



(21) 申请号 202410794233.7

(22) 申请日 2024.06.19

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118368181 A

(43) 申请公布日 2024.07.19

(73) 专利权人 苏州门海微电子科技有限公司

地址 215000 江苏省苏州市工业园区华云

路1号桑田岛科创园3号楼201室

(72) 发明人 林雄鑫 朱忠益 王利辉 王坤寿

(74) 专利代理机构 苏州市中南伟业知识产权代

理事务所(普通合伙) 32257

专利代理师 陈华红子

(51) Int. Cl.

H04L 27/26 (2006.01)

(56) 对比文件

沈航;李宏生;刘锡祥;张玉鹏;赵苗苗. 基于数字滤波和相位补偿的舰船升沉测量方法. 传感器与微系统. 2022, 第1-4页.

审查员 徐寒梅

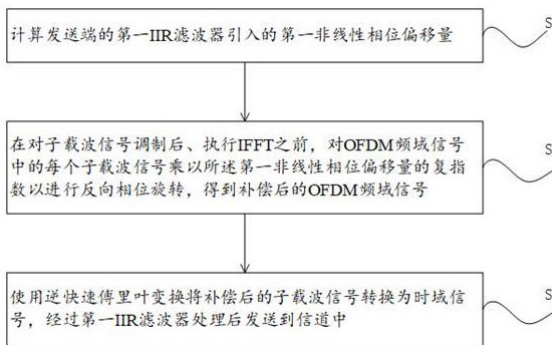
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

基于OFDM的非线性相移补偿方法、通讯芯片和系统

(57) 摘要

本发明涉及非线性相移技术领域,公开一种基于OFDM的非线性相移补偿方法、通讯芯片和系统,包括:获取发送端的第一IIR滤波器的第一实际相位响应曲线,拟合第一实际相位响应曲线得到第一相位响应拟合直线,根据第一实际相位响应曲线和第一相位响应拟合直线得到不同频率信号的第一非线性相位偏移量;根据所述第一非线性相位偏移量对OFDM频域信号中的每个子载波信号进行反向相位旋转,得到补偿后的OFDM频域信号;将补偿后的OFDM频域信号转换为OFDM时域信号,经过第一IIR滤波器后发送到信道中。本发明可以保证各个频率子载波的相位相对关系不发生改变,提高OFDM系统发送端的信号质量。



1. 一种基于OFDM的非线性相移补偿方法,其特征在于,所述方法包括:

获取发送端的第一IIR滤波器的第一实际相位响应曲线,拟合第一实际相位响应曲线得到第一相位响应拟合直线,根据第一实际相位响应曲线和第一相位响应拟合直线得到不同频率信号的第一非线性相位偏移量;

根据所述第一非线性相位偏移量对OFDM频域信号中的每个子载波信号进行反向相位旋转,得到补偿后的OFDM频域信号;

将所述补偿后的OFDM频域信号转换为OFDM时域信号,经过所述第一IIR滤波器后发送到信道中;

所述方法还包括:

接收经过所述信道传输的所述OFDM时域信号;

根据第二非线性相位偏移量对本地前导子载波进行同向相位旋转,获得处理后的本地前导子载波;其中,根据接收端的第二IIR滤波器的第二实际相位响应曲线得到所述第二非线性相位偏移量;

根据所述处理后的本地前导子载波对经过所述第二IIR滤波器处理的所述OFDM时域信号进行帧同步。

2. 根据权利要求1所述的基于OFDM的非线性相移补偿方法,其特征在于:所述根据第一实际相位响应曲线和第一相位响应拟合直线得到不同频率信号的第一非线性相位偏移量,具体为:将所述第一实际相位响应曲线和第一相位响应拟合直线做差值运算,得到不同频率信号在经过第一IIR滤波器后的第一非线性相位偏移量为:

$$\varphi_k = \theta_{act,k} - \theta_{fit,k},$$

式中, φ_k 表示第k个信号频率在经过第一IIR滤波器后的所述第一非线性相位偏移量, $\theta_{act,k}$ 表示第一实际相位响应曲线上第k个信号频率的相位偏移, $\theta_{fit,k}$ 表示第一相位响应拟合直线上第k个信号频率的相位偏移。

3. 根据权利要求1所述的基于OFDM的非线性相移补偿方法,其特征在于:所述拟合第一实际相位响应曲线得到第一相位响应拟合直线时,根据所述OFDM频域信号中的子载波信号的频率范围,将所述第一实际相位响应曲线拟合为线性直线,将线性直线作为所述第一相位响应拟合直线。

4. 根据权利要求1所述的基于OFDM的非线性相移补偿方法,其特征在于:根据所述第一非线性相位偏移量对OFDM频域信号中的每个子载波信号进行反向相位旋转,具体为对每个子载波信号乘以所述第一非线性相位偏移量的复指数以进行反向相位旋转。

5. 根据权利要求4所述的基于OFDM的非线性相移补偿方法,其特征在于:所述对每个子载波信号乘以所述第一非线性相位偏移量的复指数以进行反向相位旋转,具体为:

所述OFDM频域信号中的子载波信号为:

$$x_k(t) = d_k e^{j2\pi f_k t},$$

式中, $x_k(t)$ 表示第k个子载波信号的复数形式,t表示时间, d_k 表示第k个子载波信号的幅度,j表示虚数单位, f_k 表示第k个子载波信号的频率,e为自然常数;

