



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98805394.2

[45] 授权公告日 2003 年 9 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 1120604C

[22] 申请日 1998.5.12 [21] 申请号 98805394.2

[30] 优先权

[32] 1997.5.28 [33] JP [31] 153136/1997

[86] 国际申请 PCT/JP98/02087 1998.5.12

[87] 国际公布 WO98/54875 英 1998.12.3

[85] 进入国家阶段日期 1999.11.23

[71] 专利权人 株式会社建伍

地址 日本东京

[72] 发明人 胜本洋史

[56] 参考文献

IEEE RTANSCTIONS ON COMMUNICATIONS 1996 -  
11 - 11 LUISE REGGIANNINI:" CARRIER FREQUEN-  
CY ACQUISITION AND TRACKING FOR OFDM SYS-  
TEMS"

审查员 李 卉

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责  
任公司

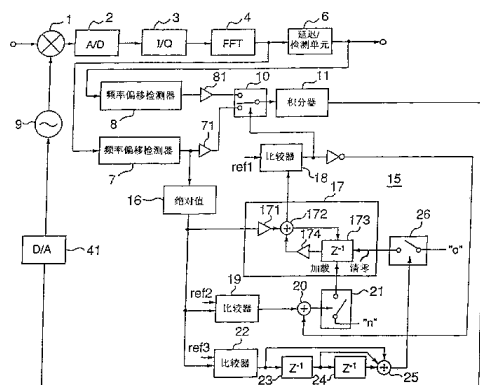
代理人 余 滕 穆德骏

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 2 页

[54] 发明名称 用于数字音频广播信号的接收机

[57] 摘要

提供即使在诸如多通路环境这样严格的环境下也能够执行正常的接收操作的接收机。频率偏移检测器(7)根据相位参考码元来检测频率偏移量。检测到的频率偏移值通过积分器(17)被积分。通过比较器(18)将积分后的值与预定的阈值范围比较。如果从积分器中输出的积分值是处于阈值范围内,则通过开关电路(10)来选择由另一个频率偏移检测器(8)根据延迟检测输出的相位差所检测的频率偏移值量。如果从积分电路中输出的积分值不在阈值范围内,则通过开关电路(10)来选择由频率偏移检测器(7)所检测的频率偏移值。根据每个所选的频率偏移值,可以执行接收机的自动频率控制。



1. 接收机，其带有解调器，该解调器包括用于将接收的模拟信号转换为数字信号的 A/D 转换器、用于从上述数字信号中导出 I/Q 数据的 I/Q 检测器、用于将导出的 I/Q 数据进行离散傅立叶变换的离散-傅立叶-变换器、以及用于检测经离散傅立叶变换的数据的延时检测器，其中，根据频率偏移值执行自动频率控制，

其特征在于：

第一频率偏移检测装置（7），其用于根据包含在经离散傅立叶变换的数据中的相位参考码元来检测输入到解调器中的输入信号的第一频率偏移值；

第二频率偏移检测装置（8），其用于根据延迟检测信号的相位差来检测输入到解调器中的输入信号的第二频率偏移值；

积分器（17），其用于将由第一频率偏移检测装置所检测的第一频率偏移值积分；以及

第一比较器（18），用于将所述积分器（17）的输出和预定的阈值的第一范围进行比较；

切换装置（10），用于根据所述第一比较器（18）的比较结果，选择第一频率偏移值或第二频率偏移值，使得如果所述积分器的输出不在阈值的第一范围内，选择第一频率偏移值，如果所述积分器的输出在阈值的第一范围内，选择第二频率偏移值，

其中通过所述切换电路选择的频率偏移值被用作自动频率控制的频率偏移值。

2. 根据权利要求 1 所述的接收机，还包括：

第二比较装置（19），其用于将预定的阈值的第二范围与第一频率偏移值比较；以及

加载装置（20、21），其用于如果从所述第二比较装置的比较中判断出第一频率偏移值是在第二阈值范围内并且如果所述切换装置选择第一频率偏移值，则它在积分器中加入一个预定值。

