[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H03J 7/02
H04B 1/40

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410102171.1

[43] 公开日 2005 年 5 月 25 日

[11] 公开号 CN 1619962A

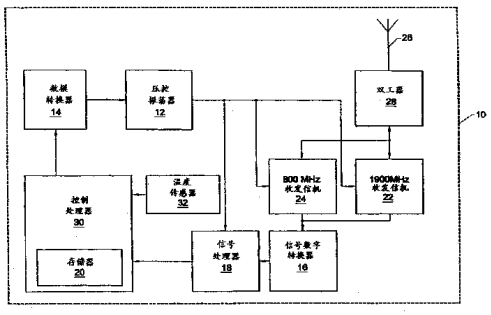
[22] 申请日 1999.9.22
[21] 申请号 200410102171.1
分案原申请号 99815859.3
[30] 优先权
[32] 1998.11.25 [33] US [31] 09/200051
[71] 申请人 艾利森公司
地址 美国北卡罗来纳州
[72] 发明人 J·W·诺尔斯库特 P·W·登特
E·A·舒尔 H·兹恩
[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
代理人 李亚非 张志醒

权利要求书 2 页 说明书 17 页 附图 4 页

[54] 发明名称 无线设备频率产生方法和系统

[57] 摘要

本发明为能在多个频率工作的无线设备提供了适用的频率产生方法和系统。这种系统可以根据无线设备的工作频率改变自动频率控制回路的回路增益。此外，这样的取决于频率的回路增益可以通过选择具有不同回路增益的子程序来实现。而且，还可以根据无线设备的温度和/或无线设备的工作频率对回路增益进行温度补偿。



ISSN1008-4274

1. 一种在出现从工作在第一频率的第一基站切换到工作在第二频率的第二基站时，在无线设备内加速频率锁定的方法，所述方法包括下列步骤：

为一个与所述无线设备的压控振荡器关联的自动频率控制回路选择一个高的初始回路增益，其中所述压控振荡器为所述无线设备提供一个本机基准频率；

测量用所述高的初始回路增益值产生的本机基准频率与一个从第二基站接收到的基准频率之间的频率误差；

检测所测得的频率误差的符号改变；以及

对检测到符号改变作出响应，逐渐降低所述自动频率控制回路的回路增益，直到达到与第二基站的第二工作频率关联的一个最小回路增益，其中所述与第二工作频率关联的最小回路增益不同于与所述第一工作频率关联的最小回路增益。

2. 一种按照权利要求 1 所述的方法，其中所述递减回路增益的步骤包括下列步骤：

提供一组预先确定的回路增益；以及

在检测到符号改变时，在这组预先确定的回路增益中选择下一个较低的回路增益。

3. 一种按照权利要求 2 所述的方法，其中所述这组预先确定的回路增益中的每一个都有一个与之关联的子程序，而所述选择下一个较低回路增益的步骤包括，选择与所述下一个回路增益关联的子程序的步骤。

4. 一种按照权利要求 3 所述的方法，其中所述这组预先确定的回路增益包括一些以 2 为因子降低的回路增益。

5. 一种在出现从工作在第一频率的第一基站切换到一个工作在第二频率的第二基站时，在无线设备内加速频率锁定的系统，所述系统包括：

为一个与所述无线设备的压控振荡器关联的自动频率控制回路选择一个高的初始回路增益的装置，其中所述压控振荡器为所述无线设备提供一个本机基准频率；

测量所述本机基准频率与一个从第二基站接收到的基准频率之间的频率误差的装置;

检测所测得的频率误差的符号改变的装置;以及

对检测到符号改变作出响应,逐渐降低所述自动频率控制回路的回路增益,直到达到与第二基站的第二工作频率关联的一个最小回路增益的装置,其中所述与第二工作频率关联的最小回路增益不同于与所述第一工作频率关联的最小回路增益。

6.一种按照权利要求 5 所述的系统,其中所述逐渐降低回路增益的装置包括:

提供一组预先确定的回路增益的装置;以及

在检测到符号改变时,在这组预先确定的回路增益中选择下一个较低的回路增益的装置。

7.一种按照权利要求 6 所述的系统,其中所述这组预先确定的回路增益的每一个都有一个与之关联的子程序,而所述选择下一个较低回路增益的装置包括选择与所述下一个较低回路增益关联的子程序的装置。

8.一种按照权利要求 7 所述的系统,其中所述这组预先确定的回路增益包括一些以 2 为因子降低的回路增益。

无线设备频率产生方法和系统

技术领域

本发明与无线设备有关，具体地说，与无线设备产生本机频率的技术有关。

背景技术

在传统的诸如无线电话机之类的无线设备中，通常必需产生用作无线电话机基本频率基准的本振频率。在诸如可以在 800 MHz 频段工作以得到蜂窝服务和在 1900 MHz 频段以得到个人通信服务（PCS）之类的双模无线电话机中可以看到这样利用本机频率的例子。在这种无线电话机中，蜂窝和 PCS 频带分成多个窄带信道，例如对于 D-AMPS 是一些 30 KHz 宽的信道，对于 GSM 是一些 200 KHz 宽的信道，而对于 CDMA 是一些 1.8 MHz 宽的信道。这种无线电话机通常产生一个本机频率，由无线电话机内的收发信机用来对这些频段内的信号进行调制和解调。因此，无线电话机的频率精度应该小于信道间距。此外，对于数字传输来说，不论信道的带宽是多少，频率精度通常必须比信息传输速率小许多。 例如，虽然一个 IS95 设备可以在 1.8 MHz 的信道间距工作，但频率精度可能要求为 100 Hz。

为了获得高的精度，例如在载频为 2 GHZ 时为 100 Hz，可能精度需要为 5 乘 10 的 8 次方。这样的精度高于通常用一个开环晶体振荡器所能达到的。因此，往往用闭环同步来提高频率精度。

闭环系统通常是利用一个压控振荡器实现的。本机频率由压控振荡器产生，同步到与无线设备通信的基站发射的频率上。因此，例如在一个传统的无线电话机中，蜂窝基站发射一个同步频率，无线电话机接收到后用来与本机产生的频率相比较。然后通常用同步信号与所产生的频率之间的误差来调整加到压控振荡器上的控制电压，使这两个信号之间对误差减小。

传统的压控振荡器的一个问题是电压与频率之间的关系通常会随温度变化。此外，频率还会随时间改变，从而可能使温度补偿对于无线电话机整个使用寿命来说不都适当。

另一个可能出现的问题是基站发射的频率也许不够准确。较老的基站可能提供不够精确的频率，或者无线电话机可能初始误差大到不能检测到基站信号的程度。因此，利用在给定温度与基站同步来确定压控振荡器的温度补偿值也许是不实际的，因为信号中的误差可能反映的是同步信号的变化而不是压控振荡器的温度变化。传统的无线电话机可能已经采用将补偿值对多个基站进行平均来减少少数不精确的基站的影响。无线电话机于是要随时知道压控振荡器的温度变化以对这样的变化进行补偿。然而，传统的无线电话机还可能在控制压控基准振荡器的控制灵敏度上受到温度变化的影响，而这影响在现有技术中通常是不予补偿的。

