

(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
2016 年 6 月 30 日 (30.06.2016)

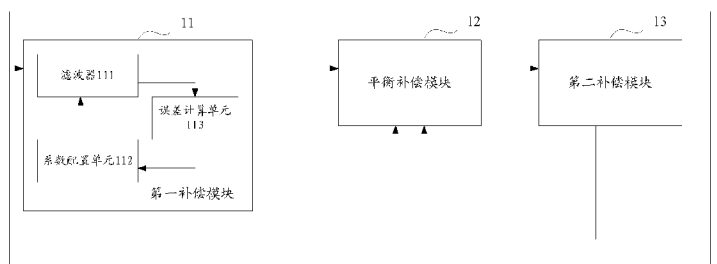


(10) 国际公布号
WO 2016/101255 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04L 25/03 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/095111
- (22) 国际申请日: 2014 年 12 月 26 日 (26.12.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (72) 发明人: 陈微 (CHEN, Wei); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 满江伟 (MAN, Jiangwei); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。 曾理 (ZENG, Li); 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (74) 代理人: 北京同达信恒知识产权代理有限公司 (TDIP & PARTNERS); 中国北京市海淀区知春路 7 号致真大厦 A1304-05 室, Beijing 100191 (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, 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, ST, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。
- 本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(54) Title: SIGNAL COMPENSATION METHOD AND DEVICE

(54) 发明名称: 一种信号补偿方法和设备



11 FIRST COMPENSATION MODULE
12 BALANCE COMPENSATION MODULE
13 SECOND COMPENSATION MODULE
111 FILTER
112 COEFFICIENT CONFIGURATION UNIT
113 ERROR CALCULATION UNIT

图 1 / Fig. 1

(57) Abstract: Disclosed are a signal compensation method and device, comprising: receiving an input signal sequence suffering from ISI interference, and using a first filtering coefficient to perform filtering compensation on the received signal sequence, to obtain a first compensation signal sequence; using a balance filtering coefficient to perform filtering compensation on the first compensation signal sequence, to obtain a balance compensation result, the balance filtering coefficient being obtained by adjusting an adjacent balance filtering coefficient used last time via a first compensation error; and performing sequence estimation on the received balance compensation result and outputting same. Since a first compensation error is generated by a back-end compensation module, the first compensation error is used to adjust a balance filtering coefficient in an iterative way, and the balance filtering coefficient is used to perform filtering compensation on a first compensation signal sequence, thereby effectively compensating for a signal sequence suffering from ISI interference, and improving the system performance of optical fibre communication.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2016/101255 A1

本发明公开了一种信号补偿方法和设备，包括：接收输入的受到 ISI 干扰的信号序列，利用第一滤波系数对接收到的信号序列进行滤波补偿，得到第一补偿信号序列；利用平衡滤波系数对第一补偿信号序列进行滤波补偿，得到平衡补偿结果，平衡滤波系数由第一补偿误差对相邻上一次使用的平衡滤波系数进行调整得到；将接收到的平衡补偿结果进行序列估计后输出；由于第一补偿误差由后端补偿模块产生，利用第一补偿误差通过迭代方式对平衡滤波系数进行调整，利用平衡滤波系数对第一补偿信号序列进行滤波补偿，有效地对受到 ISI 干扰的信号序列进行补偿，提升光纤通信的系统性能。

一种信号补偿方法和设备

技术领域

本发明涉及光通信技术领域，尤其涉及一种信号补偿方法和设备。

背景技术

在通信技术的发展过程中，围绕着增加信息传输的速率和距离，提高通信系统的有效性、可靠性和经济性方面进行了许多工作，取得了很多卓越的成就。而光通信技术则是当代通信技术发展的最新成就，已经成为了现代通信的基石，是未来信息社会中各种信息的主要传送工具。

将光纤用做通信的信道构成光纤通信系统。光纤通信系统在具备了传输频带宽，通信容量大、传输损耗小、中继距离长、抗电磁干扰能力强的特性之外，损耗和色散是光纤最重要的传输特性，也是光纤通信系统的基本问题。

由于色散的存在，光脉冲在光纤信道中传输时会发生展宽现象，这种脉冲的展宽会造成相邻脉冲间的码间串扰（英文：Inter Symbol Interference；缩写：ISI），从而缩短了传输距离、增加了系统的误码率，从而降低光纤通信系统的性能。

为了减少或者消除 ISI 对信道性能造成的影响，提出一种信号带宽的补偿机制，该补偿机制具体包括：前向均衡（英文：Feed-Forward Equalization；缩写：FFE）、反馈均衡（英文：Decision-Feedback Equalization；缩写：DFE）和最大似然均衡（英文：Maximum-Likelihood Sequence Equalization；缩写：MLSE）。通过 FFE 对系统损伤进行预补偿，同时用 DFE 来制造可控的 ISI，最后通过 MLSE 对产生的可控的 ISI 进行补偿，进而提升了光纤通信的系统性能。

但是，在上述补偿机制中，存在以下缺陷：在进行系统补偿时只在 FFE 和 DFE 之间做滤波系数平衡，导致通过这种补偿机制来改善光纤通信的系统性能，无法满足人们对光纤通信的系统性能要求。

发明内容

有鉴于此，本发明实施例提供了一种信号补偿方法和设备，用于解决目前已有的补偿机制对光纤通信的系统性能的提升不高的问题。

第一方面，提供了一种信号补偿设备，包括：第一补偿模块、平衡滤波模块和第二补偿模块，其中：

所述第一补偿模块，用于接收输入的受到码间串扰 ISI 干扰的信号序列，利用第一滤波系数对接收到的所述信号序列进行滤波补偿，得到第一补偿信号序列，并将所述第一补偿信号序列发送给所述平衡滤波模块；

所述平衡滤波模块，用于利用平衡滤波系数对所述第一补偿模块发送的所述第一补偿信号序列进行滤波补偿，得到平衡补偿结果，并将所述平衡补偿结果发送给所述第二补偿模块，其中，所述平衡滤波系数由所述第二补偿模块发送的第一补偿误差对相邻上一次使用的平衡滤波系数进行调整得到；

所述第二补偿模块，用于接收所述平衡滤波模块发送的所述平衡补偿结果，并对接收到的所述平衡补偿结果进行序列估计后输出，以及根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到第一补偿误差，并将所述第一补偿误差发送给所述平衡滤波模块。

结合第一方面，在第一种可能的实施方式中，所述第二补偿模块，具体用于将相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值作差，得到的差值为第一补偿误差。

结合第一方面，或者结合第一方面的第一种可能的实施方式，在第二种可能的实施方式中，所述第二补偿模块，还用于在接收所述平衡滤波模块发送的所述平衡补偿结果时，计算当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值；并利用相邻上一次计算到的补偿误差值与当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值，计算得到第二补偿误差，并将计算得到的所述第二补偿误差发送给所述平衡滤波模块。

结合第一方面，或者结合第一方面的第一种可能的实施方式，或者结合第一方面的第二种可能的实施方式，在第三种可能的实施方式中，所述平衡

滤波模块，具体用于通过以下方式得到第 j 项平衡滤波系数：

$$b_{j(\text{当前})} = b_{j(\text{相邻上一次})} + \mu * \text{sign}(e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}});$$

其中， $b_{j(\text{当前})}$ 为得到的当前使用的第 j 项平衡滤波系数的系数权重； j 的取值范围为 0 至 L_b ； L_b 为平衡滤波系数的长度； $b_{j(\text{相邻上一次})}$ 为相邻上一次使用的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重； μ 为平衡滤波系数的系数变化长度； $e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}}$ 为第一补偿误差； $e_{\text{相邻上一次的上一次}}$ 为相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值； $e_{\text{相邻上一次}}$ 为相邻上一次计算得到的补偿误差值。

