

(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
2020年6月18日(18.06.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/121919 A1

(51) 国際特許分類:
H04B 10/2575 (2013.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/047479

(22) 国際出願日: 2019年12月4日(04.12.2019)

(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 2018-231144 2018年12月10日(10.12.2018) JP

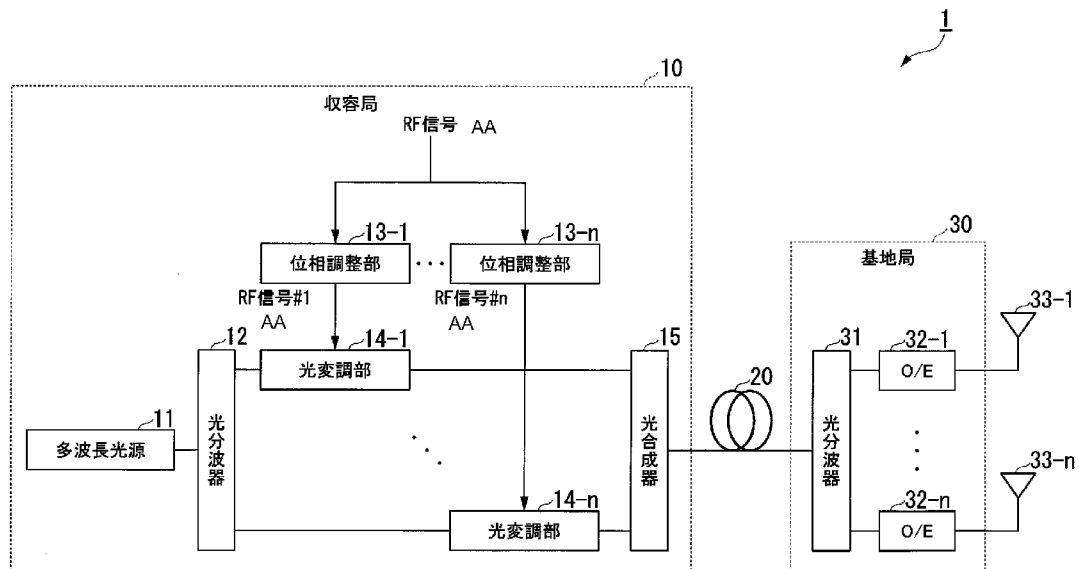
(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 伊藤 耕大(ITO Kota); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 大槻 暢朗(OTSUKI Nobuaki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 菅 瑞紀(SUGA Mizuki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 北 直樹(KITA Naoki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 1 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 志賀国際特許事務所 (SHIGA INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).

(54) Title: WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM, MASTER STATION DEVICE AND WIRELESS COMMUNICATION METHOD

(54) 発明の名称: 無線通信システム、親局装置及び無線通信方法



10 Local station

11 Multi-wavelength light source

12, 31 Optical demultiplexer

13-1, 13-n Phase adjustment unit

14-1, 14-n Optical modulation unit

15 Optical multiplexer

30 Base station

AA RF signal

(57) Abstract: This master station device is connected to a slave station device which emits, from multiple antenna elements, a transmission signal which was optically received via an optical transmission path. The master station device is equipped with: an optical signal output unit for outputting optical signals of multiple wavelengths; a phase adjustment unit which, for each wavelength, adjusts the phase of the transmission signal on the basis of the phase rotation received during transmission along the optical transmission path of the optical signal and the phase in the antenna element corre-



(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

sponding to the wavelength of said optical signal; an optical modulation unit which, for each wavelength, modulates the optical signal outputted by the optical signal output unit by using the transmission signal which has undergone a phase adjustment according to the wavelength of said optical signal; and an optical multiplexing unit for multiplexing the optical modulation signals of each wavelength and outputting the same along the optical transmission path. The slave station device is equipped with an optical demultiplexing unit for demultiplexing the optical modulation signals transmitted along the optical transmission path, and an optical-electrical conversion unit for outputting the transmission signals obtained by converting the optical modulation signals of each wavelength into electrical signals to each of the multiple antenna elements which correspond to the wavelengths.

(57) 要約: 親局装置は、光伝送路を介して光により受信した送信信号を複数のアンテナ素子から放射する子局装置と接続される。親局装置は、複数の波長の光信号を出力する光信号出力部と、波長別に、光信号が光伝送路を伝送中に受ける位相回転と、当該光信号の波長に対応するアンテナ素子における位相とに基づいて送信信号の位相を調整する位相調整部と、波長別に、光信号出力部が出力した光信号を、当該光信号の波長に応じて位相が調整された送信信号により変調する光変調部と、波長別の光変調信号を合波して光伝送路に出力する光合成部とを備える。子局装置は、光伝送路を伝送した光変調信号を分波する光分波部と、波長別の光変調信号を電気信号に変換して得た送信信号を、波長に対応した複数のアンテナ素子それぞれに出力する光電気変換部とを備える。

明 細 書

発明の名称：無線通信システム、親局装置及び無線通信方法

技術分野

[0001] 本発明は、無線通信システム、親局装置及び無線通信方法に関する。

背景技術

[0002] 無線通信サービスにおいて、高速伝送が可能な周波数帯としてミリ波帯が注目されている。しかし、ミリ波帯は伝搬損失が大きいため、長距離伝送が困難であるという問題がある。

[0003] この問題の解決策の1つとして、R o F (Radio over Fiber) システムが知られている。R o F システムでは、収容局 (親局) が、伝送したい R F (Radio Frequency : 無線周波数) 信号により光キャリアを強度変調し、その変調信号を光ファイバで伝送する。基地局 (子局) は、光ファイバを介して受信した光信号を R F 信号に戻し、その R F 信号をアンテナから電波として放射する。このような R o F システムを利用することにより、ミリ波帯 R F 信号の長距離伝送が可能となる。

[0004] しかしながら、ミリ波帯に R o F システムを適用したとしても、今度は基地局のカバーエリア拡大が課題となる。その解決策の1つがアレーアンテナによるビームフォーミングである。アレーアンテナによるビームフォーミングでは、アレーアンテナの各アンテナ素子に入射する R F 信号の位相を制御し、各アンテナ素子から放射される電波を互いに干渉させる。これにより、全体として電波の放射方向を制御する。

[0005] R o F システムにおけるビームフォーミングとして、光ファイバ伝送時の波長分散によって各波長の光信号間に遅延差が生じることを利用して、光キャリアの波長を制御することでアンテナ素子に入射する R F 信号の位相を制御する技術が知られている (例えば、特許文献1 参照)。

