



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111817841 A

(43) 申请公布日 2020.10.23

(21) 申请号 202010513172.4

(22) 申请日 2020.06.08

(71) 申请人 深圳友讯达科技股份有限公司

地址 518000 广东省深圳市南山区桃源街
道光前工业区十七栋六楼

(72) 发明人 崔涛 董银锋 李登峰

(74) 专利代理机构 深圳众赢通宝知识产权代理
事务所(普通合伙) 44423

代理人 樊宝忠

(51) Int. Cl.

H04L 7/00 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01)

H04B 3/54 (2006.01)

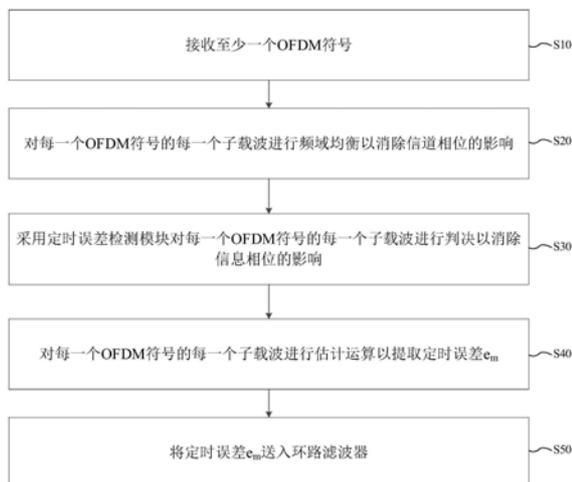
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

适用于低信噪比的盲时序误差检测方法、系统及存储介质

(57) 摘要

本发明公开一种适用于低信噪比的盲时序误差检测方法、系统及存储介质,方法包括步骤:对每一个OFDM符号的每一个子载波进行频域均衡以消除信道相位的影响;采用定时误差检测模块对每一个OFDM符号的每一个子载波进行判决以消除信息相位的影响;对每一个OFDM符号的每一个子载波进行估计运算以提取定时误差 e_m 。本发明重点在于定时误差检测模块,主要利用定时误差检测技术消除了信息相位的影响并提取出定时误差,从而只需要对一个OFDM符号进行估计运算;而且运用判决机制避免了使用导频,从而可以提高通信速率;再利用Early-late思想提取相应的定时误差,并送入环路滤波器;适用于信噪比非常低的电力线环境。



1. 一种适用于低信噪比的盲时序误差检测方法,其特征在于,包括步骤:

对每一个OFDM符号的每一个子载波进行频域均衡以消除信道相位的影响;

采用定时误差检测模块对每一个所述OFDM符号的每一个子载波进行判决以消除信息相位的影响;

对每一个所述OFDM符号的每一个子载波进行估计运算以提取定时误差 e_m 。

2. 根据权利要求1所述的适用于低信噪比的盲时序误差检测方法,其特征在于,每一个所述OFDM符号包括多个不同的子载波,假设第 m 个所述OFDM符号的第 k 个子载波子载波数据为 $y_m(k)$,第 k 个所述子载波的信道系数为 h_k ;

所述对每一个OFDM符号的每一个子载波进行频域均衡以消除信道相位的影响,具体为:

对每一个所述OFMD符号的子载波进行频域均衡得到子载波数据 $x_m(k)$ 。

3. 根据权利要求2所述的适用于低信噪比的盲时序误差检测方法,其特征在于,所述对每一个所述OFMD符号的子载波进行频域均衡,经过所述频域均衡之后的所述子载波数据 $x_m(k)$ 为:

$$x_m(k) = y_m(k) / h_k \quad (1)。$$

4. 根据权利要求3所述的适用于低信噪比的盲时序误差检测方法,其特征在于,所述采用定时误差检测模块对每一个所述OFDM符号的每一个子载波进行判决以消除信息相位的影响,具体包括步骤:

对每一个所述子载波数据 $x_m(k)$ 采用判决机制消除信息相位的影响得到 $ph_m(k)$;

采用Early-late方法对每一个所述 $ph_m(k)$ 分别前后取值得到 $Y_e(k)$ 和 $Y_l(k)$ 。

5. 根据权利要求4所述的适用于低信噪比的盲时序误差检测方法,其特征在于,所述对每一个所述子载波数据采用判决机制消除信息相位的影响得到 $ph_m(k)$,具体为:

对经过所述频域均衡之后的每一个所述子载波数据 $x_m(k)$ 采用判决机制得到相应的 $d_m(k)$,然后消除信道相位的影响得到所述 $ph_m(k)$:

$$d_m(k) = \text{fun}(x_m(k)) \quad (2)$$

$$ph_m(k) = x_m(k) / d_m(k) \quad (3)$$

其中,所述 $\text{fun}()$ 为判决机制。

6. 根据权利要求5所述的适用于低信噪比的盲时序误差检测方法,其特征在于,所述采用Early-late方法对每一个所述 $ph_m(k)$ 分别前后取值得到 $Y_e(k)$ 和 $Y_l(k)$,具体为:

$$Y_e(k) = ph_m(k) \cdot e^{-j2\pi k\delta/N}$$

$$Y_l(k) = ph_m(k) \cdot e^{j2\pi k\delta/N} \quad (4)。$$

7. 根据权利要求6所述的适用于低信噪比的盲时序误差检测方法,其特征在于,所述对每一个所述OFDM符号的每一个子载波进行运算以提取定时误差 e_m ,所述定时误差 e_m 具体公式为:

$$e_m = \sum_k \text{Re}(Y_e(k) - Y_l(k)) \quad (5)。$$

8. 根据权利要求1所述的适用于低信噪比的盲时序误差检测方法,其特征在于,在所述对每一个OFDM符号的每一个子载波进行频域均衡以消除信道相位的影响步骤之前,还包括:

接收至少一个OFDM符号；

在所述对每一个所述OFDM符号的每一个子载波进行估计运算以提取定时误差 e_m 步骤之后,还包括:

将所述定时误差 e_m 送入环路滤波器。

9. 一种适用于低信噪比的盲时序误差检测系统,其特征在于,所述适用于低信噪比的盲时序误差检测系统,包括:

一个或多个处理器;

存储器,用于存储一个或多个计算机程序,一个或多个所述处理器用于执行所述存储器存储的一个或多个计算机程序,以使一个或多个所述处理器执行如权利要求1-8任一项所述的适用于低信噪比的盲时序误差检测方法。

10. 一种计算机可读的存储介质,其特征在于,所述存储介质上存储有计算机程序,所述计算机程序被执行时实现权利要求1-8任一项所述的适用于低信噪比的盲时序误差检测方法。

适用于低信噪比的盲时序误差检测方法、系统及存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及盲时序误差检测技术领域,更具体地,涉及一种适用于低信噪比的盲时序误差检测方法、系统及存储介质。

背景技术

[0002] 正交频分复用技术(Orthogonal Frequency Division Multiplexing,OFDM),由MCM(Multi-Carrier Modulation,多载波调制)发展而来。OFDM技术是多载波传输方案的实现方式之一,它的调制和解调是分别基于IFFT和FFT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。OFDM主要思想是:将信道分成若干正交子信道,将高速数据信号转换成并行的低速子数据流,调制到在每一个子信道上进行传输。正交信号可以通过在接收端采用相关技术来分开,这样可以减少子信道之间的相互干扰(ISI)。每一个子信道上的信号带宽小于信道的相关带宽,因此,每一个子信道上可以看成平坦性衰落,在加上循环前缀CP,从而可以消除码间串扰,而且由于每一个子信道的带宽仅仅是原信道带宽的一小部分,信道均衡变得相对容易。

[0003] 由于OFDM技术的优势,被广泛使用在各种通信系统中,如LTE、WLAN、PLC等等。但是由于实际通信系统中存在采样偏差(SFO)的原因,导致各个子载波的正交性被破坏,从而在接收端会引入ICI(Inter-Channel Interference,即信道间干扰)干扰,还会引起相应子载波幅度和相位上的失真,降低了通信的质量。所以,接收端必须对SFO进行相应的估计和补偿,以保证通信的质量。

[0004] 目前,SFO对每一个OFDM符号的定时误差的提取主要是通过导频并利用前后2个OFDM符号的相位差来估计相应的采样偏差,然后反馈到前面的补偿回路来进行相应的修正。但该方法由于插入了导频从而必然会降低速率,其次,由于是利用前后2个OFDM符号进行差分操作,如果在低信噪比环境下,必然会引入较大的噪声,从而估计误差会很大,此种方式一般只适合信道条件比较好的环境。在电力线环境下,由于噪声很大,极大的恶化定时误差的性能,从而导致整个环路不能很好的收敛到期望值。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术的上述缺陷,提供一种适用于低信噪比的盲时序误差检测方法、系统及存储介质。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:根据本发明的第一方面,提供一种适用于低信噪比的盲时序误差检测方法,包括步骤:

[0007] 对每一个OFDM符号的每一个子载波进行频域均衡以消除信道相位的影响;

[0008] 采用定时误差检测模块对每一个所述OFDM符号的每一个子载波进行判决以消除信息相位的影响;

[0009] 对每一个所述OFDM符号的每一个子载波进行估计运算以提取定时误差 e_m 。

[0010] 优选地,每一个所述OFDM符号包括多个不同的子载波,假设第 m 个所述OFDM符号的

第k个子载波的数据为 $y_m(k)$ ，第k个所述子载波的信道系数为 h_k ；

[0011] 所述对每一个OFDM符号的每一个子载波进行频域均衡以消除信道相位的影响，具体为：

[0012] 对每一个所述OFDM符号的子载波进行频域均衡得到子载波数据 $x_m(k)$ ；

[0013] 优选地，所述对每一个所述OFDM符号的子载波进行频域均衡，经过所述频域均衡之后的所述子载波数据 $x_m(k)$ 为：

$$[0014] \quad x_m(k) = y_m(k) / h_k \quad (1)。$$

[0015] 优选地，所述采用定时误差检测模块对每一个所述OFDM符号的每一个子载波进行判决以消除信息相位的影响，具体包括步骤：

[0016] 对每一个所述子载波数据 $x_m(k)$ 采用判决机制消除信息相位的影响得到 $ph_m(k)$ ；

[0017] 采用Early-late方法对每一个所述 $ph_m(k)$ 分别前后取值得到 $Y_e(k)$ 和 $Y_l(k)$ 。

[0018] 优选地，所述对每一个所述子载波数据采用判决机制消除信息相位的影响得到 $ph_m(k)$ ，具体为：

[0019] 对经过所述频域均衡之后的每一个所述子载波数据 $x_m(k)$ 采用判决机制得到相应的 $d_m(k)$ ，然后消除信道相位的影响得到所述 $ph_m(k)$ ：

$$[0020] \quad d_m(k) = \text{fun}(x_m(k)) \quad (2)$$

$$[0021] \quad ph_m(k) = x_m(k) / d_m(k) \quad (3)$$

[0022] 其中，所述 $\text{fun}()$ 为判决机制。

[0023] 优选地，所述采用Early-late方法对每一个所述 $ph_m(k)$ 分别前后取值得到 $Y_e(k)$ 和 $Y_l(k)$ ，具体为：

$$[0024] \quad Y_e(k) = ph_m(k) \cdot e^{-j2\pi k\delta/N}$$

$$[0025] \quad Y_l(k) = ph_m(k) \cdot e^{j2\pi k\delta/N} \quad (4)。$$

[0026] 优选地，所述对每一个所述OFDM符号的每一个子载波进行运算以提取定时误差 e_m ，所述定时误差 e_m 具体公式为：

$$[0027] \quad e_m = \sum_k \text{Re}(Y_e(k) - Y_l(k)) \quad (5)。$$

[0028] 优选地，在所述对每一个OFDM符号的每一个子载波进行频域均衡以消除信道相位的影响步骤之前，还包括：

[0029] 接收至少一个OFDM符号；

[0030] 在所述对每一个所述OFDM符号的每一个子载波进行估计运算以提取定时误差 e_m 步骤之后，还包括：

[0031] 将所述定时误差 e_m 送入环路滤波器。

[0032] 根据本发明另一方面，还提供一种适用于低信噪比的盲时序误差检测系统，所述适用于低信噪比的盲时序误差检测系统，包括：

[0033] 一个或多个处理器；

[0034] 存储器，用于存储一个或多个计算机程序，一个或多个所述处理器用于执行所述存储器存储的一个或多个计算机程序，以使一个或多个所述处理器执行如上文所述的适用于低信噪比的盲时序误差检测方法。

[0035] 根据本发明另一方面，还提供一种计算机可读的存储介质，所述存储介质上存储

有计算机程序,所述计算机程序被执行时实现如上文所述的适用于低信噪比的盲时序误差检测方法。

[0036] 实施本发明适用于低信噪比的盲时序误差检测方法及系统的技术方案,具有如下优点或有益效果:本发明重点在于定时误差检测模块,主要利用定时误差检测技术消除了信息相位的影响并提取出定时误差,从而只需要对一个OFDM符号进行估计运算;而且运用判决机制避免了使用导频,从而可以提高通信速率;再利用Early-late思想提取相应的定时误差,并送入环路滤波器;适用于信噪比非常低的电力线环境,效果非常好。