在双频带无线电话机中可能出现的另一个困难是由无线电话机要在不同的频率上工作造成的。无线电话机同步电路的反馈控制的阻尼因子和增益影响到最小频率误差或压控振荡器达到同步频率的速度。由于压控振荡器在两个频率之间切换，在无线电话机同步电路内反馈的增益或阻尼因子就可能改变，因此可能导致对于这两个频率中的一个或者两个，性能都达不到最佳。

发明内容

考虑到上述这些问题，本发明的一个目的是为了提供精确的本机基准频率。

本发明的另一个目的是对压控振荡器进行温度补偿，使得在刚接通而还没有接收到信号时就能提供一个精确的基准频率。

本发明的再一个目的是使自动基准频率调整系统（AFC）在多个频率和不同工作温度的情况下有一致的性能。

本发明的又一个目的是为可以与传统的无线电话机配合使用的同步电路提供温度和回路增益控制。

本发明的这些及其他一些目的是通过可以提供适合于能够在多个频率上工作的无线设备中使用的频率的方法和系统来达到的。这样的系统可以根据无线设备的工作频率改变自动频率控制回路的回路增益。此外，这样的取决于频率的回路增益可以通过选择具有不同回路增益的子程序来实现。而且，还可以根据无线设备的温度和/或无线设备的工作频率对这回路增益进行温度补偿。

在本发明的第一实施例中，为在至少两个频带内工作的无线设备

提供本机基准频率的压控振荡器，通过确定无线设备的工作频带和根据所确定的无线设备的工作频带调整回路增益值，同步到所接收的基准频率上。根据所确定的无线设备的工作频带为压控振荡器提供一个控制电压，以便提供一个频率得到调整的本机基准频率，而控制电压根据与频率得到调整的本机基准频率关联的误差、根据所接收的基准频率和根据经调整的回路增益予以修改。

在本发明的另一个实施例中，回路增益根据无线设备的工作温度进行补偿。具体地说，确定了无线设备的工作温度后，从一个含有一些选择的乘数值的温度补偿值表中得到一个回路增益补偿值，以便基本上维持恒定的回路增益，不随温度变化。 然后，利用得到的回路增益补偿值补偿回路增益。

在本发明的另一个实施例中，对与频率得到调整的本机基准频率关联的误差的符号的改变进行检测，如果检测到误差符号改变，就改变回路增益值。更可取的是，回路增益的递减因子为 2。此外，回路增益可以一直减小到为最小回路增益值。这样的最小回路增益值最好取决于所确定的工作频率。

在本发明的一个具体实施例中，控制电压的修正是由一个存储在存储器内一个与中断向量关联的位置处的子程序执行的。在检测到与频率得到调整的本机基准频率关联的误差符号改变时，就将与中断向量关联的位置改变成指向与一个采用减小了的回路增益的子程序关联的存储位置。也可以为每个工作频率提供多个子程序。 在这种情况下，与中断向量关联的位置用这些与无线设备的工作频率的多个子程序关联的存储位置予以修改。

在本发明的另一个实施例中，为至少两个工作频率提供多个子程序。在这种情况下，子程序的参数可以根据所确定的无线设备的工作频率调整。具体地说，子程序参数可以通过将一个子程序的回路增益乘以这至少两个工作频率之比予以调整。

在本发明的又一个实施例中，可以增大控制电压，提供一个比与工作频率相应的控制电压大的初始控制电压。

在本发明的再一个实施例中，通过提供一个列有一些对本机基准频率进行温度补偿的温度补偿值的表对无线设备的本机基准频率进行温度补偿，使无线设备的本机基准频率同步到所接收的基准频率

上。 这个表的初始值可以由工厂预先装定。还可以将这些温度补偿值与一个精度指示关联。无线设备的温度测定后，可以利用这个温度补偿值表来调整无线设备的初始频率。采用这样的初始频率调整，可以接收到信号，再根据所接收的信号，用它的频率作为频率基准进一步调整无线设备的频率。然后，可以确定本机基准频率的平均频率调整量，还可以确定与所接收的基准频率关联的接收精度指示。将这个接收精度指示与所述与无线设备温度的温度补偿值关联的精度指示相比较，得到一个相对精度比较结果。 于是可以根据相对精度比较结果更新温度补偿值表。

在另一个实施例中，温度补偿值表在相对精度比较结果表明接收精度指示低于与所述无线设备温度的温度补偿值关联的精度指示时不进行更新。然而，如果相对精度比较结果表明接收精度指示高于与无线设备温度的温度补偿值关联的精度指示，温度补偿值表就用所确定的平均频率调整量更新。 然后，与所更新的温度补偿值关联的精度指示也可以用接收精度指示更新。如果相对精度比较结果表明接收精度指示等于或高于与所更新的无线设备温度的温度补偿值关联的精度指示，也可以通过将温度补偿值调向所确定的平均频率调整量来更新温度补偿值表。最后，如果平均频率调整量超过一个与所接收的基准频率关联的门限值，或如果接收信号不是正确可解码的，就不更新温度补偿值表。

在本发明的另一个实施例中，在出现从一个工作在第一频率的第一基站向一个工作在第二频率的第二基站切换时，可以通过为一个与无线设备中提供本机基准频率的压控振荡器关联的自动频率控制回路选择一个高的初始回路增益来加速无线设备的频率锁定。利用从第二基站接收到的基准频率测量出与所产生的本机基准频率之间的频率误差，再按频率误差用一个高的初始回路增益来调整本机基准频率。然后，对所测得的频率误差的符号改变进行检测，在检测到符号改变时，递减自动频率控制回路的回路增益，直到达到一个与第二基站的第二工作频率关联的最小回路增益。在第二基站在一个与第一基站所用的不同的频带发射时，与第二工作频率关联的最小回路增益不同于与第一工作频率关联的最小回路增益。

在这样的一个实施例中，可以通过提供一组预先确定的回路增益

和在每次检测到符号改变时从这组预先确定的回路增益中选择低一档的回路增益来递减回路增益。此外，这组预先确定的回路增益中的每个回路增益各有一个与之关联的子程序，可以通过选择与低一档的回路增益关联的子程序来选择低一档的回路增益。此外，预先确定的这组回路增益最好包括一些递减因子为 2 的回路增益。

如熟悉该技术的人员可以看到的那样，本发明可以体现为系统或方法，包括采用这样的系统或方法的无线电话机。

附图简要说明

图 1 为适合采用本发明的无线电话机的方框图；

图 2 为例示本发明的一个实施例的一些操作的流程图；

图 3 为例示本发明的另一个实施例的一些操作的流程图；以及

图 4 为例示本发明的又一个实施例的一些操作的流程图。

具体实施例详细描述

以下将参考示出本发明的优选实施例的附图更为详细地对本发明进行说明。然而，本发明可以以许多不同的形式实现，并不局限于在这里所提出的这些实施例；更确切些说，所以提供这些实施例是为了使本说明更为全面和完整，从而为精通该技术的人员充分地表达本发明的范围。在这些附图中，同样的数标示的都是同样的器件。如熟悉该技术领域的人员可以看到的那样，本发明可以体现为一些方法或设备。因此，本发明可以呈现为完全用硬件实现、完全用软件实现或用软件和硬件联合实现的形式。

