



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105245267 B

(45)授权公告日 2018.11.27

(21)申请号 201510511534.5

(22)申请日 2011.04.04

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105245267 A

(43)申请公布日 2016.01.13

(30)优先权数据

10-2011-0030168 2011.04.01 KR

61/320,324 2010.04.02 US

61/332,807 2010.05.09 US

61/363,287 2010.07.12 US

(62)分案原申请数据

201180017523.1 2011.04.04

(73)专利权人 LG电子株式会社

地址 韩国首尔

(72)发明人 金亨泰 徐翰晔 金沂濬 李长远

(74)专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

代理人 周燕 夏凯

(51)Int.Cl.

H04B 7/06(2006.01)

H04L 1/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 101019358 A,2007.08.15,

WO 2009023850 A1,2009.02.19,

WO 2009088225 A2,2009.07.16,

US 2009207784 A1,2009.08.20,

审查员 冯晨露

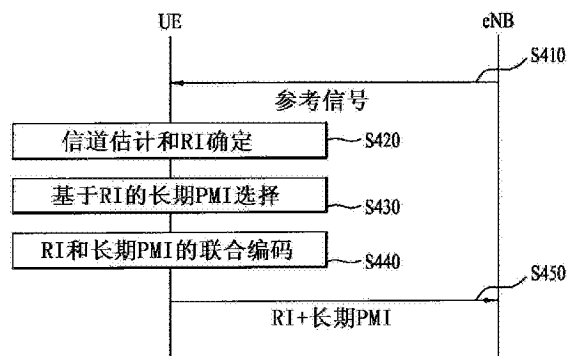
权利要求书2页 说明书12页 附图5页

(54)发明名称

在无线通信系统中反馈信道状态信息的方法和用户设备装置

(57)摘要

公开了一种在无线通信系统中反馈信道状态信息(CSI)的方法和UE装置。UE装置包括用于确定用于预定的频带的秩指示符(RI),和从用于在预定的频带上传输的码本集中选择与确定的RI相对应的预编码矩阵指示符(PMI)的索引的处理器,和用于将RI和PMI的索引发送给基站(BS)的发射天线。RI和PMI的索引在传输之前被联合编码。



1. 一种在无线通信系统中由用户设备发送信道状态信息CSI报告的方法,所述方法包括:

根据第一CSI反馈类型,将秩指示符RI和具有第一报告周期的长期预编码矩阵指示符PMI发送给基站;以及

其中,所述长期PMI被定义为与所述RI一起发送的PMI,

在发送所述RI和所述长期PMI之后,根据第二CSI反馈类型,将具有第二报告周期的短期PMI和信道质量信息CQI发送给所述基站,

其中,所述短期PMI被定义为与所述CQI一起发送的PMI,

其中,所述RI和所述长期PMI被联合编码,并且通过物理上行链路控制信道来发送,

其中,所述长期PMI的第一报告周期和所述短期PMI的第二报告周期被分开定义,

其中,所述长期PMI的第一报告周期等于或长于所述短期PMI的第二报告周期,以及

其中,基于所述RI确定所述长期PMI。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,当秩是2时,联合编码的RI和长期PMI的大小是4比特。

3. 一种在无线通信系统中发送信道状态信息CSI报告的用户设备,所述用户设备包括:发射机,所述发射机被配置成:

根据第一CSI反馈类型,将秩指示符RI和具有第一报告周期的长期预编码矩阵指示符PMI发送给基站;以及

其中,所述长期PMI被定义为与所述RI一起发送的PMI,

在发送所述RI和所述长期PMI之后,根据第二CSI反馈类型,将具有第二报告周期的短期PMI发送给所述基站,

其中,所述短期PMI被定义为与CQI一起发送的PMI,

其中,所述RI和所述长期PMI被联合编码,并且通过物理上行链路控制信道来发送,

其中,所述长期PMI的第一报告周期和所述短期PMI的第二报告周期被分开定义,

其中,所述长期PMI的第一报告周期等于或长于所述短期PMI的第二报告周期,以及

其中,基于所述RI确定所述长期PMI。

4. 根据权利要求3所述的设备,其中,当秩是2时,联合编码的RI和长期PMI的大小是4比特。

5. 一种在无线通信系统中由基站接收信道状态信息CSI报告的方法,所述方法包括:

根据第一CSI反馈类型,从用户设备接收秩指示符RI和具有第一报告周期的长期预编码矩阵指示符(PMI);以及

其中,所述长期PMI被定义为与所述RI一起接收的PMI,

在接收所述RI和所述长期PMI之后,根据第二CSI反馈类型,从所述用户设备接收具有第二报告周期的短期PMI,

其中,所述短期PMI被定义为与CQI一起接收的PMI,

其中,所述RI和所述长期PMI被联合编码,并且通过物理上行链路控制信道来发送,

其中,所述长期PMI的第一报告周期和所述短期PMI的第二报告周期被分开定义,

其中,所述长期PMI的第一报告周期等于或长于所述短期PMI的第二报告周期,以及

其中,基于所述RI确定所述长期PMI。

6. 根据权利要求5所述的方法, 其中, 当秩是2时, 联合编码的RI和长期PMI的大小是4比特。

7. 一种在无线通信系统中接收信道状态信息CSI报告的基站, 所述基站包括:

接收机, 所述接收机被配置成:

根据第一CSI反馈类型, 从用户设备接收秩指示符RI和具有第一报告周期的长期预编码矩阵指示符PMI; 以及

其中, 所述长期PMI被定义为与所述RI一起接收的PMI,

在接收所述RI和所述长期PMI之后, 根据第二CSI反馈反馈类型, 从所述用户设备接收具有第二报告周期的短期PMI,

其中, 所述短期PMI被定义为与CQI一起接收的PMI,

其中, 所述RI和所述长期PMI被联合编码, 并且通过物理上行链路控制信道来发送,

其中, 所述长期PMI的第一报告周期和所述短期PMI的第二报告周期被分开定义,

其中, 所述长期PMI的第一报告周期等于或长于所述短期PMI的第二报告周期, 以及

其中, 基于所述RI确定所述长期PMI。

8. 根据权利要求7所述的基站, 其中, 当秩是2时, 联合编码的RI和长期PMI的大小是4比特。

在无线通信系统中反馈信道状态信息的方法和用户设备装置

[0001] 本申请是2012年9月29日提交的国际申请日为2011年4月4日的申请号为201180017523.1 (PCT/KR2011/002315)的,发明名称为“在无线通信系统中反馈信道状态信息的方法和用户设备装置”的专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及无线通信,更具体地涉及在无线通信系统中反馈信道状态信息(CSI)的方法和用户设备(UE)装置。

背景技术

[0003] 在蜂窝多输入多输出(MIMO)通信环境中,数据速率可以在发送端和接收端之间经由波束形成提高。其基于信道信息确定是否使用波束形成。基本地,接收端将从参考信号(RS)估计的信道信息量化为码本,并且将码本反馈给发送端。

[0004] 将给出在产生码本中使用的空间信道矩阵(也简称为信道矩阵)的简要描述。该空间信道矩阵或者信道矩阵可以表示为:

$$[0005] \quad \mathbf{H}(i,k) = \begin{bmatrix} h_{1,1}(i,k) & h_{1,2}(i,k) & \cdots & h_{1,m}(i,k) \\ h_{2,1}(i,k) & h_{2,2}(i,k) & \cdots & h_{2,m}(i,k) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{m,1}(i,k) & h_{m,2}(i,k) & \cdots & h_{m,m}(i,k) \end{bmatrix}$$

[0006] 这里 $\mathbf{H}(i,k)$ 表示空间信道矩阵, N_r 表示接收(Rx)天线的数目, N_t 表示发射(Tx)天线的数目, r 表示Rx天线的索引, t 表示Tx天线的索引, i 表示正交频分多路复用(OFDM)或者单个载波频分多址(SC-FDMA)符号的索引,并且 k 表示子载波的索引。因此, $h_{r,t}(i,k)$ 是信道矩阵 $\mathbf{H}(i,k)$ 的元素,表示在第 k 个子载波和第 i 个符号上的第 t 个Tx天线和第 r 个Rx天线的信道状态。

