

光通信接收端的信号处理方法、系统

[0001] 本申请要求于2022年10月25日提交中国专利局、申请号为202211309090.3、发明名称为“光通信接收端的信号处理方法、系统”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

[0002] 本公开涉及数据传输技术领域，特别是涉及一种光通信接收端的信号处理方法、系统。

背景技术

[0003] 随着数据中心传输速率的不断增加，脉冲幅度调制在短距离光互连和光传输系统中得到了广泛应用。然而，在实际传输系统中，光发射端、光接收端和光纤连接头都会带来反射，光信号在传输过程中经过多个反射端面会带来多径干涉效应，脉冲幅度调制信号更容易受到多径干涉效应的影响。

[0004] 为了减小MPI的影响，可以对光模块和光纤链路中连接头的回波损耗进行严格的限定，但是在已经布放的实际光纤链路中，由于连接头较多，且连接头的回波损耗难以控制在理想值以下，多径干涉效应产生的噪声会给信号传输带来很大的光功率代价。

发明内容

[0005] 基于此，有必要针对上述技术问题，提供一种能够有效滤除噪声提升信号传输质量造成的影响的光通信接收端的信号处理方法、系统。

[0006] 第一方面，本公开实施例提供了一种光通信接收端的信号处理方法。所述方法包括：

- [0007] 接收光信号，并将所述光信号转换为电信号；
- [0008] 对所述电信号进行高通滤波后得到第一处理信号；
- [0009] 采用自适应滤波器对所述第一处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号；
- [0010] 获取所述电信号与所述第一处理信号的差值，根据所述差值调整所述自适应滤

波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性。

[0011] 在其中一个实施例中，获取所述电信号与所述第一处理信号的差值，根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性，包括：

[0012] 获取所述电信号与所述第一处理信号的差值；

[0013] 根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性，得到调整后的自适应滤波器，其中，所述调整后的自适应滤波器用于对下一个第一处理信号进行滤波处理。

[0014] 在其中一个实施例中，所述根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性，包括：

[0015] 基于所述差值与自适应滤波器的参数之间的关联关系，确定与所述差值相匹配的目标参数；

[0016] 根据所述目标参数调整自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性。

[0017] 在其中一个实施例中，所述基于差值与自适应滤波器的参数之间的关联关系，确定与所述差值相匹配的目标参数，包括：

[0018] 获取第三处理信号，其中，所述第三处理信号为利用低通滤波器对所述电信号进行滤波处理得到，所述第三处理信号与接收光功率呈正相关的关联关系；

[0019] 根据所述差值和所述第三处理信号，确定与所述电信号相匹配的归一化处理信号；

[0020] 基于归一化处理信号与自适应滤波器的参数之间的关联关系，确定与所述归一化处理信号相匹配的目标参数。

[0021] 在其中一个实施例中，所述自适应滤波器包括数字自适应滤波器，所述采用自适应滤波器对所述第一处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号，包括：

[0022] 对所述第一处理信号进行模数转换处理，得到第一数字处理信号；

[0023] 采用自适应滤波器对所述第一数字处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号。

[0024] 在其中一个实施例中，所述光信号为对原始光信号进行直流平衡编码并调制后

得到。

- [0025] 在其中一个实施例中，在所述得到第二处理信号，之后还包括：
- [0026] 对所述第二处理信号进行信号恢复处理，得到恢复后的信号。
- [0027] 在其中一个实施例中，所述接收光信号，并将所述光信号转换为电信号，包括：
- [0028] 获取信号源发送的光信号；
- [0029] 对所述光信号进行光电转换，得到转换后的信号，并对所述转换后的信号进行放大处理得到电信号。
- [0030] 在其中一个实施例中，所述自适应滤波器的参数包括抽头数目，所述根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性，包括：
- [0031] 基于差值与自适应滤波器的抽头数目之间的关联关系，确定与所述差值对应的目标抽头数目；
- [0032] 根据所述目标抽头数目调整自适应滤波器的抽头数目，以改变所述自适应滤波器的滤波特性。
- [0033] 第二方面，本公开实施例还提供了一种光通信接收端的信号处理装置。所述装置包括：
- [0034] 接收模块，用于接收光信号，并将所述光信号转换为电信号；
- [0035] 第一滤波模块，用于对所述电信号进行高通滤波后得到第一处理信号；
- [0036] 第二滤波模块，用于采用自适应滤波器对所述第一处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号；
- [0037] 调整模块，用于获取所述电信号与所述第一处理信号的差值，根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性。
- [0038] 在其中一个实施例中，所述调整模块，包括：
- [0039] 获取模块，用于获取所述电信号与所述第一处理信号的差值；
- [0040] 第一调整子模块，用于根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性，得到调整后的自适应滤波器，其中，所述调整后的自适应滤波器用于对下一个第一处理信号进行滤波处理。

