



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102752240 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 24

(21) 申请号 201110098576. 2

(22) 申请日 2011. 04. 19

(71) 申请人 澜起科技(上海)有限公司

地址 200233 上海市徐汇区桂平路 680 号 32  
号 4 楼 406A 室

(72) 发明人 陆震 王立华

(74) 专利代理机构 上海光华专利事务所 31219  
代理人 李仪萍

(51) Int. Cl.

H04L 25/02 (2006. 01)

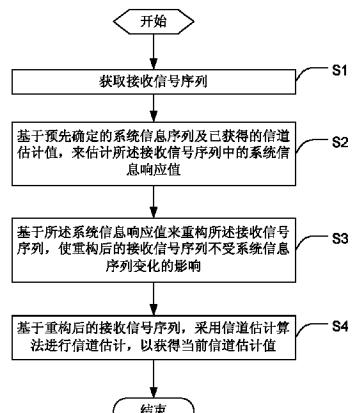
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

单载波系统中基于系统信息进行信道估计的方法及系统

(57) 摘要

本发明提供一种单载波系统中基于系统信息进行信道估计的方法及系统。首先，信道估计系统获取接收信号序列；随后再基于预先确定的系统信息序列及已获得的信道估计值，来估计所述接收信号序列中的系统信息响应值；接着再基于所述系统信息响应值来重构所述接收信号序列，使重构后的接收信号序列不受系统信息序列变化的影响；最后再基于重构后的接收信号序列，采用信道估计算法进行信道估计以获得当前信道估计值，本发明的优点包括：1) 可以获得优越的系统性能；2) 占用的系统资源少。



1. 一种单载波系统中基于系统信息进行信道估计的方法,其特征在于包括:
  - 1) 获取接收信号序列;
  - 2) 基于预先确定的系统信息序列及已获得的信道估计值,来估计所述接收信号序列中的系统信息响应值;
  - 3) 基于所述系统信息响应值来重构所述接收信号序列,使重构后的接收信号序列不受系统信息序列变化的影响;
  - 4) 基于重构后的接收信号序列,采用信道估计算法进行信道估计以获得当前信道估计值。
2. 如权利要求1所述的单载波系统中基于系统信息进行信道估计的方法,其特征在于:

所述步骤2)还包括:

基于所述预先确定的系统信息序列的长度由所述已获得的信道估计值中获取对应的信道估计值,并基于该对应的信道估计值及预先确定的系统信息序列,来估计所述接收信号序列中的系统信息响应值。
3. 如权利要求1或2所述的单载波系统中基于系统信息进行信道估计的方法,其特征在于:所述信道估计算法包括最小方差算法、简化的最小方差算法、混合最小方差算法、最小均方误差估计算法、和最大似然算法。
4. 如权利要求1至3中任一项所述的单载波系统中基于系统信息进行信道估计的方法,其特征在于:所述单载波系统包括DMB-T单载波系统。
5. 一种单载波系统中基于系统信息进行信道估计的信道估计系统,其特征在于包括:

获取模块,用于获取接收信号序列;

响应序列估计模块,用于基于预先确定的系统信息序列及已获得的信道估计值,来估计所述接收信号序列中的系统信息响应值;

重构模块,用于基于所述系统信息响应值来重构所述接收信号序列,使重构后的接收信号序列不受系统信息序列变化的影响;

信道估计模块,用于基于重构后的接收信号序列,采用信道估计算法进行信道估计以获得当前信道估计值。
6. 如权利要求5所述的单载波系统中基于系统信息进行信道估计的信道估计系统,其特征在于:所述响应序列估计模块还包括:

估计单元,用于基于所述预先确定的系统信息序列的长度由所述已获得的信道估计值中获取对应的信道估计值,并基于该对应的信道估计值及预先确定的系统信息序列,来估计所述接收信号序列中的系统信息响应值。
7. 如权利要求5或6所述的单载波系统中基于系统信息进行信道估计的信道估计系统,其特征在于:所述信道估计算法包括最小方差算法、简化的最小方差算法、混合最小方差算法、最小均方误差估计算法、和最大似然算法。
8. 如权利要求5至7中任一项所述的单载波系统中基于系统信息进行信道估计的信道估计系统,其特征在于:所述单载波系统包括DMB-T单载波系统。