图 1 示出了按照本发明在产生本机频率中采用温度补偿的双模无线电话机 10 的一个实施例。 如图 1 所示，无线电话机 10 包括一个压控振荡器（VCO）12。VCO 12 输出的频率取决于输入电压。在图 1 所示的无线电话机 10 中，这个输入电压是由数模转换器（DAC）14 提供的。DAC 14 从控制处理器 30 接收到数字输入值后就将它变换成模拟电压电平，加到 VCO 12 上，控制 VCO 12 的输出频率。

如图 1 所示，VCO 输出提供给双模收发信机 22 和 24。收发信机 22 可以由无线电话机 10 在 1900 MHz 模式工作时使用，而收发信机 24 可以由无线电话机 10 在 800 MHz 模式工作时使用。收发信机 22 和 24 也可以就是一个双频带收发信机。无线电话机 10 的天线结构 26 可以用来向基站发射信号和接收来自基站的信号。天线结构 26 可

以通过一个双工器 28 接至收发信机 22 和 24。采用本发明的无线电话机可以使用传统的收发信机 22 和 24、天线结构 26 和双工器 28。因此，无线电话机 10 在这些方面的情况对熟悉该技术领域的人员是众所周知的，因此在这里不再详细说明。

图 1 的无线电话机 10 还包括一个信号数字转换器 16 和信号处理器 18。数字转换器 16 接收基站发射的同步频率信号，将同步频率信号的数字表示提供给信号处理器 18。信号处理器 18 接收来自数字转换器 16 的数字信息，将频率误差估计提供给控制处理器 30。控制处理器 30 接收到误差估计后，利用这误差估计和存储在与控制处理器 30 配合的存储器 20 内的信息，得出经修正的数字值，提供给 D/A 14，以便控制 VCO 12 的输出的频率，使将来的误差估计减到最小。

在一个实施例中，数字转换器 16 可以包括一个相位数字转换器和一个振幅(接收信号强度指示，RSSI)数字转换器，这可参见美国专利 No. 5,048,059 “Logpolar 信号处理” (“Logpolar Signal Processing”)，该专利中所揭示的在这里列为参考予以引用。在另一个实施例中，数字转换器 16 可以包括一个将接收信号数字化成同相和正交向量分量的 Cartesian 信号数字转换器。这样的信号数字转换器可以参见美国专利 No. 5,214,702 “无线电接收机中的 DC 偏置补偿” (“DC Offset Compensation in A Radio Receiver”)，美国专利 No.5,084,669 “直接相位数字化” (“Direct Phase Digitization”)，美国专利 No.5,148,373 “精确数字确定脉冲信号串的时间或相位位置的方法和结构” (“ Method and an Arrangement for Accurate Digital Determination of the Time or Phase Position of a Signal Pulse Train”)，以及美国专利 No.5,220,275 “累加器的相位数字转换器”(“Accumulator Phase Digitizer”)，这些专利中所揭示的都在这里列为参考予以引用。众所周知，无论是采用 Logpolar 还是 Cartesian 数字化，都可以根据哪个对随后的处理更为方便将一种形式变换为另一种形式。

经数字化的信号可以可以用若干方式进行处理，解码出信息，确定频率误差值。例如，如果要处理的信号是一个 AMPS 模拟控制信道信号，就可以按在美国专利 No.5,475,705 “Manchester 编码的 FM 信号的解调器” (“Demodulator for Manchester - coded FM

Signals”）中所说明的那样进行处理，该专利所揭示的在这里列为参考予以引用。或者，如果信号是一个需由最大似然序列估计器处理的数字调制信号，就可以按在美国专利 No. 5,093,848“控制相干无线电接收机的频率的方法和实现这种方法的装置”（“Method of Controlling the Frequency of a Coherent Radio Receiver and Apparatus for Carrying Out the Method”）中或在美国专利 No. 5,136,616“快速控制相干无线电接收机的频率的方法和实现这种方法的装置”（“Method of Rapidly Controlling the Frequency of a Coherent Radio Receiver and Apparatus for Carrying Out the Method”）中所说明的进行处理，这两个专利所揭示的在这里列为参考予以引用。无论采用哪种方法，所确定的接收信号相对接收机本身基准振荡器的频率误差周期性地提供给处理器 30，由处理器 30 实现在这里说明的本发明的控制压控振荡器 12 的方法。本发明的一个目的是将控制振荡器 12 使它提供一个精确的频率所需的参数存储在存储器 20 内。存储器 20 可以是一个称为 EEPROM 的非易失性存储器。可以针对一系列由温度传感器 32 测量的温度值存储这些存储控制信号，形成一个温度补偿表，随着无线设备的使用，改善精度和补偿漂移。因此，在使用了一段时期后，利用一个以温度编址的控制值，甚至在检测到一个基站信号前就可以提供一个高精度的初始频率，从而加快了对这样的信号的检测。

具体地说，控制处理器 30 可以首先在存储器 20 内存储一个列有一些初始温度补偿值的表。最好这个表起初是在工厂通过存储一些温度补偿值和与温度补偿值关联的精度指示建立的。精度指示可以表示确定温度补偿值的精确程度。例如，精度指示可以表示温度补偿值是根据一个具有 ±1kHz 左右精度的模拟基站信号（例如 AMPS）或具有 ±100 Hz 精度的数字基站信号（例如 GSM）确定的还是根据具有 ±10kHz 左右精度的工厂预置值确定的。工厂建立的温度补偿值将由控制处理器在补偿无线电话机温度改变中用作初始温度补偿值。为了避免用一个烘箱逐个对无线电话机进行补偿（这样费时太久），可以只设置一个平均温度补偿表。控制处理器 30 还可以从温度传感器 32 得到电话机的温度。因此，控制处理器 30 可以从温度传感器 32 读取温度，再从存储在存储器 20 内的查找表查找出相应的温度补偿值。

除了能访问存储器 20，控制处理器 30 更可取的是能够执行由中断启动的操作。因此，在有一个中断信号发给处理器时，处理器就在存储器内与所发中断关联的位置开始执行。存储器内的这个位置可以称为中断向量。此外，控制处理器 30 的各个中断的中断向量可以存储在存储器内的一个称为中断向量表的表内。更可取的是，可以改变中断向量表内的这些中断向量的值，使得存储器内与中断关联的位置可以改变。

