



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110247710 B

(45)授权公告日 2020.07.31

(21)申请号 201910389518.1

H04B 10/61(2013.01)

(22)申请日 2019.05.10

H04L 27/26(2006.01)

H04L 27/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110247710 A

(43)申请公布日 2019.09.17

(73)专利权人 北京邮电大学

地址 100876 北京市海淀区西土城路10号

专利权人 中国联合网络通信有限公司网络技术研究院

(72)发明人 忻向军 刘博 张琦 毛锐 田凤

张丽佳 田清华 王拥军 李良川

卢彦兆 王光全 杨雷静 潘晓龙

王曦朔 盛夏

(74)专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事务所(普通合伙) 11413

代理人 丁芸 马敬

(56)对比文件

CN 102113283 A,2011.06.29

CN 109617843 A,2019.04.12

CN 103840904 A,2014.06.04

CN 109347775 A,2019.02.15

CN 109361471 A,2019.02.19

L. Guesmi, A. M. Ragheb, H. Fathallah and M. Menif.Experimental Demonstration of Simultaneous Modulation Format/Symbol Rate Identification and Optical Performance Monitoring for Coherent Optical Systems.《 Journal of Lightwave Technology》.2018,第36卷(第11期),

审查员 谢丽莹

(51)Int.Cl.

H04B 10/516(2013.01)

权利要求书4页 说明书18页 附图7页

(54)发明名称

基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法及装置

(57)摘要

本发明实施例提供了一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法及装置,其中方法包括:将原始数字信号依次进行串并变换、同相正交IQ调制、串并变换,得到第一预设数量个子载波信号;将多个预设子载波信号添加至第一预设数量个子载波信号中;将多个预设子载波信号添加至第一预设数量个子载波信号中;预设子载波信号至少包括一个空子载波信号和多个满子载波信号,空子载波信号携带有第一复数信息,满子载波信号携带有第二复数信息,第一复数信息对应的模值小于第二复数信息对应的模值,对子载波信号依次进行快速傅里叶变换、并串变换、数模转换后,进行光IQ调制。该方法及装置可以提高对采用高阶调制格式信号的调制格式类型进行识别时的准确性。



CN 110247710 B

1. 一种基于光正交频分复用OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法,其特征在于,应用于基于光OFDM空载波位置编码信号收发系统的发射端,所述方法包括:

获取原始数字信号,并拆分所述原始数字信号为两路第一数字信号,两路所述第一数字信号中分别携带有所述原始数字信号一半的数据量;

对两路所述第一数字信号进行同相正交IQ调制,得到第一复数信号,所述第一复数信号的实部和虚部分别对应所述两路第一数字信号中的其中一路;

对所述第一复数信号进行串并变换,得到第一预设数量个子载波信号,其中,所述子载波信号为复数信号,所述第一预设数量为预设总子载波数与预设调制格式类型个数的差值;

将多个预设子载波信号添加至所述第一预设数量个子载波信号中,得到预设总子载波数个第一子载波信号,所述预设子载波信号至少包括:一个空子载波信号和多个满子载波信号,所述空子载波信号携带有第一复数信息,所述满子载波信号携带有第二复数信息,所述第一复数信息对应的模值小于所述第二复数信息对应的模值;所述空子载波信号在所述预设总子载波数个第一子载波信号中的不同位置与不同调制格式类型具有一一对应关系;

对所述预设总子载波数个第一子载波信号进行快速傅里叶反变换,得到预设总子载波数个第二子载波信号;

对所述第二子载波信号进行并串变换,得到两路第二数字信号,其中,所述两路第二数字信号分别对应所述第二子载波信号的实部和虚部;

分别对两路所述第二数字信号进行数模转换,得到两路第一电信号;

为两路所述第一电信号添加循环前缀和预设训练序列,得到两路第二电信号,所述循环前缀用于去除码间干扰,所述预设训练序列用于补偿信道损伤;

将两路所述第二电信号分别进行光IQ调制,得到两路IQ调制光信号,并发射所述两路IQ调制光信号。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征不在于,所述调制格式类型至少包括:4正交幅度调制QAM,16QAM,64QAM,8相移键控PSK,或者16PSK。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征不在于,所述第一复数信息表示为:

$0+0j$;

所述第二复数信息表示为:

$1+1j$ 。

4. 一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法,其特征不在于,应用于基于光OFDM空载波位置编码信号收发系统的接收端,所述方法包括:

接收由发射端发送的两路IQ调制光信号,并分别对两路所述IQ调制光信号进行相干调解,得到两路第三电信号;

基于所述第三电信号中携带的预设训练序列,对两路所述第三电信号分别进行色散补偿及时钟恢复,得到两路第四电信号;

去除两路所述第四电信号中的循环前缀,得到两路第五电信号;

对两路所述第五电信号进行模数转换,得到两路第三数字信号;

对两路所述第三数字信号进行串并变换,得到预设总子载波数个第三子载波信号,其中,所述第三子载波信号的实部和虚部分别对应所述两路第三数字信号中的其中一路;

对所述预设总子载波数个第三子载波信号进行快速傅里叶变换,得到预设总子载波数个第四子载波信号,其中,所述第四子载波信号中至少包括:一个空子载波信号和多个满子载波信号,所述空子载波信号携带有第一复数信息,所述满子载波信号携带有第二复数信息,所述第一复数信息对应的模值小于所述第二复数信息对应的模值;所述空子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的不同位置与不同调制格式类型具有一一对应关系;

在预设总子载波数个第四子载波信号中,确定预设子载波信号,以及,确定所述预设子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的位置,所述预设子载波信号为发射端在第一预设数量个子载波信号中预先添加的子载波信号;

基于各预设子载波信号所携带复数信息的模值的大小,确定所述空子载波信号,以及,确定所述空子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的位置;

基于所确定的所述位置,以及预设的不同位置与不同调制格式类型的对应关系,确定该位置对应的调制格式类型;

采用所确定的调制格式类型,对去除所述空子载波信号和所述满子载波信号后的所述第四子载波信号进行解调,得到解调信号。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,所述基于各预设子载波信号所携带复数信息的模值的大小,确定所述空子载波信号的步骤,包括:

将具有最小模值的预设子载波信号确定为所述空子载波信号;

所述确定所述空子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的位置的步骤,包括:

分别将每个所述预设子载波信号对应的模值,与预设初始模值的大小进行比较,所述预设初始模值大于所述满子载波信号对应的模值;

如果当前预设子载波信号对应的模值小于所述预设初始模值,则将所述预设初始模值更新为当前预设子载波信号对应的模值,以及将所述空子载波信号的预设初始序号更新为当前预设子载波信号的序号,分别得到更新后的模值以及更新后的序号,其中,所述序号用于表示子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的位置;

如果当前预设子载波信号对应的模值大于或等于所述更新后的模值,则保持所述更新后的模值和所述更新后的序号不变;

如果当前预设子载波信号对应的模值小于所述更新后的模值,则将所述更新后的模值作为新的预设初始模值,将所述更新后的序号作为新的预设初始序号,并执行所述将所述预设初始模值更新为当前预设子载波信号对应的模值,以及将所述空子载波信号的预设初始序号更新为当前预设子载波信号的序号的步骤;直到每个所述预设子载波信号对应的模值与所述预设初始模值比较完成,得到所述空子载波信号的序号。

6. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,在所述对所述预设总子载波数个第三子载波信号进行快速傅里叶变换,得到预设总子载波数个第四子载波信号的步骤之后,所述方法还包括:

利用所述预设训练序列对所述第四子载波信号进行信道估计,得到针对该第四子载波信号的信道估计参数。

7. 一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理装置,其特征在于,应用于基

于光OFDM空载波位置编码信号收发系统的发射端,所述装置包括:

第一串并变换模块,用于获取原始数字信号,并拆分所述原始数字信号为两路第一数字信号,两路所述第一数字信号中分别携带有所述原始数字信号一半的数据量;

IQ调制模块,用于对两路所述第一数字信号进行同相正交IQ调制,得到第一复数信号,所述第一复数信号的实部和虚部分别对应所述两路第一数字信号中的其中一路;

第二串并变换模块,用于对所述第一复数信号进行串并变换,得到第一预设数量个子载波信号,其中,所述子载波信号为复数信号,所述第一预设数量为预设总子载波数与预设调制格式类型个数的差值;

第一添加模块,用于将多个预设子载波信号添加至所述第一预设数量个子载波信号中,得到预设总子载波数个第一子载波信号,所述预设子载波信号至少包括:一个空子载波信号和多个满子载波信号,所述空子载波信号携带有第一复数信息,所述满子载波信号携带有第二复数信息,所述第一复数信息对应的模值小于所述第二复数信息对应的模值;所述空子载波信号在所述预设总子载波数个第一子载波信号中的不同位置与不同调制格式类型具有一一对应关系;

傅里叶反变换模块,用于对所述预设总子载波数个第一子载波信号进行快速傅里叶反变换,得到预设总子载波数个第二子载波信号;

并串变换模块,用于对所述第二子载波信号进行并串变换,得到两路第二数字信号,其中,所述两路第二数字信号分别对应所述第二子载波信号的实部和虚部;

数模转换模块,用于分别对两路所述第二数字信号进行数模转换,得到两路第一电信号;

第二添加模块,用于为两路所述第一电信号添加循环前缀和预设训练序列,得到两路第二电信号,所述循环前缀用于去除码间干扰,所述预设训练序列用于补偿信道损伤;

光IQ调制模块,用于将两路所述第二电信号进行光IQ调制,得到IQ调制光信号,并发射所述IQ调制光信号。

8.一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理装置,其特征在于,应用于基于光OFDM空载波位置编码信号收发系统的接收端,所述装置包括:

第一解调模块,用于接收由发射端发送的IQ调制光信号,并对所述IQ调制光信号进行相干调解,得到两路第三电信号;

