではなく、専用回路または汎用プロセッサで実現しても良い。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA(Field Programmable Gate Array)や、LSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なリコンフィギュラブル・プロセッサを利用しても良い。

[0295] さらに、半導体技術の進歩又は派生する別技術によりLSIに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて機能ブロックの集積化を行っても良い。バイオ技術の適応等が可能性としてあり得る。

産業上の利用可能性

[0296] 本発明は、複数のキャリアを周波数分割多重した伝送信号からシンボル間干渉及びキャリア間干渉を行う受信装置に利用することができる。

請求の範囲

- [1] 変調処理が施された複数のキャリアを多重した伝送信号を受信し、当該伝送信号を復調する受信装置であって、
- 受信した時間領域の前記伝送信号をシンボル毎に周波数領域の復調データに変換する変換部と、
- 前記復調データに基づいて周波数領域の伝送路応答データを推定し、推定した前記伝送路応答データに基づいて前記復調データを等化して周波数領域の等化データを算出する等化部と、
- シンボル毎に、前記等化データ及び前記伝送路応答データに基づいてシンボル間干渉及びキャリア間干渉の少なくとも一方に係る干渉成分を表す干渉データを算出し、前記干渉データに基づいて前記復調データに対して前記干渉成分の除去処理を施す干渉除去部と、
- を備える受信装置。
- [2] 前記干渉除去部は、
- N は 1 より大きい数であり、 T_u は有効シンボル期間の時間幅であるとし、一のシンボルに対応する前記等化データに対して遅延処理及びアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1/(N \times T_u)$ の第 1 等化データを生成して出力する遅延アップサンプル部と、
- 前記一のシンボルに対応する前記伝送路応答データに対してアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1/(N \times T_u)$ の第 1 伝送路応答データを生成するアップサンプル部と、
- 前記第 1 等化データと前記第 1 伝送路応答データとをキャリア毎に乗算して第 1 復調データを生成する乗算部と、
- 前記第 1 復調データに対して所定の通過特性に基づくフィルタ処理を施して当該第 1 復調データから遅延波によるシンボル間干渉に係る第 1 干渉成分を抽出し、当該第 1 干渉成分を表す第 1 干渉データを生成する抽出部と、
- 前記第 1 干渉データに対してダウンサンプル処理を施して前記干渉成分を表す前記干渉データを生成する干渉成分生成部と、

前記一のシンボルに対応する前記復調データから前記干渉データを減算する除去部と、

を備える請求項 1 記載の受信装置。

- [3] 前記干渉成分生成部は、前記第 1 干渉データに対して前記ダウンサンプル処理に加え、キャリア毎にガードインターバル期間の時間幅に -1 を乗算した値に基づく位相回転処理を施す

請求項 2 記載の受信装置。

- [4] 前記干渉除去部は、

N は 1 より大きい数であり、 T_u は有効シンボル期間の時間幅であるとし、一のシンボルに対応する前記等化データに対してアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1 / (N \times T_u)$ の第 1 等化データを生成する第 1 アップサンプル部と、

前記一のシンボルに対応する前記伝送路応答データに対してアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1 / (N \times T_u)$ の第 1 伝送路応答データを生成する第 2 アップサンプル部と、

前記第 1 等化データと前記第 1 伝送路応答データとをキャリア毎に乗算して第 1 復調データを生成する乗算部と、

前記第 1 復調データに対して所定の通過特性に基づくフィルタ処理を施して当該第 1 復調データから遅延波によるキャリア間干渉に係る第 1 干渉成分を抽出し、当該第 1 干渉成分を表す第 1 干渉データを生成する抽出部と、

前記第 1 干渉データに対してダウンサンプル処理を施して前記干渉成分を表す前記干渉データを生成する干渉成分生成部と、

前記一のシンボルに対応する前記復調データに前記干渉データを加算する除去部と、

を備える請求項 1 記載の受信装置。

- [5] 前記干渉除去部は、

前記一のシンボルに対応する前記等化データ又は前記第 1 等化データに対してキャリア毎にガードインターバル期間の時間幅に基づく位相回転処理を

施して第2等化データを生成する位相回転部

を更に備え、

前記位相回転部が前記等化データに対して位相回転処理を施す場合には、前記第1アップサンプル部は前記等化データの代わりに前記第2等化データに対してアップサンプル処理を施して前記第1等化データを生成し、

前記位相回転部が前記第1等化データに対して位相回転処理を施す場合には、前記乗算部は前記第1等化データの代わりに前記第2等化データと前記第1伝送路応答データとをキャリア毎に乗算して前記第1復調データを生成し、

前記干渉成分生成部は、前記第1干渉データに対して前記ダウンサンプル処理に加え、キャリア毎にガードインターバル期間の時間幅に-1を乗算した値に基づく位相回転処理を施す

請求項4記載の受信装置。

[6] 前記干渉除去部は、

一のシンボルに対応する前記等化データに対して遅延処理を施して遅延等化データを出力する遅延部と、

前記遅延等化データから前記一のシンボルに対応する前記等化データを減算し、減算結果を表す差分等化データを生成する差分部と、

N は1より大きい数であり、 T_u は有効シンボル期間の時間幅であるとし、前記差分等化データに対してアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1/(N \times T_u)$ の第1差分等化データを生成する第1アップサンプル部と、

前記一のシンボルに対応する前記伝送路応答データに対してアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1/(N \times T_u)$ の第1伝送路応答データを生成する第2アップサンプル部と、

前記第1差分等化データと前記第1伝送路応答データとをキャリア毎に乗算して差分復調データを生成する乗算部と、

前記差分復調データに対して所定の通過特性に基づくフィルタ処理を施し

て当該差分復調データから遅延波によるシンボル間干渉及び遅延波によるキャリア間干渉に係る第1干渉成分を抽出し、当該第1干渉成分を表す第1干渉データを生成する抽出部と、

前記第1干渉データに対してダウンサンプル処理を施して前記干渉成分を表す前記干渉データを生成する干渉成分生成部と、

前記一のシンボルに対応する前記復調データから前記干渉データを減算する除去部と、

を備える請求項1記載の受信装置。

[7] 前記干渉除去部は、

前記一のシンボルに対応する前記等化データに対してキャリア毎にガードインターバル期間の時間幅に基づく位相回転処理を施して第1等化データを生成する位相回転部

を更に備え、

前記差分部は、前記一のシンボルに対応する前記等化データの代わりに前記第1等化データを用いて、前記遅延等化データから前記第1等化データを減算し、減算結果を表す前記差分等化データを生成し、

前記干渉成分生成部は、前記第1干渉データに対して前記ダウンサンプル処理に加え、キャリア毎にガードインターバル期間の時間幅に-1を乗算した値に基づく位相回転処理を施す

請求項6記載の受信装置。

[8] 前記干渉除去部は、

前記差分復調データに対して所定の通過特性に基づくフィルタ処理を施して当該差分復調データから先行波によるシンボル間干渉及び先行波によるキャリア間干渉に係る第2干渉成分を抽出し、当該第2干渉成分を表す第2干渉データを生成する第1抽出部と、

前記第2干渉データに対してダウンサンプル処理を施して先行波によるシンボル間干渉及び先行波によるキャリア間干渉に係る第3干渉成分を表す前記第3干渉データを生成する第1干渉成分生成部と、

前記除去部による処理の結果得られた第 1 復調データに対して遅延処理を施して第 1 遅延復調データを出力する第 1 遅延部と、

前記第 1 遅延復調データと前記第 3 干渉データとを加算する第 1 除去部と

、

を更に備える請求項 6 記載の受信装置。

- [9] 前記一のシンボルに対応する前記伝送路応答データに対して遅延処理及びアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1/(N \times T_u)$ の第 2 伝送路応答データを生成して出力する遅延アップサンプル部と、

前記第 1 差分等化データと前記第 2 伝送路応答データとをキャリア毎に乗算して第 1 差分復調データを生成する第 1 乗算部と、

前記第 1 差分復調データに対して所定の通過特性に基づくフィルタ処理を施して当該第 1 差分復調データから先行波によるシンボル間干渉及び先行波によるキャリア間干渉に係る第 2 干渉成分を抽出し、当該第 2 干渉成分を表す第 2 干渉データを生成する第 1 抽出部と、

前記第 2 干渉データに対してダウンサンプル処理を施して先行波によるシンボル間干渉及び先行波によるキャリア間干渉に係る第 3 干渉成分を表す前記第 3 干渉データを生成する第 1 干渉成分生成部と、

前記除去部による処理の結果得られた第 1 復調データに対して遅延処理を施して第 1 遅延復調データを出力する第 1 遅延部と、

前記第 1 遅延復調データと前記第 3 干渉データとを加算する第 1 除去部と

、

を更に備える請求項 6 記載の受信装置。

- [10] 前記干渉除去部は、

供給される第 1 遅延復調データを一のシンボルに対応する前記伝送路応答データで除算して第 1 等化データを生成する除算部と、

前記第 1 等化データ及び前記一のシンボルに対応する前記伝送路応答データに基づいて遅延波によるシンボル間干渉に係る第 1 干渉成分を算出し、前記一のシンボルに対応する前記等化データ及び前記一のシンボルに対応する

前記伝送路応答データに基づいて遅延波によるキャリア間干渉に係る第2干渉成分を算出し、当該第1干渉成分から当該第2干渉成分を減算して前記干渉成分を算出して前記干渉データを生成する干渉成分生成部と、

前記一のシンボルに対応する前記復調データから前記干渉データを減算して第1復調データを出力する減算部と、

前記第1復調データに対して遅延処理を施して次シンボル用の前記第1遅延復調データを前記除算部へ供給する遅延部と、

を備える請求項1記載の受信装置。

- [11] 前記干渉除去部は、周波数領域の前記等化データを時間領域の等化信号に変換し、周波数領域の前記伝送路応答データを時間領域の伝送路信号に変換し、前記等化信号及び前記伝送路信号に基づいて前記干渉成分を表す干渉信号を算出し、前記干渉信号に基づいて前記復調データに対して前記干渉成分の除去処理を施す

請求項1記載の受信装置。

- [12] 前記復調データと前記干渉除去部による前記除去処理によって得られた第1復調データとの受信品質を比較し、受信品質の良い方を選択して出力する選択部

を更に備える請求項1記載の受信装置。

- [13] 前記干渉除去部は、
前記等化データに対して硬判定処理を施して前記除去処理を行う
請求項1記載の受信装置。

- [14] 直列に多段接続されている前記等化部及び前記干渉除去部を有する処理ブロックを有する

請求項1記載の受信装置。

- [15] 変調処理が施された複数のキャリアを多重した伝送信号を受信し、当該伝送信号を復調する受信装置であって、

受信した時間領域の前記伝送信号をシンボル毎に周波数領域の復調データに変換する変換部と、

シンボル毎に、前記復調データを供給される遅延伝送路応答データで除算して等化データを生成する除算部と、

シンボル毎に、前記等化データ及び供給される前記遅延伝送路応答データに基づいてシンボル間干渉及びキャリア間干渉の少なくとも一方に係る干渉成分を表す干渉データを算出し、前記干渉データに基づいて前記復調データに対して前記干渉成分の除去処理を施して第1復調データを生成する干渉除去部と、

前記第1復調データに基づいて周波数領域の伝送路応答データを推定し、推定した前記伝送路応答データに基づいて前記復調データを等化して周波数領域の等化データを算出する等化部と、

前記伝送路応答データに対して遅延処理を施して次シンボル用の前記遅延伝送路応答データを前記除算部及び前記干渉除去部へ供給する遅延部と、

を備える受信装置。

[16] 変調処理が施された複数のキャリアを多重した伝送信号を受信し、当該伝送信号を復調する受信装置であって、

受信した時間領域の前記伝送信号をシンボル毎に周波数領域の復調データに変換する変換部と、

シンボル毎に、前記復調データから、供給される遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分を表す遅延干渉データを減算して第1復調データを生成する第1干渉除去部と、

前記第1復調データに基づいて周波数領域の伝送路応答データを推定し、推定した前記伝送路応答データに基づいて前記第1復調データを等化して周波数領域の等化データを算出する等化部と、

シンボル毎に、前記等化データ及び前記伝送路応答データに基づいて遅延波によるシンボル間干渉に係る干渉成分を算出し、当該干渉成分を表す干渉データを生成するとともに、前記第1復調データに対して干渉除去処理を施す第2干渉除去部と、

前記干渉データに対して遅延処理を施して次シンボル用の前記遅延干渉デ

ータを第1干渉除去部へ供給する遅延部と、
を備える受信装置。

- [17] 変調処理が施された複数のキャリアを多重した伝送信号を受信し、当該伝送信号を復調する集積回路であって、

受信した時間領域の前記伝送信号をシンボル毎に周波数領域の復調データに変換する変換回路と、

前記復調データに基づいて周波数領域の伝送路応答データを推定し、推定した前記伝送路応答データに基づいて前記復調データを等化して周波数領域の等化データを算出する等化回路と、