- [0041] 在其中一个实施例中，所述第一调整子模块，包括：
- [0042] 第一确定模块，用于基于所述差值与自适应滤波器的参数之间的关联关系，确定与所述差值相匹配的目标参数；
- [0043] 调整单元，用于根据所述目标参数调整自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性。
- [0044] 在其中一个实施例中，所述调整单元，包括：
- [0045] 获取模块，用于获取第三处理信号，其中，所述第三处理信号为利用低通滤波器对所述电信号进行滤波处理得到，所述第三处理信号与接收光功率呈正相关的关联关系；
- [0046] 第二确定模块，用于根据所述差值和所述第三处理信号，确定与所述电信号相匹配的归一化处理信号；
- [0047] 第三确定模块，用于基于归一化处理信号与自适应滤波器的参数之间的关联关系，确定与所述归一化处理信号相匹配的目标参数。
- [0048] 在其中一个实施例中，所述自适应滤波器包括数字自适应滤波器，所述第二滤波模块，包括：
- [0049] 转换模块，用于对所述第一处理信号进行模数转换处理，得到第一数字处理信号；
- [0050] 滤波子模块，用于利用所述调整后的自适应滤波器对所述第一数字处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号。
- [0051] 在其中一个实施例中，所述光信号为对原始光信号进行直流平衡编码并调制后得到。
- [0052] 在其中一个实施例中，在所述第二滤波模块，之后还包括：
- [0053] 恢复模块，用于对所述第二处理信号进行信号恢复处理，得到恢复后的信号。
- [0054] 在其中一个实施例中，所述接收模块，包括：
- [0055] 获取子模块，用于获取信号源发送的光信号；
- [0056] 放大模块，用于对所述光信号进行光电转换，得到转换后的信号，并对所述转换后的信号进行放大处理得到电信号。
- [0057] 在其中一个实施例中，所述自适应滤波器的参数包括抽头数目，所述调整模块

，包括：

- [0058] 第四确定模块，用于基于差值与自适应滤波器的抽头数目之间的关联关系，确定与所述差值对应的目标抽头数目；
- [0059] 第二调整子模块，用于根据所述目标抽头数目调整自适应滤波器的抽头数目，以改变所述自适应滤波器的滤波特性。
- [0060] 第三方面，本公开实施例还提供了一种光通信接收端的信号处理系统，所述系统包括：
- [0061] 光电探测器，用于接收光信号并将所述光信号转换为电信号；
- [0062] 高通滤波器，用于对所述电信号进行高通滤波处理后得到第一处理信号；
- [0063] 自适应滤波器，用于对所述第一处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号，其中，所述自适应滤波器的参数为根据所述光电探测器接收到的电信号与对应的第一处理信号之间的差值调整得到。
- [0064] 在其中一个实施例中，所述自适应滤波器，包括：
- [0065] 自适应滤波器，用于对所述第一处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号，其中，所述自适应滤波器的参数为根据上一个电信号与对应的第一处理信号之间的差值调整得到。
- [0066] 在其中一个实施例中，所述系统还包括：
- [0067] 模数转换器，用于对所述第一处理信号进行模数转换处理后得到第一数字处理信号；
- [0068] 所述自适应滤波器，包括：
- [0069] 数字自适应滤波器，用于对所述第一数字处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号，其中，所述自适应滤波器的参数为根据所述光电探测器接收到的电信号与对应的第一处理信号之间的差值调整得到。
- [0070] 在其中一个实施例中，所述系统还包括：
- [0071] 解码器，用于对所述第二处理信号进行解码处理，得到恢复后的信号。
- [0072] 第四方面，本公开实施例还提供了一种计算机设备。所述计算机设备包括存储器和处理器，所述存储器存储有计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现本公开实施例中任一项所述的方法的步骤。

- [0073] 第五方面，本公开实施例还提供了一种计算机可读存储介质。所述计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现本公开实施例中任一项所述的方法的步骤。
- [0074] 第六方面，本公开实施例还提供了一种计算机程序产品。所述计算机程序产品，包括计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现本公开实施例中任一项所述的方法的步骤。
- [0075] 本公开实施例，将接收到的光信号转换为电信号，获取电信号经过高通滤波器滤波后得到的第一处理信号，并根据电信号和第一处理信号之间的差值调整自适应滤波器的参数，以改变滤波器的滤波特性，得到调整后的自适应滤波器，利用自适应滤波器对第一处理信号进行处理，得到第二处理信号，实现了根据接收到的电信号对自适应滤波器的参数进行动态调整。本实施例的信号处理方法根据光探测器接收的信号的不同，对滤波器的参数进行调整，适用于更多场景，提高了噪声滤除的精度，降低了信号传输的光功率代价，保证了信号传输的质量。通过自适应滤波器进行噪声的滤除，能够根据不同信号不同场景下的不同的噪声进行实时调整，从而能够更好地抑制噪声，还可以动态地补偿由于光纤色散或者接收机带宽不足带来的码间干扰，使得接收机的误码率达到最小。接收到的电信号在经过高通滤波处理后，能够滤除部分噪声，能够使得自适应滤波器收敛的速度更快，且收敛后的误差更小；经过高通滤波后再进行自适应滤波，降低了自适应滤波器的复杂度。

附图说明

- [0076] 图1为一个实施例中光通信接收端的信号处理方法的应用环境图；
- [0077] 图2为一个实施例中光通信接收端的信号处理方法的流程示意图；
- [0078] 图3为一个实施例中光通信接收端的信号处理方法的流程示意图；
- [0079] 图4为一个实施例中光通信接收端的信号处理系统的结构示意图；
- [0080] 图5为一个实施例中信号传输的误码率曲线图；
- [0081] 图6为一个实施例中光通信接收端的信号处理装置的结构框图；
- [0082] 图7为一个实施例中计算机设备的内部结构图。