[0006] 図3は、特許文献1の技術を適用した示した R o F システム900のブロック図である。収容局910の多波長可変光源911は、複数の光信号を出

力する。これら光信号間の波長間隔は、任意に変更可能である。光変調器 912 は、伝送する RF 信号により各波長の光信号を変調する。これにより、光変調器 912 は、複数の光変調信号を出力する。各光変調信号は光ファイバ 920 内を伝送する。その際に、各光変調信号には、波長分散の影響により、波長毎に異なる遅延差が生じる。基地局 930 の光分波器 931 は、光ファイバ 920 内を伝送した複数の光変調信号を波長毎に分岐する。複数の O/E（光／電気）変換器 932-1、…、932-n はそれぞれ、分岐された各波長の光変調信号を電気信号に変換する。アンテナ素子 933-1、…、933-n は、変換後の電気信号を RF 信号として放射する。この際、光ファイバ 920 内伝送時の波長分散による遅延差のため RF 信号にも位相差が生じ、指向性を形成することができる。

[0007] また、RF システムに限らず、光信号を用いてアレーアンテナのビームフォーミングを行う手法がある。その一つとして、波長の制御を行わず、各アンテナ素子に固定波長を割り振っておき、各波長の光信号に対して、波長分散や経路差を利用して遅延差を生じさせる技術が知られている（例えば、非特許文献 1 参照）。

[0008] 図 4 は、非特許文献 1 の技術を適用した無線システム 905 の図である。多波長光源 951 は、複数の異なる波長の光信号を出力する。光変調器 952 は、伝送する RF 信号により各波長の光信号を変調する。これにより、光変調器 952 は、複数の光変調信号を出力する。各光変調信号は、PDM (programmable dispersion matrix) 953 に送られる。

[0009] 図 5 は、PDM 953 の構成を示すブロック図である。PDM 953 は、 $n+1$ 個の 2×2 光スイッチ 961-1、…、961- $(n+1)$ と、分散値がそれぞれ D_0 、 $2D_0$ 、…、 $2^{n-1}D_0$ の n 個の分散要素 962-1、962-2、…、962-n とから構成される。分散要素 962-1、…、962-n は、分散ファイバやグレーティングファイバなどにより構成される。PDM 953 は、 2×2 光スイッチ 961-1、…、961- $(n+1)$ を切り替えることで、全体としての分散値を調整する。PDM 953 に入力さ

れた各光変調信号には、PDM953により調整された分散値に従った異なる遅延差が生じる。

[0010] 図4に示す無線システム905の光分波器954は、PDM953から出力された複数の光変調信号を波長毎に分岐する。各波長は、各アンテナ素子956-1、…、956-nにあらかじめ対応しているため、光分岐は固定的である。複数のO/E（光／電気）変換器955-1、…、955-nはそれぞれ、分岐された各波長の光変調信号を電気信号に変換する。アンテナ素子956-1、…、956-nは、変換後の電気信号をRF信号として放射する。この際、PDM953の分散による遅延差のためRF信号にも位相差が生じ、指向性を形成することができる。

[0011] 以上を整理すると、特許文献1は、波長を可変とし、分散を固定として変調光信号に遅延差を生じさせる手法であり、非特許文献1は、波長を固定とし、分散を可変として変調光信号に遅延差を生じさせる手法である。

先行技術文献

特許文献

[0012] 特許文献1：特許第4246724号公報

非特許文献

[0013] 非特許文献1：Dennis T. K. Tong, Ming C. Wu, "A Novel Multiwavelength Optically Controlled Phased Array Antenna with a Programmable Dispersion Matrix", IEEE Photonics Technology Letters, 1996年6月, VOL.8, NO.6, p.812-814

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0014] 上述のように、特許文献1の技術は、波長を可変とし、分散を固定として変調光信号に遅延差を生じさせる。このとき、指向性を形成する方向やファイバ長、RF信号の周波数によっては、光変調信号間の波長間隔を大きく調整する必要がある。そのため、利用する波長帯が広がってしまい、波長利

用効率の低下が考えられる。特に、WDM (Wavelength Division Multiplex) - PON (Passive Optical Network) では、各基地局に異なる波長を使用しなければならない。このような状況で、特許文献 1 の技術を適用すると、WDM - PON にさらにビームフォーミングのための波長帯をあらかじめ設定しておかなければならなくなり、利用する波長帯は大幅に拡大してしまう。

[0015] また、特許文献 1 の技術では、指向性形成のために波長を調整する。従って、基地局のアンテナ素子に送る波長も調整する必要がある。そのため、基地局の光分波器は、指向性形成の度に、基地局のアンテナ素子に送る波長を変更する必要がある、指向性を動的に変更する際にはさらに光分波器の分岐も動的に変更する必要がある。これは、基地局の光分波器の制御が必要であることを意味する。

[0016] R o F システムを適用する利点の一つは、R F 信号の長距離伝送以外に、収容局に機能を集約することで基地局を簡易化できることである。しかし、特許文献 1 の技術では、基地局の光分波器の制御が必要となり、基地局の簡易化に限界がある。

[0017] 一方、非特許文献 1 の技術は、波長を固定とし、分散を可変として変調光信号に遅延差を生じさせる。このとき、波長が固定であるため、波長利用効率は特許文献 1 よりも良い。また、光分岐は固定的であるため、光分波器を制御する必要がない。しかし、分散を調整するための P D M の設計・製作には、高い精度が必要になると考えられる。従って、装置の大型化・高コスト化の恐れがある。

[0018] また、非特許文献 1 には、R o F への適用に関する言及はない。そのため、非特許文献 1 に R o F を適用して長距離光ファイバ伝送する場合には、P D M による分散調整以外に、光ファイバ伝送時の波長分散の影響も考慮しなければならない。

[0019] 上記事情に鑑み、本発明は、波長利用効率の悪化や高コスト化をおさえつつ、基地局制御が不要な R o F システムを実現することができる無線通信シ

ステム、親局装置及び無線通信方法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

[0020] 本発明の一実施形態は、親局装置と、光伝送路を介して前記親局装置から光により受信した送信信号を複数のアンテナ素子から放射する子局装置とを有する無線通信システムであって、前記親局装置は、複数の異なる波長の光信号を出力する光信号出力部と、前記波長別に、前記波長の前記光信号が前記光伝送路を伝送中に受ける位相回転と、当該波長に対応する前記アンテナ素子における位相とに基づいて前記送信信号の位相を調整する位相調整部と、前記波長別に、前記光信号出力部が出力した前記波長の前記光信号を、当該波長に応じて前記位相調整部が位相を調整した前記送信信号により変調して光変調信号を生成する光変調部と、前記光変調部が生成した前記波長別の前記光変調信号を合波して前記光伝送路に出力する光合成部とを備え、前記子局装置は、前記光伝送路を伝送した前記光変調信号を前記波長により分波する光分波部と、前記光分波部が分波した前記波長別の前記光変調信号を電気信号に変換して得た前記送信信号を、前記波長に対応した複数の前記アンテナ素子それぞれに出力する光電気変換部とを備える、無線通信システムである。

[0021] 本発明の一実施形態は、上述の無線通信システムであって、前記光信号出力部は、多波長光源及び前記多波長光源が出力した光信号を前記波長ごとに分離する光分波器とを有する、又は、それぞれ異なる前記波長の光信号を出力する複数の光源を有する。

