



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115694710 B

(45) 授权公告日 2024.05.14

(21) 申请号 202211246659.6

H04B 10/079 (2013.01)

(22) 申请日 2022.10.12

H04B 10/25 (2013.01)

H04B 10/69 (2013.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115694710 A

(56) 对比文件

CN 112865869 A, 2021.05.28

US 2018269968 A1, 2018.09.20

US 2020106523 A1, 2020.04.02

(43) 申请公布日 2023.02.03

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

地址 518057 广东省深圳市南山区粤海街道高新技术产业园南区粤兴一道18号
香港理工大学产学研大楼205室

周家喜; 徐佩霞; 戴旭初. 一种基于循环平稳性的CPM信号调制阶数盲识别算法. 信号处理. 2010, (04), 全文.

(72) 发明人 徐创 刘伯涛

审查员 邓雪彬

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事务所(普通合伙) 44268

专利代理师 李可

(51) Int. Cl.

H04J 14/02 (2006.01)

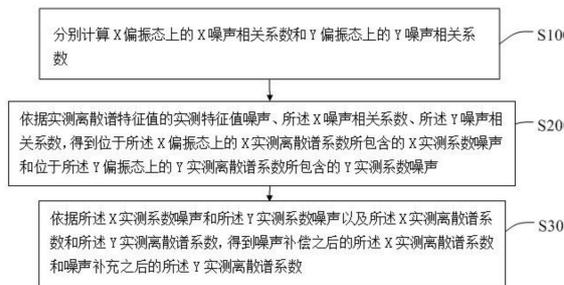
权利要求书3页 说明书12页 附图3页

(54) 发明名称

双偏振联合信号噪声处理方法和噪声处理装置

(57) 摘要

本发明涉及噪声处理技术领域,具体是涉及双偏振联合信号噪声处理方法和噪声处理装置。本发明用X、Y偏振态离散谱特征值中携带的噪声信息及其与X偏振态上的离散谱系数之间的相关系数补偿X偏振态上的离散谱系数噪声,同样用X、Y偏振态离散谱特征值中携带的噪声信息及其与Y偏振态上的离散谱系数之间的相关系数补偿Y偏振态上的离散谱系数噪声。本发明补偿X和Y偏振态上的离散谱系数噪声时,同时利用了X和Y偏振态上的特征值噪声,引入了更多的已知噪声信息,从而更好地实现对X和Y偏振态上的离散谱系数噪声补偿。



1. 一种双偏振联合信号噪声处理方法,其特征在于,包括:

分别计算X偏振态上的X噪声相关系数和Y偏振态上的Y噪声相关系数,所述X噪声相关系数用于表征训练离散谱特征值的训练特征值噪声和所述X偏振态上的X训练离散谱系数的X训练系数噪声之间的相关性,所述Y噪声相关系数用于表征训练特征值噪声与所述Y偏振态上的训练离散谱系数的Y训练系数噪声之间的相关性,所述训练离散谱特征值和所述训练离散谱系数为被训练的非线性频分复用信号在频域上的属性,所述X偏振态和所述Y偏振态为被训练的所述非线性频分复用信号在时域上的两个偏振态;

依据实测离散谱特征值的实测特征值噪声、所述X噪声相关系数、所述Y噪声相关系数,得到位于所述X偏振态上的X实测离散谱系数所包含的X实测系数噪声和位于所述Y偏振态上的Y实测离散谱系数所包含的Y实测系数噪声,所述实测离散谱特征值和所述X实测离散谱系数以及所述Y实测离散谱系数为实测的非线性频分复用频域信号的属性;

依据所述X实测系数噪声和所述Y实测系数噪声以及所述X实测离散谱系数和所述Y实测离散谱系数,得到噪声补偿之后的所述X实测离散谱系数和噪声补充之后的所述Y实测离散谱系数,所述噪声补偿用于表征去噪信息。

2. 如权利要求1所述的双偏振联合信号噪声处理方法,其特征在于,所述分别计算X偏振态上的X噪声相关系数和Y偏振态上的Y噪声相关系数,所述X噪声相关系数用于表征训练离散谱特征值的训练特征值噪声和所述X偏振态上的X训练离散谱系数的X训练系数噪声之间的相关性,所述Y噪声相关系数用于表征训练特征值噪声与所述Y偏振态上的训练离散谱系数的Y训练系数噪声之间的相关性;所述训练离散谱特征值和所述训练离散谱系数为被训练的非线性频分复用信号在频域上的属性,所述X偏振态和所述Y偏振态为被训练的所述非线性频分复用信号在时域上的两个偏振态,包括:

依据所述训练特征值噪声,得到所述训练特征值噪声中的X训练特征值噪声和Y训练特征值噪声,所述X训练特征值噪声用于表征位于所述X偏振态上的训练离散谱特征值所包含的噪声,所述Y训练特征值噪声用于表征位于所述Y偏振态上的训练离散谱特征值所包含的噪声;

将所述X训练特征值噪声和所述Y训练特征值噪声分别进行相同位数的移位,分别得到移位之后的所述X训练特征值噪声和所述Y训练特征值噪声,所述X训练特征值噪声和所述Y训练特征值噪声均为时序噪声,所述移位为所述时序噪声按照设定时序方向移位;

按照所述X训练特征值噪声、移位之后的所述X训练特征值噪声、所述Y训练特征值噪声、移位之后的所述Y训练特征值噪声的排列顺序构建训练噪声矩阵;

依据所述训练噪声矩阵、所述Y训练系数噪声、所述X训练系数噪声,得到X噪声相关系数和Y噪声相关系数。

3. 如权利要求2所述的双偏振联合信号噪声处理方法,其特征在于,所述依据所述训练噪声矩阵、所述Y训练系数噪声、所述X训练系数噪声,得到X噪声相关系数和Y噪声相关系数,包括:

将所述训练噪声矩阵乘以X设定参数矩阵,得到X乘矩阵,所述X设定参数矩阵由所述X噪声相关系数所对应的参数组成;

计算所述X训练系数噪声与所述X乘矩阵之间的均方差最小时,确定所述X设定参数矩阵内的各个元素值;

依据所述X设定参数矩阵内的各个元素值,得到所述X噪声相关系数;

将所述训练噪声矩阵乘以Y设定参数矩阵,得到Y乘矩阵,所述Y设定参数矩阵由所述Y噪声相关系数所对应的参数组成;

计算所述Y训练系数噪声与所述Y乘矩阵之间的均方差最小时,确定所述Y设定参数矩阵内的各个元素值;

依据所述Y设定参数矩阵内的各个元素值,得到所述Y噪声相关系数。

4.如权利要求1所述的双偏振联合信号噪声处理方法,其特征在于,所述依据实测离散谱特征值的实测特征值噪声、所述X噪声相关系数、所述Y噪声相关系数,得到位于所述X偏振态上的X实测离散谱系数所包含的X实测系数噪声和位于所述Y偏振态上的Y实测离散谱系数所包含的Y实测系数噪声,包括:

依据所述实测特征值噪声,得到所述实测特征值噪声中的位于所述X偏振态上的X实测特征值噪声和位于所述Y偏振态上的Y实测特征值噪声;

将所述X实测特征值噪声乘以所述X噪声相关系数,得到所述X实测系数噪声;

将所述Y实测特征值噪声乘以所述Y噪声相关系数,得到所述Y实测系数噪声。

5.如权利要求1所述的双偏振联合信号噪声处理方法,其特征在于,所述依据所述X实测系数噪声和所述Y实测系数噪声以及所述X实测离散谱系数和所述Y实测离散谱系数,得到噪声补偿之后的所述X实测离散谱系数和噪声补充之后的所述Y实测离散谱系数,所述噪声补偿用于表征去噪信息,包括:

将所述X实测离散谱系数减去所述X实测系数噪声,得到噪声补偿之后的所述X实测离散谱系数;

