

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-202088  
(P2007-202088A)

(43) 公開日 平成19年8月9日(2007.8.9)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)  
H04 J 11/00 (2006.01) H04 J 11/00 Z 5 K O 2 2

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-39641 (P2006-39641)	(71) 出願人	392026693 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ 東京都千代田区永田町二丁目11番1号
(22) 出願日	平成18年2月16日(2006.2.16)	(74) 代理人	100066980 弁理士 森 哲也
(31) 優先権主張番号	特願2005-375283 (P2005-375283)	(74) 代理人	100075579 弁理士 内藤 嘉昭
(32) 優先日	平成17年12月27日(2005.12.27)	(74) 代理人	100103850 弁理士 崔 秀▲てつ▼
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	中島 悠輔 東京都千代田区永田町二丁目11番1号 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内
		(72) 発明者	松岡 保静 東京都千代田区永田町二丁目11番1号 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ内 最終頁に続く

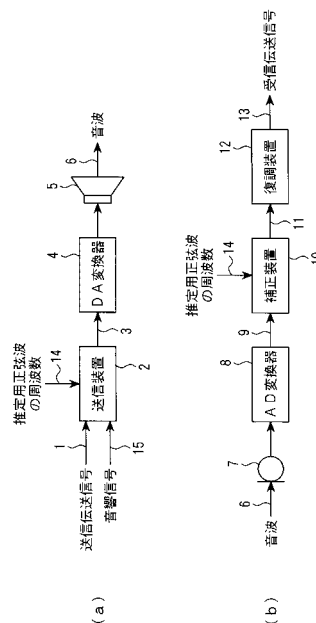
(54) 【発明の名称】 受信装置、搬送波周波数オフセット補正方法

(57) 【要約】

【課題】音波で情報をスピーカからマイクロホンへ伝送する音響信号送受信システムにおいて、送信側装置と受信側装置のサンプリング周波数のずれを検出し、受信信号のサンプリング周波数を補正する。

【解決手段】送信側装置では、繰返し周波数が既知な推定用信号（例えば、正弦波信号）を、伝送信号に重畳する。受信側装置では、補正装置10において、受信信号から上記推定用信号を検出し、検出された周波数推定用信号に基づいて送信側装置と自装置とのサンプリング周波数同士のずれを検出する。そのずれ量から送信側装置と受信側装置とのサンプリング周波数のずれの割合を算出し、そのずれの割合をもとに受信信号をリサンプリングし、サンプリング周波数のずれを補正する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

繰返し周波数が既知な推定用信号が重畳された音波の伝送信号を受信する受信装置であって、前記伝送信号に重畳された周波数推定用信号を検出する推定用信号検出手段と、前記推定用信号検出手段によって検出された周波数推定用信号に基づいて前記伝送信号の送信側装置と自装置とのサンプリング周波数同士のずれを検出する周波数ずれ検出手段とを含み、前記周波数ずれ検出手段によって検出されたサンプリング周波数のずれを補正するようにしたことを特徴とする受信装置。

## 【請求項 2】

前記伝送信号は、前記送信側装置において直交周波数分割多重されて送信された信号であり、

前記周波数推定用信号は、フレーム間で位相が連続になるサブキャリアに配置された信号であることを特徴とする請求項 1 記載の受信装置。

## 【請求項 3】

前記直交周波数分割多重のサブキャリアにおいて、前記周波数推定用信号の近傍のサブキャリアについての振幅が零に設定されていることを特徴とする請求項 2 記載の受信装置。

## 【請求項 4】

前記周波数ずれ検出手段は、受信された信号をフーリエ変換し、このフーリエ変換されたサブキャリアの中心周波数のずれに基づいて前記サンプリング周波数同士のずれを検出することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までのいずれか 1 項に記載の受信装置。

## 【請求項 5】

前記周波数ずれ検出手段は、受信された信号を FM 復調し、各サンプリング点における前記サンプリング周波数同士のずれを検出することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までのいずれか 1 項に記載の受信装置。

## 【請求項 6】

前記周波数ずれ検出手段によって検出されたサンプリング周波数のずれに基づいて前記伝送信号をリサンプリングするリサンプリング手段を更に含むことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 までのいずれか 1 項に記載の受信装置。

## 【請求項 7】

前記リサンプリング手段は、伝送信号について 2 倍にアップサンプリングし、ハーフバンド・ローパスフィルタによって補間処理し、更に Sinc 補間処理後にリサンプリングすることを特徴とする請求項 6 記載の受信装置。

## 【請求項 8】

前記リサンプリング手段は、サンプリング点ごとにピッチを変換してリサンプリングすることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 までのいずれか 1 項に記載の受信装置。

## 【請求項 9】

繰返し周波数が既知な周波数推定用信号が重畳された音波の伝送信号を受信して補正する搬送波周波数オフセット補正方法であって、前記伝送信号に重畳された周波数推定用信号を検出する検出ステップと、前記検出ステップにおいて検出された周波数推定用信号に基づいて前記伝送信号の送信側装置と受信側装置とのサンプリング周波数同士のずれを検出する周波数ずれ検出ステップと、周波数ずれ検出ステップにおいて検出されたサンプリング周波数のずれの割合の逆数で前記伝送信号をリサンプリングするリサンプリングステップとを含むことを特徴とする搬送波周波数オフセット補正方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は受信装置、搬送波周波数オフセット補正方法に関し、特に音波で情報を伝送する音波情報通信に用いる受信装置、搬送波周波数オフセット補正方法に関する。

## 【背景技術】

10

20

30

40

50

## 【0002】

音波で情報を伝送する通信技術としては、一般的には超音波が用いられるが、可聴音を利用する利点もいくつかある。

まず、オーディオ機器として市販されているスピーカやマイクロホンとして、超音波の再生・録音できるものは少ない。多くの市販オーディオ機器は可聴帯域のみの再生・録音を提供するものであり、可聴音を利用する通信技術には、このような市販オーディオ機器を通信に使えるという利点がある。

## 【0003】

また、音波の伝搬については、電磁波の伝搬とは違い、距離減衰だけでなく媒質の粘性による吸収減衰が生じ、この吸収減衰の度合は周波数に比例して大きくなる。したがって、超音波よりも可聴音帯域の音波の方が減衰は少なくなり、通信距離を長くできるという利点がある。

