



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102687441 B

(45) 授权公告日 2015.04.22

(21) 申请号 201180005327.2  
 (22) 申请日 2011.01.07  
 (30) 优先权数据  
 2010900055 2010.01.07 AU  
 (85) PCT国际申请进入国家阶段日  
 2012.07.03  
 (86) PCT国际申请的申请数据  
 PCT/JP2011/050605 2011.01.07  
 (87) PCT国际申请的公布数据  
 WO2011/083876 EN 2011.07.14  
 (73) 专利权人 日本电气株式会社  
 地址 日本东京都  
 (72) 发明人 杜昂·彭 菲利普·扎利奥  
 (74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
 公司 11021  
 代理人 王波波  
 (51) Int. Cl.  
 H04J 11/00(2006.01)

environment(LTE and DVB-H). 《Signal Processing and Communication Systems, 2009. ICSPCS 2009. 3rd International Conference on》. 2009,  
 Farzad Foroughi. Channel estimation for a mobile terminal in a multi-standard environment(LTE and DVB-H). 《Signal Processing and Communication Systems, 2009. ICSPCS 2009. 3rd International Conference on》. 2009,  
 MEHMET KEMAL OZDEMIR. Channel estimation for wireless OFDM systems. 《Communications, IEEE Transactions on (Volume:48, Issue:2)》. 2007,

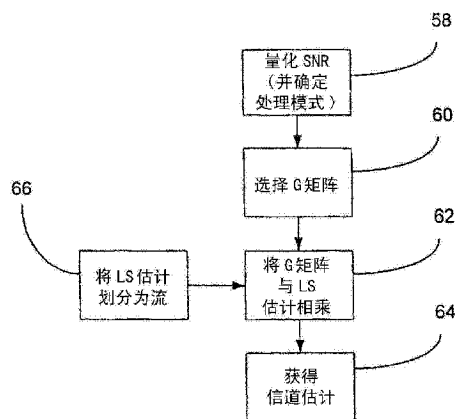
审查员 杨文君

(56) 对比文件  
 Farzad Foroughi. Channel estimation for a mobile terminal in a multi-standard

权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称  
 OFDM 系统的信道估计

(57) 摘要  
 一种用于在 OFDM 系统中执行信道估计的设备,包括:非易失性存储器、G 矩阵选择器以及信道估计发生器。所述非易失性存储器存储按照信噪比索引的一组 G 矩阵,所述 G 矩阵是使用固定的多普勒频率和固定的延迟展宽,针对多个信噪比而预先计算的。所述 G 矩阵选择器使用量化的信噪比,从非易失性存储器中存储的所述一组 G 矩阵中选择 G 矩阵。信道估计发生器将所选的 G 矩阵与参考信号的 LS 估计相乘,以获得信道估计。



1. 一种 OFDM 系统中的信道估计方法,包括步骤:
  - 对所接收的参考信号的信噪比进行量化;
  - 使用量化的信噪比,从按照信噪比索引的一组 G 矩阵中选择 G 矩阵,所述 G 矩阵是使用固定的多普勒频率和固定的延迟展宽,针对多个信噪比而预先计算的;
  - 将所选的 G 矩阵与参考信号的最小平方 LS 估计相乘,以便获得信道估计;以及
  - 将 LS 估计划分为与参考信号的整个带宽的分段相对应的流,
  - 其中,将所选 G 矩阵与参考信号的 LS 估计相乘的步骤包括:将所选 G 矩阵与每个带宽分段的 LS 估计流相乘以获得一组信道估计。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,针对一系列处理模式来预先计算所述一组 G 矩阵,并且按照处理模式以及信噪比来对所述一组 G 矩阵进行索引,所述方法还包括步骤:
  - 确定所接收的参考信号的处理模式,以及
  - 使用处理模式以及量化的信噪比来选择 G 矩阵,
  - 其中,处理模式基于一个或更多个下列参数:
    - FDD 对 TDD;
    - 小区专用参考信号对用户专用参考信号;
    - 规范循环前缀对扩展循环前缀;
    - 子帧类型;
    - 信道估计区域在时域中的大小;以及
    - 信道估计区域在频域中的大小。
3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,所述分段的大小相同。
4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,并行执行所选 G 矩阵与 LS 估计流的相乘。
5. 一种在 OFDM 系统中执行信道估计的设备,该设备包括:
  - 非易失性存储器,用于存储按照信噪比进行索引的一组 G 矩阵,该组 G 矩阵是使用固定的多普勒频率和固定的延迟展宽,针对多个信噪比而预先计算的;
  - G 矩阵选择器,用于使用量化的信噪比,从所述非易失性存储器中存储的该组 G 矩阵中选择 G 矩阵;
  - 信道估计发生器,用于将所选的 G 矩阵与参考信号的最小平方 LS 估计相乘,以便获得信道估计;以及
  - LS 估计解复用器,用于将 LS 估计划分为与参考信号的整个带宽的分段相对应的流,
  - 其中,所述信道估计发生器将所选 G 矩阵与每个带宽分段的 LS 估计流相乘以获得一组信道估计。
6. 根据权利要求 5 所述的设备,其中,按照处理模式以及信噪比来对所述非易失性存储器中存储的所述 G 矩阵进行索引,以及,所述 G 矩阵选择器使用处理模式以及量化的信噪比来选择用于获得信道估计的 G 矩阵。
7. 根据权利要求 6 所述的设备,还包括:
  - 可配置参考信号解复用器,用于处理在不同处理模式下接收到的参考信号。
8. 根据权利要求 5 所述的设备,还包括:
  - LS 估计器,用于根据参考信号来计算 LS 估计。
9. 根据权利要求 5 所述的设备,其中,所述信道估计发生器并行执行所选 G 矩阵与 LS