将所述Y实测离散谱系数减去所述Y实测系数噪声,得到噪声补偿之后的所述Y实测离散谱系数。

6.如权利要求1所述的双偏振联合信号噪声处理方法,其特征在于,频域的所述非线性频分复用信号为接收端的非线性频分复用频域信号,接收端的所述非线性频分复用频域信号的生成方式,包括:

控制发送端产生两路的非线性频分复用频域信号;

控制所述发送端将两路的所述非线性频分复用频域信号分别进行逆非线性傅里叶变换,得到两路的非线性频分复用时域信号;

控制所述发送端将两路的所述非线性频分复用时域信号分别加载到光信号调制器的X偏振态上和Y偏振态上,分别得到所述X偏振态上的所述非线性频分复用时域信号和所述Y偏振态上的所述非线性频分复用时域信号;

控制所述发送端沿光纤向所述接收端发送所述X偏振态上的所述非线性频分复用时域信号和所述Y偏振态上的所述非线性频分复用时域信号,用于在所述接收端生成所述非线性频分复用频域信号。

7.如权利要求6所述的双偏振联合信号噪声处理方法,其特征在于,所述控制所述发送端沿光纤向所述接收端发送所述X偏振态上的所述非线性频分复用时域信号和所述Y偏振态上的所述非线性频分复用时域信号,用于在所述接收端生成所述非线性频分复用频域信号,包括:

控制所述发送端沿光纤向所述接收端交替发送所述X偏振态上的所述非线性频分复用

时域信号和所述Y偏振态上的所述非线性频分复用时域信号,所述X偏振态上的所述非线性频分复用时域信号所对应的信号数量等于所述Y偏振态上的所述非线性频分复用时域信号所对应的信号数量。

8. 一种双偏振联合信号噪声处理装置,其特征在于,所述装置包括如下组成部分:

噪声相关系数计算模块,用于分别计算X偏振态上的X噪声相关系数和Y偏振态上的Y噪声相关系数,所述X噪声相关系数用于表征训练离散谱特征值的训练特征值噪声和所述X偏振态上的X训练离散谱系数的X训练系数噪声之间的相关性,所述Y噪声相关系数用于表征训练特征值噪声与所述Y偏振态上的训练离散谱系数的Y训练系数噪声之间的相关性,所述训练离散谱特征值和所述训练离散谱系数为被训练的非线性频分复用信号在频域上的属性,所述X偏振态和所述Y偏振态为被训练的所述非线性频分复用信号在时域上的两个偏振态;

噪声计算模块,用于依据实测离散谱特征值的实测特征值噪声、所述X噪声相关系数、所述Y噪声相关系数,得到位于所述X偏振态上的X实测离散谱系数所包含的X实测系数噪声和位于所述Y偏振态上的Y实测离散谱系数所包含的Y实测系数噪声,所述实测离散谱特征值和所述X实测离散谱系数以及所述Y实测离散谱系数为实测的非线性频分复用频域信号的属性;

噪声补偿模块,用于依据所述X实测系数噪声和所述Y实测系数噪声以及所述X实测离散谱系数和所述Y实测离散谱系数,得到噪声补偿之后的所述X实测离散谱系数和噪声补充之后的所述Y实测离散谱系数,所述噪声补偿用于表征去噪信息。

9. 一种终端设备,其特征在于,所述终端设备包括存储器、处理器及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的双偏振联合信号噪声处理程序,所述处理器执行所述双偏振联合信号噪声处理程序时,实现如权利要求1-7任一项所述的双偏振联合信号噪声处理方法的步骤。

10. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质上存储有双偏振联合信号噪声处理程序,所述双偏振联合信号噪声处理程序被处理器执行时,实现如权利要求1-7任一项所述的双偏振联合信号噪声处理方法的步骤。

双偏振联合信号噪声处理方法和噪声处理装置

技术领域

[0001] 本发明涉及噪声处理技术领域,具体是涉及双偏振联合信号噪声处理方法和噪声处理装置。

背景技术

[0002] 光纤通信适用于大容量长距离通信,但是光纤通信也会产生非线性噪声,从而降低了光纤通信的通信质量。为了克服光纤非线性效应对信号产生的噪声影响,现有技术选用机器学习算法去除信号中的非线性噪声,一方面机器学习因算法复杂而提高了去噪所需要的时间,另一方面机器学习是根据对已知历史信号的学习而对未知信号进行去噪,难以针对每一种未知信号进行准确的去噪。

[0003] 综上所述,现有技术的信号噪声处理方法去噪效果较差。

[0004] 因此,现有技术还有待改进和提高。

发明内容

[0005] 为解决上述技术问题,本发明提供了双偏振联合信号噪声处理方法和噪声处理装置,解决了现有技术的信号噪声处理方法去噪效果较差的问题。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用了以下技术方案:

[0007] 第一方面,本发明提供一种双偏振联合信号噪声处理方法,其中,包括:

[0008] 分别计算X偏振态上的X噪声相关系数和Y偏振态上的Y噪声相关系数,所述X噪声相关系数用于表征训练离散谱特征值的训练特征值噪声和所述X偏振态上的X训练离散谱系数的X训练系数噪声之间的相关性,所述Y噪声相关系数用于表征训练特征值噪声与所述Y偏振态上的训练离散谱系数的Y训练系数噪声之间的相关性,所述训练离散谱特征值和所述训练离散谱系数为被训练的非线性频分复用信号在频域上的属性,所述X偏振态和所述Y偏振态为被训练的所述非线性频分复用信号在时域上的两个偏振态;

[0009] 依据实测离散谱特征值的实测特征值噪声、所述X噪声相关系数、所述Y噪声相关系数,得到位于所述X偏振态上的X实测离散谱系数所包含的X实测系数噪声和位于所述Y偏振态上的Y实测离散谱系数所包含的Y实测系数噪声,所述实测离散谱特征值和所述X实测离散谱系数以及所述Y实测离散谱系数为实测的非线性频分复用频域信号的属性;

[0010] 依据所述X实测系数噪声和所述Y实测系数噪声以及所述X实测离散谱系数和所述Y实测离散谱系数,得到噪声补偿之后的所述X实测离散谱系数和噪声补充之后的所述Y实测离散谱系数,所述噪声补偿用于表征去噪信息。

[0011] 在一种实现方式中,所述分别计算X偏振态上的X噪声相关系数和Y偏振态上的Y噪声相关系数,所述X噪声相关系数用于表征训练离散谱特征值的训练特征值噪声和所述X偏振态上的X训练离散谱系数的X训练系数噪声之间的相关性,所述Y噪声相关系数用于表征训练特征值噪声与所述Y偏振态上的训练离散谱系数的Y训练系数噪声之间的相关性;所述训练离散谱特征值和所述训练离散谱系数为被训练的非线性频分复用信号在频域上的属

性,所述X偏振态和所述Y偏振态为被训练的所述训练非线性频分复用频域信号在时域上的两个偏振态,包括:

[0012] 依据所述训练特征值噪声,得到所述训练特征值噪声中的X训练特征值噪声和Y训练特征值噪声,所述X训练特征值噪声用于表征位于所述X偏振态上的训练离散谱特征值所包含的噪声,所述Y训练特征值噪声用于表征位于所述Y偏振态上的训练离散谱特征值所包含的噪声;

[0013] 将所述X训练特征值噪声和所述Y训练特征值噪声分别进行相同位数的移位,分别得到移位之后的所述X训练特征值噪声和所述Y训练特征值噪声,所述X训练特征值噪声和所述Y训练特征值噪声均为时序噪声,所述移位为所述时序噪声按照设定时序方向移位;

[0014] 按照所述X训练特征值噪声、移位之后的所述X训练特征值噪声、所述Y训练特征值噪声、移位之后的所述Y训练特征值噪声的排列顺序构建训练噪声矩阵;