结合第一方面，或者结合第一方面的第一种可能的实施方式，或者结合第一方面的第二种可能的实施方式，或者结合第一方面的第三种可能的实施方式，在第四种可能的实施方式中，所述第一补偿模块，还用于在初始化阶段，将第一滤波系数发送给所述平衡滤波模块；

所述平衡滤波模块，还用于接收所述第一补偿模块发送的所述第一滤波系数，并根据所述第一滤波系数中的系数权重，确定所述平衡滤波模块所使用的初始化的平衡滤波系数的基础系数权重；并根据所述平衡滤波模块所使用的初始化的平衡滤波系数的基础系数权重，得到平衡滤波系数的初始值。

结合第一方面的第四种可能的实施方式，在第五种可能的实施方式中，所述平衡滤波模块，具体用于若接收到的所述第一补偿模块发送的所述第一滤波系数为 $F(z) = \sum_{i=0}^{L_f} f_i z^{-i}$ ，则通过以下方式根据所述第一滤波系数中的系数权重，确定所述平衡滤波模块所使用的初始化的平衡滤波系数的基础系数权重：

$$b_0 = f_0; b_j = -f_i;$$

其中， b_j 为初始化的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重； j 的取值范围为 0 至 L_b ； L_b 为平衡滤波系数的长度； f_i 为第 j 项第一滤波系数的系数权重； i 的取值范围为 0 至 L_f ； L_f 为第一滤波系数的长度。

结合第一方面，或者结合第一方面的第一种可能的实施方式，或者结合第一方面的第二种可能的实施方式，或者结合第一方面的第三种可能的实施方式

方式，或者结合第一方面的第四种可能的实施方式，或者结合第一方面的第五种可能的实施方式，在第六种可能的实施方式中，所述第一补偿模块，还用于根据相邻上一次得到的第一补偿信号序列与相邻上一次得到的第一补偿信号序列的判决值，计算误差结果，并利用计算得到的误差结果对所述第一滤波系数进行调整；并利用调整后的第一滤波系数对当前接收到的所述信号序列进行滤波补偿。

第二方面，提供了一种信号补偿方法，包括：

接收输入的受到码间串扰 ISI 干扰的信号序列，利用第一滤波系数对接收到的所述信号序列进行滤波补偿，得到第一补偿信号序列；

利用平衡滤波系数对所述第一补偿信号序列进行滤波补偿，得到平衡补偿结果，其中，所述平衡滤波系数由第一补偿误差对相邻上一次使用的平衡滤波系数进行调整得到，所述第一补偿误差由根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到；

将接收到的所述平衡补偿结果进行序列估计后输出。

结合第二方面，在第一种可能的实施方式中，所述第一补偿误差由根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到，包括：

将相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值作差，得到的差值为第一补偿误差。

结合第二方面，或者结合第二方面的第一种可能的实施方式，在第二种可能的实施方式中，所述方法还包括：

在接收所述平衡滤波模块发送的所述平衡补偿结果时，计算当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差；并

利用相邻上一次计算到的补偿误差值与当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值，计算得到第二补偿误差，其中，所述第二补偿误差用于调整当前使用的平衡滤波系数。

结合第二方面，或者结合第二方面的第一种可能的实施方式，或者结合

第二方面的第二种可能的实施方式，在第三种可能的实施方式中，通过以下方式得到当前使用的第 j 项平衡滤波系数：

$$b_{j(\text{当前})} = b_{j(\text{相邻上一次})} + \mu * \text{sign}(e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}});$$

其中， $b_{j(\text{当前})}$ 为得到的当前使用的第 j 项平衡滤波系数的系数权重； j 的取值范围为 0 至 L_b ； L_b 为平衡滤波系数的长度； $b_{j(\text{相邻上一次})}$ 为相邻上一次使用的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重； μ 为平衡滤波系数的系数变化长度； $e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}}$ 为第一补偿误差； $e_{\text{相邻上一次的上一次}}$ 为相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值； $e_{\text{相邻上一次}}$ 为相邻上一次计算得到的补偿误差值。

结合第二方面，或者结合第二方面的第一种可能的实施方式，或者结合第二方面的第二种可能的实施方式，或者结合第二方面的第三种可能的实施方式，在第四种可能的实施方式中，所述方法还包括：

在初始化阶段，根据第一滤波系数中的系数权重，确定初始化的平衡滤波系数的基础系数权重；并

根据初始化的平衡滤波系数的基础系数权重，得到平衡滤波系数的初始值。

结合第二方面的第四种可能的实施方式，在第五种可能的实施方式中，根据第一滤波系数中的系数权重，确定初始化的平衡滤波系数的基础系数权重，包括：

若所述第一滤波系数为 $F(z) = \sum_{i=0}^{L_f} f_i z^{-i}$ ，则通过以下方式确定初始化的平衡滤波系数的基础系数权重：

$$b_0 = f_0; b_j = -f_i;$$

其中， b_j 为初始化的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重； j 的取值范围为 0 至 L_b ； L_b 为平衡滤波系数的长度； f_i 为第 j 项第一滤波系数的系数权重； i 的取值范围为 0 至 L_f ； L_f 为第一滤波系数的长度。

结合第二方面，或者结合第二方面的第一种可能的实施方式，或者结合

第二方面的第二种可能的实施方式，或者结合第二方面的第三种可能的实施方式，或者结合第二方面的第四种可能的实施方式，或者结合第二方面的第五种可能的实施方式，在第六种可能的实施方式中，所述方法还包括：

根据相邻上一次得到的第一补偿信号序列与相邻上一次得到的第一补偿信号序列的判决值，计算误差结果；并

利用计算得到的误差结果对所述第一滤波系数进行调整；

利用第一滤波系数对接收到的所述信号序列进行滤波补偿，得到第一补偿信号序列，包括：

利用调整后的第一滤波系数对当前接收到的所述信号序列进行滤波补偿，得到第一补偿信号序列。

第三方面，提供了一种信号补偿设备，包括：

信号接收器，用于接收输入的受到码间串扰 ISI 干扰的信号序列；

处理器，用于利用第一滤波系数对接收到的所述信号序列进行滤波补偿，得到第一补偿信号序列；以及利用平衡滤波系数对所述第一补偿信号序列进行滤波补偿，得到平衡补偿结果，其中，所述平衡滤波系数由第一补偿误差对相邻上一次使用的平衡滤波系数进行调整得到，所述第一补偿误差由根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到；

信号发射器，用于将接收到的所述平衡补偿结果进行序列估计后输出。

结合第三方面，在第一种可能的实施方式中，所述处理器根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到，包括：

将相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值作差，得到的差值为第一补偿误差。

结合第三方面，或者结合第三方面的第一种可能的实施方式，在第二种可能的实施方式中，所述处理器，还用于在接收所述平衡滤波模块发送的所述平衡补偿结果时，计算当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值；并

利用相邻上一次计算到的补偿误差值与当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值，计算得到第二补偿误差，其中，所述第二补偿误差用于调整当前使用的平衡滤波系数。

结合第三方面，或者结合第三方面的第一种可能的实施方式，或者结合第三方面的第二种可能的实施方式，在第三种可能的实施方式中，所述处理器通过以下方式得到当前使用的第 j 项平衡滤波系数：

$$b_{j(\text{当前})} = b_{j(\text{相邻上一次})} + \mu * \text{sign}(e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}});$$