补偿及恢复模块,用于基于所述第三电信号中携带的预设训练序列,对两路所述第三电信号分别进行色散补偿及时钟恢复,得到两路第四电信号;

去除模块,用于去除两路所述第四电信号中的循环前缀,得到两路第五电信号;

模数转换模块,用于对两路所述第五电信号进行模数转换,得到两路第三数字信号;

第三串并变换模块,用于对两路所述第三数字信号进行串并变换,得到预设总子载波数个第三子载波信号,其中,所述第三子载波信号的实部和虚部分别对应所述两路第三数字信号中的其中一路;

傅里叶变换模块,用于对所述预设总子载波数个第三子载波信号进行快速傅里叶变换,得到预设总子载波数个第四子载波信号,其中,所述第四子载波信号中至少包括:一个空子载波信号和多个满子载波信号,所述空子载波信号携带有第一复数信息,所述满子载波信号携带有第二复数信息,所述第一复数信息对应的模值小于所述第二复数信息对应的

模值;所述空子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的不同位置与不同调制格式类型具有一一对应关系;

第一处理模块,用于在预设总子载波数个第四子载波信号中,确定预设子载波信号,以及,确定所述预设子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的位置,所述预设子载波信号为发射端在第一预设数量个子载波信号中预先添加的子载波信号;

第二处理模块,用于基于各预设子载波信号所携带复数信息的模值的大小,确定所述空子载波信号,以及,确定所述空子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的位置;

第三处理模块,用于基于所确定的所述位置,以及预设的不同位置与不同调制格式类型的对应关系,确定该位置对应的调制格式类型;

第二解调模块,用于采用所确定的调制格式类型,对去除所述空子载波信号和所述满子载波信号后的所述第四子载波信号进行解调,得到解调信号。

9. 根据权利要求8所述的装置,其特征在于,所述第二处理模块包括:

第一处理子模块,用于将具有最小模值的预设子载波信号确定为所述空子载波信号;

比较模块,用于分别将每个所述预设子载波信号对应的模值,与预设初始模值的大小进行比较,所述预设初始模值大于所述满子载波信号对应的模值;

更新模块,用于如果当前预设子载波信号对应的模值小于所述预设初始模值,则将所述预设初始模值更新为当前预设子载波信号对应的模值,以及将所述空子载波信号的预设初始序号更新为当前预设子载波信号的序号,分别得到更新后的模值以及更新后的序号,其中,所述序号用于表示子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的位置;以及,如果当前预设子载波信号对应的模值小于所述更新后的模值,则将所述更新后的模值作为新的预设初始模值,将所述更新后的序号作为新的预设初始序号;

第二处理子模块,用于在每个所述预设子载波信号对应的模值与所述预设初始模值比较完成,得到所述空子载波信号的序号。

10. 根据权利要求8所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

信道估计模块,用于利用所述预设训练序列对所述第四子载波信号进行信道估计,得到针对该第四子载波信号的信道估计参数。

基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及光通信技术领域,特别是涉及一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法及装置。

背景技术

[0002] OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing,正交频分复用)技术的调制和解调是分别基于IFFT(Inverse Fast Fourier Transform,快速傅里叶反变换)和FFT(Fast Fourier Transformation,快速傅里叶变换)来实现的,是实现复杂度最低、应用最广的一种多载波传输方案。高阶调制包括正交幅度调制和相移键控调制,它们的频谱效率更高但是更容易形成误码;而低阶调制格式不容易产生误码但频谱效率提升不大。因此,在光网络中往往会使用多种调制格式同时存在的情况,因此便要采用多维调制信号处理方法对信号进行处理,以使在发射端采用某种调制格式进行调制的信号,在接收端可以采用该类型的调制格式进行准确解调。

[0003] 现有技术中,通常采用基于接收码元的分布特点进行盲识别的信号处理方法,该处理方法具体处理过程为:接收端通过对所接收信号中的数千个码元进行统计特征计算,然后根据计算结果识别所接收信号采用的调制格式,进而根据所识别的调制格式对所接收信号进行解调。

[0004] 然而,现有的信号处理方法,由于需要对数千个码元进行统计特征的计算,而调制格式的阶数越高,则越容易形成误码,进而会影响对码元进行统计特征计算的结果,因此调制格式类型的识别准确度会随着调制格式阶数的上升而下降,因此在采用高阶调制格式对信号进行处理时,往往出现调制格式类型识别错误的问题,导致接收端使用错误类型的调制格式对所接收信号进行解调。

发明内容

[0005] 本发明实施例的目的在于提供一种多维调制信号识别方法及装置,以提高对采用高阶调制格式信号的调制格式类型进行识别时的准确性。具体技术方案如下:

[0006] 第一方面,本发明实施例提供了一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法,应用于基于光OFDM空载波位置编码信号收发系统的发射端,所述方法包括:

[0007] 获取所述原始数字信号,并拆分所述原始数字信号为两路第一数字信号,两路所述第一数字信号中分别携带有所述原始数字信号一半的数据量;

[0008] 对两路所述第一数字信号进行IQ(In-phase Quadrature,同相正交)调制,得到第一复数信号,所述第一复数信号的实部和虚部分别对应所述两路第一数字信号中的其中一路;

[0009] 对所述第一复数信号进行串并变换,得到第一预设数量个子载波信号,其中,所述子载波信号为复数信号,所述第一预设数量为预设总子载波数与预设调制格式类型个数的差值;

[0010] 将多个预设子载波信号添加至所述第一预设数量个子载波信号中,得到预设总子载波数个第一子载波信号,所述预设子载波信号至少包括:一个空子载波信号和多个满子载波信号,所述空子载波信号携带有第一复数信息,所述满子载波信号携带有第二复数信息,所述第一复数信息对应的模值小于所述第二复数信息对应的模值;

[0011] 对所述预设总子载波数个第一子载波信号进行快速傅里叶反变换,得到预设总子载波数个第二子载波信号;

[0012] 对所述第二子载波信号进行并串变换,得到两路第二数字信号,其中,所述两路第二数字信号分别对应所述第二子载波信号的实部和虚部;

[0013] 分别对两路所述第二数字信号进行数模转换,得到两路第一电信号;

[0014] 为两路所述第一电信号添加循环前缀和预设训练序列,得到两路第二电信号,所述循环前缀用于去除码间干扰,所述预设训练序列用于补偿信道损伤;

[0015] 将两路所述第二电信号分别进行光IQ调制,得到两路IQ调制光信号,并发射所述两路IQ调制光信号。

[0016] 可选地,所述调制格式类型至少包括:4QAM(Quadrature Amplitude Modulation, 正交振幅调制),16QAM,64QAM,8PSK(Phase Shift Keying,相移键控),或者16PSK。

[0017] 可选地,所述第一复数信息表示为:

[0018] $0+0j$;

[0019] 所述第二复数信息表示为:

[0020] $1+1j$ 。

[0021] 第二方面,本发明实施例提供了一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法,应用于基于光OFDM空载波位置编码信号收发系统的接收端,所述方法包括:

[0022] 接收由发射端发送的两路IQ调制光信号,并分别对两路所述IQ调制光信号进行相干调解,得到两路第三电信号;

[0023] 基于所述第三电信号中携带的预设训练序列,对两路所述第三电信号分别进行色散补偿及时钟恢复,得到两路第四电信号;

[0024] 去除两路所述第四电信号中的循环前缀,得到两路第五电信号;

[0025] 对两路所述第五电信号进行模数转换,得到两路第三数字信号;

[0026] 对两路所述第三数字信号进行串并变换,得到预设总子载波数个第三子载波信号,其中,所述第三子载波信号的实部和虚部分别对应所述两路第三数字信号中的其中一路;

[0027] 对所述预设总子载波数个第三子载波信号进行快速傅里叶变换,得到预设总子载波数个第四子载波信号,其中,所述第四子载波信号中至少包括:一个空子载波信号和多个满子载波信号,所述空子载波信号携带有第一复数信息,所述满子载波信号携带有第二复数信息,所述第一复数信息对应的模值小于所述第二复数信息对应的模值;

[0028] 在预设总子载波数个第四子载波信号中,确定预设子载波信号,以及,确定所述预设子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的位置,所述预设子载波信号为发射端在第一预设数量个子载波信号中预先添加的子载波信号;

[0029] 基于各预设子载波信号所携带复数信息的模值的大小,确定所述空子载波信号,以及,确定所述空子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的位置;

[0030] 基于所确定的所述位置,以及预设的不同位置与不同调制格式类型的对应关系,确定该位置对应的调制格式类型;

[0031] 采用所确定的调制格式类型,对去除所述空子载波信号和所述满子载波信号后的所述第四子载波信号进行解调,得到解调信号。

[0032] 可选地,所述基于各预设子载波信号所携带复数信息的模值的大小,确定所述空子载波信号的步骤,包括:

[0033] 将具有最小模值的预设子载波信号确定为所述空子载波信号;

[0034] 所述确定所述空子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的位置的步骤,包括:

[0035] 分别将每个所述预设子载波信号对应的模值,与预设初始模值的大小进行比较,所述预设初始模值大于所述满子载波信号对应的模值;

[0036] 如果当前预设子载波信号对应的模值小于所述预设初始模值,则将所述预设初始模值更新为当前预设子载波信号对应的模值,以及将所述空子载波信号的预设初始序号更新为当前预设子载波信号的序号,分别得到更新后的模值以及更新后的序号,其中,所述序号用于表示子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的位置;

[0037] 如果当前预设子载波信号对应的模值大于或等于所述更新后的模值,则保持所述更新后的模值和所述更新后的序号不变;

[0038] 如果当前预设子载波信号对应的模值小于所述更新后的模值,则将所述更新后的模值作为新的预设初始模值,将所述更新后的序号作为新的预设初始序号,并执行所述将所述预设初始模值更新为当前预设子载波信号对应的模值,以及将所述空子载波信号的预设初始序号更新为当前预设子载波信号的序号的步骤;直到每个所述预设子载波信号对应的模值与所述预设初始模值比较完成,得到所述空子载波信号的序号。