[0022] 本発明の一実施形態は、上述の無線通信システムであって、複数の前記波長それぞれの前記光信号が前記光伝送路を伝送中に受ける前記位相回転は、いずれかの前記波長の光信号が前記光伝送路を伝送中に受ける位相回転の量と、異なる前記波長それぞれの光信号が前記光伝送路を伝送中に受ける前記位相回転の量の差分とから得られる。

[0023] 本発明の一実施形態は、光伝送路を介して光により受信した送信信号を複数のアンテナ素子から放射する子局装置と接続される親局装置であって、複

数の異なる波長の光信号を出力する光信号出力部と、前記波長別に、前記波長の前記光信号が前記光伝送路を伝送中に受ける位相回転と、当該波長に対応する前記アンテナ素子における位相とに基づいて前記送信信号の位相を調整する位相調整部と、前記波長別に、前記光信号出力部が出力した前記波長の前記光信号を、当該波長に応じて前記位相調整部が位相を調整した前記送信信号により変調して光変調信号を生成する光変調部と、前記光変調部が生成した前記波長別の前記光変調信号を合波して前記光伝送路に出力する光合成部と、を備える親局装置である。

[0024] 本発明の一実施形態は、親局装置と、光伝送路を介して前記親局装置から光により受信した送信信号を複数のアンテナ素子から放射する子局装置とを有する無線通信システムが実行する無線通信方法であって、前記親局装置が、複数の異なる波長の光信号を出力する光信号出力ステップと、前記波長別に、前記波長の前記光信号が前記光伝送路を伝送中に受ける位相回転と、当該波長に対応する前記アンテナ素子における位相とに基づいて前記送信信号の位相を調整する位相調整ステップと、前記波長別に、前記光信号出力ステップにおいて出力された前記波長の前記光信号を、当該波長に応じて前記位相調整ステップにおいて位相を調整した前記送信信号により変調して光変調信号を生成する光変調ステップと、前記光変調ステップにおいて生成された前記波長別の前記光変調信号を合波して前記光伝送路に出力する光合成ステップと、前記子局装置が、前記光伝送路を伝送した前記光変調信号を前記波長により分波する光分波ステップと、前記光分波ステップにおいて分波された前記波長別の前記光変調信号を電気信号に変換して得た前記送信信号を、前記波長に対応した複数の前記アンテナ素子それぞれに出力する光電気変換ステップと、を有する無線通信方法である。

発明の効果

[0025] 本発明により、波長利用効率の悪化や高コスト化をおさえつつ、基地局制御が不要なR o Fシステムを実現することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]本発明の第1の実施形態による光制御ビームフォーミングシステムの構成を示すブロック図である。

[図2]第2の実施形態による光制御ビームフォーミングシステムの構成を示すブロック図である。

[図3]従来技術を適用したR o Fシステムの構成を示すブロック図である。

[図4]従来技術を適用した無線システムの構成を示すブロック図である。

[図5]図4におけるPDMの構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0027] 以下、図面を参照しながら本発明の実施形態を詳細に説明する。本実施形態の無線通信システムは、ビームフォーミングを行うR o Fシステムとして用いられる。本実施形態の無線通信システムにおいて、収容局（親局）装置は、基地局（子局）装置に向けて光ファイバ伝送する複数の波長それぞれの光信号を、光ファイバ伝送時に波長分散で生じる位相回転を予め補償したR F信号により光変調する。これにより、波長利用効率の悪化や高コスト化をおさえつつ、基地局制御が不要なビームフォーミング型R o Fシステムを実現することができる。以下に詳細な実施形態を説明する。

[0028] <第1の実施形態>

図1は、第1の実施形態による光制御ビームフォーミングシステム1の構成を示すブロック図である。光制御ビームフォーミングシステム1は、無線通信システムの一例である。同図に示す光制御ビームフォーミングシステム1は、収容局10と、基地局30とを有する。収容局10は親局装置であり、基地局30は子局装置である。収容局10及び基地局30は、光ファイバ20により接続される。

[0029] 収容局10は、多波長光源11と、光分波器12と、位相調整部13-1、…、13-n（nは2以上の整数、以下同じ）と、光変調部14-1、…、14-nと、光合成器15とを備える。基地局30は、光分波器31と、O/E（光/電気）変換器32-1、…、32-nと、アンテナ素子33-1、…、33-nとを備える。

[0030] 多波長光源 11 は、波長 λ_1 、 $\dots$ 、 λ_n の光信号を生成する。光分波器 12 は、波長 λ_1 、 $\dots$ 、 λ_n の光信号を固定的に分岐する。位相調整部 13-i (i は 1 以上 n 以下の整数、以下同じ) は、RF 信号に対し、基地局 30 のアンテナ素子 33-i における位相と、光ファイバ 20 の伝送時に波長 λ_i の光変調信号が波長分散の影響で受ける位相回転とに基づいて、RF 信号に位相調整を行う。位相調整部 13-i は、位相調整により生成された RF 信号 # i を出力する。光変調部 14-i は、波長 λ_i の光信号を RF 信号 # i により変調して光変調信号を生成する。光合成器 15 は、光変調部 14-i から波長 λ_i の光変調信号を入力する。光合成器 15 は、入力した波長 λ_1 、 $\dots$ 、 λ_n それぞれの光変調信号を合成し、合成した光変調信号を光ファイバ 20 に出力する。光ファイバ 20 は、光変調信号を伝送する。

[0031] 基地局 30 の光分波器 31 は、光ファイバ 20 が伝送した光変調信号を固定的に分岐する。光分波器 31 は、分岐した波長 λ_i の光変調信号を O/E 変換器 32-i に出力する。O/E 変換器 32-i は、波長 λ_i の光変調信号を電気信号に変換し、アンテナ素子 33-i に出力する。アンテナ素子 33-i は、O/E 変換器 32-i が出力した電気信号を RF 信号として放射する。このとき、位相調整部 13-i における位相調整により、RF 信号に位相差が生じ、指向性を形成することができる。

[0032] 光制御ビームフォーミングシステム 1 の動作の詳細について説明する。

収容局 10 の多波長光源 11 は、 n 個の相異なる波長 λ_1 、 $\dots$ 、 λ_n の光信号を生成する。 n 個の波長 λ_1 、 $\dots$ 、 λ_n のうち、任意の 1 つの波長 λ_i について考えると、波長 λ_i は、光変調部 14-i 及びアンテナ素子 33-i に対応している。光分波器 12 は、多波長光源 11 が生成した波長 λ_1 、 $\dots$ 、 λ_n の光信号を固定的に分岐し、各波長に応じた光変調部 14-1、 $\dots$ 、14-n それぞれに出力する。光分岐は固定的なため、光分波器 12 の制御は必要ない。

[0033] 位相調整部 13-i は、入力される RF 信号に対し、基地局 30 のアンテナ素子 33-i における位相と、光ファイバ伝送時に波長 λ_i の光変調信号

