[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04L 27/233 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03814966.4

[45] 授权公告日 2010 年 1 月 20 日

[11] 授权公告号 CN 100583864C

[22] 申请日 2003.6.26 [21] 申请号 03814966.4

[30] 优先权

[32] 2002. 6.27 [33] US [31] 60/392,112

[32] 2003. 6.12 [33] US [31] 10/459,604

[86] 国际申请 PCT/EP2003/006716 2003.6.26

[87] 国际公布 WO2004/004268 英 2004.1.8

[85] 进入国家阶段日期 2004.12.27

[73] 专利权人 艾利森电话股份有限公司

地址 瑞典斯德哥尔摩

[72] 发明人 G·斯米特

[56] 参考文献

US6347120B1 2002.2.12

US20010031022A1 2001.10.18

EP0671837A 1995.9.13

CN1035597A 1989.9.13

US5062123A 1991.10.29

审查员 孔令通

[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 刘 杰

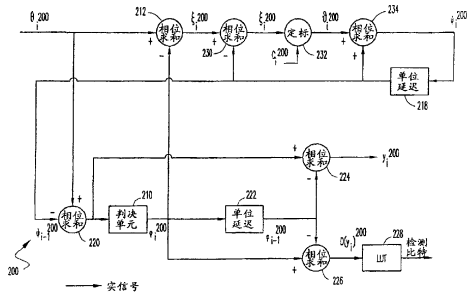
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 2 页

[54] 发明名称

用于相域准相干解调的方法和设备

[57] 摘要

一种用于相域准相干解调的方法和设备包括一个用于接收一个输入信号的至少一个相位分量的接收机。 该相域准相干解调器可以包括一个用于基于延迟的参考信号和该输入信号的相位分量形成一个判决的判决单元。 此外，该相域准相干解调器可以包括：一个相位求和加法器，用于从该输入信号的相位分量中减去该判决以形成一个旋转的输入相位，第二相位求和加法器，用于从旋转的输入相位中减去延迟的参考信号以形成一个合成信号，以及一个定标器，用于对该合成信号定标以形成一个更新信号。 一个第三相位求和加法器把该更新信号和该延迟参考信号相加以形成一个参考信号。



