

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6322338号
(P6322338)

(45) 発行日 平成30年5月9日(2018.5.9)

(24) 登録日 平成30年4月13日(2018.4.13)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 4 L	27/26	(2006.01)	HO 4 L	27/26	3 0 0
HO 3 M	7/30	(2006.01)	HO 3 M	7/30	Z
HO 4 B	10/2575	(2013.01)	HO 4 B	10/2575	1 2 0
			HO 4 L	27/26	4 0 0

請求項の数 7 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2017-519066 (P2017-519066)	(73) 特許権者	000004226
(86) (22) 出願日	平成28年4月6日(2016.4.6)		日本電信電話株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/061261		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(87) 国際公開番号	W02016/185820	(74) 代理人	110001634
(87) 国際公開日	平成28年11月24日(2016.11.24)		特許業務法人 志賀国際特許事務所
審査請求日	平成29年7月13日(2017.7.13)	(72) 発明者	柴田 直剛
(31) 優先権主張番号	特願2015-101839 (P2015-101839)		東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日
(32) 優先日	平成27年5月19日(2015.5.19)		本電信電話株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	桑野 茂
			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	鎌本 優
			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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光通信システム及び光通信方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

分割された基地局の機能を備える信号処理装置と無線装置とを備え、前記信号処理装置と前記無線装置との間においてデジタル R o F (Radio over Fiber) 伝送により所定サイズの I F F T (Inverse Fast Fourier Transform) 後の信号に対してサイクリックプレフィックスが付加された周期的なシンボル系列を伝送する光通信システムであって、

前記信号処理装置及び前記無線装置のそれぞれは送信部及び受信部を備え、

前記送信部は、

前記シンボル系列の開始位置及び前記シンボル系列を構成する各シンボルの長さに関するシンボル情報を取得し、取得した前記シンボル情報に基づいて前記シンボル系列の一部を分離して前記シンボル毎の長さを揃える第1分離部と、

分離された前記シンボル系列の一部を除いた圧縮対象となるシンボルを圧縮する圧縮部と、

を備え、

前記受信部は、圧縮された前記シンボルを伸張して前記シンボルを復元する伸張部を備える光通信システム。

【請求項2】

前記送信部は、分離された前記シンボル系列の一部を、圧縮された前記シンボルに多重する第1多重部をさらに備え、

前記受信部は、

多重された前記シンボル系列の一部を分離する第2分離部と、
前記第2分離部によって分離された前記シンボル系列の一部と、前記伸張部によって復元された前記シンボルとを多重する第2多重部と、
をさらに備える、請求項1に記載の光通信システム。

【請求項3】

前記送信部は、分離された前記シンボル系列の一部を圧縮する局所シンボル系列圧縮部をさらに備え、

前記受信部は、分離された前記シンボル系列の一部を伸張する局所シンボル系列伸張部をさらに備える、請求項2に記載の光通信システム。

【請求項4】

前記第1分離部は、分離した前記シンボル系列の一部を破棄し、
前記受信部は、前記第1分離部によって破棄された前記シンボル系列の一部を復元する信号復元部をさらに備える、請求項1に記載の光通信システム。

【請求項5】

前記圧縮部は、前記シンボル毎に圧縮率を測定する圧縮率測定部を備え、
前記第1分離部は、測定された圧縮率の所定の統計値が最小となる前記シンボルの位置を前記開始位置として取得し、取得した前記開始位置と、前記各シンボルの長さに関する情報とを用いて前記シンボル系列の一部を分離して前記シンボル毎の長さを揃える、請求項1に記載の光通信システム。

【請求項6】

前記送信部は、下りリンク又は上りリンクのIQデータに基づいて前記開始位置を推定するシンボル情報推定部をさらに備える、請求項1に記載の光通信システム。

【請求項7】

分割された基地局の機能を備える信号処理装置と無線装置とを備え、前記信号処理装置及び前記無線装置のそれぞれは送信部及び受信部を備え、前記信号処理装置と前記無線装置との間においてデジタルR o F (Radio over Fiber) 伝送により所定サイズのIFFT (Inverse Fast Fourier Transform) 後の信号に対してサイクリックプレフィックスが付加された周期的なシンボル系列を伝送する光通信システムにおける光通信方法であって、

前記送信部が、前記シンボル系列の開始位置及び前記シンボル系列を構成する各シンボルの長さに関するシンボル情報を取得し、取得した前記シンボル情報に基づいて前記シンボル系列の一部を分離して前記シンボル毎の長さを揃える第1分離ステップと、

前記送信部が、分離された前記シンボル系列の一部を除いた圧縮対象となるシンボルを圧縮する圧縮ステップと、

前記受信部が、圧縮された前記シンボルを伸張して前記シンボルを復元する伸張ステップと、

を有する光通信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、デジタルR o F (Radio over Fiber) 伝送技術に関する。
本願は、2015年5月19日に日本へ出願された特願2015-101839号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】

【0002】

従来、セルラーシステムにおいて、セル構成の自由度を向上させるため、基地局装置の機能を信号処理部(以下、「BBU」(Base Band Unit)という。)とRF部(以下、「RRH」(Remote Radio Head)という。)に分割して、BBUとRRHを物理的に離れた構成とする事が検討されている。このような構成において、BBU-RRH間で伝送される無線信号は、R o F技術により伝送される。R o F技術は、光伝送方法により、アナログR o F技術とデジタルR o F技術に大別できる。近年では、伝送品質に優れたデジタ

10

20

30

40

50

ル R o F 技術の検討が盛んであり、C P R I (Common Public Radio Interface) 等の標準化団体の下、仕様策定が進められている(例えば、非特許文献 1 参照)。また、B B U - R R H 間の接続媒体として、同軸ケーブルや光ファイバ等が用いられるが、特に光ファイバによって B B U - R R H 間を接続する事により伝送距離を拡大することができる。

【 0 0 0 3 】

以下、デジタル R o F 伝送について説明する。

デジタル R o F 伝送を説明するにあたり、以下の文言を定義する。

下りリンクは、B B U から R R H を介して、R R H に接続される無線端末に送信される電波の通信経路を表す。

上りリンクは、R R H に接続される無線端末から R R H を介して B B U に送信される電波の通信経路を表す。

【 0 0 0 4 】

デジタル R o F 伝送の下りリンクでは、以下のような処理が行われる。B B U は、無線信号の I 軸 Q 軸毎のデジタル信号(以下、「I Q データ」という。)を作成し、作成した I Q データを光信号に変換して、光ファイバを介して変換後の光信号を R R H に伝送する。R R H は、受信した光信号を無線信号に変換して、変換後の無線信号を無線端末に送信する。

また、デジタル R o F 伝送の上りリンクでは、以下のような処理が行われる。R R H は、無線端末から送信された無線信号を受信し、受信した無線信号を光信号に変換して、光ファイバを介して変換後の光信号を B B U に伝送する。B B U は、受信した光信号を I Q データに変換して信号を復調する。

【 0 0 0 5 】

図 1 7 は、デジタル R o F 伝送時における R R H 5 0 0 の機能構成を表す概略ブロック図である。

R R H 5 0 0 は、アンテナ 5 0 1、送受切替部 5 0 2、増幅器 5 0 3、ダウンコンバート部 5 0 4、A / D (Analog/Digital) 変換部 5 0 5、ベースバンドフィルタ部 5 0 6、フレーム化部 5 0 7、E / O (Electric/Optic) 変換部 5 0 8、O / E (Optic/Electric) 変換部 5 0 9、デフレーム化部 5 1 0、ベースバンドフィルタ部 5 1 1、D / A (Digital/Analog) 変換部 5 1 2、アップコンバート部 5 1 3 及び増幅器 5 1 4 を備える。

【 0 0 0 6 】

アンテナ 5 0 1 は、無線信号を送受信する。送受切替部 5 0 2 は、アンテナ 5 0 1 の送受信の切り替えを行う。増幅器 5 0 3 は、受信された無線信号の信号電力を、信号処理ができるレベルまで増幅する。ダウンコンバート部 5 0 4 は、増幅された無線信号をベースバンドにダウンコンバートする。A / D 変換部 5 0 5 は、ダウンコンバートされた無線信号(アナログ信号)をデジタル信号である I Q データに変換する。ベースバンドフィルタ部 5 0 6 は、I Q データに対してフィルタリング処理を行う。フレーム化部 5 0 7 は、フィルタリング処理後の I Q データと、制御信号とを多重化することによってフレーム化する。E / O 変換部 5 0 8 は、フレーム化された信号(以下、「フレーム信号」という。)(電気信号)を光信号に変換して、光ファイバ 5 5 0 を介して変換後の光信号を B B U に送信する。

【 0 0 0 7 】

O / E 変換部 5 0 9 は、光ファイバ 5 5 0 を介して受信した光信号をフレーム信号(電気信号)に変換する。デフレーム化部 5 1 0 は、フレーム信号から制御信号及び I Q データを取り出す。ベースバンドフィルタ部 5 1 1 は、I Q データに対してフィルタリング処理を行う。D / A 変換部 5 1 2 は、フィルタリング処理後の I Q データをアナログ信号に変換する。アップコンバート部 5 1 3 は、アナログ信号をアップコンバートする。増幅器 5 1 4 は、アナログ信号の電力を決められた送信電力まで増幅する。

【 0 0 0 8 】

図 1 8 は、デジタル R o F 伝送時における B B U 6 0 0 の機能構成を表す概略ブロック図である。

BBU600は、O/E変換部601、デフレーム化部602、変復調部603、フレーム化部604及びE/O変換部605を備える。

O/E変換部601は、光ファイバ650を介して受信した光信号をフレーム信号(電気信号)に変換する。デフレーム化部602は、フレーム信号から制御信号及びIQデータを取り出す。変復調部603は、IQデータを復調することによって無線信号を復元する。また、変復調部603は、無線信号のIQデータをフレーム化部604に出力する。フレーム化部604は、IQデータと制御信号とを多重化することによってフレーム化する。E/O変換部605は、フレーム信号(電気信号)を光信号に変換して、光ファイバ650を介して変換後の光信号をRRH500に送信する。

