

(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  
2013 年 10 月 3 日(03.10.2013)



(10) 国際公開番号

WO 2013/145663 A1

- (51) 国際特許分類:  
H04B 7/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/001941
- (22) 国際出願日: 2013 年 3 月 22 日(22.03.2013)
- (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 2012-076489 2012 年 3 月 29 日(29.03.2012) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電気株式会社 (NEC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (71) 出願人 (米国についてのみ): 辻本 一郎 (TSUJIMOTO, Ichiro) [JP/JP]; 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 下坂 直樹 (SHIMOSAKA, Naoki); 〒1088001 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号日本電気株式会社内 Tokyo (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

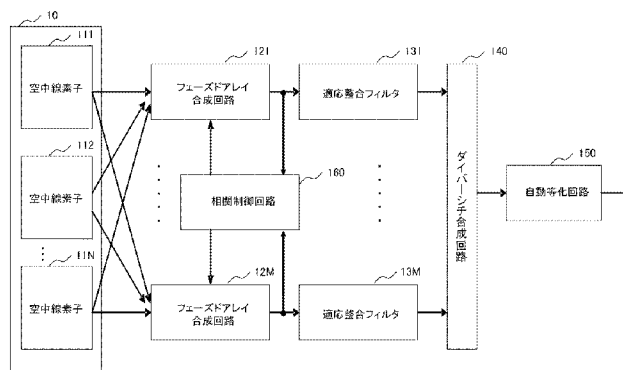
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ANGLE DIVERSITY RECEIVING DEVICE AND ANGLE DIVERSITY RECEIVING METHOD

(54) 発明の名称: 角度ダイバーシティ受信装置及び角度ダイバーシティ受信方法

【図1】



11N, 111, 112... ANTENNA ELEMENT  
121... PHASED ARRAY SYNTHESIZING CIRCUIT  
12M... PHASED ARRAY SYNTHESIZING CIRCUIT  
13M, 131... ADAPTIVE MATCHED FILTER  
140... DIVERSITY SYNTHESIZING CIRCUIT  
150... AUTOMATIC EQUALIZATION CIRCUIT  
160... CORRELATION CONTROL CIRCUIT

(57) Abstract: This angle diversity receiving device performs angle diversity reception by configuring angle diversity branches in accordance with received signals of an array antenna, the angle diversity receiving device being provided with: a plurality of phased array synthesizing means for generating a received signal of a branch by performing phased array synthesis for the received signals of a plurality of antenna elements included in the array antenna; and a correlation control means for outputting a correlation value for the received signals of two branches; wherein the phased array synthesizing means controls the angular difference in the orientations of the branches for which the correlation value was computed so that the correlation value decreases.

(57) 要約: 角度ダイバーシティ受信装置は、アレイアンテナの受信信号によって角度ダイバーシティのブランチを構成して角度ダイバーシティ受信を行う角度ダイバーシティ受信装置であって、アレイアンテナに含まれる複数のアンテナ素子の受信信号をフェーズドアレイ合成することにより、ブランチの受信信号を生成する複数のフェーズドアレイ合成手段と、2つのブランチの受信信号間の相関値を出力する相関制御手段と、を備え、フェーズドアレイ合成手段は、相関値が計算されたブランチ間の指向方向の角度差を、相関値が小さくなるように制御する。

## 明 細 書

発明の名称：

角度ダイバーシチ受信装置及び角度ダイバーシチ受信方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、角度ダイバーシチ受信装置及び角度ダイバーシチ受信方法に関する。

### 背景技術

[0002] 図7は、本発明に関連する、角度ダイバーシチ受信装置600の構成を示すブロック図である。図7を参照すると、角度ダイバーシチ受信装置600は、2個のホーンアンテナ61A及び61Bから成るアンテナ群611を有している。この角度ダイバーシチ受信装置600は、ホーンアンテナ61Aからの受信信号を、帯域通過ろ波器（band pass filter、BPF）221、低雑音増幅器（low noise amplifier、LNA）231、受信周波数変換器（ダウンコンバータ、D/C）241、自動利得制御器（automatic gain controller、AGC）251及び適応整合フィルタ（adaptive matched filter、AMF）131を経て受信する。

[0003] また、角度ダイバーシチ受信装置600は、ホーンアンテナ61Bからの受信信号を、帯域通過ろ波器222、低雑音増幅器232、受信周波数変換器242、自動利得制御器252及び適応整合フィルタ132を経て受信する。このようにして、角度ダイバーシチ受信装置600は、ホーンアンテナ61A及び61Bからの受信信号を、角度ダイバーシチが行われる2個のブランチ（受信系）として受信する。

[0004] 帯域通過ろ波器（band pass filter、BPF）221及び222は、受信に必要な周波数帯域の信号のみを通過させる。低雑音増幅器（low noise amplifier、LNA）231及び232は、受信信号を増幅する。受信周波数変換器（ダウンコンバータ、D/C）241及び242は、受信信号の周波数変換を行う。自動利得制御器（automatic gain controller、AGC）251

及び252は、後段へ出力される受信信号の振幅変化を抑制するように、受信信号を増幅する。適応整合フィルタ131及び132は、各ブランチの受信信号に含まれる不要な信号を低減する。

[0005] ダイバーシチ合成回路140は、適応整合フィルタ131及び132から入力された信号を、ダイバーシチ合成する。自動等化回路（判定帰還等化器、decision feedback equalizer、DFE）150は、ダイバーシチ合成された信号に対する自動等化を行い、受信信号を再生する。

[0006] なお、この種の角度ダイバーシチ受信装置については、上記のもの以外にも、例えば、特許文献1～6ならびに非特許文献1に開示されている。

[0007] 図8は、対流圏散乱伝搬を説明するための図である。受信アンテナ812は、例えば図7に示された角度ダイバーシチ受信装置600のアンテナ群611に対応する。送信局811から放射された電波は、第1の散乱点STa及び第2の散乱点STbで散乱を受け、それぞれ指向方向DTa及びDTbの信号としてアンテナ群812で受信される。

[0008] 図9は、関連技術による角度ダイバーシチ受信装置600の動作を説明するための図である。図7及び図9に示された角度ダイバーシチ受信装置600は、次のように動作する。図9に示されるように、2個の指向方向DR6a及びDR6bは、それぞれ、予め定められた角度に固定されている。そして、アンテナ群611は、指向方向DR6a及びDR6bから到来する受信信号の、角度ダイバーシチ処理を行う。

[0009] 角度ダイバーシチ受信装置600は、図9における指向方向DR6aによって図8の搬送方向DTaの到来電波を受信し、指向方向DR6bによって図8の搬送方向DTbの到来電波を受信しているとする。ここで、対流圏散乱の状態が変化し、散乱点STaまたはSTbの空間位置が変化すると、搬送方向DTaまたはDTbが変化する。その結果、角度ダイバーシチ受信装置600における受信信号の強度が著しく低下することがある。

[0010] すなわち、ホーンアンテナの方位が固定された角度ダイバーシチ方式では、伝搬状況の変化に伴い電波到来方位角が変化する結果、受信レベルが低下

することがある。特に、対流圏散乱伝搬においては、気象変化などにより対流圏での散乱伝搬の状況が大きく変化する。その結果、アンテナの方位が固定された角度ダイバーシチ方式では、年間を通じて伝搬損失に10～20数dBの長周期フェージングが生じ、電波の受信レベルが低下することがあるという問題が発生する。

[0011] また、角度ダイバーシチ受信装置においては、ブランチ間の相関値が大きくならないように、複数の受信ホーン間の角度が予め設定されている。しかしながら、角度ダイバーシチ受信装置には、対流圏散乱の状態の変化に伴い、ブランチ間の相関値が大きくなり、ダイバーシチ効果が低下する場合があるという問題がある。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0012] 特許文献1：特許第2982504号公報