[0039] 可选地,在所述对所述预设总子载波数个第三子载波信号进行快速傅里叶变换,得到预设总子载波数个第四子载波信号的步骤之后,所述方法还包括:

[0040] 利用所述预设训练序列对所述第四子载波信号进行信道估计,得到针对该第四子载波信号的信道估计参数。

[0041] 第三方面,本发明实施例提供了一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理装置,应用于基于光OFDM空载波位置编码信号收发系统的发射端,所述装置包括:

[0042] 第一串并变换模块,用于获取原始数字信号,并拆分所述原始数字信号为两路第一数字信号,两路所述第一数字信号中分别携带有所述原始数字信号一半的数据量;

[0043] IQ调制模块,用于对两路所述第一数字信号进行同相正交IQ调制,得到第一复数信号,所述第一复数信号的实部和虚部分别对应所述两路第一数字信号中的其中一路;

[0044] 第二串并变换模块,用于对所述第一复数信号进行串并变换,得到第一预设数量个子载波信号,其中,所述子载波信号为复数信号,所述第一预设数量为预设总子载波数与预设调制格式类型个数的差值;

[0045] 第一添加模块,用于将多个预设子载波信号添加至所述第一预设数量个子载波信号中,得到预设总子载波数个第一子载波信号,所述预设子载波信号至少包括:一个空子载波信号和多个满子载波信号,所述空子载波信号携带有第一复数信息,所述满子载波信号携带有第二复数信息,所述第一复数信息对应的模值小于所述第二复数信息对应的模值;

- [0046] 傅里叶反变换模块,用于对所述预设总子载波数个第一子载波信号进行快速傅里叶反变换,得到预设总子载波数个第二子载波信号;
- [0047] 并串变换模块,用于对所述第二子载波信号进行并串变换,得到两路第二数字信号,其中,所述两路第二数字信号分别对应所述第二子载波信号的实部和虚部;
- [0048] 数模转换模块,用于分别对两路所述第二数字信号进行数模转换,得到两路第一电信号;
- [0049] 第二添加模块,用于为两路所述第一电信号添加循环前缀和预设训练序列,得到两路第二电信号,所述循环前缀用于去除码间干扰,所述预设训练序列用于补偿信道损伤;
- [0050] 光IQ调制模块,用于将两路所述第二电信号进行光IQ调制,得到IQ调制光信号,并发射所述IQ调制光信号。
- [0051] 第四方面,本发明实施例提供了一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理装置,应用于基于光OFDM空载波位置编码信号收发系统的接收端,所述装置包括:
- [0052] 第一解调模块,用于接收由发射端发送的IQ调制光信号,并对所述IQ调制光信号进行相干调解,得到两路第三电信号;
- [0053] 补偿及恢复模块,用于基于所述第三电信号中携带的预设训练序列,对两路所述第三电信号分别进行色散补偿及时钟恢复,得到两路第四电信号;
- [0054] 去除模块,用于去除两路所述第四电信号中的循环前缀,得到两路第五电信号;
- [0055] 模数转换模块,用于对两路所述第五电信号进行模数转换,得到两路第三数字信号;
- [0056] 第三串并变换模块,用于对两路所述第三数字信号进行串并变换,得到预设总子载波数个第三子载波信号,其中,所述第三子载波信号的实部和虚部分别对应所述两路第三数字信号中的其中一路;
- [0057] 傅里叶变换模块,用于对所述预设总子载波数个第三子载波信号进行快速傅里叶变换,得到预设总子载波数个第四子载波信号,其中,所述第四子载波信号中至少包括:一个空子载波信号和多个满子载波信号,所述空子载波信号携带有第一复数信息,所述满子载波信号携带有第二复数信息,所述第一复数信息对应的模值小于所述第二复数信息对应的模值;
- [0058] 第一处理模块,用于在预设总子载波数个第四子载波信号中,确定预设子载波信号,以及,确定所述预设子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的位置,所述预设子载波信号为发射端在第一预设数量个子载波信号中预先添加的子载波信号;
- [0059] 第二处理模块,用于基于各预设子载波信号所携带复数信息的模值的大小,确定所述空子载波信号,以及,确定所述空子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的位置;
- [0060] 第三处理模块,用于基于所确定的所述位置,以及预设的不同位置与不同调制格式类型的对应关系,确定该位置对应的调制格式类型;
- [0061] 第二解调模块,用于采用所确定的调制格式类型,对去除所述空子载波信号和所述满子载波信号后的所述第四子载波信号进行解调,得到解调信号。
- [0062] 可选地,所述第二处理模块包括:
- [0063] 第一处理子模块,用于将具有最小模值的预设子载波信号确定为所述空子载波信

号;

[0064] 比较模块,用于分别将每个所述预设子载波信号对应的模值,与预设初始模值的大小进行比较,所述预设初始模值大于所述满子载波信号对应的模值;

[0065] 更新模块,用于如果当前预设子载波信号对应的模值小于所述预设初始模值,则将所述预设初始模值更新为当前预设子载波信号对应的模值,以及将所述空子载波信号的预设初始序号更新为当前预设子载波信号的序号,分别得到更新后的模值以及更新后的序号,其中,所述序号用于表示子载波信号在所述预设总子载波数个第四子载波信号中的位置;以及,如果当前预设子载波信号对应的模值小于所述更新后的模值,则将所述更新后的模值作为新的预设初始模值,将所述更新后的序号作为新的预设初始序号;

[0066] 第二处理子模块,用于在每个所述预设子载波信号对应的模值与所述预设初始模值比较完成,得到所述空子载波信号的序号。

[0067] 可选地,本发明实施例提供的基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理装置还包括:

[0068] 信道估计模块,用于利用所述预设训练序列对所述第四子载波信号进行信道估计,得到针对该第四子载波信号的信道估计参数。

[0069] 第五方面,本发明实施例提供了一种本发明实施例提供了一种电子设备,包括处理器、通信接口、存储器和通信总线,其中,所述处理器、所述通信接口、所述存储器通过所述通信总线完成相互间的通信;计算机可读存储介质存储有能够被所述处理器执行的机器可执行指令,所述处理器被所述机器可执行指令促使:实现本发明实施例上述任一方面提供的基于OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法的方法步骤。

[0070] 第六方面,本发明实施例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内存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行本发明实施例上述任一方面提供的基于OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法的方法步骤。

[0071] 本发明实施例提供了一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法及装置,通过发射端在第一预设数量个子载波信号中添加多个预设子载波信号,预设子载波信号至少包括一个空子载波信号和多个满子载波信号,使得发射端在采用多种调制格式类型对信号进行调制时,可以使不同的调制格式类型对应不同位置的空子载波;通过使空子载波信号携带第一复数信息,满子载波信号携带第二复数信息,第一复数信息对应的模值小于第二复数信息对应的模值,使得可以通过不同复数信息的模值的大小在预设子载波信号中识别出空子载波信号并确定空子载波信号添加在第一预设数量个子载波中的位置,并通过空子载波信号不同位置与不同调制格式类型的对应关系确定后该信号所采用的调制格式类型。由于该调制信号中的第一复数信息对应的模值与第二复数信息对应的模值之间的大小关系不易受调制格式阶数的影响,因此在采用高阶调制格式类型时,可以较为准确地识别出空子载波的位置,进而提高了对采用高阶调制格式信号的调制格式类型进行识别时的准确性。当然,实施本发明的任一产品或方法必不一定需要同时达到以上所述的所有优点。

[0072] 本发明实施例提供了一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法及装置,接收端通过在预设总子载波数个第四子载波信号中,确定预设子载波信号,即可以确定空子载波信号和多个满子载波信号在第四子载波信号中的位置;通过各预设子载波信

号所携带复数信息的模值的大小,确定空子载波信号,以及确定空子载波信号在预设总子载波数个第四子载波信号中的位置,进而可以通过所确定的空子载波信号的位置和预设的空子载波信号的不同位置与不同调制格式类型的对应关系,确定该位置对应的调制格式类型,即本信号所采用的调制格式类型。由于该调制信号中的第一复数信息对应的模值与第二复数信息对应的模值之间的大小关系不易受调制格式阶数的影响,因此在采用高阶调制格式类型时,可以较为准确地识别出空子载波信号的位置,进而提高了对采用高阶调制格式信号的调制格式类型进行识别时的准确性。当然,实施本发明的任一产品或方法不一定需要同时达到以上所述的所有优点。

附图说明

[0073] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,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,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0074] 图1为本发明实施例提供的基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法的一种流程示意图;

[0075] 图2为本发明实施例提供的采用16QAM调制时的星座映射图;

[0076] 图3为本发明实施例提供的基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法的另一种流程示意图;

[0077] 图4为本发明实施例提供的基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法的第三种流程示意图;

[0078] 图5为本发明实施例提供的基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理装置的一种结构示意图;

[0079] 图6为本发明实施例提供的基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理装置的另一种结构示意图;

[0080] 图7为本发明实施例提供的电子设备的一种结构示意图;

[0081] 图8为本发明实施例提供的电子设备的另一种结构示意图。

具体实施方式

[0082] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,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他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0083] 如图1所示,本发明实施例提供了一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法,应用于基于光OFDM空载波位置编码信号手法系统的发射端,可以包括以下步骤:

[0084] S101,获取原始数字信号,并拆分原始数字信号为两路第一数字信号。

[0085] 本发明实施例中,原始数字信号为需要进行调解并传输的信号,该原始数字信号为一串并行信号。在本发明实施例中,可以对该一串并行信号进行串并变换,将其变换为两

路并行的第一数字信号,而两路第一数字信号中分别携带原始数字信号一半的数据量。例如,原始数据信号的前四位为0111,那么两路数字信号中的其中一路携带01,另一路携带11。

