



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115242589 A

(43) 申请公布日 2022. 10. 25

(21) 申请号 202110445627.8

(22) 申请日 2021.04.23

(71) 申请人 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 韩纪龙 陆晓风

(74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

专利代理师 熊永强 李稷芳

(51) Int. Cl.

H04L 27/26 (2006.01)

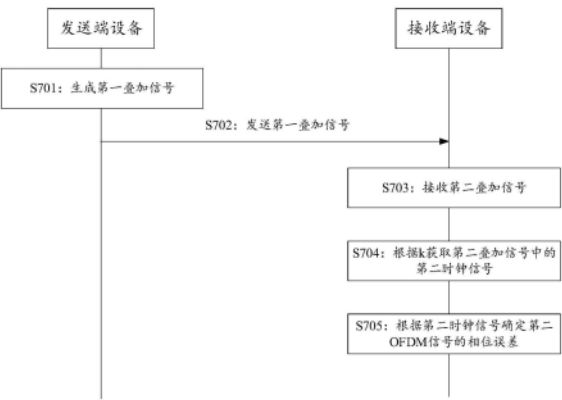
权利要求书4页 说明书14页 附图5页

(54) 发明名称

一种时钟恢复方法及装置

(57) 摘要

本申请实施例提供一种时钟恢复方法及装置,该方法包括:接收第二叠加信号,第二叠加信号包括第二正交频分复用OFDM信号和第二时钟信号;第二叠加信号是发送端设备发出的第一叠加信号经过采样得到的,第一叠加信号包括第一OFDM信号和第一时钟信号,第一时钟信号位于第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处;第一时钟信号是根据k生成的,k为正整数;根据k获取第二叠加信号中的第二时钟信号;根据第二时钟信号确定第二OFDM信号的相位误差,相位误差用于OFDM系统中的采样时钟恢复,采用本申请实施例,能够对OFDM系统中的接收端的采样时钟进行恢复,使其与发送端的采样时钟保持同步,且复杂度低。



1. 一种时钟恢复方法,其特征在于,包括:

接收第二叠加信号,所述第二叠加信号包括第二正交频分复用OFDM信号和第二时钟信号;所述第二叠加信号是发送端设备发出的第一叠加信号经过采样得到的,所述第一叠加信号包括第一OFDM信号和第一时钟信号,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处;所述第一时钟信号是根据所述k生成的,所述k为正整数;

根据所述k获取所述第二叠加信号中的所述第二时钟信号;

根据所述第二时钟信号确定所述第二OFDM信号的相位误差,所述相位误差用于OFDM系统中的采样时钟恢复。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一时钟信号是根据所述k、K和n生成的,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,

$$C_S = \cos\left(\frac{2\pi k}{K} * n\right);$$

其中,C_S表示所述第一时钟信号。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的方法,其特征在于,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的中心位置处。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的方法,其特征在于,

$$C_S' = \cos\left(\frac{2\pi k}{K} * n + \varphi_n\right);$$

其中,C_S'表示所述第二时钟信号, φ_n 表示所述第二OFDM信号的相位误差,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

6. 根据权利要求1-5任一项所述的方法,其特征在于,所述根据所述k获取所述第二叠加信号中的所述第二时钟信号,包括:

根据所述k将所述第二叠加信号中的第k个子载波进行时域滤波或频域滤波,滤除除第k个子载波之外的其他子载波确定所述第二时钟信号。

7. 根据权利要求1-6任一项所述的方法,其特征在于,所述根据所述第二时钟信号确定所述第二OFDM信号的相位误差,包括:

将所述第二时钟信号移频到基带;

对所述移频后的信号进行求和滤波;

根据所述滤波后的信号确定所述第二OFDM信号的相位误差。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于,所述将所述第二时钟信号移频到基带,对所述移频后的信号进行求和滤波,包括:

$$F_S(0:K-1) = C_S'(0:K-1) * e^{j2\pi\frac{k}{K}(0:K-1)};$$

$$W_F = \sum_0^{K-1} F_S(0:K-1);$$

其中,所述F_S(0:K-1)表示所述移频后的信号,所述C_S'(0:K-1)表示所述第二时钟信号,所述j表示复数信号的虚部标识,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K

为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述W_F表示所述滤波后的信号。

9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述根据所述滤波后的信号确定所述第二OFDM信号的相位误差,包括:

$$\varphi = \text{angle}(W_F * e^{j\Delta k});$$

其中,所述 φ 表示所述第二OFDM信号的相位误差,所述W_F表示所述滤波后的信号,所述 $\text{angle}()$ 表示取角度操作,所述 Δk 表示旋转角,用于保证所述第二时钟信号的相位的连续性。

10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,

所述 Δk 是根据所述k、所述K和数字信号处理DSP的并行度P确定的,其中,所述并行度P用于表示所述DSP对所述第二OFDM信号处理时一个时钟触发信号clk是同时对P个所述第二OFDM信号进行处理,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数。

11. 一种时钟恢复方法,其特征在于,包括:

生成第一叠加信号,所述第一叠加信号包括第一正交频分复用OFDM信号和第一时钟信号;所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处;所述第一时钟信号是根据所述k生成的,所述k为正整数;

发送所述第一叠加信号。

12. 根据权利要求11所述的方法,其特征在于,所述生成第一叠加信号之前,所述方法还包括:

确定所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带位置;其中,k为正整数;

生成所述第一OFDM信号,所述第一OFDM信号的第k个子载波频带位置处的调制信号为0;

根据所述k生成所述第一时钟信号。

13. 根据权利要求11或12所述的方法,其特征在于,

所述第一时钟信号是根据所述k、K和n生成的,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

14. 根据权利要求13所述的方法,其特征在于,

$$C_S = \cos\left(\frac{2\pi k}{K} * n\right);$$

其中,所述C_S表示所述第一时钟信号。

15. 根据权利要求11-14任一项所述的方法,其特征在于,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的中心位置处。

16. 根据权利要求11-15任一项所述的方法,其特征在于,所述生成第一叠加信号,包括:

将所述第一OFDM信号进行快速傅里叶逆变换和循环前缀处理;

将所述处理之后的第一OFDM信号和所述第一时钟信号进行叠加生成所述第一叠加信号。

17. 一种时钟恢复装置,其特征在于,包括:

通信单元,用于接收第二叠加信号,所述第二叠加信号包括第二正交频分复用OFDM信号和第二时钟信号;所述第二叠加信号是发送端发出的第一叠加信号经过采样得到的,所述第一叠加信号包括第一OFDM信号和第一时钟信号,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处;所述第一时钟信号是根据所述k生成的,所述k为正整数;

处理单元,用于根据所述k获取所述第二叠加信号中的所述第二时钟信号;

所述处理单元,还用于根据所述第二时钟信号确定所述第二OFDM信号的相位误差,所述相位误差用于OFDM系统中的采样时钟恢复。

18. 根据权利要求17所述的装置,其特征在于,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的中心位置处。

19. 根据权利要求17或18所述的装置,其特征在于,

所述处理单元,用于根据所述k将所述第二叠加信号中的第k个子载波进行时域滤波或频域滤波,滤除除第k个子载波之外的其他子载波确定所述第二时钟信号。

20. 根据权利要求17-19任一项所述的装置,其特征在于,

所述处理单元,用于将所述第二时钟信号移频到基带;对所述移频后的信号进行求和滤波;根据所述滤波后的信号确定所述第二OFDM信号的相位误差。

21. 根据权利要求20所述的装置,其特征在于,

$$F_S(0:K-1) = C_S'(0:K-1) * e^{j2\pi \frac{k}{K}(0:K-1)};$$

$$W_F = \sum_{0}^{K-1} F_S(0:K-1);$$

其中,所述 $F_S(0:K-1)$ 表示所述移频后的信号,所述 $C_S'(0:K-1)$ 表示所述第二时钟信号,所述j表示复数信号的虚部标识,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述 W_F 表示所述滤波后的信号。

22. 根据权利要求21所述的装置,其特征在于,

$$\varphi = \text{angle}(W_F * e^{j\Delta k});$$

其中,所述 φ 表示所述第二OFDM信号的相位误差,所述 W_F 表示所述滤波后的信号,所述 $\text{angle}()$ 表示取角度操作,所述 Δk 表示旋转角,用于保证所述第二时钟信号的相位的连续性。

23. 根据权利要求22所述的装置,其特征在于,

所述 Δk 是根据所述k、所述K和数字信号处理DSP的并行度P确定的,其中,所述并行度P用于表示所述DSP对所述第二OFDM信号处理时一个时钟触发信号clk是同时对P个所述第二OFDM信号进行处理,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数。