が波長分散の影響で受ける位相回転をふまえて、位相調整を行う。位相調整部 13-i は、位相調整された RF 信号 # i を出力する。

[0034] 波長 λ_i の光変調信号が光ファイバ 20 を伝送するとき、波長分散の影響を受けて位相回転する。波長 λ_i の光変調信号が光ファイバ 20 を伝送するときに RF 信号として受ける位相回転量を ϕ_i とする。つまり、光変調部 14-i に入力される RF 信号 # i と、基地局 30 が波長 λ_i の光変調信号を変換して放射する RF 信号との位相差を ϕ_i とする。

また、アンテナ素子 33-i が放射する RF 信号の位相を θ_i とする。このとき、位相調整部 13-i は、入力された RF 信号の位相を $\theta_i - \phi_i$ に調整した RF 信号 # i を出力する。光変調部 14-i は、波長 λ_i の光信号を RF 信号 # i により変調し、光変調信号を出力する。

[0035] 一般に、光信号を RF 信号で変調した信号は DSB (double side band) 信号となる。

この DSB 信号を光ファイバ伝送すると、波長分散の影響を受け、下側波帯と上側波帯との間に遅延差が生じ、フェージングが発生する。そのため、伝送可能な光ファイバ長が制限されてしまう。RF 信号の周波数が高くなるほど、側波帯間の間隔が広がるため、フェージングの影響が顕著になる。この波長分散によるフェージングを回避するため、光変調部 14-i は、光変調信号を SSB (single side band) 信号や 2 トーン信号にするなど、波長分散によるフェージング対策を行う機能を有していてもよい。

[0036] 光合成器 15 は、光変調部 14-1、…、14-n それぞれが出力した波長 λ_1 、…、 λ_n の光変調信号を合成し、1 本の光ファイバ 20 に伝送する。光信号が光ファイバ伝送されるとき、波長分散の影響を受け、波長毎に異なる遅延差を生じる。前述のとおり、波長 λ_i の光変調信号が光ファイバ 20 中を伝送するとき、波長分散の影響を受けて RF 信号として ϕ_i だけ位相回転する。

[0037] 基地局 30 の光分波器 31 は、光ファイバ 20 中を伝送した波長 λ_1 、…、 λ_n の光変調信号を固定的に分岐し、それぞれをアンテナ素子 33-1、

…、 $33-n$ に出力する。

光分岐は固定的なため、光分波器31の制御は必要ない。つまり、基地局30を制御する必要がない。

[0038] O/E変換器32-iは、分岐された波長 λ_i の光変調信号をRF信号に変換する。波長 λ_i の光変調信号は、位相が $\theta_i - \phi_i$ に調整されたRF信号#iにより変調されており、さらに光ファイバ20の伝送時にRF信号として ϕ_i だけ位相回転した。そのため、波長 λ_i の光変調信号をO/E変換して得られたRF信号の位相は、 $\theta_i - \phi_i + \phi_i = \theta_i$ となる。よって、位相 θ_i のRF信号が、アンテナ素子33-iから放射される。このとき、各アンテナ素子33-1、…、33-nから放射されるRF信号に位相差が生じ、指向性を形成することができる。

[0039] つまり、アンテナ素子33-iで放射するRF信号の位相を θ_i としたい場合、位相調整部13-iは、入力されたRF信号の位相を $\theta_i - \phi_i$ に調整すればよい。

[0040] <第1の実施形態の変形例>

第1の実施形態の多波長光源11が生成するn個の相異なる波長 λ_1 、…、 λ_n の間隔が十分小さい場合、各波長 λ_1 、…、 λ_n に対する光ファイバ20の分散値は等しいとみなせる。このとき、波長 λ_1 、…、 λ_n の間隔を等しくすると、波長 λ_1 、…、 λ_n の光変調信号が光ファイバ20を伝送する時に波長分散によって受ける位相回転の間隔も等しくなる。よって、位相調整部13-1、…、13-nにおける位相調整を簡易化できる。

[0041] 多波長光源11が生成する光信号の波長 λ_1 、…、 λ_n の波長間隔が等しい場合、 $\lambda_i = \lambda_1 + (i-1)\Delta\lambda$ と表せる。この波長 λ_1 、…、 λ_n の光変調信号が光ファイバ伝送されるとき、波長分散の影響を受け、RF信号として ϕ_i 位相回転する。ここで、波長 λ_1 、…、 λ_n の波長間隔は等しく、かつ分散値も等しいため、位相回転量も等間隔となる。つまり、 $\phi_i = \phi_1 + (i-1)\Delta\phi$ となる。位相調整部13-iは、入力されたRF信号の位相を $\theta_i - \phi_i = \theta_i - \{\phi_1 + (i-1)\Delta\phi\}$ に調整すればよい。

[0042] 上記のような計算により、各波長 λ_1 、 $\dots$ 、 λ_n の光変調信号について、RF信号としての位相回転量 ϕ_1 、 $\dots$ 、 ϕ_n をそれぞれ算出するのではなく、 ϕ_1 と $\Delta\phi$ のみを算出してからそれらの代数演算を行い、位相調整量を求めることもできる。なお、 $\Delta\phi$ は、隣接する波長の光変調信号それぞれが光ファイバ20を伝送する際にRF信号として受ける相回転量の差分である。例えば、 $\Delta\phi$ は、波長 λ_j （ j は1以上 $n-1$ 以下の整数）の位相回転量 ϕ_j と、波長 λ_k （ $j < k$ 、 k は2以上 n 以下の整数）の位相回転量 ϕ_k との差分を（ $k-j$ ）により除算することにより求めることができる。また、 ϕ_1 に限らず、いずれかの波長 λ_m の位相回転量 ϕ_m （ m は1以上 n 以下の整数）を用い、 $\phi_i = \phi_m + (i-m)\Delta\phi$ を算出してもよい。

[0043] <第2の実施形態>

第1の実施形態の収容局（親局）では、1台の多波長光源により異なる波長の光信号を生成可能な多波長光源を有していた。本実施形態の収容局は、複数のそれぞれ光源それぞれにより、異なる波長の光信号を生成する。以下では、第1の実施形態との差分を中心に説明する。

[0044] 図2は、第2の実施形態による光制御ビームフォーミングシステム1aの構成を示すブロック図である。同図において、図1に示す第1の実施形態による光制御ビームフォーミングシステム1と同一の部分には同一の符号を付している。同図に示す光制御ビームフォーミングシステム1aが、図1に示す光制御ビームフォーミングシステム1と異なる点は、収容局10に代えて収容局10aを備える点である。収容局10aが、図1に示す収容局10と異なる点は、多波長光源11及び光分波器12に代えて、光源41-1、 $\dots$ 、41-nを備える点である。

[0045] 光源41-1、 $\dots$ 、41-nは、それぞれ相異なる波長の光信号を生成する。光源41-iは、波長 λ_i の光信号を生成する。光変調部14-iは、光源41-iから波長 λ_i の光信号を入力し、位相調整部13-iがRF信号を位相調整して得られたRF信号#iにより変調する。