【0009】

デジタルRoF伝送は、光ファイバ区間で非常に広帯域を要する。例えば、LTE(Long Term Evolution)システムにおいて、システム帯域幅20MHzで2x2MIMO(Multiple-Input and Multiple-Output)の無線信号は、無線区間で最大150Mbpsである。しかし、この無線信号を15bitの量子化ビット数で伝送するには、option3(2.4576Gbps)以上のCPRILINKが必要となる。そこで、光帯域を有効利用するため、デジタルRoF伝送への圧縮技術適用が検討されている。圧縮技術は、大別すると非可逆圧縮と可逆圧縮に分けられる。非可逆圧縮としては、サンプリング周波数の低減・量子化ビット数の低減等がある。可逆圧縮としては、線形予測符号化とエントロピー符号化の併用等がある。例えば、無線区間の伝送速度を増速する際、光区間の所要伝送帯域も増大するが、圧縮技術により光区間の所要伝送帯域を低減すれば光トランシーバを変更することなく無線区間の増速に対応可能となる。例えば、非特許文献2では、可逆圧縮技術の一つであるMPEG-4ALS(Moving Picture Experts Group-4 Audio Lossless Coding)に関して述べている。

【0010】

図19は、多重伝送時に圧縮技術を導入した場合のRRH500aの機能構成を表す概略ブロック図である。

RRH500aは、アンテナ501、送受切替部502、増幅器503、ダウンコンバータ部504、A/D変換部505、ベースバンドフィルタ部506、圧縮部701、フレーム化部507a、E/O変換部508、O/E変換部509、デフレーム化部510、伸張部702、ベースバンドフィルタ部511a、D/A変換部512、アップコンバータ部513及び増幅器514を備える。

圧縮部701は、フィルタリング処理後のIQデータを圧縮する。フレーム化部507aは、圧縮されたIQデータと、制御信号とを多重化することによってフレーム化する。伸張部702は、圧縮されたIQデータを解凍することによってIQデータを復元する。ベースバンドフィルタ部511aは、復元されたIQデータに対してフィルタリング処理を行う。

【0011】

図20は、多重伝送時に圧縮技術を導入した場合のBBU600aの機能構成を表す概略ブロック図である。

BBU600aは、O/E変換部601、デフレーム化部602、伸張部801、変復調部603a、圧縮部802、フレーム化部604a及びE/O変換部605を備える。

伸張部801は、圧縮されたIQデータを解凍することによってIQデータを復元する。変復調部603aは、復元されたIQデータを復調することによって無線信号を復元する。また、変復調部603aは、無線信号のIQデータを圧縮部802に出力する。圧縮部802は、IQデータを圧縮する。フレーム化部604aは、圧縮されたIQデータと、制御信号とを多重化することによってフレーム化する。

【0012】

圧縮技術の中には、所定のサンプル数毎に圧縮処理及び伸張処理を行うものもある。以下の説明では、圧縮処理を行う単位をフレームと記載し、所定のサンプル数をフレームサイズと記載する。例えば、線形予測符号化を用いた圧縮技術では、あるサンプル点よりも

10

20

30

40

50

過去の数サンプル点にそれぞれ係数を乗算して乗算結果を加算した値を予測値とし、該予測値とあるサンプル点の誤差を出力する。予測の精度が高ければ、誤差信号の振幅値は0に近くなる。そのため、エントロピー符号化により出現確率の高い0付近の振幅値ほど少ないビット数で伝送すれば、光区間の所要帯域を減少できる。なお、係数は、フレーム毎に決定され、各フレームのIQデータに対して予測誤差が小さくなるよう算出される。

【0013】

次に、LTE無線信号について説明する。

LTEにおける下りリンクでは、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiple xing) が用いられる。時間波形としては、所定サイズのIFFT (Inverse Fast Fourier Transform) 後の信号に対してサイクリックプレフィックスを付加した信号が周期的に出力される。一方、LTEにおける上りリンクでは、DFT-S-OFDM (Discrete Fourier Transform-Spread OFDM) が用いられる。こちらの場合もOFDMと同様に、時間波形としては所定サイズのIFFT後の信号に対してサイクリックプレフィックスを付加した信号が周期的に出力される。以下の説明では、IFFT後の信号にサイクリックプレフィックスを付加したものをOFDMシンボルと記載し、下りリンクと上りリンクとで区別なく用いることとする。

【0014】

LTEでは、ノーマルサイクリックプレフィックスと拡張サイクリックプレフィックスが定義されている。ノーマルサイクリックプレフィックスの方が拡張サイクリックプレフィックスに比べてサイズが短く、周波数利用効率が高い。そのため、ノーマルサイクリックプレフィックスが通常使用されることから、以下の説明ではノーマルサイクリックプレフィックスを例に説明する。図21に、LTEにおけるタイムスロットの構成を示す。図21に示される例では、0.5ms区間に7つのOFDMシンボルが配置されている。システム帯域幅が20MHzの場合、IFFTサイズは2048であり、第1OFDMシンボルのサイクリックプレフィックス(CP1)は160ポイント、第2～第7OFDMシンボルのサイクリックプレフィックス(CP2)は144ポイントである。したがって、OFDMシンボル長は、第1OFDMシンボルが2208ポイント、第2～第7OFDMシンボルが2192ポイントである。このように、全てのOFDMシンボル長が同じではない。非特許文献3では、LTEフレームに関する構成が記載されている。

【0015】

図22は、無線信号のI成分のデータに対してMPEG4-ALSを適用した際のフレーム毎の圧縮率を示す図である。

図22において、フレーム番号は、圧縮処理がなされたフレームの順番を表す。圧縮率は、元々のデータ量に対する圧縮後のデータ量の比である。無線信号は、OFDM変調、サブキャリア間隔15kHz、サブキャリア数1200、256QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 変調、サイクリックプレフィックスは160サンプル(第1OFDMシンボル)又は144サンプル(第2OFDMシンボル～第7OFDMシンボル)とした。つまり、システム帯域幅20MHzのLTE下りリンクシステムで、全ての無線帯域がデータ伝送に使用されている場合を想定した。フレームサイズは548とした。

【0016】

図22において、(a)は、フレーム中に第1OFDMシンボルのみが含まれる場合の圧縮率を表す。(b)は、フレーム中に第1OFDMシンボルと第2OFDMシンボルとが含まれる場合の圧縮率を表す。(c)は、フレーム中に第2OFDMシンボルのみが含まれる場合の圧縮率を表す。(d)は、フレーム中に第2OFDMシンボルと第3OFDMシンボルとが含まれる場合の圧縮率を表す。(e)は、フレーム中に第3OFDMシンボルのみが含まれる場合の圧縮率を表す。(f)は、フレーム中に第3OFDMシンボルと第4OFDMシンボルとが含まれる場合の圧縮率を表す。(g)は、フレーム中に第4OFDMシンボルのみが含まれる場合の圧縮率を表す。(h)は、フレーム中に第4OFDMシンボルと第5OFDMシンボルとが含まれる場合の圧縮率を表す。(i)は、フレーム中に第5OFDMシンボルのみが含まれる場合の圧縮率を表す。(j)は、フレーム

10

20

30

40

50

中に第5 OFDMシンボルと第6 OFDMシンボルとが含まれる場合の圧縮率を表す。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0017】

【非特許文献1】CPRI, "CPRI Specification V6.0," Aug. 2013, <http://www.cpri.info/spec.html>

【非特許文献2】鎌本優, 守谷健弘, 原田登, Csaba Kos, "ロスレス・オーディオ符号化MPEG-4 ALSの高性能化," NTT技術ジャーナル, Feb. 2008

【非特許文献3】Erik Dahlman 外3名(著)、服部 武 外2名(監訳)、「3G Evolutionのすべて LTEモバイルブロード方式技術」, Dec. 2009, pp. 356, 425

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

図22に示されるように、複数種類のOFDMシンボルを含まないで圧縮処理が行われた場合の圧縮率は0.7未満であるが、複数種類のOFDMシンボルを含んで圧縮処理が行われた場合の圧縮率は全て0.7を超える。つまり、複数種類のOFDMシンボルを含んで圧縮処理が行われた場合、圧縮処理が1種類のOFDMシンボル内で行われた場合と比べて圧縮率が劣化する。これは、OFDMシンボル毎に周波数成分が異なり信号の性質が異なるため、予測の精度が低下したと考えられる。このように、従来技術では、複数種類のOFDMシンボルを含んで圧縮処理が行われてしまうことによって圧縮率が劣化

20

【0019】

上記事情に鑑み、本発明は、圧縮率の劣化を低減させることができる技術の提供を目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0020】

本発明の一態様は、分割された基地局の機能を備える信号処理装置と無線装置とを備え、前記信号処理装置と前記無線装置との間においてデジタルR o F (Radio over Fiber) 伝送により所定サイズのIFFT (Inverse Fast Fourier Transform) 後の信号に対してサイクリックプレフィックスが付加された周期的なシンボル系列を伝送する光通信システムであって、前記信号処理装置及び前記無線装置のそれぞれは送信部及び受信部を備え、前記送信部は、前記シンボル系列の開始位置及び前記シンボル系列を構成する各シンボルの長さに関するシンボル情報を取得し、取得した前記シンボル情報に基づいて前記シンボル系列の一部を分離して前記シンボル毎の長さを揃える第1分離部と、分離された前記シンボル系列の一部を除いた圧縮対象となるシンボルを圧縮する圧縮部と、を備え、前記受信部は、圧縮された前記シンボルを伸張して前記シンボルを復元する伸張部を備える光通信システムである。

30

【0021】

上記の光通信システムにおいて、前記送信部は、分離された前記シンボル系列の一部を、圧縮された前記シンボルに多重する第1多重部をさらに備え、前記受信部は、多重された前記シンボル系列の一部を分離する第2分離部と、前記第2分離部によって分離された前記シンボル系列の一部と、前記伸張部によって復元された前記シンボルとを多重する第2多重部と、をさらに備えるようにしてもよい。

40

【0022】

上記の光通信システムにおいて、前記送信部は、分離された前記シンボル系列の一部を圧縮する局所シンボル系列圧縮部をさらに備え、前記受信部は、分離された前記シンボル系列の一部を伸張する局所シンボル系列伸張部をさらに備えるようにしてもよい。