24. 一种时钟恢复装置,其特征在于,包括:

处理单元,用于生成第一叠加信号,所述第一叠加信号包括第一正交频分复用OFDM信号和第一时钟信号;所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处;所述第一时钟信号是根据所述k生成的,所述k为正整数;

通信单元,用于发送所述第一叠加信号。

25. 根据权利要求24所述的装置,其特征在于,

所述处理单元,还用于确定所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带位置;其中,k为正整数;

所述处理单元,还用于生成所述第一OFDM信号,所述第一OFDM信号的第k个子载波频带位置处的调制信号为0;

所述处理单元,还用于根据所述k生成所述第一时钟信号。

26. 根据权利要求24或25所述的装置,其特征在于,

所述第一时钟信号是根据所述k、K和n生成的,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

27. 根据权利要求24-26任一项所述的装置,其特征在于,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的中心位置处。

28. 根据权利要求24-27任一项所述的装置,其特征在于,

所述处理单元,用于将所述第一OFDM信号进行快速傅里叶逆变换和循环前缀处理;将所述处理之后的第一OFDM信号和所述第一时钟信号进行叠加生成所述第一叠加信号。

29. 一种芯片,其特征在于,所述芯片包括至少一个处理器,所述至少一个处理器用于执行计算机程序或指令,以实现如权利要求1-16任一项所述的方法。

30. 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中存储有计算机程序或指令,当所述计算机程序或指令在计算机上运行时,以实现如权利要求1-16任一项所述的方法。

一种时钟恢复方法及装置

技术领域

[0001] 本申请涉及光通信技术领域,尤其涉及一种时钟恢复方法及装置。

背景技术

[0002] 正交频分复用(orthogonal frequency division multiplexing,OFDM)因频带利用率高、传输速率高、可有效对抗多径时延和窄带干扰等诸多优点而得到广泛应用。在OFDM系统的接收端,需要先用模数转换器(analog-to-digital converter,ADC)对模拟信号进行采样得到数字信号,然后将该数字信号送入光通信数字信号处理(optical digital signal process,ODSP)中进行信号处理。在同步数字通信中,理想情况下,发送端在发送端采样时钟的驱动下,每隔一个周期发送一个符号,相应的,接收端在接收端采样时钟的驱动下,每隔一个周期进行一次采样,获得该符号,显然,只有当发送端采样时钟和接收端采样时钟同步的情况下,得到的符号值最佳。然而,在实际应用中,由于发送端的晶振和接收端的晶振是两个独立的晶振,在没有外部信号控制的情况下,该两个晶振不可能具有完全相同的采样频率和相位,这会导致接收端接收到的OFDM信号存在频率和相位的偏差,从而导致OFDM信号中的子载波发生相位偏转,而不再保持正交性从而产生载波间的干扰,造成信噪比损失,而且当频率偏差比较大时,会导致符号定时偏移,使得接收端无法准确的确定OFDM信号中有效数据的起始位置。因此,在OFDM系统中如何对接收端的采样时钟进行恢复,使其与发送端的采样时钟保持同步是本领域人员正在解决的技术问题。

发明内容

[0003] 本申请实施例公开了一种时钟恢复方法及装置,能够对OFDM系统中的接收端的采样时钟进行恢复,使其与发送端的采样时钟保持同步,且复杂度低。

[0004] 本申请实施例第一方面公开了一种时钟恢复方法,包括:接收第二叠加信号,所述第二叠加信号包括第二正交频分复用OFDM信号和第二时钟信号;所述第二叠加信号是发送端设备发出的第一叠加信号经过采样得到的,所述第一叠加信号包括第一OFDM信号和第一时钟信号,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第 k 个子载波频带的位置处;所述第一时钟信号是根据所述 k 生成的,所述 k 为正整数;根据所述 k 获取所述第二叠加信号中的所述第二时钟信号;根据所述第二时钟信号确定所述第二OFDM信号的相位误差,所述相位误差用于OFDM系统中的采样时钟恢复。

[0005] 在上述方法中,通过第一时钟信号位于第一OFDM信号中的第 k 个子载波频带的位置处的方式能够使第一时钟信号占用了第一OFDM信号中的一个子载波频带位置,频谱效率高,复杂度低。相应的,根据 k 获取第二叠加信号中的第二时钟信号时复杂度低。而且本申请实施例是在ADC之后进行采样时钟恢复,无需对信号进行同步和FFT运算,实现了时钟恢复和数据恢复的解耦。并且避免了当采样时钟偏差较大时,导致的符号同步不准确的问题,从而加快了后端均衡器收敛的速度。

[0006] 在一种可能的实现方式中,所述第一时钟信号是根据所述 k 、 K 和 n 生成的,所述 k 表

示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

[0007] 在上述方法中,可以根据性能和需求确定k,从而生成第一时钟信号,灵活性更高。

[0008] 在又一种可能的实现方式中, $C_S = \cos\left(\frac{2\pi k}{K} * n\right)$; 其中, C_S 表示所述第一时钟信号。

[0009] 在又一种可能的实现方式中,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的中心位置处。

[0010] 在又一种可能的实现方式中, $C_{S'} = \cos\left(\frac{2\pi k}{K} * n + \varphi_n\right)$; 其中, $C_{S'}$ 表示所述第二时钟信号, φ_n 表示所述第二OFDM信号的相位误差,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

[0011] 在又一种可能的实现方式中,所述根据所述k获取所述第二叠加信号中的所述第二时钟信号,包括:根据所述k将所述第二叠加信号中的第k个子载波进行时域滤波或频域滤波,滤除除第k个子载波之外的其他子载波确定所述第二时钟信号。

[0012] 在上述方法中,通过对第二叠加信号进行时域滤波或频域滤波确定第二时钟信号的方式,能够消除第二叠加信号中的第二OFDM信号对第二时钟信号的干扰。

[0013] 在又一种可能的实现方式中,所述根据所述第二时钟信号确定所述第二OFDM信号的相位误差,包括:将所述第二时钟信号移频到基带;对所述移频后的信号进行求和滤波;根据所述滤波后的信号确定所述第二OFDM信号的相位误差。

[0014] 在又一种可能的实现方式中,所述将所述第二时钟信号移频到基带,对所述移频后的信号进行求和滤波,包括:

$$[0015] \quad F_S(0:K-1) = C_{S'}(0:K-1) * e^{j2\pi \frac{k}{K}(0:K-1)},$$

$$[0016] \quad W_F = \sum_{0}^{K-1} F_S(0:K-1);$$

[0017] 其中,所述 $F_S(0:K-1)$ 表示所述移频后的信号,所述 $C_{S'}(0:K-1)$ 表示所述第二时钟信号,所述j表示复数信号的虚部标识,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述 W_F 表示所述滤波后的信号。

[0018] 在又一种可能的实现方式中,所述根据所述滤波后的信号确定所述第二OFDM信号的相位误差,包括:

$$[0019] \quad \varphi = \text{angle}(W_F * e^{j\Delta k});$$

[0020] 其中,所述 φ 表示所述第二OFDM信号的相位误差,所述 W_F 表示所述滤波后的信号,所述 $\text{angle}()$ 表示取角度操作,所述 Δk 表示旋转角,用于保证所述第二时钟信号的相位的连续性。

[0021] 在又一种可能的实现方式中,所述 Δk 是根据所述k、所述K和数字信号处理DSP的并行度P确定的,其中,所述并行度P用于表示所述DSP对所述第二OFDM信号处理时一个时钟触发信号clk是同时对P个所述第二OFDM信号进行处理,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数。

[0022] 本申请实施例第二方面公开了一种时钟恢复方法,包括:生成第一叠加信号,所述

第一叠加信号包括第一正交频分复用OFDM信号和第一时钟信号;所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处;所述第一时钟信号是根据所述k生成的,所述k为正整数;发送所述第一叠加信号。

[0023] 在上述方法中,通过第一时钟信号位于第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处的方式能够使第一时钟信号占用了第一OFDM信号中的一个子载波频带位置,频谱效率高,复杂度低。

[0024] 在一种可能的实现方式中,所述生成第一叠加信号之前,所述方法还包括:确定所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带位置;其中,k为正整数;生成所述第一OFDM信号,所述第一OFDM信号的第k个子载波频带位置处的调制信号为0;根据所述k生成所述第一时钟信号。

[0025] 在上述方法中,通过第一OFDM信号的第k个子载波频带位置处的调制信号为0,生成第一OFDM信号,有利于第一OFDM信号与第一时钟信号的叠加从而生成第一叠加信号,能够使频谱效率高,复杂度低。

