



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102594740 B

(45) 授权公告日 2015.04.01

(21) 申请号 201110004299.4

US 7616719 B1, 2009.11.10,

(22) 申请日 2011.01.11

CN 101184075 A, 2008.05.21,

(73) 专利权人 中兴通讯股份有限公司

审查员 张俊杰

地址 518057 广东省深圳市南山区高新技术产业园科技南路中兴通讯大厦法务部

(72) 发明人 聂聪

(74) 专利代理机构 北京同达信恒知识产权代理有限公司 11291

代理人 黄志华

(51) Int. Cl.

H04L 25/02(2006.01)

H04L 25/03(2006.01)

H04L 27/26(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101488939 A, 2009.07.22,

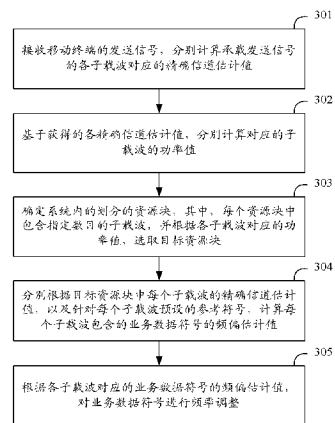
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种频偏估计方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了一种频偏估计方法及装置,以提高频偏估计的效率和准确度,降低实现复杂度。该方法为:接收移动终端的发送信号,分别计算承载发送信号的各子载波对应的精确信道估计值,基于各精确信道估计值,分别计算对应的子载波的功率值,确定系统内的划分的资源块,每个资源块中包含指定数目的子载波,并根据各子载波对应的功率值,选取目标资源块,分别根据目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,以及针对每个子载波预设的参考符号,计算每个子载波包含的业务数据符号的频偏,根据各子载波对应的业务数据符号的频偏,对业务数据符号进行频率偏移补偿。本发明同时公开了一种频偏估计装置。



1. 一种频偏估计方法,其特征在于,包括:

接收移动终端的发送信号,分别计算承载所述发送信号的各子载波对应的精确信道估计值,具体为,接收移动终端的发送信号,根据所述发送信号获取每个子载波的粗略信道估计值,将每个子载波的粗略信道估计值与相隔 N 个子载波的粗略信道估计值相乘并累加后,计算相角并获得所述移动终端的总体时偏值;采用获得的总体时偏值,计算每个子载波的时偏,并根据所述每个子载波的时偏,相应的对每个子载波的粗略信道估计值进行时偏补偿,得到消除时偏的精确信道估计值;

基于获得的各精确信道估计值,分别计算对应的子载波的功率值;

确定系统内的划分的资源块,其中,每个资源块中包含指定数目的子载波,并根据各子载波对应的功率值,选取目标资源块;

分别根据所述目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,以及针对每个子载波预设的参考符号,计算每个子载波包含的业务数据符号的频偏估计值;

根据各子载波对应的业务数据符号的频偏估计值,对业务数据符号进行频率调整。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,根据各子载波对应的功率值,选取目标资源块,包括:

根据各子载波对应的功率值,分别选取出各个资源块中的最小子载波功率值;

对从各个资源块中选出的最小子载波功率值进行比较,并从中选取最大子载波功率值,将所述最大子载波功率值对应的资源块作为目标资源块。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,将所述最大子载波功率值对应的资源块作为目标资源块,包括:

确定所述最大子载波功率值对应的子载波包含的子帧;

将所述子帧第一个时隙参考符号处所对应的资源块作为所述子帧的目标资源块。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,分别根据所述目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,以及针对每个子载波预设的参考符号,计算每个子载波包含的业务数据符号的频偏估计值,包括:

根据目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,以及针对每个子载波预设的参考符号,分别计算与每个子载波精确信道估计值相对应的时域零点的值,并基于所述时域零点的值计算所述目标资源块对应的参考符号处的频偏估计值;

分别将所述目标资源块中每个子载波上连续获得的两个参考符号处的频偏估计值做差,分别获取所述每个子载波上的两个参考符号之间的频偏估计值,并分别基于每个子载波上的两个参考符号之间的频偏估计值计算对应的子载波包含的业务数据符号的频偏估计值。

5. 如权利要求 4 所述的方法,其特征在于,分别计算与每个子载波精确信道估计值相对应的时域零点的值时,包括:

分别将每个子载波精确信道估计值通过逆傅里叶变换变换到时域,并将频域中前 2 的指数倍个子载波的精确信道估计值的平均值近似为所述时域零点的值。

6. 一种频偏估计装置,其特征在于,包括:

精确信道估计模块,用于接收移动终端的发送信号,分别计算承载所述发送信号各子载波对应的精确信道估计值,具体为:接收移动终端的发送信号,根据所述发送信号获取

每个子载波的粗略信道估计值,将每个子载波的粗略信道估计值与相隔 N 个子载波的粗略信道估计值相乘并累加后,计算相角并获得所述移动终端的总体时偏值;采用获得的总体时偏值,计算每个子载波的时偏,并根据所述每个子载波的时偏,相应的对每个子载波的粗略信道估计值进行时偏补偿,得到消除时偏的精确信道估计值;

功率计算模块,用于基于获得的各精确信道估计值,分别计算对应的子载波的功率值;

资源块选择模块,用于确定系统内的划分的资源块,其中,每个资源块中包含指定数目的子载波,并根据各子载波对应的功率值,选取目标资源块;

频偏估计模块,用于分别根据所述目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,以及针对每个子载波预设的参考符号,计算每个子载波包含的业务数据符号的频偏估计值;

调整模块,用于根据各子载波对应的业务数据符号的频偏估计值,对业务数据符号进行频率调整。

7. 如权利要求 6 所述的装置,其特征在于,所述资源块选择模块根据各子载波对应的功率值,选取目标资源块,具体为:

根据各子载波对应的功率值,分别选取出各个资源块中的最小子载波功率值;

对从各个资源块中选取的最小子载波功率值进行比较,并从中选取最大子载波功率值,将所述最大子载波功率值对应的资源块作为目标资源块。

8. 如权利要求 7 所述的装置,其特征在于,所述资源块选择模块将所述最大子载波功率值对应的资源块作为目标资源块时,确定所述最大子载波功率值对应的子载波包含的子帧,将所述子帧第一个时隙参考符号处所对应的资源块作为所述子帧的目标资源块。

9. 如权利要求 6 所述的装置,其特征在于,所述频偏估计模块分别根据所述目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,以及针对每个子载波预设的参考符号,计算每个子载波包含的业务数据符号的频偏估计值,具体为:

根据目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,以及针对每个子载波预设的参考符号,分别计算与每个子载波精确信道估计值相对应的时域零点的值,并基于所述时域零点的值计算所述目标资源块对应的参考符号处的频偏估计值;

分别将所述目标资源块中每个子载波上连续获得的两个参考符号处的频偏估计值做差,分别获取所述每个子载波上的两个参考符号之间的频偏估计值,并分别基于每个子载波上的两个参考符号之间的频偏估计值计算对应的子载波包含的业务数据符号的频偏估计值。

10. 如权利要求 9 所述的装置,其特征在于,所述频偏估计模块分别计算与每个子载波精确信道估计值相对应的时域零点的值时,分别将每个子载波精确信道估计值通过逆傅里叶变换变换到时域,并将频域中前 2 的指数倍个子载波的精确信道估计值的平均值近似为所述时域零点的值。

一种频偏估计方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及通信领域,尤其涉及一种频偏估计方法及装置。

背景技术

[0002] 在无线通信系统中,对于多载波系统而言,载波频率的偏移会导致信道之间产生干扰,尤其在正交频分复用 (OFDM) 系统中,需要子载波间严格保持同步,载波频率偏移 (以下简称频偏) 所带来的影响会更加严重。实际应用中,在较为复杂的时变性无线信道中,存在着诸如发射机载波与接收机本地振荡器之间的频率偏差或由于快速移动带来的多普勒频移等情况,这都会严重破坏 OFDM 系统子载波之间的正交性,造成干扰。在第四代移动通信系统 LTE 中采用了 OFDM 技术,这就要做到较为精确的频偏估计,才能有效消除载波间的干扰。

[0003] 传统 OFDM 系统的频偏估计方法,多采用在时域或频域针对 OFDM 符号进行相关运算,并在不断累加后求相位以估计频偏,这需要一些参数和条件的限制以及一定变化的配合。其中,采用频域自相关算法分为粗估计和细估计两个阶段,频偏估计范围和估计方差是由自相关的间隔决定,间隔越小,估计范围和估计方差越大,间隔越大,估计范围和估计方差越小,在粗估计和细估计过程中,需要选取合适的间隔,以寻求大的估计范围和小的估计方差,这就需要找到最优的自相关间隔,实现起来比较困难,同时,在粗估计和细估计之间进行来回切换也增加了子载波同步的复杂度;而时域自相关的前提是将时隙中的两段参数符号进行精确地时间同步,若稍有偏差,则自相关后得到的相位角就会带有其余业务数据部分的信息,导致频偏估计存在较大误差,在 LTE 系统中,基站接收到时域数据,紧接着就会把数据变换到频域进行后续处理,不能保证预先在时域进行精确同步,因此采用时域自相关进行频偏估计得不到前提保障,同时,从频域转换到时域需要进行逆傅里叶变换 IFFT,需要消耗大量的时间,并增加电路复杂度。

