

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6340140号  
(P6340140)

(45) 発行日 平成30年6月6日(2018.6.6)

(24) 登録日 平成30年5月18日(2018.5.18)

(51) Int. Cl.			F I		
HO 4 L	27/26	(2006.01)	HO 4 L	27/26	1 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 B	7/022	(2017.01)	HO 4 B	7/022	

請求項の数 4 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2017-519069 (P2017-519069)	(73) 特許権者	000004226
(86) (22) 出願日	平成28年4月7日(2016.4.7)		日本電信電話株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/061374		東京都千代田区大手町一丁目5番1号
(87) 国際公開番号	W02016/185823	(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8月7日(2017.8.7)	(72) 発明者	柴田 直剛
(31) 優先権主張番号	特願2015-101840 (P2015-101840)		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、圧縮処理を行う対象となる前記シンボル毎の圧縮サイズを決定する圧縮サイズ決定部と、

決定された前記圧縮サイズ単位で前記シンボル系列を圧縮する圧縮部と、

を備え、

前記受信部は、

前記シンボル系列の伸張処理を行う対象となる前記シンボル毎の伸張サイズを決定する伸張サイズ決定部と、

決定された前記伸張サイズ単位で前記シンボル系列を伸張する伸張部と、

を備える光通信システム。

【請求項2】

前記送信部は、前記シンボル毎に圧縮率を測定する圧縮率測定部をさらに備え、

前記圧縮サイズ決定部は、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圧縮サイズを決定する、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、下りリンク又は上りリンクの I Q 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 4】

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 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、圧縮処理を行う対象となる前記シンボル毎の圧縮サイズを決定する圧縮サイズ決定ステップと、

前記送信部が、決定された前記圧縮サイズ単位で前記シンボル系列を圧縮する圧縮ステップと、

前記受信部が、前記シンボル系列の伸張処理を行う対象となる前記シンボル毎の伸張サイズを決定する伸張サイズ決定ステップと、

前記受信部が、決定された前記伸張サイズ単位で前記シンボル系列を伸張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 伝送 (Radio over Fiber) 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2015-101840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、BBU-RRH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BBU-RRH間を接続する事により伝送距離を拡大する事ができる。

【0003】

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、BBUからRRHを介して、RRH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、RRHに接続される無線端末からRRHを介してBBUに送信される電波の通信経路を表す。

【0004】

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。BBUは、無線信号のI軸Q軸毎のデジタル信号(以下、「IQデータ」という。)を作成し、作成した

10

20

30

40

50

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RRHに伝送する。RRH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。RRH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BBUに伝送する。BBU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。

#### 【0005】

図15は、デジタルR o F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。

RRH500は、アンテナ501、送受切替部502、増幅器503、ダウンコンバート部504、A / D変換部 (Analog/Digital) 505、ベースバンドフィルタ部506、フレーム化部507、E / O (Electric/Optic) 変換部508、O / E (Optic/Electric) 変換部509、デフレーム化部510、ベースバンドフィルタ部511、D / A変換部 (Digital/Analog) 512、アップコンバート部513及び増幅器514を備える。

#### 【0006】

アンテナ501は、無線信号を送受信する。送受切替部502は、アンテナ501の送受信の切り替えを行う。増幅器503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504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505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506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507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508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550を介して変換後の光信号をBBUに送信する。

#### 【0007】

O / E変換部509は、光ファイバ550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510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511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512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513は、アナログ信号をアップコンバートする。増幅器514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。

#### 【0008】

図16は、デジタルR o F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。

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I Qデータを取り出す。変復調部603は、I Q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、無線信号を変調することによってI Qデータを生成する。フレーム化部604は、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R o F伝送は、光ファイバ区間で非常に広帯域を要する。例えば、L T E (Long Term Evolution) システムにおいて、システム帯域幅20MHzで2 x 2 M I M O (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、optio

10

20

30

40

50

n 3 ( 2 . 4 5 7 6 G b p s ) 以上のC P R Iリンクが必要となる。そこで、光帯域を有効利用するため、デジタルR o F 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M P E G - 4 A L S ( Moving Picture Experts Group-4 Audio Lossless Coding ) に関して述べている。

#### 【 0 0 1 0 】

10

図17は、多重伝送時に圧縮技術を導入した場合のR R H 5 0 0 a の機能構成を表す概略ブロック図である。

R R H 5 0 0 a 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I Q データを圧縮する。フレーム化部507aは、圧縮された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。伸張部702は、圧縮されたI Q データを解凍することによってI Q 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I Q データに対してフィルタリング処理を行う。

20

#### 【 0 0 1 1 】

図18は、多重伝送時に圧縮技術を導入した場合のB B U 6 0 0 a の機能構成を表す概略ブロック図である。

B B U 6 0 0 a 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I Q データを解凍することによってI Q データを復元する。変復調部603aは、復元されたI Q 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、無線信号を変調することによってI Q データを生成する。圧縮部802は、I Q データを圧縮する。フレーム化部604aは、圧縮された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。

30

#### 【 0 0 1 2 】

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I Q データに対して予測誤差が小さくなるよう算出される。

40

#### 【 0 0 1 3 】

次に、L T E 無線信号について説明する。

L T E における下りリンクでは、O F D M ( 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を付加した信号が周期的に出力される。一方、L T E における上りリンクでは、D F T - S - O F D M ( Discrete Fourier Transform-Spread OFDM ) が用いられる。こちらの場合もO F D M と同様に、時間波形としては所定サイズのI F F T 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、I F F T 後の信号にサイクリックプレフ

50

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19に、LTEにおけるタイムスロットの構成を示す。図19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。

10

【0015】

図20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20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。

20

【0016】

図20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、フレーム中に第5OFDMシンボルと第6OFDMシンボルとが含まれる場合の圧縮率を表す。

30

【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

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

図20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

50

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、従来の技術では、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してしまうという問題があった。

【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、圧縮処理を行う対象となる前記シンボル毎の圧縮サイズを決定する圧縮サイズ決定部と、決定された前記圧縮サイズ単位で前記シンボル系列を圧縮する圧縮部と、を備え、前記受信部は、前記シンボル系列の伸張処理を行う対象となる前記シンボル毎の伸張サイズを決定する伸張サイズ決定部と、決定された前記伸張サイズ単位で前記シンボル系列を伸張する伸張部と、を備える光通信システムである。