シンボル毎に、前記等化データ及び前記伝送路応答データに基づいてシンボル間干渉及びキャリア間干渉の少なくとも一方に係る干渉成分を表す干渉データを算出し、前記干渉データに基づいて前記復調データに対して前記干渉成分の除去処理を施す干渉除去回路と、

を備える集積回路。

- [18] 変調処理が施された複数のキャリアを多重した伝送信号を受信し、当該伝送信号を復調する受信装置において行われる受信方法であって、

受信した時間領域の前記伝送信号をシンボル毎に周波数領域の復調データに変換する変換ステップと、

前記復調データに基づいて周波数領域の伝送路応答データを推定し、推定した前記伝送路応答データに基づいて前記復調データを等化して周波数領域の等化データを算出する等化ステップと、

シンボル毎に、前記等化データ及び前記伝送路応答データに基づいてシンボル間干渉及びキャリア間干渉の少なくとも一方に係る干渉成分を表す干渉データを算出し、前記干渉データに基づいて前記復調データに対して前記干渉成分の除去処理を施す干渉除去ステップと、

を有する受信方法。

補正された請求の範囲

[2009年5月18日 (18.05.2009) 国際事務局受理]

- [1] (補正後) 変調処理が施された複数のキャリアを多重した伝送信号を受信し、当該伝送信号を復調する受信装置であって、

受信した時間領域の前記伝送信号からシンボル毎に有効シンボル期間分の伝送信号を切り出し、切り出した有効シンボル期間分の伝送信号を周波数領域の復調データに変換する変換部と、

前記復調データに基づいて周波数領域の伝送路応答データを推定し、推定した前記伝送路応答データに基づいて前記復調データを等化して周波数領域の等化データを算出する等化部と、

シンボル毎に、前記等化データ及び前記伝送路応答データに基づいて、除去対象のシンボルの前及び後の少なくとも一方のシンボルの信号成分が当該除去対象のシンボルの前記有効シンボル期間分に混入することに起因するシンボル間干渉及び除去対象のシンボルの信号成分が前記有効シンボル期間分に満たないことに起因するキャリア間干渉の少なくとも一方に係る干渉成分を表す干渉データを算出し、前記干渉データに基づいて前記復調データに対して前記干渉成分の除去処理を施す干渉除去部と、

を備える受信装置。

- [2] 前記干渉除去部は、

N は 1 より大きい数であり、 T_u は有効シンボル期間の時間幅であるとし、一のシンボルに対応する前記等化データに対して遅延処理及びアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1/(N \times T_u)$ の第 1 等化データを生成して出力する遅延アップサンプル部と、

前記一のシンボルに対応する前記伝送路応答データに対してアップサンプル処理を施して離散周波数間隔が $1/(N \times T_u)$ の第 1 伝送路応答データを生成するアップサンプル部と、

前記第 1 等化データと前記第 1 伝送路応答データとをキャリア毎に乗算して第 1 復調データを生成する乗算部と、

前記第 1 復調データに対して所定の通過特性に基づくフィルタ処理を施し

て当該第1復調データから遅延波によるシンボル間干渉に係る第1干渉成分を抽出し、当該第1干渉成分を表す第1干渉データを生成する抽出部と、

前記第1干渉データに対してダウンサンプル処理を施して前記干渉成分を表す前記干渉データを生成する干渉成分生成部と、

一タを第1干渉除去部へ供給する遅延部と、
を備える受信装置。

- [17] (補正後) 変調処理が施された複数のキャリアを多重した伝送信号を受信し、当該伝送信号を復調する集積回路であって、

受信した時間領域の前記伝送信号からシンボル毎に有効シンボル期間分の伝送信号を切り出し、切り出した有効シンボル期間分の伝送信号を周波数領域の復調データに変換する変換回路と、

前記復調データに基づいて周波数領域の伝送路応答データを推定し、推定した前記伝送路応答データに基づいて前記復調データを等化して周波数領域の等化データを算出する等化回路と、

シンボル毎に、前記等化データ及び前記伝送路応答データに基づいて、除去対象のシンボルの前及び後の少なくとも一方のシンボルの信号成分が当該除去対象のシンボルの前記有効シンボル期間分に混入することに起因するシンボル間干渉及び除去対象のシンボルの信号成分が前記有効シンボル期間分に満たないことに起因するキャリア間干渉の少なくとも一方に係る干渉成分を表す干渉データを算出し、前記干渉データに基づいて前記復調データに対して前記干渉成分の除去処理を施す干渉除去回路と、

を備える集積回路。

- [18] (補正後) 変調処理が施された複数のキャリアを多重した伝送信号を受信し、当該伝送信号を復調する受信装置において行われる受信方法であって、

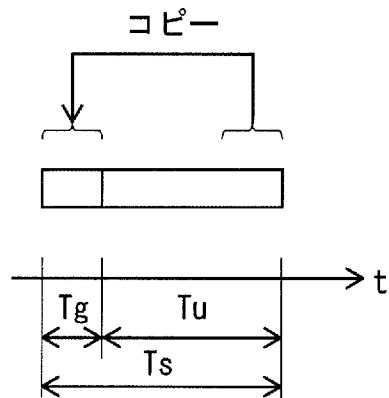
受信した時間領域の前記伝送信号からシンボル毎に有効シンボル期間分の伝送信号を切り出し、切り出した有効シンボル期間分の伝送信号を周波数領域の復調データに変換する変換ステップと、

前記復調データに基づいて周波数領域の伝送路応答データを推定し、推定した前記伝送路応答データに基づいて前記復調データを等化して周波数領域の等化データを算出する等化ステップと、

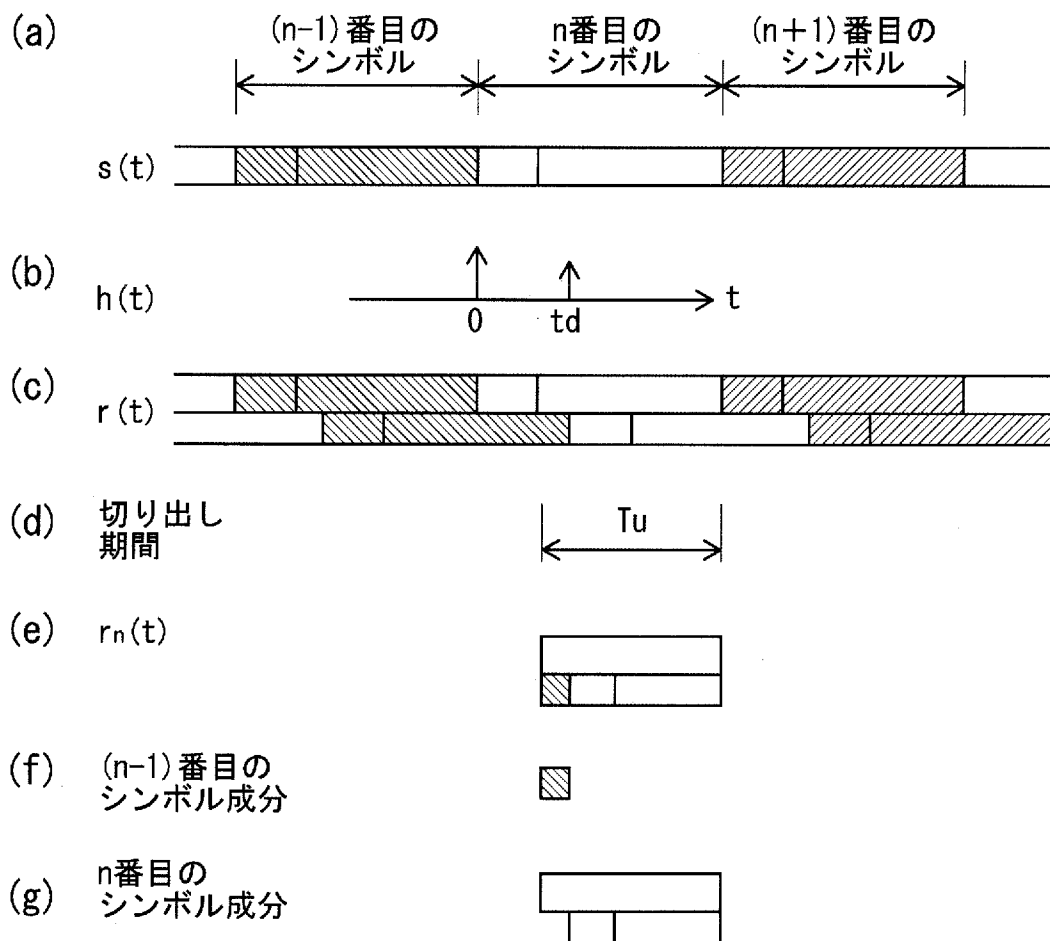
シンボル毎に、前記等化データ及び前記伝送路応答データに基づいて、除去対象のシンボルの前及び後の少なくとも一方のシンボルの信号成分が当該

除去対象のシンボルの前記有効シンボル期間分に混入すること起因するシンボル間干渉及び除去対象のシンボルの信号成分が前記有効シンボル期間分に満たないことに起因するキャリア間干渉の少なくとも一方に係る干渉成分を表す干渉データを算出し、前記干渉データに基づいて前記復調データに対して前記干渉成分の除去処理を施す干渉除去ステップと、
を有する受信方法。

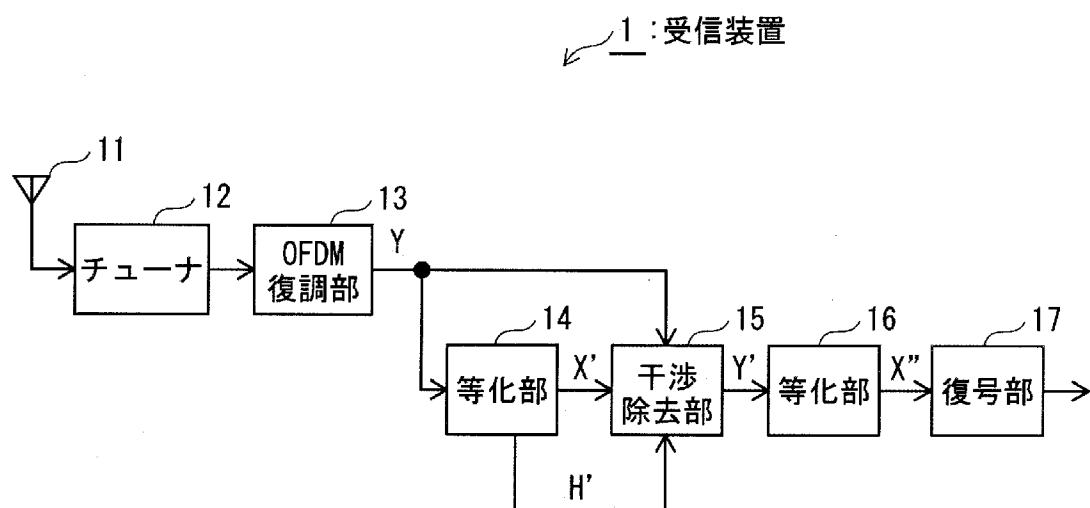
[図1]



