

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2015年7月16日 (16.07.2015)



(10) 国际公布号
WO 2015/103816 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04L 7/02 (2006.01) H04B 3/04 (2006.01)
H04L 25/03 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/074566
- (22) 国际申请日: 2014年4月1日 (01.04.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410012704.0 2014年1月10日 (10.01.2014) CN
- (71) 申请人: 深圳市中兴微电子有限公司 (ZHONGXING MICROELECTRONICS TECHNOLOGY CO.LTD) [CN/CN]; 中国广东省深圳市盐田区大梅沙1号厂房, Guangdong 518085 (CN)。
- (72) 发明人: 姚扬中 (YAO, Yangzhong); 中国广东省深圳市盐田区大梅沙1号厂房, Guangdong 518085 (CN)。 蔡轶 (CAI, Yi); 中国广东省深圳市盐田区大梅沙1号厂房, Guangdong 518085 (CN)。 李运鹏 (LI, Yunpeng); 中国广东省深圳市盐田区大梅沙1号厂房, Guangdong 518085 (CN)。 顾国华 (GU, Guohua); 中国广东省深圳市盐田区大梅沙1号厂房, Guangdong 518085 (CN)。 任薇 (REN, Wei); 中

国广东省深圳市盐田区大梅沙1号厂房, Guangdong 518085 (CN)。

- (74) 代理人: 北京派特恩知识产权代理事务所(普通合伙) (CHINA PAT INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国北京市海淀区海淀南路21号中关村知识产权大厦B座2层, Beijing 100080 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[见续页]

(54) Title: CLOCK RECOVERY METHOD, DEVICE AND SYSTEM AND COMPUTER STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 一种时钟恢复方法、装置、系统及计算机存储介质

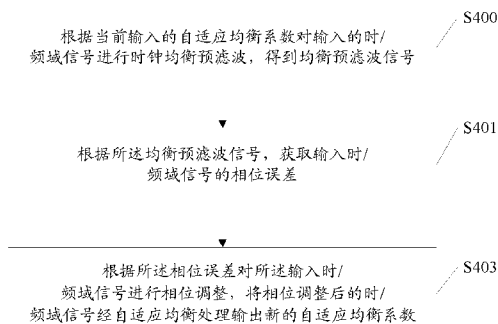


图 4 / Fig. 4

S400 Performing clock balance pre-filtering on an input time/frequency domain signal according to a self-adaptive balance coefficient input currently, to obtain a balance pre-filtering signal

S401 According to the balance pre-filtering signal, acquiring a phase error of the input time/frequency domain signal

S403 Performing phase adjustment on the input time/frequency domain signal according to the phase error, and outputting a new self-adaptive balance coefficient after self-adaptive balance processing is performed on the phase-adjusted time/frequency domain signal

(57) Abstract: Disclosed is a clock recovery method, comprising: performing clock balance pre-filtering on an input time/frequency domain signal according to a self-adaptive balance coefficient input currently, to obtain a balance pre-filtering signal; according to the balance pre-filtering signal, acquiring a phase error of the input time/frequency domain signal; and performing phase adjustment on the input time/frequency domain signal according to the phase error, and outputting a new self-adaptive balance coefficient after self-adaptive balance processing is performed on the phase-adjusted time/frequency domain signal. Also disclosed at the same time are a clock recovery device and system and a computer storage medium.

(57) 摘要: 本发明公开了一种时钟恢复方法, 包括: 根据当前输入的自适应均衡系数对输入的时/频域信号进行时钟均衡预滤波, 得到均衡预滤波信号; 根据所述均衡预滤波信号, 获取输入时/频域信号的相位误差; 根据所述相位误差对所述输入时/频域信号进行相位调

整, 将相位调整后的时/频域信号经自适应均衡处理输出新的自适应均衡系数。本发明还同时公开了一种时钟恢复装置、系统及计算机存储介质。



WO 2015/103816 A1

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **本国际公布:**
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, — 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。
TG)。

一种时钟恢复方法、装置、系统及计算机存储介质

技术领域

本发明涉及通信领域的时钟恢复技术，尤其涉及一种时钟恢复方法、装置、系统及计算机存储介质。

5 背景技术

随着互联网流量的增加，在干线系统的光通信系统中需要更大的容量。当每波长比特率增加时，在传输路径上的色度色散、偏振模色散以及各种非线性效应导致波形失真，从而导致信息质量变差。

图 1 为典型的数字相干接收机框图，接收光信号被偏振分光器分成相互正交的两个偏振态信号；偏振分光器输出偏振光信号通过 90°光混频器与本振光信号进行混频；混频后的光信号通过平衡光电检测器转换为基带电信号，光电转换后的电信号为每个偏振态有两路信号，由于经过传输信道后，两个偏振态之间有串扰、偏振态也有旋转，因此接收端此处的两个偏振态，每个偏振态有两路正交信号与发射信号没有对应关系；然后通过模/15 数转换器将电信号转换为数字信号，这样可以通过数字信号处理技术对该数字信号进行处理。

和非相干技术相比，数字相干接收技术有如下优点：大约 3dB 的光信噪比增益；可以方便地采用电均衡技术来应对信道变化，降低成本等；可以采用更高效的调制技术以及偏振复用来提高传输容量。

20 数字相干接收机中，色度色散和偏振模色散的均衡一般分两部分完成：首先对静态色散进行补偿，通常采用快速傅立叶变换（Fast Fourier Transformation, FFT）技术进行频域快速卷积，以完成静态色散的补偿；然后对残余的色度色散和偏振模色散进行补偿，通常采用有限长脉冲响应

(Finite Impulse Response, FIR) 蝶形均衡器来实现, FIR 蝶形滤波器采用自适应算法对系数进行更新, 以跟踪及补偿随时间动态变化的偏振模色散。其中, FIR 蝶形自适应均衡器有均衡、匹配滤波与相位调整的作用。但是, 当采样频偏存在或采样相位变化范围超过 FIR 蝶形自适应均衡器调整的范围时, 会引起 FIR 蝶形自适应均衡器无法正常工作, 因此, 需要在 FIR 蝶形均衡器之前放置一个时钟相位恢复装置, 用以估计输入时/频域信号的相位误差, 并对输入时/频域信号进行相位调整, 以保证为自适应均衡器提供稳定且适宜的采样相位。

现有技术中的时钟相位恢复方法, 如平方时钟恢复算法、Gardner 时钟恢复算法, 发明人在实现本发明的过程中, 发现现有的时钟相位恢复方案至少存在以下缺陷:

由于偏振模色散的差分群延迟及偏振旋转角度是随时间随机变化的, 因此, 输入时/频域信号的相位会受到偏振模色散影响; 并且, 当差分群延迟为半个周期, 而接收端偏振角度与主偏振态成 45 度时, 现有时钟相位恢复方案无法提取到输入时/频域信号的相位误差, 此时时钟相位恢复无法实现。

发明内容

有鉴于此, 本发明实施例期望提供一种时钟恢复方法、装置、系统及计算机存储介质, 能准确提取到输入时/频信号的相位误差, 更好地恢复输入时/频信号的相位。

为达到上述目的, 本发明的技术方案是这样实现的:

本发明实施例提供了一种时钟恢复方法, 该方法包括:

根据当前输入的自适应均衡系数对输入的时/频域信号进行时钟均衡预滤波, 得到均衡预滤波信号;

根据所述均衡预滤波信号, 获取输入时/频域信号的相位误差;

根据所述相位误差对所述输入时/频域信号进行相位调整，将相位调整后的时/频域信号经自适应均衡处理输出新的自适应均衡系数。

上述方案中，所述时/频域信号包括按照第一光偏振的时/频域第一子信号和按照第二光偏振的时/频域第二子信号，所述时域信号通过时频转换变为所述频域信号。

上述方案中，所述根据当前输入的自适应均衡系数对输入的频域信号进行时钟均衡预滤波，具体采用如下方式：

$$\begin{cases} X_{pd}(k) = X(k)H_{xx}(k) + Y(k)H_{xy}(k) \\ Y_{pd}(k) = X(k)H_{yx}(k) + Y(k)H_{yy}(k) \end{cases}, k \in K \cup (K + \frac{N}{2}), K = (\frac{N}{8}, \dots, \frac{3N}{8} - 1)$$

其中， $H_{xx}(k), H_{xy}(k), H_{yx}(k), H_{yy}(k)$ 为频域自适应均衡系数， K 为鉴相的频点索引， $X(k)$ 为频域第一偏振子信号， $Y(k)$ 频域第二偏振子信号， $X_{pd}(k)$ ， $Y_{pd}(k)$ 为时钟均衡预滤波后得到的均衡预滤波信号。