1. 一种相域准相干解调器，包括：

一个接收机，用于接收一个输入信号的至少一个相位分量；

一个判决单元，用于基于一个延迟参考信号和该输入信号的该相位分量形成一个判决值；

一个第一相位求和加法器，用于从该输入信号的该相位分量中减去该判决值以形成一个旋转的输入相位；

一个第二相位求和加法器，用于从该旋转的输入相位中减去该延迟参考信号以形成一个瞬时误差信号；

一个定标器，用于对该瞬时误差信号定标以形成一个更新信号；以及

一个第三相位求和加法器，用于把该更新信号与该延迟参考信号相加以形成一个参考信号。

2. 如权利要求1的相域准相干解调器，进一步包括一个用于延迟该参考信号的单位延迟。

3. 如权利要求1的相域准相干解调器，进一步包括一个第四相位求和加法器，用于从该输入信号的该相位分量中减去该延迟参考信号。

4. 如权利要求3的相域准相干解调器，进一步包括一个第五相位求和加法器，用于从接收自该第四相位求和加法器的信息中减去一个延迟判决以形成该相域准相干解调器的输出。

5. 如权利要求4的相域准相干解调器，进一步包括一个用于形成该延迟判决的第二单位延迟。

6. 如权利要求3的相域准相干解调器，进一步包括一个第六相位求和加法器，用于从该判决单元的判决中减去一个延迟判决以形成该相域准相干解调器的输出的一个判决。

7. 如权利要求6的相域准相干解调器，进一步包括一个查找表，用于基于该输出的该判决输出检测比特。

8. 如权利要求1的相域准相干解调器，其中该相域准相干解调器在一个无线接入装置中实现。

9. 如权利要求1的相域准相干解调器，其中该相域准相干解调器在一个可

操作地经短距离无线信号通信的装置中实现。

10. 一种用于对准相干解调器计算相域中的信息的方法，该方法包括：

接收一个输入信号的至少一个相位分量；

通过一个判决单元基于一个延迟参考信号和该输入信号的该相位分量形成一个判决值；

从该输入信号的该相位分量中减去该判决值以形成一个旋转的输入相位；

从该旋转的输入相位中减去该延迟参考信号以形成一个瞬时误差信号；

对该瞬时误差信号定标以形成一个更新信号；以及

把该更新信号与该延迟参考信号相加以形成一个参考信号。

11. 如权利要求 10 的方法，进一步包括通过一个相位求和加法器从该输入信号的该相位分量中减去该延迟参考信号的步骤。

12. 如权利要求 11 的方法，进一步包括从接收自该相位求和加法器的信息中减去一个延迟判决以形成该相域准相干解调器的输出的步骤。

13. 如权利要求 10 的方法，进一步包括从该判决单元的判决中减去一个延迟判决以形成该相域准相干解调器的输出的一个判决的步骤。

14. 如权利要求 13 的方法，进一步包括基于该输出的该判决输出检测比特的步骤。

15. 一种用于对准相干解调器在相域中计算信息的方法，该方法包括：

基于一个级数扩展计算一个更新值；以及

通过把该更新值和前一个参考相位相加来计算一个参考相位，

其中所述计算更新值的步骤包括以下步骤：

通过一个判决单元基于一个延迟参考信号和输入信号的相位分量形成一个判决值；

从该输入信号的该相位分量中减去该判决值以便形成一个旋转的输入相位；

从该旋转的输入相位中减去该延迟参考信号以便形成一个瞬时误差信号；以及

对该瞬时误差信号定标以形成一个更新信号。

用于相域准相干解调的方法和设备

技术领域

本发明通常涉及无线技术领域，并且更具体地涉及一种用于数字无线电收发信机的方法和系统。

背景技术

举例来说，诸如地面和卫星移动通信之类的无线技术和诸如 BLUETOOTH（蓝牙）之类的短距离无线系统通常使用用于发射数据的 M 进制差分编码相移键控（MDPSK）。由于 MDPSK 的有利特性，例如不需要载波恢复电路、快速捕获性能、相位模糊分辨能力以及在多径衰落信道上的良好性能，因此典型地采用 MDPSK。

当前用于改善 MDPSK 检测性能的解决方案利用一个配备有与判决反馈结合的无限冲激响应（IIR）滤波器的传统差分检测电路。通过一个载频跟踪环来补偿在移动通信中典型产生的载频偏置。准相干解调器接近相干 MDPSK 解调器的性能而不需载波相位捕获和跟踪。

现在参照图 1，说明了已知的准相干解调器 100。在附图中，粗箭头表示一个复信号，而细箭头表示一个实信号。通过准相干解调器 100 接收以复数形式的输入信号 x_i。准相干解调器 100 根据下面的等式分别经一个幅度计算器 104 和一个相位计算器 106 把输入信号处理为实信号的幅度 A_i^{100} 和相位 θ_i^{100} 分量：

$$x_i = A_i^{100} e^{j\theta_i^{100}} \quad i = 1,2,3... \qquad (1)$$

为了产生一个参考信号 u_i^{100}，从等式 1 中消除了输入信号 x_i 上的调制影响。通过把输入信号 x_i 旋转判决单元 110 的一个延迟判决 φ_{i-1}^{100} 来消除调制的影响。判决 φ_i^{100} 基于在下面更详细描述的一个参考相位 ψ_i^{100} 和相位分量 θ_i^{100}。输入信号 x_i 的旋转可以通过从输入信号 x_i 的相位分量 θ_i^{100} 中减去判决单元 110 的输出判决 φ_i^{100} 来实现。

为了得到一个旋转的输入相位 ξ_i^{100}，相位求和加法器 112 执行从相位分量

θ_i^{100} 中减去判决 φ_i^{100}。旋转的输入相位 ξ_i^{100} 连同幅度 A_i^{100} 一起输入到一个幅度和相位到复数的转换器 114。该幅度和相位到复数的转换器 114 输出一个参考信号 u_i^{100}。下面的等式适用于参考信号 u_i^{100}：

$$u_i^{100} = A_i^{100} e^{j(\theta_i^{100} - \varphi_i^{100})} \quad i = 1,2,3... \qquad (2)$$