3. 根据权利要求1所述的接收机，还包括：

第三比较装置（22），其用于将比第二阈值范围窄的预定的第三阈值范围与第一频率偏移值比较；以及

5            清零装置（23-26），其用于如果从所述第三比较装置的比较中判断出在一段预定的时间内第一频率偏移值连续处于第三阈值范围内，则将积分器清零。

4. 根据权利要求1所述的接收机，还包括：

10           绝对值电路（16），其用于计算由所述第一频率偏移检测装置检测的第一频率偏移值的绝对值，所述绝对值电路被插在所述第一频率偏移检测器和所述积分器之间。

5. 根据权利要求2或3所述的接收机，还包括：

15           绝对值电路（16），其用于计算由所述第一频率偏移检测装置检测的频率偏移值的绝对值，所述绝对值电路被插在所述第一频率偏移检测器和所述第二或第三比较器之间。

## 用于数字音频广播信号的接收机

5 本发明的背景技术1.发明领域

本发明涉及用于接收数字音频广播信号的接收机，尤其涉及装有用  
于解调经正交频分多路复用（下文中也称为 OFDM）调制的信号的解调  
器的接收机。

10

2.相关现有技术的说明

EP-A-0 606941 以及由 M.Lusie 等人发表在 1996 年 11 月 IEEE  
Translation on Communication、Vol.44 No.11 上的“Carrier Frequency  
Acquisition and Tracking for OFDM Systems”（用于 OFDM 系统的载波频  
率采集和跟踪）中公开了一种用于解调经 OFDM 调制的信号的解调器。  
15 在图 2 所示的带有常规的解调器的接收机中，经 OFDM 调制的接收信号  
被输入到输入端，由混频器 1 进行频率转换，并且通过 A/D 转换器 2 进  
行 A/D 转换。经 A/D 转换的接收信号通过 I/Q 检测器（正交检测器）3  
被转换为基带的 I/Q 数据，该 I/Q 数据被提供到快速傅立叶变换电路（下  
文中将其称为 FFT 电路）4 中。该 FFT 电路 4 将输入的时域信号傅立叶  
20 变换并转换为频域信号。来自 FFT 电路 4 的输出被提供到延迟/检测单元  
6 和频率偏移检测器 40 中。延迟/检测单元 6 经一个码元的延迟来检测输  
入信号并通过输出端输出解调的数据。

25 频率偏移检测器 40 根据包含在输入信号中的相位参考码元来检测频  
率偏移量。由 D/A 转换器 41 将所检测的频率偏移量进行 D/A 转换并提  
供给作为本机振荡器的压控振荡器 9。根据所检测的并经 D/A 转换过的  
频率偏移量，控制压控振荡器 9 的振荡频率从而修正频移，以便于将带  
有被修正的频移的压控振荡器 9 的输出提供给用于频率转换的混频器 1。

30

但是，由于所检测的频率偏移的数量很大，因此上述这种常规的接收机会伴随产生一些问题，即在多通路接收环境下，可能不能进行正常的信号接收。

## 5 发明综述

本发明的目的是提供接收机，它即使在诸如多通路接收环境这样的恶劣环境下也能够进行正常的信号接收。

根据本发明的一个方面，提供带有能够 A/D 转换接收信号、将 A/D  
10 转换过的信号进行离散傅立叶变换并且将经离散傅立叶变换的数据进行延迟检测的解调器的接收机，该接收机包括：用于根据包含在经离散傅立叶变换的数据中的相位参考码元来检测输入到解调器中的输入信号的频率偏移值的第一频率偏移检测装置；用于根据延迟检测信号的相位差来检测输入到解调器中的输入信号的频率偏移值的第二频率偏移检测装置；  
15 用于将由第一频率偏移检测装置所检测的频率偏移值积分的积分器；以及选择装置，其用于将积分器的输出与预定的阈值的第一范围比较，如果积分器的输出是在第一阈值范围内，则选择由第二频率偏移检测装置所检测的频率偏移值，如果积分器的输出不在第一阈值范围内，则选择由第一频率偏移检测装置所检测的频率偏移值，其中根据由选择装置  
20 选择出的频率偏移值来执行自动频率控制。

