

(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
2016年8月11日(11.08.2016)



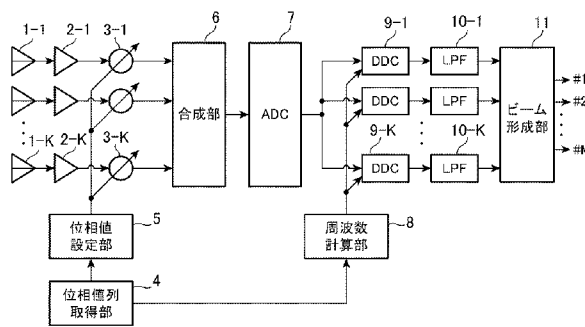
(10) 国際公開番号
WO 2016/125305 A1

- (51) 国際特許分類:
H04B 7/10 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/053399
 - (22) 国際出願日: 2015年2月6日(06.02.2015)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者: 栗山 侑(KURIYAMA, Tasuku); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 紀平 一成(KIHIRA, Kazunari); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 大塚 昌孝(OTSUKA, Masataka); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
 - (74) 代理人: 田澤 英昭, 外(TAZAWA, Hideaki et al.); 〒1000014 東京都千代田区永田町二丁目12番4号 赤坂山王センタービル5階 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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, ST, 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, KM, 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: ANTENNA DEVICE

(54) 発明の名称: アンテナ装置

[図1]



- 4 Phase value sequence acquisition unit
- 5 Phase value setting unit
- 6 Combination unit
- 8 Frequency calculation unit
- 11 Beam formation unit

(57) Abstract: An antenna device comprises: an element antenna (1) for receiving a signal; a phase control unit (3) for controlling the phase of the signal received by the element antenna (1); a phase value sequence acquisition unit (4) for acquiring a phase value sequence provided with phase values different between systems and varying with time; a phase value setting unit (5) for setting, on the basis of the phase value sequence, the phase values in the phase control unit (3); a combination unit (6) for combining phase-controlled signals; an ADC (7) for digitizing a combined signal; a frequency calculation unit (8) for calculating, from the phase value sequence, a frequency shift amount; a DDC (9) for frequency-converting, by use of the frequency shift amount, the digitized signal; an LPF (10) for low-pass-filtering a frequency-converted signal; and a beam formation unit (11) for forming a beam signal by use of a low-pass-filtered signal.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/125305 A1



信号を受信する素子アンテナ（１）と、素子アンテナ（１）により受信された信号の位相を制御する位相制御部（３）と、系統間で異なり且つ時間変化する位相値を与えた位相値列を得る位相値列取得部（４）と、位相値列に基づき位相制御部（３）での位相値を設定する位相値設定部（５）と、位相が制御された信号を合成する合成部（６）と、合成された信号をデジタル化するＡＤＣ（７）と、位相値列から周波数シフト量を算出する周波数計算部（８）と、デジタル化された信号に対し、周波数シフト量を用いて周波数変換を行うＤＤＣ（９）と、周波数変換された信号に対して低域フィルタリングを行うＬＰＦ（１０）と、低域フィルタリングが行われた信号を用いて、ビーム信号を形成するビーム形成部（１１）とを備えた。

明 細 書

発明の名称：アンテナ装置

技術分野

[0001] この発明は、デジタル信号でビームを形成するデジタルビームフォーミング (DBF: Digital Beam Forming) を行うアンテナ装置に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、衛星通信及びレーダ等において、マルチビーム形成、及びアンテナパターンの低サイドローブ化の要求が高まっている。これらを実現するビーム形成方式として、デジタル信号処理でビームを形成するDBFがある。DBFは、フィルタ、増幅器、ダウンコンバータ、AD変換器 (ADC: Analog to Digital Converter) 等のアナログ回路を素子アンテナ数 (系統数) 分備えている。そして、デジタル化された素子アンテナの信号に励振係数を乗積した後に合成してビームを形成する。このDBFでは、デジタル信号処理でビームを形成するため、マルチビーム形成及びアンテナパターンの高精度な制御を容易に行うことができる。

[0003] しかしながら、上記DBFでは、アナログ回路が系統数分必要となるという課題がある。特に、ADCは、他のアナログ回路と比較して消費電力が相対的に高く、また、価格も高い。そのため、DBFを用いるアンテナ装置は、高コスト及び高消費電力という課題がある。

[0004] DBFを低コスト且つ低消費電力で実現する方法として、例えば特許文献1記載のアダプティブアレーアンテナ装置がある。このアダプティブアレーアンテナ装置は、各素子アンテナにスイッチを設け、時分割で各素子アンテナの受信信号を受信するようスイッチを切替える。このアダプティブアレーアンテナ装置では、アナログ回路を1系統のみ持てばよいため、コスト及び消費電力の主要因であるADCの個数を1つに減らすことができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2013-51646号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1に開示されたアダプティブアレーアンテナ装置では、とある時刻においてスイッチがONになる素子アンテナは1つのみなので、スイッチを切替えるタイミングでは信号を受信できず、信号電力対雑音電力比（SNR：Signal to Noise Ratio）が劣化するという課題があった。また、このアダプティブアレーアンテナ装置はスイッチを用いる構成であるため、移相器を使用したアナログビーム形成方式の既存のフェーズドアレーアンテナのリプレイス等の場合には、アナログ回路の大きな変更が必要となるという課題があった。

[0007] この発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、従来構成に対して、低コスト化及び低消費電力化を実現でき、且つ、SNRの劣化を改善でき、アナログビーム形成方式のフェーズドアレーアンテナ構成でもDBFを実現できるアンテナ装置を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0008] この発明に係るアンテナ装置は、複数系統設けられ、信号を受信する素子アンテナと、系統毎に設けられ、対応する素子アンテナにより受信された信号の位相を制御する位相制御部と、系統間で異なり且つ時間変化する位相値を与えた位相値列を得る位相値列取得部と、位相値列取得部により得られた位相値列に基づき、各々の位相制御部での位相値を設定する位相値設定部と、各々の位相制御部により位相が制御された信号を合成する合成部と、合成部により合成された信号をデジタル化するAD変換部と、位相値列取得部により得られた位相値列から系統毎の周波数シフト量を算出する周波数計算部と、系統毎に設けられ、AD変換部によりデジタル化された信号に対し、周波数計算部により算出された対応する周波数シフト量を用いて周波数変換を

行う周波数変換部と、系統毎に設けられ、対応する周波数変換部により周波数変換された信号に対して低域フィルタリングを行うフィルタリング部と、各々のフィルタリング部により低域フィルタリングが行われた信号を用いて、ビーム信号を形成するビーム形成部とを備えたものである。

発明の効果

[0009] この発明によれば、上記のように構成したので、従来構成に対して、低コスト化及び低消費電力化を実現でき、且つ、SNRの劣化を改善でき、アナログビーム形成方式のフェーズドアレーアンテナ構成でもDBFを実現できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]この発明の実施の形態1に係るアンテナ装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図2]この発明の実施の形態1に係るアンテナ装置の動作を示すフローチャートである。

[図3]この発明の実施の形態1に係るアンテナ装置の動作を説明する図である。

[図4]この発明の実施の形態1に係るアンテナ装置の動作を説明する図であり、(a)各素子アンテナから出力された信号を示す図であり、(b)各位相制御部から出力された周波数シフト後の信号を示す図であり、(c)合成部から出力された信号を示す図である。

[図5]この発明の実施の形態2に係るアンテナ装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図6]この発明の実施の形態2に係るアンテナ装置の動作を示すフローチャートである。

[図7]この発明の実施の形態3に係るアンテナ装置の構成の一例を示すブロック図である。

[図8]この発明の実施の形態3に係るアンテナ装置の動作を示すフローチャートである。

[図9]この発明の実施の形態3に係るアンテナ装置の動作を説明する図であり、(a)各素子アンテナから出力された信号を示す図であり、(b)各位相制御部から出力された位相変調後の信号を示す図であり、(c)合成部から出力された信号を示す図である。

[図10]この発明の実施の形態4に係るアンテナ装置の構成の一例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、この発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1のアンテナ装置の構成の一例を示すブロック図である。以下では、アンテナ装置がM(Mは自然数)本のビームを形成する場合を例に説明を行う。

アンテナ装置は、図1に示すように、素子アンテナ1(1-1~1-K(Kは自然数))、低雑音増幅器(LNA:Low Noise Amplifier)2(2-1~2-K)、位相制御部3(3-1~3-K)、位相値列取得部4、位相値設定部5、合成部6、AD変換器(ADC)7、周波数計算部8、周波数変換部(DDC:Digital Down Converter)9(9-1~9-K)、フィルタリング部(LPF:Low Pass Filter)10(10-1~10-K)及びビーム形成部11を備えている。

