



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103297361 B

(45)授权公告日 2016.12.28

(21)申请号 201310053690.2

H04L 25/03(2006.01)

(22)申请日 2013.02.19

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 101030800 A,2007.09.05,全文.

申请公布号 CN 103297361 A

US 2009/0122928 A1,2009.05.14,全文.

(43)申请公布日 2013.09.11

CN 202721697 U,2013.02.06,说明书第

[0004]-[0047]段、附图1-3.

(73)专利权人 上海晨思电子科技有限公司

审查员 谭梁镌

地址 200120 上海市浦东新区杨高南路428

号12楼

专利权人 晨星半导体股份有限公司

(72)发明人 辛凯 诸烜程

(74)专利代理机构 深圳市威世博知识产权代理

事务所(普通合伙) 44280

代理人 何青瓦

(51)Int.Cl.

H04L 25/02(2006.01)

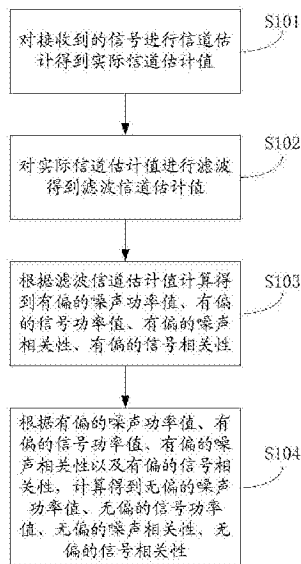
权利要求书6页 说明书14页 附图3页

(54)发明名称

信道及噪声估计方法、信道及噪声估计装置

(57)摘要

本发明实施方式公开了一种信道及噪声估计方法,包括对接收到的信号进行信道估计得到实际信道估计值;对实际信道估计值进行滤波得到滤波信道估计值;根据滤波信道估计值计算得到有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性;根据有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性,计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性。本发明实施方式还公开了一种信道及噪声估计装置。通过上述方式,本发明能够降低信号、噪声估计的复杂度,提高估计量的精度。



1. 一种信道及噪声估计方法,其特征在于,包括:

对接收到的信号进行信道估计得到实际信道估计值;

对所述实际信道估计值进行滤波得到滤波信道估计值;

根据所述滤波信道估计值计算得到有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性;以及

根据所述有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性,计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性;

对所述无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性进行频域平滑;

对所述频域平滑后的无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性在时域进行滤波;

利用无偏的噪声相关性 γ_{12} 、无偏的噪声功率 σ_1^2 、 σ_2^2 构造的噪声矩阵
$$\begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \gamma_{12}\sigma_1\sigma_2 \\ (\gamma_{12}\sigma_1\sigma_2)^* & \sigma_2^2 \end{bmatrix}$$
 对所述滤波后的无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性进行解调;

其中,对接收到的信号进行信道估计采用的方法为最小二乘信道估计算法:利用接收到的信号中的参考信号除以发射的参考信号而得到实际信道估计值。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,

所述对接收到的信号进行信道估计得到实际信道估计值的步骤包括:

对至少一第一接收天线、一第二接收天线接收到的信号分别进行信道估计得到对应的所述实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 ,其中, H_{LS}^1 表示所述第一接收天线对应的实际信道估计值, H_{LS}^2 表示所述第二接收天线对应的实际信道估计值。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,

所述对实际信道估计值进行滤波得到滤波信道估计值的步骤包括:

利用一第一滤波器、一第二滤波器分别对所述实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 进行滤波得到对应的滤波信道估计值 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$,其中, $Y_w^1(k)$ 表示 H_{LS}^1 经所述第一滤波器滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_w^2(k)$ 表示 H_{LS}^2 经所述第一滤波器滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_u^1(k)$ 表示 H_{LS}^1 经所述第二滤波器滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_u^2(k)$ 表示 H_{LS}^2 经所述第二滤波器滤波后得到的滤波信道估计值。

4. 根据权利要求3所述的方法,其特征在于,

所述 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 的值分别如下所示:

$$H_{LS}^1 = H_{ideal}^1 + v^1 \quad (1)$$

$$H_{LS}^2 = H_{ideal}^2 + v^2 \quad (2)$$

其中, H_{ideal}^1 表示所述第一接收天线的理想信道估计值, v^1 表示所述第一接收天线的噪声

值, H_{ideal}^2 表示所述第二接收天线的理想信道估计值, v^2 表示所述第二接收天线的噪声值;

所述 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 的计算公式分别如下所示:

$$Y_w^1(k) = wH_{LS}^1 \quad (3), \quad Y_w^2(k) = wH_{LS}^2 \quad (4),$$

$$Y_u^1(k) = uH_{LS}^1 \quad (5), \quad Y_u^2(k) = uH_{LS}^2 \quad (6)$$

其中, w 表示所述第一滤波器的系数行向量, k 表示频域上第 k 个子载波, u 表示所述第二滤波器的系数行向量。

5. 根据权利要求4所述的方法, 其特征在于,

所述第一滤波器和第二滤波器线性无关。

6. 根据权利要求4所述的方法, 其特征在于,

所述根据滤波信道估计值计算得到有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性的步骤包括:

分别根据 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 计算得到所述第一接收天线、第二接收天线对应的有偏的噪声功率值 S_w^1 、 S_w^2 , 所述有偏的信号功率值 S_u^1 、 S_u^2 , 所述 $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的有偏的噪声相关性 P_w^{12} , 以及所述 $Y_u^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间的有偏的信号相关性 P_u^{12} , 所述 S_w^1 、 S_w^2 、 S_u^1 、 S_u^2 、 P_w^{12} 、 P_u^{12} 的计算公式分别如下所示:

$$S_w^1 = E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^1(k)^*) \quad (7), \quad S_w^2 = E_k(Y_w^2(k) \cdot Y_w^2(k)^*) \quad (8)$$

$$S_u^1 = E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^1(k)^*) \quad (9), \quad S_u^2 = E_k(Y_u^2(k) \cdot Y_u^2(k)^*) \quad (10)$$

$$P_w^{12} = E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^2(k)^*) \quad (11), \quad P_u^{12} = E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^2(k)^*) \quad (12)$$

其中, S_w^1 表示所述第一接收天线对应的有偏的噪声功率值, S_w^2 表示所述第二接收天线对应的有偏的噪声功率值, S_u^1 表示所述第一接收天线对应的有偏的信号功率值, S_u^2 表示所述第二接收天线对应的有偏的信号功率值, P_w^{12} 表示所述有偏的噪声相关性, P_u^{12} 表示所述有偏的信号相关性, $E_k(\cdot)$ 表示在频域上求平均, $(\cdot)^*$ 表示共轭。

7. 根据权利要求6所述的方法, 其特征在于,

所述根据有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性, 计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性的步骤包括:

根据所述(1)、(3)、(7)式可得:

$$\begin{aligned} S_w^1 &= E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^1(k)^*) = wE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^1 + v^1)^H]w^H \\ &= w(\alpha_1^2 R_{HH} + \sigma_1^2 I)w^H = \alpha_1^2 wR_{HH}w^H + \sigma_1^2 ww^H \end{aligned} \quad (13)$$

根据所述(1)、(5)、(9)式可得:

$$\begin{aligned} S_u^1 &= E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^1(k)^*) = uE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^1 + v^1)^H]u^H \\ &= u(\alpha_1^2 R_{HH} + \sigma_1^2 I)u^H = \alpha_1^2 uR_{HH}u^H + \sigma_1^2 uu^H \end{aligned} \quad (14)$$

联立所述(13)、(14)式可得:

$$\begin{pmatrix} S_w^1 \\ S_u^1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_1^2 \\ \sigma_1^2 \end{pmatrix} \quad (15)$$

对所述(15)式中的矩阵 $\begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}$ 求逆以及根据第一接收天线对应的有偏的噪声功率值 S_w^1 、第一接收天线对应的有偏的信号功率值 S_u^1 可得:

$$\begin{pmatrix} \alpha_1^2 \\ \sigma_1^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} S_w^1 \\ S_u^1 \end{pmatrix} \quad (16)$$

其中, $E(\cdot)$ 表示求平均, $(\cdot)^H$ 表示共轭转置, I 表示单位矩阵, R_{HH} 表示 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 在各子载波上的相关性矩阵, α_1^2 表示所述第一接收天线对应的无偏的信号功率值, σ_1^2 表示所述第一接收天线对应的无偏的噪声功率值;

同理可求得所述第二接收天线对应的无偏的信号功率值 α_2^2 以及第二接收天线对应的无偏的噪声功率值 σ_2^2 ;

根据所述(1)、(2)、(3)、(4)、(11)式可得:

$$\begin{aligned} P_w^{12} &= E_k(Y_w^1(k) \bullet Y_w^2(k)^*) = wE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^2 + v^2)^H]w^H \\ &= w(\beta_{12}R_{HH} + \gamma_{12}I)w^H = \beta_{12}wR_{HH}w^H + \gamma_{12}ww^H \end{aligned} \quad (17)$$

根据所述(1)、(2)、(5)、(6)、(12)式可得:

$$\begin{aligned} P_u^{12} &= E_k(Y_u^1(k) \bullet Y_u^2(k)^*) = uE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^2 + v^2)^H]u^H \\ &= u(\beta_{12}R_{HH} + \gamma_{12}I)u^H = \beta_{12}uR_{HH}u^H + \gamma_{12}uu^H \end{aligned} \quad (18)$$

联立所述(17)、(18)式可得:

$$\begin{pmatrix} P_w^{12} \\ P_u^{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_{12} \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} \quad (19)$$

