

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7640869号  
(P7640869)

(45)発行日 令和7年3月6日(2025.3.6)

(24)登録日 令和7年2月26日(2025.2.26)

(51)国際特許分類 F I  
H 0 4 B 10/516(2013.01) H 0 4 B 10/516  
H 0 4 B 10/2575(2013.01) H 0 4 B 10/2575

請求項の数 8 (全22頁)

(21)出願番号	特願2022-576911(P2022-576911)	(73)特許権者	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(86)(22)出願日	令和3年1月22日(2021.1.22)	(74)代理人	110001634 弁理士法人志賀国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/002291	(72)発明者	伊藤 耕大 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
(87)国際公開番号	WO2022/157938	(72)発明者	菅 瑞紀 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
(87)国際公開日	令和4年7月28日(2022.7.28)	(72)発明者	新井 拓人 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
審査請求日	令和5年6月7日(2023.6.7)	(72)発明者	白戸 裕史

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 無線通信方法及び無線通信装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

無線通信装置が実行する無線通信方法であって、  
下りの無線信号に対応付けられたデジタル電気信号に対して逆高速フーリエ変換を実行する逆高速フーリエ変換ステップと、  
逆高速フーリエ変換された前記デジタル電気信号を第1アナログ電気信号に変換するデジタルアナログ変換ステップと、  
前記第1アナログ電気信号を光信号に変換する電光変換ステップと、  
前記光信号を伝送するステップと、  
伝送された前記光信号を第2アナログ電気信号に変換する光电変換ステップと、  
前記第2アナログ電気信号に応じた前記下りの無線信号を送信するステップと  
を含み、

前記第1アナログ電気信号及び前記第2アナログ電気信号のそれぞれは、高周波数帯の電気信号である、

無線通信方法。

【請求項2】

波長が互いに異なる複数の前記光信号を合波することによって、波長分割多重された前記光信号を生成する合波ステップと、

波長分割多重された前記光信号を、波長が互いに異なる複数の前記光信号に分波する分波ステップと

を更に含み、  
前記光信号を伝送するステップでは、光ファイバは、波長分割多重された前記光信号を伝送する、

請求項 1 に記載の無線通信方法。

【請求項 3】

前記デジタル電気信号の位相を調整するデジタルビーム制御ステップを更に含む、  
請求項 1 又は請求項 2 に記載の無線通信方法。

【請求項 4】

前記光信号、前記第 1 アナログ電気信号又は第 2 アナログ電気信号の位相を調整するアナログビーム制御ステップを更に含む、

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の無線通信方法。

【請求項 5】

下りの無線信号に対応付けられたデジタル電気信号に対して逆高速フーリエ変換を実行する逆高速フーリエ変換部と、

逆高速フーリエ変換された前記デジタル電気信号を第 1 アナログ電気信号に変換するデジタルアナログ変換部と、

前記第 1 アナログ電気信号を光信号に変換する電光変換部と、

前記光信号を伝送する光ファイバと、

伝送された前記光信号を第 2 アナログ電気信号に変換する光電変換部と、

前記第 2 アナログ電気信号に応じた前記下りの無線信号を送信するアンテナ素子と

を備え、

前記第 1 アナログ電気信号及び前記第 2 アナログ電気信号のそれぞれは、高周波数帯の電気信号である、

無線通信装置。

【請求項 6】

波長が互いに異なる複数の前記光信号を合波することによって、波長分割多重された前記光信号を生成する合波器と、

波長分割多重された前記光信号を、波長が互いに異なる複数の前記光信号に分波する分波器と

を更に備え、

前記光ファイバは、波長分割多重された前記光信号を伝送する、

請求項 5 に記載の無線通信装置。

【請求項 7】

前記デジタル電気信号の位相を調整するデジタルビーム制御部を更に備える、

請求項 5 又は請求項 6 に記載の無線通信装置。

【請求項 8】

前記光信号、前記第 1 アナログ電気信号又は第 2 アナログ電気信号の位相を調整するアナログビーム制御部を更に備える、

請求項 5 から請求項 7 のいずれか一項に記載の無線通信装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線通信方法及び無線通信装置に関する。

【背景技術】

【0002】

第 5 世代移動通信システム（以下「5G」という。）及びローカル 5G の普及に向けて、無線通信サービスの提供エリアにおいて基地局の設置が進められている。5G 及びローカル 5G に用いられる基地局は、集約部（Centralized Unit：CU）と、分散部（Distributed Unit DU）と、無線部（Radio Unit：RU）とを備える（非特許文献 1 参照）。また、集約部と分散部と無線部との組み合わせとして、複数の組み合わせが定義されている

10

20

30

40

50

(非特許文献 2 参照)。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【文献】ウメシュ 外 3 名, “O-RAN フロントホール仕様概要,” NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル Vol. 27 No.1 (Apr. 2019).

【文献】NGMN (Next Generation Mobile Networks) Alliance, “NGMN Overview on 5G RAN Functional Decomposition,” 2018.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0004】

図 18 は、従来における、5G 及びローカル 5G の無線通信システムの構成例を示す図である。無線通信システムは、上位装置と、集約部と、分散部と、1 台以上の無線部 200 とを備える。

【0005】

図 18 では、無線部 200 - 1 は、無線通信サービスの提供エリアにおける既設の無線部である。無線部 200 - 1 は、カバーエリア 201 - 1 (セル) 内の無線端末 (不図示) との無線通信を実行する。

【0006】

5G 及びローカル 5G では、高周波数帯 (ミリ波帯) の電波が通信に用いられている。一般に、高周波数帯の電波の伝搬距離は短い。また、高周波数帯の電波の直進性は高い。このような理由から、高周波数帯の電波は遮蔽物に遮蔽され易い。電波が遮蔽物に遮蔽された場合には、通信が困難となってしまうエリアが生じる場合がある。

20

【0007】

図 18 では、エリア 202 は、無線部 200 - 1 から送信された電波の一部が遮蔽物 110 に遮蔽されたことによって通信が困難となったエリアである。エリア 202 は、無線部 200 - 1 のカバーエリア 201 - 1 の一部に生じている。無線通信サービスの提供エリアを拡大するためには、既設の無線部 200 に加えて、新たな無線部 200 が設置される。図 18 では、無線部 200 - 2 が新たに設置される。無線部 200 - 2 は、エリア 202 を含むカバーエリア 201 - 2 内の無線端末 (不図示) との無線通信を実行する。

30

【0008】

しかしながら、従来の無線部 200 は、信号処理部と D/A 変換部 (デジタルアナログ変換部) と A/D 変換部 (アナログデジタル変換部) とアンテナ素子とを備えているので、重く且つ大きい。また、従来の無線部 200 の消費電力は大きい。これらの理由から、従来では、無線通信サービスの提供エリアを拡大するための設備コストの増大を抑制することができない場合がある。

【0009】

上記事情に鑑み、本発明は、無線通信サービスの提供エリアを拡大するための設備コストの増大を抑制することが可能である無線通信方法及び無線通信装置を提供することを目的としている。

40

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の一態様は、無線通信装置が実行する無線通信方法であって、下りの無線信号に対応付けられたデジタル電気信号に対して逆高速フーリエ変換を実行する逆高速フーリエ変換ステップと、逆高速フーリエ変換された前記デジタル電気信号を第 1 アナログ電気信号に変換するデジタルアナログ変換ステップと、前記第 1 アナログ電気信号を光信号に変換する電光変換ステップと、前記光信号を伝送するステップと、伝送された前記光信号を第 2 アナログ電気信号に変換する光電変換ステップと、前記第 2 アナログ電気信号に応じた前記下りの無線信号を送信するステップとを含む無線通信方法である。

【0011】

50

本発明の一態様は、下りの無線信号に対応付けられたデジタル電気信号に対して逆高速フーリエ変換を実行する逆高速フーリエ変換部と、逆高速フーリエ変換された前記デジタル電気信号を第1アナログ電気信号に変換するデジタルアナログ変換部と、前記第1アナログ電気信号を光信号に変換する電光変換部と、前記光信号を伝送する光ファイバと、伝送された前記光信号を第2アナログ電気信号に変換する光電変換部と、前記第2アナログ電気信号に応じた前記下りの無線信号を送信するアンテナ素子とを備える無線通信装置である。

