



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111131122 A

(43)申请公布日 2020.05.08

(21)申请号 201911411400.0

(22)申请日 2019.12.31

(71)申请人 武汉邮电科学研究院有限公司
地址 430000 湖北省武汉市洪山区邮科院路88号

(72)发明人 贺志学 李响 罗鸣 李海波
戴潇潇 余少华

(74)专利代理机构 武汉智权专利代理事务所
(特殊普通合伙) 42225
代理人 陈文净

(51) Int. Cl.
H04L 27/26(2006.01)
H04B 10/516(2013.01)
H04B 10/50(2013.01)

权利要求书2页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

基于DMT调制和拍频检测的光传输系统均衡方法及装置

(57)摘要

本发明公开了一种基于DMT调制和拍频检测的光传输系统均衡方法及装置,涉及光纤传输技术领域,本发明对拍频接收后的DMT信号进行信道均衡,不同于传统的数字信号处理方式,对激光器的相位噪声采用频域的方式进行补偿,并将DMT信号的虚部去掉,从而可以实现噪声的降低。然后针对只有实部的DMT信号,采用传统的数字信号处理方式进行信号恢复,并最终得到恢复出的信号。本方案的主要优点在于去掉了DMT信号的虚部,降低了DMT信号的噪声,使得DMT信号在拍频检测的情况下,性能得到了大幅度提升。



1. 一种基于DMT调制和拍频检测的光传输系统均衡方法,其特征在于,包括以下步骤:
对拍频接收后的DMT信号进行调制补偿处理,对处理后的信号进行下采样;
对下采样后的信号进行相位预补偿;
将相位预补偿后的DMT信号的虚部去掉,仅保留DMT信号的实部;
对DMT信号的实部进行信号恢复,得到恢复出的信号。
2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,对下采样后的信号进行相位预补偿,具体包括以下步骤:
对下采样后的信号作低通滤波,滤出信号的低频部分;
对低频部分信号作归一化和取倒数处理后,与下采样后的信号相乘,得到相位预补偿后的信号。
3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,对DMT信号的实部进行信号恢复,得到恢复出的信号,具体包括以下步骤:
对DMT信号的实部作FFT、频域信道补偿以及相位补偿;
对恢复出的信号作判决和解码操作。
4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,对拍频接收后的DMT信号进行调制补偿处理,具体包括以下步骤:
对拍频接收后的DMT信号进行单边带滤波、时钟同步和频偏补偿、色散补偿处理。
5. 一种基于DMT调制和拍频检测的光传输系统均衡装置,其特征在于,包括:
采样处理模块,其用于:对拍频接收后的DMT信号进行调制补偿处理,对处理后的信号进行下采样;
相位预补偿模块,其用于:对下采样后的信号进行相位预补偿;
实部提取模块,其用于:将相位预补偿后的DMT信号的虚部去掉,仅保留DMT信号的实部;
信号恢复模块,其用于:对DMT信号的实部进行信号恢复,得到恢复出的信号。
6. 如权利要求5所述的装置,其特征在于,所述相位预补偿模块具体用于:
对下采样后的信号作低通滤波,滤出信号的低频部分;
对低频部分信号作归一化和取倒数处理后,与下采样后的信号相乘,得到相位预补偿后的信号。
7. 如权利要求6所述的装置,其特征在于,相位预补偿模块包括依次连接的低通滤波器、归一化单元和取倒数单元。
8. 如权利要求7所述的装置,其特征在于,所述低通滤波器的带宽为拍频检测的光传输系统中激光器线宽的两倍。
9. 如权利要求5所述的装置,其特征在于,所述实部提取模块具体包括:
FFT单元,其用于:对DMT信号的实部进行FFT操作;
频域信道补偿单元,其用于:对FFT操作后的信号进行频域信道补偿;
相位补偿单元,其用于:对频域信道补偿后的信号进行相位补偿;
判决解码单元,其用于:对恢复出的信号作判决和解码操作。
10. 如权利要求5所述的装置,其特征在于,所述采样处理模块具体包括:
单边带滤波单元,其用于:对拍频接收后的DMT信号进行单边带滤波;

时钟同步和频偏补偿单元,其用于:对单边带滤波处理后的信号进行时钟同步和频偏补偿;

色散补偿处理单元,其用于:对时钟同步和频偏补偿进行色散补偿;

下采样单元,其用于:对色散补偿处理后的信号进行下采样。

基于DMT调制和拍频检测的光传输系统均衡方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤传输技术领域,具体涉及一种基于DMT调制和拍频检测的光传输系统均衡方法及装置。