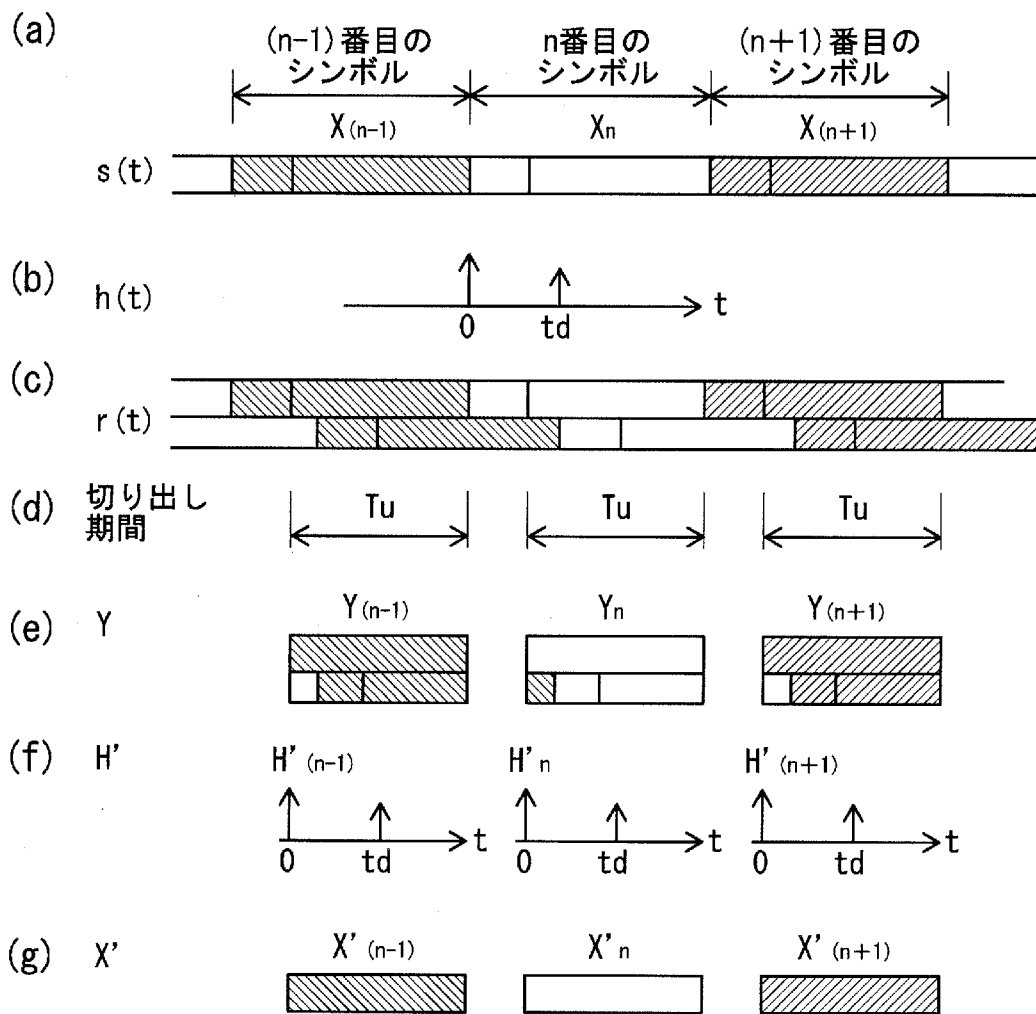
[図2]



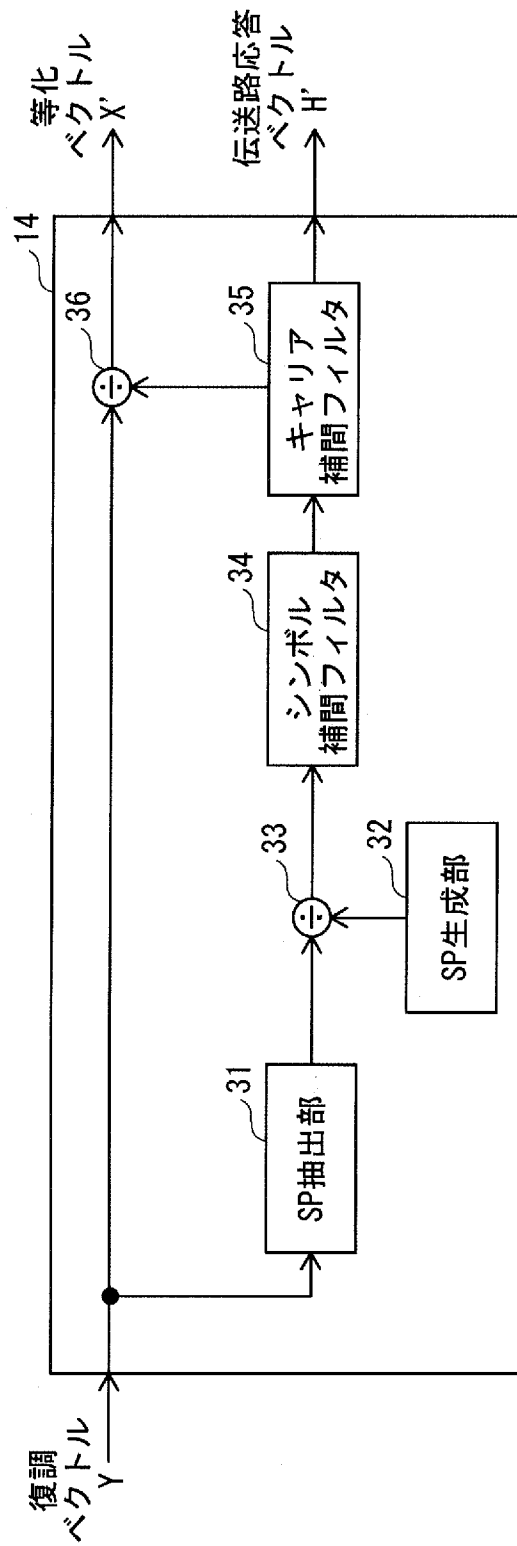
[図3]



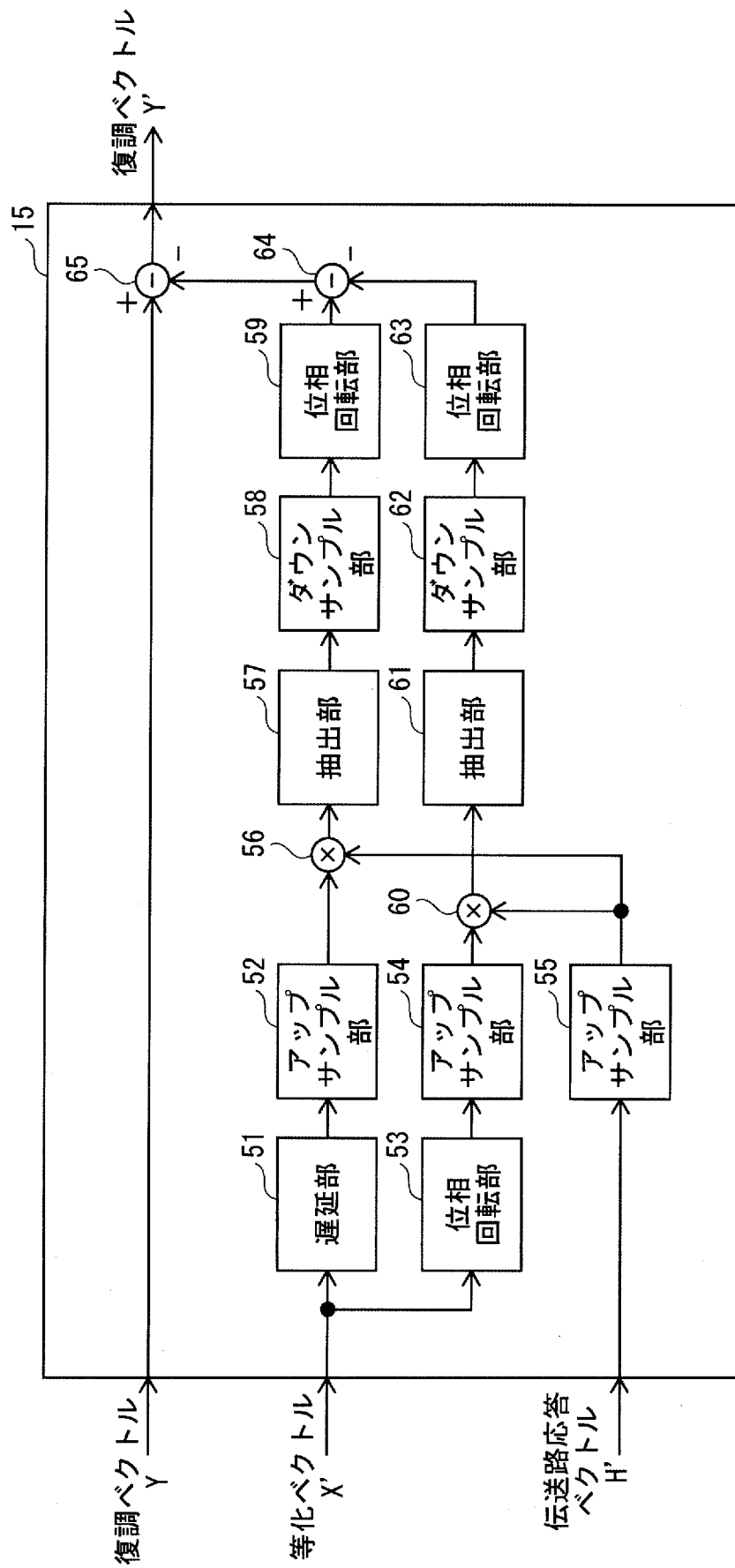
[図4]



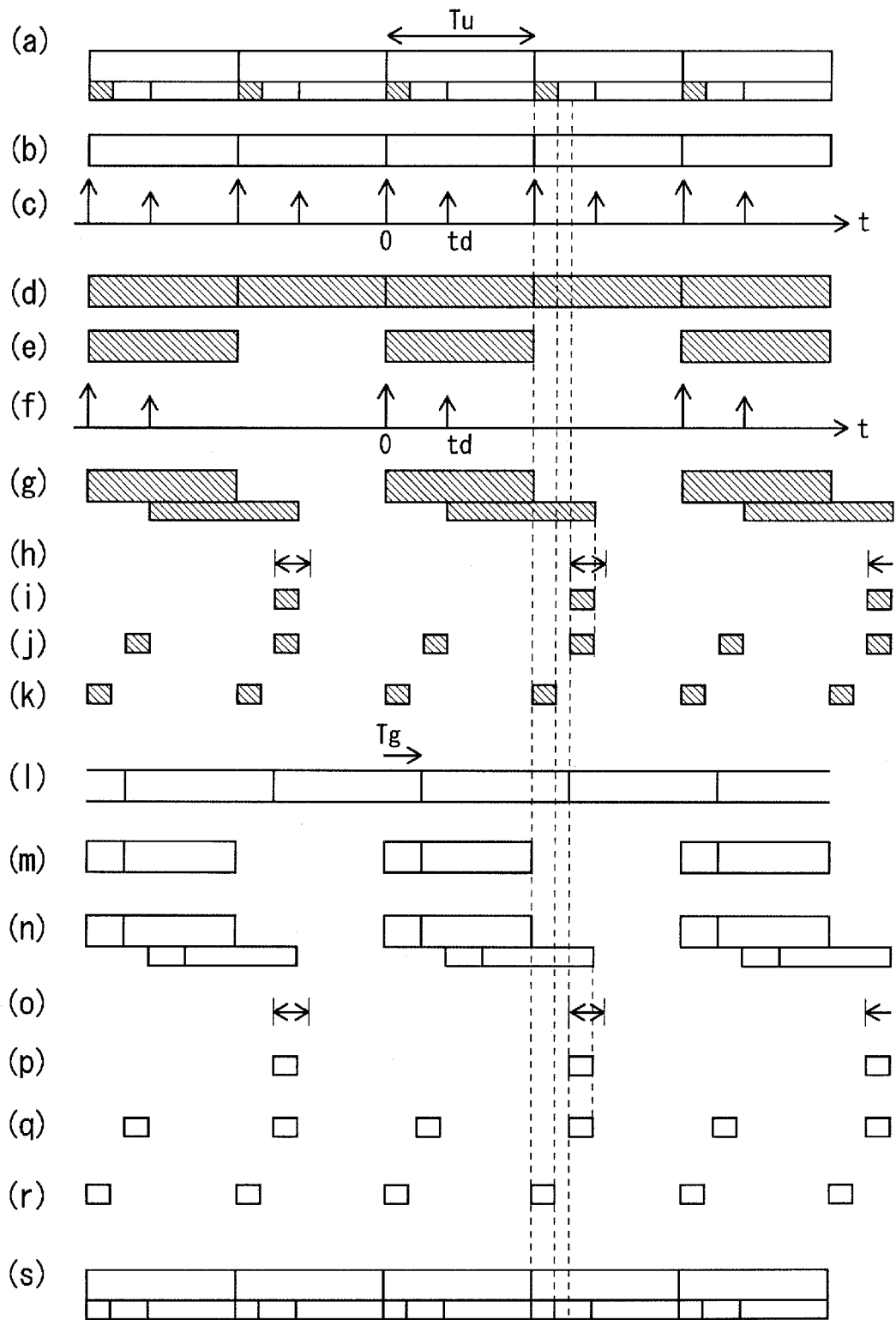
[図5]