[0012] 素子アンテナ1は、複数系統設けられ、電波(信号)を受信するものである。

LNA2は、系統毎に設けられ、対応する素子アンテナ1により受信された信号を増幅するものである。

[0013] 位相制御部3は、系統毎に設けられ、対応するLNA2により増幅された信号の位相を制御する移相器である。この位相制御部3は、位相値設定部5により設定された位相値で位相制御を行う。

[0014] 位相値列取得部 4 は、系統間で異なり且つ時間変化する位相値を与えた位相値列を得るものである。この際、位相値列取得部 4 は、自ら位相値列を生成してもよいし、メモリ等に記憶された位相値列を示すデータを読み出す構成としてもよい。

位相値設定部 5 は、位相値列取得部 4 により得られた位相値列に基づき、各位相制御部 3 での位相値を設定するものである。

なお、位相値列取得部 4、位相値設定部 5 及び後述する周波数計算部 8 は、ソフトウェアに基づく CPU を用いたプログラム処理によって実行される。

[0015] 合成部 6 は、各位相制御部 3 により位相が制御された信号を合成して、合成信号を生成するものである。

A D C 7 は、合成部 6 により生成された合成信号をデジタル化するものである。

[0016] 周波数計算部 8 は、位相値列取得部 4 により得られた位相値列から系統毎の周波数シフト量を算出するものである。

D D C 9 は、系統毎に設けられ、A D C 7 によりデジタル化された合成信号に対し、周波数計算部 8 により算出された対応する周波数シフト量を用いて周波数変換を行うものである。この際、D D C 9 は、対応する周波数シフト量を用いて、合成信号の周波数をデジタル信号処理でダウンコンバートすることで周波数変換を行う。

[0017] L P F 1 0 は、系統毎に設けられ、対応する D D C 9 により周波数変換された合成信号に対して低域周波数を通過させる低域フィルタリングを行うものである。これにより、合成信号を系統毎の信号に分離する。

ビーム形成部 1 1 は、各 L P F 1 0 により低域フィルタリングが行われた信号を用いて、ビーム信号を形成するものである。

[0018] 次に、上記のように構成されたアンテナ装置の動作について、図 2 ~ 4 を参照しながら説明する。

実施の形態 1 に係るアンテナ装置の動作では、図 2 に示すように、まず、

各素子アンテナ 1 は電波（信号）を受信し、各 L N A 2 はこの信号を増幅する（ステップ S T 2 0 1）。

[0019] 一方、位相値列取得部 4 は系統間で異なり且つ時間変化する位相値を与えた位相値列を得て、位相値設定部 5 はこの位相値列から各位相制御部 3 に対する位相値を設定する（ステップ S T 2 0 2）。

次いで、各位相制御部 3 は、対応する L N A 2 により増幅された信号に対し、位相値設定部 5 により設定された位相値で位相制御を行う（ステップ S T 2 0 3）。

[0020] ここで、一般的なアナログビーム形成方式のフェーズドアレーアンテナの場合、各位相制御部により、ビーム指向方向で信号の位相波面が揃うように位相が制御される。それに対し、実施の形態 1 のアンテナ装置では、各位相制御部 3 が、位相波面を揃える位相調整ではなく、位相値を時間とともに増加させることで、それぞれの信号を周波数シフトする。これを実現するため、位相値列取得部 4 では、時間とともに位相値が増加する位相値列を得る。

[0021] 例として、位相制御部 3 として 5 ビットのデジタル移相器を用い、図 3 に示すように、 Δt 秒間隔で位相値を制御することを考える。時刻 t における位相値 θ 度を (t, θ) と表現すると、例えば位相値を、 $(0, 0)$ 、 $(\Delta t, 11.25)$ 、 $(2\Delta t, 22.5)$ 、 $(3\Delta t, 33.75)$ 、 \dots のように変化させる。この場合、 Δt 秒間隔で 11.25 度位相を変化させるので、 360 度位相を回転させるのに $32\Delta t$ 秒必要となり、 $-1 / (32\Delta t)$ Hz だけ周波数をシフトすることができる。図 4 (a)、(b) に示すように、位相制御部 3 の制御間隔で位相値を一定値ずつ変化させることにより周波数をシフトさせる。周波数シフト前の信号の周波数を f とすると、この信号の周波数は上記位相制御部 3 により $f - 1 / (32\Delta t)$ となる。

[0022] そして、各素子アンテナ 1 間で位相値の変化量を変えたり、制御間隔を変えたりすることにより、各信号を異なる周波数にシフトできる。例えば、 $(0, 0)$ 、 $(\Delta t, 22.5)$ 、 $(2\Delta t, 45.0)$ 、 $(3\Delta t, 67.5)$ のように変化させる。

5), . . . のように上記の2倍の位相変化量で位相制御する。また、(0, 0), (Δt , 0), ($2\Delta t$, 11.25), ($3\Delta t$, 11.25), . . . のように上記の2倍の制御間隔で位相を制御する。前者は Δt 秒間隔で22.5度位相を回転させるので、 $1/(16\Delta t)$ Hzだけ周波数シフトできる。後者は $2\Delta t$ 秒間隔で11.25度位相を回転させるので、 $1/(64\Delta t)$ Hzだけ周波数シフトできる。このようにして、各素子アンテナ1の位相変化量を異なる値にする。

[0023] 次いで、合成部6は各位相制御部3により位相が制御された信号を合成して合成信号(周波数分割多重された信号)を生成し、ADC7はこの合成信号をデジタル化する(ステップST204, 205)。これにより、図4(c)に示すような合成信号を得ることができる。

[0024] 一方、周波数計算部8は、位相値列取得部4により得られた位相値列から系統毎の周波数シフト量 f_s ($f_s(1) \sim f_s(K)$)を算出する(ステップST206)。k番目($1 \leq k \leq K$)の系統での周波数シフト量 $f_s(k)$ ($1 \leq k \leq K$)の一例としては、前述の $1/(32\Delta t)$, $1/(16\Delta t)$, $1/(64\Delta t)$ が挙げられる。

[0025] 次いで、各DDC9は、ADC7によりデジタル化された合成信号に対し、周波数計算部8により算出された対応する周波数シフト量を用いて周波数変換を行う(ステップST207)。この際、DDC9は、合成信号に対して、 $f - f_s(k)$ ($1 \leq k \leq K$)の周波数の複素正弦波を乗積して周波数変換する。

[0026] 次いで、各LPF10は、対応するDDC9により周波数変換された合成信号に対して低域周波数を通過させる低域フィルタリングを行う(ステップST208)。この低域フィルタリングにより、他系統の信号が含まれないようにフィルタリングを行い、合成信号を系統毎の信号に分離する。

[0027] 次いで、ビーム形成部11は、各LPF10により低域フィルタリングされた信号を用いて、ビーム信号を形成する(ステップST209)。すなわち、各系統に分離された信号を用いてDBF処理を行い、M本のビーム信号

を形成する。

[0028] なお上記では、デジタル信号処理によりM本のビーム形成を行う例を示した。しかしながら、これに限るものではなく、デジタル信号処理で各素子アンテナ1の振幅位相を高精度に制御し低サイドローブ化したビームを形成することもできる。

[0029] 以上のように、この実施の形態1によれば、各位相制御部3により各系統の信号を周波数分割多重し、合成した後にデジタル化し、デジタル信号処理で各系統の信号に分離するようにしたので、従来構成に対してSNRの劣化を改善できる。また、ADC7を1つとすることができるため、従来構成に対して低コスト化及び低消費電力化を実現できる。また、各位相制御部3の位相値を時間変化させて各系統の信号を周波数分割多重するようにしたので、アナログビーム形成方式のフェーズドアレーアンテナ構成であっても、デジタル信号処理の改良を行うことでDBFを実現できる。

[0030] 実施の形態2.