在图 1 所示的无线电话机 10 中，信号处理器 18 最好在产生一个误差估计时向控制处理器 30 发一个中断(自动频率控制(AFC)中断)。因此，AFC 中断可以以进行新频率测量的周期周期性地产生。例如，在 TDMA 中，这周期可以是对于 D-AMPS 的 20ms 帧周期，对于 PCS1900/GSM 的 4.6ms 帧周期，对于 IS95 的 20ms 帧周期，或者是对于 AMPS 的 43.6ms 帧周期。此外，一个频率误差测量结果只有在检测到有效数据(例如根据从纠错解码的解调数据、循环冗余码检验得出的有效数据指示或者其他这样的有效数据标志)的时候才可以认为是有效的，从而将产生一个新的 VCO 电压。或者，可以利用数字话音色码(DVCC)，使得频率误差信息在 DVCC 解码为一个预期值时认为是有效的。

在 AFC 中断激活时，控制处理器 30 开始执行存储器 20 内位于所关联的中断向量处的指令。完成这些指令后，在控制处理器 30 内继续执行在接收到中断前执行的指令。因此，对提供给 DAC 14 来控制 VCO 12 的数字值的控制可以是一个在发出一个 AFC 中断时在控制处理器 30 内执行的中断子程序。

如熟悉该技术的人员可以看到的那样，虽然本发明将按信号处理器 18 激活 AFC 中断进行说明，但是也可以设置其他的 AFC 中断源。例如，中断可以由控制处理器 30 在例如检测到无线电话机 10 的工作模式从 800MHz 改变为 1900MHz 时激活。因此，不应该将本发明认为是局限于任何具体的激活 AFC 中断的方法。

此外，虽然本发明例示为具有单个存储器 20，但是如熟悉该技术的人员可以看到的那样，采用本发明的无线设备可以具有多个存储器或多个不同类型的存储器。例如，在 AFC 中断激活时执行的这些中断子程序可以存储在一个诸如可编只读存储器之类的非易失存储器

内，而中断向量表可以存储在诸如随机存取存储器之类的暂时存储器内。 虽然对于本发明来说具体的存储器配置不是关键性的，但是如熟悉该技术的人员从本发明中可以看到的那样，本发明最好利用允许改变中断的中断向量和更新存储在存储器内的温度补偿值的存储器配置来实现。

下面将结合示出本发明一些实施例的流程图的图 2 至 4 说明本发明的各个方面和实施例。很清楚，流程图的每个方框和流程图内一些方框的组合都可以用计算机程序指令实现。这些程序的指令可以提供给一个处理器（例如控制处理器 30），以便形成一个自动机，使得这些在处理器上执行的指令生成实现在流程图各个方框或一些方框内规定的功能的装置。这些计算机程序指令可以用一个处理器执行，实现用处理器执行的各个操作步骤，从而生成一个计算机实现的过程，使得在处理器上执行的这些指令执行实现各个在流程图各个方框或一些方框内规定的功能的步骤。

因此，流程图的一些方框支持执行这些指定功能的装置的组合和执行这些指定功能的步骤的组合。还可以理解，流程图各个方框和流程图内一些方框的组合可以用执行规定操作或步骤的基于专用硬件的系统来实现，也可以用专用硬件和计算机指令的组合来实现。

图 2 示出了按照本发明的一个实施例执行的经温度补偿的电压控制的操作。 可取的是，这些操作如上所述是作为一个或一些响应激活 AFC 中断而执行的子程序的部分执行的。例如，AFC 中断可以在出现切换到一个新的基站时、在出现工作频率改变时或者在从休眠或空闲模式唤醒时激活。此外，对于不同类型的改变可以用各别的中断或中断向量。例如，改变工作频率或切换基站可以导致需确定一个初始 VCO 值。在这样的系统中，AFC 中断可以用来触发随后的一些操作，例如反馈操作，包括估计信号处理器 18 产生的误差值以产生一个新的 VCO 电压。

这种自动频率控制（ AFC ）系统是一个反馈控制系统或闭环，必须具有合乎需要的稳定性和快速暂态响应，可以滤除 AFC 误差值上的无线电噪声。任何控制回路应该具有至少一个具有无限 DC 增益的真正的积分器，保证回路平均调整到零静态误差。这个积分器可以以数字形式设置在处理器 30 内。积分器将每个新的误差测量结果与先前

的积分值累加，因此相同符号的一系列误差将产生一直增大的积分器值，通过将积分器值输出给数模转换器 14 得出振荡器控制电压。

在一种优选的实现中，频率误差由信号处理器 18 以一个 8 比特字节的形式提供。这个误差值累加给一个 16 比特（2 字节）的积分器值的最低有效字节（LSB）。然后，将积分器值的最高有效字节（MSB）输出给一个 8 比特的数模转换器，产生振荡器控制电压。因为误差是加到 LSB 上，而用 MSB 产生控制电压，因此误差在这种模式受到一个为 1/256 的增益因子的影响，从而衰减了测量结果上的噪声。然而，在低回路带宽模式，自动频率控制不能足够迅速地对从一个低精度的模拟基站改变到一个高精度的数字基站进行响应。在出现这种事件时，代之以将误差值左移一个或多个比特再与积分器值累加，因此使回路增益增大为 2 的某次方倍。增大的回路增益可能只是在执行从低精度基站切换到高精度基站时是适当的，最好不要长久使用，因为这将使加到振荡器控制电压上的噪声增大。因此，所希望的是在达到所要求的频率精度后尽可能迅速地减小回路增益，使它回到维持值。

如果将数字信号处理器 18 提供的 AFC 误差字节表示为 DSPAFC，而将 16 比特的基准积分器值表示为 REFINT，那么在每个 AFC 中断后正常的回路增益需要计算

$$REFINT=REFINT+DSPAFC \quad (1)$$

在从一个模拟或低精确度基站切换到一个数字或高精度基站期间，通过执行以下计算提供较高回路增益值：

$$REFINT=REFINT+2*DSPAFC \quad (2)$$

$$REFINT=REFINT+4*DSPAFC \quad (3)$$

$$REFINT=REFTNT+8*DSPAFC \quad (4)$$

$$REFINT=REFINT+16*DSPAFC \quad (5)$$

得到越来越高的回路增益。选择 2，4，8，... 等这些 2 的因子便于用一个简单的右移一个或多个二进制数位操作实现，而不需要比较复杂的乘法操作。

模拟表明，采用倍增因子大于 16 的较高回路增益会引起过度振荡的暂态响应，因此需要添加一个阻尼项。对于增益增大为 32 倍、包括所用阻尼项的表达式为:

REFINT=REFINT+32*(2*DSPAFC(I)-DSPAFC(I-1)) (6)

这表明积分器值 REFINT 应该增加 32 乘以两倍的当前误差值 DSPAFC(I)与前一误差值 DSPAFC(I-1)之差。

式 1 至 6 表示了五个回路增益不同的模式,可以按以下方式进行选择。每个用一个在存储器内有一个起始地址的小中断程序(分别与式 1 至 6 相应的例行程序 1 至 6 之一)实现。检测到从一个模拟基站切换到一个数字基站的切换命令后,就将 AFC 中断向量设置为指向例行程序 6（最快回路模式）的起始地址。在这个例行程序内，还有一些检测误差值 DSPAFC(I)与前一值 DSPAFC(I-1)相比符号是否改变的指令。如果改变的话，在退出这个中断程序前，将中断向量改变为指向例行程序 5（低一档的回路增益值）。例行程序 5 也包括一些检测在两个相继 AFC 误差值之间符号改变的指令,于是将中断向量指向例行程序 4，如此等等，直到在误差符号改变五次后，例行程序 1 便为 AFC 中断程序，在现有技术中在下一次遇到模拟-数字切换之前不会改变。

