

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5296581号  
(P5296581)

(45) 発行日 平成25年9月25日(2013.9.25)

(24) 登録日 平成25年6月21日(2013.6.21)

(51) Int.Cl.

**H04B 3/54** (2006.01)  
**H04J 11/00** (2006.01)

F 1

H04B 3/54  
H04J 11/00

Z

請求項の数 3 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2009-68736 (P2009-68736)  
 (22) 出願日 平成21年3月19日 (2009.3.19)  
 (65) 公開番号 特開2010-226230 (P2010-226230A)  
 (43) 公開日 平成22年10月7日 (2010.10.7)  
 審査請求日 平成24年2月15日 (2012.2.15)

(73) 特許権者 305027456  
 ネツエスアイ東洋株式会社  
 神奈川県川崎市高津区坂戸3-2-1  
 (74) 代理人 100115738  
 弁理士 驚頭 光宏  
 (74) 代理人 100121681  
 弁理士 緒方 和文  
 (74) 代理人 100130982  
 弁理士 黒瀬 泰之  
 (72) 発明者 佐々木 博之  
 神奈川県横浜市中区日本大通18番地ネツエスアイ東洋株式会社内  
 (72) 発明者 前多 敏幸  
 神奈川県横浜市中区日本大通18番地ネツエスアイ東洋株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】電力線搬送通信装置及び電力線搬送通信システム

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

親機と接続する電力線にバス接続される子機のひとつとして機能する電力線搬送通信装置であって、

前記電力線に流れる信号を受信する受信部と、

前記受信部の受信信号を復調する復調部と、

制御部とを備え、

前記受信部は、

前記電力線と前記復調部との間に設置され、第1の周波数帯以外の周波数の信号を遮断する第1の信号通路と、

前記電力線と前記復調部との間に設置され、前記第1の周波数帯とは重複しない第2の周波数帯以外の周波数の信号を遮断する第2の信号通路と、

前記第1の信号通路に設けられた第1のスイッチ手段と、

前記第2の信号通路に設けられた第2のスイッチ手段とを有し、

前記制御部は、リピータ子機動作時には待ち受け時及び他の子機との通信を行う場合には前記第1のスイッチ手段をオン、前記第2のスイッチ手段をオフとし、前記親機との通信を行う場合には前記第1のスイッチ手段をオフ、前記第2のスイッチ手段をオンとすると共に、

前記復調部は、

前記第1の周波数帯のOFDM信号を復調する第1OFDM信号復調処理部と、

10

20

前記第2の周波数帯のO F D M信号を復調する第2O F D M信号復調処理部と、  
前記第1の周波数帯に属する周波数の位相変調信号を復調する位相変調信号復調処理部  
とを有し、

前記位相変調信号復調処理部を用いて、呼び出し信号の復調を行うことを特徴とする電力線搬送通信装置。

【請求項2】

前記復調部は、

前記第1O F D M信号復調処理部と前記受信部との間に設けられ、前記第1の周波数帯のO F D M信号の同期検出を行う第1O F D M信号同期検出手段と、

前記第2O F D M信号復調処理部と前記受信部との間に設けられ、前記第2の周波数帯のO F D M信号の同期検出を行う第2O F D M信号同期検出手段と、

10

前記位相変調信号復調処理部と前記受信部との間に設けられ、前記第1の周波数帯に属する周波数の位相変調信号の同期検出を行う位相変調信号同期検出手段とをさらに有し、

前記第1O F D M信号復調処理部は、前記第1O F D M信号同期検出手段により同期が検出されたことに応じて復調を開始し、

前記第2O F D M信号復調処理部は、前記第2O F D M信号同期検出手段により同期が検出されたことに応じて復調を開始し、

前記位相変調信号復調処理部は、前記位相変調信号同期検出手段により同期が検出されたことに応じて復調を開始することを特徴とする請求項1に記載の電力線搬送通信装置。

【請求項3】

20

親機と、前記親機に接続する電力線とを備え、前記電力線にはそれぞれリピータ機能を内蔵する複数の子機がバス接続され、

リピータ子機とその配下の子機との子機同士の通信は、第1の周波数帯を用いる第1のO F D M通信により行い、前記親機と直接通信子機及び前記リピータ子機との直接通信は、前記第1の周波数帯とは重複しない第2の周波数帯を用いる第2のO F D M通信により行う電力線搬送通信システムであって、

前記親機がリピータ子機を呼び出す際の呼び出し信号は前記第1の周波数帯に属する周波数を用いる位相変調通信によって送信されることを特徴とする電力線搬送通信システム。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は電力線搬送通信装置及び電力線搬送通信システムに関し、特に親機と複数の子機との間で電力線搬送通信を行う電力線搬送通信システム及び該電力線搬送通信システムにおいてリピータとして用いられる電力線搬送通信装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、電力線に10k H z以上の高周波電流を重畳して通信を行う電力線搬送通信(P L C, Power Line Communications)が注目されている。以前は、電力線搬送通信の周波数帯域としては10k H z~450k H zの帯域(以下、低周波数帯域という。)のみが認められていたが、2006年10月の電波法令改正により、屋内限定ではあるものの2M H z~30M H zのより高帯域を用いることが認められた。これに伴い、数十~数百M b p sの高速通信が可能になったことから、特に家庭内やオフィス内の利用に注目が集まっている。

40

【0003】

しかし、従来通りの低周波数帯域を用いる電力線搬送通信システムも引き続き多用されている。具体的には、集合住宅内の各戸の電気メータの検針(データ収集)や遠隔地からの機器制御に用いる例が挙げられる。

【0004】

ここで、低周波数帯域を用いる電力線搬送通信装置における法制度について、簡単に説

50

明しておく。

#### 【0005】

電波法では低周波数帯域を用いる電力線搬送通信装置を高周波利用設備として分類し、電波法施行規則は、高周波利用設備を免許不要で利用が可能となる型式制度を規定している。その中で一般用途として使える区分は「特別搬送式デジタル伝送装置」であり、型式指定のための具体的な条件が変調方式ごとに表1のように規定されている（施規第46条の2第四号。一部の条件のみ抜粋。）。

#### 【表1】

| 搬送波変調方式                    | 搬送波周波数<br>(拡散範囲) | 搬送波出力        | 自動再送信<br>回数 |
|----------------------------|------------------|--------------|-------------|
| スペクトル拡散方式以外の変調方式<br>位相変調方式 | 10k～450kHz       | 100mW以下      | 7回          |
|                            | 115k/132kHz      | 350mW以下      |             |
| スペクトル拡散方式                  | 200k～450kHz      | 10mW/10kHz以下 |             |
|                            | 10k～200kHz       | 30mW/10kHz以下 |             |

#### 【0006】

この低周波数帯域にて使われる変調方式として、以下の説明例示では、10kHz～450kHzを用いる「スペクトル拡散方式以外の変調方式」としてのOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 直交波周波数分割多重)変調方式と、115kHz又は132kHzを用いる位相変調方式（位相振幅変調方式を含む。）とする。以下、特に断らない限り、OFDM変調方式と言えば前者を指し、位相変調方式と言えば後者を指すことにする。

#### 【0007】

OFDM変調方式は、10kHz～450kHzの帯域をフルに用い、かつサブキャリアごとの適応変調を行えるので、比較的高速かつ信頼性の高い通信を実現できるという利点を有する。そのため、低周波数帯域の電力線搬送通信システムでは通常、OFDM変調方式による通信（以下、OFDM通信という。）が用いられる。一方で、現行の電波法施行規則では全サブキャリアの合計出力値が100mW以下に制限されるため、OFDM通信はノイズが多い環境下での通信や遠方との通信には不利である。

#### 【0008】

位相変調方式は、OFDM変調方式に比べると低速な通信しかできないが、350mWの出力を出せるので、ノイズが多い環境下での通信や遠方との通信に有効である。

#### 【0009】

低周波数帯域を用いる電力線搬送通信システムの具体的な例を挙げる。図15(a)は、3階建てで各階に7つずつの部屋を有する集合住宅Aにおいて、各戸のメータ検針を行うための電力線搬送通信システムを示している。同図に示すように、このシステムは、1階（例えば分電盤付近）に設置された親機D0と、それぞれ親機D0に接続する階ごとの電力線B1～B3とを備え、各電力線B1～B3には、各戸ごとの子機D11～D37がバス接続されている。

#### 【0010】

図15(b)は、図15(a)に示した電力線搬送通信システムのネットワークトポロジを示している。同図に示すように、この電力線搬送通信システムでは、論理的には親機D0と各子機D11～D37とが直接接続されており、相互にOFDM通信による直接通信を行う。

#### 【0011】

図16は、親機D0と各子機D11～D37との通信ステップを示す模式図である。同図に示すように、親機D0は各子機D11～D37から直接検針データを受信し、その総通信ステップ数は42ステップとなる。

10

20

30

40

50

**【0012】**

なお、特許文献1には、電力線搬送通信装置間にリピータ（注：特許文献1では「レピータ」と称している。）を挿入することにより、電力線搬送通信システムの通信距離を延ばす技術が開示されている。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0013】**

**【特許文献1】特開2003-229793号公報**

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】**

10

**【0014】**

ところで、図15（b）及び図16では、図15（a）に示した電力線搬送通信システムにおいて親機と各子機とがOFDM通信により直接通信を行う例を示したが、実際にはこのような直接通信ができない場合もある。例えば、親機と子機との距離が離れ過ぎている場合、親機と子機とがOFDM通信によって直接通信を行うことは困難である。

**【0015】**

そこで、図17（a）に示すように、各電力線B1～B3上にリピータR1～R3を設置し、OFDM通信では親機D0と直接通信することができない子機については、リピータR1～R3を介して親機とOFDM通信するようにすることが考えられる。しかしながら、このようにリピータR1～R3を用いることとすると、総通信ステップ数が増大してしまうという問題が発生する。以下、詳しく説明する。

20

**【0016】**

図17（b）は、図17（a）に示した電力線搬送通信システムのネットワークトポロジの例を示している。同図に示すように、この電力線搬送通信システムでは、論理的に親機D0と直接接続しているのは子機D11～D14, D21～D23, D31～D32及びリピータR1～R3のみであり、他の子機D15～D17, D24～D27, D33～D37はリピータR1～R3を介して親機D0と接続されている。

**【0017】**

図18は、親機D0と各子機D11～D37との通信ステップを示す模式図である。同図に示すように、親機D0は子機D11～D14, D21～D23, D31～D32からは直接検針データを受信する一方、子機D15～D17, D24～D27, D33～D37からはリピータR1～R3を介して検針データを受信する。

30

**【0018】**

直接通信では、1つの子機からの検針データ受信に要する通信ステップ数は2ステップである。一方、リピータを介する場合、親機D0とリピータとの通信及びリピータと子機との通信を順次行うことになるため、1つの子機からの検針データ受信に要する通信ステップ数は4ステップである。したがって、この場合の総通信ステップ数は、図18に示すように66ステップとなり、リピータを用いない場合（42ステップ）の1.5倍を超える通信ステップが必要となる。

