

1. 一种信号处理装置,包括:

计算装置,可操作来执行适合于将时域 OFDM,即正交频分复用信号傅里叶变换为频域 OFDM 信号的变换计算;

处理装置,可操作来执行适合于检测估计出的载波频率偏移的载波频率偏移检测,所述估计出的载波频率偏移是用于解调 OFDM 信号的载波的差错;以及

载波频率偏移校正装置,可操作来根据所述估计出的载波频率偏移执行适合于校正所述频域 OFDM 信号的载波频率偏移的载波频率偏移校正,其中

所述 OFDM 信号包含第一前导信号以及跟随在所述第一前导信号之后的第二前导信号,并且

所述计算装置与由所述处理装置利用所述第一前导信号执行的载波频率偏移检测并行地来执行对所述第二前导信号的变换计算。

2. 如权利要求 1 所述的信号处理装置,其中

所述处理装置针对在从表示预定数目的子载波的载波频率偏移的偏移量 offset 的最小值跨越到最大值的检测范围中的多个偏移量中的每个偏移量,求出以从所述第一前导信号的开始偏离了所述偏移量的位置为起始点的位置处的子载波之和,

所述处理装置在针对多个偏移量中的每个偏移量获得的所有的子载波之和检测最大值,以便检测出与最大和相关联的偏移量作为所述估计出的载波频率偏移,

所述处理装置将所述估计出的载波频率偏移与检测到估计出的偏移的 OFDM 信号的信道相关联地存储,

当未为其存储估计出的载波频率偏移的信道的 OFDM 信号被接收到时,所述处理装置设置默认范围作为用于所述载波频率偏移检测的检测范围,并且

当为其存储了估计出的载波频率偏移的信道的 OFDM 信号被接收到时,所述处理装置将比所述默认范围窄的包括了与所述信道相关联的估计出的载波频率偏移的范围设置为检测范围。

3. 如权利要求 1 所述的信号处理装置,还包括:

其它载波频率偏移校正装置,可操作来根据所述估计出的载波频率偏移执行适合于校正所述时域 OFDM 信号的载波频率偏移的载波频率偏移校正,其中

所述 OFDM 信号以帧为单位被发送,其中每个帧包含一个第一前导信号和一个或多个第二前导信号,以及

开始接收 OFDM 信号后的第一帧经过由所述载波频率偏移校正装置进行的载波频率偏移校正,并且后续帧经过由所述其它载波频率偏移校正装置进行的载波频率偏移校正。

4. 一种信号处理方法,包括以下步骤:

计算步骤,可操作来执行适合于将时域 OFDM,即正交频分复用信号傅里叶变换为频域 OFDM 信号的变换计算;

处理步骤,可操作来执行适合于检测估计出的载波频率偏移的载波频率偏移检测,所述估计出的载波频率偏移是用于解调 OFDM 信号的载波的差错;以及

载波频率偏移校正步骤,可操作来根据所述估计出的载波频率偏移执行适合于校正所述频域 OFDM 信号的载波频率偏移的载波频率偏移校正,其中

所述 OFDM 信号包含第一前导信号以及跟随在所述第一前导信号之后的第二前导信

号,并且

所述计算步骤与由所述处理步骤利用所述第一前导信号执行的载波频率偏移检测并行地来执行对所述第二前导信号的变换计算。

信号处理装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及信号处理装置和方法,并且更具体地,例如涉及用于迅速解调 OFDM(正交频分复用)信号的信号处理装置和方法。

背景技术

[0002] OFDM(正交频分复用)作为数据(信号)调制制式已被用于地面数字广播和其它广播。

[0003] OFDM 使用传输频带内彼此正交的多个子载波,执行 PSK(相移键控)、QAM(正交幅度调制)或其它数字调制,在其中数据被指派给每个子载波的幅度或相位。

[0004] 在 OFDM 中,传输频带被多个子载波划分,这导致缩窄了一个子载波(的波)的频带并且减慢了调制速度,但是在现有调制制式中总的(全体子载波)传输速度保持不变。

[0005] 如上所述,数据被指派给 OFDM 中的多个子载波。结果,可以通过适于执行逆傅里叶变换的 IFFT(逆快速傅里叶变换)计算来实现调制。另一方面,从调制得到的 OFDM 信号的解调可通过 FFT(快速傅里叶变换)计算来实现。

[0006] 因此,适于发送 OFDM 信号的 OFDM 发送机可被配置有适于执行 IFFT 计算的电路。另一方面,适于接收 OFDM 信号的 OFDM 接收机可被配置有适于执行 FFT 计算的电路。

[0007] 此外,OFDM 具有称为保护间隔(guard interval)的信号间隔,因此提供了经提高的多径抗扰性(immunity)。另外,已知信号(为 OFDM 接收机所知的信号),即,导频信号在 OFDM 中的时间或频率方向上离散地被插入,以使得 OFDM 接收机将这些信号用于同步、估计传输线(信道)特性或其它目的。

[0008] 由于 OFDM 的高的多径抗扰性,OFDM 已被用于经受严重多径干扰的地面数字广播和其它广播系统。采用 OFDM 的地面数字广播标准有 DVB-T(地面数字视频广播)和 ISDB-T(地面综合业务数字广播)。

[0009] 对于 OFDM,数据以 OFDM 符号为单位来传输。

[0010] 图 1 是图示出 OFDM 符号的示意图。

[0011] OFDM 符号通常包括有效符号和保护间隔。有效符号是在调制期间执行 IFFT 的信号时段。保护间隔是有效符号后半部分的复制并且被附接在有效符号的起始处。

[0012] 因此,在 OFDM 符号的起始处提供保护间隔提供了经提高的多径抗扰性。

[0013] 应当注意,在采用 OFDM 的地面数字广播标准中将称为帧(OFDM 传输帧)的单元定义为包括多个 OFDM 符号,以使得数据以帧为单位来传输。

[0014] 适于接收这样的 OFDM 信号的 OFDM 接收机利用 OFDM 信号的载波对该信号执行数字正交解调。

[0015] 然而,应当注意,OFDM 接收机用于数字正交解调的 OFDM 信号载波包含一些差错,这是因为该载波与适于发送该 OFDM 信号的 OFDM 发送机所使用的载波不同。即,用于数字正交解调的 OFDM 信号载波的频率偏离从由 OFDM 接收机接收到的 OFDM 信号(IF(中频)信号)的中心频率。

[0016] 因此, OFDM 接收机估计作为用于数字正交解调的 OFDM 信号载波的差错的载波频率偏移, 并且执行适于检测估计出的偏移的载波频率偏移检测以及适于校正 OFDM 信号 (其载波频率偏移) 的载波频率偏移校正, 从而根据估计出的偏移消除偏移。

[0017] 图 2 是图示出现有 OFDM 接收机的配置的示例的框图。

[0018] 载波频率偏移校正部件 11 被提供有在对 OFDM 信号进行数字正交解调之后获得的基带时域 OFDM 信号 (OFDM 时域信号)。

[0019] 该部件 11 根据从后面将描述的载波频率偏移校正量估计部件 15 提供来的载波频率偏移校正量, 执行适于校正提供给它 OFDM 时域信号 (其偏移) 的载波频率偏移校正。

[0020] 载波频率偏移校正部件 11 将经过了载波频率偏移校正的 OFDM 时域信号提供给 FFT 计算部件 12 和时域载波频率偏移检测部件 13。

[0021] FFT 计算部件 12 执行适于将从载波频率偏移校正部件 11 提供来的 OFDM 时域信号傅里叶变换为频域 OFDM 信号 (OFDM 频域信号) 的 FFT 计算, 并且将从 FFT 计算获得的 OFDM 频域信号提供给频域载波频率偏移检测部件 14。

[0022] 应当注意, 从 FFT 计算部件 12 获得的 OFDM 频域信号不仅被提供给频域载波频率偏移检测部件 14 而且还被提供给后续级中适于处理均衡、纠错、译码以及其它处理的未示出的块。

[0023] 时域载波频率偏移检测部件 13 通过利用来自载波频率偏移校正部件 11 的 OFDM 时域信号来估计该 OFDM 时域信号的载波频率偏移, 从而执行适合于检测出所估计载波频率偏移的载波频率偏移检测。时域载波频率偏移检测部件 13 将从载波频率偏移检测中获得的所估计载波频率偏移提供 (反馈) 给载波频率偏移校正量估计部件 15。

[0024] 频域载波频率偏移检测部件 14 通过利用来自 FFT 计算部件 12 的 OFDM 频域信号来估计该 OFDM 频域信号的载波频率偏移, 从而执行适合于检测出所估计载波频率偏移的载波频率偏移检测。该部件 14 将从载波频率偏移检测中获得的所估计载波频率偏移提供 (反馈) 给载波频率偏移校正量估计部件 15。

[0025] 载波频率偏移校正量估计部件 15 利用其中一个来自时域载波频率偏移检测部件 13 并且另一个来自频域载波频率偏移检测部件 14 的所估计载波频率偏移中的任一者或两者, 来估计适合于消除 OFDM 时域信号的载波频率偏移的 (OFDM 时域信号) 校正量。该部件 15 将校正量提供给载波频率偏移校正部件 11。

[0026] 如上所述, 该部件 11 根据来自载波频率偏移校正量估计部件 15 的校正量来校正提供给它 OFDM 时域信号 (执行载波频率偏移校正)。

[0027] 顺便提及, 正在制定 DVB-T2 (第二代欧洲地面数字广播标准)。

[0028] 应当注意, DVB-T2 在所谓的蓝皮书 (DVB 蓝皮书 A122) (“Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2),” DVB Document A122, June 2008) 中进行了描述。

[0029] 在 DVB-T2 (其蓝皮书) 中, 定义了称为 T2 帧的帧, 以使得数据以 T2 帧为单位来传输。

[0030] T2 帧包含称为 P1 和 P2 的两个前导信号 (preamble signal)。这些前导信号包含解调和其它处理所需的信息 (该信息被信号化 (signal))。

[0031] 图 3 是图示出 T2 帧格式的示图。

[0032] T2 帧按如下顺序包含一个 P1 OFDM 符号、一个或多个 P2 OFDM 符号、一个或多个数据（正常）OFDM 符号以及必要的 FC（帧结束）OFDM 符号。

[0033] 比特 S1 和 S2 例如在 P1 中被信号化。

[0034] 比特 S1 和 S2 指示下面的信息，即，P1 以外的符号（P2、数据和 FC 符号）是在 SIS0（单输入单输出）系统还是在 MIS0（多输入单输出）系统中传输，用于对 P1 以外的符号执行 FFT 计算的 FFT 大小（经过单次 FFT 计算的样本（符号）（子载波）数）以及保护间隔长度（下面亦称为 GI 长度）属于两组中的哪组。

[0035] 应当注意，在 DVB-T2 中相对于有效符号长度定义了七种不同长度，即 1/128、1/32、1/16、19/256、1/8、19/128 和 1/4 来作为 GI 长度。这七种 GI 长度被分类为两组。在 P1 中被信号化的比特 S1 和 S2 包含关于 T2 帧的 GI 长度属于这两组中的哪组的信息。

[0036] 此外，定义了组成单个 OFDM 符号的六种不同的符号（子载波）数目，即 FFT 大小。这些大小为 1K、2K、4K、8K、16K 和 32K。

[0037] 然而，应当注意，尽管上面六种不同 FFT 大小中的任一种可用于 P1 以外的 OFDM 符号，然而仅 1K 可用于 P1 OFDM 符号。

[0038] 另一方面，对于 P2 的 FFT 大小和 GI 长度，使用了与 P1 和 P2 以外的 OFDM 符号（即，数据（正常）和 FC OFDM 符号）相同的值。

[0039] 这里，P1 包含了解调 P2 所需的信息，例如传输系统和 FFT 大小。因此，P1 必须被解调以便解调 P2。

[0040] L1PRE（L1 前）和 L1POST（L1 后）在 P2 中被信号化。

[0041] L1PRE 包含了适合于接收 T2 帧的 OFDM 接收机解调 L1POST 所需的信息。L1POST 包含了 OFDM 接收机访问物理层（其层管道，layerpipes）所需的信息。

[0042] 这里，L1PRE 包含如下信息，包括 GI 长度、指示导频信号布置（其示出了导频信号（即已知信号）包含在哪个符号（子载波）中的）的导频图案（PP），是否扩展传输频带以发送 OFDM 信号（BWT_EXT），以及一个 T2 帧（NDSYM）中的 OFDM 符号数目。需要这些信息来解调包含数据（包括 FC）的符号。

[0043] 在获得了 L1PRE 和 L1POST（在其中被信号化的信息）之后，OFDM 接收机可以解调数据（和 FC）的符号。

[0044] 应当注意，尽管在图 3 中在 T2 帧中设置了两个 P2 OFDM 符号，然而一到十六（16）个 P2 OFDM 符号中的任意数目的 P2 OFDM 符号可被设置在 T2 帧中。然而，在包含具有 16K 或 32K FFT 大小的 P2 的 T2 帧中仅设置一个 P2 OFDM 符号。

[0045] 图 4 是图示出 P1 OFDM 信号的示意图。

[0046] P1 OFDM 信号具有作为有效符号的 1K（= 1024）个符号。

[0047] P1 OFDM 信号具有循环结构，该循环结构包括 B1'、B1、B2 和 B2'；B1' 是通过频移（frequency-shift）B1 获得的信号，B1 是有效符号的开始部分；B1' 被复制在有效符号之前；B2' 是通过频移作为其余有效符号的 B2 获得的信号；并且 B2' 被复制在有效符号之后。

[0048] P1 OFDM 信号具有具有作为有效子载波的 853 个子载波。在 DVB-T2 中，所有 853 个子载波中位于预定位置处的 384 个子载波被指派了信息（位置）。

[0049] 根据 DVB-T2 实施指南（ETSI TR 102 831；IG），如果 OFDM 信号传输频带例如为 8MHz，则可以基于上面 384 个子载波位置之间的相互关系，来以跨越从 -500kHz 到 +500kHz

的最大范围的子载波间隔为单位执行“粗略”载波频率偏移估计。

[0050] 此外,根据实施指南,由于图4描绘的P1的循环结构,因此可以以小于在从 $-0.5 \times$ 载波间隔至 $+0.5 \times$ 载波间隔的范围中的载波间隔为单位来执行“精细”的载波频率偏移估计。

[0051] 这里,DVB-T2定义了图4所描绘的P1的FFT大小为1K个样本(符号)。

[0052] 此外,DVB-T2定义了如果传输频带例如为8MHz,则在FFT大小为1K个样本的情况下P1的采样周期为 $7/64 \mu s$ 。

[0053] 因此,如果传输频带例如为8MHz,则P1有效符号长度 T_u 为 $1024 \times 7/64 \mu s$ 。

[0054] 另一方面,由等式 $D = 1/T_u$ 表达的有效OFDM符号长度(不包括保护间隔的有效符号长度) $T_u[\text{sec}]$ 与OFDM信号子载波间隔 $D[\text{Hz}]$ 之间的关系成立。