上述方案中，所述根据所述均衡预滤波信号，获取输入频域信号的相位误差，具体采用如下方式：

$$C = \sum_{k=0}^{\frac{N}{2}-1} \left\{ X_{pd}(k)X_{pd}^*(k + \frac{N}{2}) + Y_{pd}(k)Y_{pd}^*(k + \frac{N}{2}) \right\}$$

其中， $X_{pd}(k)$ ， $Y_{pd}(k)$ 为时钟均衡预滤波后得到的均衡预滤波信号； $X_{pd}^*(k)$ ， $Y_{pd}^*(k)$ 为均衡预滤波信号的复共轭信号；按照以下公式计算 C 的相位值，得到输入与输出频域信号的相位误差 μ ：

$$\mu = -\frac{1}{2\pi} \arg(C)$$

其中，所述相位误差 μ 的取值范围为 $[0,1)$ 。

上述方案中，所述根据所述相位误差对所述输入频域信号进行相位调整，包括：

按照如下公式获得相位调整角度 $\eta(k)$ ：

$$\eta(k) = \begin{cases} \mu \times \frac{2k}{N}, & 0 \leq k \leq \frac{N}{2} - 1 \\ \mu \times \frac{2(k-N)}{N}, & \frac{N}{2} \leq k \leq N-1 \end{cases}, k = 0, \dots, N-1$$

其中, μ 为所述相位误差, 根据相位调整角度 $\eta(k)$ 按照如下公式对 $X(k)$, $Y(k)$ 进行相位调整:

$$\begin{cases} X_{cr}(k) = X(k)e^{i2\pi\eta(k)} \\ Y_{cr}(k) = Y(k)e^{i2\pi\eta(k)} \end{cases}, k = 0, \dots, N-1$$

5 其中, $X(k)$ 为频域第一偏振子信号, $Y(k)$ 为频域第二偏振子信号, $X_{cr}(k)$, $Y_{cr}(k)$ 为相位调整后得到的频域信号。

上述方案中, 所述根据所述相位误差对所述输入时域信号进行相位调整, 包括:

10 采用三次拉格朗日插值算法对所述输入时域信号进行相位调整, 具体采用如下方式:

$$z[k] = \sum_{i=-2}^1 a_i f[k-i]$$

其中系数为:

$$\begin{cases} a_{-2} = \frac{(u+1)u(u-1)}{6} \\ a_{-1} = \frac{(u+1)u(u-2)}{-2} \\ a_0 = \frac{(u+1)(u-1)(u-2)}{2} \\ a_1 = \frac{(u-1)u(u-2)}{-6} \end{cases}$$

15 其中, $z[k]$ 为将样点 $f[k]$ 通过小数指针 u 插值到 $k+u$ 的位置获得的样点值, 若每 128 个样点使用同一个插值小数指针 u , 则小数指针 $u = \text{mod}(2 \times \mu, 1)$, μ 为所述相位误差。

上述方案中, 所述根据所述均衡预滤波信号, 获取输入时/频域信号的相位误差之后, 还包括:

对所述相位误差进行滤波, 得到滤波后的相位误差;

20 根据所述滤波后的相位误差对所述输入时/频域信号进行相位调整, 将

相位调整后的时/频域信号经自适应均衡处理输出新的自适应均衡系数。

本发明实施例提供了一种时钟恢复装置，该装置包括：依次连接的均衡预滤波单元、定时误差提取单元、相位调整单元；其中，

所述均衡预滤波单元，配置为根据当前输入的自适应均衡系数对输入的时/频域信号进行时钟均衡预滤波，得到的均衡预滤波信号输入到所述定
5 时误差提取单元。

所述定时误差提取单元，配置为根据所述均衡预滤波信号，获取输入时/频域信号的相位误差，得到的相位误差输入到所述相位调整单元；

所述相位调整单元，配置为根据所述相位误差对所述输入时/频域信号
10 进行相位调整，将相位调整后的时/频域信号经自适应均衡处理输出新的自适应均衡系数，并反馈到所述均衡预滤波单元。

上述方案中，所述时/频域信号包括按照第一光偏振的时/频域第一子信号和按照第二光偏振的时/频域第二子信号，所述时域信号通过时频转换变为所述频域信号。

15 上述方案中，所述装置还包括：

定时误差滤波单元，连接在所述定时误差提取单元和所述相位调整单元之间，配置为对所述相位误差进行滤波，滤波后的相位误差输入到所述
相位调整单元；

所述相位调整单元，还配置为根据所述滤波后的相位误差对所述输入
20 时/频域信号进行相位调整，将相位调整后的时/频域信号经自适应均衡处理输出新的自适应均衡系数。

上述方案中，所述定时误差滤波单元采用环路滤波器、数字振荡器、减法器实现。

上述方案中，所述均衡预滤波单元采用单偏振系统的有限长单位冲激
25 响应 FIR 滤波器或偏振复用系统的 FIR 滤波器实现。

本发明实施例提供了一种时钟恢复系统，该系统包括：如上述的时钟恢复装置、自适应均衡装置；其中，

所述时钟恢复装置将相位调整后的时/频域信号输入到所述自适应均衡装置；

5 所述自适应均衡装置根据相位调整后的时/频域信号输出新的自适应均衡系数，并反馈到所述时钟恢复装置的输入端。

本发明实施例还提供了一种计算机存储介质，所述计算机存储介质中存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令用于执行前述的时钟恢复方法。

10 本发明实施例提供的时钟恢复方法、装置、系统及计算机存储介质，根据当前输入的自适应均衡系数对输入的时/频域信号进行时钟均衡预滤波，得到均衡预滤波信号；根据所述均衡预滤波信号，获取输入时/频域信号的相位误差；根据所述相位误差对所述输入时/频域信号进行相位调整，将相位调整后的时/频域信号经自适应均衡处理输出新的自适应均衡系数。

15 如此，可对自适应均衡系数不断进行自适应调整反馈，得到新的自适应均衡系数，每次对时/频域信号进行时钟均衡预滤波均可采用新的自适应均衡系数，能够更好地跟踪信道的动态变化、准确地补偿信道失真，从而使时钟均衡预滤波的效果更好，进而能快速准确地提取到输入时/频信号的相位误差，更好地恢复输入时/频信号的相位，即更好地调整采样位置。

20 附图说明

图 1 为现有数字相干接收机框图；

图 2 为本发明实施例时钟恢复系统一的结构示意图；

图 3 为本发明实施例时钟恢复系统二的结构示意图；

图 4 为本发明实施例时钟恢复方法一的实现流程示意图；

25 图 5 为本发明实施例时钟恢复方法二的实现流程示意图；

图 6 为本发明实施例定时误差滤波单元对相位误差进行滤波的实现结构示意图;

图 7 为本发明实施例一的时钟恢复系统结构示意图;

图 8 为本发明实施例二的时钟恢复系统结构示意图;

5 图 9 为本发明实施例时钟恢复装置结构示意图。

具体实施方式

本发明实施例中, 根据当前输入的自适应均衡系数对输入的时/频域信号进行时钟均衡预滤波, 得到均衡预滤波信号; 根据所述均衡预滤波信号, 获取输入时/频域信号的相位误差; 根据所述相位误差对所述输入时/频域信号进行相位调整, 将相位调整后的时/频域信号经自适应均衡处理输出新的自适应均衡系数。如此, 可不断调整自适应均衡系数, 能够更好地跟踪信道的动态变化、准确地补偿信道失真, 从而使时钟均衡预滤波的效果更好, 进而能快速准确地提取到输入时/频信号的相位误差, 更好地恢复输入时/频信号的相位。

15 这里, 所述当前输入的自适应均衡系数是由自适应均衡装置对输入的相位调整后的时/频域信号进行自适应均衡处理后输出并反馈的, 初始输入的自适应均衡系数是由系统预先设置的, 所述时/频域信号包括按照第一光偏振的时/频域第一子信号和按照第二光偏振的时/频域第二子信号; 所述时域信号通过时频转换变为所述频域信号。

20 下面结合附图对本发明的具体实施方式进行说明。

图 2 为本发明实施例中提供的时钟恢复系统的结构示意图, 如图 2 所示, 该系统包括: 时钟恢复装置 20、自适应均衡装置 21; 其中, 时钟恢复装置 20 包括依次连接的均衡预滤波单元 200、定时误差提取单元 201、相位调整单元 202, 上述功能模块可以是软件功能模块, 也可以是硬件设备。