**【0019】**

40

そこで最近、低周波数帯域を第1及び第2の周波数帯に分け、親機と子機及びリピータとの直接通信には第1の周波数帯を用い、リピータと子機との通信には第2の周波数帯を用いるようにすることで、総通信ステップ数を低減する技術が提案されている。この技術では、リピータが子機とOFDM通信している間、親機は他の子機とOFDM通信することができるるので、総通信ステップ数が低減される。

**【0020】**

しかしながら、上記のようにすると、リピータには第1の周波数帯用の第1のOFDMモデムと第2の周波数帯用の第2のOFDMモデムという2つのOFDMモデムを搭載する必要が生ずる。このことは、経済的な観点から見て好ましくない。

**【0021】**

50

また、親機又は子機が通信を開始しようとする際に送信する呼び出し信号も、第1及び第2の周波数帯に分かれて送信されることになる。したがって、リピータでは第1及び第2の周波数帯の両方を受信可能にしておく必要があることになるが、そうするとリピータが呼び出し信号を復調する際、呼び出し信号の属する周波数帯でない方の周波数帯で受信される信号が干渉ノイズとなり、復調精度に影響を及ぼしてしまうという問題がある。

#### 【0022】

したがって、本発明の目的の一つは、1つのOFDMモデムにより、第1及び第2の周波数帯の一方の信号を用いる他の子機とのOFDM通信と、第1及び第2の周波数帯の他方の信号を用いる親機とのOFDM通信との両方を行える電力線搬送通信装置を提供することにある。

10

#### 【0023】

また、本発明の目的の他の一つは、リピータの呼び出し信号の復調精度を向上できる電力線搬送通信装置及び電力線搬送通信システムを提供することにある。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0024】

上記目的を達成するための本発明による電力線搬送通信装置は、親機と接続する電力線にバス接続される子機のひとつとして機能する電力線搬送通信装置であって、前記電力線に流れる信号を受信する受信部と、前記受信部の受信信号を復調する復調部と、制御部とを備え、前記受信部は、前記電力線と前記復調部との間に設置され、第1の周波数帯以外の周波数の信号を遮断する第1の信号通路と、前記電力線と前記復調部との間に設置され、前記第1の周波数帯とは重複しない第2の周波数帯以外の周波数の信号を遮断する第2の信号通路と、前記第1の信号通路に設けられた第1のスイッチ手段と、前記第2の信号通路に設けられた第2のスイッチ手段とを有し、前記制御部は、待ち受け時及び他の子機との通信を行う場合には前記第1のスイッチ手段をオン、前記第2のスイッチ手段をオフとし、前記親機との通信を行う場合には前記第1のスイッチ手段をオフ、前記第2のスイッチ手段をオンとすることを特徴とする。

20

#### 【0025】

本発明によれば、受信部と復調部とにより構成されるOFDMモデムが1つだけであっても、第1の周波数帯の信号を用いる配下の子機との通信と、第2の周波数帯の信号を用いる親機とのOFDM通信との両方を行える。また、待ち受け時には第1の周波数帯の信号のみが復調部に入力されるので、干渉ノイズが低減され、呼び出し信号の復調精度が向上する。

30

#### 【0026】

上記電力線搬送通信装置において、前記復調部は、前記第1の周波数帯のOFDM信号を復調する第1OFDM信号復調処理部と、前記第2の周波数帯のOFDM信号を復調する第2OFDM信号復調処理部と、前記第1の周波数帯に属する周波数の位相変調信号を復調する位相変調信号復調処理部とを有し、前記位相変調信号復調処理部又は前記第1OFDM信号復調処理部を用いて、呼び出し信号の復調を行うこととしてもよい。

#### 【0027】

これによれば、第1の周波数帯のOFDM信号及び第1の周波数帯に属する周波数の位相変調信号のいずれによっても呼び出し信号を生成することが可能になる。したがって、親機及び配下の子機からリピータとして動作する子機（以下、リピータ子機とする）に対する呼び出し信号を第1の周波数帯の信号に統一することが可能になる。つまり、親機は第1の周波数帯に属する周波数の位相変調信号により呼び出し信号を送信し、配下の子機は第1の周波数帯のOFDM信号により呼び出し信号を送信することができる、リピータ子機の呼び出し信号の復調精度が向上する。

40

#### 【0028】

また、上記各電力線搬送通信装置において、前記復調部は、前記第1OFDM信号復調処理部と前記受信部との間に設けられ、前記第1の周波数帯のOFDM信号の同期検出を行う第1OFDM信号同期検出手段と、前記第2OFDM信号復調処理部と前記受信部と

50

の間に設けられ、前記第2の周波数帯のO F D M信号の同期検出を行う第2 O F D M信号同期検出手手段と、前記位相変調信号復調処理部と前記受信部との間に設けられ、前記第1の周波数帯に属する周波数の位相変調信号の同期検出を行う位相変調信号同期検出手手段とをさらに有し、前記第1 O F D M信号復調処理部は、前記第1 O F D M信号同期検出手手段により同期が検出されたことに応じて復調を開始し、前記第2 O F D M信号復調処理部は、前記第2 O F D M信号同期検出手手段により同期が検出されたことに応じて復調を開始し、前記位相変調信号復調処理部は、前記位相変調信号同期検出手手段により同期が検出されたことに応じて復調を開始することとしてもよい。これによれば、各変調方式での復調を適切に行えるようになる。

## 【0029】

10

また、本発明による電力線搬送通信システムは、親機と、前記親機に接続する電力線とを備え、前記電力線にはそれぞれリピータ機能を内蔵する複数の子機がバス接続され、リピータ子機と該リピータ子機の配下の子機同士の通信は、第1の周波数帯を用いる第1のO F D M通信により行い、前記親機と直接通信子機及びリピータ子機との直接通信は、前記第1の周波数帯とは重複しない第2の周波数帯を用いる第2のO F D M通信により行う電力線搬送通信システムであって、前記親機がリピータ子機を呼び出す際の呼び出し信号は前記第1の周波数帯に属する周波数を用いる位相変調通信によって送信され、前記リピータ子機がその配下の子機を呼び出す際の呼び出し信号は前記第1のO F D M通信によって送信されることを特徴とする。

## 【0030】

20

これによれば、親機は位相変調通信により呼び出し信号を送信するので、表1に示すように350mWの高出力で呼び出し信号を送信することが可能になる。また、リピータとして機能する子機は第1の周波数帯のみで呼び出し信号を待ち受けばよくなるので、干渉ノイズとなる第2の周波数帯で信号を待ち受ける必要がなくなる。以上により、リピータの呼び出し信号の復調精度が向上する。

## 【発明の効果】

## 【0031】

本発明によれば、電力線搬送通信装置は、1つのO F D Mモデムにより、第1の周波数帯の信号を用いる待ち受け時及びリピータ子機とその配下の子機との通信と、第2の周波数帯の信号を用いる親機と直接通信子機及びリピータ子機とのO F D M通信との両方を行える。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0032】

【図1】(a)は、本発明の実施の形態による電力線搬送通信システムのシステム構成を示す図である。(b)は、(a)に示した電力線搬送通信システムのネットワークトポロジを示す図である。

【図2】本発明の実施の形態による第1及び第2の周波数帯の説明図である。

【図3】(a)～(d)は、本発明の実施の形態によるO F D M信号の周波数スペクトラムイメージを示す図である。

【図4】本発明の実施の形態による電力線搬送通信システム内の各子機と親機との通信状態を示す図である。

40

【図5】(a)は、本発明の実施の形態による親機の機能ブロックを示す図である。(b)は、本発明の実施の形態による子機の機能ブロックを示す図である。

【図6】本発明の実施の形態による子機が備えるモデムの機能ブロックを示す図である。

【図7】(a)～(f)は、本発明の実施の形態による親機と各子機との間若しくは子機間で送受信される信号のフォーマットを示す図である。

【図8】本発明の実施の形態による親機と各子機との間及び子機間での通信ステップを示す模式図である。

【図9】本発明の実施の形態による子機のモデム内に備えられる復調部の内部構成を示す図である。

50

【図10】本発明の実施の形態による子機のモデム内に備えられる受信部の内部構成を示す図である。

【図11】(a)は、本発明の実施の形態による親機と子機の間及び子機間で行われる通信のシーケンスを示す図である。(b)は、(a)に示す各信号の周波数帯と、リピータ子機の受信部の通信モード設定とを示している。

【図12】本発明の実施の形態による親機の処理手順を示す図である。

【図13】本発明の実施の形態による通信品質確認用の信号のフォーマットを示す図である。

【図14】本発明の実施の形態による通信品質確認用の信号の周波数の時間変化を示す図である。

【図15】(a)は、本発明の背景技術による電力線搬送通信システムのシステム構成を示す図である。(b)は、(a)に示した電力線搬送通信システムのネットワークトポロジを示す図である。

【図16】図15(a)に示した電力線搬送通信システムにおける親機と各子機との通信ステップを示す模式図である。

【図17】(a)は、本発明の背景技術による電力線搬送通信システムのシステム構成を示す図である。(b)は、(a)に示した電力線搬送通信システムのネットワークトポロジを示す図である。

【図18】図17(a)に示した電力線搬送通信システムにおける親機と各子機との通信ステップを示す模式図である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0033】

以下、添付図面を参照しながら、本発明の好ましい実施の形態について詳細に説明する。

##### 【0034】

図1(a)は、本実施の形態による電力線搬送通信システム1のシステム構成を示す図である。同図に示すように、電力線搬送通信システム1は、親機C0と、それぞれ親機C0に接続する電力線B1～B3とを備え、各電力線B1～B3には、それぞれリピータ機能を内蔵する子機C11～C37がバス接続されている。親機C0及び各子機C11～C37はいずれも電力線搬送通信装置であり、相互に、上述したOFDM通信又は位相変調通信による電力線搬送通信を行う。そして、図示しない端末装置(パソコン、電気メータなど)と接続されて端末装置間での通信を実現する。

##### 【0035】

電力線B1～B3は親機C0の近辺に設けられた接続点N(例えば分電盤)で互いに接続されており、一の電力線に流れる信号は、他の電力線にも流れる。したがって、電力線B1～B3に、同一周波数の信号を互いに独立して同時に流すことは原則としてできないが、接続点Nとの距離がある程度以上離れている子機が送信した信号は、接続点Nに到達する前に減衰してしまうため他の電力線に流れこむことはない。したがって、このような信号に限れば、電力線B1～B3に、同一周波数の信号を互いに独立して同時に流すことが可能である。

##### 【0036】

この電力線搬送通信システム1は、具体的には、例えば図15に示した背景技術の例と同様、3階建てで各階に7つずつの部屋を有する集合住宅Aに設置され、各戸のメータ検針を行うために用いられる。以下の説明では、親機C0に接続される端末装置はパソコンであり、各子機に接続される端末装置は電気メータであるとし、パソコンから各電気メータの検針データの取得を行う例を取り上げる。なお、本発明が電気メータの検針データを取得する電力線搬送通信システムに限定されないのはもちろんである。