[0055] 因此,如果传输频带例如为8MHz,则P1子载波间隔 D 等于有效符号长度 $T_u = 1024 \times 7/64 \mu \text{sec}$ 的倒数或者大约8929Hz。

[0056] 如上所述,由于P1子载波间隔 D 大约为8929Hz,因此可利用P1检测到的“精细”估计出的载波频率偏移落在从 $-8929/2\text{Hz}$ 至 $+8929/2\text{Hz}$ 的范围内。

[0057] 在此情况中,利用P1的捕获范围,即可以根据从P1获得的“精细”估计载波频率偏移通过OFDM信号校正来引入用于数字正交解调的OFDM信号载波的频率范围(可以执行载波频率偏移校正的频率范围)在频率轴(频率)上的固有子载波位置之上和之下 $8929/2\text{Hz}$ 的范围中(从 $-8929/2\text{Hz}$ 至 $+8929/2\text{Hz}$)。

[0058] 这里,从多个OFDM信号子载波(OFDM符号)中的频率最低的子载波起的第 $i+1$ (其中, $i = 0, 1, \dots$)个子载波用子载波 $c\#i$ 表示。子载波 $c\#i$ 的固有频率(在频率轴上的位置)称为设定频率 $f\#i$ 。

[0059] OFDM接收机通过利用P1的“精细”载波频率偏移估计来检测OFDM信号的子载波 $c\#i$ 的频率和与该频率最接近的设定频率 $f\#i'$ 之间的差值,作为“精细”估计出的载波频率偏移。

[0060] 然后,执行载波频率偏移校正以根据“精细”估计出的载波频率偏移来校正OFDM信号,以使得子载波 $c\#i$ 的频率和与该频率最接近的设定频率 $f\#i'$ 一致。

[0061] 此外,OFDM接收机通过利用P1的“粗略”载波频率偏移估计,来以子载波间隔为单位检测OFDM信号的子载波 $c\#i$ 的频率与子载波 $c\#i$ 的设定频率 $f\#i$ 之间的差值,作为“粗略”估计出的载波频率偏移。

[0062] 然后,执行载波频率偏移校正以根据“粗略”估计出的载波频率偏移来校正OFDM信号,以使得子载波 $c\#i$ 的频率与子载波 $c\#i$ 的设定频率 $f\#i$ 一致。

[0063] 这里,根据“精细”估计出的载波频率偏移执行的载波频率偏移校正称为“精细”载波频率偏移校正,而根据“粗略”估计出的载波频率偏移执行的载波频率偏移校正称为“粗略”载波频率偏移校正。

发明内容

[0064] 顺便提及,如果OFDM信号具有落在从 $-0.5 \times$ 子载波间隔到 $+0.5 \times$ 子载波间隔的范围之外的大的载波频率偏移,则可能花费较长时间来执行利用P1的“粗略”载波频率偏移估计。

[0065] “粗略”载波频率偏移校正只有在利用 P1 的“粗略”载波频率偏移估计以及对估计出的偏移的检测之后可被执行。因此,如果利用 P1 的“粗略”载波频率偏移估计花费较长时间,则不能建立同步并且解调在 OFDM 信号接收开始之后接收到的第一个 T2 帧中的 P2 和数据(包括 FC)符号。结果,在开始解调 P2 和数据符号之前,可能必须等待直到接收到下一 T2 帧为止。

[0066] 即,在 OFDM 符号中,P2 被排列在 P1 之后,如图 3 所示的。

[0067] 因此,在图 2 所示的现有 OFDM 接收机中,如果时域载波频率偏移检测部件 13 花较长时间来执行利用 P1 的“粗略”载波频率偏移估计,则 P1 之后的 P2 在该时段期间通过了载波频率偏移校正部件 11。结果,不能对 P2 中已经通过该部件 11 的部分执行“粗略”载波频率偏移校正。

[0068] 如果 OFDM 信号具有“粗略”载波频率偏移或者落在 $-0.5 \times$ 子载波间隔到 $+0.5 \times$ 子载波间隔的范围之外的载波频率偏移,则极不可能可以从这种状况中的 OFDM 信号(尚待经过“粗略”载波频率偏移校正的 OFDM 信号)提取出(解调)正确信息。因此,如果利用 P1 的“粗略”载波频率偏移估计正在进行时 P2(或者至少其一部分)通过了载波频率偏移校正部件 11,则难以适当地解调 P2。

[0069] 这使得无法解调在 OFDM 信号接收开始之后接收到的第一个 T2 帧中的 P2 和数据符号(包括 FC)。因此,在开始解调 P2 和数据符号之前必须等待下一 T2 帧。

[0070] 鉴于上面的情况,需要本发明更快地建立同步(使得子载波 $c\#i$ 的频率与子载波 $c\#i$ 的设定频率一致)以确保快速解调 OFDM 信号。

[0071] 本发明的一个实施例是信号处理装置,该装置包括计算装置、处理装置和载波频率偏移校正装置。计算装置执行适合于将时域 OFDM,即正交频分复用信号傅里叶变换为频域 OFDM 信号的变换计算。处理装置执行适合于检测估计出的载波频率偏移的载波频率偏移检测,估计出的载波频率偏移是用于解调 OFDM 信号的载波的差错。载波频率偏移校正装置根据估计出的载波频率偏移执行适合于校正频域 OFDM 信号的载波频率偏移的载波频率偏移校正。OFDM 信号包含第一前导信号以及跟随在第一前导信号之后的第二前导信号。该计算装置与由该处理装置利用第一前导信号执行的载波频率偏移检测并行地来执行对第二前导信号的变换计算。

[0072] 根据本发明另一实施例的信号处理方法包括计算步骤、处理步骤和载波频率偏移校正步骤。在计算步骤中,信号处理装置执行适合于将时域 OFDM,即正交频分复用信号傅里叶变换为频域 OFDM 信号的变换计算。在处理步骤中,信号处理装置执行适合于检测估计出的载波频率偏移的载波频率偏移检测,估计出的载波频率偏移是用于解调 OFDM 信号的载波的差错。在载波频率偏移校正步骤中,信号处理装置根据估计出的载波频率偏移执行适合于校正频域 OFDM 信号的载波频率偏移的载波频率偏移校正。OFDM 信号包含第一前导信号以及跟随在第一前导信号之后的第二前导信号。该计算步骤与由该处理步骤利用第一前导信号执行的载波频率偏移检测并行地来执行对第二前导信号的变换计算。

[0073] 在上面的实施例中,变换计算被执行以将时域 OFDM 信号傅里叶变换为频域 OFDM 信号。载波频率偏移检测被执行以检测出作为用于解调 OFDM 信号的载波的差错的所估计出的载波频率偏移。此外,载波频率偏移校正被执行,以根据所估计出的载波频率偏移来校正频域 OFDM 信号的载波频率偏移。在此情况中,OFDM 信号包含第一前导信号以及跟随在

所述第一前导信号之后的第二前导信号。对第二前导信号的变换计算与利用第一前导信号的载波频率偏移检测并行地被执行。

[0074] 应当注意,信号处理装置可以是独立的装置或者构成独立装置的内部块。

[0075] 本发明的实施例准许快速解调 OFDM 信号。

附图说明

[0076] 图 1 是图示出 OFDM 符号的示意图;

[0077] 图 2 是图示出现有 OFDM 接收机的配置示例的框图;

[0078] 图 3 是图示出 T2 帧格式的示意图;

[0079] 图 4 是图示出 P1 OFDM 信号的示意图;

[0080] 图 5 是图示出应用了本发明实施例的信号处理装置的第一实施例的配置示例的框图;

[0081] 图 6 是图示出 P1 OFDM 信号的功率的示意图;

[0082] 图 7 是描绘前导信号处理部件所使用的“粗略”载波频率偏移估计方法的示意图;

[0083] 图 8 是描绘考虑到在实施指南中介绍的 OFDM 信号载波频率偏移以及 P1 和 P2 信号的一系列解调序列的示意图;

[0084] 图 9A 和 9B 是描绘利用预设进行的 OFDM 信号的解调的示意图;

[0085] 图 10A 和 10B 是描绘当 OFDM 信号具有“粗略”载波频率偏移时利用预设解调 OFDM 信号的示意图;

[0086] 图 11A 和 11B 是描绘当 OFDM 信号具有“粗略”载波频率偏移时由 OFDM 接收机对 OFDM 信号进行解调的示意图;

[0087] 图 12 是描绘由频域载波频率偏移校正部件进行的“粗略”载波频率偏移校正的示意图;

[0088] 图 13 是描述检测范围设置处理的流程图;

[0089] 图 14 是图示出应用了本发明实施例的信号处理装置的第二实施例的配置示例的框图;以及

[0090] 图 15 是图示出应用了本发明实施例的计算机的实施例的配置示例的框图。

具体实施方式

[0091] < 第一实施例 >

[0092] [信号处理装置的配置示例]

[0093] 图 5 是图示出应用了本发明的信号处理装置的第一实施例的配置示例的框图。

[0094] 在图 5 中,信号处理装置例如用作适于接收和解调 DVB-T2 OFDM 信号的 OFDM 接收机。

[0095] 即,在图 5 中,信号处理装置包括时域载波频率偏移校正部件 21、FFT 计算部件 22、频域载波频率偏移校正部件 23、旋转部件 24、前导信号处理部件 25 以及符号同步部件 26。

[0096] 时域载波频率偏移校正部件 21 被提供有 OFDM 时域信号。

[0097] 即,OFDM 接收机从自适于发送 OFDM 信号的 OFDM 发送机发送来的 OFDM 信号中例如提取用户所选信道的 OFDM 信号(与该信道相关联的频带中的 OFDM 信号)。

[0098] 此外,OFDM 接收机使用给定频率(载波频率)处的载波(理想地,与 OFDM 发送机所使用的载波相同的载波)以及与该载波正交的信号来对用户所选信道(下面称为感兴趣信道)的 OFDM 信号执行数字正交解调。OFDM 接收机将从数字正交解调获得的基带 OFDM 信号提供给时域载波频率偏移校正部件 21。

[0099] 这里,提供给时域载波频率偏移校正部件 21 的 OFDM 信号是尚待经过 FFT 计算的时域信号(紧邻由 OFDM 发送机对 IQ 星座中的符号(在单个子载波上发送的数据)进行 IFFT 计算之后的信号)。因此,该 OFDM 信号也称为 OFDM 时域信号。

[0100] OFDM 时域信号是由包括实轴(I(同相))分量和虚轴(Q(正交相位))分量的复数表达的复信号。

[0101] 时域载波频率偏移校正部件 21 不仅被提供有 OFDM 时域信号,而且还被提供有来自前导信号处理部件 25 的通过利用 P1 的“精细”载波频率偏移估计检测出的“精细”估计出的载波频率偏移。

[0102] 时域载波频率偏移校正部件 21 根据来自前导信号处理部件 25 的“精细”估计出的载波频率偏移来执行适合于校正提供给它的 OFDM 时域信号的“精细”载波频率偏移校正。

[0103] 该部件 21 将从“精细”载波频率偏移校正得到的 OFDM 时域信号提供给 FFT 计算部件 22 和前导信号处理部件 25。

[0104] FFT 计算部件 22 根据从符号同步部件 26 提供来的 FFT 触发信息(FFT 窗口触发)来从自时域载波频率偏移校正部件 21 提供来的 OFDM 时域信号中提取出与 FFT 大小一样多的 OFDM 时域信号(其样本值),从而执行作为快速 DFT(离散傅里叶变换)计算的 FFT 计算。

[0105] 即,从符号同步部件 26 提供来的 FFT 触发信息表示针对 OFDM 时域信号的要经过 FFT 计算的间隔的起始位置(FFT 计算起始位置)以及间隔大小(FFT 大小)。

[0106] FFT 计算部件 22 根据从符号同步部件 26 提供来的 FFT 触发信息来提取从 FFT 触发信息所指示的位置起的、如 FFT 触发信息中的 FFT 大小所指示的那么多的 OFDM 时域信号,来作为要经过 FFT 计算的间隔(下面亦称为 FFT 间隔)的 OFDM 时域信号。

[0107] 结果,从构成了 OFDM 时域信号中所包含的单个 OFDM 符号的符号中理想地提取出了除保护间隔(其符号)以外的具有有效符号长度的符号,来作为用于 FFT 间隔的 OFDM 时域信号。

[0108] 然后,FFT 计算部件 22 对用于 FFT 间隔的 OFDM 时域信号(具有有效符号长度的符号)执行 FFT 计算。

[0109] 由 FFT 计算部件 22 对 OFDM 时域信号进行的 FFT 计算提供了在子载波上发送的信息,即,表示 IQ 星座中的符号的 OFDM 信号。

[0110] 应当注意,从对 OFDM 时域信号进行 FFT 计算获得的 OFDM 信号是频域信号,并且下面亦称为 OFDM 频域信号。

[0111] FFT 计算部件 22 将从对 OFDM 时域信号的 OFDM 符号执行 FFT 计算获得的 OFDM 频域信号(即,构成 OFDM 符号的一组子载波)提供给频域载波频率偏移校正部件 23。

[0112] 这里,FFT 计算部件 22 不仅将构成 OFDM 符号的一组子载波 $c\#i$ (其是 OFDM 频域信号),而且将表示子载波 $c\#i$ 的载波索引号 j 提供给频域载波频率偏移校正部件 23。

[0113] 即,将从构成 OFDM 符号的该组子载波 $c\#i$ 中频率最低的子载波起的第 $j+1$ (其中,

$j = 0, 1, \dots$) 个子载波的载波索引号用字母 j 表示, 则 FFT 计算部件 22 将载波索引号 j 与第 $j+1$ 个子载波 $c\#1$ 相关联, 将该载波索引号 j 与作为构成 OFDM 符号的该组子载波 $c\#i$ 的多个子载波 $c\#i$ 的排列一起提供给频域载波频率偏移校正部件 23。

[0114] 应当注意, 如果 OFDM 频域信号例如在向上的方向上具有 $+K$ 子载波的载波频率偏移, 则由等式 $j = i+K$ 表达的从 FFT 计算部件 22 输出的子载波 $c\#i$ 的 i 与载波索引号 j 之间的关系成立。

[0115] 频域载波频率偏移校正部件 23 不仅被提供有来自 FFT 计算部件 22 的 OFDM 频域信号, 而且被提供有来自前导信号处理部件 25 的通过利用 P1 的“粗略”载波频率偏移估计检测出的“粗略”估计出的载波频率偏移。

[0116] 该部件 23 根据来自前导信号处理部件 25 的“粗略”估计出的载波频率偏移来执行适合于校正来自 FFT 计算部件 22 的 OFDM 频域信号的“粗略”载波频率偏移校正。