根据本发明的这个接收机，将由第一频率偏移检测装置检测并由积分器积分的频率偏移值与第一阈值范围比较。如果积分器的输出是在第一阈值范围内，则选择由第二频率偏移检测装置所检测的频率偏移值，  
25 反之，如果积分器的输出不在第一阈值范围内，则选择由第一频率偏移检测装置所检测的频率偏移值。根据每个所选的频率偏移值，执行自动频率控制。

本发明的接收机还包括：用于将预定的阈值的第二范围与由第一频率偏移检测装置检测的频率偏移值比较的比较装置；以及加载装置，其  
30

用于如果从比较装置的比较中判断出由第一频率偏移检测装置检测的频率偏移值是在第二阈值范围内并且如果选择装置选择由第一频率偏移检测装置检测出的频率偏移值，则在积分器中加入预定值。

5            在带有加载装置的本发明的接收机中，如果由第一频率偏移检测装置检测的频率偏移值是在第二阈值范围内并且选择由第一频率偏移检测装置检测的频率偏移值来进行自动频率控制，则由第一频率偏移检测装置检测的频率偏移值能够被立即切换到由第二频率偏移检测装置检测的频率偏移值。这样，可以避免可能由外部干扰所导致的频繁切换。

10

本发明的接收机还包括：比较装置，其用于将比第二阈值范围窄的预定的第三阈值范围与由第一频率偏移检测装置检测的频率偏移值比较；清零装置，其用于如果从比较装置的比较中判断出在一段预定的时间内由第一频率偏移检测装置检测的频率偏移值连续处于第二阈值范围内，则将积分器清零。

15

在带有清零装置的本发明的接收机中，即使在有瞬时噪声产生的情况下，也可以通过由第二频率偏移检测装置检测的频率偏移值来保持自动频率控制。这样，不会因为瞬时噪声而将自动频率控制切换到由第一频率偏移检测装置检测的频率偏移值。

20

### 附图简述

图 1 是表示根据本发明实施例的接收机的主要部分结构的框图。

图 2 是表示常规的接收机主要部分结构的框图。

25

### 最佳实施例的详细说明

下面将描述根据本发明的实施例的接收机。图 1 是表示根据本发明实施例的接收机主要部分结构的框图。

30

在这个实施例的接收机中，通过混频器 1 与用作本机振荡器的压控

振荡器 9 的共同作用，将接收信号频率转换为中频信号。通过 A/D 转换器 2 将中频信号转换为数字信号。将被转换为数字信号的中频信号提供给将输入信号转换为基带的 I/Q 数据的 I/Q 检测器（正交检测器）3。输出的 I/Q 数据被提供到 FFT 电路 4。

5

FFT 电路 4 根据 FFT 的点的数量形成用于输入数据的窗口，并将输入数据以窗口为单位进行傅立叶变换，从而将输入的时域信号转换为频域信号。FFT 电路 4 的输出提供给延迟/检测单元 6，该延迟/检测单元 6 经输出端输出经过延迟检测解调的数据。FFT 电路 4 的输出还被提供到频率偏移检测器 7 中。经过延迟检测解调的数据也被提供到频率偏移检测器 8 中。

10

频率偏移检测器 7 根据包含在 FFT 电路输出中的参考码元检测频率偏移量，并输出频率偏移量数据。频率偏移检测器 8 检测由延迟/检测单元 6 经延迟检测所解调的并从上提供来的数据的相位，并计算检测的相位与没有频率偏移的相位之差从而检测频率偏移量。