[0026] 在又一种可能的实现方式中,所述第一时钟信号是根据所述k、K和n生成的,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

[0027] 在上述方法中,可以根据性能和需求确定k,从而生成第一时钟信号,灵活性更高。

[0028] 在又一种可能的实现方式中, $C_S = \cos(\frac{2\pi k}{K} * n)$;其中,所述C_S表示所述第一时钟信号。

[0029] 在又一种可能的实现方式中,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的中心位置处。

[0030] 在又一种可能的实现方式中,所述生成第一叠加信号,包括:将所述第一OFDM信号进行快速傅里叶逆变换和循环前缀处理;将所述处理之后的第一OFDM信号和所述第一时钟信号进行叠加生成所述第一叠加信号。

[0031] 本申请实施例第三方面公开了一种时钟恢复装置,包括:通信单元,用于接收第二叠加信号,所述第二叠加信号包括第二正交频分复用OFDM信号和第二时钟信号;所述第二叠加信号是发送端设备发出的第一叠加信号经过采样得到的,所述第一叠加信号包括第一OFDM信号和第一时钟信号,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处;所述第一时钟信号是根据所述k生成的,所述k为正整数;处理单元,用于根据所述k获取所述第二叠加信号中的所述第二时钟信号;所述处理单元,还用于根据所述第二时钟信号确定所述第二OFDM信号的相位误差,所述相位误差用于OFDM系统中的采样时钟恢复。

[0032] 在一种可能的实现方式中,所述第一时钟信号是根据所述k、K和n生成的,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

[0033] 在又一种可能的实现方式中, $C_S = \cos(\frac{2\pi k}{K} * n)$;其中,C_S表示所述第一时钟信号。

[0034] 在又一种可能的实现方式中,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k

个子载波频带的中心位置处。

[0035] 在又一种可能的实现方式中, $C_S' = \cos(\frac{2\pi k}{K} * n + \varphi_n)$; 其中, C_S' 表示所述第二时钟信号, φ_n 表示所述第二OFDM信号的相位误差, 所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波, 所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数, 所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

[0036] 在又一种可能的实现方式中, 所述处理单元, 用于根据所述k将所述第二叠加信号中的第k个子载波进行时域滤波或频域滤波, 滤除除第k个子载波之外的其他子载波确定所述第二时钟信号。

[0037] 在又一种可能的实现方式中, 所述处理单元, 用于将所述第二时钟信号移频到基带; 对所述移频后的信号进行求和滤波; 根据所述滤波后的信号确定所述第二OFDM信号的相位误差。

[0038] 在又一种可能的实现方式中, $F_S(0:K-1) = C_S'(0:K-1) * e^{j2\pi\frac{k}{K}(0:K-1)}$;

[0039] $W_F = \sum_0^{K-1} F_S(0:K-1)$;

[0040] 其中, 所述 $F_S(0:K-1)$ 表示所述移频后的信号, 所述 $C_S'(0:K-1)$ 表示所述第二时钟信号, 所述j表示复数信号的虚部标识, 所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波, 所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数, 所述 W_F 表示所述滤波后的信号。

[0041] 在又一种可能的实现方式中, $\varphi = \text{angle}(W_F * e^{j\Delta k})$; 其中, 所述 φ 表示所述第二OFDM信号的相位误差, 所述 W_F 表示所述滤波后的信号, 所述 $\text{angle}()$ 表示取角度操作, 所述 Δk 表示旋转角, 用于保证所述第二时钟信号的相位的连续性。

[0042] 在又一种可能的实现方式中, 所述 Δk 是根据所述k、所述K和数字信号处理DSP的并行度P确定的, 其中, 所述并行度P用于表示所述DSP对所述第二OFDM信号处理时一个时钟触发信号clk是同时对P个所述第二OFDM信号进行处理, 所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波, 所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数。

[0043] 关于第三方面或可能的实现方式所带来的技术效果, 可参考对于第一方面或相应的实施方式的技术效果的介绍。

[0044] 本申请实施例第四方面公开了一种时钟恢复装置, 包括: 处理单元, 用于生成第一叠加信号, 所述第一叠加信号包括第一正交频分复用OFDM信号和第一时钟信号; 所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处; 所述第一时钟信号是根据所述k生成的, 所述k为正整数; 通信单元, 用于发送所述第一叠加信号。

[0045] 在一种可能的实现方式中, 所述处理单元, 还用于确定所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带位置; 其中, k为正整数; 所述处理单元, 还用于生成所述第一OFDM信号, 所述第一OFDM信号的第k个子载波频带位置处的调制信号为0; 所述处理单元, 还用于根据所述k生成所述第一时钟信号。

[0046] 在又一种可能的实现方式中, 所述第一时钟信号是根据所述k、K和n生成的, 所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波, 所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数, 所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

[0047] 在又一种可能的实现方式中, $C_S = \cos(\frac{2\pi k}{K} * n)$; 其中, 所述 C_S 表示所述第一时

钟信号。

[0048] 在又一种可能的实现方式中,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的中心位置处。

[0049] 在又一种可能的实现方式中,所述处理单元,用于将所述第一OFDM信号进行快速傅里叶逆变换和循环前缀处理;将所述处理之后的第一OFDM信号和所述第一时钟信号进行叠加生成所述第一叠加信号。

[0050] 关于第四方面或可能的实现方式所带来的技术效果,可参考对于第二方面或相应的实施方式的技术效果的介绍。

[0051] 本申请实施例第五方面公开了一种时钟恢复装置,所述装置包括至少一个处理器和通信接口,所述至少一个处理器用于执行至少一个存储器中存储的计算机程序或指令,以使得所述装置实现上述第一方面或第一方面中可能的实现方式所述的方法。

[0052] 本申请实施例第六方面公开了一种时钟恢复装置,所述装置包括至少一个处理器和通信接口,所述至少一个处理器用于执行至少一个存储器中存储的计算机程序或指令,以使得所述装置实现上述第二方面或第二方面中可能的实现方式所述的方法。

[0053] 本申请实施例第七方面公开了一种芯片,所述芯片包括至少一个处理器,所述至少一个处理器用于执行计算机程序或指令,以实现上述任一方面所述的方法。

[0054] 本申请实施例第八方面公开了一种芯片系统,所述芯片系统包括至少一个处理器,所述至少一个处理器用于执行计算机程序或指令,以实现上述任一方面所述的方法。

[0055] 本申请实施例第九方面公开了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质中存储有计算机程序或指令,当所述计算机程序或指令在处理器上运行时,以实现上述任一方面所述的方法。

[0056] 本申请实施例第十方面公开了一种计算机程序产品,所述计算机程序产品中包括计算机程序或指令,当所述计算机程序或指令在计算机上运行时,以实现上述任一方面所述的方法。

附图说明

[0057] 以下对本申请实施例用到的附图进行介绍。

[0058] 图1是本申请实施例提供的一种无源光网络系统的示意图;

[0059] 图2是本申请实施例提供的一种发送端设备的操作过程的示意图;

[0060] 图3是本申请实施例提供的一种接收端设备的操作过程的示意图;

[0061] 图4是本申请实施例提供的一种时钟恢复方法的示意图;

[0062] 图5是本申请实施例提供的又一种时钟恢复方法的示意图;

[0063] 图6是本申请实施例提供的一种加入时钟信号后的频谱图;

[0064] 图7是本申请实施例提供的一种时钟恢复方法的示意图;

[0065] 图8是本申请实施例提供的一种第一叠加信号的频谱图;

[0066] 图9是本申请实施例提供的一种时钟恢复装置的结构示意图;

[0067] 图10是本申请实施例提供的一种时钟恢复装置的结构示意图;

[0068] 图11是本申请实施例提供的一种时钟恢复装置的结构示意图;