[0007] 可适用于本发明的空间信道协方差矩阵 $\mathbf{R}$ 可以表示为 $\mathbf{R} = E[\mathbf{H}(i,k) \mathbf{H}^H(i,k)]$,这里 $\mathbf{H}$ 表示空间信道矩阵, $E[\cdot]$ 表示平均值, i 表示符号索引,并且 k 表示频率索引。

[0008] 奇异值分解(SVD)是矩形矩阵对于信号处理和统计中的许多应用的有效因子分解中的一个。SVD是对于任意的矩形矩阵的矩阵的频谱定理的概括。频谱定理假设正交方阵可以使用特征值的基函数对角线化。使信道矩阵 $\mathbf{H}$ 是具有实数或者复数项的 $m \times m$ 矩阵。于是该信道矩阵 $\mathbf{H}$ 可以表示为以下的三个矩阵的乘积。

$$[0009] \quad \mathbf{H}_{m \times m} = \mathbf{U}_{m \times m} \Sigma_{m \times n} \mathbf{V}_{n \times n}^H$$

[0010] 这里 $\mathbf{U}$ 和 $\mathbf{V}$ 是单位矩阵(unitary matrix),并且 Σ 是具有非负的奇异值的 $m \times n$ 对角矩阵。对于该奇异值, $\Sigma = \text{diag}(\sigma_1 \cdots \sigma_r)$, $\sigma_i = \sqrt{\lambda_i}$ 。信道的方向和分配给信道方向的强度从信道的SVD中已知。该信道方向被表示为左侧的奇异矩阵 $\mathbf{U}$ 和右侧的奇异矩阵 $\mathbf{V}$ 。在由MIMO生成的 r 个单独的信道之中,第 i 个信道的方向表示为奇异矩阵 $\mathbf{U}$ 和 $\mathbf{V}$ 的第 i 个列矢量,并且第 i 个信道的信道强度表示为 σ_i^2 。因为奇异矩阵 $\mathbf{U}$ 和 $\mathbf{V}$ 中的每个由相互正交的列矢量组成,第 i

个信道可以在不与第j个信道干扰的情况下进行发送。具有大的 σ_1^2 值的主信道的方向经很长时间或者在宽频带上呈现相对小的变化,而具有小的 σ_1^2 值的信道的方向呈现大的变化。

[0011] 到三个矩阵的乘积的该因子分解称作SVD。在其可以适用于任何矩阵,而特征值分解(EVD)可以仅仅适用于正交方阵的意义上,SVD是非常普通的。尽管如此,二个分解是相关的。

[0012] 如果信道矩阵H是正定的埃尔米特(Hermitian)矩阵,该信道矩阵H的所有特征值是非负的实数。该信道矩阵H的奇异值和奇异矢量是其特征值和特征矢量。

[0013] EVD可以表示为:

$$[0014] \quad HH^H = (U \Sigma V^H) (U \Sigma V^H)^H = U \Sigma \Sigma^H U^H$$

$$[0015] \quad H^H H = (U \Sigma V^H)^H (U \Sigma V^H) = V \Sigma \Sigma^H V^H$$

[0016] 这里该特征值可以是 $\lambda_1 \dots \lambda_r$ 。关于表示信道方向的奇异矩阵U的信息从 HH^H 的SVD中已知,并且关于表示信道方向的奇异矩阵V的信息从 $H^H H$ 的SVD中已知。通常,多用户MIMO(MU-MIMO)在发送端和接收端上采用波束形成以实现高数据速率。如果接收波束和传输波束分别被表示为矩阵T和W,波束形成应用于其的信道被表示为 $THW = TU(\Sigma)V^H W$ 。因此,更优选的是基于奇异矩阵U产生接收波束,并且基于奇异矩阵V产生传输波束。

[0017] 在设计码本时主要考虑的是通过使用最小比特数和CSI的精确量化降低反馈开销以实现足够的波束形成增益。

发明内容

[0018] 技术问题

[0019] 被设计为解决该问题的本发明的一个目的在于在用户设备(UE)处反馈信道状态信息(CSI)的方法。

[0020] 被设计为解决该问题的本发明的另一个目的在于反馈CSI的UE装置。

[0021] 本领域技术人员应该理解,借助于本发明可以实现的目的不限于已经特定在上文中描述的那些,并且本发明可以实现的以上和其他的目的将从以下结合附图进行的详细说明中更加清楚地理解。

[0022] 技术方案

[0023] 本发明的目的可以通过提供在无线通信系统中在UE处反馈CSI的方法来实现,包括:确定用于预定的频带的秩指示符(RI),从用于在预定的频带上传输的码本集中选择与确定的RI相对应的预编码矩阵指示符(PMI)的索引,以及将RI和PMI的索引发送给基站(BS)。RI和PMI的索引在传输之前被联合编码。

[0024] 联合编码的RI和PMI的索引可以在同一子帧中被发送给BS。

[0025] 联合编码的RI和PMI的索引可以被在物理上行链路控制信道(PUCCH)上发送给BS。

[0026] 该方法可以进一步包括从BS接收关于预定的频带的信息,以及估计在预定的频带中在UE和BS之间的信道状态。RI可以基于估计的信道状态来确定,并且PMI的索引可以基于估计的信道状态来选择。

[0027] 预定的频带可以是宽带,并且因此,PMI可以是宽带PMI。

[0028] 在本发明的另一个方面中,在此处提供的是一种在无线通信系统中在UE处反馈CSI的装置,包括:处理器,用于确定用于预定的频带的RI,和从用于在预定的频带上传输的

码本集中选择与确定的RI相对应的PMI的索引;和发射天线,用于将RI和PMI的索引发送给BS。RI和PMI的索引在传输之前被联合编码。

[0029] 该UE装置可以进一步包括用于从BS接收关于预定的频带的信息的接收天线。该处理器可以估计在预定的频带中在UE和BS之间的信道状态,基于估计的信道状态确定RI,和基于估计的信道状态选择PMI的索引。

[0030] 有益效果

[0031] 根据本发明的各种实施例,UE联合地编码预编码矩阵指示符 (PMI) 和秩指示符 (RI),并且因此,将联合编码的RI和PMI在同一子帧中发送。因此,该反馈信息被有效地发送。

[0032] 本领域技术人员应该理解,借助于本发明可以实现的效果不限于已经特定在上文描述的那些,并且本发明的其他优点将从以下结合附图进行的详细说明中更加清楚地理解。

附图说明

[0033] 被包括以提供对本发明进一步的理解的附图图示了本发明的实施例,并且与说明书一起用来解释本发明原理。

[0034] 在附图中:

[0035] 图1是在根据本发明的无线通信系统中演进的节点B (eNB) 和用户设备 (UE) 的方框图。

[0036] 图2和3图示了用于产生码本的示例性方法。

[0037] 图4是图示用于在UE处反馈联合编码的信道状态信息 (CSI) 的操作的信号流程的示例性图。

[0038] 图5是图示用于供在eNB处接收长期 (long-term) CSI反馈和短期 (short-term) CSI反馈的操作的信号流程的示例性图。

[0039] 图6图示了来自UE的示例性CSI反馈。

[0040] 图7A和7B图示了用于根据不同的秩指示符 (RI) 值反馈CSI的示例性方法。

具体实施方式

[0041] 现在将参考附图详细地进行介绍本发明的示例性实施例。在下面将参考附图给出的详细说明旨在解释本发明的示例性实施例,而不是示出可以根据本发明实现的唯一实施例。以下的详细说明包括为了提供对本发明的彻底了解的特定细节。但是,对于本领域技术人员将显而易见的是,无需上述特定的细节可以实践本发明。例如,在使用第三代合作项目长期演进 (3GPP LTE) 移动通信系统的假设之下给出以下的详细说明。但是,除了3GPP LTE系统固有的特定特征之外,该描述可应用于任何其他移动通信系统。

[0042] 在一些情况下,已知的结构和设备被省略,或者以集中在结构和设备的重要的特征上的方框图形式示出,以便不会使本发明的概念难以理解。贯穿本说明书相同的附图标记将用于指代相同的或者类似的部分。