【0023】

上記の光通信システムにおいて、前記第1分離部は、分離した前記シンボル系列の一部を破棄し、前記受信部は、前記第1分離部によって破棄された前記シンボル系列の一部を

50

復元する信号復元部をさらに備えるようにしてもよい。

【0024】

上記の光通信システムにおいて、前記圧縮部は、前記シンボル毎に圧縮率を測定する圧縮率測定部を備え、前記第1分離部は、測定された圧縮率の所定の統計値が最小となる前記シンボルの位置を前記開始位置として取得し、取得した前記開始位置と、前記各シンボルの長さに関する情報とを用いて前記シンボル系列の一部を分離して前記シンボル毎の長さを揃えるようにしてもよい。

【0025】

上記の光通信システムにおいて、前記送信部は、下りリンク又は上りリンクのIQデータに基づいて前記開始位置を推定するシンボル情報推定部をさらに備えるようにしてもよい。

10

【0026】

本発明の一態様は、分割された基地局の機能を備える信号処理装置と無線装置とを備え、前記信号処理装置及び前記無線装置のそれぞれは送信部及び受信部を備え、前記信号処理装置と前記無線装置との間においてデジタルR o F (Radio over Fiber) 伝送により所定サイズのIFFT (Inverse Fast Fourier Transform) 後の信号に対してサイクリックプレフィックスが付加された周期的なシンボル系列を伝送する光通信システムにおける光通信方法であって、前記送信部が、前記シンボル系列の開始位置及び前記シンボル系列を構成する各シンボルの長さに関するシンボル情報を取得し、取得した前記シンボル情報に基づいて前記シンボル系列の一部を分離して前記シンボル毎の長さを揃える第1分離ステップと、前記送信部が、分離された前記シンボル系列の一部を除いた圧縮対象となるシンボルを圧縮する圧縮ステップと、前記受信部が、圧縮された前記シンボルを伸張して前記シンボルを復元する伸張ステップと、を有する光通信方法である。

20

【発明の効果】

【0027】

本発明により、圧縮率の劣化を低減させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】第1実施形態におけるRRH100の機能構成を表す概略ブロック図である。

【図2】第1実施形態におけるBBU200の機能構成を表す概略ブロック図である。

30

【図3】第1実施形態における第1分離部の動作を説明するための図である。

【図4A】RRH100に第2圧縮部を設けた場合の圧縮処理部の構成を示す概略ブロック図である。

【図4B】BBU200に第2圧縮部を設けた場合の圧縮処理部の構成を示す概略ブロック図である。

【図4C】RRH100に第2伸張部を設けた場合の伸張処理部の構成を示す概略ブロック図である。

【図4D】BBU200に第2伸張部を設けた場合の伸張処理部の構成を示す概略ブロック図である。

【図5】第1実施形態におけるRRH100の上りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。

40

【図6】第1実施形態におけるBBU200の上りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。

【図7】第1実施形態におけるRRH100の下りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。

【図8】第1実施形態におけるBBU200の下りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。

【図9A】RRH100に圧縮率測定部を設けた場合の圧縮部の構成を示す概略ブロック図である。

【図9B】BBU200に圧縮率測定部を設けた場合の圧縮部の構成を示す概略ブロック

50

図である。

【図10A】RRH100にOFDMシンボル情報推定部を設けた場合の圧縮処理部の構成を示す概略ブロック図である。

【図10B】BBU200にOFDMシンボル情報推定部を設けた場合の圧縮処理部の構成を示す概略ブロック図である。

【図11】第2実施形態におけるRRH100aの機能構成を表す概略ブロック図である。

【図12】第2実施形態におけるBBU200aの機能構成を表す概略ブロック図である。

【図13】第2実施形態におけるRRH100aの上りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。 10

【図14】第2実施形態におけるBBU200aの上りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。

【図15】第2実施形態におけるRRH100aの下りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。

【図16】第2実施形態におけるBBU200aの下りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。

【図17】デジタルRoF伝送時におけるRRH500の機能構成を表す概略ブロック図である。

【図18】デジタルRoF伝送時におけるBBU600の機能構成を表す概略ブロック図である。 20

【図19】多重伝送時に圧縮技術を導入した場合のRRH500aの機能構成を表す概略ブロック図である。

【図20】多重伝送時に圧縮技術を導入した場合のBBU600aの機能構成を表す概略ブロック図である。

【図21】LTEにおけるタイムスロットの構成を示す図である。

【図22】無線信号のI成分のデータに対してMPEG-4 ALSを適用した際のフレーム毎の圧縮率を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】 30

以下、本発明の実施形態を、図面を参照しながら説明する。

[概要]

本発明では、分割された基地局の機能を備えるRRH(無線装置)とBBU(信号処理装置)とを備える光通信システムにおけるRRH及びBBUが、複数のOFDMシンボル(シンボル)で構成されるシンボル系列の開始位置及び各OFDMシンボルの長さに関する情報(以下、「OFDMシンボル情報」という。)を取得する。そして、RRH及びBBUは、取得したOFDMシンボル情報に基づいて、シンボル系列の一部を分離することによって、圧縮処理を行う対象となる全てのOFDMシンボルの長さが同じになるようにOFDMシンボルの長さを調整する。

以下、複数の実施形態(第1実施形態及び第2実施形態)を例にして具体的に説明する。 40

【0030】

[第1実施形態]

第1実施形態では、RRH及びBBUが、OFDMシンボル情報を取得して、取得したOFDMシンボル情報に基づいてシンボル系列の一部を分離することによって、圧縮処理を行う対象となる全てのOFDMシンボルの長さが同じになるようにOFDMシンボルの長さを調整する。そして、RRH及びBBUは、圧縮処理が行われたOFDMシンボルと、分離したシンボル系列の一部とを多重化して伝送する。

【0031】

図1は、第1実施形態におけるRRH100の機能構成を表す概略ブロック図である。 50

また、図2は、第1実施形態におけるBBU200の機能構成を表す概略ブロック図である。まず、RRH100について説明する。

RRH100は、アンテナ101、送受切替部102、増幅器103、ダウンコンバート部104、A/D変換部105、ベースバンドフィルタ部106、圧縮処理部1000、フレーム化部110、E/O変換部111、O/E変換部112、デフレーム化部113、伸張処理部1100、ベースバンドフィルタ部117、D/A変換部118、アップコンバート部119及び増幅器120を備える。圧縮処理部1000は、第1分離部107、圧縮部108及び第1多重部109を備える。伸張処理部1100は、第2分離部114、伸張部115及び第2多重部116を備える。

【0032】

アンテナ101は、RRH100に接続されている無線端末との間で無線信号の送受信を行う。送受切替部102は、アンテナ101の送受信の切り替えを行う。なお、送受切替部102は、FDD(Frequency Division Duplex)と、TDD(Time Division Duplex)のどちらにも対応できる。例えば、BBU200 - RRH100間がCPRIインタフェースの場合、全体のうちおおよそ1/16が制御信号、15/16がIQデータを送るために使われ、制御信号としてCPRIリンクを確立するためのK28.5コード等が伝送される。増幅器103は、受信された無線信号の信号電力を信号処理ができるレベルまで増幅する。ダウンコンバート部104は、無線信号をベースバンドにダウンコンバートする。A/D変換部105は、ダウンコンバートされた無線信号(アナログ信号)をデジタル信号であるIQデータに変換する。ベースバンドフィルタ部106は、IQデータ

【0033】

第1分離部107は、BBU200から取得したOFDMシンボル情報に基づいて、シンボル系列の一部を分離する。以下の説明では、分離されたシンボル系列の一部を分離シンボルと記載する。

圧縮部108は、予め設定されたフレームサイズ毎に、分離シンボルを除いた圧縮対象となる全てのOFDMシンボル(以下、「残OFDMシンボル」という。)を圧縮する。

第1多重部109は、分離シンボルと、圧縮された残OFDMシンボルとを多重化することによって多重化信号を生成する。

分離シンボルの長さは圧縮された残OFDMシンボル長に対して十分に短いため、分離シンボルと圧縮された残OFDMシンボルとを多重して伝送することで、より効率的な伝送が可能となる。

【0034】

フレーム化部110は、多重化信号と、制御信号とを多重化することによってフレーム信号を生成する。

E/O変換部111は、フレーム信号を光信号に変換して、光ファイバ150を介して変換後の光信号をBBU200に送信する。

O/E変換部112は、光ファイバ150を介して受信された光信号をフレーム信号(電気信号)に変換する。

【0035】

デフレーム化部113は、フレーム信号から制御信号及び多重化信号を取り出す。

第2分離部114は、BBU200から取得したOFDMシンボル情報に基づいて、多重化信号の一部を分離する。

伸張部115は、分離された多重化信号の一部を除いた信号(圧縮された残OFDMシンボル)を伸張する。具体的には、伸張部115は、圧縮された残OFDMシンボルを解凍することによって、残OFDMシンボルへと復元する。

【0036】

第2多重部116は、分離された多重化信号の一部(分離シンボル)と、復元された残OFDMシンボルとを多重化することによって多重化信号を生成する。

10

20

30

40

50

ベースバンドフィルタ部 117 は、多重化信号に対してフィルタリング処理を行う。
D/A変換部 118 は、フィルタリング処理後の多重化信号をアナログ信号に変換する

アップコンバート部 119 は、アナログ信号をアップコンバートする。
増幅器 120 は、アナログ信号の電力を決められた送信電力まで増幅する。

【0037】

次に、BBU200について説明する。

BBU200は、O/E変換部201、デフレーム化部202、伸張処理部2000、
変復調部206、圧縮処理部2100、フレーム化部210及びE/O変換部211を備
える。伸張処理部2000は、第2分離部203、伸張部204及び第2多重部205を
備える。圧縮処理部2100は、第1分離部207、圧縮部208及び第1多重部209
を備える。

10

O/E変換部201は、光ファイバ250を介して受信された光信号をフレーム信号（
電気信号）に変換する。デフレーム化部202は、フレーム信号から制御信号及び多重化
信号を取り出す。