发明内容

[0004] 本发明提供一种频偏估计方法及装置,用以提高频偏估计的效率和准确度,并降低系统消耗的资源,降低硬件实现复杂度。

[0005] 本发明实施例提供的具体技术方案如下:

[0006] 一种频偏估计方法,包括:

[0007] 接收移动终端的发送信号,分别计算承载所述发送信号的各子载波对应的精确信道估计值;

[0008] 基于获得的各精确信道估计值,分别计算对应的子载波的功率值;

[0009] 确定系统内的划分的资源块,其中,每个资源块中包含指定数目的子载波,并根据各子载波对应的功率值,选取目标资源块;

[0010] 分别根据所述目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,以及针对每个子载波预设的参考符号,计算每个子载波包含的业务数据符号的频偏估计值;

[0011] 根据各子载波对应的业务数据符号的频偏估计值,对业务数据符号进行频率调整。

[0012] 一种频偏估计装置,包括:

[0013] 精确信道估计模块,用于接收移动终端的发送信号,分别计算承载所述发送信号各子载波对应的精确信道估计值;

[0014] 功率计算模块,用于基于获得的各精确信道估计值,分别计算对应的子载波的功率值;

[0015] 资源块选择模块,用于确定系统内的划分的资源块,其中,每个资源块中包含指定数目的子载波,并根据各子载波对应的功率值,选取目标资源块;

[0016] 频偏估计模块,用于分别根据所述目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,以及针对每个子载波预设的参考符号,计算每个子载波包含的业务数据符号的频偏估计值;

[0017] 调整模块,用于根据各子载波对应的业务数据符号的频偏估计值,对业务数据符号进行频率调整。

[0018] 基于上述技术方案,通过获取各子载波的精确信道估计值,分别计算对应子载波的功率值,根据各子载波对应的功率值,选取目标资源块,分别根据目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,通过设定的参考符号计算每一个子载波包含的业务数据符号的频偏估计值,根据各子载波对应的业务数据符号的频偏估计值,对业务数据符号进行频率调整。从而能够有效地提高频偏估计的效率和准确度,并降低系统消耗的资源,降低硬件实现复杂度。

附图说明

[0019] 图 1 为本发明频偏估计系统架构图;

[0020] 图 2 为本发明频偏估计装置结构图;

[0021] 图 3 为本发明频偏估计方法流程图;

[0022] 图 4 为本发明数据帧的结构示意图;

[0023] 图 5 为本发明时频结构示意图。

具体实施方式

[0024] 为了提高频偏估计的效率和准确度,并降低系统消耗的资源,降低硬件实现复杂度,本发明实施例提供了一种频偏估计方法及装置,能够有效地提高频偏估计的效率和准确度,并降低系统消耗的资源,降低硬件实现复杂度。该方法为:接收移动终端的发送信号,分别计算承载发送信号各子载波对应的精确信道估计值,基于获得的各精确信道估计值,分别计算对应的子载波的功率值,确定系统内的划分的资源块,其中,每个资源块中包含指定数目的子载波,并根据各子载波对应的功率值,选取目标资源块,分别根据目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,以及针对每个子载波预设的参考符号,计算每一个子载波包含的业务数据符号的频偏估计值,根据各子载波对应的业务数据符号的频偏估计值,对业务数据符号进行频率调整。

[0025] 下面结合附图对本发明优选的实施例进行详细说明。

[0026] 本发明实施例提供的方法可以应用于各种 OFDM 系统,以下实施例中,仅以 LTE 系统为例进行说明。

[0027] 参阅附图 1 所示,本发明实施例中,频偏估计系统主要由频偏估计装置 10 和移动终端 11 组成,其中,

[0028] 频偏估计装置 10,用于接收移动终端 11 的发送信号,分别计算承载发送信号的各子载波对应的精确信道估计值,基于获得的各精确信道估计值,分别计算对应的子载波的功率值,确定系统内的划分的资源块,其中,每个资源块中包含指定数目的子载波,并根据各子载波对应的功率值,选取目标资源块,分别根据目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,以及针对每个子载波预设的参考符号,计算每一个子载波包含的业务数据符号的频偏估计值,根据各子载波对应的业务数据符号的频偏估计值,对业务数据符号进行频率调整;