##### 【0037】

ここで、親機C0及び各子機C11～C37の詳細について説明するに先立ち、低周波数帯域を分割してなる第1及び第2の周波数帯について説明しておく。

10

20

30

40

50

**【0038】**

電力線搬送通信システム1では、O F D M通信を行う際、低周波数帯域(10kH z ~ 450kH z)を第1の周波数帯F<sub>1</sub>と第2の周波数帯F<sub>2</sub>に分割して用いる。すなわち、親機C0及び各子機C11~C37は、いずれか一方の周波数帯に属するサブキャリアのみを用いて、O F D M信号(O F D M変調方式によって変調された搬送波信号)を生成する。

**【0039】**

図2は、第1及び第2の周波数帯の説明図である。同図に示すように、第1の周波数帯F<sub>1</sub>は10kH z ~ 220kH zの周波数帯域であり、第2の周波数帯F<sub>2</sub>は240kH z ~ 450kH zの周波数帯域である。低周波数帯域は10kH z ~ 450kH zであるので、第1の周波数帯F<sub>1</sub>は概ね低周波数帯域の下半分を占め、第2の周波数帯F<sub>2</sub>は概ね上半分を占めていることになる。

10

**【0040】**

図3の各図は、O F D M信号の周波数スペクトラムイメージを示している。図3(a)は低周波数帯域全体を用いてO F D M通信を行う場合のO F D M信号の周波数スペクトラムイメージであり、同図に示すように、この場合のO F D M信号のサブキャリアは10kH z ~ 450kH zの低周波数帯域の全域にわたって存在する。図3(b)は第1の周波数帯F<sub>1</sub>のみを用いるO F D M通信(以下、第1のO F D M通信という。)を行う場合のO F D M信号の周波数スペクトラムイメージであり、同図に示すように、この場合のO F D M信号のサブキャリアは10kH z ~ 220kH zの範囲のみに存在する。図3(c)は第2の周波数帯F<sub>2</sub>のみを用いるO F D M通信(以下、第2のO F D M通信という。)を行う場合のO F D M信号の周波数スペクトラムイメージであり、同図に示すように、この場合のO F D M信号のサブキャリアは240kH z ~ 450kH zの範囲のみに存在する。図3(d)は第1のO F D M通信によるO F D M信号と第2のO F D M通信によるO F D M信号とが混在している状態を示しており、この場合のO F D M信号のサブキャリアは、220kH z ~ 240kH zの範囲を除き、低周波数帯域の全域にわたって存在する。

20

**【0041】**

ここで、以下の説明の前提を説明しておく。以下では、電力線搬送通信システム1内の各子機と親機C0との通信状態は、図4に示す通りであると仮定する。すなわち、図4に示すように、親機C0は、子機C11~C14、C21~C23、C31~C32との間で、O F D M信号と位相変調信号(位相変調方式により変調された搬送波信号)の両方を送受信できる。また、子機C15~C17、C24~C26、C33~C35との間では、O F D M信号は送受信できないが、位相変調信号の送受信はできる。他の子機C27、C36~C37との間では、O F D M信号・位相変調信号ともに送受信できないものとする。

30

**【0042】**

図1(b)は、電力線搬送通信システム1のネットワークトポロジを示す図である。同図に示すように、本実施の形態では、同図に示すように、本実施の形態では、論理的に親機C0と直接接続しているのは子機C11~C14、C21~C23、C31~C32(以下、直接通信子機と総称する。)のみである。このうち、子機C14、C23、C32はリピータ(以下、リピータ子機と総称する。)として用い、各電力線上で親機C0との距離がリピータ子機よりも離れている子機C15~C17、C24~C27、C33~C37(以下、リピータ経由通信子機と総称する。)は、リピータとしての子機C14、C23、C32を介して、親機C0と接続されている。

40

**【0043】**

このようなネットワークトポロジを採用しているのは、図4に示したように、リピータ経由通信子機は、距離が離れ過ぎていて親機C0とO F D M通信による直接通信ができないためである。具体的に各子機を直接通信子機、リピータ経由通信子機のいずれとするか、またどの子機をリピータ子機として用いるかについては、親機C0の処理によってシス

50

テム立ち上げ時に自動決定される。この処理の詳細については、後にまとめて説明する。

#### 【0044】

さて、図5(a)は、親機C0の機能ブロックを示す図である。同図に示すように、親機C0は、それぞれ電力線に接続するモデム11及び同期信号生成器12と、制御部13と、バッファ14と、端末装置としてのパソコンに接続するインターフェース15とを有している。

#### 【0045】

モデム11は、上記第2のOFDM通信を行うとともに、第1の周波数帯F<sub>1</sub>に属する周波数(具体的には115kHz又は132kHz)を用いて位相変調通信を行うモデルである。指示データ及び検針データの送受信にはOFDM通信を用い、リピータ子機への呼び出し信号の送信には位相変調通信を用いる。具体的には、制御部13の指示に従い、バッファ14に記憶されるデータ又はインターフェース15を介してパソコンから入力されるデータに基づいて第1の周波数帯F<sub>1</sub>の搬送波周波数で位相変調し、変調方式に応じた既知の同期信号を含む所定のプリアンブルを附加した上で電力線に送出する。また、モデム11が附加する同期信号は、搬送波信号の変調にOFDM変調方式を用いる場合には、搬送波信号と同じ周波数帯に属するサブキャリアのみによって構成される広帯域信号である。一方、搬送波信号の変調に位相変調方式を用いる場合には、搬送波信号と同じ周波数の單一周波数信号である。電力線を流れる第1の周波数帯F<sub>1</sub>の位相変調搬送波信号を受信して復調し、得られたデータを、制御部13の指示に従ってバッファ14又はインターフェース15に出力する。10

#### 【0046】

なお、OFDM信号は各サブキャリアの出力の合計が100mWとなるように出力調整されて送出される。一方、位相変調信号は350mWの出力で送出される。このような出力としているのは、上掲の表1に示した法規制に従うためである。

#### 【0047】

他に、モデム11は、信号を送信する際、CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)方式を用いるよう構成されている。すなわち、モデム11は、送信を開始する前に一度受信を試み(キャリアセンス)、他の装置の送信信号が検知されなければ、送信データの送信を行う。他の装置の送信信号が検知された場合には、その送信信号の送信終了を監視し、送信終了が検知された場合に所定時間待機してから送信データの送信を行う。なお、この所定時間は待機回数の増加に応じて短くなるよう決定される。通信開始時のネゴシエーションは行われない。30

#### 【0048】

同期信号生成器12は、電力線を流れる信号に既知の同期信号が含まれているか否かを監視する。含まれていることが検出された場合、その同期信号を用いて同期を確立し、同期を確立したことを示す情報を制御部13に通知する。この通知を受けた制御部13は、モデム11に復調処理を開始させる。

#### 【0049】

制御部13は、ここまでに挙げた処理の他、親機C0の各部を制御する処理を行う。また、制御部13は、パソコンからの指示に従って検針データの送信を指示するための指示データを生成し、モデム11を用いて各子機に向けて送信するとともに、指示データに応じて各子機から返送してきた検針データをモデム11を介して受信する。40

#### 【0050】

なお、親機C0が指示データを送信する順序は、予めプログラミングされる。このプログラミングの詳細については後述する。また、制御部13は機能的に、判定部16(判定手段)、選択部17(選択手段)、切替部18(切替手段)を含んでいるが、これらの処理についても後述する。

#### 【0051】

バッファ14は、制御部13の指示に従い、モデム11から入力されるデータを記憶す50

る記憶手段である。インターフェース 15 はパソコンとの間でデータの入出力を行う。

#### 【0052】

図 5 ( b ) は、子機 C11 ~ C37 の機能ブロックを示す図である。なお、本実施の形態では、いずれの子機も同様の機能ブロックを有している。図 5 ( b ) に示すように、子機 C11 ~ C37 は、それぞれ電力線に接続するモデム 21 及び同期信号生成器 23 と、制御部 24 と、バッファ 25 と、端末装置としての電気メータに接続するインターフェース 26 とを有している。

#### 【0053】

モデム 21 は、上記第 1 及び第 2 の O F D M 通信を行うとともに、第 1 の周波数帯  $F_1$  に属する周波数（具体的には 115 kHz 又は 132 kHz）を用いて位相変調通信を行う機能を備えたモデムである。リピータ子機の場合、親機 C0 からの呼び出し信号の受信の際には位相変調通信を行い、リピータ子機配下の子機からの信号を受信する際には第 1 の O F D M 通信を用いる。また、親機 C0 とリピータ子機もしくは直接通信子機の間で指示データ及び検針データを送受信する際には第 2 の O F D M 通信を用い、リピータ子機と配下の子機との間で指示データ及び検針データを送受信する際には第 1 の O F D M 通信を用いる。

10

#### 【0054】

モデム 21 の基本的な機能は、第 1 の周波数帯  $F_1$  も用いる点を除き、上述したモデム 11 の機能と同様である。すなわち、モデム 21 は、制御部 24 の指示に従い、バッファ 25 に記憶されるデータ又はインターフェース 26 を介して図示しない端末装置から入力されるデータに基づいて第 1 の周波数帯  $F_1$  又は第 2 の周波数帯  $F_2$  の搬送波信号を変調し、変調方式に応じた既知の同期信号を含む所定のブリアンブルを附加した上で電力線に送出する。また、電力線を流れる第 1 の周波数帯  $F_1$  又は第 2 の周波数帯  $F_2$  の変調搬送波信号を受信して復調し、得られたデータを、制御部 24 の指示に従ってバッファ 25 又はインターフェース 26 に出力する。なお、信号の送信には C S M A / C A 方式を用いる。

20

#### 【0055】

モデム 21 が付加する同期信号は、搬送波信号の変調に O F D M 変調方式を用いる場合には、搬送波信号と同じ周波数帯に属するサブキャリアのみによって構成される広帯域信号である。一方、搬送波信号の変調に位相変調方式を用いる場合には、搬送波信号と同じ周波数の單一周波数信号である。

30

#### 【0056】

モデム 21 について、より詳細に説明する。図 6 は、モデム 21 の機能ブロックを示す図である。同図に示すように、モデム 21 は、制御部 31 、インターフェース (I/F) 32 、通信部 33 、変調部 34 、送信部 35 、マルチプレクサ 36 、受信部 37 、復調部 38 の各機能部を有している。

#### 【0057】

制御部 31 は、制御部 24 から信号の送信先情報を含む各種の情報を取得し、取得した情報に基づいてモデム 21 の各部を制御する。

#### 【0058】

インターフェース 32 は、制御部 24 やバッファ 25 などの上位装置とのインターフェースであり、上位装置から上位レイヤデータを受け取り、通信部 33 に出力する。また、通信部 33 から上位レイヤデータの入力を受け、上位装置に出力する。通信部 33 はヘッダを含む送受信信号の処理を行う機能部であり、例えば D S P (Digital Signal Processor) によって構成される。具体的な処理としては、インターフェース 32 から送信すべき上位レイヤデータの供給を受け、パイルオフデータや宛先 M A C アドレスなどを含むヘッダと誤り訂正のための冗長データとを付加し、送信データとして変調部 34 に送出する。また、復調部 38 からヘッダと上位レイヤデータとを含む受信データの入力を受け、その中のヘッダに応じた処理及び誤り訂正処理を行うとともに、上位レイヤデータのインターフェース 32 への出力を行う。