25 所述时钟恢复装置 20 将相位调整后的时/频域信号输入到所述自适应

均衡装置 21；所述自适应均衡装置 21 根据相位调整后的时/频域信号输出新的自适应均衡系数，并反馈到所述时钟恢复装置 20 的输入端。

在所述时钟恢复装置 20 中，所述均衡预滤波单元 200，配置为根据当前输入的自适应均衡系数对输入的时/频域信号进行时钟均衡预滤波，得到
5 的均衡预滤波信号输入到所述定时误差提取单元 201；

其中，所述当前输入的自适应均衡系数是由自适应均衡装置对输入的相位调整后的时/频域信号进行自适应均衡处理后输出并反馈的，初始输入的自适应均衡系数是由系统预先设置的；所述时/频域信号包括按照第一光偏振的时/频域第一子信号和按照第二光偏振的时/频域第二子信号，所述时
10 域信号通过时频转换变为所述频域信号；

所述定时误差提取单元 201，配置为根据输入的均衡预滤波信号，获取输入时/频域信号的相位误差，得到的相位误差输入到所述相位调整单元
201；

所述相位调整单元 202，配置为根据输入的相位误差对所述输入时/频域信号进行相位调整，将相位调整后的时/频域信号输入到所述自适应均衡
15 装置 21，进而由所述自适应均衡装置 21 输出新的自适应均衡系数并反馈到所述均衡预滤波单元 200。

基于上述系统架构，本发明实施例提供的时钟恢复过程具体实现如下所述：

20 首先，所述均衡预滤波单元 200 根据当前输入的自适应均衡系数对输入的时/频域信号进行时钟均衡预滤波，将得到的均衡预滤波信号输入到所述定时误差提取单元 201；

然后，所述定时误差提取单元 201 根据所述均衡预滤波信号，获取输入时/频域信号的相位误差，将得到的相位误差输入到所述相位调整单元
25 202；

最终，所述相位调整单元 202 根据所述相位误差对所述输入时/频域信号进行相位调整，将相位调整后的时/频域信号输入到所述自适应均衡装置 21，由所述自适应均衡装置 21 将更新的自适应均衡系数反馈到所述均衡预滤波单元 200 的输入端。

5 其中，所述自适应均衡系数的初始输入是由系统根据输入信号的频率、相位等参数设定的。

优选的，所述时钟恢复装置还包括定时误差滤波单元 203，如图 3 所示：

定时误差滤波单元 203，连接在所述定时误差提取单元 201 和所述相位调整单元 202 之间，配置为对所述相位误差进行滤波，滤波后的相位误差
10 输入到所述相位调整单元 202；

所述相位调整单元 202，还配置为根据所述滤波后的相位误差对所述输入时/频域信号进行相位调整，将相位调整后的时/频域信号输入到所述自适应均衡装置 21，由所述自适应均衡装置 21 输出新的自适应均衡系数。

为了描述的方便，以上所述时钟恢复系统的各部分以功能分为各种模
15 块或单元分别描述。当然，在实施本发明时可以把各模块或单元的功能在同一个或多个软件或硬件中实现。

基于以上系统架构，本发明实施例提出了一种时钟恢复方法，如图 4 所示，该方法包括以下步骤：

步骤 S400：根据当前输入的自适应均衡系数对输入的时/频域信号进行
20 时钟均衡预滤波，得到均衡预滤波信号。

本步骤可由时钟恢复装置 20 中的均衡预滤波单元 200 实现；

本步骤中，所述当前输入的自适应均衡系数是由自适应均衡装置对输入的相位调整后的时/频域信号进行自适应均衡处理后输出并反馈的，初始输入的自适应均衡系数是由系统设定的；所述时/频域信号包括按照第一光
25 偏振的时/频域第一子信号和按照第二光偏振的时/频域第二子信号，按照第

一光偏振例如 x 偏振, 按照第二光偏振例如 y 偏振;

本步骤中, 均衡预滤波单元 200 的滤波实现可以是时域实现, 也可以在频域实现; 所述输入的信号可以是时域信号, 也可以是频域信号, 对应的输出可以是时域信号, 也可以是频域信号。

- 5 若需要输入频域信号, 则需要将时域信号输入到所述均衡预滤波单元 200 之前, 通过具有时频转换功能的模块或设备, 例如傅立叶变换模块, 将时域信号转换为频域信号, 然后将得到的频域信号输入到均衡预滤波单元 200 中; 若自适应均衡装置反馈的自适应均衡系数为时域系数, 需要用到频域系数时, 则需要将所述自适应均衡装置和均衡预滤波单元 200 之间
- 10 添加时频转换单元; 或者, 在所述均衡预滤波单元 200 中增加具有时频转换功能的模块, 将自适应均衡装置反馈的时域系数转换为频域系数。

所述均衡滤波单元 200 可以采用单偏振系统的 FIR 滤波器、或偏振复用系统的 FIR 滤波器实现。

- 本步骤中, 均衡预滤波单元 200 在输入频域信号以及频域自适应均衡
- 15 系数时, 根据所述自适应均衡系数对所述输入频域信号进行时钟均衡预滤波, 具体采用如下方式:

$$\begin{cases} X_{pd}(k) = X(k)H_{xx}(k) + Y(k)H_{xy}(k) \\ Y_{pd}(k) = X(k)H_{yx}(k) + Y(k)H_{yy}(k) \end{cases}, k \in K \cup (K + \frac{N}{2}), K = (\frac{N}{8}, \dots, \frac{3N}{8} - 1)$$

- 其中, $H_{xx}(k), H_{xy}(k), H_{yx}(k), H_{yy}(k)$ 为频域自适应均衡系数, K 为鉴相的频点索引, $X(k)$ 为频域第一偏振子信号, $Y(k)$ 频域第二偏振子信号, $X_{pd}(k),$
- 20 $Y_{pd}(k)$ 为时钟均衡预滤波后得到的均衡预滤波信号, 将得到的均衡预滤波信号输入到定时误差提取单元 201 中。

本步骤中, 均衡预滤波单元 200 采用自适应均衡装置反馈的自适应均衡系数, 对时/频域信号进行时钟均衡预滤波, 能够更好地跟踪信道的动态变化、准确地补偿信道失真, 从而使时钟均衡预滤波的效果更好, 进而能

快速准确地提取到输入时/频信号的相位误差,更好地恢复输入时/频信号的相位。

步骤 S401: 根据所述均衡滤波信号,获取输入时/频域信号的相位误差。

本步骤可由时钟恢复装置中的定时误差提取单元 201 实现;

- 5 本步骤中,定时误差提取单元 201 的误差提取实现可以在时域实现,也可以在频域实现;所述输入时/频信号可以是时域信号,也可以是频域信号,对应的输出可以是时域信号,也可以是频域信号。

通常,定时误差提取单元 201 提取输入时域信号的相位误差时,可以采用平方定时误差提取等算法;提取输入频域信号的相位误差时,可以采用 Godard 等算法。这里,对相位误差的提取算法不作具体限定。

本步骤中,均衡预滤波信号为上述步骤 S400 得到的频域均衡预滤波信号,因此,所述定时误差提取单元 201 根据均衡预滤波信号获取输入频域信号的相位误差,可采用 Godard 算法,具体实现方式如下:

$$C = \sum_{k=0}^{\frac{N}{2}-1} \left\{ X_{pd}(k)X_{pd}^*\left(k + \frac{N}{2}\right) + Y_{pd}(k)Y_{pd}^*\left(k + \frac{N}{2}\right) \right\}$$

- 15 其中, $X_{pd}(k)$, $Y_{pd}(k)$ 为时钟均衡预滤波后得到的均衡预滤波信号; $X_{pd}^*(k)$, $Y_{pd}^*(k)$ 为均衡预滤波信号的复共轭信号;按照以下公式计算 C 的相位值,得到输入频域信号的相位误差 μ :

$$\mu = -\frac{1}{2\pi} \arg(C)$$

- 其中,所述相位误差 μ 的取值范围为 $[0,1)$,将得到的相位误差 μ 输入到
20 相位调整单元 202 中。

本步骤中,定时误差提取单元 201 根据所述均衡预滤波信号,获取输入时/频域信号的相位误差,其中,均衡预滤波信号为由均衡预滤波单元 200 采用自适应均衡装置 21 反馈的自适应均衡系数,对输入时/频域信号进行时钟均衡预滤波得到的信号,这样,定时误差提取单元 201 能够更准确地提

取到输入时/频域信号的相位误差。

步骤 S403: 根据所述相位误差对所述输入时/频域信号进行相位调整, 将相位调整后的时/频域信号经过经自适应均衡处理输出新的自适应均衡系数。

5 本步骤可由时钟恢复装置 20 中的相位调整单元 202 实现;

本步骤中, 若输入至相位调整单元 202 的是频域信号, 则根据上述步骤 S401 得到的相位误差对所述输入频域信号进行相位调整, 具体采用如下方式:

按照如下公式获得相位调整角度 $\eta(k)$:

$$10 \quad \eta(k) = \begin{cases} \mu \times \frac{2k}{N}, & 0 \leq k \leq \frac{N}{2} - 1 \\ \mu \times \frac{2(k-N)}{N}, & \frac{N}{2} \leq k \leq N-1 \end{cases}, k = 0, \dots, N-1$$

其中, μ 所述相位误差, 根据相位调整角度 $\eta(k)$ 按照如下公式对 $X(k)$, $Y(k)$ 进行相位调整:

$$\begin{cases} X_{cr}(k) = X(k)e^{i2\pi\eta(k)} \\ Y_{cr}(k) = Y(k)e^{i2\pi\eta(k)} \end{cases}, k = 0, \dots, N-1$$

15 其中, $X(k)$ 为频域第一子信号, $Y(k)$ 为频域第二子信号, $X_{cr}(k)$, $Y_{cr}(k)$ 为相位调整后得到的频域信号。

若输入至相位调整单元 202 的是时域信号, 则根据上述步骤 S401 得到的相位误差对所述输入时域信号进行插值运算, 以调整所述输入时域信号的相位; 其中, 插值算法可采用分数插值算法, 如三次拉格朗日插值算法, 这里, 对插值算法不作具体限定。

20 若采用三次拉格朗日插值算法对所述输入时域信号进行相位调整, 具体采用如下方式:

$$z[k] = \sum_{i=-2}^1 a_i f[k-i]$$

其中系数为:

$$\begin{cases} a_{-2} = \frac{(u+1)u(u-1)}{6} \\ a_{-1} = \frac{(u+1)u(u-2)}{-2} \\ a_0 = \frac{(u+1)(u-1)(u-2)}{2} \\ a_1 = \frac{(u-1)u(u-2)}{-6} \end{cases}$$

其中， $z[k]$ 为将样点 $f[k]$ 通过小数指针 u 插值到 $k+u$ 的位置获得的样点值，若每128个样点使用同一个插值小数指针 u ，则小数指针 $u = \text{mod}(2 \times \mu, 1)$ ， μ 为所述相位误差。

5 在本发明的另一实施例中，对上述实施例进行了优化，如图5所示，在步骤S401之后、步骤S403之前还包括：

步骤S402：对所述相位误差进行滤波，得到滤波后的相位误差；

相应的，步骤S403中对所述时/频域信号进行相位调整应用的相位误差，为步骤S402中滤波后的相位误差。

10 以下给出了步骤S402的一种优选实现方式：步骤S402可由时钟恢复装置中的定时误差滤波单元203实现；

本步骤中，所述定时误差滤波单元203可以采用环路滤波器、数字控制振荡器、减法器实现，如图6所示，具体实现方式如下：

15 首先，减法器计算所述相位误差 μ 与数字控制振荡器反馈的滤波后的相位误差 μ_1 两者的差值 μ_e ：

$$\mu_e = \begin{cases} \text{mod}(\mu - \mu_1, 1) & , \text{mod}(\mu - \mu_1, 1) < 0.5 \\ \text{mod}(\mu - \mu_1, 1) - 1 & , \text{mod}(\mu - \mu_1, 1) \geq 0.5 \end{cases}$$

将得到的差值 μ_e 输入到环路滤波器；

20 然后，由环路滤波器对差值 μ_e 进行滤波处理，通常采用比例增益和积分增益两路通路来完成，比例增益通路由一个比例增益模块 k_1 组成，积分通路由一个积分增益模块 k_2 以及和它串联的积分器（累加器）组成，将比例增益通路和积分通路的结果加和后作为环路滤波器的输出，输入到数字控制

振荡器；

最终，数字控制振荡器为一个积分器(累加器)，将滤波后的相位误差 μ_1 反馈到减法器，并且输出给所述相位调整单元 202。

步骤 S402 的上述优选实现方式中，对所述相位误差 μ 进行滤波，得到
5 滤波后的相位误差 μ_1 ，不仅能够更加准确地估计出相位误差，还能够跟踪定时频偏。步骤 S403 中对所述输入时/频域信号进行插值运算应用的相位误差，为步骤 S402 中滤波后的相位误差 μ_1 ，这样可以使输入时/频域信号的相位得到更好的调整与恢复，即更好地对采样位置进行调整。

本发明的上述实施例中，根据当前输入的自适应均衡系数对输入的时/
10 频域信号进行时钟均衡预滤波，得到均衡预滤波信号；根据所述均衡预滤波信号，获取输入时/频域信号的相位误差；根据所述相位误差对所述输入时/频域信号进行相位调整，将相位调整后的时/频域信号经自适应均衡处理输出新的自适应均衡系数。如此，采用不断更新的自适应均衡系数对输入的时/频域信号进行时钟均衡预滤波，能够使时钟均衡预滤波的效果更好，
15 进而能快速准确地提取到输入时/频域信号的相位误差，更好地恢复输入时/频域信号的相位，即更好地对采样位置进行调整。

本发明实施例还提供了一种计算机存储介质，所述计算机存储介质中存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令用于执行前述的时钟恢复方法。

20 下面结合具体实施例对本发明的实施方式进行详细说明。

实施例一

为了更清楚地对本发明实施例进行说明，下面以图 7 所示的系统架构为例，对应图 4 所示的流程对时钟相位恢复过程进行描述。

如图 7 所示，该系统包括：时钟恢复装置 20、自适应均衡装置 21；所
25 述时钟恢复装置 20 可包括：时频转换单元 204、均衡预滤波单元 200、定

时误差提取单元 201、定时误差滤波单元 203、相位调整单元 202。

在步骤 S400 中，时频转换单元 204 收到包含第一偏振子信号第二偏振子信号的时域输入信号后，将两路时域信号进行 FFT 变换得到频域信号，这里考虑到时频转换单元 204 的输出即为相位调整单元 202 的输入，则时
5 频转换单元 204 的输入数据需要成叠一定的点数，若每次输入的时域信号样点数为 128，不妨选择成叠 32 点，进行 $N=160$ 点的 FFT 变换：

$$\begin{cases} X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-i\frac{2\pi nk}{N}} \\ Y(k) = \sum_{n=0}^{N-1} y(n)e^{-i\frac{2\pi nk}{N}} \end{cases}, k = 0, \dots, N-1$$

其中， $x(n)$ 为时域第一偏振子信号， $y(n)$ 为时域第二偏振子信号，时频
转换单元 204 进行 FFT 变换得到两个偏振态的频域信号 $X(k)$ ， $Y(k)$ 输入到
10 均衡预滤波单元 200 以及相位调整单元 202 中。

均衡预滤波单元 200 输入两个偏振态的频域信号以及当前输入的频域自适应均衡系数后，根据当前输入的自适应均衡系数对输入的频域信号进行时钟均衡预滤波，具体采用如下方式：

$$\begin{cases} X_{pd}(k) = X(k)H_{xx}(k) + Y(k)H_{xy}(k) \\ Y_{pd}(k) = X(k)H_{yx}(k) + Y(k)H_{yy}(k) \end{cases}, k \in K \cup (K + \frac{N}{2}), K = (\frac{N}{8}, \dots, \frac{3N}{8} - 1)$$

15 其中， $H_{xx}(k), H_{xy}(k), H_{yx}(k), H_{yy}(k)$ 为频域自适应均衡系数， K 为鉴相的频点索引， $X(k)$ 为频域第一偏振子信号， $Y(k)$ 频域第二偏振子信号， $X_{pd}(k)$ ， $Y_{pd}(k)$ 为时钟均衡滤波后得到的均衡预滤波信号，将得到的均衡预滤波信号输入到误差提取单元 201 中。

在步骤 S401 中，所述定时误差提取单元 201 根据均衡预滤波信号获取
20 输入频域信号的相位误差，可采用 Godard 算法，具体实现方式如下：

$$C = \sum_{k=0}^{\frac{N}{2}-1} \left\{ X_{pd}(k)X_{pd}^*(k + \frac{N}{2}) + Y_{pd}(k)Y_{pd}^*(k + \frac{N}{2}) \right\}$$

其中, $X_{pd}(k)$, $Y_{pd}(k)$ 为时钟均衡预滤波后得到的均衡预滤波信号;
 $X_{pd}^*(k)$, $Y_{pd}^*(k)$ 为均衡预滤波信号的复共轭信号; 按照以下公式计算 C 的
 相位, 即为输入频域信号的相位误差 μ :

$$\mu = -\frac{1}{2\pi} \arg(C)$$

5 其中, 所述相位误差 μ 的取值范围为 $[0,1)$ 。将所述相位误差 μ 输入到相
 位调整单元 202 中。

在步骤 S402 中, 对所述相位误差 μ 进行滤波, 得到滤波后的相位误差
 μ_1 ,

10 在步骤 S403 中, 根据所述滤波后的相位误差 μ_1 对所述频域信号进行相
 位调整, 具体采用如下方式:

按照如下公式获得相位调整角度 $\eta(k)$:

$$\eta(k) = \begin{cases} \mu_1 \times \frac{2k}{N}, & 0 \leq k \leq \frac{N}{2} - 1 \\ \mu_1 \times \frac{2(k-N)}{N}, & \frac{N}{2} \leq k \leq N-1 \end{cases}, k = 0, \dots, N-1$$

其中, μ_1 为滤波后的相位误差, 根据相位调整角度 $\eta(k)$ 按照如下公式对
 $X(k)$, $Y(k)$ 进行相位调整:

$$15 \quad \begin{cases} X_{cr}(k) = X(k)e^{i2\pi\eta(k)} \\ Y_{cr}(k) = Y(k)e^{i2\pi\eta(k)} \end{cases}, k = 0, \dots, N-1$$

其中, $X(k)$ 为频域第一偏振子信号, $Y(k)$ 为频域第二偏振子信号,
 $X_{cr}(k)$, $Y_{cr}(k)$ 为相位调整后得到的频域信号, 将相位调整后的频域信号输入
 到自适应均衡装置 21; 由所述自适应均衡装置进行自适应蝶形滤波, 并且
 输出更新后的自适应均衡系数反馈到所述均衡滤波单元 200 的输入端。

20 需要说明的是, 对所述频域信号进行相位调整的过程中, 会发生样点
 增删, 还需要将样点增删控制信号输出给自适应均衡装置。样点增删计算
 方法如下: 把当前的鉴相值 μ_1 记为 μ_1 , 前一拍的鉴相值 μ_1 记为 μ_0 , 计
 算 μ_1 与 μ_0 的差值。

$$dmu = \mu_1 - \mu_0$$

计算控制信号 num_add。当 $\mu_1 < 0.5$ 且 $dmu < -0.5$ 时, num_add 取值 -1, 当 $\mu_1 \geq 0.5$ 且 $dmu \geq 0.5$ 时, num_add 取值 1, 其他情况, num_add 取值 0。

当 num_add 为 0 时, 数据经自适应均衡装置输出 128 个样点, 当 num_add 为 -1 时, 数据经自适应均衡装置输出 126 个样点, 当 num_add 为 1 时, 数据经自适应均衡装置输出 130 个样点。

实施例二

下面以图 8 所示的系统架构为例, 对应图 4 所示的流程对时钟恢复过程进行描述。

如图 8 所示, 该系统包括: 时钟恢复装置 20、自适应均衡装置 21; 所述时钟恢复装置可包括: 时频转换单元 204、均衡预滤波单元 200、定时误差提取单元 201、定时误差滤波单元 203、相位调整单元 202。

步骤 S400、步骤 S401、步骤 S402 如上述实施例一中所述;

在步骤 S403 中, 根据所述滤波后的相位误差 μ_1 对所述输入时域信号进行插值运算, 具体采用如下方式:

若采用三次拉格朗日插值算法, 具体实现方式如下:

按照如下方式调整所述输入时域信号的相位:

$$z[k] = \sum_{i=-2}^1 a_i f[k-i]$$

其中系数为:

$$\begin{cases} a_{-2} = \frac{(u+1)u(u-1)}{6} \\ a_{-1} = \frac{(u+1)u(u-2)}{-2} \\ a_0 = \frac{(u+1)(u-1)(u-2)}{2} \\ a_1 = \frac{(u-1)u(u-2)}{-6} \end{cases}$$

其中, $z[k]$ 为将样点 $f[k]$ 通过小数指针 u 插值到 $k+u$ 的位置获得的样点值, 若每 128 个样点使用同一个插值小数指针 u , 则小数指针 $u = \text{mod}(2 \times \mu_1, 1)$,

μ_1 为所述滤波后的相位误差。

需要说明的是，数字插值运算的过程中，会发生样点增删，还需要将样点增删控制信号输出给自适应均衡装置。样点增删计算方法如下：把当前的鉴相值 μ_1 记为 mu1，前一拍的鉴相值 μ_1 记为 mu0，计算 mu1 与 mu0 的
5 差值。

$$dmu = mu1 - mu0$$

计算控制信号 num_add。当 $mu1 \leq 0.5$ 且 $dmu \leq -0.5$ 时，num_add 取值 -1，当 $mu1 \geq 0.5$ 且 $dmu \geq 0.5$ 时，num_add 取值 1，其他情况，num_add 取值 0。

当 num_add 为 0 时，数据经自适应均衡装置输出 128 个样点，当 num_add
10 为 -1 时，数据经自适应均衡装置输出 126 个样点，当 num_add 为 1 时，数据经自适应均衡装置输出 130 个样点。

优选的，得到插值运算后的时域信号之后，可以对插值运算后的时域信号进行样点增删，将样点增删后的时域信号输入到所述自适应均衡装置，由所述自适应均衡装置输出更新后的自适应均衡系数。

15 基于相同的技术构思，本发明实施例还提供了一种时钟恢复装置、系统，由于该时钟恢复装置、系统解决问题的原理与方法相似，因此设备的实施可以参见方法的实施，重复之处不再赘述。

如图 9 所示，本发明实施例提供的时钟恢复装置，可包括：依次连接的均衡预滤波单元 200、定时误差提取单元 201、相位调整单元 202；其中，

20 所述均衡预滤波单元 200，配置为根据当前输入的自适应均衡系数对输入的时/频域信号进行时钟均衡预滤波，得到的均衡预滤波信号输入到所述定时误差提取单元。

所述定时误差提取单元 201，配置为根据所述均衡预滤波信号，获取输入时/频域信号的相位误差，得到的相位误差输入到所述相位调整单元；

25 所述相位调整单元 202，配置为根据所述相位误差对所述输入时/频域

信号进行相位调整，将相位调整后的时/频域信号经自适应均衡处理输出新的自适应均衡系数，并反馈到所述均衡预滤波单元。

其中，所述时/频域信号包括按照第一光偏振的时/频域第一子信号和按照第二光偏振的时/频域第二子信号，所述时域信号通过时频转换变为所述
5 频域信号；所述均衡预滤波单元 200 可以采用单偏振系统的有限长单位冲激响应 FIR 滤波器或偏振复用系统的 FIR 滤波器实现。

以上功能模块的划分方式仅为本发明实施例给出的一种优选实现方式，功能模块的划分方式不构成对本发明的限制。

具体实施中，所述装置还包括：

10 定时误差滤波单元 203，连接在所述定时误差提取单元和所述相位调整单元之间，配置为对所述相位误差进行滤波，滤波后的相位误差输入到所述相位调整单元；

所述相位调整单元 202，还配置为根据所述滤波后的相位误差对所述输入时/频域信号进行相位调整，将相位调整后的时/频域信号经自适应均衡处
15 理输出新的自适应均衡系数；

其中，所述定时误差滤波单元 203 可以采用环路滤波器、数字振荡器、减法器实现。

在实际应用中，当所述均衡预滤波单元 200、定时误差提取单元 201、相位调整单元 202、定时误差滤波单元 203 均可由位于时钟恢复装置中的中
20 央处理器 (CPU, Central Processing Unit)、微处理器 (MPU, Micro Processor Unit)、数字信号处理器 (DSP, Digital Signal Processor)、或现场可编程门阵列 (FPGA, Field Programmable Gate Array) 实现；所述 CPU、DSP、FPGA 均可内置于时钟恢复系统中。

本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备 (系统)、和计算机程序
25 产品的流程图和 / 或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流

程图和 / 或方框图中的每一流程和 / 或方框、以及流程图和 / 或方框图中的流程和 / 或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和 / 或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

尽管已描述了本发明的优选实施例，但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念，则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以，所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本发明范围的所有变更和修改。

显然，本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样，倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内，则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

权利要求书

1、一种时钟恢复方法，所述方法包括：

根据当前输入的自适应均衡系数对输入的时/频域信号进行时钟均衡预滤波，得到均衡预滤波信号；

5 根据所述均衡预滤波信号，获取输入时/频域信号的相位误差；

根据所述相位误差对所述输入时/频域信号进行相位调整，将相位调整后的时/频域信号经自适应均衡处理输出新的自适应均衡系数。

2、根据权利要求1所述的方法，其中，所述时/频域信号包括按照第一光偏振的时/频域第一子信号和按照第二光偏振的时/频域第二子信号，所述
10 时域信号通过时频转换变为所述频域信号。