【発明の効果】

【0012】

本発明により、無線通信サービスの提供エリアを拡大するための設備コストの増大を抑制することが可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】各実施形態における、無線通信システムの構成例を示す図である。

【図2】第1実施形態における、無線部及び張出部の構成例を示す図である。

【図3】第1実施形態における、無線部及び張出部の動作例を示す図である。

【図4】第1実施形態の変形例における、無線部及び張出部の構成例を示す図である。

【図5】第2実施形態における、無線部及び張出部の構成例を示す図である。

【図6】第3実施形態における、無線部及び張出部の構成例を示す図である。

【図7】第4実施形態における、無線部及び張出部の構成例を示す図である。

20

【図8】第5実施形態における、無線部及び張出部の構成例を示す図である。

【図9】第6実施形態における、無線部及び張出部の構成例を示す図である。

【図10】第7実施形態における、無線部及び張出部の構成例を示す図である。

【図11】第8実施形態における、無線部及び張出部の構成例を示す図である。

【図12】第9実施形態における、無線部及び張出部の構成例を示す図である。

【図13】第10実施形態における、無線部及び張出部の構成例を示す図である。

【図14】第11実施形態における、無線部及び張出部の構成例を示す図である。

【図15】第11実施形態における、無線部及び張出部の動作例を示す図である。

【図16】第11実施形態の変形例における、無線部及び張出部の構成例を示す図である。

【図17】各実施形態における、基地局のハードウェア構成例を示す図である。

30

【図18】従来における、5G及びローカル5Gの無線通信システムの構成例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。

(概要)

図1は、各実施形態における、無線通信システム1の構成例を示す図である。無線通信システム1は、上位装置2と、基地局3とを備える。基地局3は、集約部4(CU)と、分散部5(DU)と、無線部6(RU)とを備える。

【0015】

40

基地局3は、集約部4と、分散部5と、無線部6とを備える。無線部6は、1台以上の張出部7(アンテナ部)を備える。張出部7は、無線通信サービスの提供エリアにおいて多面配置される。

【0016】

上位装置2と集約部4とは、同軸ケーブル8-1(通信線)を用いて互いに接続されている。集約部4と分散部5とは、同軸ケーブル8-2(通信線)を用いて互いに接続されている。分散部5と無線部6とは、同軸ケーブル8-3(通信線)を用いて互いに接続されている。

【0017】

無線部6と張出部7とは、光ファイバ9を用いて互いに接続されている。すなわち、張

50

出部 7 は、光ファイバ 9 を介して、無線部 6 から張り出している。光ファイバ 9 は、M 本（M は 1 以上の整数）のシングルコアファイバでもよいし、M 本のコアを有するマルチコアファイバでもよい。

【 0 0 1 8 】

図 1 では、無線部 6 と張出部 7 - 1 とは、一例として、ポイント・ツー・ポイント（point-to-point : P-P）で接続されている。図 1 では、2 台の張出部 7 - 4 と無線部 6 とは、一例として、パッシブ光ネットワーク（Passive Optical Network : PON）で接続されている。図 1 では、パッシブ光ネットワークは、光ファイバ 9 - 4 と、光スプリッタ 10（分岐部）とを備える。パッシブ光ネットワークは、例えば、WDM - PON（Wavelength Division Multiplexing - Passive Optical Network）、又は、TDM - PON（Time Division Multiplexing - Passive Optical Network）である。

10

【 0 0 1 9 】

上位装置 2 は、下りのデータを、集約部 4（CU）に出力する。集約部 4 は、下りのデータに対して所定の信号処理（例えば、パケット化）を実行することによって、下りのストリーム（デジタル電気信号）を生成する。集約部 4 は、下りのストリームを、分散部 5（DU）に出力する。分散部 5 は、下りのストリームに対して所定の信号処理（例えば、符号化）を実行することによって、M 本の下りのストリーム（無線信号に対応付けられたデジタル電気信号）を生成する。分散部 5 は、M 本の下りのストリームを、無線部 6 に出力する。

【 0 0 2 0 】

20

無線通信システム 1 では、例えば、高周波数帯（ミリ波帯）の電波が通信に用いられている。無線通信システム 1 において提供される無線通信サービスは、例えば、5 G 及びローカル 5 G の無線通信サービスである。無線通信システム 1 の無線通信サービスの提供エリアには、遮蔽物 100 が存在してもよい。遮蔽物 100 は、例えば建築物である。カバーエリア 11 は、無線部 6 のセルである。

【 0 0 2 1 】

張出部 7 - n（n は 1 以上の整数）は、カバーエリア 12 - n に位置している無線端末（不図示）に、下りの無線信号を送信する。張出部 7 - n は、カバーエリア 12 - n に位置している無線端末（不図示）から、上りの無線信号を受信してもよい。

【 0 0 2 2 】

30

遮蔽物 100 は、無線部 6 の無線信号の一部を遮蔽する。エリア 13 は、無線部 6 から送信された電波の一部が遮蔽物 100 に遮蔽されたことによって通信が困難となったエリアである。図 1 では、エリア 13 が、無線部 6 のカバーエリア 11 の一部に生じている。図 1 では、張出部 7 - 1 は、一例として遮蔽物 100 の上部（高所）に設置されている。これによって、張出部 7 - 1 は、エリア 13 を含むカバーエリア 12 - 1 内の無線端末（不図示）との無線通信を実行する。

【 0 0 2 3 】

張出部 7 - n は、M 本のアンテナ素子と、M 個の光電変換部とを備える。張出部 7 - n は、予め定められた無線フロントエンド処理（例えば、周波数変換処理）等を実行する信号処理部を備えなくてもよい。また、張出部 7 - n は、信号強度を増幅する増幅器を備えてもよい。

40

【 0 0 2 4 】

無線部 6 は、アナログ R o F（Radio-over-Fiber）を用いて、下りの光信号を張出部 7 - n に送信する。アナログ R o F では、無線信号に応じて強度変調された光信号が、光ファイバで伝送される。張出部 7 - n の光電変換部は、アナログ R o F を用いて光ファイバ 9 を伝送された下りの光信号を、アナログ電気信号に変換する。張出部 7 - n の光電変換部は、光ファイバ 9 を伝送された光信号に対する光電（Optical-to-Electrical）変換を用いて、下りの無線信号を光信号から取り出す。張出部 7 - n の 1 本以上のアンテナ素子は、下りの無線信号を、カバーエリア 12 内の無線端末（不図示）に送信する。カバーエリア 12 内の無線端末（不図示）は、MIMO（Multiple Input Multiple Output）信

50

号処理等の信号処理によって、下りの無線信号に応じたM本のストリームを分離する。

【0025】

(第1実施形態)

図2は、第1実施形態における、無線部6a及び張出部7a-nの構成例を示す図である。無線部6aは、図1に示された無線部6に相当する。張出部7a-nは、図1に示された張出部7-nに相当する。第1実施形態では、無線部6a及び張出部7a-nは、下りの無線信号のビームフォーミングを実行しなくてよい。

【0026】

無線部6aは、逆高速フーリエ変換部60-nとD/A変換部61-n(デジタルアナログ変換部)と第1電光変換部62-nとのM個の組み合わせ(システム)を備える。張出部7a-nは、第1光電変換部70-nとアンテナ素子71-nとのM個の組み合わせ(システム)を備える。なお、張出部7a-nは、アナログ電気信号又は光信号の強度を増幅するM個の増幅器を備えてもよい。

10

【0027】

第1電光変換部62-nと第1光電変換部70-nとは、光ファイバ9-nを用いて互いに接続されている。光ファイバ9-nは、M本のシングルコアファイバでもよいし、M本のコアを有するマルチコアファイバでもよい。

【0028】

次に、無線部6a及び張出部7aの動作例を説明する。

図3は、第1実施形態における、無線部6a及び張出部7aの動作例を示す図である。無線部6aは、M本の下りのストリーム(無線信号に対応付けられたデジタル電気信号)を、分散部5から取得する。

20

【0029】

ストリーム「#m」(mは、1以上M以下の整数)は、逆高速フーリエ変換部60-n-mに入力される。例えば、ストリーム「#1」は、逆高速フーリエ変換部60-n-1に入力される。例えば、ストリーム「#2」は、逆高速フーリエ変換部60-n-2に入力される。