根据所述第一非线性相位偏移量,对所述子载波信号进行反向相位旋转,具体为:

$$x_k(t)' = d_k e^{j2\pi f_k t} \times e^{-j\varphi_k},$$

式中, $x_k(t)'$ 表示补偿后的OFDM频域信号中第k个子载波信号的复数形式, φ_k 表示第k个信号频率在经过第一IIR滤波器后的所述第一非线性相位偏移量。

6. 根据权利要求1所述的基于OFDM的非线性相移补偿方法, 其特征在于: 所述根据第二非线性相位偏移量对本地前导子载波进行同向相位旋转, 具体为对本地前导子载波乘以所述第二非线性相位偏移量的复指数以进行同向相位旋转。

7. 根据权利要求6所述的基于OFDM的非线性相移补偿方法, 其特征在于: 所述对本地前导子载波乘以所述第二非线性相位偏移量的复指数以进行同向相位旋转, 具体为:

$$y_k(t) = d'_k e^{j2\pi f'_k t} \times e^{j\varphi'_k},$$

式中, $y_k(t)$ 表示处理后的第k个本地前导子载波的复数形式, t 表示时间, d'_k 表示第k个本地前导子载波的幅度, j 表示虚数单位, f'_k 表示第k个本地前导子载波的频率, φ'_k 表示第k个信号频率在经过第二IIR滤波器后的所述第二非线性相位偏移量, e 为自然常数。

8. 一种基于OFDM的非线性相移补偿的通讯芯片, 其特征在于: 所述通讯芯片实现如权利要求1-7任一项所述的基于OFDM的非线性相移补偿方法。

9. 一种基于OFDM的非线性相移补偿的系统, 其特征在于: 所述基于OFDM的非线性相移补偿的系统使用如权利要求8所述的基于OFDM的非线性相移补偿的通讯芯片。

基于OFDM的非线性相移补偿方法、通讯芯片和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及非线性相移技术领域,尤其是指一种基于OFDM的非线性相移补偿方法、通讯芯片和系统。

背景技术

[0002] 在正交频分复用(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)系统中,在信号发射前和接收后都会对信号进行数字滤波处理以减少噪声干扰。常用的数字滤波器分为有限长单位冲激响应(Finite Impulse Response, FIR)滤波器和无限冲激响应(Infinite Impulse Response, IIR)滤波器两类。由于FIR滤波器较IIR滤波器在硬件实现时会占用更多的设计资源,在对芯片面积有严格要求的设计中,使用IIR滤波器更有利于缩减面积。

[0003] 但是,由于IIR滤波器的固有特性,不同频率的信号在经过IIR滤波器后会产生非线性的相位偏移,这会给OFDM系统信号质量带来不利影响,例如,在信号的发送端,由于非线性相位偏移相位的引入会导致相位失真,从而影响发送信号的误差矢量幅度(error vector magnitude, EVM)指标,导致发送信号质量不满足要求。因此,为了保证OFDM系统信号的有效传送,亟需解决非线性相位偏移对信号质量带来的影响。

发明内容

[0004] 为此,本发明所要解决的技术问题在于克服现有技术中的不足,提供一种基于OFDM的非线性相移补偿方法、通讯芯片和系统,可以保证各个频率子载波的相位相对关系不发生改变,提高OFDM系统发送端的信号质量。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种基于OFDM的非线性相移补偿方法,所述方法包括:

[0006] 获取发送端的第一IIR滤波器的第一实际相位响应曲线,拟合第一实际相位响应曲线得到第一相位响应拟合直线,根据第一实际相位响应曲线和第一相位响应拟合直线得到不同频率信号的第一非线性相位偏移量;

[0007] 根据所述第一非线性相位偏移量对OFDM频域信号中的每个子载波信号进行反向相位旋转,得到补偿后的OFDM频域信号;

[0008] 将所述补偿后的OFDM频域信号转换为OFDM时域信号,经过所述第一IIR滤波器后发送到信道中。

[0009] 进一步地,所述根据第一实际相位响应曲线和第一相位响应拟合直线得到不同频率信号的第一非线性相位偏移量,具体为:将所述第一实际相位响应曲线和第一相位响应拟合直线做差值运算,得到不同频率信号在经过第一IIR滤波器后的第一非线性相位偏移量为:

$$[0010] \quad \varphi_k = \theta_{act,k} - \theta_{fit,k},$$

[0011] 式中, φ_k 表示第 k 个信号频率在经过第一 IIR 滤波器后的所述第一非线性相位偏移量, $\theta_{act,k}$ 表示第一实际相位响应曲线上第 k 个信号频率的相位偏移, $\theta_{fit,k}$ 表示第一相位响应拟合直线上第 k 个信号频率的相位偏移。

[0012] 进一步地, 所述拟合第一实际相位响应曲线得到第一相位响应拟合直线时, 根据所述 OFDM 频域信号中的子载波信号的频率范围, 将所述第一实际相位响应曲线拟合为线性直线, 将线性直线作为所述第一相位响应拟合直线。

[0013] 进一步地, 根据所述第一非线性相位偏移量对 OFDM 频域信号中的每个子载波信号进行反向相位旋转, 具体为对每个子载波信号乘以所述第一非线性相位偏移量的复指数以进行反向相位旋转。

[0014] 进一步地, 所述对每个子载波信号乘以所述第一非线性相位偏移量的复指数以进行反向相位旋转, 具体为:

[0015] 所述 OFDM 频域信号中的子载波信号为:

$$[0016] \quad x_k(t) = d_k e^{j2\pi f_k t},$$

[0017] 式中, $x_k(t)$ 表示第 k 个子载波信号的复数形式, t 表示时间, d_k 表示第 k 个子载波信号的幅度, j 表示虚数单位, f_k 表示第 k 个子载波信号的频率, e 为自然常数;

[0018] 根据所述第一非线性相位偏移量, 对所述子载波信号进行反向相位旋转, 具体为:

$$[0019] \quad x_k(t)' = d_k e^{j2\pi f_k t} \times e^{-j\varphi_k},$$

[0020] 式中, $x_k(t)'$ 表示补偿后的 OFDM 频域信号中第 k 个子载波信号的复数形式, φ_k 表示第 k 个信号频率在经过第一 IIR 滤波器后的所述第一非线性相位偏移量。

[0021] 进一步地, 所述方法还包括:

[0022] 接收经过所述信道传输的所述 OFDM 时域信号;

[0023] 根据第二非线性相位偏移量对本地前导子载波进行同向相位旋转, 获得处理后的本地前导子载波; 其中, 根据接收端的第二 IIR 滤波器的第二实际相位响应曲线得到所述第二非线性相位偏移量;

[0024] 根据所述处理后的本地前导子载波对经过所述第二 IIR 滤波器处理的所述 OFDM 时域信号进行帧同步。

[0025] 进一步地, 所述根据第二非线性相位偏移量对本地前导子载波进行同向相位旋转, 具体为对本地前导子载波乘以所述第二非线性相位偏移量的复指数以进行同向相位旋转。

[0026] 进一步地, 所述对本地前导子载波乘以所述第二非线性相位偏移量的复指数以进行同向相位旋转, 具体为:

$$[0027] \quad y_k(t) = d_k' e^{j2\pi f_k' t} \times e^{j\varphi_k'},$$

[0028] 式中, $y_k(t)$ 表示处理后的第 k 个本地前导子载波的复数形式, t 表示时间, d_k' 表示第 k 个本地前导子载波的幅度, j 表示虚数单位, f_k' 表示第 k 个本地前导子载波的频率, φ_k' 表示第 k 个信号频率在经过第二 IIR 滤波器后的所述第二非线性相位偏移量, e 为自然常数。

[0029] 本发明还提供了一种基于 OFDM 的非线性相移补偿的通讯芯片, 所述通讯芯片实现所述的基于 OFDM 的非线性相移补偿方法。

[0030] 本发明还提供了一种基于 OFDM 的非线性相移补偿的系统, 所述基于 OFDM 的非线性相移补偿的系统使用所述的基于 OFDM 的非线性相移补偿的通讯芯片。

[0031] 本发明的上述技术方案相比现有技术具有以下有益效果:

[0032] 本发明通过在发送端对 OFDM 频域信号中的子载波进行反向相位旋转来提前做相位补偿, 以抵消发送端 IIR 滤波器引入的非线性相位偏移, 保证了各个频率子载波的相位相对关系不发生改变, 从而提高 OFDM 系统发送端的信号 EVM 质量, 保证了通信的可靠性。

附图说明

[0033] 为了使本发明的内容更容易被清楚的理解, 下面根据本发明的具体实施例并结合附图, 对本发明作进一步详细的说明, 其中:

[0034] 图1为本发明中信号处理流程的过程示意图。

[0035] 图2为本发明实施例一中基于 OFDM 的非线性相移补偿方法的流程图。

[0036] 图3为本发明实施例二中基于 OFDM 的非线性相移补偿方法的流程图。

[0037] 图4为本发明实施例中 IIR 滤波器的非线性相位响应的线性化拟合示例图。

[0038] 图5为本发明实施例中 IIR 滤波器相位和幅度响应的示例图。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明, 以使本领域的技术人员可以更好地理解本发明并能予以实施, 但所举实施例不作为对本发明的限定。

实施例一

[0040] 在 OFDM 系统的发送端, 待发送的比特流信号在经过编码、调制、IFFT 变换后转为时域信号后, 再经过数字前端的升采样和滤波处理, 通过模拟前端发送到信道中。本实施例中以 0~6MHz 的 IIR 滤波器为低通滤波器为例, 如图5所示, 不同频率的子载波信号经过 IIR 滤波器后幅度响应均为 0dB, 但相位响应会有明显的非线性偏移的情况, 导致各频率成分的相对相位关系会发生改变, 严重影响了发送端 EVM 指标的质量。需要说明的是, EVM 指标是指实际发送信号和理论发送信号之间的差距的度量, 是衡量信号质量的一个重要参数, 非线性偏移会破坏 OFDM 信号的正交性, 导致子载波之间干扰增加, 导致 EVM 值变大 (较大的 EVM 值表示信号质量较差), 严重时可能导致接收端无法正确解调信号。因此, 参照图2所示, 本实施例公开了一种基于 OFDM 的非线性相移补偿方法, 包括以下步骤:

[0041] S1: 在 OFDM 系统的发送端, 计算第一 IIR 滤波器引入的第一非线性相位偏移量。获取第一 IIR 滤波器的实际相位响应曲线, 拟合第一实际相位响应曲线得到第一相位响应拟

合直线,根据第一实际相位响应曲线和第一相位响应拟合直线得到不同频率信号的第一非线性相位偏移量;