10

音波で情報を伝送する方式としては、特許文献1や特許文献2がある。可聴音波を利用して通信する場合に、伝送信号の音が人間に聞こえるため、人間にとっては不快な騒音が発生することとなる。そこで、特許文献1では、伝送信号をスペクトル拡散して音声又は音楽に重畳している。この特許文献1に記載された技術では、心理音響モデルを用いて周波数マスキング閾値を計算し、伝送信号に拡散符号系列を乗算して全周波数帯に拡散させた拡散信号をマスキング閾値以下になるようにして重畳している。

## 【0004】

また、特許文献2では、可聴音信号と、該可聴音信号とは異なる別の信号とを、電氣的に合成し、電氣的に合成した信号を外界に音響信号として出力し、その音響信号を受けて、これを合成電気信号に変換し、その合成電気信号から上記別の信号を抽出している。

20

ところで、音波による情報伝送に市販オーディオ機器を利用する場合、送信装置のDA(Digital-analog)変換と受信装置のAD(analog-Digital)変換とで変換に用いるクロックのずれが生じる。例えば、図13(a)に示されている音響信号送信側装置と、同図(b)に示されている音響信号受信側装置とを用いる場合を考える。同図(a)の送信装置では、送信装置2において、送信伝送信号1を音響信号15に重畳し、送信音響信号3を得る。この送信音響信号3について、DA変換器4によってアナログ信号に変換後、スピーカ5によって電気信号が音波6に変換され、これが出力される。一方、同図(b)の受信装置では、音波6がマイクロホン7に入力されて電気信号に変換される。この電気信号は、AD変換器8によってデジタル信号の受信音響信号9に変換される。受信音響信号9は復調装置12に入力され、復調装置12から受信伝送信号13が出力される。

30

## 【0005】

以上のような送信側装置及び受信側装置において、特に直交周波数分割多重方式(Orthogonal Frequency Division Multiplexing; 以下、OFDMと称する)で情報を伝送する場合には、以下のような問題が生じる。OFDMでは周波数間隔を密にサブキャリアを配置しサブキャリアの振幅や位相を変調し情報を伝送する。このため、同図(a)の送信側装置と同図(b)の受信側装置との間のクロックの違いによるサンプリング周波数のずれにより、伝送した情報に誤りが生じる。

## 【0006】

このことについて、図14を参照して説明する。同図(a)には送信音響信号が、同図(b)には受信音響信号が、それぞれ示されている。両図において、横軸は周波数、縦軸は振幅である。同図(a)に示されている送信音響信号のサブキャリアは、破線で示されているサンプリングタイミングと一致している。これに対し、同図(b)に示されている受信音響信号のサブキャリアは、破線で示されているサンプリングタイミングと一致せず、周波数方向に伸縮が起こる現象が生じていることを示している。これにより、位相ずれや、別のサブキャリアからの干渉、別のサブキャリアの復調により、伝送した情報に誤りが生じる。

40

## 【0007】

上記サンプリング周波数のずれは、受信装置をもつ人が動いたり、持つ手が振動したり

50

することにより、受信装置に搭載されているマイクロホンが動いている場合も生じる。

例えば、図15に示されているように、静止状態のスピーカ5から周波数 $f_i$ の入力信号を電気音響変換して出力し、マイクロホン7がスピーカ5の中心軸に沿って、スピーカ5から遠ざかる向きに速度 $V_0$ で動いている場合、音速 $V_s$ で空気中を伝搬した入力信号は、周波数 $f_0$ の出力信号として出力される。ここで、出力信号の周波数 $f_0$ は、ドップラーシフトにより、

$$f_0 = \{ (V_s - V_0) / V_s \} f_i = f_i - (V_0 / V_s) f_i$$

となり、入力信号の周波数 $f_i$ と周波数 $(V_0 / V_s) f_i$ のずれが生じる。

【0008】

ここで、例えば、出力信号を

$\sin\{2\pi \cdot f_0(t)\} = \sin\{2\pi \cdot f_i \cdot t - z(t)\}$ 、 $z(t)$ を時刻 $t$ の位相ずれ量と表すことができる。このマイクロホンが動くことにより生じるサンプリング周波数のずれは、マイクロホンをもつ手振れである場合、ランダムであるため、DA変換器とAD変換器とのサンプリング周波数ずれが機器の組合せが同じ限り一定であることが多いのに比べ、変動が多い。

【0009】

ところで、電波を用いた無線においても、送信側装置と受信側装置との間でクロックずれの問題が生じることがある。このことについて、図16を参照して説明する。同図(a)には送信側装置の信号が、同図(b)には受信側装置の信号が、それぞれ示されている。両図において、横軸は周波数、縦軸は振幅である。

同図(a)、(b)に示されているように、上記クロックずれは、ベースバンドとパスバンドとの間をシフトする際の搬送波の周波数オフセット $F_{ofst}$ に現れる。そして、バンド全体がほぼ一定のオフセット $F_{ofst}$ で周波数方向にずれ、サブキャリアの周波数間隔はほぼ一定である。そのため、搬送波周波数のオフセット $F_{ofst}$ の量を検出し、既知の搬送波周波数と上記オフセットとを足した量で、パスバンド全体をシフトすれば、ベースバンドに戻りクロックずれの問題を解決することができる。

【特許文献1】国際公開第02/45286号パンフレット

【特許文献2】特開2001-148670号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

図14を参照して説明したように、上記の音波で情報を伝送する方式においては、送信側装置と受信側装置との間のクロックの違いにより、サンプリング周波数のずれが生じる。またマイクロホンが動くことにより、ドップラーシフトが生じ、送信信号と受信信号との間にサンプリング周波数のずれが生じる。これらのサンプリング周波数のずれにより、復号誤りを生じるという問題がある。この問題については、特許文献1、特許文献2や、図16を参照して説明した方法では解決することができない。

本発明は上述した従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、その目的は送信信号と受信信号との間のサンプリング周波数のずれを検出して補正し、復号誤りを減少させることのできる受信装置、搬送波周波数オフセット補正方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の請求項1による受信装置は、繰返し周波数が既知な推定用信号が重畳された音波の伝送信号を受信する受信装置であって、前記伝送信号に重畳された周波数推定用信号を検出する推定用信号検出手段と、前記推定用信号検出手段によって検出された周波数推定用信号に基づいて前記伝送信号の送信側装置と自装置とのサンプリング周波数同士のずれを検出する周波数ずれ検出手段とを含み、前記周波数ずれ検出手段によって検出されたサンプリング周波数のずれを補正するようにしたことを特徴とする。送信側装置で送信伝送信号に既知の周波数の推定用信号を挿入し、音波で送信音響信号を出力し、音響信号の