背景技术

[0002] 离散多音(Discrete Multi-Tone,DMT)调制技术作为传统正交频分复用(Orthogonal Frequency Domain Multiplexing,OFDM)调制技术的一种变形方式,因为其灵活的子载波分配技术,广泛应用于短距离光纤传输系统中。然而基于DMT调制格式的光纤传输系统,会受到光纤色散带来的影响,因此传输距离限制在80公里以内。为了延长传输距离,使得DMT光调制技术适用于城域网传输,需采用光拍频检测的方式,利用拍频检测的方法得到信号的光场,从而可以克服光纤色散带来的影响。

[0003] 然而,针对光DMT信号而言,其性能会受到拍频过程中激光器相位噪声的影响。与此同时,接收的DMT信号是复数信号,其虚部会叠加有噪声。图1为传统的DMT信号数字信号处理恢复流程图。接收到的数字信号首先经过单边带滤波,然后对复数信号进行色散补偿。在下采样到1倍采样速率,对下采样后信号作时钟同步和频偏估计的操作。接下来再对信号作FFT和频域信道补偿以及相位补偿。最后对恢复出的信号作判决和解码操作。因此,传统的DMT信号数字信号处理方式会增加DMT信号的噪声,严重影响光DMT信号的传输性能。

发明内容

[0004] 针对现有技术中存在的缺陷,本发明的目的在于提供一种基于DMT调制和拍频检测的光传输系统均衡方法及装置,降低了DMT信号的噪声,提升恢复出的电信噪比。

[0005] 为达到以上目的,本发明采取的技术方案是:一种基于DMT调制和拍频检测的光传输系统均衡方法,包括以下步骤:

[0006] 对拍频接收后的DMT信号进行调制补偿处理,对处理后的信号进行下采样;

[0007] 对下采样后的信号进行相位预补偿;

[0008] 将相位预补偿后的DMT信号的虚部去掉,仅保留DMT信号的实部;

[0009] 对DMT信号的实部进行信号恢复,得到恢复出的信号。

[0010] 在上述技术方案的基础上,对下采样后的信号进行相位预补偿,具体包括以下步骤:

[0011] 对下采样后的信号作低通滤波,滤出信号的低频部分;

[0012] 对低频部分信号作归一化和取倒数处理后,与下采样后的信号相乘,得到相位预补偿后的信号。

[0013] 在上述技术方案的基础上,对DMT信号的实部进行信号恢复,得到恢复出的信号,具体包括以下步骤:

[0014] 对DMT信号的实部作FFT、频域信道补偿以及相位补偿;

[0015] 对恢复出的信号作判决和解码操作。

[0016] 在上述技术方案的基础上,对拍频接收后的DMT信号进行调制补偿处理,具体包括以下步骤:

[0017] 对拍频接收后的DMT信号进行单边带滤波、时钟同步和频偏补偿、色散补偿处理。

[0018] 本发明还提供一种基于DMT调制和拍频检测的光传输系统均衡装置,包括:

[0019] 采样处理模块,其用于:对拍频接收后的DMT信号进行调制补偿处理,对处理后的信号进行下采样;

[0020] 相位预补偿模块,其用于:对下采样后的信号进行相位预补偿;

[0021] 实部提取模块,其用于:将相位预补偿后的DMT信号的虚部去掉,仅保留DMT信号的实部;

[0022] 信号恢复模块,其用于:对DMT信号的实部进行信号恢复,得到恢复出的信号。

[0023] 在上述技术方案的基础上,所述相位预补偿模块具体用于:

[0024] 对下采样后的信号作低通滤波,滤出信号的低频部分;

[0025] 对低频部分信号作归一化和取倒数处理后,与下采样后的信号相乘,得到相位预补偿后的信号。

[0026] 在上述技术方案的基础上,相位预补偿模块包括依次连接的低通滤波器、归一化单元和取倒数单元。

[0027] 在上述技术方案的基础上,所述低通滤波器的带宽为拍频检测的光传输系统中激光器线宽的两倍。

[0028] 在上述技术方案的基础上,所述实部提取模块具体包括:

[0029] FFT单元,其用于:对DMT信号的实部进行FFT操作;

[0030] 频域信道补偿单元,其用于:对FFT操作后的信号进行频域信道补偿;

[0031] 相位补偿单元,其用于:对频域信道补偿后的信号进行相位补偿;

[0032] 判决解码单元,其用于:对恢复出的信号作判决和解码操作。

[0033] 在上述技术方案的基础上,所述采样处理模块具体包括:

[0034] 单边带滤波单元,其用于:对拍频接收后的DMT信号进行单边带滤波;

[0035] 时钟同步和频偏补偿单元,其用于:对单边带滤波处理后的信号进行时钟同步和频偏补偿;