[0029] 移动终端 11,用于向基站发送信号,以根据该信号进行粗略信道估计。

[0030] 参阅附图 2 所示,本发明实施例中,频偏估计装置 10 主要由以下模块组成:

[0031] 精确信道估计模块 101,用于接收移动终端的发送信号,分别计算承载所述发送信号各子载波对应的精确信道估计值;

[0032] 功率计算模块 102,用于基于获得的各精确信道估计值,分别计算对应的子载波的功率值;

[0033] 资源块选择模块 103,用于确定系统内的划分的资源块,其中,每个资源块中包含指定数目的子载波,并根据各子载波对应的功率值,选取目标资源块;

[0034] 频偏估计模块 104,用于分别根据所述目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,以及针对每个子载波预设的参考符号,计算每个子载波包含的业务数据符号的频偏估计值;

[0035] 调整模块 105,用于根据各子载波对应的业务数据符号的频偏估计值,对业务数据符号进行频率调整。

[0036] 参阅附图 3 所示,本发明实施例中,频偏估计方法的详细流程如下:

[0037] 步骤 301:接收移动终端的发送信号,分别计算承载发送信号各子载波对应的精确信道估计值。

[0038] 接收移动终端的发送信号,分别计算承载发送信号各子载波对应的精确信道估计值,具体为:接收移动终端的发送信号,根据发送信号获取每个子载波的粗略信道估计值,将每个子载波的粗略信道估计值与相隔 N 个子载波的粗略信道估计值相乘并累加后,计算相角并获得移动终端的总体时偏值;采用获得的总体时偏值,计算每个子载波的时偏,并根据每个子载波的时偏,相应的对每个子载波的粗略信道估计值进行时偏补偿,得到消除时偏的精确信道估计值。

[0039] 其中,基站接收到的移动终端的发送信号为本地预知信号,基站接收该移动终端发送的上述预知信号,并基于该预知信号进行粗略信道估计。较佳地,可以采用最小二乘 (Least Square, LS) 信道估计方法进行粗略信道估计。

[0040] 例如,参阅附图 4 所示,在 LTE 系统中,移动终端以数据帧的形式发送信号,每个数据帧包含 10 个子帧,每个子帧包含两个时隙,在每个时隙中又可以包含 6 个或 7 个 OFDM 符号,本发明实施例中,在每个子帧中间位置预设参考符号,每个子帧的其余部分为业务数据

符号。可以采用最小二乘 (Least Square, LS) 信道估计方法进行粗略信道估计, 具体为: 基站接收移动终端发送的预知信号并进行解调后, 针对承载解调后信号的各子载波, 将解调后信号与预知信号的共轭进行点乘, 分别得到各子载波的粗略信道估计值。其中, 针对每个子帧两个时隙的参考符号处对应的各个子载波进行 LS 粗略信道估计。

[0041] 其中, 将每个子载波的粗略信道估计值与相隔 N 个子载波的粗略信道估计值相乘并累加后, 计算相角并获得移动终端的总体时偏值, 具体为: 将每个子载波的粗略信道估计值与相隔 N 个子载波的粗略信道估计值相乘并累加后计算相角, 较佳地 N 为 6, 该相角即为移动终端的总体时偏值, 再将计算得到的相角除以 N 即获得移动终端每个子载波的时偏值, 计算公式可表示为 $t_0 = \frac{1}{N} \cdot \text{angle}(\sum_{k=1}^{M-N} H_{LS}(k) \cdot \text{conj}(H_{LS}(k+N)))$, 其中, t_0 表示该时隙内该

移动终端的时偏值, $H_{LS}(k)$ 表示第 k 个子载波的粗略信道估计值, $\text{conj}(H_{LS}(k+N))$ 表示第 k+N 个子载波的粗略信道估计值的共轭, M 表示该移动终端的子载波总数。