其中， $b_{j(\text{当前})}$ 为得到的当前使用的第 j 项平衡滤波系数的系数权重； j 的取值范围为 0 至 L_b ； L_b 为平衡滤波系数的长度； $b_{j(\text{相邻上一次})}$ 为相邻上一次使用的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重； μ 为平衡滤波系数的系数变化长度； $e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}}$ 为第一补偿误差； $e_{\text{相邻上一次的上一次}}$ 为相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值； $e_{\text{相邻上一次}}$ 为相邻上一次计算得到的补偿误差值。

结合第三方面，或者结合第三方面的第一种可能的实施方式，或者结合第三方面的第二种可能的实施方式，或者结合第三方面的第三种可能的实施方式，在第四种可能的实施方式中，所述处理器，还用于在初始化阶段，根据第一滤波系数中的系数权重，确定初始化的平衡滤波系数的基础系数权重；并根据初始化的平衡滤波系数的基础系数权重，得到平衡滤波系数的初始值。

结合第三方面的第四种可能的实施方式，在第五种可能的实施方式中，所述处理器根据第一滤波系数中的系数权重，确定初始化的平衡滤波系数的基础系数权重，包括：

若所述第一滤波系数为 $F(z) = \sum_{i=0}^{L_f} f_i z^{-i}$ ，则通过以下方式确定初始化的平衡

滤波系数的基础系数权重：

$$b_0 = f_0; b_j = -f_j;$$

其中， b_j 为初始化的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重； j 的取值范围为 0 至 L_b ； L_b 为平衡滤波系数的长度； f_i 为第 j 项第一滤波系数的系数权重；

i 的取值范围为 0 至 L_f ; L_f 为第一滤波系数的长度。

结合第三方面, 或者结合第三方面的第一种可能的实施方式, 或者结合第三方面的第二种可能的实施方式, 或者结合第三方面的第三种可能的实施方式, 或者结合第三方面的第四种可能的实施方式, 或者结合第三方面的第五种可能的实施方式, 在第六种可能的实施方式中, 所述处理器, 还用于根据相邻上一次得到的第一补偿信号序列与相邻上一次得到的第一补偿信号序列的判决值, 计算误差结果; 并利用计算得到的误差结果对所述第一滤波系数进行调整;

利用调整后的第一滤波系数对当前接收到的所述信号序列进行滤波补偿, 得到第一补偿信号序列。

本发明实施例的有益效果:

本发明实施例通过接收输入的受到 ISI 干扰的信号序列, 利用第一滤波系数对接收到的所述信号序列进行滤波补偿, 得到第一补偿信号序列; 利用平衡滤波系数对所述第一补偿信号序列进行滤波补偿, 得到平衡补偿结果, 所述平衡滤波系数由第一补偿误差对相邻上一次使用的平衡滤波系数进行调整得到, 所述第一补偿误差由根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到; 将接收到的所述平衡补偿结果进行序列估计后输出; 由于第一补偿误差由后端补偿模块产生, 利用第一补偿误差通过迭代方式对平衡滤波系数进行调整, 利用调整后的平衡滤波系数对第一补偿信号序列进行滤波补偿, 平衡了各级补偿模块之间的性能, 有效地对受到 ISI 干扰的信号序列进行补偿, 提升了光纤通信的系统性能。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案, 下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简要介绍, 显而易见地, 下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例, 对于本领域的普通技术人员来讲, 在不付出创造性劳动性

的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 为本发明提供的一种信号补偿设备的结构示意图；

图 2 为本发明提供的一种信号补偿方法的流程示意图；

图 3 为本发明提供的一种信号补偿设备的结构示意图。

具体实施方式

为了实现本发明的目的，本发明实施例提供了一种信号补偿方法和设备，接收输入的受到 ISI 干扰的信号序列，利用第一滤波系数对接收到的所述信号序列进行滤波补偿，得到第一补偿信号序列；利用平衡滤波系数对所述第一补偿信号序列进行滤波补偿，得到平衡补偿结果，所述平衡滤波系数由第一补偿误差对相邻上一次使用的平衡滤波系数进行调整得到，所述第一补偿误差由根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到；将接收到的所述平衡补偿结果进行序列估计后输出；由于第一补偿误差由后端补偿模块产生，利用第一补偿误差通过迭代方式对平衡滤波系数进行调整，利用调整后的平衡滤波系数对第一补偿信号序列进行滤波补偿，平衡了各级补偿模块之间的性能，有效地对受到 ISI 干扰的信号序列进行补偿，提升了光纤通信的系统性能。

下面结合说明书附图对本发明各个实施例作进一步地详细描述。显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例，都属于本发明保护的范围。

图 1 为本发明实施例提供的一种信号补偿设备的结构示意图。所述信号补偿设备包括：第一补偿模块 11、平衡滤波模块 12 和第二补偿模块 13，其中：

所述第一补偿模块 11，用于接收输入的受到 ISI 干扰的信号序列，利用第一滤波系数对接收到的所述信号序列进行滤波补偿，得到第一补偿信号序

列，并将所述第一补偿信号序列发送给所述平衡滤波模块 12；

所述平衡滤波模块 12，用于利用平衡滤波系数对所述第一补偿模块 11 发送的所述第一补偿信号序列进行滤波补偿，得到平衡补偿结果，并将所述平衡补偿结果发送给所述第二补偿模块 13，其中，所述平衡滤波系数由所述第二补偿模块 13 发送的第一补偿误差对相邻上一次使用的平衡滤波系数进行调整得到；

所述第二补偿模块 13，用于接收所述平衡滤波模块 12 发送的所述平衡补偿结果，并对接收到的所述平衡补偿结果进行序列估计后输出，以及根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到第一补偿误差，并将所述第一补偿误差发送给所述平衡滤波模块 12。

可选地，所述第一补偿模块 11，还用于根据相邻上一次得到的第一补偿信号序列与相邻上一次得到的第一补偿信号序列的判决值，计算误差结果，并利用计算得到的误差结果对所述第一滤波系数进行调整；并利用调整后的第一滤波系数对当前接收到的所述信号序列进行滤波补偿。

需要说明的是，所述相邻上一次得到的第一补偿信号序列的判决值是指将相邻上一次得到的第一补偿信号序列量化后得到的数值。

具体地，所述第一补偿模块 11 可以包括滤波器 111、系数配置单元 112。可选地，所述第一补偿模块 11 还可以误差计算单元 113。

其中，滤波器 111，用于接收输入的受到 ISI 干扰的信号序列，利用系数配置单元 112 配置的第一滤波系数对接收到的所述信号序列进行滤波补偿，得到第一补偿信号序列，并将所述第一补偿信号序列发送给所述平衡滤波模块 12。

例如：接收到的输入的受到 ISI 干扰的信号序列可以为 $r_k = \sum_{a=0}^{L_c} c_a * x_{k-a} + n_k$ ；

其中， r_k 为第 k 个信号； n_k 为第 k 个信号的噪声； c_a 为待补偿的系数； a 的取值范围为 0 至 L_c ； L_c 为信道记忆长度， x 为信号序列。

系数配置单元 112，用于配置第一滤波系数。可以采用 FFE 或者 DFE 结构，通过最小均方算法（英文：Least mean square；缩写 LMS）或者其他算法进行自适应配置第一滤波系数。

例如：第一滤波系数为 $F(z) = \sum_{i=0}^{L_f} f_i z^{-i}$ ；其中， f_i 为第一滤波系数的第 i 项系数权重； i 的取值范围为 0 至 L_f ； L_f 为第一滤波系数的长度。

需要说明的是，为了取得较好的补偿效果，一般要求 L_f 大于等于 L_c 。

这里的系数配置单元 112，可以用于配置初始的第一滤波系数，之后得到的第一滤波系数，通过误差计算单元 113 发送的误差结果调整得到。

误差计算单元 113，用于根据相邻上一次得到的第一补偿信号序列与相邻上一次得到的第一补偿信号序列的判决值，计算误差结果，并将该误差结果发送给系数配置单元 112。