[0036] 色散补偿处理单元,其用于:对时钟同步和频偏补偿进行色散补偿;

[0037] 下采样单元,其用于:对色散补偿处理后的信号进行下采样。

[0038] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0039] 本发明对拍频接收后的DMT信号进行信道均衡,不同于传统的数字信号处理方式,对激光器的相位噪声采用频域的方式进行补偿,并将DMT信号的虚部去掉,从而可以实现噪声的降低。然后针对只有实部的DMT信号,采用传统的数字信号处理方式进行信号恢复,并最终得到恢复出的信号。本方案的主要优点在于去掉了DMT信号的虚部,降低了DMT信号的噪声,使得DMT信号在拍频检测的情况下,性能得到了大幅度提升。

附图说明

[0040] 图1为背景技术的传统的DMT信号数字信号处理恢复流程图;

[0041] 图2为本发明实施例的拍频检测DMT信号的光纤传输系统示意图;

[0042] 图3为本发明实施例的提出的DMT信号数字信号处理恢复流程图；

[0043] 图4为本发明实施例的使用的相位预补偿的算法流程图；

[0044] 图5为采用本发明实施例的方法处理后的DMT信号的性能与采用传统方案处理后的DMT信号性能的比较。

具体实施方式

[0045] 以下结合附图对本发明的实施例作进一步详细说明。

[0046] 本发明实施例所提出的方案可应用于任何基于拍频接收方式的光DMT信号。以下结合附图,对基于单个光电探测器的拍频接收光DMT信号传输系统为例,采用本发明的实施方式作进一步详细说明。

[0047] 图2为本发明实施例所述的拍频接收光DMT信号的光纤传输系统示意图。该传输系统的发射端有两路激光器,两个激光器之间的频率差不小于电DMT信号的带宽。其中一路激光器发射出来的光经过马赫曾德尔调制器,将电DMT信号转换为光DMT信号。然后光DMT信号与另一路载波信号耦合在一起。耦合后的光信号经过掺铒光纤放大器(Erbium-doped optical fiber amplifier,EDFA)后,进入到光纤链路中。经过光纤链路传输后,光信号再经过EDFA放大后,直接进入光电探测器将光信号转换为电信号。然后模拟电信号经过模数转换后,对数字信号进行处理从而最终恢复出信号。

[0048] 参见图3所示,本发明实施例提供一种基于DMT调制和拍频检测的光传输系统均衡方法,包括以下步骤:

[0049] 对拍频接收后的DMT信号进行调制补偿处理,对处理后的信号进行下采样;

[0050] 对下采样后的信号进行相位预补偿;

[0051] 将相位预补偿后的DMT信号的虚部去掉,仅保留DMT信号的实部;

[0052] 对DMT信号的实部进行信号恢复,得到恢复出的信号。

[0053] 参见图4所示,作为优选的实施方式,对下采样后的信号进行相位预补偿,具体包括以下步骤:

[0054] 对下采样后的信号作低通滤波,滤出信号的低频部分;低通滤波器的带宽等于激光器线宽的两倍。

[0055] 对低频部分信号作归一化和取倒数处理后,与下采样后的信号相乘,得到相位预补偿后的信号。

[0056] 作为优选的实施方式,对DMT信号的实部进行信号恢复,得到恢复出的信号,具体包括以下步骤:

[0057] 对DMT信号的实部作FFT、频域信道补偿以及相位补偿;

[0058] 对恢复出的信号作判决和解码操作。

[0059] 作为优选的实施方式,对拍频接收后的DMT信号进行调制补偿处理,具体包括以下步骤:

[0060] 对拍频接收后的DMT信号进行单边带滤波、时钟同步和频偏补偿、色散补偿处理。

[0061] 图5为DMT信号采用本发明实施例所提出的方法后的性能与传统方案的性能比较。其中DMT信号采用QPSK的调制格式,其中传输速率为100Gb/s。在实验测试中,激光器的线宽为1MHz,传输距离为100公里。通过计算接收信号的电信噪比可以发现,本发明提出的信道

均衡方法相比于传统的方法,理论上可以将恢复出的电信噪比(SNR)提升3dB,与理论值有很好的吻合。

[0062] 本发明实施例还提供一种基于DMT调制和拍频检测的光传输系统均衡装置,包括:

[0063] 采样处理模块,其用于:对拍频接收后的DMT信号进行调制补偿处理,对处理后的信号进行下采样;

[0064] 相位预补偿模块,其用于:对下采样后的信号进行相位预补偿;

[0065] 实部提取模块,其用于:将相位预补偿后的DMT信号的虚部去掉,仅保留DMT信号的实部;