[0086] S102,对两路第一数字信号进行IQ调制,得到第一复数信号。

[0087] 本发明实施例中,可以对两路第一数字信号进行星座映射,得到第一复数信号,第一复数信号的实部对应两路第一数字信号中的其中一路,第一复数信号的虚部对应两路第一数字信号中的另一路。参照图2,本发明实施例以信号采用16QAM进行调制为例,该第一复数信号每个样值可能取值为 $\{1+1j, 1-1j, -1+1j, -1-1j, 1+3j, 1-3j, -1+3j, -1-3j, 3+1j, 3-1j, -3+1j, -3-1j, 3+3j, 3-3j, -3+3j, -3-3j\}$ 中的其中一个值,其中 j 为复数单位。

[0088] 通常情况下,在采用4QAM、16QAM或64QAM对信号进行调制时,需要对经过星座映射后得到的第一复数信号进行归一化处理,以获得相同的平均功率。在本发明实施例中,可以为将第一复数信号中的每个样值分别乘以归一化系数,示例的,4QAM、16QAM和64QAM的归一化系数可以分别取为: $1/\sqrt{2}$ 、 $1/\sqrt{10}$ 和 $1/\sqrt{42}$ 。这样一来,第一复数信号的实部和虚部的最大幅度均有所减小。

[0089] S103,对第一复数信号进行串并变换,得到第一预设数量个子载波信号。

[0090] 本发明实施例中,子载波信号可以是复数信号,第一预设数量为预设总子载波数与预设调制格式类型个数的差值。该步骤可以为先对第一复数信号进行串并变换,得到第一预设数量个复数信号,然后将第一预设数量个复数信号分别加载在第一预设数量个子载波中,得到第一预设数量个子载波信号,每个子载波信号所承载的复数信号均为有用信息,且每个子载波承载的复数信号之和为第一复数信号,在本实施例中,此处第一复数信号可以为经过归一化处理后的第一复数信号。

[0091] 预设总子载波数和预设调制类型个数可以根据实际需要进行选择,本发明实施例对此不做具体限定。示例的,本发明实施例将预设总子载波数设置为128,将预设调制格式类型个数设置为5,即发射端可以选择采用5种调制格式类型对信号进行调制,本发明实施例中,调制格式类型至少包括:4QAM,16QAM,64QAM,8PSK,或者16PSK。因此,该步骤可以得到123个子载波信号,且该123个子载波信号均承载有用信息。

[0092] S104,将多个预设子载波信号添加至第一预设数量个子载波信号中,得到预设总子载波数个第一子载波信号。

[0093] 预设子载波信号至少包括:一个空子载波信号和多个满子载波信号,空子载波信号携带有第一复数信息,满子载波信号携带有第二复数信息,第一复数信息对应的模值小于第二复数信息对应的模值。

[0094] 由于在本发明实施例中,预设总子载波数为128,因此在上一步骤中得到的123个子载波信号中添加多个预设子载波信号可以得到128个第一子载波信号,而预设子载波信号的数量即为5,其中可以包括一个空子载波信号和4个满子载波信号。

[0095] 空子载波信号携带有第一复数信息,具体为将第一复数信息加载至128个子载波中的其中一个子载波形成空子载波信号,该空子载波信号中仅携带有第一复数信息,未携带有用信息;4个满子载波信号分别携带有第二复数信息,具体为将4个第二复数信息分别加载至128个子载波中的其中4个子载波形成满子载波信号,该满子载波信号中仅携带有第二复数信息,未携带有用信息。

[0096] 预设子载波信号添加在123个子载波信号中的位置为提前预设好的且发射端和接收端共知的位置。示例性的,本发明实施例中,通过预先设置,可以使128个第一子载波信号中的序号3、6、9、12、15的子载波信号设置为携带有复数信息的预设子载波信号,空子载波信号和满子载波信号的具体位置可以在接收端通过算法进行识别。

[0097] 针对不同调制格式类型,可以预设不同位置的空子载波信号,该位置为该空子载波信号在128个第一子载波信号中的位置,并设置不同调制格式类型和空子载波信号的预设的不同位置之间的一一对应关系,以便接收端可以根据不同位置的空子载波信号以及该对应关系,确定出该位置对应的调制格式类型。在本实施例中,可以将不同位置的空子载波信号与不同调制格式类型的对应关系设置为表1所示的对应关系,该位置可以通过预设子载波信号在128个第一子载波信号中的子载波的序号来表示。

[0098] 表1 128个第一子载波信号在不同调制格式类型下每个子载波承载的信息表

子载波的序号 码元 调制格式类型	3	6	9	12	15	其他
4-QAM	0+0j	1+1j	1+1j	1+1j	1+1j	有用信息
16-QAM	1+1j	0+0j	1+1j	1+1j	1+1j	有用信息
64-QAM	1+1j	1+1j	0+0j	1+1j	1+1j	有用信息
8-PSK	1+1j	1+1j	1+1j	0+0j	1+1j	有用信息
16-PSK	1+1j	1+1j	1+1j	1+1j	0+0j	有用信息

[0101] 表1中序号为6的第一子载波信号在采用16QAM调制时的星座映射图如图2所示。

[0102] 本发明实施例对第一复数信息和第二复数信息不做具体限定,但是可以将第一复数信息和第二复数信息的对应的模值设置为两者模值之差较大的模值,且将第二复数信息对应的模值设置为子载波信号(即复数信号)实部和虚部的最大幅度值经过计算得到的模值。需要说明的是,每个复数都对应有一个模值,先计算该复数的实部与虚部的平方和,然后求取该平方和的平方根,平方根中的正值则为该复数的模值。因此,以16QAM为例,子载波信号中实部和虚部的最大幅度值经过计算得到的模值接近1。示例的,第一复数信息可以表示为:0+0j;第二复数信息可以表示为:1+1j。第一复数信息对应的模值为0,第二复数信息对应的模值为 $\sqrt{2}$ 。

[0103] 这样一来,当空子载波信号与满子载波信号距离较近时,即使空子载波信号对应的子载波承载的码元与满子载波信号对应的子载波所承载的码元会互相干扰时,两者之间的模值大小关系也不易被影响;而当空子载波信号与子载波信号距离较近时,由于子载波信号中实部和虚部的最大幅度值计算得出的最大模值接近1,其余模值均小于1,因此子载波信号对空子载波信号所携带的第一复数信息对应的模值影响较小,进而使得接收端可以较为准确地识别出空子载波的位置。

[0104] S105,对预设总子载波数个第一子载波信号进行快速傅里叶反变换,得到预设总子载波数个第二子载波信号。

[0105] 本发明实施例中,对128个第一子载波信号进行IFFT,IFFT为IDFT(Inverse

Discrete Fourier Transform, 离散傅里叶逆变换) 的快速算法, 具体为在IDFT的计算公式中谐波的计算通过蝶形算法进行了简化, 具体地, IDFT的表达式为:

$$[0106] \quad s_m = \sum_{k=1}^N x_k \exp(j2\pi \frac{(m-1)(k-1)}{N})$$

[0107] 上式中, s_m 为IDFT输出信号 (即128个第二子载波信号) 的第 m 个采样点, x_k 为输入信号 (即128个子载波信号) 的第 k 个采样点, 式中具体含义为对128个子载波信号通过一系列谐波的叠加形式得到128个第二子载波信号。

[0108] S106, 对第二子载波信号进行并串变换, 得到两路第二数字信号。

[0109] 本发明实施例中, 两路第二数字信号分别对应第二子载波信号的实部和虚部。将上一步骤得到的128个第二子载波信号通过并串变换, 变换为两路第二数字信号, 其中, 两路第二数字信号中的其中一路对应第二子载波信号的实部, 另一路对应第二子载波信号的虚部。

[0110] S107, 分别对两路第二数字信号进行数模转换, 得到两路第一电信号。

[0111] 该步骤为将两路第二数字信号转换为两路第一电信号, 以便于后续进行光IQ调制。

[0112] S108, 为两路第一电信号添加循环前缀和预设训练序列, 得到两路第二电信号。

[0113] 为两路第一电信号添加循环前缀具体为: 将OFDM符号尾部的信号添加至该OFDM符号的前端, 其中OFDM符号为同一采样点所提取到的128个第二子载波信号所携带的信息, 示例的, 在本发明实施例中, 循环前缀可以选取OFDM符号位于尾部的10个码元的长度。由于多径效应的影响, OFDM符号会出现时延, 而在OFDM中添加循环前缀, 可以保证有时延的OFDM符号在FFT积分周期内总是具有整数倍周期, 进而可以去除码间干扰。

[0114] 预设训练序列可以根据实际需要进行匹配选择, 在本发明实施例中, 为简化计算, 将预设训练序列设置为长度为预设总子载波数加1或减1的序列。设置预设训练序列主要用于接收端对信道损伤进行补偿, 进而进行色散补偿。此处需要说明的是, 预设训练序列为发射端和接收端共同已知的一段序列。

[0115] S109, 将两路第二电信号分别进行光IQ调制, 得到两路IQ调制光信号, 并发射两路IQ调制光信号。本发明实施例中, 将两路第二电信号分别加载至光波中, 形成两路IQ调制光信号, 且两路调制光信号相互正交, 并将该两路调制光信号发射。

[0116] 本发明实施例提供一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法及装置, 通过发射端在第一预设数量个子载波信号中添加多个预设子载波信号, 预设子载波信号包括一个空子载波信号和多个满子载波信号, 使得发射端在采用多种调制格式类型对信号进行调制时, 可以使不同的调制格式类型对应不同位置的空子载波; 通过使空子载波信号携带第一复数信息, 满子载波信号携带第二复数信息, 第一复数信息对应的模值小于第二复数信息对应的模值, 使得可以通过不同复数信息的模值的大小在预设子载波信号中识别出空子载波信号并确定空子载波信号添加在第一预设数量个子载波中的位置, 并通过空子载波信号不同位置与不同调制格式类型的对应关系确定后该信号所采用的调制格式类型。由于该调制信号中的第一复数信息对应的模值与第二复数信息对应的模值之间的大小关系不易受调制格式阶数的影响, 因此在采用高阶调制格式类型时, 可以较为准确地识别出空子载波的位置, 进而提高了对采用高阶调制格式信号的调制格式类型进行识别时