[0042] S1-1:IIR滤波器在设计完成后,根据IIR滤波器的频率、带宽、阶数等参数可以分析出该滤波器对于不同频率信号的相位响应曲线。为了补偿IIR滤波器引入的非线性相位偏移,本实施例中发送端的第一IIR滤波器的第一相位响应曲线做线性化拟合。可选的,拟合第一实际相位响应曲线得到第一相位响应拟合直线时,可以根据所述OFDM频域信号中的子载波信号的频率范围将第一实际相位响应曲线拟合为线性直线,将线性直线作为所述第一相位响应拟合直线,从而可以获得更准确的非线性偏移量,提高补偿效果。拟合方法还可以是线性回归、多项式拟合等方法。例如图4所示,OFDM的子载波的频率范围为0MHz-6MHz,将0MHz频点和6MHz频点的相位响应点连成一条直线,拟合出线性化的相位响应直线,该拟合的线性化相位响应直线可以多样,直线的斜率不同只是影响各个频率信号经过IIR滤波器的延迟时间,但各个频率信号间的相对相位关系不会发生改变。

[0043] S1-2:根据第一实际相位响应曲线和第一相位响应拟合直线得到不同频率信号的第一非线性相位偏移量,具体为:

[0044] 将第一IIR滤波器的所述第一实际相位响应曲线和第一相位响应拟合直线做差值运算,得到不同频率信号在经过第一IIR滤波器后的第一非线性相位偏移量为:

$$[0045] \quad \varphi_k = \theta_{act,k} - \theta_{fit,k},$$

[0046] 式中, φ_k 表示第k个信号频率在经过第一IIR滤波器后的所述第一非线性相位偏移量, $\theta_{act,k}$ 表示第一实际相位响应曲线上第k个信号频率的相位偏移, $\theta_{fit,k}$ 表示第一相位响应拟合直线上第k个信号频率的相位偏移。本实施例中的第一IIR滤波器可以是0-6MHz的低通滤波器。

[0047] S2:在对子载波信号调制后、执行IFFT之前,对OFDM频域信号中的每个子载波信号乘以所述第一非线性相位偏移量的复指数以进行反向相位旋转,得到补偿后的OFDM频域信号,用于补偿后续步骤中第一IIR滤波器引入的非线性相位偏移。

[0048] S2-1:OFDM频域信号中的子载波信号为:

$$[0049] \quad x_k(t) = d_k e^{j2\pi f_k t},$$

[0050] 式中, $x_k(t)$ 表示第k个子载波信号的复数形式, t 表示时间, d_k 表示第k个子载波信号的幅度, j 表示虚数单位, f_k 表示第k个子载波信号的频率, e 为自然常数。

[0051] S2-2:根据所述第一非线性相位偏移量,对经过调制、未执行IFFT的子载波信号进行反向相位旋转,以预补偿后续第一IIR滤波器引入的非线性相位偏移,即:

$$[0052] \quad x_k(t)' = d_k e^{j2\pi f_k t} \times e^{-j\varphi_k},$$

[0053] 式中, $x_k(t)'$ 表示补偿后的OFDM频域信号中第k个子载波信号的复数形式, φ_k 表示第k个信号频率在经过第一IIR滤波器后的所述第一非线性相位偏移量。

[0054] S3:使用逆快速傅里叶变换(Inverse Fast Fourier Transform, IFFT)将补偿后的子载波信号转换为时域信号,经过第一IIR滤波器处理后发送到信道中。第一IIR滤波器

引入的非线性相位偏移与在预补偿时的相位量相互抵消,保证了线性的相位偏移,线性相位偏移能保证信号中各频率子载波的相对相位关系不发生改变,从而提高了发送信号的EVM指标质量。

实施例二

[0055] 本实施例公开了另一种基于OFDM的非线性相移补偿方法,在OFDM系统的接收端,信号由模拟前端接收后,再经过数字前端的降采样和滤波处理后,同样的此处IIR滤波器也会引起不同频率的子载波发生非线性偏移,导致时域信号的波形发生改变,比如波峰偏移或信号强度降低,导致前导时域信号的帧同步相关峰与预期结果不一致,会发生帧无法同步或误同步情况。为了保证前导时域信号能被正确同步,可以事先在频域对OFDM系统接收端的本地前导子载波乘以接收端的IIR滤波器对应的非线性相位偏移量的复指数以进行同向相位旋转,再经过IFFT转换为时域的前导时域信号。此时接收信号中的前导时域信号和经过旋转后的本地前导信号可以实现相关峰检测,方便进行后续的数据处理。如图1和图3所示,具体包括以下步骤:

[0056] S1:在OFDM系统的发送端,计算第一IIR滤波器引入的第一非线性相位偏移量。获取第一IIR滤波器的实际相位响应曲线,拟合第一实际相位响应曲线得到第一相位响应拟合直线,根据第一实际相位响应曲线和第一相位响应拟合直线得到不同频率信号的第一非线性相位偏移量;