【0021】

上記の光通信システムにおいて、前記送信部が、前記シンボル毎に圧縮率を測定する圧縮率測定部をさらに備え、前記圧縮サイズ決定部は、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圧縮サイズを決定するようにしてもよい。

【0022】

上記の光通信システムにおいて、前記送信部が、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。

【0023】

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、圧縮処理を行う対象となる前記シンボル毎の圧縮サイズを決定する圧縮サイズ決定ステップと、前記送信部が、決定された前記圧縮サイズ単位で前記シンボル系列を圧縮する圧縮ステップと、前記受信部が、前記シンボル系列の伸張処理を行う対象となる前記シンボル毎の伸張サイズを決定する伸張サイズ決定ステップと、前記受信部が、決定された前記伸張サイズ単位で前記シンボル系列を伸張する伸張ステップと、を有する光通信方法である。

【発明の効果】

【0024】

10

20

30

40

50

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】

【0025】

【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。

【図3】圧縮処理サイズ決定部及び伸張処理サイズ決定部の動作例を表す図である。

【図4】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。

【図5】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。

10

【図6】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7】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8】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9】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10】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。

【図11】OFDMシンボル開始位置情報取得処理の流れを示すフローチャートである。

【図12】第3実施形態におけるRRH100bの機能構成を表す概略ブロック図である

20

【図13】第3実施形態におけるBBU200bの機能構成を表す概略ブロック図である

【図14】第3実施形態におけるRRH100b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】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16】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。

【図17】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。

30

【図18】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19】LTEにおけるタイムスロットの構成を示す図である。

【図20】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。

【発明を実施するための形態】

【0026】

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]

40

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圧縮処理を行う対象となるOFDMシンボル毎のフレームサイズを決定し、決定したフレームサイズで圧縮処理を行う。

以下、複数の実施形態(第1実施形態~第3実施形態)を例にして具体的に説明する。

【0027】

[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(シンボル情報)を取

50

得して、取得したOFDMシンボル情報に基づいて圧縮処理を行う対象となるOFDMシンボル毎のフレームサイズを決定し、決定したフレームサイズで圧縮処理を行う。また、RRH及びBBUは、取得したOFDMシンボル情報に基づいて伸張処理を行う対象となるOFDMシンボル毎のフレームサイズを決定し、決定したフレームサイズで伸張処理を行う。

#### 【0028】

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。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、圧縮処理サイズ決定部107、圧縮部108、フレーム化部109、E/O変換部110、O/E変換部111、デフレーム化部112、伸張処理サイズ決定部113、伸張部114、ベースバンドフィルタ部115、D/A変換部116、アップコンバート部117及び増幅器118を備える。

10

#### 【0029】

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、BBU-RRH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。

20

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データに対してフィルタリング処理を行う。この処理によって、無線信号のOFDMシンボルが生成される。

#### 【0030】

圧縮処理サイズ決定部107は、取得したOFDMシンボル情報に基づいて圧縮処理を行う対象となるフレームのフレームサイズ(以下、「圧縮サイズ」という。)を決定する。ここで、フレームは、圧縮処理を行う単位であり、例えばIQデータを時間波形において所定のサンプル数分並べて構成される。

30

圧縮部108は、フレーム毎に、圧縮処理サイズ決定部107によって決定された圧縮サイズ単位でOFDMシンボルを圧縮する。

#### 【0031】

フレーム化部109は、圧縮された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。

E/O変換部110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150を介して変換後の光信号をBBU200に送信する。

40

O/E変換部111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。

#### 【0032】

デフレーム化部112は、フレーム信号から制御信号及び圧縮されたOFDMシンボルを取り出す。

伸張処理サイズ決定部113は、BBU200から取得したフレームサイズに基づいて、伸張処理を行うフレームサイズ(以下、「伸張サイズ」という。)を決定する。伸張処理サイズ決定部113が伸張サイズの情報を取得する方法としては、BBU200の圧縮部がフレームサイズをヘッダとして圧縮されたデータの先頭に付加して送信する構成とし、ヘッダを基にフレームサイズを取得する方法が考えられる。LTEシステムの場合、最

50

小では2つのフレームサイズで十分であり、この時ヘッダは1 b i t あればよい。伸張サイズと圧縮サイズとは、同じサイズである。

【0033】

伸張部114は、伸張処理サイズ決定部113によって決定された伸張サイズ単位で、圧縮されたOFDMシンボルを伸張する。具体的には、伸張部114は、決定された伸張サイズ単位で、圧縮されたOFDMシンボルを解凍することによってOFDMシンボルへと復元する。

ベースバンドフィルタ部115は、復元されたOFDMシンボルに対してフィルタリング処理を行う。

D/A変換部116は、フィルタリング処理後の信号をアナログ信号に変換する。

アップコンバート部117は、アナログ信号をアップコンバートする。

増幅器118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。

【0034】

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、伸張処理サイズ決定部203、伸張部204、変復調部205、圧縮処理サイズ決定部206、圧縮部207、フレーム化部208及びE/O変換部209を備える。

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。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。

【0035】

伸張処理サイズ決定部203は、RRH100から取得したフレームサイズに基づいて伸張サイズを決定する。伸張処理サイズ決定部203が伸張サイズを取得する方法としては、伸張処理サイズ決定部113と同様の処理で取得する方法が考えられる。

伸張部204は、伸張処理サイズ決定部203によって決定された伸張サイズ単位で、圧縮されたOFDMシンボルを伸張する。具体的には、伸張部204は、決定された伸張サイズ単位で、圧縮されたOFDMシンボルを解凍することによってOFDMシンボルへと復元する。

変復調部205は、復元されたOFDMシンボル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205は、無線信号のIQデータを圧縮処理サイズ決定部206及び圧縮部207に出力する。

【0036】

圧縮処理サイズ決定部206は、取得したOFDMシンボル情報に基づいて圧縮サイズを決定する。OFDMシンボル長とフレームサイズの関係は、予め決定しておいてもよい。この場合、圧縮処理サイズ決定部206は、取得したOFDMシンボル情報のOFDMシンボル長と、予め決定されているフレームサイズとに基づいて圧縮サイズを決定する。例えば、圧縮処理サイズ決定部206は、OFDMシンボル長に対応するフレームサイズを圧縮サイズとして決定する。