40

#### 【0059】

50

なお、ヘッダに応じた処理には、受信データに対する所定の応答データ(Acknowledge)を、上記送信データのひとつとして送信する処理が含まれる。すなわち、通信部33は、他の電力線搬送通信装置から信号を受信したら、その都度応答データを返送するよう構成されている。なお、応答データを含む信号を応答信号という。したがって、通信部33は、応答データ以外の送信データを送信したにも関わらず送信してから所定時間内に応答データを受信しない場合には、正常に受信されなかったものとして、送信データの再送を行う。

#### 【0060】

変調部34は、制御部31の指示に従い、O F D M変調方式並びに位相変調方式の中から一の変調方式を選択する。そして、選択した一の変調方式を用い、送信データに基づいて搬送波信号を変調し、変調方式に応じた既知の同期信号を含む所定のブリアンブルを付加するとともに、表1に示した電波法施行規則の規定(搬送波出力)に則り変調処理に用いた通信方式に応じて信号の振幅を制御した後、送信部35に出力する。10

#### 【0061】

ここで、制御部31は、送信信号の送信先及び内容に応じて、変調部34が用いる変調方式及び周波数(サブキャリア)を制御する。すなわち、リピータ子機で送信信号の送信先が親機C0であり、かつ送信信号が呼び出し信号又はその応答信号である場合には、115kHz又は132kHzの単一サブキャリアを用いて位相変調を行うよう変調部34を制御する。また、送信信号の送信先が親機C0であり、かつ送信信号が指示データや検針データを含む信号である場合には、第2の周波数帯F<sub>2</sub>に属するサブキャリアのみを用いてO F D M変調を行うよう変調部34を制御する。また、リピータ子機と配下の子機間では、送信信号の内容にかかわらず、第1の周波数帯F<sub>1</sub>に属するサブキャリアのみを用いてO F D M変調を行うよう変調部34を制御する。20

#### 【0062】

送信部35は、変調部34から入力された信号を電力線に送出可能な信号に変換してから、電力線に送出する機能を有する。具体的には、変調部34から入力されるデジタル信号をアナログ信号に変換するとともに、バンドパスフィルタを用いて不要な周波数帯成分を取り除き、さらに所定の増幅率で増幅して、マルチプレクサ36を介して電力線に送出する。

#### 【0063】

受信部37は、電力線に到来した信号を受信してデジタル信号に変換し、復調部38に出力する機能を有する。具体的には、マルチプレクサ36を介して受信された信号を所定の増幅率で増幅した後、サンプリングしてデジタル信号に変換し、復調部38に出力する。30

#### 【0064】

加えて、受信部37は、2つの通信モードを切り替えながら、復調部38への信号出力をを行う機能を有する。2つの通信モードは、受信信号のうち第1の周波数帯F<sub>1</sub>以外の周波数の信号を遮断するF<sub>1</sub>モード、受信信号のうち第2の周波数帯F<sub>2</sub>以外の信号を遮断するF<sub>2</sub>モードの2つである。各通信モードのさらなる詳細については後述することにする。40

#### 【0065】

復調部38は、受信部37から入力されるデジタル信号を、O F D M変調方式及び位相変調方式を用いて復調する機能を有する。復調部38は、復調によって得た信号を通信部33に出力する。復調部38の詳細についても後述することにする。

#### 【0066】

図5(b)に戻る。同期信号生成器23の機能は、上述した同期信号生成器12の機能と同様である。なお、同期信号生成器23から同期を確立したことを示す情報の通知を受けた制御部24は、モジュール21に復調処理を開始させる。

#### 【0067】

制御部24は、ここまでに挙げた処理の他、子機の各部を制御する処理を行う。また、50

制御部 24 は、親機 C0 又はリピータ子機から自機宛の上記指示データ（検針データを送信するよう指示するための指示データ）が受信された場合、インターフェース 26 を介して電気メータにアクセスして検針データを取得し、取得した検針データを、指示データを受信したモデムを用いて返送する。

#### 【0068】

さらに、制御部 24 は、自機を、親機 C0 と他の子機との間の通信を中継するリピータとして機能させるか否かを記憶している。リピータとして機能させる場合には、さらに配下の子機を示す情報も記憶しており、親機 C0 から配下の子機宛の上記指示データが受信された場合、宛先の子機に対して指示データを転送する。そして、この転送に応じて配下の子機から返送してきた検針データを、親機 C0 に転送する。

10

#### 【0069】

バッファ 25 は、制御部 24 の指示に従い、モデム 21 から入力されるデータを記憶する記憶手段である。インターフェース 26 は電気メータとの間でデータの入出力を行う。

#### 【0070】

次に、親機 C0 と子機 C11 ~ C37 の間で行われる指示データ及び検針データの送受信について、詳しく説明する。

#### 【0071】

図 1 (a) (b) に示すように、親機 C0 と各直接通信子機との通信には、第 2 の周波数帯 F<sub>2</sub> を用いる。つまり、各直接通信子機は、第 2 の OFDM 通信により、親機 C0 と指示データ及び検針データの送受信を行う。一方、リピータ子機とリピータ経由通信子機との通信には、第 1 の周波数帯 F<sub>1</sub> を用いる。つまり、これらの子機は、第 1 の OFDM 通信により、相互に指示データ及び検針データの送受信を行う。

20

#### 【0072】

図 7 の各図は、親機 C0 と各子機との間若しくは子機間で送受信される信号のフォーマットを示す図である。なお、これらの図に示しているのはネットワークレイヤより上位のレイヤに係る部分のみであって、同期信号など、ネットワークレイヤより低いレイヤに係る部分については示していない。以下、これらの図を参照しながら、親機 C0 と各子機との間及び子機間での信号の送受信について説明する。

#### 【0073】

まず、図 7 (a) は、親機 C0 が直接通信子機（リピータ子機を除く）に指示データを送信する際に用いる信号のフォーマットである。パソコンから検針データ取得の指示を受けた親機 C0 は、指示データと、宛先アドレスとしての直接通信子機のアドレスと、送信元としての自機のアドレスとを含む信号を生成し、第 2 の OFDM 通信により電力線 B1 ~ B3 上に送出する。各子機は電力線上を流れる信号のヘッダを監視しており、自機のアドレスが付加された信号が流れてきた場合に、その信号を受信する。

30

#### 【0074】

図 7 (b) は、直接通信子機（リピータ子機を除く）が親機 C0 に検針データを送信する際に用いる信号のフォーマットである。図 7 (a) の信号を受信した各直接通信子機は、まず電気メータから検針データを取得する。そして、検針データと、宛先アドレスとしての親機 C0 のアドレスと、送信元としての自機のアドレスとを含む信号を生成し、第 2 の OFDM 通信により電力線上に送出する。親機 C0 は電力線 B1 ~ B3 上を流れる信号のヘッダを監視しており、自機のアドレスが付加された信号が流れてきた場合に、その信号を受信する。以上の処理により、直接通信子機（リピータ子機を除く）からの検針データの取得が完了する。

40

#### 【0075】

次に、図 7 (c) は、親機 C0 がリピータ子機及びリピータ経由通信子機に指示データを送信する際に用いる信号のフォーマットである。親機 C0 は、指示データと、宛先アドレスとしてのリピータ子機のアドレスと、送信元としての自機のアドレスとを含む信号を生成し、第 2 の OFDM 通信により電力線 B1 ~ B3 上に送出する。

#### 【0076】

50

図7(d)は、リピータ子機が配下のリピータ経由通信子機に指示データを転送する際に用いる信号のフォーマットである。リピータ子機は、親機C0から受信した信号の宛先アドレス及び送信元アドレスを、それぞれリピータ経由通信子機のアドレス及び自機のアドレスで書き換え、第1のOFDM通信により電力線上に送出する。

#### 【0077】

図7(e)は、リピータ経由通信子機がリピータ子機に検針データを送信する際に用いる信号のフォーマットである。図7(d)の信号を受信した各リピータ経由通信子機は、まず電気メータから検針データを取得する。また、受信した信号の送信元アドレスから、検針データの宛先アドレス(すなわち、リピータ子機のアドレス)を取得する。そして、検針データと、宛先アドレスとしてのリピータ子機のアドレスと、送信元としての自機のアドレスとを含む信号を生成し、第1のOFDM通信により電力線上に送出する。  
10

#### 【0078】

図7(f)は、リピータ子機が親機C0に検針データを送信する際に用いる信号のフォーマットである。図7(c)の信号を受信したリピータ子機は、自機に接続されている電気メータから検針データを取得し、バッファ25(図5(b))に蓄積する。また、図7(e)に示した信号により、配下のリピータ経由通信子機からも検針データを取得し、バッファ25(図5(b))に蓄積する。そして、リピータ子機は、すべての検針データの取得が完了したら、蓄積された検針データと、宛先アドレスとしての親機C0のアドレスと、送信元としての自機のアドレスとを含む信号を生成し、第2のOFDM通信により電力線上に送出する。親機C0は、この信号を受信することにより、リピータ子機及びリピータ経由通信子機からの検針データの取得を完了する。  
20

#### 【0079】

以上、親機C0と各子機との間及び子機間で行われる信号の送受信について説明した。次に、この信号送受信の具体的な手順について説明する。

#### 【0080】

図8は、親機C0と各子機との間及び子機間での通信ステップを示す模式図である。同図中の矢印は信号a~fの送受信を示している。なお、信号a~fは、図7(a)~(f)に対応している。また、以下の説明で親機C0が信号を送信する順序は、子機の数などを考慮して、総通信ステップ数が最も少なくなるように予めプログラミングされたものである。  
30

#### 【0081】

まず初めに、信号の同時送受信について説明しておく。信号a~c, fの送受信には第2のOFDM通信が用いられ、信号d, eの送受信には第1のOFDM通信が用いられる事から、信号a~c, fと信号d, eとは、電力線B1~B3上で同時に送受信することができる。また、各リピータ子機及びその配下のリピータ経由通信子機の間で送受信される信号は、機器間の距離が十分に離れているため、他のリピータ子機及びその配下のリピータ経由通信子機の間で送受信される信号とは干渉しない。したがって、各リピータ子機及びその配下のリピータ経由通信子機の間での信号の送受信は、各電力線上で互いに独立して同時に行うことが可能である。親機C0における上記プログラミングは、これらを考慮して行われる。  
40

#### 【0082】

さて、図8に示すように、親機C0は、まず3つのリピータ子機C32, C23, C14を順次宛先として、信号c(指示データを含む信号)を送信する(ステップ1~3)。この送信は第2のOFDM通信により行われる。

#### 【0083】

各リピータ子機C32, C23, C14は、親機C0から信号cを受信すると直ちに、配下のリピータ経由通信子機のうちのひとつを宛先として、信号d(指示データを含む信号)を第1のOFDM通信により送信する(ステップ2~4)。信号dを受信したリピータ経由通信子機は直ちに検針データを取得し、リピータ子機に向けて信号e(検針データを含む信号)を第1のOFDM通信により返送する(ステップ3~5)。各リピータ子機  
50