実施の形態1では、ADC7でデジタル化した後に、DDC9及びLPF10を用いて合成信号を系統毎に分離する場合について示した。それに対し、実施の形態2では、各位相制御部3において、直交関係を有する周波数に各系統の信号を周波数シフトさせて周波数多重し、ADC7でデジタル化した信号に対し離散フーリエ変換を施して分離する場合について説明する。

[0031] 図5はこの発明の実施の形態2に係るアンテナ装置の構成の一例を示すブロック図である。この図5に示す実施の形態2に係るアンテナ装置は、図1に示す実施の形態1に係るアンテナ装置からDDC9及びLPF10を取除いてメモリ12、離散フーリエ変換部13及び抽出部14を追加し、位相値列取得部4を位相値列取得部4bに変更したものである。その他の構成は同様であり、同一の符号を付して異なる部分についてのみ説明する。

[0032] 位相値列取得部4bは、系統間で直交関係を有する周波数にシフトするよう、系統間で異なり且つ時間変化する位相値を与えた位相値列を得るものである。この際、位相値列取得部4bは、自ら位相値列を生成してもよいし、

メモリ等に記憶された位相値列を示すデータを読み出す構成としてもよい。

[0033] なお、実施の形態2における位相値設定部5では、位相値列取得部4bにより得られた位相値列に基づき、各位相制御部3での位相値を設定する。また、実施の形態2における周波数計算部8では、位相値列取得部4bにより得られた位相値列から系統毎の周波数シフト量を算出する。

[0034] メモリ12は、ADC7によりデジタル化された合成信号を逐一記録するものである。

離散フーリエ変換部13は、ADC7によりデジタル化された合成信号をメモリ12から読み出し、この合成信号を離散フーリエ変換することで周波数変換するものである。

[0035] 抽出部14は、離散フーリエ変換部13により周波数変換された信号から、周波数計算部8により計算された各周波数シフト量に基づく系統毎のシフト後の周波数に対応する信号を抽出するものである。

なお、離散フーリエ変換部13及び抽出部14は、ソフトウェアに基づくCPUを用いたプログラム処理によって実行される。

[0036] また、実施の形態2におけるビーム形成部11では、抽出部14により抽出された各信号を用いて、ビーム信号を形成する。

[0037] 次に、実施の形態2に係るアンテナ装置の動作について、図6を参照しながら説明する。

実施の形態2に係るアンテナ装置の動作では、図6に示すように、まず、各素子アンテナ1は電波（信号）を受信し、各LNA2はこの信号を増幅する（ステップS T 6 0 1）。

[0038] 一方、位相値列取得部4bは系統間で直交関係を有する周波数にシフトするよう系統間で異なり且つ時間変化する位相値を与えた位相値列を得て、位相値設定部5はこの位相値列から各位相制御部3に対する位相値を設定する（ステップS T 6 0 2）。例えば、後段の離散フーリエ変換で観測できる周波数の分解能を f_{res} とすると、位相制御後の周波数 $f - f_s(k)$ ($1 \leq k \leq K$) が f_{res} の整数倍となるような位相値列を得る。

次いで、各位相制御部 3 は、対応する L N A 2 により増幅された信号に対し、位相値設定部 5 により設定された位相値で位相制御を行う（ステップ S T 6 0 3）。

[0039] 次いで、合成部 6 は各位相制御部 3 により位相が制御された信号を合成して合成信号（周波数分割多重された信号）を生成し、A D C 7 はこの合成信号をデジタル化し、メモリ 1 2 はこのデジタル化された合成信号を逐一記録する（ステップ S T 6 0 4 ~ 6 0 6）。

[0040] 次いで、離散フーリエ変換部 1 3 は、全ての位相制御部 3 での位相が 3 6 0 度以上回転したかを判断する（ステップ S T 6 0 7）。このステップ S T 6 0 7 において、全ての位相制御部 3 での位相が 3 6 0 度以上回転していないと判断した場合には、シーケンスはステップ S T 6 0 7 に再び戻り、待機状態となる。

[0041] 一方、ステップ S T 6 0 7 において、離散フーリエ変換部 1 3 は、全ての位相制御部 3 での位相が 3 6 0 度以上回転したと判断した場合には、A D C 7 によりデジタル化された合成信号をメモリ 1 2 から読出し、この合成信号を離散フーリエ変換することで周波数変換する（ステップ S T 6 0 8）。

[0042] 一方、周波数計算部 8 は、位相値列取得部 4 b により生成された位相値列から系統毎の周波数シフト量 f_s ($f_s(1) \sim f_s(K)$) を計算する（ステップ S T 6 0 9）。

[0043] 次いで、抽出部 1 4 は、離散フーリエ変換部 1 3 により周波数変換された信号から、周波数計算部 8 により計算された各周波数シフト量に基づく系統毎のシフト後の周波数に対応する信号を抽出する（ステップ S T 6 1 0）。すなわち、離散フーリエ変換によって直交周波数成分の複素情報（振幅及び位相）を得ることができるので、抽出部 1 4 は、周波数計算部 8 により得られた周波数シフト量だけシフトした周波数の複素情報を出力する。これにより、合成信号を系統毎の信号に分離することができる。

[0044] 次いで、ビーム形成部 1 1 は、抽出部 1 4 により抽出された各信号を用いて、ビーム信号を形成する（ステップ S T 6 1 1）。

[0045] 以上のように、この実施の形態 2 によれば、各位相制御部 3 により各系統の信号を周波数分割多重し、合成した後にデジタル化し、デジタル信号処理で各系統の信号に分離するようにしたので、実施の形態 1 と同様の効果を得ることができる。

また、実施の形態 2 では、各位相制御部 3 により、各系統の信号を直交周波数に周波数シフトして周波数分割多重するように構成したので、周波数分割多重された信号から各系統の信号を分離する処理に離散フーリエ変換を用いることができ、実施の形態 1 に対して、デジタル信号処理の負荷を低減することができる。

[0046] 実施の形態 3.

実施の形態 1, 2 では、各位相制御部 3 での位相値を時間変化させ、各系統の信号を周波数シフトさせる場合について示した。それに対し、実施の形態 3 では、位相値列取得部 4 c で直交符号に基づく位相値列を得て、この位相値列を用いて各系統の信号の位相を制御して直交化し合成する。すなわち、各系統の信号を符号分割多重しデジタル信号処理で分離する場合について示す。

[0047] 図 7 はこの発明の実施の形態 3 に係るアンテナ装置の構成の一例を示すブロック図である。図 7 に示す実施の形態 3 に係るアンテナ装置は、図 1 に示す実施の形態 1 に係るアンテナ装置から DDC 9 及び LPF 10 を取除いて分離部 15 を追加し、位相値列取得部 4 を位相値列取得部 4 c に変更したものである。その他の構成は同様であり、異なる部分についてのみ説明を行う。

[0048] 位相値列取得部 4 c は、直交符号に基づき、系統間で直交関係を有し且つ時間変化する位相値を与えた位相値列を得るものである。この際、位相値列取得部 4 c は、自ら位相値列を生成してもよいし、メモリ等に記憶された位相値列を示すデータを読み出す構成としてもよい。

なお、実施の形態 3 における位相値設定部 5 では、位相値列取得部 4 c により得られた位相値列に基づき、各位相制御部 3 での位相値を設定する。

[0049] 分離部15は、系統毎に相関処理部151(151-1~151-K)を有し、ADC7によりデジタル化された合成信号と、位相値列取得部4cにより得られた位相値列との相関処理を行うことで、系統毎の信号に分離するものである。

この際、分離部15は、ADC7によりデジタル化された合成信号と、位相値列取得部4cにより得られた位相値列とを用いて、時間領域での畳込み演算を行うことで、上記相関処理を行う。又は、分離部15は、ADC7によりデジタル化された信号と、位相値列取得部4cにより得られた位相値列とを用いて、周波数領域でのフーリエ変換の内積演算を行うことで、上記相関処理を行ってもよい。

なお、位相値列取得部4c及び分離部15は、ソフトウェアに基づくCPUを用いたプログラム処理によって実行される。

[0050] また、実施の形態3におけるビーム形成部11では、分離部15により分離された各信号を用いて、ビーム信号を形成する。

[0051] 次に、実施の形態3に係るアンテナ装置の動作について、図8、9を参照しながら説明する。

実施の形態3に係るアンテナ装置の動作では、図8に示すように、まず、各素子アンテナ1は電波(信号)を受信し、各LNA2はこの信号を増幅する(ステップST801)。

[0052] 一方、位相値列取得部4cは直交符号に基づき系統間で直交関係を有し且つ時間変化する位相値を与えた位相値列を得て、位相値設定部5はこの位相値列から各位相制御部3に対する位相値を設定する(ステップST802)。すなわち、位相値列取得部4cにて、系統間で互いに直交する符号パターン群を生成する。このとき、各符号の取りうる値は多値であってもよいし、2値であってもよい。

[0053] 次いで、各位相制御部3は、対応するLNA2により増幅された信号に対し、位相値設定部5により設定された位相値で位相制御を行う(ステップST803)。このように、直交符号に基づく位相制御を行うことで、一種の