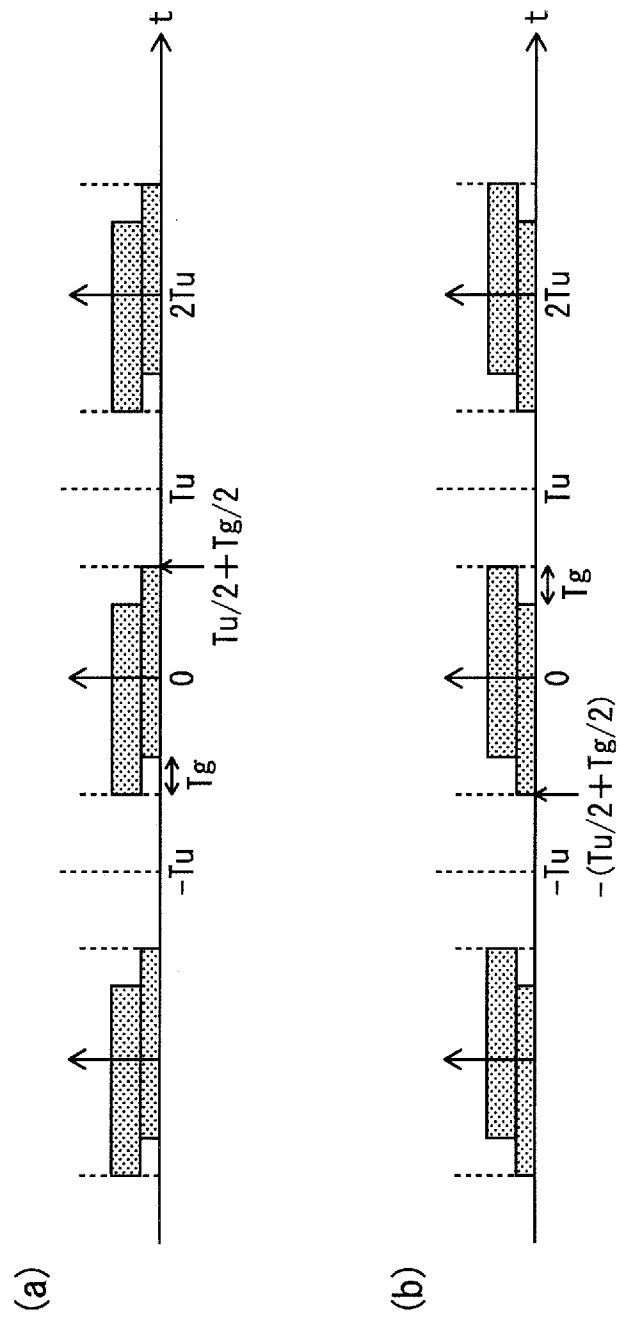
[図6]



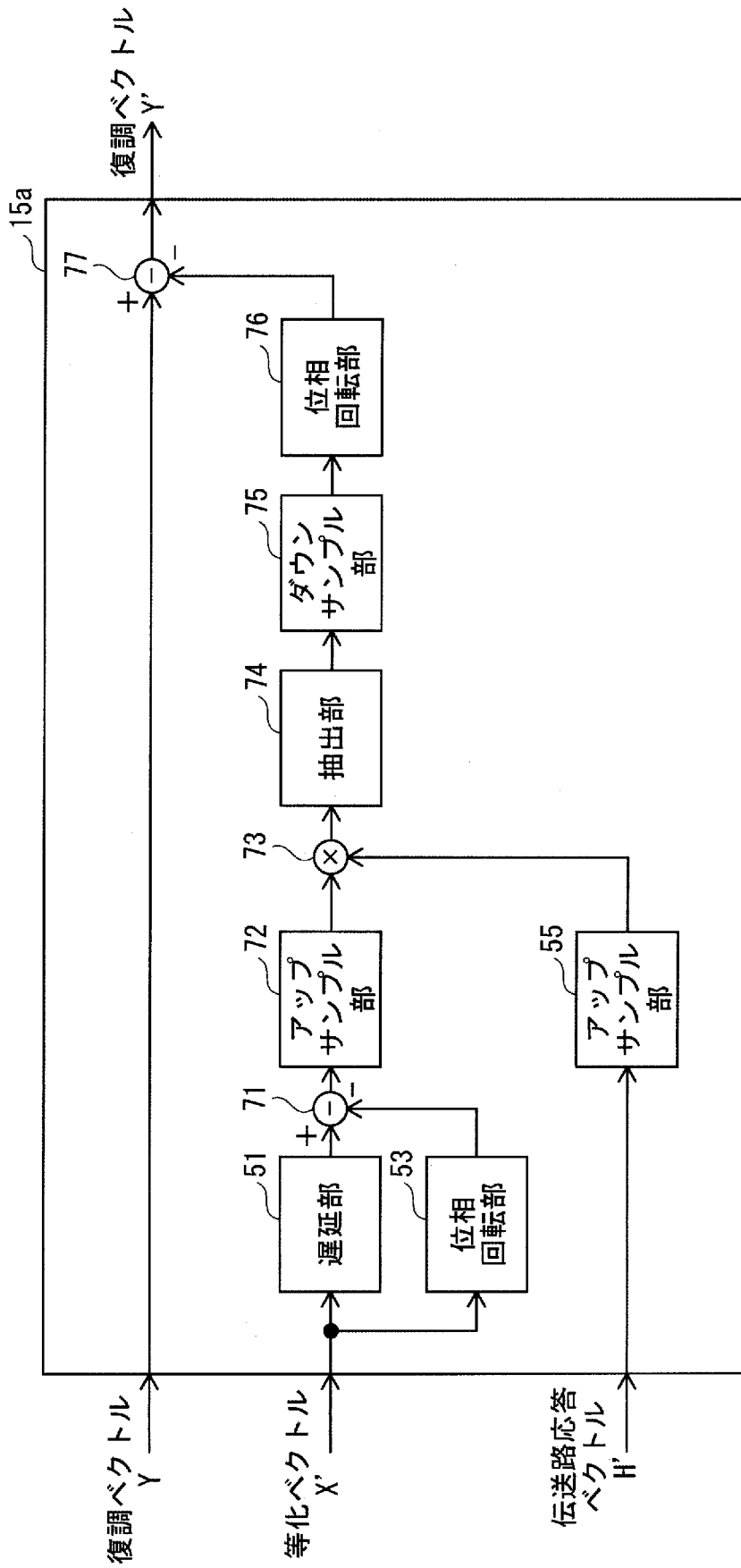
[図7]



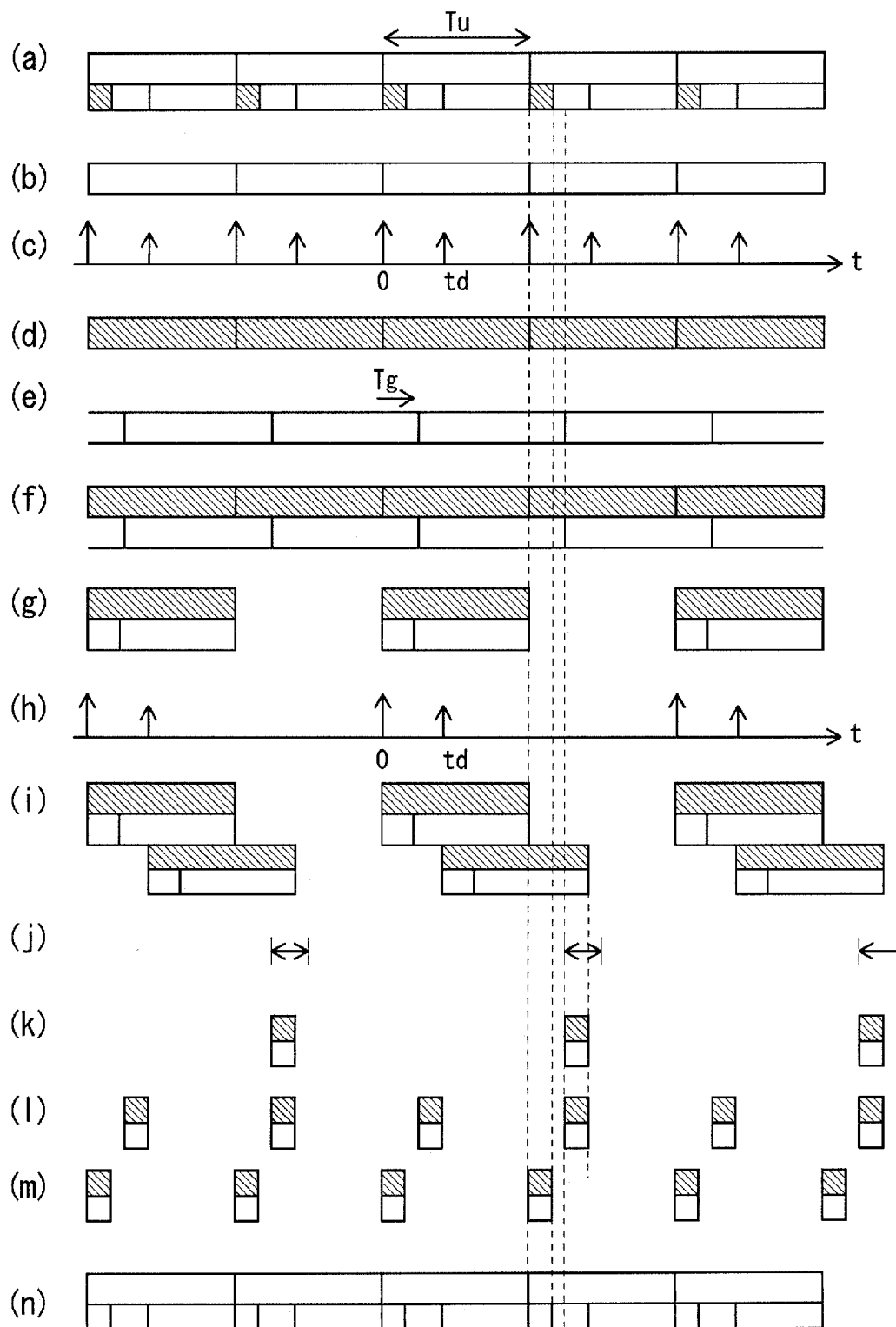
[図8]



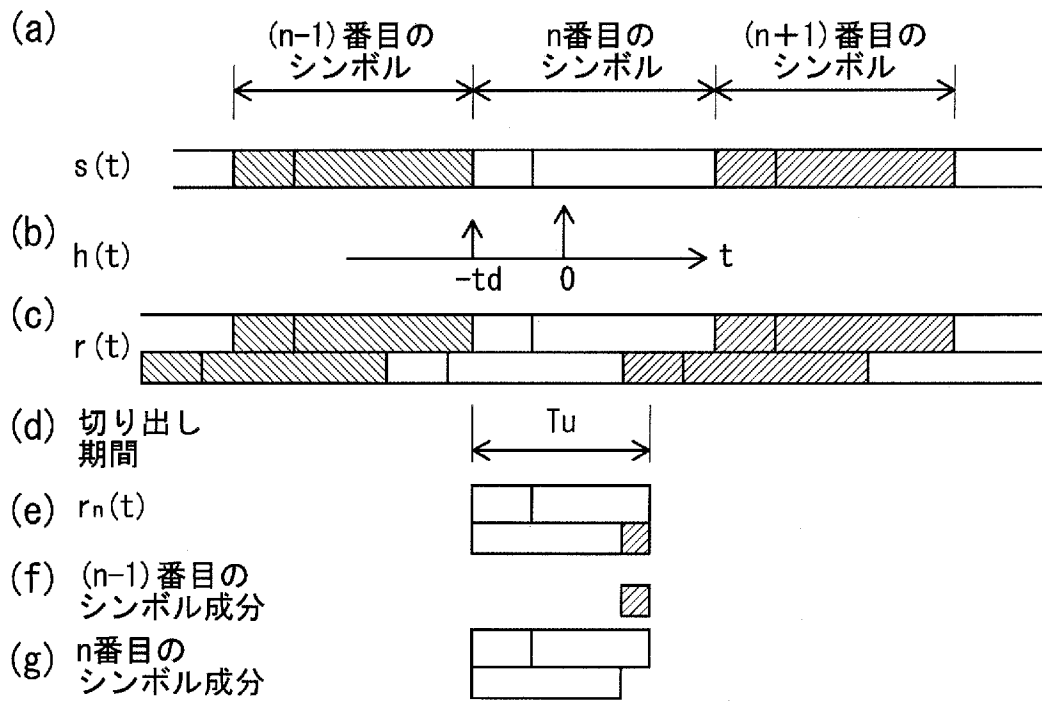
[図9]