3、根据权利要求1所述的方法，其中，所述根据当前输入的自适应均衡系数对输入的频域信号进行时钟均衡预滤波，具体采用如下方式：

$$\begin{cases} X_{pd}(k) = X(k)H_{xx}(k) + Y(k)H_{xy}(k) \\ Y_{pd}(k) = X(k)H_{yx}(k) + Y(k)H_{yy}(k) \end{cases}, k \in K \cup (K + \frac{N}{2}), K = (\frac{N}{8}, \dots, \frac{3N}{8} - 1)$$

其中， $H_{xx}(k), H_{xy}(k), H_{yx}(k), H_{yy}(k)$ 为频域自适应均衡系数， K 为鉴相的频
15 点索引， $X(k)$ 为频域第一偏振子信号， $Y(k)$ 频域第二偏振子信号， $X_{pd}(k)$ ， $Y_{pd}(k)$ 为时钟均衡预滤波后得到的均衡预滤波信号。

4、根据权利要求3所述的方法，其中，所述根据所述均衡预滤波信号，获取输入频域信号的相位误差，具体采用如下方式：

$$C = \sum_{k=0}^{\frac{N}{2}-1} \left\{ X_{pd}(k)X_{pd}^*(k + \frac{N}{2}) + Y_{pd}(k)Y_{pd}^*(k + \frac{N}{2}) \right\}$$

20 其中， $X_{pd}(k)$ ， $Y_{pd}(k)$ 为时钟均衡预滤波后得到的均衡预滤波信号；

$X_{pd}^*(k)$ ， $Y_{pd}^*(k)$ 为均衡预滤波信号的复共轭信号；按照以下公式计算 C 的相位值，得到输入与输出频域信号的相位误差 μ ：

$$\mu = -\frac{1}{2\pi} \arg(C)$$

其中，所述相位误差 μ 的取值范围为 $[0,1)$ 。

5、根据权利要求 4 所述的方法，其中，所述根据所述相位误差对所述输入频域信号进行相位调整，包括：

5 按照如下公式获得相位调整角度 $\eta(k)$ ：

$$\eta(k) = \begin{cases} \mu \times \frac{2k}{N}, & 0 \leq k \leq \frac{N}{2} - 1 \\ \mu \times \frac{2(k-N)}{N}, & \frac{N}{2} \leq k \leq N-1 \end{cases}, k = 0, \dots, N-1$$

其中， μ 为所述相位误差，根据相位调整角度 $\eta(k)$ 按照如下公式对 $X(k)$ ， $Y(k)$ 进行相位调整：

$$\begin{cases} X_{cr}(k) = X(k)e^{i2\pi\eta(k)} \\ Y_{cr}(k) = Y(k)e^{i2\pi\eta(k)} \end{cases}, k = 0, \dots, N-1$$

10 其中， $X(k)$ 为频域第一偏振子信号， $Y(k)$ 为频域第二偏振子信号， $X_{cr}(k)$ ， $Y_{cr}(k)$ 为相位调整后得到的频域信号。

6、根据权利要求 4 所述的方法，其中，所述根据所述相位误差对所述输入时域信号进行相位调整，包括：

采用三次拉格朗日插值算法对所述输入时域信号进行相位调整，具体

15 采用如下方式：

$$z[k] = \sum_{i=-2}^1 a_i f[k-i]$$

其中系数为：

$$\begin{cases} a_{-2} = \frac{(u+1)u(u-1)}{6} \\ a_{-1} = \frac{(u+1)u(u-2)}{-2} \\ a_0 = \frac{(u+1)(u-1)(u-2)}{2} \\ a_1 = \frac{(u-1)u(u-2)}{-6} \end{cases}$$

20 其中， $z[k]$ 为将样点 $f[k]$ 通过小数指针 u 插值到 $k+u$ 的位置获得的样点值，若每 128 个样点使用同一个插值小数指针 u ，则小数指针 $u = \text{mod}(2 \times \mu, 1)$ ，

μ 为所述相位误差。

7、根据权利要求 1 至 6 任一项所述的方法，其中，所述根据所述均衡预滤波信号，获取输入时/频域信号的相位误差之后，还包括：

对所述相位误差进行滤波，得到滤波后的相位误差；

5 根据所述滤波后的相位误差对所述输入时/频域信号进行相位调整，将相位调整后的时/频域信号经自适应均衡处理输出新的自适应均衡系数。

8、一种时钟恢复装置，所述装置包括：依次连接的均衡预滤波单元、定时误差提取单元、相位调整单元；其中，

10 所述均衡预滤波单元，配置为根据当前输入的自适应均衡系数对输入的时/频域信号进行时钟均衡预滤波，得到的均衡预滤波信号输入到所述定时误差提取单元；

所述定时误差提取单元，配置为根据所述均衡预滤波信号，获取输入时/频域信号的相位误差，得到的相位误差输入到所述相位调整单元；

15 所述相位调整单元，配置为根据所述相位误差对所述输入时/频域信号进行相位调整，将相位调整后的时/频域信号经自适应均衡处理输出新的自适应均衡系数，并反馈到所述均衡预滤波单元。

9、根据权利要求 8 所述的装置，其中，所述时/频域信号包括按照第一光偏振的时/频域第一子信号和按照第二光偏振的时/频域第二子信号，所述时域信号通过时频转换变为所述频域信号。

20 10、根据权利要求 8 或 9 所述的装置，其中，所述装置还包括：

定时误差滤波单元，连接在所述定时误差提取单元和所述相位调整单元之间，配置为对所述相位误差进行滤波，滤波后的相位误差输入到所述相位调整单元；

25 所述相位调整单元，还配置为根据所述滤波后的相位误差对所述输入时/频域信号进行相位调整，将相位调整后的时/频域信号经自适应均衡处理

输出新的自适应均衡系数。

11、根据权利要求 10 所述的装置，其中，所述定时误差滤波单元采用环路滤波器、数字振荡器、减法器实现。

12、根据权利要求 7 至 11 任一项所述的装置，其中，所述均衡滤波单元采用单偏振系统的有限长单位冲激响应 FIR 滤波器或偏振复用系统的 FIR 滤波器实现。