[0057] S1-1:IIR滤波器在设计完成后,根据IIR滤波器的频率、带宽、阶数等参数可以分析出该滤波器对于不同频率信号的相位响应曲线。为了补偿IIR滤波器引入的非线性相位偏移,本实施例中对发送端的第一IIR滤波器的第一相位响应曲线做线性化拟合。可选的,拟合第一实际相位响应曲线得到第一相位响应拟合直线时,可以根据所述OFDM频域信号中的子载波信号的频率范围将第一实际相位响应曲线拟合为线性直线,将线性直线作为所述第一相位响应拟合直线,从而可以获得更准确的非线性偏移量,提高补偿效果。拟合方法还可以是线性回归、多项式拟合等方法。例如图4所示,OFDM的子载波的频率范围为0MHz-6Mhz,将0MHz频点和6MHz频点的相位响应点连成一条直线,拟合出线性化的相位响应直线,该拟合的线性化相位响应直线可以多样,直线的斜率不同只是影响各个频率信号经过IIR滤波器的延迟时间,但各个频率信号间的相对相位关系不会发生改变。

[0058] S1-2:根据第一实际相位响应曲线和第一相位响应拟合直线得到不同频率信号的第一非线性相位偏移量,具体为:

[0059] 将第一IIR滤波器的所述第一实际相位响应曲线和第一相位响应拟合直线做差值运算,得到不同频率信号在经过第一IIR滤波器后的第一非线性相位偏移量为:

$$[0060] \quad \varphi_k = \theta_{act,k} - \theta_{fit,k},$$

[0061] 式中, φ_k 表示第k个信号频率在经过第一IIR滤波器后的所述第一非线性相位偏移量, $\theta_{act,k}$ 表示第一实际相位响应曲线上第k个信号频率的相位偏移, $\theta_{fit,k}$ 表示第一相位响应拟合直线上第k个信号频率的相位偏移。本实施例中的第一IIR滤波器可以是0-6MHz的低通滤波器。

[0062] S2:在对子载波信号调制后、执行IFFT之前,对OFDM频域信号中的每个子载波信号

乘以所述第一非线性相位偏移量的复指数以进行反向相位旋转,得到补偿后的OFDM频域信号,用于补偿后续步骤中第一IIR滤波器引入的非线性相位偏移。

[0063] S2-1:OFDM频域信号中的子载波信号为:

$$[0064] \quad x_k(t) = d_k e^{j2\pi f_k t},$$

[0065] 式中, $x_k(t)$ 表示第 k 个子载波信号的复数形式, t 表示时间, d_k 表示第 k 个子载波信号的幅度, j 表示虚数单位, f_k 表示第 k 个子载波信号的频率, e 为自然常数。

[0066] S2-2:根据所述第一非线性相位偏移量,对经过调制、未执行IFFT的子载波信号进行反向相位旋转,以预补偿后续第一IIR滤波器引入的非线性相位偏移,即:

$$[0067] \quad x_k(t)' = d_k e^{j2\pi f_k t} \times e^{-j\varphi_k},$$

[0068] 式中, $x_k(t)'$ 表示补偿后的OFDM频域信号中第 k 个子载波信号的复数形式, φ_k 表示第 k 个信号频率在经过第一IIR滤波器后的所述第一非线性相位偏移量。

[0069] S3:使用逆快速傅里叶变换(Inverse Fast Fourier Transform, IFFT)将补偿后的子载波信号转换为时域信号,经过第一IIR滤波器处理后发送到信道中。第一IIR滤波器引入的非线性相位偏移与在预补偿时的相位量相互抵消,保证了线性的相位偏移,线性相位偏移能保证信号中各频率子载波的相对相位关系不发生改变,从而提高了发送信号的EVM指标质量。

[0070] S4:在OFDM系统的接收端,接收经过信道传输的OFDM时域信号,在对接收到的OFDM时域信号进行IIR滤波之后、帧同步之前,在频域根据第二非线性相位偏移量对本地前导子载波进行同向相位旋转以获得处理后的本地前导子载波,再经过IFFT转换为本地前导时域信号。

[0071] S4-1:根据OFDM系统接收端的第二IIR滤波器获取第二非线性相位偏移量。OFDM系统的接收端也设有IIR滤波器,用于对接收到的OFDM信号进行IIR滤波。第二非线性相位偏移量的计算方法和步骤S1中计算第一非线性偏移量的方法相同,具体根据第二IIR滤波器的第二实际相位响应曲线得到。接收端的第二IIR滤波器可以和发送端的第一IIR滤波器相同、也可以不同,本实施例中的第一IIR滤波器和第二IIR滤波器相同。在发送端和接收端的IIR滤波器相同时,第一非线性相位偏移量和第二非线性相位偏移量相同,只需计算一次即可。

[0072] 根据第二非线性相位偏移量,在频域对本地前导子载波进行同向相位旋转,以补偿接收端的第二IIR滤波器引入的非线性相位偏移。具体为对每个本地前导子载波乘以第二非线性相位偏移量的复指数以进行同向相位旋转,获得处理后的本地前导子载波为:

$$[0073] \quad y_k(t) = d_k' e^{j2\pi f_k' t} \times e^{j\varphi_k'},$$

[0074] 式中, $y_k(t)$ 表示处理后的第 k 个本地前导子载波的复数形式, t 表示时间, d_k' 表示第 k 个本地导频子载波的幅度, j 表示虚数单位, f_k' 表示第 k 个本地前导子载波的频率,

φ_k' 表示第k个信号频率在经过第二IIR滤波器后的所述第二非线性相位偏移量。

[0075] S4-2:经过IFFT将处理后的本地前导子载波转换为本地前导时域信号。

[0076] S5:将本地前导时域信号与经过所述第二IIR滤波器处理的OFDM时域信号进行帧同步。

[0077] 对时域信号进行帧同步时,由于本地前导子载波已进行了同向相位旋转补偿了接收端的第二IIR滤波器引入的非线性相位偏移,因此能保证本地前导信号和接收到的前导信号相关峰检测成功。