[0046] 光制御ビームフォーミングシステム1aの動作の詳細について説明する。

収容局 10a の光源 41-1、…、41-n はそれぞれ、n 個の相異なる波長 λ_1 、…、 λ_n の光信号を生成する。すなわち、光源 41-i は、波長 λ_i の光信号を生成する。

n 個の波長 λ_1 、…、 λ_n のうち、任意の 1 つの波長 λ_i について考えると、波長 λ_i は、光変調部 14-i 及びアンテナ素子 33-i に対応している。光変調部 14-1、…、4-n はそれぞれ、波長 λ_1 、…、 λ_n の光信号を入力する。以下の処理は、第 1 の実施形態の光制御ビームフォーミングシステム 1 と同様である。

[0047] すなわち、位相調整部 13-i は、入力された RF 信号の位相を $\theta_i - \phi_i$ に調整し、出力する。この位相調整量は、基地局 30 のアンテナ素子 33-i が放射する RF 信号の位相 θ_i と、光ファイバ 20 の伝送時に波長 λ_i の光変調信号が RF 信号として波長分散の影響で受ける位相回転量 ϕ_i とに基づく。光変調部 14-i は、波長 λ_i の光信号を RF 信号 # i で変調し、光変調信号を出力する。波長分散によるフェージングを回避するため、光変調部 14-i は、第 1 の実施形態と同様に、光変調信号を SSB 信号や 2 トーン信号にするなど波長分散によるフェージング対策を行う機能を有していてもよい。光合成器 15 は、光変調部 14-1、…、14-n それぞれが出力した波長 λ_1 、…、 λ_n の光変調信号を合成し、1 本の光ファイバ 20 に伝送する。波長 λ_i の光変調信号が光ファイバ中を伝送されるとき、波長分散の影響を受け、RF 信号として ϕ_i だけ位相回転する。

[0048] 基地局 30 の光分波器 31 は、光ファイバ 20 中を伝送した波長 λ_1 、…、 λ_n の光変調信号を固定的に分岐し、それぞれをアンテナ素子 33-1、…、33-n に出力する。

光分岐は固定的なため、光分波器 31 の制御は必要ない。つまり、基地局 30 を制御する必要がない。O/E 変換器 32-i は、O/E 変換により、波長 λ_i の光変調信号を RF 信号に変換する。波長 λ_i の光変調信号は、位相が $\theta_i - \phi_i$ に調整された RF 信号 # i により変調されており、さらに光ファイバ 20 の伝送時に RF 信号として ϕ_i だけ位相回転した。そのため、O

／E変換により得られたRF信号の位相は θ_i となる。この位相 θ_i のRF信号は、アンテナ素子 $33-i$ から放射される。このとき、各アンテナ素子 $33-1$ 、 $\dots$ 、 $33-n$ から放射されるRF信号に位相差が生じ、指向性を形成することができる。

[0049] <第2の実施形態の変形例>

第2の実施形態の光源 $41-1$ 、 $\dots$ 、 $41-n$ により生成される n 個の異なる波長 λ_1 、 $\dots$ 、 λ_n の間隔が十分小さい場合、各波長 λ_1 、 $\dots$ 、 λ_n に対する光ファイバ20の分散値は等しいとみなせる。つまり、 $\lambda_i = \lambda_1 + (i-1)\Delta\lambda$ と表せる。このとき、波長 λ_1 、 $\dots$ 、 λ_n の光変調信号が光ファイバ20を伝送する時に波長分散によって受ける位相回転の間隔も等しくなる。よって、第1の実施形態と同様に、位相調整部 $13-1$ 、 $\dots$ 、 $13-n$ における位相調整を簡易化できる。

[0050] すなわち、波長 λ_i の光変調信号は、光ファイバ20中を伝送するとき、波長分散の影響を受け、RF信号として ϕ_i 位相回転する。波長 λ_1 、 $\dots$ 、 λ_n の波長間隔が等しく、かつ分散値も等しいため、各波長間の位相回転量も等間隔となる。つまり、 $\phi_i = \phi_1 + (i-1)\Delta\phi$ となる。よって、各波長 λ_1 、 $\dots$ 、 λ_n の光変調信号について、RF信号としての位相回転量 ϕ_1 、 $\dots$ 、 ϕ_n をそれぞれ算出するのではなく、 ϕ_1 と $\Delta\phi$ のみを算出してからそれらの代数演算を行い、位相調整量を求めることもできる。

[0051] 以上説明した実施形態によれば、R o Fシステムの収容局（親局）装置は、基地局（子局）装置に向けて光ファイバ伝送する複数の光信号の各々を、光ファイバ伝送時に波長分散で生じる位相回転を予め補償したRF信号により光変調する。よって、波長および分散を固定とした上で、光変調信号に光ファイバ伝送における遅延差を生じさせることにより、波長利用効率の悪化や高コスト化をおさえつつ、基地局制御を不要としながら、R o Fシステムにおけるビームフォーミングを実現することができる。

[0052] 上述した実施形態によれば、無線通信システム（例えば、光制御ビームフォーミングシステム1、1a）は、親局装置（例えば、収容局10、10a

）と、光伝送路（例えば、光ファイバ20）を介して親局装置から光により受信した送信信号を複数のアンテナ素子（例えば、アンテナ素子33-1～33-n）から放射する子局装置（例えば、基地局30）とを有する。

[0053] 親局装置は、光信号出力部と、位相調整部と、光変調部と、光合成部とを備える。光信号出力部は、複数の異なる波長の光信号を出力する。位相調整部（例えば、位相調整部13-1～13-n）は、波長別に、一の波長の光信号が光伝送路を伝送中に受ける位相回転と、当該波長に対応するアンテナ素子における位相とに基づいて送信信号の位相を調整する。光変調部（光変調部14-1～14-n）は、波長別に、光信号出力部が出力した一の波長の光信号を、当該波長に応じて位相調整部が位相を調整した送信信号により変調して光変調信号を生成する。光合成部（例えば、光合成器15）は、光変調部が生成した波長別の光変調信号を合波して光伝送路に出力する。

[0054] 子局装置は、光分波部（例えば、光分波器31）と、光電気変換部（例えば、O/E変換部32-1～32-n）とを備える。光分波部は、光伝送路を伝送した光変調信号を波長により分波する。光電気変換部は、光分波部が分波した波長別の光変調信号を電気信号に変換し、波長に対応した複数のアンテナ素子（例えば、アンテナ素子33-1～33-n）それぞれに出力する。

[0055] なお、光信号出力部は、多波長光源（例えば、多波長光源11）と、多波長光源が出力した光信号を波長ごとに分離する光分波器（例えば、光分波器12）とを有してもよい。

また、光信号出力部は、それぞれ異なる波長の光信号を出力する複数の光源（例えば、光源41-1～41-n）を有してもよい。

[0056] また、複数の波長それぞれの光信号が光伝送路を伝送中に受ける位相回転を、いずれかの波長の光信号が光伝送路を伝送中に受ける位相回転の量と、異なる波長それぞれの光信号が光伝送路を伝送中に受ける位相回転の量の差分とから得てもよい。