【0030】

逆高速フーリエ変換部60-n-mは、下りの無線信号に対応付けられたデジタル電気信号(ストリーム「#m」)に対して、逆高速フーリエ変換(Inverse Fast Fourier Transform: IFFT)を実行する。逆高速フーリエ変換部60-n-mは、逆高速フーリエ変換されたデジタル電気信号を、D/A変換部61-n-mに出力する(ステップS101)。

30

【0031】

D/A変換部61-n-mは、逆高速フーリエ変換部60-n-mによって逆高速フーリエ変換されたデジタル電気信号を、第1アナログ電気信号に変換する。D/A変換部61-n-mは、第1アナログ電気信号を第1電光変換部62-n-mに出力する(ステップS102)。

【0032】

第1電光変換部62-n-mは、第1アナログ電気信号に対する電光(Electrical-to-Optical)変換を用いて、第1アナログ電気信号を光信号に変換する(ステップS103)。第1電光変換部62-n-mは、光信号を光ファイバ9-n-mで伝送する。すなわち、光ファイバ9-n-mは、第1アナログ電気信号に応じた光信号を、第1光電変換部70-n-mに伝送する(ステップS104)。

40

【0033】

第1光電変換部70-n-mは、光ファイバ9-n-mによって伝送された光信号を、第2アナログ電気信号に変換する(ステップS105)。アンテナ素子71-n-mは、第1光電変換部70-n-mによって変換された第2アナログ電気信号に応じた無線信号を放射する(ステップS106)。このようにして、光信号はアナログRoFを用いて伝送される。

50

## 【 0 0 3 4 】

以上のように、逆高速フーリエ変換部 6 0 - n - m は、下りの無線信号に対応付けられたデジタル電気信号に対して逆高速フーリエ変換を実行する。D / A 変換部 6 1 - n - m ( デジタルアナログ変換部 ) は、逆高速フーリエ変換されたデジタル電気信号を、第 1 アナログ電気信号に変換する。第 1 電光変換部 6 2 - n - m は、第 1 アナログ電気信号を光信号に変換する。光ファイバ 9 - n - m は、光信号を第 1 光電変換部 7 0 - n - m に伝送する。第 1 光電変換部 7 0 - n - m は、伝送された光信号を第 2 アナログ電気信号に変換する。アンテナ素子 7 1 - n - m は、第 2 アナログ電気信号に応じた下りの無線信号を送信する。

## 【 0 0 3 5 】

これによって、無線通信サービスの提供エリアを拡大するための設備コストの増大を抑制することが可能である。

## 【 0 0 3 6 】

つまり、従来の無線部とアンテナとは、光ファイバで互いに接続されることなく一体化されており、1 対 1 で対応している。また、従来の無線部は、無線フロントエンド処理部と、デジタルアナログ変換部と、アナログデジタル変換部とを備えている。従来では、無線通信サービスの提供エリアが拡大される場合、ミリ波の直進性及び減衰性等の周波数特性に応じて、無線通信サービスの提供エリアに多数の無線部が設置される必要がある。また、無線通信サービスの提供エリアにおいて、壁面、信号機及び街灯等の高所への無線部の設置が難しい場合がある。さらに、無線部の消費電力が高い場合がある。これらの理由

## 【 0 0 3 7 】

これに対して第 1 実施形態では、無線部 6 と張出部 7 ( アンテナ部 ) とは、光ファイバ 9 で接続されている。また、無線部 6 は、集約部 4 及び分散部 5 と一体化されてなくてもよい。第 1 実施形態では、無線通信サービスの提供エリアに多数の無線部 6 を設置する必要がなく、低価格な張出部 7 a を提供エリアに新設すればよいので、設備投資のコストの増大を抑えることが可能である。また、張出部 7 a は無線部 6 a よりも小型且つ軽量である。このため、張出部 7 a は、高所、壁面、信号機及び街灯等 ( 設置負担の大きい場所 ) にも容易に設置可能である。

## 【 0 0 3 8 】

また、無線部 6 a の消費電力は少ない。さらに、信号の伝送に光ファイバ 9 が用いられているので、無線部と張出部との間に同軸ケーブルが用いられる場合と比較して、張出部 7 a の信号の損失は少ない。

## 【 0 0 3 9 】

( 第 1 実施形態の変形例 )

第 1 実施形態の変形例では、波長分割多重 ( Wavelength Division Multiplexing : WDM ) された光信号が無線部と張出部との間を伝送される点が、第 1 実施形態との差分である。第 1 実施形態の変形例では、第 1 実施形態との差分を中心に説明する。

## 【 0 0 4 0 】

図 4 は、第 1 実施形態の変形例における、無線部 b 及び張出部 7 b の構成例を示す図である。無線部 6 b は、図 1 に示された無線部 6 に相当する。張出部 7 b - n は、図 1 に示された張出部 7 に相当する。無線部 6 b と張出部 7 b - n とは、光ファイバ 9 を用いて互いに接続されている。光ファイバ 9 - n の本数は、ストリーム ( 無線信号に対応付けられたデジタル電気信号 ) の本数 ( M 本 ) よりも少なくてもよい。光ファイバ 9 - n は、ストリームの本数のコアをもつマルチコアファイバでなくてもよい。

## 【 0 0 4 1 】

無線部 6 b は、逆高速フーリエ変換部 6 0 - n と D / A 変換部 6 1 - n と第 1 電光変換部 6 2 - n との M 個の組み合わせ ( 系統 ) を備える。無線部 6 b は、合波器 6 3 を更に備える。張出部 7 b - n は、第 1 光電変換部 7 0 - n とアンテナ素子 7 1 - n との M 個の組み合わせ ( 系統 ) を備える。張出部 7 b - n は、分波器 7 2 を更に備える。なお、張出部

10

20

30

40

50

7 b - n は、アナログ電気信号又は光信号の強度を増幅する M 個の増幅器を備えてもよい。  
【 0 0 4 2 】

複数の第 1 電光変換部 6 2 - n は、各第 1 アナログ電気信号を、互いに異なる波長の光信号に変換する。合波器 6 3 (multiplexer) は、波長が互いに異なる複数の光信号を合波することによって、波長分割多重された光信号を生成する。光ファイバ 9 は、波長分割多重された光信号を分波器 7 2 に伝送する。

【 0 0 4 3 】

分波器 7 2 (demultiplexer) は、波長分割多重された光信号を、波長が互いに異なる複数の光信号に分波する。分波器 7 2 は、波長が互いに異なる M 本の光信号を、M 個の第 1 光電変換部 7 0 - n に出力する。M 個の第 1 光電変換部 7 0 - n は、伝送された光信号を所定波長の第 2 アナログ電気信号に変換する。アンテナ素子 7 1 - n - m は、第 2 アナログ電気信号に応じた下りの無線信号を送信する。

10

【 0 0 4 4 】

以上のように、合波器 6 3 は、波長が互いに異なる複数の光信号を合波することによって、波長分割多重された光信号を生成する。光ファイバ 9 は、波長分割多重された光信号を分波器 7 2 に伝送する。分波器 7 2 は、波長分割多重された光信号を、波長が互いに異なる複数の光信号に分波する。これによって、光ファイバ 9 - n の本数を削減することが可能である。

【 0 0 4 5 】

(第 2 実施形態)

第 2 実施形態では、デジタル・ビームフォーミングの制御を無線部が実行する点が、第 1 実施形態との差分である。第 2 実施形態では、第 1 実施形態との差分を中心に説明する。

20

【 0 0 4 6 】

図 5 は、第 2 実施形態における、無線部 6 c 及び張出部 7 a - n の構成例を示す図である。無線部 6 c は、図 1 に示された無線部 6 に相当する。張出部 7 a - n は、図 1 に示された張出部 7 - n に相当する。第 2 実施形態では、無線部 6 c は、下りの無線信号のデジタル・ビームフォーミングを実行する。

【 0 0 4 7 】

無線部 6 c は、逆高速フーリエ変換部 6 0 - n と D / A 変換部 6 1 - n と第 1 電光変換部 6 2 - n との M 個の組み合わせ(系統)を備える。無線部 6 c は、逆高速フーリエ変換部 6 0 - n に対して上り方向(分散部側)に、デジタルビーム制御部 6 4 を更に備える。張出部 7 a - n は、第 1 光電変換部 7 0 - n とアンテナ素子 7 1 - n との M 個の組み合わせ(系統)を備える。なお、張出部 7 a - n は、アナログ電気信号又は光信号の強度を増幅する M 個の増幅器を備えてもよい。