位相変調を施し、各系統の信号に対して直交化処理を行うことができる。例えば、直交符号が2値である場合、図9(a), (b)に示すように、 k ($1 \leq k \leq K$)番目の素子アンテナ $1-k$ に対応した直交符号が1の場合には位相制御部 $3-k$ の位相値を0度に、符号が-1の場合には位相値を180度(π [rad])に設定する。

[0054] 次いで、合成部6は各位相制御部3により位相が制御された信号を合成して合成信号(符号分割多重された信号)を生成し、ADC7はこの合成信号をデジタル化する(ステップST804, 805)。これにより、図9(c)に示すような合成信号を得ることができる。

[0055] 次いで、分離部15は、各相関処理部151により、ADC7によりデジタル化された合成信号と、位相値列取得部4cにより得られた位相値列との相関処理を行うことで、系統毎の信号に分離する(ステップST806)。この際、図9に示すように、各系統の信号は直交化されているため、本相関処理により各系統の信号に分離することができる。

[0056] 次いで、ビーム形成部11は、分離部15により分離された各信号を用いて、ビーム信号を形成する(ステップST807)。

[0057] 以上のように、この実施の形態3によれば、各位相制御部3により各系統の信号を直交符号化して符号分割多重し、合成した後にデジタル化し、相関処理で各系統の信号に分離するようにしたので、従来構成に対してSNRの劣化を改善できる。また、ADC7を1つとすることができるため、従来構成に対して低コスト化及び低消費電力化を実現できる。また、各位相制御部3の位相値を時間変化させて各系統の信号を符号分割多重するようにしたので、アナログビーム形成方式のフェーズドアレーアンテナ構成であっても、デジタル信号処理の改良を行うことでDBFを実現できる。

また、実施の形態3では、各位相制御部3により符号分割多重するのでADC7の処理帯域を拡大する必要はない。そのため、高価なADC7を使用せずにDBFを実現できる。

[0058] 実施の形態4.

図10はこの発明の実施の形態4に係るアンテナ装置の構成の一例を示すブロック図である。図10に示す実施の形態4に係るアンテナ装置は、図7に示す実施の形態3に係るアンテナ装置の位相値列取得部4cとしてアダマール行列取得部16を用いたものである。その他の構成は同様であり、同一の符号を付して異なる部分についてのみ説明を行う。

[0059] アダマール行列取得部16は、直交符号に基づく位相値列として、系統数以上の次元のアダマール行列を得るものである。この際、アダマール行列取得部16は、自らアダマール行列を生成してもよいし、メモリ等に記憶されたアダマール行列を示すデータを読み出す構成としてもよい。

[0060] なお、実施の形態4における位相値設定部5では、アダマール行列取得部16により得られたアダマール行列に基づき、各位相制御部3での位相値を設定する。また、実施の形態4における分離部15では、各相関処理部151により、ADC7によりデジタル化された合成信号と、アダマール行列取得部16により得られたアダマール行列との相関処理を行うことで、系統毎の信号に分離する。

[0061] また、実施の形態4に係るアンテナ装置の動作は、実施の形態3に係るアンテナ装置の動作の位相値列取得部4cの動作をアダマール行列取得部16の動作に置き換えた点以外は同様であり、その説明を省略する。

[0062] このアダマール行列は、正方行列であり、行列の要素値は+1か-1のいずれかの値である。また、任意の2つの行ベクトルはすべて直交する性質を有する。このアダマール行列は次式(1)で算出できる。

$$H_{2N} = \begin{bmatrix} +H_N & +H_N \\ +H_N & -H_N \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$H_1 = [1]$$

[0063] ここで、4系統(K=4)の場合を例に説明する。この場合、アダマール行列取得部16にて得られるアダマール行列は次式(2)となる。

$$H_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

- [0064] このアダマール行列において、各行のベクトルが各系統の直交符号系列である。そして、要素値が1の場合を位相値0度に対応させ、要素値が-1の場合を位相値180度に対応させる。この場合、例えば、第2系統の受信信号は、(0度、180度、0度、180度)のように位相値が制御される。
- [0065] このアダマール行列を用いることで、0度及び180度の2種類の位相値で直交符号を形成でき、各位相制御部3で用いられる移相器のビット数によらず、本符号を適用することができる。
- [0066] なお上記の通り、アダマール行列の次数は偶数となる。そのため、系統数Kが奇数の場合は、系統数Kを超える偶数次数のアダマール行列を生成し、そのうちのK個の行ベクトルを各系統の直交符号とする。
- [0067] 以上のように、この実施の形態4によれば、位相値列としてアダマール行列を用いても、実施の形態3と同様の効果を得ることができる。
- また、実施の形態4では、2値の位相値列で位相を制御するため、各位相制御部3のビット数を小さくでき、低コストでDBFを実現できる。
- [0068] なお、本願発明はその発明の範囲内において、各実施の形態の自由な組み合わせ、あるいは各実施の形態の任意の構成要素の変形、もしくは各実施の形態において任意の構成要素の省略が可能である。

産業上の利用可能性

- [0069] この発明に係るアンテナ装置は、SNRの劣化を改善し、従来構成に対して、低コスト化及び低消費電力化を実現でき、且つ、SNRの劣化を改善でき、アナログビーム形成方式のフェーズドアレーアンテナ構成でもDBFを実現できるため、デジタル信号でビームを形成するDBFを行うアンテナ装置等に用いるのに適している。

符号の説明

- [0070] 1 素子アンテナ、2 低雑音増幅器(LNA)、3 位相制御部、4、4b、4c 位相値列取得部、5 位相値設定部、6 合成部、7 AD変換器(ADC)、8 周波数計算部、9 周波数変換部(DDC)、10 フィルタリング部(LPF)、11 ビーム形成部、12 メモリ、13

離散フーリエ変換部、14 抽出部、15 分離部、16 アダマール行列
取得部、151 相関処理部。

請求の範囲

[請求項1]

複数系統設けられ、信号を受信する素子アンテナと、
前記系統毎に設けられ、対応する前記素子アンテナにより受信された信号の位相を制御する位相制御部と、
前記系統間で異なり且つ時間変化する位相値を与えた位相値列を得る位相値列取得部と、
前記位相値列取得部により得られた位相値列に基づき、各々の前記位相制御部での位相値を設定する位相値設定部と、
各々の前記位相制御部により位相が制御された信号を合成する合成部と、
前記合成部により合成された信号をデジタル化するA/D変換部と、
前記位相値列取得部により得られた位相値列から前記系統毎の周波数シフト量を算出する周波数計算部と、
前記系統毎に設けられ、前記A/D変換部によりデジタル化された信号に対し、前記周波数計算部により算出された対応する周波数シフト量を用いて周波数変換を行う周波数変換部と、
前記系統毎に設けられ、対応する前記周波数変換部により周波数変換された信号に対して低域フィルタリングを行うフィルタリング部と、
各々の前記フィルタリング部により低域フィルタリングが行われた信号を用いて、ビーム信号を形成するビーム形成部と
を備えたアンテナ装置。

[請求項2]

前記位相制御部は移相器であることを特徴とする請求項1記載のアンテナ装置。

[請求項3]

複数系統設けられ、信号を受信する素子アンテナと、
前記系統毎に設けられ、対応する前記素子アンテナにより受信された信号の位相を制御する位相制御部と、
前記系統間で直交関係を有する周波数にシフトするよう、当該系統

間で異なり且つ時間変化する位相値を与えた位相値列を得る位相値列取得部と、

前記位相値列取得部により得られた位相値列に基づき、各々の前記位相制御部での位相値を設定する位相値設定部と、

各々の前記位相制御部により位相が制御された信号を合成する合成部と、

前記合成部により合成された信号をデジタル化するA/D変換部と、

前記A/D変換部によりデジタル化された信号を周波数変換する離散フーリエ変換部と、

前記位相値列取得部により得られた位相値列から前記システム毎の周波数シフト量を算出する周波数計算部と、

前記離散フーリエ変換部により周波数変換された信号から、前記周波数計算部により計算された各周波数シフト量に基づく前記システム毎のシフト後の周波数に対応する信号を抽出する抽出部と、