## 单载波系统中基于系统信息进行信道估计的方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种单载波系统,特别涉及一种单载波系统中基于系统信息进行信道估计的方法及系统。

### 背景技术

[0002] 在 DMB-T 单载波系统中,发送的数据都在时域上定义,发送的数据每帧的格式如图 1 所示,即每帧包含 PN 序列、系统信息序列 SI 及数据序列。其中,PN 序列是固定不变的,而系统信息序列 (SI :system information) 则根据具体的发送调制模式的不同而不同,目前的标准中,一共定义了 24 组 SI 值。

[0003] 接收机为了解调所接收的接收序列,需要对当前的信道进行估计,常用的信道估计算法基于 PN 序列来进行。例如,较为典型的是基于最小方差算法 (LS) 的信道估计,其过程如下:

[0004] 如果发送的一帧序列为:  $ts(k), k = 0, 1, \dots, N-1$ , 经过一信道,信道时域响应为  $h(l), l = 0, 1, \dots, L-1$ , 则,接收到的该帧序列为  $r(m), m = 0, 1, \dots, N+L-2$ , 在不考虑噪声影响的情形下,则:

[0005]  $r(m) = conv(ts, h)$ , 其中,  $conv(a, b)$  表示对序列 a 与序列 b 进行线性卷积运算。

[0006] 为了由接收到的该帧序列为  $r(m)$  获得数据序列,需要对当前信道  $h$  进行估计以获得信道估计值  $h_{est}$ , 现假设  $L < N/2$ , 则 LS 信道估计算法过程为:

[0007]  $M_{ts} = [V_{ts}(L-1), V_{ts}(L-2), \dots, V_{ts}(0)]$ ,

[0008] 其中,  $V_{ts}(k) = [ts(k), ts(k+1), \dots, ts(k+N-L)]^T$ ,  $T$  表示矩阵转置;

[0009]  $M_h = [h(0), h(1), \dots, h(L-1)]^T$ ,

[0010]  $M_r = [r(L-1), r(L), \dots, r(N-1)]^T$ ,

[0011] 则  $M_r = M_{ts}*M_h$ , \* 表示矩阵乘法运算;

[0012] LS 算法估计信道响应  $h_{est}$ , 设定:  $M_{est} = [h_{est}(0), h_{est}(1), \dots, h_{est}(L-1)]^T$ ;

[0013] 则  $M_{est} = M_{ls}*M_r$ ;

[0014]  $M_{ls}$  为 LS 算法矩阵,通常,  $M_{ls} = (M_{ts}^H*M_{ts})^{-1}*M_{ts}^H$ ;  $H$  表示矩阵的厄米特变换 (Hermitian transpose);

[0015] 由上可见,在进行信道估计时,需要确定矩阵  $M_{ls}$ , 而实时计算  $M_{ls}$  矩阵实现复杂度高,因此一般预先根据 PN 序列计算出  $M_{ls}$  矩阵并予以存储,接收端根据预先存储的  $M_{ls}$  矩阵来对当前的信道进行估计。但是,由该 PN 序列构建出来的 LS 算法矩阵性能相对较差,导致估计误差较大。

[0016] 为了提高性能,改进的信道估计算法则预先基于 PN 序列与 SI 序列来计算  $M_{ls}'$  矩阵并予以存储,再基于预先存储的  $M_{ls}'$  矩阵来进行信道估计,但是,由于 SI 序列有多种,导致需要预先存储多个不同的  $M_{ls}'$  矩阵,这会占据大量硬件空间。

[0017] 由上可见,在现有信道估计方法中,或者采用短的 PN 序列进行信道估计,如此会

损失性能 ;或者实时运算  $M_{1s}$ , 消耗大量硬件资源 ;或者对每一种系统信息 (SI), 都预存相应的  $M_{1s}'$  矩阵来进行信道估计, 如此虽然能获得较好系统性能, 但由于系统信息有多达 24 种, 因此, 需要耗费巨大硬件资源。

[0018] 因此, 需要对现有信道估计方法进行改进。

## 发明内容

[0019] 本发明的目的在于提供一种性能优越且占用系统资源少的单载波系统中基于系统信息进行信道估计的方法及系统。

[0020] 为了达到上述目的及其他目的, 本发明提供的单载波系统中基于系统信息进行信道估计的方法, 包括 :1) 获取接收信号序列 ;2) 基于预先确定的系统信息序列及已获得的信道估计值, 来估计所述接收信号序列中的系统信息响应值 ;3) 基于所述系统信息响应值来重构所述接收信号序列, 使重构后的接收信号序列不受系统信息序列变化的影响 ;以及 4) 基于重构后的接收信号序列, 采用信道估计算法进行信道估计以获得当前信道估计值。