30

【 0 0 4 8 】

第 1 電光変換部 6 2 - n と第 1 光電変換部 7 0 - n とは、光ファイバ 9 - n を用いて互いに接続されている。光ファイバ 9 - n は、M 本のシングルコアファイバでもよいし、M 本のコアを有するマルチコアファイバでもよい。

【 0 0 4 9 】

無線部 6 c は、合波器 6 3 を更に備えてもよい。張出部 7 a - n は、分波器 7 2 を更に備えてもよい。これらの場合、光ファイバ 9 - n の本数は、ストリームの本数よりも少なくてもよい。光ファイバ 9 は、ストリームの本数のコアをもつマルチコアファイバでなくてもよい。

40

【 0 0 5 0 】

デジタルビーム制御部 6 4 は、所定本数の下りのストリームを、分散部 5 から取得する。この所定本数の下りのストリームは、M 本の無線信号に対応付けられたデジタル電気信号である。デジタルビーム制御部 6 4 は、M 本の無線信号に対応付けられたデジタル電気信号に対して、デジタルビームフォーミングの制御を実行する。例えば、デジタルビーム制御部 6 4 は、無線信号に対応付けられたデジタル電気信号の位相を調整する。デジタルビームフォーミングの制御が実行されたストリーム「# m」は、逆高速フーリエ変換部 6

50

0 - n - mに入力される。

【0051】

以上のように、デジタルビーム制御部64は、1本以上の下りのストリーム（無線信号に対応付けられたデジタル電気信号）の位相を調整する。これによって、デジタル・ビームフォーミングを実行することが可能である。

【0052】

（第3実施形態）

第3実施形態では、アナログ・ビームフォーミングの制御が実行される点が、第1実施形態との差分である。より具体的には、無線部のD/A変換部と無線部の第1電光変換部との間においてアナログ・ビームフォーミングの制御が実行される点が、第1実施形態との差分である。第3実施形態では、第1実施形態との差分を中心に説明する。

10

【0053】

図6は、第3実施形態における、無線部6d及び張出部7a-nの構成例を示す図である。無線部6dは、図1に示された無線部6に相当する。張出部7a-nは、図1に示された張出部7-nに相当する。第3実施形態では、無線部6dは、下りの無線信号のアナログ・ビームフォーミングを実行する。

【0054】

無線部6dは、逆高速フーリエ変換部60-nとD/A変換部61-nと第1電光変換部62-nとのM個の組み合わせ（システム）を備える。無線部6dは、D/A変換部61-nと第1電光変換部62-nとの間に、第1アナログビーム制御部65を更に備える。

20

【0055】

無線部6dは、合波器63を更に備えてもよい。張出部7a-nは、分波器72を更に備えてもよい。これらの場合、光ファイバ9-nの本数は、ストリームの本数（M本）よりも少なくてもよい。光ファイバ9-nは、ストリームの本数のコアをもつマルチコアファイバでなくてもよい。

【0056】

第1アナログビーム制御部65は、高周波数の電気信号の領域（RF（Radio Frequency）領域）におけるアナログ・ビームフォーミングを実行する。すなわち、第1アナログビーム制御部65は、複数のD/A変換部61-nから出力された各第1アナログ電気信号の位相を調整する。第1アナログビーム制御部65は、位相が調整された各第1アナログ電気信号を、複数の第1電光変換部62-nに出力する。

30

【0057】

以上のように、第1アナログビーム制御部65は、複数のD/A変換部61-nから出力された各第1アナログ電気信号の位相を調整する。これによって、アナログ・ビームフォーミングを実行することが可能である。

【0058】

（第4実施形態）

第4実施形態では、無線部の第1電光変換部と張出部の第1光電変換部との間においてアナログ・ビームフォーミングの制御が実行される点が、第3実施形態との差分である。第4実施形態では、第3実施形態との差分を中心に説明する。

40

【0059】

図7は、第4実施形態における、無線部6e及び張出部7a-nの構成例を示す図である。無線部6eは、図1に示された無線部6に相当する。張出部7a-nは、図1に示された張出部7-nに相当する。第4実施形態では、無線部6eは、下りの無線信号のアナログ・ビームフォーミングを実行する。

【0060】

無線部6eは、逆高速フーリエ変換部60-nとD/A変換部61-nと第1電光変換部62-nとのM個の組み合わせ（システム）を備える。無線部6eは、第1電光変換部62-nに対して下り方向（張出部側）に、第2アナログビーム制御部66を更に備える。

【0061】

50

無線部 6 e は、合波器 6 3 を更に備えてもよい。張出部 7 a - n は、分波器 7 2 を更に備えてもよい。これらの場合、光ファイバ 9 - n の本数は、ストリームの本数 (M 本) よりも少なくてもよい。光ファイバ 9 - n は、ストリームの本数のコアをもつマルチコアファイバでなくてもよい。

【0062】

第 2 アナログビーム制御部 6 6 は、高周波数の光信号の領域 (RF 領域) におけるアナログ・ビームフォーミングを実行する。すなわち、第 2 アナログビーム制御部 6 6 は、複数の第 1 電光変換部 6 2 - n から出力された各光信号の位相を調整する。第 2 アナログビーム制御部 6 6 は、位相が調整された各光信号を、光ファイバ 9 - n を介して、複数の第 1 電光変換部 7 0 - n に出力する。

10

【0063】

以上のように、第 2 アナログビーム制御部 6 6 は、複数の第 1 電光変換部 6 2 から出力された各光信号の位相を調整する。これによって、アナログ・ビームフォーミングを実行することが可能である。

【0064】

(第 5 実施形態)

第 5 実施形態では、アナログ・ビームフォーミングの制御を張出部が実行する点が、第 1 実施形態との差分である。より具体的には、第 1 電光変換部とアンテナ素子との間においてアナログ・ビームフォーミングの制御が実行される点が、第 1 実施形態との差分である。第 5 実施形態では、第 1 実施形態との差分を中心に説明する。

20

【0065】

図 8 は、第 5 実施形態における、無線部 6 a 及び張出部 7 c - n の構成例を示す図である。無線部 6 a は、図 1 に示された無線部 6 に相当する。張出部 7 c - n は、図 1 に示された張出部 7 - n に相当する。第 5 実施形態では、張出部 7 c - n は、下りの無線信号のアナログ・ビームフォーミングを実行する。

【0066】

張出部 7 c - n は、第 1 電光変換部 7 0 - n とアンテナ素子 7 1 - n との M 個の組み合わせ (系統) を備える。張出部 7 c - n は、第 1 電光変換部 7 0 - n とアンテナ素子 7 1 - n との間に、第 3 アナログビーム制御部 7 3 を更に備える。なお、張出部 7 c - n は、アナログ電気信号又は光信号の強度を増幅する M 個の増幅器を備えてもよい。

30

【0067】

無線部 6 a は、逆高速フーリエ変換部 6 0 - n と D/A 変換部 6 1 - n と第 1 電光変換部 6 2 - n との M 個の組み合わせ (系統) を備える。無線部 6 a は、合波器 6 3 を更に備えてもよい。張出部 7 c - n は、分波器 7 2 を更に備えてもよい。これらの場合、光ファイバ 9 - n の本数は、ストリームの本数よりも少なくてもよい。光ファイバ 9 は、ストリームの本数のコアをもつマルチコアファイバでなくてもよい。

【0068】

第 3 アナログビーム制御部 7 3 は、高周波数の電気信号の領域 (RF 領域) におけるアナログ・ビームフォーミングを実行する。すなわち、第 3 アナログビーム制御部 7 3 は、複数の第 1 電光変換部 7 0 - n から出力された各第 2 アナログ電気信号の位相を調整する。第 3 アナログビーム制御部 7 3 は、位相の調整量を周期的に変更してもよい。これによって、第 3 アナログビーム制御部 7 3 は、下りの無線信号 (ビーム) の送信方向を周期的に変更する。