[0069] 图12是本申请实施例提供的一种时钟恢复装置的结构示意图。

具体实施方式

[0070] 下面结合本申请实施例中的附图对本申请实施例进行描述。

[0071] 请参见图1,图1是本申请实施例提供的一种无源光网络(passive optical network,PON)系统100的结构示意图,该PON系统100包括光线路终端(optical line termination,OLT)、光分配网(optical distribution network,ODN)和多个光网络单元(optical network unit,ONU),分别为ONU1、ONU2……ONU_n,其中OLT中可以包括发射机数字信号处理器(Tx digital signal processing,Tx-DSP)、数模转换器(digital-to-analog converter,DAC)和发射机光组件(transmitter optical subassembly,TOSA)。每个ONU中包括接收机光组件(receiver optical subassembly,ROSA)、ADC和接收机数字信号处理器(Rx digital signal processing,Rx-DSP);应理解,该PON系统100可以包括更多的OLT或者更少的ONU。在该PON系统中,OLT端在Tx-DSP中生成第一叠加信号,其中第一叠加信号包括第一OFDM信号和第一时钟信号;然后将该第一叠加信号经过DAC转换为模拟信号,然后通过TOSA调制到光载波上进行传输。相应的,ODN将其分配到各个ONU进行接收,例如分配到ONU1中接收,则通过ONU1中的ROSA将光信号转换为电信号,然后通过ONU1中的ADC将该电信号转换为数字信号,从而输入到ONU1中的Rx-DSP中,相应的Rx-DSP接收到第二叠加信号,并对该第二叠加信号进行处理,该第二叠加信号包括第二OFDM信号和第二时钟信号。在本申请实施例中的方法可以应用于图1所示的无源光网络系统100中。

[0072] 上述PON系统中的OLT端的Tx-DSP可以为本申请实施例中的发送端设备,上述PON系统中的ONU端的Rx-DSP可以为本申请实施例中的接收端设备,也就是说,本申请实施例中的发送端设备可以以上述PON系统中的OLT端的Tx-DSP为例进行描述,接收端设备可以以上述PON系统中的ONU端的Rx-DSP为例进行描述。如图2所示,OLT端中Tx-DSP的具体操作过程如下:OLT端中Tx-DSP根据k生成第一OFDM信号和第一时钟信号。其中,第一OFDM信号的第k个子载波频带位置处的调制信号为0。然后,将第一OFDM信号进行快速傅里叶逆变换(inverse fast fourier transform,IFFT)和循环前缀(cyclic prefix,CP)处理;将处理之后的OFDM信号和第一时钟信号进行叠加生成第一叠加信号,其中,第一叠加信号包括第一OFDM信号和第一时钟信号;第一时钟信号位于第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处。然后将该第一叠加信号经过峰均功率比(peak-to-average power ratio,PAPR)削波(clipping)处理之后经过DAC转换为模拟信号。如图3所示,ONU端中的Rx-DSP中还可以包括时钟偏差探测器(timing error detector,TED)、环路滤波器1、环路滤波器2、控制器、缓存器以及差值器,具体操作过程如下:ONU端中的Rx-DSP接收到第二叠加信号之后,该第二叠加信号是OLT端发出的第一叠加信号经过采样得到的,获取第二叠加信号中的第二时钟信号,然后输入到TED中得到第二OFDM信号的相位误差,并通过环路滤波器1进行平滑滤波,得到滤波之后的相位误差,然后分为两路,一路将该相位误差输入到控制器去控制缓存器的输出得到输出信号、以及插值器对该输出信号进行插值,得到无偏差的时钟信号;另一路通过环路滤波器2滤除高频抖动,得到低频的频率偏移,通过压控振荡器(voltage-controlled oscillator,VCO)去控制ADC的采样频率,从而完成OFDM系统中的采样时钟恢复。当然,图3所示的反馈控制架构是一种具体地实施方式,该方法同样可以扩展到其他的变形架构,本申请实施例不做限定。

[0073] 目前在OFDM系统中的时钟恢复方法具体如图4所示,接收端接收模拟信号,将该模

拟信号放大后通过ADC将该模拟信号采样变为数字信号,然后将该数字信号进行符号定时同步,一种方式是将同步之后的信号输入到TED中进行时钟偏差探测得到频率误差和相位误差,又一种方式是将同步之后的信号进行离散傅里叶变换(discrete fourier transform,FFT),然后将变换之后的信号输入到TED中进行时钟偏差探测得到频率误差和相位误差。在获得频率误差和相位误差之后,将频率误差输入到VCO中进行频率的恢复,将相位误差输入到相位旋转器中进行相位的恢复,最终完成OFDM系统中的时钟恢复。但是上述时钟恢复方法会存在如下缺点:频率误差和相位误差都是在同步之后确定的,当采样时钟偏差较大时,同步位置是不准确的,需要进行多次迭代锁定,甚至直接失锁。而且该方法需要实时进行同步和FFT操作,复杂度比较高。

[0074] 又一种时钟恢复方法如图5所示,在光线路终端(optical line termination, OLT)也就是发送端将OFDM信号通过同相正交(in-phase quadrature,IQ)调制器移频到高频,然后在低频加入时钟信号,如图6所示,图6为输出加入时钟信号后的频谱图,然后通过耦合器将该时钟信号和OFDM信号耦合,并向光强度调制器发送耦合后的信号,光强度调制器将耦合后的信号进行电光转换,并发送转换后的信号。相应的,在光网络单元(optical network unit,ONU)也就是接收端,通过光接收机接收转换后的信号,分为两路,一路通过低通滤波器进行过滤确定时钟信号,该时钟信号用于OFDM系统中的时钟恢复;另一路通过IQ调制器移频到低频,确定OFDM信号。但是上述时钟恢复方法会存在如下缺点:上述方法为了传输时钟信号且不影响OFDM信号,需要将OFDM信号移频到高频,预留一定范围的低频部分用于时钟信号的传输,使得频谱效率被严重降低,可传输的有效信号减少。而且采用了低通滤波器、IQ调制器等来实现时钟提取,使得成本高,另外收端采用了功分器,降低了OFDM信号功率,对后面OFDM信号的恢复带来裂化。

[0075] 因此,为了解决上述问题,本申请实施例提出以下解决方案。

[0076] 请参见图7,图7是本申请实施例提供的一种时钟恢复方法,该方法包括但不限于如下步骤:

[0077] 步骤S701:发送端设备生成第一叠加信号。

[0078] 具体地,发送端设备可以为上述PON系统中的OLT端的Tx-DSP。该第一叠加信号包括第一OFDM信号和第一时钟信号。该第一时钟信号为原始标准的时钟信号。该第一时钟信号位于第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处;第一时钟信号是根据k生成的,k为正整数。该第一时钟信号可以为正弦信号或余弦信号,本申请实施例不做限定。

[0079] 具体地,发送端设备可以通过如下方式生成第一叠加信号:将第一OFDM信号进行快速傅里叶逆变换和循环前缀处理,然后将处理之后的第一OFDM信号和第一时钟信号进行叠加生成第一叠加信号。其中,第一叠加信号的频谱图可以如图8所示。

[0080] 具体地,该第一时钟信号位于第一OFDM信号中的第k个子载波频带的中心位置处,具体可以如图8所示;当然该第一时钟信号还可以位于第一OFDM信号中的第k个子载波频带的除中心位置之外的其他位置处,本申请实施例不做限定。

[0081] 在一种可能的实现方式中,发送端设备生成第一叠加信号之前,该方法还包括:发送端设备确定第一OFDM信号中的第k个子载波频带位置,其中,k为正整数;生成第一OFDM信号;然后根据k生成第一时钟信号。

[0082] 具体地,该第一OFDM信号的第k个子载波频带位置处的调制信号为0。确定第一

OFDM信号中的第k个子载波频带位置可以根据系统性能和复杂度等需求选择k。k的取值可以为1,2,3,...,K,其中,K为第一OFDM信号中的子载波个数。

[0083] 在一种示例中,假设第一OFDM信号中有512个子载波,根据系统性能和复杂度需求确定k为168,那么发送端设备确定第一OFDM信号中的第168个子载波频带位置,然后生成第一OFDM信号,也就是说第一OFDM信号的第168个子载波频带位置处的调制信号为0。然后根据k=168生成第一时钟信号。

[0084] 在一种可能的实现方式中,第一时钟信号是根据k,K和n生成的,具体公式如下:

$$[0085] \quad C_S = \cos\left(\frac{2\pi k}{K} * n\right);$$

[0086] 其中,C_S表示所述第一时钟信号,k表示第一OFDM信号中的第k个子载波,K为第一OFDM信号中的子载波的个数,n表示OFDM系统开启之后的第n个时刻。

[0087] 在一种示例中,假设第一OFDM信号中有512个子载波,根据系统性能和复杂度需求确定k为168,n=1,那么第一时钟信号是根据k=168,K=512,n=1生成的。

[0088] 步骤S702:发送端设备发送第一叠加信号。

[0089] 具体地,发送端设备发送第一叠加信号还可以是指发送端设备生成第一叠加信号之后,将该第一叠加信号经过PAPR削波(clipping)处理之后发送给DAC。