具体实施方式

- [0083] 为了使本公开实施例的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本公开实施例进行进一步详细说明。应当理解，此处描述的具体实施例仅仅用以解释本公开实施例，并不用于限定本公开实施例。
- [0084] 本公开实施例提供的光通信接收端的信号处理方法，可以应用于如图1所示的应用环境中。
- [0085] 参考图1，光信号经过光探测器后，转换为电流，经过跨阻放大器转换为电压信号并放大。放大后的信号经过高通滤波器滤除部分噪声，并经过模数转换器转换为数字信号，通过自适应滤波器进行进一步自适应滤波，对滤波后的信号进行时钟恢复、判决和解码，得到恢复后的信号，实现了信号的传输。
- [0086] 本公开实施例中，如图2所示，提供了一种光通信接收端的信号处理方法，所述方法包括以下步骤：
- [0087] 步骤S210，接收光信号，并将所述光信号转换为电信号；
- [0088] 在信号传输的过程中，光通信接收端接收光信号，并对光信号进行光电转换，得到转换后的电信号，其中，可以通过光探测器将光信号转换为电信号。本实施例所述的方法可以应用于光接收机中。
- [0089] 在其他实施例中，步骤S210中，所述光信号为对原始光信号进行直流平衡编码并调制后得到。
- [0090] 具体的，信号源对原始光信号进行直流平衡编码后得到编码后的原始光信号。其中，直流平衡编码的编码方式包括但不限于8B10B编码、MB810编码、5S/6S编码、27S/32S编码。对编码后的信号进行调制处理，得到调制后的光信号，将调制后的光信号发送至接收机，并进行光电转换处理得到电信号。
- [0091] 本实施例中通过对原始光信号进行直流平衡编码调制后发送至光通信接收端，使得发送的光信号在零频率附近的低频段能量很低，提高了高通滤波对噪声的初步滤除效果；进而使得后续转换得到的电信号和第一处理信号之间的差值能够更为准确地反映接收信号中的噪声，例如MPI噪声，提高了目标滤波频率响应的准确度，进一步提升了调整后的自适应滤波器对噪声的滤除效果。
- [0092] 在其他实施例中，步骤S210中，所述接收光信号，并将所述光信号转换为电信

号，包括：

- [0093] 获取信号源发送的光信号；
- [0094] 对所述光信号进行光电转换，得到转换后的信号，并对所述转换后的信号进行放大处理得到电信号。
- [0095] 具体的，本实施例中的光通信接收端的信号处理方法可以应用于光信号传输的应用场景中。信号源发送的信号为光信号，利用光电转换单元，对光信号进行处理得到转换后的信号，并通过放大器将转换后的信号进行放大，得到电信号。在一个示例中，利用光探测器进行光电转换，利用跨阻放大器实现对转换后信号的放大。具体的，可以利用光探测器将光信号转换为电流信号，电流信号经跨阻放大器转换为电压信号并放大。本实施例中，得到第二处理信号后，可以对第二处理信号进行信号恢复处理，其中，信号恢复处理包括将电信号转换为光信号。
- [0096] 本实施例通过对信号源发送的光信号进行光电转换并放大，实现了在光信号传输场景下的应用，能够在光纤通信等场景下，利用本实施例的方式对传输的信号进行处理，保证信号传输的质量，降低传输后信号的噪声；通过光电转换并放大，提升了后续高通滤波的效果，及滤波频率响应调节的准确性，进而保证了自适应滤波器的滤波效果，降低了处理后信号的噪声含量，实现了信号的有效传输。
- [0097] 步骤S220，对所述电信号进行高通滤波后得到第一处理信号；
- [0098] 对电信号进行高通滤波处理，得到处理后的第一处理信号，其中，通过高通滤波器实现高通滤波处理。高通滤波器对应有预设截止频率，第一处理信号包括对电信号进行高通滤波，得到的频率高于所述预设截止频率的信号，高通滤波器的预设截止频率可以根据实际应用场景进行调整，例如可以设置为20MHz。在一些可能的实现方式中，高通滤波器的种类可以包括但不限于数字高通滤波器、模拟高通滤波器，其中，模拟高通滤波器的种类可以包括但不限于阻容滤波器（RC滤波器）、4阶贝塞尔（Bessel）滤波器等，本公开对此不做限制。
- [0099] 步骤S230a，采用自适应滤波器对所述第一处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号；

- [0100] 得到第一处理信号后，将第一处理信号传输至自适应滤波器，经过自适应滤波器进行滤波处理，得到处理后的第二处理信号，其中，自适应滤波器是指根据环境的改变，使用自适应算法来改变滤波器的参数和结构的滤波器。其中，滤波处理的种类可以包括高通滤波、带通滤波等，本公开对此不做限制。自适应滤波器会根据接收到的第一处理信号对频率响应进行动态调整，不同的第一处理信号可以对应有不同的频率响应。其中，自适应滤波器调整频率响应的方法可以包括但不限于LMS（最小均方误差，least-mean square）算法或者RLS（最小二乘，recursive least square）算法，本公开对此不作限定。本实施例中，通过滤波去除的信号噪声可以包括但不限于MPI噪声。
- [0101] 在其他实施例中，步骤S230a中，所述自适应滤波器包括数字自适应滤波器，所述采用自适应滤波器对所述第一处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号，包括：
- [0102] 对所述第一处理信号进行模数转换处理，得到第一数字处理信号；
- [0103] 采用自适应滤波器对所述第一数字处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号。
- [0104] 具体地，在利用自适应滤波器进行滤波处理时，对第一处理信号进行模数转换处理，将第一处理信号从模拟信号转换为数字信号，得到第一数字处理信号。采用自适应滤波器对第一数字处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号，其中，本实施例中，自适应滤波器采用数字自适应滤波器。
- [0105] 本实施例通过数字自适应滤波器对模数转换后的第一处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号，相比于模拟自适应滤波器，通过采取数字自适应滤波器能够保证噪声滤除效果的同时降低自适应滤波器的结构复杂度，且使得本实施例的光通信接收端的信号处理方法能够适用于更多场景。
- [0106] 在其他的实施例中，步骤S230a中，在所述得到第二处理信号的步骤之后还包括：
- [0107] 对所述第二处理信号进行信号恢复处理，得到恢复后的信号。
- [0108] 具体地，得到第二处理信号，对第二处理信号进行信号恢复处理，得到恢复后的信号。在一个示例中，信号恢复处理包括时钟恢复、判决和信号解码，其中