估计流的相乘。

## OFDM 系统的信道估计

### 技术领域

[0001] 本发明涉及正交频分调制 OFDM 通信系统,更具体地,涉及对 OFDM 系统中的信道估计的改进。

### 背景技术

[0002] OFDM 是一种数字多载波调制方法,使用大量紧密间隔的正交子载波来承载数据。由于其高速传输能力以及高带宽效率,OFDM 广泛应用于无线通信系统。从 OFDM 发射天线接收的信号会由于多径传播或者信号与地理环境之间的干扰而受到信道衰落。考虑到该因素,将参考信号映射到子载波并在接收机处使用,以获得信道估计。

[0003] 图 1 示出了 OFDM 系统的用户设备 UE 接收机 8,其将接收的射频信号变换为表示数据的软比特。模拟前端 10 将在多个接收天线处接收到的射频信号放大,并从射频信道转换至以约 0Hz 为中心的模拟基带信号。多个天线用于实现接收分集。这是 3GPP 标准对 UE 接收机的要求。

[0004] 一组模数转换器 12 将模拟基带信号转换为数字采样流,其采样频率为 30.72MHz (针对 3GPP LTE 标准的典型示例)。该点之后的所有后续处理均在数字离散域中执行。路径搜索器和定时跟踪模块 14 确定 FFT 模块 16 开始对每一组采样进行缓存并对其执行傅里叶变换所在的规律时间点。利用 FFT 模块 16 进行处理是 LTE 和 LTE-A 标准中所需的技术,因为这两个标准都使用 OFDM 波形。

[0005] 信道估计器 18 针对每一个 OFDM 符号和每一个子载波均提供一组复采样,从而解调器 20 可以对接收信号进行解调并转换为软比特。在该示例中,解调器 20 是针对数据信道的,例如物理下行链路共享信道 PDSCH。然后将从解调器 20 输出的软比特输出到 HARQ 和 Turbo 解码器 (图 1 中未示出)。信道估计器 18 还针对控制信道 (例如,物理下行链路控制信道 PDCCH) 提供估计。

[0006] 一种信道估计方法是 2D 线性最小均方误差 (2D LMMSE)。在该方法中,信道估计器 18 将 G 矩阵与最小平方 (LS) 信道估计相乘,这将在下面进行描述。

[0007] 图 2 示出了 OFDM 资源单元的示例块。频率时间索引  $(k_i, l_i)$  的资源单元以  $i$  为索引表示为:

$$[0008] \quad i = l_i \times K + k_i$$

$$[0009] \quad i \in \Omega = [0, 1, \dots, L \times K - 1]$$

$$[0010] \quad k_i \in [0, 1, \dots, K - 1]$$

$$[0011] \quad l_i \in [0, 1, \dots, L - 1]$$

[0012] 表达式 1-1

[0013] 索引方法  $i = k_i \times L + l_i$  也是可行的,并且具有与上述  $(i = l_i \times K + k_i)$  方法相同的结果。

[0014] 第  $m$  个  $RE_{h_m}$  与第  $n$  个  $RE_{h_n}$  处的发射点 (天线) 与接收点 (天线) 之间的传输链路的信道之间的时间频率相关性为:

$$[0015] \quad E\{h_m h_n^*\} = r_f(k_m - k_n) r_l(l_m - l_n), m \in \Omega, n \in \Omega$$

[0016] 表达式 1-2

[0017] 对于指数的功率延迟图,两个子载波  $k_m$  和  $k_n$  之间的频域相关性为:

$$[0018] \quad r_f(k_m - k_n) = \frac{1}{1 + j2\pi\tau_{rms}(k_m - k_n)\Delta f}$$

[0019] 表达式 1-3

[0020] 其中  $\Delta f$  是子载波间隔,  $\tau_{r.m.s.}$  是信道的均方根延迟展宽。均方根延迟展宽可以表示为:

$$[0021] \quad \tau_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_k P_k \tau_k^2}{\sum_k P_k} - \left( \frac{\sum_k P_k \tau_k}{\sum_k P_k} \right)^2}$$

[0022] 表达式 1-4

[0023] 其中  $P_k$  和  $\tau_k$  分别是第  $k$  个路径的功率和延迟。

[0024] 两个 OFDM 符号  $l_m$  和  $l_n$  之间的时域相关性可以表示为:

$$[0025] \quad r_t(l_m - l_n) = J_0(2\pi T_u f_D (l_m - l_n))$$

[0026] 表达式 1-5

[0027] 其中  $J_0$  是第一种零阶贝塞尔函数,  $T_u$  是 OFDM 符号长度,  $f_D$  是由下式给出的最大多普勒频率:

$$[0028] \quad f_D = \frac{v \times f_c}{C}$$

[0029] 表达式 1-6

[0030] 其中  $v$  是移动速度,  $f_c$  是载波频率,  $C$  是光速。零阶贝塞尔函数  $J_0$  表示为:

$$[0031] \quad J_0(x) = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi \cos(x \sin \theta) d\theta$$