系数配置单元 112，具体用于利用所述误差计算单元 113 发送的误差结果对所述第一滤波系数进行调整；并将调整后的第一滤波系数发送给滤波器 111。

需要说明的是，本发明实施例中记载的信号补偿设备是一个循环执行的设备，所述第二补偿模块 13 将计算得到的第二补偿误差发送给所述平衡滤波模块 12 之后，所述平衡滤波模块 12 就可以利用第二补偿误差对平衡滤波系数进行调整，以便于在接收到第一补偿模块 11 发送的第一信号补偿序列时进行滤波补偿。

因此，第二补偿模块通过相邻两次计算得到的补偿误差值之间的差值，对平衡滤波模块所使用的平衡滤波系数进行调整，以达到平衡各个补偿模块的性能的目的。

具体地，所述第二补偿模块 13，具体用于将相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值作差，得到的差值为第一补偿误差。

可选地，所述第二补偿模块 13，还用于在接收所述平衡滤波模块发送的

所述平衡补偿结果时, 计算当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值; 并利用相邻上一次计算到的补偿误差值与当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值, 计算得到第二补偿误差, 并将计算得到的所述第二补偿误差发送给所述平衡滤波模块 12。

具体地, 所述平衡滤波模块 12, 具体用于通过以下方式得到第 j 项平衡滤波系数:

$$b_{j(\text{当前})} = b_{j(\text{相邻上一次})} + \mu * \text{sign}(e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}});$$

其中, $b_{j(\text{当前})}$ 为得到的当前使用的第 j 项平衡滤波系数的系数权重; j 的取值范围为 0 至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; $b_{j(\text{相邻上一次})}$ 为相邻上一次使用的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重; μ 为平衡滤波系数的系数变化长度; $e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}}$ 为第一补偿误差; $e_{\text{相邻上一次的上一次}}$ 为相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值; $e_{\text{相邻上一次}}$ 为相邻上一次计算得到的补偿误差值。

需要说明的是, 所述第一补偿模块 11, 还用于在初始化阶段, 将第一滤波系数发送给所述平衡滤波模块 12;

所述平衡滤波模块 12, 还用于接收所述第一补偿模块发送的所述第一滤波系数, 并根据所述第一滤波系数中的系数权重, 确定所述平衡滤波模块所使用的初始化的平衡滤波系数的基础系数权重; 并根据所述平衡滤波模块所使用的初始化的平衡滤波系数的基础系数权重, 得到平衡滤波系数的初始值。

其中, 所述平衡滤波模块 13, 具体用于若接收到的所述第一补偿模块发送的所述第一滤波系数为 $F(z) = \sum_{i=0}^{L_f} f_i z^{-i}$, 则通过以下方式根据所述第一滤波系数中的系数权重, 确定所述平衡滤波模块所使用的初始化的平衡滤波系数的基础系数权重:

$$b_0 = f_0; b_j = -f_i;$$

其中, b_j 为初始化的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重; j 的取值范围为 0 至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; f_i 为第 j 项第一滤波系数的系数权重;

i 的取值范围为 0 至 L_f ; L_f 为第一滤波系数的长度。

所述平衡滤波模块 13, 具体用于根据调整后得到的平衡滤波系数的系数权重, 得到平衡滤波系数, 例如: 得到的平衡滤波系数为: $B(z) = \sum_{j=0}^{L_b} b_j * z^{-j}$ 。

其中, b_j 为调整后的第 j 项平衡滤波系数的系数权重; j 的取值范围为 0 至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度。

本发明实施例所描述的信号补偿设备可以通过硬件方式实现, 也可以通过软件方式实现, 这里不做限定, 由于第一补偿误差由后端补偿模块产生, 利用第一补偿误差通过迭代方式对平衡滤波系数进行调整, 利用调整后的平衡滤波系数对第一补偿信号序列进行滤波补偿, 平衡了各级补偿模块之间的性能, 有效地对受到 ISI 干扰的信号序列进行补偿, 提升了光纤通信的系统性能。

图 2 为本发明实施例提供的一种信号补偿方法的流程示意图。所述方法可以如下所述。

步骤 201: 接收输入的受到 ISI 干扰的信号序列。

在步骤 201 中, 由于在光纤通信链路上, 通信信号容易发生 ISI, 例如: 来自光电发射机或者电光接收机的带宽限制等, 使得通信信号发生 ISI。

假设接收到的受到 ISI 干扰的信号序列为 $r_k = \sum_{a=0}^{L_c} c_a * x_{k-a} + n_k$; 其中, r_k 为第 k 个信号; n_k 为第 k 个信号的噪声; c_a 为待补偿的系数; a 的取值范围为 0 至 L_c ; L_c 为信道记忆长度, x 为信号序列。

步骤 202: 利用第一滤波系数对接收到的所述信号序列进行滤波补偿, 得到第一补偿信号序列。

在步骤 202 中, 第一滤波系数可以是初始化配置的滤波系数, 也可以是通过反馈对上一次使用的滤波系数进行调整后得到的。

若第一滤波系数通过配置得到, 可以采用 FFE 或者 DFE 结构, 通过最小均方算法 (英文: Least mean square; 缩写 LMS) 或者其他算法进行自适应

配置第一滤波系数。

例如：第一滤波系数为 $F(z) = \sum_{i=0}^{L_f} f_i z^{-i}$ ；其中， f_i 为第一滤波系数的第 i 项系数权重； i 的取值范围为 0 至 L_f ； L_f 为第一滤波系数的长度。

需要说明的是，为了取得较好的补偿效果，一般要求 L_f 大于等于 L_c 。

若第一滤波系数通过反馈的误差结果对上一次使用的滤波系数进行调整后得到的，具体包括：

根据相邻上一次得到的第一补偿信号序列与相邻上一次得到的第一补偿信号序列的判决值，计算误差结果；

利用计算得到的误差结果对所述第一滤波系数（即上一次使用的滤波系数）进行调整，得到调整后的第一滤波系数。

步骤 203：利用平衡滤波系数对所述第一补偿信号序列进行滤波补偿，得到平衡补偿结果。

其中，所述平衡滤波系数由第一补偿误差对相邻上一次使用的平衡滤波系数进行调整得到，所述第一补偿误差由根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到。

在步骤 203 中，通过以下方式得到当前使用的第 j 项平衡滤波系数：

$$b_{j(\text{当前})} = b_{j(\text{相邻上一次})} + \mu * \text{sign}(e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}});$$

其中， $b_{j(\text{当前})}$ 为得到的当前使用的第 j 项平衡滤波系数的系数权重； j 的取值范围为 0 至 L_b ； L_b 为平衡滤波系数的长度； $b_{j(\text{相邻上一次})}$ 为相邻上一次使用的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重； μ 为平衡滤波系数的系数变化长度； $e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}}$ 为第一补偿误差； $e_{\text{相邻上一次的上一次}}$ 为相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值； $e_{\text{相邻上一次}}$ 为相邻上一次计算得到的补偿误差值。

也就是说，平衡滤波系数通过迭代的方式得到。

那么，平衡滤波系数的初始值通过以下方式确定：

在初始化阶段，根据第一滤波系数中的系数权重，确定初始化的平衡滤

波系数的基础系数权重；并

根据初始化的平衡滤波系数的基础系数权重，得到平衡滤波系数的初始值。

具体地，若所述第一滤波系数为 $F(z) = \sum_{i=0}^{L_f} f_i z^{-i}$ ，则通过以下方式确定初始化的平衡滤波系数的基础系数权重：

$$b_0 = f_0; b_j = -f_i;$$

其中， b_j 为初始化的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重； j 的取值范围为 0 至 L_b ； L_b 为平衡滤波系数的长度； f_i 为第 j 项第一滤波系数的系数权重； i 的取值范围为 0 至 L_f ； L_f 为第一滤波系数的长度。