[0015] 依据所述训练噪声矩阵、所述Y训练系数噪声、所述X训练系数噪声,得到X噪声相关系数和Y噪声相关系数。

[0016] 在一种实现方式中,所述依据所述训练噪声矩阵、所述Y训练系数噪声、所述X训练系数噪声,得到X噪声相关系数和Y噪声相关系数,包括:

[0017] 将所述训练噪声矩阵乘以X设定参数矩阵,得到X乘矩阵,所述X设定参数矩阵由所述X噪声相关系数所对应的参数组成;

[0018] 计算所述X训练系数噪声与所述X乘矩阵之间的均方差最小时,确定所述X设定参数矩阵内的各个元素值;

[0019] 依据所述X设定参数矩阵内的各个元素值,得到所述X噪声相关系数;

[0020] 将所述训练噪声矩阵乘以Y设定参数矩阵,得到Y乘矩阵,所述Y设定参数矩阵由所述Y噪声相关系数所对应的参数组成;

[0021] 计算所述Y训练系数噪声与所述Y乘矩阵之间的均方差最小时,确定所述Y设定参数矩阵内的各个元素值;

[0022] 依据所述Y设定参数矩阵内的各个元素值,得到所述Y噪声相关系数。

[0023] 在一种实现方式中,所述依据实测离散谱特征值的实测特征值噪声、所述X噪声相关系数、所述Y噪声相关系数,得到位于所述X偏振态上的X实测离散谱系数所包含的X实测系数噪声和位于所述Y偏振态上的Y实测离散谱系数所包含的Y实测系数噪声,包括:

[0024] 依据所述实测特征值噪声,得到所述实测特征值噪声中的位于所述X偏振态上的X实测特征值噪声和位于所述Y偏振态上的Y实测特征值噪声;

[0025] 将所述X实测特征值噪声乘以所述X噪声相关系数,得到所述X实测系数噪声;

[0026] 将所述Y实测特征值噪声乘以所述Y噪声相关系数,得到所述Y实测系数噪声。

[0027] 在一种实现方式中,所述依据所述X实测系数噪声和所述Y实测系数噪声以及所述X实测离散谱系数和所述Y实测离散谱系数,得到噪声补偿之后的所述X实测离散谱系数和噪声补充之后的所述Y实测离散谱系数,所述噪声补偿用于表征去噪信息,包括:

[0028] 将所述X实测离散谱系数减去所述X实测系数噪声,得到噪声补偿之后的所述X实测离散谱系数;

[0029] 将所述Y实测离散谱系数减去所述Y实测系数噪声,得到噪声补偿之后的所述Y实测离散谱系数。

[0030] 在一种实现方式中,频域的所述非线性频分复用信号为接收端的非线性频分复用频域信号,接收端的所述非线性频分复用频域信号的生成方式,包括:

[0031] 控制发送端产生两路的非线性频分复用频域信号;

[0032] 控制所述发送端将两路的所述非线性频分复用频域信号分别进行逆非线性傅里叶变换,得到两路的非线性频分复用时域信号;

[0033] 控制所述发送端将两路的所述非线性频分复用时域信号分别加载到光信号调制器的X偏振态上和Y偏振态上,分别得到所述X偏振态上的所述非线性频分复用时域信号和所述Y偏振态上的所述非线性频分复用时域信号;

[0034] 控制所述发送端沿光纤向所述接收端发送所述X偏振态上的所述非线性频分复用时域信号和所述Y偏振态上的所述非线性频分复用时域信号,用于在所述接收端生成所述非线性频分复用频域信号。

[0035] 在一种实现方式中,所述控制所述发送端沿光纤向所述接收端发送所述X偏振态上的所述非线性频分复用时域信号和所述Y偏振态上的所述非线性频分复用时域信号,用于在所述接收端生成所述非线性频分复用频域信号,包括:

[0036] 控制所述发送端沿光纤向所述接收端交替发送所述X偏振态上的所述非线性频分复用时域信号和所述Y偏振态上的所述非线性频分复用时域信号,所述X偏振态上的所述非线性频分复用时域信号所对应的信号数量等于所述Y偏振态上的所述非线性频分复用时域信号所对应的信号数量。

[0037] 第二方面,本发明实施例还提供一种双偏振联合信号噪声处理装置,其中,所述装置包括如下组成部分:

[0038] 噪声相关系数计算模块,用于分别计算X偏振态上的X噪声相关系数和Y偏振态上的Y噪声相关系数,所述X噪声相关系数用于表征训练离散谱特征值的训练特征值噪声和所述X偏振态上的X训练离散谱系数的X训练系数噪声之间的相关性,所述Y噪声相关系数用于表征训练特征值噪声与所述Y偏振态上的训练离散谱系数的Y训练系数噪声之间的相关性,所述训练离散谱特征值和所述训练离散谱系数为被训练的非线性频分复用信号在频域上的属性,所述X偏振态和所述Y偏振态为被训练的所述非线性频分复用信号在时域上的两个偏振态;

[0039] 噪声计算模块,用于依据实测离散谱特征值的实测特征值噪声、所述X噪声相关系数、所述Y噪声相关系数,得到位于所述X偏振态上的X实测离散谱系数所包含的X实测系数噪声和位于所述Y偏振态上的Y实测离散谱系数所包含的Y实测系数噪声,所述实测离散谱特征值和所述X实测离散谱系数以及所述Y实测离散谱系数为实测的非线性频分复用频域信号的属性;

[0040] 噪声补偿模块,用于依据所述X实测系数噪声和所述Y实测系数噪声以及所述X实测离散谱系数和所述Y实测离散谱系数,得到噪声补偿之后的所述X实测离散谱系数和噪声补充之后的所述Y实测离散谱系数,所述噪声补偿用于表征去噪信息。

[0041] 第三方面,本发明实施例还提供一种终端设备,其中,所述终端设备包括存储器、处理器及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的双偏振联合信号噪声处理程序,所述处理器执行所述双偏振联合信号噪声处理程序时,实现上述所述的双偏振联合信号噪声处理方法的步骤。

[0042] 第四方面,本发明实施例还提供一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质上存储有双偏振联合信号噪声处理程序,所述双偏振联合信号噪声处理程序被处理器执行时,实现上述所述的双偏振联合信号噪声处理方法的步骤。

[0043] 有益效果:非线性频分复用频域信号在光纤信道中传输会产生噪声,产生的噪声会改变非线性频分复用频域信号的离散谱特征值以及离散谱系数,即使得离散谱特征值和离散谱系数中都携带噪声,而且这两者所携带的噪声之间具有相关性,又由于离散谱特征值携带的噪声往往是已知的,因此可以用离散谱特征值携带的噪声去计算离散谱系数所包含的噪声。本发明用离散谱特征值中携带的噪声信息(特征值噪声)以及离散特征值与X偏振态上的离散谱系数之间的X噪声相关系数补充X偏振态上的离散谱系数噪声,同样用离散谱特征值中携带的噪声信息以及离散特征值与Y偏振态上的离散谱系数之间的Y噪声相关系数补充Y偏振态上的离散谱系数噪声。由于本发明补偿X和Y偏振态上的离散谱系数噪声时,利用了X和Y偏振态上的特征值噪声,引入了更多的已知噪声信息,从而更好地实现对X和Y偏振态上的离散谱系数噪声补偿,即提高了离散谱系数所携带的信号质量。另外,本发明是将离散谱系数划分在X和Y偏振态上以分别对这二者的噪声进行补偿,从而更进一步提升了噪声补偿之后的离散谱系数所携带的信号质量。

附图说明

[0044] 图1为本发明的整体流程图;

[0045] 图2为本发明实施例中的发送端X偏振态和Y偏振态的信号脉冲序列以时序交错的形式排列示意图;

[0046] 图3为本发明实施例中的噪声补偿流程图;

[0047] 图4为本发明实施例中的仿真示意图;