【0037】

圧縮部207は、フレーム毎に、圧縮処理サイズ決定部206によって決定された圧縮サイズ単位でOFDMシンボルを圧縮する。

フレーム化部208は、圧縮された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。

E/O変換部209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250を介して変換後の光信号をRRH100に送信する。

【0038】

なお、以下の説明では、圧縮部108及び圧縮部207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114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。また、以下の説明では、圧縮処理サイズ決定部107及び圧縮処理サイズ決定部206について特に区別しない場合には、

10

20

30

40

50

単に圧縮処理サイズ決定部と記載する。また、以下の説明では、伸張処理サイズ決定部 1 1 3 及び伸張処理サイズ決定部 2 0 3 について特に区別しない場合には、単に伸張処理サイズ決定部と記載する。

【 0 0 3 9 】

圧縮部は、決定された圧縮サイズに応じて圧縮処理を行う。また、伸張部は、決定された伸張サイズに応じて伸張処理を行う。例えば、圧縮部で線形予測符号化を行う場合、フレームサイズ（圧縮サイズ）が変更されると、係数を求めるために用いるサンプル数が変更される。圧縮部・伸張部が、フレームサイズ毎に圧縮・伸張回路を備えておき、それらのどれを使用するかを通知されたフレームサイズに応じて切替える構成としてもよい。

【 0 0 4 0 】

圧縮処理サイズ決定部 2 0 6 が OFDM シンボル情報を取得する方法としては、BBU 2 0 0 の変復調部 2 0 5 から取得することが考えられる。この場合、RRH 1 0 0 の圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 に対して OFDM シンボル情報を通知する必要がある。そこで、BBU 2 0 0 - RRH 1 0 0 間が CPRI インタフェースの場合は、CPRI 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。圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 は、BBU 2 0 0 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。

【 0 0 4 1 】

例えば、TDD の LTE システムの場合、最小 1 ms 周期で下りと上りの通信が入れ替わるため、下りの 0.5 ms 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毎に固定であるため、OFDM シンボル長情報は予め圧縮処理サイズ決定部に記憶させておいてもよい。例えば LTE 無線システムでは、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、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。

【 0 0 4 2 】

図 3 は、圧縮処理サイズ決定部及び伸張処理サイズ決定部の動作例を表す図である。

図 3 に示される例では、複数の OFDM シンボルが示されている。(a) は第 1 OFDM シンボルを表し、(b) は第 2 OFDM シンボルを表し、(c) は第 3 OFDM シンボルを表す。ここで、j 番目の OFDM シンボル中のフレーム数を  $A_j$ 、各フレームのフレームサイズを  $a_{i,j}$  ( $1 \leq i \leq A_j$ ) とすると、(a) ~ (c) はそれぞれ図 3 に示すように表すことができる。このように、圧縮処理サイズ決定部は、複数の OFDM シンボルを含まないように OFDM シンボル毎にフレームサイズ  $a_{i,j}$  を決定する。LTE システムでは、第 2 ~ 第 7 OFDM シンボルの OFDM シンボル長は等しいため、 $a_{i,2} = a_{i,3} = a_{i,4} = a_{i,5} = a_{i,6} = a_{i,7}$  としてもよい。この場合、圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 及び 2 0 6 は、第 1 OFDM シンボルで 1 つ、第 2 ~ 第 7 OFDM シンボルで 1 つのようにフレームサイズを 2 つ決定すればよい。また、簡単に、 $a_{1,j} = a_{2,j} = \dots = a_{A_j,j}$  としてもよい。また、伸張処理サイズ決定部 1 1 3 及び 2 0 3 も同様にフレームサイズ（伸張サイズ）を決定してもよい。

【 0 0 4 3 】

図 4 は、第 1 実施形態における RRH 1 0 0 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 1 0 1 は、無線信号を受信する（ステップ S 1 0 1）。アンテナ 1 0 1 は、受信した無線信号を、送受切替部 1 0 2 を介して増幅器 1 0 3 に出力する。増幅器 1 0 3 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 S 1 0 2）。ダウンコンバート部 1 0 4 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 S 1 0 3）。その後、A/D 変換部 1 0 5 は、ダウンコンバートされた無線信号をデジタ

10

20

30

40

50

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)。

【0044】

圧縮処理サイズ決定部107は、BBU200から取得したOFDMシンボル情報に基づいて圧縮サイズを決定する(ステップS106)。圧縮部108は、圧縮処理サイズ決定部107によって決定された圧縮サイズ単位でOFDMシンボルを圧縮する(ステップS107)。フレーム化部109は、圧縮された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S108)。E/O変換部110は、フレーム信号を光信号に変換する(ステップS109)。そして、E/O変換部110は、光ファイバ150を介して光信号をBBU200に伝送する(ステップS110)。

10

【0045】

図5は、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。

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圧縮されたOFDMシンボルを取り出す(ステップS202)。伸張処理サイズ決定部203は、RRH100から通知されたフレームサイズに基づいて伸張サイズを決定する(ステップS203)。

20

【0046】

伸張部204は、伸張処理サイズ決定部203によって決定された伸張サイズ単位で、圧縮されたOFDMシンボルを解凍することによってOFDMシンボルへと復元する(ステップS204)。変復調部205は、復元されたOFDMシンボル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S205)。変復調部205は、復元した無線信号を受信する(ステップS206)。なお、ステップS206の処理における受信は、変復調部205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。

【0047】

図6は、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。

30

O/E変換部111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S301)。デフレーム化部112は、フレーム信号から制御信号及び圧縮されたOFDMシンボルを取り出す(ステップS302)。伸張処理サイズ決定部113は、BBU200から通知されたフレームサイズに基づいて伸張サイズを決定する。(ステップS303)。伸張部114は、伸張処理サイズ決定部113によって決定されたフレームサイズ単位で、圧縮されたOFDMシンボルを解凍することによってOFDMシンボルへと復元する(ステップS304)。

【0048】

ベースバンドフィルタ部115は、復元された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S305)。D/A変換部116は、フィルタリング処理後の信号をアナログ信号に変換する(ステップS306)。アップコンパート部117は、アナログ信号をアップコンパートする(ステップS307)。増幅器118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S308)。アンテナ101は、RRH100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S309)。