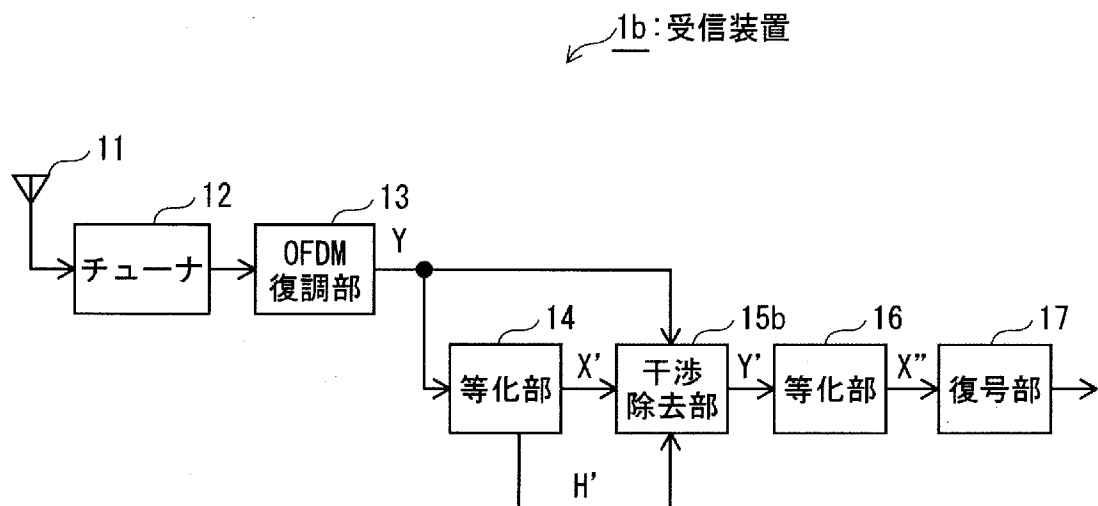
[図10]



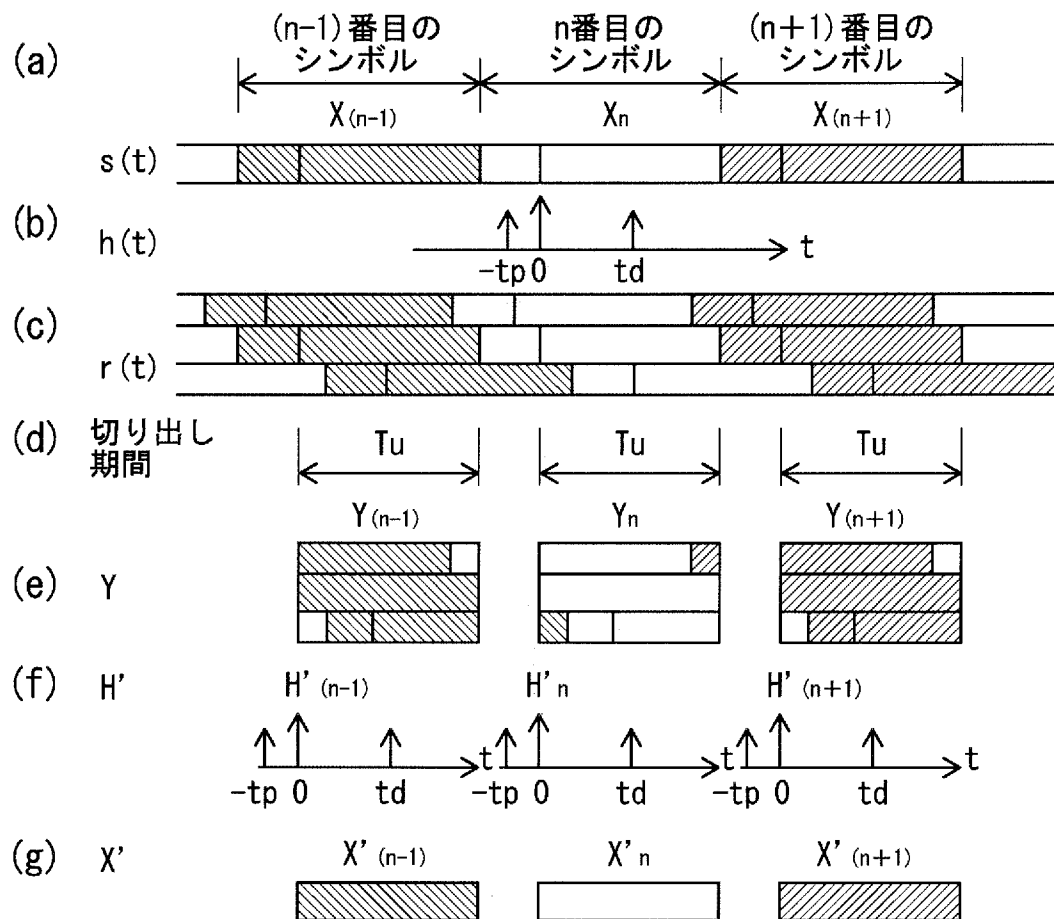
[図11]



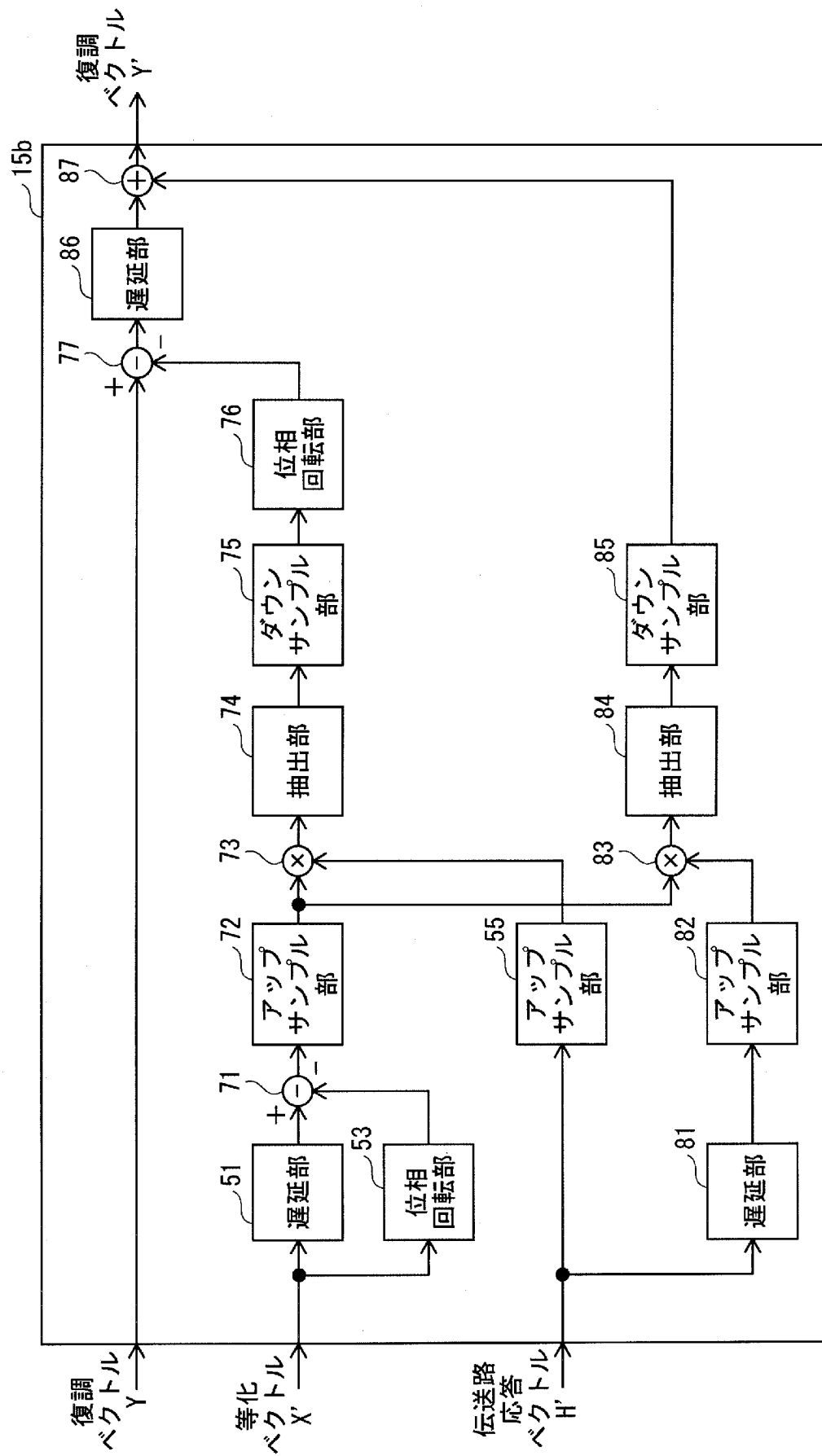
[図12]



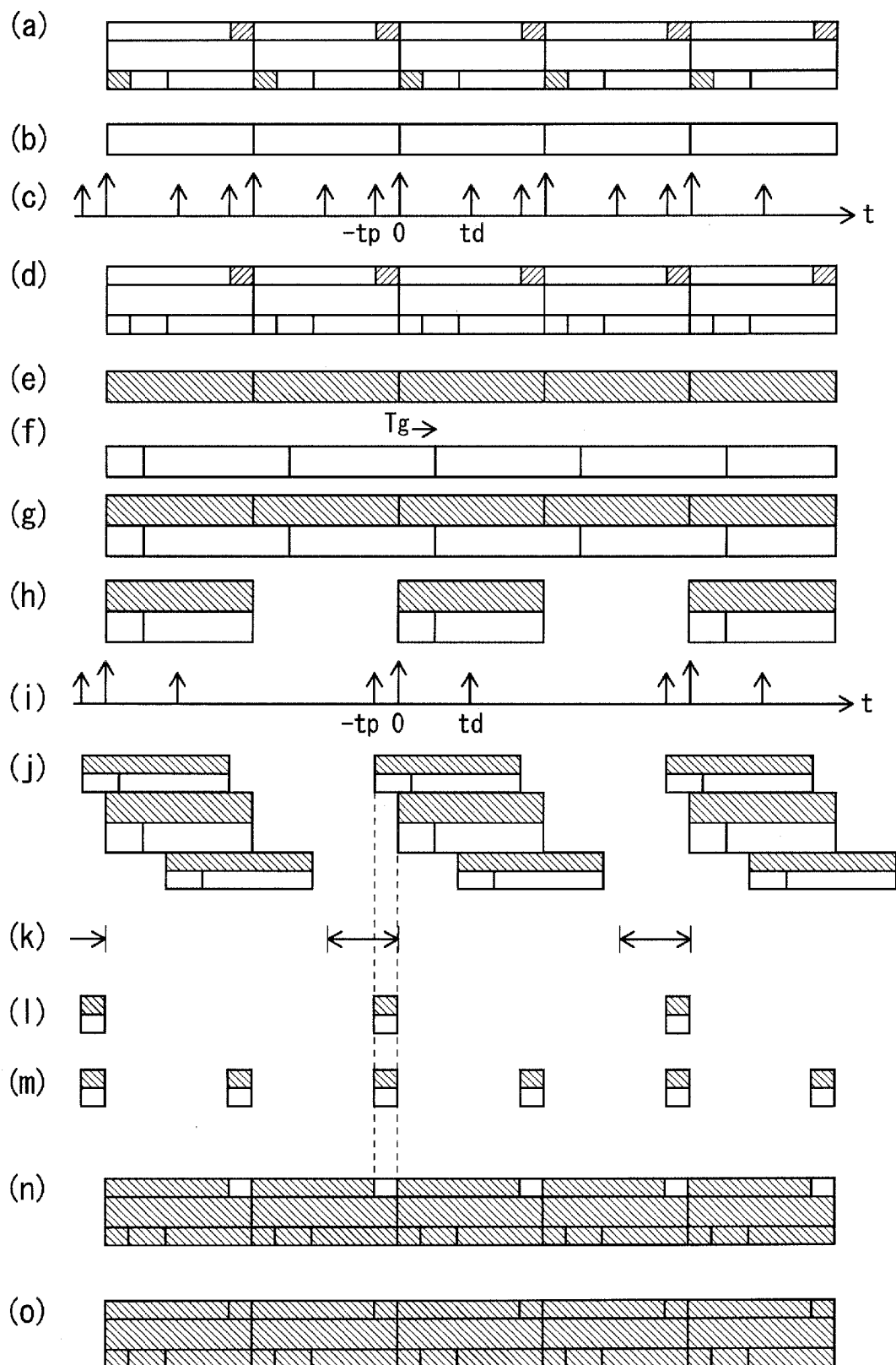
[図13]