13、一种时钟恢复系统，所述系统包括：如权利要求 8 至 12 任一项所述的时钟恢复装置、自适应均衡装置；其中，

所述时钟恢复装置将相位调整后的时/频域信号输入到所述自适应均衡装置；

所述自适应均衡装置根据相位调整后的时/频域信号输出新的自适应均衡系数，并反馈到所述时钟恢复装置的输入端。

14、一种计算机存储介质，所述计算机存储介质中存储有计算机可执行指令，所述计算机可执行指令用于执行权利要求 1 至 7 任一项所述的时钟恢复方法。

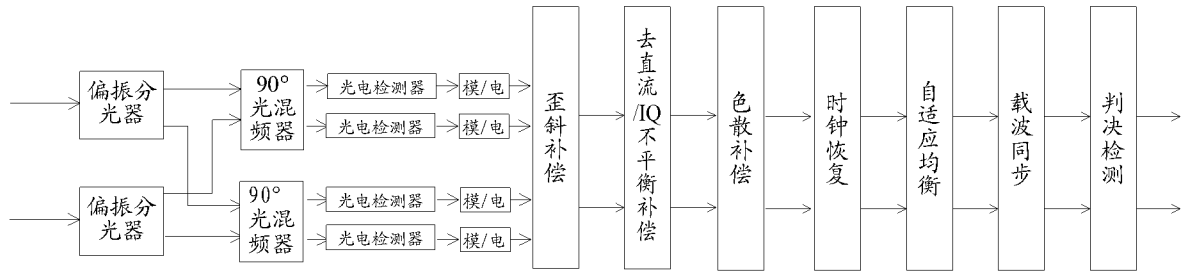


图 1

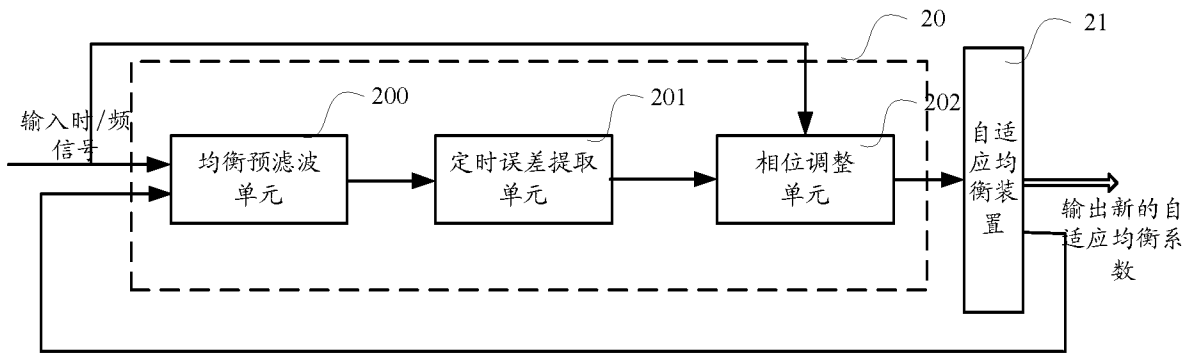


图 2

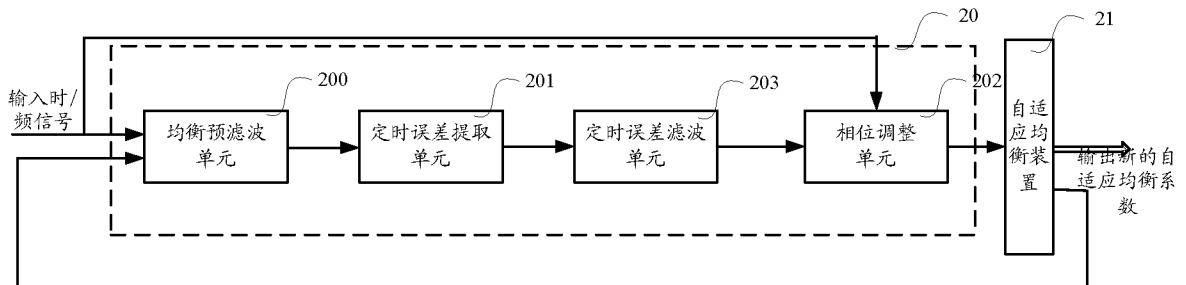


图 3

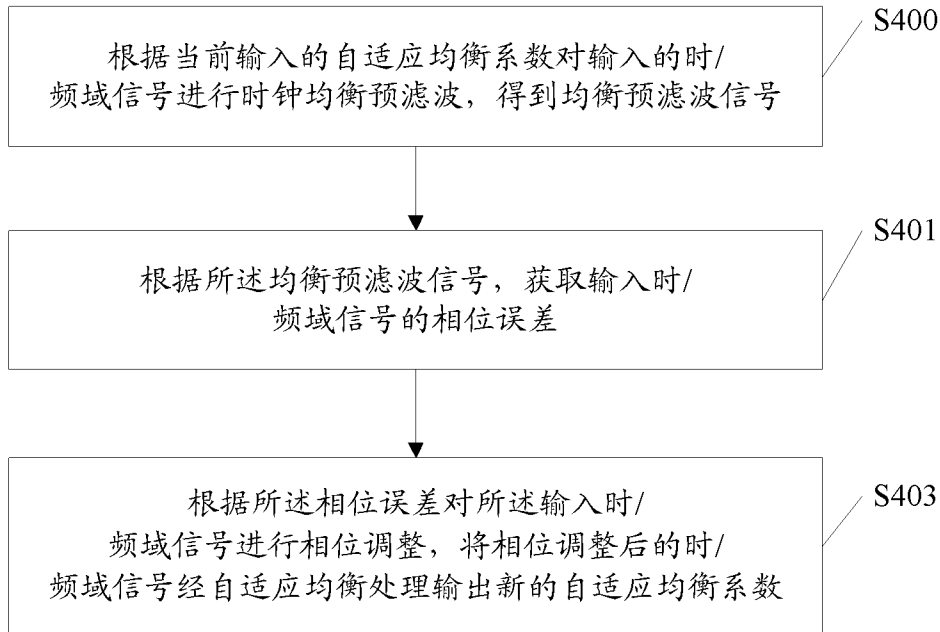


图 4

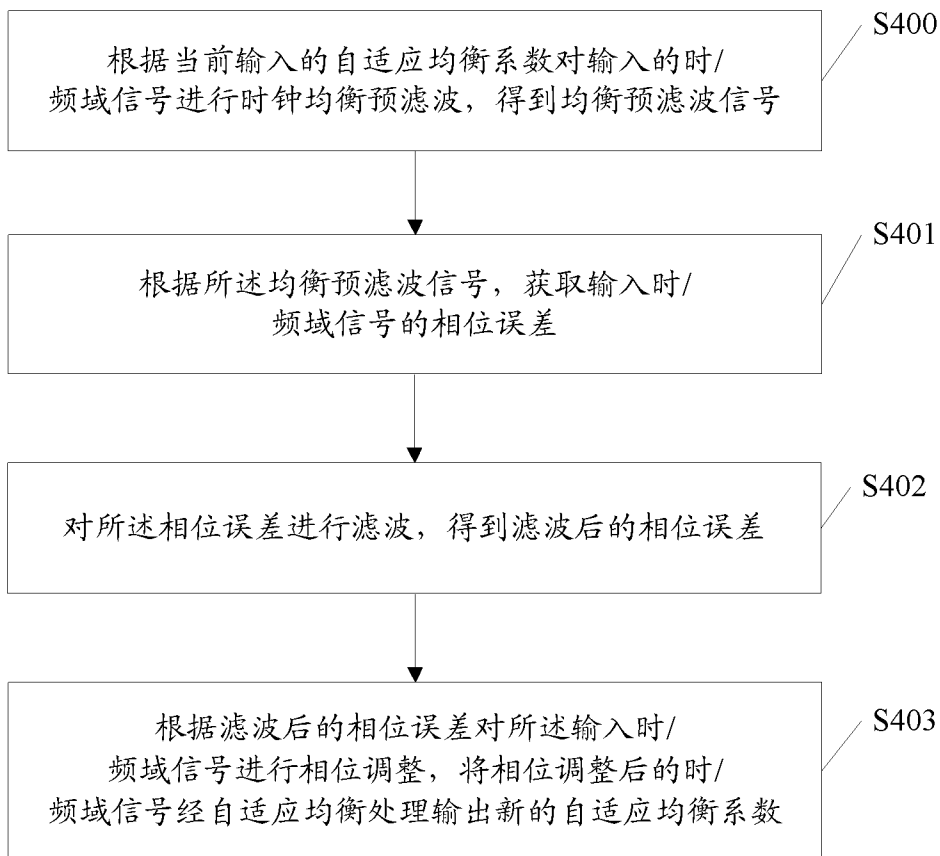


图 5

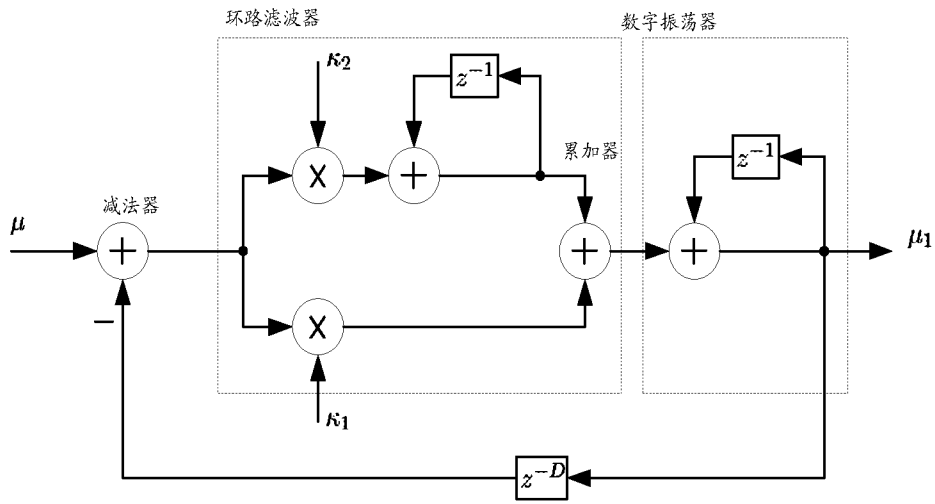


图 6

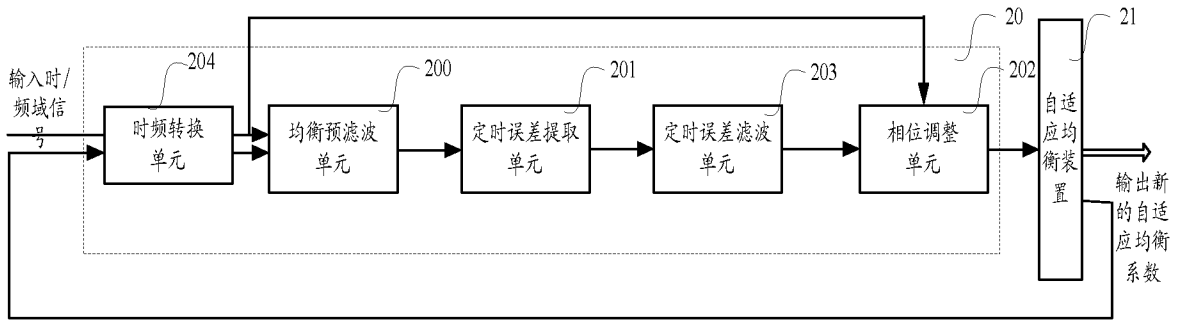


图 7

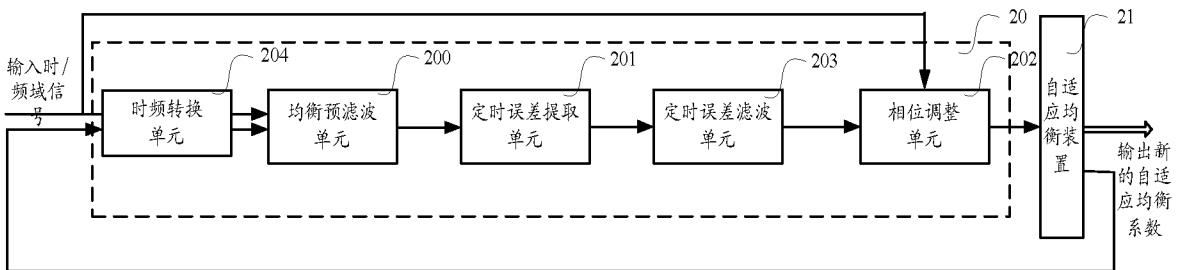
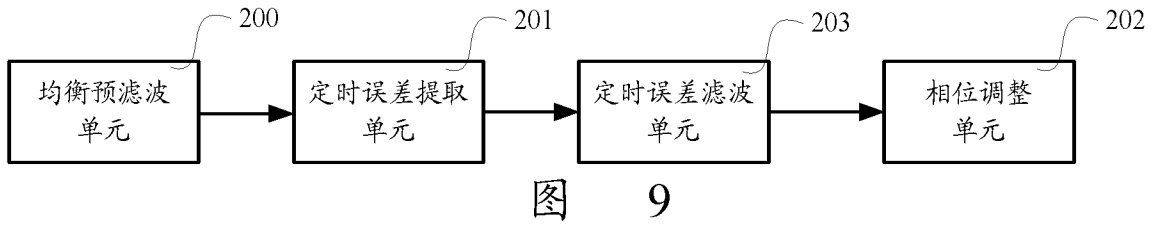


图 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/074566

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 7/02 (2006.01) i; H04L 25/03 (2006.01) i; H04B 3/04 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L; H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT; CNABS; CNKI; VEN; pre-filter, feedforward, feed forward, filter, equaliz+, phase, offset, adjust+, compensat+, correct+, adaptive, coefficient, updat+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 1131604 C (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 17 December 2003 (17.12.2003) description, page 5, line 7 to page 9, line 3 and figure 1	1-14
A	CN 101636928 A (FREESCALE SEMICONDUCTOR INC.) 27 January 2010 (27.01.2010) the whole document	1-14
A	CN 1280434 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 17 January 2001 (17.01.2001) the whole document	1-14
A	CN 101599929 A (FUJITSU LTD) 09 December 2009 (09.12.2009) the whole document	1-14

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 11 September 2014	Date of mailing of the international search report 23 September 2014
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer LI, Meili Telephone No. (86-10) 62089957

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/074566

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 1131604 C	17 December 2003	US 6421378 B1	16 July 2002
		EP 0907261 A3	04 October 2001
		JP 3865482 B2	10 January 2007
		CN 1213906 A	14 April 1999
		EP 0907261 A2	07 April 1999
		JPH 11112390 A	23 April 1999
		KR 99036892 A	25 May 1999
		KR 100538601 B1	28 February 2006
CN 101636928 A	27 January 2010	CN 101636928 B	05 December 2012
		WO 2008115702 A1	25 September 2008
		KR 20090125118 A	03 December 2009
		US 2008232439 A1	25 September 2008
		US 7852915 B2	14 December 2010
CN 1280434 A	17 January 2001	US 6947497 B1	20 September 2005
		CN 1157908 C	14 July 2004
		KR 20010009569 A	05 February 2001
		JP 2001069047 A	16 March 2001
		KR 338755 B	30 May 2002
CN 101599929 A	09 December 2009	JP 2009296597 A	17 December 2009
		CN 101599929 B	21 November 2012
		US 8787437 B2	22 July 2014
		US 2009304064 A1	10 December 2009
		JP 5428554 B2	26 February 2014

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2014/074566

<p>A. 主题的分类</p> <p>H04L 7/02(2006.01)i; H04L 25/03(2006.01)i; H04B 3/04(2006.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																											
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H04L;H04B</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNXT;CNABS;CNKI;VEN:预滤波, 前馈, 滤波, 均衡, 相位, 偏离, 偏移, 误差, 偏差, 相位差, 校正, 补偿, 调整, 纠正, 自适应, 系数, 更新; pre-filter, feedforward, feed forward, equaliz+, phase, offset, error, compensat+, adjust+, correct+, adaptive, coefficient, updat+</p>																											