的准确性。

[0117] 如图3所示,本发明实施例提供一种光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法,应用于基于光OFDM空载波位置编码信号收发系统的接收端,该过程可以包括以下步骤:

[0118] S201,接收由发射端发送的两路IQ调制光信号,并分别对两路IQ调制光信号进行相干调解,得到两路第三电信号。

[0119] 本发明实施例中,接收端可以选择使用平衡探测器对两路IQ调制光信号进行相干解调,首先恢复出与IQ调制光信号的载频严格同步的相干载波,然后将IQ调制光信号和该相干载波相乘,最终得到相干解调后的两路第三电信号。

[0120] S202,基于第三电信号中携带的预设训练序列,对两路第三电信号分别进行色散补偿及时钟恢复,得到两路第四电信号。

[0121] 色散指的是不同颜色的光在光纤中传输时,由于具有不同的传播速度而相互分离,在将调制光信号解调为第三电信号后,色散则表现为第三电信号各频率之间的相位差,通过预设训练序列可以计算出发射端在将IQ调制光信号发送前至接收端在相干解调之间的IQ调制光信号在频域中的相位变化规律,确定出各频率的相位补偿量,并根据该相位补偿量对第三电信号进行色散补偿。接收端对第三电信号进行时钟恢复,这样才可以确定每个接收的码元的起止时刻,并用此来确定每个码元的积分区间和抽样判决时刻。需要说明的是,可以使用现有的色散补偿技术及时钟恢复技术对本发明实施例的两路第三电信号进行处理,其具体处理原理及处理过程本发明实施例在此不再赘述。

[0122] S203,去除两路第四电信号中的循环前缀,得到两路第五电信号。

[0123] 由于循环前缀是为在OFDM符号中添加的一段信号,并未携带有用信息,因此该步骤中可以将其删除,得到两路第五电信号。

[0124] S204,对两路第五电信号进行模数转换,得到两路第三数字信号。

[0125] 将两路第五电信号转换为两路第三数字信号,为后续的FFT做准备。

[0126] S205,对两路第三数字信号进行串并变换,得到预设总子载波数个第三子载波信号。

[0127] 本发明实施例中,第三子载波信号的实部和虚部分别对应两路第三数字信号中的其中一路。本步骤为将两路第三数字信号串并变换为128个第三子载波信号,其中,第三子载波信号为复数信号,且第三子载波信号的实部对应第三数字信号中的其中一路,第三子载波信号的虚部对应第三数字信号的另一路。

[0128] S206,对预设总子载波数个第三子载波信号进行快速傅里叶变换,得到预设总子载波数个第四子载波信号。

[0129] 在本发明实施例中,第四子载波信号中至少包括:一个空子载波信号和多个满子载波信号,空子载波信号携带有第一复数信息,满子载波信号携带有第二复数信息,第一复数信息对应的模值小于第二复数信息对应的模值。本步骤可以得到128个第四子载波信号,其中包括一个空子载波信号、4个满子载波信号和123个子载波信号,空子载波信号携带有第一复数信息,满子载波信号中携带有第二复数信息,123个子载波信号均携带有用信息。

[0130] S207,在预设总子载波数个第四子载波信号中,确定预设子载波信号,以及,确定

预设子载波信号在预设总子载波数个第四子载波信号中的位置。

[0131] 预设子载波信号为发射端在第一预设数量个子载波信号中预先添加的子载波信号。由于预设子载波信号添加在128个第四子载波信号中的位置为发射端和接收端共知的位置,因此可以直接确定预设子载波在128个第四子载波信号中的位置,即可以确定预设子载波信号的序号,示例的,本步骤可以确定出5个预设子载波信号的序号分别为3、6、9、12和15。

[0132] S208,基于各预设子载波信号所携带复数信息的模值的大小,确定空子载波信号,以及,确定空子载波信号在预设总子载波数个第四子载波信号中的位置。

[0133] 由于5个预设子载波信号包括一个空子载波信号和4个满子载波信号,空子载波信号携带的第一复数信息的模值与满子载波信号携带的第二复数信息的模值大小不同,因此可以通过将各预设子载波信号所携带复数信息的模值大小进行比较,进而确定空子载波信号,以及空子载波信号在128和第四子载波信号中的位置。

[0134] 可选地,如图4所示,本发明实施例步骤S208具体可以包括:

[0135] S2081,将具有最小模值的预设子载波信号确定为空子载波信号。

[0136] 本发明实施例中,可以通过将各预设子载波信号所携带复数信息的模值大小进行比较,得出最小模值,以及最小模值对应的预设子载波信号。

[0137] S2082,分别将每个预设子载波信号对应的模值,与预设初始模值的大小进行比较。

[0138] 其中,预设初始模值大于满子载波信号对应的模值。需要说明的是,预设子载波信号对应的模值指的是,预设子载波信号所携带的复数信息的模值。在本发明实施例中,满子载波信号所携带的第二复数信息的模值为 $\sqrt{2}$,空子载波信号所携带的第一复数信息的模值为0,因此预设子载波信号所携带复数信息的最大模值即为 $\sqrt{2}$,可以将预设初始模值设置为大于 $\sqrt{2}$ 的任一数值,本发明实施例中将预设初始模值设置为10。

[0139] 在将各个预设子载波信号对应的模值进行比较时,可以按照预设子载波信号的序号由小至大的顺序进行,也可以按照预设子载波信号的序号由大至小的顺序进行,示例的,在本实施例中,按照序号从小至大的顺序进行预设子载波信号对应的模值的比较。

[0140] S2083,如果当前预设子载波信号对应的模值小于预设初始模值,则将预设初始模值更新为当前预设子载波信号对应的模值,以及将空子载波信号的预设初始序号更新为当前预设子载波信号的序号,分别得到更新后的模值以及更新后的序号。

[0141] 其中,序号用于表示子载波信号在预设总子载波数个第四子载波信号中的位置。先将序号为3的预设子载波信号对应的模值与预设初始模值10进行比较,此时该预设子载波信号对应的模值小于预设初始模值10,则将预设初始模值更新为序号为3的预设子载波信号对应的模值,并将空子载波信号的预设初始序号更新为3,该步骤下更新后的模值为序号3的预设子载波信号对应的模值,示例的,当本发明实施例采用调制格式类型为4QAM对应序号为3的预设子载波信号为空子载波信号,则该更新后的模值为0;当本发明实施例采用调制格式类型为8PSK对应序号为15的预设子载波信号为空子载波信号,则更新后的模值为 $\sqrt{2}$,更新后的序号均为3。预设初始序号值可以预设任意数值,本实施例中,可以将其预设为0。

[0142] 在其他可能的实现方式中,也可以将预设初始模值设置为0、 $\sqrt{2}$ 或任意数值,在该种情况下,更新预设初始模值以及空子载波信号的初始序号的条件则要根据预设初始模值与预设子载波信号对应的模值的大小关系进行适应性地改变。示例的,如果将预设初始模值设置为0时,分别将每个预设子载波信号对应的模值与0比较,模值等于预设初始模值0的预设子载波信号则可以确定为空子载波信号。

[0143] S2084,如果当前预设子载波信号对应的模值大于或等于更新后的模值,则保持更新后的模值和更新后的序号不变。

[0144] 在序号为3的预设子载波信号对应的模值与预设初始模值比较后,为序号为6的预设子载波信号对应的模值与更新后的模值进行比较,同样以调制格式类型为4QAM为例,序号为6的预设子载波信号对应的模值为 $\sqrt{2}$,因此其值大于更新后的模值,则更新后的模值和更新后的序号保持不变;以调制格式类型为8PSK为例,序号为6的预设子载波信号对应的模值为 $\sqrt{2}$,因此等于更新后的模值,则更新后的模值和更新后的序号保持不变。

[0145] S2085,如果当前预设子载波信号对应的模值小于更新后的模值,则将更新后的模值作为新的预设初始模值,将更新后的序号作为新的预设初始序号,并执行S2083步骤中的将预设初始模值更新为当前预设子载波信号对应的模值,以及将空子载波信号的预设初始序号更新为当前预设子载波信号的序号的步骤。

[0146] 将序号为9、12和15的预设子载波信号对应的模值逐一与更新后的模值进行比较,以调制格式类型为8PSK为例,由于序号9的预设子载波信号对应的模值与序号为6的预设子载波信号对应的模值相同,因此,更新后的模值与序号均不变,而序号为12的预设子载波信号对应的模值为0,小于更新后的模值,因此将预设初始模值更新为0,将预设初始序号更新为12。

[0147] 作为本发明实施例一种可选的实施方式,如果当前预设子载波信号对应的模值大于更新后的预设初始模值,则保持更新后的预设初始模值和更新后的预设初始序号不变。以调制格式类型为8PSK为例,将序号为15的预设子载波信号对应的模值与该更新后的预设初始模值进行比较,由于序号为15的预设子载波信号对应的模值大于0,因此更新后的预设初始模值和更新后的预设初始序号均保持不变。

[0148] S2086,直到每个预设子载波信号对应的模值与预设初始模值比较完成,得到空子载波信号的序号。

[0149] 当所有预设子载波信号对应的模值均与预设初始模值比较完成后,最终更新后的序号则为空子载波信号的序号。上述对调制格式类型的识别主要通过将各预设子载波信号对应的模值与预设初始模值或更新后的模值进行比较,得出最小的模值,以及与该最小的模值对应的预设子载波的信号,该序号则为空子载波信号,使得接收端可以根据该序号和调制格式类型的对应关系,确定调制格式类型,因此在保证了对调制格式类型的识别准确性的基础上,简化了该识别过程的算法。