40

【0049】

図7は、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。

変復調部205は、無線信号のIQデータを圧縮処理サイズ決定部206及び圧縮部207に出力する(ステップS401)。圧縮処理サイズ決定部206は、取得したOFD

50

Mシンボル情報に基づいて圧縮サイズを決定する(ステップS402)。圧縮部207は、圧縮処理サイズ決定部206によって決定された圧縮サイズ単位でOFDMシンボルを圧縮する(ステップS403)。フレーム化部208は、圧縮された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S404)。E/O変換部209は、フレーム信号(電気信号)を光信号に変換する(ステップS405)。E/O変換部209は、光ファイバ250を介して光信号をRRH100に伝送する(ステップS406)。

#### 【0050】

以上のように構成されたRRH100及びBBU200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。

RRH100及びBBU200は、取得したOFDMシンボル情報に基づいて、無線信号を圧縮するための圧縮サイズを決定する。この処理によって、RRH100及びBBU200は、圧縮処理を行う際に、周波数特性が異なるOFDMシンボルを含まないようにフレームサイズを決定する。そして、RRH100及びBBU200は、決定した圧縮サイズ単位で圧縮処理を行う。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。

#### 【0051】

##### [第2実施形態]

第2実施形態では、RRH及びBBUが、OFDMシンボル毎の圧縮率に基づいて、OFDMシンボルの開始位置の情報を取得する。そして、RRH及びBBUは、取得したOFDMシンボルの開始位置の情報と、OFDMシンボル長の情報とに基づいて圧縮処理を行うOFDMシンボル中のフレームサイズを決定し、決定したフレームサイズで圧縮処理を行う。

#### 【0052】

図8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9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、圧縮処理サイズ決定部107a、圧縮部108、フレーム化部109、E/O変換部110、O/E変換部111、デフレーム化部112、伸張処理サイズ決定部113、伸張部114、ベースバンドフィルタ部115、D/A変換部116、アップコンバート部117、増幅器118及び圧縮率測定部119を備える。

#### 【0053】

RRH100aは、圧縮処理サイズ決定部107に代えて圧縮処理サイズ決定部107aを備え、圧縮率測定部119を新たに備える点で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、圧縮処理サイズ決定部107a及び圧縮率測定部119について説明する。

#### 【0054】

圧縮率測定部119は、圧縮部108の出力から、OFDMシンボル毎の圧縮率を測定する。

圧縮処理サイズ決定部107aは、圧縮率測定部119によって測定された圧縮率に基づいて圧縮サイズを決定する。具体的には、圧縮処理サイズ決定部107aは、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、OFDMシンボルの開始位置として取得する。そして、圧縮処理サイズ決定部107aは、取得したOFDMシンボルの開始位置の情報とOFDMシンボル長の情報とから、周波数特性が異なるOFDMシンボルを跨らないように圧縮サイズを決定する。なお、第2実施形態では、圧縮処理サイズ決定部107aは、OFDMシンボル長の情報を、第1実施形態の方法で取得するか、予め記憶

10

20

30

40

50

しておく必要がある。

【 0 0 5 5 】

次に、B B U 2 0 0 a について説明する。

B B U 2 0 0 a は、O / E 変換部 2 0 1、デフレーション部 2 0 2、伸張処理サイズ決定部 2 0 3、伸張部 2 0 4、変復調部 2 0 5、圧縮処理サイズ決定部 2 0 6 a、圧縮部 2 0 7、フレーム化部 2 0 8、E / O 変換部 2 0 9 及び圧縮率測定部 2 1 0 を備える。B B U 2 0 0 a は、圧縮処理サイズ決定部 2 0 6 に代えて圧縮処理サイズ決定部 2 0 6 a を備え、圧縮率測定部 2 1 0 を新たに備える点で 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、圧縮処理サイズ決定部 2 0 6 a 及び圧縮率測定部 2 1 0 について説明する。圧縮処理サイズ決定部 2 0 6 a 及び圧縮率測定部 2 1 0 の処理は、圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 a 及び圧縮率測定部 1 1 9 の処理と同様である。

10

【 0 0 5 6 】

図 1 0 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 4 と同様の処理については、図 1 0 において図 4 と同様の符号を付して説明を省略する。

R R H 1 0 0 a は、O F D M シンボル開始位置情報取得処理を実行する（ステップ S 5 0 1）。O F D M シンボル開始位置情報取得処理については後述する。そして、圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 a は、ステップ S 5 0 1 の処理で取得された O F D M シンボル開始位置の情報と、O F D M シンボル長の情報とから、周波数特性が異なる O F D M シンボルを跨らないように圧縮サイズを決定する（ステップ S 5 0 2）。その後、ステップ S 1 0 7 以降の処理が実行される。

20

【 0 0 5 7 】

図 1 1 は、O F D M シンボル開始位置情報取得処理の流れを示すフローチャートである。図 1 1 では、システム帯域幅 2 0 M H z の L T E の場合を例に説明する。システム帯域幅 2 0 M H z の L T E では、0 . 5 m s ( 1 5 3 6 0 サンプル ) 周期で O F D M シンボルが送信される。そのため、圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 a は、1 5 3 6 0 サンプルの先頭位置の情報が取得できればよい。

まず、圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 a は、初期値として  $i = 0$ 、 $i_a = 0$ 、暫定最小値を  $i$  に設定する（ステップ S 6 0 1）。ここで、 $i$  はフレーム番号を表し、 $i_a$  は O F D M シンボル開始位置の推定値を表し、暫定最小値は圧縮率の最小値を表す。圧縮率測定部 1 1 9 は、圧縮率を測定する（ステップ S 6 0 2）。圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 a は、測定された圧縮率が暫定最小値よりも小さいか否か判定する（ステップ S 6 0 3）。測定された圧縮率が暫定最小値よりも小さい場合（ステップ S 6 0 3 - Y E S）、圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 a は  $i_a$  を  $i$  の値に設定し、暫定最小値を、測定された圧縮率に設定する（ステップ S 6 0 4）。その後、圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 a は、 $i$  の値に 1 を加算する（ステップ S 6 0 5）。圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 a は、 $i$  の値が予め設定されている  $i_{max}$  以上であるか否か判定する（ステップ S 6 0 6）。ここで、システム帯域幅 2 0 M H z の L T E の場合、 $i_{max}$  は 1 5 3 6 0 である。

30

【 0 0 5 8 】

$i$  の値が予め設定されている  $i_{max}$  以上である場合（ステップ S 6 0 6 - Y E S）、圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 a は全ての O F D M シンボル開始位置の推定値  $i_a$  の中から圧縮率特性が最も良い O F D M シンボル開始位置の推定値  $i_a$  を O F D M シンボルの開始位置情報として取得する（ステップ S 6 0 7）。ここで、圧縮率特性が最も良い時の O F D M 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。