[0048] 图5为本发明实施例提供的终端设备的内部结构原理框图。

具体实施方式

[0049] 以下结合实施例和说明书附图,对本发明中的技术方案进行清楚、完整地描述。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他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0050] 经研究发现,光纤通信适用于大容量长距离通信,但是光纤通信也会产生非线性噪声,从而降低了光纤通信的通信质量。为了克服光纤非线性效应对信号产生的噪声影响,现有技术选用机器学习算法去除信号中的非线性噪声,一方面机器学习因算法复杂而提高了去噪所需要的时间,另一方面机器学习是根据对已知历史信号的学习而对未知信号进行去噪,难以针对每一种未知信号进行准确的去噪。

[0051] 为解决上述技术问题,本发明提供了双偏振联合信号噪声处理方法和噪声处理装置,解决了现有技术的信号噪声处理方法去噪效果较差的问题。具体实施时,首先计算X偏振态上的X噪声相关系数和Y偏振态上的Y噪声相关系数,然后依据实测离散谱特征值的实测特征值噪声、X噪声相关系数、Y噪声相关系数,得到位于X偏振态上的X实测离散谱系数所包含的X实测系数噪声和位于Y偏振态上的Y实测离散谱系数所包含的Y实测系数噪声,最后依据X实测系数噪声和Y实测系数噪声以及X实测离散谱系数和Y实测离散谱系数,得到噪声

补偿之后的X实测离散谱系数和噪声补充之后的Y实测离散谱系数。

[0052] 举例说明,发送端产生了一个非线性频分复用频域信号(NFDM频域信号),发送端将这个NFDM频域信号经过INFT转换(逆非线性傅里叶变换)为非线性频分复用时域信号(NFDM时域信号),然后发送端再将NFDM时域信号加载到光信号调制器的X和Y偏振态上,X和Y偏振态上的NFDM时域信号沿光纤进行传输到达接收端,接收端对X和Y偏振态上的NFDM时域信号进行NFT转换(非线性傅里叶变换)得到NFDM频域信号,NFDM频域信号包括了离散谱特征值以及离散谱系数,其中离散谱系数携带了NFDM频域信号的主要信息,因此需要对离散谱系数进行噪声补偿(噪声补偿即去除光纤在传输NFDM时域信号时所产生的非线性噪声)。本实施例,对待传输的NFDM时域信号进行设计,使得NFDM时域信号的特征值 λ 不变,即只要知道接收端的NFDM频域信号的离散谱特征值 λ' , λ' 和 λ 之间的差异信息就是离散谱特征值在光纤中传输时产生的噪声信息,由于在离散谱特征上产生的噪声信息与在离散谱系数上产生的噪声信息之间具有相关性,因此知道在离散谱特征上产生的噪声信息就可以知道X偏振态上的离散谱系数所包含的噪声以及Y偏振态上的离散谱系数所包含的噪声,用离散谱系数减去离散谱系数的噪声就可以近似还原出发送端的NFDM频域信号的离散谱系数,即实现对离散谱系数的噪声补偿。

[0053] 示例性方法

[0054] 本实施例的双偏振联合信号噪声处理方法可应用于终端设备中,所述终端设备可为具有计算功能的终端产品,比如电脑等。在本实施例中,如图1中所示,所述双偏振联合信号噪声处理方法具体包括如下步骤:

[0055] S100,分别计算X偏振态上的X噪声相关系数和Y偏振态上的Y噪声相关系数,所述X噪声相关系数用于表征训练离散谱特征值的训练特征值噪声和所述X偏振态上的X训练离散谱系数的X训练系数噪声之间的相关性,所述Y噪声相关系数用于表征训练特征值噪声与所述Y偏振态上的训练离散谱系数的Y训练系数噪声之间的相关性,所述训练离散谱特征值和所述训练离散谱系数为被训练的非线性频分复用信号在频域上的属性,所述X偏振态和所述Y偏振态为被训练的所述非线性频分复用信号在时域上的两个偏振态。

[0056] 本实施例先在发送端、光纤、接收端这三者之间传输作为训练的NFDM(非线性频分复用信号,该信号在传输的过程中需进行时域和频域的转换),即接收端的NFDM是已知的,即接收端的NFDM的离散谱特征值 λ 和离散谱系数 b 是已知的,当NFDM到达接收端时,解析出接收端的NFDM的离散谱特征值 λ' 和离散谱系数 b' ,计算出 λ' 与 λ 之间出差值 $\Delta\lambda$ (表征 λ 经过光纤传输产生多少噪声)以及 b' 与 b 之间的差值 Δb (表征 b 经过光纤传输产生多少噪声),然后计算 $\Delta\lambda$ 与 Δb 之间的相关性(得到噪声相关系数向量 c)。本实施例在计算每个偏振态上的噪声相关系数时应用了两个偏振态上的特征值噪声 $\Delta\lambda$,从而融合了更多的噪声信息,提高了最后计算出来的噪声相关系数 c 的准确性。

[0057] 上述发送端发送NFDM以及接收端接收NFDM的详细过程如下:发送端产生两路的非线性频分复用频域信号(NFDM频域信号),然后发送端将两路的非线性频分复用频域信号分别进行逆非线性傅里叶变换(INFT转换),得到两路的非线性频分复用时域信号(NFDM时域信号),控制发送端将两路的非线性频分复用时域信号分别加载到光信号调制器的X偏振态上和Y偏振态上,分别得到X偏振态上的非线性频分复用时域信号和Y偏振态上的非线性频分复用时域信号;控制发送端沿光纤向接收端采用如图2所示的交替方式发送X偏振态上的

非线性频分复用时域信号和Y偏振态上的非线性频分复用时域信号,接收端接收到X偏振态上的NFDm时域信号和X偏振态上的NFDm时域信号,分别对其进行NFT变换以得到两个偏振态上的NFDm频域信号。

[0058] 发送端发送NFDm以及接收端接收NFDm是基于如下原理:

[0059] 发送端产生两路承载独立信息的NFDm频域信号流,经过INFT转换为时域信号流,然后将其分别加载到光信号调制器的X和Y偏振态上,并在时间上恰好相互错开。经过光纤传输后,收端信号相比发端将会产生畸变,信噪比降低。在收端接收X和Y偏振态的NFDm时域信号流,分别对它们进行NFT变换,得到含有噪声的NFDm频域信号。接下来,对NFDm频域信号进行X、Y偏振态联合LMMSE计算和噪声补偿,得到噪声补偿离散谱系数,以实现降低噪声,提高NFDm信号的质量。

[0060] 本实施例中的NFDm时域信号流为由图2中的1脉冲、2脉冲、3脉冲...N脉冲构成的一个脉冲序列。

[0061] 本实施例交替在X偏振态上和Y偏振态上发送NFDm时域信号能够减少X偏振态上和Y偏振态上的信号相互串扰,也能够提高接收端的信噪比。

[0062] 接收端接收到NFDm时域信号流并将其转变成NFDm频域信号流之后就可以执行步骤S100,步骤S100包括如下的步骤S101至S109:

[0063] S101,依据所述训练特征值噪声,得到所述训练特征值噪声中的X训练特征值噪声和Y训练特征值噪声,所述X训练特征值噪声用于表征位于所述X偏振态上的训练离散谱特征值所包含的噪声,所述Y训练特征值噪声用于表征位于所述Y偏振态上的训练离散谱特征值所包含的噪声。

[0064] 训练时,接收端将接收到的X偏振态和Y偏振态上第i个NFDm时域信号分别进行NFT变换就可以得到X偏振态上的离散谱特征值 λ_i^X 以及Y偏振态上的离散谱特征值 λ_i^Y ,离散谱特征值 λ_i^X 减去发送端发送的X偏振态上的离散谱特征值 λ_i^X 就是发送端发送的第i个NFDm时域信号到达接收端所产生的噪声 $\Delta\lambda_i^X$ (X训练特征值噪声)。采用同样的方法计算出Y训练特征值噪声 $\Delta\lambda_i^Y$ 。本实施例中,由于NFDm时域信号分别进行NFT变换就是NFDm频域信号了,而频域信号包括了实部和虚部。因此本实施例将 $\Delta\lambda_i^X$ 划分为实部 $\text{Re}\{\Delta\lambda_i^X\}$ 和虚部 $\text{Im}\{\Delta\lambda_i^X\}$ 、将 $\Delta\lambda_i^Y$ 划分为实部 $\text{Re}\{\Delta\lambda_i^Y\}$ 和虚部 $\text{Im}\{\Delta\lambda_i^Y\}$ 。