[0150] S209,基于所确定的位置,以及预设的不同位置与不同调制格式类型的对应关系,确定该位置对应的调制格式类型。

[0151] 本发明实施例可以根据上一步骤中所确定出的空子载波信号的位置以及表1中所预设的空子载波信号的不同位于与不同调制格式类型之间的对应关系,确定调制格式类型,以便后续采用该种调制格式类型对IQ调制光信号对进行解调。

[0152] S210,采用所确定的调制格式类型,对去除空子载波信号和满子载波信号后的第四子载波信号进行解调,得到解调信号。

[0153] 本发明实施例中,由于空子载波信号携带的第一复数信息和满子载波信号所携带的第二复数信息均不是有用信息,因此首先将第四子载波信号中的空子载波信号和满子载波信号去除,具体为将空子载波信号和满子载波信号所携带的复数信息去除,然后进行解调,即可得到解调信号,该解调信号即为原始数字信号。解调的过程包括根据确定的调制格式类型进行解星座映射、频偏检测以及载波相位恢复算法或均衡器算法的选择及其具体参数。

[0154] 可选地,本发明实施例提供的基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法中,在对预设总子载波数个第三子载波信号进行快速傅里叶变换,得到预设总子载波数个第四子载波信号的步骤之后,该方法还包括:

[0155] 利用预设训练序列对第四子载波信号进行信道估计,得到针对该第四子载波信号的信道估计参数。

[0156] 本发明实施例中,接收端从预设训练序列中对第四子载波信号进行信道估计,并得到针对该第四子载波信号的信道估计参数,当接收端接收有用信息时,则可以根据该信道估计参数对有用信息进行判决更新,完成实时的信道估计。

[0157] 本发明实施例提供的一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法,接收端通过在预设总子载波数个第四子载波信号中,确定预设子载波信号,即可以确定空子载波信号和多个满子载波信号在第四子载波信号中的位置;通过各预设子载波信号所携带复数信息的模值的大小,确定空子载波信号,以及确定空子载波信号在预设总子载波数个第四子载波信号中的位置,进而可以通过所确定的空子载波信号的位置和预设的空子载波信号的不同位置与不同调制格式类型的对应关系,确定该位置对应的调制格式类型,即本信号所采用的调制格式类型。由于该调制信号中的第一复数信息对应的模值与第二复数信息对应的模值之间的大小关系不易受调制格式阶数的影响,因此在采用高阶调制格式类型时,可以较为准确地识别出空子载波信号的位置,进而提高了对采用高阶调制格式信号的调制格式类型进行识别时的准确性。

[0158] 本发明实施例提供的一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理装置的一种具体实施例,该装置应用于基于光OFDM空载波位置编码信号收发系统的发射端,与图1所示流程相对应,参考图5,图5为本发明实施例的一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理装置的一种结构示意图,包括:

[0159] 第一串并变换模块301,用于获取原始数字信号,并拆分原始数字信号为两路第一数字信号,两路第一数字信号中分别携带有原始数字信号一半的数据量。

[0160] IQ调制模块302,用于对两路第一数字信号进行同相正交IQ调制,得到第一复数信号,第一复数信号的实部和虚部分别对应两路第一数字信号中的其中一路。

[0161] 第二串并变换模块303,用于对第一复数信号进行串并变换,得到第一预设数量个子载波信号,其中,子载波信号为复数信号,第一预设数量为预设总子载波数与预设调制格式类型个数的差值。

[0162] 第一添加模块304,用于将多个预设子载波信号添加至第一预设数量个子载波信号中,得到预设总子载波数个第一子载波信号,预设子载波信号至少包括:一个空子载波信

号和多个满子载波信号,空子载波信号携带有第一复数信息,满子载波信号携带有第二复数信息,第一复数信息对应的模值小于第二复数信息对应的模值。

[0163] 傅里叶反变换模块305,用于对预设总子载波数个第一子载波信号进行快速傅里叶反变换,得到预设总子载波数个第二子载波信号。

[0164] 并串变换模块306,用于对第二子载波信号进行并串变换,得到两路第二数字信号,其中,两路第二数字信号分别对应第二子载波信号的实部和虚部。

[0165] 数模转换模块307,用于分别对两路第二数字信号进行数模转换,得到两路第一电信号。

[0166] 第二添加模块308,用于为两路第一电信号添加循环前缀和预设训练序列,得到两路第二电信号,循环前缀用于去除码间干扰,预设训练序列用于补偿信道损伤。

[0167] 光IQ调制模块309,用于将两路第二电信号进行光IQ调制,得到IQ调制光信号,并发射IQ调制光信号。

[0168] 本发明实施例提供一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理装置,通过发射端在经过串并变换得到的第一预设数量个子载波信号中添加多个预设子载波信号,预设子载波信号至少包括一个空子载波信号和多个满子载波信号,使得发射端在采用多种调制格式类型对信号进行调制时,可以使不同的调制格式类型对应不同位置的空子载波;通过使空子载波携带第一复数信息,满子载波携带第二复数信息,第一复数信息对应的模值小于第二复数信息对应的模值,使得可以通过不同复数信息的模值的大小在预设子载波信号中识别出空子载波信号并确定空子载波信号添加在子载波信号中的位置,并通过空子载波信号的不同位置与不同调制格式类型的对应关系确定后该信号所采用的调制格式类型。由于该调制信号中的第一复数信息对应的模值与第二复数信息对应的模值之间的大小关系不易受调制格式阶数的影响,因此在采用高阶调制格式类型时,可以较为准确地识别出空子载波的位置,进而提高了对采用高阶调制格式信号的调制格式类型进行识别时的准确性。

[0169] 本发明实施例提供一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理装置的一种具体实施例,该装置应用于基于光OFDM空载波位置编码信号收发系统的接收端,与图3所示流程相对应,参考图6,图6为本发明实施例的一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理装置的另一种结构示意图,包括:

[0170] 第一解调模块401,用于接收由发射端发送的IQ调制光信号,并对IQ调制光信号进行相干调解,得到两路第三电信号。

[0171] 补偿及恢复模块402,用于基于第三电信号中携带的预设训练序列,对两路第三电信号分别进行色散补偿及时钟恢复,得到两路第四电信号。

[0172] 去除模块403,用于去除两路第四电信号中的循环前缀,得到两路第五电信号。

[0173] 模数转换模块404,用于对两路第五电信号进行模数转换,得到两路第三数字信号。

[0174] 第三串并变换模块405,用于对两路第三数字信号进行串并变换,得到预设总子载波数个第三子载波信号,其中,第三子载波信号的实部和虚部分别对应两路第三数字信号中的其中一路。

[0175] 傅里叶变换模块406,用于对预设总子载波数个第三子载波信号进行快速傅里叶

变换,得到预设总子载波数个第四子载波信号,其中,第四子载波信号中至少包括:一个空子载波信号和多个满子载波信号,空子载波信号携带有第一复数信息,满子载波信号携带有第二复数信息,第一复数信息对应的模值小于第二复数信息对应的模值。

[0176] 第一处理模块407,用于在预设总子载波数个第四子载波信号中,确定预设子载波信号,以及,确定预设子载波信号在预设总子载波数个第四子载波信号中的位置,预设子载波信号为发射端在第一预设数量个子载波信号中预先添加的子载波信号。

[0177] 第二处理模块408,用于基于各预设子载波信号所携带复数信息的模值的大小,确定空子载波信号,以及,确定空子载波信号在预设总子载波数个第四子载波信号中的位置。

[0178] 第三处理模块409,用于基于所确定的位置,以及预设的不同位置与不同调制格式类型的对应关系,确定该位置对应的调制格式类型。

[0179] 第二解调模块410,用于采用所确定的调制格式类型,对去除空子载波信号和满子载波信号后的第四子载波信号进行解调,得到解调信号。

[0180] 可选地,第二处理模块408进一步包括:

[0181] 第一处理子模块,用于将具有最小模值的预设子载波信号确定为空子载波信号;

[0182] 比较模块,用于分别将每个预设子载波信号对应的模值,与预设初始模值的大小进行比较,预设初始模值大于满子载波信号对应的模值。

[0183] 更新模块,用于如果当前预设子载波信号对应的模值小于预设初始模值,则将预设初始模值更新为当前预设子载波信号对应的模值,以及将空子载波信号的预设初始序号更新为当前预设子载波信号的序号,分别得到更新后的模值以及更新后的序号,其中,序号用于表示子载波信号在预设总子载波数个第四子载波信号中的位置;以及,如果当前预设子载波信号对应的模值小于更新后的模值,则将更新后的模值作为新的预设初始模值,将更新后的序号作为新的预设初始序号。

[0184] 第二处理子模块,用于在每个预设子载波信号对应的模值与预设初始模值比较完成,得到空子载波信号的序号。

[0185] 可选地,一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理装置,该装置应用于基于光OFDM空载波位置编码信号收发系统的接收端,该装置还包括:信道估计模块,用于利用预设训练序列对第四子载波信号进行信道估计,得到针对该第四子载波信号的信道估计参数。

[0186] 本发明实施例提供的一种基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理装置,应用于基于光OFDM空载波位置编码信号收发系统的接收端,接收端通过在预设总子载波数个第四子载波信号中,确定预设子载波信号在第四子载波信号中的位置;通过各预设子载波信号所携带复数信息的模值的大小,确定空子载波信号,以及确定空子载波信号在预设总子载波数个第四子载波信号中的位置,进而可以通过所确定的空子载波的位置和预设的空子载波的不同位置与不同调制格式类型的对应关系,确定该位置对应的调制格式类型。由于该调制信号中的第一复数信息对应的模值与第二复数信息对应的模值之间的大小关系不易受调制格式阶数的影响,因此在采用高阶调制格式类型时,可以较为准确地识别出空子载波的位置,进而提高了对采用高阶调制格式信号的调制格式类型进行识别时的准确性。