【0038】

第2分離部203は、OFDMシンボル情報に基づいて多重化信号の一部を分離する。

伸張部204は、分離された多重化信号の一部を除いた信号（圧縮された残OFDMシ
ンボル）を解凍することによって、残OFDMシンボルへと復元する。

第2多重部205は、分離された多重化信号の一部（分離シンボル）と、復元された残
OFDMシンボルとを多重化することによって多重化信号を生成する。

20

変復調部206は、多重化信号に対して復調を行うことによって無線信号を復元する。
また、変復調部206は、無線信号のIQデータのOFDMシンボルを第1分離部207
に出力する。

【0039】

第1分離部207は、取得したOFDMシンボル情報に基づいて、シンボル系列の一部
を分離する。

圧縮部208は、予め設定されたフレームサイズ毎に、残OFDMシンボルを圧縮する

第1多重部209は、分離シンボルと、圧縮された残OFDMシンボルとを多重化する
ことによって多重化信号を生成する。

30

フレーム化部210は、多重化信号と、制御信号とを多重化することによってフレーム
信号を生成する。E/O変換部211は、フレーム信号を光信号に変換して、光ファイバ
250を介して変換後の光信号をRRH100に送信する。

【0040】

第1分離部107及び第1分離部207は、取得したOFDMシンボル情報に基づいて
、OFDMシンボルのどの箇所を分離するか決定する。第1分離部207がOFDMシン
ボル情報を取得する方法としては、BBU200の変復調部206から取得することが考
えられる。この場合、RRH100の第1分離部107に対してOFDMシンボル情報を
通知する必要がある。そこで、BBU200 - RRH100間がCPR Iインタフェース
の場合は、CPR Iの制御信号の予約ビット等を用いてOFDMシンボル情報を伝送す
ることができる。第1分離部107は、BBU200からOFDMシンボル情報を通知され
ることによってOFDMシンボル情報を取得する。

40

【0041】

例えば、TDDのLTEシステムの場合、最小1ms周期で下りと上りの通信が入れ替
わるため、下りの0.5ms周期のOFDMシンボルの開始位置・OFDMシンボル長情
報が分かれば、上りのOFDMシンボルの開始位置・OFDMシンボル長情報も推定可能
である。通常、OFDMシンボル長はシステムごとに固定であるため、OFDMシンボル
長情報は予め第1分離部107及び第1分離部207に記憶させておいてもよい。また、
LTEシステムでは、CP（サイクリックプレフィックス）長が160のOFDMシンボ

50

ルの開始位置さえ分かれば、その後続くOFDMシンボルの開始位置及びOFDMシンボル長が分かる。そのため、第1分離部107及び第1分離部207は、CP長が160のOFDMシンボルの開始位置情報さえ取得できればよい。また、OFDM信号が連続的に出力されるため、一度OFDMシンボルの開始位置が分かればよく、周期的に開始位置情報を取得しなくてもよい。

また、第2分離部114及び第2分離部203は、制御信号からOFDMシンボル情報を取得して分離すべき箇所を決定してもよいし、第1多重部109及び第1多重部209で分離すべき箇所をヘッダ情報として付加し、ヘッダ情報を見てOFDMシンボル情報を取得することで分離すべき箇所を決定してもよい。

【0042】

なお、以下の説明では、第1分離部107及び第1分離部207について特に区別しない場合には、単に第1分離部と記載する。また、以下の説明では、第1多重部109及び第1多重部209について特に区別しない場合には、単に第1多重部と記載する。また、以下の説明では、第2分離部114及び第2分離部203について特に区別しない場合には、単に第2分離部と記載する。また、以下の説明では、第2多重部116及び第2多重部205について特に区別しない場合には、単に第2多重部と記載する。また、以下の説明では、圧縮部108及び圧縮部208について特に区別しない場合には、単に圧縮部と記載する。また、以下の説明では、伸張部115及び伸張部204について特に区別しない場合には、単に伸張部と記載する。

【0043】

第1多重部の多重方法として、例えば時間多重が考えられる。MPEG-4 ALSを用いる場合には、残OFDMシンボルを圧縮し、分離シンボルをALSSpecificConfigのAUX領域(拡張領域)に記述して、同一のビットストリームとして多重化することにより、第1多重部の機能を実現しても良い。

【0044】

図3は、第1実施形態における第1分離部の動作を説明するための図である。

図3(A)は、LTEシステムにおけるシンボル系列の具体例を示す図である。図3(A)に示すように、シンボル系列は、複数のOFDMシンボルで構成される。LTEシステムでは、第2～第7OFDMシンボルのOFDMシンボル長は等しく、第1OFDMシンボルのOFDMシンボル長だけが16ポイント長い。このようなOFDMシンボル毎のOFDMシンボル長の情報は、OFDMシンボル情報に含まれる。そこで、第1分離部は、OFDMシンボル情報に含まれるOFDMシンボル開始位置の情報から、OFDMシンボルの開始位置を特定する。そして、第1分離部は、特定したOFDMシンボルの開始位置から、シンボル系列の一部を分離する。具体的には、第1分離部は、図3(B)に示すように、第1OFDMシンボルのサイクリックプレフィックスの一部11を分離する。この第1OFDMシンボルのサイクリックプレフィックスの一部11が、分離シンボルである。例えば、第1分離部は、サイクリックプレフィックス160ポイントの一部である16ポイントを分離する。この処理によって、第1OFDMシンボルの長さは、 $2208 - 16 = 2192$ となる。つまり、図3(C)に示すように、圧縮処理の対象となる第1～第7OFDMシンボル(残OFDMシンボル)の長さが揃う。この時、フレームサイズを $2192/n$ (n は自然数)と設定すれば、フレームサイズは一つでよいし、また、圧縮部が行う圧縮処理において複数のOFDMシンボルを含んで圧縮処理が行われない。第2分離部の動作も第1分離部の動作と同様である。

【0045】

なお、第1分離部によって分離されたシンボル系列の一部は、そのまま第1多重部に入力されてもよい。また、RRH100及びBBU200が第2圧縮部(局所シンボル系列圧縮部)を備え、第2圧縮部が分離シンボルに対して圧縮処理を行った後に圧縮された分離シンボルを第1多重部に入力してもよい。すなわち、RRH100は、圧縮処理部1000に代えて図4Aに示す圧縮処理部1000aを備え、圧縮処理部1000aは圧縮処理部1000の構成に加えて第2圧縮部130を備える。また、BBU200は、圧縮処

10

20

30

40

50

理部 2100 に代えて図 4B に示す圧縮処理部 2100a を備え、圧縮処理部 2100a は圧縮処理部 2100 の構成に加えて第 2 圧縮部 230 を備える。この場合、第 1 多重部は、圧縮部によって圧縮された圧縮された残 OFDM シンボルと、第 2 圧縮部によって圧縮された分離シンボルとを多重化することによって多重化信号を生成する。また、RRH 100 及び BBU 200 が第 2 圧縮部を備える場合、RRH 100 及び BBU 200 は第 2 分離部で分離された分離シンボルに対して伸張処理を行う第 2 伸張部（局所シンボル系列伸張部）を備える必要がある。すなわち、RRH 100 は、伸張処理部 1100 に代えて図 4C に示す伸張処理部 1100a を備え、伸張処理部 1100a は伸張処理部 1100 の構成に加えて第 2 伸張部 131 を備える。また、BBU 200 は、伸張処理部 2000 に代えて図 4D に示す伸張処理部 2000a を備え、伸張処理部 2000a は伸張処理部 2000 の構成に加えて第 2 伸張部 231 を備える。この場合、第 2 多重部は、伸張部によって復元された残 OFDM シンボルと、第 2 伸張部によって復元された分離シンボルとを多重化することによって多重化信号を生成する。

このように、分離シンボル（シンボル系列の一部）をさらに圧縮することで、より伝送効率を上げることができる。

【0046】

図 5 は、第 1 実施形態における RRH 100 の上りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。

アンテナ 101 は、RRH 100 に接続されている無線端末から送信された無線信号を受信する（ステップ S101）。アンテナ 101 は、受信した無線信号を、送受切替部 102 を介して増幅器 103 に出力する。増幅器 103 は、無線信号の信号電力を信号処理ができるレベルまで増幅する（ステップ S102）。ダウンコンバート部 104 は、無線信号をベースバンドにダウンコンバートする（ステップ S103）。その後、A/D 変換部 105 は、ダウンコンバートされた無線信号をデジタル信号である IQ データに変換する（ステップ S104）。ベースバンドフィルタ部 106 は、IQ データに対してフィルタリング処理を行う（ステップ S105）。

【0047】

第 1 分離部 107 は、BBU 200 から取得した OFDM シンボル情報に基づいて、シンボル系列の一部を分離する（ステップ S106）。ステップ S106 の処理によって、OFDM シンボルが、分離シンボルと残 OFDM シンボルとに分離される。第 1 分離部 107 は、分離シンボルを第 1 多重部 109 に出力する。また、第 1 分離部 107 は、残 OFDM シンボルを圧縮部 108 に出力する。圧縮部 108 は、残 OFDM シンボルを圧縮する（ステップ S107）。第 1 多重部 109 は、分離シンボルと、圧縮された残 OFDM シンボルとを多重化することによって多重化信号を生成する（ステップ S108）。フレーム化部 110 は、多重化信号と、制御信号とを多重化することによってフレーム信号を生成する（ステップ S109）。E/O 変換部 111 は、フレーム信号を光信号に変換する（ステップ S110）。そして、E/O 変換部 111 は、光ファイバ 150 を介して光信号を BBU 200 に伝送する（ステップ S111）。

【0048】

図 6 は、第 1 実施形態における BBU 200 の上りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。

O/E 変換部 201 は、光ファイバ 250 を介して受信された光信号をフレーム信号（電気信号）に変換する（ステップ S201）。O/E 変換部 201 は、フレーム信号をデフレーム化部 202 に出力する。デフレーム化部 202 は、フレーム信号から制御信号及び多重化信号を取り出す（ステップ S202）。第 2 分離部 203 は、OFDM シンボル情報に基づいて、多重化信号の一部を分離する（ステップ S203）。ステップ S203 の処理によって、多重化信号に含まれる OFDM シンボルが、分離シンボルと残 OFDM シンボルとに分離される。第 2 分離部 203 は、分離シンボルを第 2 多重部 205 に出力する。また、第 2 分離部 203 は、残 OFDM シンボルを伸張部 204 に出力する。