[0042] 本发明实施例中, 将每个子载波的粗略信道估计值与相隔 N 个子载波的粗略信道估计值相乘并累加后, 计算相角可以采用如下方法: 进行近似计算, 通过反正切函数计算相角, 首先, 将反正切函数进行一阶求导后, 根据泰勒公式任意一点 x_0 附近有 $f(x) = f(x_0) + \frac{x-x_0}{1+x_0^2}$, 其中 $f(x_0) = \arctan(x_0)$ 。本发明实施例中, 预设三个查找表, 以快速计算相角 $f(x)$, 其中, 通过查找表 1 中预设 x_0 的值, 查找表 2 中预设 $\arctan(x_0)$ 的值,

查找表 3 中预设 $\frac{1}{1+x_0^2}$ 的值, 三个表的值为一一对应的, 例如, 查找表 1 中第 10 行所对应的值, 与查找表 2 和 3 中第 10 行的值相对应, 即相角 $f(x) = \text{LUT}(\text{index}, 2) + \text{LUT}(\text{index}, 3) \cdot (x - \text{LUT}(\text{index}, 1))$, 其中 $\text{LUT}(\text{index}, 1)$ 表示查找表 1 的第 index 行对应的值, $\text{LUT}(\text{index}, 2)$ 、 $\text{LUT}(\text{index}, 3)$ 与其相似。

[0043] 其中, 根据每个子载波的时偏, 相应的对每个子载波的粗略信道估计值进行时偏补偿, 得到消除时偏的精确信道估计值, 计算公式为 $H(k) = H_{LS}(k) \cdot e^{j t_0 k}$, $H(k)$ 表示消除时偏后的精确信道估计值, k 表示第 k 个载波。

[0044] 步骤 302: 基于获得的各精确信道估计值, 分别计算对应的子载波的功率值。

[0045] 根据每个子载波的精确信道估计值 $H(k)$, 计算各个子载波的功率值, 计算公式表示为: $P = H(k) \cdot \text{conj}(H(k)) = \text{real}^2(H(k)) + \text{imag}^2(H(k))$, P 表示子载波的功率值, $\text{real}^2(H(k))$ 表示精确信道估计值实部的平方, $\text{imag}^2(H(k))$ 表示精确信道估计值虚部的平方。

[0046] 步骤 303: 确定系统内的划分的资源块, 其中, 每个资源块中包含指定数目的子载波, 并根据各子载波对应的功率值, 选取目标资源块。

[0047] 对于不同的系统划分的资源块并不相同, 每个资源块包含的子载波的数目也不相同, 例如, 对于 LTE 系统来说, 每个资源块包含 12 个子载波, 每个移动终端对应 10 个资源块。

[0048] 目标资源块是指最优资源块, 即在大衰落信道中 (功率值最小) 选取衰落情况最好的信道作为代表。本发明实施例中, 以资源块为单位进行信道选择, 在每个资源块中选择最小功率值作为资源块的代表功率, 以表示信道衰落情况。

[0049] 其中,根据各子载波对应的功率值,选取目标资源块,具体为:根据各子载波对应的功率值,分别选取出各个资源块中的最小子载波功率值;对从各个资源块中选取的最小子载波功率值进行比较,并从中选取各个子帧的最大子载波功率值,分别将最大子载波功率值对应的资源块作为目标资源块。

[0050] 本发明实施例中,在将最大子载波功率值对应的资源块作为目标资源块时,首先确定最大子载波功率值对应的子载波包含的子帧,将上述子帧第一个时隙参考符号处所对应的资源块作为上述子帧的目标资源块,即同时将该目标资源块作为上述子帧第二个时隙参考符号处所对应的目标资源块。

[0051] 步骤 304:分别根据目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,以及针对每个子载波预设的参考符号,计算每一个子载波包含的业务数据符号的频偏估计值。

[0052] 根据傅里叶变换的性质可知,频域偏移在时域上表现为相角改变,因此,只需将子帧两个时隙在频域的精确信道估计变换到时域,并计算时域相角,通过相角的变化即可获知承载该子帧的各子载波的频偏。

[0053] 该步骤具体为:根据目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,以及针对每个子载波预设的参考符号,分别计算与每个子载波精确信道估计值相对应的时域零点的值,并基于时域零点的值计算所述目标资源块对应的参考符号处的频偏估计值;分别将所述目标资源块中每个子载波上连续获得的两个参考符号处的频偏估计值做差,分别获取上述子载波上的两个参考符号之间的频偏估计值,并分别基于每个子载波上的两个参考符号之间的频偏估计值计算对应的子载波包含的业务数据符号的频偏估计值。