15

通过系数乘法器 71 将由频率偏移检测器 7 检测的频率偏移量数据乘以  $k$  并将其提供给开关电路 10。通过系数乘法器 81 将由频率偏移检测器 8 检测的频率偏移量数据乘以  $p$  ( $p < k$ ) 并将其提供给开关电路 10。通过积分器 11 将从开关电路 10 输出的频率偏移量数据积分。积分器 11 的输出通过 D/A 转换器 41 进行 D/A 转换并作为频率控制电压提供给压控振荡器 9 来控制其振荡频率并修正频移。将带有被修正过频移的压控振荡器 9 的输出提供给用于频率转换的混频器 1。

20

25

通过来自开关控制器 15 的输出控制开关电路 10。在开关控制器 15 中，绝对值电路 16 计算由频率偏移检测器 7 检测的频率偏移量数据的绝对值。通过积分器 17 将绝对值电路 16 的输出积分。通过比较器 18 将来自积分器 17 的积分输出和第一阈值 (ref1) 的预定范围相比较。如果来自积分器 17 的输出在第一阈值范围之外，则比较器 18 输出高电平信号，

30

根据该高电平信号，将来自频率偏移检测器 7 的输出提供到积分器 11。  
另一方面，如果来自积分器 17 的输出在第一阈值范围内，则比较器 18 输出低电平信号，根据该低电平信号，将来自频率偏移检测器 8 的输出提供到积分器 11。

5

用于将绝对值电路 16 的输出积分的积分器 17 包括：用于将绝对值电路 16 的输出乘以系数  $a$  的系数乘法器 171；加法器 172，其使用来自系数乘法器 171 的输出作为它的一个输入并将从积分器 17 输出的积分值提供给比较器 18；用于将加法器 172 的输出延迟一个帧周期的时间长度的延迟单元 173；以及系数乘法器 174，其用于将延迟单元 173 的输出乘以一个系数  $(1-a)$  并且将其输出提供给加法器 172 作为加法器 172 的另一个输入。系数  $a$  和  $(1-a)$  被用于由系数乘法器 171 和 174 进行的乘法运算，从而提供一个适当的没有溢出积分器 17 输出的积分系数。

同样在开关控制器 15 中，通过比较器 19 将绝对值电路 16 的输出与阈值的第二预定范围（ref2：例如， $+\pi/10$  弧度到  $-\pi/10$  弧度）相比较。如果绝对值电路 16 的输出在第二阈值范围之外，则比较器 19 输出高电平信号，反之，如果绝对值电路 16 的输出在第二阈值范围之内，则比较器 19 输出低电平信号。逻辑求和计算器 20 计算比较器 19 的输出和比较器 18 的反相输出的逻辑和。仅当逻辑求和计算器 20 的输出是低电平信号时，如同以前的一帧周期值，经开关 21 将一个预定值  $n$  加载到延迟单元 173 中以替换存储在延迟单元 173 中的那个值。

还是在开关控制器 15 中，通过比较器 22 将绝对值电路 16 的输出与阈值的第三预定范围（ref3：例如， $+\pi/50$  弧度到  $-\pi/50$  弧度）相比较。如果绝对值电路 16 的输出在第三阈值范围之外，则比较器 22 输出高电平信号，反之，如果绝对值电路 16 的输出在第三阈值范围之内，则比较器 22 输出低电平信号。通过延迟单元 23 将比较器 22 的输出延迟一帧周期的时间长度，并且通过延迟单元 24 将延迟单元 23 的输出进一步延迟一帧周期的时间长度。通过加法器 25 将比较器 22 的输出和延迟单元 23

和 24 的输出加在一起。仅当加法器 25 的输出为低电平信号时，由开关 26 清除存储在延迟单元 173 中的值。

5 将通过把其中调制方法使用用于数字音频广播信号的欧洲技术规格的 OFDM ( $\pi/4$ -DQPSK 差分编码、四相相移键控) 的情况作为例子来描述结构如上所述的这个实施例的接收机的操作。