40

【 0 0 5 9 】

また、ステップ S 6 0 6 の処理において、 $i$  の値が予め設定されている  $i_{max}$  以上ではない場合（ステップ S 6 0 6 - N O）、R R H 1 0 0 a はステップ S 6 0 2 以降の処理を繰返し実行する。

また、ステップ S 6 0 3 の処理において、測定された圧縮率が暫定最小値よりも小さく

50

ない場合（ステップ S 6 0 3 - N O）、圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 a は i の値に 1 を加算する（ステップ S 6 0 5）。

【 0 0 6 0 】

以上のように構成された R R H 1 0 0 a 及び B B U 2 0 0 a 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、R R H 1 0 0 a 及び B B U 2 0 0 a は、圧縮部 1 0 8 及び圧縮部 2 0 7 によって行われた圧縮処理の圧縮率から、O F D M シンボルの開始位置の情報を取得する。そして、R R H 1 0 0 a 及び B B U 2 0 0 a は、取得した O F D M シンボルの開始位置の情報と、O F D M シンボル長の情報とに基づいて圧縮サイズを決定する。そのため、より精度の高い圧縮が可能となる。また、無線伝搬環境・B B U / R R H の処理遅延・B B U 2 0 0 a - R R H 1 0 0 a 間のファイバ遅延等の影響で、O F D M シンボルの開始位置が想定とずれていても補正を行うことが可能になる。

10

【 0 0 6 1 】

圧縮率測定部 1 1 9 及び圧縮率測定部 2 1 0 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 1 1 9 及び圧縮率測定部 2 1 0 は、線形予測分析時に得られる自己相関係数と P A R C O R (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。

【 0 0 6 2 】

[ 第 3 実施形態 ]

第 3 実施形態では、R R H 及び B B U が、下りリンク又は上りリンクの I Q データから O F D M シンボル情報を取得する。そして、R R H 及び B B U は、取得した O F D M シンボル情報に基づいて圧縮処理を行う O F D M シンボル中のフレームサイズを決定し、決定したフレームサイズで圧縮処理を行う。

20

【 0 0 6 3 】

図 1 2 は、第 3 実施形態における R R H 1 0 0 b の機能構成を表す概略ブロック図である。また、図 1 3 は、第 3 実施形態における B B U 2 0 0 b の機能構成を表す概略ブロック図である。まず、R R H 1 0 0 b について説明する。

R R H 1 0 0 b は、アンテナ 1 0 1、送受切替部 1 0 2、増幅器 1 0 3、ダウンコンバート部 1 0 4、A / D 変換部 1 0 5、ベースバンドフィルタ部 1 0 6、圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 b、圧縮部 1 0 8、フレーム化部 1 0 9、E / O 変換部 1 1 0、O / E 変換部 1 1 1、デフレーム化部 1 1 2、伸張処理サイズ決定部 1 1 3、伸張部 1 1 4、ベースバンドフィルタ部 1 1 5、D / A 変換部 1 1 6、アップコンバート部 1 1 7、増幅器 1 1 8 及び O F D M シンボル情報推定部 1 2 0 を備える。

30

【 0 0 6 4 】

R R H 1 0 0 b は、圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 に代えて圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 b を備え、O F D M シンボル情報推定部 1 2 0 を新たに備える点で R R H 1 0 0 と構成が異なる。R R H 1 0 0 b は、他の構成については R R H 1 0 0 と同様である。そのため、R R H 1 0 0 b 全体の説明は省略し、圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 b 及び O F D M シンボル情報推定部 1 2 0 について説明する。

40

【 0 0 6 5 】

O F D M シンボル情報推定部 1 2 0 は、上りリンク信号から O F D M シンボルの開始位置及び O F D M シンボル長の情報を推定する。

圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 b は、O F D M シンボル情報推定部 1 2 0 によって推定された O F D M シンボル情報を取得する。そして、圧縮処理サイズ決定部 1 0 7 b は、取得した O F D M シンボル情報に基づいて圧縮サイズを決定する。

【 0 0 6 6 】

次に、B B U 2 0 0 b について説明する。

B B U 2 0 0 b は、O / E 変換部 2 0 1、デフレーム化部 2 0 2、伸張処理サイズ決定部 2 0 3、伸張部 2 0 4、変復調部 2 0 5、圧縮処理サイズ決定部 2 0 6 b、圧縮部 2 0

50

7、フレーム化部208、E/O変換部209及びOFDMシンボル情報推定部211を備える。BBU200bは、圧縮処理サイズ決定部206に代えて圧縮処理サイズ決定部206bを備え、OFDMシンボル情報推定部211を新たに備える点でBBU200と構成が異なる。BBU200bは、他の構成についてはBBU200と同様である。そのため、BBU200b全体の説明は省略し、圧縮処理サイズ決定部206b及びOFDMシンボル情報推定部211について説明する。

【0067】

OFDMシンボル情報推定部211は、下りリンク信号からOFDMシンボルの開始位置及びOFDMシンボル長の情報を推定する。

圧縮処理サイズ決定部206bは、OFDMシンボル情報推定部211によって推定されたOFDMシンボル情報を取得する。そして、圧縮処理サイズ決定部206bは、取得したOFDMシンボル情報に基づいて圧縮サイズを決定する。

【0068】

図14は、第3実施形態におけるRRH100b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4と同様の処理については、図14において図4と同様の符号を付して説明を省略する。

OFDMシンボル情報推定部120は、上りリンク信号からOFDMシンボルの開始位置及びOFDMシンボル長の情報を推定する(ステップS801)。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120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)情報を推定する。または、OFDMシンボル情報推定部120は、サイクリックプレフィックスの周期性を利用し、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。なお、OFDMシンボル長情報は、第1実施形態の方法によって取得してもよいし、予めOFDMシンボル情報推定部120に予め記憶されていてもよい。

【0069】

以上のように構成されたRRH100b及びBBU200b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、RRH100b及びBBU200bは、無線伝搬環境・BBU/RRHの処理遅延・BBU200b-RRH100b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を行うことが可能になる。また、RRH100b及びBBU200b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。

【0070】

なお、本発明のRRH100、RRH100a、RRH100b、BBU200、BBU200a及びBBU200b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、RRH100b、BBU200、BBU200a及びBBU200b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 1 】