[0117] 这里, 如果 OFDM 信号具有“粗略”载波频率偏移, 则构成 OFDM 符号的子载波 $c\#i$ (其是从 FFT 计算部件 22 获得的 OFDM 频域信号) 接近于设定频率 $f\#j$ 而非其 (固有的) 设定频率 $f\#i$ 。结果, FFT 计算部件 22 将子载波 $c\#i$ 与载波索引号 $j (= i+K)$ 而非固有载波索引号 i 相关联。

[0118] 频域载波频率偏移校正部件 23 例如将与子载波 $c\#i$ 相关联的载波索引号从不是子载波 $c\#i$ 的固有载波索引号的载波索引号 j 改变为固有载波索引号 i , 来作为“粗略”载波频率偏移校正。

[0119] 该部件 23 将从“粗略”载波频率偏移校正得到的 OFDM 频域信号与载波索引号一起提供给旋转部件 24。

[0120] 旋转部件 24 不仅被提供有来自频域载波频率偏移校正部件 23 的 OFDM 频域信号和载波索引号, 而且还被提供有其它信息。这样的信息包括由未示出的块从 OFDM 信号中估计出的 GI 长度或者可在 OFDM 接收机中预先获得 (下面亦称为预设 (preset)) 的信息中所包括的 GI 长度。这样的信息还包括来自前导信号处理部件 25 的通过利用 P1 的“粗略”载波频率偏移估计检测出的“粗略”估计出的载波频率偏移。

[0121] 旋转部件 24 根据 GI 长度和“粗略”估计出的载波频率偏移来执行校正, 该校正适合于在 IQ 星座中旋转来自频域载波频率偏移校正部件 23 的 OFDM 频域信号。该部件 24 将从该校正得到的 OFDM 频域信号与从频域载波频率偏移校正部件 23 提供来的载波索引号一起提供给后续级中适合于处理均衡、纠错、译码及其它处理的未示出的块。

[0122] 即, 假设从频域载波频率偏移校正部件 23 提供给旋转部件 24 的 OFDM 频域信号具有“粗略”载波频率偏移。将该偏移用字母 e 表示, 并且将 OFDM 信号的 GI 长度用字母 r 表示, 每个符号被旋转了 $e \times r$ 。因此, 旋转部件 24 执行校正以消除该旋转。

[0123] 前导信号处理部件 25 从自时域载波频率偏移校正部件 21 提供来的 OFDM 时域信号中检测作为第一前导信号信号的示例的 P1。该部件 25 执行利用 P1 的“精细”和“粗略”载波频率偏移估计, 从而检测“精细”和“粗略”估计出的载波频率偏移。

[0124] 然后, 前导信号处理部件 25 将“精细”估计出的载波频率偏移提供给时域载波频率偏移校正部件 21, 并将“粗略”估计出的载波频率偏移提供给频域载波频率偏移校正部件 23 和旋转部件 24。

[0125] 此外, 该部件 25 从 P1 提取比特 S1 和 S2, 并认识到表示 SISO 或 MISO 的传输系统、

P1 以外的 OFDM 符号的 FFT 大小,以及关于 GI 长度属于哪组的组信息。

[0126] 另外,前导信号处理部件 25 将信息提供给符号同步部件 26。这样的信息包括:表示包含在来自时域载波频率偏移校正部件 21 的 OFDM 时域信号中的 OFDM 时域信号上的 P1 位置的 P1 位置信息,以及从包含在 P1 中的比特 S1 和 S2 标识出的 FFT 大小。

[0127] 符号同步部件 26 基于来自前导信号处理部件 25 的 P1 位置信息、FFT 大小及其它信息生成 FFT 触发信息,并将该 FFT 触发信息提供给 FFT 计算部件 22。

[0128] 由该部件 26 生成的 FFT 触发信息包括下面的信息。即,对于作为 P1 之后的第二前导信号信号的示例的 P2,FFT 触发信息包括作为对 P2 进行的 FFT 计算的起始位置的有效符号的开始。有效符号的开始在如下 GI 长度的后面:由未示出的块从 OFDM 信号中估计出的 GI 长度或者来自 P1 位置信息所指示的位置的预设中所包含的 GI 长度。

[0129] 在如上所述那样配置的 OFDM 接收机中,前导信号处理部件 25 从经由时域载波频率偏移校正部件 21 提供来的 OFDM 时域信号检测 P1,并且执行利用 P1 的“精细”和“粗略”载波频率偏移估计,从而检测“精细”和“粗略”估计出的载波频率偏移。

[0130] 然后,前导信号处理部件 25 将“精细”估计出的载波频率偏移提供给时域载波频率偏移校正部件 21,并将“粗略”估计出的载波频率偏移提供给频域载波频率偏移校正部件 23 和旋转部件 24。

[0131] 此外,该部件 25 生成表示 OFDM 时域信号上的 P1 位置的 P1 位置信息和其它信息,并将信息提供给符号同步部件 26。

[0132] 符号同步部件 26 根据来自前导信号处理部件 25 的信息生成 FFT 触发信息,并将该信息提供给 FFT 计算部件 22。

[0133] 另一方面,时域载波频率偏移校正部件 21 根据从前导信号处理部件 25 提供来的“精细”估计出的载波频率偏移来校正提供给它 OFDM 时域信号,并将经校正的信号提供给 FFT 计算部件 22 和前导信号处理部件 25。

[0134] FFT 计算部件 22 根据从符号同步部件 26 提供来的 FFT 触发信息来对从时域载波频率偏移校正部件 21 提供来的 OFDM 时域信号执行 FFT 计算。该部件 22 将从 FFT 计算获得的 OFDM 频域信号与载波索引号一起提供给频域载波频率偏移校正部件 23。

[0135] 频域载波频率偏移校正部件 23 根据从前导信号处理部件 25 提供来的“粗略”估计出的载波频率偏移来执行适合于校正从 FFT 计算部件 22 提供来的 OFDM 时域信号的“粗略”载波频率偏移校正。该部件 23 将经校正的信号与载波索引号一起提供给旋转部件 24。

[0136] 旋转部件 24 根据由未示出块估计出的 GI 长度或者包含在预设中的 GI 长度以及从前导信号处理部件 25 提供来的“粗略”估计出的载波频率偏移,来校正从频域载波频率偏移校正部件 23 提供来的 OFDM 频域信号。该部件 24 将经校正的信号与从频域载波频率偏移校正部件 23 提供来的载波索引号一起提供给后续级中适合于处理均衡、纠错、译码及其它处理的未示出块。

[0137] [利用 P1 的载波频率偏移估计]

[0138] 如果 OFDM 信号具有载波频率偏移(并且尤其是“粗略”载波频率偏移),则难以适当地获得在 P1 和 P2 中被信号化的信息(精确地调制 P1 和 P2)。

[0139] 结果,在 OFDM 信号接收到之后,首先需要载波频率偏移校正。

[0140] 因此,图 5 所示的 OFDM 接收机利用 P1 估计载波频率偏移,从而检测估计出的载波

频率偏移并且根据该估计出的载波频率偏移来执行载波频率偏移校正。

[0141] 如上所述,根据实施指南,由于图 4 所描绘的 P1 循环结构,因此可以以小于在从 $-0.5 \times$ 子载波间隔至 $+0.5 \times$ 子载波间隔的范围中的子载波间隔为单位来执行“精细”的载波频率偏移估计。

[0142] 因此,前导信号处理部件 25(图 5)利用 P1 估计“精细”载波频率偏移以检测“精细”估计出的载波频率偏移。

[0143] 例如,如果 OFDM 信号传输频带例如为 8MHz,则落在最接近子载波 $c\#i$ 的设定配置之上和之下 $8929/2\text{Hz}$ 的范围内的值被检测作为“精细”估计出的载波频率偏移。

[0144] 另一方面,根据实施指南,如果 OFDM 信号传输频带例如为 8MHz,则如前所述的,可以基于 P1 OFDM 信号子载波位置之间的相互关系,来以在跨越从 -500kHz 到 $+500\text{kHz}$ 的最大范围的子载波间隔为单位执行“粗略”载波频率偏移估计。

[0145] 因此,前导信号处理部件 25 利用 P1 估计“粗略”载波频率偏移以检测“粗略”估计出的载波频率偏移。

[0146] 下面将参考图 6 和图 7 给出对由图 5 所示的前导信号处理部件 25 执行的利用 P1 的“粗略”载波频率偏移估计的描述。

[0147] 图 6 是图示出 P1 OFDM 信号的功率的示图。

[0148] 应当注意,在图 6(并且也在图 7 中),水平轴表示以频率表示的载波索引号,垂直轴表示子载波功率。

[0149] 如前所述,P1 OFDM 信号具有作为有效子载波的 853 个子载波。在 DVB-T2 中,853 个子载波中的 384 个子载波被指派了信息(位置)。

[0150] 应当注意,如果 OFDM 信号传输频带例如为 8MHz,则如前所述的,P1 子载波间隔为(大约)8929Hz。

[0151] 前导信号处理部件 25(图 5)基于 P1 OFDM 信号的上述 384 个子载波之间的相互关系,来利用 P1 估计“粗略”载波频率偏移以检测“粗略”估计出的载波频率偏移。

[0152] 图 7 是描绘由前导信号处理部件 25 使用的“粗略”载波频率偏移估计方法的示图。

[0153] 在图 7 中,实线和虚线箭头表示 P1 OFDM 信号的 853 个有效子载波。另一方面,实线箭头表示所有 853 个有效子载波中将计算其和的那些子载波(384 个子载波)。

[0154] 此外,表示 853 个有效子载波的所有箭头中的长箭头表示被指派了信息的 384 个子载波。结果,被指派了信息的 384 个子载波的功率(和幅度)较大。

[0155] 另一方面,短箭头表示未被指派信息的子载波。结果,未被指派信息的子载波的功率较小。

[0156] 图 7 所示的 P1(子载波)具有 -1 载波频率偏移。

[0157] 这里,载波频率偏移的符号(正或负)表示子载波位置(频率)的偏离方向。即,正的频率偏移表示子载波在较高频率的方向上偏离。另一方面,负的频率偏移表示子载波在较低频率的方向上偏离。

[0158] 此外,频率偏移的大小(绝对值)表示子载波的偏离大小,其中,“1”表示一个子载波间隔的偏离。

[0159] 因此, -1 频率偏移意味着子载波在较低频率方向上偏离了一个子载波间隔。

[0160] 在 P1 中,被指派了信息的 384 个子载波(下面亦称为信息子载波)被设置在预定

位置处（频率轴上的位置）。

[0161] 假设以 P1 的开始为起始点（参考）的 384 个信息子载波的预定位置为已知位置。当 OFDM 信号的载波频率偏移为 0 时，具有较大功率的所有 384 个信息子载波位于这些已知位置处。因此，384 个子载波的功率（或幅度）之和较大。

[0162] 另一方面，如果 OFDM 信号的载波频率偏移（“粗略”载波频率偏移）不为 0，则具有较大功率的 384 个信息子载波中的一些不位于已知位置处。因此，384 个子载波的功率（或幅度）之和比所有 384 个信息子载波位于已知位置处时的和小。

[0163] 因此，对于从表示预定数目子载波的载波频率偏移的偏移量 offset 的最小值 MIN 跨越到最大值 MAX 的检测范围中的多个偏移量中的每个偏移量 offset，前导信号处理部件 25 求出（find）已知位置处的子载波的功率之和。已知位置是以从 P1 的开始偏离了偏移量 offset 的位置作为起始点的多个位置（384 个位置）。

[0164] 然后，前导信号处理部件 25 针对在从最小值 MIN 跨越到最大值 MAX 的检测范围中的作为整数的多个偏移量中的每个偏移量 offset，检测所有的子载波功率之和中的最大的和，从而检测与该最大和相关联的偏移量 offset 作为“粗略”估计出的载波频率偏移。

[0165] 在图 7 中，为从 -16 的最小值 MIN 跨越到 +15 的最大值 MAX 的检测范围中的 32 个偏移量中的每个 offset，求出以从 P1 的开始偏离了偏移量 offset 的位置为起始点的已知位置处的子载波的功率之和。

[0166] 在图 7 中，由于如前所述载波频率偏移为 -1，因此当偏移量 offset 为 -1 时，子载波的功率之和为最大值。

[0167] [OFDM 信号解调序列]

[0168] 图 8 是描绘考虑到在实施指南中介绍的 OFDM 信号载波频率偏移以及 P1 和 P2 信令的一系列解调序列的示意图。

[0169] 即，图 8 图示出了 T2 帧序列。

[0170] 根据实施指南中描述的解调序列，OFDM 接收机在被激活时首先检测 P1（P1 检测）。

[0171] 在检测到 P1 之后，OFDM 接收机对 P1 执行“精细”和“粗略”载波频率偏移校正。

[0172] 在载波频率偏移校正之后，P1 可被解调（P1 信令可被译码）（P1 解调）。这允许 OFDM 接收机认识到 P2、数据（正常）和 FC 的 FFT 大小。

[0173] 此外，作为 P1 解调的结果，OFDM 接收机可以认识到关于 GI 长度的组信息。然而，应当注意，OFDM 接收机不能认识到其自身的 GI 长度。如图 8 所示，因此，当 T2 帧包含诸如两个 P2/OFDM 符号之类的多个 P2 时，OFDM 接收机不能够识别出第二或后续 P2 的起始位置。

[0174] 结果，在 OFDM 信号的接收开始之后，OFDM 接收机不能解调第一个 T2 帧（P1 已被解调的 T2 帧）中的多个 P2。

[0175] 因此，OFDM 接收机必须利用第一个 T2 帧的剩余符号来估计解调 P2 所需的 GI 长度（执行 GI 估计）。

[0176] 在估计出 GI 长度之后，OFDM 接收机等待下一（第二）T2 帧，基于从 P1 认识到的 FFT 大小以及从第一个 T2 帧估计出的 GI 长度来提取并解调 P1 之后的 P2。

[0177] 作为 P2 解调的结果，OFDM 接收机不仅成功地获得了 L1PRE，而且获得了 L1POST（图 3）（L1PRE 译码（和 L1POST 译码））。OFDM 接收机可以利用 L1PRE 和 L1POST 信息来解调数据（正常）和 FC。

[0178] 在实施指南中介绍的解调序列中,由于 GI 长度的估计而不能在第一 T2 帧中解调 P2。这将数据(包括 FC)的解调延迟了一个 T2 帧。

[0179] 因此,我们考虑使得可预先在 OFDM 接收机中获得解调 P2(其 L1PRE)或数据(包括 FC)所需的精确的传输参数并且将这些参数用于解调。

[0180] 应当注意,预设例如是由配备有 OFDM 接收机的电视接收机通过在购买之后的初始设置期间进行的所谓的信道扫描而获得的。TV 接收机获得其可接收到的信道的预设。