C 3 2 , C 2 3 , C 1 4 は、こうして受信した信号 e に含まれる検針データをバッファ 2 5 に蓄積する。各リピータ子機 C 3 2 , C 2 3 , C 1 4 は、以上の処理を配下のリピータ経由通信子機すべてについて繰り返す（リピータ子機 C 3 2 についてはステップ 2 ~ 1 1 。リピータ子機 C 2 3 についてはステップ 3 ~ 1 0 。リピータ子機 C 1 4 についてはステップ 4 ~ 9 。）。そして、すべての配下のリピータ経由通信子機の検針データが蓄積されたら、自機の検針データも含む信号 f を生成し、親機 C 0 に向けて第 2 の O F D M 通信により送信する（ステップ 1 0 ~ 1 2 ）。

#### 【 0 0 8 4 】

本実施の形態では各リピータ子機 C 3 2 , C 2 3 , C 1 4 の配下にそれぞれ 5 つ , 4 つ , 3 つのリピータ経由通信子機があるので、親機 C 0 がリピータ子機 C 1 4 に向けて信号 c を送信したステップ 3 の 7 ステップ後であるステップ 1 0 で、まずリピータ子機 C 1 4 が信号 f を親機 C 0 に向けて第 2 の O F D M 通信により送信する。次に、ステップ 1 1 , 1 2 で、リピータ子機 C 2 3 , C 3 2 が順次、信号 f を親機 C 0 に向けて第 2 の O F D M 通信により送信する。10

#### 【 0 0 8 5 】

ステップ 4 ~ 9 でリピータ子機が上記処理を行っている間、親機 C 0 は直接通信子機 C 1 1 ~ C 1 3 との間で第 2 の O F D M 通信により信号 a , b の送受信を行い、これらの子機から検針データを取得する。また、親機 C 0 は、ステップ 1 3 以降で、残りの直接通信子機 C 2 1 , C 2 2 , C 3 1 との間で第 2 の O F D M 通信により信号 a , b の送受信を行い、これらの子機から検針データを取得する。最終的に、ステップ 1 8 が完了した時点で、すべての子機からの検針データの取得が完了する。20

#### 【 0 0 8 6 】

以上説明したように、電力線搬送通信システム 1 では、第 1 及び第 2 の周波数帯という重複しない 2 つの周波数帯を用いているので、リピータ子機がリピータ経由通信子機と O F D M 通信している間、親機は他の子機と O F D M 通信することができる。したがって、図 1 7 に示した背景技術に比べ、総通信ステップ数が低減される。

#### 【 0 0 8 7 】

ここから、リピータ子機が 1 つの O F D M モデムにより第 1 及び第 2 の O F D M 通信の両方を行えるようにするとともに、リピータ子機の呼び出し信号の復調精度を向上させるための具体的な構成について説明する。30

#### 【 0 0 8 8 】

まず、モデム 2 1 内の復調部 3 8 の内部構成について説明する。

#### 【 0 0 8 9 】

図 9 は、復調部 3 8 の内部構成を示す図である。同図に示すように、復調部 3 8 の機能は同期検出部 3 9 と復調処理部 4 0 とに分けられ、同期検出部 3 9 は、第 1 の周波数帯 F<sub>1</sub> の O F D M 信号に対応する F<sub>1</sub> 同期検出部 7 0 、第 2 の周波数帯 F<sub>2</sub> の O F D M 信号に対応する F<sub>2</sub> 同期検出部 7 1 、 1 1 5 k H z の位相変調信号に対応する 1 1 5 k H z 同期検出部 7 2 、及び 1 3 2 k H z の位相変調信号に対応する 1 3 2 k H z 同期検出部 7 3 を有して構成される。

#### 【 0 0 9 0 】

また、復調処理部 4 0 は、F<sub>1</sub> 同期検出部 7 0 に直列接続されたスイッチ 8 0 及び F<sub>1</sub> 復調処理部 8 1 （第 1 O F D M 信号復調部）と、F<sub>2</sub> 同期検出部 7 1 に直列接続されたスイッチ 8 2 及び F<sub>2</sub> 復調処理部 8 3 （第 2 O F D M 信号復調部）と、1 1 5 k H z 同期検出部 7 2 に直列接続されたスイッチ 8 4 及び 1 1 5 k H z 復調処理部 8 5 （位相変調信号復調部）と、1 3 2 k H z 同期検出部 7 3 に直列接続されたスイッチ 8 6 及び 1 3 2 k H z 復調処理部 8 7 （位相変調信号復調部）とを有して構成される。なお、F<sub>1</sub> 復調処理部 8 1 は第 1 の周波数帯 F<sub>1</sub> の O F D M 信号を復調する機能を有し、F<sub>2</sub> 復調処理部 8 3 は第 2 の周波数帯 F<sub>2</sub> の O F D M 信号を復調する機能を有し、1 1 5 k H z 復調処理部 8 5 は 1 1 5 k H z の位相変調信号を復調する機能を有し、1 3 2 k H z 復調処理部 8 7 は 1 3 2 k H z の位相変調信号を復調する機能を有する。4050

**【0091】**

同期検出部39内の各同期検出部は、それぞれ対応する信号用の同期パターンを保持している。各同期検出部は、受信部37から入力される受信信号と、保持している同期パターンとの相関値を常時算出しており、算出された相関値が所定値を上回った場合に、対応する信号との同期を検出し、同期確立処理を行う。

**【0092】**

制御部31は、いずれかの同期検出部で同期が検出されると、そのことに応じて、同期を検出した同期検出部に接続されているスイッチをオンとし、対応する復調部に復調を開始させる。つまり、F<sub>1</sub>同期検出部70が同期を検出した場合には、スイッチ80をオンとし、F<sub>1</sub>復調処理部81にOFDM変調方式による復調を開始させる。また、F<sub>2</sub>同期検出部71が同期を検出した場合には、スイッチ82をオンとし、F<sub>2</sub>復調処理部83にOFDM変調方式による復調を開始させる。また、115kHz同期検出部72が同期を検出した場合には、スイッチ84をオンとし、115kHz復調処理部85に位相変調方式による復調を開始させる。また、132kHz同期検出部73が同期を検出した場合には、スイッチ86をオンとし、132kHz復調処理部87に位相変調方式による復調を開始させる。

10

**【0093】**

復調処理部40内の各復調処理部は、復調によって得られた信号を通信部33に出力する。

20

**【0094】**

次に、受信部37について説明する。上述したように、受信部37は、F<sub>1</sub>モード及びF<sub>2</sub>モードという2つの通信モードを有している。電力線搬送通信システム1内の各子機では、これらの通信モードを切り替えることにより、第1及び第2の周波数帯F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>のうちの一方の周波数帯を用いて通信を行う際、干渉ノイズとなる他方の周波数帯を遮断している。以下では、初めに受信部37の内部構成について説明し、その後、制御部31による通信モード実現のための制御について説明する。

**【0095】**

図10は、受信部37の内部構成を示す図である。同図に示すように、受信部37は第1及び第2の信号通路41、42、ローノイズアンプ(LNA)49、自動ゲイン制御部(AGC)50とを有している。なお、同図ではアナログ信号をデジタル信号に変換するための変換部は省略している。

30

**【0096】**

第1の信号通路41は、電力線と復調部38との間に設置され、第1の周波数帯F<sub>1</sub>以外の周波数の信号を遮断する機能部である。具体的には、マルチプレクサ36より入力された信号から、第1の周波数帯F<sub>1</sub>に属する周波数成分のみを取り出して通過させるバンドパスフィルタ45を有している。また、第1の信号通路41には、第1のスイッチ手段44が設けられている。第1のスイッチ手段44は、制御部31の制御によって開閉する。

**【0097】**

第2の信号通路42は、電力線と復調部38との間に設置され、第2の周波数帯F<sub>2</sub>以外の周波数の信号を遮断する機能部である。具体的には、マルチプレクサ36より入力された信号から、第2の周波数帯F<sub>2</sub>に属する周波数成分のみを取り出して通過させるバンドパスフィルタ47を有している。また、第2の信号通路42には、第2のスイッチ手段46が設けられている。第2のスイッチ手段46も、制御部31の制御によって開閉する。

40

**【0098】**

ローノイズアンプ49は、第1及び第2の信号通路41、42から出力された信号を所定の増幅率で増幅し、自動ゲイン制御部50に出力する。自動ゲイン制御部50は増幅回路を内蔵しており、復調部38からのフィードバック信号に基づいて、復調部38に入力される信号の振幅が一定値となるよう、増幅回路の増幅率を制御する。

50

## 【0099】

さて、制御部31による受信部37の通信モード制御について説明する。制御部31は、下記の表2に従って、第1及び第2のスイッチ手段44, 46を制御することにより、F<sub>1</sub>モード、F<sub>2</sub>モードという2つの通信モードを実現する。

## 【表2】

|                    | 第1のスイッチ<br>手段44 | 第2のスイッチ<br>手段46 |
|--------------------|-----------------|-----------------|
| F <sub>1</sub> モード | オン              | オフ              |
| F <sub>2</sub> モード | オフ              | オン              |

10

## 【0100】

リピータ子機が呼び出し信号を待ち受ける場合、制御部31は、第1のスイッチ手段44をオン、第2のスイッチ手段46をオフとすることで、受信部37の通信モードをF<sub>1</sub>モードとする。F<sub>1</sub>モードでは第1の周波数帯F<sub>1</sub>に属する周波数成分のみが復調部38に入力されることになるので、第1の周波数帯F<sub>1</sub>の呼び出し信号はもちろん、115kHz又は132kHzの位相変調信号である呼び出し信号も好適に受信できるようになる。

## 【0101】

20

リピータ子機や直接通信子機が親機C0との間で指示データや検針データの送受信を行う場合には、制御部31は、第1のスイッチ手段44をオフ、第2のスイッチ手段46をオンとすることで、受信部37の通信モードをF<sub>2</sub>モードとする。F<sub>2</sub>モードでは第2の周波数帯F<sub>2</sub>に属する周波数成分のみが復調部38に入力されることになるので、第2のOFDM通信による親機C0との通信を好適に行えることになる。

## 【0102】

リピータ子機とリピータ配下子機との間で指示データや検針データの送受信を行う場合には、制御部31は、第1のスイッチ手段44をオン、第2のスイッチ手段46をオフとすることで、受信部37の通信モードをF<sub>1</sub>モードとする。F<sub>1</sub>モードでは第1の周波数帯F<sub>1</sub>に属する周波数成分のみが復調部38に入力されることになるので、第1のOFDM通信による他の子機との通信を好適に行えることになる。

30

## 【0103】

次に、親機C0、子機C21(直接通信子機)、子機C32(リピータ子機)、子機C37(リピータ経由通信子機)の間で行われる通信のシーケンスを例として参照しながら、制御部31の処理についてさらに詳しく説明する。

## 【0104】

40

図11(a)は、上記シーケンスを示す図である。同図は、親機C0が子機C21及びC37から検針データを取得する場合のシーケンスを示している。なお、同図には、ネットワークレイヤより下位のレイヤのシーケンスを表示している。したがって、図8とは異なり、上述した応答信号(図11では「ACK」と表記している。)についても図の中に現れている。

## 【0105】

図11(b)は、図11(a)に示す各信号の周波数帯と、リピータ子機C32の受信部37の通信モード設定(同図では「リピータ設定」と記す。)を示している。図11(b)の横軸は時間軸である。