参考信号 u_i^{100} 可能一直受到诸如噪声和码间干扰（ISI）这种损害的干扰。可以通过在积分器 108 的积分来使损害得到平均。为了确保考虑到准相干解调器 100 的幅度 A_i^{100}，该积分器 108 在复数域操作。相干参数 α 和参考信号 u_i^{100} 一起输入以形成积分器 108 的输出一参考矢量 r_i^{100}。可以采用许多方法对参考信号 u_i^{100} 积分。在本发明的一个实施例中，指数积分窗产生下面的等式：

$$r_i^{100} = \alpha * r_{i-1}^{100} + (1-\alpha) * u_i^{100} \quad i = 1,2,3... \qquad (3)$$

参考矢量 r_i^{100} 输入到一个复数到相位的转换器 116。从复数到相位的转换器 116 输出参考相位 ψ_i^{100} 到一个单位延迟 118。

如上所述，为了消除调制的影响，在判决单元 110 进行有关输入信号 x_i 的发射码元的试验判决。试验判决输入到相位求和加法器 112。在判决单元 110 进行的判决 φ_i^{100} 基于在实际的输入相位分量 θ_i^{100} 和前一个参考相位 ψ_{i-1}^{100} 之间的相位差。从单位延迟 118 输出前一个参考相位 ψ_{i-1}^{100}。单位延迟 118 接收来自复数到相位的转换器 116 的参考相位 ψ_i^{100} 作为输入。通过一个第二相位求和加法器 120 计算在实际的输入相位分量 θ_i^{100} 和前一个参考相位 ψ_{i-1}^{100} 之间的相位差并且将其输入到判决单元 110。

判决单元 110 的功能依赖于调制级数 M。例如，对于 M=2，下面的等式是成立的：

$$\varphi_i^{100} = \begin{cases} \pi & if \left| \theta_i^{100} - \psi_{i-1}^{100} \right| \geq \dfrac{\pi}{2} \\ 0 & elsewhere \end{cases} \qquad (4)$$

判决 φ_i^{100} 输入到一个第二单位延迟 122。该第二单位延迟 122 输出的延迟判决 φ_{i-1}^{100} 然后被输入到一个相位求和加法器 124 和一个相位求和加法器 126。第一附加相位求和加法器 124 从相位求和加法器 120 的输出中减去延迟判决 φ_{i-1}^{100}。相位求和加法器 124 的输出是准相干解调器 100 的输出 y_i^{100}。

用一个校正的前一个相差 γ_{i-1}^{100} 来代替前一个相差 θ_{i-1}^{100}。校正的前一个相差

γ_{i-1}^{100} 包括比前一个相差 θ_{i-1}^{100} 更少的噪声。校正的前一个相差 γ_{i-1}^{100} 表示如下：

$$\gamma_{i-1}^{100} = \psi_{i-1}^{100} + \varphi_{i-1}^{100} \quad i = 2,3... \qquad (5)$$

准相干解调器 100 的输出 y_i^{100}，也就是相位求和加法器 124 的输出由下式给出：

$$y_i^{100} = \theta_i^{100} - \gamma_{i-1}^{100} \quad i = 2,3... \qquad (6)$$

相位求和加法器 126 从判决 φ_i^{100} 减去延迟判决 φ_{i-1}^{100} 以产生输出的一个判决 $D(y_i^{100})$。判决 $D(y_i^{100})$ 输入到一个查找表（LUT）128 以输出检测比特。

在相位和复数域中的计算增加了计算复杂度。需要相位到复数的转换器、复数到相位的转换器、积分器等来执行必需的附加计算。为了获得增强的 MDPSK 准相干解调器 100 性能，附加的计算导致过度的功率消耗和硅面积。

发明内容

通过本发明的实施例可以克服这些和其他缺点，这些实施例提供了一种相域准相干解调器。本发明的实施例不要求通信系统中发射机和接收机之间的完全载频同步。本发明的实施例还通过在相域而不是复数域执行计算来降低复杂度。相域准相干解调器包括一个接收机，用于接收一个输入信号的至少一个相位分量。相域准相干解调器可以包括一个判决单元，用于基于一个延迟参考信号和该输入信号的相位分量来形成一个判决。此外，该相域准相干解调器可以包括：一个相位求和加法器，其以模 2π 加法操作，用于从输入信号的相位分量中减去该判决以形成一个旋转输入相位；一个第二相位求和加法器，用于从旋转输入相位中减去该延迟参考信号以形成一个合成信号；一个定标器，用于对合成信号定标以形成一个更新信号。一个第三相位求和加法器把该更新信号和该延迟参考信号相加以形成一个参考信号。