10

20

30

40

50

受信側装置で音波を受信して受信音響信号とし、推定用信号の周波数または位相に基づいて送信側装置と受信側装置のサンプリング周波数のずれを検出し、補正することにより、復号誤りを減少させることができる。

【0012】

本発明の請求項2による受信装置は、請求項1において、前記伝送信号は、前記送信側装置において直交周波数分割多重されて送信された信号であり、

前記周波数推定用信号は、フレーム間で位相が連続になるサブキャリアに配置された信号であることを特徴とする。OFDMで情報を伝送する方式において、上記推定用信号の周波数をOFDMのサブキャリアの中から選択することで、推定用信号の生成と加算の計算量を削減できる。

10

【0013】

本発明の請求項3による受信装置は、請求項2において、前記直交周波数分割多重のためのサブキャリアにおいて、前記周波数推定用信号の近傍のサブキャリアについての振幅が零に設定されていることを特徴とする。パラレル変換された送信伝送信号をOFDMのフレームのサブキャリアに配置する際、推定用信号の周波数に周波数が近い部分には配置せず、推定用信号の周波数に周波数が近いサブキャリアは振幅を0(零)に設定することで、推定用信号の周波数付近でのキャリア間で干渉しあうのを防ぐことができる。

【0014】

本発明の請求項4による受信装置は、請求項1から請求項3までのいずれか1項において、前記周波数ずれ検出手段は、受信された信号をフーリエ変換し、このフーリエ変換されたサブキャリアの中心周波数のずれに基づいて前記サンプリング周波数同士のずれを検出することを特徴とする。分析する時間長を長くすることで周波数分解能を高めるために、OFDMで情報を伝送する場合において、複数のフレームを連結した信号をフーリエ変換し、サブキャリアの中心周波数のずれから推定用信号の周波数ずれを検出し、送信装置と受信装置のサンプリング周波数同士のずれを検出できる。

20

【0015】

本発明の請求項5による受信装置は、請求項1から請求項3までのいずれか1項において、前記周波数ずれ検出手段は、受信された信号をFM復調し、各サンプリング点における前記サンプリング周波数同士のずれを検出することを特徴とする。受信した推定用信号をFM復調することで、各サンプリング時間における推定用信号の周波数シフトの割合を算出できる。

30

【0016】

本発明の請求項6による受信装置は、請求項1から請求項5までのいずれか1項において、前記周波数ずれ検出手段によって検出されたサンプリング周波数のずれの割合の逆数で前記伝送信号をリサンプリングするリサンプリング手段を更に含むことを特徴とする。送信側装置と受信側装置とのサンプリング周波数ずれの割合に基づいてリサンプリングすることにより、受信音響信号のサンプリング周波数を送信音響信号のサンプリング周波数に近づけることができる。

【0017】

本発明の請求項7による受信装置は、請求項6において、前記リサンプリング手段は、伝送信号について2倍にアップサンプリングし、ハーフバンド・ローパスフィルタによって補間処理し、更にSinc補間処理後にリサンプリングすることを特徴とする。このようにリサンプリング処理すれば、計算量を低減することができる。

40

本発明の請求項8による受信装置は、請求項1から請求項7までのいずれか1項において、前記リサンプリング手段は、サンプリング点ごとにピッチを変換してリサンプリングすることを特徴とする。伝送信号のサンプリング点ごとにピッチを変換してサンプリングをすることにより、各サンプリング時間で受信音響信号のサンプリング周波数を送信音響信号のサンプリング周波数に近づけることができる。

【0018】

本発明の請求項9による搬送波周波数オフセット補正方法は、繰返し周波数が既知な周

50

波数推定用信号が重畳された音波の伝送信号を受信して補正する搬送波周波数オフセット補正方法であって、前記伝送信号に重畳された周波数推定用信号を検出する検出ステップと、前記検出ステップにおいて検出された周波数推定用信号に基づいて前記伝送信号の送信側装置と受信側装置とのサンプリング周波数同士のずれを検出する周波数ずれ検出ステップと、周波数ずれ検出ステップにおいて検出されたサンプリング周波数のずれの割合の逆数で前記伝送信号をリサンプリングするリサンプリングステップとを含むことを特徴とする。送信側装置で送信伝送信号に既知の周波数の推定用信号を挿入し、音波で送信音響信号を出力し、音響信号の受信側装置で音波を受信して受信音響信号とし、推定用信号の周波数に基づいて送信側装置と受信側装置のサンプリング周波数のずれを検出し、補正することにより、復号誤りを減少させることができる。

10

**【発明の効果】****【0019】**

以上説明したように本発明は、送信側装置で送信伝送信号に既知の周波数の推定用信号を挿入し、音波で送信音響信号を出力し、音響信号の受信側装置で音波を受信して受信音響信号とし、推定用信号の周波数に基づいて送信側装置と受信側装置のサンプリング周波数のずれを検出し、補正することにより、復号誤りを減少させることができるという効果がある。

**【発明を実施するための最良の形態】****【0020】**

以下、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。なお、以下の説明において参照する各図では、他の図と同等部分は同一符号によって示されている。

20

**(システムの構成例)**

本発明の実施形態による受信装置を用いた音響信号送受信システムの構成例が図1に示されている。同図を参照すると、音響信号送受信システムは、同図(a)に示されている送信側装置と、同図(b)に示されている受信側装置とによって構成されている。

**【0021】**

同図(a)の送信側装置は、送信伝送信号1と既知の周波数の正弦波信号(以下、推定用正弦波と称する)の周波数14と音響信号15とを入力し送信音響信号3を出力する送信装置2と、送信音響信号3をDA変換しアナログ信号を出力するDA変換器4と、アナログ信号となった送信音響信号を音波6に変換して再生するスピーカ5とを含んで構成されている。