[0032] 表达式 1-7

[0033] 零阶贝塞尔函数  $J_0$  还可以表示为:

$$[0034] \quad J_0(x) = \sum_{v=0}^{\infty} \frac{\left(\frac{-x^2}{4}\right)^v}{(v!)^2}$$

[0035] 表达式 1-8

[0036] 其中  $v! = v(v-1)(v-2)\dots\dots 1$ 。尽管  $J_0$  是无穷项之和,但是可以通过有限项来近似。

[0037] 假定发射点(天线)和接收点(天线)之间的传输链路的 RE 索引  $p_n$  处的参考信号  $s_{p_n}$  的接收信号  $y_{p_n}$  为:

$$[0038] \quad y_{p_n} = h_{p_n} \times s_{p_n} + n_{p_n}$$

$$[0039] \quad n = 0, 1, \dots, N_{ref} - 1, \quad [p_0, p_1, \dots, p_{N_{ref}-1}] \subset \Omega$$

[0040] 其中  $N_{ref}$  是所估计区域内的参考符号的数目。

[0041] 信道估计器 18 找到传输链路的所有资源单元 RE  $\hat{\mathbf{h}} = [\hat{h}_0, \hat{h}_1, \dots, \hat{h}_{LK-1}]$  处的信道如下：

[0042]

$$\hat{\mathbf{h}} = \mathbf{A} \times \underbrace{\left[ \mathbf{B} + \frac{1}{SNR} \mathbf{I} \right]^{-1}}_{\mathbf{G}} \times \mathbf{z}$$

[0043] 表达式 2-1

[0044] 这里：

[0045] \*Z 包含参考 RE 的最小平方信道估计：

$$[0046] \quad \mathbf{z}_n = \mathbf{y}_{p_n} / \mathbf{s}_{p_n}, \quad n = 0, 1, \dots, N_{ref} - 1$$

[0047] 表达式 2-2

[0048] \*A 是所有 RE 处的信道与参考 RE 处的信道之间的相关矩阵；A 的大小是 LK 乘以  $N_{ref}$ 。A 的第 (m, n) 个单元由下式给出：

$$[0049] \quad A_{m,n} = E \{ \mathbf{h}_m \mathbf{h}_{p_n}^* \} = r_f(k_m - k_{p_n}) r_l(l_m - l_{p_n}), m = 0, 1, \dots, LK - 1, n = 0, 1, \dots, N_{ref} - 1$$

[0050] 表达式 2-3

[0051] \*B 是参考 RE 处的信道之间的相关矩阵；B 的大小是  $N_{ref}$  乘以  $N_{ref}$ 。B 的第 (m, n) 个单元由下式给出：

$$[0052] \quad B_{m,n} = E \{ \mathbf{h}_{p_m} \mathbf{h}_{p_n}^* \} = r_f(k_{p_m} - k_{p_n}) r_l(l_{p_m} - l_{p_n}), m = 0, 1, \dots, N_{ref} - 1, n = 0, 1, \dots, N_{ref} - 1$$

[0053] 表达式 2-4

[0054] 表达式 2-1 示出了信道估计器 18 如何根据向量矩阵 A 和 B 来计算 G 矩阵。由于需要大矩阵求逆，该运算计算量较大。针对矩阵的每个单元计算贝塞尔函数的计算量也大。两个计算量大的运算是表达式 2-1 中将 G 矩阵与 LS 估计相乘，即  $G \times z$  项。需要针对每个新接收到的输入数据块，即在 LTE 和 LTE-A 或者基站收发台 (BTS) 的情况下针对每个时隙（或者可选地，针对每个子帧）以高速来执行该步骤。

[0055] 此外，需要在任何时候输入参数之一发生改变时更新 G 矩阵。这些参数包括均方根延迟展宽估计  $\tau_{r.m.s}$ 、最大多普勒频率估计  $f_D$ 、信噪比和参考信号配置，即参考信号在估计区域内的位置。

[0056] 这些复杂性限制了 2DLMMSE 信道估计在商品中的应用。

[0057] 希望提供一种信道估计方法和 / 或设备，能够更灵活地在商品中应用，并且改进现有信道估计方法的一种或个多个复杂性。

[0058] 上面对背景技术的讨论被包含在此用于解释本发明的背景。不应将此当做承认或暗示所涉及的任何文献或其他材料在本申请的任意权利要求的优先权日已经公开、公知或者是公知常识的一部分。

## 发明内容

[0059] 根据一个方面，本发明提供一种 OFDM 系统中的信道估计方法，包括步骤：对接收参考信号的信噪比进行量化；使用量化的信噪比，从按照信噪比索引的一组 G 矩阵中选择

G 矩阵,所述 G 矩阵是使用固定的多普勒频率和固定的延迟展宽,针对多个信噪比而预先计算的;以及将所选的 G 矩阵与参考信号的最小平方 LS 估计相乘,以便获得信道估计。

[0060] 由于不需要在执行信道估计时估计和更新多普勒展宽和延迟展宽值,所以该方法降低了信道估计器的复杂度。相反,针对每个信噪比,预先计算了覆盖多普勒频率和延迟展宽的实际值的整个范围的单个 G 矩阵。这提高了鲁棒性(相对于信道条件)并降低了信道估计器的复杂度。可以选择并固定的多普勒频率和延迟展宽值,使得估计对于针对例如 LTE/LTE-A UE 的正常测试条件内的不同信道均鲁棒。