[0181] 可接收信道的预设可以通过从诸如因特网之类的网络下载或者通过从预先存储了信道预设的 TV 接收机存储器中读取来获得。

[0182] 这里,解调数据(包括 FC)所需的传输参数为 FFT 大小、表示 SISO 或 MISO 的传输系统、GI 长度、导频图案(PP)、传输频带是否被扩展(BWT_EXT)以及每个 T2 帧的 OFDM 符号的数目(NDSYM)。

[0183] 另一方面,解调 P2(其 L1PRE)所需的传输参数为 FFT 大小、传输系统和 GI 长度。

[0184] 应当注意,FFT 大小和传输系统可从 P1 被认识到。因此,作为预设,仅仅至少需要所有上述所需参数中除 FFT 大小和传输系统以外的传输参数。

[0185] 例如如果使得解调 P2(其 L1PRE)所需的传输参数作为预设可被预先获得,则 OFDM 接收机可利用预设来解调 P2(其 L1PRE),并且利用除了预设之外的、作为该解调结果获得的导频图案(PP)、传输频带是否被扩展(BWT_EXT)以及每个 T2 帧的 OFDM 符号的数目(NDSYM)来解调数据(包括 FC)。

[0186] 图 9A 和 9B 是描绘利用预设进行的 OFDM 信号的解调的示图。

[0187] 图 9A 图示出了具有 16K 或 32K 以外的 FFT 大小的 T2 帧序列。

[0188] 具有 16K 或 32K 以外的 FFT 大小的 T2 帧包含一个 P2(一个 OFDM 符号)或更多。

[0189] 当使用预设时,OFDM 接收机在第一个 T2 帧中检测 P1(P1 检测)并且解调 P1(P1 解调)。

[0190] 此外,OFDM 接收机利用作为预设的 GI 长度和其它参数来从第一个 T2 帧提取 P2,并且利用作为解调 P2 的结果获得的 L1PRE 和 L1POST 信息来解调数据(正常)和 FC。

[0191] 如上所述,使用预设使得能够从第一个 T2 帧起对数据(包括 FC)进行解调。即,使用预设提供了比图 8 所示的情况中不使用预设时快一个(T2)帧的对数据(包括 FC)的解调。

[0192] 图 9B 图示出了具有 16K 或 32K 的 FFT 大小的 T2 帧序列。

[0193] 具有 16K 或 32K 的 FFT 大小的 T2 帧仅包含一个 P2 或 P2OFDM 符号(因此,无需标识出第二个或后续 P2 的开始)。

[0194] 因此,当 FFT 大小为 16K 或 32K 时,即使不能作为预设获得 GI 长度,也可以解调 P2。

[0195] 结果,与图 9A 所示的情况一样,可从第一个 T2 帧开始解调数据(包括 FC)。

[0196] 顺便提及,在 OFDM 信号中存在“粗略”载波频率偏移时适合于利用 P1 估计“粗略”载波频率偏移并检测估计出的偏移的“粗略”载波频率偏移检测要花费较长时间,这是因为该检测针对从最小值 MIN 跨越到最大值 MAX 的检测范围中的多个偏移量中的每个 offset,求出以从 P1 的开始偏离了偏移量 offset 的位置为起始点的已知位置处的子载波的功率之和。

[0197] 在图 2 所示的现有 OFDM 接收机中,如果利用 P1 的“粗略”载波频率偏移检测花费较长时间,则 P1 之后的 P2 在该时段期间通过了载波频率偏移校正部件 11。结果,不能对 P2 执行“粗略”载波频率偏移校正,这使得无法精确地建立同步并解调 P2。

[0198] 即,图 10A 和 10B 是描绘当 OFDM 信号具有“粗略”载波频率偏移时利用预设解调 OFDM 信号的示意图。

[0199] 应当注意,图 10A 图示出了具有 16K 或 32K 以外的 FFT 大小的 T2 帧序列,并且图 10B 图示出了具有 16K 或 32K 的 FFT 大小的 T2 帧序列。

[0200] 如果 OFDM 信号具有“粗略”载波频率偏移,则当图 2 所示的现有 OFDM 接收机执行利用 P1 的“粗略”载波频率偏移检测(粗略载波偏移估计)时,第一个 T2 帧中的 P1 之后的 P2 通过了载波频率偏移校正部件 11。结果,无法对 P2 执行“粗略”载波频率偏移校正,这使得无法精确地建立同步并解调 P2。

[0201] 结果,图 2 所示的 OFDM 接收机必须等待下一 T2 帧,解调该 T2 帧中的 P1 之后的 P2 并且随后解调数据(包括 FC)。

[0202] 因此,如果 OFDM 信号具有“粗略”载波频率偏移,则图 2 所示的 OFDM 接收机即使利用预设也无法解调第一个 T2 帧中的 P2,因此对数据(包括 FC)的解调被延迟了一个 T2 帧。

[0203] 因此,在图 5 所示的 OFDM 接收机中,频域载波频率偏移校正部件 23 根据利用 P1 检测到的“粗略”载波频率偏移,对作为由 FFT 计算部件 22 对 OFDM 时域信号执行 FFT 解调的结果而获得的 OFDM 频域信号执行“粗略”载波频率偏移校正。

[0204] 然后,FFT 计算部件 22 与前导信号处理部件 25 利用第一个 T2 帧中的 P1 执行的载波频率偏移检测并行地来执行对 P1 之后的 P2 的 FFT 计算。

[0205] 因此,当由 FFT 计算部件 22 对第一个 T2 帧中的 P2 的 FFT 计算正在进行时,由前导信号处理部件 25 利用第一个 T2 帧中的 P1 进行的“粗略”载波频率偏移检测结束。结果,FFT 计算部件 22 的后一级处的频域载波频率偏移校正部件 23 对经过了 FFT 计算的 P2,即第一个 T2 帧中的 P2 执行“粗略”载波频率偏移校正,从而建立同步。

[0206] 这允许精确解调第一个 T2 帧中的 P2,从而使得能够利用 P2 信息来解调数据(正常)和 FC 或者从第一个 T2 帧开始快速地解调数据。

[0207] 图 11A 和 11B 是描绘当 OFDM 信号具有“粗略”载波频率偏移时由图 5 所示的 OFDM 接收机对 OFDM 信号进行解调的示意图。

[0208] 应当注意,图 11A 图示出了具有 16K 或 32K 以外的 FFT 大小的 T2 帧序列,并且图 11B 图示出了具有 16K 或 32K 的 FFT 大小的 T2 帧序列。

[0209] 在图 5 所示的 OFDM 接收机中,当 FFT 计算部件 22 对第一个 T2 帧中的 P2 执行 FFT 计算时,前导信号处理部件 25 利用第一 T2 帧中的 P1 来执行“粗略”载波频率偏移检测(粗略载波偏移估计),从而检测出“粗略”估计出的载波频率偏移。

[0210] 然后,在对第一 T2 帧中的 P2 的 FFT 计算结束之后,FFT 计算部件 22 的后一级处的频域载波频率偏移校正部件 23 对已经过了 FFT 计算的 P2 执行“粗略”载波频率偏移校正。

[0211] 这里,图 5 所示的 OFDM 接收机在接收到 OFDM 信号后,使用作为解调 P2(和数据(包括 FC))所需的传输参数的预设来处理第一 T2 帧。

[0212] 应当注意,如果从 P1 认识到的 FFT 大小为 16K 或 32K 并且如果作为解调 P2 (和数据 (包括 FC)) 所需的参数之一的 GI 长度不能被获得作为预设,则图 5 所示的 OFDM 接收机使用作为 DVB-T2 中指定的最小值的 0 或 1/128 作为 GI 长度。

[0213] 然而,如果将作为 DVB-T2 中指定的最小值的 0 或 1/128 用作 GI 长度 (解调所需的传输参数之一),则该 GI 长度是不精确的。因此,必须针对第一 T2 帧来估计 GI 长度。此外,旋转部件 24 (图 5) 难以校正因“粗略”载波频率偏移引起的 IQ 星座中的 OFDM 频域信号的旋转。

[0214] 在此情况中,因“粗略”载波频率偏移引起的 OFDM 频域信号的旋转通过在旋转部件 24 的后续级处执行的均衡来纠正。

[0215] [载波频率偏移校正]

[0216] 图 12 是描绘由图 5 所示的频域载波频率偏移校正部件 23 进行的“粗略”载波频率偏移校正的示意图。

[0217] 如参考图 5 描述的,将从构成 OFDM 符号的该组子载波 $c\#i$ 中频率最低的子载波起的第 $j+1$ (其中, $j = 0, 1, \dots$) 个子载波的载波索引号用字母 j 表示,则 FFT 计算部件 22 将载波索引号 j 与第 $j+1$ 个子载波 $c\#1$ 相关联,将该载波索引号 j 与作为构成 OFDM 符号的该组子载波 $c\#i$ 的多个子载波 $c\#i$ 的排列一起提供给频域载波频率偏移校正部件 23。

[0218] 如果 OFDM 信号具有 $+K$ 的“粗略”载波频率偏移,则构成 OFDM 符号的子载波 $c\#i$ (其是从 FFT 计算部件 22 获得的 OFDM 时域信号) 接近于从子载波 $c\#i$ 的 (固有) 设定频率 $f\#i$ 偏离了 $+K$ 个子载波间隔的设定频率 $f\#j$ 。结果,FFT 计算部件 22 将子载波 $c\#i$ 与载波索引号 $j = i+K$ 而非固有载波索引号 i 相关联。

[0219] 频域载波频率偏移校正部件 23 根据来自前导信号处理部件 25 的“粗略”估计出的载波频率偏移,将与子载波 $c\#i$ 相关联的载波索引号从不是子载波 $c\#i$ 的固有载波索引号的载波索引号 j 改变为固有载波索引号 i ,来作为“粗略”载波频率偏移校正。

[0220] 图 12 图示出了作为从 FFT 计算部件 22 获得的构成 OFDM 符号的该组子载波的多个子载波 $c\#i$ 的排列 (FFT 输出数据)、与子载波 $c\#i$ 相关联的载波索引号 j 以及“粗略”载波频率偏移校正之后的载波索引号 (经校正的载波索引号)。

[0221] 如果来自前导信号处理部件 25 的“粗略”估计出的载波频率偏移例如为 $+10$,则频域载波频率偏移校正部件 23 将与从 FFT 计算部件 22 获得的构成 OFDM 符号的子载波 $c\#i$ 相关联的载波索引号 j 改变为通过从载波索引号 j 减去 10 获得的载波索引号 $i (= j-10)$ 。

[0222] [检测范围设置处理]

[0223] 图 13 是描述由图 5 所示的前导信号处理部件 25 进行的检测范围设置处理的流程图。

[0224] 这里,在图 5 所示的 OFDM 接收机中,当 FFT 计算部件 22 对第一 T2 帧中的 P2 执行 FFT 计算时,前导信号处理部件 25 利用第一 T2 帧中的 P1 来执行“粗略”载波频率偏移检测,从而检测出“粗略”估计出的载波频率偏移。

[0225] 然后,在对第一 T2 帧中的 P2 的 FFT 计算结束之后,FFT 计算部件 22 的后一级处的频域载波频率偏移校正部件 23 对已经过了 FFT 计算的 P2 执行“粗略”载波频率偏移校正。

[0226] 如上所述,为了在 FFT 计算结束之后使频域载波频率偏移校正部件 23 对第一 T2

帧中的 P2 执行“粗略”载波频率偏移校正,FFT 计算部件 22 必须在由前导信号处理部件 25 利用第一 T2 帧中的 P1 执行的“粗略”载波频率偏移检测结束之后来完成对第一 T2 帧中的 P2 的 FFT 计算。

[0227] 然而,当 P2 的 FFT 大小较小,例如为 1K 或 2K 时,FFT 计算部件 22 对 P2 执行 FFT 计算仅需要较短的时间,这使得较早地完成了 P2 的 FFT 计算。

[0228] 于是,如果 FFT 计算部件 22 在由前导信号处理部件 25 利用第一 T2 帧中的 P1 执行的“粗略”载波频率偏移检测结束之前完成了对第一 T2 帧中的 P2 的 FFT 计算,则频域载波频率偏移校正部件 23 不能根据“粗略”估计出的载波频率偏移对第一 T2 帧中的 P2 执行“粗略”载波频率偏移校正。

[0229] 上述问题的一种可能的解决方案是在 FFT 计算部件 22 的前一级或后一级处设置存储器来延迟数据,以使得第一 T2 帧中已经过了 FFT 计算的 P2 在由前导信号处理部件 25 利用第一 T2 帧中的 P1 执行的“粗略”载波频率偏移检测结束之后从 FFT 计算部件 22 被提供给频域载波频率偏移校正部件 23。

[0230] 然而,该解决方案由于存储器而导致了较大大小的 OFDM 接收机以及较高的成本。

[0231] 另一方面,如上所述,在“粗略”载波频率偏移检测期间,前导信号处理部件 25 针对在从最小值 MIN 跨越到最大值 MAX 的检测范围中的多个偏移量中的每个偏移量 offset,求出以从 P1 的开始偏离了偏移量 offset 的位置为起始点的已知位置处的子载波的功率之和。

[0232] 因此,“粗略”载波频率偏移检测花费与检测范围的大小(宽度)成比例的时间。结果,缩窄检测范围提供了“粗略”载波频率偏移检测所需的较短时间。

[0233] 因此,前导信号处理部件 25 通过检测范围设置处理来设置检测范围,以便按照需要在短的时间段中执行“粗略”载波频率偏移检测。这确保了“粗略”载波频率偏移检测在 FFT 计算部件 22 完成对第一 T2 帧中具有较小 FFT 大小的 P2 的 FFT 计算之前结束。

[0234] 即,当用户选择信道时,例如,前导信号处理部件 25 在检测范围设置处理的步骤 S11 中判断上次接收的感兴趣信道处的偏移量 offset 是否被存储在其所包括的存储器(未示出)中。

[0235] 这里,当在检测范围设置处理的步骤 S14 中接收到信道时,前导信号处理部件 25 将作为通过“粗略”载波频率偏移检测检测到的“粗略”载波频率偏移的偏移量 offset 与该信道相关联,将该偏移量 offset 存储在其所包括的存储器中。

[0236] 如果在步骤 S11 中判定感兴趣信道的偏移量 offset 未被存储在存储器中,则处理前进到步骤 S12,在其中,前导信号处理部件 25 设置一默认范围(较宽范围)作为检测范围,此后,处理前进到步骤 S14。

[0237] 这里,如果 OFDM 信号传输频带例如为 8MHz,则 DVB-T2 标准中指定的最宽可能范围(即可通过“粗略”载波频率偏移检测检测到的与 $\pm 500\text{kHz}$ 范围相当的范围)可被用作默认范围。

[0238] 另一方面,当在步骤 S11 中判定感兴趣信道的偏移量 offset 被存储在存储器中时,处理前进到步骤 S13,在其中,前导信号处理部件 25 将比默认范围窄的范围设置为检测范围,该比默认范围窄的范围包括存储在存储器中的感兴趣信道的偏移量 offset(作为在上次接收到感兴趣信道时通过“粗略”载波频率偏移检测检测到的“粗略”估计出的载波频