附图说明

[0037] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单的介绍,显而易见,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,附图中:

[0038] 图1是OFDM通信系统中采样偏差的估计和补偿的一般流程图;

[0039] 图2是本发明适用于低信噪比的盲时序误差检测方法实施例的流程图。

具体实施方式

[0040] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,下文将要描述的各种示例性实施示例将要参考相应的附图,这些附图构成了示例性实施示例的一部分,其中描述了实现本发明可能采用的各种示例性实施示例,除非另有表示,不同附图中的相同数字表示相同或相似的要素。以下示例性实施示例中所描述的实施方式并不代表与本发明公开一致的所有实施方式。应明白,它们仅是与如所附权利要求书中所详述的、本发明公开的一些方面相一致的装置和方法的例子,还可使用其他的实施示例,或者对本文列举的实施示例进行结构和功能上的修改,而不会脱离本发明的范围和实质。在其他情况中,省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明,以免不必要的细节妨碍本发明的描述。

[0041] 为了说明本发明所述的技术方案,下面通过具体实施示例来进行说明。

[0042] 实施示例一:

[0043] 在一般的通信模块和设备中,在其接收端的基带中,由于ADC采样时钟偏差(SFO)的原因,在其基带一般都会有定时误差检测模块(Timing Error Detector, TED) (简称TED模块)。

[0044] 如图1所示,图中描述了OFDM通信系统中采样偏差(SFO)的估计和补偿的一般流程图;INTERP模块是指时域插值模块,依据当前NCO的值来调整输入信号的采样偏差,以补偿估计运算出来的定时误差;FFT模块是指将时域的OFDM信号转换到频域,从而得到每一个子载波的接收数据 $y_m(k)$;FEQ模块是指将当前的OFDM符号的每一个子载波进行频域均衡,得到 $x_m(k)$,从而消除了信道相位的影响;TED模块是指依据当前频域均衡之后的信号,进行判决以消除信息相位的影响,同时进行定时误差的估计运算;LF模块(loop filter)是指环路滤波器,进一步对TED估计运算出来的定时误差进行滤波以消除高频噪声的影响;NCO模块是指数控振荡器,依据LF出来的信号来调节采样偏差的影响。

[0045] 本发明的重点在于定时误差检测模块,其主要利用相干检测技术来消除了信息相

位的影响并提取出定时误差,从而只需要对一个OFDM符号进行估计运算;而且运用判决机制避免了使用导频,从而可以提高通信速率;再利用Early-late思想提取相应的定时误差,并送入环路滤波器;本发明适用于信噪比非常低的电力线环境。

[0046] 如图2所示,本发明提供一种适用于低信噪比的盲时序误差检测方法实施例,包括步骤:

[0047] S10、接收至少一个OFDM符号;

[0048] S20、对每一个OFDM符号的每一个子载波进行频域均衡以消除信道相位的影响;

[0049] S30、采用定时误差检测模块对每一个OFDM符号的每一个子载波进行判决以消除信息相位的影响;具体的,采用定时误差检测模块对每一个OFDM符号的每一个子载波频域均衡之后的信号做判决以消除信息相位的影响;

[0050] S40、对每一个OFDM符号的每一个子载波进行估计运算以提取定时误差 e_m ;

[0051] S50、将所述定时误差 e_m 送入环路滤波器。具体的,将所述定时误差 e_m (timing error)送入环路滤波器(Loop Filter或者环路滤波),通过长期统计使得定时误差更为准确。

[0052] 在本实施例中,每一个OFDM符号可以包括多个不同的子载波,假设第 m 个OFDM符号的第 k 个子载波的数据为 $y_m(k)$,第 k 个子载波的信道系数为 h_k ,OFDM符号在不同的系统其数量不一样,可以是任意值。

[0053] S20、对每一个OFDM符号的每一个子载波进行频域均衡以消除信道相位的影响。

[0054] 具体的,对每一个OFDM符号的子载波进行频域均衡得到子载波数据 $x_m(k)$;具体的,对每一个OFDM符号的子载波进行频域均衡,经过频域均衡之后的子载波数据 $x_m(k)$ 为:

$$[0055] \quad x_m(k) = y_m(k) / h_k \quad (1)$$

[0056] S30、所述采用定时误差检测模块对每一个OFDM符号的每一个子载波进行判决以消除信息相位的影响,具体包括以下步骤:

[0057] S31、对每一个子载波数据 $x_m(k)$ 采用判决机制消除信息相位的影响得到 $ph_m(k)$,具体的,对经过频域均衡之后的每一个子载波数据 $x_m(k)$ 采用判决机制得到相应的 $d_m(k)$,然后消除信息相位的影响得到 $ph_m(k)$:

$$[0058] \quad d_m(k) = \text{fun}(x_m(k)) \quad (2)$$

$$[0059] \quad ph_m(k) = x_m(k) / d_m(k) \quad (3)$$

[0060] 其中,所述判决机制并没有直接公式,判决机制的抽象公式为 $\text{fun}()$, $\text{fun}()$ 为判决机制,即为硬判(Direct-decided)机制。

[0061] S32、采用Early-late方法对每一个 $ph_m(k)$ 分别前后取值得到 $Y_e(k)$ 和 $Y_l(k)$ 。

[0062] 具体的,所述采用Early-late方法对每一个 $ph_m(k)$ 分别前后取值得到 $Y_e(k)$ 和 $Y_l(k)$,具体为:

$$[0063] \quad \begin{aligned} Y_e(k) &= ph_m(k) \cdot e^{-j2\pi k\delta/N} \\ Y_l(k) &= ph_m(k) \cdot e^{j2\pi k\delta/N} \end{aligned} \quad (4)$$

[0064] S40、对每一个OFDM符号的每一个子载波进行估计运算以提取定时误差 e_m ,定时误差 e_m 具体公式为:

$$[0065] \quad e_m = \sum_k \operatorname{Re}(Y_e(k) - Y_l(k)) \quad (5)。$$

[0066] 本发明重点在于TED模块,主要利用定时误差检测技术消除了信道的影响,从而只需要对一个OFDM符号进行估计;而且运用判决机制避免了使用导频,从而可以提高通信速率;再利用Early-late思想提取相应的定时误差,适用于如低信噪比环境下的电力线环境。

[0067] 实施例二:

[0068] 本发明还提供一种适用于低信噪比的盲时序误差检测系统实施例,包括一个或多个处理器及存储器;其中,所述存储器用于存储一个或多个计算机程序,所述一个或多个处理器用于执行存储器存储的一个或多个计算机程序,以使处理器执行实施例一所述的适用于低信噪比的盲时序误差检测方法实施例的步骤。

[0069] 实施例三:

[0070] 本发明还提供一种计算机可读的存储介质,本领域普通技术人员可以理解,实现上述各方法实施例的全部或部分步骤可以通过计算机程序相关的硬件来完成。前述的计算机程序可以存储于一计算机可读的存储介质中,存储介质上存储有计算机程序,所述计算机程序被(如处理器)执行时,执行实施例一所述的适用于低信噪比的盲时序误差检测方法的步骤,而前述的存储介质包括:ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0071] 在阅读完本文描述的内容之后,本领域的技术人员应当明白,本文描述的各种特征可通过方法、数据处理系统或计算机程序产品来实现。因此,这些特征可不采用硬件的方式、全部采用软件的方式或者采用硬件和软件结合的方式来表现。此外,上述特征也可采用存储在一种或多种计算机可读存储介质上的计算机程序产品的形式来表现,该计算机可读存储介质中包含计算机可读程序代码段或者指令,其存储在存储介质中。可读存储介质被配置为存储各种类型的数据以支持在装置的操作。可读存储介质可以由任何类型的易失性或非易失性存储设备或者它们的组合实现。如静硬态盘、随机存取存储器(SRAM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、可擦除可编程只读存储器(EPROM)、可编程只读存储器(PROM)、只读存储器(ROM)、光存储设备、磁存储设备、快闪存储器、磁盘或光盘和/或上述设备的组合。

[0072] 以上仅为本发明的较佳实施例而已,本领域技术人员知悉,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以对这些特征和实施例进行各种改变或等同替换。另外,在本发明的教导下,可以对这些特征和实施例进行修改以适应具体的情况及材料而不会脱离本发明的精神和范围。因此,本发明不受此处所公开的具体实施例的限制,所有落入本申请的权利要求范围内的实施例都属于本发明的保护范围。