对所述(19)式中的矩阵 $\begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}$ 求逆以及根据有偏的噪声相关性 P_w^{12} 、有偏的信号相关性 P_u^{12} 可得:

$$\begin{pmatrix} \beta_{12} \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} P_w^{12} \\ P_u^{12} \end{pmatrix} \quad (20)$$

其中, β_{12} 表示 $Y_u^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间的无偏的信号相关性, γ_{12} 表示 $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的无偏的噪声相关性。

8. 一种信道及噪声估计装置,其特征在于,包括:

信道估计模块,用于对接收到的信号进行信道估计得到实际信道估计值;

第一滤波模块、第二滤波模块,用于分别对所述实际信道估计值进行滤波得到滤波信道估计值;

第一计算模块,用于根据所述滤波信道估计值计算得到有偏的噪声功率值、有偏的信

号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性；以及

第二计算模块,用于根据所述有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性,计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性；

所述信道及噪声估计装置还包括：

频域平滑模块,用于对所述无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性进行频域平滑；

时域滤波模块,用于对所述频域平滑后的无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性在时域进行滤波；

解调模块,用于利用无偏的噪声相关性 γ_{12} 、无偏的噪声功率 σ_1^2 、 σ_2^2 构造的噪声矩阵

$$\begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \gamma_{12}\sigma_1\sigma_2 \\ (\gamma_{12}\sigma_1\sigma_2)^* & \sigma_2^2 \end{bmatrix}$$
 对所述滤波后的无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性进行解调；

其中,对接收到的信号进行信道估计采用的方法为最小二乘信道估计算法:利用接收到的信号中的参考信号除以发射的参考信号而得到实际信道估计值。

9. 根据权利要求8所述的装置,其特征在于,

所述信道估计模块具体用于对至少一第一接收天线、一第二接收天线接收到的信号分别进行信道估计得到对应的所述实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 ,其中, H_{LS}^1 表示所述第一接收天线对应的实际信道估计值, H_{LS}^2 表示所述第二接收天线对应的实际信道估计值。

10. 根据权利要求9所述的装置,其特征在于,

所述第一滤波模块、第二滤波模块分别具体用于对所述实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 进行滤波得到对应的滤波信道估计值 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$,其中, $Y_w^1(k)$ 表示 H_{LS}^1 经所述第一滤波模块滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_w^2(k)$ 表示 H_{LS}^2 经所述第一滤波模块滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_u^1(k)$ 表示 H_{LS}^1 经所述第二滤波模块滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_u^2(k)$ 表示 H_{LS}^2 经所述第二滤波模块滤波后得到的滤波信道估计值；

其中,所述第一滤波模块和第二滤波模块线性无关。

11. 根据权利要求10所述的装置,其特征在于,

所述 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 的值分别如下所示：

$$H_{LS}^1 = H_{ideal}^1 + v^1 \quad (1)$$

$$H_{LS}^2 = H_{ideal}^2 + v^2 \quad (2)$$

其中, H_{ideal}^1 表示所述第一接收天线的理想信道估计值, v^1 表示所述第一接收天线的噪声值, H_{ideal}^2 表示所述第二接收天线的理想信道估计值, v^2 表示所述第二接收天线的噪声值；

所述 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 的计算公式分别如下所示：

$$Y_w^1(k) = wH_{LS}^1 \quad (3), \quad Y_w^2(k) = wH_{LS}^2 \quad (4),$$

$$Y_w^1(k) = uH_{LS}^1 \quad (5), \quad Y_u^2(k) = uH_{LS}^2 \quad (6)$$

其中, w 表示所述第一滤波模块的系数行向量, k 表示频域上第 k 个子载波, u 表示所述第二滤波模块的系数行向量。

12. 根据权利要求11所述的装置, 其特征在于,

所述第一计算模块具体用于分别根据所述 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 计算得到所述第一接收天线、第二接收天线对应的有偏的噪声功率值 S_w^1 、 S_w^2 , 所述有偏的信号功率值 S_u^1 、 S_u^2 , 所述 $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的有偏的噪声相关性 P_w^{12} , 以及所述 $Y_u^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间的有偏的信号相关性 P_u^{12} , 所述 S_w^1 、 S_w^2 、 S_u^1 、 S_u^2 、 P_w^{12} 、 P_u^{12} 的计算公式分别如下所示:

$$S_w^1 = E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^1(k)^*) \quad (7), \quad S_w^2 = E_k(Y_w^2(k) \cdot Y_w^2(k)^*) \quad (8)$$

$$S_u^1 = E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^1(k)^*) \quad (9), \quad S_u^2 = E_k(Y_u^2(k) \cdot Y_u^2(k)^*) \quad (10)$$

$$P_w^{12} = E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^2(k)^*) \quad (11), \quad P_u^{12} = E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^2(k)^*) \quad (12)$$

其中, S_w^1 表示所述第一接收天线对应的有偏的噪声功率值, S_w^2 表示所述第二接收天线对应的有偏的噪声功率值, S_u^1 表示所述第一接收天线对应的有偏的信号功率值, S_u^2 表示所述第二接收天线对应的有偏的信号功率值, P_w^{12} 表示所述有偏的噪声相关性, P_u^{12} 表示所述有偏的信号相关性, $E_k(\cdot)$ 表示在频域上求平均, $(\cdot)^*$ 表示共轭。

13. 根据权利要求12所述的装置, 其特征在于,

所述第二计算模块具体用于根据所述(1)、(3)、(7)式而得到:

$$\begin{aligned} S_w^1 &= E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^1(k)^*) = wE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^1 + v^1)^H]w^H \\ &= w(\alpha_1^2 R_{HH} + \sigma_1^2 I)w^H = \alpha_1^2 wR_{HH}w^H + \sigma_1^2 ww^H \end{aligned} \quad (13)$$

所述第二计算模块具体用于根据所述(1)、(5)、(9)式而得到:

$$\begin{aligned} S_u^1 &= E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^1(k)^*) = uE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^1 + v^1)^H]u^H \\ &= u(\alpha_1^2 R_{HH} + \sigma_1^2 I)u^H = \alpha_1^2 uR_{HH}u^H + \sigma_1^2 uu^H \end{aligned} \quad (14)$$

所述第二计算模块具体用于联立所述(13)、(14)式而得到:

$$\begin{pmatrix} S_w^1 \\ S_u^1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_1^2 \\ \sigma_1^2 \end{pmatrix} \quad (15)$$

所述第二计算模块具体用于对所述(15)式中的矩阵 $\begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}$ 求逆以及根据第一接收天线对应的有偏的噪声功率值 S_w^1 、第一接收天线对应的有偏的信号功率值 S_u^1 而得到:

$$\begin{pmatrix} \alpha_1^2 \\ \sigma_1^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} S_w^1 \\ S_u^1 \end{pmatrix} \quad (16)$$

其中, $E(\cdot)$ 表示求平均, $(\cdot)^H$ 表示共轭转置, I 表示单位矩阵, R_{HH} 表示 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 在各子载波上的相关性矩阵, α_1^2 表示所述第一接收天线对应的无偏的信号功率值, σ_1^2 表示所述第一接收天线对应的无偏的噪声功率值;

所述第二计算模块具体用于同理求得所述第二接收天线对应的无偏的信号功率值 α_2^2 以及第二接收天线对应的无偏的噪声功率值 σ_2^2 ;

所述第二计算模块具体用于根据所述(1)、(2)、(3)、(4)、(11)式而得到:

$$\begin{aligned} P_w^{12} &= E_k(Y_w^1(k) \bullet Y_w^2(k)^*) = wE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^2 + v^2)^H]w^H \\ &= w(\beta_{12}R_{HH} + \gamma_{12}I)w^H = \beta_{12}wR_{HH}w^H + \gamma_{12}ww^H \end{aligned} \quad (17)$$

所述第二计算模块具体用于根据所述(1)、(2)、(5)、(6)、(12)式而得到:

$$\begin{aligned} P_u^{12} &= E_k(Y_u^1(k) \bullet Y_u^2(k)^*) = uE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^2 + v^2)^H]u^H \\ &= u(\beta_{12}R_{HH} + \gamma_{12}I)u^H = \beta_{12}uR_{HH}u^H + \gamma_{12}uu^H \end{aligned} \quad (18)$$

所述第二计算模块具体用于联立所述(17)、(18)式而得到:

$$\begin{pmatrix} P_w^{12} \\ P_u^{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_{12} \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} \quad (19)$$

所述第二计算模块具体用于对所述(19)式中的矩阵 $\begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}$ 求逆以及根据有偏的噪声相关性 P_w^{12} 、有偏的信号相关性 P_u^{12} 而得到:

$$\begin{pmatrix} \beta_{12} \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} P_w^{12} \\ P_u^{12} \end{pmatrix} \quad (20)$$

其中, β_{12} 表示 $Y_u^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间的无偏的信号相关性, γ_{12} 表示 $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的无偏的噪声相关性。

信道及噪声估计方法、信道及噪声估计装置

技术领域

[0001] 本发明涉及无线通信领域,特别是涉及信道及噪声估计方法、信道及噪声估计装置。

背景技术

[0002] 在长期演进(Long Term Evolution,LTE)无线通信系统中,信噪比为衡量通信系统接收性能的一个重要指标,而信噪比受到信号功率、噪声功率等估计值的影响,且信号功率、噪声功率以及信号、噪声的相关性等估计值的精确与否直接影响着通信系统中后续的解调模块对信号的解调结果。