率偏移的偏移量 offset)。

[0239] 这里,有可能在当前接收到感兴趣信道时感兴趣信道的“粗略”载波频率偏移与前次接收到感兴趣信道时的“粗略”载波频率偏移相比不会改变很多,除非接收条件明显改变。

[0240] 因此,当感兴趣信道的偏移量 offset 被存储在存储器中时,即,当作为在上次接收到感兴趣信道时通过“粗略”载波频率偏移检测检测到的“粗略”估计出的载波频率偏移的偏移量 offset 被存储在存储器中时,通过将包括并接近上次接收时估计出的偏移的较窄范围设置为检测范围,可以精确地执行“粗略”载波频率偏移检测。

[0241] 设置窄的检测范围提供了“粗略”载波频率偏移检测所需的较短时间。这防止了 FFT 计算部件 22 在由前导信号处理部件 25 利用第一 T2 帧中的 P1 执行的“粗略”载波频率偏移检测结束之前完成对第一 T2 帧中的 P2 的 FFT 计算。

[0242] 在步骤 S14,前导信号处理部件 25 等待感兴趣信道的接收在用户改变信道或关闭电源时结束。然后,该部件 25 例如将在紧邻接收结束之前通过利用 P1 的“粗略”载波频率偏移检测检测到的偏移量 offset 作为“粗略”估计出的载波频率偏移来与该感兴趣的信道相关联,将该偏移存储在存储器中(如果存储了上次接收的感兴趣信道处的偏移量 offset,则改写该偏移)并终止检测范围设置处理。

[0243] 应当注意,在图 13 中,每当用户选择信道时,针对该信道(感兴趣信道)的在紧邻接收结束之前通过利用 P1 的“粗略”载波频率偏移检测检测到的偏移量 offset 作为“粗略”估计出的载波频率偏移被存储在存储器中。然而,例如可以在仅当信道被第一次选择时将偏移量 offset 作为“粗略”估计出的载波频率偏移存储在存储器中。

[0244] <第二实施例>

[0245] 图 14 是图示出适合于用作应用了本发明的 OFDM 接收机的信号处理装置的第二实施例的配置示例的框图。

[0246] 应当注意,在图 14 中,与图 5 中的组件相似的组件用相似的标号表示,并且适当地省略对其的描述。

[0247] 即,图 14 所示的 OFDM 接收机与图 5 所示的 OFDM 接收机的相同之处在于其包括时域载波频率偏移校正部件 21 至符号同步部件 26,不同之处在于新添加了信道干扰去除部件 31、符号数计数部件 41、载波频率偏移校正控制部件 42 以及计算部件 43。

[0248] 信道(传输线)干扰去除功能可被设置在适于处理 OFDM 时域信号的 OFDM 接收机的块中,如适于接收模拟广播的 TV 接收机中。

[0249] 在此情况中,当对指定频带中的 OFDM 时域信号执行诸如滤波之类的信道干扰去除处理时,将要经过信道干扰去除处理的该 OFDM 时域信号必须预先经受载波频率偏移校正。

[0250] 因此,在图 14 所示的 OFDM 接收机中,对第一 T2 帧的“粗略”载波频率偏移校正由 FFT 计算部件 22 的后一级处的频域载波频率偏移校正部件 23 来执行。对于第二及后续 T2 帧,“粗略”载波频率偏移校正由适合于进行“精细”载波频率偏移校正的时域载波频率偏移校正部件 21 来执行。

[0251] 即,在图 14 所示的 OFDM 接收机中,信道干扰去除部件 31 被提供有来自时域载波频率偏移校正部件 21 的 OFDM 时域信号。

[0252] 信道干扰去除部件 31 使来自时域载波频率偏移校正部件 21 的 OFDM 时域信号经过信道干扰去除处理,将得到的信号提供给 FFT 计算部件 22。

[0253] 符号数计数部件 41 被提供有来自符号同步部件 26 的 FFT 触发信息。

[0254] 该部件 41 对来自符号同步部件 26 的 FFT 触发信息的条数进行计数,当计数达到每个 T2 帧的 OFDM 符号数时,将帧结束标志提供给载波频率偏移校正控制部件 42。帧结束标志指示 T2 帧已到达其结尾。

[0255] 载波频率偏移校正控制部件 42 不仅被提供有来自符号数计数部件 41 的帧结束标志,而且被提供有来自前导信号处理部件 25 的通过利用 P1 的“粗略”载波频率偏移检测检测到的“粗略”估计出的载波频率偏移(偏移量 offset)。

[0256] 该部件 42 在从开始接收 OFDM 信号起到从符号数计数部件 41 提供来帧结束标志为止的时间段中,即,在第一 T2 帧被处理时,将来自前导信号处理部件 25 的“粗略”估计出的载波频率偏移提供给频域载波频率偏移校正部件 23 和旋转部件 24,并且将作为“粗略”估计出的载波频率偏移的“0”提供给计算部件 43。

[0257] 另一方面,载波频率偏移校正控制部件 42 从在开始接收 OFDM 信号之后自符号数计数部件 41 提供来帧结束标志时的时刻起,即在第二 T2 帧的处理开始之后,将来自前导信号处理部件 25 的“粗略”估计出的载波频率偏移提供给计算部件 43,并且将作为“粗略”估计出的载波频率偏移的“0”提供给频域载波频率偏移校正部件 23 和旋转部件 24。

[0258] 计算部件 43 不仅被提供有来自载波频率偏移校正控制部件 42 的“粗略”估计出的载波频率偏移,而且还被提供有来自前导信号处理部件 25 的通过利用 P1 的“精细”载波频率偏移检测(通过利用 P1 估计“精细”载波频率偏移并且检测该“精细”估计出的载波频率偏移)检测到的“精细”估计出的载波频率偏移。

[0259] 该部件 43 将来自载波频率偏移校正控制部件 42 的“粗略”估计出的载波频率偏移与来自前导信号处理部件 25 的“精细”估计出的载波频率偏移相加在一起,将这两个偏移之和作为估计出的载波频率偏移提供给时域载波频率偏移校正部件 21。

[0260] 在如上所述那样配置的 OFDM 接收机中,载波频率偏移校正控制部件 42 从开始接收 OFDM 信号时起到从符号数计数部件 41 提供来帧结束标志时为止,即,在第一 T2 帧被处理时,将来自前导信号处理部件 25 的“粗略”估计出的载波频率偏移提供给频域载波频率偏移校正部件 23 和旋转部件 24,并且将作为“粗略”估计出的载波频率偏移的“0”提供给计算部件 43。

[0261] 因此,频域载波频率偏移校正部件 23 和旋转部件 24 利用由前导信号处理部件 25 检测到的并来自载波频率偏移校正控制部件 42 的“粗略”估计出的载波频率偏移,以与图 5 所示的 OFDM 接收机相同的方式来处理第一 T2 帧。

[0262] 另一方面,计算部件 43 将“0”(即,来自载波频率偏移校正控制部件 42 的“粗略”估计出的载波频率偏移)与来自前导信号处理部件 25 的“精细”估计出的载波频率偏移相加在一起,将这两个偏移之和作为估计出的载波频率偏移,即,将来自前导信号处理部件 25 的“精细”估计出的载波频率偏移,提供给时域载波频率偏移校正部件 21。

[0263] 因此,时域载波频率偏移校正部件 21 利用由前导信号处理部件 25 检测到的“精细”估计出的载波频率偏移,以与图 5 所示的 OFDM 接收机相同的方式来处理第一 T2 帧。

[0264] 然后,载波频率偏移校正控制部件 42 在 OFDM 信号的接收开始之后被提供来自符

号数计数部件 41 的帧结束标志。从该时刻起,即在第二 T2 帧的处理开始之后,该部件 42 将来自前导信号处理部件 25 的“粗略”估计出的载波频率偏移提供给计算部件 43,并且将作为“粗略”估计出的载波频率偏移的“0”提供给频域载波频率偏移校正部件 23 和旋转部件 24。

[0265] 因此,频域载波频率偏移校正部件 23 和旋转部件 24 利用作为“粗略”估计出的载波频率偏移的从载波频率偏移校正控制部件 42 提供来的“0”来处理第二和后续 T2 帧。

[0266] 即,在此情况中,频域载波频率偏移校正部件 23 和旋转部件 24 实际上未处理帧。结果,OFDM 频域信号在未经处理的情况下通过了这些部件 23 和 24。

[0267] 另一方面,计算部件 43 将由前导信号处理部件 25 检测到的并从载波频率偏移校正控制部件 42 提供来的“粗略”估计出的载波频率偏移与从前导信号处理部件 25 提供来的“精细”估计出的载波频率偏移相加在一起,将这两个偏移之和作为估计出的载波频率偏移提供给时域载波频率偏移校正部件 21。

[0268] 因此,对于第二和后续 T2 帧,时域载波频率偏移校正部件 21 根据这两个偏移(即,由前导信号处理部件 25 检测到的并从载波频率偏移校正控制部件 42 提供来的“粗略”估计出的载波频率偏移以及“精细”估计出的载波频率偏移)之和,对 OFDM 时域信号同时(无差别地)执行“粗略”和“精细”载波频率偏移校正。

[0269] 上面描述了将本发明应用于用作适合于处理遵循 DVB-T2 标准的 OFDM 信号的信号处理装置的 OFDM 接收机的情况。然而,本发明还可应用于适于处理包含如下前导信号的 OFDM 信号的信号处理装置:第一前导信号和在第一个之后的第二前导信号,在其中,解调数据所需的信息被信号化。

[0270] 这样的信号处理装置例如可应用于电视接收机、调谐器、记录器以及适于接收电视广播的其它装备。

[0271] [应用了本发明实施例的计算机的描述]

[0272] 上面的处理序列可由硬件或软件执行。如果处理序列由软件执行,则构成软件的程序例如被安装到通用计算机中。

[0273] 因此,图 15 图示出了被安装有适于执行上述处理序列的程序的计算机的实施例的配置示例。

[0274] 程序可预先被记录在被包括在计算机中以用作记录介质的硬盘 105 或 ROM 103 中。

[0275] 替代地,程序可被存储(记录)在可移除记录介质 111 中。可移除记录介质 111 可作为所谓的套装软件而被提供。这里,可用作可移除记录介质 111 的记录介质是软盘、CD-ROM(致密盘只读存储器)、MO(磁光)盘、DVD(数字通用盘)、磁盘和半导体存储器。

[0276] 应当注意,程序不仅可从可移除记录介质 111 被安装(如上所述),而且可经由通信网络或广播网络被下载并被安装到所包括的硬盘 105 中。即,程序例如可经由用于数字卫星广播的人造卫星以无线方式或者经由 LAN(局域网)、因特网或其它网络以有线方式从下载站点被传送给计算机。

[0277] 该计算机包括 CPU(中央处理单元)102,I/O 接口 110 经由总线 101 连接到该 CPU 102。

[0278] 当作为操作输入部件 107 的结果从用户输入指令时,CPU 102 根据该指令执行存

储在 ROM(只读存储器)103 中的程序。替代地,CPU 102 将程序从硬盘 105 载入 RAM(随机存取存储器)104 中以用于执行。

[0279] 这允许 CPU 102 进行如上面的流程图中所示的处理或者由上面的框图中所示的信号处理装置的组件执行的执行。然后,CPU 102 从输出部件 106 输出处理结果,或者经由 I/O 接口 110 从通信部件 108 来发送它们,或者甚至将结果存储到硬盘 105。

[0280] 应当注意,输入部件 107 例如包括键盘、鼠标和麦克风。另一方面,输出部件 106 例如包括 LCD(液晶显示)和扬声器。

[0281] 这里,在本说明书中,由计算机根据程序执行的执行不一定根据流程图所示的顺序按时间顺序来执行。即,由计算机根据程序执行的执行包括并行地或分别执行的执行(例如,并行处理或使用对象的执行)。

[0282] 另一方面,程序可由单个计算机(处理器)执行或者由多个计算机以分布式方式执行。另外,程序可被传送到远程计算机以供执行。

[0283] 应当注意,本发明的实施例不限于上述那些实施例,而是可以在不脱离本发明的精神和范围的情况下以各种方式进行修改。

[0284] 本申请包含与在以下申请中公开的主题相关的主题:2009 年 7 月 24 日提交给日本特许厅的日本在先专利申请 JP 2009-173591,该申请的全部内容通过引用结合于此。