[0061] 使用该方法的信道估计器对于信道的时变和频率选择性均鲁棒。不需要动态地执行 G 矩阵计算,这简化了该过程。由于 SNR 被量化,所以仅需要存储有限的一组 G 矩阵,这进一步降低了复杂度。该方法可以用于针对数据和控制信道提供信道估计。

[0062] 本发明适用于长期演进(LTE)和 LTE-高级(LTE-A)标准。但是,本发明并不局限于这些标准,而可以用于其他 OFDM 系统。各个实施例可以用于用户设备(UE)中的下行链路接收机或者基站收发台(BTS)中的上行链路接收机中。

[0063] 可以针对一系列处理模式预先计算该组 G 矩阵,并且该组 G 矩阵在该组中按照处理模式以及信噪比来索引。这种情况下,该方法还包括步骤:确定所接收的接收参考信号的处理模式,并使用处理模式以及量化的信噪比来选择 G 矩阵。

[0064] 该处理模式可以基于一个或多个下列参数:

[0065] FDD 对 TDD;

[0066] 小区专用参考信号对用户专用参考信号;

[0067] 规范循环前缀对扩展循环前缀;

[0068] 子帧类型;

[0069] 信道估计区域在时域中的大小;以及

[0070] 信道估计区域在频域中的大小。

[0071] 可以存储针对这些模式的每种有效组合的一组 G 矩阵,并将其用于执行信道估计。这使得单个信道估计器可以用于不同的处理模式,例如,通过重新配置控制参数寄存器。不同的处理模式定义了参考信号的不同位置,并且可以在 G 矩阵中考虑这些位置。例如,该方法可以应用于 3GPP LTE 标准内的关于接收数据信道的不同参考信号配置:

[0072] ⊙ LTE-FDD 小区专用参考信号

[0073] ⊙ LTE-FDD UE 专用参考信号

[0074] ⊙ LTE-TDD 小区专用参考信号

[0075] ⊙ LTE-TDD UE 专用参考信号

[0076] 发明人发现,在以下情况下,信道估计误差对于 G 矩阵的选择并不敏感:

[0077] - 用于计算 G 矩阵的均方根延迟展宽大于实际信道的均方根延迟展宽。

[0078] - 用于计算 G 矩阵的多普勒频率大于实际信道的多普勒频率展宽并且信道多普勒频率展宽不大于 300Hz。针对 LTE 和 LTE-A 用户设备的标准测试条件仅使用 300Hz 以下的多普勒展宽。

[0079] - 用于选择 G 矩阵的信噪比与信道的真实 SNR 相差小于 3dB。

[0080] 由于这些发现,可以针对在设备的正常操作范围内的不同量化信噪比值来预先计算一组 G 矩阵。这是存储 G 矩阵的查找表中的一个维度。因此,不需要在设备内进行 G 矩

阵计算,因而简化了复杂度。

[0081] 在本发明的一个实施例中,针对 LTE 和 LTE-A,固定的多普勒频率是 300Hz,固定的延迟展宽是  $991 \times 10^{-9}$  并且以 3dB 步长来量化信噪比。

[0082] 信噪比的量化可以相当粗略,例如在 LTE/LTE-A UE 中使用的 3dB 步长,以使需要存储的 G 矩阵的数目最小。可以选择量化以确保信道估计的性能足够好。

[0083] 该方法还可以包括步骤:将 LS 估计划分为与参考信号的整个带宽的分段相对应的流,其中将所选 G 矩阵与参考信号的 LS 估计相乘的步骤包括:将所选 G 矩阵与每个带宽分段的 LS 估计流相乘以获得一组信道估计。

[0084] 针对整个带宽的分段分别执行信道估计给该方法提供了简化和良好的性能。对参考信号的选择限制在时域中。在时域和频率均限制信道估计大小降低了复杂度,并且使得可以针对每个带宽分段并行进行信道估计。

[0085] 可以在设备设计阶段选择分段的大小,以便信道估计的性能使得接收机足以满足性能需求,例如 LTE 标准的性能需求。有利地,所有分段就大小和参考信号的位置而言都是相同的,因此所有分段可以共享单个相同的 G 矩阵。该方法使得可以并行进行计算,并且可以通过使实际处理时间最小化来使信道估计器满足其时间需求。

[0086] 根据另一方面,本发明提供一种提供在 OFDM 系统的信道估计中使用的一组 G 矩阵的方法,包括步骤:针对一系列离散信噪比,使用固定的多普勒频率和固定的延迟展宽来预先计算 G 矩阵,并按照信噪比来对 G 矩阵进行索引。

[0087] 如上所述,提供一组预先计算的 G 矩阵不再需要在执行信道估计时执行消耗资源的计算。此外,可以利用 300Hz 的固定的多普勒频率和  $991 \times 10^{-9}$  的固定的延迟展宽来计算 G 矩阵(针对一个实施例,即 LTE/LTE-A UE)。所述一系列离散信噪比中的信噪比可以分离例如 3dB。

[0088] 可以针对一系列处理模式来执行针对一系列离散信噪比来预先计算 G 矩阵的步骤,并且该方法还可包括步骤:按照处理模式以及信噪比来对该组 G 矩阵进行索引。处理模式可以基于上述参数。