40

【0069】

無線部 6 a は、制御情報を生成する制御部を備えてもよい。第 3 アナログビーム制御部 7 3 は、無線部 6 a から送信された制御情報に基づいて、アナログ・ビームフォーミングを実行してもよい。光ファイバ 9 は、主信号に重畳された制御情報と、主信号とを伝送してもよい。制御情報は、光ファイバ 9 (主信号の経路) とは別の経路 (制御用の通信線) を用いて、無線部 6 a から送信されてもよい。第 3 アナログビーム制御部 7 3 は、位相が調整された各第 2 アナログ電気信号を、複数のアンテナ素子 7 1 - n に出力する。

50

## 【0070】

以上のように、第3アナログビーム制御部73は、複数の第1光電変換部70から出力された各第2アナログ電気信号の位相を調整する。これによって、アナログ・ビームフォーミングを実行することが可能である。

## 【0071】

(第6実施形態)

第6実施形態では、張出部の第1光電変換部と無線部の第1電光変換部との間においてアナログ・ビームフォーミングの制御が実行される点が、第5実施形態との差分である。第6実施形態では、第5実施形態との差分を中心に説明する。

## 【0072】

図9は、第6実施形態における、無線部6a及び張出部7d-nの構成例を示す図である。無線部6aは、図1に示された無線部6に相当する。張出部7d-nは、図1に示された張出部7-nに相当する。第6実施形態では、張出部7d-nは、下りの無線信号のアナログ・ビームフォーミングを実行する。

## 【0073】

張出部7d-nは、第1光電変換部70-nとアンテナ素子71-nとのM個の組み合わせ(系統)を備える。張出部7d-nは、第1光電変換部70-nに対して上り方向(無線部側)に、第4アナログビーム制御部74を更に備える。なお、張出部7d-nは、アナログ電気信号又は光信号の強度を増幅するM個の増幅器を備えてもよい。

## 【0074】

無線部6aは、合波器63を更に備えてもよい。張出部7d-nは、分波器72を更に備えてもよい。これらの場合、光ファイバ9-nの本数は、ストリームの本数よりも少なくてもよい。光ファイバ9は、ストリームの本数のコアをもつマルチコアファイバでなくてもよい。

## 【0075】

第4アナログビーム制御部74は、高周波数の光信号の領域(RF領域)におけるアナログ・ビームフォーミングを実行する。すなわち、第4アナログビーム制御部74は、複数の第1電光変換部62-nから出力された各光信号の位相を調整する。第4アナログビーム制御部74は、位相が調整された各光信号を、複数の第1光電変換部70-nに出力する。

## 【0076】

以上のように、第4アナログビーム制御部74は、M本のシングルコアファイバである光ファイバ9-nから出力された各光信号の位相を調整する。第4アナログビーム制御部74は、M本のコアを有するマルチコアファイバである光ファイバ9-nから出力された各光信号の位相を調整してもよい。これによって、アナログ・ビームフォーミングを実行することが可能である。

## 【0077】

(第7実施形態)

第7実施形態は、第2実施形態と第3実施形態との組み合わせである。第7実施形態では、第2実施形態との差分と、第3実施形態との差分とを主に説明する。

## 【0078】

図10は、第7実施形態における、無線部6f及び張出部7a-nの構成例を示す図である。無線部6fは、図1に示された無線部6に相当する。張出部7a-nは、図1に示された張出部7-nに相当する。第7実施形態では、無線部6fは、デジタル・ビームフォーミングとアナログ・ビームフォーミングとを、下りの無線信号に関して実行する。すなわち、無線部6fは、ハイブリッド・ビームフォーミングを、下りの無線信号に関して実行する。

## 【0079】

なお、比較として、従来のハイブリッド・ビームフォーミングの例は、参考文献1(須山 外3名, "5Gマルチアンテナ技術," NTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル Vol.23

10

20

30

40

50

No.4 (2016)) に示されている。

【0080】

無線部6fは、逆高速フーリエ変換部60-nとD/A変換部61-nと第1電光変換部62-nとのM個の組み合わせ(系統)を備える。無線部6fは、逆高速フーリエ変換部60-nに対して上り方向(分散部側)に、デジタルビーム制御部64を更に備える。無線部6fは、D/A変換部61-nと第1電光変換部62-nとの間に、第1アナログビーム制御部65を更に備える。

【0081】

以上のように、デジタルビーム制御部64は、1本以上の下りのストリーム(無線信号に対応付けられたデジタル電気信号)の位相を調整する。第1アナログビーム制御部65は、複数のD/A変換部61から出力された各第1アナログ電気信号の位相を調整する。これによって、ハイブリッド・ビームフォーミングを実行することが可能である。

10

【0082】

(第8実施形態)

第8実施形態は、第2実施形態と第4実施形態との組み合わせである。第8実施形態では、第2実施形態との差分と、第4実施形態との差分とを主に説明する。

【0083】

図11は、第8実施形態における、無線部6g及び張出部7a-nの構成例を示す図である。無線部6gは、図1に示された無線部6に相当する。張出部7a-nは、図1に示された張出部7-nに相当する。第8実施形態では、無線部6gは、デジタル・ビームフォーミングとアナログ・ビームフォーミングとを、下りの無線信号に関して実行する。すなわち、無線部6gは、ハイブリッド・ビームフォーミングを、下りの無線信号に関して実行する。

20

【0084】

無線部6gは、逆高速フーリエ変換部60-nとD/A変換部61-nと第1電光変換部62-nとのM個の組み合わせ(系統)を備える。無線部6gは、逆高速フーリエ変換部60-nに対して上り方向(分散部側)に、デジタルビーム制御部64を更に備える。無線部6gは、第1電光変換部62-nに対して下り方向(張出部側)に、第2アナログビーム制御部66を更に備える。

【0085】

以上のように、デジタルビーム制御部64は、1本以上の下りのストリーム(無線信号に対応付けられたデジタル電気信号)の位相を調整する。第2アナログビーム制御部66は、複数の第1電光変換部62-nから出力された各光信号の位相を調整する。これによって、ハイブリッド・ビームフォーミングを実行することが可能である。

30

(第9実施形態)

第9実施形態は、第2実施形態と第5実施形態との組み合わせである。第9実施形態では、第2実施形態との差分と、第5実施形態との差分とを主に説明する。

【0086】

図12は、第9実施形態における、無線部6c及び張出部7c-nの構成例を示す図である。無線部6cは、図1に示された無線部6に相当する。張出部7c-nは、図1に示された張出部7-nに相当する。第9実施形態では、無線部6cは、デジタル・ビームフォーミングを、下りの無線信号に関して実行する。張出部7c-nは、アナログ・ビームフォーミングを、下りの無線信号に関して実行する。すなわち、無線部6c及び張出部7c-nは、ハイブリッド・ビームフォーミングを、下りの無線信号に関して実行する。

40

【0087】

以上のように、デジタルビーム制御部64は、1本以上の下りのストリーム(無線信号に対応付けられたデジタル電気信号)の位相を調整する。第3アナログビーム制御部73は、複数の第1光電変換部70-nから出力された各第2アナログ電気信号の位相を調整する。第3アナログビーム制御部73は、デジタルビーム制御部64から送信された制御情報に基づいて、アナログ・ビームフォーミングを実行してもよい。これによって、ハイ

50

ブリッド・ビームフォーミングを実行することが可能である。

【0088】

(第10実施形態)

第10実施形態は、第2実施形態と第6実施形態との組み合わせである。第10実施形態では、第2実施形態との差分と、第6実施形態との差分とを主に説明する。

【0089】

図13は、第10実施形態における、無線部6c及び張出部7d-nの構成例を示す図である。無線部6cは、図1に示された無線部6に相当する。張出部7d-nは、図1に示された張出部7-nに相当する。第10実施形態では、無線部6cは、デジタル・ビームフォーミングを、下りの無線信号に関して実行する。張出部7d-nは、アナログ・ビームフォーミングを、下りの無線信号に関して実行する。すなわち、無線部6c及び張出部7d-nは、ハイブリッド・ビームフォーミングを、下りの無線信号に関して実行する。

10

【0090】

以上のように、デジタルビーム制御部64は、1本以上の下りのストリーム(無線信号に対応付けられたデジタル電気信号)の位相を調整する。第4アナログビーム制御部74は、複数の第1電光変換部62-nから出力された各光信号の位相を調整する。第4アナログビーム制御部74は、デジタルビーム制御部64から送信された制御情報に基づいて、アナログ・ビームフォーミングを実行してもよい。これによって、ハイブリッド・ビームフォーミングを実行することが可能である。