根据本发明的另一方面，一种方法为准相干解调器在相域种计算信息。该方法包括接收一个输入信号的至少一个相位分量，并且基于一个延迟参考信号和该输入信号的相位分量通过一个判决单元形成一个判决值。该方法可以包括从该输入信号的相位分量中减去该判决值以形成一个旋转输入相位，并且从该旋转的输入相位中减去该延迟相位信号以形成一个合成信号。可以对合成信号定标以形成一个更新信号。该更新信号可以与该延迟信号相加以形成一个参考

信号。

在另一方面，本发明涉及一件用于输入信号的相域准相干解调的制品。该件制品包括至少一个计算机可读介质和包含在该至少一个计算机可读介质上的处理器指令。该处理器指令被配置为可通过至少一个处理器从该至少一个计算机可读介质上读取，从而引起该至少一个处理器操作为接收一个输入信号的至少一个相位分量，并且通过一个判决单元基于一个延迟参考信号和该输入信号的相位分量形成一个判决值。可以从该输入信号的相位分量中减去该判决以形成一个旋转的输入相位。从该旋转的输入相位中减去该延迟参考信号以形成一个合成信号。对该合成信号定标以形成一个更新信号。该更新信号与该延迟参考信号相加以形成一个参考信号。

附图说明

通过下面结合附图给出的详细描述，本发明的进一步优点和具体细节将变得显而易见。

图 1 是示意性说明一个已知的 MDPSK 准相干解调器，这在前面进行了部分说明；

图 2 是根据本发明原理的一个相域准相干解调器的框图；以及

图 3 是在相域中计算该参考相位的方法的流程图。

具体实施方式

准相干解调器通常使用输入信号 x_i 的幅度信息以执行计算。应该理解，在具体实施方式中使用的各种符号可能涉及信号本身或用于发射一个角度或其他值的信号。

可以以硬件或软件实现准相干解调器，硬件例如是专用集成电路（ASIC）。该软件可以在数字信号处理器（DSP）或其他处理器上运行。准相干解调器的实现可以依赖于制造商或通信产品的设计选择和/或约束。如图 1 所示的准相干解调器要求执行各种相位到复数以及复数到相位的转换，从而增加了复杂度。准相干解调器 100 可以在无线通信装置 20 的接收机部分 10 中实现。

现在参考图 2，说明了一个相域准相干解调器 200。在一个相位求和加法器 212 从一个输入信号 x_i 的相位分量 θ_i^{200} 中减去来自一个判决单元 210 的判决 φ_i^{200}。在相域准相干解调器 200 中，该相位求和加法器 212 的输出，即一个旋转的输入相位 ξ_i^{200} 没有被转换为复信号。该旋转输入相位 ξ_i^{200} 而是输入到一个相

位求和加法器 230。该相位求和加法器 230 从该旋转输入相位ξ_i^{200}中减去一个延迟的参考相位ψ_{i-1}^{200}以得到一个合成信号ζ_i^{200}。重写相域中的等式 3 可以得到下面的等式：

$$\begin{aligned}
&\psi_i^{200} = phase(r_i) \\
&\psi_i^{200} = phase(\alpha * e^{j\psi_{i-1}} + (1-\alpha) * e^{j\xi_i}) \\
&\psi_i^{200} = phase(e^{j\psi_{i-1}}(\alpha + (1-\alpha) * e^{j(\xi_i - \psi_{i-1})})) \\
&\psi_i^{200} = \psi_{i-1}^{200} + \arctan\left(\frac{(1-\alpha) * \sin(\zeta_i)}{\alpha + (1-\alpha) * \cos(\zeta_i)}\right) \\
&\psi_i^{200} = \psi_{i-1}^{200} + \vartheta_i^{200}
\end{aligned} \qquad (7)$$

等式 7 的简化表明，可以通过把一个更新值θ_i^{200}和延迟的参考相位ψ_{i-1}^{200}相加来得到在时刻 i 的参考相位ψ_i^{200}，而无需在复数域中进行计算。因此，避免了要求额外的处理和更大的硅面积以及消耗额外的功率的复数计算。