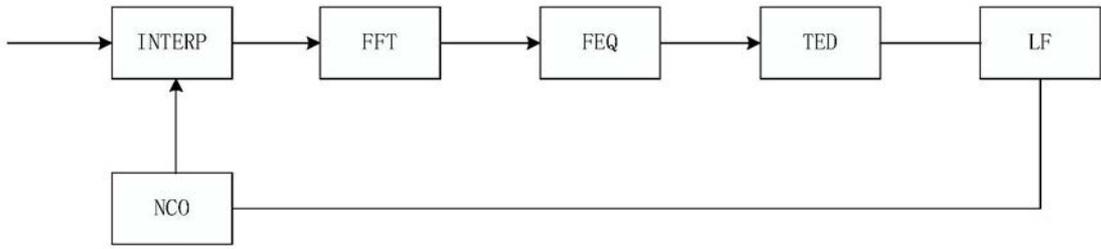


图1

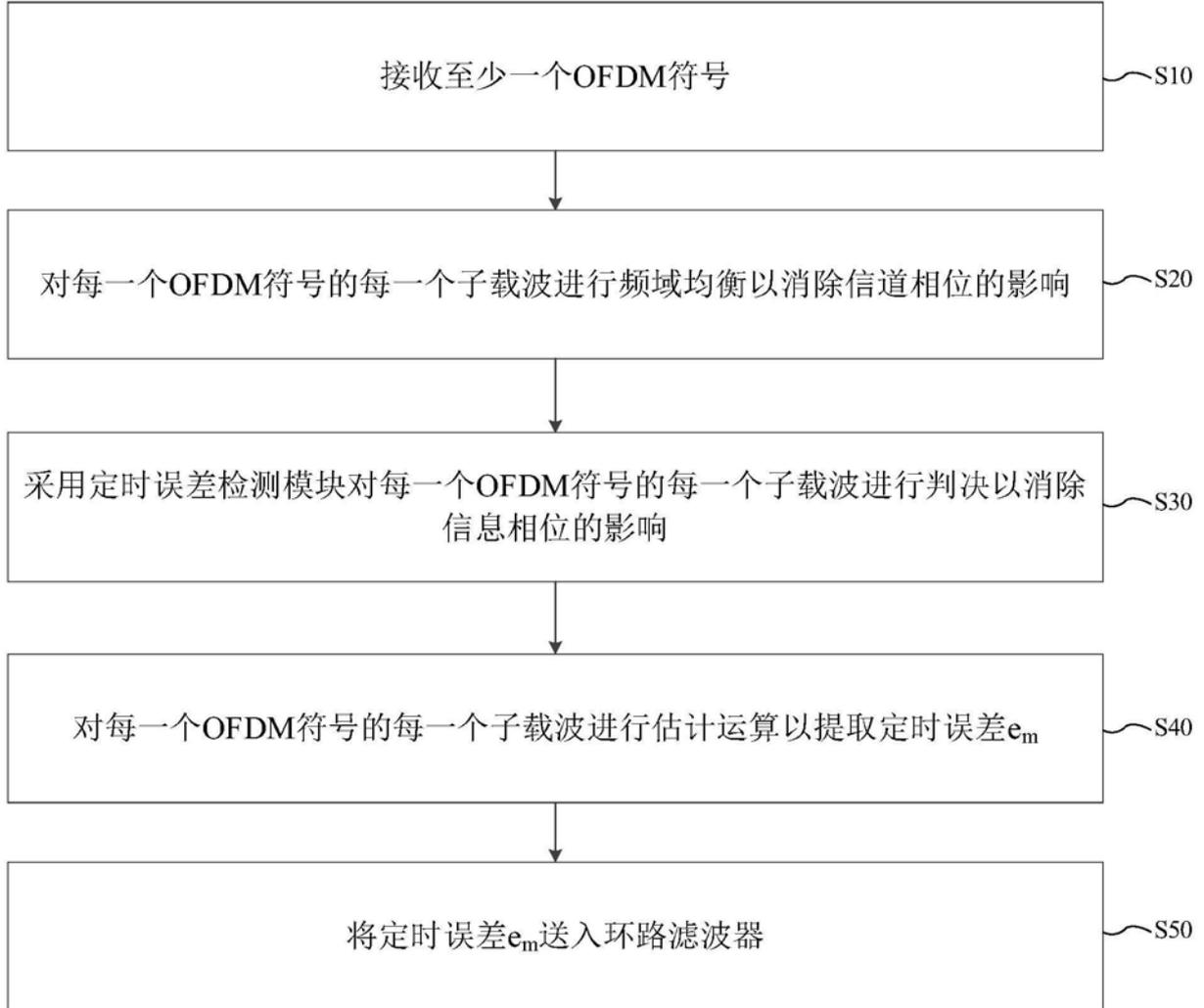


图2