【0091】

(第11実施形態)

第11実施形態では、上りの光信号を張出部が無線部に送信する点が、第1実施形態との差分である。第11実施形態では、第1実施形態との差分を中心に説明する。

20

【0092】

第11実施形態において、図1に示された張出部7は、上りの無線信号に応じた光信号を、アナログRoFを用いて無線部6に送信する。無線部6は、光信号に応じたM本の上りのストリームを、分散部5に出力する。分散部5は、M本の上りのストリーム(無線信号に対応付けられたデジタル電気信号)に対して所定の信号処理(例えば、復号)を実行することによって、上りのストリームを生成する。集約部4は、上りのストリームを、分散部5(DU)から取得する。集約部4は、上りのストリーム(デジタル電気信号)に対して所定の信号処理を実行することによって、上りのデータを生成する。上位装置2は、上りのデータを、集約部4(CU)から取得する。

30

【0093】

図14は、第11実施形態における、無線部6h及び張出部7e-nの構成例を示す図である。無線部6hは、図1に示された無線部6に相当する。張出部7e-nは、図1に示された張出部7-nに相当する。第11実施形態では、無線部6h及び張出部7e-nは、上りの無線信号のビームフォーミングを実行しなくてよい。張出部7e-nは、アナログRoFを用いて、上りの光信号を無線部6hに送信する。

【0094】

無線部6hは、第2電光変換部67-nとA/D変換部68-n(アナログデジタル変換部)と高速フーリエ変換部69-nとのM個の組み合わせ(システム)を備える。張出部7e-nは、アンテナ素子71-nと第2電光変換部75-nとのM個の組み合わせ(システム)を備える。なお、張出部7e-nは、アナログ電気信号又は光信号の強度を増幅するM個の増幅器を備えてもよい。

40

【0095】

第2電光変換部75-nと第2電光変換部67-nとは、光ファイバ9-nを用いて互いに接続されている。光ファイバ9-nは、M本のシングルコアファイバでもよいし、M本のコアを有するマルチコアファイバでもよい。

【0096】

次に、無線部6h及び張出部7e-nの動作例を説明する。

50

図15は、第11実施形態における、無線部6h及び張出部7e-nの動作例を示す図である。張出部7e-nは、M本のアンテナ素子71を用いて、上りの無線信号を無線端末(不図示)から取得する。

【0097】

アンテナ素子71-n-mは、上りの無線信号を第3アナログ電気信号に変換する。アンテナ素子71-n-mは、上りの無線信号に応じた第3アナログ電気信号を、第2電光変換部75-n-mに出力する(ステップS201)。第2電光変換部75-n-mは、第3アナログ電気信号を光信号に変換する(ステップS202)。

【0098】

光ファイバ9-n-mは、第2電光変換部75-n-mによって変換された信号を、第2光電変換部67-n-mに光伝送する(ステップS203)。第2光電変換部67-n-mは、伝送された光信号を第4アナログ電気信号に変換する。第2光電変換部67-n-mは、第4アナログ電気信号をA/D変換部68-n-mに送信する(ステップS204)。

【0099】

A/D変換部68-n-mは、第4アナログ電気信号をデジタル電気信号に変換する。このようにして、張出部7e-nは、アナログRoFを用いて、上りの光信号を無線部6hに送信する。A/D変換部68-n-mは、第4アナログ電気信号に応じたデジタル電気信号を、高速フーリエ変換部69-n-mに出力する(ステップS205)。高速フーリエ変換部69-n-mは、第4アナログ電気信号に応じたデジタル電気信号に対して、高速フーリエ変換(Fast Fourier Transform : FFT)を実行する。高速フーリエ変換部69-n-mは、高速フーリエ変換されたデジタル電気信号を、分散部5に出力する(ステップS206)。

【0100】

以上のように、アンテナ素子71-n-mは、上りの無線信号を第3アナログ電気信号に変換する。第2電光変換部75-n-mは、第3アナログ電気信号を光信号に変換する。光ファイバ9-n-mは、第2電光変換部75-n-mによって変換された信号を、第2光電変換部67-n-mに光伝送する。第2光電変換部67-n-mは、伝送された光信号を第4アナログ電気信号に変換する。A/D変換部68-n-mは、第4アナログ電気信号をデジタル電気信号に変換する。高速フーリエ変換部69-n-mは、第4アナログ電気信号に応じたデジタル電気信号に対して、高速フーリエ変換を実行する。

【0101】

これによって、無線通信サービスの提供エリアを拡大するための設備コストの増大を抑制することが可能である。

【0102】

(第11実施形態の変形例)

第11実施形態の変形例では、波長分割多重された光信号が無線部と張出部との間を伝送される点が、第11実施形態との差分である。第11実施形態の変形例では、第11実施形態との差分を中心に説明する。

【0103】

図16は、第11実施形態の変形例における、無線部6i及び張出部7fの構成例を示す図である。無線部6iは、図1に示された無線部6に相当する。張出部7f-nは、図1に示された張出部7に相当する。無線部6iと張出部7f-nとは、光ファイバ9を用いて互いに接続されている。光ファイバ9-nの本数は、ストリーム(無線信号に対応付けられたデジタル電気信号)の本数(M本)よりも少なくてもよい。光ファイバ9-nは、ストリームの本数のコアをもつマルチコアファイバでなくてもよい。

【0104】

無線部6iは、第2光電変換部67-nとA/D変換部68-n(アナログデジタル変換部)と高速フーリエ変換部69-nとのM個の組み合わせ(系統)を備える。無線部6iは、分波器77を更に備える。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 0 5 】

張出部 7 e - n は、アンテナ素子 7 1 - n と第 2 電光変換部 7 5 - n との M 個の組み合わせ（系統）を備える。張出部 7 f - n は、合波器 7 6 を更に備える。なお、張出部 7 e - n は、アナログ電気信号又は光信号の強度を増幅する M 個の増幅器を備えてもよい。

## 【 0 1 0 6 】

複数の第 2 電光変換部 7 5 - n は、第 3 アナログ電気信号を、互いに異なる波長の光信号に変換する。合波器 7 6（multiplexer）は、波長が互いに異なる複数の光信号を合波することによって、波長分割多重された光信号を生成する。光ファイバ 9 は、波長分割多重された光信号を分波器 7 7 に伝送する。

## 【 0 1 0 7 】

分波器 7 7（demultiplexer）は、波長分割多重された光信号を、波長が互いに異なる複数の光信号に分波する。分波器 7 7 は、波長が互いに異なる M 本の光信号を、M 個の第 2 光電変換部 6 7 - n に出力する。M 個の第 2 光電変換部 6 7 - n は、伝送された光信号を所定波長の第 4 アナログ電気信号に変換する。A / D 変換部 6 8 - n - m は、第 4 アナログ電気信号をデジタル電気信号に変換する。高速フーリエ変換部 6 9 - n - m は、第 4 アナログ電気信号に応じたデジタル電気信号に対して、高速フーリエ変換を実行する。

## 【 0 1 0 8 】

以上のように、合波器 7 6 は、波長が互いに異なる複数の光信号を合波することによって、波長分割多重された光信号を生成する。光ファイバ 9 は、波長分割多重された光信号を分波器 7 7 に伝送する。分波器 7 7 は、波長分割多重された光信号を、波長が互いに異なる複数の光信号に分波する。これによって、光ファイバ 9 - n の本数を削減することが可能である。

## 【 0 1 0 9 】

第 2 実施形態から第 1 0 実施形態までについても、第 1 1 実施形態と同様に、光ファイバ 9 は上りの光信号を伝送してもよい。

## 【 0 1 1 0 】

光ファイバ 9 が上りの光信号を伝送する場合、第 2 実施形態から第 1 0 実施形態までに示された各無線部は、上記の逆高速フーリエ変換部の代わりに、上記の高速フーリエ変換部を備える。無線部は、上記の D / A 変換部の代わりに、上記の A / D 変換部を備える。無線部は、上記の第 1 電光変換部の代わりに、上記の第 2 光電変換部を備える。

