



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107078978 B

(45)授权公告日 2020.06.02

(21)申请号 201480082740.2

(22)申请日 2014.12.26

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107078978 A

(43)申请公布日 2017.08.18

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.04.18

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/CN2014/095111 2014.12.26

(87)PCT国际申请的公布数据
W02016/101255 ZH 2016.06.30

(73)专利权人 华为技术有限公司
地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72)发明人 陈微 满江伟 曾理

(74)专利代理机构 北京同达信恒知识产权代理有限公司 11291
代理人 冯艳莲

(51)Int.Cl.
H04L 25/03(2006.01)

(56)对比文件
CN 101965719 A,2011.02.02,
CN 1394421 A,2003.01.29,
US 2006245765 A1,2006.11.02,
US 5031195 A,1991.07.09,

审查员 刘叶

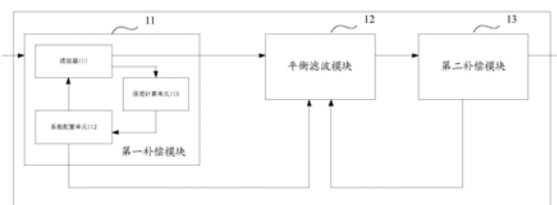
权利要求书4页 说明书12页 附图3页

(54)发明名称

一种信号补偿方法和设备

(57)摘要

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。



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;其中,所述第一滤波系数是所述第一补偿模块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相邻上一次使用的第一滤波系数进行调整得到的;

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 1 至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; f_i 为第 i 项第一滤波系数的系数权重; i 的取值范围为 1 至 L_f ; L_f 为第一滤波系数的长度; b_0 为初始化的第 0 项平衡滤波系数的基础系数权重; f_0 为第 0 项第一滤波系数的系数权重。

7. 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;其中,所述第一滤波系数是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相邻上一次使用的第一滤波系数进行调整得到的;

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。

8. 如权利要求 7 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。

9. 如权利要求 7 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。

10. 如权利要求 7 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。

11. 如权利要求 7 至 10 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。

12. 如权利要求11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:

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

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1至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; f_i 为第 i 项第一滤波系数的系数权重; i 的取值范围为1至 L_f ; L_f 为第一滤波系数的长度; b_0 为初始化的第0项平衡滤波系数的基础系数权重; f_0 为第0项第一滤波系数的系数权重。

13. 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,所述第一滤波系数是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相邻上一次使用的第一滤波系数进行调整得到的;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。

14. 如权利要求13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。

15. 如权利要求13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。

16. 如权利要求13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。

17. 如权利要求13至16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。

18.如权利要求17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:

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1至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; f_i 为第i项第一滤波系数的系数权重; i 的取值范围为1至 L_f ; L_f 为第一滤波系数的长度; b_0 为初始化的第0项平衡滤波系数的基础系数权重; f_0 为第0项第一滤波系数的系数权重。

一种信号补偿方法和设备

技术领域

[0001] 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

[0002] 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。

[0003] 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。

[0004] 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。

[0005] 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。

[0006] 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

[0007] 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。

[0008] 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:

[0009] 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;

[0010] 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;

[0011] 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。

[0012] 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。

[0013] 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。

[0014] 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:

[0015] $b_{j(\text{当前})} = b_{j(\text{相邻上一次})} + \mu * \text{sign}(e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}})$;

[0016] 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。

[0017] 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;

[0018] 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。

[0019] 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:

[0020] $b_0 = f_0; b_j = -f_j$;

[0021] 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1至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; f_i 为第i项第一滤波系数的系数权重;i的取值范围为1至 L_f ; L_f 为第一滤波系数的长度; b_0 为初始化的第0项平衡滤波系数的基础系数权重; f_0 为第0项第一滤波系数的系数权重。

[0022] 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,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。

[0023] 第二方面,提供了一种信号补偿方法,包括:

[0024] 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;

[0025] 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;

[0026] 将接收到的所述平衡补偿结果进行序列估计后输出。

[0027] 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:

[0028] 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。

[0029] 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:

[0030] 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

[0031] 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。

[0032] 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:

[0033]
$$b_{j(\text{当前})} = b_{j(\text{相邻上一次})} + \mu * \text{sign}(e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}});$$

[0034] 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。

[0035] 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:

[0036] 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

[0037] 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。

[0038] 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:

[0039] 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:

[0040] $b_0 = f_0; b_j = -f_i$;

[0041] 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 1 至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; f_i 为第 i 项第一滤波系数的系数权重; i 的取值范围为 1 至 L_f ; L_f 为第一滤波系数的长度; b_0 为初始化的第 0 项平衡滤波系数的基础系数权重; f_0 为第 0 项第一滤波系数的系数权重。

[0042] 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:

[0043] 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

[0044] 利用计算得到的误差结果对所述第一滤波系数进行调整;

[0045] 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:

[0046] 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。

[0047] 第三方面,提供了一种信号补偿设备,包括:

[0048] 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;

[0049] 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;

[0050] 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。

[0051] 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:

[0052] 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。

[0053] 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

[0054] 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。

[0055] 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:

[0056] $b_{j(\text{当前})} = b_{j(\text{相邻上一次})} + \mu * \text{sign}(e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}})$;

[0057] 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。

[0058] 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。

[0059] 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:

[0060] 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:

[0061] $b_0 = f_0; b_j = -f_j$;

[0062] 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1至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; f_i 为第i项第一滤波系数的系数权重;i的取值范围为1至 L_f ; L_f 为第一滤波系数的长度; b_0 为初始化的第0项平衡滤波系数的基础系数权重; f_0 为第0项第一滤波系数的系数权重。

[0063] 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;

[0064] 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。

[0065] 本发明实施例的有益效果:

[0066] 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

[0067] 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。

[0068] 图1为本发明提供的一种信号补偿设备的结构示意图;

[0069] 图2为本发明提供的一种信号补偿方法的流程示意图;

[0070] 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

[0071] 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。

[0072] 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。

[0073] 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:

[0074] 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;

[0075] 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;

[0076] 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。

[0077] 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。

[0078] 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。

[0079] 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。

[0080] 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。

[0081] 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。

[0082] 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。

[0083] 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。

[0084] 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 。

[0085] 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。

[0086] 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。

[0087] 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。

[0088] 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。

[0089] 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的目的。

[0090] 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。

[0091] 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得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。

[0092] 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:

[0093] $b_{j(\text{当前})} = b_{j(\text{相邻上一次})} + \mu * \text{sign}(e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}})$;

[0094] 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。

[0095] 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;

[0096] 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。

[0097] 其中,所述平衡滤波模块12,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:

[0098] $b_0 = f_0; b_j = -f_j$;

[0099] 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1至 L_b ; L_b 为

[0100] 平衡滤波系数的长度; f_i 为第i项第一滤波系数的系数权重;i的取值范围为1至 L_f ; L_f 为第一滤波系数的长度; b_0 为初始化的第0项平衡滤波系数的基础系数权重; f_0 为第0项第一滤波系数的系数权重。

[0101] 所述平衡滤波模块12,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: $B(z) = \sum_{j=0}^{L_b} b_j * z^{-j}$ 。

[0102] 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。

[0103] 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。

[0104] 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。

[0105] 步骤201:接收输入的受到ISI干扰的信号序列。

[0106] 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。

[0107] 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。

[0108] 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。

[0109] 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。

[0110] 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。

[0111] 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。

[0112] 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 。

[0113] 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:

[0114] 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;

[0115] 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。

[0116] 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。

[0117] 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。

[0118] 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:

[0119] $b_{j(\text{当前})} = b_{j(\text{相邻上一次})} + \mu * \text{sign}(e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}})$;

[0120] 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。

[0121] 也就是说,平衡滤波系数通过迭代的方式得到。

[0122] 那么,平衡滤波系数的初始值通过以下方式确定:

[0123] 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

[0124] 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。

[0125] 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:

[0126] $b_0 = f_0; b_j = -f_i;$

[0127] 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1至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; f_i 为第i项第一滤波系数的系数权重;i的取值范围为1至 L_f ; L_f 为第一滤波系数的长度; b_0 为初始化的第0项平衡滤波系数的基础系数权重; f_0 为第0项第一滤波系数的系数权重。

[0128] 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。

[0129] 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。

[0130] 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。

[0131] 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。

[0132] 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。

[0133] 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。

[0134] 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:

[0135] 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;

[0136] 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;

[0137] 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。

[0138] 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:

[0139] 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。

[0140] 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

[0141] 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。

[0142] 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:

[0143] $b_{j(\text{当前})} = b_{j(\text{相邻上一次})} + \mu * \text{sign}(e_{\text{相邻上一次的上一次}} - e_{\text{相邻上一次}})$;

[0144] 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。

[0145] 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。

[0146] 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:

[0147] 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:

[0148] $b_0 = f_0; b_j = -f_j$;

[0149] 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1至 L_b ; L_b 为平衡滤波系数的长度; f_i 为第i项第一滤波系数的系数权重;i的取值范围为1至 L_f ; L_f 为第一滤波系数的长度; b_0 为初始化的第0项平衡滤波系数的基础系数权重; f_0 为第0项第一滤波系数的系数权重。

[0150] 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;

[0151] 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。

[0152] 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。

[0153] 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。

[0154] 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。

[0155] 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。

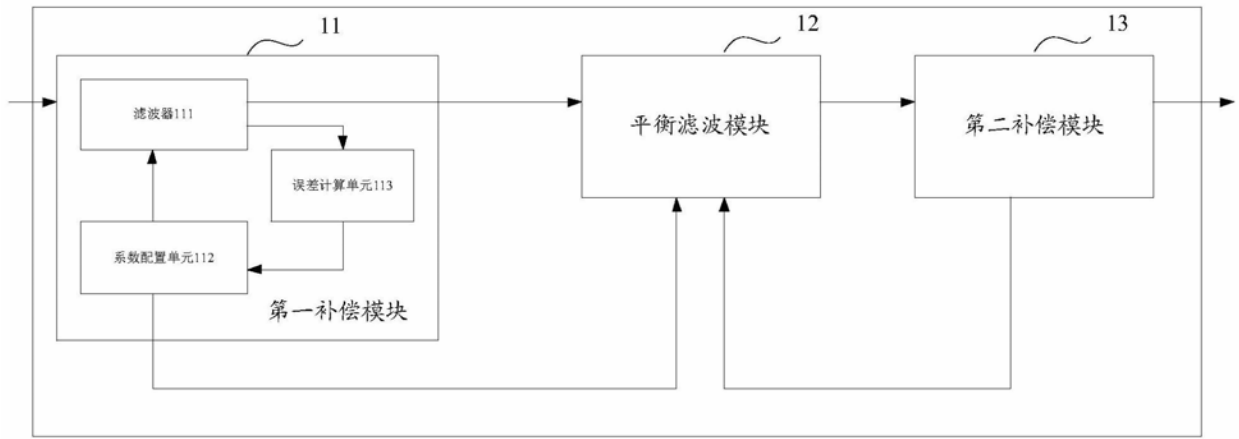


图1

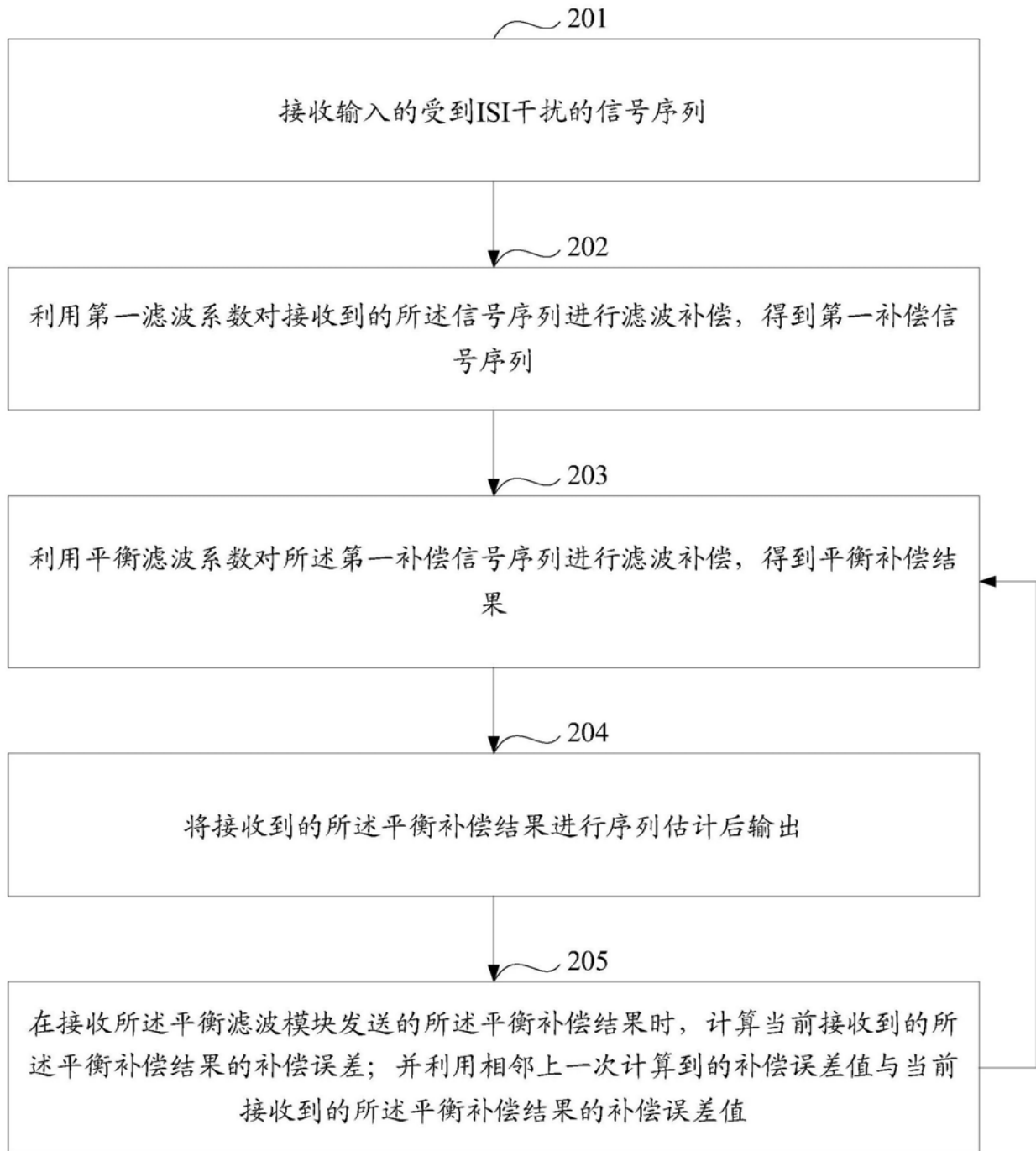


图2

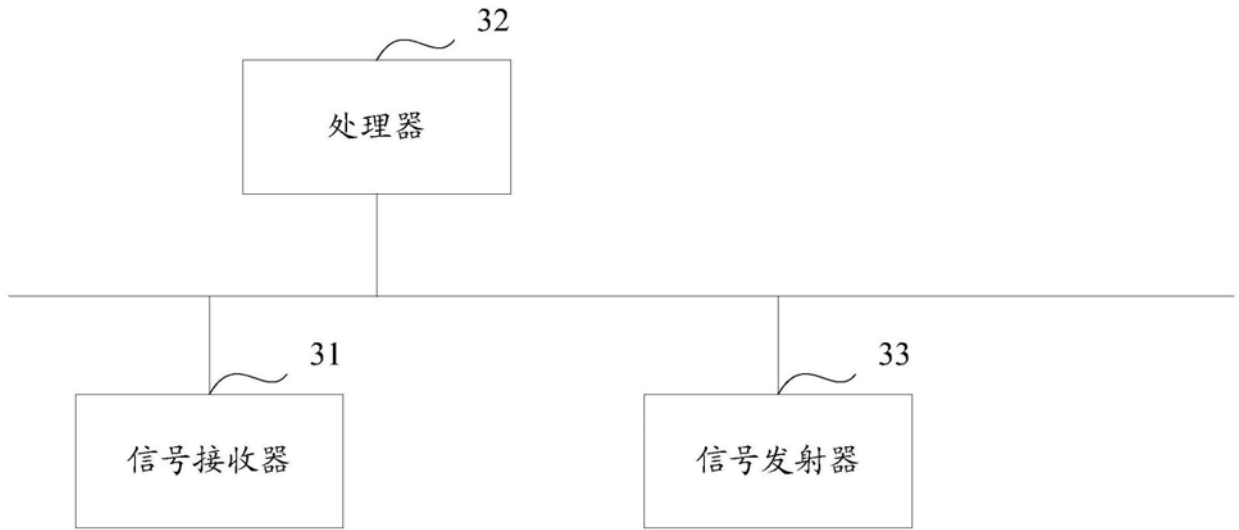


图3