步骤 204：将接收到的所述平衡补偿结果进行序列估计后输出。

步骤 205：在接收所述平衡滤波模块发送的所述平衡补偿结果时，计算当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差；并利用相邻上一次计算到的补偿误差值与当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值，跳转执行步骤 203。

其中，所述第二补偿误差用于调整当前使用的平衡滤波系数。

在步骤 205 中，将相邻上一次计算到的补偿误差值与当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值作差，得到的差值为第二补偿误差。

需要说明的是，步骤 205 所执行的操作是一个反馈操作，通过相邻两次的平衡补偿结果之间的误差，对平衡滤波模块所使用的平衡滤波系数进行调整，以达到平衡各个补偿模块的性能的目的。

通过本发明实施例的描述，接收输入的受到 ISI 干扰的信号序列，利用第一滤波系数对接收到的所述信号序列进行滤波补偿，得到第一补偿信号序列；利用平衡滤波系数对所述第一补偿信号序列进行滤波补偿，得到平衡补偿结果，其中，所述平衡滤波系数由第一补偿误差对相邻上一次使用的平衡滤波系数进行调整得到，所述第一补偿误差由根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到；将接收到的所

述平衡补偿结果进行序列估计后输出；由于第一补偿误差由后端补偿模块产生，利用第一补偿误差通过迭代方式对平衡滤波系数进行调整，利用调整后的平衡滤波系数对第一补偿信号序列进行滤波补偿，平衡了各级补偿模块之间的性能，有效地对受到 ISI 干扰的信号序列进行补偿，提升了光纤通信的系统性能。

图 3 为本发明实施例提供的一种信号补偿设备的结构示意图。所述信号补偿设备具备上述信号补偿功能，可以采用通用计算机结构。所述信号补偿设备实体可以包括：信号接收器 31、处理器 32 和信号发射器 33，其中：

信号接收器 31，用于接收输入的受到码间串扰 ISI 干扰的信号序列；

处理器 32，用于利用第一滤波系数对接收到的所述信号序列进行滤波补偿，得到第一补偿信号序列；以及利用平衡滤波系数对所述第一补偿信号序列进行滤波补偿，得到平衡补偿结果，其中，所述平衡滤波系数由第一补偿误差对相邻上一次使用的平衡滤波系数进行调整得到，所述第一补偿误差由根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到；

信号发射器 33，用于将接收到的所述平衡补偿结果进行序列估计后输出。

具体地，所述处理器 32 根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到，包括：

将相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值作差，得到的差值为第一补偿误差。

具体地，所述处理器 32，还用于在接收所述平衡滤波模块发送的所述平衡补偿结果时，计算当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值；并

利用相邻上一次计算到的补偿误差值与当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值，计算得到第二补偿误差，其中，所述第二补偿误差用于调整当前使用的平衡滤波系数。

具体地，所述处理器 32 通过以下方式得到当前使用的第 j 项平衡滤波系

数:

$$b_{j(\text{当前})} = b_{j(\text{相邻上一次})} + \mu * \text{sign}(e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}});$$

其中, $b_{j(\text{当前})}$ 为得到的当前使用的第 j 项平衡滤波系数的系数权重; j 的取值范围为 0 至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; $b_{j(\text{相邻上一次})}$ 为相邻上一次使用的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重; μ 为平衡滤波系数的系数变化长度; $e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}}$ 为第一补偿误差; $e_{\text{相邻上一次的上一次}}$ 为相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值; $e_{\text{相邻上一次}}$ 为相邻上一次计算得到的补偿误差值。

具体地, 所述处理器 32, 还用于在初始化阶段, 根据第一滤波系数中的系数权重, 确定初始化的平衡滤波系数的基础系数权重; 并根据初始化的平衡滤波系数的基础系数权重, 得到平衡滤波系数的初始值。

具体地, 所述处理器 32 根据第一滤波系数中的系数权重, 确定初始化的平衡滤波系数的基础系数权重, 包括:

若所述第一滤波系数为 $F(z) = \sum_{i=0}^{L_f} f_i z^{-i}$, 则通过以下方式确定初始化的平衡滤波系数的基础系数权重:

$$b_0 = f_0; b_j = -f_i;$$

其中, b_j 为初始化的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重; j 的取值范围为 0 至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; f_i 为第 j 项第一滤波系数的系数权重; i 的取值范围为 0 至 L_f ; L_f 为第一滤波系数的长度。

具体地, 所述处理器 32, 还用于根据相邻上一次得到的第一补偿信号序列与相邻上一次得到的第一补偿信号序列的判决值, 计算误差结果; 并利用计算得到的误差结果对所述第一滤波系数进行调整;

利用调整后的第一滤波系数对当前接收到的所述信号序列进行滤波补偿, 得到第一补偿信号序列。

其中, 处理器 32 可以是通用处理器, 包括中央处理器 (英文: central processing unit, 缩写: CPU), 网络处理器 (英文: Network Processor; 缩写:

NP) 等; 或者是 CPU 和硬件芯片的组合。处理器 31 还可以是数字信号处理器 (DSP)、专用集成电路 (ASIC)、现场可编程门阵列 (FPGA) 或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分步骤是可以通过程序来指令处理器完成, 所述的程序可以存储于计算机可读存储介质中, 所述存储介质是非短暂性 (英文: non-transitory) 介质, 例如随机存取存储器, 只读存储器, 快闪存储器, 硬盘, 固态硬盘, 磁带 (英文: magnetic tape), 软盘 (英文: floppy disk), 光盘 (英文: optical disc) 及其任意组合。

本发明是参照根据本发明实施例的方法、设备和计算机程序产品的流程图、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。

以上所述, 仅为本发明较佳的具体实施方式, 但本发明的保护范围并不局限于此, 任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内, 可轻易想到的变化或替换, 都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此, 本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

权 利 要 求

1、一种信号补偿设备，其特征在于，包括：第一补偿模块、平衡滤波模块和第二补偿模块，其中：

所述第一补偿模块，用于接收输入的受到码间串扰 ISI 干扰的信号序列，利用第一滤波系数对接收到的所述信号序列进行滤波补偿，得到第一补偿信号序列，并将所述第一补偿信号序列发送给所述平衡滤波模块；

所述平衡滤波模块，用于利用平衡滤波系数对所述第一补偿模块发送的所述第一补偿信号序列进行滤波补偿，得到平衡补偿结果，并将所述平衡补偿结果发送给所述第二补偿模块，其中，所述平衡滤波系数由所述第二补偿模块发送的第一补偿误差对相邻上一次使用的平衡滤波系数进行调整得到；

所述第二补偿模块，用于接收所述平衡滤波模块发送的所述平衡补偿结果，并对接收到的所述平衡补偿结果进行序列估计后输出，以及根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到第一补偿误差，并将所述第一补偿误差发送给所述平衡滤波模块。

2、如权利要求 1 所述的信号补偿设备，其特征在于，

所述第二补偿模块，具体用于将相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值作差，得到的差值为第一补偿误差。

3、如权利要求 1 或 2 所述的信号补偿设备，其特征在于，

所述第二补偿模块，还用于在接收所述平衡滤波模块发送的所述平衡补偿结果时，计算当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值；并