[0043] 在以下的描述中,假设用户设备 (UE) 指代移动或者固定的用户终端设备,诸如移动站 (MS)、高级移动站 (AMS) 等,并且假设术语“基站 (BS)”指代网络端的任何节点,诸如与

UE通信的节点B、增强的节点B (eNB或者e节点B)、接入点 (AP) 等。

[0044] 在移动通信系统中,UE可以在下行链路上从BS接收信息,并且在上行链路上发送信息到BS。UE发送或者接收的信息包括数据和各种类型的控制信息。根据UE发送或者接收的信息的类型和用途,存在许多物理信道。

[0045] 作为本发明可应用于其的移动通信系统的例子,在下面将描述3GPP LTE和高级LTE (LTE-A) 通信系统。

[0046] 图1是在根据本发明的无线通信系统中的eNB和UE的方框图。

[0047] 虽然为了简化无线通信系统100的结构,在图1中示出了一个eNB105和一个UE 110,但是无线通信系统100可以显而易见地包括多个eNB和/或多个UE。

[0048] 参考图1,eNB 105可以包括Tx数据处理器115、符号调制器120、发射机125、发射/接收 (Tx/Rx) 天线130、处理器180、存储器185、接收机190、符号解调器195和Rx数据处理器197。UE 110可以包括Tx数据处理器165、符号调制器170、发射机175、Tx/Rx天线135、处理器155、存储器160、接收机140、符号解调器145和Rx数据处理器150。虽然天线130和135在eNB 105和UE 110中每个作为单个天线示出,但是它们包括多个天线。因此,eNB105和UE 110支持多输入多输出 (MIMO),特别地,在本发明中支持单用户MIMO (SU-MIMO) 和多用户MIMO (MU-MIMO) 两者。

[0049] 在下行链路上,Tx数据处理器115接收业务数据,通过格式化、编码、交织和调制 (即,符号映射) 处理接收的业务数据,并且由此输出调制的符号 (或者数据符号)。符号调制器120处理从Tx数据处理器115接收的数据符号和导频符号,从而产生符号流。

[0050] 更具体地说,符号调制器120多路复用数据符号和导频符号,并且将多路复用的符号发送给发射机125。每个传输符号可以是数据符号、导频符号或者零信号值。导频符号可以在每个符号周期期间依次发送。导频符号可以是频分多路复用 (FDM) 符号、正交频分多路复用 (OFDM) 符号、时分多路复用 (TDM) 符号或者码分多路复用 (CDM) 符号。

[0051] 发射机125将符号流转换为一个或多个模拟信号,并且通过另外处理模拟信号 (例如,放大、滤波和上变频) 产生适用于在无线电信道上传输的下行链路信号。该下行链路信号通过天线130被发送给UE 110。

[0052] UE 110从eNB 105接收下行链路信号,并且将接收的下行链路信号提供给接收机140。接收机140处理下行链路信号,例如,通过滤波、放大和下变频,并且将处理的下行链路信号转换为数字采样。符号解调器145解调接收的导频符号,并且将解调的导频符号输出给处理器155,供信道估计使用。

[0053] 符号解调器145从处理器155接收下行链路的频率响应估计,并且通过使用频率响应估计解调接收的数据符号来获得数据符号估计 (即,发送的数据符号的估计)。Rx数据处理器150解调数据符号估计 (即,执行符号去映射),对解调的数据符号去交织,并且解码去交织的数据符号,因此恢复由eNB 105发送的业务数据。

[0054] 符号解调器145和Rx数据处理器150的操作与eNB 105的符号调制器120和Tx数据处理器115的操作互补。

[0055] 在上行链路上,在UE 110中,Tx数据处理器165通过处理接收的业务数据输出数据符号。符号调制器170将从Tx数据处理器165接收的数据符号与导频符号多路复用,调制多路复用的符号,并且将符号流输出给发射机175。发射机175通过处理符号流产生上行链路

信号,并且通过天线135将上行链路信号发送给eNB 105。

[0056] eNB 105通过天线130从UE 110接收上行链路信号。在eNB 105中,接收机190通过处理上行链路信号获得数字采样。符号解调器195通过处理数字采样提供上行链路导频符号估计和上行链路数据符号估计。Rx数据处理器197处理数据符号估计,因此恢复由UE 110发送的业务数据。

[0057] 处理器155和180控制、调整和管理UE 110和eNB 105的操作。处理器155和180可以分别连接到存储程序代码以及数据的存储器160和185。存储器160和185与处理器155和180结合存储操作系统、应用和通用文件。

[0058] 处理器155和180也可以被称作控制器、微控制器、微处理器或者微型计算机。处理器155和180可以以硬件、固件、软件或者其组合配置。当根据本发明的实施例以硬件产生码本的时候,被采用来实现本发明的专用集成电路(ASIC)、数字信号处理器(DSP)、数字信号处理设备(DSPD)、可程序逻辑设备(PLD)或者现场可编程门阵列(FPGA)可以包括在处理器155和180中。

[0059] 另一方面,如果根据本发明的一个实施例以固件或者软件产生码本,该固件或者软件可以被配置为包括模块、过程、功能等,其执行根据本发明的功能或者操作。该固件或者软件可以包括在处理器155和180中,或者存储在存储器160和185中,并且由处理器155和180从存储器160和185中调用。

[0060] 在UE/eNB和网络之间的无线电接口协议层可以基于开放系统互连(OSI)模型的三个最低的层划分为层1、2和3(L1、L2和L3)。物理层对应于L1,并且在物理信道上提供信息传输服务。无线电资源控制(RRC)层对应于L3,并且在UE和网络之间提供无线电控制资源。UE/eNB和网络通过RRC层交换RRC消息。

[0061] 由近来的通信标准,诸如用于移动通信系统、LTE、LTE-A的那些、电气与电子工程师协会(IEEE) 802.16m等提出或者许可的码本设计方案中的一个是分层的码本变换方案,其中长期预编码矩阵指示符(PMI)和短期PMI被分别地发送,并且最终的PMI是使用两个PMI确定的。在分层的码本变换方案的主要例子中,码本使用信道的长期协方差矩阵变换,如由以下的公式[公式1]确定的。

[0062] [公式1]

[0063] $W' = \text{norm}(RW)$

[0064] 这里W表示代表短期信道信息的常规码本,R表示信道矩阵H的长期协方差矩阵,norm(A)表示norm对于矩阵A的每个列被标准化为1的矩阵,并且W'表示通过使用信道矩阵H、信道矩阵H的长期协方差矩阵R、和norm函数来变换常规码本W实现的最终码本。

[0065] 信道矩阵H的长期协方差矩阵R可以给出为:

[0066] [公式2]

$$[0067] \quad \mathbf{R} = E[\mathbf{H}^H \mathbf{H}] = \mathbf{V} \mathbf{\Lambda} \mathbf{V}^H = \sum_{i=1}^N \sigma_i \mathbf{v}_i \mathbf{v}_i^H$$

[0068] 这里 $E[\mathbf{H}^H \mathbf{H}]$ 被以奇异值分解(SVD)分解成 $\mathbf{V} \mathbf{\Lambda} \mathbf{V}^H$,并且 σ_i 和 $\mathbf{V}_i$ 分别地是第i个奇异值(即,第i个信道的特征值),和对应于第i个奇异值的第i个奇异列矢量($\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_{N_t}$)。

给定单个Tx流,例如,码本W是 $N_t \times 1$ 矢量,并且变换的码本W'满足 $W' = \sum_{i=1}^{N_t} \sigma_i V_i (V_i^H W)$ 。也就是说,变换的码本W'被确定是奇异矢量的加权线性组合。在此处,奇异列矢量 V_i 的加权因子被确定是奇异值 σ_i 和在奇异列矢量 V_i 和预变换码字W之间的相关性 $V_i^H W$ 的乘积。