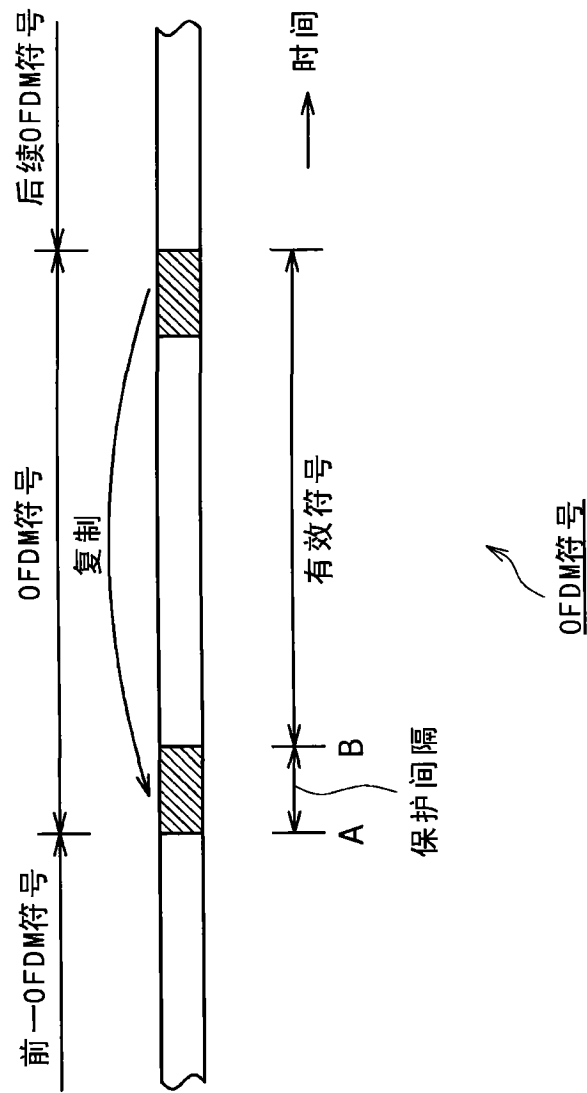


图 1

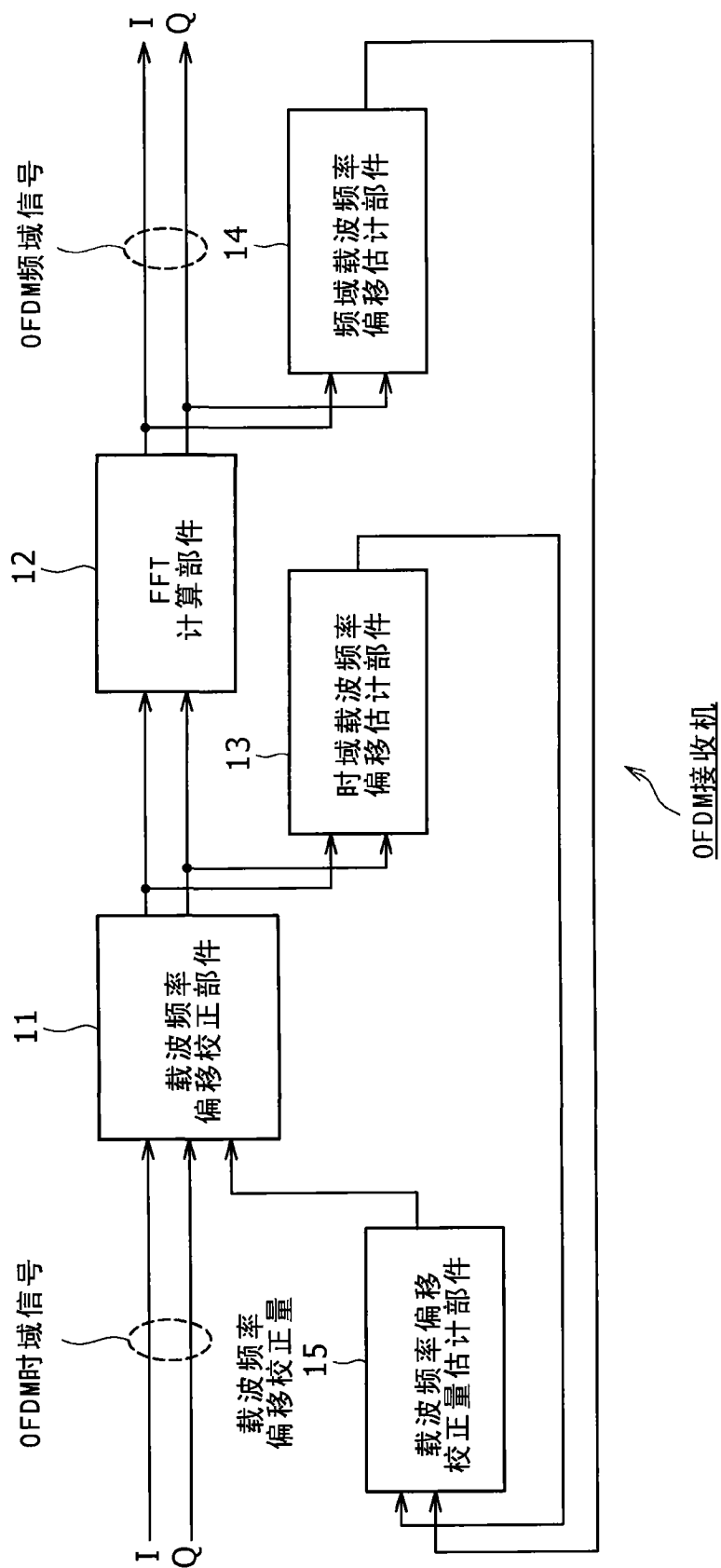


图 2

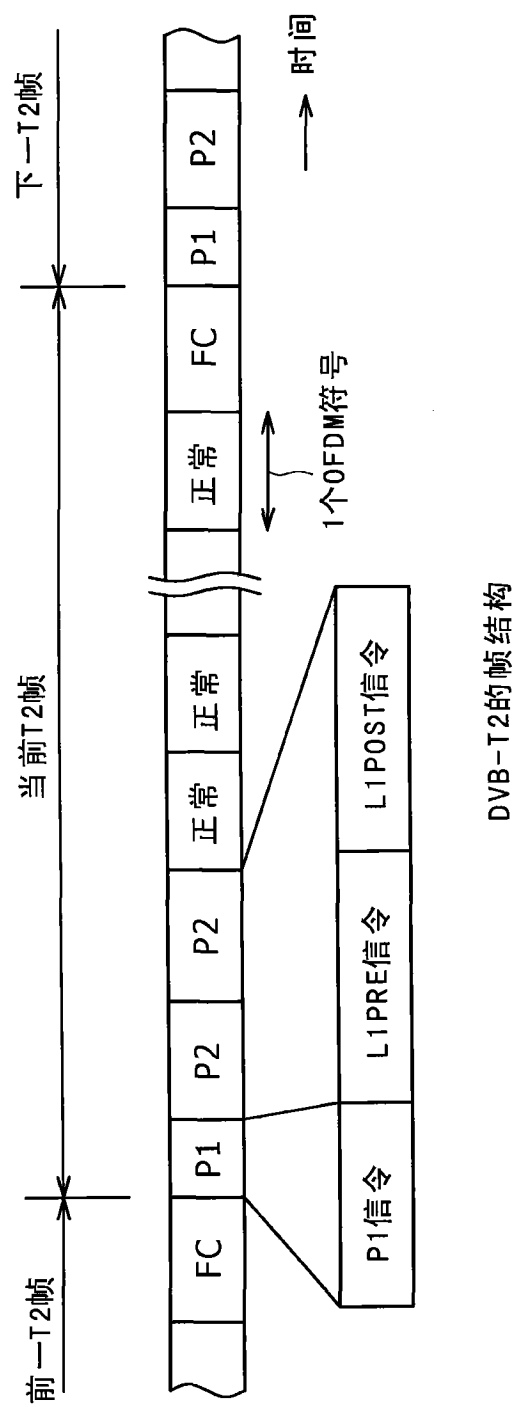


图 3

DVB-T2的帧结构

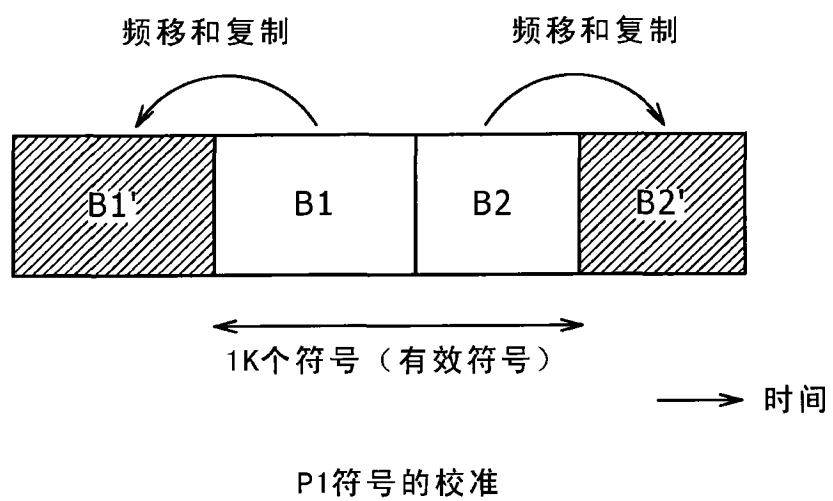


图 4

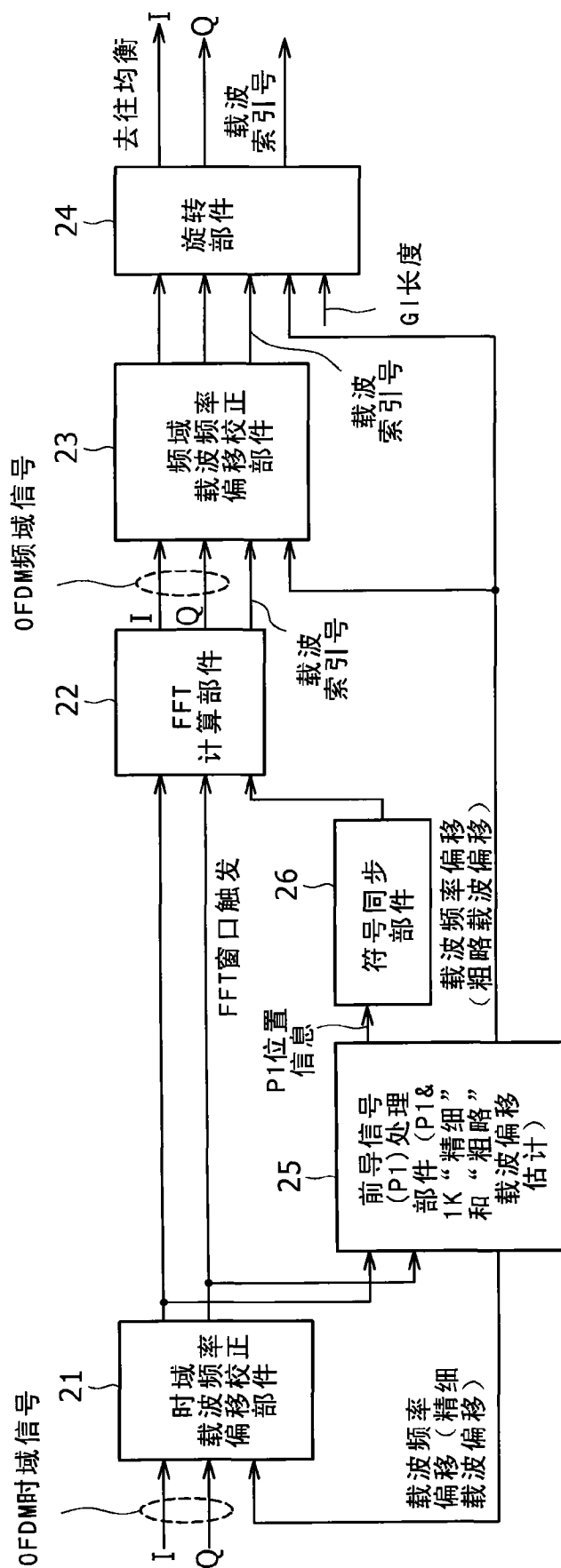


图 5

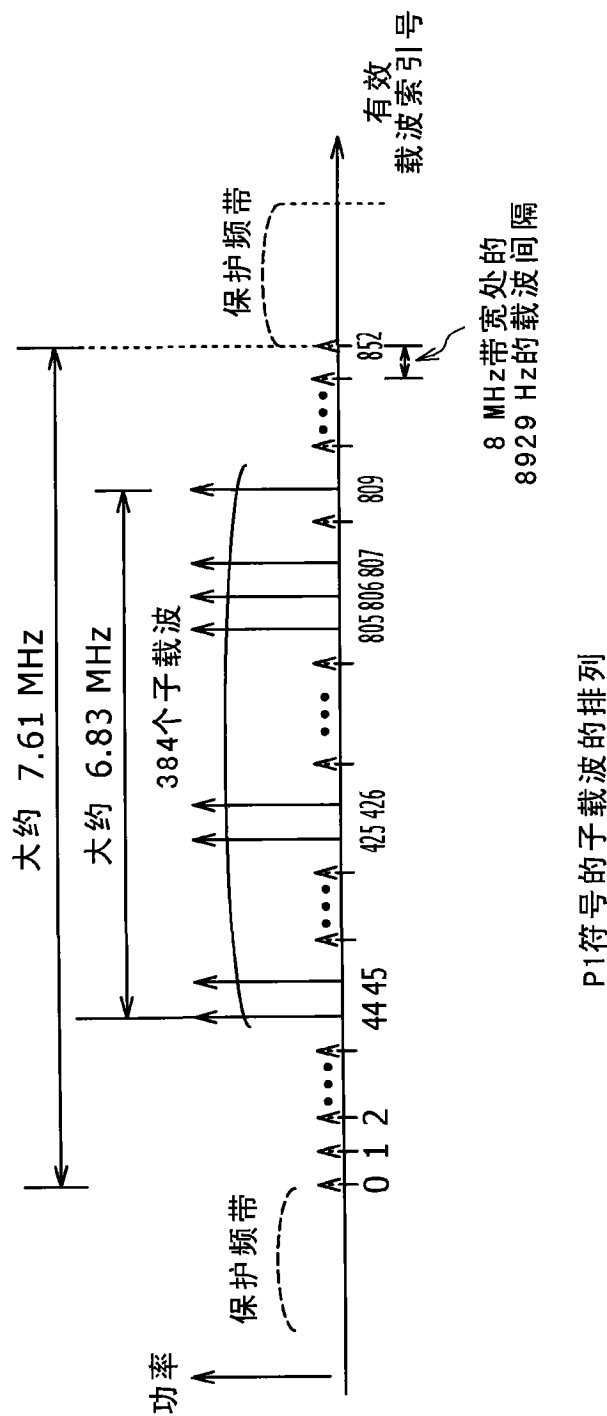


图 6