特許文献2：米国特許公報 US 7, 623, 084 B2

特許文献3：特開平06-029890号公報

特許文献4：特開平05-344029号公報

特許文献5：特開平04-227132号公報

特許文献6：特公平07-050868号公報

### 非特許文献

[0013] 非特許文献1：‘Performance of an Experimental Angle-Diversity Troposcatter System’ (P.Monsen、IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS、APRIL 1972、P242-247)

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0014] 上述したことから明らかなように、角度ダイバーシチ受信装置には、電波が到来する角度が変化しても受信レベルの低下を回避できると共に、対流圏散乱伝搬の状況に変化があってもダイバーシチ効果を維持することが要望さ

れている。

- [0015] 本発明の目的は、電波到来角度が変化しても受信レベルの低下を回避できると共に、対流圏散乱伝搬の変化があってもダイバーシチ効果を維持することができる角度ダイバーシチ受信装置及び角度ダイバーシチ受信方法を提供することである。

### 課題を解決するための手段

- [0016] 本発明の角度ダイバーシチ受信装置は、アレイアンテナの受信信号によって角度ダイバーシチのブランチを構成して角度ダイバーシチ受信を行う角度ダイバーシチ受信装置であって、前記アレイアンテナに含まれる複数のアンテナ素子の受信信号をフェーズドアレイ合成することにより、前記ブランチの受信信号を生成する複数のフェーズドアレイ合成手段と、2つの前記ブランチの受信信号間の相関値を出力する相関制御手段と、を備え、前記フェーズドアレイ合成手段は、前記相関値が計算された前記ブランチ間の指向方向の角度差を、前記相関値が小さくなるように制御する、ことを特徴とする。
- [0017] 本発明の角度ダイバーシチ受信方法は、アレイアンテナの受信信号によってダイバーシチのブランチを構成して角度ダイバーシチ受信を行う角度ダイバーシチ受信方法であって、前記アレイアンテナに含まれる複数のアンテナ素子の受信信号をフェーズドアレイ合成することにより、前記ブランチの受信信号を生成し、2つの前記ブランチの受信信号間の相関値を出力し、前記相関値が計算された前記ブランチ間の指向方向の角度差を、前記相関値が小さくなるように制御する、ことを特徴とする。

### 発明の効果

- [0018] 本発明の角度ダイバーシチ受信装置及び角度ダイバーシチ受信方法は、電波の到来する角度が変化しても受信レベルの低下を回避できると共に、対流圏散乱伝搬の状況に変化があってもダイバーシチ効果を維持することができる。

### 図面の簡単な説明

- [0019] [図1]本発明の第1の実施形態による角度ダイバーシチ受信装置の構成を示す

概略的なブロック図である。

[図2]図1に示した角度ダイバーシチ受信装置の具体的な構成の一形態を示すブロック図である。

[図3]角度ダイバーシチ受信装置の動作を説明するための図である。

[図4]角度ダイバーシチのブランチ間の相関値と指向方向の間隔（ビーム間の角度差）との関係を示す図である。

[図5]本発明の第2の実施形態による角度ダイバーシチ受信装置の構成を示す概略的なブロック図である。

[図6]図5に示した角度ダイバーシチ受信装置の具体的な構成の一形態を示すブロック図である。

[図7]本発明に関連する、角度ダイバーシチ受信装置の構成を示すブロック図である。

[図8]対流圏散乱伝搬について説明するための図である。

[図9]関連技術による角度ダイバーシチ受信装置の動作を説明するための図である。

## 発明を実施するための形態

### [0020] [第1の実施形態]

図1は、本発明の第1の実施形態による角度ダイバーシチ受信装置100の構成を示す概略的なブロック図である。図1において、第1の実施形態の角度ダイバーシチ受信装置100は、アレイアンテナ10と、M個のフェーズドアレイ合成回路121-12Mと、M個の適応整合フィルタ131-13Mと、ダイバーシチ合成回路140と、自動等化回路150と、相関制御回路160とを有している。アレイアンテナ10は、N個のアンテナ素子111、112、・・・、11Nを備える。ここで、M及びNは2以上の整数であり、MはN以下である。

[0021] アンテナ素子111-11Nからの受信信号は、フェーズドアレイ合成回路121-12Mに入力される。フェーズドアレイ合成回路121-12Mのそれぞれは、アンテナ素子111-11Nから受信した受信信号から2つ

以上の受信信号を選択して、フェーズドアレイ合成を行う。フェーズドアレイ合成回路 121-12M は、M 個のブランチを構成する。そして、フェーズドアレイ合成回路 121-12M の出力は、それぞれ M 個の適応整合フィルタ 131-13M に入力され、ダイバーシチ合成回路 140 によって合成される。このようにして、M 個のブランチについて角度ダイバーシチの合成が行われる。ダイバーシチ合成回路 140 の出力は、自動等化回路 150 によって自動等化が行われ、受信データ信号が得られる。

[0022] 角度ダイバーシチ受信装置 100 は、複数のアンテナ素子が接続されたフェーズドアレイ合成回路 121-12M により、電波到来方向の変化に追従してブランチの指向方向を制御する。また、角度ダイバーシチ受信装置 100 は、複数のブランチから複数のサブアレイを構成し、当該サブアレイの出力を角度ダイバーシチのブランチの受信信号として利用する。そして、角度ダイバーシチ受信装置 100 は、当該角度ダイバーシチのブランチ間で適応整合フィルタリングを実施し、時間分散したマルチパスを含めた最大比合成を行い、最適な角度ダイバーシチ受信を行う。

[0023] 第 1 の実施形態においては、相関制御回路 160 は、フェーズドアレイ合成回路 121-12M の出力から選択された 2 つの出力の相関値を計算する。計算された相関値は、選択された 2 つの信号を出力したフェーズドアレイ合成回路に入力される。相関制御回路 160 は、フェーズドアレイ合成回路 121-12M の M 個の出力のうち 2 つの出力の相関値を、順次計算してもよい。

[0024] 図 2 は、図 1 に示した角度ダイバーシチ受信装置 100 の具体的な構成の一形態を示すブロック図である。

[0025] 角度ダイバーシチ受信装置 100a は、アレイアンテナ 10 と、フェーズドアレイ合成回路 121 及び 122 と、適応整合フィルタ (AMF) 131 及び 132 と、ダイバーシチ合成回路 140 と、相関制御回路 (CORR) 160 と、自動等化回路 (判定帰還等化器、DFE) 150 とを備える。アレイアンテナ 10 は、アンテナ素子 11a 及び 11b を備える。

- [0026] そして、角度ダイバーシチ受信装置 100a は、さらに、アレイアンテナ 10 と、フェーズドアレイ合成回路 121 及び 122 との間に、帯域通過ろ波器 (BPF) 221 及び 222 と、低雑音増幅器 (LNA) 231 及び 232 と、受信周波数変換器 (ダウンコンバータ、D/C) 241 及び 242 と、自動利得制御器 (AGC) 251 及び 252 と、を備える。
- [0027] 帯域通過ろ波器 221 及び 222、低雑音増幅器 231 及び 232、受信周波数変換器 241 及び 242、自動利得制御器 251 及び 252 の機能は、図 7 に示された同一の名称のブロックと同様である。
- [0028] 図 2 において、ダイバーシチブランチの数は 2 個である。また、アレイアンテナ 10 は、アンテナ素子 111 及び 112 を備える。なお、アンテナ素子 111 及び 112 はそれぞれ、空中線反射鏡を備えたホーンアンテナタイプであってもよい。
- [0029] 角度ダイバーシチ受信装置 100a は、アンテナ素子 111 及び 112 で受信された受信信号を、それぞれフェーズドアレイ合成回路 121 又は 122 によって線形合成する。そのようにして、角度ダイバーシチ受信装置 100a は、フェーズドアレイの制御を行う。
- [0030] 相関制御回路 160 は、フェーズドアレイ合成回路 121 の出力信号と、フェーズドアレイ合成回路 122 の出力信号との相関を算出して、フェーズドアレイ合成回路 121 及び 122 に出力する。
- [0031] ここで、フェーズドアレイ合成回路 121 において各サブアレイに乗算される複素係数を W1、フェーズドアレイ合成回路 122 において各サブアレイに乗算される複素係数を W2 とする。
- [0032] W1 は、複素乗算器 19a 又は 19b によって、各サブアレイの信号と乗算される。複素乗算器 19a 及び 19b の出力は、加算器 19c で加算されてフェーズドアレイ合成回路 121 から出力される。W2 は、複素乗算器 20a 又は 20b によって、各サブアレイの信号と乗算される。複素乗算器 20a 及び 20b の出力は、加算器 20c で加算されてフェーズドアレイ合成回路 122 から出力される。