[0057] 以上、この発明の実施形態について図面を参照して詳述してきたが、具体

的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も含まれる。

符号の説明

[0058] 1、1 a…光制御ビームフォーミングシステム、 1 0、1 0 a…収容局、
1 1…多波長光源、 1 2…光分波器、 1 3-1～1 3-n…位相調整部、
1 4-1～1 4-n…光変調部、 1 5…光合成器、 2 0…光ファイバ、
3 0…基地局、 3 1…光分波器、 3 2-1～3 2-n…O/E変換器、
3 3-1～3 3-n…アンテナ素子、 4 1-1～4 1-n…光源

請求の範囲

- [請求項1] 親局装置と、光伝送路を介して前記親局装置から光により受信した送信信号を複数のアンテナ素子から放射する子局装置とを有する無線通信システムであって、
- 前記親局装置は、
- 複数の異なる波長の光信号を出力する光信号出力部と、
- 前記波長別に、前記波長の前記光信号が前記光伝送路を伝送中に受ける位相回転と、当該波長に対応する前記アンテナ素子における位相とに基づいて前記送信信号の位相を調整する位相調整部と、
- 前記波長別に、前記光信号出力部が出力した前記波長の前記光信号を、当該波長に応じて前記位相調整部が位相を調整した前記送信信号により変調して光変調信号を生成する光変調部と、
- 前記光変調部が生成した前記波長別の前記光変調信号を合波して前記光伝送路に出力する光合成部とを備え、
- 前記子局装置は、
- 前記光伝送路を伝送した前記光変調信号を前記波長により分波する光分波部と、
- 前記光分波部が分波した前記波長別の前記光変調信号を電気信号に変換して得た前記送信信号を、前記波長に対応した複数の前記アンテナ素子それぞれに出力する光電気変換部とを備える、
- 無線通信システム。
- [請求項2] 前記光信号出力部は、多波長光源及び前記多波長光源が出力した光信号を前記波長ごとに分離する光分波器とを有する、又は、それぞれ異なる前記波長の光信号を出力する複数の光源を有する、
- 請求項1に記載の無線通信システム。
- [請求項3] 複数の前記波長それぞれの前記光信号が前記光伝送路を伝送中に受ける前記位相回転は、いずれかの前記波長の光信号が前記光伝送路を伝送中に受ける位相回転の量と、異なる前記波長それぞれの光信号が

前記光伝送路を伝送中に受ける前記位相回転の量の差分とから得られる、

請求項 1 又は請求項 2 に記載の無線通信システム。

[請求項4]

光伝送路を介して光により受信した送信信号を複数のアンテナ素子から放射する子局装置と接続される親局装置であって、

複数の異なる波長の光信号を出力する光信号出力部と、

前記波長別に、前記波長の前記光信号が前記光伝送路を伝送中に受ける位相回転と、当該波長に対応する前記アンテナ素子における位相とに基づいて前記送信信号の位相を調整する位相調整部と、

前記波長別に、前記光信号出力部が出力した前記波長の前記光信号を、当該波長に応じて前記位相調整部が位相を調整した前記送信信号により変調して光変調信号を生成する光変調部と、

前記光変調部が生成した前記波長別の前記光変調信号を合波して前記光伝送路に出力する光合成部と、

を備える親局装置。

[請求項5]

親局装置と、光伝送路を介して前記親局装置から光により受信した送信信号を複数のアンテナ素子から放射する子局装置とを有する無線通信システムが実行する無線通信方法であって、

前記親局装置が、

複数の異なる波長の光信号を出力する光信号出力ステップと、

前記波長別に、前記波長の前記光信号が前記光伝送路を伝送中に受ける位相回転と、当該波長に対応する前記アンテナ素子における位相とに基づいて前記送信信号の位相を調整する位相調整ステップと、

前記波長別に、前記光信号出力ステップにおいて出力された前記波長の前記光信号を、当該波長に応じて前記位相調整ステップにおいて位相を調整した前記送信信号により変調して光変調信号を生成する光変調ステップと、