[0069] 因此,码字被围绕在码本W'中具有大的 σ_i 值的主奇异矢量密集地填充 (populate), 从而允许更加有效的量化。

[0070] 图2和3图示了用于产生码本的示例性方法。

[0071] 在图2和3中,为了方便起见,假定 N_t 是2,奇异矢量和码本W被定义在二维空间中。虽然任何其他码字分布是可能的,该码本W可以根据以存在信道的格拉斯曼空间中的两个码字之间的最小距离最大化的策略具有如在图2中图示的均匀码字分布。

[0072] 该码本设计策略对于不相关的信道执行较好,而其对于相关的信道执行较差。另外,由于在瞬时的信道H的奇异矢量和空间协方差矩阵R的奇异矢量之间的相关性对于相关的信道是高,其对于基于该关系根据空间协方差矩阵R自适应地变换码本是有效的。

[0073] 图3图示了变换的码本。如前描述,新的码字通过将较大的加权因子应用于第一主奇异矢量而围绕具有大的 σ_i 值的第一主奇异矢量密集地填充。以这样的方式,由于信道矩阵H的长期协方差矩阵R的第一主奇异矢量被以较高加权因子加权,所以码本W'具有围绕第一主奇异矢量密集地填充的码字,如在图3中图示的。但是,为了产生具有良好性能的码本,需要在码字之间保持最小距离,而该码字被围绕主奇异矢量密集地填充。

[0074] 对于高的秩,也就是说,2或者更高的秩,以上所述的码本变换方案面对变换的预编码器W'的列矢量不相互正交的问题。即使在变换的预编码器W'的列矢量之间保持正交性,在变换期间乘以非单位矩阵,并且因此在变换之后在列矢量之间的正交性也被减弱。当变换的预编码器W'用于实际的实现的时候,在承载流的波束之间的非正交性(表示为变换的预编码器W'的列矢量)另外导致流间干扰。

[0075] 另外,因为由于提高秩,能量被分配给多个信道,所以相对于常规的非变换的码本,性能增益被降低。对于低的秩,码字被在强的信道方向密集地填充。在这种情况下,与以格拉斯曼空间中均匀分布的码字相比,表示信道的码字可以被精确地反馈。相反,对于高的秩,信道强度不在特定的方向操纵,而是在多个方向分配。因此,以格拉斯曼空间均匀分布的码字,也就是说,预变换码字可以仍然执行较好。这隐含在高的秩的情况下,即使长期PMI被使用相对小数目的码字以低的粒度反馈,也可以实现良好性能。

[0076] 因此,可以优选在计算长期PMI时根据秩来使用不同的码本。对于低的秩,长期码本需要精巧地表示特定的信道方向,并且因此具有大的尺寸。对于高的秩,具有单位矩阵的小尺寸的码本可以适合于确保对于变换的预编码器W'的正交性。

[0077] 本发明提供用于根据秩来改变长期PMI码本以确保对于变换的预编码器W'的正交性的方法。用于长期PMI的码本C可以包括具有单一的码字的码本(即, C_{uni})和被设计用于长期协方差信道矩阵反馈的码本(即, C_{cov}),如表示为:

[0078] [公式3]

[0079] $C = C_{uni} \cup C_{cov}$,

[0080] $C_{cov} = \{\tilde{R}_0, \tilde{R}_1, \dots, \tilde{R}_m\}$

[0081] $C_{uni} = \{U_0, U_1, \dots, U_n\}$

[0082] 在[公式3]中,如果反馈秩信息(也就是说,RI)等于或者小于k(k是正整数),长期PMI码本可以被限制在被设计用于长期协方差信道矩阵反馈的码本 C_{cov} 。如果RI大于k,长期PMI码本可以被限制在具有单一的码字的码本 C_{uni} 。

[0083] 在通过k=1的例子的背景下给出以下的描述。如果RI等于或者大于2,长期PMI码本可以被限制在仅仅包括单位矩阵的码本 C_{uni} ,以便使变换的预编码器 W' 的列相互正交。码本 C_{cov} 可以包括码本 C_{uni} 的码字的一部分或者全部,或者可以是与码本 C_{uni} 不相交。

[0084] 与指示主信道方向和通过与预定义的预编码器 W 的组合朝着主信道方向分布变换的预编码器 W' 的码字的码本 C_{cov} 相比,该码本 C_{uni} 主要目的是确保变换的预编码器 W' 的正交性,其次目的是通过旋转预定义的预编码器 W 来增加单一码本的粒度。因此,典型地该码本 C_{cov} 具有用于精确反馈的大的尺寸,并且该码本 C_{uni} 具有相对于码本 C_{cov} 的小的尺寸。例如,该码本 C_{uni} 可以仅仅包括一个恒等矩阵(identity matrix) ($C_{uni} = \{I\}$)。

[0085] 因为一个短期PMI在LTE标准中构成一个完美的预编码器,控制信息和控制信道需要对于LTE-A系统重新定义,其中PMI被分成长期PMI和短期PMI。在遗留LTE系统中,UE可以周期性地物理上行链路控制信道(PUCCH)上发送CSI反馈信息,诸如RI、PMI和信道质量指示符(CQI)。由于PUCCH的有限有效载荷大小,UE在不同的子帧中在PUCCH上发送RI、PMI和CQI。根据CSI反馈信息定义了四个反馈类型。在反馈类型3中,RI相对于PMI和CQI被在相对长的周期中反馈,并且具有最多2比特的小的有效载荷大小。

[0086] 新增加的长期PMI也在长的周期中反馈。长期PMI的反馈周期可以等于、短于或者长于RI的反馈周期。在下文中,根据本发明,根据RI反馈周期和长期PMI反馈周期对于长期PMI建议反馈类型。

[0087] 实施例1

[0088] 根据按照本发明的CSI反馈的实施例,RI和长期PMI可以在相同的反馈周期中反馈。在这种情况下,UE可以联合地编码RI和长期PMI(例如,长期PMI的索引),并且将联合编码的RI和长期PMI反馈给eNB。对于r的最大秩,联合编码的码本C可以给出为:

[0089] [公式4]

[0090] $C = C_1 \cup C_2 \dots \cup C_r,$

[0091] 这里

[0092] $C_1 = C_{cov},$

[0093] $C_i = C_{uni},$

[0094] C_j 是用于秩j的长期PMI码本, ($1 \leq j \leq r$)。

[0095] 如果RI是1,UE从码本 C_1 中选择码字,并且如果RI是除1以外的i,UE从码本 C_i 中选择码字。然后,UE将选择的码字反馈给eNB。联合编码的码本的有效载荷大小通过以下计算:

[0096] [公式5]

[0097]
$$\text{ceilling} \left(\log_2 \left(\sum_{i=1}^r s(C_i) \right) \right).$$

[0098] 这里 $s(C_i)$ 是包括在 C_i 中的码字的数目。

[0099] 在[公式5]中,上限函数ceiling()表示等于或者大于包括在括号中的公式的解的

最小整数。

[0100] 例如,如果最大秩是4, $C_i = \{I\}$, ($2 \leq i \leq 4$), 并且 $s(C_i) = 13$, 长期PMI和RI被联合地编码为4比特码字, 如在以下的表1中图示的。

[0101] [表1]

[0102]

码字	RI和长期PMI
0000	RI = 1和长期PMI = 0
0001	RI = 1和长期PMI = 1
0010	RI = 1和长期PMI = 2
0011	RI = 1和长期PMI = 3
0100	RI = 1和长期PMI = 4
0101	RI = 1和长期PMI = 5
0110	RI = 1和长期PMI = 6
0111	RI = 1和长期PMI = 7
1000	RI = 1和长期PMI = 8
1001	RI = 1和长期PMI = 9
1010	RI = 1和长期PMI = 10
1011	RI = 1和长期PMI = 11
1100	RI = 1和长期PMI = 12
1101	RI = 2和长期PMI = I
1110	RI = 3和长期PMI = I
1111	RI = 4和长期PMI = I

[0103] 参考表1, I表示恒等矩阵。如果RI是2或者更高, UE可以以恒等矩阵配置长期PMI码本。然后, UE可以联合地编码RI和长期PMI, 并且将联合编码的RI和长期PMI反馈给eNB。以这样的方式, 基于联合编码的CSI反馈方法可以对于从UE到eNB的下行链路CSI反馈执行。在这种情况下, UE和eNB可以分别地在图4和5中图示的过程中工作。