## 【0106】

初めに、図11(a)に示したシーケンスについて説明する。同図に示すように、親機C0は、リピータに対して呼び出し信号を送信する(ステップS1)。呼び出し信号を受信した子機C32は、親機C0に対してACKを送信する(ステップS2)。

## 【0107】

50

親機C0は、ACKを受信したら、子機C37のデータを要求するための信号c(図7)を子機C32に対して送信する(ステップS3)。子機C32は、この信号cについても、親機C0に対するACKの送信を行う(ステップS4)。子機C32は、受信した信号cに基づいて信号dを生成し、子機C37に送信する(ステップS5)。子機C37は検針データを含む信号eを返信し(ステップS6)、子機C32は受信した信号eに基づいて信号fを生成して親機C0に送信する(ステップS7)。親機C0は、信号fを受信したら、子機C32に対してACKを送信する(ステップS8)。

#### 【0108】

次に、図11(b)を参照して、リピータ子機C32の受信部37の通信モード設定について説明する。同図に示すように、ステップS2でACKの送信を行までの間、リピータ子機C32の制御部31は受信部37をF<sub>1</sub>モードに設定する。これは、親機C0及び他の子機の両方からの呼び出しを待機するためである。一方、ステップS2でACKの送信を行った後には、制御部31は受信部37をF<sub>2</sub>モードに設定し、第2の周波数帯F<sub>2</sub>を用いる第2のOFDM通信によりステップS3～S4の通信を行う。ステップS5で信号dの送信を行う際には、制御部31は受信部37をF<sub>1</sub>モードに設定し、第1の周波数帯F<sub>1</sub>を用いる第1のOFDM通信によりステップS5～S6の通信を行う。そして、ステップS7の信号fの送信を行う際には、制御部31は受信部37をF<sub>2</sub>モードに戻し、第2の周波数帯F<sub>2</sub>を用いる第2のOFDM通信によりステップS7～S8の通信を行う。ステップS8のACKの受信が完了したら、制御部31は受信部37をF<sub>1</sub>モードに戻し、呼び出し信号の待機を再開する。

10

20

#### 【0109】

なお、図11(a)(b)にも示しているように、子機C32と子機C37とが通信を行っている間、親機C0は、第2の周波数帯F<sub>2</sub>を用いる第1のOFDM通信により、子機C21から検針データの取得を行う(ステップS9～S10)。このように、リピータ子機がリピータ経由通信子機と通信している間、親機C0が直接通信子機と通信を行うのは、上述したように総通信ステップ数を低減するためである。

#### 【0110】

以上説明したように、電力線搬送通信システム1によれば、リピータ子機は、受信部37と復調部38とにより構成されるOFDMモデムが1つだけであっても、第1の周波数帯F<sub>1</sub>の信号を用いる待ち受け時及び配下の子機とのOFDM通信と、第2の周波数帯F<sub>2</sub>の信号を用いる親機とのOFDM通信との両方を行える。

30

#### 【0111】

また、親機C0は位相変調通信により呼び出し信号を送信するので、表1に示すように350mWの高出力で呼び出し信号を送信することが可能になる。また、リピータ子機は第1の周波数帯F<sub>1</sub>のみで呼び出し信号を待ち受けばよくなるので、干渉ノイズとなる第2の周波数帯F<sub>2</sub>で信号を待ち受ける必要がなくなる。以上により、リピータ子機の呼び出し信号の復調精度が向上する。

#### 【0112】

また、電力線搬送通信システム1によれば、呼び出し信号を第1の周波数帯F<sub>1</sub>のOFDM信号及び第1の周波数帯F<sub>1</sub>に属する周波数の位相変調信号のいずれでも生成することが可能になる。したがって、親機C0及び配下の子機からリピータ子機に対する呼び出し信号を第1の周波数帯の信号に統一することが可能になる。つまり、親機C0は第1の周波数帯F<sub>1</sub>に属する周波数の位相変調信号により呼び出し信号を送信し、他の子機は第1の周波数帯F<sub>1</sub>のOFDM信号により呼び出し信号を送信することが可能になり、第1の周波数帯F<sub>1</sub>の信号のみが復調部に入力されるので、干渉ノイズが低減され、呼び出し信号の復調精度が向上する。

40

#### 【0113】

最後に、各子機を直接通信子機、リピータ経由通信子機のいずれとするか、などの子機をリピータ子機として用いるかを決定するための親機の処理について説明しておくことにする。以下では、図1に示した電力線搬送通信システム1を前提として説明する。なお

50

、この処理は電力線搬送通信システム1の立ち上げ時に行うことが好適である。また、初期状態では、親機C0には、子機C11～C37のアドレス情報が事前に設定される。また、各子機の受信部37内の第1及び第2のスイッチ手段44, 46はともにオンとなっている。すなわち、各子機は、第1及び第2の周波数帯F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>のいずれをも受信可能となっている。

#### 【0114】

図5(a)に示したように、親機C0は、判定部16、選択部17、切替部18を含んでいる。このうち、まず判定部16が、OFDM通信により直接通信できるか否かを子機ごとに判定する。次に、選択部17は、判定部16がOFDM通信により直接通信できると判定した子機の中から、リピータとして機能させる子機を選択し、選択した子機をリピータ子機として記憶する。そして、切替部18は、判定部16がOFDM通信により直接通信できないと判定した子機との通信を、リピータ子機を介する通信に切り替える。すなわち、これらの子機をリピータ経由通信子機として記憶するとともに、リピータ子機に対してリピータとして機能するよう命令する。この命令を受けたリピータ子機は、配下のリピータ経由通信子機との通信を第1のOFDM通信に切り替える。

10

#### 【0115】

以下、親機C0の具体的な処理手順について詳しく説明する。

#### 【0116】

図12は、電力線B2に接続している各子機C21～C27に関する処理の手順を示している。以下、この図12を参照しながら親機C0の処理について詳しく説明していくが、電力線B1, B3に接続している各子機に関しても、同様な手順で処理が行われる。

20

#### 【0117】

図12に示すように、まず判定部16が、子機C21に向けて通信品質確認用の信号gをユニキャスト送信する(ステップ1)。

#### 【0118】

図13は、上記信号gのフォーマットを示す図である。同図に示すように、通信品質確認用の信号gは、第2のOFDM通信により伝送される部分、115kHzの位相変調通信により伝送される部分、132kHzの位相変調通信により伝送される部分の3つの部分信号から構成されている。各部分信号は、それぞれプリアンブルとユニキャストデータとを含んで構成され、それぞれ対応する変調方式により搬送波信号を変調するために用いられる。なお、プリアンブルには宛先の子機のアドレスが含まれ、ユニキャストデータには当該信号が通信品質確認用の信号であることを示す所定のデータが含まれる。

30

#### 【0119】

親機C0は、信号gの上記各部分信号を、順次電力線B1～B3に送出する。図14は、こうして送出される信号gの周波数の時間変化を示す図である。同図に示すように、信号gの送出を周波数の時間変化で見ると、第2の周波数帯F<sub>2</sub>全体に広がる広帯域信号がまず送出され、続いて115kHzのみを用いる單一周波数信号が送出され、最後に132kHzのみを用いる單一周波数信号が送出されることになる。

#### 【0120】

図12に戻る。子機C21は、信号gの少なくとも一部が受信されると、部分信号ごとに、その受信品質を測定する。なお、受信品質には、受信レベル、信号対ノイズ比(SNR)、ビットエラー数、フレームエラー数などが含まれる。

40

#### 【0121】

子機C21は、図4に示したように、親機C0との間でOFDM信号と位相変調信号の両方を送受信できる。したがって、子機C21は、信号gの3つの部分信号すべてを受信し、全部分信号が受信されたことを示す情報と、各部分信号の受信品質を示す情報を含む信号hを生成し、親機C0に向けて第2のOFDM通信により送信する(ステップ2)。

#### 【0122】

次に、判定部16は、子機C22に向けて通信品質確認用の信号gを送信する(ステップ3)。子機C22も、子機C21と同様に信号hを生成し、親機C0に向けて第2のO

50

FDM通信により送信する(ステップ4)。子機C23についても同様である(ステップ5~6)。

#### 【0123】

次に、判定部16は、子機C24に向けて通信品質確認用の信号gを送信する(ステップ7)。子機C21は、図4に示したように、親機C0との間で位相変調信号のみを送受信でき、OFDM信号は送受信できない。したがって、子機C24は、信号gの3つの部分信号のうち位相変調通信により伝送される部分信号のみを受信し、位相変調通信により伝送される部分信号のみが受信されたことを示す情報と、これらの部分信号の受信品質を示す情報を含む信号h'を生成し、親機C0に向けて位相変調通信により送信する(ステップ8)。子機C25~C26についても同様である(ステップ9~12)。

10

#### 【0124】

次に、判定部16は、子機C27に向けて通信品質確認用の信号gを送信する(ステップ13)。子機C27は、図4に示したように、親機C0との間でOFDM信号・位相変調信号のいずれも送受信できない。したがって、子機C27は信号gを受信できず、親機C0に向けて何も送信しない(ステップ14)。判定部16は、所定のタイミングで子機C27からの信号が受信されないことにより、OFDM通信では子機C27との直接通信ができないと判定する。

#### 【0125】

以上の処理により、判定部16は、子機C21~C23をOFDM通信により直接通信できる子機であると判定し、子機C24~C27をOFDM通信では直接通信できない子機であると判定する。

20

#### 【0126】

以上説明した判定部16の処理が完了し、OFDM通信で直接通信できない子機が1つでも存在していた場合、次に選択部17が、まずリピータ子機候補を選択する。具体的には、判定部16によりOFDM通信により直接通信できると判定された子機C21~C23の中から、通信品質の低い順に所定個の子機をリピータ子機候補として選択する。通信品質の低い順とするのは、親機C0との通信品質が低いほど、直接通信できない子機に近いと考えられるからである。ここでは、所定個を2個とすることにすると、子機C22,C23がリピータ子機候補として選択される。

#### 【0127】

30

選択部17は、選択したリピータ子機候補のうちのひとつである子機C22に対して、子機C24~C27の存在確認を行うよう命令するための命令信号iを送信する(ステップ15)。子機C22の制御部24(図5(b))は、この命令信号iを受信すると、上述した判定部16の処理と同様に、子機C24~C27に向けて通信品質確認用の信号gを順次第1のOFDM通信により送信し、各子機からの応答信号(信号h又は信号h')をバッファ25に蓄積する(ステップ16~23)。そして、すべての子機に対する処理が完了したら、バッファ25に蓄積した各応答信号を含む信号jを生成し、親機C0に向けて第2のOFDM通信により送信する(ステップ24)。

#### 【0128】

選択部17は、選択したリピータ子機候補のうちの他のひとつである子機C23に対しても、子機C22と同様に、子機C24~C27の存在確認を行わせる(ステップ25~34)。

40

#### 【0129】

選択部17は、各リピータ子機候補C22,C23から受信した信号jに基づき、どちらの子機が、子機C24~C27との通信状態がより良好であるかを判定する。そして、より良好であると判定した子機を、リピータ子機として選択する。なお、図1の例では、子機C23の方が子機C24~C27との距離が近いので、子機C23がリピータ子機として選択される。