【0049】

10

20

30

40

50

伸張部 204 は、圧縮された残 OFDM シンボルを解凍することによって残 OFDM シンボルへと復元する（ステップ S 204）。第 2 多重部 205 は、分離シンボルと、復元された残 OFDM シンボルとを多重化することによって多重化信号を生成する（ステップ S 205）。変復調部 206 は、多重化信号に対して復調を行うことによって無線信号を復元する（ステップ S 206）。変復調部 206 は、復元した無線信号を受信する（ステップ S 207）。なお、ステップ S 207 の処理における受信は、変復調部 206 が OFDM シンボルに対して復調を行う無線信号を取得することを意味する。

【0050】

図 7 は、第 1 実施形態における RRH 100 の下りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。

10

O/E 変換部 112 は、光ファイバ 150 を介して受信された光信号をフレーム信号（電気信号）に変換する（ステップ S 301）。デフレーム化部 113 は、フレーム信号から制御信号及び多重化信号を取り出す（ステップ S 302）。第 2 分離部 114 は、取得した OFDM シンボル情報に基づいて、多重化信号の一部を分離する（ステップ S 303）。ステップ S 303 の処理によって、OFDM シンボルが、分離シンボルと残 OFDM シンボルとに分離される。第 2 分離部 114 は、分離シンボルを第 2 多重部 116 に出力する。また、第 2 分離部 114 は、残 OFDM シンボルを伸張部 115 に出力する。伸張部 115 は、圧縮された残 OFDM シンボルを解凍することによって残 OFDM シンボルへと復元する（ステップ S 304）。

【0051】

20

第 2 多重部 116 は、分離シンボルと、復元された残 OFDM シンボルとを多重化することによって多重化信号を生成する（ステップ S 305）。ベースバンドフィルタ部 117 は、多重化信号に対してフィルタリング処理を行う（ステップ S 306）。D/A 変換部 118 は、フィルタリング処理後の多重化信号をアナログ信号に変換する（ステップ S 307）。アップコンバート部 119 は、アナログ信号をアップコンバートする（ステップ S 308）。増幅器 120 は、アナログ信号の電力を決められた送信電力まで増幅する（ステップ S 309）。アンテナ 101 は、RRH 100 に接続されている無線端末にアナログ信号を送信する（ステップ S 310）。

【0052】

図 8 は、第 1 実施形態における BBU 200 の下りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。

30

変復調部 206 は、OFDM シンボルを第 1 分離部 207 に出力する（ステップ S 401）。第 1 分離部 207 は、取得した OFDM シンボル情報に基づいて、シンボル系列の一部を分離する（ステップ S 402）。ステップ S 402 の処理によって、OFDM シンボルが、分離シンボルと残 OFDM シンボルとに分離される。第 1 分離部 207 は、分離シンボルを第 1 多重部 209 に出力する。また、第 1 分離部 207 は、残 OFDM シンボルを圧縮部 208 に出力する。圧縮部 208 は、残 OFDM シンボルを圧縮する（ステップ S 403）。

【0053】

第 1 多重部 209 は、分離シンボルと、圧縮された残 OFDM シンボルとを多重化することによって多重化信号を生成する（ステップ S 404）。フレーム化部 210 は、多重化信号と、制御信号とを多重化することによってフレーム信号を生成する（ステップ S 405）。E/O 変換部 211 は、フレーム信号を光信号に変換する（ステップ S 406）。そして、E/O 変換部 211 は、光ファイバ 250 を介して光信号を RRH 100 に送信する（ステップ S 407）。

40

【0054】

以上のように構成された RRH 100 及び BBU 200 によれば、圧縮率の劣化を低減させることが可能となる。以下、この効果について詳細に説明する。

RRH 100 及び BBU 200 は、無線信号を圧縮する際にシンボル系列の一部を分離する。例えば、LTE の場合、第 1 OFDM シンボルの長さが第 2 ~ 第 7 OFDM シンボ

50

ルの長さに比べて長い場合、RRH100及びBBU200は第1シンボル系列の一部を分離する。この処理によって、RRH100及びBBU200は、圧縮処理を行う対象となるOFDMシンボルの長さを同じにする。そして、RRH100及びBBU200は、予め設定されているフレームサイズ毎に圧縮処理を行うことによって周波数特性が異なるOFDMシンボルを含まないように圧縮処理を行う。そのため、全体として圧縮率の劣化を低減させることが可能になる。また、圧縮率の劣化が低減されるため、伝送帯域を有効に利用することが可能になる。

【0055】

<変形例>

RRH100において、圧縮部108は、当該圧縮部108が行ったフレーム毎の圧縮処理によるフレーム毎の圧縮率を測定する圧縮率測定部をさらに備えるように構成されてもよい。また、BBU200において、圧縮部208は、当該圧縮部208が行ったフレーム毎の圧縮処理によるフレーム毎の圧縮率を測定する圧縮率測定部をさらに備えるように構成されてもよい。すなわち、RRH100は、圧縮部108に代えて図9Aに示す圧縮部108aを備え、圧縮部108aは圧縮部108と同様の機能を備えるのに加えて圧縮率測定部1080を備える。また、BBU200は、圧縮部208に代えて図9Bに示す圧縮部208aを備え、圧縮部208aは圧縮部208と同様の機能を備えるのに加えて圧縮率測定部2080を備える。このように構成される場合、RRH100及びBBU200は、圧縮率測定部によって測定された圧縮率の平均値又は最大値等が最小となる位置を基にOFDMシンボルの開始位置情報を取得してもよい。つまり、RRH100及びBBU200は、圧縮率特性が最も良い時のOFDMシンボルの開始位置を、OFDMシンボルの開始位置情報として取得する。ここで、圧縮率特性が最も良い時のOFDMシンボルの開始位置とは、圧縮率の平均値又は最大値等が最小となる位置である。このように構成される場合、第1分離部及び第2分離部は、OFDMシンボル長の情報を、上記の方法で取得するか、予め記憶しておく必要がある。その後、圧縮率測定部は、圧縮率測定を継続し、圧縮率特性が劣化した場合に、再度上記のフローを再度実行してもよい。圧縮率特性とは、平均圧縮率又は最大圧縮率等である。

以上のように構成されることによって、無線伝搬環境・BBU/RRHの処理遅延・BBU200-RRH100間のファイバ遅延等の影響で、OFDMシンボルの開始位置が想定とずれていても補正することができる。また、RRH100及びBBU200は、OFDMシンボルの開始位置を求めるための追加の情報を必要とすることなく、圧縮率特性が最も良い時のOFDMシンボルの開始位置を取得することができる。

【0056】

圧縮率測定部は、圧縮率測定の代わりに、圧縮部で行われる分析結果を用いて演算量を削減してもよい。具体的には、圧縮率測定部は、線形予測分析時に得られる自己相関係数とPARCOR (Partial Auto-Correlation) 係数によりフレーム毎の情報量すなわち圧縮率を推定する。この処理によって、エントロピー符号化に必要な処理量を削減することができる。

【0057】

RRH100及びBBU200は、下りリンク又は上りリンクのIQデータを基に、OFDMシンボルの開始位置及びOFDMシンボル長情報を推定するOFDMシンボル情報推定部を備えるように構成されてもよい。すなわち、RRH100は、圧縮処理部1000に代えて図10Aに示す圧縮処理部1000bを備え、圧縮処理部1000bは圧縮処理部1000の構成に加えてOFDMシンボル情報推定部132を備える。また、BBU200は、圧縮処理部2100に代えて図10Bに示す圧縮処理部2100bを備え、圧縮処理部2100bは圧縮処理部2100の構成に加えてOFDMシンボル情報推定部232を備える。OFDMシンボルの開始位置及びOFDMシンボル長情報を推定する方法として、IQデータをFFT変換してEVM (Error Vector Magnitude) を測定する方法がある。この時、OFDMシンボル情報推定部は、FFTウィンドウを1ポイントずつずらしていき、FFT後のEVMが最小となる位置や周期で、OFDMシンボルの開始位置

10

20

30

40

50

やサイクリックプレフィックス長（OFDMシンボル長）情報を推定してもよい。または、OFDMシンボル情報推定部は、サイクリックプレフィックスの周期性を利用し、下りリンク信号又は上りリンク信号の自己相関からOFDMシンボルの開始位置やサイクリックプレフィックス長（OFDMシンボル長）情報を推定してもよい。このように構成することで、RRH100及びBBU200は、OFDMシンボルの開始位置及びOFDMシンボル長情報を推定するための追加の情報を必要とすることなく、それぞれ、下りリンク信号及び上りリンク信号からOFDMシンボルの開始位置及びOFDMシンボル長情報を推定することができる。

【0058】

[第2実施形態]

第2実施形態では、RRH及びBBUが、OFDMシンボル情報を取得して、取得したOFDMシンボル情報に基づいてシンボル系列の一部を分離することによって、圧縮処理を行う全てのOFDMシンボルの長さが同じになるようにOFDMシンボルの長さを調整する。そして、RRH及びBBUの送信側では、分離したシンボル系列の一部を破棄する。RRH及びBBUの受信側では、破棄されたシンボル系列の一部を復元する。

【0059】

図11は、第2実施形態におけるRRH100aの機能構成を表す概略ブロック図である。また、図12は、第2実施形態におけるBBU200aの機能構成を表す概略ブロック図である。まず、RRH100aについて説明する。

RRH100aは、アンテナ101、送受切替部102、増幅器103、ダウンコンバート部104、A/D変換部105、ベースバンドフィルタ部106、圧縮部108、フレーム化部110a、E/O変換部111、O/E変換部112、デフレーム化部113a、伸張部115、ベースバンドフィルタ部117a、D/A変換部118、アップコンバート部119、増幅器120、分離部121及び信号復元部122を備える。

【0060】

RRH100aは、第1分離部107、第1多重部109、フレーム化部110、デフレーム化部113、第2分離部114、第2多重部116及びベースバンドフィルタ部117に代えてフレーム化部110a、デフレーム化部113a、ベースバンドフィルタ部117a、分離部121及び信号復元部122を備える点でRRH100と構成が異なる。RRH100aは、他の構成についてはRRH100と同様である。そのため、RRH100a全体の説明は省略し、フレーム化部110a、デフレーム化部113a、ベースバンドフィルタ部117a、分離部121及び信号復元部122について説明する。