该更新值θ_i^{200}是一个 0 均值的随机变量，对于 M=2、4 和 8，它分别被限定在范围[-π/2, π/2]、[-π/4, π/4]和[-π/8, π/8]中。该更新值θ_i^{200}可以相对较小，从而允许在更新值θ_i^{200}的计算中简化。该简化基于下式：

$$\begin{aligned}
&\vartheta_i^{200} = c_1 * \zeta_i^{200} + c_2 * (\zeta_i^{200})^2 + c_3 * (\zeta_i^{200})^3 \ldots \\
&c_1 = 1-\alpha \\
\text{with}\quad &c_2 = \frac{1}{6}\alpha - \frac{1}{2}\alpha^2 + \frac{1}{3}\alpha^3 \\
&c_3 = -\frac{1}{120}\alpha + \frac{1}{8}\alpha^2 - \frac{5}{12}\alpha^3 + \frac{1}{2}\alpha^4 - \frac{1}{5}\alpha^5
\end{aligned} \qquad (8)$$

可以通过等式（8）所示的级数展开的前三项来近似θ_i^{200}。如等式 8 所示，为与相域准相干解调器 200 相关的特定系统确定相干参数α。

为了进一步简化相域准相干解调器 200，可以把具有系数 c_1、c_2 和 c_3 的三阶等式降低为一阶等式，而不会明显损失性能。该一阶近似允许利用一个定标器 232 通过系数 c_1 来对瞬时误差信号ζ_i^{200}定标。定标器 232 的输出是如等式 8 所述的更新值θ_i^{200}。相位求和加法器 234 把一个更新值θ_i^{200}和该延迟的参考相位ψ_{i-1}^{200}相加以便输出参考相位ψ_i^{200}。如果定标的实现可以简单地比作相位加法，那么可以以附加定标操作的代价来消除额外的加法。这可以通过下式看出：

$$c_1 * (\xi_i^{200} - \psi_{i-1}^{200}) + \psi_{i-1}^{200} = c_1 * \xi_i^{200} + (1-c_1) * \psi_{i-1}^{200} \qquad (9)$$

通过一个单位延迟 218 对参考相位ψ_i^{200}延迟以形成一个延迟的参考相位

ψ_{i-1}^{200}。在进一步的计算中利用该延迟参考相位ψ_{i-1}^{200}。相位求和加法器 220 从相位分量θ_i^{200}中减去该延迟参考相位ψ_{i-1}^{200}。判决单元 210 和一个相位求和加法器 224 接收相位求和加法器220 的输出。

判决单元210 形成判决φ_i^{200}，它被单位延迟 222 延迟以形成延迟判决φ_{i-1}^{200}。该相位求和加法器 224 从相位求和加法器 220 的输出中减去延迟判决φ_{i-1}^{200}。相位求和加法器 224 的输出是相域准相干解调器 200 的输出y_i^{200}。在相位求和加法器 226 从判决φ_i^{200}中减去延迟判决φ_{i-1}^{200}以产生该输出的判决 D(y_i^{200})。该判决D(y_i^{200})输入到一个查找表（LUT）228 以输出检测比特。

图 3 是说明在相域中计算参考相位的方法 300 的流程图。流程 300 在步骤 302 开始。在步骤 302，从旋转的输入相位ξ_i^{200}中减去延迟参考信号ψ_{i-1}^{200}以得到瞬时误差信号ζ_i^{200}。在步骤304，通过系数c_1来对瞬时误差信号ζ_i^{200}定标以形成更新值θ_i^{200}。在步骤 306，更新值θ_i^{200}与延迟参考信号ψ_{i-1}^{200}相加以形成参考相位ψ_i^{200}。如上所述，为了获得相域准相干解调器 200 的输出y_i^{200}并产生该输出的判决 D(y_i^{200})，可以在各种计算和判决中利用参考信号ψ_i^{200}。

尽管在上面的说明中已经示出了用来对瞬时误差信号ζ_i^{200}定标的定标器 232，但是在本发明中可以采用各种另外的定标器来形成高阶近似以得到更好的结果。但是，为了获得更精确的结果，需要在增加的复杂度中有一个折衷。

本发明的实施例例如可以在集成电路或芯片组、无线系统和接收机系统产品中实施。例如，一个计算机可操作地执行适于执行本发明的解调技术的软件。解调软件适于驻留在计算机可读介质上，例如在磁盘驱动单元内的磁盘上。计算机可读介质还可以包括闪存卡、基于 EEROM 的存储器、磁泡存储器、ROM 存储器等等。适于执行该解调方法的软件还可以完全或部分在一个处理器内的静态或动态主存储器或固件中（即在微控制器、微处理器或微计算机内存内）驻留。该解调方法还可以应用于在集成电路、现场可编程门阵列（FPGA）、芯片组或专用集成电路（ASIC）、无线系统和其他通信系统产品中的实现。