[0054] 较佳地,在分别计算与每个子载波精确信道估计值相对应的时域零点的值时,分别将每个子载波精确信道估计值通过逆傅里叶变换到时域,并将频域中前 2 的指数倍子载波的精确信道估计值的平均值近似为所述时域零点的值。由于资源块上每个子载波的精确信道估计在频域上的信号是截断函数形式(如窗函数),将其转换到时域后的形式为 $\text{sinc}(x) = \sin x/x$,其大部分能量集中在主瓣内(即零点附近),可以直接选取时域零点的值进行相角计算。

[0055] 根据逆傅里叶变换的公式 $x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k) \cdot e^{j \frac{2\pi}{N} nk}$ 可知,时域零点的值用公式表示

为 $x(0) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k)$,这里 $X(k)$ 为精确信道估计值 $H(k)$, N 即为资源块包含的子载波的数目,

较佳地, N 为 2 的指数倍,再计算该资源块对应的相角 $\varphi = \text{angle}(x(0))$ 。

[0056] 例如,在 LTE 系统中,一个资源块内包含 12 个子载波,为便于硬件实现,取前 8 个子载波的精确信道估计值平均值作为时域零点的值,表示为 $x(0) = \frac{1}{8} \sum_{k=0}^7 H(k)$,则相角 $\varphi = \text{angle}(x(0))$ 。

[0057] 对于目标资源块中每个子载波上连续获得的同一子帧两个时隙的参考符号,分别按照上述步骤计算各个时隙参考符号对应的相角,分别获得 $\varphi_1 = \text{angle}(x_1(0))$, $\varphi_2 = \text{angle}(x_2(0))$ 。由于基站是多天线系统,可以求多个天线相角值的平均,所得的平均值分别作为上述子帧对应得各个时隙参考符号的最终相角值。计算各个时隙参考符号的相角后,用后一时隙对应的相角减去前一时隙对应的相角,即获得频域中目标资源块中每个子

载波上连续获得的两个时隙参考符号之间的频偏,通过加减 2π 将上述参考符号之间的频偏控制在正负 π 的范围内,再进一步基于每个子载波上两个参考符号之间的频偏获取对应的子载波包含的业务数据符号的频偏。

[0058] 较佳地,在分别基于每个子载波上参考符号之间的频偏获取对应子载波包含的业务数据符号的频偏时,标定第一个参考符号处不存在频偏,基于各个子载波上两个参考符号之间的频偏计算对应子载波连续获得的相邻 OFDM 符号之间的频偏,基于该相邻 OFDM 符号之间的频偏,进行线性插值,计算相应子载波包含的业务数据符号之间的频偏。

[0059] 例如,参阅附图 5 所示,假设 LTE 系统中,子帧包含的每个时隙由 7 个 OFDM 符号组成,将位于每个时隙中间的符号设定为参考符号,其余为业务数据符号,即每个时隙的第 4 个符号为参考符号,则两个时隙的参考符号之间相隔 6 个业务数据符号。选择目标资源块后,将目标资源块中每个子载波连续获得的两个时隙参考符号处的频偏估计值做差,即将各个子载波对应的第二个时隙参考符号处的相角减去相应子载波上第一时隙参考符号处的相角,获得各子载波上两个参考符号之间的频偏,将各子载波上两个参考符号之间的频偏除以 (6+1),分别获得各子载波相邻 OFDM 符号之间的频偏,本发明实施例中,标定各子载波第一个时隙的参考符号(第 4 个符号)处不存在频偏,则在第 5 个符号处的频偏即为上述相邻 OFDM 符号之间的频偏,第 6 个符号处为第 5 个符号频偏的基础上再加上相邻 OFDM 符号之间的频偏,依次类推,直至第二个时隙的最后一个符号,而对于第 3 个符号处的频偏则为负的相邻 OFDM 符号处的频偏,第 2 个符号处的频偏则为第 3 个符号处的频偏的基础上再加上负的相邻 OFDM 符号处的频偏,依次类推,则可计算出各子载波包含的业务数据符号的频偏。