【0061】

分離部121は、第1分離部107と同様の処理を行う。つまり、分離部121は、BBU200aから取得したOFDMシンボル情報に基づいて、シンボル系列の一部を分離する。また、分離部121は、分離したシンボル系列の一部を破棄する。

フレーム化部110aは、圧縮部108によって圧縮された残OFDMシンボルと、制御信号とを多重化することによってフレーム信号を生成する。

デフレーム化部113aは、フレーム信号から制御信号及び圧縮された残OFDMシンボルを取り出す。

信号復元部122は、残OFDMシンボルに基づいて、BBU200aで破棄されたシンボル系列の一部（分離シンボル）を復元する。

ベースバンドフィルタ部117aは、復元された分離シンボル及び残OFDMシンボルに対してフィルタリング処理を行う。

【0062】

次に、BBU200aについて説明する。

BBU200aは、O/E変換部201、デフレーム化部202a、伸張部204、変復調部206、圧縮部208、フレーム化部210a、E/O変換部211、信号復元部212及び分離部213を備える。

BBU200aは、デフレーム化部202、第2分離部203、第2多重部205、第

10

20

30

40

50

1 分離部 2 0 7、第 1 多重部 2 0 9 及びフレーム化部 2 1 0 に代えてデフレーム化部 2 0 2 a、フレーム化部 2 1 0 a、信号復元部 2 1 2 及び分離部 2 1 3 を備える点で B B U 2 0 0 と構成が異なる。B B U 2 0 0 a は、他の構成については B B U 2 0 0 と同様である。そのため、B B U 2 0 0 a 全体の説明は省略し、デフレーム化部 2 0 2 a、フレーム化部 2 1 0 a、信号復元部 2 1 2 及び分離部 2 1 3 について説明する。

【 0 0 6 3 】

デフレーム化部 2 0 2 a は、フレーム信号から制御信号及び圧縮された残 O F D M シンボルを取り出す。

信号復元部 2 1 2 は、残 O F D M シンボルに基づいて、R R H 1 0 0 a で破棄されたシンボル系列の一部（分離シンボル）を復元する。

分離部 2 1 3 は、取得した O F D M シンボル情報に基づいて、シンボル系列の一部を分離する。また、分離部 2 1 3 は、分離したシンボル系列の一部を破棄する。

フレーム化部 2 1 0 a は、圧縮部 2 0 8 によって圧縮された残 O F D M シンボルと、制御信号とを多重化することによってフレーム信号を生成する。

【 0 0 6 4 】

サイクリックプレフィックスは、I F F T 出力後の信号の後半部分をコピーしたものである。したがって、下りリンクの場合、B B U 2 0 0 a の分離部 2 1 3 で I F F T 出力後の信号の後半部分を破棄しても、R R H 1 0 0 a の信号復元部 1 2 2 でサイクリックプレフィックスを破棄された信号の位置にコピーすれば元の信号を復元することができる。又は、分離部 2 1 3 でサイクリックプレフィックスを破棄しても、信号復元部 1 2 2 で I F F T 出力後の信号の後半部分を破棄されたサイクリックプレフィックスの位置にコピーすれば元の信号を復元することができる。

【 0 0 6 5 】

上りリンクの場合、O F D M シンボルのサイクリックプレフィックスは変復調部 2 0 6 で破棄される。そのため、R R H 1 0 0 a の分離部 1 2 1 でサイクリックプレフィックスを破棄しても、B B U 2 0 0 a の信号復元部 2 1 2 で別のデータを付加して変復調部 2 0 6 に入力される信号の長さを元に戻せばよい。ただし、システム帯域幅内に存在する、ランダムアクセス等の O F D M シンボルの形式で無い信号は、第 2 実施形態によりわずかに信号品質が劣化する。

【 0 0 6 6 】

上記のように、分離部 1 2 1 及び分離部 2 1 3 が第 1 O F D M シンボルから所定分（例えば、1 6 ポイント分）のサイクリックプレフィックスを分離して破棄すれば、圧縮部及び伸張部に入力される O F D M シンボルの長さを揃えることができる。また、分離部 1 2 1 及び分離部 2 1 3 が、第 1 O F D M シンボルからサイクリックプレフィックス分の 1 6 0 ポイントを分離して破棄するとともに第 2 ~ 第 7 O F D M シンボルからサイクリックプレフィックス分の 1 4 4 ポイントを分離して破棄すれば、圧縮部及び伸張部に入力される O F D M シンボルの長さを揃えることができる。

【 0 0 6 7 】

図 1 3 は、第 2 実施形態における R R H 1 0 0 a の上りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。なお、図 5 と同様の処理については、図 1 3 において図 5 と同様の符号を付して説明を省略する。

分離部 1 2 1 は、取得した O F D M シンボル情報に基づいて、シンボル系列の一部を分離する（ステップ S 5 0 1）。その後、分離部 1 2 1 は、分離したシンボル系列の一部（分離シンボル）を破棄する（ステップ S 5 0 2）。フレーム化部 1 1 0 a は、圧縮部 1 0 8 によって圧縮された残 O F D M シンボルと、制御信号とを多重化することによってフレーム信号を生成する（ステップ S 5 0 3）。

【 0 0 6 8 】

図 1 4 は、第 2 実施形態における B B U 2 0 0 a の上りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。なお、図 6 と同様の処理については、図 1 4 において図 6 と同様の符号を付して説明を省略する。

10

20

30

40

50

デフレーム化部 202a は、フレーム信号から制御信号及び圧縮された残 OFDM シンボルを取り出す (ステップ S601)。信号復元部 212 は、残 OFDM シンボルに基づいて、RRH100a で破棄されたシンボル系列の一部 (分離シンボル) を復元する (ステップ S602)。

【0069】

図15は、第2実施形態におけるRRH100aの下りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。なお、図7と同様の処理については、図15において図7と同様の符号を付して説明を省略する。

デフレーム化部 113a は、フレーム信号から制御信号及び圧縮された残 OFDM シンボルを取り出す (ステップ S701)。信号復元部 122 は、残 OFDM シンボルに基づいて、BBU200a で破棄されたシンボル系列の一部 (分離シンボル) を復元する (ステップ S702)。ベースバンドフィルタ部 117a は、復元された分離シンボル及び残 OFDM シンボルに対してフィルタリング処理を行う (ステップ S703)。

【0070】

図16は、第2実施形態におけるBBU200aの下りリンクでの処理の流れを示すフローチャートである。なお、図8と同様の処理については、図16において図8と同様の符号を付して説明を省略する。

分離部 213 は、分離したシンボル系列の一部を破棄する (ステップ S801)。フレーム化部 210a は、圧縮部 208 によって圧縮された残 OFDM シンボルと、制御信号とを多重化することによってフレーム信号を生成する (ステップ S802)。

【0071】

以上のように構成されたRRH100a及びBBU200aによれば、第1実施形態と同様の効果を得ることが可能になる。

また、RRH100a及びBBU200aは、無線信号を伝送する際、分離したシンボル系列の一部 (分離シンボル) を破棄する。そして、RRH100a及びBBU200aは、伝送された無線信号を受信した際に、破棄されたシンボル系列の一部 (分離シンボル) を復元する。破棄されたシンボル系列の一部は、IFFT出力後の信号の後半部分をコピーしたものであるため復元することができる。したがって、RRH100a及びBBU200aは、伝送する情報量を削減することができる。また、RRH100a及びBBU200aは、第1実施形態のように残 OFDM シンボルと、分離シンボルとを多重化する多重部を備える必要がない。そのため、第1実施形態と比べて少ない装置構成で圧縮率の劣化を低減させるが可能になる。また、分離したシンボル系列の一部を破棄することにより、当該シンボル系列の一部に対する伝送帯域が削減されるため、伝送帯域を絞ることができる。

【0072】

<変形例>

第2実施形態は、第1実施形態と同様に変形されてもよい。

【0073】

なお、本発明のRRH100、RRH100a、BBU200及びBBU200aの各処理を実行するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、当該記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより、RRH100、RRH100a、BBU200及びBBU200aの各処理に係る上述した種々の処理を行ってもよい。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、OS (Operating System) や周辺機器等のハードウェアを含むものであってもよい。また、「コンピュータシステム」は、WWW (World Wide Web) システムを利用している場合であれば、ホームページ提供環境 (あるいは表示環境) も含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM (Read Only Memory)、フラッシュメモリ等の書き込み可能な不揮発性メモリ、CD (Compact Disc) - ROM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のことをいう。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 4 】

さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリ（例えばD R A M（Dynamic Random Access Memory））のように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。また、上記プログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク（通信網）や電話回線等の通信回線（通信線）のように情報を伝送する機能を有する媒体のことをいう。また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。さらに、上記プログラムは、前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

10

【 0 0 7 5 】

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 0 7 6 】

本発明は、例えば、デジタルR o F伝送に適用可能である。本発明によれば、圧縮率の劣化を低減させることが可能となる。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 7 7 】