#### 【0130】

選択部17がリピータ子機を選択したら、次に切替部18が、リピータ子機C23に対

50

して、リピータとして機能するよう命令するための命令信号kを第2のOFDM通信により送信する(ステップ35)。この命令信号kには、配下のリピータ経由通信子機となる子機C24～C27を示す情報が含まれる。

#### 【0131】

リピータ子機C23の制御部24(図5(b))は、この命令信号kを受信すると、自機がリピータ子機となることを記憶し、リピータとしての動作を開始するとともに、配下のリピータ経由通信子機C24～C27に対して、次からは第1のOFDM通信により通信を行うよう命令するための命令信号1を送信する。各リピータ経由通信子機C24～C27の制御部24は、この命令信号1を受信すると、受信部37をF<sub>1</sub>モードとして子機C23からの信号の待機を開始するとともに、所定の応答信号mをリピータ子機C23に対して第1のOFDM通信により返送する(ステップ36～43)。10

#### 【0132】

リピータ子機C23は、子機C24～C27のすべてについて応答信号mの受信を完了すると、親機C0に対してネットワーク構築完了通知のための信号nを第2のOFDM通信により送信する(ステップ44)。親機C0は、この信号nを受信することにより子機C23がリピータとして機能し始めたことを認識し、子機C23をリピータとして用いる運用モードを開始する。具体的には、検針データの取得の際、子機C24～C27には指示データを送らないこととし、子機C24～C27の検針データはリピータ子機C23から受信する。なお、子機C23は、信号nを送信した後、受信部37をF<sub>1</sub>モードとして待ち受け状態に入る。20

#### 【0133】

以上説明したように、電力線搬送通信システム1によれば、リピータ子機を介して通信を行うリピータ経由通信子機と直接通信する直接通信子機とを、システム構築後に人手を介さずに分類することが可能になる。また、親機C0は、リピータ子機を適切に選択できる。

#### 【0134】

以上、本発明の好ましい実施の形態について説明したが、本発明はこうした実施の形態に何等限定されるものではなく、本発明が、その要旨を逸脱しない範囲において、種々なる態様で実施され得ることは勿論である。

#### 【符号の説明】

#### 【0135】

- 1 電力線搬送通信システム
- 11, 21 モデム
- 12, 23 同期信号生成器
- 13, 24, 31 制御部
- 14, 25 バッファ
- 15, 26, 32 インタフェース
- 16 判定部
- 17 選択部
- 18 切替部
- 33 通信部
- 34 変調部
- 35 送信部
- 36 マルチプレクサ
- 37 受信部
- 38 復調部
- 39 同期検出部
- 40 復調処理部
- 41 第1の信号通路
- 42 第2の信号通路

10

20

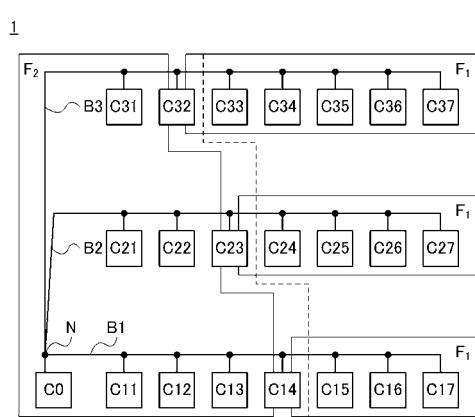
30

40

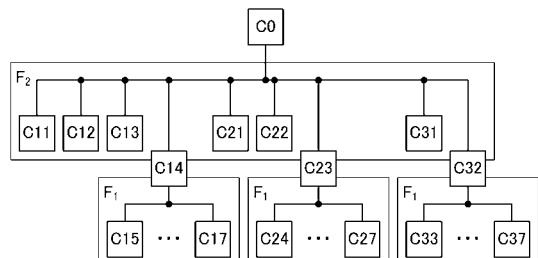
50

4 4 第 1 のスイッチ手段  
 4 5 , 4 7 バンドパスフィルタ  
 4 6 第 2 のスイッチ手段  
 4 9 ローノイズアンプ  
 5 0 自動ゲイン制御部  
 7 0  $F_1$  同期検出部  
 7 1  $F_2$  同期検出部  
 7 2 115 kHz 同期検出部  
 7 3 132 kHz 同期検出部  
 8 0 , 8 2 , 8 4 , 8 6 スイッチ 10  
 8 1  $F_1$  復調処理部  
 8 3  $F_2$  復調処理部  
 8 5 115 kHz 復調処理部  
 8 7 132 kHz 復調処理部  
 B 1 ~ B 3 電力線  
 C 0 親機  
 C 1 1 ~ C 1 7 , C 2 1 ~ C 2 7 , C 3 1 ~ C 3 7 子機

【図 1】

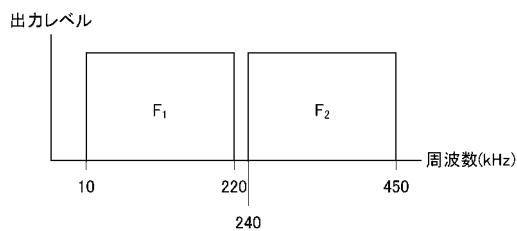


(a)

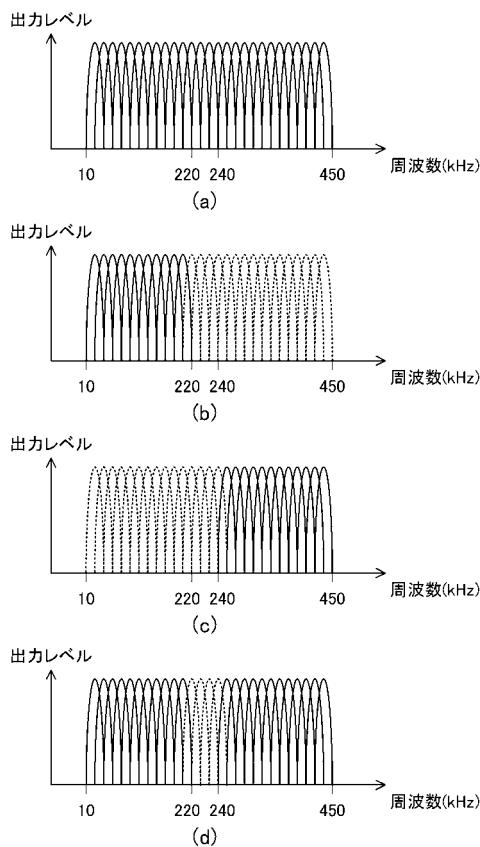


(b)

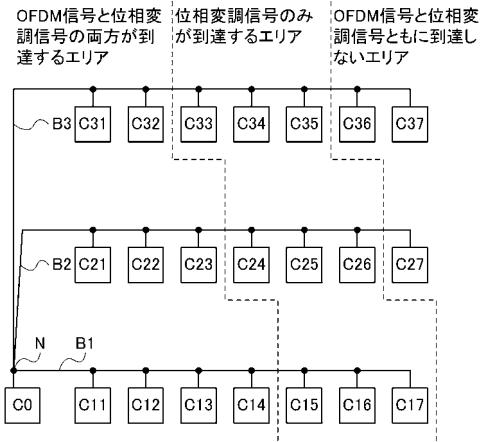
【図 2】



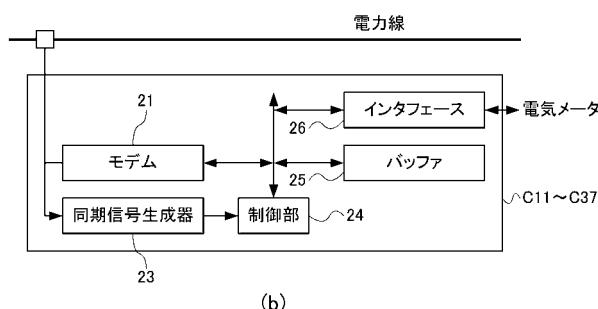
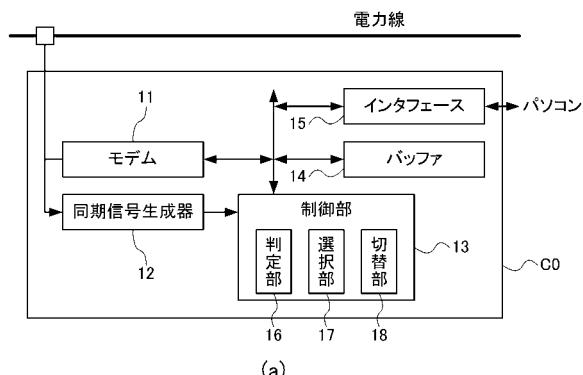
【図3】