[0033] 複素係数 $W_1$ は、フェーズドアレイ合成回路121の出力と、相関制御回路160から入力された相関値とに基づいて、フェーズドアレイ合成回路121の出力が最大になるように、修正される。

[0034] また、複素係数 $W_2$ は、フェーズドアレイ合成回路122の出力と、相関制御回路160から入力された相関値とに基づいて、フェーズドアレイ合成回路122の出力が最大になるように、修正される。

[0035] 具体的には、重み付け係数 $W_1$ 及び $W_2$ は、以下の適応アルゴリズムで算出される。

[0036] 
$$W_1(n+1) = W_1(n) + (1-\mu) \{ r_1^*(n) \cdot y_1(n) \}$$
  

$$\dots \text{ (式1)}$$

$$W_2(n+1) = W_2(n) + (1-\mu) \{ r_2^*(n) \cdot y_2(n) \}$$
  

$$\dots \text{ (式2)}$$

ここで、 $r_1$ 及び $r_2$ は、フェーズドアレイ合成回路121及び122それぞれの入力信号ベクトル（図2では2次元ベクトル）である。また、 $y_1$ 及び $y_2$ は、フェーズドアレイ合成回路121及び122それぞれの出力信号ベクトルを示す。記号 $*$ は複素共役を示し、括弧内の $n$ は $n$ 番目のサンプル、 $\mu$ は修正係数を示す。式1及び式2において、 $(1-\mu)$ を乗算している理由は、上記アルゴリズムが正帰還型であることから、計算結果の発散を防止し、適応収束させるための乗数を逐次乗算するためである。

[0037] 上記のアルゴリズムにより、フェーズドアレイ合成回路121及び122は、それぞれが独立に、受信レベルが最大になるように、ダイバーシチブランチの指向方向を制御する。当該動作の説明図を図3に示す。DR1aは、フェーズドアレイ合成回路121による第1のダイバーシチブランチの指向方向である。また、DR1bはフェーズドアレイ合成回路122による第2のダイバーシチブランチの指向方向である。それぞれ指向方向の角度は、可変である。

[0038] 以下、第1の実施形態の角度ダイバーシチ受信装置100、100aを対流圏散乱伝搬に適用する場合について説明する。

[0039] 再び図8を用いて対流圏散乱伝搬について説明する。受信局（角度ダイバーシチ受信装置100、100a）のアレイアンテナが、受信アンテナ812に対応する。送信局811から送信された送信ビームは、対流圏において散乱される。当該散乱領域は、散乱ボリュームと言われ、空間的広がりを持つ。したがって、第1の散乱点STaからの指向方向DTaの信号と第2の散乱点STbからの指向方向DTbの信号とが各々、見通し外の受信局（角度ダイバーシチ受信装置100、100a）の受信アンテナ812に到来する。

[0040] ここで、散乱点STaとSTbは空間的に離隔しており、また、各々の散乱現象は、ランダムに変動する。このため、散乱点STaとSTbにおける散乱現象は、互いに無相関となる。したがって、指向方向DTa及びDTb間の受信信号も互いに無相関なフェージング信号となる。

[0041] よって、指向方向DTaの信号及びDTbの信号を、それぞれ角度差（例えば図3のDR1a、DR1b）を有する複数の受信素子で受信することにより、互いに無相関なダイバーシチのブランチを合成でき、その結果、角度ダイバーシチを行うことができる。

[0042] なお、実際の散乱伝搬では散乱点STaとSTbが比較的空間的に近接した場合、それぞれの散乱点から受信される信号は完全には無相関ではなく、ある程度の相関を示す。特許文献2では、角度ダイバーシチのブランチ間の相関値が0.6以下であれば角度ダイバーシチとして効果があることが示されている。

[0043] 散乱点STaとSTbとの空間距離が大きくなれば、相関値が減少し、指向方向DTaとDTbとがなす角度が大きくなる。したがって、本発明ではフェーズドアレイによる指向方向を制御することにより、角度ダイバーシチのブランチ間の角度が大きくなるような指向方向DR1a及びDR1bを形成し、互いの相関値を低減させ、ダイバーシチ効果を維持する。

[0044] 図4は、角度ダイバーシチのブランチ間の相関値と指向方向の間隔（ビーム間の角度差）の関係を示す図である。図4において、縦軸は角度ダイバー

シチのブランチ間相関値  $\eta$  を、横軸はブランチのビーム間の角度差  $\Delta \theta$  を示す。図4から分かるように、角度ダイバーシチのブランチ間相関値  $\eta$  は、ブランチのビーム間の角度差  $\Delta \theta$  の増大と共に減少する。

[0045] ここで、図3に示されたDR1a及びDR1bの指向方向ベクトル（指向性）G1、G2は、以下のように定義される。

$$[0046] \quad G1 = g1 \cdot \exp(j\theta1) \quad \dots \quad (\text{式}3)$$

$$G2 = g2 \cdot \exp(j\theta2) \quad \dots \quad (\text{式}4)$$

上記の式3、4において、g1は指向方向DR1aの指向ベクトルの振幅、 $\theta1$ は当該指向ベクトルの仰角、g2は指向方向DR1bの指向ベクトルの振幅、 $\theta2$ は当該指向ベクトルの仰角を示す。

[0047] 以上のベクトルG1、G2は、フェーズドアレイ合成回路121及び122のそれぞれの出力が最大となる際の、各々のブランチが示す指向性ベクトルである。このため、図8に示された散乱点STaとSTbとが近接した場合、状況によっては、互いの指向性G1とG2が近づくことがある。この場合、ブランチ間の相関値が大きくなり、ダイバーシチ効果が減少する。本発明では、ブランチ間の相関値を求め、図4に示された関係に基づいて、当該相関値が減少するように、すなわち角度差 $\Delta \theta$ を増大させるように、前記のベクトルG1に $\exp(+j\Delta \theta/2)$ を乗じる。また、ベクトルG2には、 $\exp(-j\Delta \theta/2)$ を乗じる。即ち、ベクトルG1とG2は以下のように、 $\Delta \theta$ に関する摂動補正を行う。

$$[0048] \quad G1 = g1 \cdot \exp(j\theta1) \cdot \exp(+j\Delta \theta/2) \quad \dots \quad (\text{式}5)$$

$$G2 = g2 \cdot \exp(j\theta2) \cdot \exp(-j\Delta \theta/2) \quad \dots \quad (\text{式}6)$$

以上の指向方向ベクトルG1とG2を摂動補正することにより、角度ダイバーシチ間の相関を低い状態に保ちつつ、角度ダイバーシチ効果を維持できる。

[0049] その結果、第1の実施形態の角度ダイバーシチ受信装置は、電波の到来す

る角度が変化しても受信レベルの低下を回避できると共に、対流圏散乱伝搬の状況に変化があってもダイバーシチ効果を維持することができる。

[0050] なお、図1に記載された角度ダイバーシチ受信装置100は、以下のようにも構成できる。

[0051] 角度ダイバーシチ受信装置100は、アレイアンテナの受信信号によって角度ダイバーシチのブランチを構成して角度ダイバーシチ受信を行う角度ダイバーシチ受信装置である。そして、角度ダイバーシチ受信装置100は、アレイアンテナと、フェーズドアレイ合成回路20-1～20-Nと、相関制御回路160とを備える。