，时钟恢复指的是从传送过来的信号中重新获得时钟分量的方法。经过时钟恢复、判决和信号解码处理后，能够恢复所传输的信号。

[0109] 本实施例在得到第二处理信号后，对第二处理信号进行恢复处理，得到恢复后的信号，实现了信号的传输，通过对高通滤波处理和自适应滤波处理后的第二处理信号进行信号恢复，能够得到已滤除噪声的信号，保证了信号传输的质量。

[0110] 步骤S230b，获取所述电信号与所述第一处理信号的差值，根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性。

[0111] 得到第一处理信号后，还会确定电信号与第一处理信号之间的差值，并根据差值对自适应滤波器的参数设置进行调整，进而改变自适应滤波器的滤波特性。由于自适应滤波器的参数与滤波特性之间存在对应关系，因此，参数调整，滤波特性也会对应改变，滤波特性会影响滤波器的滤波效果，其中，滤波特性包括滤波器的频率响应。其中，由于第一处理信号为电信号经过高通滤波处理后得到，因此可以确定电信号与第一处理信号之间的差值，差值与光通信接收端接收的光信号中的噪声之间存在正相关的关系。可以理解的是，自适应滤波器的目的为滤除噪声，由于噪声和差值之间存在对应关系，因此可以根据差值对自适应滤波器的参数进行调整。

[0112] 本公开实施例中，自适应滤波器种类可以包括数字自适应滤波器、模拟自适应滤波器，还可以包括具有期望信号输入的自适应滤波器、只具有一个输入信号的盲均衡自适应滤波器等，其中，数字自适应滤波器可以包括线性自适应滤波器，例如FIR（有限冲击响应）滤波器、IIR（无限冲击响应）滤波器，还可以包括非线性的滤波器，例如DFE（Decision-Feedback Equalizer，判决反馈均衡器），本公开对此不作限定。

[0113] 可以理解的是，步骤S230a和步骤S230b可以同时执行，也可以按照预设的先后顺序执行，例如，在自适应滤波器前加入信号延迟装置，可以实现先执行步骤S230b，再执行步骤S230a，即先进行参数的调整，调整完毕后，再利用调整后的自适应滤波器对第一处理信号进行滤波。本公开对此不做限制。在实际应用场景中，滤波处理和参数调整处理同步进行时，步骤S230a中的自适应滤波器可以

包括步骤S230b调整前的自适应滤波器，可以包括步骤S230b调整后的自适应滤波器。本公开实施例中，滤波处理和自适应滤波器的参数调整可以被设置为持续动态的过程，即，在信号传输的过程中，自适应滤波器在根据获取到的第一信号进行参数调整的同时，进行滤波处理，直至信号传输结束。

- [0114] 在其他实施例中，步骤S230b中，获取所述电信号与所述第一处理信号的差值，根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性，包括：
- [0115] 获取所述电信号与所述第一处理信号的差值；
- [0116] 根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性，得到调整后的自适应滤波器，其中，所述调整后的自适应滤波器用于对下一个第一处理信号进行滤波处理。
- [0117] 具体的，调整自适应滤波器的参数设置时，确定电信号与第一处理信号之间的差值，根据所述差值调整自适应滤波器的参数设置。其中，自适应滤波器的参数设置与滤波特性之间存在关联关系，因此，自适应滤波器的参数改变，自适应滤波器的滤波特性也对应改变。调整参数后得到调整后的自适应滤波器，利用调整后的自适应滤波器对下一个第一处理信号进行滤波处理，其中，下一个第一处理信号可以包括接收到的下一个光信号对应的第一处理信号，还可以包括高通滤波器在当前第一处理信号之后输出的后续的处理信号。可以理解的是，本实施例中，信号传输的过程是连续的，自适应滤波器的参数调整为动态调整，是一个连续的过程，自适应滤波器的滤波处理也是一个连续的过程，且信号传输的速度大于自适应滤波器的调整速度，所以自适应滤波器的参数调整后，用于对之后的第一处理信号进行滤波处理。由于信号之间存在连续性，所以，在对自适应滤波器的参数动态调整的同时进行滤波处理，能够在保证滤波效率的同时达到较好的滤波效果。
- [0118] 在其他实施例中，如图3所示，步骤S230b中，所述根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性，包括：
- [0119] 步骤S232，基于所述差值与自适应滤波器的参数之间的关联关系，确定与所述差值相匹配的目标参数；