[0187] 本发明实施例还提供了一种电子设备,如图7所示,包括处理器501、通信接口502、

存储器503和通信总线504,其中,处理器501,通信接口502,存储器503通过通信总线504完成相互间的通信,存储器503,用于存放计算机程序;处理器501,用于执行存储器503上所存放的程序时,可以实现如下步骤:

[0188] 获取原始数字信号,并拆分原始数字信号为两路第一数字信号,两路第一数字信号中分别携带有原始数字信号一半的数据量;对两路第一数字信号进行IQ调制,得到第一复数信号,第一复数信号的实部和虚部分别对应两路第一数字信号中的其中一路;对第一复数信号进行串并变换,得到第一预设数量个子载波信号,其中,子载波信号为复数信号,第一预设数量为预设总子载波数与预设调制格式类型个数的差值;将多个预设子载波信号添加至第一预设数量个子载波信号中,得到预设总子载波数个第一子载波信号,预设子载波信号至少包括:一个空子载波信号和多个满子载波信号,空子载波信号携带有第一复数信息,满子载波信号携带有第二复数信息,第一复数信息对应的模值小于第二复数信息对应的模值;对预设总子载波数个第一子载波信号进行快速傅里叶反变换,得到预设总子载波数个第二子载波信号;对第二子载波信号进行并串变换,得到两路第二数字信号,其中,两路第二数字信号分别对应第二子载波信号的实部和虚部;分别对两路第二数字信号进行数模转换,得到两路第一电信号;为两路第一电信号添加循环前缀和预设训练序列,得到两路第二电信号,循环前缀用于去除码间干扰,预设训练序列用于补偿信道损伤;将两路第二电信号分别进行光IQ调制,得到两路IQ调制光信号,并发射两路IQ调制光信号。

[0189] 本发明实施例提供的一种电子设备,通过发射端在经过串并变换得到的第一预设数量个子载波信号中添加多个预设子载波信号,预设子载波信号至少包括一个空子载波信号和多个满子载波信号,使得发射端在采用多种调制格式类型对信号进行调制时,可以使不同的调制格式类型对应不同位置的空子载波;通过使空子载波携带第一复数信息,满子载波携带第二复数信息,第一复数信息对应的模值小于第二复数信息对应的模值,使得可以通过不同复数信息的模值的大小在预设子载波信号中识别出空子载波并确定空子载波添加在第一预设数量个子载波中的位置,并通过空子载波的不同位置与不同调制格式类型的对应关系确定后该信号所采用的调制格式类型。由于该调制信号中的第一复数信息对应的模值与第二复数信息对应的模值之间的大小关系不易受调制格式阶数的影响,因此在采用高阶调制格式类型时,可以较为准确地识别出空子载波的位置,进而提高了对采用高阶调制格式信号的调制格式类型进行识别时的准确性。

[0190] 本发明实施例还提供了一种电子设备,如图8所示,包括处理器601、通信接口602、存储器603和通信总线604,其中,处理器601,通信接口602,存储器603通过通信总线604完成相互间的通信,

[0191] 存储器603,用于存放计算机程序;

[0192] 处理器601,用于执行存储器603上所存放的程序时,可以实现如下步骤:

[0193] 接收由发射端发送的两路IQ调制光信号,并分别对两路IQ调制光信号进行相干解调,得到两路第三电信号;基于第三电信号中携带的预设训练序列,对两路第三电信号分别进行色散补偿及时钟恢复,得到两路第四电信号;去除两路第四电信号中的循环前缀,得到两路第五电信号;对两路第五电信号进行模数转换,得到两路第三数字信号;对两路第三数字信号进行串并变换,得到预设总子载波数个第三子载波信号,其中,第三子载波信号的实部和虚部分别对应两路第三数字信号中的其中一路;对预设总子载波数个第三子载波信号

进行快速傅里叶变换,得到预设总子载波数个第四子载波信号,其中,第四子载波信号中至少包括:一个空子载波信号和多个满子载波信号,空子载波信号携带有第一复数信息,满子载波信号携带有第二复数信息,第一复数信息对应的模值小于第二复数信息对应的模值;在预设总子载波数个第四子载波信号中,确定预设子载波信号,以及,确定预设子载波信号在预设总子载波数个第四子载波信号中的位置,预设子载波信号为发射端在第一预设数量个子载波信号中预先添加的子载波信号;基于各预设子载波信号所携带复数信息的模值的大小,确定空子载波信号,以及,确定空子载波信号在预设总子载波数个第四子载波信号中的位置;基于所确定的位置,以及预设的不同位置与不同调制格式类型的对应关系,确定该位置对应的调制格式类型;采用所确定的调制格式类型,对去除空子载波信号和满子载波信号后的第四子载波信号进行解调,得到解调信号。

[0194] 本发明实施例提供的一种电子设备,通过接收端在预设总子载波数个第四子载波信号中,确定预设子载波信号,即可以确定空子载波和多个满子载波在第四子载波信号中的位置;通过各预设子载波信号所携带复数信息的模值的大小,确定空子载波信号,以及确定空子载波信号在预设总子载波数个第四子载波信号中的位置,进而可以通过所确定的空子载波的位置和预设的空子载波的不同位置与不同调制格式类型的对应关系,确定该位置对应的调制格式类型,即本信号所采用的调制格式类型。由于该调制信号中的第一复数信息对应的模值与第二复数信息对应的模值之间的大小关系不易受调制格式阶数的影响,因此在采用高阶调制格式类型时,可以较为准确地识别出空子载波的位置,进而提高了对采用高阶调制格式信号的调制格式类型进行识别时的准确性。

[0195] 上述电子设备提到的通信总线可以是外设部件互连标准 (Peripheral Component Interconnect, 简称PCI) 总线或扩展工业标准结构 (Extended Industry Standard Architecture, 简称EISA) 总线等。该通信总线可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示,图中仅用一条粗线表示,但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。

[0196] 通信接口用于上述电子设备与其他设备之间的通信。

[0197] 存储器可以包括随机存取存储器 (Random Access Memory, 简称RAM),也可以包括非易失性存储器 (non-volatile memory, 简称NVM),例如至少一个磁盘存储器。可选的,存储器还可以是至少一个位于远离前述处理器的存储装置。

[0198] 上述的处理器可以是通用处理器,包括中央处理器 (Central Processing Unit, 简称CPU)、网络处理器 (Network Processor, 简称NP) 等;还可以是数字信号处理器 (Digital Signal Processing, 简称DSP)、专用集成电路 (Application Specific Integrated Circuit, 简称ASIC)、现场可编程门阵列 (Field-Programmable Gate Array, 简称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。

[0199] 本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质,计算机可读存储介质内存储有计算机程序,当其在计算机上运行时,使得计算机执行上述实施例中任一所述的基于OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法。

[0200] 对于装置/电子设备/存储介质实施例而言,由于其基本相似于方法实施例,所以描述的比较简单,相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

[0201] 需要说明的是,本发明实施例的装置、电子设备及存储介质分别是应用上述基于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法的装置、电子设备及存储介质,则上述基

于光OFDM空载波位置编码的多维调制信号处理方法的所有实施例均适用于该装置、电子设备及存储介质,且均能达到相同或相似的有益效果。

[0202] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0203] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均包含在本发明的保护范围内。