## 【 0 1 1 1 】

光ファイバ 9 が上りの光信号を伝送する場合、第 2 実施形態から第 1 0 実施形態までに示された各張出部は、上記の第 1 光電変換部の代わりに、上記の第 2 電光変換部を備える。

## 【 0 1 1 2 】

（ハードウェア構成例）

図 1 7 は、各実施形態における、基地局 3（無線通信装置）のハードウェア構成例を示す図である。基地局 3 の各機能部のうちの一部又は全部は、CPU（Central Processing Unit）等のプロセッサ 1 1 1 が、不揮発性の記録媒体（非一時的な記録媒体）を有する記憶装置 1 1 3 とメモリ 1 1 2 とに記憶されたプログラムを実行することにより、ソフトウェアとして実現される。プログラムは、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録されてもよい。コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、例えばフレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM（Read Only Memory）、CD-ROM（Compact Disc Read Only Memory）等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置などの非一時的な記録媒体である。

## 【 0 1 1 3 】

基地局 3 の各機能部の一部又は全部は、例えば、LSI（Large Scale Integrated circuit）、ASIC（Application Specific Integrated Circuit）、PLD（Programmable Logic Device）又はFPGA（Field Programmable Gate Array）等を用いた電子回路（electronic circuit又はcircuitry）を含むハードウェアを用いて実現されてもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 1 4 】

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。

## 【産業上の利用可能性】

## 【 0 1 1 5 】

本発明は、無線通信システムに適用可能である。

## 【符号の説明】

## 【 0 1 1 6 】

1 ...無線通信システム、2 ...上位装置、3 ...基地局、4 ...集約部、5 ...分散部、6 , 5 a , 6 b , 6 c , 6 d , 6 e , 6 f , 6 g , 6 h , 6 i ...無線部、7 , 7 a , 7 b , 7 c , 7 d , 7 e , 7 f ...張出部、8 ...同軸ケーブル、9 ...光ファイバ、10 ...光スプリッタ、11 ...カバーエリア、12 ...カバーエリア、13 ...エリア、60 ...逆高速フーリエ変換、61 ... D / A 変換部、62 ...第1電光変換部、63 ...合波器、64 ...デジタルビーム制御部、65 ...第1アナログビーム制御部、66 ...第2アナログビーム制御部、67 ...第2光電変換部、68 ... A / D 変換部、69 ...高速フーリエ変換、70 ...第1光電変換部、71 ...アンテナ素子、72 ...分波器、73 ...第3アナログビーム制御部、74 ...第4アナログビーム制御部、75 ...第2電光変換部、76 ...合波器、77 ...分波器、100 ...遮蔽物、110 ...遮蔽物、111 ...プロセッサ、112 ...メモリ、113 ...記憶装置、200 ...無線部、201 ...カバーエリア、202 ...エリア

10

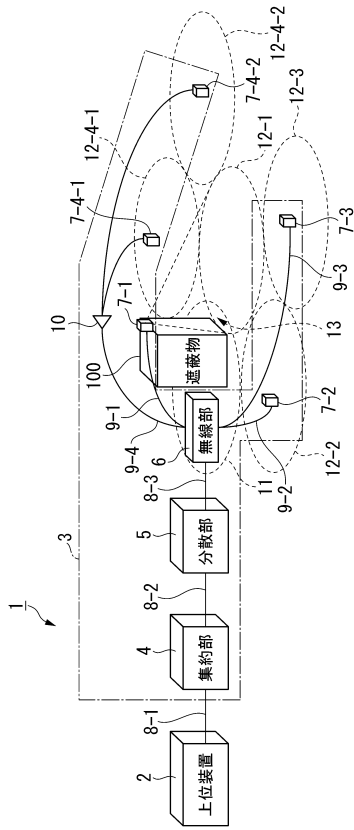
20

30

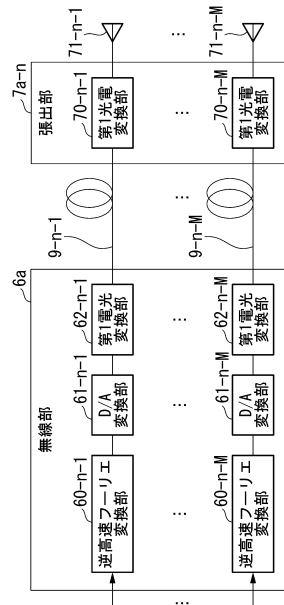
40

50

【 図 面 】  
【 図 1 】



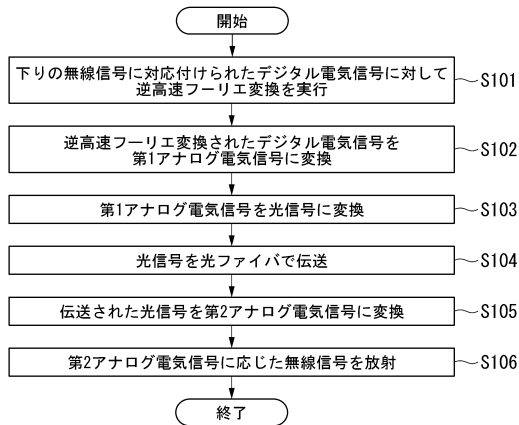
【 図 2 】



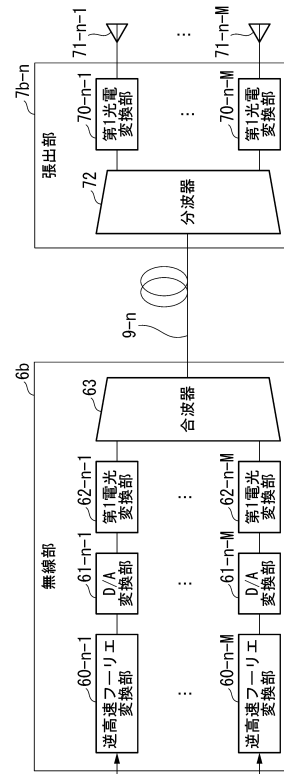
10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