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 1131604 C (松下电器产业株式会社) 2003年 12月 17日 (2003 - 12 - 17) 说明书第5页第7行-第9页第3行, 图1</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101636928 A (飞思卡尔半导体公司) 2010年 1月 27日 (2010 - 01 - 27) 全文</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1280434 A (三星电子株式会社) 2001年 1月 17日 (2001 - 01 - 17) 全文</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101599929 A (富士通株式会社) 2009年 12月 09日 (2009 - 12 - 09) 全文</td> <td>1-14</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <p>* 引用文件的具体类型:</p> <table border="0"> <tr> <td>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</td> <td>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</td> </tr> <tr> <td>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</td> <td>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</td> <td>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</td> <td>“&” 同族专利的文件</td> </tr> <tr> <td>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</td> <td></td> </tr> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 1131604 C (松下电器产业株式会社) 2003年 12月 17日 (2003 - 12 - 17) 说明书第5页第7行-第9页第3行, 图1	1-14	A	CN 101636928 A (飞思卡尔半导体公司) 2010年 1月 27日 (2010 - 01 - 27) 全文	1-14	A	CN 1280434 A (三星电子株式会社) 2001年 1月 17日 (2001 - 01 - 17) 全文	1-14	A	CN 101599929 A (富士通株式会社) 2009年 12月 09日 (2009 - 12 - 09) 全文	1-14	“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件	“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性	“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性	“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件	“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																									
X	CN 1131604 C (松下电器产业株式会社) 2003年 12月 17日 (2003 - 12 - 17) 说明书第5页第7行-第9页第3行, 图1	1-14																									
A	CN 101636928 A (飞思卡尔半导体公司) 2010年 1月 27日 (2010 - 01 - 27) 全文	1-14																									
A	CN 1280434 A (三星电子株式会社) 2001年 1月 17日 (2001 - 01 - 17) 全文	1-14																									
A	CN 101599929 A (富士通株式会社) 2009年 12月 09日 (2009 - 12 - 09) 全文	1-14																									
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件																										
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性																										
“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性																										
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件																										
“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件																											
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2014年 9月 11日</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2014年 9月 23日</p>																										
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>	<p>受权官员</p> <p>李美丽</p> <p>电话号码 (86-10)62089957</p>																										

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/074566

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	1131604	C	2003年 12月 17日	US	6421378	B1	2002年 7月 16日
				EP	0907261	A3	2001年 10月 04日
				JP	3865482	B2	2007年 1月 10日
				CN	1213906	A	1999年 4月 14日
				EP	0907261	A2	1999年 4月 07日
				JP	H11112390	A	1999年 4月 23日
				KR	99036892	A	1999年 5月 25日
				KR	100538601	B1	2006年 2月 28日
				CN	101636928	A	2010年 1月 27日
WO	2008115702	A1	2008年 9月 25日				
KR	20090125118	A	2009年 12月 03日				
US	2008232439	A1	2008年 9月 25日				
US	7852915	B2	2010年 12月 14日				
CN	1280434	A	2001年 1月 17日	US	6947497	B1	2005年 9月 20日
				CN	1157908	C	2004年 7月 14日
				KR	20010009569	A	2001年 2月 05日
				JP	2001069047	A	2001年 3月 16日
				KR	338755	B	2002年 5月 30日
CN	101599929	A	2009年 12月 09日	JP	2009296597	A	2009年 12月 17日
				CN	101599929	B	2012年 11月 21日
				US	8787437	B2	2014年 7月 22日
				US	2009304064	A1	2009年 12月 10日
				JP	5428554	B2	2014年 2月 26日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)