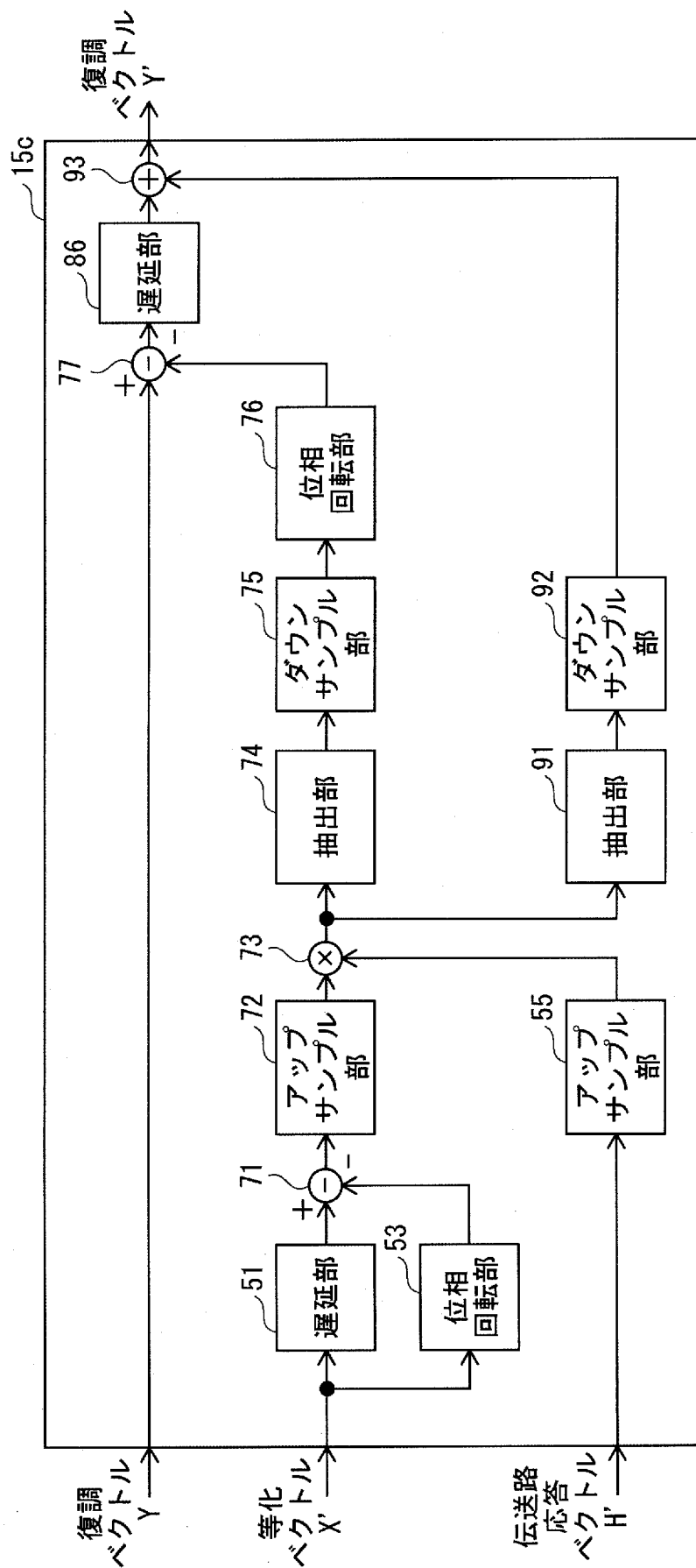
[図14]



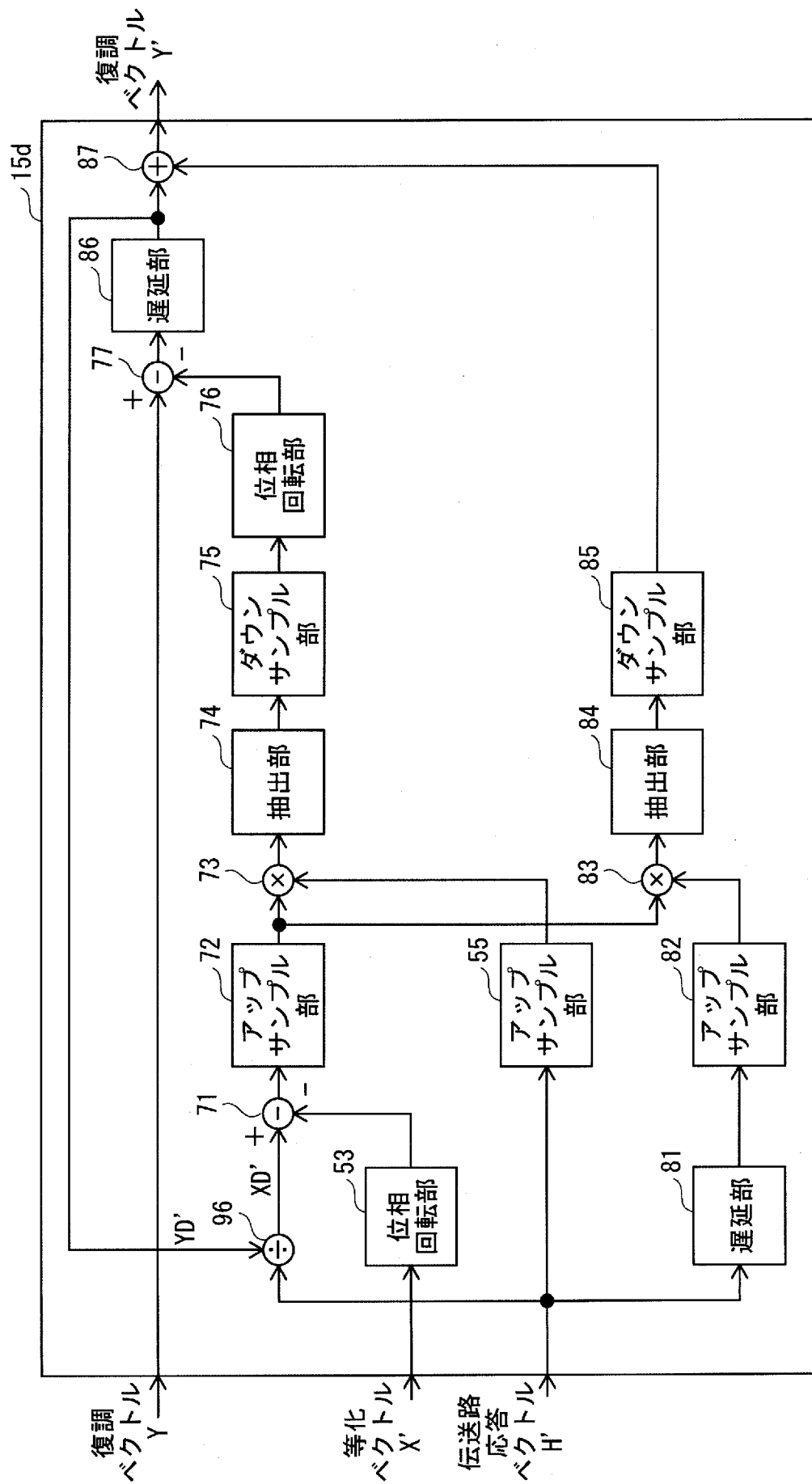
[図15]



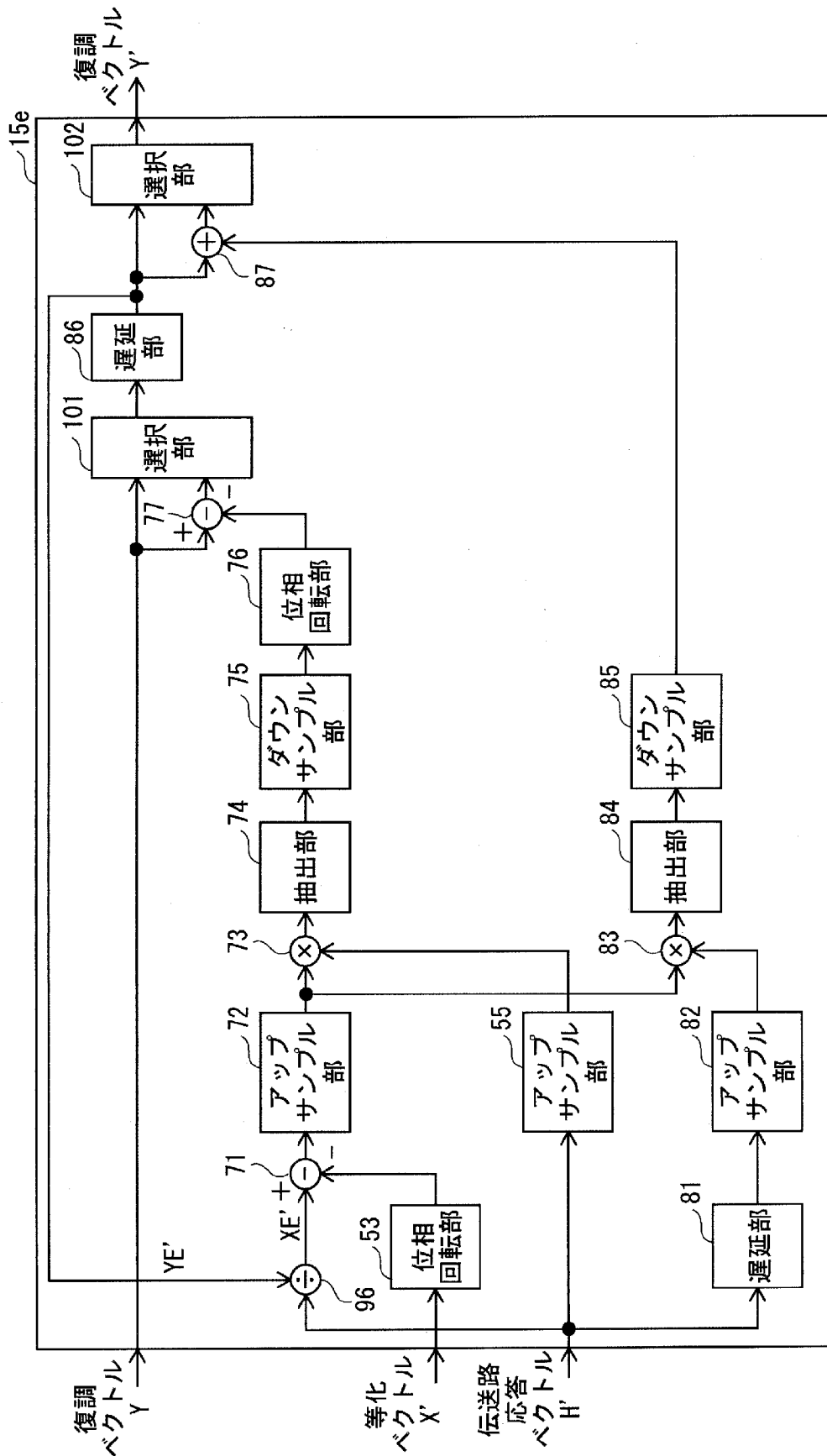
[図16]