[0089] 根据另一方面,本发明提供了一种在 OFDM 系统中执行信道估计的设备,该设备包括:非易失性存储器,用于存储按照信噪比进行索引的一组 G 矩阵,该组 G 矩阵是使用固定的多普勒频率和固定的延迟展宽,针对多个信噪比而预先计算的;G 矩阵选择器,用于使用量化的信噪比,从非易失性存储器中存储的该组 G 矩阵中选择 G 矩阵;以及信道估计发生器,用于将所选的 G 矩阵与参考信号的最小平方 LS 估计相乘,以便获得信道估计。

[0090] 非易失性存储器中存储的 G 矩阵可以按照处理模式以及信噪比来索引,并且 G 矩阵选择器可以使用处理模式以及量化的信噪比来选择用于获得信道估计的 G 矩阵。不同的参考信号配置需要不同版本的 G 矩阵,因此在本实施例中,将处理模式用作 G 矩阵查找表中的索引。该设备还可以包括可配置参考信号解复用器,用于处理在不同处理模式下接收到的参考信号。这使得该设备能够处理不同的参考信号配置组合,例如在 3GPP LTE 以及 LTE-A 标准中适用的参考信号配置的组合。由于不需要像现有技术那样,针对不同情况具有单独的信道估计器,所以这简化了实现。单个信道估计器处理不同的信道估计模式。

[0091] 该设备还可以包括用于根据参考信号来计算 LS 估计的 LS 估计器。该设备可以在内部计算最小均方估计,该最小均方估计继而用于多种用途。例如,在 UE 中使用该设备的

情况下, LS 估计可以用于数据信道 (PDSCH) 的信道估计、控制信道 (PDCCH) 的信道估计以及信噪比估计。在某些现有技术的设计中, 这些信道估计中的每个信道估计均需要独立的 LS 估计器, 这导致较大的复杂度。

[0092] 为了进一步简化实现, 该设备可以包括用于将 LS 估计划分为与参考信号的整个带宽的分段相对应的流的 LS 估计解复用器, 并且信道估计发生器可以将所选 G 矩阵与每个带宽分段的 LS 估计流相乘以获得一组信道估计。可以并行执行每个 LS 估计流的相乘。

[0093] 现在参考附图, 仅作为示例来描述本发明的实施例。应该理解, 附图的细节并不取代本发明的上述说明的一般性。

## 附图说明

[0094] 图 1 示出了描绘 OFDM 系统的现有技术 UE 接收机的示意图。

[0095] 图 2 是图 1 的接收机接收到的 OFDM 资源单元的块的示意图。

[0096] 图 3 是根据本发明实施例, 执行信道估计的一系列数据处理模块的示意图。

[0097] 图 4 示出了根据本发明实施例, 提供用于信道估计的一组 G 矩阵的方法的流程图。

[0098] 图 5 示出了根据本发明实施例的信道估计方法的流程图。

## 具体实施方式

[0099] 下面参考如图 1 所示的 LTE/LTE-A UE 接收机 8 中的信道估计, 来描述本发明的实施例。应该理解, 本发明不局限于该实施例, 而可以应用于 BTS 以及基于其他 OFDM 的系统。

[0100] 参考图 4, 在设备设计期间执行以下步骤, 以构建包含在信道估计中使用的包含一组 G 矩阵的查找表。针对一系列所有有效处理模式中的每个模式, 在步骤 50 处, 针对一系列 SNR 值中的每个 SNR, 使用固定的多普勒频率和固定的延迟展宽来预先计算 G 矩阵。在步骤 52 处, 按照信噪比和处理模式对 G 矩阵进行索引。然而, 应该理解, 可以仅针对单个处理模式来预先计算 G 矩阵, 并且 G 矩阵可以仅按照 SNR 来索引。下面描述该方法的一个特定示例。针对多个离散信噪比 (例如按 3dB 分开的一系列离散信噪比: [-6, -3, 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30]), 使用固定的多普勒频率和固定的延迟展宽来预先计算 G 矩阵。

[0101] 具体地:

$$[0102] \quad \mathbf{G} = \mathbf{A} \times \left[ \mathbf{B} + \frac{1}{\text{SNR}} \mathbf{I} \right]^{-1}$$

[0103] 表达式 3-1

[0104] A 是所有 RE 处的信道与参考 RE 处的信道之间的相关矩阵; A 的大小为 LK 乘以  $N_{\text{ref}}$ 。A 的第 (m, n) 个单元由下式给出:

$$[0105] \quad \mathbf{A}_{m,n} = \frac{1}{1 + j2\pi\tau_{\text{rms}}(k_m - k_{p_i})\Delta f} \times \sum_{v=0}^V \left( \frac{-(2\pi f_v f_D (t_m - t_{p_i}))^v}{4} \right) / (v!)^2$$

$$[0106] \quad m = 0, 1, \dots, LK - 1, \quad n = 0, 1, \dots, N_{\text{ref}} - 1.$$

[0107] 表达式 3-2

[0108] B 是参考 RE 处的信道之间的相关矩阵; B 的大小是  $N_{\text{ref}}$  乘以  $N_{\text{ref}}$ 。B 的第 (m, n) 个