[0003] 本申请发明人在长期研发中发现,现有技术中,对于无线通信系统中信号功率以及噪声功率的估计方法存在准确性不高、复杂度较高的问题,且没有对不同接收天线间的信号、噪声的相关性进行估计。

发明内容

[0004] 本发明主要解决的技术问题是提供一种信道及噪声估计方法、信道及噪声估计装置,能够降低信号、噪声估计的复杂度,提高估计量的精度。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明的一方面是:提供一种信道及噪声估计方法,包括:对接收到的信号进行信道估计得到实际信道估计值;对实际信道估计值进行滤波得到滤波信道估计值;根据滤波信道估计值计算得到有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性;根据有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性,计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性。

[0006] 其中,对接收到的信号进行信道估计得到实际信道估计值的步骤包括:对至少一第一接收天线、一第二接收天线接收到的信号分别进行信道估计得到对应的实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 ,其中, H_{LS}^1 表示第一接收天线对应的实际信道估计值, H_{LS}^2 表示第二接收天线对应的实际信道估计值。

[0007] 其中,对实际信道估计值进行滤波得到滤波信道估计值的步骤包括:利用一第一滤波器、一第二滤波器分别对实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 进行滤波得到对应的滤波信道估计值 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$,其中, $Y_w^1(k)$ 表示 H_{LS}^1 经第一滤波器滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_w^2(k)$ 表示 H_{LS}^2 经第一滤波器滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_u^1(k)$ 表示 H_{LS}^1 经第二滤波器滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_u^2(k)$ 表示 H_{LS}^2 经第二滤波器滤波后得到的滤波信道估计值。

[0008] 其中, H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 的值分别如下所示:

$$[0009] \quad H_{LS}^1 = H_{ideal}^1 + v^1 \quad (1)$$

$$[0010] \quad H_{LS}^2 = H_{ideal}^2 + v^2 \quad (2)$$

[0011] 其中, H_{ideal}^1 表示第一接收天线的理想信道估计值, v^1 表示第一接收天线的噪声值, H_{ideal}^2 表示第二接收天线的理想信道估计值, v^2 表示第二接收天线的噪声值;

[0012] $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 的计算公式分别如下所示:

$$[0013] \quad Y_w^1(k) = wH_{LS}^1 \quad (3), Y_w^2(k) = wH_{LS}^2 \quad (4),$$

$$[0014] \quad Y_u^1(k) = uH_{LS}^1 \quad (5), Y_u^2(k) = uH_{LS}^2 \quad (6)$$

[0015] 其中, w 表示第一滤波器的系数行向量, k 表示频域上第 k 个子载波, u 表示第二滤波器的系数行向量。

[0016] 其中, 第一滤波器和第二滤波器线性无关。

[0017] 其中, 根据滤波信道估计值计算得到有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性的步骤包括: 分别根据 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 计算得到第一接收天线、第二接收天线对应的有偏的噪声功率值 S_w^1 、 S_w^2 , 有偏的信号功率值 S_u^1 、 S_u^2 , $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的有偏的噪声相关性 P_w^{12} , 以及 $Y_u^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间的有偏的信号相关性 P_u^{12} , S_w^1 、 S_w^2 、 S_u^1 、 S_u^2 、 P_w^{12} 、 P_u^{12} 的计算公式分别如下所示:

$$[0018] \quad S_w^1 = E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^1(k)^*) \quad (7), S_w^2 = E_k(Y_w^2(k) \cdot Y_w^2(k)^*) \quad (8)$$

$$[0019] \quad S_u^1 = E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^1(k)^*) \quad (9), S_u^2 = E_k(Y_u^2(k) \cdot Y_u^2(k)^*) \quad (10)$$

$$[0020] \quad P_w^{12} = E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^2(k)^*) \quad (11), P_u^{12} = E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^2(k)^*) \quad (12)$$

[0021] 其中, S_w^1 表示第一接收天线对应的有偏的噪声功率值, S_w^2 表示第二接收天线对应的有偏的噪声功率值, S_u^1 表示第一接收天线对应的有偏的信号功率值, S_u^2 表示第二接收天线对应的有偏的信号功率值, P_w^{12} 表示有偏的噪声相关性, P_u^{12} 表示有偏的信号相关性, $E_k(\cdot)$ 表示在频域上求平均, $(\cdot)^*$ 表示共轭。

[0022] 其中, 根据有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性, 计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性的步骤包括:

[0023] 根据(1)、(3)、(7)式可得:

$$[0024] \quad S_w^1 = E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^1(k)^*) = wE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^1 + v^1)^H]w^H \quad (13)$$

$$[0025] \quad = w(\alpha_1^2 R_{HH} + \sigma_1^2 I)w^H = \alpha_1^2 wR_{HH}w^H + \sigma_1^2 ww^H$$

[0026] 根据(1)、(5)、(9)式可得:

$$[0027] \quad S_u^1 = E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^1(k)^*) = uE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^1 + v^1)^H]u^H \quad (14)$$

$$[0028] \quad = u(\alpha_1^2 R_{HH} + \sigma_1^2 I)u^H = \alpha_1^2 uR_{HH}u^H + \sigma_1^2 uu^H$$

[0029] 联立(13)、(14)式可得:

$$[0030] \quad \begin{pmatrix} S_w^1 \\ S_u^1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_1^2 \\ \sigma_1^2 \end{pmatrix} \quad (15)$$

[0031] 对(15)式中的矩阵 $\begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}$ 求逆以及根据第一接收天线对应的有偏的噪声功率值 S_w^1 、第一接收天线对应的有偏的信号功率值 S_u^1 可得:

$$[0032] \quad \begin{pmatrix} \alpha_1^2 \\ \sigma_1^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} S_w^1 \\ S_u^1 \end{pmatrix} \quad (16)$$

[0033] 其中, $E(\cdot)$ 表示求平均, $(\cdot)^H$ 表示共轭转置, I 表示单位矩阵, R_{HH} 表示 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 在各子载波上的相关性矩阵, α_1^2 表示第一接收天线对应的无偏的信号功率值, σ_1^2 表示第一接收天线对应的无偏的噪声功率值;

[0034] 同理可求得第二接收天线对应的无偏的信号功率值 α_2^2 以及第二接收天线对应的无偏的噪声功率值 σ_2^2 ;

[0035] 根据(1)、(2)、(3)、(4)、(11)式可得:

$$[0036] \quad P_w^{12} = E_k(Y_w^1(k) \bullet Y_w^2(k)^*) = wE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^2 + v^2)^H]w^H \quad (17)$$

$$[0037] \quad = w(\beta_{12}R_{HH} + \gamma_{12}I)w^H = \beta_{12}wR_{HH}w^H + \gamma_{12}ww^H$$

[0038] 根据(1)、(2)、(5)、(6)、(12)式可得:

$$[0039] \quad P_u^{12} = E_k(Y_u^1(k) \bullet Y_u^2(k)^*) = uE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^2 + v^2)^H]u^H \quad (18)$$

$$[0040] \quad = u(\beta_{12}R_{HH} + \gamma_{12}I)u^H = \beta_{12}uR_{HH}u^H + \gamma_{12}uu^H$$

[0041] 联立(17)、(18)式可得:

$$[0042] \quad \begin{pmatrix} P_w^{12} \\ P_u^{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_{12} \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} \quad (19)$$

[0043] 对(19)式中的矩阵 $\begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}$ 求逆以及根据有偏的噪声相关性 P_w^{12} 、有偏的信号相关性 P_u^{12} 可得:

$$[0044] \quad \begin{pmatrix} \beta_{12} \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} P_w^{12} \\ P_u^{12} \end{pmatrix} \quad (20)$$

[0045] 其中, β_{12} 表示 $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的无偏的信号相关性, γ_{12} 表示 $Y_u^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间的无偏的噪声相关性。

[0046] 其中, 在根据有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性, 计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性的步骤之后还包括: 对无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性进行频域平滑; 对频域平滑后的无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性在时域进行滤波; 对滤波后的无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性进行解调。

[0047] 为解决上述技术问题, 本发明的另一方面是: 提供一种信道及噪声估计装置, 包括: 信道估计模块, 用于对接收到的信号进行信道估计得到实际信道估计值; 第一滤波模块、第二滤波模块, 用于分别对实际信道估计值进行滤波得到滤波信道估计值; 第一计算模块, 用于根据滤波信道估计值计算得到有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性; 第二计算模块, 用于根据有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性, 计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性。

[0048] 其中,信道估计模块具体用于对至少一第一接收天线、一第二接收天线接收到的信号分别进行信道估计得到对应的实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 ,其中, H_{LS}^1 表示第一接收天线对应的实际信道估计值, H_{LS}^2 表示第二接收天线对应的实际信道估计值。

[0049] 其中,第一滤波模块、第二滤波模块分别具体用于对实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 进行滤波得到对应的滤波信道估计值 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$,其中, $Y_w^1(k)$ 表示 H_{LS}^1 经第一滤波模块滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_w^2(k)$ 表示 H_{LS}^2 经第一滤波模块滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_u^1(k)$ 表示 H_{LS}^1 经第二滤波模块滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_u^2(k)$ 表示 H_{LS}^2 经第二滤波模块滤波后得到的滤波信道估计值;其中,第一滤波模块和第二滤波模块线性无关。

[0050] 其中, H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 的值分别如下所示:

$$[0051] \quad H_{LS}^1 = H_{ideal}^1 + v^1 \quad (1)$$

$$[0052] \quad H_{LS}^2 = H_{ideal}^2 + v^2 \quad (2)$$

[0053] 其中, H_{ideal}^1 表示第一接收天线的理想信道估计值, v^1 表示第一接收天线的噪声值, H_{ideal}^2 表示第二接收天线的理想信道估计值, v^2 表示第二接收天线的噪声值;