[0090] 步骤S703:接收端设备接收第二叠加信号。

[0091] 具体地,该接收端设备可以为上述PON系统中的ONU端的Rx-DSP,该第二叠加信号包括第二OFDM信号和第二时钟信号。该第二叠加信号是发送端设备发出的第一叠加信号经过采样得到的,也就是说该第二叠加信号是第一叠加信号经过DAC发送、信道传输、ADC采样接收得到的。相应的,第二OFDM信号是发送端设备发送的第一叠加信号中的第一OFDM信号经过采样得到的;第二时钟信号是发送端设备发送的第一叠加信号中的第一时钟信号经过采样得到的。

[0092] 步骤S704:接收端设备根据k获取第二叠加信号中的第二时钟信号。

[0093] 具体地,第二时钟信号的表达式如下:

$$[0094] \quad C_S' = \cos\left(\frac{2\pi k}{K} * n + \varphi_n\right);$$

[0095] 其中,C_S'表示所述第二时钟信号, φ_n 表示所述第二OFDM信号的相位误差,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

[0096] 可选的,根据k获取第二叠加信号中的第二时钟信号可以包括如下方式:根据k将第二叠加信号中的第k个子载波进行时域滤波或频域滤波,滤除除第k个子载波之外的其他子载波确定第二时钟信号。其中,时域滤波可以是采用有限长单位冲激响应(finite impulse response,FIR)滤波器进行滤波。其中,根据k将第二叠加信号中的第k个子载波进行频域滤波滤除第k个子载波之外的其他子载波确定第二时钟信号,可以是将第二叠加信号进行FFT得到频域信号,然后根据k将第二叠加信号中除第k个子载波之外的其他子载波置为0,然后进行IFFT从而确定第二时钟信号。当该第一时钟信号位于第一OFDM信号中的第k个子载波频带的除中心位置之外的其他位置处时,则接收端设备需要根据k将第二叠加信号中的第k个子载波进行时域滤波或频域滤波,滤除除第k个子载波之外的其他子载波确定第二时钟信号。

[0097] 步骤S705:接收端设备根据第二时钟信号确定第二OFDM信号的相位误差。

[0098] 具体地,该相位误差用于OFDM系统中的采样时钟恢复。接收端设备可以将该相位误差通过环路滤波器1进行平滑滤波,得到滤波之后的相位误差,然后分为两路,一路将该相位误差输入到控制器去控制缓存器的输出得到输出信号、以及插值器对该输出信号进行插值,得到无偏差的时钟信号;另一路通过环路滤波器2滤除高频抖动,得到低频的频率偏移,通过VCO去控制ADC的采样频率,从而完成OFDM系统中的采样时钟恢复。

[0099] 具体地,接收端设备根据第二时钟信号确定第二OFDM信号的相位误差可以通过如下方式:将第二时钟信号移频到基带,对移频后的信号进行求和滤波,然后根据该滤波后的信号确定第二OFDM信号的相位误差。其中,基带也可以称为0频带。

[0100] 在一种可能的实现方式中,所述将所述第二时钟信号移频到基带,对移频后的信号进行求和滤波,包括:

$$[0101] \quad F_S(0:K-1) = C_S'(0:K-1) * e^{j2\pi \frac{k}{K}(0:K-1)};$$

$$[0102] \quad W_F = \sum_{0}^{K-1} F_S(0:K-1);$$

[0103] 其中, $F_S(0:K-1)$ 表示移频后的信号, $C_S'(0:K-1)$ 表示第二时钟信号, j 表示复数信号的虚部标识, k 表示第一OFDM信号中的第 k 个子载波, K 为第一OFDM信号中的子载波的个数, W_F 表示滤波后的信号。

[0104] 在一种可能的实现方式中,所述根据该滤波后的信号确定第二OFDM信号的相位误差,包括:

$$[0105] \quad \varphi = \text{angle}(W_F * e^{j\Delta k});$$

[0106] 其中,所述 φ 表示所述第二OFDM信号的相位误差,所述 W_F 表示所述滤波后的信号,所述 $\text{angle}()$ 表示取角度操作,所述 Δk 表示旋转角,用于保证所述第二时钟信号的相位的连续性。

[0107] 具体地,在实际的数字信号处理(digital signal processing,DSP)中,数据是以一定并行度同时进行处理,为了保证不同并行度之间的相位连续性,需要做相位连续性处理,即需要补充一个旋转角 Δk 以保障相位的连续性。

[0108] 在又一种可能的实现方式中, Δk 是根据 k 、 K 和数字信号处理DSP的并行度 P 确定的。

[0109] 具体地,并行度 P 用于表示DSP对第二OFDM信号处理时一个时钟触发信号 $c1k$ 是同时对 P 个第二OFDM信号进行处理, k 表示第一OFDM信号中的第 k 个子载波, K 为第一OFDM信号中的子载波的个数。也就是说一个 $c1k$ 是对应 P 个第二OFDM信号的。其中,并行度 P 是根据OFDM系统中的硬件确定的,当硬件确定时则该并行度为一个确定值。

[0110] 具体地, Δk 是根据 k 、 K 、时钟触发信号 $c1k$ 和数字信号处理DSP的并行度 P 确定的,具体公式如下:

$$[0111] \quad N_T = \frac{K}{k};$$

$$[0112] \quad N_R = \text{mod}(P, N_T);$$

$$[0113] \quad D_pha = \frac{N_R}{N_T} * 2\pi;$$

$$[0114] \quad N_{\text{jump}} = \frac{N_T}{\gcd(N_T, N_R)};$$

$$[0115] \quad T_{\text{iter}} = \text{mod}(\text{clk} - 1, N_{\text{jump}});$$

$$[0116] \quad \Delta k = D_{\text{pha}} * T_{\text{iter}};$$

[0117] 其中, mod表示取模操作; gcd(N_T, N_R)表示N_T和N_R的最大公约数; clk表示时钟触发信号, clk=1, 2, ……。

[0118] 在一种示例中, 假设第一OFDM信号中有512个子载波, 即K=512, 根据系统性能和复杂度需求确定k为256, 根据系统硬件确定P=40, 那么根据上述公式确定 $N_T = \frac{K}{k} = \frac{512}{256} = 2$, $N_R = \text{mod}(P, N_T) = \text{mod}(40, 2) = 0$, 从而确定 $\Delta k = 0$, 即旋转角为0, 也就是不需要进行旋转。

[0119] 在图7所描述的方法中, 通过第一时钟信号位于第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处的方式能够使第一时钟信号占用了第一OFDM信号中的一个子载波频带位置, 频谱效率高, 复杂度低。相应的, 根据k获取第二叠加信号中的第二时钟信号时复杂度低。而且本申请实施例是在ADC之后进行采样时钟恢复, 无需对信号进行同步和FFT运算, 实现了时钟恢复和数据恢复的解耦。并且避免了当采样时钟偏差较大时, 导致的符号同步不准确的问题, 从而加快了后端均衡器收敛的速度。

[0120] 上述详细阐述了本申请实施例的方法, 下面提供了本申请实施例的装置。

[0121] 请参见图9, 图9是本申请实施例提供的一种时钟恢复装置900的结构示意图, 该时钟恢复装置900为接收端设备; 该时钟恢复装置可以包括通信单元901和处理单元902, 其中, 各个模块的详细描述如下。

[0122] 通信单元901, 用于接收第二叠加信号, 所述第二叠加信号包括第二正交频分复用OFDM信号和第二时钟信号; 所述第二叠加信号是发送端设备发出的第一叠加信号经过采样得到的, 所述第一叠加信号包括第一OFDM信号和第一时钟信号, 所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处; 所述第一时钟信号是根据所述k生成的, 所述k为正整数; 处理单元, 用于根据所述k获取所述第二叠加信号中的所述第二时钟信号; 所述处理单元, 还用于根据所述第二时钟信号确定所述第二OFDM信号的相位误差, 所述相位误差用于OFDM系统中的采样时钟恢复。

[0123] 在一种可能的实现方式中, 所述第一时钟信号是根据所述k、K和n生成的, 所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波, 所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数, 所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

[0124] 在又一种可能的实现方式中, $C_S = \cos(\frac{2\pi k}{K} * n)$; 其中, C_S表示所述第一时钟信号。

[0125] 在又一种可能的实现方式中, 所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的中心位置处。

[0126] 在又一种可能的实现方式中, $C_{S'} = \cos(\frac{2\pi k}{K} * n + \varphi_n)$; 其中, C_{S'}表示所述第二时钟信号, φ_n 表示所述第二OFDM信号的相位误差, 所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波, 所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数, 所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