图1

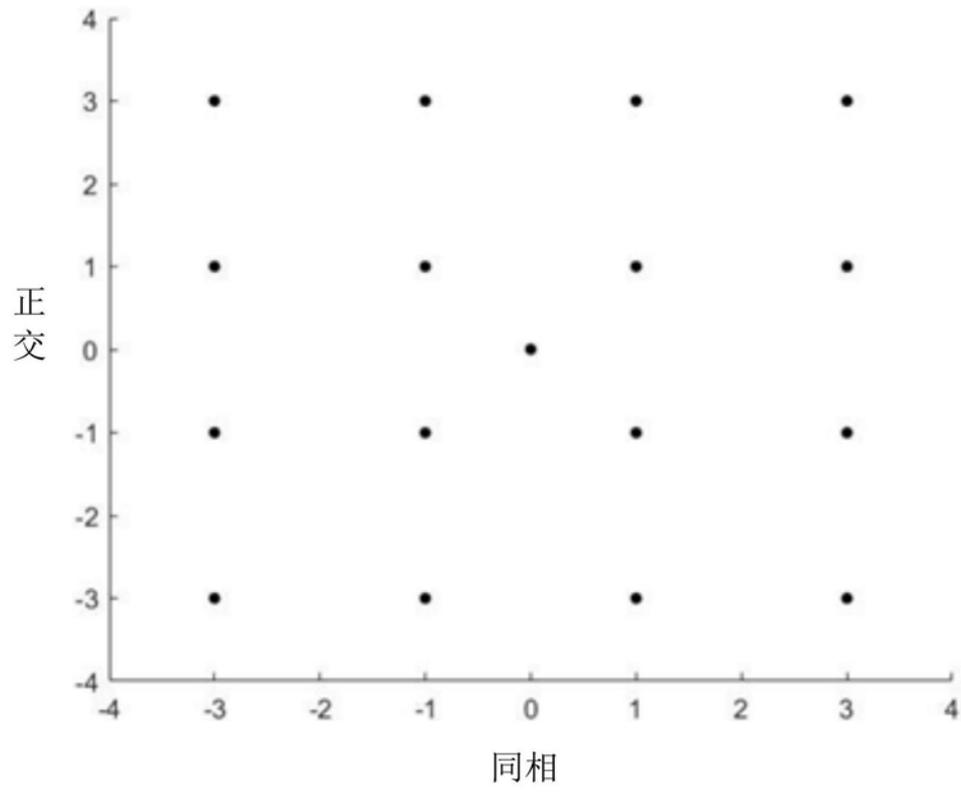


图2



图3

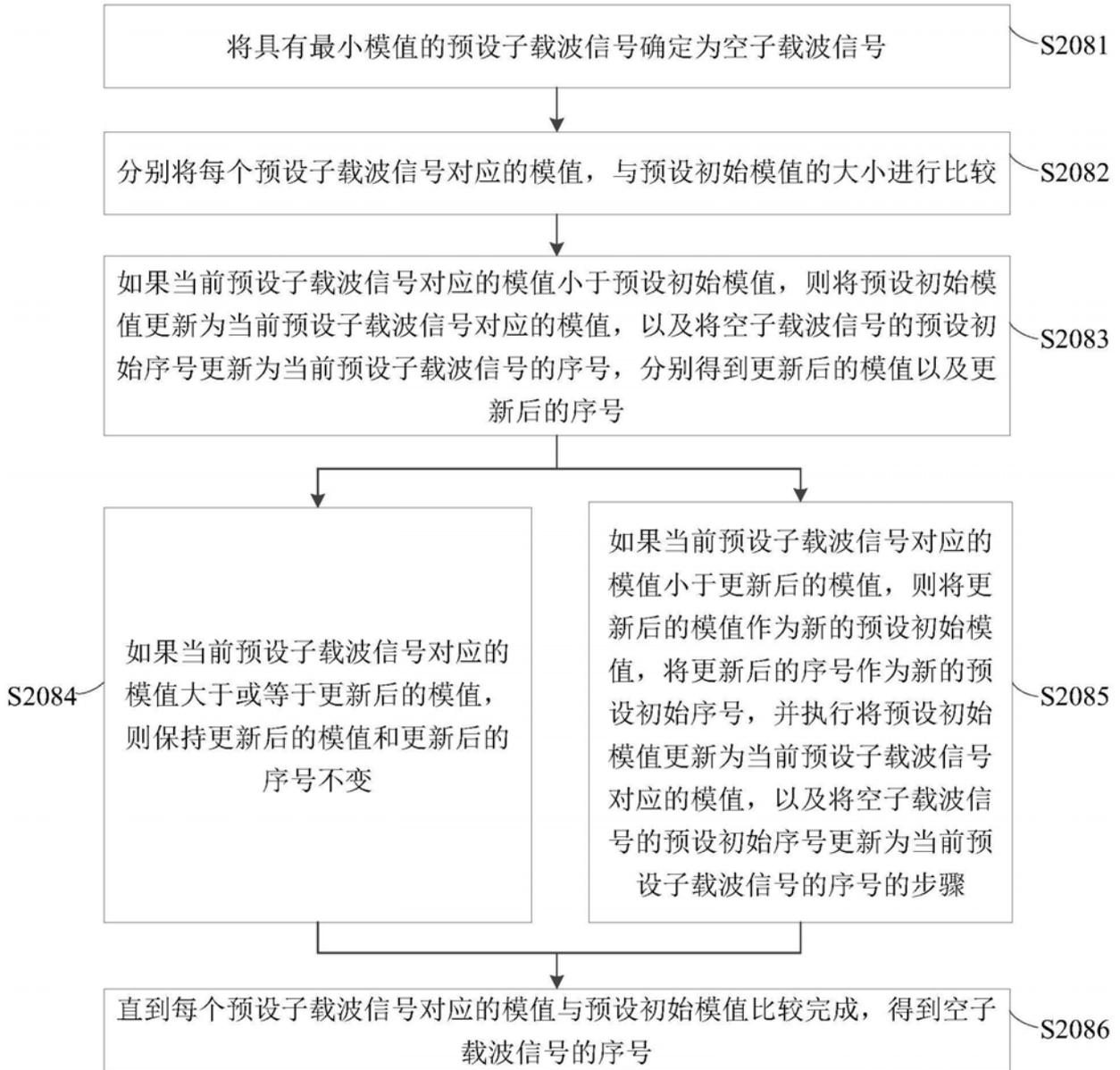


图4

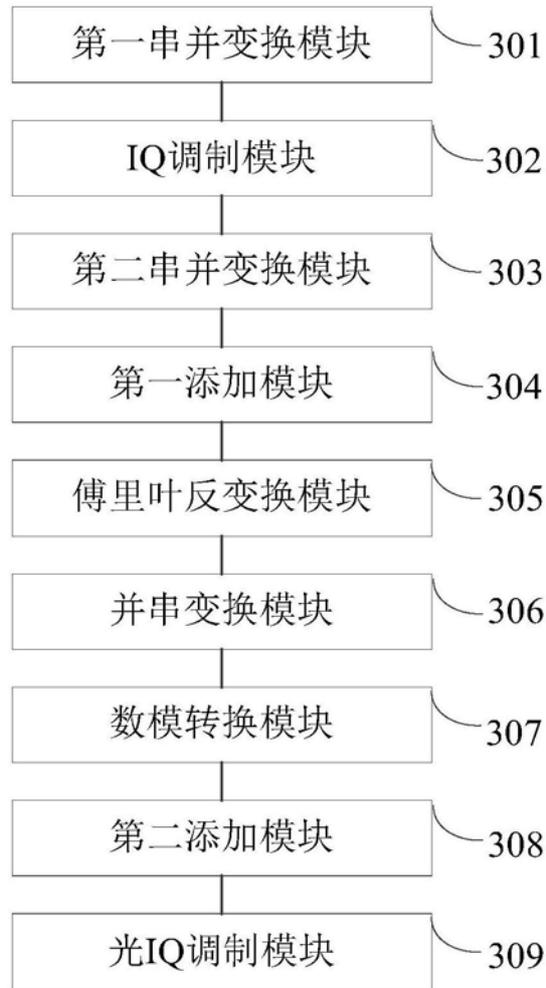


图5

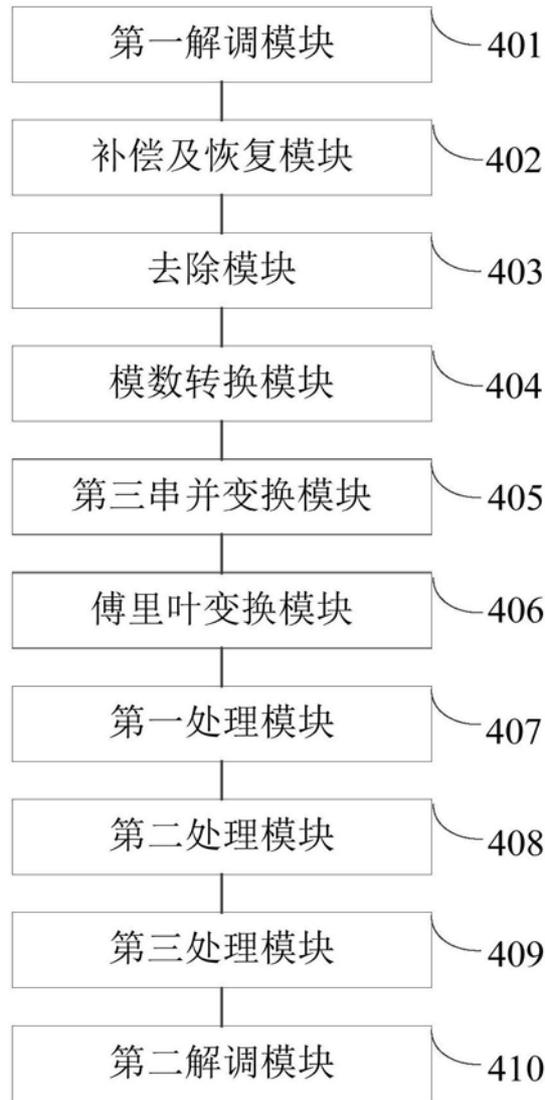


图6

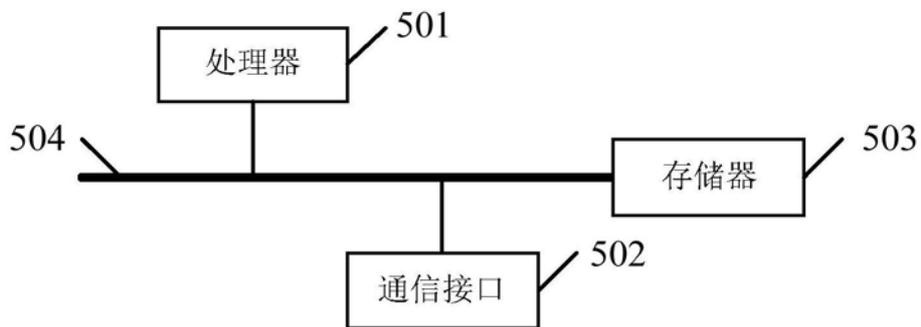


图7

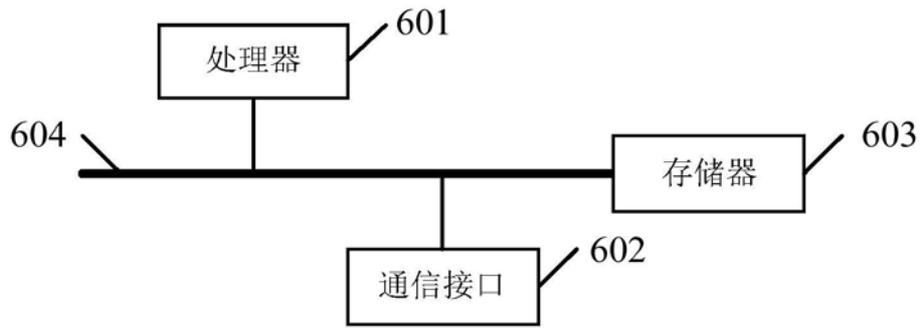


图8