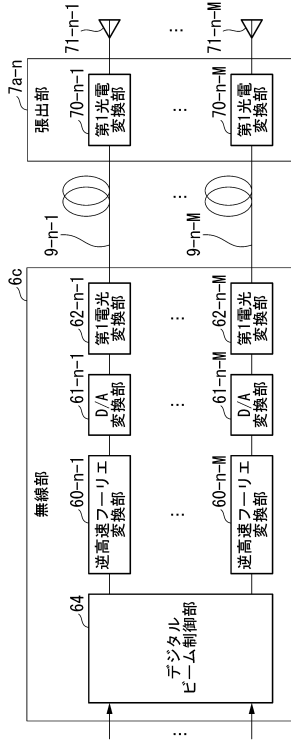


30

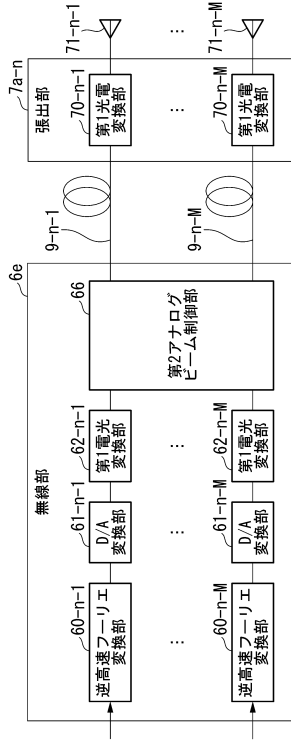
40

50

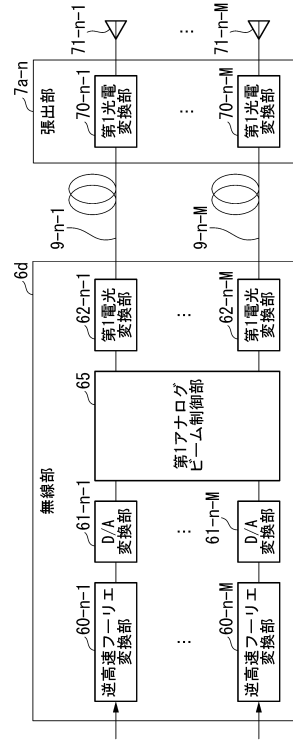
【図5】



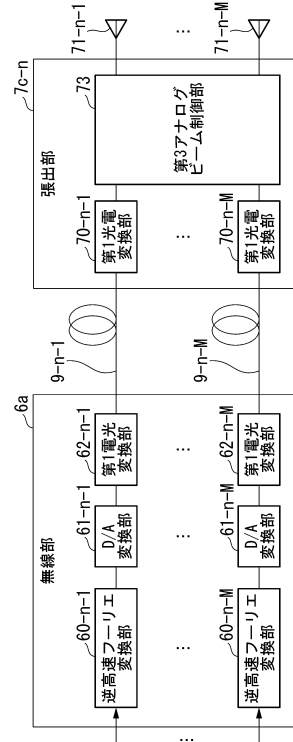
【図7】



【図6】



【図8】



10

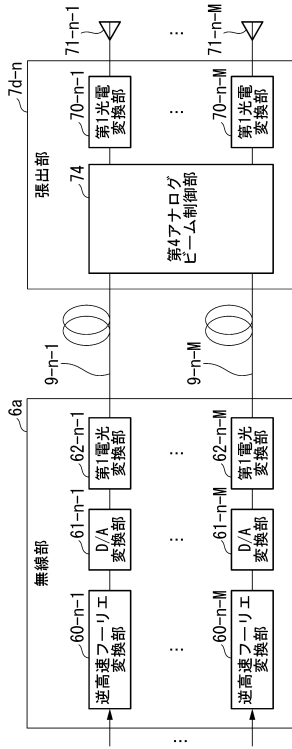
20

30

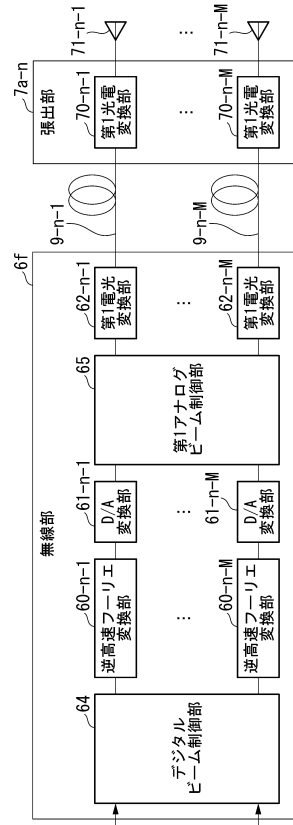
40

50

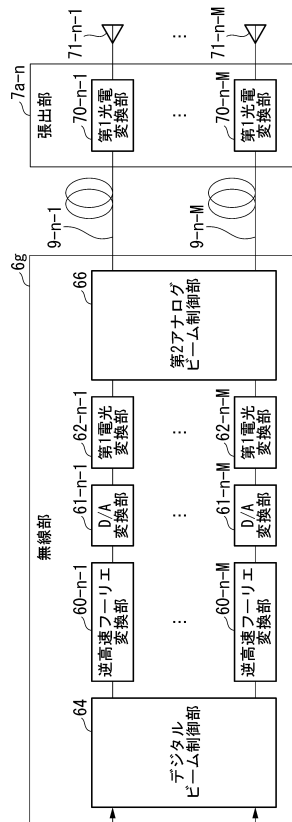
【図 9】



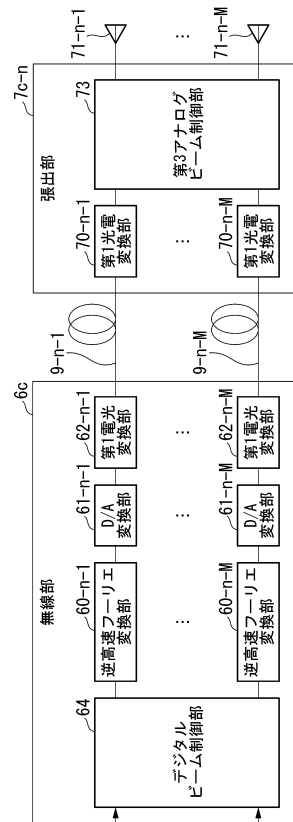
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

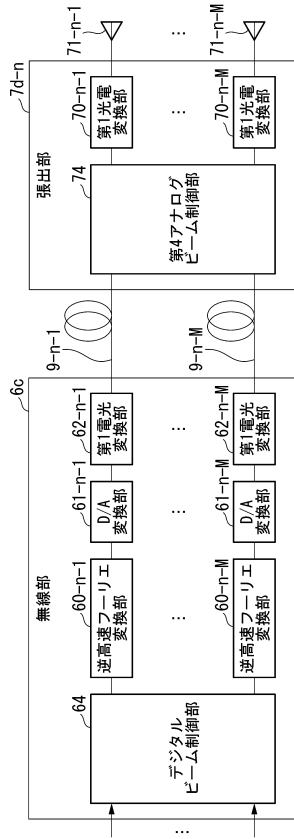
20

30

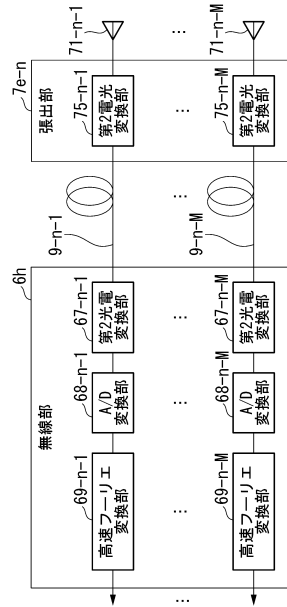
40

50

【図 13】



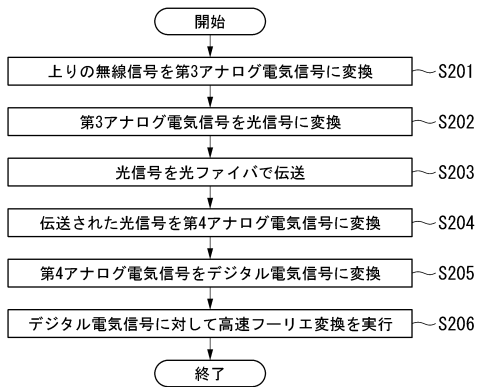
【図 14】



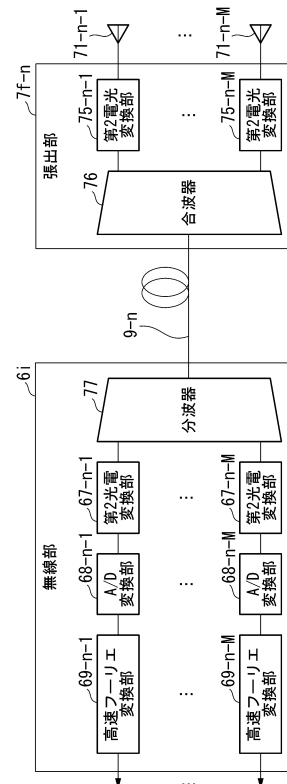
10

20

【図 15】



【図 16】

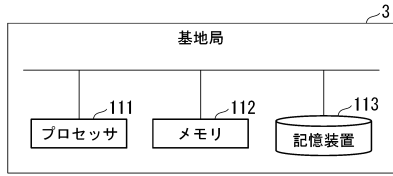


30

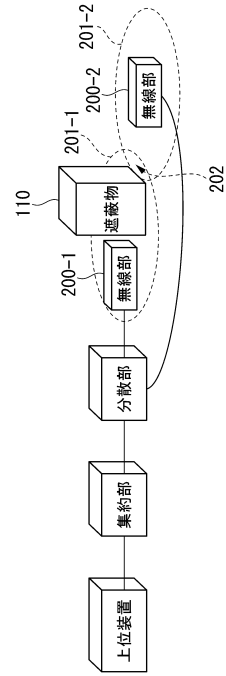
40

50

【図 17】



【図 18】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

- 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内  
(72)発明者 内田 大誠
- 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内  
(72)発明者 北 直樹
- 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内  
(72)発明者 鬼沢 武
- 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内  
審査官 対馬 英明
- (56)参考文献 特表2017-521976(JP,A)  
特開2010-216885(JP,A)  
特開平09-215048(JP,A)  
国際公開第2018/174257(WO,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
H04B 10/00 - 10/90  
H04J 14/00 - 14/08