[0052] フェーズドアレイ合成回路20-1～20-Nは、アレイアンテナに含まれる複数のアンテナ素子の受信信号をフェーズドアレイ合成することにより、ブランチの受信信号を生成する。そして、相関制御手段は、ブランチの受信信号間の相関値を出力する。さらに、フェーズドアレイ合成回路20-1～20-Nは、相関制御手段160から出力される相関値が小さくなるようにブランチ間の指向方向の角度差を制御する。

[0053] このような構成によっても、角度ダイバーシチ受信装置100は、フェーズドアレイ合成するによって、電波の到来する角度が変化しても受信レベルの低下を回避できる。そして、角度ダイバーシチ受信装置100は、ブランチ間の相関値が小さくなるようにブランチ間の指向方向の角度差を制御することによって、対流圏散乱伝搬の状況に変化があってもダイバーシチ効果を維持することができる。

[0054] [第2の実施形態]

図5は、本発明の第2の実施形態による角度ダイバーシチ受信装置200の構成を示す概略的なブロック図である。角度ダイバーシチ受信装置200は、複数のフェーズドアレイ合成回路の出力間の相互相関を適応整合フィルタの複素タップ乗算係数から求める点が、第1の実施形態と異なっている。

[0055] すなわち、図5を参照すると、相関制御回路160には、適応整合フィルタ131～13Mの複素タップ乗算係数が入力されており、相関制御回路1

60は、適応整合フィルタ131-13Mのうち選択された2つの適応整合フィルタの複素タップ乗算係数に基づいて、相関値の演算を行う。なお、相関制御回路160への入力部分以外の、角度ダイバーシチ受信装置200の構成及び基本的な動作は、図1に記載された角度ダイバーシチ受信装置100と同様であるので、詳細な説明は省略する。

[0056] 図6は、図5に示した角度ダイバーシチ受信装置200の具体的な構成の一形態を示すブロック図である。図6を参照すると、角度ダイバーシチ受信装置200aは、図2の角度ダイバーシチ受信装置100aと同様に、アレイアンテナ10と、フェーズドアレイ合成回路121及び122と、適応整合フィルタ（AMF）131及び132と、ダイバーシチ合成回路140と、相関制御回路（CORR）160と、自動等化回路（判定帰還等化器、DFE）150とを備える。アレイアンテナ10は、アンテナ素子11a及び11bを備える。

[0057] そして、角度ダイバーシチ受信装置200aは、さらに、アレイアンテナ10と、フェーズドアレイ合成回路121及び122との間に、帯域通過ろ波器（BPF）221及び222と、低雑音増幅器（LNA）231及び232と、受信周波数変換器（ダウンコンバータ、D/C）241及び242と、自動利得制御器（AGC）251及び252と、を備える。

[0058] 帯域通過ろ波器221及び222、低雑音増幅器231及び232、受信周波数変換器241及び242、自動利得制御器251及び252の機能は、図7に示された同一の名称のブロックと同様である。

[0059] すなわち、図6に示す角度ダイバーシチ受信装置200aのダイバーシチブランチ数は2個である。なお、アンテナ素子111及び112はそれぞれ、空中線反射鏡を備えたホーンアンテナタイプであってもよい。

[0060] 角度ダイバーシチ受信装置200aは、アンテナ素子111及び112の受信信号を、フェーズドアレイ合成回路121及び122によって線形合成する。これにより、フェーズドアレイの制御が行われる。

[0061] 角度ダイバーシチ受信装置200aにおいては、フェーズドアレイ合成回

路 1 2 1 の出力及びフェーズドアレイ合成回路 1 2 2 の出力間の相互相関は、適応整合フィルタ 1 3 1 及び 1 3 2 の複素タップ乗算係数から求められる。

[0062] すなわち、相関制御回路 1 6 0 は、適応整合フィルタ 1 3 1 の複素タップ乗算係数と、適応整合フィルタ 1 3 2 の複素タップ乗算係数との相関値を算出して、フェーズドアレイ合成回路 1 2 1 及び 1 2 2 に出力する。

[0063] ここで、フェーズドアレイ合成回路 1 2 1 において各サブアレイに乗算される複素係数を  $W_1$ 、第 2 のフェーズドアレイ合成回路 1 2 2 において各サブアレイに乗算される複素係数を  $W_2$  とする。

[0064] 複素係数  $W_1$  は、フェーズドアレイ合成回路 1 2 1 の出力と、相関制御回路 1 6 0 から入力された相関値とに基づいて、フェーズドアレイ合成回路 1 2 1 の出力が最大になるように、適応修正される。

[0065] また、複素係数  $W_2$  は、フェーズドアレイ合成回路 1 2 2 の出力と、相関制御回路 1 6 0 から入力された相関値とに基づいて、フェーズドアレイ合成回路 1 2 2 の出力が最大になるように、適応修正される。

[0066]  $W_1$  及び  $W_2$  の値は、第 1 の実施形態と同様に、式 (1) 及び式 (2) によって算出される。また、角度ダイバーシチのブランチの指向方向ベクトル (指向性)  $G_1$ 、 $G_2$  は、式 (3) ~ 式 (6) によって求められる。

[0067] このような構成においても、第 1 の実施形態で説明した式 (1) ~ 式 (6) を用いてフェーズドアレイ合成回路 1 2 1 及び 1 2 2 の出力を最大化するとともに、指向方向ベクトル  $G_1$  と  $G_2$  とを摂動補正することで、角度ダイバーシチ間の相関を低い状態に保ちつつ、角度ダイバーシチ効果を維持できる。

[0068] その結果、第 2 の実施形態の角度ダイバーシチ受信装置も、第 2 の実施形態の角度ダイバーシチ受信装置と同様に、電波の到来する角度が変化しても受信レベルの低下を回避できると共に、対流圏散乱伝搬の状況に変化があってもダイバーシチ効果を維持することができる。

[0069] (第 3 の実施形態)

本発明の第3の実施形態の角度ダイバーシチ受信装置は、ブランチとして、複数のアンテナ素子の受信信号を複素係数の乗算及び加算を行ってフェーズドアレイ合成する複数のフェーズドアレイ合成回路と、複数のフェーズドアレイ合成回路それぞれの出力に基づいて、ブランチ間の相関値が最小となるようにブランチ相互の指向方向の角度差を制御する相関制御回路と、複数のフェーズドアレイ合成回路の出力がそれぞれ入力される複数の適応整合フィルタと、複数の適応整合フィルタの出力を合成することで角度ダイバーシチ合成を行うダイバーシチ合成回路と、ダイバーシチ合成回路の出力を自動等化する自動等化回路とを有する。

[0070] (第4の実施形態)

本発明の第4の実施形態の角度ダイバーシチ受信装置は、ブランチとして、複数のアンテナ素子の受信信号を複素係数の乗算及び加算を行ってフェーズドアレイ合成する複数のフェーズドアレイ合成回路と、複数のフェーズドアレイ合成回路の出力がそれぞれ入力される複数の適応整合フィルタと、複数の適応整合フィルタの出力を合成することで角度ダイバーシチ合成を行うダイバーシチ合成回路と、ダイバーシチ合成回路の出力を自動等化する自動等化回路と、複数の適応整合フィルタの複素タップ乗算係数に基づいて、ブランチ間の相関値が最小となるようにブランチ相互の指向方向の角度差を制御する相関制御回路とを有する。

[0071] なお、本発明の第3及び第4の実施形態の複数のアンテナ素子は、ホーンアンテナ型であってもよい。

[0072] 以上説明した実施形態に限定されることなく、本発明は、特許請求の範囲に記載された技術範囲内であれば、種々の変形が可能であることは言うまでもない。

[0073] この出願は、2012年3月29日に提出された日本出願特願2012-076489を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

**産業上の利用可能性**

[0074] 例えば、第1乃至第4の実施形態の角度ダイバーシチ受信装置は、マルチパスフェージングが生じる伝搬において角度ダイバーシチを用いる通信に利用可能である。また、本発明の活用例として、対流圏散乱伝搬通信または陸上モバイル通信に活用可能である。