单元由下式给出：

$$[0109] \quad \mathbf{B}_{m,n} = \frac{1}{1 + j2\pi\tau_{rms}(k_{p_m} - k_{p_n})\Delta f} \times \sum_{v=0}^V \left( \frac{-(2\pi T_u f_D (l_{p_m} - l_{p_n}))^v}{4} \right)^v / (v!)^2$$

$$[0110] \quad m = 0, 1, \dots, N_{ref} - 1, n = 0, 1, \dots, N_{ref} - 1.$$

[0111] 表达式 3-3

[0112] 其中的参数为：

$$[0113] \quad \Delta f = 15000\text{Hz}$$

$$[0114] \quad T_u = 7.1429 \times 10^{-5}$$

$$[0115] \quad f_D = 300$$

$$[0116] \quad \tau_{rms} = 991 \times 10^{-9}$$

[0117] 表达式 3-4

[0118] 参数 L 是指信道估计区域在时域中的大小。其是 OFDM 符号的数目。LTE 和 LTE-A UE 的示例值为：

[0119] 在基于 2 个时隙的估计中：

[0120]

$$L = \begin{cases} 14 & \text{对于规范循环前缀(CP)} \\ 12 & \text{对于扩展CP} \end{cases}$$

[0121] 表达式 3-5

[0122] 在基于 1 时隙的估计中：

[0123]

$$L = \begin{cases} 7 & \text{对于规范CP} \\ 6 & \text{对于扩展CP} \end{cases}$$

[0124] 表达式 3-6

[0125] 参数 K 是信道估计区域在频域中的大小。其是每个分段中子载波的数目。

[0126] 在所有上述表达式中，参数  $k_{pn}$ 、 $k_{pm}$ 、 $l_{pn}$ 、 $l_{pm}$  指代针对每个导频，参考信号在信道估计区域内的位置。所使用的位置的精确值取决于以下信道估计模式参数：

[0127] • FDD 对 TDD；

[0128] • 小区专用参考信号对用户专用参考信号；

[0129] • 规范循环前缀对扩展循环前缀；

[0130] • 子帧类型（规范、MBSFN、特殊 TDD 子帧）；

[0131] • 信道估计区域在时域中的大小，估计中包括的时隙的数目；以及

[0132] • 信道估计区域在频域中的大小。

[0133] 可以针对一系列处理模式根据这些参数预先计算 G 矩阵，并且该 G 矩阵按照处理模式以及信噪比来索引。在其他实施例中，可以仅针对单个处理模式来预先计算 G 矩阵，并且 G 矩阵可以仅按照 SNR 来索引。

[0134] 根据本发明的实施例（参见图 3），然后可以在信道估计器 21 中将 G 矩阵的查找表存储在非易失性存储器 39 中。信道估计器 21 为控制信道和数据信道二者提供信道估计。可以针对小区专用参考信号和 UE 专用参考信号二者来而获得估计。控制信道总是使用小

区专用参考信号,而数据信道使用小区专用或 UE 专用参考信号,这取决于操作模式。

[0135] 参考图 5,根据本发明实施例的信道估计方法包括步骤:对所接收的参考信号的信噪比(SNR)进行量化(步骤 58);使用量化的 SNR,从一组 G 矩阵中选择 G 矩阵(步骤 60);以及将所选 G 矩阵与参考信号的最小平方 LS 估计相乘(步骤 62),以便获得信道估计(步骤 64)。如果适用,步骤 58 还包括:确定所接收的参考信号的处理模式,然后在步骤 60 中,使用该处理模式以及量化的信噪比来选择 G 矩阵。

[0136] 可选地,在步骤 66 处,将 LS 估计划分为与参考信号的整个带宽的分段相对应的流,并且相乘步骤 62 可以包括将所选 G 矩阵与每个带宽分段的 LS 估计流相乘,以在步骤 64 处获得一组信道估计。

[0137] 下面参考图 3 来描述这些步骤的特定示例。信道估计器 21 包括接收来自 FFT 块 16(图 1)的采样的小区专用参考信号解复用器 22。采样包括来自所有 OFDM 符号中的所有子载波的资源单元。小区专用参考信号解复用器 22 将该流解复用(或“滤波”),并仅输出包含小区专用参考信号的资源单元。小区专用参考信号的位置取决于信道估计模式和带宽模式。参考信号解复用器可被配置为处理在不同处理模式下接收到的参考信号。

[0138] 小区专用最小平方估计器 24 获得接收的参考信号的采样,并计算最小平方 LS 估计。LS 估计在信号和噪声估计器 32 中用于估计信噪比。信号和噪声估计器 32 使用来自小区专用参考信号的 LS 估计或来自 UE 专用参考信号的 LS 估计,这取决于将哪一个用于信道估计。

[0139] 然后以 3dB 步长来量化信噪比,并且 G 矩阵选择器 38 将信噪比用作查找地址来从先前计算并存储在非易失性存储器 39 中的一组 G 矩阵中选择 G 矩阵。G 矩阵选择器 38 还使用估计(处理)模式来选择正确的预先计算的 G 矩阵。由于控制信道仅使用每个子帧的第一个 OFDM 符号,而数据信道使用包含用于估计的参考信号的所有 OFDM 符号,所以为数据信道和控制信道,选择不同的矩阵。

[0140] 在控制信道的情况下,由于控制信道仅使用每个子帧的第一个 OFDM 符号中的小区专用参考信号,LS 估计解复用器 30 捕获在每个子帧开始处的参考符号。