尽管已经描述了本发明的示范性实施例，但是应该认识到，在不脱离本发明的情况下，本发明可以以各种方式变化。因为本发明可以以许多方式变化，因此应该理解本发明应该仅受如下面的权利要求的范围所要求的范围的限制。

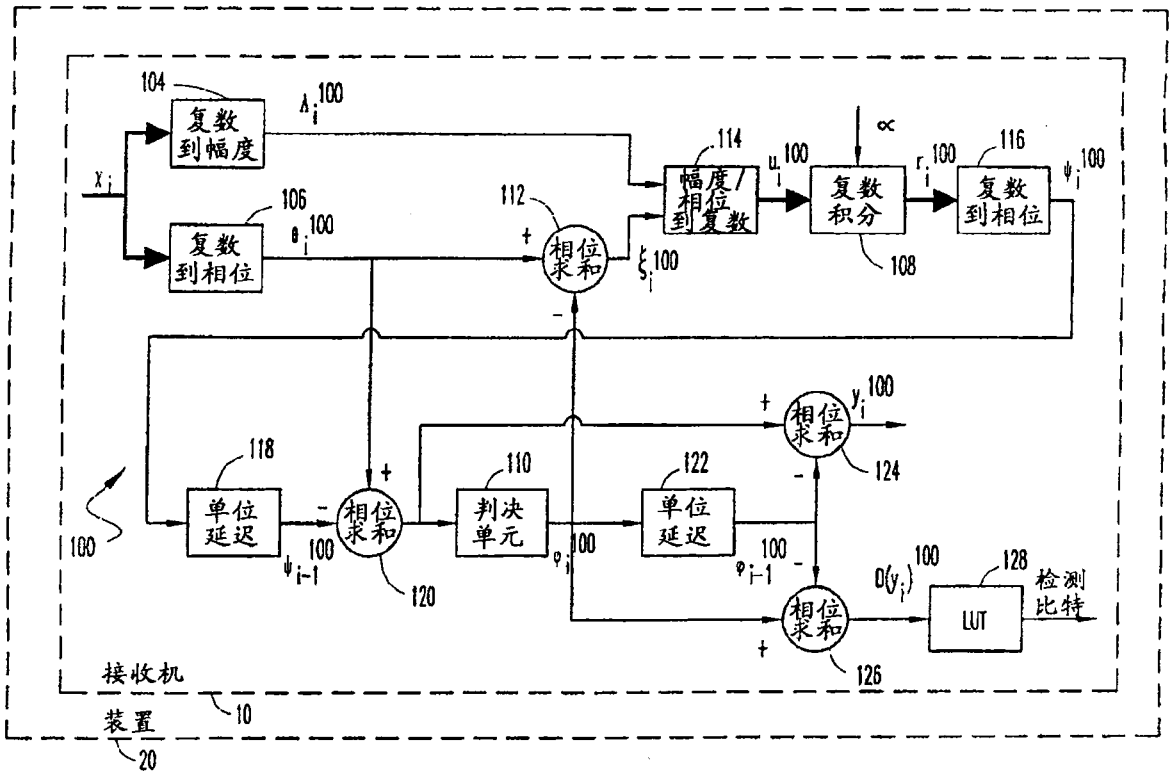

复数到幅度
复数到相位
幅度/相位到复数
复数积分
复数到相位
相位和求
单位延迟
判决单元
单位延迟
相位和求
相位和求
相位和求
LUT
检测比特
接收机
10
装置
20
100