然而，在可以在 800MHz 和 1900MHz 两个频带工作的双频带电话机中，在从 800 MHz 切换到 1900MHZ 时回路增益还受到比值 19/8 的影响。 因此，例行程序 1 如果对于 800MHz 是最佳的，对于 1900MHz 就可能回路增益过高。可以代之以一个新的具有更为适宜的回路增益的例行程序:

REFINT = REFINT +0.5*DSPAFC. (7)

此外，必须增添阻尼项的倍增因子现在可以是 16 而不是 32。

因此,本发明的一种实现方式是使用前在例行程序 1 至 6 中按与工作频率成反比的形式对值 DSPAFC 定标,从而无论使用的是哪个频率或频带都可以保持回路增益不变。由于数字信号处理器 18 比处理

器 30 更适合按比例定标，因此可以在信号处理器 18 内执行这种定标。

在本发明的另一个实现方式中，还按以 Hz/Volt 计量的基准振荡器控制灵敏度与温度变化的关系对回路增益进行补偿。温度补偿比例因子根据温度传感器 32 测量的温度从存储器 20 内的温度补偿表取得，用来再对 DSPAFC 值定标。

在另一个实施例中，提供两组以上的 6 个例行程序，一组供在 800 MHz 工作时用，另一组供在 1900MHz 工作时用。检测到从一个低精度基站切换到一个高精度基站后，就将 AFC 中断向量立刻改为或者指向 800 MHz 情况的例行程序 6（如果高精度基站工作在 800 MHz 频带的话），或者指向对在 1900 MHz 工作优化的例行程序 6（如果新的基站使用 1900 MHz 频带的话）。无论是哪种情况，随着每次误差值 DSPAFC 符号改变，中断向量将重置为指向对于同一个频带的回路增益低一档的 AFC 例行程序。

除了由回路积分器 REFINT 提供对噪声的数字滤波，可能还希望滤除数模变换器 14 输出的数字量化噪声，这是通过在压控振荡器 12 的电压控制线上包括一个约为 50mS 的充分的 RC 时间常数来实现的，从而使这个反馈回路成为一个二阶回路。可以证明，这个回路在积分器时间常数与 RC 时间常数之比为 4:1 时受到临界阻尼。对于 20mS 的采样来说，对此必须稍加修改。实际上，为了避免要在处理器内进行相乘，软件积分器的时间常数可以选成便于实现的，然后将外部的 RC 时间常数设置成可以得到最佳的响应。

由于数模转换器 14 的精度通常不到值 REFINT 的 16 比特字长，一种精细化的方案是将值 REFINT 加到一个 16 比特的保持寄存器再将保持寄存器的值输出给数模转换器 14。然后，将输出给数模转换器 14 的那些最高有效比特在保持寄存器内设置为零，而将这次不能输出的那些最低有效比特留在保持寄存器内与加到保持寄存器的下一个 REFINT 值累加。因此，这些最低有效比特在保持寄存器内累加，直到对影响数模转换器 14 的输出值的较高有效比特引起一个进位，从而防止了累积误差。甚至还要有利的是，这样从保持寄存器以比值 REFINT 更新率大几倍的速率输出给数模转换器 14，可以使数模转换器 14 的输出以前面提到的 RC 时间常数可以平滑掉的速率在两个相邻

的值之间抖动，从而提供一个可以处于数模转换器 14 的两个量化步长之间的平均振荡器控制电压。

再回到图 2，控制处理器 30 确定温度(方框 100)后，根据温度从所存储的回路增益表选择一个回路增益(方框 102)。确定工作频率(方框 104)后，根据无线电话机的频带选择初始子程序(方框 106)。然后，设置新的 VCO 电压(方框 108)。在接收到一个 AFC 中断(方框 110)时，控制处理器 30 调用所选子程序，在中断向量的存储器地址处开始执行(方框 112)。控制处理器 30 利用这个子程序确定新的控制电压，然后确定当前频率测量结果的误差是否与前一频率测量结果的误差值符号相反，即确定是否在频率误差中检测到一个过零点(方框 114)。如果确定没有出现符号改变，控制处理器 30 就根据子程序执行结果设置 VCO 电压(方框 126)。然后，控制处理器等待下一个 AFC 中断(方框 110)。由于子程序或其他指令在确定是否出现符号改变中要利用前一误差值的信息，因此最好是子程序存储或者维持上次误差确定的值或者至少是上次误差确定的符号。

如果检测到符号改变，控制处理器 30 就确定中断向量指向的当前子程序是否为对于无线电话机 10 的工作频率是回路增益最低的子程序(方框 116)。如果当前子程序不是回路增益最低的子程序，就选择回路增益低一档的子程序(方框 128)。如上所述，这个选择可以呈现为将中断向量修改为指向一个新的子程序，或者通过修改当前子程序或子程序的输入或输出提供低一档的回路增益。如图 2 所示，这个在检测到过零点时递减回路增益的过程可以重复到达到与工作频率关联的最低回路增益。

如果控制处理器 30 确定当前子程序是对于无线电话机 10 的工作频率的回路增益最低的子程序，就根据在最低回路增益检测到符号改变假设 VCO 的当前频率输出为最终频率。也就是说，在信号处理器 18 和控制处理器 30 的反馈回路达到稳态运行时，就根据频率误差确定一个更新的温度补偿值(方框 118)。这应该是一个对振荡器控制电压的长期平均，甚至在整个电话呼叫上平均，因为各个温度值不允许经常更新。这些予以平均的值最好只是在电话机检测到它正在接收无差错数据期间出现的值。

在一个呼叫期间在由传感器 32 指示的每个温度对控制电压进行

平均后，然后可选择地确定平均值是否在一个与发送所接收的基准频率的基站关联的门限范围之内(方框120)。如果这平均值超过门限，就将它删除。 如果不是这样，就确定对于每个所存储的温度点的精度指示是大于、小于或等于当前基站的精度(方框122)。 如果当前基站的精度小于所存储的精度，就删除更新的温度补偿值(方框122)。然而，如果当前基站的精度指示高于温度补偿表内的精度指示，就用更新的温度补偿值和与具有当前同步频率的基站(即，据以得出更新的温度补偿值的那个基站)关联的精度指示更新温度补偿表(方框124)。 如果当前基站精度等于这个温度的当前精度指示，就将所存储的补偿值用新的平均控制电压进行平均，例如将它从它的当前值向新的值移动一些，而不是一直移动到新的值(方框125)。

或者，如熟悉该技术的人员可以看到的那样，可以将基站的精度指示与这个温度补偿值的精度指示相比较，如果这个指示低于与这个温度补偿值关联的精度指示，就跳过方框118和120的确定步骤。此外，一旦已经得到一个足够精确的温度补偿表，就可以取消学习功能，或者只是间歇性地用来检验这个温度补偿表的精度，例如每个接通期间一次。