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 2 】

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 3 】

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 4 】

1 0 0、1 0 0 a、1 0 0 b、5 0 0、5 0 0 a ... R R H

2 0 0、2 0 0 a、2 0 0 b、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、1 0 7 a、1 0 7 b ... 圧縮処理サイズ決定部

1 0 8、7 0 1 ... 圧縮部

1 0 9、5 0 7、5 0 7 a ... フレーム化部

1 1 0、5 0 8 ... E / O 変換部

1 1 1、5 0 9 ... O / E 変換部

1 1 2、5 1 0 ... デフレーム化部

1 1 3 ... 伸張処理サイズ決定部

1 1 4、7 0 2 ... 伸張部

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

40

1 1 6、5 1 2 ... D / A 変換部

1 1 7、5 1 3 ... アップコンバート部

1 1 8、5 1 4 ... 増幅器

1 1 9 ... 圧縮率測定部

1 2 0 ... O F D M シンボル情報推定部

1 5 0、2 5 0、5 5 0、6 5 0 ... 光ファイバ

2 0 1、6 0 1 ... O / E 変換部

2 0 2、6 0 2 ... デフレーム化部

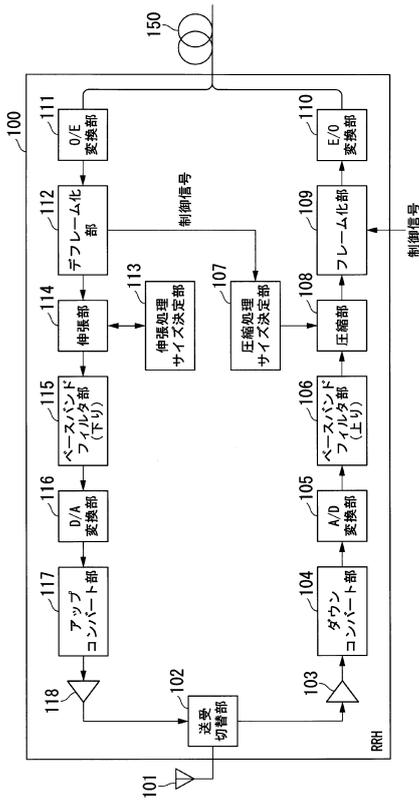
2 0 3 ... 伸張処理サイズ決定部

2 0 4、8 0 1 ... 伸張部

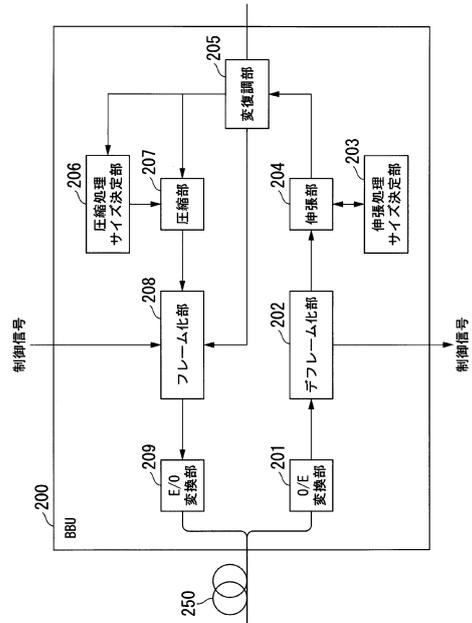
50

- 205、603、603a...変復調部
- 206、206a、206b...圧縮処理サイズ決定部
- 207、802...圧縮部
- 208、604、604a...フレーム化部
- 209、605...E/O変換部
- 210...圧縮率測定部
- 211...OFDMシンボル情報推定部