- [0120] 步骤S233, 根据所述目标参数调整自适应滤波器的参数设置, 以改变所述自适应滤波器的滤波特性。
- [0121] 具体的, 自适应滤波器的作用为滤除噪声, 差值与噪声之间存在关联关系, 因此, 可以确定差值与自适应滤波器的参数之间的关联关系。根据差值与自适应滤波器的参数之间的关联关系, 能够确定得到所述差值对应的目标参数。根据目标参数调整自适应滤波器, 可以理解的是, 本实施例中, 调整后的自适应滤波器的滤波特性使得自适应滤波器能够对对应的电信号中的噪声有较好的滤除效果。通常情况下, 不同的差值对应有不同的自适应滤波器的参数, 差值与自适应滤波器的参数之间的关联关系可以为事先根据实际应用场景确定得到。其中, 滤波器的参数包括能够对滤波器的滤波效果造成影响的滤波参数, 不同的滤波参数对应的自适应滤波器的滤波效果通常也不同, 滤波器的参数可以包括但不限于抽头数目、抽头系数、步长因子等参数。在一些可能的实现方式中, 滤波器的参数被设置为抽头数目, 滤波器的参数与差值之间的关联关系可以包括正相关关系, 即差值越大, 抽头数目越多, 其中, 差值为电信号与第一处理信号之间的差值。设置差值与噪声之间的关联关系时, 差值为电信号与第一处理信号之间的差值, 可以根据实际应用场景及差值与噪声的关系设置一个预设系数, 确定差值后, 根据差值与预设系数直接得到目标参数, 例如, 滤波器参数为抽头数目, 则可以根据高通滤波器的阶数和截止频率确定得到预设系数。
- [0122] 本实施例通过获取电信号与第一处理信号的差值, 并根据差值与滤波器参数的关联关系确定目标参数, 调整自适应滤波器的参数为目标参数, 使得调整后的自适应滤波器的滤波特性满足需求, 实现了根据电信号的改变, 对自适应滤波器的滤波特性的调整, 使得调整后的自适应滤波器能够有效滤除电信号中的噪声, 且灵活性高, 能够适用于多种场景, 根据差值与参数之间的关系确定目标参数, 调节方式简单精确, 进一步保证了噪声滤除的有效性。
- [0123] 在其他实施例中, 步骤S232中, 所述基于所述差值与自适应滤波器的参数之间的关联关系, 确定与所述差值相匹配的目标参数, 包括:
- [0124] 获取第三处理信号, 其中, 所述第三处理信号为利用低通滤波器对所述电信号进行滤波处理得到, 所述第三处理信号与接收光功率呈正相关的关联关系;

- [0125] 根据所述差值和所述第三处理信号，确定与所述电信号相匹配的归一化处理信号；
- [0126] 基于归一化处理信号与自适应滤波器的参数之间的关联关系，确定与所述归一化处理信号相匹配的目标参数。
- [0127] 具体地，在确定目标参数时，利用高通滤波器对电信号进行高通滤波处理得到第一处理信号，确定电信号和第一处理信号之间的差值。其中，可以认为所述差值与电信号中的噪声之间存在正相关的关系。利用低通滤波器对电信号进行低通滤波处理，得到第三处理信号，第三处理信号与接收光功率存在正相关的关联关系，其中，可以根据第三处理信号确定得到接收光功率。根据所述差值和第三处理信号确定归一化处理信号，其中，归一化处理信号与电信号的噪声之间存在关联关系。在其他可能的实现方式中，可以根据差值与第三处理信号的比值确定得到归一化处理信号。在其他可能的实现方式中，可以根据差值与噪声的关联关系设置第一系数，根据第三处理信号与接收光功率的关联关系确定第二系数，利用差值与第一系数确定噪声信号，利用第三处理信号和第二系数确定接收光信号，利用噪声信号与接收光信号之间的比值确定得到归一化处理信号。可以理解的是，确定差值和第三处理信号后，还可以利用其他可能的实现方式得到归一化处理信号，本公开对此不做限制。其中，归一化处理信号可以包括但不限于归一化的噪声功率、与噪声功率之间存在对应关系的信号等。根据归一化处理信号与自适应滤波器的参数之间的关联关系，确定得到与归一化处理信号相匹配的目标参数。在其他可能的实现方式中，可以直接根据实际应用场景确定得到归一化处理信号与滤波器的参数之间的关联关系，并在确定得到归一化处理信号后，根据预设的关联关系确定对应的目标滤波参数。
- [0128] 本实施例通过低通滤波器得到第三处理信号，并结合电信号和第一处理信号之间的差值确定归一化处理信号，进而根据归一化处理信号确定自适应滤波器的参数，由于归一化处理信号与噪声之间的关联关系更为准确，通过归一化处理信号能够更好地确定噪声在传输的信号中的占比，基于归一化处理信号确定目标参数，能够使得调整后的自适应滤波器对噪声的滤除效果更好，进一步降低了光功率代价，适用于更多场景，保证了信号传输的质量。

- [0129] 在其他实施例中，步骤S230b中，所述自适应滤波器的参数包括抽头数目，所述根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性，包括：
- [0130] 基于差值与自适应滤波器的抽头数目之间的关联关系，确定与所述差值对应的目标抽头数目；
- [0131] 根据所述目标抽头数目调整自适应滤波器的抽头数目，以改变所述自适应滤波器的滤波特性。
- [0132] 具体地，自适应滤波器的参数包括抽头数目，在对自适应滤波器进行参数设置时，包括对滤波器的抽头数目进行调整。根据差值与抽头数目之间的关联关系，确定与获取到的差值相对应的目标抽头数目。其中，电信号和第一处理信号的差值与噪声之间存在关联关系，抽头数目与自适应滤波器的噪声滤除效果之间存在关联关系，因此可以根据上述关联关系建立差值与抽头数目之间的对应关系，不同的差值通常对应不同的抽头数目。根据目标抽头数目对自适应滤波器进行调整，得到调整后的自适应滤波器，其中，调整后的自适应滤波器的频率特性与电信号之间存在对应关系。可以理解的是，自适应滤波器的频率特性包括滤波器的频率响应。
- [0133] 本实施例通过电信号与第一处理信号之间的差值调整自适应滤波器的抽头数目，使得调整后的自适应滤波器的频率特性满足需求的同时，保证自适应滤波器的抽头数目的合理性，避免了因抽头数目过大造成的资源浪费问题或抽头数目过小造成的滤波器性能较差的问题。
- [0134] 在其他实施例中，也可以直接根据差值的大小调整自适应滤波器的参数设置，直至调整后的滤波特性满足预设条件，其中，预设条件可以为根据实际应用场景设置得到。
- [0135] 本公开实施例，将接收到的光信号转换为电信号，获取电信号经过高通滤波器滤波后得到的第一处理信号，并根据电信号和第一处理信号之间的差值调整自适应滤波器的参数，以改变滤波器的滤波特性，得到调整后的自适应滤波器，利用自适应滤波器对第一处理信号进行处理，得到第二处理信号，实现了根据接收到的电信号对自适应滤波器的参数进行动态调整。本实施例的信号处理方