利用相邻上一次计算到的补偿误差值与当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值，计算得到第二补偿误差，并将计算得到的所述第二补偿误差发送给所述平衡滤波模块。

4、如权利要求 1 至 3 任一所述的信号补偿设备，其特征在于，

所述平衡滤波模块，具体用于通过以下方式得到第 j 项平衡滤波系数：

$$b_{j(\text{当前})} = b_{j(\text{相邻上一次})} + \mu * \text{sign} (e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}});$$

其中, $b_{j(\text{当前})}$ 为得到的当前使用的第 j 项平衡滤波系数的系数权重; j 的取值范围为 0 至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; $b_{j(\text{相邻上一次})}$ 为相邻上一次使用的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重; μ 为平衡滤波系数的系数变化长度; $e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}}$ 为第一补偿误差; $e_{\text{相邻上一次的上一次}}$ 为相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值; $e_{\text{相邻上一次}}$ 为相邻上一次计算得到的补偿误差值。

5、如权利要求 1 至 4 任一所述的信号补偿设备, 其特征在于,

所述第一补偿模块, 还用于在初始化阶段, 将第一滤波系数发送给所述平衡滤波模块;

所述平衡滤波模块, 还用于接收所述第一补偿模块发送的所述第一滤波系数, 并根据所述第一滤波系数中的系数权重, 确定所述平衡滤波模块所使用的初始化的平衡滤波系数的基础系数权重; 并根据所述平衡滤波模块所使用的初始化的平衡滤波系数的基础系数权重, 得到平衡滤波系数的初始值。

6、如权利要求 5 所述的信号补偿设备, 其特征在于,

所述平衡滤波模块, 具体用于若接收到的所述第一补偿模块发送的所述第一滤波系数为 $F(z) = \sum_{i=0}^{L_f} f_i z^{-i}$, 则通过以下方式根据所述第一滤波系数中的系数权重, 确定所述平衡滤波模块所使用的初始化的平衡滤波系数的基础系数权重:

$$b_0 = f_0; b_j = -f_i;$$

其中, b_j 为初始化的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重; j 的取值范围为 0 至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; f_i 为第 j 项第一滤波系数的系数权重; i 的取值范围为 0 至 L_f ; L_f 为第一滤波系数的长度。

7、如权利要求 1 至 6 任一所述的信号补偿设备, 其特征在于,

所述第一补偿模块, 还用于根据相邻上一次得到的第一补偿信号序列与相邻上一次得到的第一补偿信号序列的判决值, 计算误差结果, 并利用计算得到的误差结果对所述第一滤波系数进行调整; 并利用调整后的第一滤波系

数对当前接收到的所述信号序列进行滤波补偿。

8、一种信号补偿方法，其特征在于，包括：

接收输入的受到码间串扰 ISI 干扰的信号序列，利用第一滤波系数对接收到的所述信号序列进行滤波补偿，得到第一补偿信号序列；

利用平衡滤波系数对所述第一补偿信号序列进行滤波补偿，得到平衡补偿结果，其中，所述平衡滤波系数由第一补偿误差对相邻上一次使用的平衡滤波系数进行调整得到，所述第一补偿误差由根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到；

将接收到的所述平衡补偿结果进行序列估计后输出。

9、如权利要求 8 所述的信号补偿方法，其特征在于，所述第一补偿误差由根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到，包括：

将相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值作差，得到的差值为第一补偿误差。

10、如权利要求 8 或 9 所述的信号补偿方法，其特征在于，所述方法还包括：

在接收所述平衡滤波模块发送的所述平衡补偿结果时，计算当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差；并

利用相邻上一次计算到的补偿误差值与当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值，计算得到第二补偿误差，其中，所述第二补偿误差用于调整当前使用的平衡滤波系数。

11、如权利要求 8 至 10 任一所述的信号补偿方法，其特征在于，通过以下方式得到当前使用的第 j 项平衡滤波系数：

$$b_{j(\text{当前})} = b_{j(\text{相邻上一次})} + \mu * \text{sign}(e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}});$$

其中， $b_{j(\text{当前})}$ 为得到的当前使用的第 j 项平衡滤波系数的系数权重； j 的取值范围为 0 至 L_b ； L_b 为平衡滤波系数的长度； $b_{j(\text{相邻上一次})}$ 为相邻上一次使用的第

j 项平衡滤波系数的基础系数权重; μ 为平衡滤波系数的系数变化长度;
 $e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}}$ 为第一补偿误差; $e_{\text{相邻上一次的上一次}}$ 为相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值; $e_{\text{相邻上一次}}$ 为相邻上一次计算得到的补偿误差值。

12、如权利要求 8 至 11 任一所述的信号补偿方法, 其特征在于, 所述方法还包括:

在初始化阶段, 根据第一滤波系数中的系数权重, 确定初始化的平衡滤波系数的基础系数权重; 并

根据初始化的平衡滤波系数的基础系数权重, 得到平衡滤波系数的初始值。

13、如权利要求 12 所述的信号补偿方法, 其特征在于, 根据第一滤波系数中的系数权重, 确定初始化的平衡滤波系数的基础系数权重, 包括:

若所述第一滤波系数为 $F(z) = \sum_{i=0}^{L_f} f_i z^{-i}$, 则通过以下方式确定初始化的平衡滤波系数的基础系数权重:

$$b_0 = f_0; b_j = -f_i;$$

其中, b_j 为初始化的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重; j 的取值范围为 0 至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; f_i 为第 j 项第一滤波系数的系数权重; i 的取值范围为 0 至 L_f ; L_f 为第一滤波系数的长度。

14、如权利要求 8 至 13 任一所述的信号补偿方法, 其特征在于, 所述方法还包括:

根据相邻上一次得到的第一补偿信号序列与相邻上一次得到的第一补偿信号序列的判决值, 计算误差结果; 并

利用计算得到的误差结果对所述第一滤波系数进行调整;

利用第一滤波系数对接收到的所述信号序列进行滤波补偿, 得到第一补偿信号序列, 包括:

利用调整后的第一滤波系数对当前接收到的所述信号序列进行滤波补

偿，得到第一补偿信号序列。

15、一种信号补偿设备，其特征在于，包括：

信号接收器，用于接收输入的受到码间串扰 ISI 干扰的信号序列；

处理器，用于利用第一滤波系数对接收到的所述信号序列进行滤波补偿，得到第一补偿信号序列；以及利用平衡滤波系数对所述第一补偿信号序列进行滤波补偿，得到平衡补偿结果，其中，所述平衡滤波系数由第一补偿误差对相邻上一次使用的平衡滤波系数进行调整得到，所述第一补偿误差由根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到；

信号发射器，用于将接收到的所述平衡补偿结果进行序列估计后输出。

16、如权利要求 15 所述的信号补偿设备，其特征在于，所述处理器根据相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值计算得到，包括：

将相邻上一次计算得到的补偿误差值与相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值作差，得到的差值为第一补偿误差。

17、如权利要求 15 或 16 所述的信号补偿设备，其特征在于，

所述处理器，还用于在接收所述平衡滤波模块发送的所述平衡补偿结果时，计算当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值；并

利用相邻上一次计算到的补偿误差值与当前接收到的所述平衡补偿结果的补偿误差值，计算得到第二补偿误差，其中，所述第二补偿误差用于调整当前使用的平衡滤波系数。

18、如权利要求 15 至 17 任一所述的信号补偿设备，其特征在于，所述处理器通过以下方式得到当前使用的第 j 项平衡滤波系数：

$$b_{j(\text{当前})} = b_{j(\text{相邻上一次})} + \mu * \text{sign} (e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}});$$