[0141] LS 估计解复用器 30 将小区专用 LS 估计划分为针对每个带宽分段分开的流,以便针对控制信道执行信道估计。然后将每个流输出到信道估计发生器 36 中,信道估计发生器 36 针对每个带宽分段,执行 LS 估计与 G 矩阵的相乘。这产生一组信道估计,然后将该组信道估计重新组合为在复用和缓存模块 42 中进行进一步处理所需的结构。复用和缓存模块 42 然后输出控制信道估计。

[0142] 数据信道处理包括模块 26、28、34、40 和 44。UE 专用参考信号解复用器 26 选择仅包含 UE 专用参考信号的资源单元。然后将这些采样转发给针对 UE 专用参考信号的 LS 估计器 28。

[0143] LS 估计解复用器 34 然后根据信道估计模式,选择小区专用或 UE 专用 LS 估计。

[0144] LS 估计解复用器 34 被配置为对信道估计中包含的参考符号进行缓存。LTE 或 LTE-A UE 中最常见的配置为:一次针对一整个子帧进行信道估计。在这种情况下,LS 估计解复用器 34 将捕获正计算估计的子帧内的 OFDM 符号的 LS 估计。在使用小区专用参考符号的情况下,如果由于性能原因需要,则 LS 估计解复用器 34 还将对来自紧接在正执行估计的子帧之前和随后的时隙的参考符号进行缓存。

[0145] 此外,LS 估计解复用器 34 然后将所缓存的 LS 估计划分为与参考信号的整个带宽的分段相对应的分离的流。然后将每个流输出到信道估计发生器 40 中,信道估计发生器 40 针对每个带宽分段,执行 LS 估计与 G 矩阵的相乘。分段在大小上是相同的,因此,可以使用相同的 G 矩阵,并且并行执行相乘。这产生一组信道估计,然后将该组信道估计重新组合为在复用和缓存模块 44 中进行进一步处理所需的结构。复用和缓存模块 44 最终输出数据信道估计。

[0146] 应该理解,可以对上述部分进行各种变更、添加和 / 或修改,而不背离本发明的范围,并且根据上述教导,本领域技术人员可以想到,可以以各种方式,以软件、固件和 / 或硬件来实现本发明。

[0147] 本申请可用作一个或更多个后续申请的在先基础,并且任意后续申请的权利要求书可以请求在本申请中描述的任何一个特征或特征组合。任意后续申请可以包括一个或更多个所附权利要求,所附权利要求仅作为示例给出,而不对在任意后续申请中请求保护的主体产生限制。