10 根据包含在输入信号中的相位参考码元，频率偏移检测器 7 检测频率偏移量并输出相应的频率偏移量数据。通过系数乘法器 71 将频率偏移检测器 7 的输出数据乘以系数  $k$ ，并通过开关电路 10 有选择地输出到积分器 11。根据经过由延迟/检测单元 6 延迟检测的 QPSK (四相相移键控) 码元的相位，频率偏移检测器 8 检测频率偏移量。通过系数乘法器 81 将频率偏移检测器 8 的输出数据乘以  $p$  并且通过开关电路 10 有选择地输出到积分器 11。

15

用延迟检测，每个 QPSK (四相相移键控) 码元的每 1.2 毫秒 (在传输模式中 OFDM 码元长度) 的相位差被检测到。如果有频移，延迟/检测单元 6 的输出包含对应于频移的相位偏移以便于可以通过相位偏移量计算出频率偏移量。在 FIC (快速信息信道) 中，“Re”代表来自延时/检测单元 6 输出的实部，“Im”代表来自延时/检测单元 6 输出的虚部，相位  $\Phi(\omega)$  可以由 “arc tan (Im/Re)” 来表示。如果  $\text{Re} \cdot \text{Im} \geq 0$ ，则相位角误差  $\text{Err}(\omega)$  可以表示为  $\text{Err}(\omega) = \text{Re}^2 - \text{Im}^2$ ，如果  $\text{Re} \cdot \text{Im} < 0$ ，则相位角误差  $\text{Err}(\omega)$  可以表示为  $\text{Err}(\omega) = \text{Im}^2 - \text{Re}^2$ 。

20

25 在 DQPSK 调制中，一个码元的延迟检测输出可以表示为 ( $\pi/4 + n \cdot \pi/2$  弧度)。例如，如果  $n=0$  (如果延迟检测输出在第一象限中) 并且没有相位角误差，则延迟检测输出的相位角是 ( $\pi/4$  弧度) 并且  $\text{Im}^2 - \text{Re}^2 = 0$ 。如果有相位角误差，则相位角误差或频移误差是差值 ( $\text{Im}^2 - \text{Re}^2$ )。所以，由频率偏移检测器 8 检测的频率偏移是在 ( $\pi/8$  到-

30  $\pi/8$  弧度) 的范围内。

在这个实施例的接收机中，通过绝对值电路 16 来计算从频率偏移检测器 7 中提供的频率偏移量数据的绝对值，积分器 17 将上述绝对值电路 16 的输出积分。如果积分输出在第一阈值范围内（例如， $+\pi/8$  到  $-\pi/8$  弧度），比较器 18 的输出使得开关电路 10 选择频率偏移检测器 8 的输出从而实现自动频率控制。这个状态对应于自动频率控制的锁定状态。

如果由积分器 17 积分的绝对值电路 16 的输出是在第一阈值范围之外，则比较器 18 的输出使得开关电路 10 选择频率偏移检测器 7 的输出从而实现自动频率控制。特别地，如果比较器 18 检测到导致超过范围（ $+\pi/8$  到  $-\pi/8$  弧度）之外的较大的相位角误差的频率偏移量，则选择频率偏移检测器 7 的输出而不是频率偏移检测器 8 的输出来执行自动频率控制。

相反地，如果由频率偏移检测器 7 检测并由积分器 17 积分的频率偏移量的绝对值是在第一阈值范围内，则选择频率偏移检测器 8 的输出而不是频率偏移检测器 7 的输出。特别地，如果比较器 18 检测到导致在范围（ $+\pi/8$  到  $-\pi/8$  弧度）内的一个相位角误差的频率偏移量，则选择频率偏移检测器 8 的输出而不是频率偏移检测器 7 的输出来执行自动频率控制。