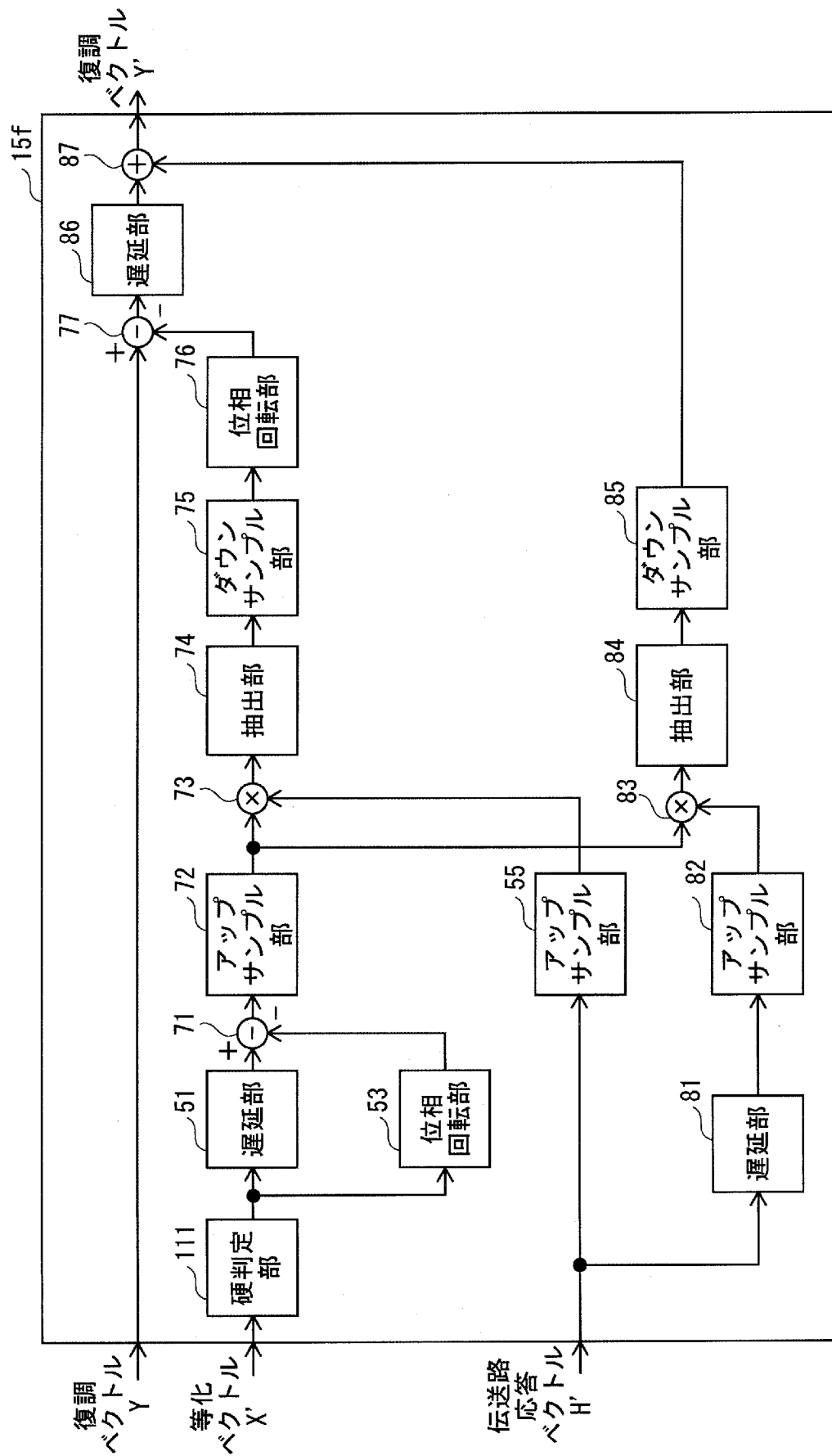
[図17]



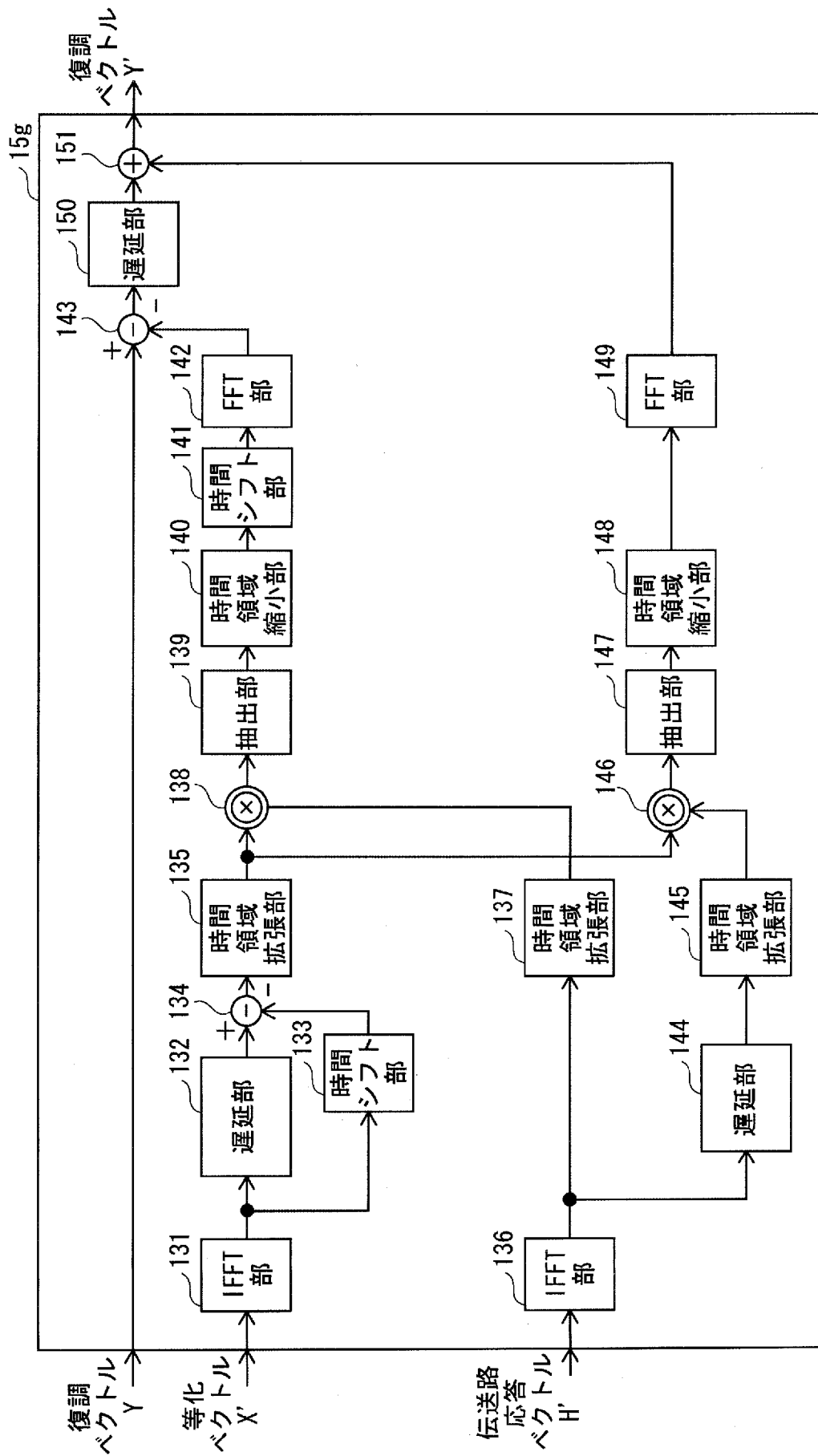
[図18]



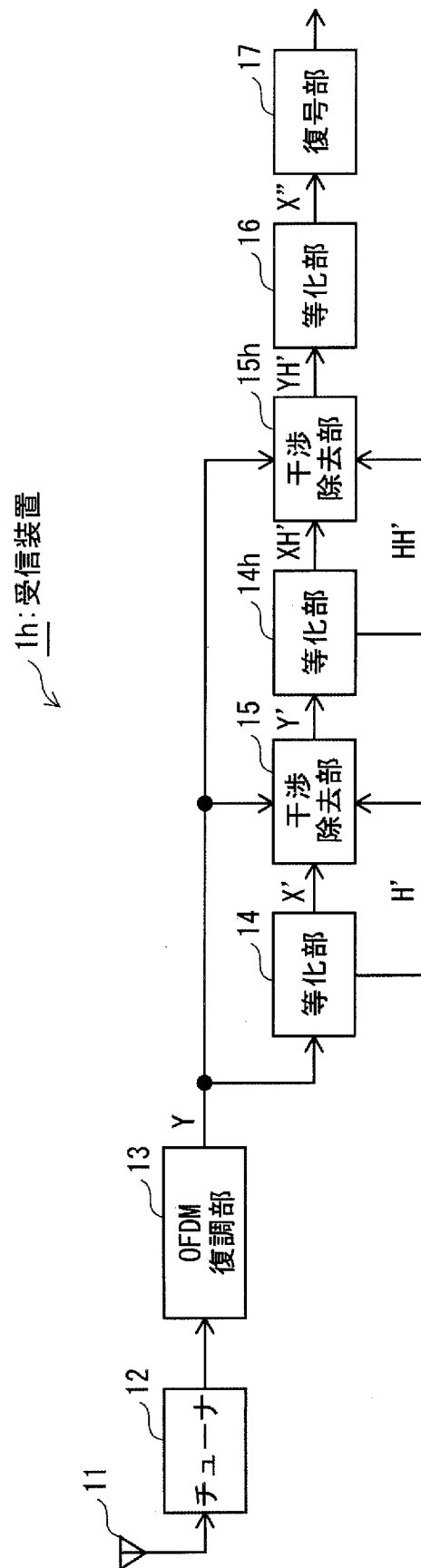
[図19]



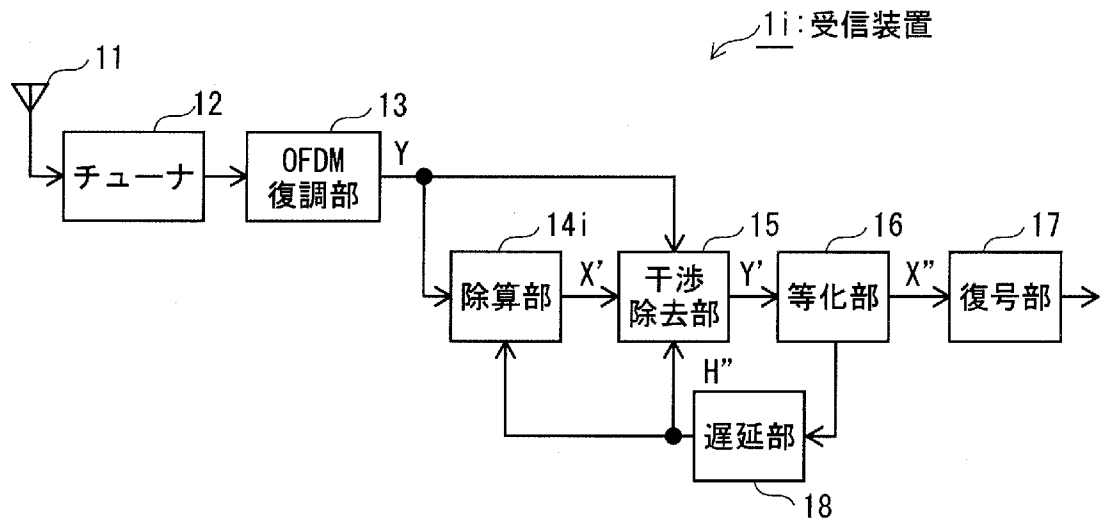
[図20]



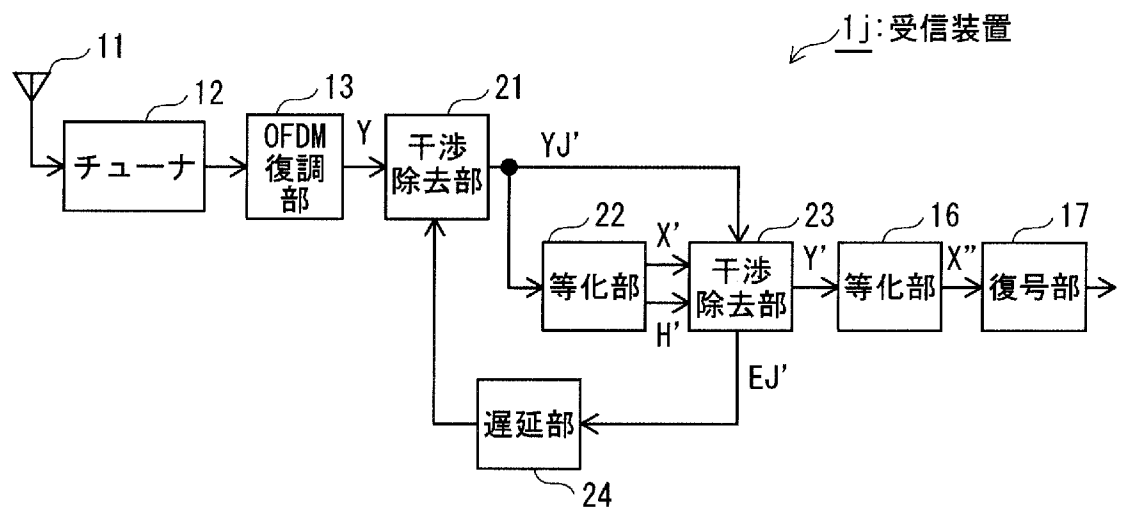
[図21]



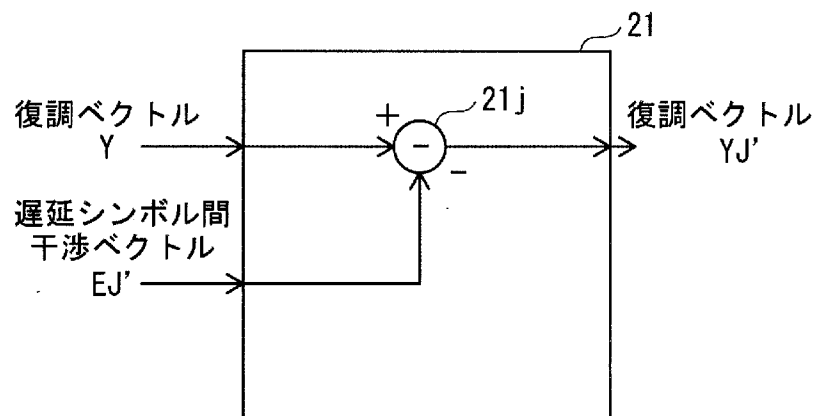
[図22]