从图2可见，本发明提供了不同的可以专用于特定的工作频带的回路增益。因此，对于每个工作频带都可以完善解决使VCO达到稳态频率的速度与精度之间的矛盾。通过采用一个首先将诸如回路增益和阻尼因子之类的参数设置成迅速减小频率误差然后再将这些参数减小到可以较好地消除测量噪声的快速调整过程，可以完善地解决这样的速度/精度矛盾。可以首先使用一些控制参数，例如提供一个会使最终电压过调的控制电压，以便提供对例如从休眠模式唤醒的快速响应。这可以通过增大控制电压来达到，使得所提供的初始控制电压大于与工作频率相应的控制电压。然后，可以在以后的控制电压确定步骤中再更精确地确定控制电压。

由于采用了与温度补偿值关联的精度指示，根据精度较低的源产生的值可以删除掉，使得对温度补偿值的修订只根据精度至少与当前温度补偿值相当的源进行。因此，可以保护温度补偿值的精度不受不很可靠的信号源的污染。

下面将结合示出本发明的允许使用由频率决定的回路增益的操

作的流程图的图 3 和 4 说明本发明的一些具体实施例。如熟悉该技术的人员可以看到的那样，图 2 的与确定和存储一些修改的温度补偿值有关的操作可以包括在图 3 和 4 的这些操作内。因此，图 2 的确定已经达到特定工作频率的最低回路增益的方框 118 至等待下一个 AFC 中断的方框 124 这些操作可以并入图 3 和 4，相应为图 3 的方框 210 至方框 216 和图 4 的方框 306 至方框 312。然而，为了清晰起见，那些操作已从图 3 和 4 中略去。

图 3 示出了本发明的多个有不同回路增益的子程序存储在存储器内不同存储位置的实施例。 如图 3 所示，这些子程序标识为“子程序 i”，其中 i 为子程序的变址值。在图 3 所示的例子中，i=1 至 5 的子程序与在 800 MHz 工作关联，而 i=1 至 6 的子程序与在 1900 MHz 工作关联。 因此，通用子程序 i = 1 至 5 是通用于两个工作频率，而子程序 i = 6 只用于 1900 MHz 工作频率。更可取的是，回路增益是以因子 2 累减的。阻尼因子可以用结合式 6 说明的技术同时改变。因此，在图 3 所示的例子中，对于 1900 MHz 工作的稳态回路增益将是在 800MHz 稳态工作的回路增益的 1/2，因为在 1900MHz 工作比在 800MHz 工作多一个子程序。

图 3 例示了控制处理器 30 在出现基站切换时的具体操作。如图 3 所示，控制处理器 30 确定无线电话机 10 用的是哪个工作频带(方框 200)。如果是用 800MHz 工作，就将 imax 设置为 5 (方框 202)。如果用 1900MHz 工作，就将 imax 设置为 6 (方框 204)。 然后，控制处理器将 i 设置为 1，通过将 AFC 中断向量设置为指向子程序 1 的起始地址，选择与 i=1 相应的子程序(方框 206)。

在接收到 AFC 中断时，执行子程序 i，得到 VCO 12 的新的电压值(方框 208)。然后，控制处理器确定是否已经达到 imax(方框 210)。如果已经达到 imax(例如，对于 800MHz 为 5，而对于 1900MHz 为 6)，控制处理器就等待下一个 AEC 中断(方框 216)。然而，如果没有达到 imax，控制处理器就根据当前频率测量确定频率误差是否与前一频率测量得出的误差符号相反(即过零)(方框 212)。如果没有出现符号改变，控制处理器 30 就等待下一个 AFC 中断而不改变所用的子程序(方框 216)。然而，如果出现符号改变就将 i 加 1，选择下一个子程序，改变这个 AFC 中断的中断向量，反映加了 1 的 i

值(方框 214)。然后，控制处理器 30 等待下一个 AFC 中断(方框 216)。因此，控制处理器 30 可以接连递减回路增益，直到达到对于这个工作频率的最小回路增益。

虽然图 3 中的这些操作例示了多个工作频率使用交叠的子程序的情况，但是如熟悉该技术的人员可以看到的那样，所用的这些子程序可以不交叠，使得在一个频带工作使用的是与在另一个频带工作使用的完全不同的子程序。此外，按本发明的精神，在子程序之间任何程度的交叠也都是可以的。

图 4 例示了本发明的只用一组子程序确定 VCO 电压的实施例。如图 4 所示，控制器首先将子程序设置为有最高回路增益的第一子程序(i=1)(方框 300)。在出现一个 AFC 中断时，选择与 i 相应的子程序，确定对于这个子程序供无线电话机这个工作频带用的那些系数是否已经校正(方框 301 和方框 302)。如果系数还没有对这个工作频率进行补偿，控制器就确定对于这个工作频带的校正系数(方框 304)。如上所述，这些校正可以通过对子程序的输入/输出参数定标或者通过直接改变一些在子程序内使用的值(例如将一些参数传给子程序或者修改一个共同可访问的存储单元)实现。此外，一个子程序的回路增益可以通过将一个基准的回路增益值乘以无线电话机的工作频率比予以补偿。因此，例如，如果回路增益已经对在 800MHz 工作最佳化，对于在 1900MHz 频率工作来说于是就可以将这个回路增益乘以 800/1900。这样的补偿也可以通过将输入给子程序的误差乘以这个比值或者将这个子程序的输出乘以这个值比来实现。或者，也可以对于不同的工作频率将测量得的误差或控制电压加倍或减半。

在另一个实施例中，可以由信号处理器 18 用如上所述的倍增定标直接对频率测量结果进行补偿。此外，将工作频率信息提供给无线电话机 10 的其他部分可能也是有益的。例如，无线电话机 10 内的解调器或信道跟踪器(未示出)可以利用频率信息来修改必须跟踪的衰落的改变率，以便对以每秒的波长数计的运动速度(因此对于不同的频率是不同的)的影响进行补偿。在校正了这个子程序的参数后，控制器 30 就确定是否 i=imax (方框 306)，即确定是否已经达到最低回路增益。如果已经达到最低回路增益，控制器 30 就等待下一个 AFC

中断(方框 312)。然而，如果还没有达到最低回路增益，控制器 30 就确定是否出现符号改变(方框 308)，如上所述。如果出现符号改变，控制器 30 就通过将 i 加 1 将子程序设置为回路增益低一档的子程序(方框 310)，然后等待下一个 AFC 中断(方框 312)。

在这些附图和说明中，揭示了本发明的典型优选实施例，虽然使用了一些具体条款，但只是一般性的和说明性的，并不是限制性的，而本发明的专利保护范围在以下列权利要求书中给出。