[0021] 本发明还提供一种单载波系统中基于系统信息进行信道估计的信道估计系统, 其包括 :接收模块, 用于获取接收信号序列 ;响应序列估计模块, 用于基于预先确定的系统信息序列及已获得的信道估计值, 来估计所述接收信号序列中的系统信息响应值 ;重构模块, 用于基于所述系统信息响应值来重构所述接收信号序列, 使重构后的接收信号序列不受系统信息序列变化的影响 ;以及信道估计算模块, 用于基于重构后的接收信号序列, 采用信道估计算法进行信道估计以获得当前信道估计值。

[0022] 综上所述, 本发明的单载波系统中基于系统信息进行信道估计的信道估计方法及系统通过消除接收信号序列中的系统信息序列, 再基于 PN 序列与 SI 序列为 0 序列的信道估计算法来进行信道估计, 如此即可以获得优越的系统性能, 同时又不需要占用过多系统资源。

## 附图说明

[0023] 图 1 为单载波系统发送的一帧信号序列示意图。

[0024] 图 2 为本发明的单载波系统中基于系统信息进行信道估计的方法的流程图。

[0025] 图 3 为本发明的单载波系统中基于系统信息进行信道估计的信道估计系统示意图。

## 具体实施方式

[0026] 图 2 为本发明的单载波系统中基于系统信息进行信道估计的方法的流程图。其中, 所述单载波系统包括但不限于 DMB-T 单载波系统等。

[0027] 具体的, 在步骤 S1 中, 单载波系统的信道估计系统获取接收信号序列。其中, 所述信道估计系统获取的接收信号序列为单载波系统的接收天线所输出的信号序列或者为单载波系统包含的同步模块所输出的信号序列等。例如, 当单载波系统的发送端发送如图 1 所示的一帧信号序列, 则所述信道估计系统获取的信号序列 Rx\_seq 为 :

[0028]  $Rx\_seq = [PN\_seq, SI\_symbol, Data\_Seq]*Chan+Noise;$

[0029] 其中, PN\_seq 表示发送的 PN 序列, 其为  $1*PN\_len$  的矢量 ;PN\_len 为 PN 序列的长

度；

[0030] SI\_symbol 表示发送的系统信息序列 (SI) 值, 其为 1\*36 的矢量；

[0031] Data\_seq 表示发送的数据序列, 其为 1\*3744 的矢量；

[0032] Chan 表示信道的时域响应；

[0033] \* 表示线性卷积运算；

[0034] Noise 表示噪声。

[0035] 接着, 在步骤 S2 中, 所述信道估计系统基于预先确定的系统信息序列及已获得的信道估计值, 来估计所述接收信号序列中的系统信息响应值。其中, 在步骤 S2 之前获得信道估计值的方式包括但不限于 :1) 所述信道估计系统基于前一帧接收信号序列进行信道估计来得到。2) 所述信道估计系统基于 PN 序列的信道估计的方式对当前信道进行信道估计来得到。其中, 所述信道估计系统基于 PN 序列对当前信道进行信道估计的方式包括但不限于 :采用最小方差算法、简化的最小方差算法 (simplified LS,,SLS)、混合最小方差算法 (Hybrid LS, HLS)、最小均方误差估计算法 (MMSE)、最大似然算法 (maximum likelihood, ML) 等来进行估计, 在此不再一一详述。3) 所述信道估计系统基于前几帧的信道估计值以求取平均值、加权平均等方式来得到等。

[0036] 需要说明的是, 本领域技术人员应该理解, 前述在步骤 S2 之前获得信道估计值的方式仅仅只是列示, 而非对本发明的限制, 事实上, 任何在步骤 S2 之前获得信道估计值, 以便估计所述接收信号序列中的系统信息响应值的实现方式, 都包含在本发明的范围内。

[0037] 所述信道估计系统基于已获得的信道估计与预先确定的 SI 值, 采用诸如卷积等方式来获得所述接收信号序列中的系统信息响应值 SI\_sym\_est, 例如,

[0038]  $SI\_sym\_est = SI\_symbol * Chan\_est\_last ;$

[0039] 其中, SI\_symbol 为预先确定的 SI 值, 也就是发送端发送该帧信号序列所采用的 SI 值, Chan\_est\_last 为已获得的信道估计值。