### 符号の説明

[0075] 10、611 アレイアンテナ  
111-11N、61A、61B アンテナ素子  
100、100a、200、200a 角度ダイバーシチ受信装置  
121-12M フェーズドアレイ合成回路  
131-13M 適応整合フィルタ  
140 ダイバーシチ合成回路  
150 自動等化回路  
160 相関制御回路  
19a、19b、20a、20b 複素乗算器  
19c、20c 加算器  
160 相関制御回路 (CORR)  
221、222 帯域通過ろ波器 (BPF)  
231、232 低雑音増幅器 (LNA)  
241、242 受信周波数変換器 (ダウンコンバータ、D/C)  
251、252 自動利得制御器 (AGC)  
811 送信局  
812 受信アンテナ

## 請求の範囲

[請求項1]       アレイアンテナの受信信号によって角度ダイバーシチのブランチを構成して角度ダイバーシチ受信を行う角度ダイバーシチ受信装置であって、

      前記アレイアンテナに含まれる複数のアンテナ素子の受信信号をフェーズドアレイ合成することにより、前記ブランチの受信信号を生成する複数のフェーズドアレイ合成手段と、

      2つの前記ブランチの受信信号間の相関値を計算して出力する相関制御手段と、を備え、

      前記フェーズドアレイ合成手段は、前記相関値が計算された前記ブランチ間の指向方向の角度差を、前記相関値が小さくなるように制御する、ことを特徴とする角度ダイバーシチ受信装置。

[請求項2]       前記フェーズドアレイ合成手段の出力がそれぞれ入力される複数の適応整合フィルタと、

      前記適応整合フィルタの出力を合成することで角度ダイバーシチ合成を行うダイバーシチ合成手段と、

      前記ダイバーシチ合成手段の出力を自動等化する自動等化手段と、をさらに備え、

      前記相関制御手段は、2つの前記フェーズドアレイ合成手段の出力に基づいて前記相関値を出力し、

      前記フェーズドアレイ合成手段は、前記ブランチの受信信号に、前記相関値に基づく複素係数を乗算し、前記乗算した結果を加算することでフェーズドアレイ合成する、ことを特徴とする請求項1に記載の角度ダイバーシチ受信装置。

[請求項3]       前記フェーズドアレイ合成手段の出力がそれぞれ入力される複数の適応整合フィルタと、

      前記適応整合フィルタの出力を合成することで角度ダイバーシチ合成を行うダイバーシチ合成手段と、

前記ダイバーシチ合成手段の出力を自動等化する自動等化手段と、  
をさらに備え、

前記相関制御回路は、2つの前記適応整合フィルタの複素タップ乗算係数に基づいて前記相関値を出力し、

前記フェーズドアレイ合成手段は、前記ブランチの受信信号に、前記相関値に基づく複素係数の乗算し、前記乗算した結果を加算することでフェーズドアレイ合成する、  
ことを特徴とする請求項1に記載の角度ダイバーシチ受信装置。

[請求項4] 前記複数のアンテナ素子は、ホーンアンテナ型である請求項1乃至3のいずれかに記載の角度ダイバーシチ受信装置。

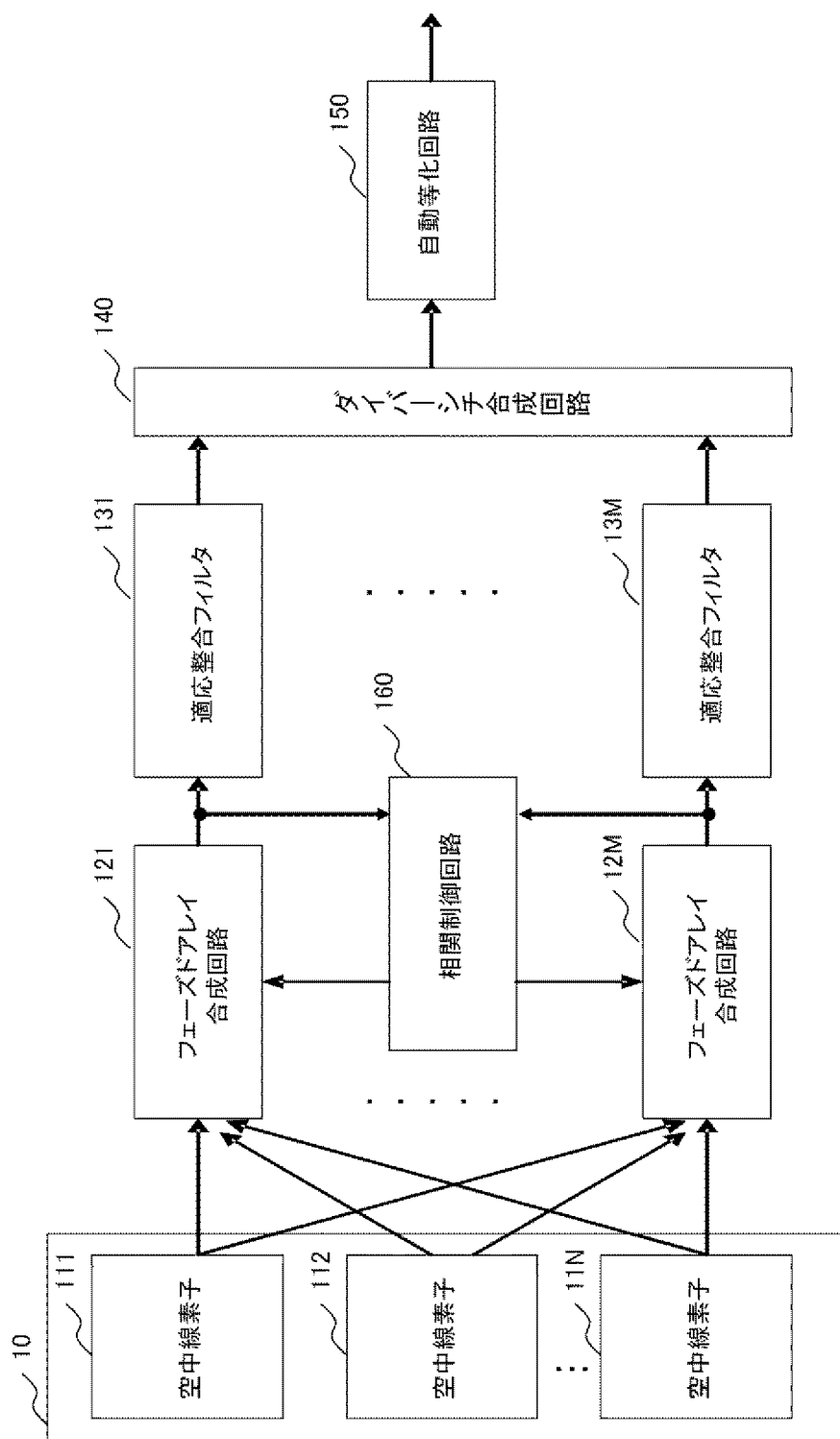
[請求項5] アレイアンテナの受信信号によってダイバーシチのブランチを構成して角度ダイバーシチ受信を行う角度ダイバーシチ受信方法であって、