[0065] S102,将所述X训练特征值噪声和所述Y训练特征值噪声分别进行相同位数的移位,分别得到移位之后的所述X训练特征值噪声和所述Y训练特征值噪声,所述X训练特征值噪声和所述Y训练特征值噪声均为时序噪声,所述移位为所述时序噪声按照设定时序方向移位。

[0066] 发送端按照如图2所示的方式交替发送X偏振态的脉冲和Y偏振态的脉冲,接收端同样交替接收到X偏振态的脉冲和Y偏振态的脉冲,如图2所示,接收端按照时间先后顺序依次接收到第1个X偏振态上的NFDm信号、第2个X偏振态上的NFDm信号直至第m个X偏振态上的NFDm信号,分别对这m个NFDm信号进行解析得到m个按照时序排列的X训练特征值噪声,将X训练特征值噪声表示成向量 $\text{Re } \Delta \lambda^X$: $\text{Re } \Delta \lambda^X = \text{Re} \{[\Delta\lambda_1^X, \Delta\lambda_2^X, \dots, \Delta\lambda_m^X]^T\}$ 、向量 $\text{Im } \Delta \lambda^X$:

$\mathbf{Im}\Delta\lambda^X = \mathbf{Im}\{[\Delta\lambda_1^X, \Delta\lambda_2^X, \dots, \Delta\lambda_m^X]^T\}$ 。同样可以将Y训练特征值噪声表示成向量 $\mathbf{Re}\Delta\lambda^Y$ ：

$\mathbf{Re}\Delta\lambda^Y = \mathbf{Re}\{[\Delta\lambda_1^Y, \Delta\lambda_2^Y, \dots, \Delta\lambda_m^Y]^T\}$ 、向量 $\mathbf{Im}\Delta\lambda^Y$ ： $\mathbf{Im}\Delta\lambda^Y = \mathbf{Im}\{[\Delta\lambda_1^Y, \Delta\lambda_2^Y, \dots, \Delta\lambda_m^Y]^T\}$ 。

[0067] 对 $\mathbf{Re}\Delta\lambda^X$ 、 $\mathbf{Im}\Delta\lambda^X$ 、 $\mathbf{Re}\Delta\lambda^Y$ 、 $\mathbf{Im}\Delta\lambda^Y$ 进行相同位数的移位就是要向左移动一位就都向左一位,要向右移动两位就都右移动两位,以此计算出前后符号的离散谱特征值噪声对当前符号的离散谱系数噪声的相关度,也就是说对于当前的一个符号,可以通过前一个符号,当前符号自身,后一个符号的离散谱特征值噪声一起来估算当前符号的离散谱系数噪声,提高估算准确度。本实施例分别向左前移动一位和向右移动一位, $\mathbf{Re}\Delta\lambda^X$ 向左移动一位记为 $\mathbf{Re}\Delta\lambda^{X+1}$ ： $\mathbf{Re}\Delta\lambda^{X+1} = \mathbf{Re}\{[\Delta\lambda_2^X, \Delta\lambda_3^X, \dots, \Delta\lambda_m^X, \Delta\lambda_1^X]^T\}$, $\mathbf{Re}\Delta\lambda^X$ 向右移动一位记为 $\mathbf{Re}\Delta\lambda^{X-1}$ ： $\mathbf{Re}\Delta\lambda^{X-1} = \mathbf{Re}\{[\Delta\lambda_m^X, \Delta\lambda_1^X, \Delta\lambda_2^X, \dots, \Delta\lambda_{m-1}^X]^T\}$,采用相同的方法得到 $\mathbf{Im}\Delta\lambda^{X+1}$ 、 $\mathbf{Im}\Delta\lambda^{X-1}$ 、 $\mathbf{Re}\Delta\lambda^{Y+1}$ 、 $\mathbf{Re}\Delta\lambda^{Y-1}$ 、 $\mathbf{Im}\Delta\lambda^{Y+1}$ 、 $\mathbf{Im}\Delta\lambda^{Y-1}$ 。

[0068] 接收端接收到的训练NFDM频域信号,对其进行解析得到离散谱系数,接收端的离散谱系数与发送端的离散谱系数之间的差值就是训练系数噪声 Δb ,位于X偏振态上的就是 Δb^X ,位于Y偏振态上的就是 Δb^Y ,分别划分为幅度噪声 $\Delta|b|^X$ 和 $\Delta|b|^Y$ 、相位噪声 $\Delta\angle b^X$ 和 $\Delta\angle b^Y$ 。

$$[0069] \quad \Delta|b|^X = [\Delta|b|_1^X, \Delta|b|_2^X, \dots, \Delta|b|_m^X]^T$$

$$[0070] \quad \Delta|b|^Y = [\Delta|b|_1^Y, \Delta|b|_2^Y, \dots, \Delta|b|_m^Y]^T$$

$$[0071] \quad \Delta\angle b^X = [\Delta\angle b_1^X, \Delta\angle b_2^X, \dots, \Delta\angle b_m^X]^T$$

$$[0072] \quad \Delta\angle b^Y = [\Delta\angle b_1^Y, \Delta\angle b_2^Y, \dots, \Delta\angle b_m^Y]^T$$

[0073] S103,按照所述X训练特征值噪声、移位之后的所述X训练特征值噪声、所述Y训练特征值噪声、移位之后的所述Y训练特征值噪声的排列顺序构建训练噪声矩阵A：

$$[0074] \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{Re}\Delta\lambda^X & \mathbf{Re}\Delta\lambda^{X+1} & \mathbf{Re}\Delta\lambda^{X-1} & \mathbf{Im}\Delta\lambda^X & \mathbf{Im}\Delta\lambda^{X+1} & \mathbf{Im}\Delta\lambda^{X-1} & \mathbf{Re}\Delta\lambda^Y & \mathbf{Re}\Delta\lambda^{Y+1} & \mathbf{Re}\Delta\lambda^{Y-1} & \mathbf{Im}\Delta\lambda^Y & \mathbf{Im}\Delta\lambda^{Y+1} & \mathbf{Im}\Delta\lambda^{Y-1} \end{bmatrix}$$

[0075] 式中, $\begin{bmatrix} | \\ | \\ | \end{bmatrix}$ 表示列向量形式。

[0076] S104,将所述训练噪声矩阵乘以X设定参数矩阵 $\begin{bmatrix} | \\ \mathbf{c}_a^X \\ | \end{bmatrix}$ 和 $\begin{bmatrix} | \\ \mathbf{c}_p^X \\ | \end{bmatrix}$,得到X乘矩阵,所述X

设定参数矩阵由所述X噪声相关系数所对应的参数组成。

[0077] S105,计算所述X训练系数噪声与所述X乘矩阵之间的均方差最小时,确定所述X设定参数矩阵内的各个元素值。

[0078] S106,依据所述X设定参数矩阵内的各个元素值,得到所述X噪声相关系数。

[0079] 步骤S104至S106是通过构造如下的关系式求出X噪声相关系数：

$$[0080] \quad \begin{bmatrix} | \\ \Delta|b|^X \\ | \end{bmatrix} \cong \mathbf{A} \begin{bmatrix} | \\ \mathbf{c}_a^X \\ | \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$[0081] \quad \left[\begin{array}{c} | \\ \Delta \angle \mathbf{b}^X \\ | \end{array} \right] \cong \mathbf{A} \left[\begin{array}{c} | \\ \mathbf{c}_p^X \\ | \end{array} \right] \quad (2)$$