[0104] 图4是图示用于在UE处反馈联合编码的CSI的操作的信号流程的示例性图。

[0105] 参考图4, UE可以接收下行链路参考信号(DL RS) (S410)。虽然在图4中未示出, eNB可以将与假设UE对其反馈CSI的特定的频带有关的UE信息(在此处, 关于特定的频带的信息先前共享在UE和BS之间, 或者UE可以从BS接收关于特定的频带的信息) 用信号通知给UE, 或者可以预先与UE共享关于特定的频带的信息。

[0106] UE的处理器155可以通过估计在UE和eNB之间的下行链路信道状态来确定RI (S420)。处理器155可以在步骤420中确定假设在特定的频带上传输的RI。特别地, 处理器155可以在步骤S420中使用诸如信号与干扰加噪声比(SINR)、在通过多个天线接收的信道之间的相关性等的信道质量来确定RI。对于低的秩, 秩1传输(即, $RI = 1$) 理论上是最佳的, 并且因此可以选择为1的RI。当SINR增加时, 可以选择接近于多路复用的增益(即, $\min(N_t, N_r)$) 的较高的秩。此外, 当天线相互接近, 或者信号没有在UE和eNB之间大量散射的时候, 信道相关性高, 并且因此不能支持高的秩。基于这个属性, UE的处理器155在步骤S420中确定最佳秩(即, RI)。

[0107] 处理器155可以从用于在特定的频带上传输的码本集中选择与确定的RI相对应的长期PMI (例如, 宽带预编码矩阵指示符 (PMI) 的索引) (S430)。更特别地, UE的处理器155可以从用于在特定的频带上传输的码本集中选择与确定的RI相对应的PMI (例如, PMI的索引)。例如, 如果RI是1, 处理器155可以从码本 C_{cov} 中选择保持到长期协方差信道矩阵的最小距离的码字, 并且如果RI大于1, 处理器155可以从码本 C_{uni} 中选择保持到长期协方差信道矩阵的最小距离的码字, 如前参考[公式4]描述的。

[0108] 处理器155联合地编码确定的RI与选择的长期PMI (S440)。为了更加具体, 在步骤S440中, 处理器155联合地编码确定的RI与选择的长期PMI的索引。

[0109] 随后, UE将联合编码的RI和长期PMI索引反馈给eNB (S450)。该联合编码的信息可以以长的周期反馈。eNB可以通过高层信令将关于反馈周期的信息发送给UE。在步骤S430和S440中描述的PMI可以是宽带PMI。UE可以从BS (在图4中未示出) 接收关于用于确定RI和选择PMI的特定的频带 (例如, 宽带) 的信息。通常, 以长的反馈周期发送的长期PMI是对于宽带选择的PMI。在下面将描述长期PMI是宽带PMI的理由。

[0110] 基本上, 在移动通信系统中根据其目的定义了两个类型的RS。一个类型用于信道信息获取的目的, 并且另一个类型用于数据解调。为了在UE处获取下行链路信道信息, 前一类型的RS需要跨越宽带发送, 并且甚至没有在特定的子帧中接收下行链路数据的UE应能够接收和测量这些RS。用于信道测量的这样的RS也可以用于对于切换的测量。后一类型的RS被在分配给eNB向UE发送的下行链路信号的资源中发送。UE可以使用后一类型的这些RS执行信道估计, 并且因此可以基于信道估计来解调数据。这样的解调RS将被在数据传输区中发送。

[0111] 两个新类型的RS主要被设计用于LTE-A系统, 信道状态信息-参考信号 (CSI-RS) 用于供调制和编码方案 (MCS)、PMI等选择的信道测量的目的, 并且解调RS (DM-RS) 用于通过高达八个Tx天线发送的数据的解调。

[0112] 与用于在遗留LTE系统中的诸如信道测量和切换测量的测量以及数据解调的两个目的相比, 虽然CSI-RS也可以用于切换测量, 但是他们被设计为主要用于信道估计。因为CSI-RS仅仅为信道信息获取的目的被发送, 与在遗留LTE系统中的CRS不同, 它们可以不在每个子帧中发送。因此, CSI-RS可以被配置使得沿着时间轴间歇地发送, 用于降低CSI-RS开销。当数据被在下行链路子帧中发送的时候, DM-RS也专用地发送给对其调度数据传输的UE。因此, 专用于特定的UE的DM-RS可以被设计为使得它们仅仅在对于特定的UE调度的资源区中被发送, 也就是说, 仅仅在承载用于特定的UE的数据的时间-频率区中。

[0113] 如上所述, 为在LTE-A系统中信道估计的目的, eNB在长的周期中并且跨越宽带沿着时间轴间歇性地发送CSI-RS。这是长期PMI是宽带PMI的原因。

[0114] 再次参考图4, 由于RI反馈周期和长期PMI反馈周期是相同的, UE可以将联合编码的RI和选择的PMI索引在同一子帧中反馈给eNB (S450)。

[0115] 现在将在下面给出用于由UE计算短期PMI和CQI以及将短期PMI和CQI反馈给eNB的方法的描述。UE的处理器155首先根据[公式1]使用长期PMI码本执行码本变换以获得短期PMI码本 W 。短期PMI码本 W 可以像符合LTE标准进行的那样使用长期RI来确定。在基于变换的码本 W' 计算SINR或者传输量之后, UE的处理器155可以计算最佳短期PMI码本 W 和CQI。因为短期PMI码本 W 和CQI具有短的反馈周期, 它们可以在长期RI和长期PMI反馈周期内发送一次

或者多次。UE的处理器155可以在计算短期PMI码本W和CQI时使用最新的长期RI和长期PMI。

[0116] 图5是图示用于在eNB处接收长期CSI反馈和短期CSI反馈的操作的信号流程的示例性图。

[0117] 参考图5,eNB可以从UE接收长期RI和长期PMI (S510)。也就是说,eNB在长的反馈周期中接收RI和PMI。eNB可以从UE接收短期PMI和CQI (S520),并且执行码本变换和基于CSI的调度 (S530)。eNB以在UE处进行的同样的方式通过码本变换计算码本W',并且使用码本W'和从UE接收的CSI反馈(例如,CQI和RI)执行调度。

[0118] 实施例2

[0119] 在根据本发明的CSI反馈的另一个实施例中,RI反馈周期可以比长期PMI反馈周期长。在这种情况下,UE在不同的周期中发送RI和长期PMI。因此,长期PMI在RI反馈周期内被反馈至少一次。类似于RI反馈周期与长期PMI周期相同的实施例1,在实施例2中长期PMI(或者宽带PMI)根据RI来确定。但是,UE分别地编码长期PMI和RI,而不是联合地编码它们。

[0120] 如果RI是1,UE将码本 C_{cov} 设置为长期PMI码本,并且将从码本 C_{cov} 中选择的长期协方差信道矩阵的量化的码字反馈给eNB。如果RI大于2,UE将码本 C_{uni} 设置为长期PMI码本,并且将从码本 C_{uni} 中选择的码字反馈给eNB。如果 $C_{uni} = \{I\}$,并且RI不是1,UE不需要反馈长期PMI,因为码本的尺寸是1。替代地,UE可以在为长期PMI的传输分配的时间-频率资源中将诸如短期PMI的其他信息反馈给eNB。在这种情况下,UE和eNB可以操作如下。

[0121] 在实施例2中,RI以与在实施例1中相同的方式确定,在该实施例1中与在图4中图示的,RI反馈周期和长期PMI反馈周期相同。UE的处理器155可以通过估计在UE和eNB之间的下行链路信道状态来确定RI,并且可以根据RI选择长期PMI(或者宽带PMI)。然后,UE可以将确定的RI和选择的长期PMI(即,选择的长期PMI的索引)反馈给eNB。

[0122] 如果RI是1,处理器155可以从码本 C_{cov} 中选择保持到长期协方差信道矩阵的最小距离的码字,并且如果RI大于1,处理器155可以从码本 C_{uni} 中选择保持到长期协方差信道矩阵的最小距离的码字。在后者的情形下,如果 $C_{uni} = \{I\}$,其隐含码本 C_{uni} 仅仅具有一个码字,UE可以对于另一个用途使用给定的时间-频率资源,而不是反馈长期PMI。例如,UE可以在时间-频率资源中反馈短期PMI。