[0040] 优选地, 在单载波系统中, 由于系统信息序列的长度为定值, 故, 所述信道估计系统在估计所述接收信号序列中的系统信息响应值 SI\_symbol 时, 先基于所述预先确定的系统信息序列的长度由已获得的信道估计值中获取对应的信道估计值, 并基于该对应的信道估计值及所述预定的系统信息序列, 来与预定的系统信息序列进行卷积, 以估计出所述接收信号序列中的系统信息响应值。

[0041] 例如, 在 DMB-T 单载波系统中, 系统信息序列长度为 36 个 symbol, 故, 所述信道估计系统采用已获得的信道估计值中与 SI 序列对应的 36 个估计值来与 SI 值进行卷积, 以估计出所述接收信号序列中的系统信息响应值 SI\_sym\_est。

[0042] 需要说明的是, 本领域技术人员应该理解, 尽管在 DMB-T 单载波系统中, 系统信息 (SI) 序列随着发送端采用的调制模式的不同而不同, 但是, 所述信道估计系统基于协议或者其它方式都能预先确定发送端发送数据序列所采用的系统信息。

[0043] 接着, 在步骤 S3 中, 所述信道估计系统基于所述系统信息响应值来重构所述接收信号序列, 使重构后的接收信号序列不受系统信息序列变化的影响。例如, 所述信道估计系统基于估计的所述系统信息响应值 SI\_sym\_est, 重构获得的接收信号序列 Rx2\_seq 为 :

[0044]  $Rx2\_seq = Rx\_seq - SI\_sym\_est = [PN\_seq, SI\_symbol, Data\_Seq] * Chan + Noise -$

[0045]  $SI\_symbol * Chan\_est\_last = [PN\_seq, 0, Data\_Seq] * Chan + Noise ;$

[0046] 由上式可见，重构后的接收信号序列 Rx2\_seq 中减去了 SI\_symbol 的影响。

[0047] 接着，在步骤 S4 中，所述信道估计系统基于重构后的接收信号序列，采用信道估计算法进行信道估计以获得当前信道估计值。其中，所述信道估计算法包括但不限于：最小方差算法、简化的最小方差算法、混合最小方差算法、最小均方误差估计算法及最大似然算法等。

[0048] 例如，所述信道估计系统对重构后的接收信号序列 Rx2\_seq，采用最小方差算法来进行估计。更为详细的，所述信道估计系统可以根据预先存储的基于 PN 序列和 SI 序列（该 SI 序列为 0 序列）所计算出的最小方差算法矩阵 M\_ls1，按照如下公式获得当前信道估计值 M\_est1：

[0049]  $M_{est1} = M_{ls1} * Rx2\_seq,$

[0050] 所述信道估计系统基于 PN 序列与 0 序列来计算最小方差算法矩阵 M\_ls1 已为本领域技术人员所知悉，故在此不再详述。

[0051] 图 3 为本发明的单载波系统中基于系统信息进行信道估计的信道估计系统示意图。其中，所述信道估计系统 1 包括：获取模块 11、响应序列估计模块 12、重构模块 13 与信道估计模块 14。

[0052] 具体的，所述获取模块 11 获取接收信号序列。其中，所述获取模块 11 获取的接收信号序列为单载波系统的接收天线所输出的信号序列或者为单载波系统包含的同步模块所输出的信号序列等。例如，当单载波系统的发送端发送如图 1 所示的一帧信号序列，则所述获取模块 11 获取的信号序列 Rx\_seq 为：

[0053]  $Rx\_seq = [PN\_seq, SI\_symbol, Data\_Seq] * Chan + Noise;$

[0054] 其中，PN\_seq 表示发送的 PN 序列，其为  $1*PN\_len$  的矢量；PN\_len 为 PN 序列的长度；

[0055] SI\_symbol 表示发送的系统信息序列 (SI) 值，其为  $1*36$  的矢量；

[0056] Data\_seq 表示发送的数据序列，其为  $1*3744$  的矢量；

[0057] Chan 表示信道的时域响应；

[0058] \* 表示线性卷积运算；

[0059] Noise 表示噪声。

[0060] 接着，所述响应序列估计模块 12 基于预先确定的系统信息序列及已获得的信道估计值，来估计所述接收信号序列中的系统信息响应值。其中，所述信道估计系统在所述响应序列估计模块 12 进行系统信息响应值估计之前获得信道估计值的方式包括但不限于：1) 所述信道估计系统基于前一帧接收信号序列进行信道估计来得到。2) 所述信道估计系统基于 PN 序列的信道估计的方式对当前信道进行信道估计来得到。其中，所述信道估计系统基于 PN 序列对当前信道进行信道估计的方式包括但不限于：采用最小方差算法、简化的最小方差算法、混合最小方差算法、最小均方误差估计算法、最大似然算法等来进行估计，在此不再一一详述。3) 所述信道估计系统基于前几帧的信道估计值以求取平均值、加权平均等方式来得到等。