[0078] 本实施例中,在OFDM系统的发送端,首先通过对OFDM频域信号中的子载波进行反向相位旋转来提前做相位补偿,接着将补偿后的OFDM频域信号经过IFFT转换为OFDM时域信号,最后经过第一IIR滤波器后发送到信道中;可以抵消发送端的第一IIR滤波器引入的非线性相位偏移,保证各个频率子载波信号的相位相对关系不发生改变,从而提高OFDM系统发送端的信号EVM质量,保证了通信的可靠性。进一步的,在OFDM系统的接收端,经过接收端的第二IIR滤波器接收经过信道传输的OFDM时域信号,接着对本地前导子载波进行同向相位旋转,最后进行帧同步;可以抵消接收端的第二IIR滤波器对前导载波信号的非线性相位偏移,保证接收端帧同步的相关峰检测,从而确保有效数据信号能被接收成功。

实施例三

[0079] 本实施例公开了一种基于OFDM的非线性相移补偿的通讯芯片,所述通讯芯片实现实施例一或实施例二中的基于OFDM的非线性相移补偿方法。

实施例四

[0080] 本实施例公开了一种基于OFDM的非线性相移补偿的系统,基于OFDM的非线性相移补偿的系统使用实施例三中的基于OFDM的非线性相移补偿的通讯芯片。

[0081] 本发明通过在IFFT前对子载波进行反向相位旋转来提前做相位补偿,以抵消发送端的IIR滤波器引入的非线性相位偏移,保证了各个频率子载波的相位相对关系不发生改变,可以大大的提高OFDM系统发送端的信号EVM质量,保证了通信的可靠性。

[0082] 进一步地,针对不同频率的信号在经过接收端的IIR滤波器后会产生非线性的相位偏移,在信号的接收端对OFDM符号同步时,前导时域信号由于非线性相位偏移而可能导致峰值降低,从而出现帧无法同步的情况。本发明还通过接收端的本地前导子载波进行同向相位旋转,从而保证在接收端同步时,本地前导时域信号与经过IIR滤波器后接收到的前导时域信号相关峰与预期一致,从而保证了帧同步的正确性。

[0083] 本领域内的技术人员应明白,本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0084] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引申出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