其中， $b_{j(\text{当前})}$ 为得到的当前使用的第 j 项平衡滤波系数的系数权重； j 的取值范围为 0 至 L_b ； L_b 为平衡滤波系数的长度； $b_{j(\text{相邻上一次})}$ 为相邻上一次使用的第

j 项平衡滤波系数的基础系数权重; μ 为平衡滤波系数的系数变化长度;
 $e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}}$ 为第一补偿误差; $e_{\text{相邻上一次的上一次}}$ 为相邻上一次的上一次计算得到的补偿误差值; $e_{\text{相邻上一次}}$ 为相邻上一次计算得到的补偿误差值。

19、如权利要求 15 至 18 任一所述的信号补偿设备, 其特征在于,

所述处理器, 还用于在初始化阶段, 根据第一滤波系数中的系数权重, 确定初始化的平衡滤波系数的基础系数权重; 并根据初始化的平衡滤波系数的基础系数权重, 得到平衡滤波系数的初始值。

20、如权利要求 19 所述的信号补偿设备, 其特征在于,

所述处理器根据第一滤波系数中的系数权重, 确定初始化的平衡滤波系数的基础系数权重, 包括:

若所述第一滤波系数为 $F(z) = \sum_{i=0}^{L_f} f_i z^{-i}$, 则通过以下方式确定初始化的平衡滤波系数的基础系数权重:

$$b_0 = f_0; b_j = -f_i;$$

其中, b_j 为初始化的第 j 项平衡滤波系数的基础系数权重; j 的取值范围为 0 至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; f_i 为第 j 项第一滤波系数的系数权重; i 的取值范围为 0 至 L_f ; L_f 为第一滤波系数的长度。

21、如权利要求 15 至 20 任一所述的信号补偿设备, 其特征在于,

所述处理器, 还用于根据相邻上一次得到的第一补偿信号序列与相邻上一次得到的第一补偿信号序列的判决值, 计算误差结果; 并利用计算得到的误差结果对所述第一滤波系数进行调整;