30

**【0022】**

一方、同図(b)の受信側装置は、音波6を電気信号に変換し出力するマイクロホン7と、電気信号に変換された音波をデジタル信号にサンプリングし受信音響信号9を出力するAD変換器8と、受信音響信号9と推定用正弦波の周波数14とに基づいてサンプリング周波数を補正し補正音響信号11を出力する補正装置10と、補正音響信号11を復調し受信伝送信号13を出力する復調装置12とを含んで構成されている。

**(送信装置の構成例)**

図1(a)中の送信装置2の構成例が図2に示されている。同図を参照すると、送信装置2は、入力される送信伝送信号1を2値に変換する多値変調部24と、シリアル信号をパラレル信号に変換するS/P変換部25と、OFDMのサブキャリアの中から信号の選択を行う選択部202と、推定用正弦波とこの推定用正弦波の周波数付近のサブキャリアの振幅調整を行う振幅調整部203と、S/P変換部25の出力と振幅調整部203の出力とを加算または乗算する加算部204a~204dとを含んで構成されている。

40

**【0023】**

また、送信装置2は、推定用正弦波が重畳されたフレーム205について高速逆フーリエ変換を行うIFFT(Inverse Fast Fourier Transform)部26と、フレーム後方のガード時間分の信号を複製し、フレーム前方に連結するガード時間信号生成部27と、フレームの実部を出力する実数化部28と、フレーム同期信号を生成して付加するフレーム同期信号生成部29と、パラレル信号をシリアル信号に変換するP/S変換部201と、音

50

響信号 15 と P / S 変換部 201 の出力とを加算する加算部 206 とを含んで構成されている。

#### 【0024】

このような構成において、サンプリング周波数の推定用正弦波の周波数 14 は、選択部 202 に入力される。選択部 202 では、サンプリング周波数ずれを補正するための周波数が選択される。具体的には、図 3 に示されているようになる。同図には OFDM のフレームと推定用正弦波 23 とが示されている。同図において、OFDM のフレーム間で推定用正弦波 23 が連続するように、OFDM のサブキャリアの中から、  
(OFDM のサンプリング周波数) / (ガード時間サンプル数)  
の整数倍の周波数の正弦波信号が選択される。つまり、周波数推定用信号である推定用正弦波 23 は、1 つ又は複数のフレーム間で時間波形が連続になるように、フレーム間で位相が連続になるサブキャリアに配置された信号である。このような整数倍の周波数のサブキャリアが選択されることにより、推定用正弦波の生成と加算の計算量とを削減できる。

10

#### 【0025】

図 2 に戻り、選択された推定用正弦波の周波数 14' に基づいて振幅調整部 203 により、推定用正弦波と前記推定用正弦波の周波数付近のサブキャリアの振幅が調整される。この際、人の聴覚特性に基づいて、選択部 202 で周波数を選択したり、振幅調整部 203 で振幅を調整したりしてもよい。

送信伝送信号 1 を、多値変調部 24 で 2 値に変換し、S / P 変換部 25 でシングルストリームをパラレルストリームに変換する。そして、OFDM のフレーム 205 に分割してサブキャリアに配置し、振幅調整部 203 で振幅調整した推定用正弦波も OFDM のフレーム 205 のサブキャリアに配置する。

20

#### 【0026】

ここで、OFDM のフレーム 205 のサブキャリアに S / P 変換された送信伝送信号を配置する際、推定用正弦波付近でのキャリア間で干渉しあうのを防ぐように配慮する。例えば、図 4 に示されているように、推定用正弦波 23 の周波数に周波数が近い部分には配置せずに、推定用正弦波 23 の周波数に周波数が近いサブキャリアは同図中の破線で示されているように振幅を 0 に設定することで、干渉を防いでもよい。

#### 【0027】

図 2 に戻り、IFFT 部 26 で、OFDM の各フレーム 205 を高速逆フーリエ変換し、時間領域の信号に変換する。ガード時間信号生成部 27 では、高速逆フーリエ変換された信号の各フレームにおいて、フレーム後方のガード時間分の信号を複製し、フレーム前方に連結する。ガード時間分の信号を連結することにより、反射波等のマルチパス干渉を回避することができる。実数化部 28 では、各フレームの実部を出力する。

30

#### 【0028】

フレーム同期信号生成部 29 では、M 系列符号で変調した擬似ノイズ信号（以下、PN (Pseudorandom Noise) 信号と称する）を伝送用周波数帯域ではない周波数帯域にフレーム同期信号として生成し、実数化部 28 の出力信号の 1 つか複数フレームおきに足し合わせる。そして、P / S 変換部 201 でパラレルストリームからシリアルストリームに変換する。この変換後のシリアルストリームに加算部 206 において音響信号 15 を足し合わせ、送信音響信号 3 として出力する。

40

#### 【0029】

ここで、送信音響信号 3 の周波数振幅分布の一例が図 5 (a) に示されている。同図を参照すると、サブキャリアが OFDM のサンプリング周波数間隔 F の整数倍の間隔で配置され、推定用正弦波も OFDM のサンプリング周波数間隔 F の整数倍の周波数に配置されている。PN 信号は伝送用のサブキャリアが配置されていない周波数帯域に配置されている。

なお、本例では、周波数推定用信号に、正弦波を用いているが、これに限定されず、繰返し周波数が既知な推定用信号を用いることができる。

#### 【0030】

50

(システム全体の動作)

図 1 に戻り、上記送信音響信号 3 は D A 変換器 4 でアナログ信号に変換され、スピーカ 5 で電気音響変換し空気中に音波 6 を送信する。空気中を伝搬した音波 6 を、マイクロホン 7 で音響信号を電気信号に変換する。変換された電気信号は、A D 変換器 8 で A D 変換され、デジタル信号の受信音響信号 9 となる。この受信音響信号 9 は、補正装置 10 に入力される。補正装置 10 には、推定用正弦波の周波数 14 も入力されている。

【0031】

受信音響信号 9 は、D A 変換器 4 と A D 変換器 8 とのクロックの周波数がずれている場合、例えば、図 5 ( b ) に示されているような、周波数振幅分布をしている。このような周波数振幅分布の場合、同図 ( a ) の送信音響信号 3 に較べて、全体が周波数方向に伸縮が生じ、サブキャリアも推定用正弦波 23 も周波数方向にずれている。このように周波数方向に伸縮が生じている周波数振幅分布について、補正装置 10 において補正することによって、同図 ( c ) に示されているような、補正音響信号 11 を得る。