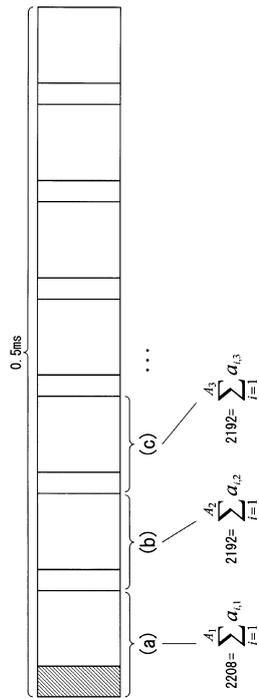
【図1】



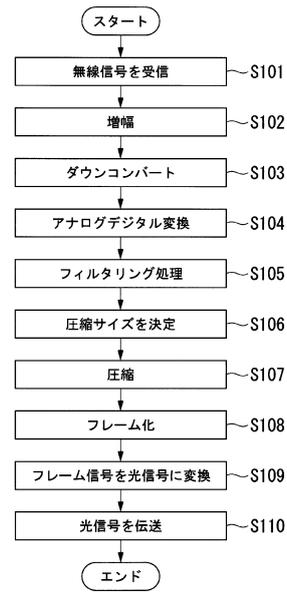
【図2】



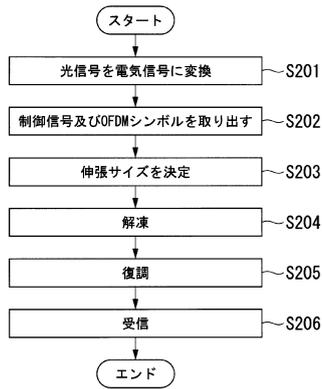
【図3】



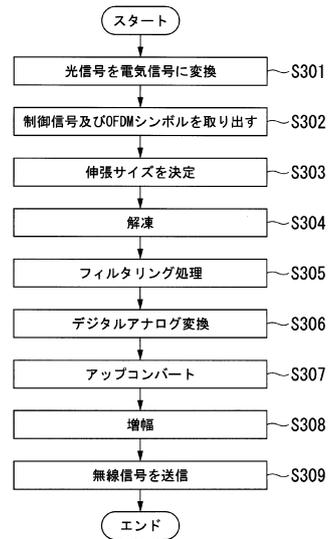
【図4】



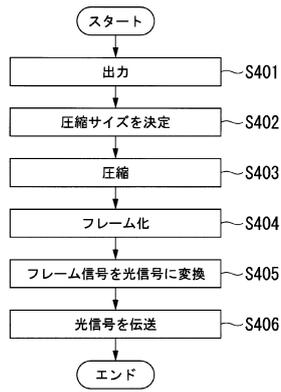
【図5】



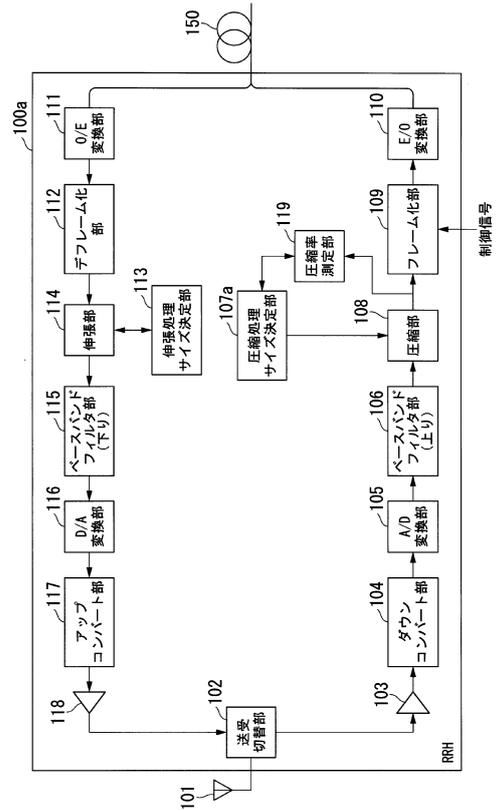
【図6】



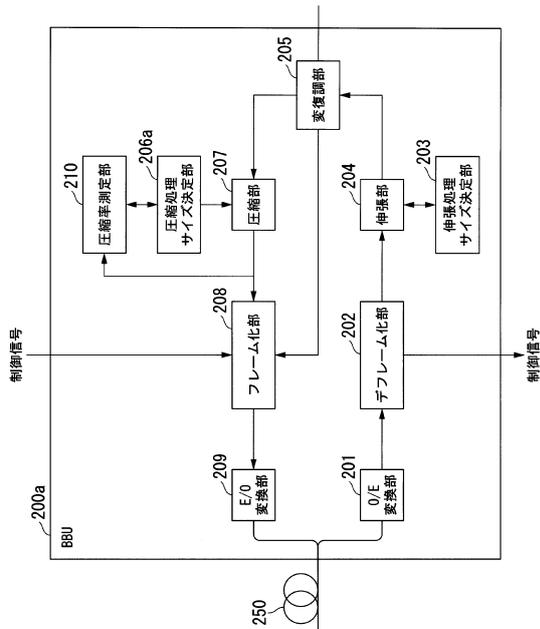
【図7】



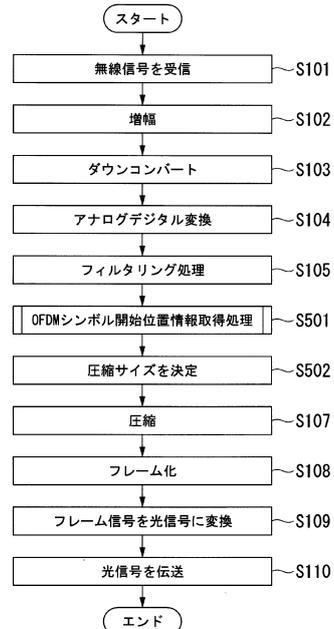
【図8】



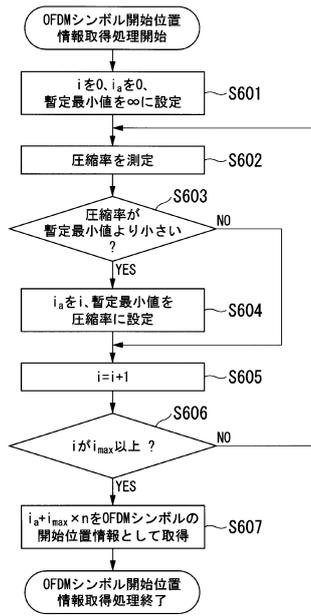
【図9】



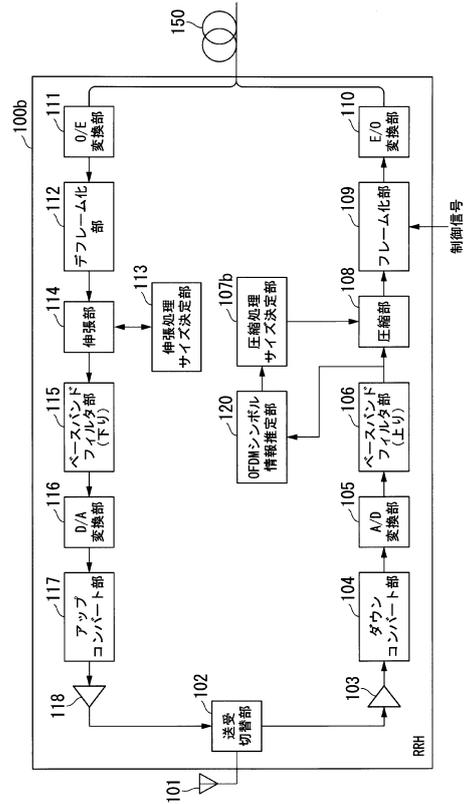
【図10】



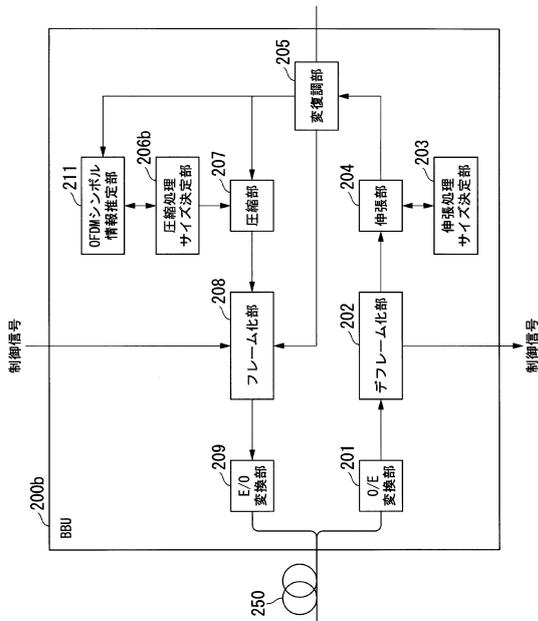
【図11】



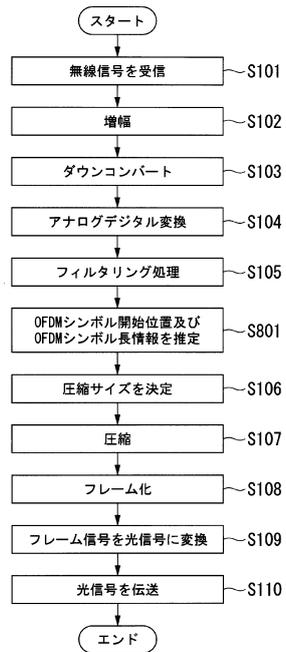
【図12】



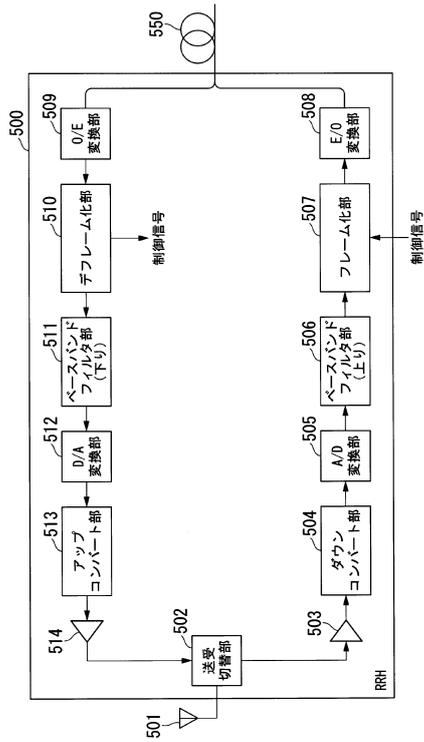
【図13】



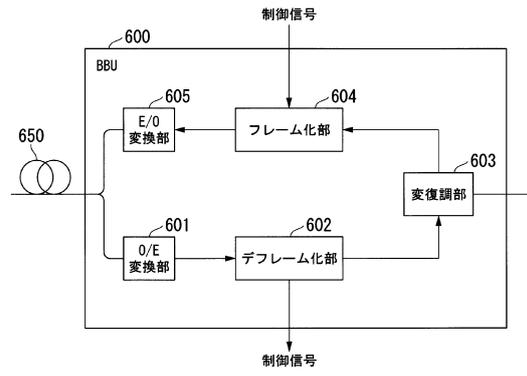
【図14】



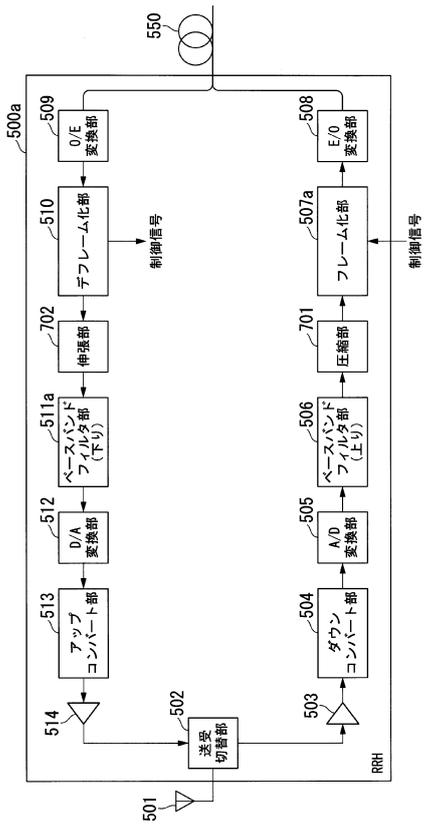
【図15】