[0054] $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 的计算公式分别如下所示:

$$[0055] \quad Y_w^1(k) = wH_{LS}^1 \quad (3), Y_w^2(k) = wH_{LS}^2 \quad (4),$$

$$[0056] \quad Y_u^1(k) = uH_{LS}^1 \quad (5), Y_u^2(k) = uH_{LS}^2 \quad (6)$$

[0057] 其中,w表示第一滤波模块的系数行向量,k表示频域上第k个子载波,u表示第二滤波模块的系数行向量。

[0058] 其中,第一计算模块具体用于分别根据 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 计算得到第一接收天线、第二接收天线对应的有偏的噪声功率值 S_w^1 、 S_w^2 ,有偏的信号功率值 S_u^1 、 S_u^2 , $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的有偏的噪声相关性 P_w^{12} ,以及 $Y_u^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间的有偏的信号相关性 P_u^{12} , S_w^1 、 S_w^2 、 S_u^1 、 S_u^2 、 P_w^{12} 、 P_u^{12} 的计算公式分别如下所示:

$$[0059] \quad S_w^1 = E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^1(k)^*) \quad (7), S_w^2 = E_k(Y_w^2(k) \cdot Y_w^2(k)^*) \quad (8)$$

$$[0060] \quad S_u^1 = E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^1(k)^*) \quad (9), S_u^2 = E_k(Y_u^2(k) \cdot Y_u^2(k)^*) \quad (10)$$

$$[0061] \quad P_w^{12} = E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^2(k)^*) \quad (11), P_u^{12} = E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^2(k)^*) \quad (12)$$

[0062] 其中, S_w^1 表示第一接收天线对应的有偏的噪声功率值, S_w^2 表示第二接收天线对应的有偏的噪声功率值, S_u^1 表示第一接收天线对应的有偏的信号功率值, S_u^2 表示第二接收天线对应的有偏的信号功率值, P_w^{12} 表示有偏的噪声相关性, P_u^{12} 表示有偏的信号相关性, $E_k(\cdot)$ 表示在频域上求平均, $(\cdot)^*$ 表示共轭。

[0063] 其中,第二计算模块具体用于根据(1)、(3)、(7)式而得到:

$$[0064] \quad S_w^1 = E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^1(k)^*) = wE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^1 + v^1)^H]w^H \quad (13)$$

$$[0065] \quad = w(\alpha_1^2 R_{HH} + \sigma_1^2 I)w^H = \alpha_1^2 wR_{HH}w^H + \sigma_1^2 ww^H$$

[0066] 第二计算模块具体用于根据(1)、(5)、(9)式而得到:

$$[0067] \quad S_u^1 = E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^1(k)^*) = uE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^1 + v^1)^H]u^H \quad (14)$$

[0068] $= u(\alpha_1^2 R_{HH} + \sigma_1^2 I)u^H = \alpha_1^2 uR_{HH}u^H + \sigma_1^2 uu^H$

[0069] 第二计算模块具体用于联立(13)、(14)式而得到:

[0070]
$$\begin{pmatrix} S_w^1 \\ S_u^1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_1^2 \\ \sigma_1^2 \end{pmatrix} \quad (15)$$

[0071] 第二计算模块具体用于对(15)式中的矩阵 $\begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}$ 求逆以及根据第一接收天线对应的有偏的噪声功率值 S_w^1 、第一接收天线对应的有偏的信号功率值 S_u^1 而得到:

[0072]
$$\begin{pmatrix} \alpha_1^2 \\ \sigma_1^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} S_w^1 \\ S_u^1 \end{pmatrix} \quad (16)$$

[0073] 其中, $E(\cdot)$ 表示求平均, $(\cdot)^H$ 表示共轭转置, I 表示单位矩阵, R_{HH} 表示 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 在各子载波上的相关性矩阵, α_1^2 表示第一接收天线对应的无偏的信号功率值, σ_1^2 表示第一接收天线对应的无偏的噪声功率值;

[0074] 第二计算模块具体用于同理求得第二接收天线对应的无偏的信号功率值 α_2^2 以及第二接收天线对应的无偏的噪声功率值 σ_2^2 ;

[0075] 第二计算模块具体用于根据(1)、(2)、(3)、(4)、(11)式而得到:

[0076] $P_w^{12} = E_k(Y_w^1(k) \bullet Y_w^2(k)^*) = wE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^2 + v^2)^H]w^H \quad (17)$

[0077] $= w(\beta_{12}R_{HH} + \gamma_{12}I)w^H = \beta_{12}wR_{HH}w^H + \gamma_{12}ww^H$

[0078] 第二计算模块具体用于根据(1)、(2)、(5)、(6)、(12)式而得到:

[0079] $P_u^{12} = E_k(Y_u^1(k) \bullet Y_u^2(k)^*) = uE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^2 + v^2)^H]u^H \quad (18)$

[0080] $= u(\beta_{12}R_{HH} + \gamma_{12}I)u^H = \beta_{12}uR_{HH}u^H + \gamma_{12}uu^H$

[0081] 第二计算模块具体用于联立(17)、(18)式而得到:

[0082]
$$\begin{pmatrix} P_w^{12} \\ P_u^{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_{12} \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} \quad (19)$$

[0083] 第二计算模块具体用于对(19)式中的矩阵 $\begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}$ 求逆以及根据有偏的噪声相关性 P_w^{12} 、有偏的信号相关性 P_u^{12} 而得到:

[0084]
$$\begin{pmatrix} \beta_{12} \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} P_w^{12} \\ P_u^{12} \end{pmatrix} \quad (20)$$

[0085] 其中, β_{12} 表示 $Y_u^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间的无偏的信号相关性, γ_{12} 表示 $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的无偏的噪声相关性。

[0086] 其中, 信道及噪声估计装置还包括: 频域平滑模块, 用于对无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性进行频域平滑; 时域滤波模块, 用于对频域平滑后的无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性在时域进行滤波; 解调模块, 用于对滤波后的无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性进行解调。

[0087] 本发明的有益效果是：区别于现有技术的情况，本发明通过对接收到的信号进行信道估计得到实际信道估计值，对实际信道估计值进行滤波得到滤波信道估计值，进而根据滤波信道估计值计算得到有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性；进一步根据得到的有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性，计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性，能够降低信号、噪声估计的复杂度，提高估计量的精度。

附图说明

[0088] 图1是本发信道及噪声估计方法第一实施方式的流程图；

[0089] 图2是本发信道及噪声估计方法第二实施方式的流程图；

[0090] 图3是本发信道及噪声估计方法第二实施方式中利用噪声矩阵进行解调与仅利用噪声矩阵对角线上的元素进行解调的解调性能对比图；

[0091] 图4是本发信道及噪声估计装置一实施方式的原理框图。

具体实施方式

[0092] 下面将结合本发明实施方式中的附图，对本发明实施方式中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施方式仅仅是本发明一部分实施方式，而不是全部的实施方式。基于本发明中的实施方式，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施方式，均属于本发明保护的范围。

[0093] 请参阅图1，本发信道及噪声估计方法第一实施方式包括：

[0094] 步骤S101：对接收到的信号进行信道估计得到实际信道估计值；

[0095] 对接收到的信号进行信道估计得到实际信道估计值，具体包括：

[0096] 信道估计装置对至少一第一接收天线、一第二接收天线接收到的信号分别进行信道估计得到对应的实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 ，其中 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 的值分别如下所示：

$$[0097] \quad H_{LS}^1 = H_{ideal}^1 + v^1 \quad (1)$$

$$[0098] \quad H_{LS}^2 = H_{ideal}^2 + v^2 \quad (2)$$

[0099] 其中， H_{LS}^1 表示第一接收天线对应的实际信道估计值， H_{ideal}^1 表示第一接收天线的理想信道估计值， v^1 表示第一接收天线的噪声值， H_{LS}^2 表示第二接收天线对应的实际信道估计值， H_{ideal}^2 表示第二接收天线的理想信道估计值， v^2 表示第二接收天线的噪声值。其中，发射天线通过信道发射信号，第一接收天线、第二接收天线接收经过信道传送的信号。信道估计为从接收信号中将假定的某个信道模型的模型参数估计出来的过程，是信道对输入信号影响的一种数学表示。在本实施方式中，对第一接收天线、第二接收天线接收到的信号进行信道估计采用的方法为最小二乘(Least Square, LS)信道估计算法：利用接收到的信号中的参考信号除以发射的参考信号而得到第一接收天线、第二接收天线对应的实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 。在其他实施方式中，也可以设置更多接收天线，并且也可采用其他信道估计算法，此作不作过多限制。

[0100] 步骤S102：对实际信道估计值进行滤波得到滤波信道估计值；

[0101] 对第一接收天线、第二接收天线对应的实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 进行滤波得到滤波信道估计值,具体包括:

[0102] 利用一第一滤波器、一第二滤波器分别对第一接收天线、第二接收天线对应的实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 进行滤波得到对应的滤波信道估计值 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$,其中 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 的计算公式分别如下所示:

$$[0103] \quad Y_w^1(k) = wH_{LS}^1 \quad (3), Y_w^2(k) = wH_{LS}^2 \quad (4),$$

$$[0104] \quad Y_u^1(k) = uH_{LS}^1 \quad (5), Y_u^2(k) = uH_{LS}^2 \quad (6)$$

[0105] 其中, $Y_w^1(k)$ 表示第一接收天线对应的实际信道估计值 H_{LS}^1 经第一滤波器滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_w^2(k)$ 表示第二接收天线对应的实际信道估计值 H_{LS}^2 经第一滤波器滤波后得到的滤波信道估计值, w 表示第一滤波器的系数行向量, k 表示频域上第 k 个子载波, $Y_u^1(k)$ 表示第一接收天线对应的实际信道估计值 H_{LS}^1 经第二滤波器滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_u^2(k)$ 表示第二接收天线对应的实际信道估计值 H_{LS}^2 经第二滤波器滤波后得到的滤波信道估计值, u 表示第二滤波器的系数行向量。滤波器是一种对信号有处理作用的器件或电路,能得到一个特定频率或消除一个特定频率。上述第一滤波器和第二滤波器线性无关。第一滤波器可选取为插值滤波器,第二滤波器相应选取为与第一滤波器线性无关的插值滤波器,第二滤波器的系数行向量 u 为 $(e-w)$,其中 e 表示基向量 $[0, \dots, 0, 1, 0, \dots, 0]$ 。

[0106] 步骤S103:根据滤波信道估计值计算得到有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性、有偏的信号相关性;

[0107] 根据步骤S102计算得到的滤波信道估计值 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 进一步计算得到有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性,具体包括:

[0108] 分别根据 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 计算得到第一接收天线、第二接收天线对应的有偏的噪声功率值 S_w^1 、 S_w^2 ,有偏的信号功率值 S_u^1 、 S_u^2 , $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的有偏的噪声相关性 P_w^{12} ,以及 $Y_u^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间的有偏的信号相关性 P_u^{12} 。 S_w^1 、 S_w^2 、 S_u^1 、 S_u^2 、 P_w^{12} 、 P_u^{12} 的计算公式分别如下所示:

$$[0109] \quad S_w^1 = E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^1(k)^*) \quad (7), S_w^2 = E_k(Y_w^2(k) \cdot Y_w^2(k)^*) \quad (8)$$

$$[0110] \quad S_u^1 = E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^1(k)^*) \quad (9), S_u^2 = E_k(Y_u^2(k) \cdot Y_u^2(k)^*) \quad (10)$$

$$[0111] \quad P_w^{12} = E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^2(k)^*) \quad (11), P_u^{12} = E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^2(k)^*) \quad (12)$$

[0112] 其中, S_w^1 表示第一接收天线对应的有偏的噪声功率值, S_w^2 表示第二接收天线对应的有偏的噪声功率值, S_u^1 表示第一接收天线对应的有偏的信号功率值, S_u^2 表示第二接收天线对应的有偏的信号功率值, P_w^{12} 表示 $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的有偏的噪声相关性, P_u^{12} 表示 $Y_u^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间表示有偏的信号相关性, $E_k(\cdot)$ 表示在频域上求平均, $(\cdot)^*$ 表示共轭。上述有偏的噪声功率值 S_w^1 、 S_w^2 、有偏的信号功率值 S_u^1 、 S_u^2 、有偏的噪声相关性 P_w^{12} 、有偏的信号相关性 P_u^{12} 等数值中的有偏表示有偏估计,有偏估计即参数的样本估计值的期望值不等于参数的真实值,例如 $A' = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 是未知参数 A 的一个点估计量,若 $E(A') \neq A$,则称 E

(A')为A的有偏估计量。

[0113] 步骤S104:根据有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性,计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性、无偏的信号相关性。

[0114] 根据有偏的噪声功率值 S_w^1 、 S_w^2 、有偏的信号功率值 S_u^1 、 S_u^2 、有偏的噪声相关性 P_w^{12} 以及有偏的信号相关性 P_u^{12} ,计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性,具体包括:

[0115] 1、对于第一接收天线对应的无偏的噪声功率值 σ_1^2 、无偏的信号功率值 α_1^2 计算过程如下:

[0116] 根据(1)、(3)、(7)式可得:

$$[0117] \quad S_w^1 = E_k(Y_w^1(k) \bullet Y_w^1(k)^*) = wE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^1 + v^1)^H]w^H \quad (13)$$

$$[0118] \quad = w(\alpha_1^2 R_{HH} + \sigma_1^2 I)w^H = \alpha_1^2 wR_{HH}w^H + \sigma_1^2 ww^H$$

[0119] 根据(1)、(5)、(9)式可得:

$$[0120] \quad S_u^1 = E_k(Y_u^1(k) \bullet Y_u^1(k)^*) = uE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^1 + v^1)^H]u^H \quad (14)$$

$$[0121] \quad = u(\alpha_1^2 R_{HH} + \sigma_1^2 I)u^H = \alpha_1^2 uR_{HH}u^H + \sigma_1^2 uu^H$$

[0122] 联立(13)、(14)式可得:

$$[0123] \quad \begin{pmatrix} S_w^1 \\ S_u^1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_1^2 \\ \sigma_1^2 \end{pmatrix} \quad (15)$$

[0124] 对(15)式中的矩阵 $\begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}$ 求逆以及根据第一接收天线对应的有偏的噪声功率值 S_w^1 、第一接收天线对应的有偏的信号功率值 S_u^1 可得:

$$[0125] \quad \begin{pmatrix} \alpha_1^2 \\ \sigma_1^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} S_w^1 \\ S_u^1 \end{pmatrix} \quad (16)$$

[0126] 其中,上述各式中的 $E(\cdot)$ 表示求平均, $(\cdot)^H$ 表示共轭转置,I表示单位矩阵, R_{HH} 表示 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 在各子载波上的相关性矩阵, α_1^2 表示第一接收天线对应的无偏的信号功率值, σ_1^2 表示第一接收天线对应的无偏的噪声功率值。

[0127] 2、对于第二接收天线对应的无偏的噪声功率值 σ_2^2 、无偏的信号功率值 α_2^2 计算过程如下:

[0128] 根据(2)、(4)、(8)式可得:

$$[0129] \quad S_w^2 = E_k(Y_w^2(k) \bullet Y_w^2(k)^*) = wE[(H_{ideal}^2 + v^2)(H_{ideal}^2 + v^2)^H]w^H \quad (17)$$

$$[0130] \quad = w(\alpha_2^2 R_{HH} + \sigma_2^2 I)w^H = \alpha_2^2 wR_{HH}w^H + \sigma_2^2 ww^H$$

[0131] 根据(2)、(6)、(10)式可得:

$$[0132] \quad S_u^2 = E_k(Y_u^2(k) \bullet Y_u^2(k)^*) = uE[(H_{ideal}^2 + v^2)(H_{ideal}^2 + v^2)^H]u^H \quad (18)$$

$$[0133] \quad = u(\alpha_2^2 R_{HH} + \sigma_2^2 I)u^H = \alpha_2^2 uR_{HH}u^H + \sigma_2^2 uu^H$$

[0134] 联立(17)、(18)式可得:

$$[0135] \quad \begin{pmatrix} S_w^2 \\ S_u^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_2^2 \\ \sigma_2^2 \end{pmatrix} \quad (19)$$

[0136] 对(19)式中的矩阵 $\begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}$ 求逆以及根据第二接收天线对应的有偏的噪声功率值 S_w^1 、第二接收天线对应的有偏的信号功率值 S_u^1 可得:

$$[0137] \quad \begin{pmatrix} \alpha_2^2 \\ \sigma_2^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} S_w^2 \\ S_u^2 \end{pmatrix} \quad (20)$$

[0138] 其中,上述各式中的 $E(\cdot)$ 表示求平均, $(\cdot)^H$ 表示共轭转置, I 表示单位矩阵, R_{HH} 表示 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 在各子载波上的相关性矩阵, α_2^2 表示第二接收天线对应的无偏的信号功率值, σ_2^2 表示第二接收天线对应的无偏的噪声功率值。

[0139] 3、对于无偏的信号相关性 β_{12} 、无偏的噪声相关性 γ_{12} 计算过程如下:

[0140] 根据(1)、(2)、(3)、(4)、(11)式可得:

$$[0141] \quad P_w^{12} = E_k(Y_w^1(k) \bullet Y_w^2(k)^*) = wE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^2 + v^2)^H]w^H \quad (21)$$

$$[0142] \quad = w(\beta_{12}R_{HH} + \gamma_{12}I)w^H = \beta_{12}wR_{HH}w^H + \gamma_{12}ww^H$$

[0143] 根据(1)、(2)、(5)、(6)、(12)式可得:

$$[0144] \quad P_u^{12} = E_k(Y_u^1(k) \bullet Y_u^2(k)^*) = uE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^2 + v^2)^H]u^H \quad (22)$$

$$[0145] \quad = u(\beta_{12}R_{HH} + \gamma_{12}I)u^H = \beta_{12}uR_{HH}u^H + \gamma_{12}uu^H$$

[0146] 联立(21)、(22)式可得:

$$[0147] \quad \begin{pmatrix} P_w^{12} \\ P_u^{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_{12} \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} \quad (23)$$

[0148] 对(23)式中的矩阵 $\begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}$ 求逆以及根据有偏的噪声相关性 P_w^{12} 、有偏的信号相关性 P_u^{12} 可得:

$$[0149] \quad \begin{pmatrix} \beta_{12} \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} P_w^{12} \\ P_u^{12} \end{pmatrix} \quad (24)$$