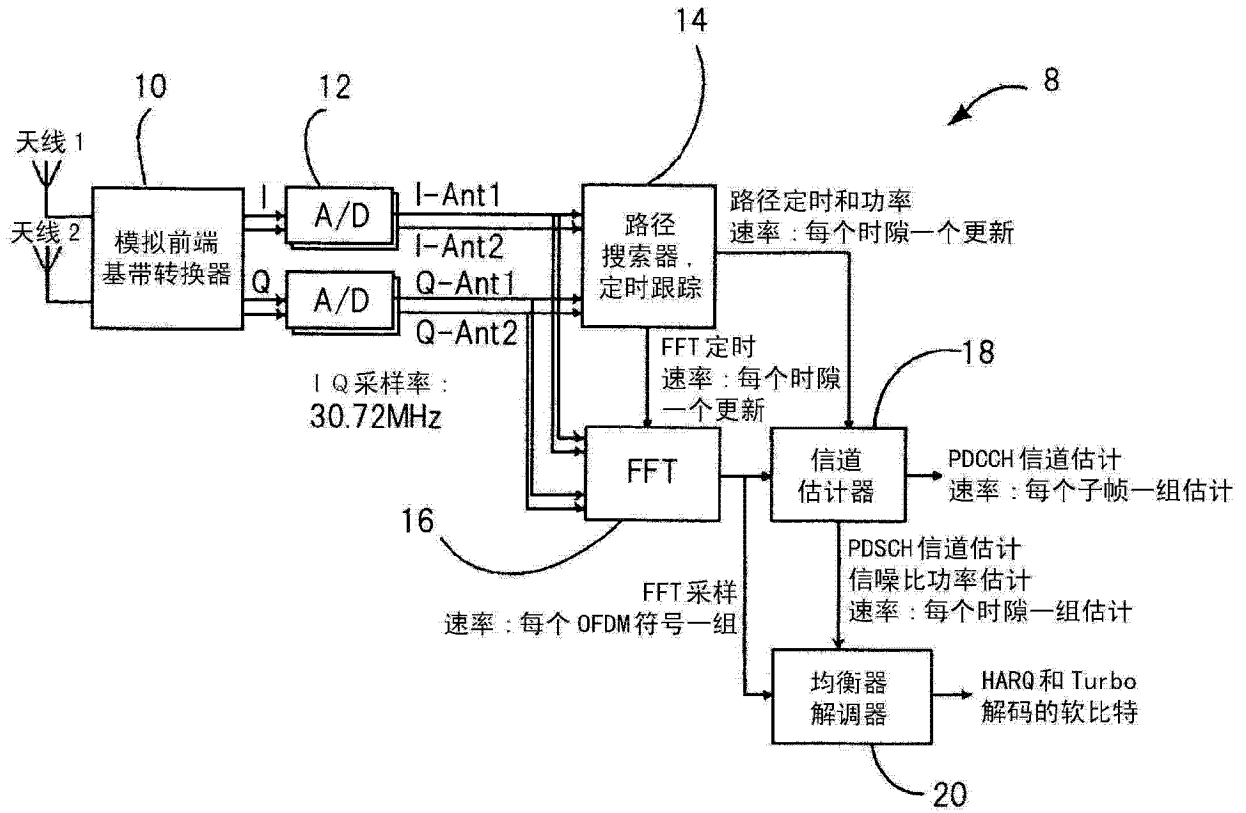


图 1

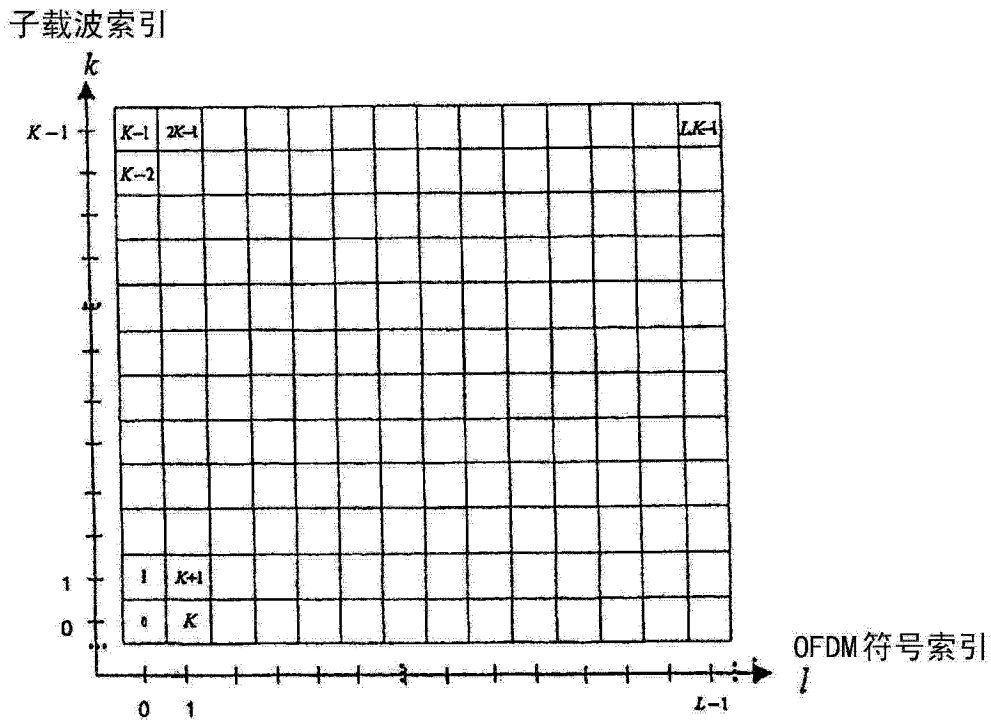


图 2



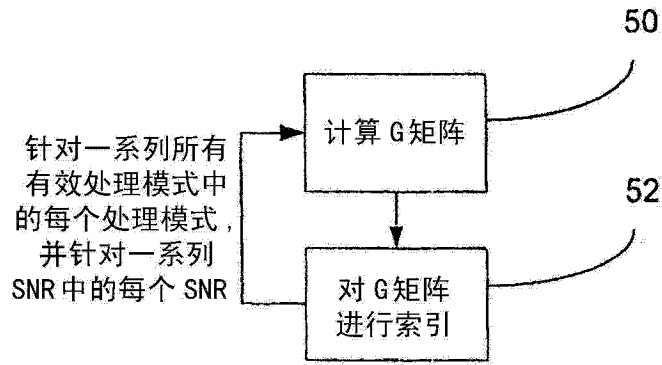


图 4

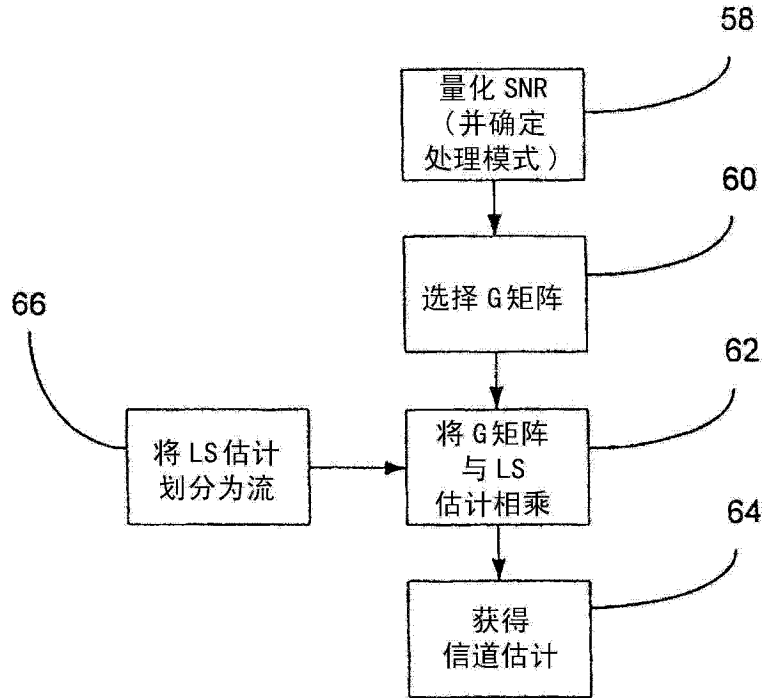


图 5