[0060] 步骤 305:根据各子载波对应的业务数据符号的频偏估计值,对业务数据符号进行频率调整。

[0061] 基于上述技术方案,本发明实施例中,通过获取各子载波的精确信道估计值,分别计算对应子载波的功率值,根据各子载波对应的功率值,选取目标资源块,分别根据目标资源块中每个子载波的精确信道估计值,以及针对每个子载波预设的参考符号,计算每一个子载波包含的业务数据符号的频偏估计值,根据各子载波对应的业务数据符号的频偏估计值,对业务数据符号进行频率调整。对于采用频域自相关算法进行频偏估计的方法来说,本发明实施例提供的方法,不需要使用频域自相关算法即可实现频偏估计,克服了频域自相关算法中自相关间隔难以选取的困难,也不需要粗估计和细估计之间来回进行切换,提高了频偏估计的效率和准确度;对于采用时域自相关算法进行频偏估计的方法来说,克服了未经严格保持时间精确同步便会带来较大频偏误差的缺点;此外,本发明在资源块中频域转换时域的计算过程中,只需得到时域零点,因此用算术平均代替了计算复杂并且较大消耗电路资源的 FFT 运算;同时,也无需进行构造训练矩阵或对信道冲击响应滤波等,便于硬件实现。

[0062] 综上所述,本发明实施例提供的频偏估计方法能够提高频偏估计的效率和准确度,并降低系统消耗的资源,降低硬件实现复杂度。

[0063] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

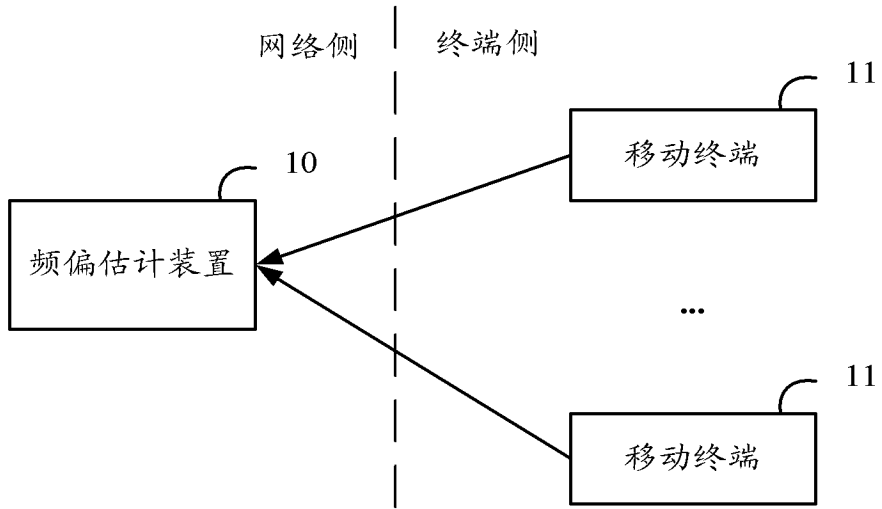


图 1

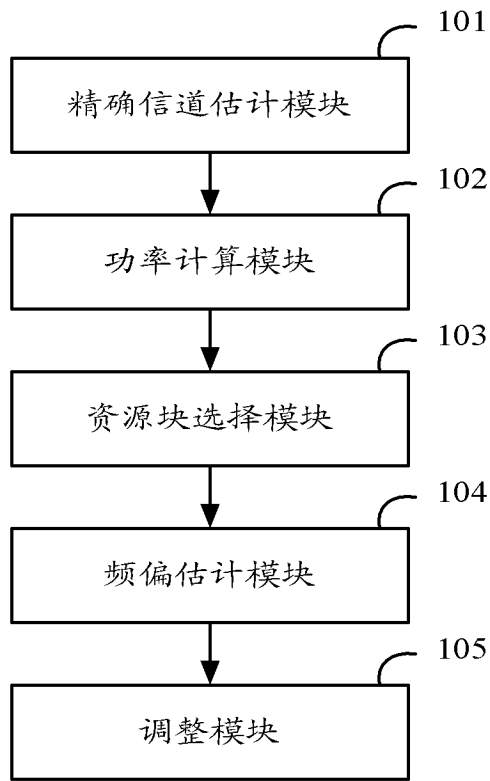


图 2

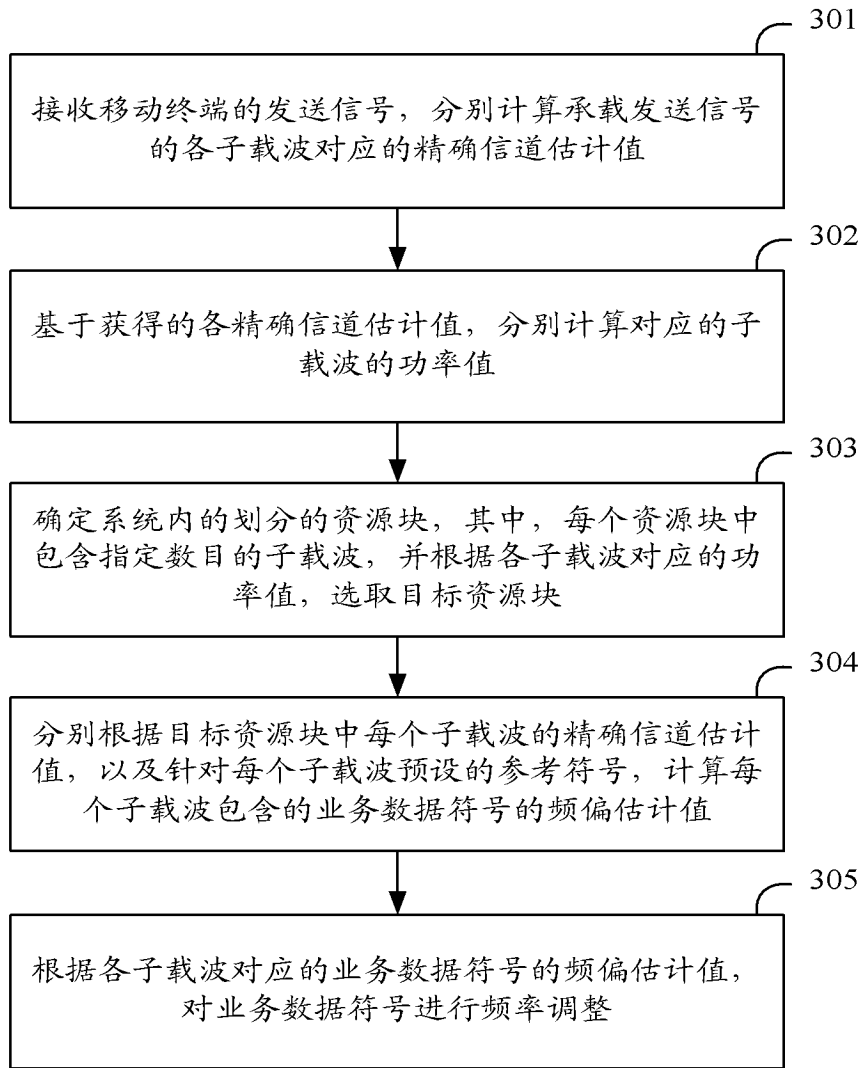


图 3

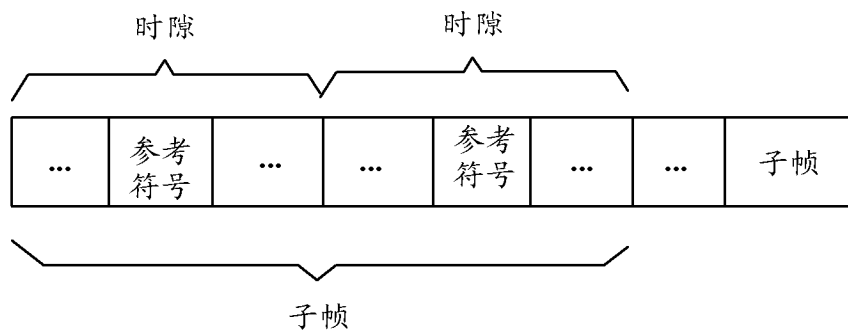


图 4

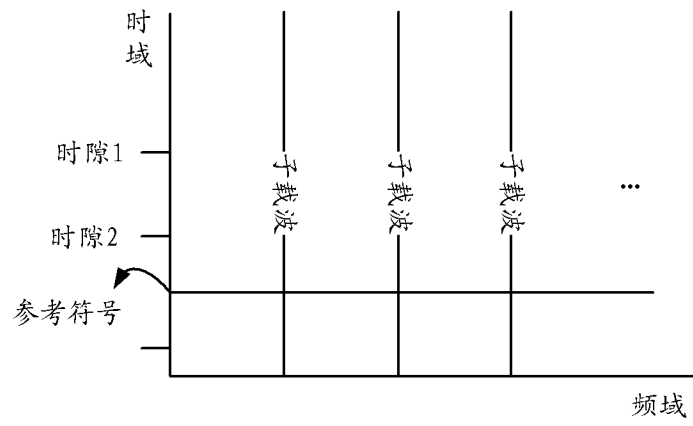


图 5