前記抽出部により抽出された各信号を用いて、ビーム信号を形成するビーム形成部と

を備えたアンテナ装置。

[請求項4] 前記位相制御部は移相器である

ことを特徴とする請求項3記載のアンテナ装置。

[請求項5] 複数システム設けられ、信号を受信する素子アンテナと、

前記システム毎に設けられ、対応する前記素子アンテナにより受信された信号の位相を制御する位相制御部と、

直交符号に基づき、前記システム間で直交関係を有し且つ時間変化する位相値を与えた位相値列を得る位相値列取得部と、

前記位相値列取得部により得られた位相値列に基づき、各々の前記位相制御部での位相値を設定する位相値設定部と、

各々の前記位相制御部により位相が制御された信号を合成する合成部と、

前記合成部により合成された信号をデジタル化するA/D変換部と、
前記A/D変換部によりデジタル化された信号と、前記位相値列取得部により得られた位相値列との相関処理を行うことで、前記システム毎の信号に分離する分離部と、

前記分離部により分離された各信号を用いて、ビーム信号を形成するビーム形成部と

を備えたアンテナ装置。

[請求項6] 前記位相制御部は移相器である

ことを特徴とする請求項5記載のアンテナ装置。

[請求項7] 前記位相値列取得部は、2値の前記直交符号に基づき、180度異なる位相値を割り当てた前記位相値列を得る

ことを特徴とする請求項5記載のアンテナ装置。

[請求項8] 前記位相値列取得部は、前記位相値列として前記システム数以上の次元のアダマール行列を得るアダマール行列取得部である

ことを特徴とする請求項5記載のアンテナ装置。

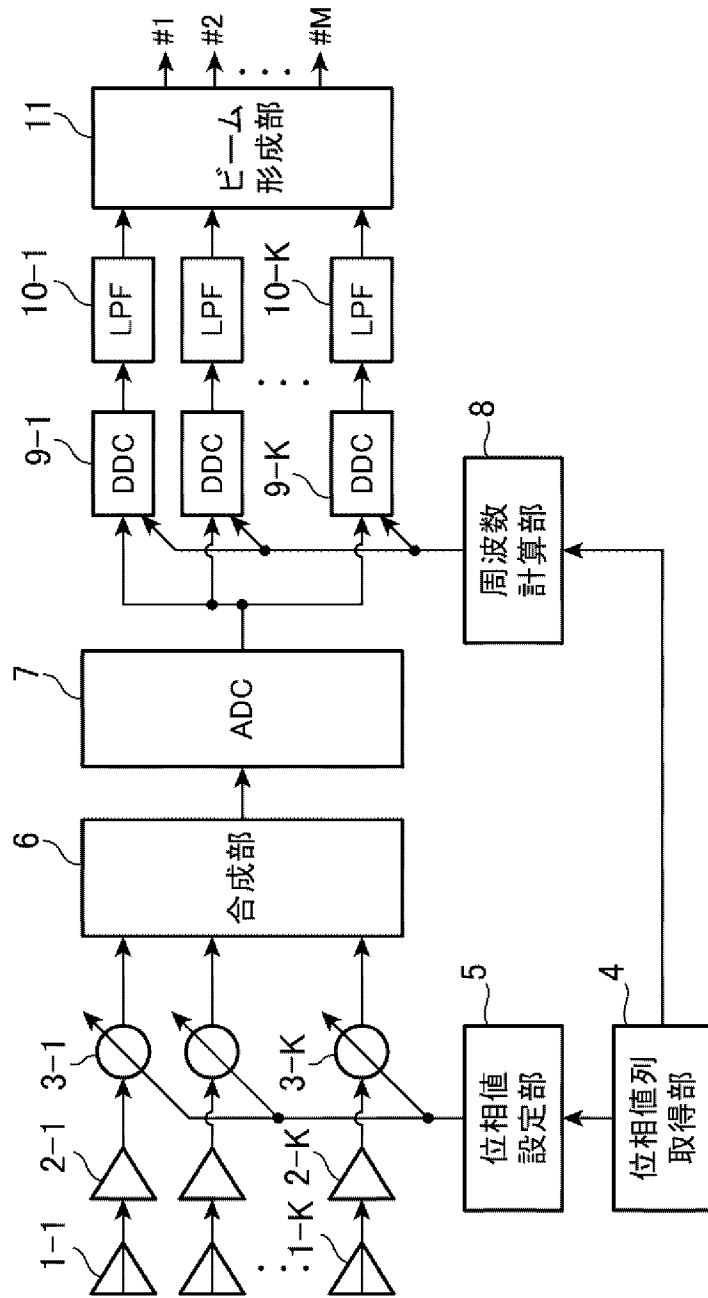
[請求項9] 前記分離部は、前記A/D変換部によりデジタル化された信号と、前記位相値列取得部により得られた位相値列とを用いて、時間領域での畳込み演算を行うことで、前記相関処理を行う

ことを特徴とする請求項5記載のアンテナ装置。

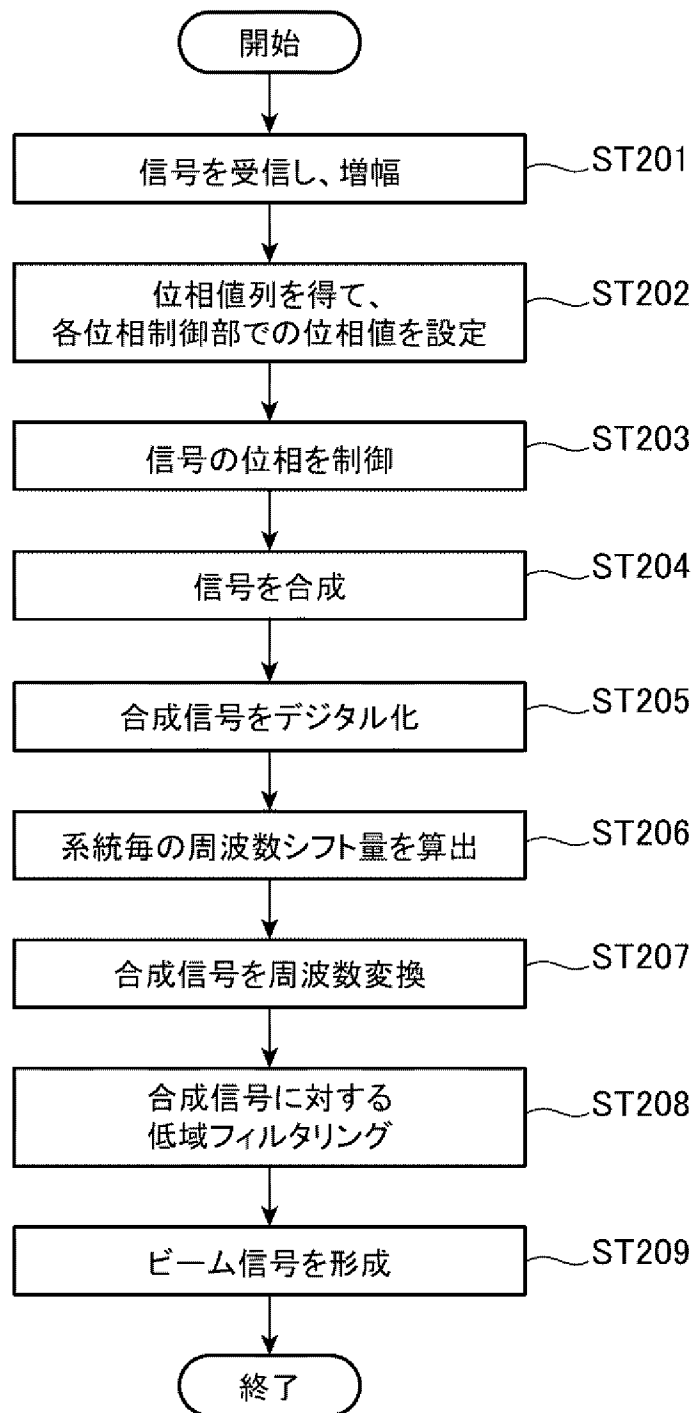
[請求項10] 前記分離部は、前記A/D変換部によりデジタル化された信号と、前記位相値列取得部により得られた位相値列とを用いて、周波数領域でのフーリエ変換の内積演算を行うことで、前記相関処理を行う