前記アレイアンテナに含まれる複数のアンテナ素子の受信信号をフェーズドアレイ合成することにより、前記ブランチの受信信号を生成し、

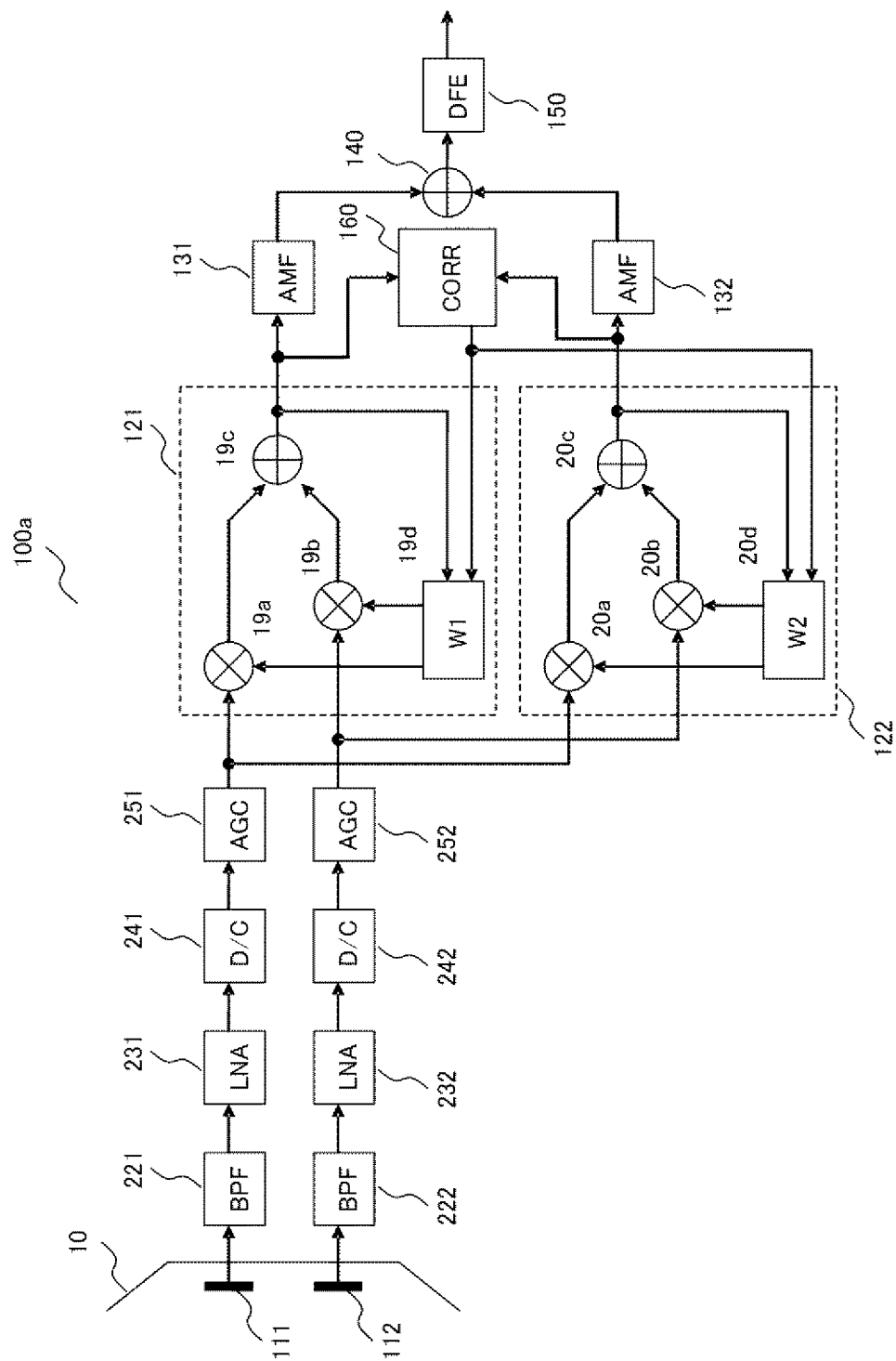
2つの前記ブランチの受信信号間の相関値を出力し、

前記相関値が計算された前記ブランチ間の指向方向の角度差を、前記相関値が小さくなるように制御する、ことを特徴とする角度ダイバーシチ受信方法。

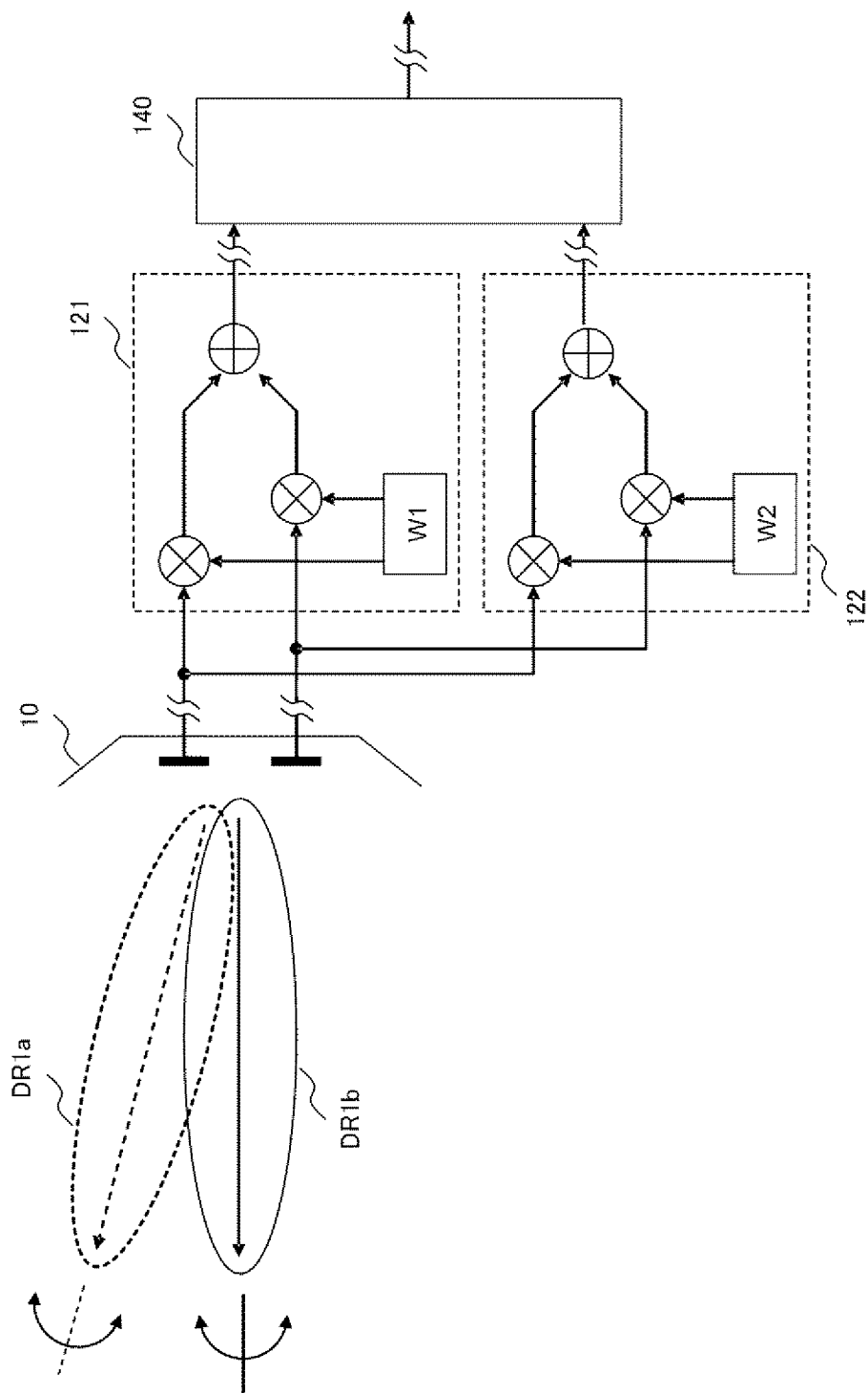
[図1]