[0127] 在又一种可能的实现方式中,所述处理单元902,用于根据所述k将所述第二叠加信号中的第k个子载波进行时域滤波或频域滤波,滤除除第k个子载波之外的其他子载波确定所述第二时钟信号。

[0128] 在又一种可能的实现方式中,所述处理单元902,用于将所述第二时钟信号移频到基带;对所述移频后的信号进行求和滤波;根据所述滤波后的信号确定所述第二OFDM信号的相位误差。

[0129] 在又一种可能的实现方式中, $F_S(0:K-1) = C_S'(0:K-1) * e^{j2\pi \frac{k}{K}(0:K-1)}$;

[0130] $W_F = \sum_{k=0}^{K-1} F_S(0:K-1)$;

[0131] 其中,所述 $F_S(0:K-1)$ 表示所述移频后的信号,所述 $C_S'(0:K-1)$ 表示所述第二时钟信号,所述j表示复数信号的虚部标识,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述 W_F 表示所述滤波后的信号。

[0132] 在又一种可能的实现方式中, $\varphi = \text{angle}(W_F * e^{j\Delta k})$;其中,所述 φ 表示所述第二OFDM信号的相位误差,所述 W_F 表示所述滤波后的信号,所述 $\text{angle}()$ 表示取角度操作,所述 Δk 表示旋转角,用于保证所述第二时钟信号的相位的连续性。

[0133] 在又一种可能的实现方式中,所述 Δk 是根据所述k、所述K和数字信号处理DSP的并行度P确定的,其中,所述并行度P用于表示所述DSP对所述第二OFDM信号处理时一个时钟触发信号clk是同时对P个所述第二OFDM信号进行处理,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数。

[0134] 需要说明的是,各个单元的实现及有益效果还可以对应参照图7所示的方法实施例的相应描述。

[0135] 请参见图10,图10是本申请实施例提供的一种时钟恢复装置1000的结构示意图,该时钟恢复装置1000为发送端设备;该时钟恢复装置可以包括通信单元1001和处理单元1002,其中,各个模块的详细描述如下。

[0136] 处理单元1002,用于生成第一叠加信号,所述第一叠加信号包括第一正交频分复用OFDM信号和第一时钟信号;所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处;所述第一时钟信号是根据所述k生成的,所述k为正整数;通信单元1001,用于发送所述第一叠加信号。

[0137] 在一种可能的实现方式中,所述处理单元1002,还用于确定所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带位置;其中,k为正整数;所述处理单元,还用于生成所述第一OFDM信号,所述第一OFDM信号的第k个子载波频带位置处的调制信号为0;所述处理单元,还用于根据所述k生成所述第一时钟信号。

[0138] 在又一种可能的实现方式中,所述第一时钟信号是根据所述k、K和n生成的,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

[0139] 在又一种可能的实现方式中, $C_S = \cos(\frac{2\pi k}{K} * n)$;其中,所述 C_S 表示所述第一时钟信号。

[0140] 在又一种可能的实现方式中,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k

个子载波频带的中心位置处。

[0141] 在又一种可能的实现方式中,所述处理单元1002,还用于将所述第一OFDM信号进行快速傅里叶逆变换和循环前缀处理;将所述处理之后的第一OFDM信号和所述第一时钟信号进行叠加生成所述第一叠加信号。

[0142] 需要说明的是,各个单元的实现及有益效果还可以对应参照图7所示的方法实施例的相应描述。

[0143] 请参见图11,图11是本申请实施例提供的一种时钟恢复装置1100,该时钟恢复装置1100为接收端设备或接收端设备中的芯片,该装置1100包括至少一个处理器1101和通信接口1103,可选的,还包括存储器1102,所述处理器1101、存储器1102和通信接口1103通过总线1104相互连接。

[0144] 存储器1102包括但不限于是随机存储记忆体(random access memory, RAM)、只读存储器(read-only memory, ROM)、可擦除可编程只读存储器(erasable programmable read only memory, EPROM)、或便携式只读存储器(compact disc read-only memory, CD-ROM),该存储器1102用于相关计算机程序及数据。通信接口1103用于接收和发送数据。

[0145] 处理器1101可以是一个或多个中央处理器(central processing unit, CPU),在处理器1101是一个CPU的情况下,该CPU可以是单核CPU,也可以是多核CPU。

[0146] 该装置1100中的处理器1101读取所述存储器1102中存储的计算机程序代码,用于执行以下操作:

[0147] 通过通信接口1103接收第二叠加信号,所述第二叠加信号包括第二正交频分复用OFDM信号和第二时钟信号;所述第二叠加信号是发送端设备发出的第一叠加信号经过采样得到的,所述第一叠加信号包括第一OFDM信号和第一时钟信号,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处;所述第一时钟信号是根据所述k生成的,所述k为正整数;

[0148] 根据所述k获取所述第二叠加信号中的所述第二时钟信号;

[0149] 根据所述第二时钟信号确定所述第二OFDM信号的相位误差,所述相位误差用于OFDM系统中的采样时钟恢复。

[0150] 在一种可能的实现方式中,所述第一时钟信号是根据所述k、K和n生成的,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

[0151] 在又一种可能的实现方式中, $C_S = \cos(\frac{2\pi k}{K} * n)$;其中, C_S 表示所述第一时钟信号。

[0152] 在又一种可能的实现方式中,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的中心位置处。

[0153] 在又一种可能的实现方式中, $C_{S'} = \cos(\frac{2\pi k}{K} * n + \varphi_n)$;其中, $C_{S'}$ 表示所述第二时钟信号, φ_n 表示所述第二OFDM信号的相位误差,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

[0154] 在又一种可能的实现方式中,所述处理器1101,用于根据所述k将所述第二叠加信

号中的第k个子载波进行时域滤波或频域滤波,滤除除第k个子载波之外的其他子载波确定所述第二时钟信号。

[0155] 在又一种可能的实现方式中,所述处理器1101,用于将所述第二时钟信号移频到基带;对所述移频后的信号进行求和滤波;根据所述滤波后的信号确定所述第二OFDM信号的相位误差。

[0156] 在又一种可能的实现方式中, $F_S(0:K-1) = C_S'(0:K-1) * e^{j2\pi\frac{k}{K}(0:K-1)}$;

[0157] $W_F = \sum_0^{K-1} F_S(0:K-1)$;

[0158] 其中,所述 $F_S(0:K-1)$ 表示所述移频后的信号,所述 $C_S'(0:K-1)$ 表示所述第二时钟信号,所述j表示复数信号的虚部标识,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述 W_F 表示所述滤波后的信号。

[0159] 在又一种可能的实现方式中, $\varphi = \text{angle}(W_F * e^{j\Delta k})$;其中,所述 φ 表示所述第二OFDM信号的相位误差,所述 W_F 表示所述滤波后的信号,所述 $\text{angle}()$ 表示取角度操作,所述 Δk 表示旋转角,用于保证所述第二时钟信号的相位的连续性。

[0160] 在又一种可能的实现方式中,所述 Δk 是根据所述k、所述K和数字信号处理DSP的并行度P确定的,其中,所述并行度P用于表示所述DSP对所述第二OFDM信号处理时一个时钟触发信号clk是同时对P个所述第二OFDM信号进行处理,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数。

[0161] 需要说明的是,各个操作的实现及有益效果还可以对应参照图7所示的方法实施例的相应描述。

[0162] 请参见图12,图12是本申请实施例提供的一种时钟恢复装置1200,该时钟恢复装置1100为发送端设备或发送端设备中的芯片,该装置1200包括至少一个处理器1201和通信接口1203,可选的,还包括存储器1202,所述处理器1201、存储器1202和通信接口1203通过总线1204相互连接。

[0163] 存储器1202包括但不限于是随机存储记忆体(random access memory, RAM)、只读存储器(read-only memory, ROM)、可擦除可编程只读存储器(erasable programmable read only memory, EPROM)、或便携式只读存储器(compact disc read-only memory, CD-ROM),该存储器1202用于相关计算机程序及数据。通信接口1203用于接收和发送数据。

[0164] 处理器1201可以是一个或多个中央处理器(central processing unit, CPU),在处理器1201是一个CPU的情况下,该CPU可以是单核CPU,也可以是多核CPU。

[0165] 该装置1200中的处理器1201读取所述存储器1202中存储的计算机程序代码,用于执行以下操作:

[0166] 生成第一叠加信号,所述第一叠加信号包括第一正交频分复用OFDM信号和第一时钟信号;所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的位置处;所述第一时钟信号是根据所述k生成的,所述k为正整数;