ことを特徴とする請求項5記載のアンテナ装置。

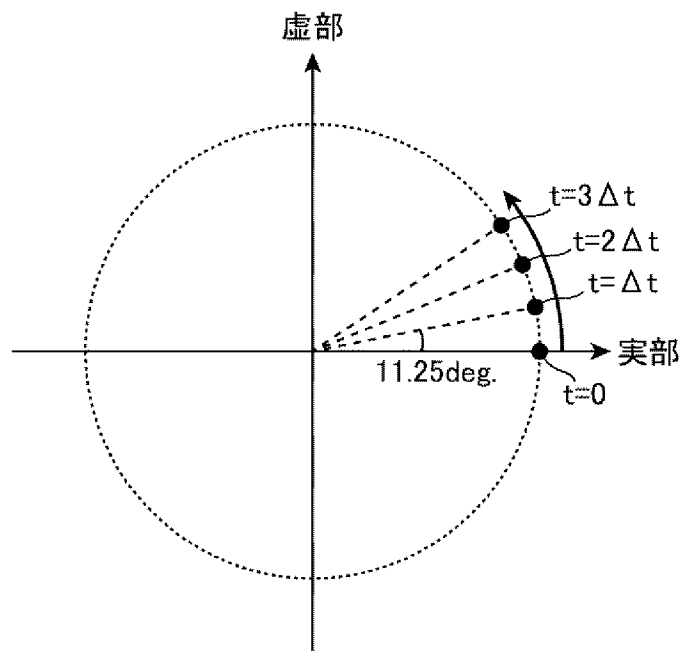
[図1]



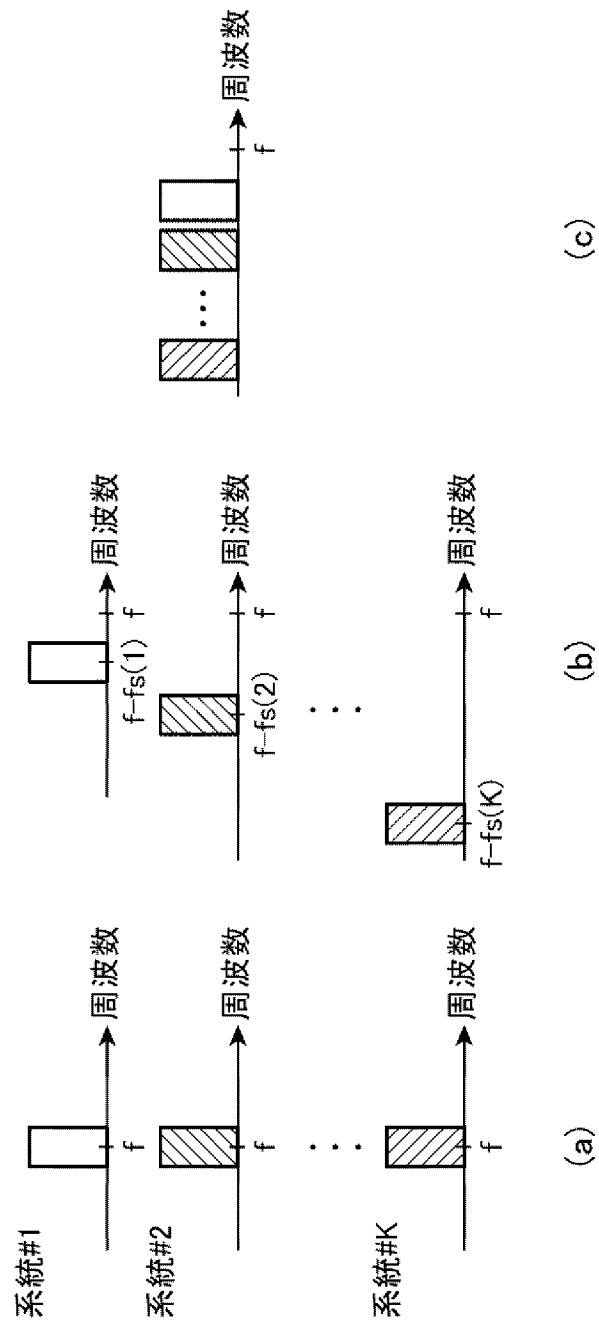
[図2]



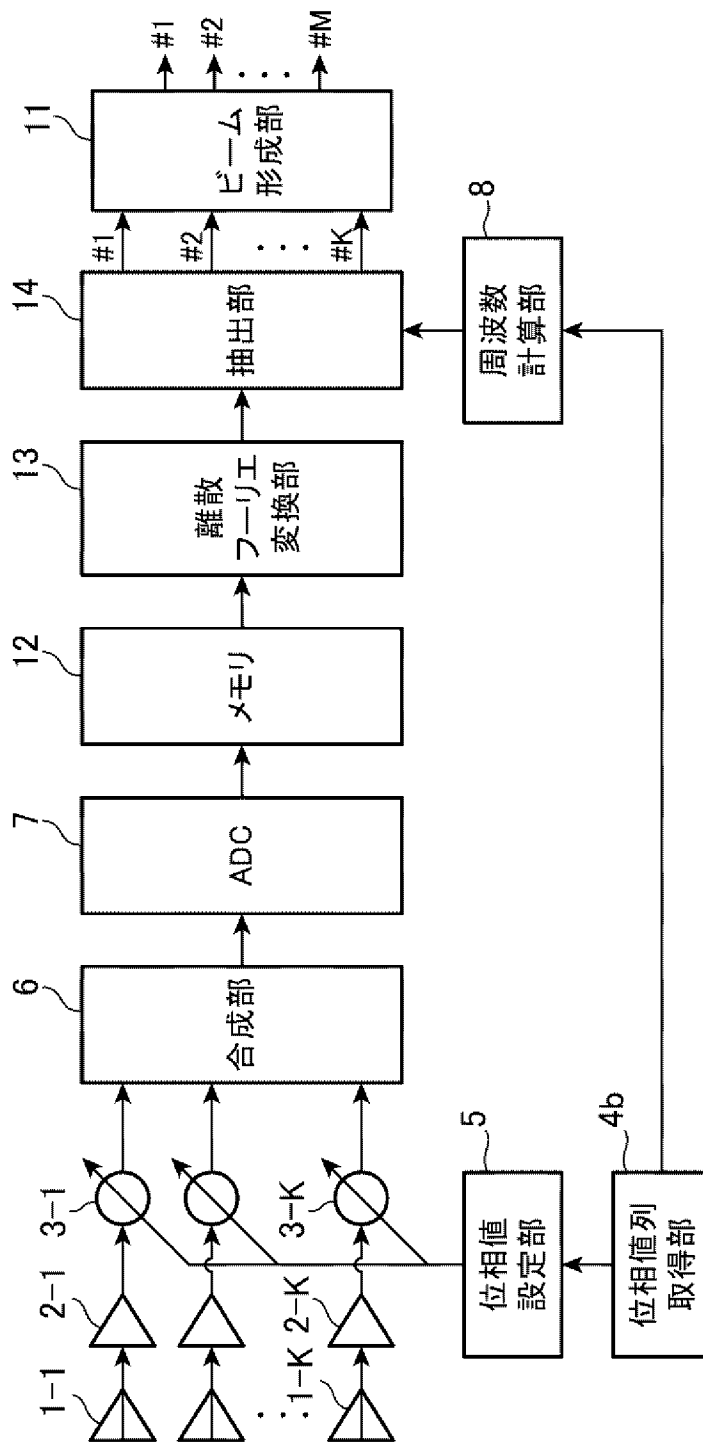
[図3]