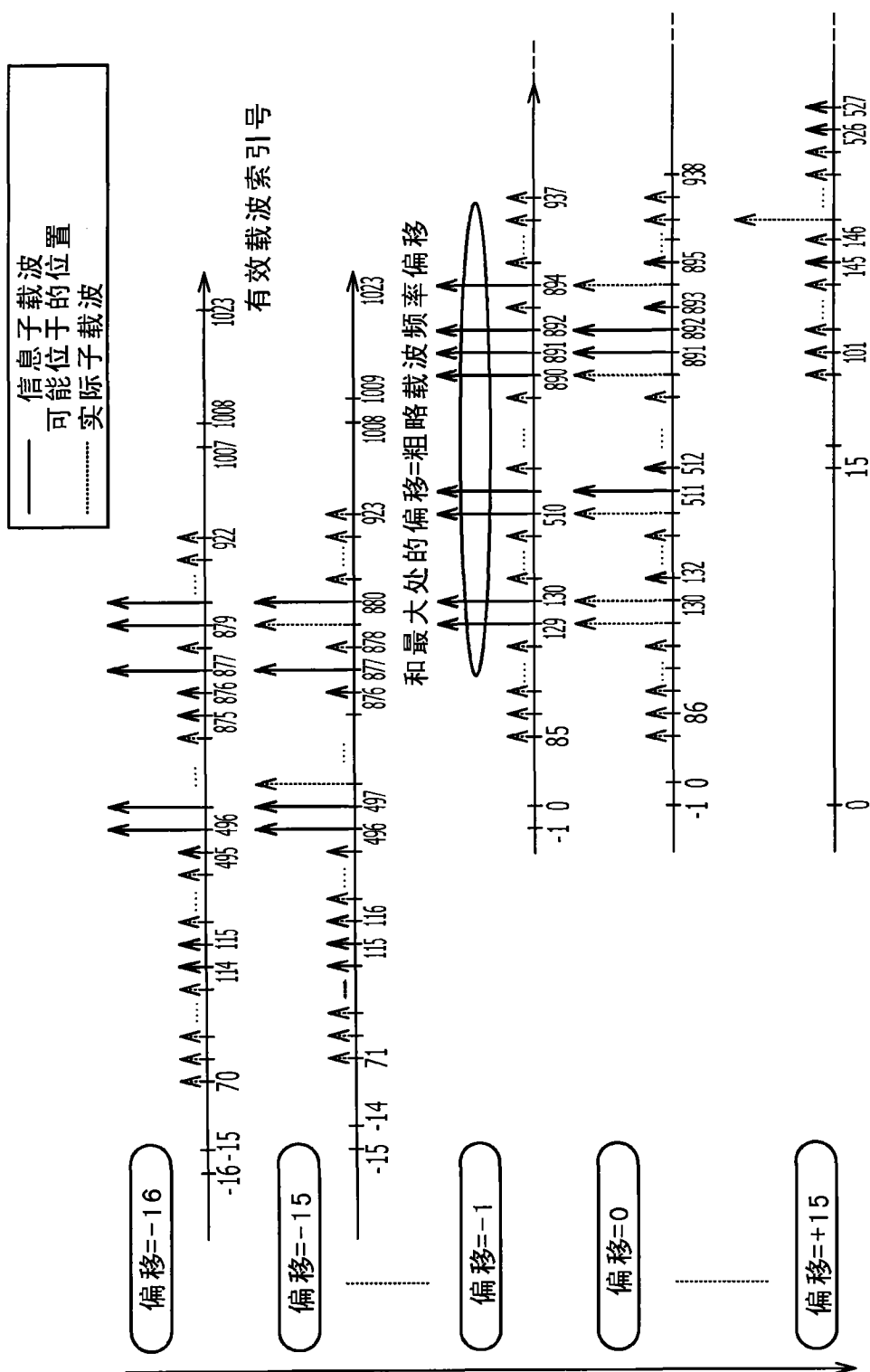


图 7

利用P1的粗略载波频率偏移的检测

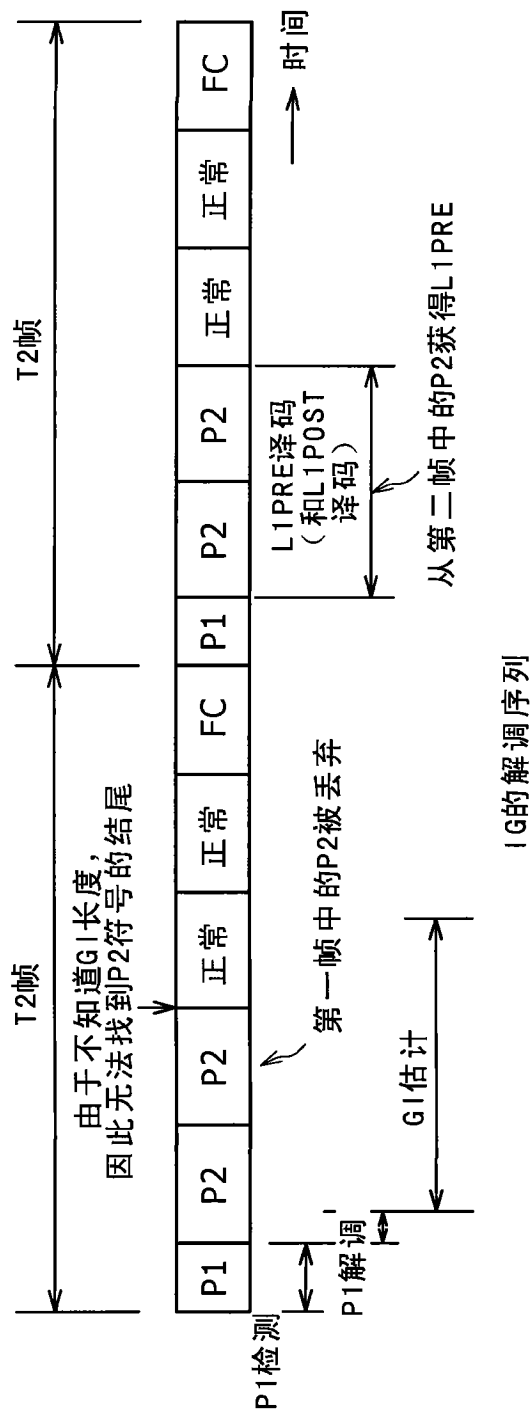


图 8

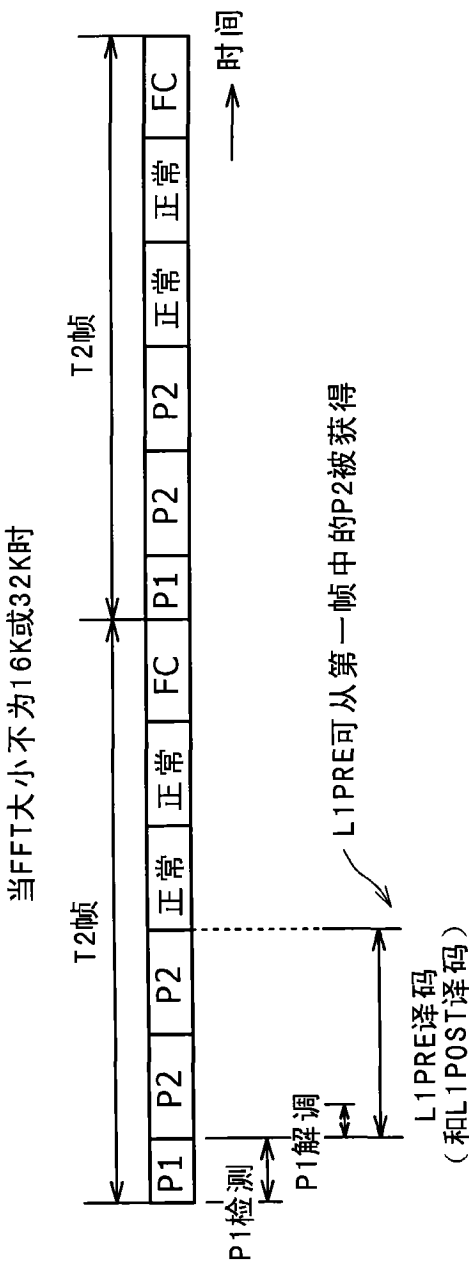


图 9A

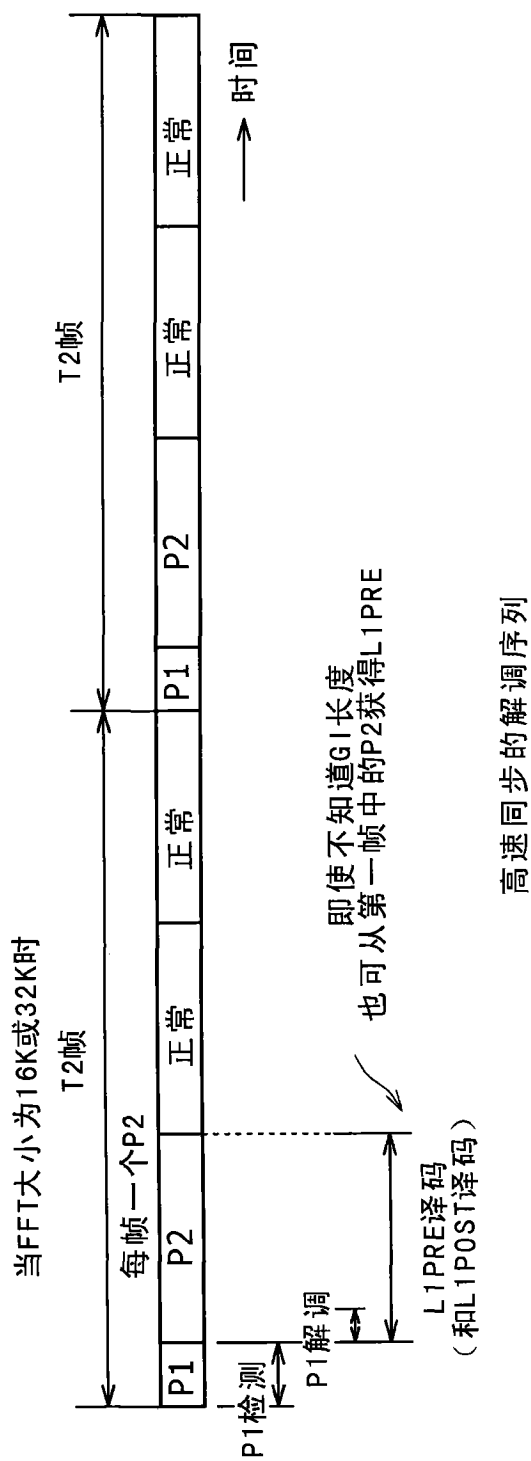


图 9B

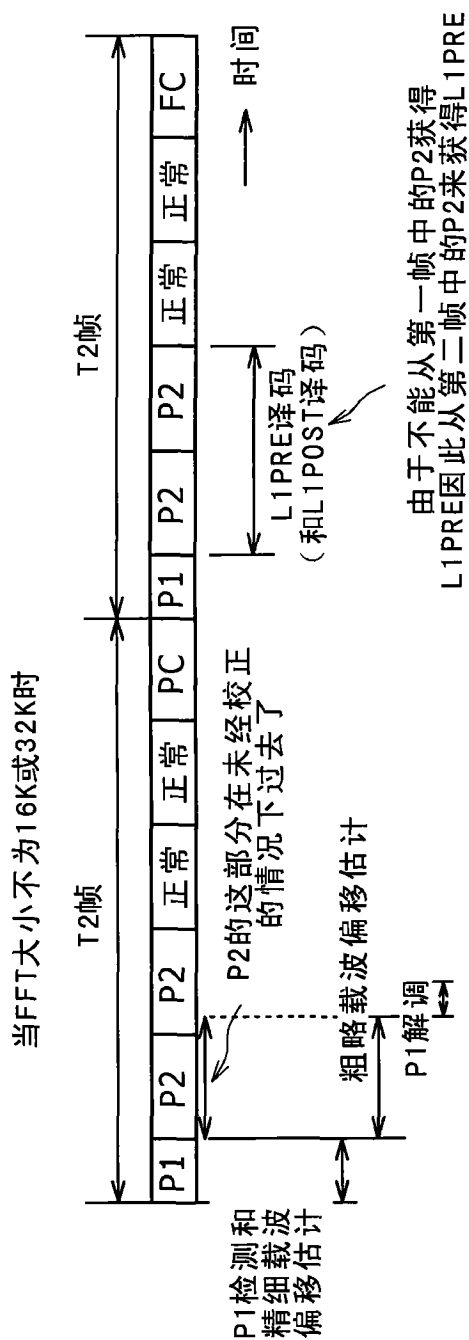


图 10A

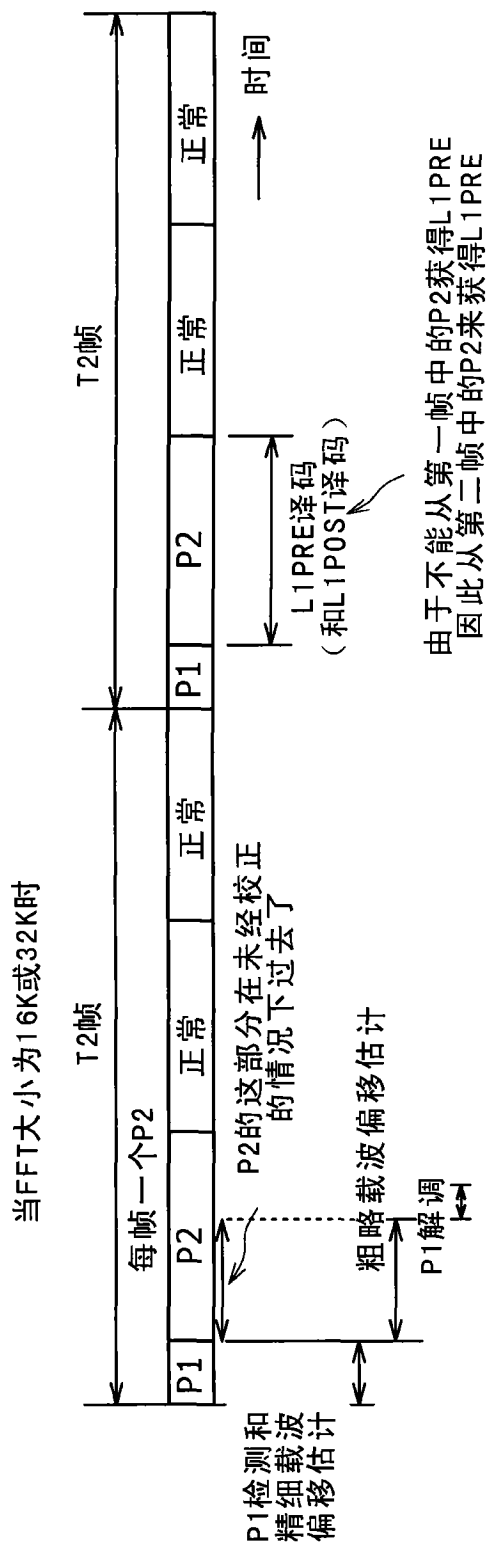


图 10B

存在载波偏移的解调序列

当FFT大小不为16K或32K时

