



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113037347 B

(45) 授权公告日 2024. 07. 26

(21) 申请号 202110275622.5  
 (22) 申请日 2015.11.17  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 113037347 A  
 (43) 申请公布日 2021.06.25  
 (30) 优先权数据  
 62/080,832 2014.11.17 US  
 62/085,057 2014.11.26 US  
 62/111,475 2015.02.03 US  
 62/113,612 2015.02.09 US  
 62/128,196 2015.03.04 US  
 62/174,822 2015.06.12 US  
 14/874,216 2015.10.02 US  
 (62) 分案原申请数据  
 201580053807.4 2015.11.17

(73) 专利权人 三星电子株式会社  
 地址 韩国京畿道水原市灵通区三星路129号  
 (72) 发明人 南映瀚 李旻 埃科·昂高萨努斯  
 (74) 专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理有限公司 11204  
 专利代理人 王达佐 杨莘  
 (51) Int.Cl.  
 H04B 7/0456 (2017.01)  
 H04B 7/06 (2006.01)  
 H04L 5/00 (2006.01)  
 H04W 72/044 (2023.01)  
 (56) 对比文件  
 CN 103460618 A, 2013.12.18  
 CN 103493391 A, 2014.01.01

审查员 陈燕

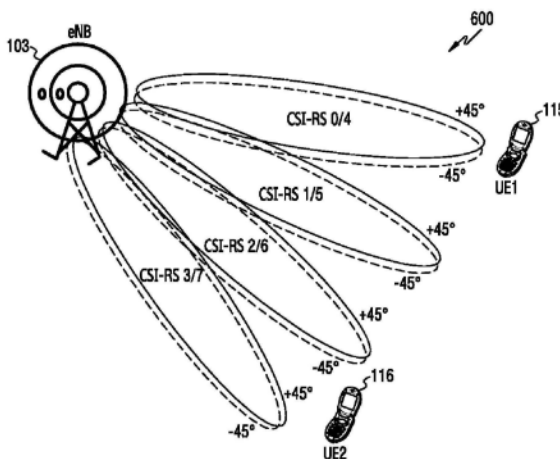
权利要求书3页 说明书26页 附图19页

## (54) 发明名称

用于带有极化有源天线阵列的MIMO无线通信系统的CSI反馈

## (57) 摘要

本公开涉及将用于支持诸如长期演进(LTE)的超第4代(4G)通信系统更高的数据速率的预第5代(5G)或5G通信系统。能够与用户设备(UE)通信的基站包括:收发器,其被配置成针对UE发送下行链路信号,该下行链路信号含有下行链路信道上的第一参考信号(RS配置),和根据第一RS配置的RS的第一集合,并且接收来自UE的上行链路信号,该上行链路信号含有使用RS的第一集合导出的预编码矩阵指示符(PMI);以及控制器,其被配置成将PMI转换成预定的预编码矢量中的一个。



1. 一种能够与用户设备UE通信的基站BS,所述基站包括:  
控制器;和  
收发器,配置为:  
发送包括信道状态信息CSI处理配置的信号,其中,所述CSI处理配置至少包括用于识别CSI参考信号CSI-RS资源的第一CSI-RS资源配置;以及  
从所述UE以小于包括信道质量指示符CQI和第二预编码矩阵索引PMI的第二CSI反馈的频率接收包括第一PMI的第一CSI反馈,  
其中,所述第一PMI是利用第一CSI-RS资源上的第一CSI-RS导出的,所述CQI和所述第二PMI是利用第二CSI-RS资源上的第二CSI-RS导出的。
2. 如权利要求1所述的基站,其中,将8个CSI-RS中的在天线端口15和19上的两个CSI-RS分别映射到应用基本上类似的波束成形权重矢量的第一组和第二组相同数量的天线元件,  
其中,所述第一组上的天线元件根据第一角进行极化,所述第二组上的天线元件根据第二角进行极化,并且所述第一组和所述第二组上的两个天线元件位于包括双极化对的相同物理位置,以及  
其中所述第一角与所述第二角之间的差异基本上等于90度。
3. 如权利要求1所述的基站,其中,所述第一PMI对应于离散傅里叶变换DFT矢量。
4. 如权利要求1所述的基站,其中,所述第一CSI-RS和所述第二CSI-RS用波束成形权重矢量波束成形,以及  
其中,所述控制器被配置为通过对所述UE报告的预编码矢量进行处理而导出所述波束成形权重矢量。
5. 如权利要求4所述的基站,其中,所述收发器被配置为:  
发送包含物理下行共享信道PDSCH上的第二CSI-RS配置的下行信号,以及根据所述第二CSI-RS配置的N端口CSI-RS,其中,N是正整数;以及  
从所述UE接收包含所述第二PMI的上行信号,所述第二PMI包括使用所述N端口CSI-RS导出的非负整数,  
其中,所述控制器还配置为根据所述第二PMI将预编码矢量确定为过采样的离散傅里叶变换DFT矢量。
6. 如权利要求5所述的基站,其中,所述收发器还配置为:  
发送包含所述PDSCH上的所述第二CSI-RS配置的下行信号,以及根据所述第二CSI-RS配置的N端口CSI-RS;以及  
接收包含所述第二PMI的上行信号,所述第二PMI包括使用所述N端口CSI-RS导出的两个非负整数,  
其中,所述控制器还配置为根据所述第二PMI将预编码矢量确定为两个过采样的DFT矢量的Kronecker积。
7. 如权利要求6所述的基站,其中,所述N端口CSI-RS被映射到N个收发器单元的二维阵列中,所述N个收发器单元的二维阵列分别映射到放置在二维天线面板上的N个天线子阵列。
8. 一种与用户设备UE通信的方法,所述方法包括:

由基站BS的收发器发送包括信道状态信息CSI处理配置的信号,其中,所述CSI处理配置至少包括用于识别CSI参考信号CSI-RS资源的第一CSI-RS资源配置;以及

从所述UE以小于包括信道质量指示符CQI和第二预编码矩阵索引PMI的第二CSI反馈的频率接收包括第一PMI的第一CSI反馈,

其中,所述第一PMI是利用第一CSI-RS资源上的第一CSI-RS导出的,所述CQI和所述第二PMI是利用第二CSI-RS资源上的第二CSI-RS导出的。

9.如权利要求8所述的方法,其中,将8个CSI-RS中的在天线端口15和19上的两个CSI-RS分别映射到应用基本上类似的波束成形权重矢量的第一组和第二组相同数量的天线元件,

其中,所述第一组上的天线元件根据第一角进行极化,所述第二组上的天线元件根据第二角进行极化,并且所述第一组和所述第二组上的两个天线元件位于包括双极化对的相同物理位置,以及

其中所述第一角与所述第二角之间的差异基本上等于90度。

10.如权利要求8所述的方法,其中,所述第一PMI对应于离散傅里叶变换DFT矢量。

11.如权利要求8所述的方法,其中,所述第一CSI-RS和所述第二CSI-RS用波束成形权重矢量波束成形,以及

其中,所述方法还包括通过对所述UE报告的预编码矢量进行处理而导出所述波束成形权重矢量。

12.如权利要求11所述的方法,还包括:

发送包含物理下行共享信道PDSCH上的第二CSI-RS配置的下行信号,以及根据所述第二CSI-RS配置的N端口CSI-RS;

从所述UE接收包含所述第二PMI的上行信号,所述第二PMI包括使用所述N端口CSI-RS导出的非负整数;以及

根据所述第二PMI将预编码矢量确定为过采样的离散傅里叶变换DFT矢量。

13.如权利要求12所述的方法,还包括:

发送包含所述PDSCH上的所述第二CSI-RS配置的下行信号,以及根据所述第二CSI-RS配置的所述N端口CSI-RS;

接收包含所述第二PMI的上行信号,所述第二PMI包括使用所述N端口CSI-RS导出的两个非负整数;以及

根据所述第二PMI将预编码矢量确定为两个过采样的DFT矢量的Kronecker积。

14.如权利要求13所述的方法,其中,所述N端口CSI-RS被映射到N个收发器单元的二维阵列中,所述N个收发器单元的二维阵列分别映射到放置在二维天线面板上的N个天线子阵列。

15.一种能够与基站通信的用户设备UE,所述UE包括:

收发器,配置为接收包括信道状态信息CSI处理配置的信号,其中,所述CSI处理配置至少包括用于识别CSI参考信号CSI-RS资源的第一CSI-RS资源配置;以及

控制器,配置为:

利用第一CSI-RS资源上的第一CSI-RS导出第一预编码矩阵索引PMI;