利用调整后的第一滤波系数对当前接收到的所述信号序列进行滤波补偿, 得到第一补偿信号序列。

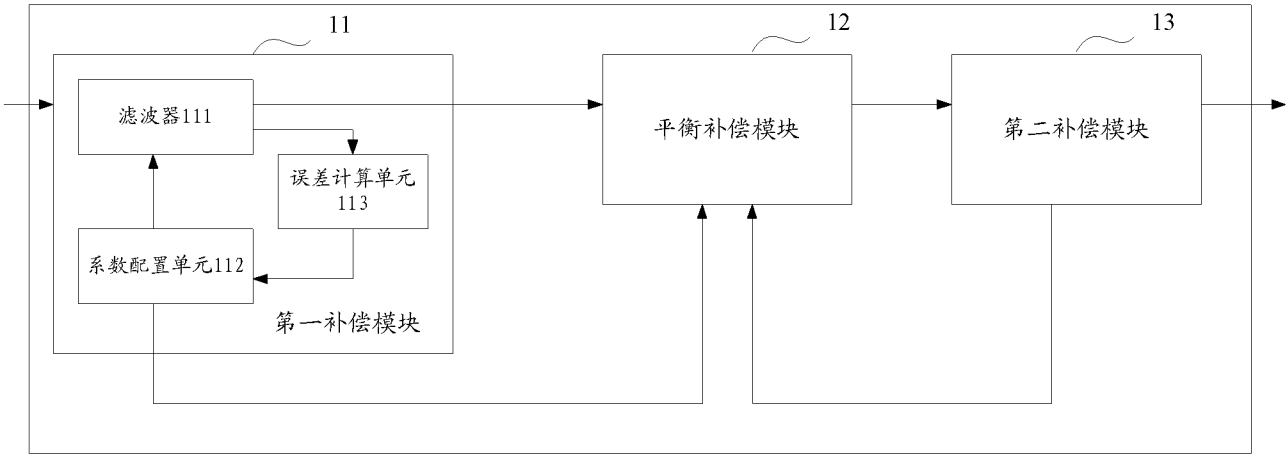


图 1

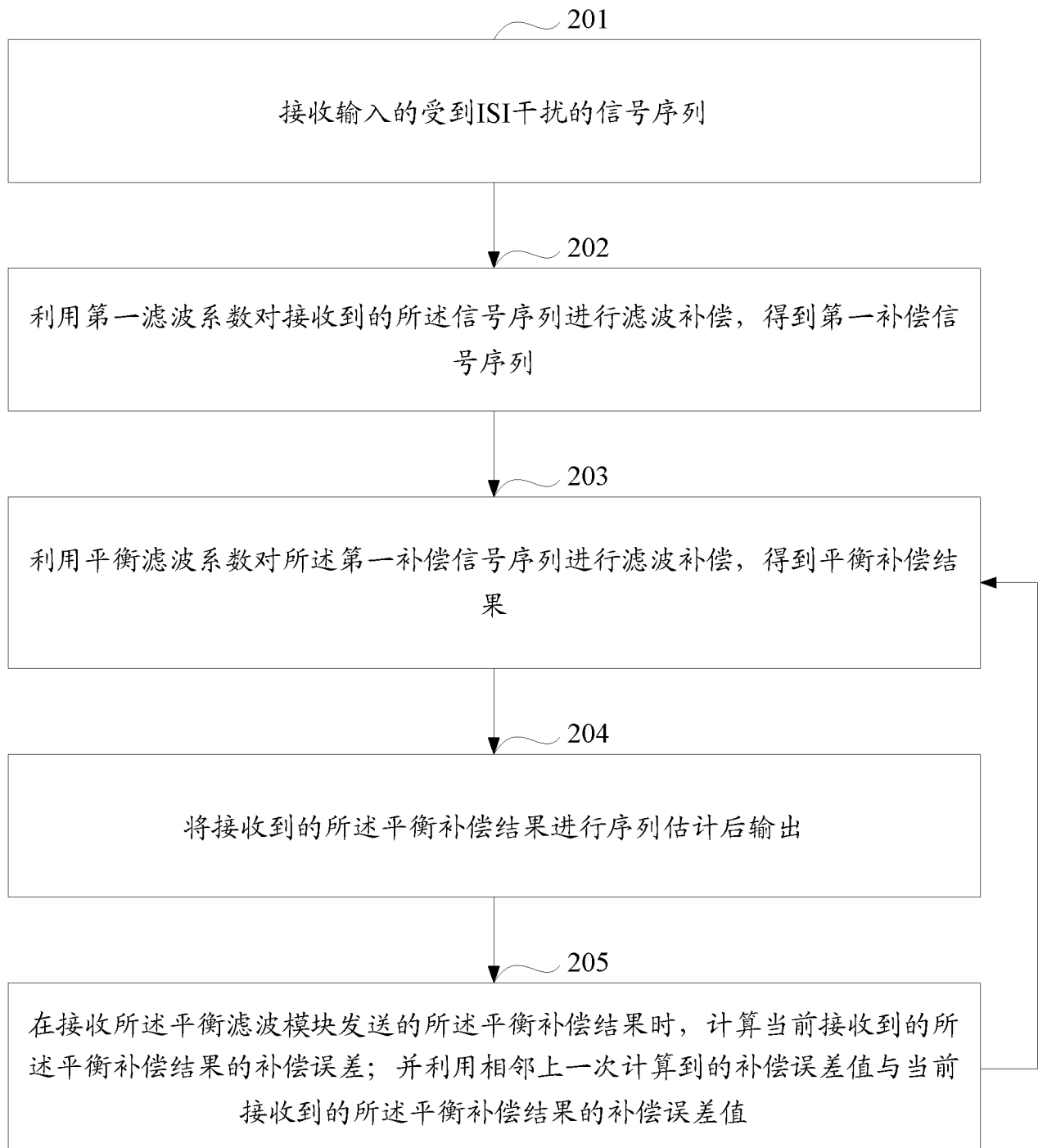


图 2

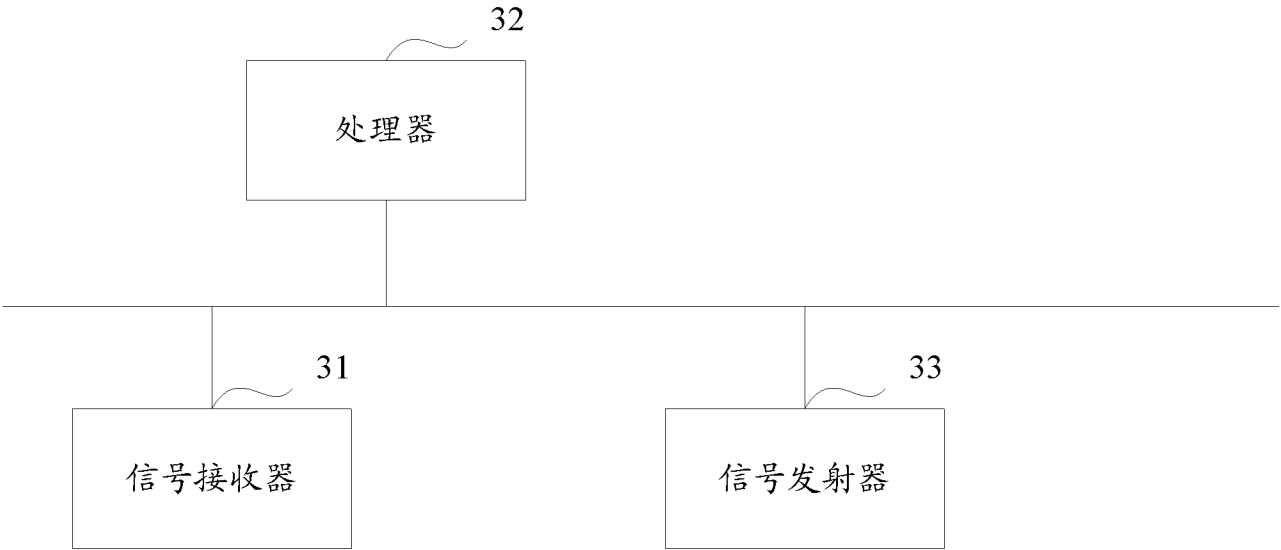


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/095111

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 25/03 (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

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)

CPRSABS; CNKI; CNTXT; VEN: ISI, compensate+, balance+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 1394421 A (KONINK PHILIPS ELECTRONICS NV.) 29 January 2003 (29.01.2003) the whole document	1-21
A	CN 101965719 A (TELEFONAKTIEBOLAGET ERICSSON L. M.) 02 February 2011 (02.02.2011) the whole document	1-21
A	US 2014133544 A1 (PMC-SIERRA US, INC.) 15 May 2014 (15.05.2014) the whole document	1-21
A	US 2014056345 A1 (IBM CORPORATION) 27 February 2014 (27.02.2014) the whole document	1-21
A	JP 2014023160 A (FUJITSU LTD.) 03 February 2014 (03.02.2014) the whole document	1-21

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“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
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“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
“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)	“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
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 11 September 2015	Date of mailing of the international search report 10 October 2015
Name and mailing address of the ISA/CN 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 LUO, Fangjie Telephone No. (86-10) 62089981

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/095111

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 1394421 A	29 January 2003	DE 60102798 T2	31 March 2005
		WO 0235728 A3	06 September 2002
		WO 0235728 A2	02 May 2002
		US 2002123318 A1	05 September 2002
		AT 264583 T	15 April 2004
		DE 60102798 D1	19 May 2004
		EP 1254542 A2	06 November 2002
		JP 2004512761 A	22 April 2004
		US 7151916 B2	19 December 2006
		GB 0026206 D0	13 December 2000
		CN 1185838 C	19 January 2005
		EP 1254542 B1	14 April 2004
		KR 20020072560 A	16 September 2002
		WO 2009113946 A2	17 September 2009
CN 101965719 A	02 February 2011	US 8345793 B2	01 January 2013
		EP 2253111 A2	24 November 2010
		WO 2009113946 A3	05 November 2009
		US 2009225899 A1	10 September 2009
US 2014133544 A1	15 May 2014	CN 101965719 B	11 June 2014
		US 8885699 B2	11 November 2014
		US 8724688 B1	13 May 2014
US 2014056345 A1	27 February 2014	US 2014056344 A1	27 February 2014
		US 8824540 B2	02 September 2014
		US 8842722 B2	23 September 2014
JP 2014023160 A	03 February 2014	US 9106461 B2	11 August 2015
		US 2014024327 A1	23 January 2014

A. 主题的分类		
H04L 25/03 (2006.01) i		
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		
B. 检索领域		
检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)		
H04L		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
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))		
CPRSABS; CNKI; CNTXT; VEN: 码间串扰, 码间干扰, 补偿, 平衡, ISI, compensat+, balanc+		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 1394421 A (皇家飞利浦电子有限公司) 2003年 1月 29日 (2003 - 01 - 29) 全文	1-21
A	CN 101965719 A (爱立信电话股份有限公司) 2011年 2月 2日 (2011 - 02 - 02) 全文	1-21
A	US 2014133544 A1 (PMC-SIERRA US, INC.,) 2014年 5月 15日 (2014 - 05 - 15) 全文	1-21
A	US 2014056345 A1 (IBM CORPORATION) 2014年 2月 27日 (2014 - 02 - 27) 全文	1-21
A	JP 2014023160 A (FUJITSU LTD.) 2014年 2月 3日 (2014 - 02 - 03) 全文	1-21
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “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) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “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 “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 “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 “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 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期
2015年 9月 11日		2015年 10月 10日
ISA/CN的名称和邮寄地址		授权官员
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		罗芳洁
传真号 (86-10)62019451		电话号码 (86-10)62089981

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/095111

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	1394421	A	2003年 1月 29日	DE	60102798	T2	2005年 3月 31日
				WO	0235728	A3	2002年 9月 6日
				WO	0235728	A2	2002年 5月 2日
				US	2002123318	A1	2002年 9月 5日
				AT	264583	T	2004年 4月 15日
				DE	60102798	D1	2004年 5月 19日
				EP	1254542	A2	2002年 11月 6日
				JP	2004512761	A	2004年 4月 22日
				US	7151916	B2	2006年 12月 19日
				GB	0026206	D0	2000年 12月 13日
				CN	1185838	C	2005年 1月 19日
				EP	1254542	B1	2004年 4月 14日
				KR	20020072560	A	2002年 9月 16日
CN	101965719	A	2011年 2月 2日	WO	2009113946	A2	2009年 9月 17日
				US	8345793	B2	2013年 1月 1日
				EP	2253111	A2	2010年 11月 24日
				WO	2009113946	A3	2009年 11月 5日
				US	2009225899	A1	2009年 9月 10日
				CN	101965719	B	2014年 6月 11日
US	2014133544	A1	2014年 5月 15日	US	8885699	B2	2014年 11月 11日
				US	8724688	B1	2014年 5月 13日
US	2014056345	A1	2014年 2月 27日	US	2014056344	A1	2014年 2月 27日
				US	8824540	B2	2014年 9月 2日
				US	8842722	B2	2014年 9月 23日
JP	2014023160	A	2014年 2月 3日	US	9106461	B2	2015年 8月 11日
				US	2014024327	A1	2014年 1月 23日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)