[0150] 其中, β_{12} 表示 $Y_u^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间的无偏的信号相关性, γ_{12} 表示 $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的无偏的噪声相关性。上述无偏的噪声功率值 σ_1^2 、 σ_2^2 、无偏的信号功率值 α_1^2 、 α_2^2 、无偏的噪声相关性 γ_{12} 、无偏的信号相关性 β_{12} 等数值中的无偏表示无偏估计,无偏估计即参数的样本估计值的期望值等于参数的真实值,例如 $B' = g(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 是未知参数 B 的一个点估计量,若 $E(B') = B$,则称 $E(B')$ 为 B 的无偏估计量。

[0151] 由上述(16)、(20)、(24)式可分别计算得到第一接收天线对应的无偏的信号功率值 α_1^2 、无偏的噪声功率值 σ_1^2 、第二接收天线对应的无偏的信号功率值 α_2^2 、无偏的噪声功率值 σ_2^2 、 $Y_u^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间的无偏的信号相关性 β_{12} 以及 $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的无偏的噪声相关性 γ_{12} 。可以看出,对于上述各无偏估计量的计算均利用到相同的一个二阶矩阵的逆矩阵

$\begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1}$ ，只需计算一次上述逆矩阵的值即可应用于无偏信号功率值等多个无偏估计量的计算，计算复杂度简单。

[0152] 可以理解，本发明信道及噪声估计方法第一实施方式通过对接收到的信号进行信道估计得到实际信道估计值，对实际信道估计值进行滤波得到滤波信道估计值，进而根据滤波信道估计值计算得到有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性；进一步根据得到的有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性、有偏的信号相关性以及一个二阶矩阵的逆矩阵计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性，能够降低信号、噪声估计的复杂度，提高估计量的精度。

[0153] 请参阅图2，本发明信道及噪声估计方法第二实施方式包括：

[0154] 步骤S201：对接收到的信号进行信道估计得到实际信道估计值；

[0155] 分别对第一接收天线、第二接收天线接收到的信号进行信道估计得到对应的实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 。

[0156] 步骤S202：对实际信道估计值进行滤波得到滤波信道估计值；

[0157] 利用第一滤波器、第二滤波器分别对第一接收天线、第二接收天线对应的实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 进行滤波得到对应的滤波信道估计值 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 。其中， $Y_w^1(k)$ 表示第一接收天线对应的实际信道估计值 H_{LS}^1 经第一滤波器滤波后得到的滤波信道估计值， $Y_w^2(k)$ 表示第二接收天线对应的实际信道估计值 H_{LS}^2 经第一滤波器滤波后得到的滤波信道估计值， $Y_u^1(k)$ 表示第一接收天线对应的实际信道估计值 H_{LS}^1 经第二滤波器滤波后得到的滤波信道估计值， $Y_u^2(k)$ 表示第二接收天线对应的实际信道估计值 H_{LS}^2 经第二滤波器滤波后得到的滤波信道估计值。

[0158] 步骤S203：根据滤波信道估计值计算得到有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性、有偏的信号相关性；

[0159] 根据步骤S202计算得到的滤波信道估计值 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 进一步计算得到第一接收天线、第二接收天线对应的有偏的噪声功率值 S_w^1 、 S_w^2 、有偏的信号功率值 S_u^1 、 S_u^2 、 $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的有偏的噪声相关性 P_w^{12} 、 $Y_u^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间的有偏的信号相关性 P_u^{12} 。

[0160] 步骤S204：根据有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性，计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性、无偏的信号相关性；

[0161] 根据有偏的噪声功率值 S_w^1 、 S_w^2 、有偏的信号功率值 S_u^1 、 S_u^2 、有偏的噪声相关性 P_w^{12} 以及有偏的信号相关性 P_u^{12} ，计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性，其中无偏的噪声功率值等各无偏估计值的计算结果如下式所示：

$$[0162] \quad \begin{pmatrix} \alpha_1^2 \\ \sigma_1^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} S_w^1 \\ S_u^1 \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} \alpha_2^2 \\ \sigma_2^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} S_w^2 \\ S_u^2 \end{pmatrix}$$

$$[0163] \quad \begin{pmatrix} \beta_{12} \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} P_w^{12} \\ P_u^{12} \end{pmatrix}$$

[0164] 其中, α_1^2 表示第一接收天线对应的无偏的信号功率值, σ_1^2 表示第一接收天线对应的无偏的噪声功率值; α_2^2 表示第二接收天线对应的无偏的信号功率值, σ_2^2 表示第二接收天线对应的无偏的噪声功率值; β_{12} 表示 $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的无偏的信号相关性, γ_{12} 表示 $Y_w^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间的无偏的噪声相关性。

[0165] 步骤S205: 进行频域平滑;

[0166] 使用滑动平均滤波器对无偏的噪声功率值 σ_1^2 、 σ_2^2 、无偏的信号功率值 α_1^2 、 α_2^2 、无偏的噪声相关性 γ_{12} 以及无偏的信号相关性 β_{12} 进行频域平滑, 对无偏的噪声功率值等输入信息做平均。

[0167] 步骤S206: 在时域进行滤波;

[0168] 进一步使用无限脉冲响应数字(Infinite Impulse Response, IIR)滤波器对进行频域平滑后的无偏的噪声功率值 σ_1^2 、 σ_2^2 、无偏的信号功率值 α_1^2 、 α_2^2 、无偏的噪声相关性 γ_{12} 以及无偏的信号相关性 β_{12} 在时域进行滤波, 将信号中特定波段频率滤除, 使估计量更加精确。

[0169] 步骤S207: 对滤波后的无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性进行解调。

[0170] 解调器或解调电路对进行频域平滑以及滤波后的无偏的噪声功率值 σ_1^2 、 σ_2^2 、无偏的信号功率值 α_1^2 、 α_2^2 、无偏的噪声相关性 γ_{12} 以及无偏的信号相关性 β_{12} 进行解调, 即从接收到的已调制信号中恢复原始传送的信号, 得到较好的解调信号结果。无偏的信号功率值等无偏估计量还可应用于LTE系统的链路自适应模块。

[0171] 请参阅图3, 图3为利用无偏的噪声相关性 γ_{12} 、无偏的噪声功率 σ_1^2 、 σ_2^2 构造的噪声

矩阵 $\begin{bmatrix} \sigma_1^2 & \gamma_{12}\sigma_1\sigma_2 \\ (\gamma_{12}\sigma_1\sigma_2)^* & \sigma_2^2 \end{bmatrix}$ 进行解调(IRC)与仅利用噪声矩阵对角线上的元素进行解调(NO-

IRC)的解调性能对比图。从图3中可以看出, 在相同信噪比(SNR)的情况下, 利用本实施方式计算得到的无偏的噪声相关性、无偏的噪声功率而构造的噪声矩阵进行IRC解调其对应的误块率(BLER)低于仅利用噪声矩阵对角线上的元素进行MRC解调其对应的误块率, 利用无偏的噪声相关性、无偏的噪声功率构造的噪声矩阵进行解调可以得到更好的解调结果。

[0172] 可以理解, 本发信道及噪声估计方法第二实施方式通过对接收到的信号进行信道估计得到实际信道估计值, 对实际信道估计值进行滤波得到滤波信道估计值, 进而根据滤波信道估计值计算得到有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性; 进一步根据得到的有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性、有偏的信号相关性以及一个二阶矩阵的逆矩阵计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性, 对上述无偏的噪声功率值等无偏估计量进行频域平滑、滤波, 最后进行解调, 能够降低信号、噪声估计的复杂度, 提高估计量的精度, 从而得到更好的解调结果。

[0173] 请参阅图4, 本发信道及噪声估计装置一实施方式包括:

[0174] 信道估计模块301,用于对接收到的信号进行信道估计得到实际信道估计值。其中,信道估计模块301具体用于对至少一第一接收天线、一第二接收天线接收到的信号分别进行信道估计得到对应的实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 、 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 的值分别如下所示:

$$[0175] \quad H_{LS}^1 = H_{ideal}^1 + v^1 \quad (1)$$

$$[0176] \quad H_{LS}^2 = H_{ideal}^2 + v^2 \quad (2)$$

[0177] 其中, H_{LS}^1 表示第一接收天线对应的实际信道估计值, H_{ideal}^1 表示第一接收天线的理想信道估计值, v^1 表示第一接收天线的噪声值, H_{LS}^2 表示第二接收天线对应的实际信道估计值, H_{ideal}^2 表示第二接收天线的理想信道估计值, v^2 表示第二接收天线的噪声值。在其他实施方式中,也可以设置更多接收天线,此处不作过多限制。

[0178] 第一滤波模块302a、第二滤波模块302b,用于分别对实际信道估计值进行滤波得到滤波信道估计值。其中,第一滤波模块302a、第二滤波模块302b分别具体用于对信道估计模块301得到的实际信道估计值 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 进行滤波得到对应的滤波信道估计值 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 、 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 的计算公式分别如下所示:

$$[0179] \quad Y_w^1(k) = wH_{LS}^1 \quad (3), Y_w^2(k) = wH_{LS}^2 \quad (4),$$

$$[0180] \quad Y_u^1(k) = uH_{LS}^1 \quad (5), Y_u^2(k) = uH_{LS}^2 \quad (6)$$

[0181] 其中, $Y_w^1(k)$ 表示 H_{LS}^1 经第一滤波模块302a滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_w^2(k)$ 表示 H_{LS}^2 经第一滤波模块302a滤波后得到的滤波信道估计值, w 表示第一滤波模块302a的系数行向量, k 表示频域上第 k 个子载波, $Y_u^1(k)$ 表示 H_{LS}^1 经第二滤波模块302b滤波后得到的滤波信道估计值, $Y_u^2(k)$ 表示 H_{LS}^2 经第二滤波模块302b滤波后得到的滤波信道估计值, u 表示第二滤波模块302b的系数行向量;其中,第一滤波模块302a和第二滤波模块302b线性无关。第一滤波模块302a可选取为插值滤波器,第二滤波模块302b相应选取为与第一滤波模块302a线性无关的插值滤波器。