利用第二CSI-RS资源上的第二CSI-RS导出信道质量指示符CQI和第二PMI;以及

使所述收发器以小于包括所述CQI和所述第二PMI的第二CSI反馈的频率发送包括所述第一PMI的第一CSI反馈。

16. 如权利要求15所述的UE, 其中, 所述收发器进一步被配置为:

接收根据第二CSI-RS的N端口CSI-RS以及包含物理下行共享信道PDSCH上的所述第二CSI-RS配置的下行信号;

发送包含第二PMI的上行信号;

其中, 所述控制器还被配置为通过利用使用接收到的N端口CSI-RS进行的信道估计来导出所述第二PMI; 以及

其中, 所述第二PMI包括指示过采样的离散傅里叶变换DFT矢量的一个非负整数。

17. 如权利要求15所述的UE, 其中, 所述收发器还配置为:

接收根据第二CSI-RS的N端口CSI-RS以及包含物理下行共享信道PDSCH上的所述第二CSI-RS配置的下行信号;

发送包含第二PMI的上行信号;

其中, 所述控制器还被配置为通过利用使用接收到的N端口CSI-RS进行的信道估计来导出所述第二PMI; 以及

其中, 所述第二PMI包括指示两个过采样的离散傅里叶变换DFT矢量的两个非负整数, 并指示两个过采样的DFT矢量的Kronecker积。

18. 如权利要求15所述的UE, 其中, 所述第一PMI对应于离散傅里叶变换DFT矢量。

19. 如权利要求15所述的UE, 其中, 所述收发器还配置为接收包含与用于信道估计的时间窗改变的触发有关的下行信号,

其中, 所述控制器还配置为:

根据所述下行信号确定开始新的信道估计的触发时间;

使用在时间窗内发送的8端口CSI-RS导出所述第二PMI; 以及

根据所述触发时间丢弃对所述8端口CSI-RS的信道估计。

## 用于带有极化有源天线阵列的MIMO无线通信系统的CSI反馈

[0001] 本申请是申请号为201580053807.4、申请日为2015年11月17日的中国专利申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本公开大体涉及与二维发射天线阵列相关联的码本设计和结构。此类二维阵列与一种通常被称为“全维度”多输入多输出(MIMO)(FD-MIMO)的MIMO系统相关联。

### 背景技术

[0003] 为了满足自第4代(4G)通信系统的部署以来增加的对无线数据业务的需求,已经努力来开发改善的第5代(5G)或预5G(pre-5G)通信系统。因此,5G或预5G通信系统也被称为‘超4G网络’或‘后LTE系统’。

[0004] 5G通信系统被认为是在更高频(毫米波)带(例如,60GHz频带)中实施,以便完成更高的数据速率。为了减少无线电波的传播损耗并且增加传输距离,在5G通信系统中讨论波束成形、大规模多输入多输出(MIMO)、全维度MIMO(FD-MIMO)、阵列天线、模拟波速形成、大规模天线技术。

[0005] 此外,在5G通信系统中,基于高级小小区、云无线电接入网络(RAN)、超密度网络、设备对设备(D2D)通信、无线回程、移动网络、协作通信、协作多点(CoMP)、接收端干扰消除等等,正在进行用于系统网络改善的开发。

[0006] 在5G系统中,已经开发出作为高级编码调制(ACM)的混合FSK与QAM调制(FQAM)和滑动窗口叠加编码(SWSC),以及作为高级接入技术的滤波器组多载波(FBMC)、非正交多址接入(NOMA)和稀疏码多址接入(SCMA)。

[0007] 无线通信已经成为现代史中最成功的创新之一。近年来,无线通信服务的订户数量超过无视网并且持续快速增长。对无线数据业务的需求迅速增加,因为智能电话和其他移动数据装置(诸如,平板电脑、“笔记本”计算机、上网本、电子书阅读器和机器类型的设备)在消费者中越来越受欢迎并且业务增长。为了满足移动数据业务的高增长并且支持新的应用和部署,无线电接口效率和覆盖的改善是最重要的。