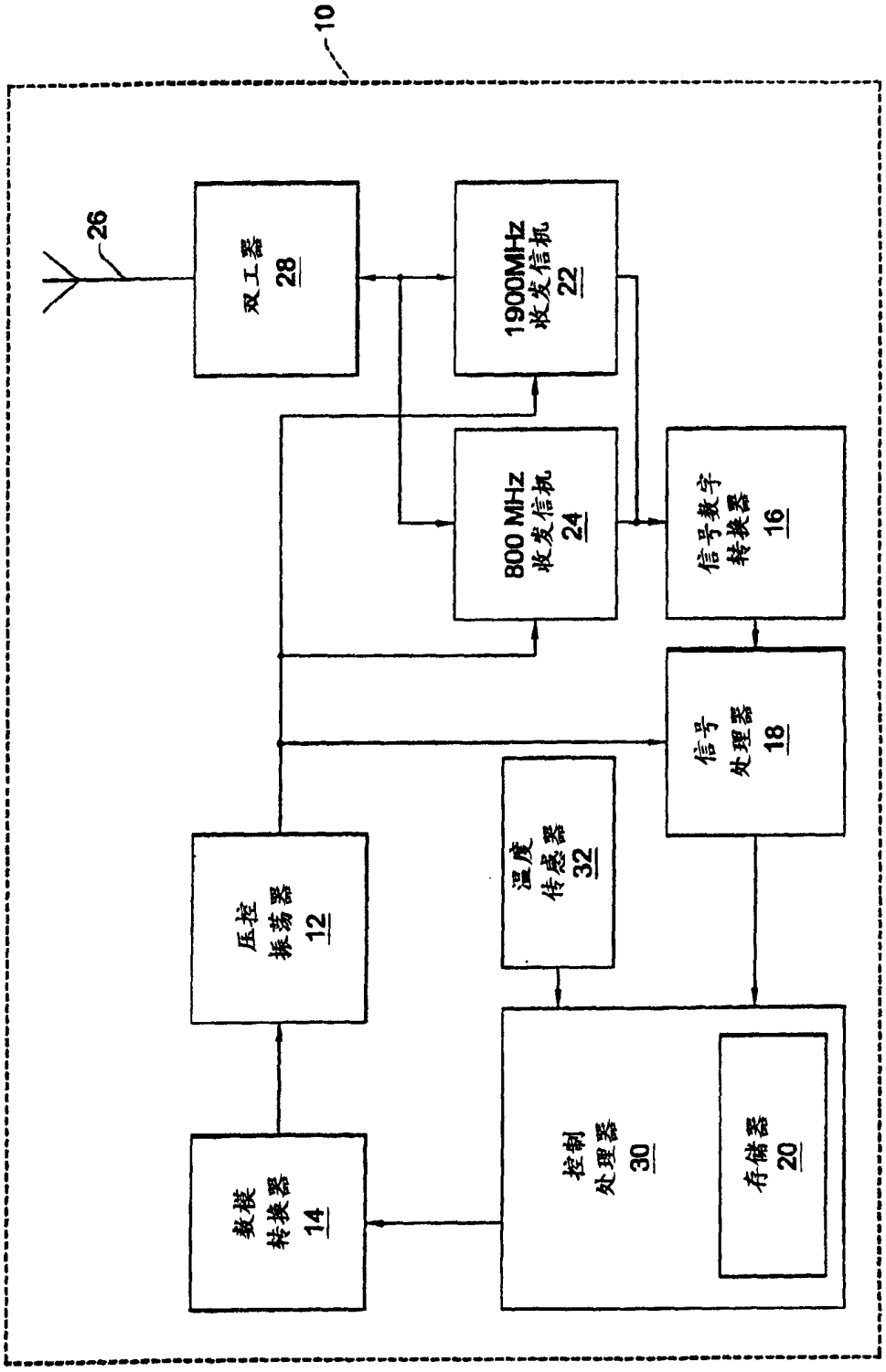

10
26
双工器
28
1900MHz
收发信机
22
800 MHz
收发信机
24
信号数字
转换器
16
信号
处理器
18
温度
传感器
32
压控
振荡器
12
数模
转换器
14
控制
处理器
30
存储器
20