[0082] \cong 表示均方差误差,公式1的含义是当 \cong 左右两边式子(右边式子为X乘矩阵)之间的均方误差最小时的 $\left[\begin{array}{c} | \\ \mathbf{c}_a^X \\ | \end{array} \right]$ 的各元素值就是X偏振态上的特征值噪声与X偏振态上的系数幅度噪声之间的X噪声相关系数。

[0083] 公式2的含义是当 \cong 左右两边式子之间的均方误差最小时的 $\left[\begin{array}{c} | \\ \mathbf{c}_p^X \\ | \end{array} \right]$ 的各元素值就是X偏振态上的特征值噪声与X偏振态上的系数相位噪声之间的X噪声相关系数。

[0084] S107,将所述训练噪声矩阵乘以Y设定参数矩阵 $\left[\begin{array}{c} | \\ \mathbf{c}_a^Y \\ | \end{array} \right]$ 和 $\left[\begin{array}{c} | \\ \mathbf{c}_p^Y \\ | \end{array} \right]$,得到Y乘矩阵,所述Y设定参数矩阵由所述Y噪声相关系数所对应的参数组成。

[0085] S108,计算所述Y训练系数噪声与所述Y乘矩阵之间的均方差最小时,确定所述Y设定参数矩阵内的各个元素值。

[0086] S109,依据所述Y设定参数矩阵内的各个元素值,得到所述Y噪声相关系数。

[0087] 步骤S104至S106是通过构造如下的关系式求出X噪声相关系数:

$$[0088] \quad \left[\begin{array}{c} | \\ \Delta |\mathbf{b}|^Y \\ | \end{array} \right] \cong \mathbf{A} \left[\begin{array}{c} | \\ \mathbf{c}_a^Y \\ | \end{array} \right] \quad (3)$$

$$[0089] \quad \left[\begin{array}{c} | \\ \Delta \angle \mathbf{b}^Y \\ | \end{array} \right] \cong \mathbf{A} \left[\begin{array}{c} | \\ \mathbf{c}_p^Y \\ | \end{array} \right] \quad (4)$$

[0090] 公式3的含义是当 \cong 左右两边式子(右边式子为Y乘矩阵)之间的均方误差最小时的 $\left[\begin{array}{c} | \\ \mathbf{c}_a^Y \\ | \end{array} \right]$ 的各元素值就是Y偏振态上的特征值噪声与Y偏振态上的系数幅度噪声之间的Y噪声相关系数。

[0091] 公式4的含义是当 \cong 左右两边式子之间的均方误差最小时的 $\left[\begin{array}{c} | \\ \mathbf{c}_p^Y \\ | \end{array} \right]$ 的各元素值就是Y偏振态上的特征值噪声与Y偏振态上的系数相位噪声之间的Y噪声相关系数。

[0092] 在一个实施例中,步骤S100是周期性地在信号中插入结果已知的信号流,通过观察其在收端的结果,帮助估算信道对信号的影响,于是在训练序列之外的真实信号所受到的信道影响将被较好估算出来,通过信号处理技术,这种影响将被尽量地去除。

[0093] S200,依据实测离散谱特征值的实测特征值噪声、所述X噪声相关系数、所述Y噪声相关系数,得到位于所述X偏振态上的X实测离散谱系数所包含的X实测系数噪声和位于所述Y偏振态上的Y实测离散谱系数所包含的Y实测系数噪声,所述实测离散谱特征值和所述X

实测离散谱系数以及所述Y实测离散谱系数为实测的非线性频分复用频域信号的属性。

[0094] 本实施例中实测离散谱特征值中的实测离散谱特征值指的是非训练的线性频分复用频域信号的离散谱特征值,即在实际使用通信过程中,发送端发送的线性频分复用频域信号所对应的离散谱特征值。

[0095] 步骤S100通过发送作为训练的NFDM信号,计算出了 $\begin{bmatrix} | \\ \mathbf{c}_a^X \\ | \end{bmatrix}$ 、 $\begin{bmatrix} | \\ \mathbf{c}_p^X \\ | \end{bmatrix}$ 、 $\begin{bmatrix} | \\ \mathbf{c}_a^Y \\ | \end{bmatrix}$ 、 $\begin{bmatrix} | \\ \mathbf{c}_p^Y \\ | \end{bmatrix}$ 的具

体取值,在实际计算NFDM信号在光纤中传输时所产生的噪声时,就可以利用上述四个相关系数进行求解。步骤S200包括如下的步骤S201、S202、S203:

[0096] S201,依据所述实测特征值噪声 $\Delta\lambda'$,得到所述实测特征值噪声中的位于所述X偏振态上的X实测特征值噪声和位于所述Y偏振态上的Y实测特征值噪声。

[0097] S202,将所述X实测特征值噪声乘以所述X噪声相关系数,得到所述X实测系数噪声。

[0098] 本实施例中X实测系数噪声包括X实测系数幅度噪声 $\Delta|\tilde{\mathbf{b}}|^X$ 和X实测系数相位噪声 $\Delta\angle\tilde{\mathbf{b}}^X$ 。

$$[0099] \quad \Delta|\tilde{\mathbf{b}}|^X = \mathbf{A}' \begin{bmatrix} | \\ \mathbf{c}_a^X \\ | \end{bmatrix}$$

$$[0100] \quad \Delta\angle\tilde{\mathbf{b}}^X = \mathbf{A}' \begin{bmatrix} | \\ \mathbf{c}_p^X \\ | \end{bmatrix}$$

$$[0101] \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} \text{Re}\Delta\lambda^X & \text{Re}\Delta\lambda^{X+1} & \text{Re}\Delta\lambda^{X-1} & \text{Im}\Delta\lambda^X & \text{Im}\Delta\lambda^{X+1} & \text{Im}\Delta\lambda^{X-1} & \text{Re}\Delta\lambda^Y & \text{Re}\Delta\lambda^{Y+1} & \text{Re}\Delta\lambda^{Y-1} & \text{Im}\Delta\lambda^Y & \text{Im}\Delta\lambda^{Y+1} & \text{Im}\Delta\lambda^{Y-1} \end{bmatrix}$$

[0102] A中的 $\Delta\lambda$ 替换成 $\Delta\lambda'$ 就是A'。

[0103] S203,将所述Y实测特征值噪声乘以所述Y噪声相关系数,得到所述Y实测系数噪声。

[0104] 本实施例中Y实测系数噪声包括Y实测系数幅度噪声 $\Delta|\tilde{\mathbf{b}}|^Y$ 和Y实测系数相位噪声 $\Delta\angle\tilde{\mathbf{b}}^Y$ 。

$$[0105] \quad \Delta|\tilde{\mathbf{b}}|^Y = \mathbf{A}' \begin{bmatrix} | \\ \mathbf{c}_a^Y \\ | \end{bmatrix}$$

$$[0106] \quad \Delta\angle\tilde{\mathbf{b}}^Y = \mathbf{A}' \begin{bmatrix} | \\ \mathbf{c}_p^Y \\ | \end{bmatrix}$$

[0107] S300,依据所述X实测系数噪声和所述Y实测系数噪声以及所述X实测离散谱系数和所述Y实测离散谱系数,得到噪声补偿之后的所述X实测离散谱系数和噪声补偿之后的所述Y实测离散谱系数,所述噪声补偿用于表征去噪信息。