法根据光探测器接收的信号的不同，对滤波器的参数进行调整，适用于更多场景，提高了噪声滤除的精度，降低了信号传输的光功率代价，保证了信号传输的质量。通过自适应滤波器进行噪声的滤除，能够根据不同信号不同场景下的不同的噪声进行实时调整，从而能够更好地抑制噪声，还可以动态地补偿由于光纤色散或者接收机带宽不足带来的码间干扰，使得接收机的误码率达到最小。接收到的电信号在经过高通滤波处理后，能够滤除部分噪声，能够使得自适应滤波器收敛的速度更快，且收敛后的误差更小；经过高通滤波后再进行自适应滤波，降低了自适应滤波器的复杂度。

[0136] 图4为根据一示例性实施例示出的一种信号的处理系统的结构图，参考图4所示，光信号通过光探测器转为电流信号，并通过跨阻放大器转为电压信号并放大。放大后的信号经过模拟高通滤波器进行滤波后，发送至模数转换器转换为数字信号，并通过自适应滤波器进行滤波，得到滤波后的信号。对滤波后的信号进行时钟恢复、判决和解码得到恢复后的二进制码流，实现了信号的传输。其中，自适应滤波器对应有滤波参数，包括抽头数目和抽头系数，抽头数目选取过大，会浪费数字芯片的逻辑资源，导致成本和功耗上升，而抽头数目选取过小，则会导致自适应滤波器性能下降。本实施例中，在信号的处理过程中，对自适应滤波器的抽头数目和抽头系数进行动态调整。在一个示例中，抽头系数可以通过对历史数据进行训练或通过盲均衡进行调整，本公开对此不做限定。本实施例中，根据信号的噪声的大小（也可以根据噪声的频谱）确定抽头数目；由于本实施例中，高通滤波器的输入和输出信号的差值可以近似地反映噪声（如MPI噪声）的大小，因此，可以根据该差值及预设系数确定自适应滤波器的抽头数目。其中，预设系数被设置为与接收光功率、高通滤波器参数有关，高通滤波器参数可以包括但不限于滤波器阶数、滤波器截止频率。确定接收光功率时，通过低通滤波器对放大后的信号进行低通滤波，得到的电压值正比于接收光功率，根据得到的电压值确定接收光功率；通过高通滤波器对放大后的信号进行高通滤波，并将输入信号的功率减去输出信号的功率得到功率差值，功率差值正比于噪声大小，通过功率计确定噪声功率。确定噪声功率与接收光功率的比值为归一化的噪声功率。根据归一化的噪声功率及预设值确定得到抽头

数目，其中，预设值为根据实际应用场景确定得到的一个较为合适的系数值，可以通过取整的方式确定抽头数目。

[0137] 图5为根据一示例性实施例示出的信号传输的误码率曲线图，参考图5所示，在25Gbaud/s 速率PAM4调制光传输下，不同场景对应的误码率存在差异。本实施例中，MPI噪声被设置为-23dB，可以看出，MPI噪声为-23dB对误码率影响很大，相对没有噪声的误码率差了几个数量级。通常采用的前向纠错码KP4 FEC，其纠错阈值在 2.4×10^{-4} ，图中所示的有噪声的误码率曲线则无法达到KP4 FEC的纠错阈值，即在MPI噪声为-23dB时，普通接收机即便采用KP4 FEC也无法实现无误码传输。根据图中接收机采用高通滤波器，如模拟高通滤波器，包括但不限于普通的RC滤波器，所得到的误码率曲线，可以看出，高通滤波器的带宽优化后，明显改进噪声下的误码率曲线，相比普通接收机，误码率在-12dBm接收光功率下，减小了两个数量级，但是误码率仍然较大。参考图中曲线可以看出，采用自适应滤波器后，接收机的频率响应可以根据噪声的大小和频谱动态调节，误码率相比于普通的高通滤波器较低。结合直流平衡编码后，误码率进一步降低。在直流平衡编码的基础上，采用固定的模拟滤波器结合自适应数字滤波器后，实现了更小的误码率。

[0138] 本公开实施例，通过结合直流平衡编码、高通滤波及自适应滤波，能够有效滤除噪声，降低了误码率，提升了信号传输的质量。

[0139] 应该理解的是，虽然附图的流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示，但是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明，这些步骤的执行并没有严格的顺序限制，这些步骤可以以其它的顺序执行。而且，附图中的至少一部分步骤可以包括多个步骤或者多个阶段，这些步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成，而是可以在不同的时刻执行，这些步骤或者阶段的执行顺序也不必然是依次进行，而是可以与其它步骤或者其它步骤中的步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。

[0140] 基于同样的发明构思，本公开实施例还提供了一种用于实现上述所涉及的光通信接收端的信号处理方法的信号的处理装置。该装置所提供的解决问题的实现方案与上述方法中所记载的实现方案相似，故下面所提供的的一个或多个光通信