[0123] 图6图示了来自UE的示例性CSI反馈。

[0124] 参考图6,当除了短期PMI之外还存在多条可发送的反馈信息的时候,UE还需要向eNB指示反馈信息。在图6中, N_s 、 N_L 和 N_r 分别表示短期PMI反馈周期、长期PMI反馈周期和RI反馈周期,并且短期PMI反馈周期等于CQI反馈周期。

[0125] 在下面将首先描述用于在UE处计算短期PMI和CQI并且然后反馈短期PMI和CQI的操作。

[0126] UE的处理器155首先根据[公式1]使用长期PMI码本执行码本变换以获得短期PMI码本W。短期PMI码本W可以像符合LTE标准进行的那样使用长期RI来确定。在基于变换的码本W'计算SINR或者传输量之后,UE的处理器155可以计算最佳短期PMI码本W和CQI。因为短期PMI码本W和CQI具有短的反馈周期,它们可以在长期RI和长期PMI反馈周期内发送一次或者多次。UE的处理器155可以在计算短期PMI码本W和CQI时使用最新的长期RI和长期PMI。如果RI大于1,并且 $C_{uni} = \{I\}$, $W' = W$,其意味着码本变换方案后退为码本非变换方案。

[0127] 现在将给出用于在eNB处从UE接收长期CSI反馈和短期CSI反馈的操作的描述。eNB

可以在最长的反馈周期中接收长期RI,并且在比长期RI反馈周期短的反馈周期中接收长期PMI。在此处注意的一件事情是对于高的秩,长期PMI可以固定到一个特定的值,并且不需要被反馈。在这种情况下,在来自UE的给定的时间-频率资源中,eNB可以接收短期PMI和CQI或者补偿因子,而不是长期PMI,以减轻CSI的量化误差。在eNB在短的反馈周期中从UE接收短期PMI和CQI之后,eNB可以根据码本变换方案计算变换的码本 W' ,然后基于从UE接收的码本 W' 和CSI反馈执行调度。

[0128] 实施例3

[0129] 在根据本发明的CSI反馈的再一个实施例中,RI反馈周期可以比长期PMI反馈周期短。在这种情况下,RI可以在长期PMI反馈周期内反馈一次或者多次。UE反馈的长期PMI码本可以与秩无关地被限制到码本 C_{cov} 。在这种情况下,如果RI小于预定的值,长期PMI码本可以用于实际的码本变换,否则其不是,因此,后退为非变换码本方法。如果UE以这样的方式将下行链路反馈给eNB,UE和eNB可以例如操作如下。

[0130] 在实施例3中,RI以与在实施例1中相同的方式确定,在该实施例1中如图4中图示的,RI反馈周期和长期PMI反馈周期相同。UE的处理器155可以通过估计在UE和eNB之间的下行链路信道状态来确定RI。但是,UE的处理器155可以不管RI而从码本 C_{cov} 中选择保持到长期协方差信道矩阵的最小距离的码字,并且可以将选择的码字反馈给eNB。

[0131] 现在将在下面给出用于由UE计算短期PMI和CQI以及将短期PMI和CQI反馈给eNB的方法的描述。UE的处理器155首先根据[公式1]使用长期PMI执行码本变换以获得短期PMI W 。短期PMI码本可以像符合LTE标准进行的那样使用长期RI来确定。乘以短期PMI码本 W 的长期PMI矩阵根据RI以以下的方式改变。

[0132] 如果RI是1,UE的处理器155根据在公式1中描述的方法使用长期PMI执行码本变换。如果RI大于1,UE仅仅假设长期PMI是恒等矩阵,并且UE的处理器155执行在公式1中描述的码本变换。在基于变换的码字 W' 计算SINR或者传输量之后,UE的处理器155基于计算的SINR或者传输量计算最佳短期PMI W 和CQI。因为短期PMI W 和CQI具有短的反馈周期,它们可以在长期RI和PMI反馈周期内发送一次或者多次。如果RI大于1,并且 $C_{uni} = \{I\}$, $W' = W$,其意味着码本变换方案后退为码本非变换方案。UE的处理器155使用变换的码字 W' 计算SINR或者传输量,然后基于计算的SINR或者传输量计算最佳短期PMI W 和CQI。因为短期PMI W 和CQI具有短的反馈周期,它们可以在长期RI和长期PMI反馈周期内发送一次或者多次。UE的处理器155可以在计算短期PMI码本 W 和CQI时使用最新的长期RI和长期PMI。

[0133] eNB在最长的反馈周期中从UE接收长期PMI。在此处,eNB在长期PMI反馈周期内从UE接收一个或多个RI。eNB也在短的反馈周期中从UE接收短期PMI和CQI。然后,eNB以在UE处对于码本变换进行的同样的方式计算变换的码本 W' ,并且基于变换的码本 W' 和反馈CSI(例如,CQI和RI)执行调度。

[0134] 在以上描述的码本构造中,长期PMI码本具有 $N_t \times N_t$ 的尺寸,并且短期PMI码本具有 $N_t \times r$ 的尺寸。因此,生成最后的 $N_t \times r$ 码本(r 是秩)。替选地, $N_t \times r$ 码本可以通过 $N_t \times r$ PMI码本乘以 $r \times r$ PMI码本生成。在这种情况下,如果秩等于或者大于预定的值, $r \times r$ PMI可以被限制到恒等矩阵,或者可以通过将恒等矩阵限制为特定的单位矩阵来使用 $r \times r$ PMI。例如, $N_t \times r$ PMI表示主奇异矢量 $v_1, v_2, \dots, v_r$ 的量化值,从而是LTE版本8码本。

[0135] 虽然已经在上面描述了长期PMI和短期PMI被在不同的子帧中发送,但是它们可以

在同一子帧中同时发送。特别是,当长期PMI和短期PMI是在频率域中、而不是在时间域中的信道信息的时候,它们可以分别地称为宽带PMI和子带PMI。UE可以将宽带PMI和子带PMI一起发送给eNB。如果UE在长的周期中将RI在PUCCH上独立地发送给eNB,其可以在短的周期中将三条反馈信息(也就是说,长期PMI(或者宽带PMI)、短期PMI(或者子带PMI)和CQI)一起在PUCCH上发送给eNB。当在这个环境下PMI码本在尺寸方面根据RI变化的时候,本发明提供了用于有效地发送短期PMI、长期PMI和CQI的两种方法。

[0136] 图7A和7B图示了用于根据不同的RI值反馈CSI的示例性方法。在图7A和7B中, N_s 和 N_R 表示短期PMI反馈周期和RI反馈周期。短期PMI反馈周期等于CQI反馈周期和长期反馈周期。

[0137] 如果码本的尺寸随着高的秩降低,承载PMI和CQI的PUCCH的有效载荷大小可以对于高的秩进一步减小。例如,如果对于5或者更高的秩,8-Tx码本的尺寸被固定到预定的值,也就是说,如果8-Tx码本对于5或者更高的秩仅仅包括一个PMI,在5或者更高的秩的情况下,UE可以仅仅反馈CQI,如在图7A中图示的。当控制信号的有效载荷大小以这样的方式根据秩降低的时候,CQI的误码率(BER)可以不管低的CQI编码率而保持。

[0138] 在LTE系统中,虽然信道编码是对于11比特PUCCH有效载荷执行的,但是如果只有CQI被发送,则对于7比特源(对应于2个码字传输)或者4比特源(对应于1个码字传输)执行信道编码。因此,更加鲁棒的编码是可能的。替选地或者另外地,对于相同的编码率,传输功率可以降低。例如,如果7比特CQI和4比特PMI被分配给PUCCH,则PMI被固定到用于预定的秩的一个值,并且因此,在PUCCH的11比特中的4比特被固定到特定比特,直到产生下一个秩信息为止,而当仅仅使用了PUCCH的7比特时,即使传输功率被降低到预定的级别,也可以保持相同的BER,如在图7B中图示的。也就是说,尽管相同的编码率,可以通过功率降低(power deboosting)来保持相同的BER。