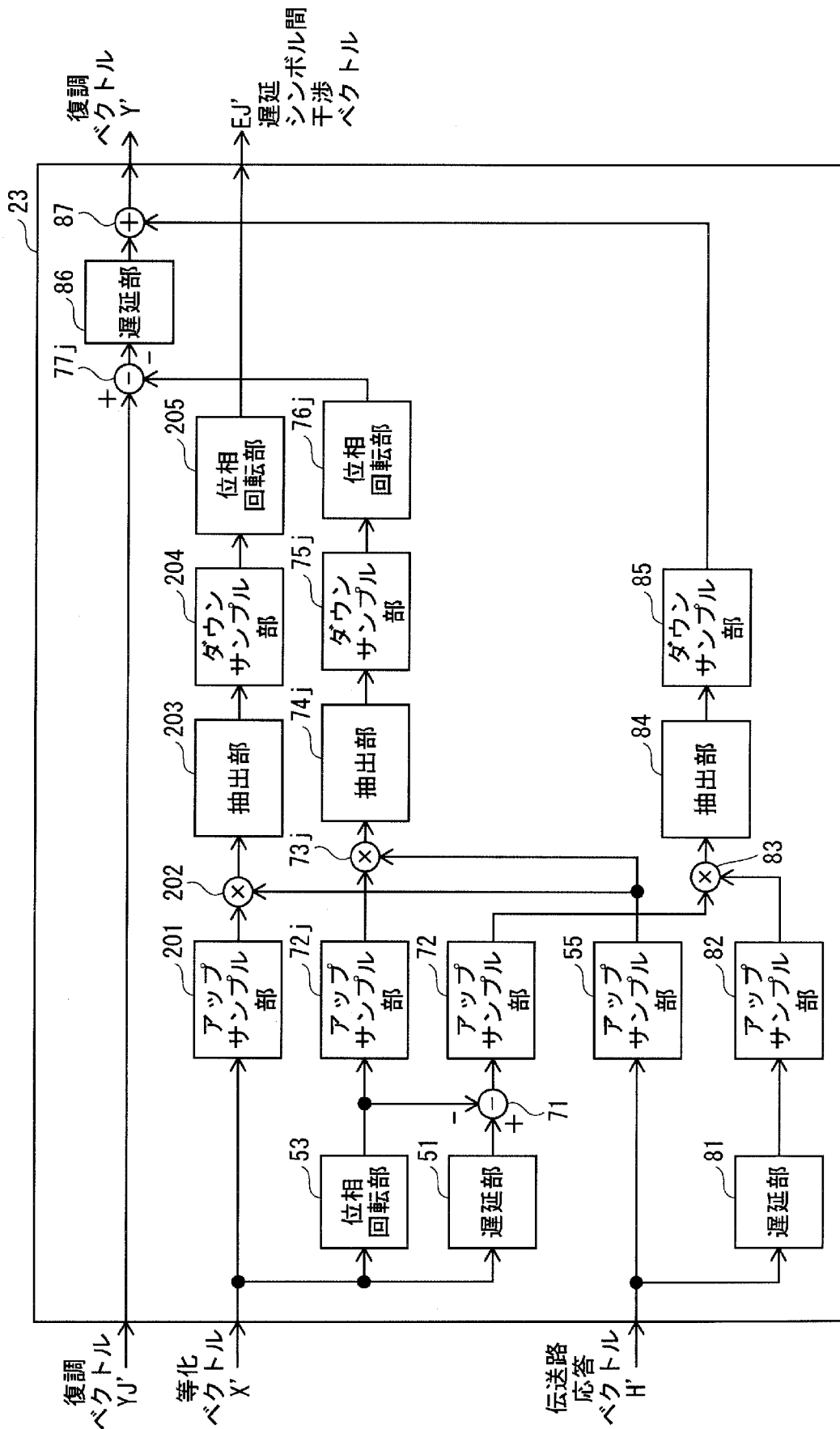
[図23]



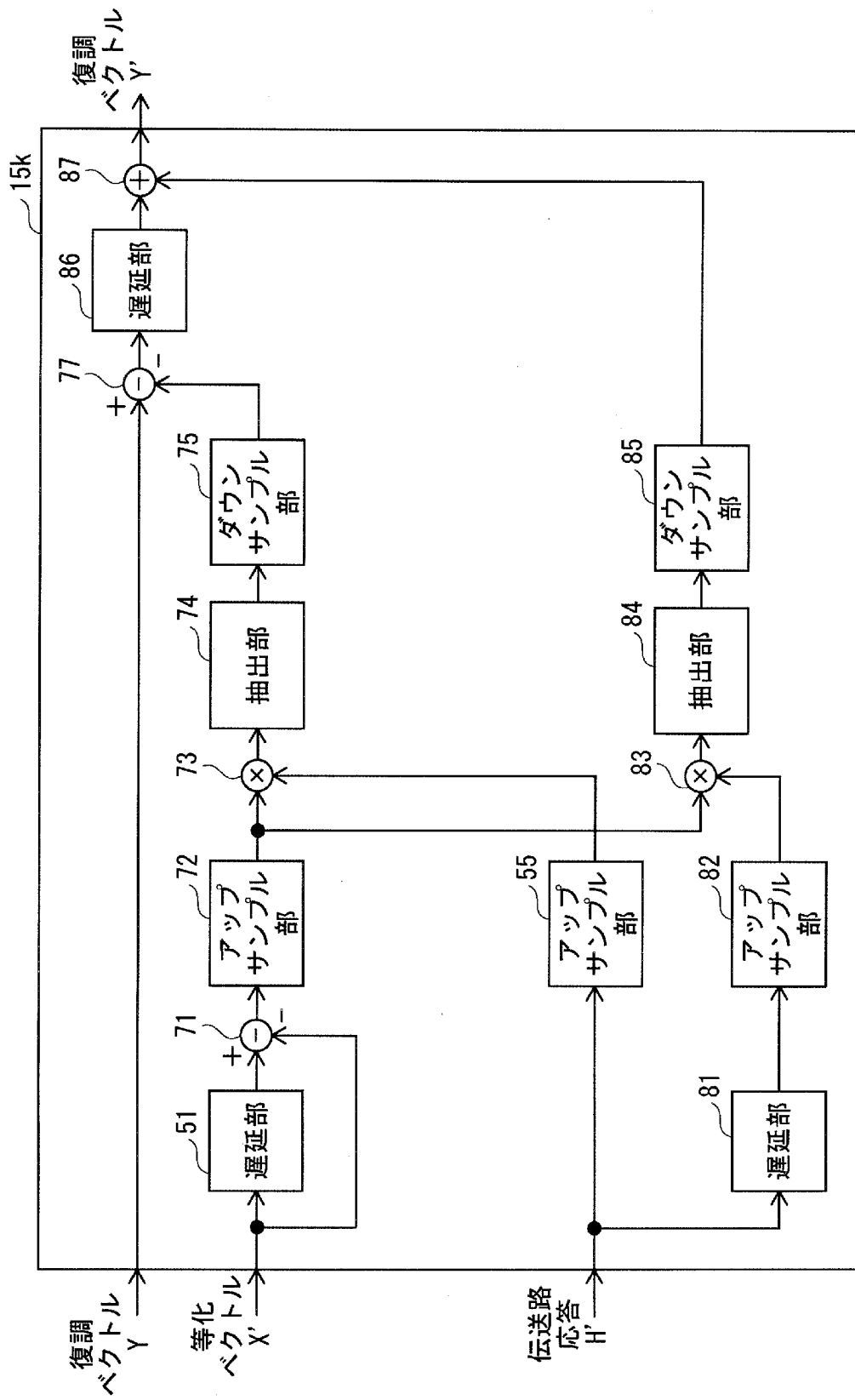
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/000745

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J11/00(2006.01) i, H04B1/10(2006.01) i, H04B7/005(2006.01) i

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)

H04J11/00, H04B1/10, H04B7/005

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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.
X Y	WO 2007/046503 A1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 26 April, 2007 (26.04.07), Par. Nos. [0019] to [0063]; Figs. 1, 2, 36 & EP 1940062 A1	1, 14, 17, 18 11-13
X Y	JP 2004-519900 A (Koninklijke Philips Electronics N.V.), 02 July, 2004 (02.07.04), Par. No. [0029]; Fig. 2 & US 7054354 B2 & EP 1364507 A & WO 2002/067527 A2 & CN 1462531 A	1, 17, 18 11-13

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 March, 2009 (09.03.09)

Date of mailing of the international search report
17 March, 2009 (17.03.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/000745

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2004-208254 A (Fujitsu Ltd.), 22 July, 2004 (22.07.04), Par. Nos. [0023] to [0027]; Fig. 3 & US 2004/0091057 A1 & EP 1418720 A1 & EP 1523143 A1 & DE 60314709 D & DE 60314709 T & KR 10-2004-0041498 A & CN 1499753 A	11
Y	JP 11-261657 A (Hitachi Denshi, Ltd.), 24 September, 1999 (24.09.99), Par. No. [0011]; Fig. 1 (Family: none)	12
Y	JP 2004-289475 A (Fujitsu Ltd.), 14 October, 2004 (14.10.04), Par. No. [0015]; Fig. 1 & US 2004/0184550 A1 & EP 1478149 A2	13
P,X	WO 2008/084784 A1 (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 17 July, 2008 (17.07.08), Full text; Figs. 2, 3 (Family: none)	1,17,18
A	WO 2006/111843 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON (PUBL)), 26 October, 2006 (26.10.06), Full text; Fig. 4 & JP 2008-537424 A & US 2006/0239367 A1 & EP 1872551 A & KR 10-2007-0122572 A & CN 101204057 A	1-18
A	WO 2007/032497 A1 (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 22 March, 2007 (22.03.07), Full text; Figs. 1, 5 & EP 1933488 A1	1-18
A	JP 2004-229198 A (Toyota Central Research and Development Laboratories, Inc.), 12 August, 2004 (12.08.04), Full text; Figs. 1, 3 to 5 (Family: none)	1-18
A	JP 2006-24992 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 26 January, 2006 (26.01.06), Full text; Fig. 3 (Family: none)	1-18

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H04J11/00(2006.01)i, H04B1/10(2006.01)i, H04B7/005(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. H04J11/00, H04B1/10, H04B7/005

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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
X	WO 2007/046503 A1（松下電器産業株式会社）2007.04.26 ，段落[0019]-[0063]，第1，2，36図 & EP 1940062 A1	1, 14, 17, 18
Y		11-13

☒ 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

「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

の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

0 9 . 0 3 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 3 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

佐々木 洋

5 K

3 3 6 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 6

C (続き) . 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
X	JP 2004-519900 A (コーニンクレッカ フィリップス エレクトロ ニクス エヌ ヴィ) 2004. 07. 02 ，段落[0029]，第2図 & US 7054354 B2 & EP 1364507 A & WO 2002/067527 A2	1, 17, 18
Y	& CN 1462531 A	11-13
Y	JP 2004-208254 A (富士通株式会社) 2004. 07. 22 ，段落[0023]-[0027]，第3図 & US 2004/0091057 A1 & EP 1418720 A1 & EP 1523143 A1 & DE 60314709 D & DE 60314709 T & KR 10-2004-0041498 A & CN 1499753 A	11
Y	JP 11-261657 A (日立電子株式会社) 1999. 09. 24 ，段落[0011]，第1図 (ファミリーなし)	12
Y	JP 2004-289475 A (富士通株式会社) 2004. 10. 14 ，段落[0015]，第1図 & US 2004/0184550 A1 & EP 1478149 A2	13
P, X	WO 2008/084784 A1 (松下電器産業株式会社) 2008. 07. 17 ，全文，第2, 3図 (ファミリーなし)	1, 17, 18
A	WO 2006/111843 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON (PUBL)) 2006. 10. 26 ，全文，第4図 & JP 2008-537424 A & US 2006/0239367 A1 & EP 1872551 A & KR 10-2007-0122572 A & CN 101204057 A	1-18
A	WO 2007/032497 A1 (住友電気工業株式会社) 2007. 03. 22 ，全文，第1, 5図 & EP 1933488 A1	1-18
A	JP 2004-229198 A (株式会社豊田中央研究所) 2004. 08. 12 ，全文，第1, 3-5図 (ファミリーなし)	1-18
A	JP 2006-24992 A (松下電器産業株式会社) 2006. 01. 26 ，全文，第3図 (ファミリーなし)	1-18