1 0 0、1 0 0 a、5 0 0、5 0 0 a ... R R H

2 0 0、2 0 0 a、6 0 0、6 0 0 a ... B B U

1 0 1、5 0 1 ... アンテナ

1 0 2、5 0 2 ... 送受切替部

1 0 3、5 0 3 ... 増幅器

1 0 4、5 0 4 ... ダウンコンバート部

1 0 5、5 0 5 ... A / D変換部

30

1 0 6、5 0 6 ... ベースバンドフィルタ部（上り）

1 0 7 ... 第1分離部

1 0 8、1 0 8 a、7 0 1 ... 圧縮部

1 0 9 ... 第1多重部

1 1 0、1 1 0 a、5 0 7、5 0 7 a ... フレーム化部

1 1 1、5 0 8 ... E / O変換部

1 1 2、5 0 9 ... O / E変換部

1 1 3、1 1 3 a、5 1 0 ... デフレーム化部

1 1 4 ... 第2分離部

1 1 5、7 0 2 ... 伸張部

40

1 1 6 ... 第2多重部

1 1 7、1 1 7 a、5 1 1、5 1 1 a ... ベースバンドフィルタ部（下り）

1 1 8、5 1 2 ... D / A変換部

1 1 9、5 1 3 ... アップコンバート部

1 2 0、5 1 4 ... 増幅器

1 2 1 ... 分離部

1 2 2 ... 信号復元部

1 3 0 ... 第2圧縮部

1 3 1 ... 第2伸張部

1 3 2 ... O F D Mシンボル情報推定部

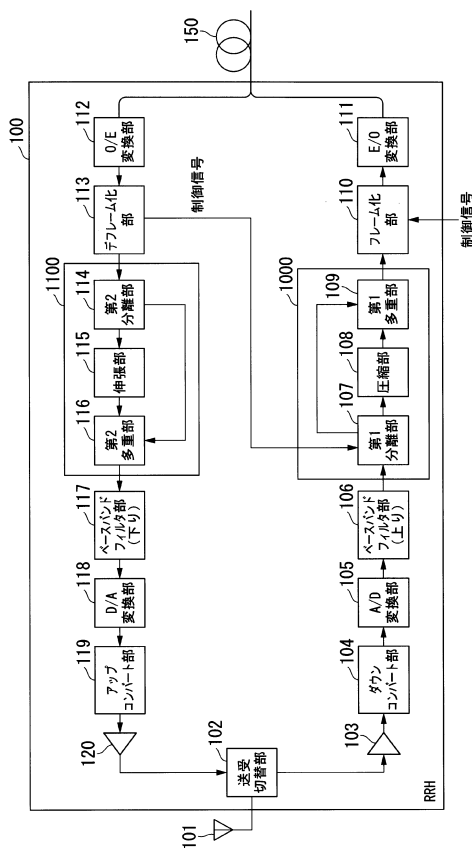
50

- 150、250、550、650...光ファイバ
- 201、601...O/E変換部
- 202、202a、602...デフレーム化部
- 203...第2分離部
- 204、801...伸張部
- 205...第2多重部
- 206、603、603a...変復調部
- 207...第1分離部
- 208、208a、802...圧縮部
- 209...第1多重部
- 210、210a、604、604a...フレーム化部
- 211、605...E/O変換部
- 212...信号復元部
- 213...分離部
- 230...第2圧縮部
- 231...第2伸張部
- 232...OFDMシンボル情報推定部
- 1000、1000a、1000b、2100、2100a、2100b...圧縮処理部
- 1080、2080...圧縮率測定部
- 1100、1100a、2000、2000a...伸張処理部