[0108] 本实施例中,将所述X实测离散谱系数减去所述X实测系数噪声,就得到噪声补偿

之后的所述X实测离散谱系数 $|\bar{b}|^X$ 和 $\angle\bar{b}^X$ 。

[0109] X实测离散谱系数 b'^X 包括实测离散谱系数幅度 $|b'|^X$ 和实测离散谱系数相位 $\angle b'^X$ 。

$$[0110] \quad |\bar{b}|^X = |b'|^X - \Delta|\tilde{b}|^X$$

$$[0111] \quad \angle\bar{b}^X = \angle b'^X - \Delta\angle\tilde{b}^X$$

[0112] 本实施例中,将所述Y实测离散谱系数减去所述Y实测系数噪声,得到噪声补偿之后的所述Y实测离散谱系数 $|\bar{b}|^Y$ 和 $\angle\bar{b}^Y$ 。

[0113] Y实测离散谱系数 b'^Y 包括实测离散谱系数幅度 $|b'|^Y$ 和实测离散谱系数相位 $\angle b'^Y$ 。

$$[0114] \quad |\bar{b}|^Y = |b'|^Y - \Delta|\tilde{b}|^Y$$

$$[0115] \quad \angle\bar{b}^Y = \angle b'^Y - \Delta\angle\tilde{b}^Y$$

[0116] $|\bar{b}|^X$ 、 $\angle\bar{b}^X$ 、 $|\bar{b}|^Y$ 和 $\angle\bar{b}^Y$ 相对于b系数的原始噪声将显著得到降低,如图3所示,

之后对噪声补偿之后的信号进行判决,即在非线性频域内的信号也是通过星座图来定义的,“判决”是通信领域里常用的意思,通常是将信号判给距离它最近的星座点。

[0117] 在一个实施例中,仿真本发明的噪声补偿方法,得到了如图4所示的仿真图,从图4可以获知本发明的噪声补偿方法具有很大的优势。

[0118] 综上,非线性频分复用频域信号在光纤信道中传输会产生噪声,产生的噪声会改变非线性频分复用频域信号的离散谱特征值以及离散谱系数,即使得离散谱特征值和离散谱系数中都携带噪声,而且这两者所携带的噪声之间具有相关性,又由于离散谱特征值携带的噪声往往是已知的,因此可以用离散谱特征值携带的噪声去计算离散谱系数所包含的噪声。本发明用离散谱特征值中携带的噪声信息(特征值噪声)以及离散特征值与X偏振态上的离散谱系数之间的X噪声相关系数补充X偏振态上的离散谱系数噪声,同样用离散谱特征值中携带的噪声信息以及离散特征值与Y偏振态上的离散谱系数之间的Y噪声相关系数补充Y偏振态上的离散谱系数噪声。由于本发明补偿X和Y偏振态上的离散谱系数噪声时,利用了X和Y偏振态上的特征值噪声,引入了更多的已知噪声信息,从而更好地实现对X和Y偏振态上的离散谱系数噪声补偿,即提高了离散谱系数所携带的信号质量。另外,本发明是将离散谱系数划分在X和Y偏振态上以分别对这二者的噪声进行补偿,从而更进一步提升了噪声补偿之后的离散谱系数所携带的信号质量。

[0119] 另外,本发明针对偏振复用的NDFM信号,在发端进行信号交错设计,在收端进行XY偏振联合信号处理和补偿,提升信号整体质量。

[0120] 示例性装置

[0121] 本实施例还提供一种双偏振联合信号噪声处理装置,所述装置包括如下组成部分:

[0122] 噪声相关系数计算模块,用于分别计算X偏振态上的X噪声相关系数和Y偏振态上

的Y噪声相关系数,所述X噪声相关系数用于表征训练离散谱特征值的训练特征值噪声和所述X偏振态上的X训练离散谱系数的X训练系数噪声之间的相关性,所述Y噪声相关系数用于表征训练特征值噪声与所述Y偏振态上的训练离散谱系数的Y训练系数噪声之间的相关性,所述训练离散谱特征值和所述训练离散谱系数为被训练的非线性频分复用信号在频域上的属性,所述X偏振态和所述Y偏振态为被训练的所述非线性频分复用信号在时域上的两个偏振态;

[0123] 噪声计算模块,用于依据实测离散谱特征值的实测特征值噪声、所述X噪声相关系数、所述Y噪声相关系数,得到位于所述X偏振态上的X实测离散谱系数所包含的X实测系数噪声和位于所述Y偏振态上的Y实测离散谱系数所包含的Y实测系数噪声,所述实测离散谱特征值和所述X实测离散谱系数以及所述Y实测离散谱系数为实测的非线性频分复用频域信号的属性;

[0124] 噪声补偿模块,用于依据所述X实测系数噪声和所述Y实测系数噪声以及所述X实测离散谱系数和所述Y实测离散谱系数,得到噪声补偿之后的所述X实测离散谱系数和噪声补充之后的所述Y实测离散谱系数,所述噪声补偿用于表征去噪信息。

[0125] 基于上述实施例,本发明还提供了一种终端设备,其原理框图可以如图5所示。该终端设备包括通过系统总线连接的处理器、存储器、网络接口、显示屏、温度传感器。其中,该终端设备的处理器用于提供计算和控制能力。该终端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和计算机程序。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。该终端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双偏振联合信号噪声处理方法。该终端设备的显示屏可以是液晶显示屏或者电子墨水显示屏,该终端设备的温度传感器是预先在终端设备内部设置,用于检测内部设备的运行温度。

[0126] 本领域技术人员可以理解,图5中示出的原理框图,仅仅是与本发明方案相关的部分结构的框图,并不构成对本发明方案所应用于其上的终端设备的限定,具体的终端设备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。

[0127] 在一个实施例中,提供了一种终端设备,终端设备包括存储器、处理器及存储在存储器中并可在处理器上运行的双偏振联合信号噪声处理程序,处理器执行双偏振联合信号噪声处理程序时,实现如下操作指令:

[0128] 分别计算X偏振态上的X噪声相关系数和Y偏振态上的Y噪声相关系数,所述X噪声相关系数用于表征训练离散谱特征值的训练特征值噪声和所述X偏振态上的X训练离散谱系数的X训练系数噪声之间的相关性,所述Y噪声相关系数用于表征训练特征值噪声与所述Y偏振态上的训练离散谱系数的Y训练系数噪声之间的相关性,所述训练离散谱特征值和所述训练离散谱系数为被训练的非线性频分复用信号在频域上的属性,所述X偏振态和所述Y偏振态为被训练的所述非线性频分复用信号在时域上的两个偏振态;

[0129] 依据实测离散谱特征值的实测特征值噪声、所述X噪声相关系数、所述Y噪声相关系数,得到位于所述X偏振态上的X实测离散谱系数所包含的X实测系数噪声和位于所述Y偏振态上的Y实测离散谱系数所包含的Y实测系数噪声,所述实测离散谱特征值和所述X实测离散谱系数以及所述Y实测离散谱系数为实测的非线性频分复用频域信号的属性;

[0130] 依据所述X实测系数噪声和所述Y实测系数噪声以及所述X实测离散谱系数和所述

Y实测离散谱系数,得到噪声补偿之后的所述X实测离散谱系数和噪声补充之后的所述Y实测离散谱系数,所述噪声补偿用于表征去噪信息。

[0131] 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取存储介质中,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,本发明所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用,均可包括非易失性和/或易失性存储器。非易失性存储器可包括只读存储器(ROM)、可编程ROM(PROM)、电可编程ROM(EPROM)、电可擦除可编程ROM(EEPROM)或闪存。易失性存储器可包括随机存取存储器(RAM)或者外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限,RAM以多种形式可得,诸如静态RAM(SRAM)、动态RAM(DRAM)、同步DRAM(SDRAM)、双数据率SDRAM(DDRSDRAM)、增强型SDRAM(ESDRAM)、同步链路(Synchlink)、DRAM(SLDRAM)、存储器总线(Rambus)直接RAM(RDRAM)、直接存储器总线动态RAM(DRDRAM)、以及存储器总线动态RAM(RDRAM)等。