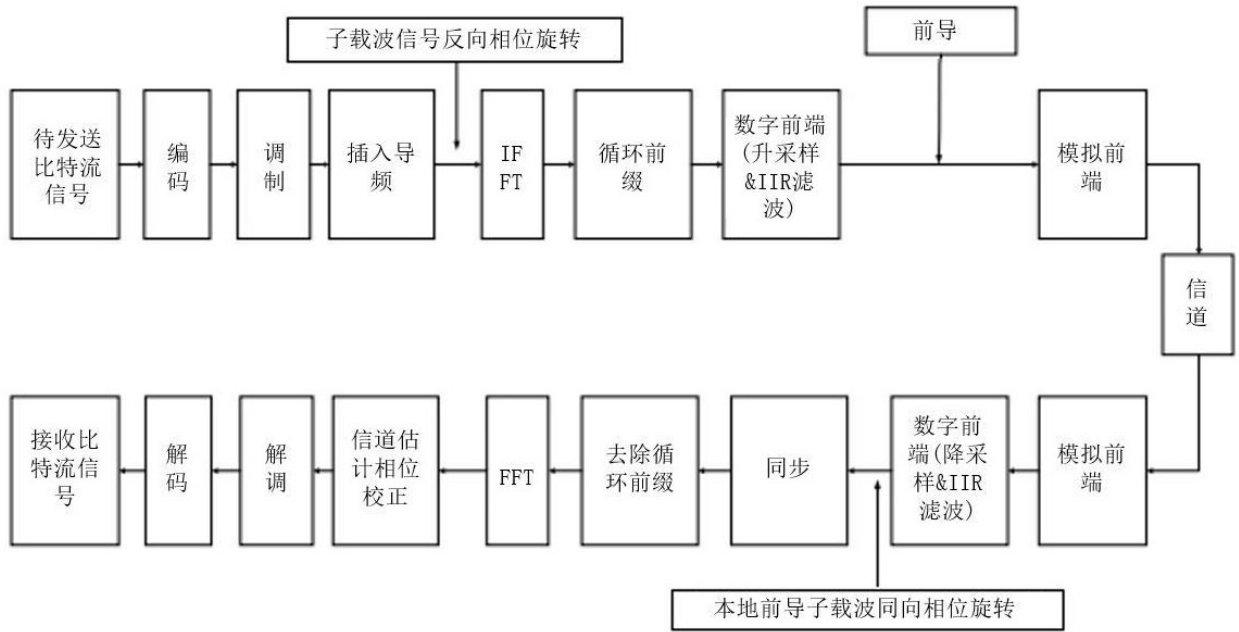


图 1

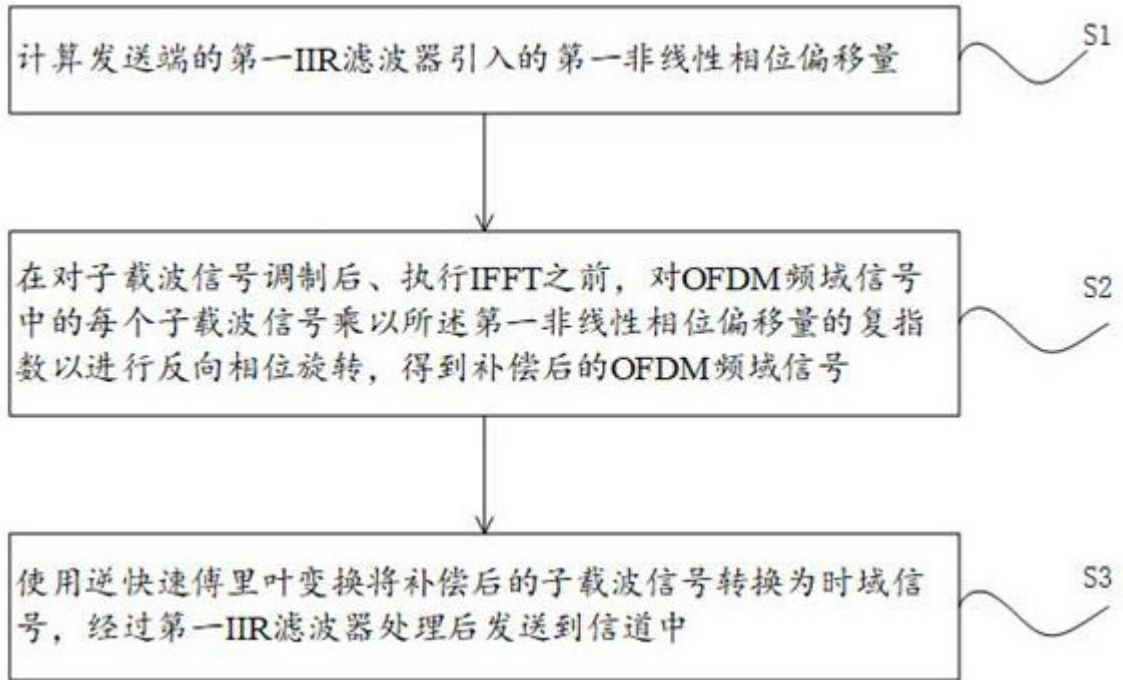


图 2

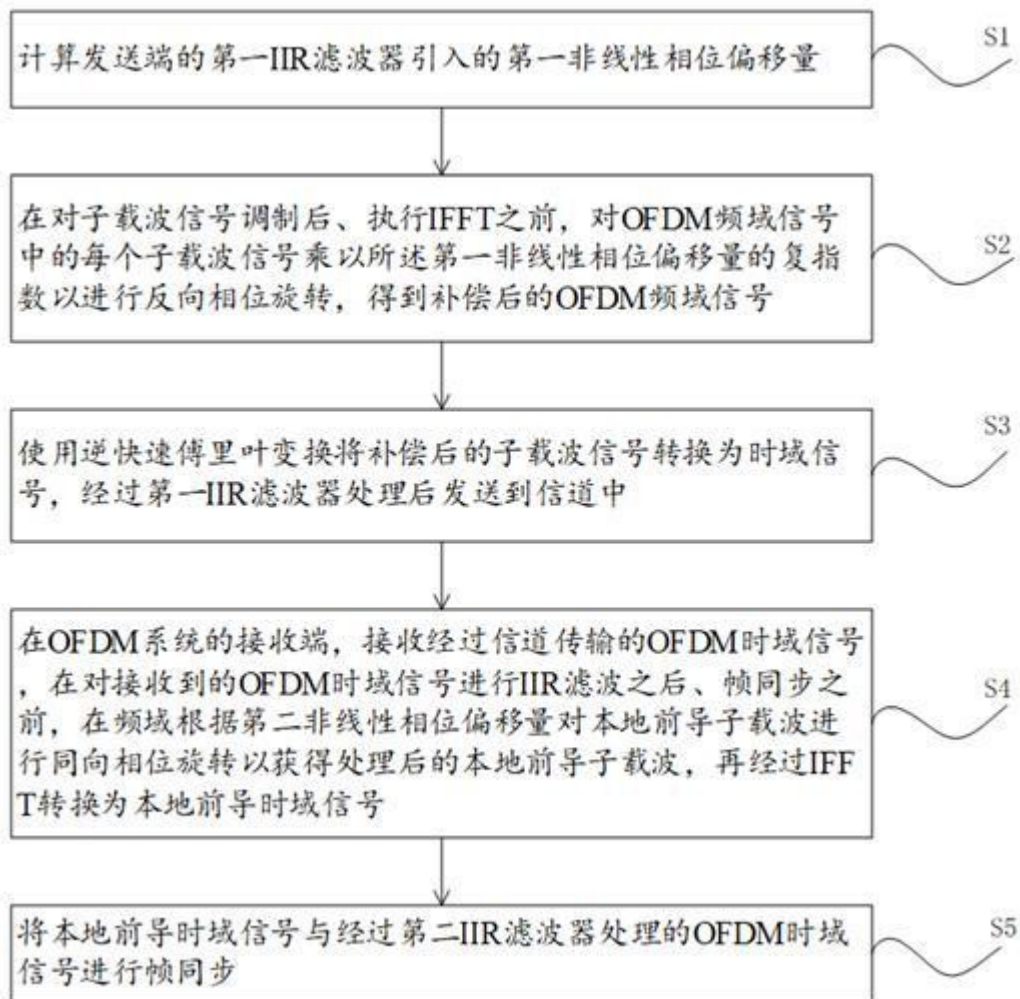