10

【0032】

(補正装置の構成例)

図 1 中の補正装置 10 の構成例が図 6 に示されている。同図を参照すると、補正装置 10 は、リサンプル部 101 と、高速フーリエ変換を行う F F T (Fast Fourier Transform) 部 102 と、推定用正弦波の受信周波数を同定する周波数同定部 103 と、サンプリング周波数ずれの割合を算出するずれ割合算出部 104 とを含んで構成されている。

リサンプル部 101 は、2 倍アップサンプリング部 105 と、ハーフバンド L P F (half band Low Pass Filter) 106 と、S i n c 関数補間部 107 と、サンプリング部 108 とを含んで構成されている。

20

【0033】

このような構成において、補正装置 10 では、受信音響信号 9 について、推定用正弦波の開始点よりあとから 2 の累乗サンプル分取り出し、F F T 部 102 で高速フーリエ変換し、周波数領域の信号にする。そして、推定用正弦波の受信周波数の周波数同定部 103 で、推定用正弦波の周波数 14 の近くの上下の周波数から最大振幅を示す周波数を検出し、図 5 ( b ) に示されているように、推定用正弦波の受信周波数 16 を同定する。そして、

(推定用正弦波の受信周波数 16) / (推定用正弦波の周波数 14)

30

により、サンプリング周波数ずれの割合 109 を導出する。

【0034】

リサンプル部 101 は、受信音響信号 9 について、サンプリング周波数ずれの割合 109 の逆数でリサンプルし、補正音響信号 11 として出力する。

ここで、リサンプル部 101 は、例えば、2 倍アップサンプリング部 105 において受信音響信号 9 を 2 倍にアップサンプリングし、ハーフバンド L P F 106 においてハーフバンドローパスフィルタの畳み込みを行い、S i n c 関数補間部 107 において S i n c 関数で補間する。補間された信号について、サンプリング部 108 において、サンプリング周波数ずれの割合 109 に基づいてサンプリングし、補正音響信号 11 を得る。

この補正音響信号 11 は、図 1 ( b ) 中の復調装置 12 に入力され、O F D M の復調が行われる。これにより、復調装置 12 からは、受信伝送信号 13 が出力される。

40

なお、補正装置 10 において、受信音響信号 9 に上記 P N 信号を畳み込みながら、ピークを探索することで、フレーム同期し、正弦波の開始点を探索してもよい。

【0035】

(送信側の処理)

上述した音響信号送受信システムの送信側装置の動作について、図 7 のフローチャートを参照して更に説明する。

送信側装置では、まず、多値変調部 24 により、入力される送信伝送信号を 2 値に変換する (ステップ S 101)。次に、S / P 変換部 25 により、シリアル信号をパラレル信号に変換する (ステップ S 102)。そして、変換後のパラレル信号に振幅調整された推

50

定用正弦波が重畳され、フレームが得られる（ステップS103）。

【0036】

さらに、推定用正弦波が重畳されたフレームについてIFFTが実施された後（ステップS104）、フレーム後方のガード時間分の信号が複製され、フレーム前方に連結される（ステップS105）。次に、実数化部28からフレームの実部が出力され（ステップS106）、フレーム同期信号生成部29で生成されたフレーム同期信号が、足し合わされる（ステップS107）。そして、P/S変換部201でパラレルストリームからシリアルストリームに変換される（ステップS108）。この変換後のシリアルストリームは、加算部206において音響信号に重畳され、送信音響信号として出力される（ステップS109）。

10

出力された送信音響信号はDA変換器によってアナログ信号に変換され（ステップS110）、スピーカから音波が出力される（ステップS111）。

【0037】

（受信側の処理）

上述した音響信号送受信システムの受信側装置の動作について、図8のフローチャートを参照して更に説明する。

受信側装置では、マイクロホン7に音波が入力されると、アナログの電気信号に変換される（ステップS201）。この電気信号は、AD変換器8によってデジタル信号に変換され、推定用正弦波の周波数と共に補正装置10に入力される（ステップS202）。

【0038】

20

補正装置10では、受信音響信号についてFFTが実施された後（ステップS203）、推定用正弦波の周波数の近傍の上下の周波数から最大振幅を示す周波数を検出し、推定用正弦波の受信周波数を同定する（ステップS204）。そして、ずれ割合算出部104において、サンプリング周波数ずれの割合が導出される（ステップS205）。このサンプリング周波数ずれの割合に基づいて、リサンプル部は、受信音響信号について、サンプリング周波数ずれの割合の逆数でリサンプルし、補正音響信号として出力する（ステップS206）。この補正音響信号は、復調装置12に入力されOFDMの復調が実施され、復調装置12からは、受信伝送信号が出力される（ステップS207）。

【0039】

（他の実施例1）

30

他の音響信号送受信システムの構成例について説明する。本例では、図9に示されている送信装置2を用いる。すなわち、送信装置2は、同図のように、推定用正弦波の周波数14の推定用正弦波23を生成する正弦波発振器21と、送信伝送信号1を変調する変調装置22と、変調された信号と推定用正弦波23と音響信号15と足し合わせる加算部207とを含んで構成され、送信音響信号3を出力する。

【0040】

その他の構成は図1を参照して説明したシステムと同様であり、同図(a)の送信側装置と、同図(b)の受信側装置とによって音響信号送受信システムが構成される。すなわち、送信側装置は、送信伝送信号1と推定用正弦波の周波数14と音響信号15とを入力し送信音響信号3を出力する送信装置2と、送信音響信号3をDA変換しアナログ信号を出力するDA変換器4と、アナログ信号となった送信音響信号を音波6に変換して再生するスピーカ5とを含んで構成されている。一方、受信側装置は、音波6を電気信号に変換し出力するマイクロホン7と、電気信号に変換された音波をデジタル信号にサンプリングし受信音響信号9を出力するAD変換器8と、受信音響信号9と推定用正弦波の周波数14とに基づいてサンプリング周波数を補正し補正音響信号11を出力する補正装置10と、補正音響信号11を復調し受信伝送信号13を出力する復調装置12とを含んで構成されている。