[0132] 最后应说明的是:以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

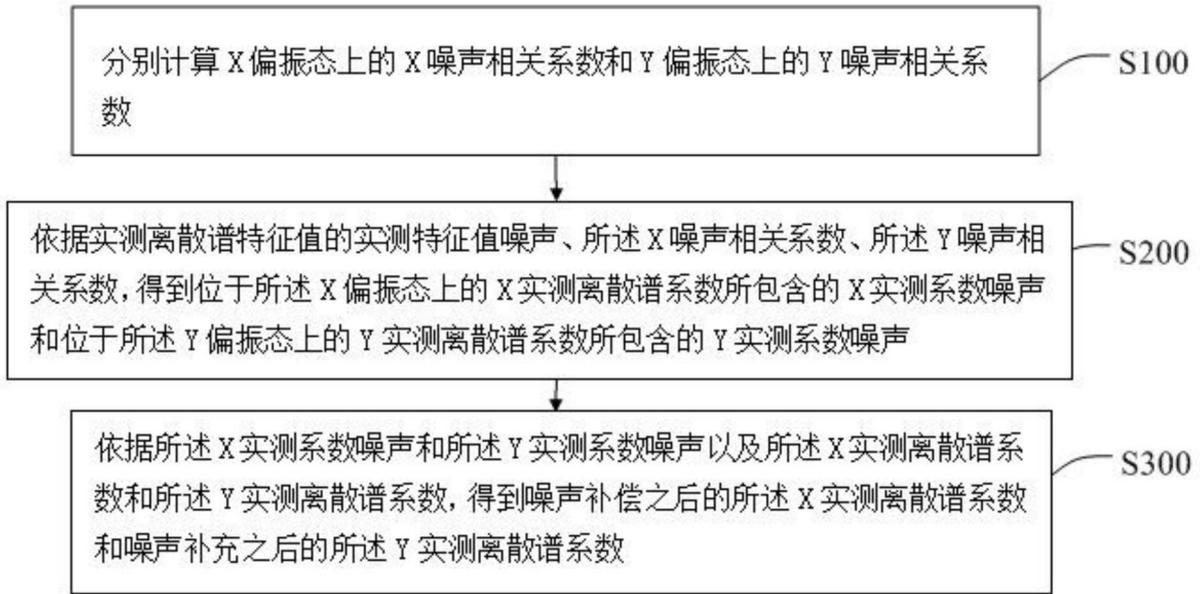


图1

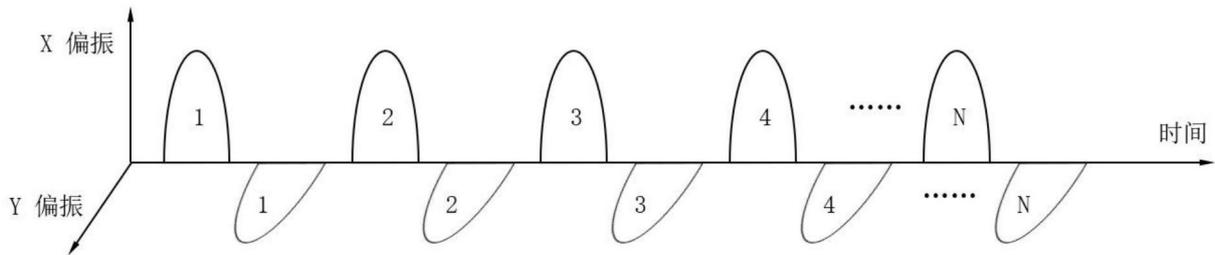


图2

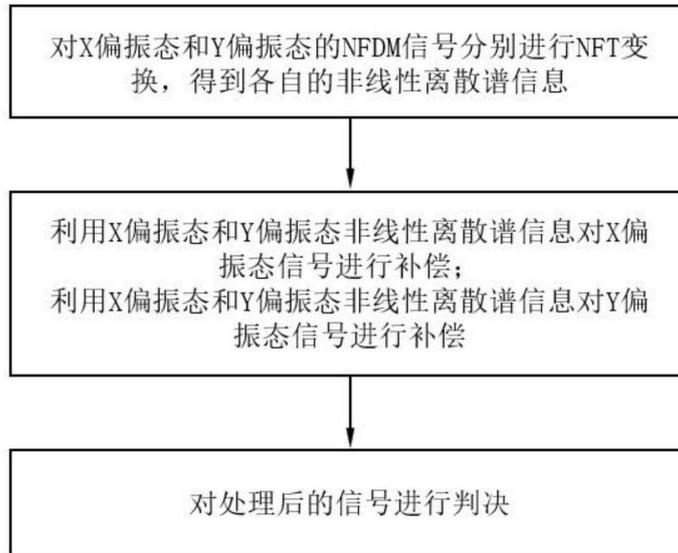


图3

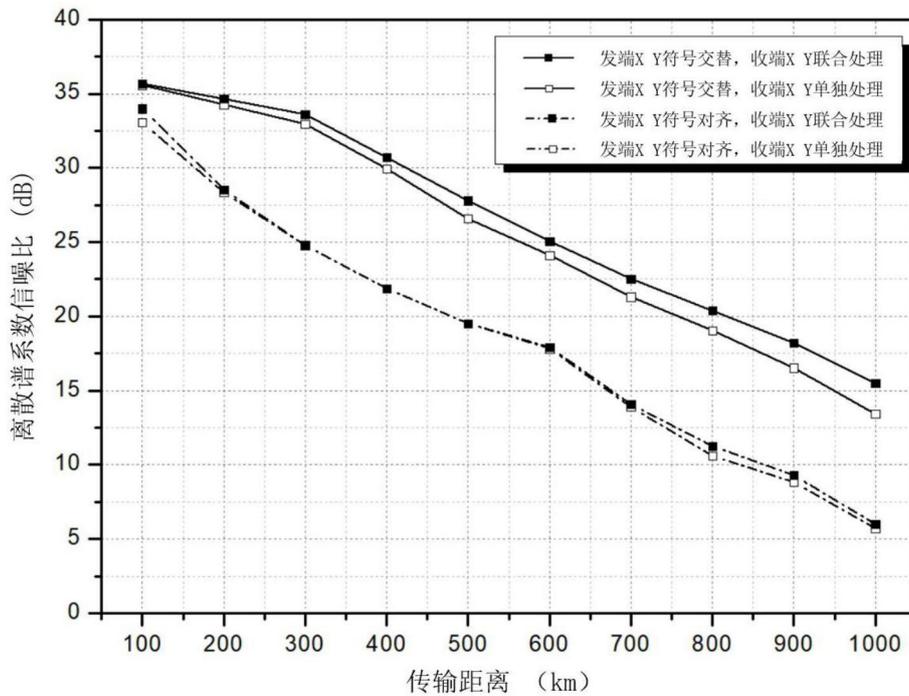


图4

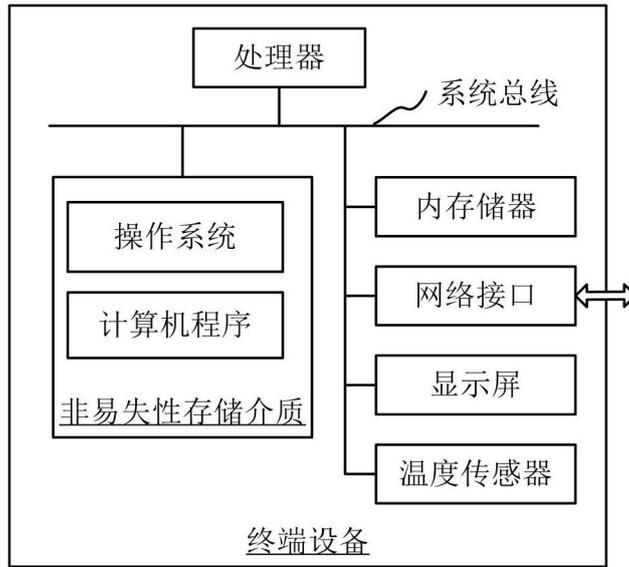


图5