图 3

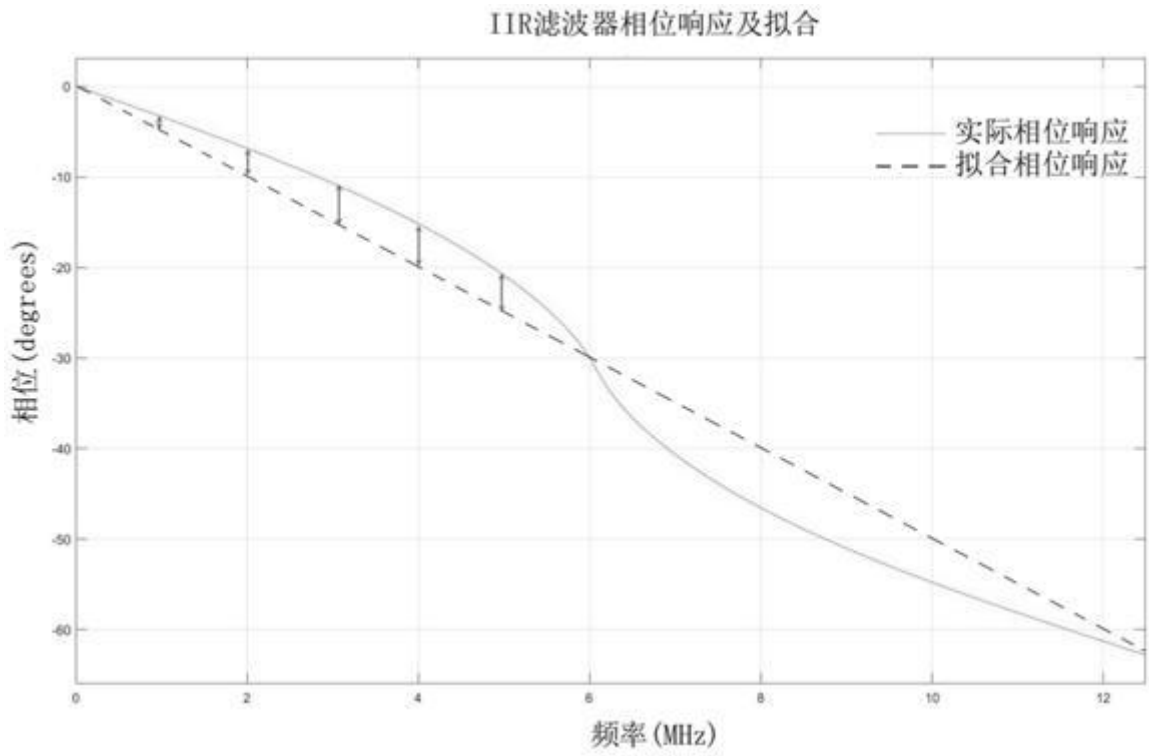


图 4

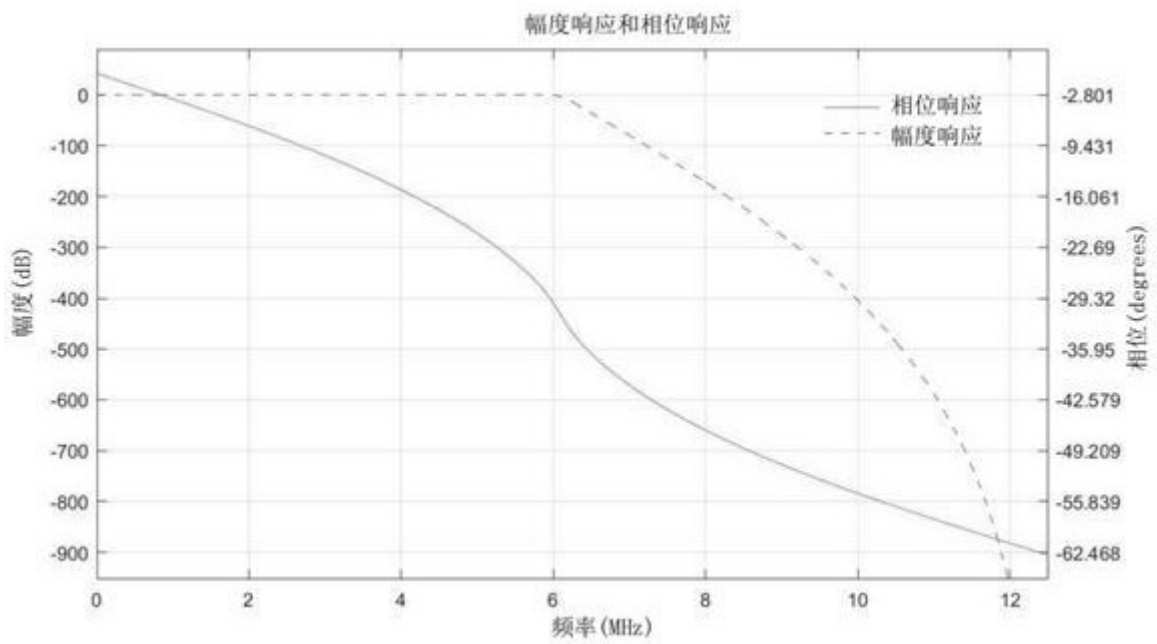


图 5