随着积分器 17 的输出进入第一阈值范围内，开关电路 10 将其来自频率偏移检测器 7 的输出改变为来自频率偏移检测器 8 的输出。在这种情况下，仅仅如果绝对值电路 16 的输出在第二阈值范围内（ $+\pi/10$  到  $-\pi/10$  弧度）并且比较器 18 的反相输出是低电平信号时，即，由开关电路 10 选择频率偏移检测器 7 的输出数据，则通过开关 21 将预定值  $n$  加载到延迟单元 173 上。

上述预定值  $n$  被设置为这样一个小的值，当即使在频率偏移量小时它被加上时，就立即选择频率偏移检测器 8 的输出，而当在频率偏移值

大时它被加上，就保持选择频率偏移检测器 7 的输出。其结果，即使在由于减小的频率偏移量而使绝对值电路的输出进入第二阈值范围并且同时由比较器 18 的输出选择频率偏移检测器 7 的输出时，将预定值  $n$  加载到延时单元 173，也能通过开关电路 10 立即锁定频率偏移检测器 8 的输出，并且即使由于增加的频率偏移量而引起预定值  $n$  被加上，也保持选择频率偏移检测器 7 的输出。通过这种方式，可以避免由外部干扰而另外导致的不稳定切换。

频率偏移检测器 7 的输出乘以系数  $k$  而频率偏移检测器 8 的输出乘以系数  $p$  ( $p < k$ )，以便于降低频率偏移检测器 7 的实际增益。但是，例如，在保护间隔之外的情况中，在该情况中，输入了一个从山上反射回的阻碍信号并且频率偏移检测器 7 的增益突变，或者在其他情况下，积分器 17 的输出可能瞬时增加。在这种情况下，开关电路 19 瞬时选择频率偏移检测器 7 的输出并且其后选择频率偏移检测器 8 的输出。因此，通过由预定值  $n$  的增加以及阻碍信号而导致的相位角误差可以去除锁定状态，即使恢复该锁定状态，也会再次选择频率偏移检测器 7 的输出。

然而，使用实施例的这种接收机，如果在 3 个帧周期的时间内绝对值电路 16 的输出继续保持在第三阈值范围内，则加法器 25 的输出为低电平信号以便于通过开关 26 清除存储在延迟单元 173 中的值。所以，即使相位角误差瞬时增加，由于在锁定状态期间延迟单元 173 被清零，锁定状态将不被去除并且根据频率偏移检测器 8 的输出继续控制压控振荡器 9。

另外，第三阈值范围设定得比第二阈值范围窄。所以，比较器 22 为低电平信号时的时间比较器 19 为低电平信号时的时间足够晚。此外，如果在 3 个帧周期的时间内比较器 22 的低电平信号持续，则将延迟单元 173 清零。因此，仅当由频率偏移检测器 7 的输出控制的压控振荡器 9 完全改变为通过频率偏移检测器 8 的输出来控制压控振荡器 9 时，将延迟单元 173 清零。

5 所以，使用本实施例的接收机，一旦根据从频率偏移检测器 8 提供的频率偏移量控制压控振荡器 9 的振荡频率并将其锁定到接收频率之后，不再执行通过频率偏移检测器 8 的控制并且可以有一个稳定的广播接收，通过频率偏移检测器 8 的控制有由多通路导致的频率偏移量的错误检测的可能。

10 可以略去绝对值电路 16，但是使用这个电路可以减少频率偏移量的错误检测。可以通过使用一个计数器来检测在 3 个帧周期时间内比较器 22 的低电平信号是否持续以及延迟单元 173 是否要被清零。可以通过改变系数乘法器 171 和 174 的系数  $a$  和  $(1-a)$  来处理数字音频广播信号的传输模式的改变。可以通过使用数字信号处理器或类似设备来实现本实施例接收机的上述功能。

15 如上所述，本发明的接收机的有利之处在于它可以即使在诸如多通路接收环境这样的严格接收环境下执行正常的广播信号接收。