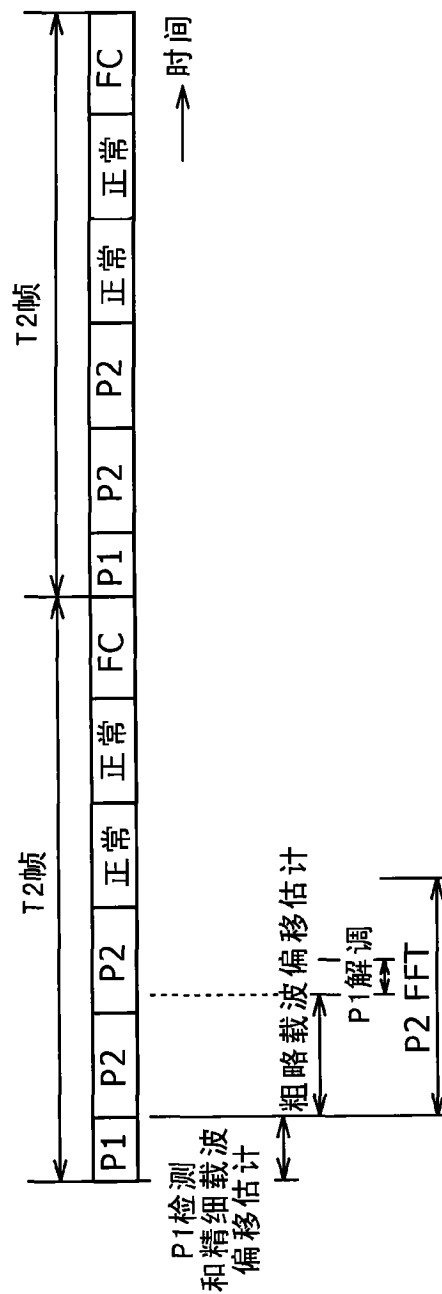


图 11A

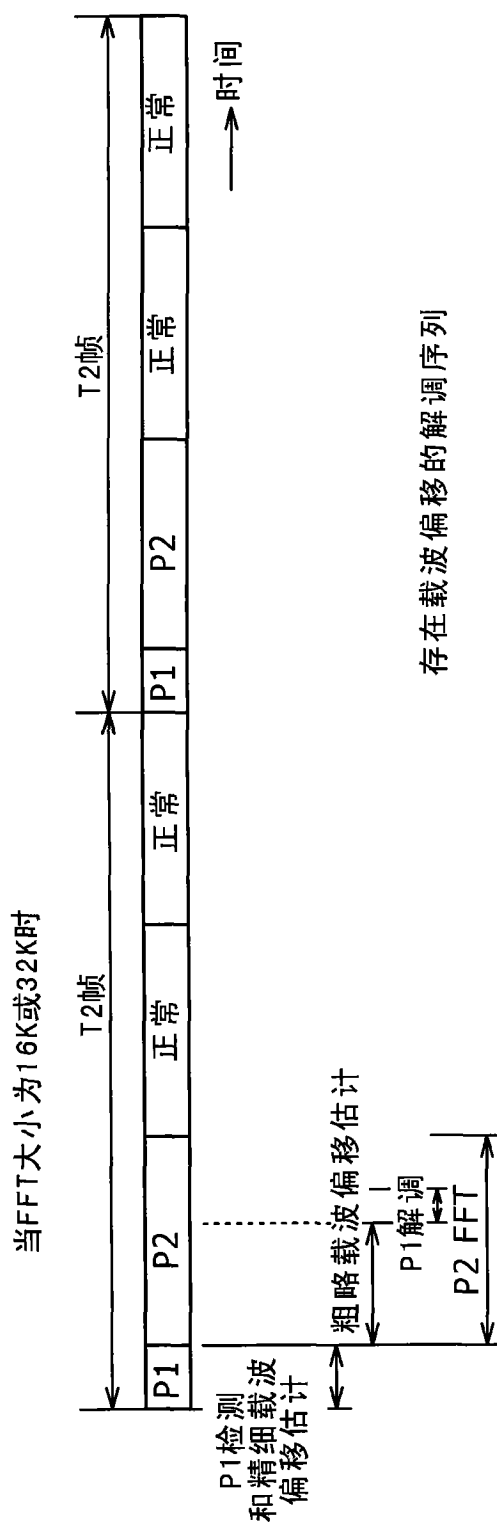


图 11B

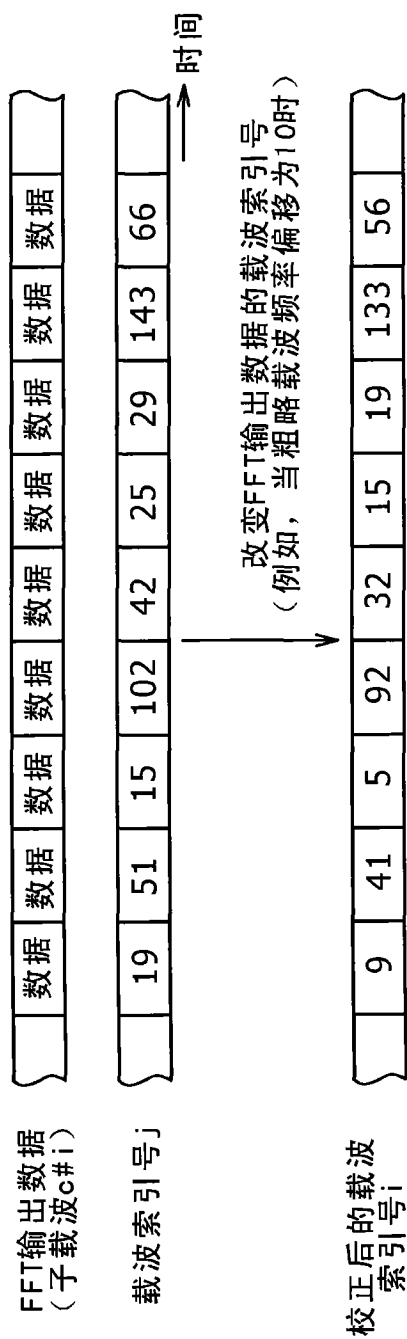


图 12

载波频率偏移校正的一个示例

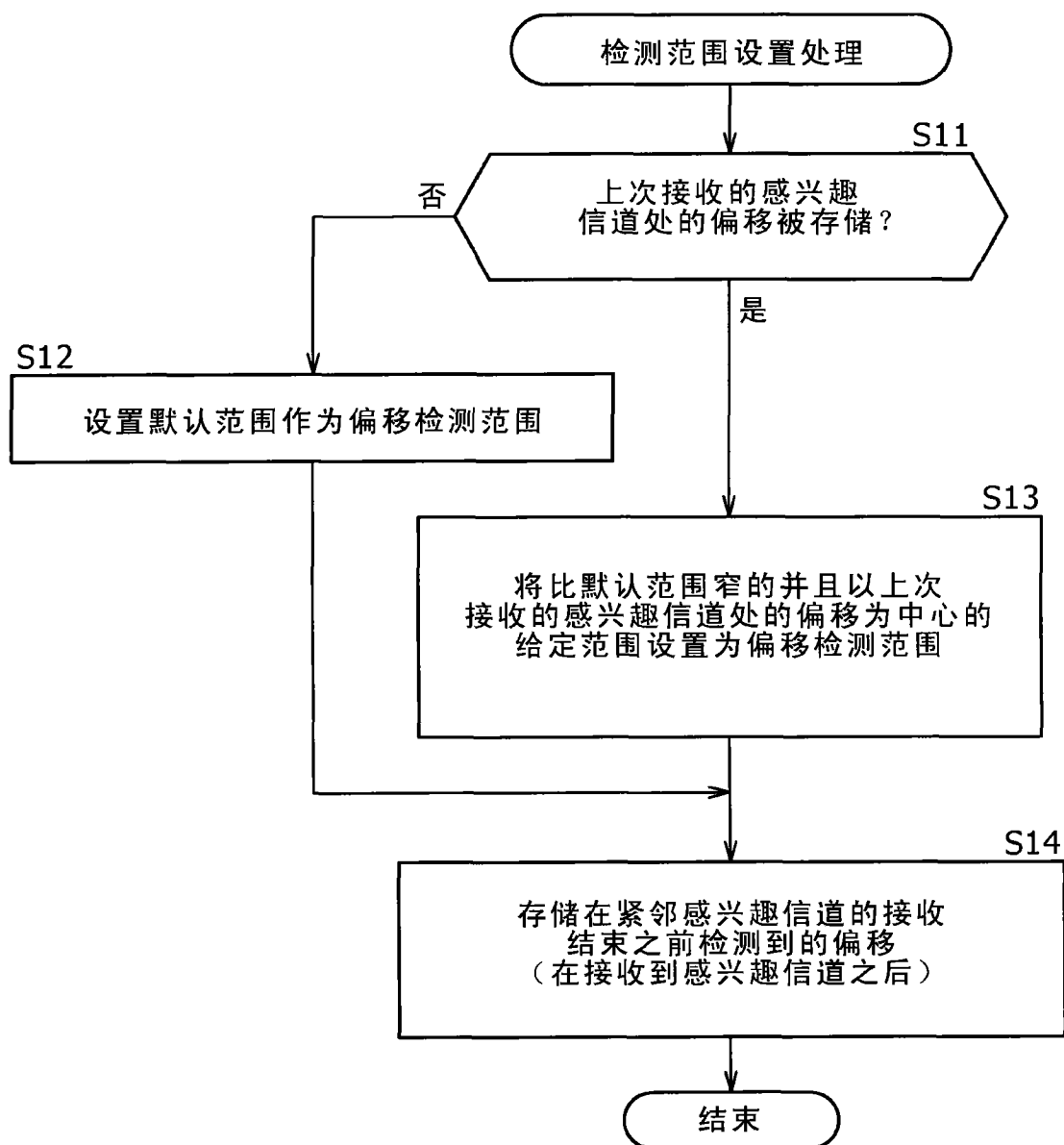


图 13

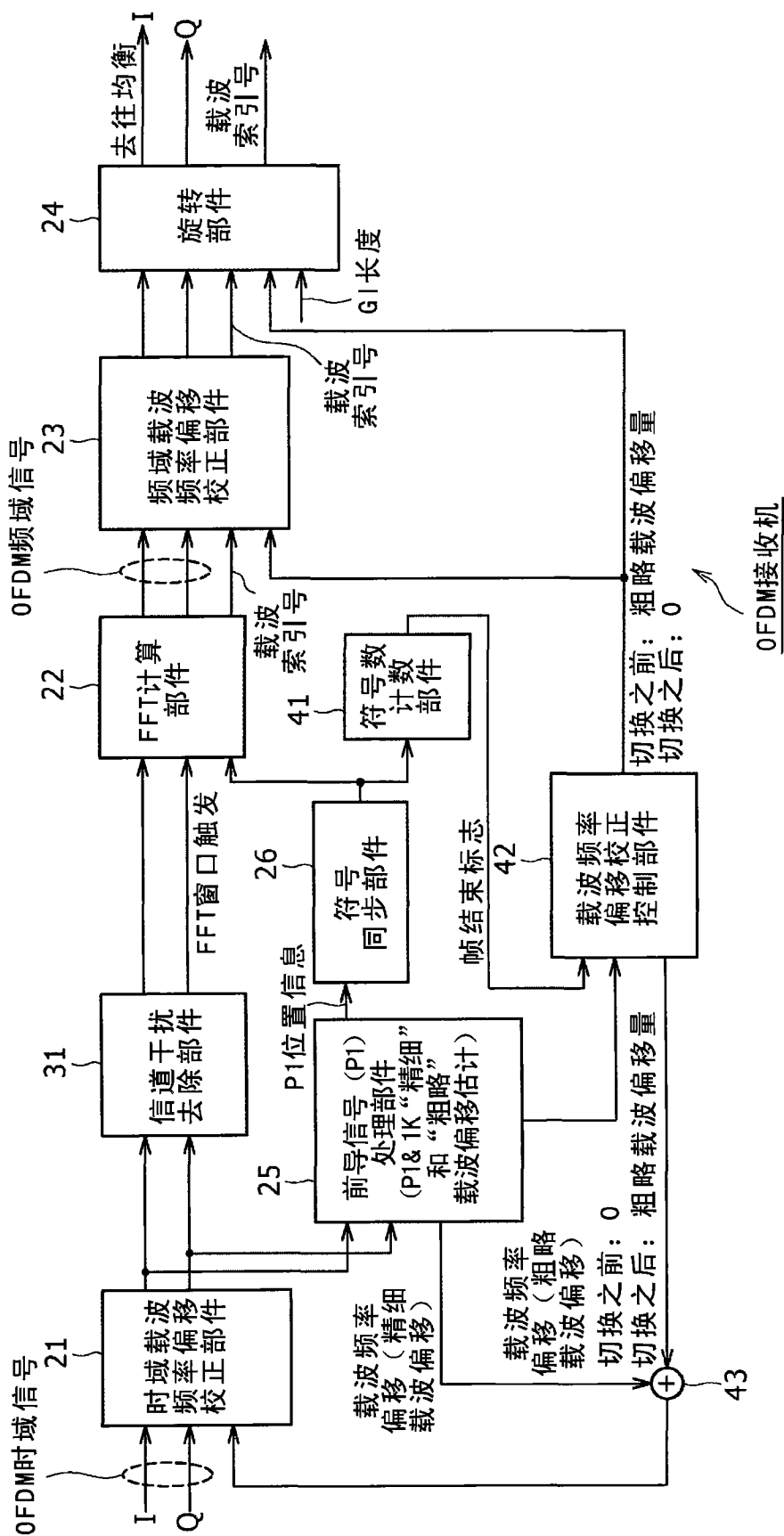


图 14

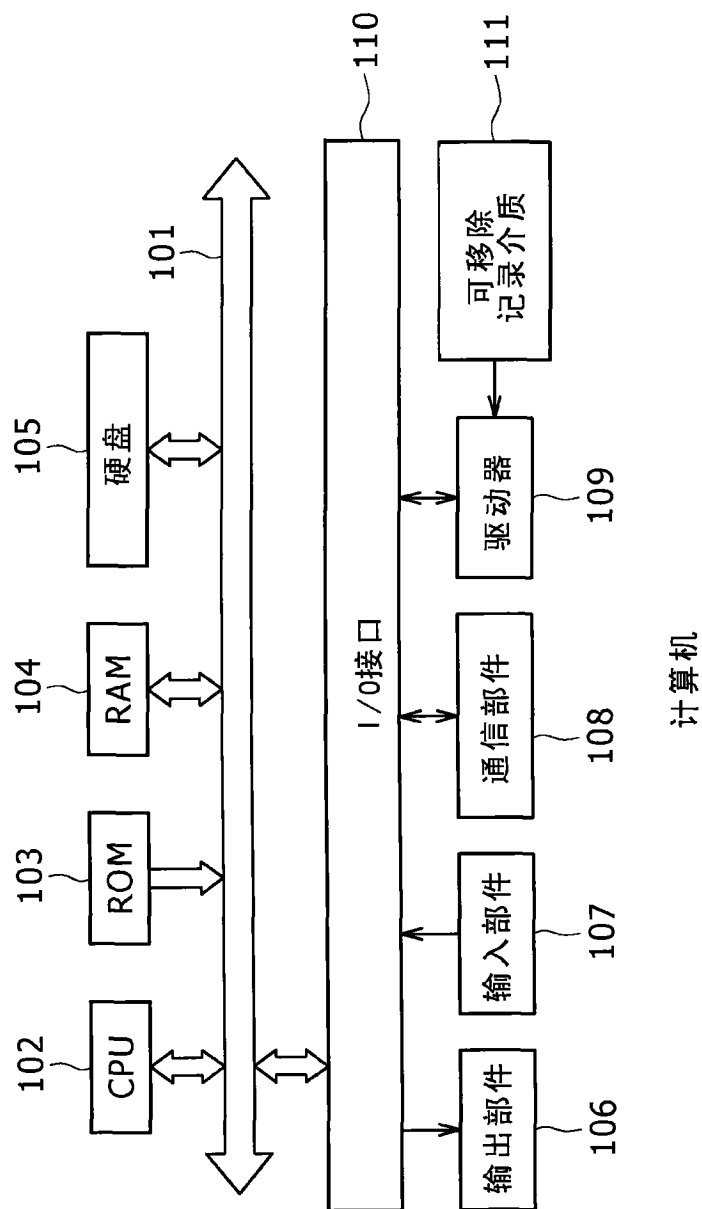


图 15