接收端的信号处理装置实施例中的具体限定可以参见上文中对于光通信接收端的信号处理方法的限定，在此不再赘述。

[0141] 在一个实施例中，如图6所示，提供了一种光通信接收端的信号处理装置600，包括：

[0142] 接收模块610，用于接收光信号，并将所述光信号转换为电信号；

[0143] 第一滤波模块620，用于对所述电信号进行高通滤波后得到第一处理信号；

[0144] 第二滤波模块630，用于采用自适应滤波器对所述第一处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号；

[0145] 调整模块640，用于获取所述电信号与所述第一处理信号的差值，根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性。

[0146] 在一个实施例中，所述调整模块，包括：

[0147] 获取模块，用于获取所述电信号与所述第一处理信号的差值；

[0148] 第一调整子模块，用于根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性，得到调整后的自适应滤波器，其中，所述调整后的自适应滤波器用于对下一个第一处理信号进行滤波处理。

[0149] 在一个实施例中，所述第一调整子模块，包括：

[0150] 第一确定模块，用于基于所述差值与自适应滤波器的参数之间的关联关系，确定与所述差值相匹配的目标参数；

[0151] 调整单元，用于根据所述目标参数调整自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性。

[0152] 在一个实施例中，所述调整单元，包括：

[0153] 获取模块，用于获取第三处理信号，其中，所述第三处理信号为利用低通滤波器对所述电信号进行滤波处理得到，所述第三处理信号与接收光功率呈正相关的关联关系；

[0154] 第二确定模块，用于根据所述差值和所述第三处理信号，确定与所述电信号相匹配的归一化处理信号；

[0155] 第三确定模块，用于基于归一化处理信号与自适应滤波器的参数之间的关联关系，确定与所述归一化处理信号相匹配的目标参数。

- [0156] 在一个实施例中，所述自适应滤波器包括数字自适应滤波器，所述第二滤波模块，包括：
- [0157] 转换模块，用于对所述第一处理信号进行模数转换处理，得到第一数字处理信号；
- [0158] 滤波子模块，用于利用所述调整后的自适应滤波器对所述第一数字处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号。
- [0159] 在一个实施例中，所述光信号为对原始光信号进行直流平衡编码并调制后得到。
- [0160] 在一个实施例中，在所述第二滤波模块，之后还包括：
- [0161] 恢复模块，用于对所述第二处理信号进行信号恢复处理，得到恢复后的信号。
- [0162] 在一个实施例中，所述接收模块，包括：
- [0163] 获取子模块，用于获取信号源发送的光信号；
- [0164] 放大模块，用于对所述光信号进行光电转换，得到转换后的信号，并对所述转换后的信号进行放大处理得到电信号。
- [0165] 在一个实施例中，所述自适应滤波器的参数包括抽头数目，所述调整模块，包括：
- [0166] 第四确定模块，用于基于差值与自适应滤波器的抽头数目之间的关联关系，确定与所述差值对应的目标抽头数目；
- [0167] 第二调整子模块，用于根据所述目标抽头数目调整自适应滤波器的抽头数目，以改变所述自适应滤波器的滤波特性。
- [0168] 上述光通信接收端的信号处理装置中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于计算机设备中的处理器中，也可以以软件形式存储于计算机设备中的存储器中，以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。
- [0169] 在一个实施例中，提供了一种光通信接收端的信号处理系统，所述系统包括：
- [0170] 光电探测器，用于接收光信号并将所述光信号转换为电信号；
- [0171] 高通滤波器，用于对所述电信号进行高通滤波处理后得到第一处理信号；
- [0172] 自适应滤波器，用于对所述第一处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号，

其中，所述自适应滤波器的参数为根据所述光电探测器接收到的电信号与对应的第一处理信号之间的差值调整得到。

[0173] 在其中一个实施例中，所述自适应滤波器，包括：

[0174] 自适应滤波器，用于对所述第一处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号，其中，所述自适应滤波器的参数为根据上一个电信号与对应的第一处理信号之间的差值调整得到。

[0175] 在其中一个实施例中，所述系统还包括：

[0176] 模数转换器，用于对所述第一处理信号进行模数转换处理后得到第一数字处理信号；

[0177] 所述自适应滤波器，包括：

[0178] 数字自适应滤波器，用于对所述第一数字处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号，其中，所述自适应滤波器的参数为根据所述光电探测器接收到的电信号与对应的第一处理信号之间的差值调整得到。

[0179] 在其中一个实施例中，所述系统还包括：

[0180] 解码器，用于对所述第二处理信号进行解码处理，得到恢复后的信号。

[0181] 在一个实施例中，提供了一种计算机设备，该计算机设备可以是服务器，其内部结构图可以如图7所示。该计算机设备包括通过系统总线连接的处理器、存储器和网络接口。其中，该计算机设备的处理器用于提供计算和控制能力。该计算机设备的存储器包括非易失性存储介质、内存储器。该非易失性存储介质存储有操作系统、计算机程序和数据库。该内存储器为非易失性存储介质中的操作系统和计算机程序的运行提供环境。该计算机设备的数据库用于存储光信号、电信号、第一处理信号、第二处理信号等数据。该计算机设备的网络接口用于与外部的终端通过网络连接通信。该计算机程序被处理器执行时以实现一种光通信接收端的信号处理方法。

[0182] 本领域技术人员可以理解，图7中示出的结构，仅仅是与本公开实施例方案相关的部分结构的框图，并不构成对本公开实施例方案所应用于其上的计算机设备的限定，具体的计算机设备可以包括比图中所示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者具有不同的部件布置。