[0061] 需要说明的是，本领域技术人员应该理解，前述所述信道估计系统在所述响应序列估计模块 12 进行系统信息响应值估计之前获得信道估计值的方式仅仅只是列示，而非对本发明的限制，事实上，任何在所述响应序列估计模块 12 进行系统信息响应值估计之前

获得信道估计值,以便估计所述接收信号序列中的系统信息响应值的实现方式,都包含在本发明的范围内。

[0062] 所述响应序列估计模块 12 根据已获得的信道估计值与预先确定的 SI 采用诸如卷积等处理方式,来获得所述接收信号序列中的系统信息响应值 SI\_sym\_est,例如,

[0063]  $SI\_sym\_est = SI\_symbol * Chan\_est\_last ;$

[0064] 其中, SI\_symbol 为预先确定的 SI 值,也就是发送端发送该帧信号序列所采用的 SI 值, Chan\_est\_last 为已获得的信道估计值。

[0065] 优选地,所述响应序列估计模块 12 还包括估计单元(图未示)。在单载波系统中,由于系统信息序列的长度为定值,故,所述估计单元在估计所述系统信息响应值 SI\_symbol 时,先基于所述预先确定的系统信息序列的长度由已获得的信道估计值中获取对应的信道估计值,并基于该对应的信道估计值及所述预定的系统信息序列,来与预定的系统信息序列进行卷积,以估计出所述接收信号序列中的系统信息响应值。

[0066] 例如,在 DMB-T 单载波系统中,系统信息序列长度为 36 个 symbol,故,所述估计单元采用已获得的信道估计值中与 SI 序列对应的 36 个估计值来与 SI 值进行卷积,以估计出所述接收信号序列中的系统信息响应值 SI\_sym\_est。

[0067] 需要说明的是,本领域技术人员应该理解,尽管在 DMB-T 单载波系统中,系统信息(SI)序列随着发送端采用的调制模式的不同而不同,但是,所述信道估计系统基于协议或者其它方式都能预先确定发送端发送数据序列所采用的系统信息。

[0068] 接着,所述重构模块 13 基于所述系统信息响应值来重构所述接收信号序列,使重构后的接收信号序列不受系统信息序列变化的影响。例如,所述重构模块 13 基于估计的所述系统信息响应值 SI\_sym\_est,重构获得的接收信号序列 Rx2\_seq 为:

[0069]  $Rx2\_seq = Rx\_seq - SI\_sym\_est = [PN\_seq, SI\_symbol, Data\_Seq] * Chan + Noise -$   
[0070]  $SI\_symbol * Chan\_est\_last = [PN\_seq, 0, Data\_Seq] * Chan + Noise ;$

[0071] 由上式可见,重构后的接收信号序列 Rx2\_seq 中减去了 SI\_symbol 的影响。

[0072] 接着,所述信道估计模块 14 基于重构后的接收信号序列,采用信道估计算法进行信道估计以获得当前信道估计值。其中,所述信道估计算法包括但不限于:最小方差算法、简化的最小方差算法、混合最小方差算法、最小均方误差估计算法及最大似然算法等。

[0073] 例如,所述信道估计模块 14 对重构后的接收信号序列 Rx2\_seq,采用最小方差算法来进行估计。更为详细的,所述信道估计模块 14 可以根据预先存储的基于 PN 序列和 SI 序列(该 SI 序列为 0 序列)所计算出的最小方差算法矩阵 M\_1s1,按照如下公式获得当前信道估计值 M\_est1:

[0074]  $M\_est1 = M\_1s1 * Rx2\_seq ,$

[0075] 所述信道估计模块 14 基于 PN 序列与 0 序列来计算最小方差算法矩阵 M\_1s1 已为本领域技术人员所知悉,故在此不再详述。

[0076] 综上所述,本发明的单载波系统中基于系统信息进行信道估计的方法及系统通过估计当前接收信号序列中的系统信息序列,以将当前接收信号序列中的系统信息序列去除,使重构后的当前接收信号序列不受系统信息序列的影响,由此再基于 PN 序列与 SI 序列(为 0 序列)的信道估计算法来进行信道估计,可以获得与现有基于 PN 序列与 SI 序列进行信道估计同样的系统性能,但占用的系统资源却远比现有基于 PN 序列与 SI 序列进行信道