[0167] 通过所述通信接口1203发送所述第一叠加信号。

[0168] 在一种可能的实现方式中,所述处理器1201,还用于确定所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带位置;其中,k为正整数;所述处理器1201,还用于生成所述第一OFDM信号,所述第一OFDM信号的第k个子载波频带位置处的调制信号为0;所述处理器1201,还用于根

据所述k生成所述第一时钟信号。

[0169] 在又一种可能的实现方式中,所述第一时钟信号是根据所述k、K和n生成的,所述k表示所述第一OFDM信号中的第k个子载波,所述K为所述第一OFDM信号中的子载波的个数,所述n表示所述OFDM系统开启之后的第n个时刻。

[0170] 在又一种可能的实现方式中, $C_S = \cos(\frac{2\pi k}{K} * n)$;其中,所述C_S表示所述第一时钟信号。

[0171] 在又一种可能的实现方式中,所述第一时钟信号位于所述第一OFDM信号中的第k个子载波频带的中心位置处。

[0172] 在又一种可能的实现方式中,所述处理器1201,还用于将所述第一OFDM信号进行快速傅里叶逆变换和循环前缀处理;将所述处理之后的第一OFDM信号和所述第一时钟信号进行叠加生成所述第一叠加信号。

[0173] 需要说明的是,各个操作的实现及有益效果还可以对应参照图7所示的方法实施例的相应描述。

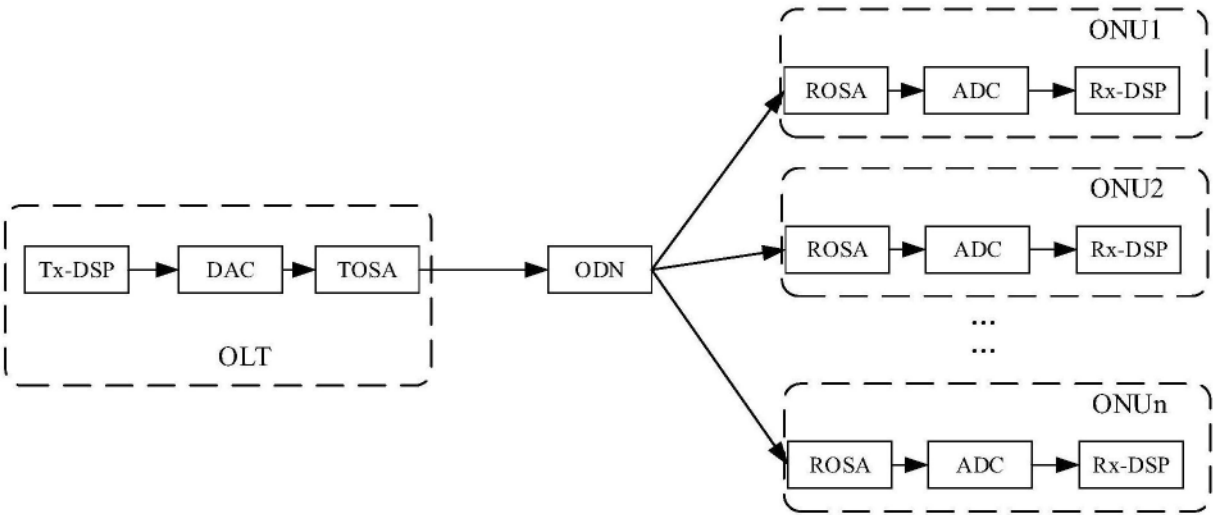
[0174] 本申请实施例还提供了一种芯片,所述芯片包括至少一个处理器,所述至少一个处理器用于执行计算机程序或指令,所述计算机程序或指令被所述处理器执行时,图7所示的方法流程得以实现。

[0175] 本申请实施例还提供一种芯片系统,所述芯片系统包括至少一个处理器,所述至少一个处理器用于执行计算机程序或指令,所述计算机程序或指令被所述处理器执行时,图7所示的方法流程得以实现。

[0176] 本申请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中存储有计算机程序,当其在处理器上运行时,图7所示的方法流程得以实现。

[0177] 本申请实施例还提供一种计算机程序产品,所述计算机程序产品中包括计算机程序或指令,当所述计算机程序或指令在计算机上运行时,图7所示的方法流程得以实现。

[0178] 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,该流程可以由计算机程序来计算机程序相关的硬件完成,该计算机程序可存储于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实施例的流程。而前述的存储介质包括:ROM或随机存储记忆体RAM、磁碟或者光盘等各种可存储计算机程序代码的介质。