40

各部の動作等については、既に説明した内容と同様であるため、その説明を省略する。

【0041】

（他の実施例2）

50

他の音響信号送受信システムの構成例について説明する。本例では、図10に示されている補正装置10を用いる。同図を参照すると、補正装置10は、リサンプル部101と、バンドパスフィルタを畳み込むBPF (band Pass Filter) 110と、FM (Frequency Modulation) 復調を行うFM復調部111と、サンプリング周波数ずれの割合を算出するずれ割合算出部104とを含んで構成されている。

#### 【0042】

リサンプル部101は、2倍アップサンプリング部105と、ハーフバンドLPF (half band Low Pass Filter) 106と、Sinc関数補間部107と、サンプリング部108とを含んで構成されている。

このような構成において、補正装置10では、受信音響信号9について、BPF110で、バンドパスフィルタを畳み込むことで、推定用正弦波の周波数 $f_i$ 近辺の周波数帯域を抽出し、音源や環境に含まれる雑音を低減し、FM復調部111に入力する。

FM復調部111において、BPF110の出力信号を、推定用正弦波周波数 $(1/4) f_i$  [Hz]でFM復調し、位相ずれ量 $z(t)$ を出力し、ずれ割合算出部104に入力する。ここで $t$ は時刻である。

#### 【0043】

ずれ割合算出部104において、サンプリング周波数のずれ割合109を導出し、リサンプル部101に入力する。推定用正弦波の周波数 $(1/4) f_i$  [Hz]の $2\pi$  [radian]は、 $(\text{サンプリング周波数 } f_s \text{ [Hz]}) \div (\text{推定用正弦波の周波数 } f_i \text{ [Hz]})$  [sample]である。したがって、各時刻 $t$ で周波数 $f_i$ の推定用正弦波は、1サンプルあたり、 $z(t) \cdot f_s / (f_i \cdot 2\pi)$  [sample]の割合でサンプリング間隔のずれが生じていると導出する。このサンプリング間隔のずれの導出は、ドップラーシフトだけでなく、送受信機間のサンプリングクロック周波数のずれの検出にも適用できる。このサンプリング周波数ずれの割合109をリサンプル部101に入力する。

#### 【0044】

リサンプル部101は、受信音響信号9の各サンプリング点について、サンプリング周波数ずれの割合109の逆数でリサンプルし、補正音響信号11として出力する。

ここで、リサンプル部101は、例えば、2倍アップサンプリング部105において受信音響信号9を2倍にアップサンプリングし、ハーフバンドLPF106による畳み込みを行い、Sinc関数補間部107においてSinc関数で補間する。補間された信号について、サンプリング部108において、サンプリング周波数ずれの割合109に基づいてサンプリングし、補正音響信号11を得る。

この補正音響信号11は、図1(b)中の復調装置12に入力され、OFDMの復調が行われる。これにより、復調装置12からは、受信伝送信号13が出力される。

#### 【0045】

その他の構成は図1を参照して説明したシステムと同様であり、同図(a)の送信側装置と、同図(b)の受信側装置とによって音響信号送受信システムが構成される。すなわち、送信側装置は、送信伝送信号1と推定用正弦波の周波数 $1/4$ と音響信号15とを入力し送信音響信号3を出力する送信装置2と、送信音響信号3をDA変換しアナログ信号を出力するDA変換器4と、アナログ信号となった送信音響信号を音波6に変換して再生するスピーカ5とを含んで構成されている。

#### 【0046】

一方、受信側装置は、音波6を電気信号に変換し出力するマイクロホン7と、電気信号に変換された音波をデジタル信号にサンプリングし受信音響信号9を出力するAD変換器8と、受信音響信号9と推定用正弦波の周波数 $1/4$ とに基づいてサンプリング周波数を補正し補正音響信号11を出力する補正装置10と、補正音響信号11を復調し受信伝送信号13を出力する復調装置12とを含んで構成されている。

#### 【0047】

(受信側の処理)

上述した音響信号送受信システムの受信側装置の動作について、図11のフローチャー

トを参照して更に説明する。

受信側装置では、マイクロホン7に音波が入力されるとアナログの電気信号に変換される(ステップS201)。この電気信号は、AD変換器8によってデジタル信号に変換され、推定用正弦波の周波数と共に補正装置10に入力される(ステップS202)。

#### 【0048】

補正装置10では、受信音響信号について、推定用正弦波の周波数付近の周波数帯域を通すバンドパスフィルタが畳み込まれる(ステップS202')。このバンドパスされた信号は、推定用正弦波の周波数を搬送波としてFM復調が実施される(ステップS203')。ずれ割合算出部104において、サンプリング周波数ずれの割合が導出される(ステップS205)。このサンプリング周波数ずれの割合に基づいて、リサンプル部は、受信音響信号について、サンプリング周波数ずれの割合の逆数でリサンプルし、補正音響信号として出力する(ステップS206)。この補正音響信号は、復調装置12に入力されOFDMの復調が実施され、復調装置12からは、受信伝送信号が出力される(ステップS207)。(搬送波周波数オフセット補正方法)

10

#### 【0049】

上述した音響信号送受信システムにおいては、繰返し周波数が既知な周波数推定用信号が重畳された音波の伝送信号を受信して補正する、搬送波周波数オフセット補正方法が実現されている。これについて、図12のフローチャートを参照して説明する。同図において、受信側装置では、送信側装置からの伝送信号に重畳された周波数推定用信号を検出する(ステップS301)。次に、ステップS301において検出された周波数推定用信号に基づいて伝送信号の送信側装置と受信側装置とのサンプリング周波数同士のずれを検出する(ステップS302)。そして、ステップS302において検出されたサンプリング周波数ずれの割合の逆数で伝送信号をリサンプリングする(ステップS303)。

20

#### 【0050】

以上のような搬送波周波数オフセット補正方法では、送信側装置で送信伝送信号に既知の周波数の推定用信号を挿入し、音波で送信音響信号を出力し、音響信号の受信側装置で音波を受信して受信音響信号とし、推定用信号の周波数に基づいて送信側装置と受信側装置のサンプリング周波数ずれを検出し、補正することにより、復号誤りを減少させることができる。

#### 【産業上の利用可能性】

30

#### 【0051】

本発明は、音波で情報を伝送する音波情報通信に利用することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0052】