- [0183] 在一个实施例中，还提供了一种计算机设备，包括存储器和处理器，存储器中存储有计算机程序，该处理器执行计算机程序时实现上述各方法实施例中的步骤。
- [0184] 在一个实施例中，提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现上述各方法实施例中的步骤。
- [0185] 在一个实施例中，提供了一种计算机程序产品，包括计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现上述各方法实施例中的步骤。
- [0186] 需要说明的是，本公开实施例所涉及的用户信息（包括但不限于用户设备信息、用户个人信息等）和数据（包括但不限于用于分析的数据、存储的数据、展示的数据等），均为经用户授权或者经过各方充分授权的信息和数据。
- [0187] 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流程，是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读存储介质中，该计算机程序在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。其中，本公开实施例所提供的各实施例中所使用的对存储器、数据库或其它介质的任何引用，均可包括非易失性和易失性存储器中的至少一种。非易失性存储器可包括只读存储器（Read-Only Memory, ROM）、磁带、软盘、闪存、光存储器、高密度嵌入式非易失性存储器、阻变存储器（ReRAM）、磁变存储器（Magnetoresistive Random Access Memory, MRAM）、铁电存储器（Ferroelectric Random Access Memory, FRAM）、相变存储器（Phase Change Memory, PCM）、石墨烯存储器等。易失性存储器可包括随机存取存储器（Random Access Memory, RAM）或外部高速缓冲存储器等。作为说明而非局限，RAM可以是多种形式，比如静态随机存取存储器（Static Random Access Memory, SRAM）或动态随机存取存储器（Dynamic Random Access Memory, DRAM）等。本公开实施例所提供的各实施例中所涉及的数据库可包括关系型数据库和非关系型数据库中至少一种。非关系型数据库可包括基于区块链的分布式数据库等，不限于此。本公开实施例所提供的各实施例中所涉及的处理器可为通用处理器、中央处理器、图形处理器、数字信号处理器、可编程逻辑器、基于量子计算的数据处理逻辑器等，不限于此。

[0188] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

[0189] 以上所述实施例仅表达了本公开实施例的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对本公开实施例专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本公开实施例构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本公开实施例的保护范围。因此，本公开实施例的保护范围应以所附权利要求为准。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种光通信接收端的信号处理方法，其特征在于，所述方法包括：
接收光信号，并将所述光信号转换为电信号；
对所述电信号进行高通滤波后得到第一处理信号；
采用自适应滤波器对所述第一处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号；
获取所述电信号与所述第一处理信号的差值，根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，获取所述电信号与所述第一处理信号的差值，根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性，包括：
获取所述电信号与所述第一处理信号的差值；
根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性，得到调整后的自适应滤波器，其中，所述调整后的自适应滤波器用于对下一个第一处理信号进行滤波处理。
- [权利要求 3] 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性，包括：
基于所述差值与自适应滤波器的参数之间的关联关系，确定与所述差值相匹配的目标参数；
根据所述目标参数调整自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性。
- [权利要求 4] 根据权利要求3所述的方法，其特征在于，所述基于差值与自适应滤波器的参数之间的关联关系，确定与所述差值相匹配的目标参数，包括：
获取第三处理信号，其中，所述第三处理信号为利用低通滤波器对所述电信号进行滤波处理得到，所述第三处理信号与接收光功率呈正相关的关联关系；

根据所述差值和所述第三处理信号，确定与所述电信号相匹配的归一化处理信号；

基于归一化处理信号与自适应滤波器的参数之间的关联关系，确定与所述归一化处理信号相匹配的目标参数。

[权利要求 5] 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述自适应滤波器包括数字自适应滤波器，所述采用自适应滤波器对所述第一处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号，包括：

对所述第一处理信号进行模数转换处理，得到第一数字处理信号；
采用自适应滤波器对所述第一数字处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号。

[权利要求 6] 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述光信号为对原始光信号进行直流平衡编码并调制后得到。

[权利要求 7] 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，在所述得到第二处理信号，之后还包括：
对所述第二处理信号进行信号恢复处理，得到恢复后的信号。

[权利要求 8] 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述接收光信号，并将所述光信号转换为电信号，包括：
获取信号源发送的光信号；
对所述光信号进行光电转换，得到转换后的信号，并对所述转换后的信号进行放大处理得到电信号。

[权利要求 9] 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述自适应滤波器的参数包括抽头数目，所述根据所述差值调整所述自适应滤波器的参数设置，以改变所述自适应滤波器的滤波特性，包括：
基于差值与自适应滤波器的抽头数目之间的关联关系，确定与所述差值对应的目标抽头数目；
根据所述目标抽头数目调整自适应滤波器的抽头数目，以改变所述自适应滤波器的滤波特性。

[权利要求 10] 一种光通信接收端的信号处理系统，其特征在于，所述系统包括：

光电探测器，用于接收光信号并将所述光信号转换为电信号；
高通滤波器，用于对所述电信号进行高通滤波处理后得到第一处理信号；
自适应滤波器，用于对所述第一处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号，其中，所述自适应滤波器的参数为根据所述光电探测器接收到的电信号与对应的第一处理信号之间的差值调整得到。

[权利要求 11] 根据权利要求10所述的系统，其特征在于，所述自适应滤波器，包括：

自适应滤波器，用于对所述第一处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号，其中，所述自适应滤波器的参数为根据上一个电信号与对应的第一处理信号之间的差值调整得到。

[权利要求 12] 根据权利要求10所述的系统，其特征在于，所述系统还包括：
模数转换器，用于对所述第一处理信号进行模数转换处理后得到第一数字处理信号；

所述自适应滤波器，包括：

数字自适应滤波器，用于对所述第一数字处理信号进行滤波处理，得到第二处理信号，其中，所述自适应滤波器的参数为根据所述光电探测器接收到的电信号与对应的第一处理信号之间的差值调整得到。