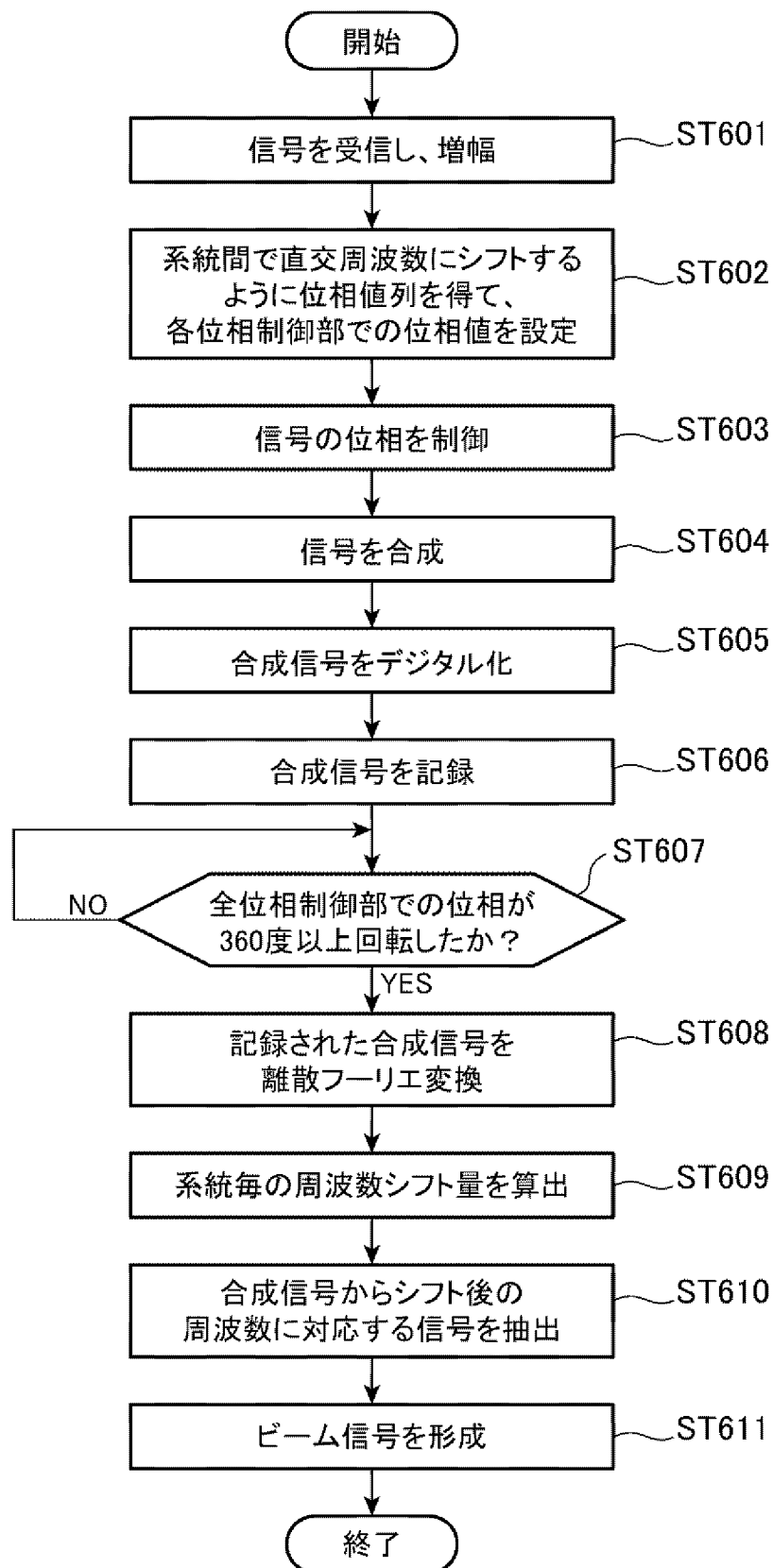
[図4]



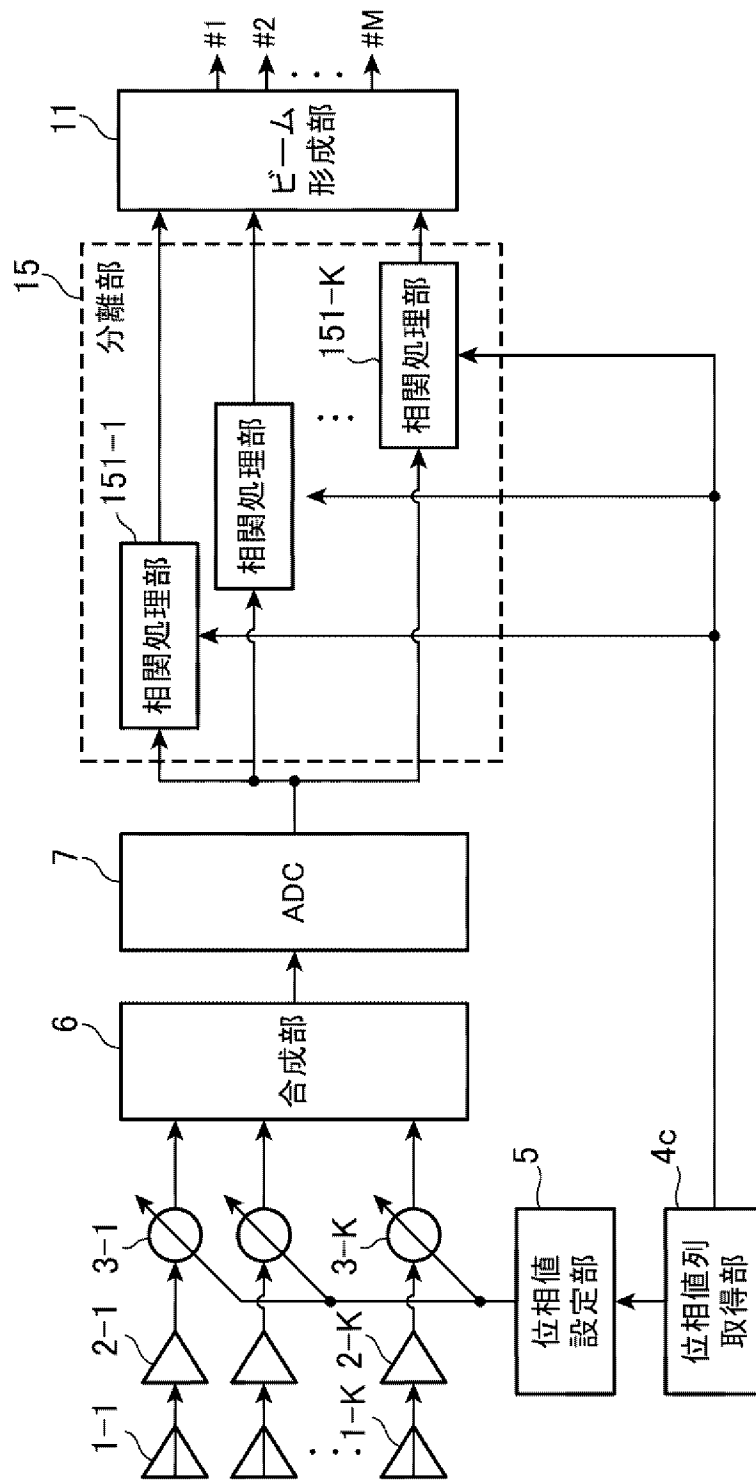
[図5]



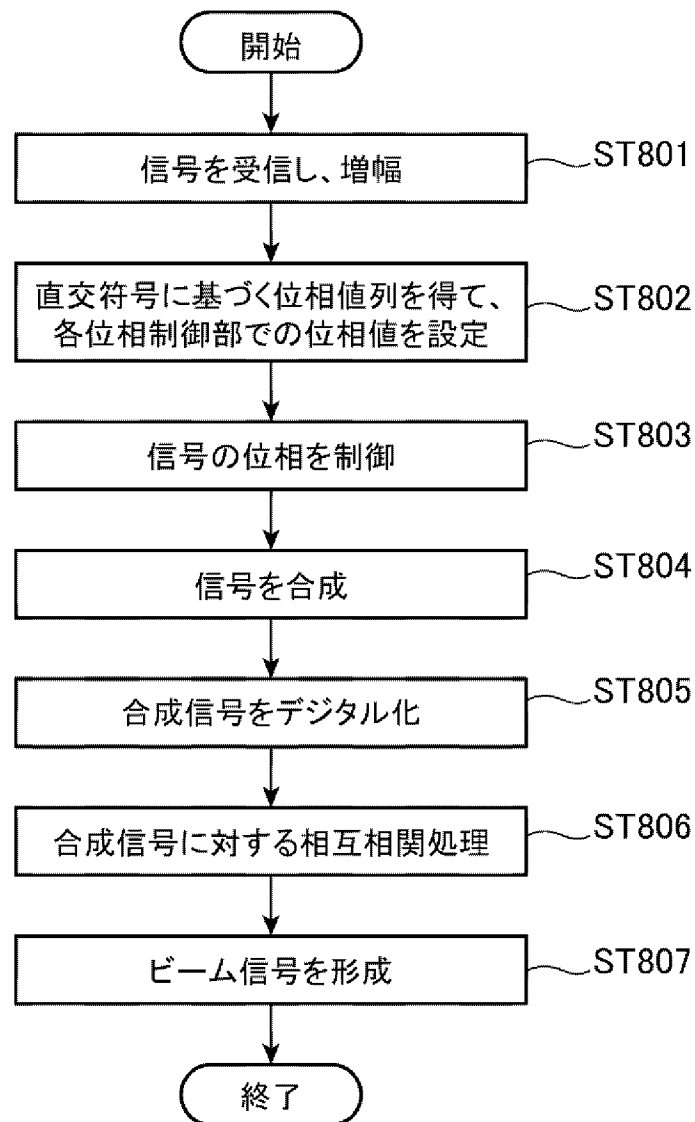
[図6]