[0182] 第一计算模块303,用于根据第一滤波模块302a、第二滤波模块302b得到的滤波信道估计值计算得到有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性。其中,第一计算模块303具体用于分别根据 $Y_w^1(k)$ 、 $Y_w^2(k)$ 、 $Y_u^1(k)$ 、 $Y_u^2(k)$ 计算得到第一接收天线、第二接收天线对应的有偏的噪声功率值 S_w^1 、 S_w^2 ,有偏的信号功率值 S_u^1 、 S_u^2 , $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的有偏的噪声相关性 P_w^{12} , $Y_u^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间的有偏的信号相关性 P_u^{12} 。其中 S_w^1 、 S_w^2 、 S_u^1 、 S_u^2 、 P_w^{12} 、 P_u^{12} 的计算公式分别如下所示:

$$[0183] \quad S_w^1 = E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^1(k)^*) \quad (7), S_w^2 = E_k(Y_w^2(k) \cdot Y_w^2(k)^*) \quad (8)$$

$$[0184] \quad S_u^1 = E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^1(k)^*) \quad (9), S_u^2 = E_k(Y_u^2(k) \cdot Y_u^2(k)^*) \quad (10)$$

$$[0185] \quad P_w^{12} = E_k(Y_w^1(k) \cdot Y_w^2(k)^*) \quad (11), P_u^{12} = E_k(Y_u^1(k) \cdot Y_u^2(k)^*) \quad (12)$$

[0186] 其中, S_w^1 表示第一接收天线对应的有偏的噪声功率值, S_w^2 表示第二接收天线对应的有偏的噪声功率值, S_u^1 表示第一接收天线对应的有偏的信号功率值, S_u^2 表示第二接收天线对应的有偏的信号功率值, P_w^{12} 表示有偏的噪声相关性, P_u^{12} 表示有偏的信号相关性, $E_k(\cdot)$ 表示在频域上求平均, $(\cdot)^*$ 表示共轭。

[0187] 第二计算模块304,用于根据第一计算模块303得到的有偏的噪声功率值、有偏的

信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性进一步计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性。其中，第二计算模块304具体用于根据(1)、(3)、(7)式而得到：

$$[0188] \quad S_w^1 = E_k(Y_w^1(k) \bullet Y_w^1(k)^*) = wE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^1 + v^1)^H]w^H \quad (13)$$

$$[0189] \quad = w(\alpha_1^2 R_{HH} + \sigma_1^2 I)w^H = \alpha_1^2 wR_{HH}w^H + \sigma_1^2 ww^H$$

[0190] 第二计算模块304具体用于根据(1)、(5)、(9)式而得到：

$$[0191] \quad S_u^1 = E_k(Y_u^1(k) \bullet Y_u^1(k)^*) = uE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^1 + v^1)^H]u^H \quad (14)$$

$$[0192] \quad = u(\alpha_1^2 R_{HH} + \sigma_1^2 I)u^H = \alpha_1^2 uR_{HH}u^H + \sigma_1^2 uu^H$$

[0193] 第二计算模块304具体用于联立(13)、(14)式而得到：

$$[0194] \quad \begin{pmatrix} S_w^1 \\ S_u^1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_1^2 \\ \sigma_1^2 \end{pmatrix} \quad (15)$$

[0195] 第二计算模块304具体用于对(15)式中的矩阵 $\begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}$ 求逆以及根据第一接收天线对应的有偏的噪声功率值 S_w^1 、第一接收天线对应的有偏的信号功率值 S_u^1 而得到：

$$[0196] \quad \begin{pmatrix} \alpha_1^2 \\ \sigma_1^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} S_w^1 \\ S_u^1 \end{pmatrix} \quad (16)$$

[0197] 其中， $E(\cdot)$ 表示求平均， $(\cdot)^H$ 表示共轭转置， I 表示单位矩阵， R_{HH} 表示 H_{LS}^1 、 H_{LS}^2 在各子载波上的相关性矩阵， α_1^2 表示第一接收天线对应的无偏的信号功率值， σ_1^2 表示第一接收天线对应的无偏的噪声功率值。

[0198] 第二计算模块304具体用于同理可求得第二接收天线对应的无偏的信号功率值 α_2^2 以及第二接收天线对应的无偏的噪声功率值 σ_2^2 。

[0199] 第二计算模块304对于无偏的信号相关性 β_{12} 、无偏的噪声相关性 γ_{12} 的求解过程如下所示：

[0200] 第二计算模块304具体用于根据(1)、(2)、(3)、(4)、(11)式而得到：

$$[0201] \quad P_w^{12} = E_k(Y_w^1(k) \bullet Y_w^2(k)^*) = wE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^2 + v^2)^H]w^H \quad (17)$$

$$[0202] \quad = w(\beta_{12} R_{HH} + \gamma_{12} I)w^H = \beta_{12} wR_{HH}w^H + \gamma_{12} ww^H$$

[0203] 第二计算模块304具体用于根据(1)、(2)、(5)、(6)、(12)式而得到：

$$[0204] \quad P_u^{12} = E_k(Y_u^1(k) \bullet Y_u^2(k)^*) = uE[(H_{ideal}^1 + v^1)(H_{ideal}^2 + v^2)^H]u^H \quad (18)$$

$$[0205] \quad = u(\beta_{12} R_{HH} + \gamma_{12} I)u^H = \beta_{12} uR_{HH}u^H + \gamma_{12} uu^H$$

[0206] 第二计算模块304具体用于联立上述(17)、(18)式而得到：

$$[0207] \quad \begin{pmatrix} P_w^{12} \\ P_u^{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_{12} \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} \quad (19)$$

[0208] 第二计算模块304具体用于对(19)式中的矩阵 $\begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}$ 求逆以及根据有

偏的噪声相关性 P_w^{12} 、有偏的信号相关性 P_u^{12} 而得到:

$$[0209] \quad \begin{pmatrix} \beta_{12} \\ \gamma_{12} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} wR_{HH}w^H & ww^H \\ uR_{HH}u^H & uu^H \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} P_w^{12} \\ P_u^{12} \end{pmatrix} \quad (20)$$

[0210] 其中, β_{12} 表示 $Y_u^1(k)$ 和 $Y_u^2(k)$ 之间的无偏的信号相关性, γ_{12} 表示 $Y_w^1(k)$ 和 $Y_w^2(k)$ 之间的无偏的噪声相关性。在其他实施方式中,第一计算模块303和第二计算模块304也可集成于一个模块当中,此处不作过多限制。

[0211] 此外,信道及噪声估计装置还包括:

[0212] 频域平滑模块305,用于对第二计算模块304得到的无偏的噪声功率值 σ_1^2 、 σ_2^2 、无偏的信号功率值 α_1^2 、 α_2^2 、无偏的噪声相关性 γ_{12} 以及无偏的信号相关性 β_{12} 进行频域平滑。频域平滑模块305可为滑动平均滤波器。

[0213] 时域滤波模块306,用于对在频域平滑模块305进行频域平滑后的无偏的噪声功率值 σ_1^2 、 σ_2^2 、无偏的信号功率值 α_1^2 、 α_2^2 、无偏的噪声相关性 γ_{12} 以及无偏的信号相关性 β_{12} 在时域进行滤波。时域滤波模块306可为无限脉冲响应数字(Infinite Impulse Response, IIR)滤波器。

[0214] 解调模块307,用于对在时域滤波模块306进行滤波后的无偏的噪声功率值 σ_1^2 、 σ_2^2 、无偏的信号功率值 α_1^2 、 α_2^2 、无偏的噪声相关性 γ_{12} 以及无偏的信号相关性 β_{12} 进行解调,恢复原始传送的信号。解调模块307可为解调器或解调电路。

[0215] 可以理解,本发明信道及噪声估计装置一实施方式通过信道估计模块301对接收到的信号进行信道估计得到实际信道估计值,第一滤波模块302a、第二滤波模块302b对实际信道估计值进行滤波得到滤波信道估计值,第一计算模块303进而根据滤波信道估计值计算得到有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性以及有偏的信号相关性;第二计算模块304进一步根据有偏的噪声功率值、有偏的信号功率值、有偏的噪声相关性、有偏的信号相关性以及一个二阶矩阵的逆矩阵计算得到无偏的噪声功率值、无偏的信号功率值、无偏的噪声相关性以及无偏的信号相关性,能够降低信号、噪声估计的复杂度,提高估计量的精度。

[0216] 以上所述仅为本发明的实施方式,并非因此限制本发明的专利范围,凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换,或直接或间接运用在其他相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。