图 1

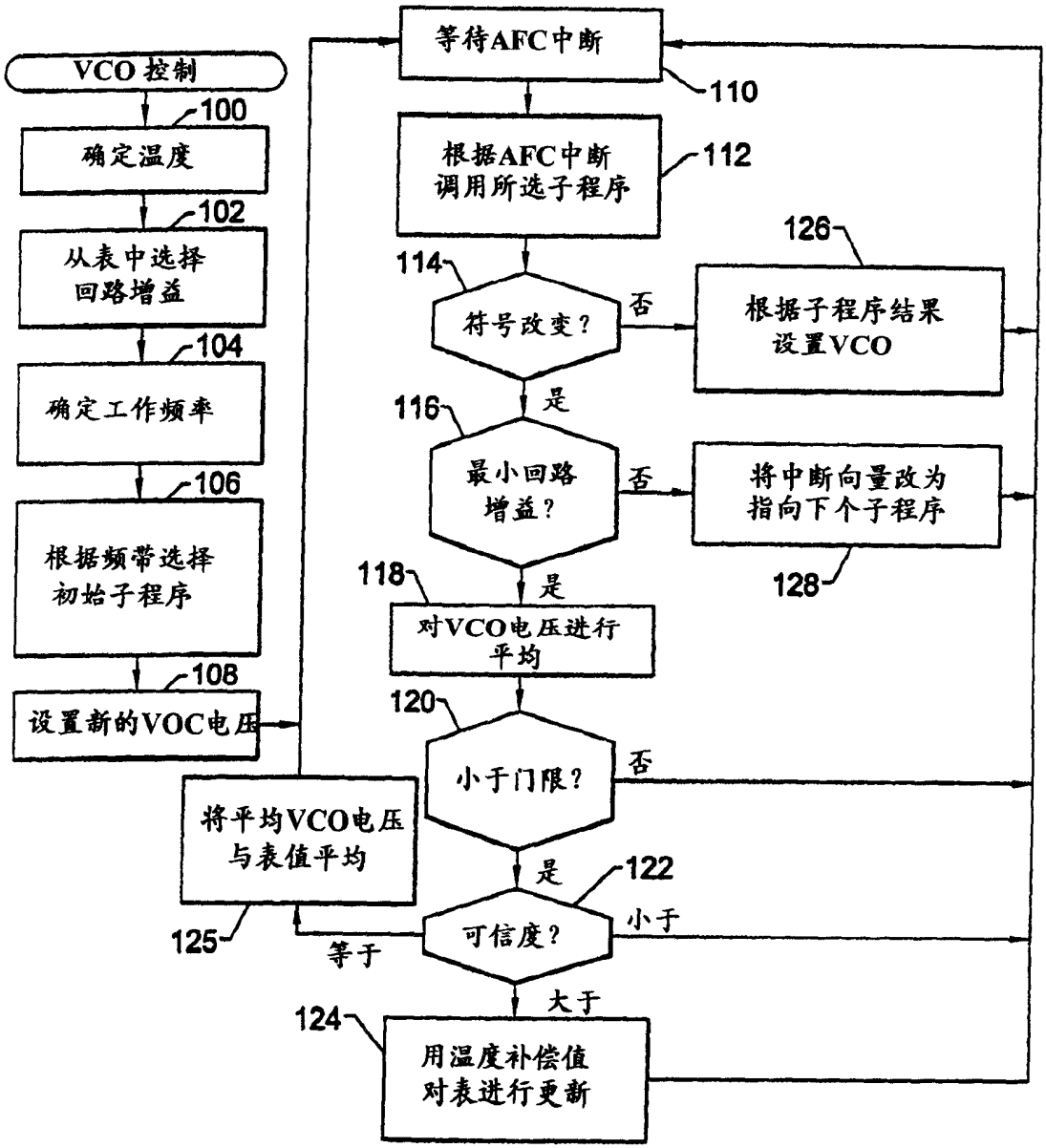

VCO 控制
100
确定温度
102
从表中选择
回路增益
104
确定工作频率
106
根据频带选择
初始子程序
108
设置新的VOC电压
等待AFC中断
110
根据AFC中断
调用所选子程序
112
114
符号改变？
否
126
根据子程序结果
设置VCO
是
116
最小回路
增益？
否
将中断向量改为
指向下个子程序
128
是
118
对VCO电压进行
平均
120
小于门限？
否
将平均VCO电压
与表值平均
是
122
可信度？
小于
125
等于
大于
124
用温度补偿值
对表进行更新

图 2

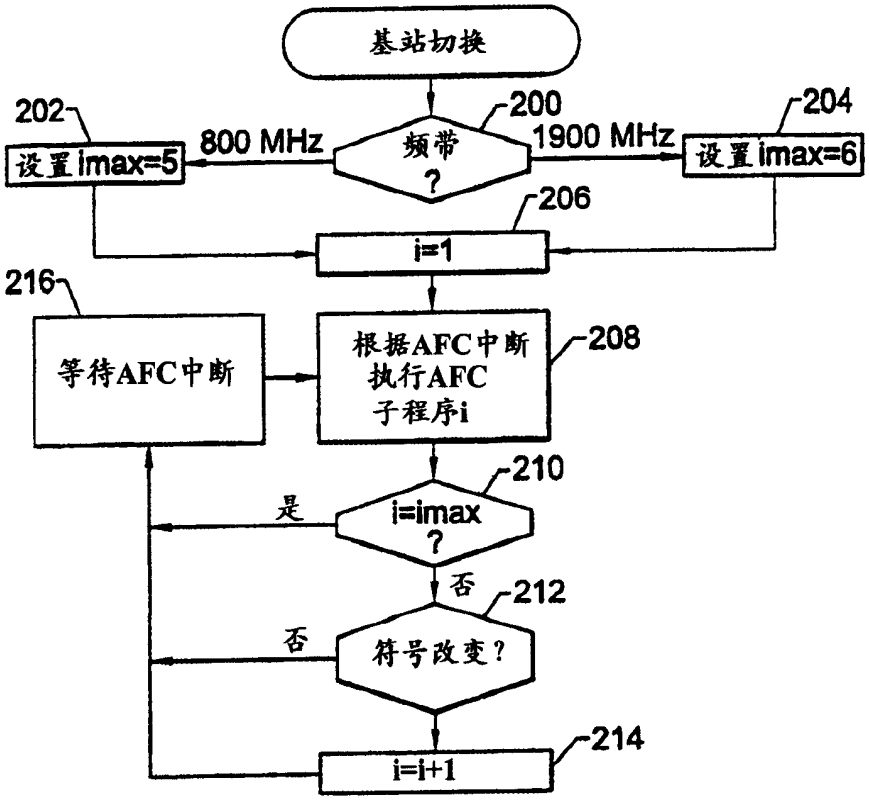

基站切换
200
频带
?
800 MHz
1900 MHz
202
设置imax=5
204
设置imax=6
206
i=1
216
等待AFC中断
根据AFC中断
执行AFC
子程序i
208
210
i=imax
?
是
否
212
符号改变?
否
214
i=i+1

图 3

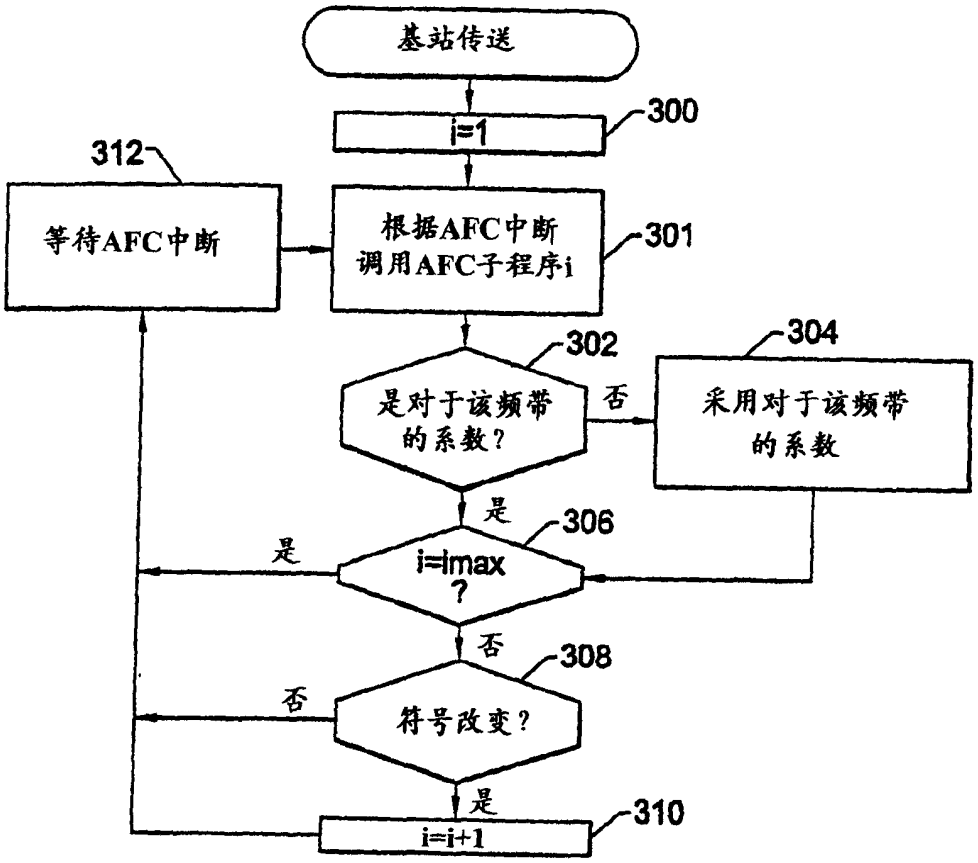

基站传送
i=1
300
312
等待AFC中断
根据AFC中断
调用AFC子程序i
301
302
是对于该频带
的系数?
否
304
采用对于该频带
的系数
是
306
是
i=imax
?
否
308
否
符号改变?
是
310
i=i+1

图 4