前記光変調ステップにおいて生成された前記波長別の前記光変調信

号を合波して前記光伝送路に出力する光合成ステップと、

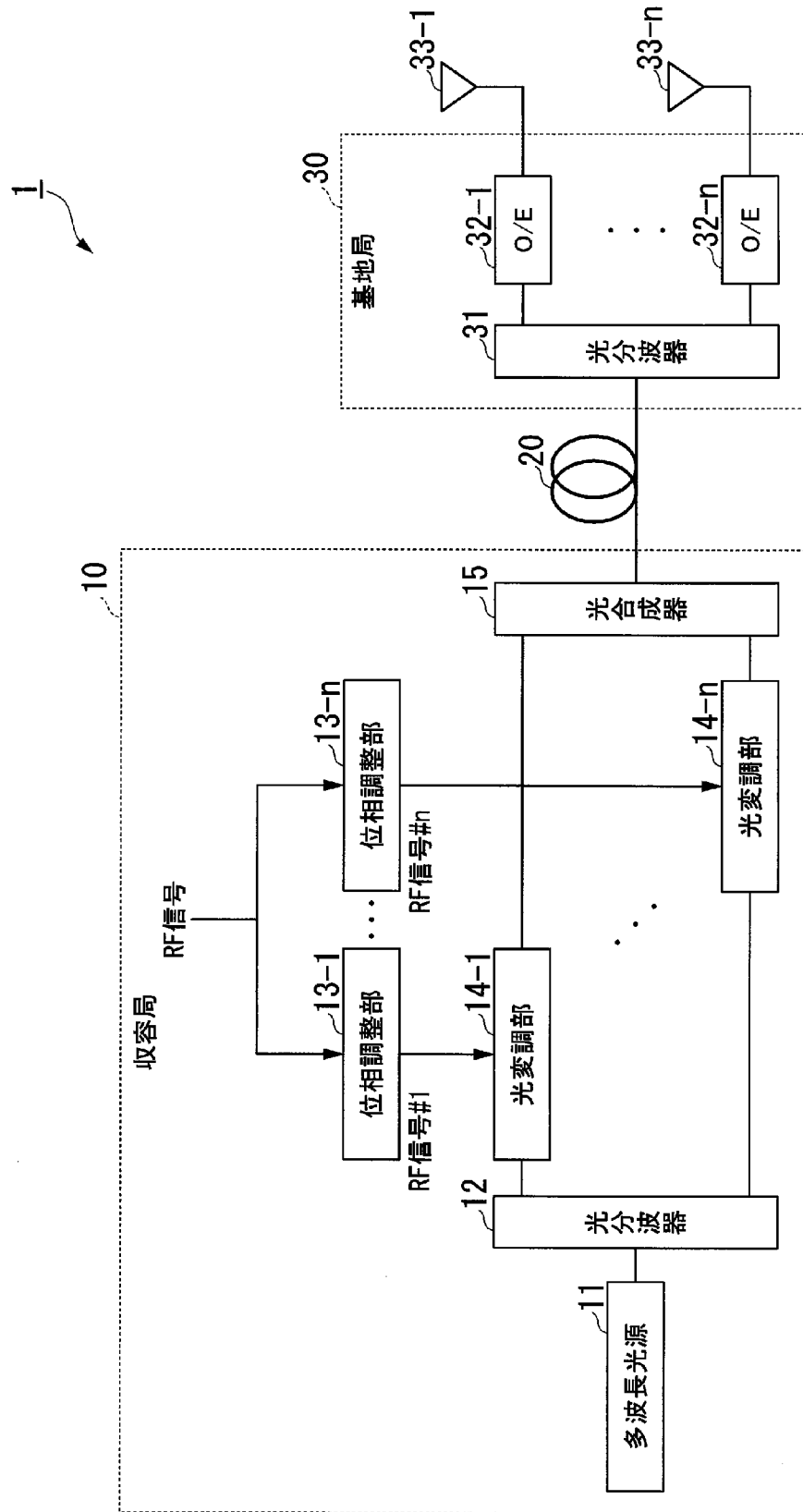
前記子局装置が、

前記光伝送路を伝送した前記光変調信号を前記波長により分波する
光分波ステップと、

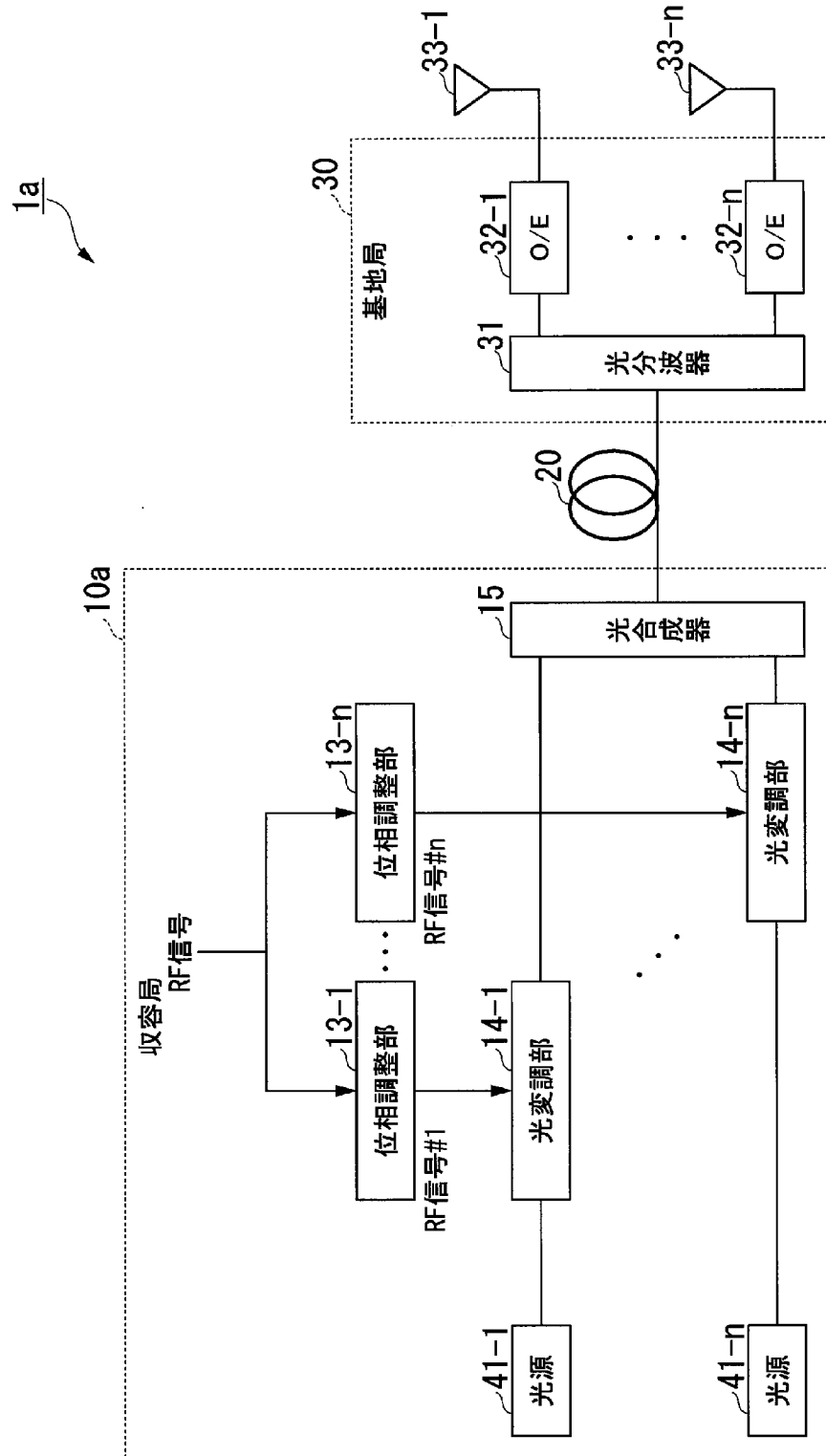
前記光分波ステップにおいて分波された前記波長別の前記光変調信号を電気信号に変換して得た前記送信信号を、前記波長に対応した複数の前記アンテナ素子それぞれに出力する光電気変換ステップと、

を有する無線通信方法。

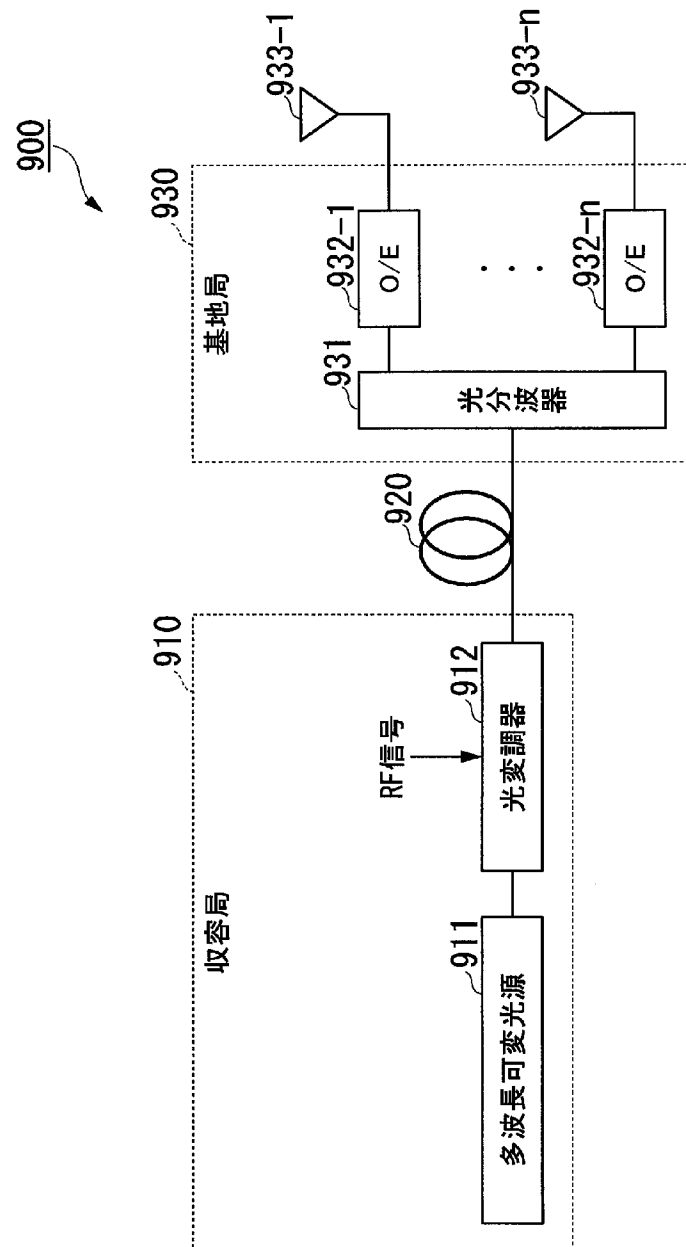
[図1]