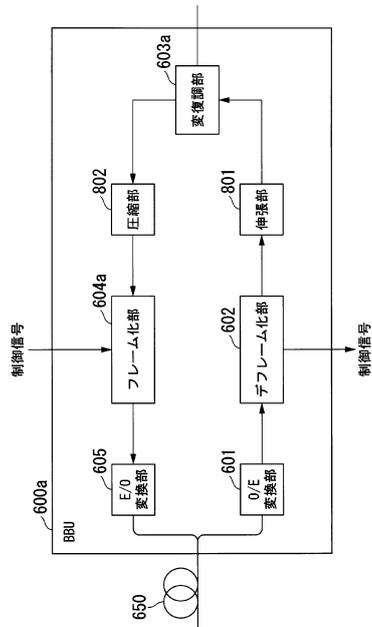
【図16】



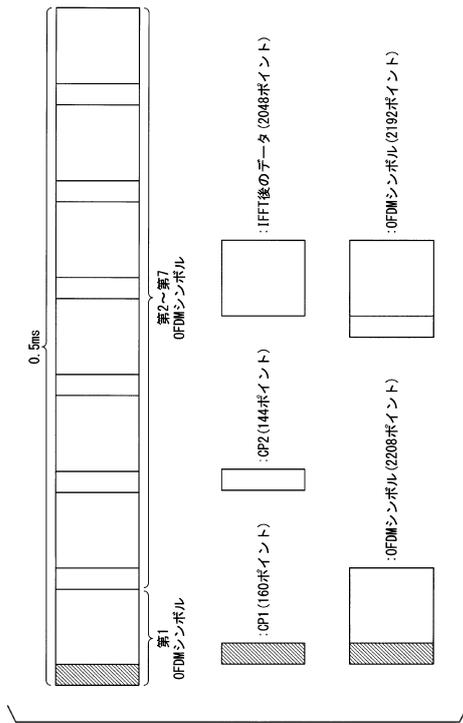
【図17】



【図18】



【図 19】



【図 20】

フレーム番号	圧縮率
1	0.690693
2	0.691606
3	0.677007
4	0.686131
5	0.79927
6	0.687044
7	0.691606
8	0.688869
9	0.763686
10	0.687956
11	0.691606
12	0.694343
13	0.818431
14	0.687956
15	0.679745
16	0.683394
17	0.779197
18	0.686131
19	0.685219
20	0.685219
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, 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  
柴田 直剛 他, モバイルフロントホールへのTDM-PON適用に向けた無線帯域割当情報を用いた圧縮技術, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.113 No.390, 日本, 一般社団法人電子情報通信学会, 2014年1月16日, 第113巻, pp.51-56

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04L 27/26  
H03M 7/30  
H04B 7/022  
H04B 10/2575