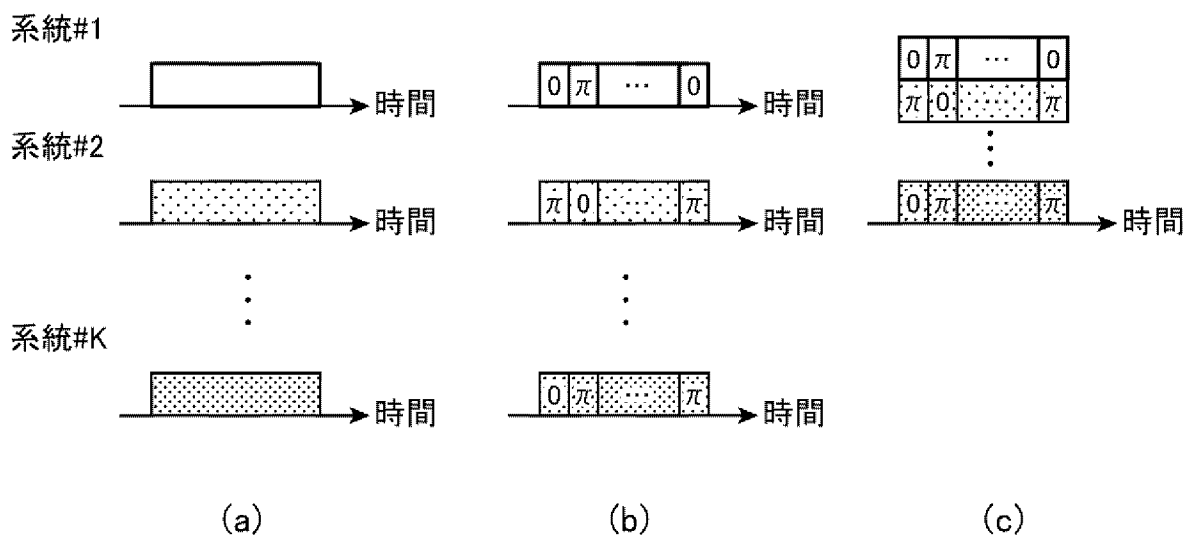
[図7]



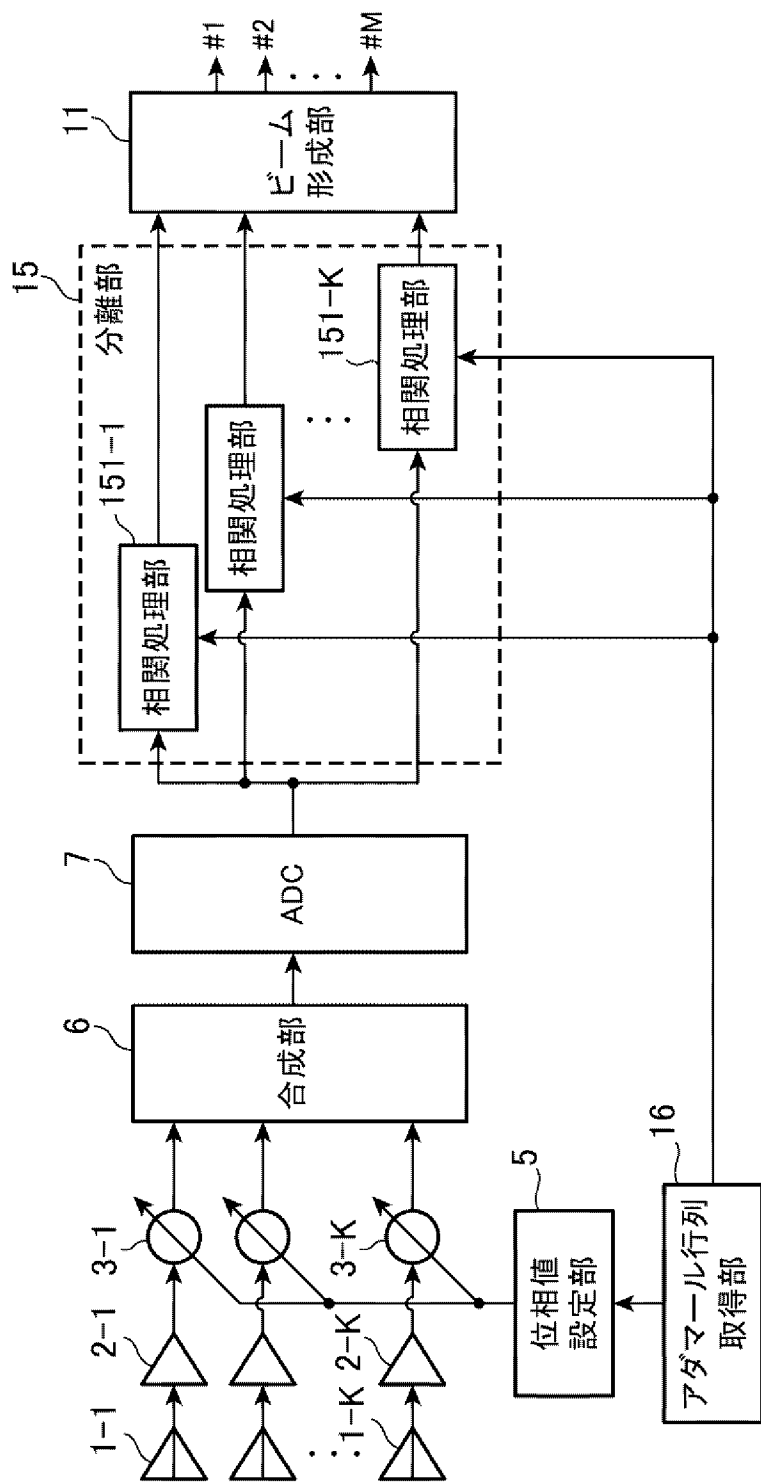
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/053399

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 A	JP 2005-260720 A (Mitsubishi Electric Corp.), 22 September 2005 (22.09.2005), paragraphs [0012] to [0024]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-4 5-10
X Y	JP 2000-101494 A (NEC Saitama, Ltd.), 07 April 2000 (07.04.2000), paragraphs [0017] to [0023], [0033], [0037]; fig. 1 & US 6717929 B1	5-7 8-10
Y	JP 2003-134017 A (Mitsubishi Electric Corp.), 09 May 2003 (09.05.2003), abstract; paragraphs [0008] to [0010]; fig. 1 (Family: none)	5-7, 9, 10

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 16 March 2015 (16.03.15)	Date of mailing of the international search report 24 March 2015 (24.03.15)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/053399

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 2003-032144 A (Furuno Electric Co., Ltd.), 31 January 2003 (31.01.2003), paragraph [0004] (Family: none)	5-7, 9, 10
Y	JP 2003-521822 A (Metawave Communications Corp.), 15 July 2003 (15.07.2003), paragraphs [0028] to [0030]; fig. 1 & US 6108565 A & WO 1999/014870 A2 & WO 2001/059876 A1 & DE 69822672 D & AU 9488598 A & NO 20001026 A & BR 9812816 A & PL 339462 A & CA 2302547 A & IL 135099 D & ID 25859 A & AT 262757 T & HK 1032863 A & CN 1278971 A & AU 3496401 A	8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） 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（IPC）） 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 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015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 請求項の番号
X	JP 2005-260720 A（三菱電機株式会社）2005.09.22, 段落 [0012]-[0024], [図1][図2]（ファミリーなし）	1-4
A		5-10
X	JP 2000-101494 A（埼玉日本電気株式会社）2000.04.07, 段落 [0017]-[0023][0033][0037], [図1] & US 6717929 B1	5-7
Y		8-10
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 16.03.2015	国際調査報告の発送日 24.03.2015	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 石田 昌敏 電話番号 03-3581-1101 内線 3576	5W 4181

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 請求項の番号
Y	JP 2003-134017 A (三菱電機株式会社) 2003.05.09, 要約, 段落 [0008]-[0010], [図1] (ファミリーなし)	5-7, 9, 10
Y	JP 2003-032144 A (古野電気株式会社) 2003.01.31, 段落[0004] (フ ァミリーなし)	5-7, 9, 10
Y	JP 2003-521822 A (メタウエイブ・コミュニケーションズ・コーポ レイション) 2003.07.15, 段落[0028]-[0030], [図1] & US 6108565 A & WO 1999/014870 A2 & WO 2001/059876 A1 & DE 69822672 D & AU 9488598 A & NO 20001026 A & BR 9812816 A & PL 339462 A & CA 2302547 A & IL 135099 D & ID 25859 A & AT 262757 T & HK 1032863 A & CN 1278971 A & AU 3496401 A	8