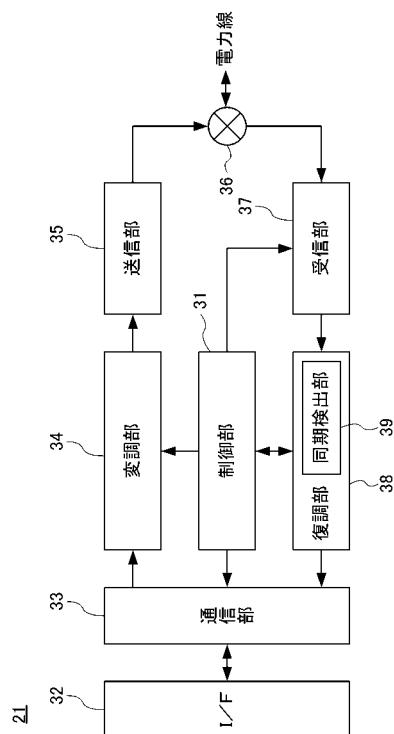
【図4】



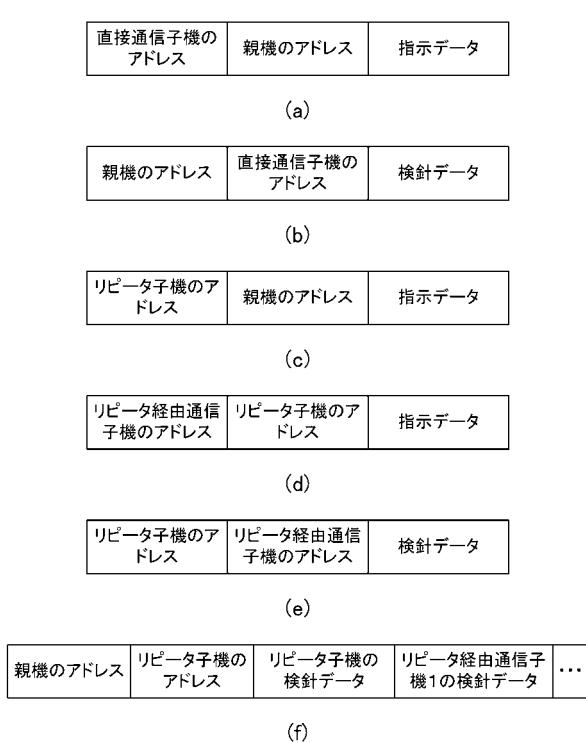
【図5】



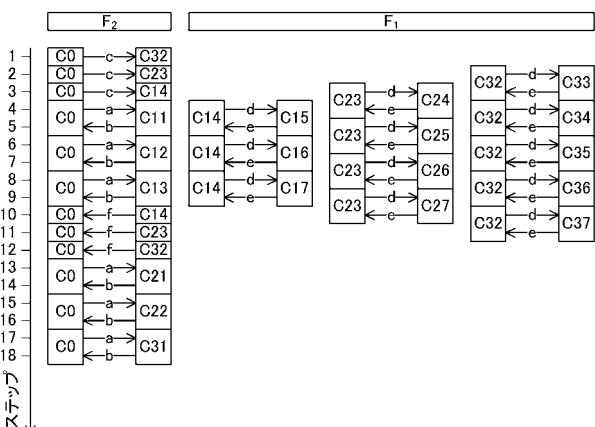
【図6】



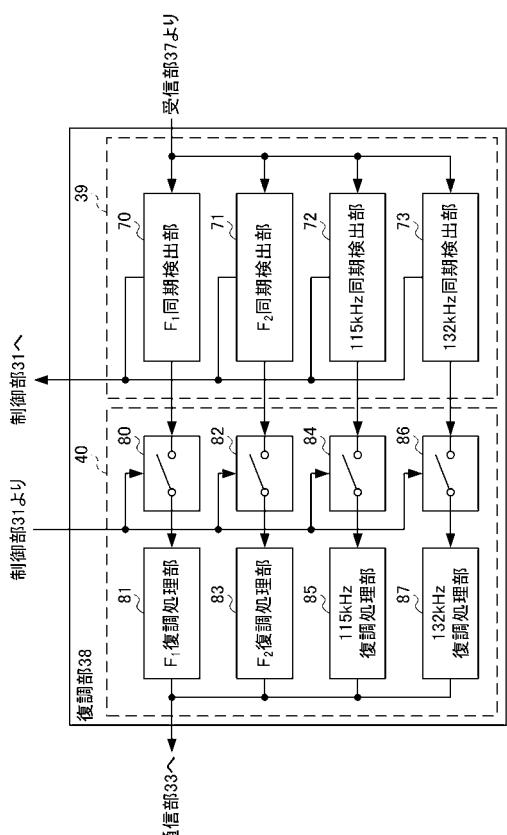
【図7】



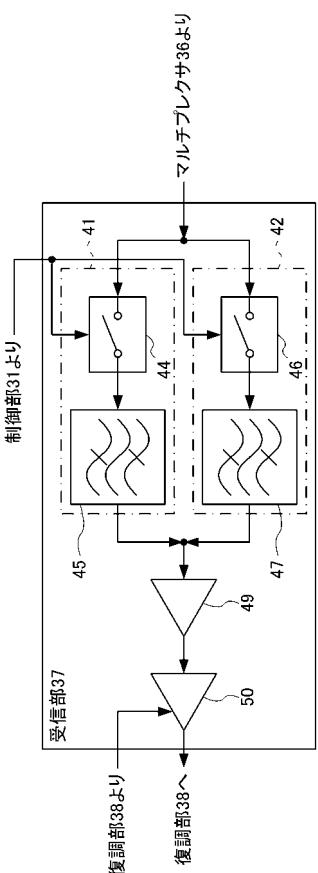
【図8】



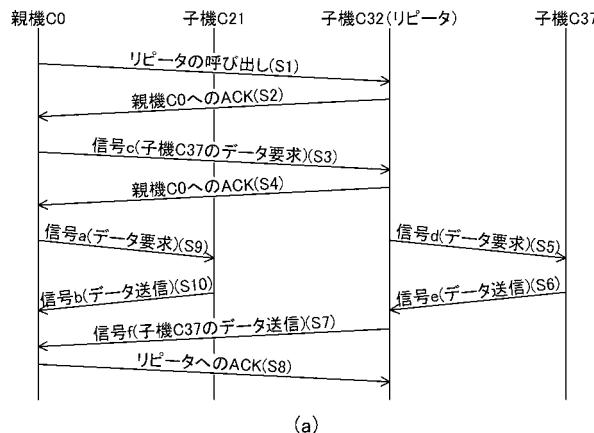
【図9】



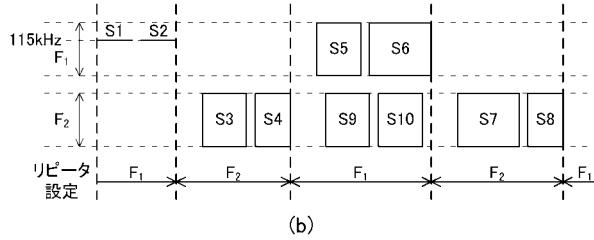
【図10】



【図11】

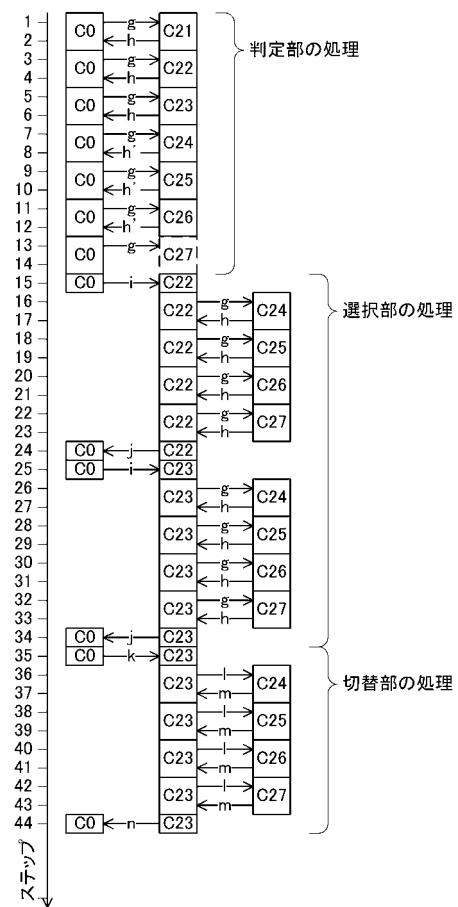


(a)

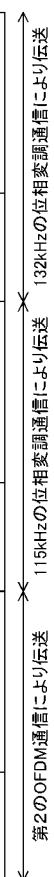


(b)

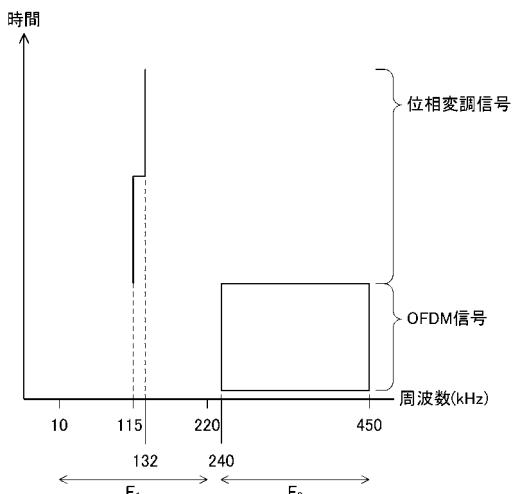
【図12】



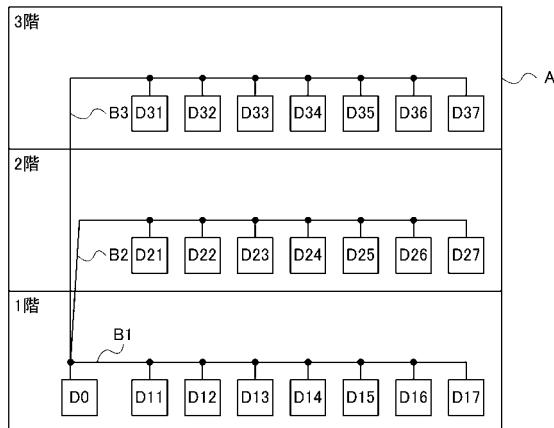
【図13】



【図14】

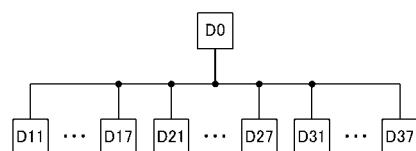
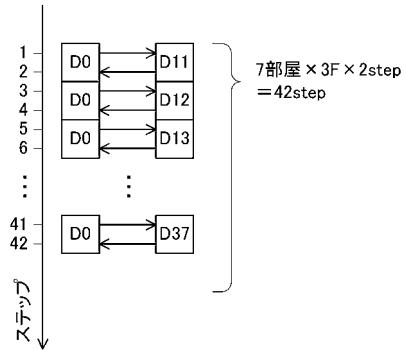


【図15】



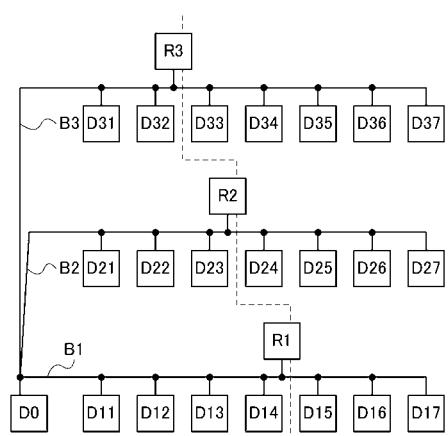
(a)

【図16】



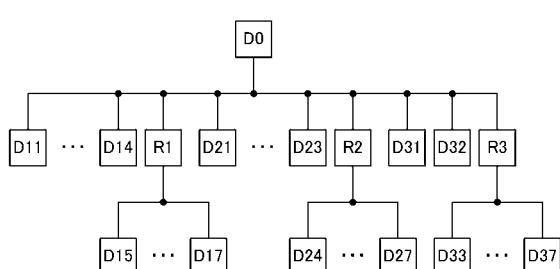
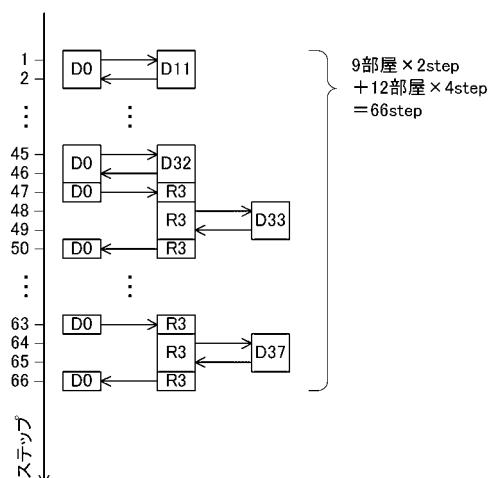
(b)

【図17】



(a)

【図18】



(b)

---

フロントページの続き

審査官 川口 貴裕

(56)参考文献 特開2008-028732(JP,A)  
特開2008-301269(JP,A)  
特開2006-067557(JP,A)  
特開2001-069132(JP,A)  
特開2002-204188(JP,A)  
特開2009-010899(JP,A)  
特開2007-019667(JP,A)  
特開2009-105812(JP,A)  
特開昭55-060349(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

|        |         |   |        |
|--------|---------|---|--------|
| H 04 B | 3 / 54  | - | 3 / 58 |
| H 04 J | 1 / 00  | - | 1 / 20 |
| H 04 J | 11 / 00 |   |        |