【図1】本発明の実施形態による受信装置を用いた音響信号送受信システムの構成例を示すブロック図であり、(a)は送信側装置、(b)は受信側装置である。

【図2】図1(a)中の送信装置の構成例を示すブロック図である。

【図3】OFDMのフレーム間での推定用正弦波を示す波形図である。

【図4】OFDMのサブキャリア振幅調整の概要を示す波形図である。

【図5】本発明の実施形態による受信装置を用いた音響信号送受信システムによる補正方法の概要を示す波形図であり、(a)は送信音響信号の周波数振幅分布の一例、(b)はクロックの周波数がずれた受信音響信号の周波数振幅分布の一例、(c)は補正された信号である補正音響信号を示す図である。

40

【図6】図1中の補正装置の構成例を示すブロック図である。

【図7】音響信号送受信システムの送信側装置の動作例を示すフローチャートである。

【図8】音響信号送受信システムの受信側装置の動作例を示すフローチャートである。

【図9】他の音響信号送受信システムに用いる送信装置の構成を示すブロック図である。

【図10】図1中の補正装置の構成例を示すブロック図である。

【図11】音響信号送受信システムの受信側装置の動作例を示すフローチャートである。

【図12】本発明の実施形態による搬送波周波数オフセット補正方法を示すフローチャー

50

トである。

【図13】音響信号送受信システムの従来例を示すブロック図であり、(a)は送信側装置、(b)は受信側装置である。

【図14】送信側装置と受信側装置との間のクロックの違いによるサンプリング周波数ずれを示す模式図であり、(a)は送信音響信号の周波数振幅分布の一例、(b)は受信音響信号の周波数振幅分布の一例を示す図である。

【図15】スピーカとマイクロホンとを用いた情報伝送の場合において、周波数 $f_i$ の入力信号が、静止状態のスピーカから音波に変換されて出力され、音速 $V_s$ で伝搬し、スピーカの中心軸上を速度 $V_0$ でスピーカから遠ざかっているマイクロホンで計測された出力信号の周波数 $f_o$ に、ドップラーシフトが生じることを示す図である。

10

【図16】電波を用いた無線伝送の場合において、送信側装置と受信側装置との間のクロックずれの問題を解消する方法の概要を示す図であり、(a)は送信側装置の信号、(b)は受信側装置の信号を示す図である。