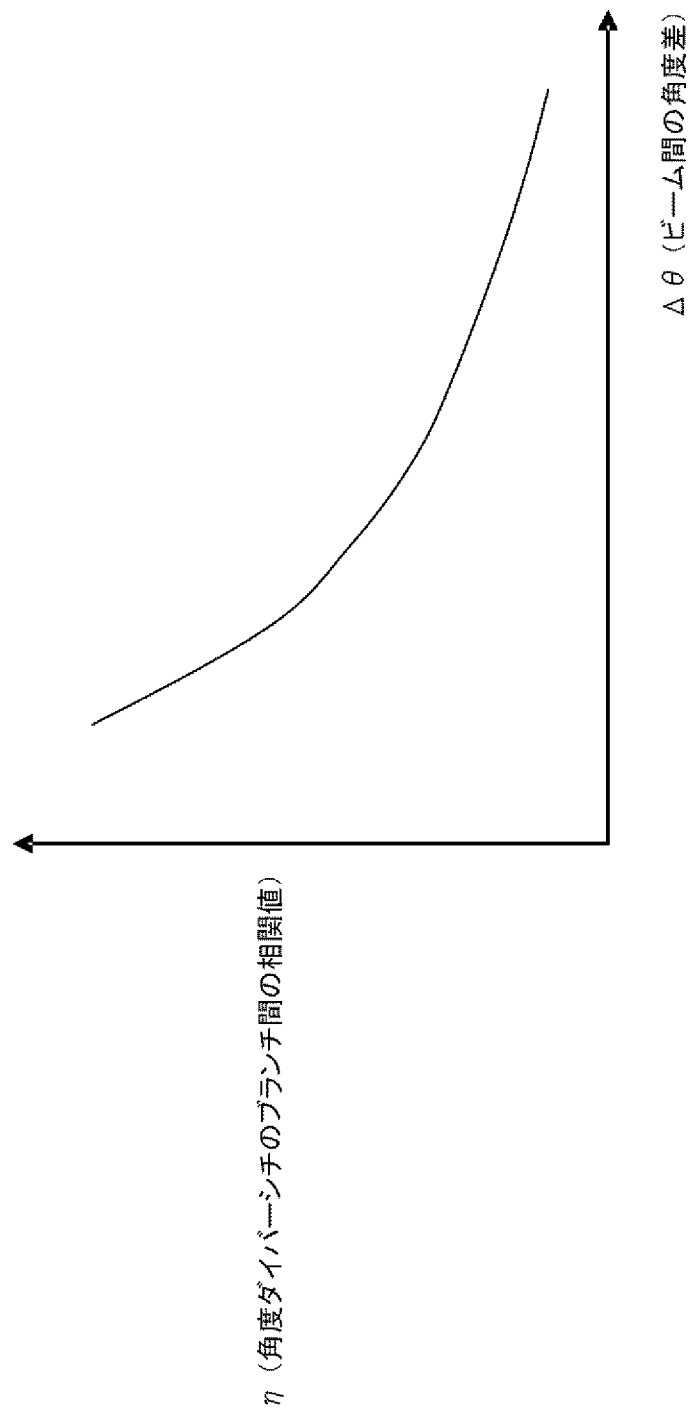
[図2]



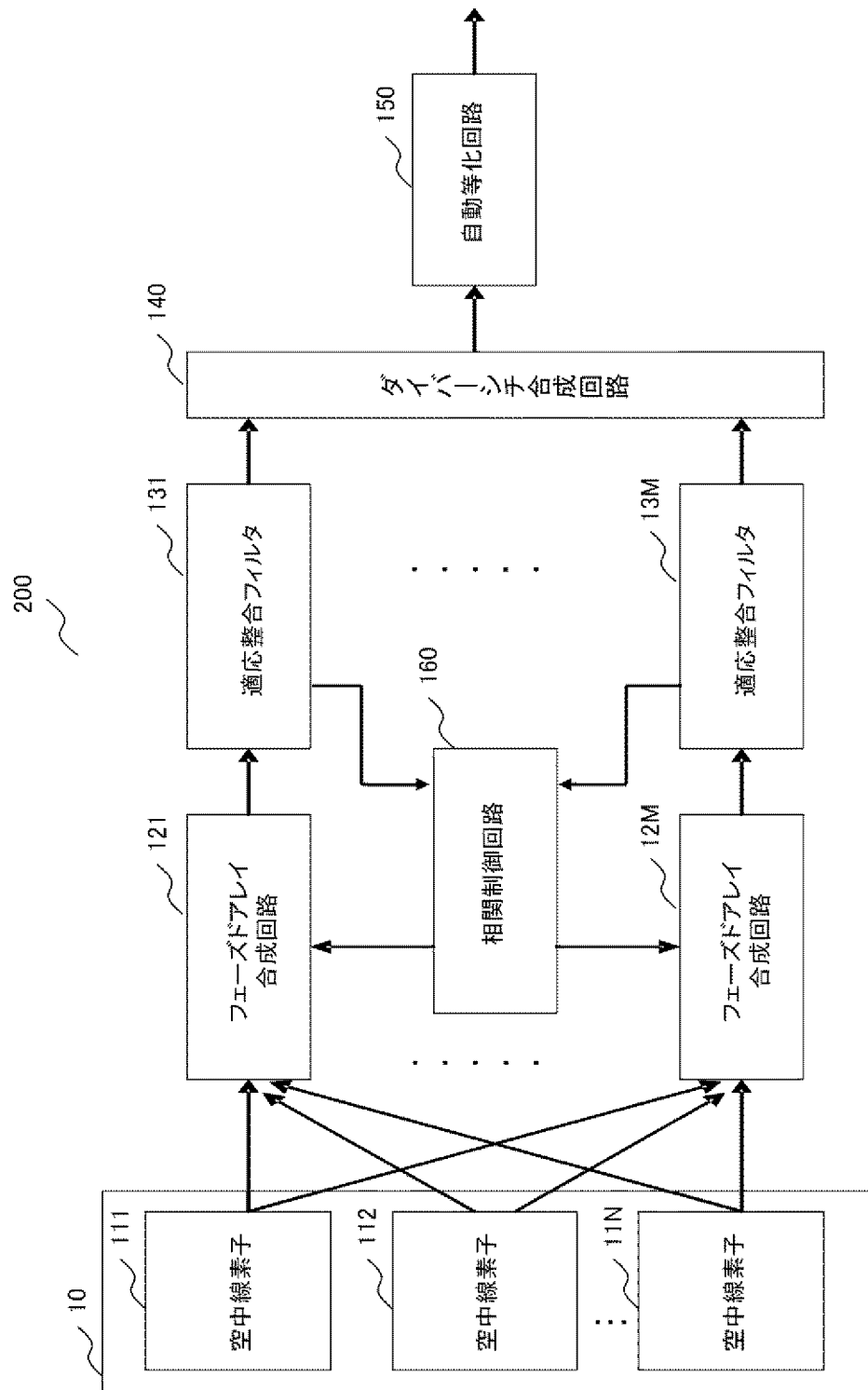
[図3]



[図4]

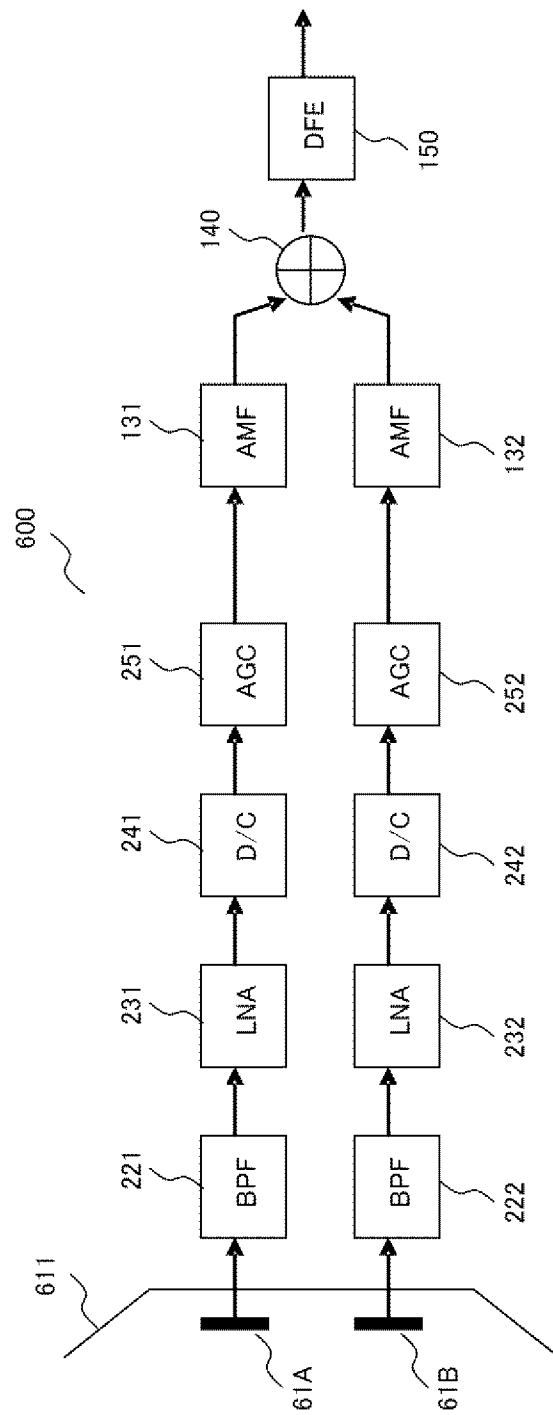


[図5]