[0139] 发明的模式

[0140] 已经以用于实现本发明的最好的模式描述了各种实施例。

[0141] 工业实用性

[0142] 在根据本发明的无线通信系统中用于反馈CSI的方法和UE装置可应用于移动通信系统,诸如3GPP LTE、LTE-A和IEEE 802.16系统。

[0143] 如上所述的实施例是本发明的要素和特征的组合。除非另作说明,这些要素或者特征可以被认为是选择性的。每个要素或者特征可以在不与其它的要素或者特征结合的情况下来实践。此外,本发明的实施例可以通过组合要素和/或特征的一部分构成。在本发明的实施例中描述的操作顺序可以重新安排。任何一个实施例的某些构造可以包括在另一个实施例中,并且可以用另一个实施例的相应的构造替换。对于本领域技术人员来说显而易见,在所附的权利要求书中没有明确地相互引用的权利要求可以以如本发明的示例性实施例组合,或者在本申请提交之后,通过以后的修改作为新的权利要求书来呈现。

[0144] 本领域技术人员将理解,除了在此处阐述的那些之外,不脱离本发明的精神和基本特征的情况下,本发明可以以其他特定的方式来实现。以上的实施例因此在所有方面中应被解释为说明性的而不是限制性的。本发明的范围应通过所附的权利要求及其法定的等同物来确定,而不是通过以上的描述确定,并且落在所附的权利要求的含义和等效范围内的所有变化意欲包含在其中。