[0066] 信号恢复模块,其用于:对DMT信号的实部进行信号恢复,得到恢复出的信号。

[0067] 优选的,所述相位预补偿模块具体用于:

[0068] 对下采样后的信号作低通滤波,滤出信号的低频部分;

[0069] 对低频部分信号作归一化和取倒数处理后,与下采样后的信号相乘,得到相位预补偿后的信号。

[0070] 优选的,相位预补偿模块包括依次连接的低通滤波器、归一化单元和取倒数单元。

[0071] 优选的,所述低通滤波器的带宽为拍频检测的光传输系统中激光器线宽的两倍。

[0072] 作为优选的实施方式,所述实部提取模块具体包括:

[0073] FFT单元,其用于:对DMT信号的实部进行FFT操作;

[0074] 频域信道补偿单元,其用于:对FFT操作后的信号进行频域信道补偿;

[0075] 相位补偿单元,其用于:对频域信道补偿后的信号进行相位补偿;

[0076] 判决解码单元,其用于:对恢复出的信号作判决和解码操作。

[0077] 作为优选的实施方式,所述采样处理模块具体包括:

[0078] 单边带滤波单元,其用于:对拍频接收后的DMT信号进行单边带滤波;

[0079] 时钟同步和频偏补偿单元,其用于:对单边带滤波处理后的信号进行时钟同步和频偏补偿;

[0080] 色散补偿处理单元,其用于:对时钟同步和频偏补偿进行色散补偿;