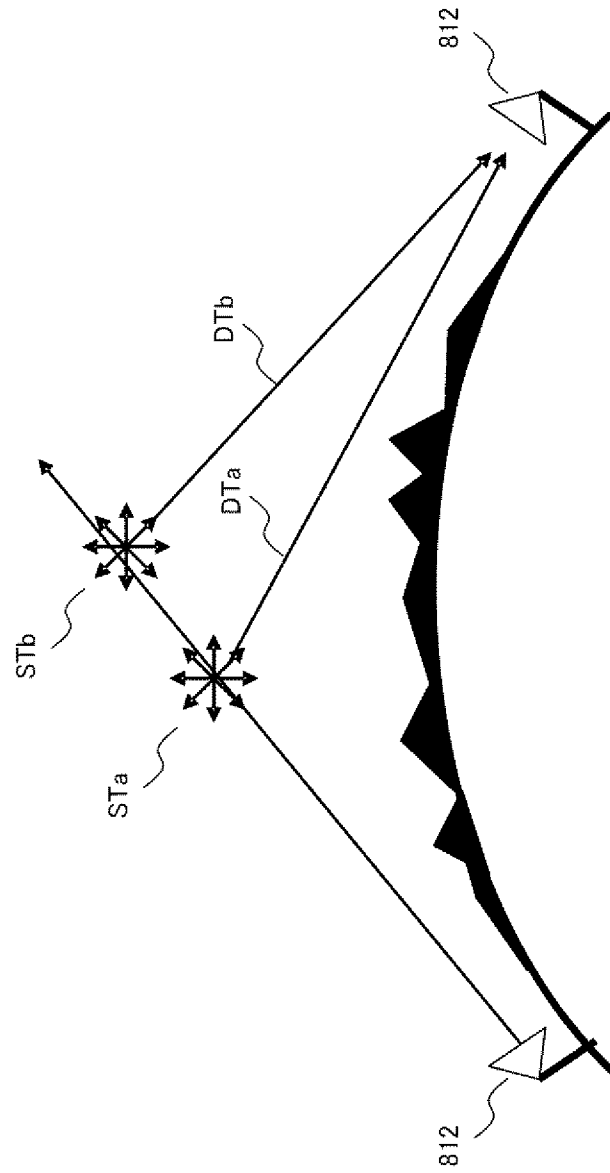




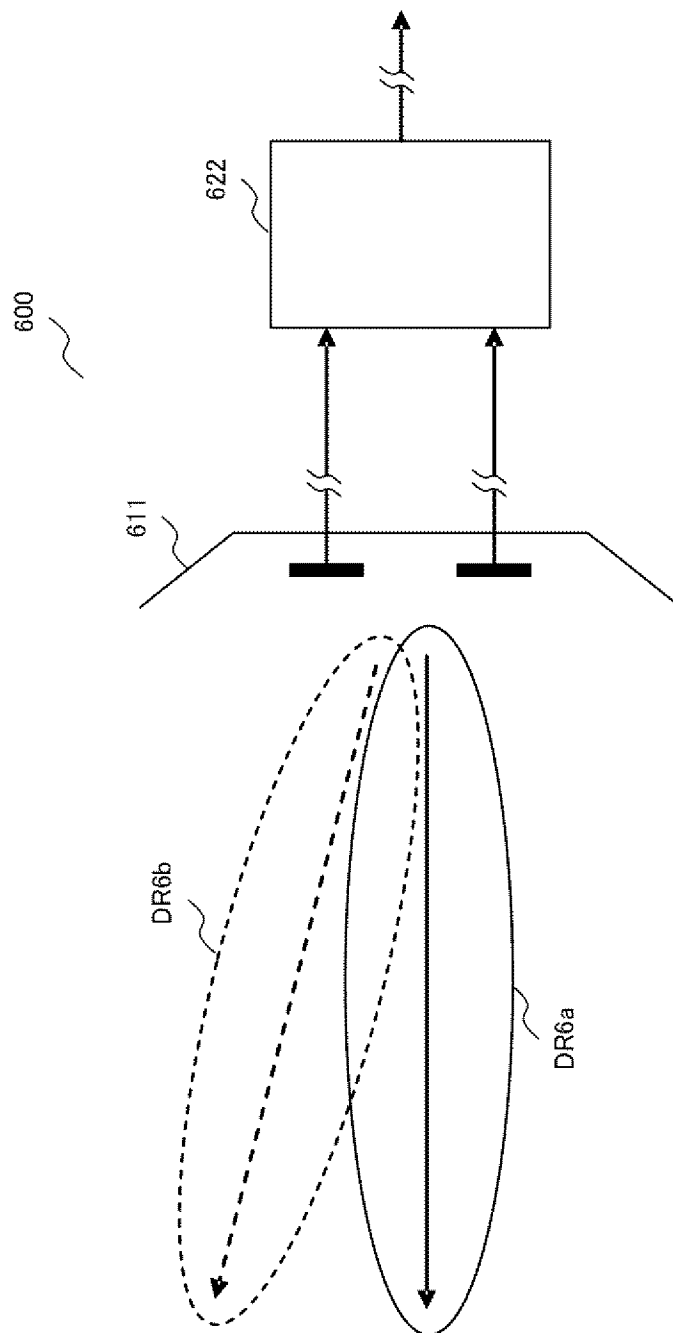
[図7]



[図8]



[図9]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/001941

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B7/10 (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)

H04B7/10

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 | 1996-2006 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2006 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2006 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                            | Relevant to claim No. |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | WO 2006/070478 A1 (Fujitsu Ltd.),<br>06 July 2006 (06.07.2006),<br>paragraphs [0075] to [0080]<br>& US 2007/0243831 A1 & EP 1833186 A1<br>& CN 101091344 A                                    | 1-5                   |
| Y         | JP 6-29890 A (NEC Corp.),<br>04 February 1994 (04.02.1994),<br>fig. 1<br>& US 5379046 A                                                                                                       | 1-5                   |
| A         | JP 2003-338804 A (NEC Corp.),<br>28 November 2003 (28.11.2003),<br>paragraphs [0037], [0038]<br>& US 2005/0147064 A1 & EP 1507350 A1<br>& WO 2003/098855 A1 & NO 20045576 A<br>& CN 1653736 A | 1-5                   |

☐ 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  
10 June, 2013 (10.06.13)

Date of mailing of the international search report  
18 June, 2013 (18.06.13)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H04B7/10(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. H04B7/10

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 1 3 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 3 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 3 年 |

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

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                                                                                              | 関連する<br>請求項の番号 |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Y               | WO 2006/070478 A1 (富士通株式会社) 2006.07.06, 【0075】 - 【0080】 & US 2007/0243831 A1 & EP 1833186 A1 & CN 101091344 A                                  | 1-5            |
| Y               | JP 6-29890 A (日本電気株式会社) 1994.02.04, 図1 & US 5379046 A                                                                                          | 1-5            |
| A               | JP 2003-338804 A (日本電気株式会社) 2003.11.28, 【0037】, 【0038】 & US 2005/0147064 A1 & EP 1507350 A1 & WO 2003/098855 A1 & NO 20045576 A & CN 1653736 A | 1-5            |

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

1 0 . 0 6 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 8 . 0 6 . 2 0 1 3

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

佐藤 敬介

5 W

9 1 9 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 7 6