图 1

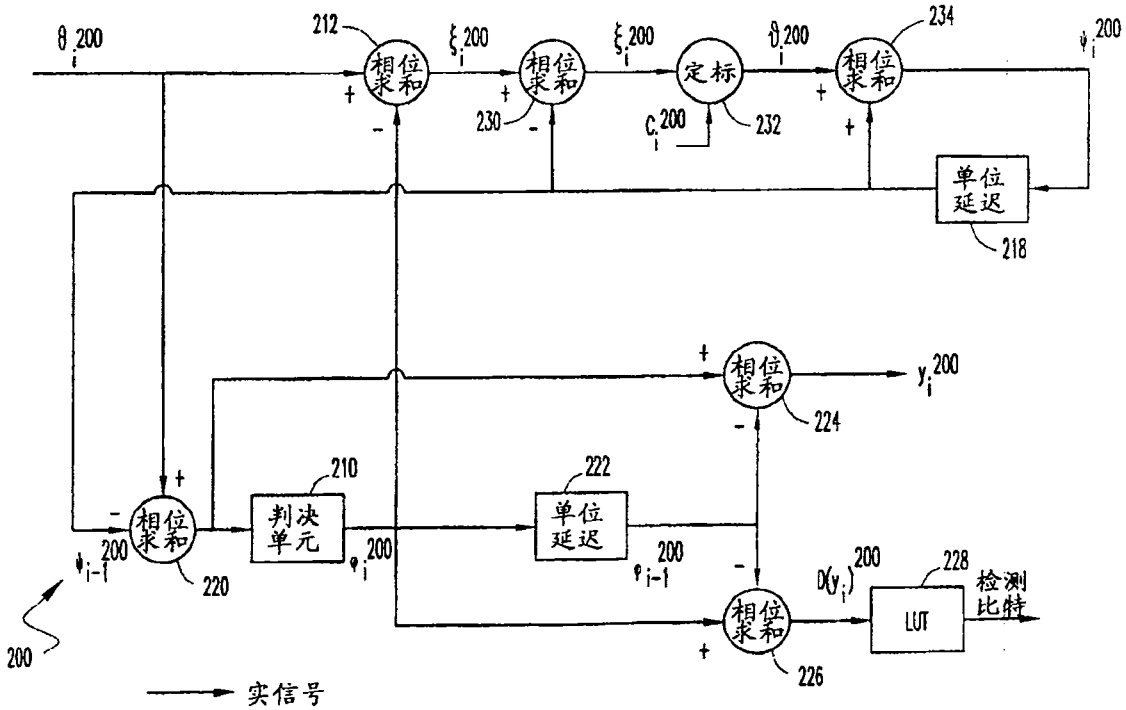

相位和求
相位和求
定标
相位和求
单位延迟
相位和求
判决单元
单位延迟
相位和求
相位和求
LUT
检测比特
实信号
200

图 2

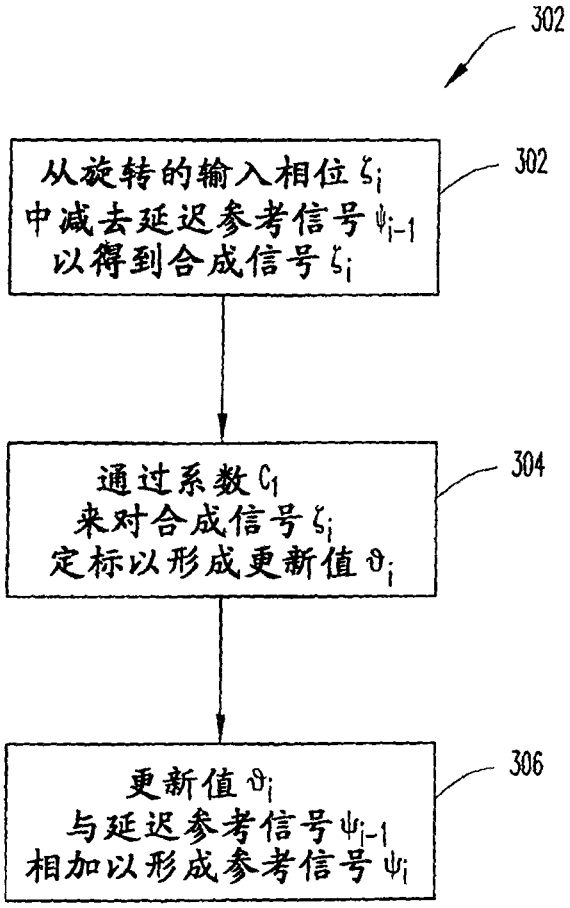

302
从旋转的输入相位 ζ_i 中减去延迟参考信号 ψ_{i-1} 以得到合成信号 ζ_i
302
通过系数 C_1 来对合成信号 ζ_i 定标以形成更新值 ϑ_i
304
更新值 ϑ_i 与延迟参考信号 ψ_{i-1} 相加以形成参考信号 ψ_i
306

图 3