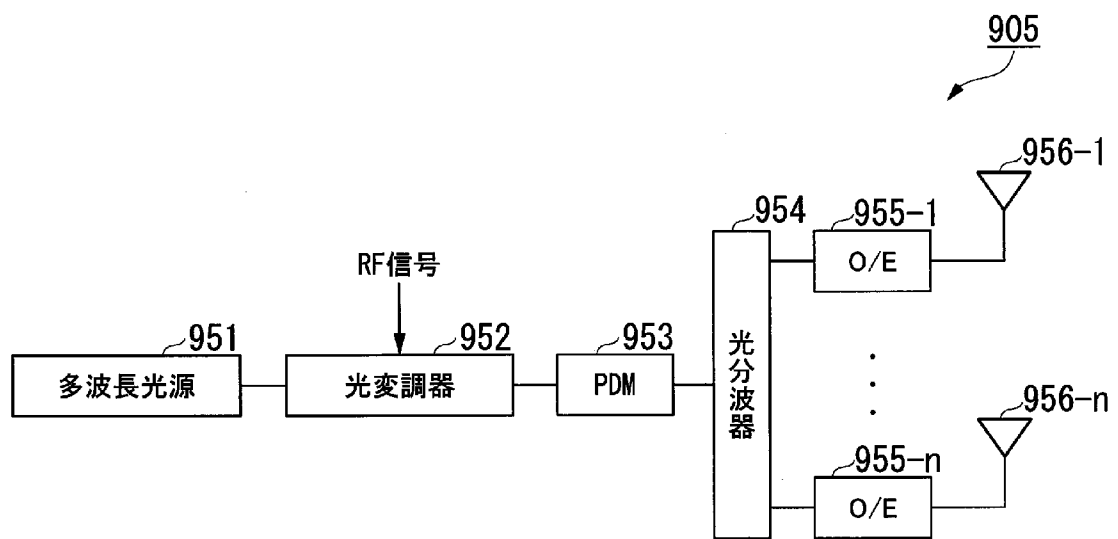
[図2]



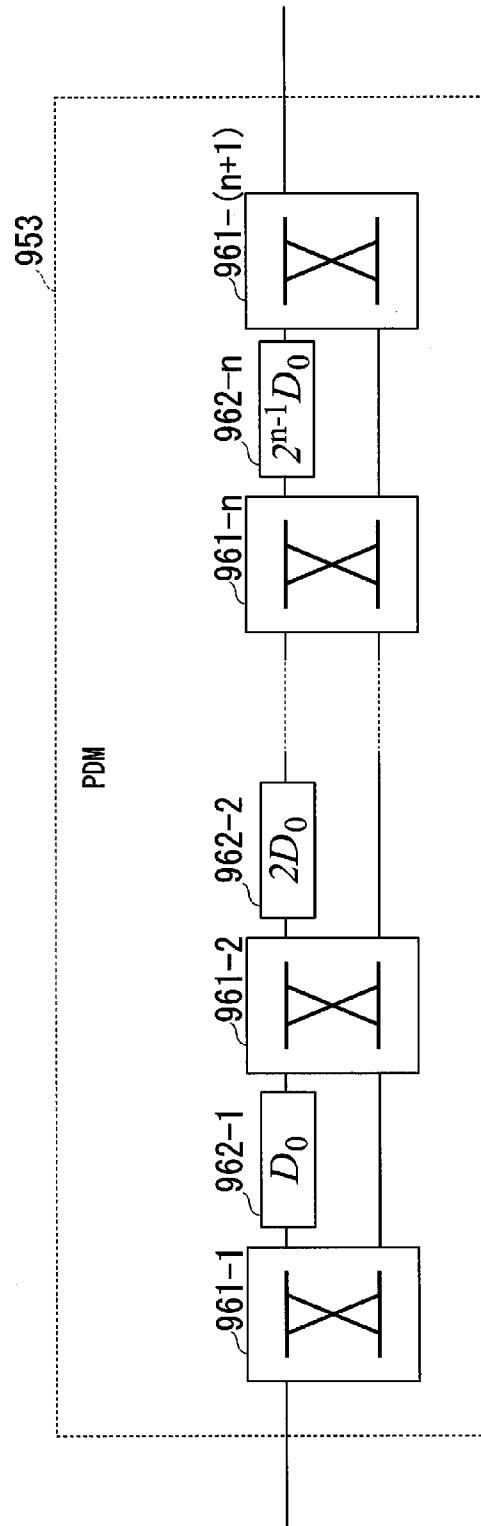
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/047479

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H04B10/2575 (2013.01) i

FI: H04B10/2575 120

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. H04B10/2575

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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	JP 2014-96637 A (KDDI CORP.) 22 May 2014, paragraphs [0027]-[0031], [0059]-[0063], [0075], fig. 1, 7	1-5
A	JP 10-145286 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 29 May 1998, entire text, all drawings	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
04.02.2020

Date of mailing of the international search report
10.02.2020

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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/047479

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2014-96637 A	22.05.2014	(Family: none)	
JP 10-145286 A	29.05.1998	EP 843380 A2	
		entire text, all	
		drawings	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04B 10/2575(2013.01)i FI: H04B10/2575 120														
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）） H04B10/2575														
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														
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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 2014-96637 A (KDD I 株式会社) 22.05.2014 (2014 - 05 - 22) [0027]-[0031], [0059]-[0063], [0075], 図1, 7	1-5												
A	JP 10-145286 A (住友電気工業株式会社) 29.05.1998 (1998 - 05 - 29) 全文, 全図	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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 04.02.2020	国際調査報告の発送日 10.02.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 後澤 瑞征 5K 4540 電話番号 03-3581-1101 内線 3556													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2019/047479

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2014-96637	A	22.05.2014	(ファミリーなし)	
JP	10-145286	A	29.05.1998	EP 843380 A2	
				全文, 全図	