【符号の説明】

【0053】

2 送信装置

4 DA変換器

5 スピーカ

7 マイクロホン

8 AD変換器

10 補正装置

12 復調装置

21 正弦波発振器

22 変調装置

24 多値変調部

25 S/P変換部

26 IFFT部

27 ガード時間信号生成部

28 実数化部

29 フレーム同期信号生成部

101 リサンプル部

102 FFT部

103 周波数同定部

104 ずれ割合算出部

105 2倍アップサンプリング部

106 ハーフバンドLPF

107 Sinc関数補間部

108 サンプリング部

110 BPF

111 FM復調部

201 P/S変換部

202 選択部

203 振幅調整部

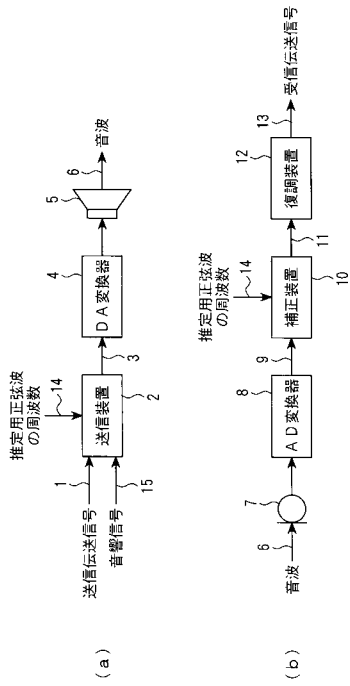
204 a ~ 204 d、206、207 加算部

20

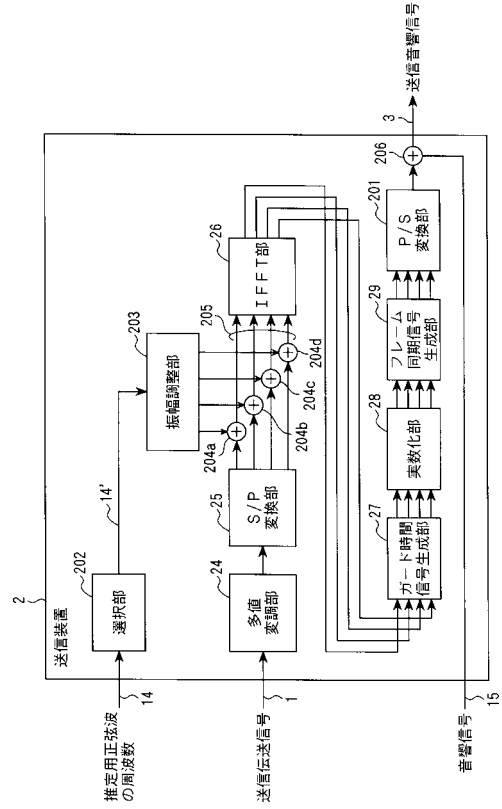
30

40

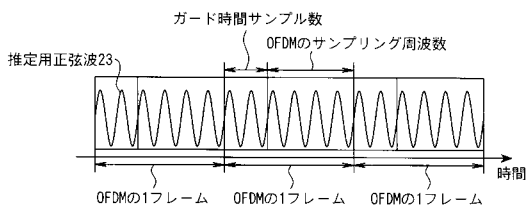
【 図 1 】



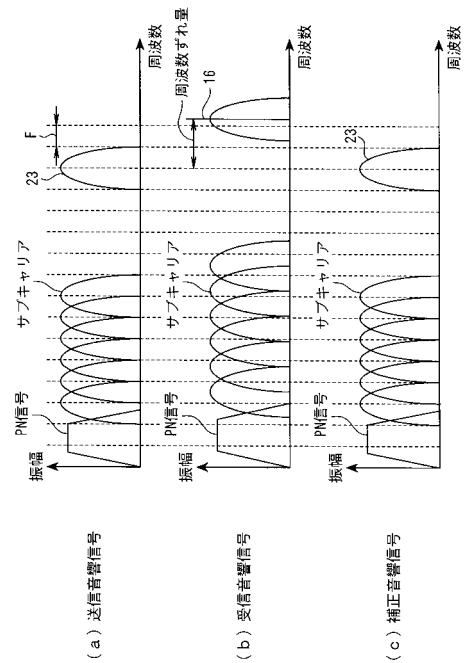
【 図 2 】



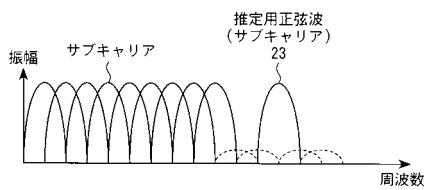
【 図 3 】



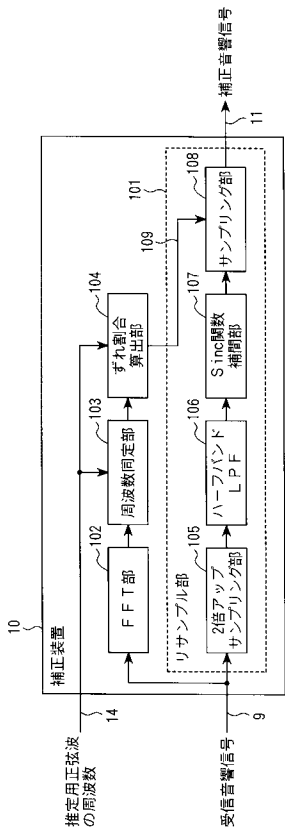
【 図 5 】



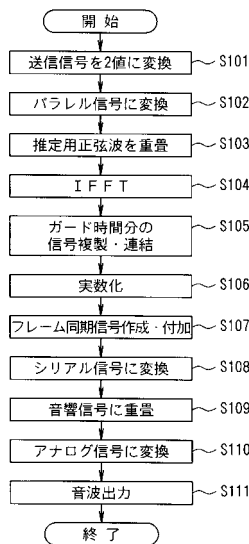
【 図 4 】



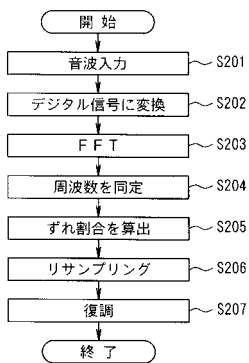
【 図 6 】



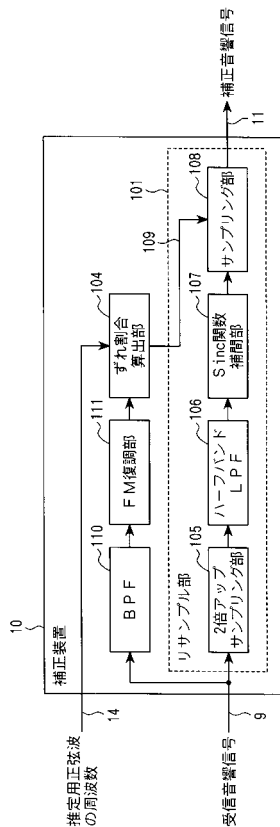
【 図 7 】



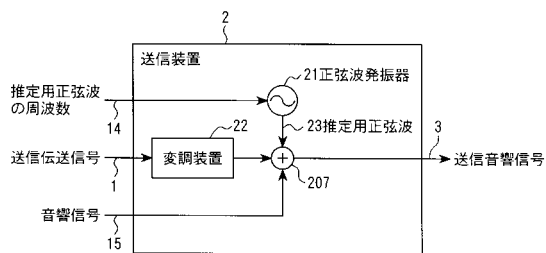
【 図 8 】



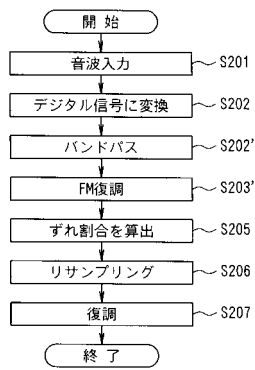
【 図 10 】



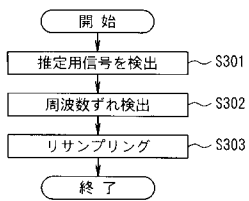
【 図 9 】



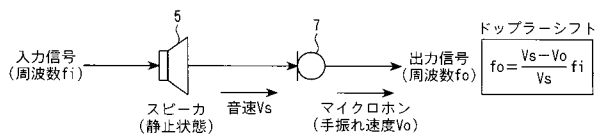
【 図 1 1 】



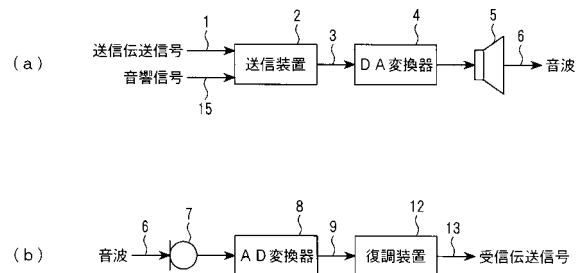
【 図 1 2 】



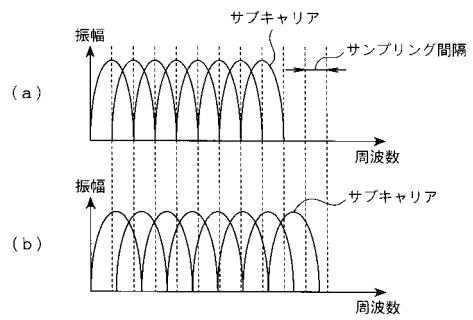
【 図 1 5 】



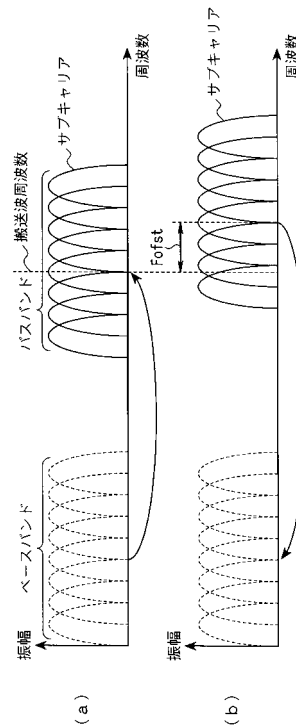
【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



【 図 1 6 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5K022 DD01 DD13 DD18 DD19 DD33 DD43