[0081] 下采样单元,其用于:对色散补偿处理后的信号进行下采样。

[0082] 本发明实施例中的各个操作可以通过能够进行相应功能的任何适当的手段进行。该手段可以包括各种硬件和/或软件组件和/或模块。

[0083] 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。

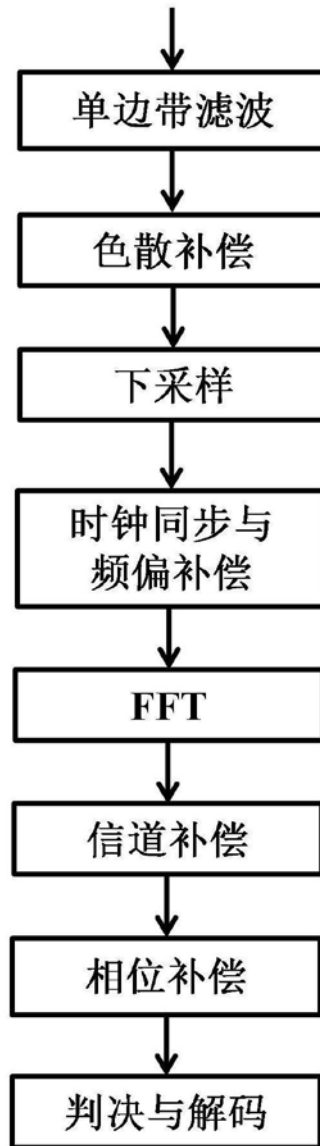


图1

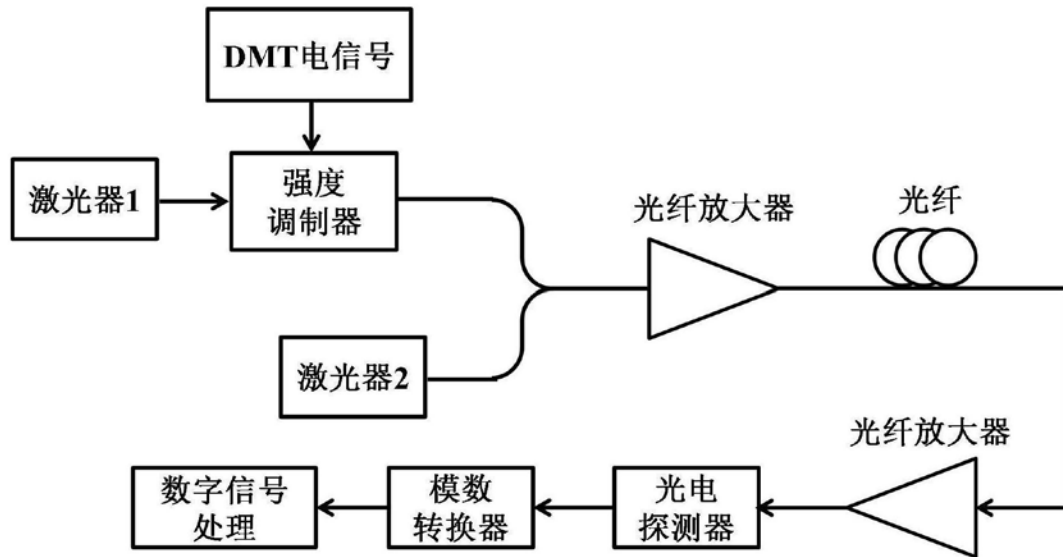


图2

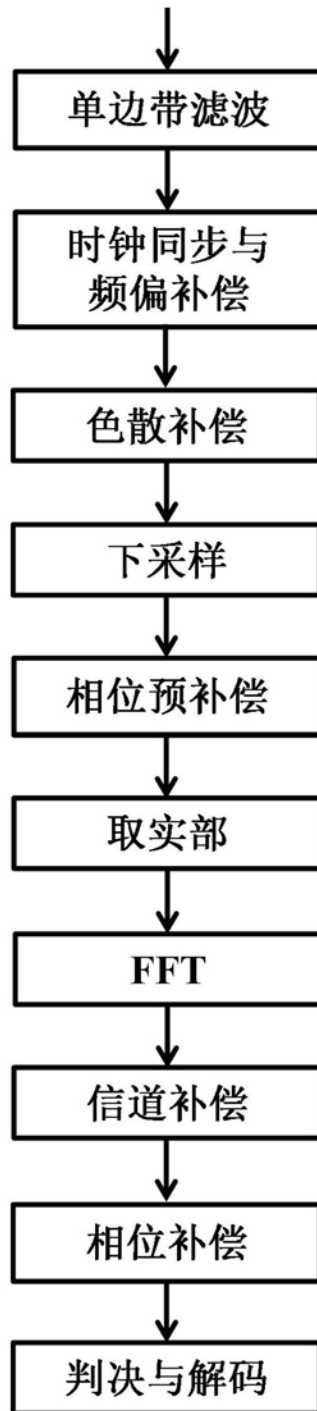


图3

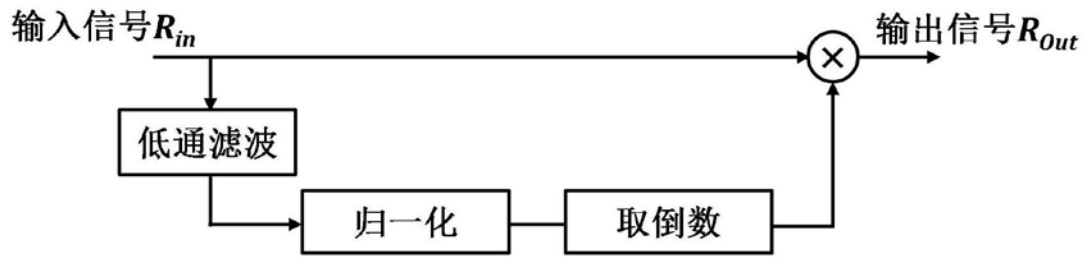


图4

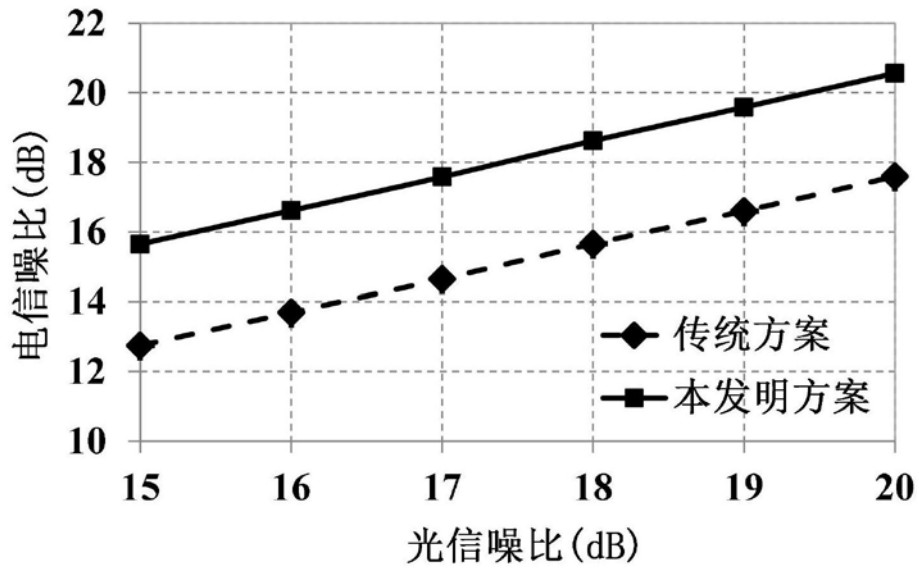


图5