OLT:光线路终端

ODN:光分配网

ONU:光网络单元

Tx-DSP:发射机数字处理器

Rx-DSP:接收机数字处理器

TOSA:发射机光组件

ROSA:接收机光组件

DAC:数模转换器

ADC:模数转换器

图1

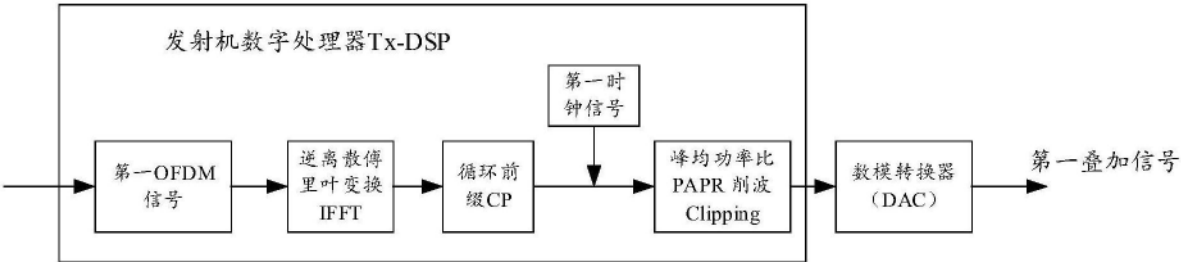


图2

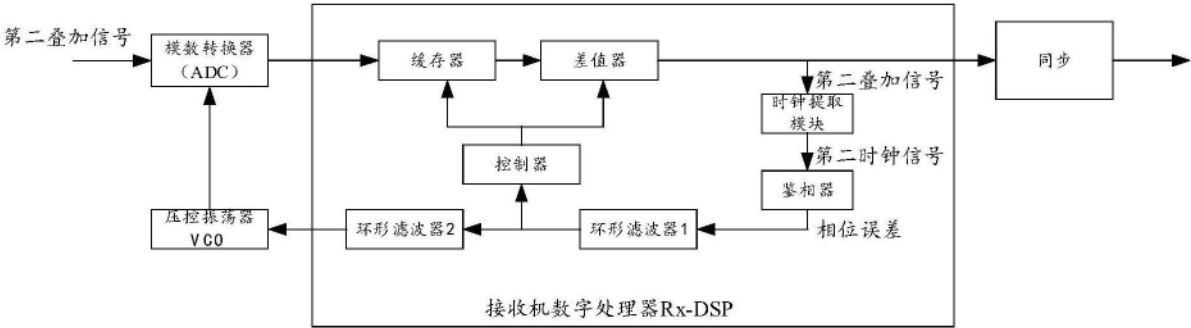


图3

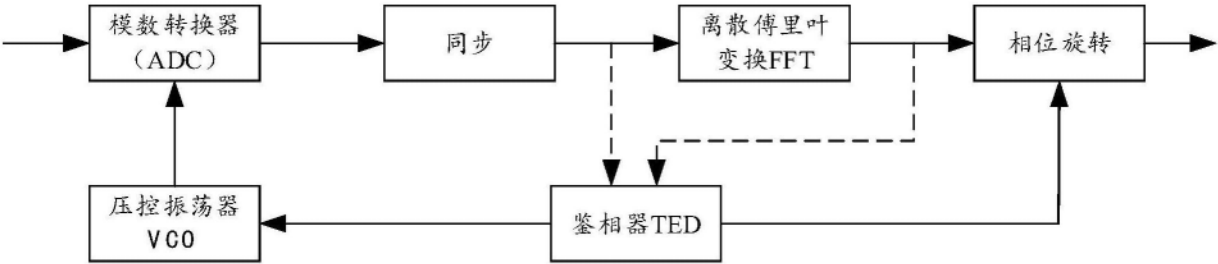


图4

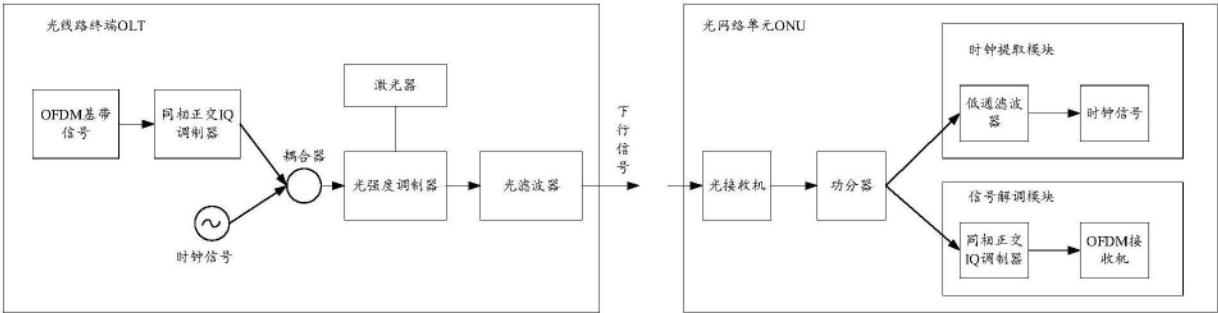


图5

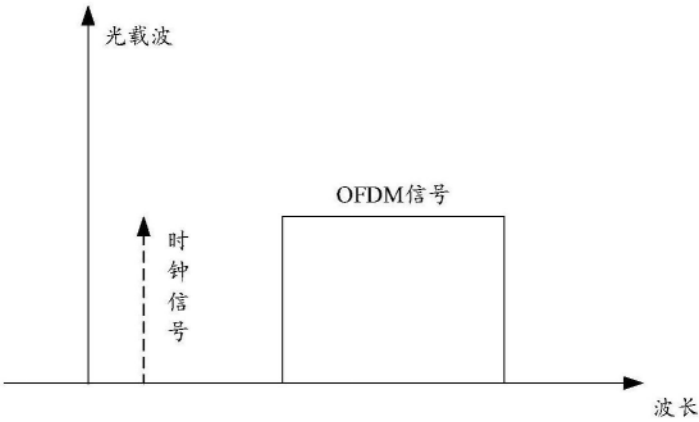


图6

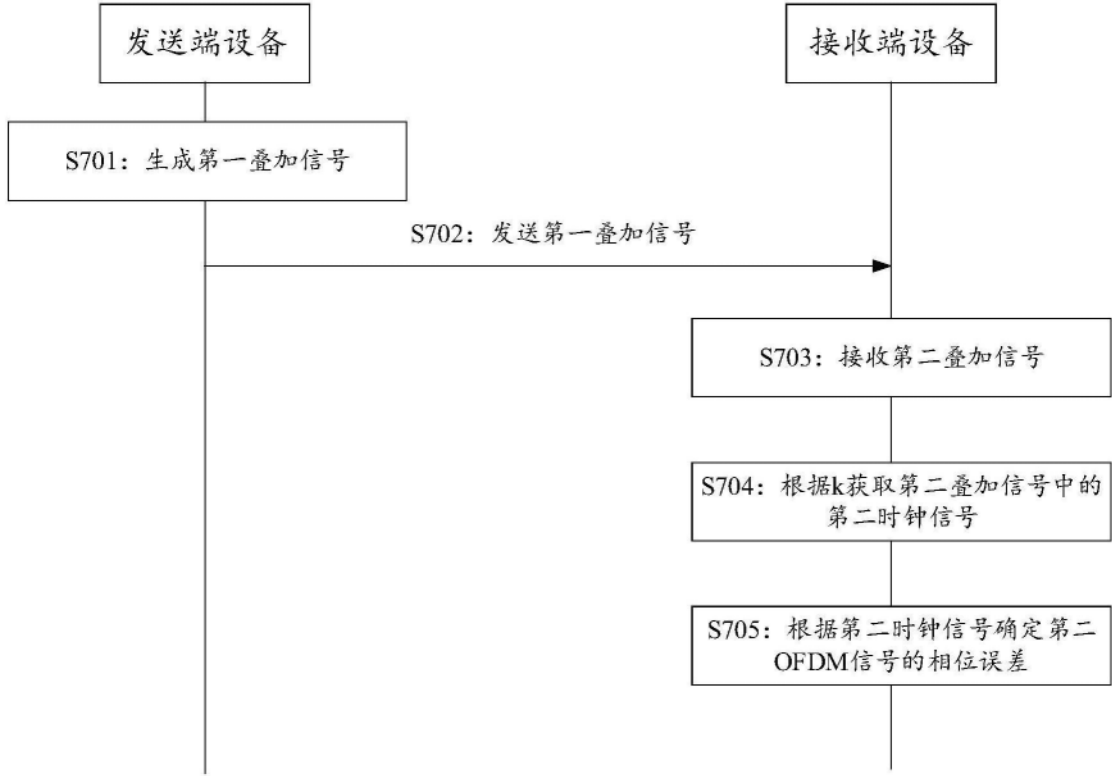


图7

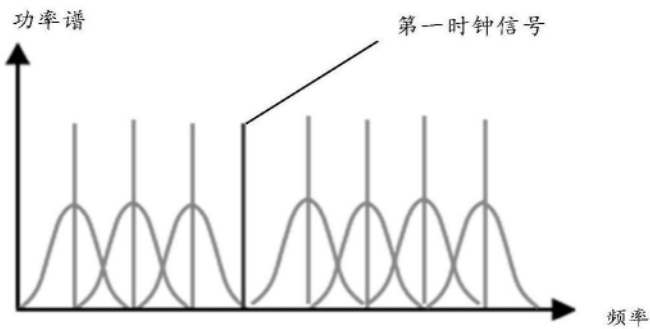


图8

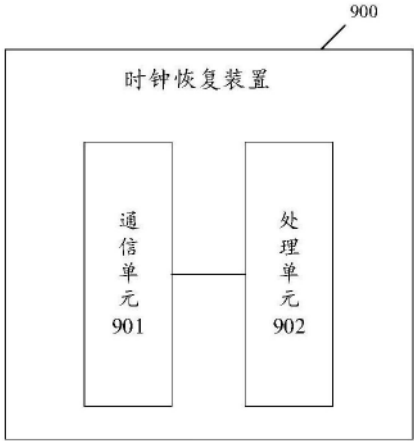


图9

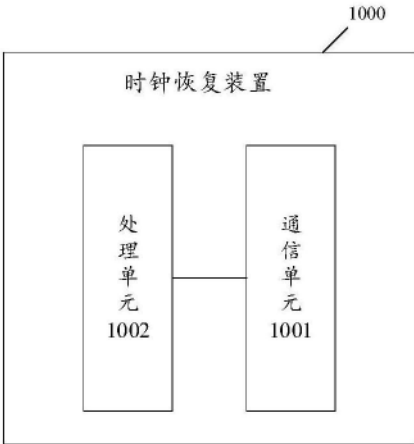


图10

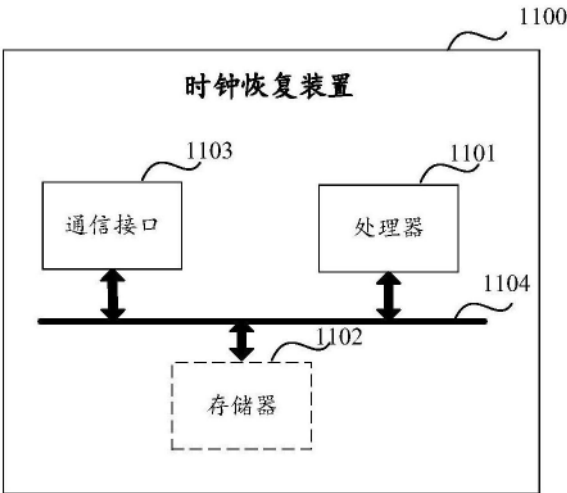


图11

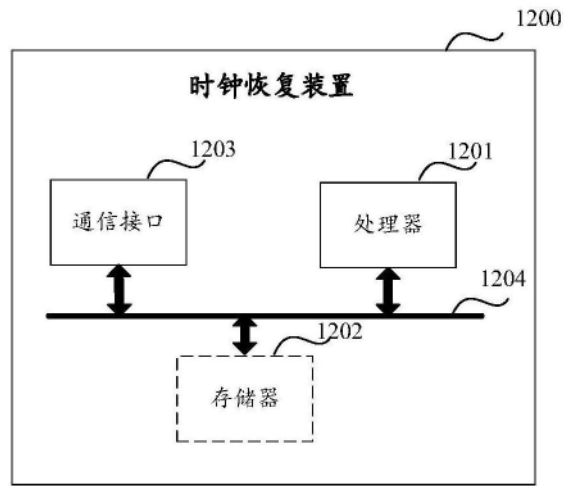


图12