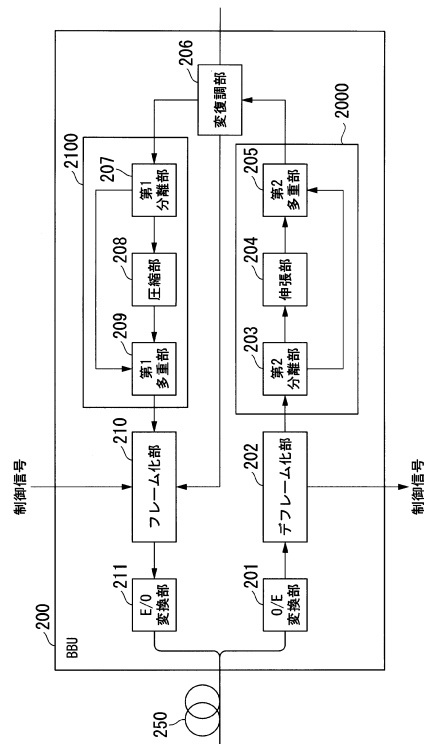
10

20

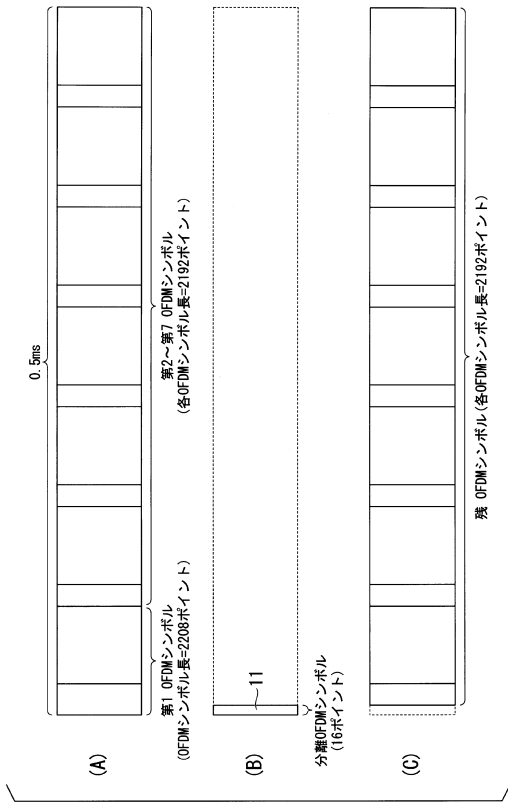
【図1】



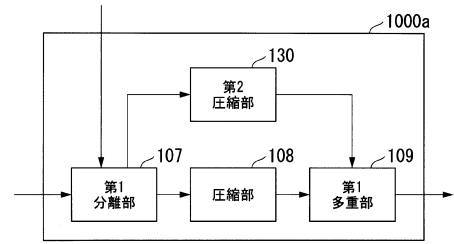
【図2】



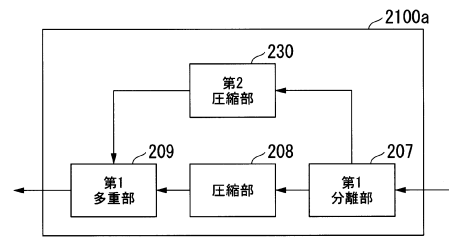
【図3】



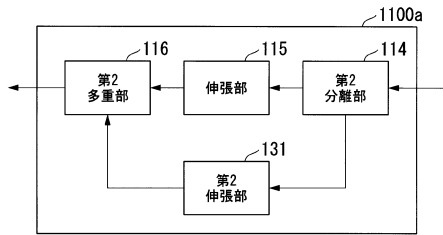
【図4A】



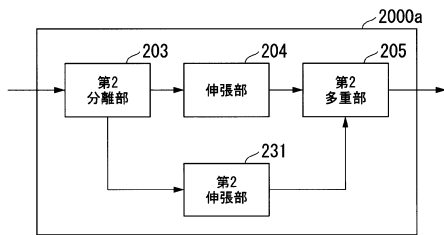
【図4B】



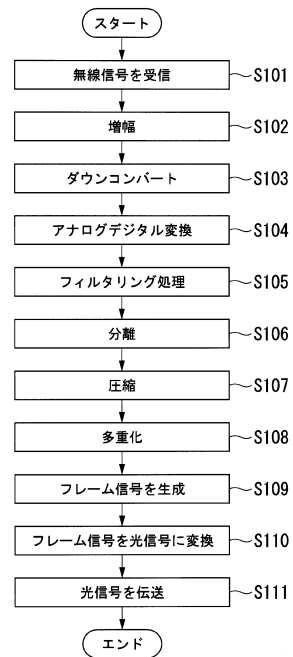
【図4C】



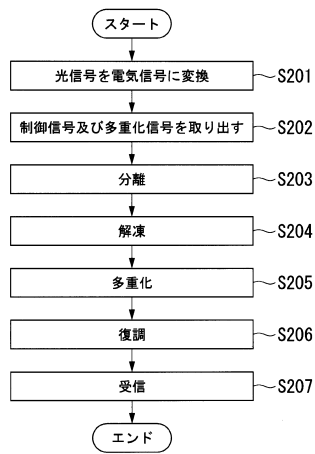
【図4D】



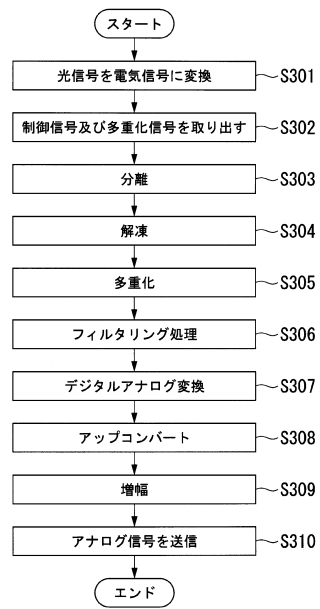
【図5】



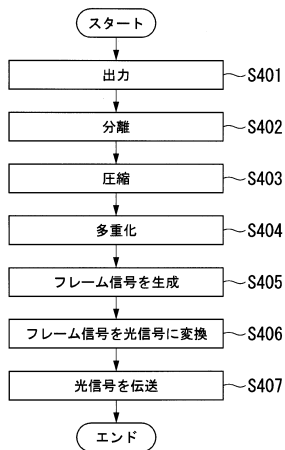
【図6】



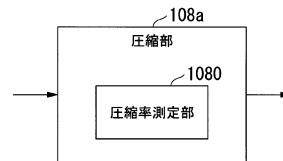
【図7】



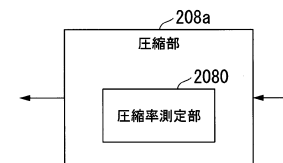
【図8】



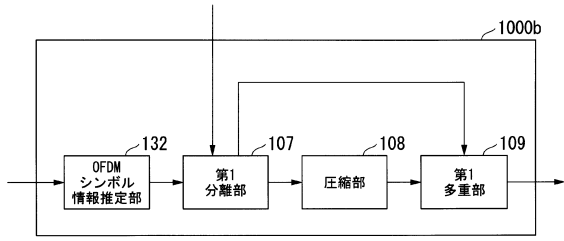
【図9A】



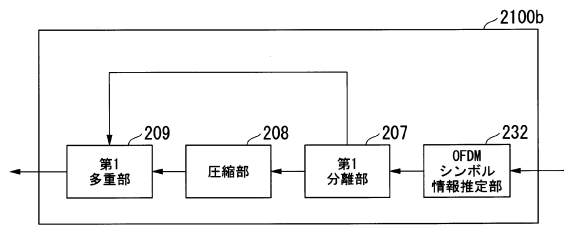
【図9B】



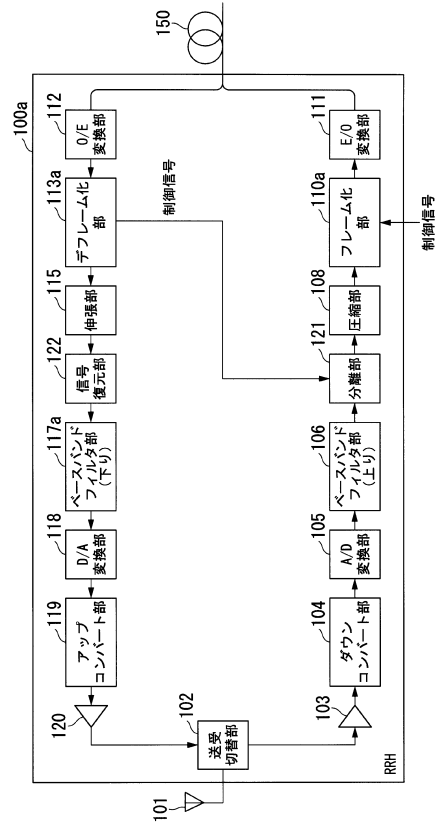
【図10A】



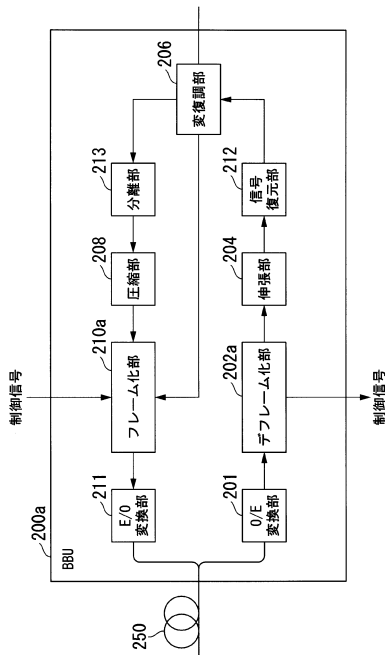
【図10B】



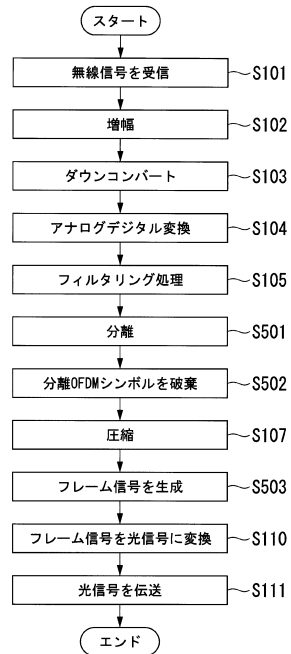
【図11】



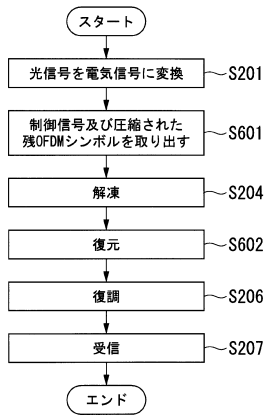
【図12】



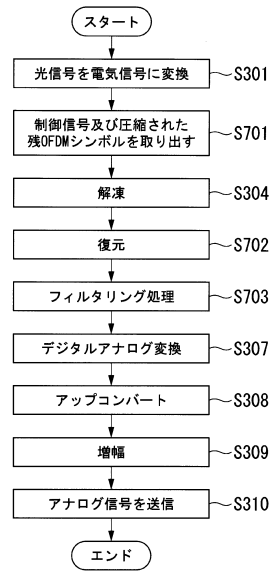
【図13】



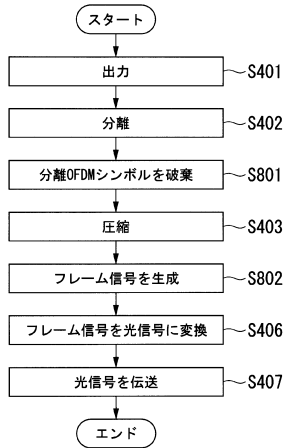
【図14】



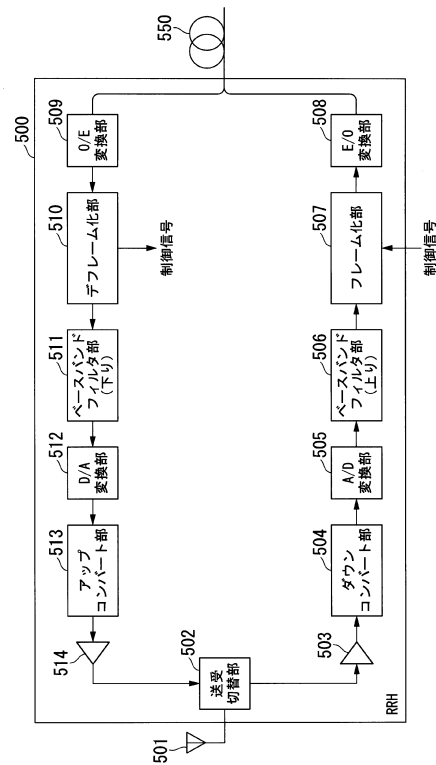
【図15】



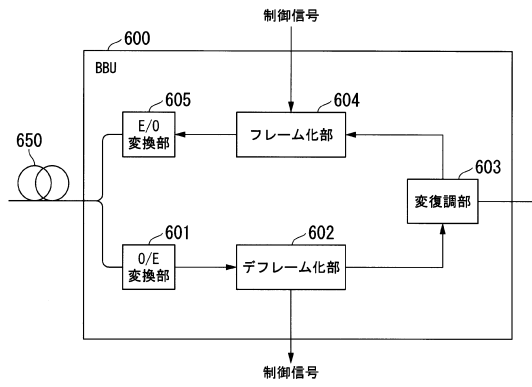
【図16】



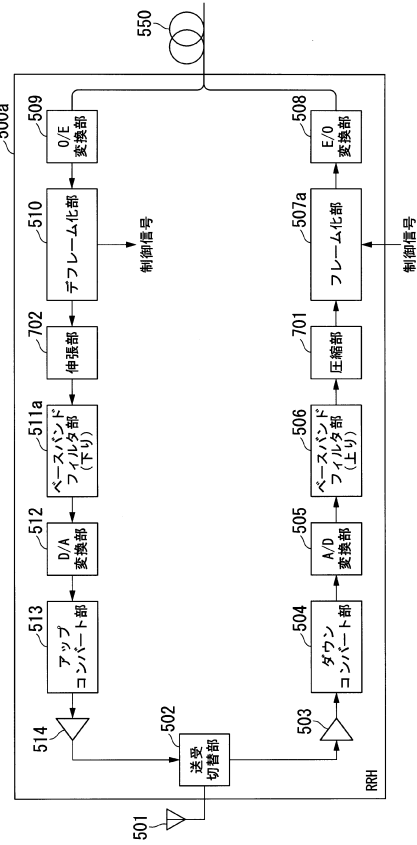
【図17】



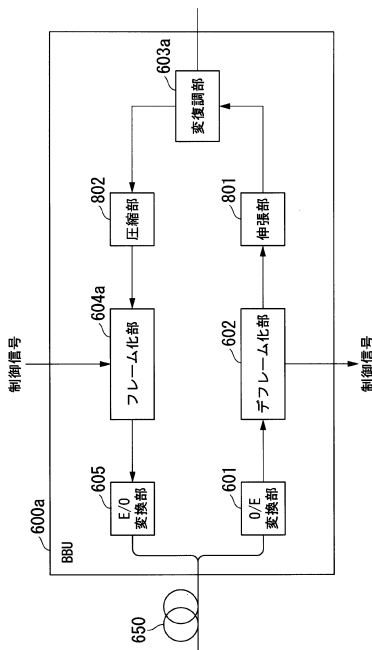
【図18】



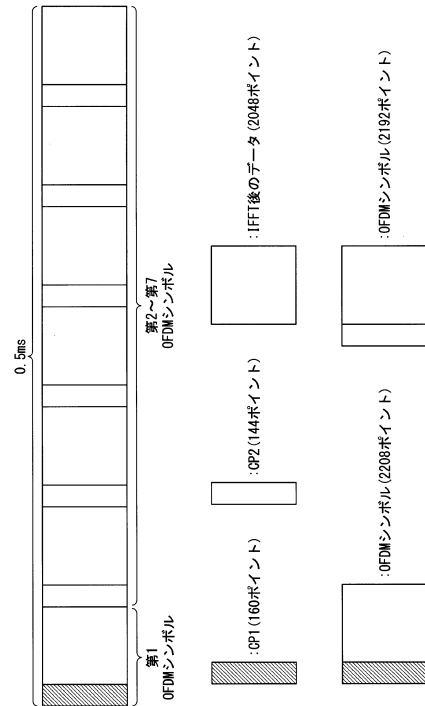
【図19】



【図20】



【図21】



【 図 2 2 】

	フレーム番号	圧縮率
(a)	1	0.690693
	2	0.691606
	3	0.677007
	4	0.686131
(b)	5	0.79927
	6	0.687044
(c)	7	0.691606
	8	0.688669
(d)	9	0.763686
	10	0.687956
(e)	11	0.691606
	12	0.694343
(f)	13	0.818431
	14	0.687956
(g)	15	0.679745
	16	0.683394
(h)	17	0.779197
	18	0.686131
(i)	19	0.685219
	20	0.685219
(j)	21	0.781022
	22	0.69708

フロントページの続き

- (72)発明者 守谷 健弘
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 寺田 純
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 吉江 一明

- (56)参考文献 特開2015-56736(JP,A)
特表2011-526095(JP,A)
特開2013-251895(JP,A)
鈴木 康夫 他, 広域ユビキタスネットワーク用デジタルファイバ無線(DRoF)システムに
おけるデータ圧縮の検討, 電子情報通信学会2006年通信ソサイエティ大会講演論文集1 ,
2006年 9月 7日, p.472

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|---------|
| H04L | 27/26 |
| H03M | 7/30 |
| H04B | 10/2575 |
| IEEE | Xplore |