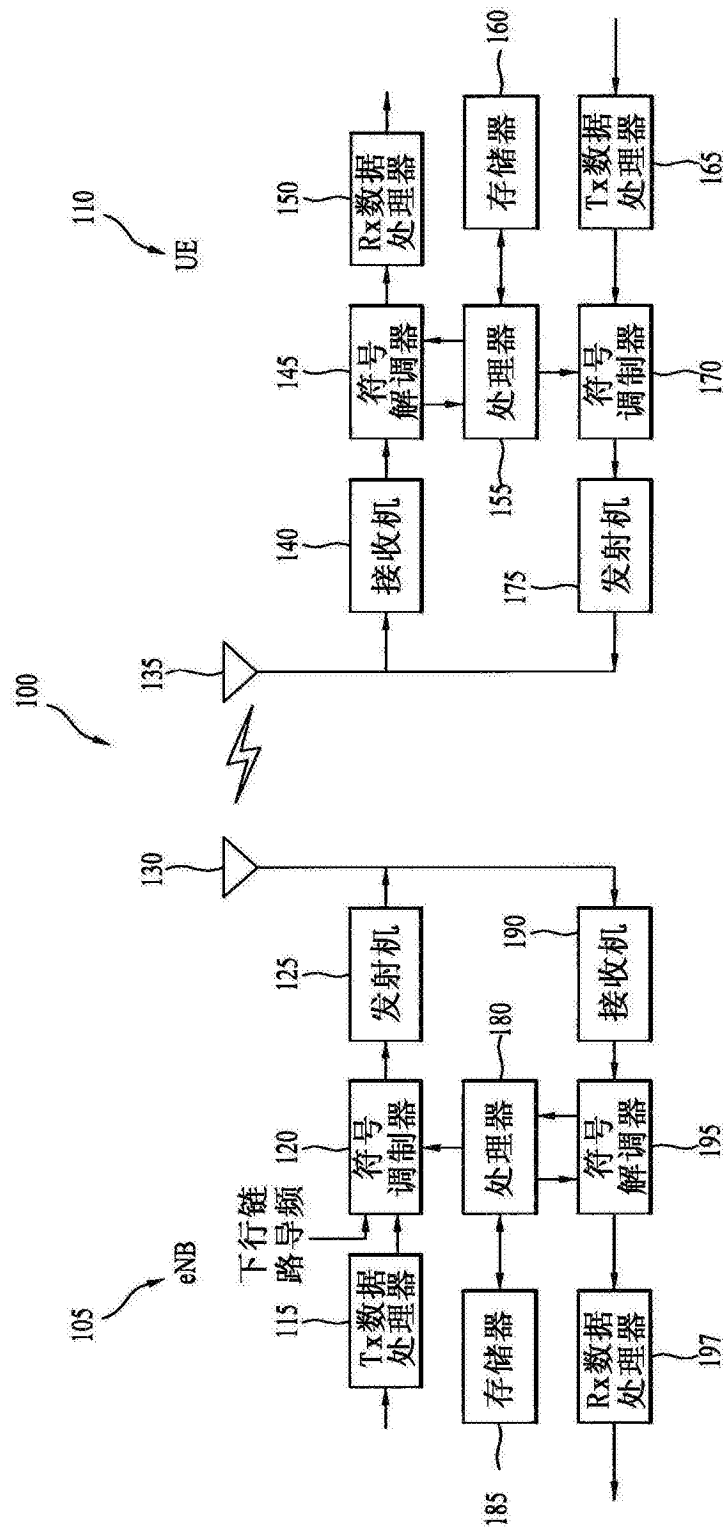


图1

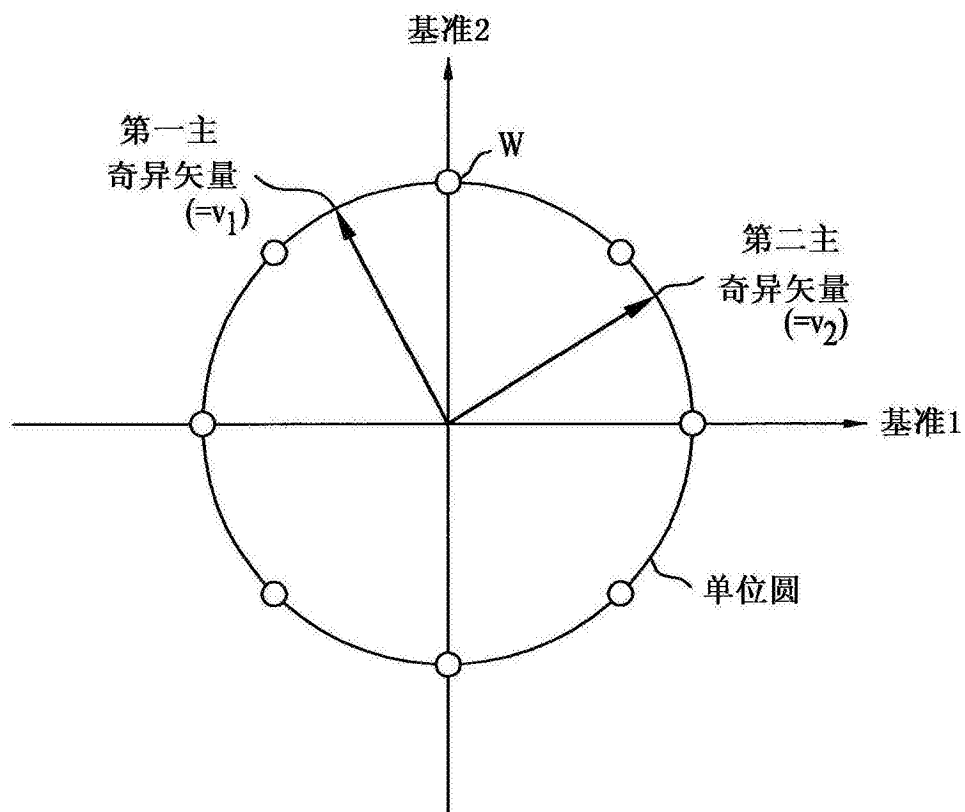


图2

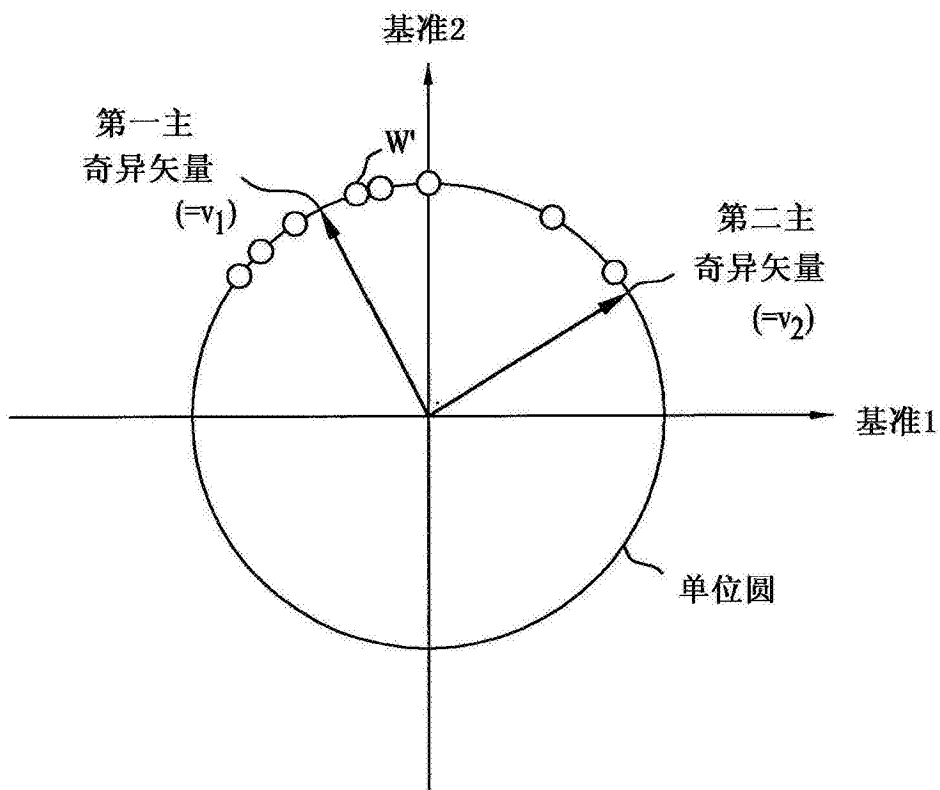


图3

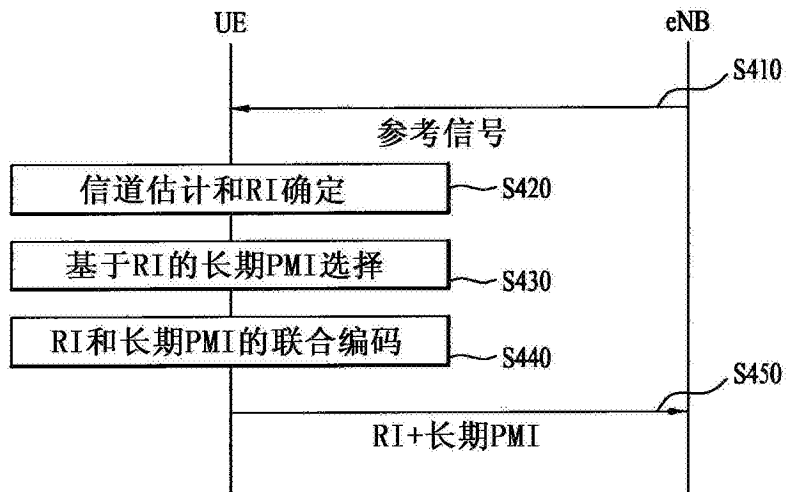


图4

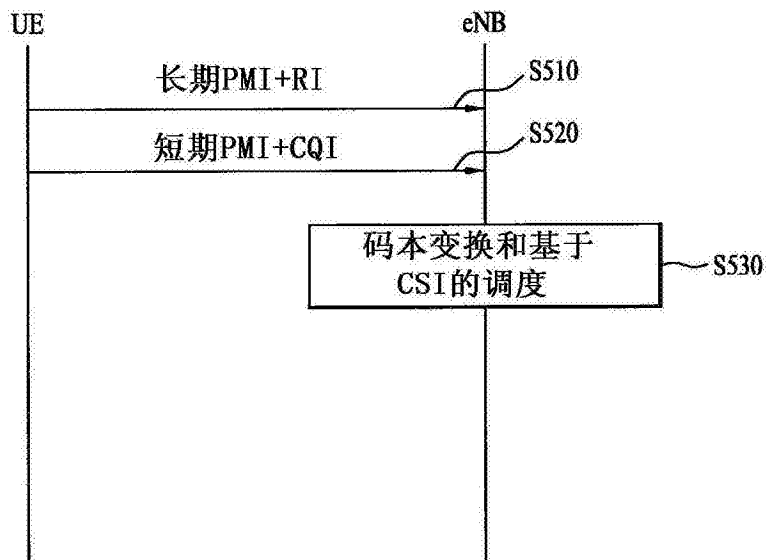


图5

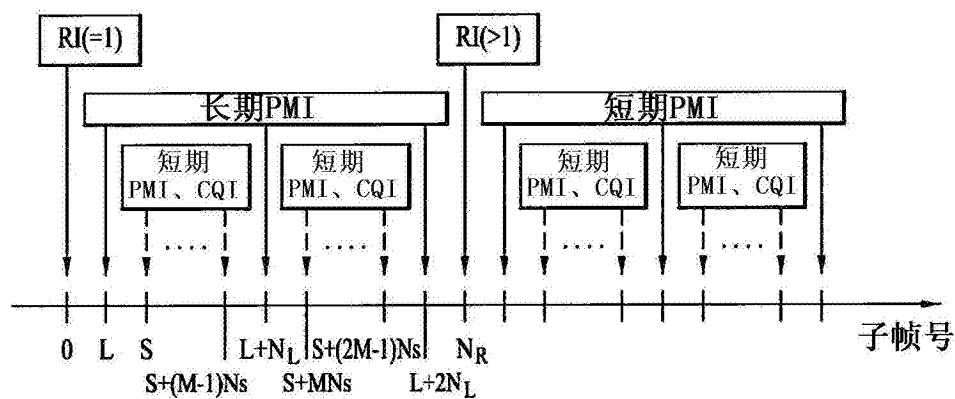


图6

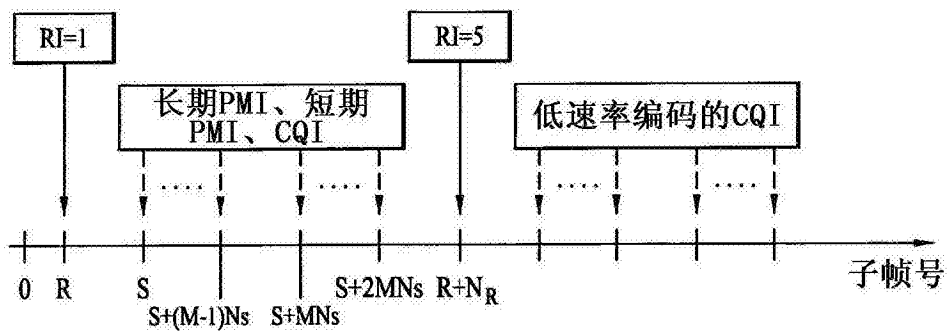


图7A

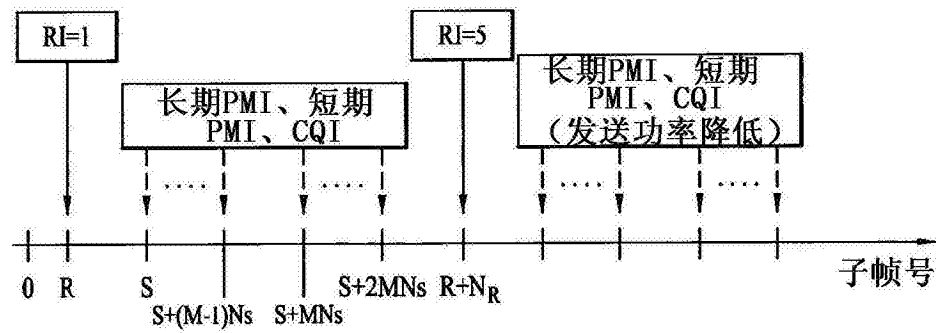


图7B