估计所占用的系统资源少。

[0077] 上述实施例仅列示性说明本发明的原理及功效，而非用于限制本发明。任何熟悉此项技术的人员均可在不违背本发明的精神及范围下，对上述实施例进行修改。因此，本发明的权利保护范围，应如权利要求书所列。

PN	SI (36 symbols)	数据(3744 symbols)
----	-----------------	------------------

图 1

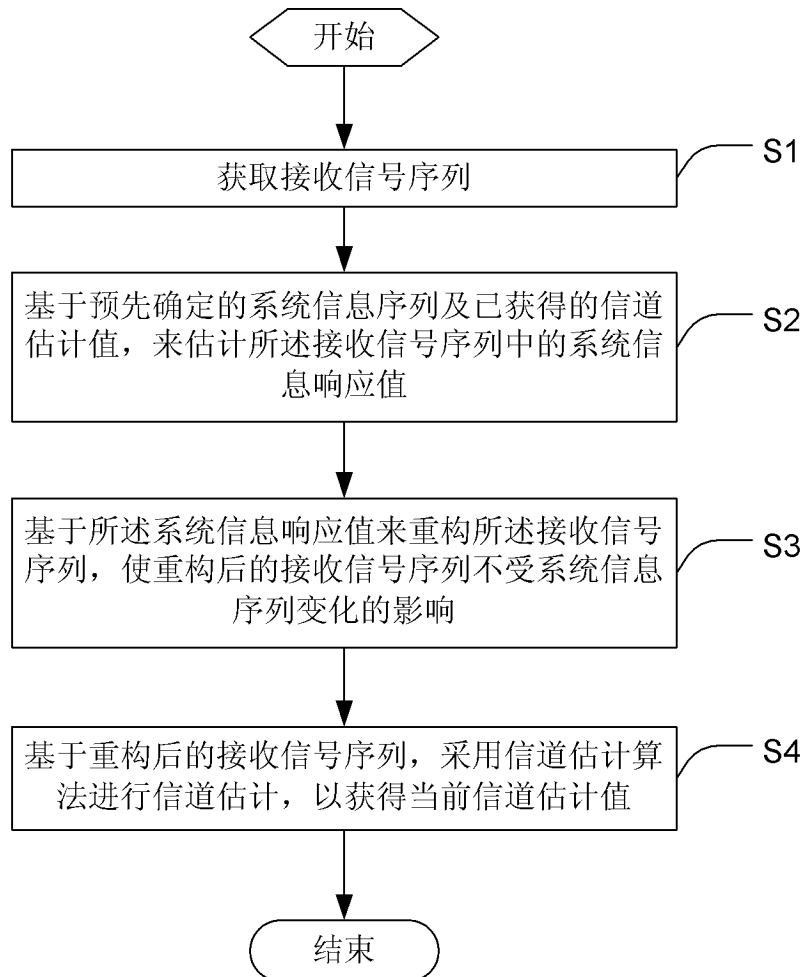


图 2

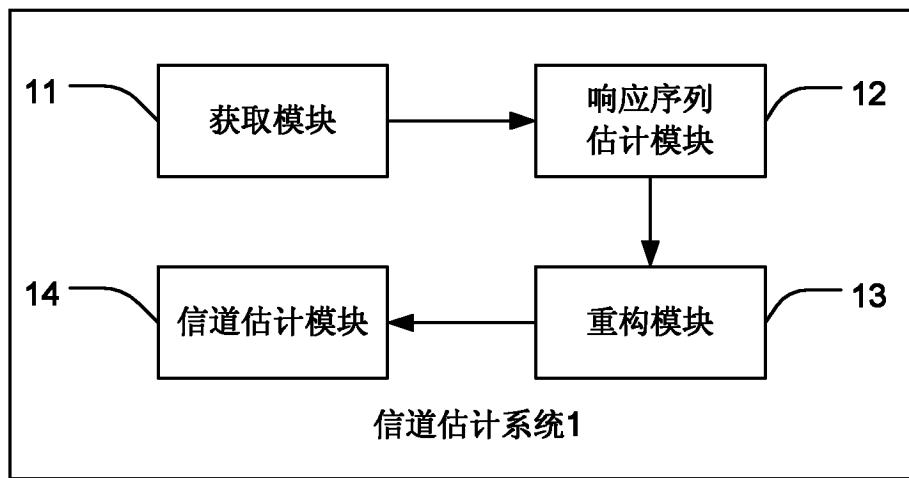


图 3