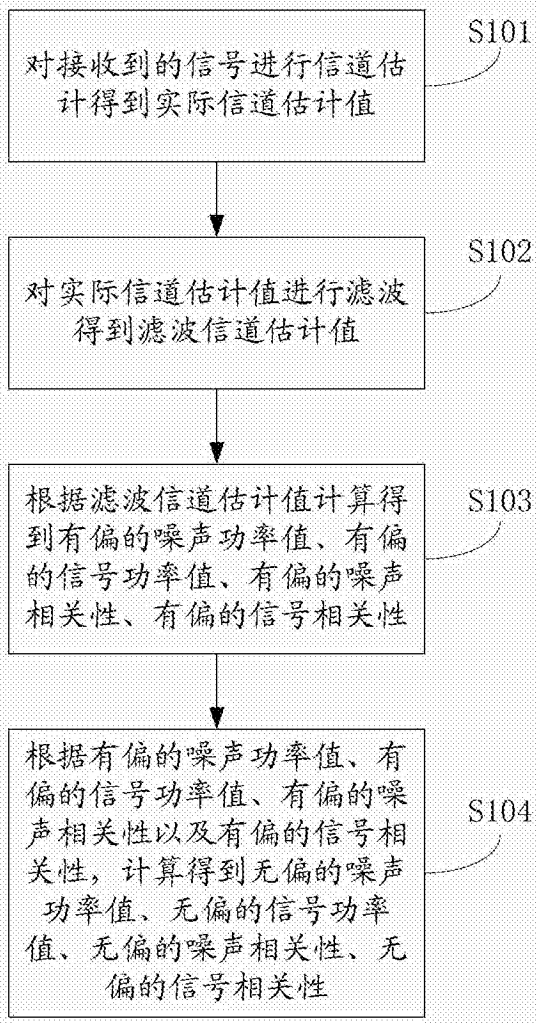


图1

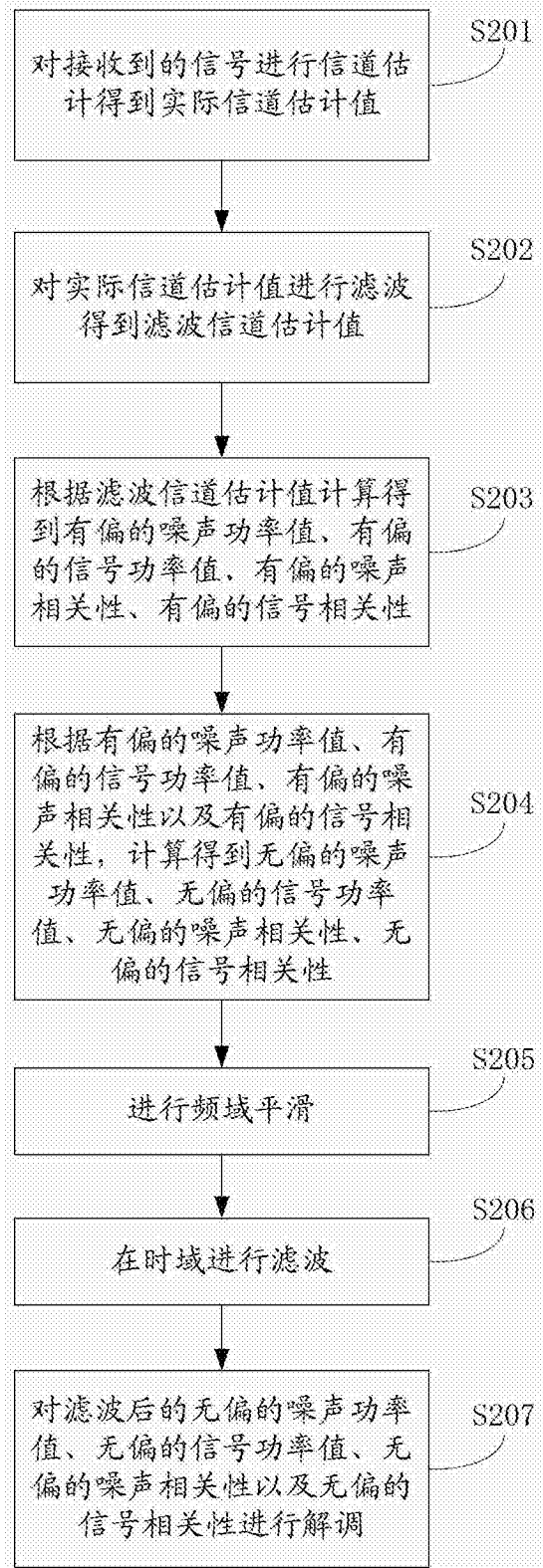


图2

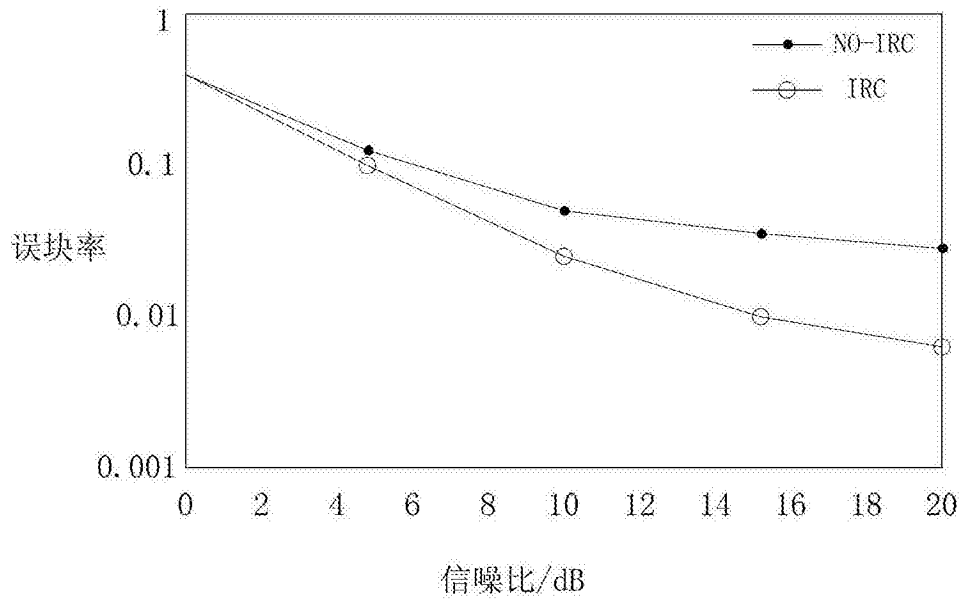


图3

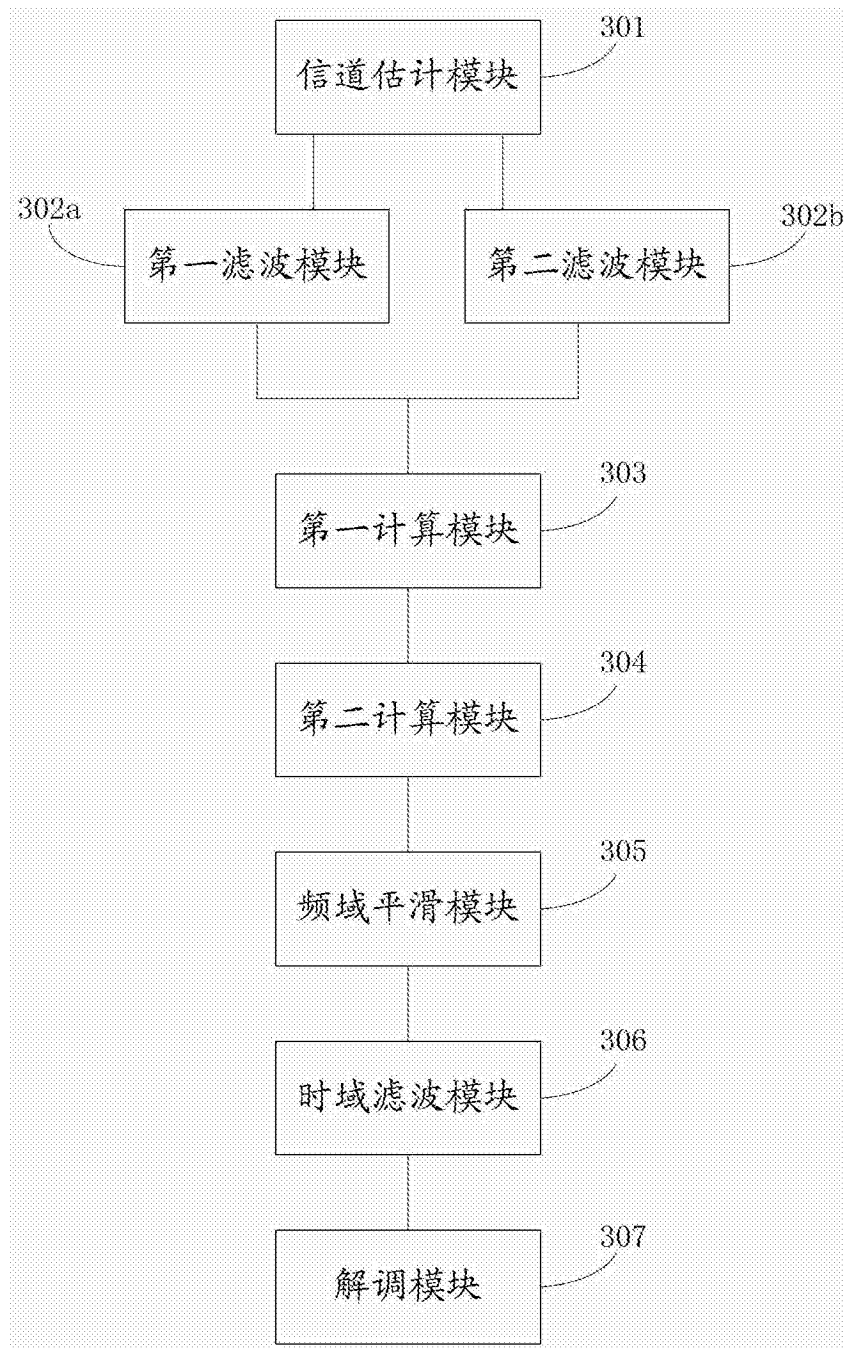


图4