### 发明内容

[0008] 技术问题

[0009] 本公开的一方面提供具有更高性能的天线阵列。

[0010] 问题的解决方案

[0011] 在根据本公开的一方面,能够与用户设备(UE)通信的基站包括:收发器,其被配置成针对UE发送根据信道状态信息-参考信号(CSI-RS)配置的8端口CSI-RS和含有物理下行链路共享信道(PDSCH)上的CSI-RS配置的下行链路信号,并且接收来自UE的含有从8端口CSI-RS导出的信道状态信息(CSI)的上行链路信号;以及控制器,其被配置成将CSI映射到预定的预编码矢量中的一个,该预编码矢量包括:

$$[0012] \quad \left[ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ \exp\left(j \frac{2\pi m}{4}\right) \ 0 \ 0 \ 0 \right]^t, \quad m=0, 1, 2, 3.$$

[0013] 在第二实施例中,用户设备包括:收发器,其被配置成接收下行链路信号,该下行链路信号含有由BS发送的PDSCH上的CSI-RS配置,和根据CSI-RS配置的8端口CSI-RS,并且发送含有信道状态信息(CSI)的上行链路信号;控制器,其被配置成从下行链路信号中解码出CSI-RS配置,并且基于8端口CSI-RS通过利用信道估计来导出CSI,CSI映射到预编码矢量中的一个,该预编码矢量包括:

$$[0014] \quad \left[ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ \exp\left(j \frac{2\pi m}{4}\right) \ 0 \ 0 \ 0 \right]^t, \quad m=0, 1, 2, 3.$$

[0015] 在第三实施例中,用于与用户设备(UE)通信的方法,该方法包括:针对UE发送根据信道状态信息-参考信号(CSI-RS)配置的8端口CSI-RS和含有物理下行链路共享信道(PDSCH)上的CSI-RS配置的下行链路信号,并且接收来自UE的含有从8端口CSI-RS中导出的信道状态信息(CSI)的上行链路信号;以及将CSI映射到预定的预编码矢量中的一个,该预编码矢量包括:

$$[0016] \quad \left[ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ \exp\left(j \frac{2\pi m}{4}\right) \ 0 \ 0 \ 0 \right]^t, \quad m=0, 1, 2, 3.$$

[0017] 在一些实施例中,8端口CSI-RS之中的天线端口15和19上的两个CSI-RS分别映射到第一组和第二组相同数量的天线元件,该天线元件应用基本上类似的波束成形权重矢量,其中第一组上的天线元件根据第一角进行极化,第二组上的天线元件根据第二角进行极化,并且第一组和第二组上的两个天线元件位于包括双极化对的相同物理位置,以及其中第一角与第二角之间的差异基本上等于90度。

[0018] 在一些实施例中,通过波束成形权重矢量将8端口CSI-RS中的每个波束成形,该波束成形权重矢量由UE发送的探测参考信号(SRS)估计。

[0019] 在一些实施例中,通过波束成形权重矢量将CSI-RS波束成形,并且其中控制器还被配置成通过处理由UE报告的预编码矢量来导出波束成形权重矢量。

[0020] 在一些实施例中,收发器还被配置成发送含有PDSCH上的第二CSI-RS配置和根据第二CSI-RS配置的N端口CSI-RS的下行链路信号,N是正整数,并且接收来自UE的含有第二CSI的上行链路信号,该第二CSI包括从N<sub>2</sub>端口CSI-RS中导出的非负整数,以及其中控制器还被配置成根据第二CSI将预编码矢量确定为过采样DFT矢量。

[0021] 在一些实施例中,收发器还被配置成发送含有PDSCH上的第二CSI-RS配置和根据第二CSI-RS配置的N端口CSI-RS的下行链路信号,并且接收来自UE的含有第二CSI的上行链路信号,该第二CSI包括从N端口CSI-RS中导出的两个非负整数,以及其中控制器还被配置成将预编码矢量确定为与第二CSI对应的两个过采样DFT矢量的克罗内克积。

[0022] 在一些实施例中,用于操作与用户设备(UE)通信的BS的方法包括:发送含有下行链路信道上的第一RS配置和根据UE的第一参考信号(RS)配置的RS的第一集合的下行链路信号;以及接收来自UE的上行链路信号,该上行链路信号含有使用RS的第一集合导出的预编码矩阵指示符(PMI),并且将PMI转换成预定的预编码矢量中的一个。

[0023] 能够与BS通信的UE,该UE包括:收发器,其被配置成接收由BS发送的含有下行链路信道上的第一RS配置和根据第一RS配置的RS的第一集合的下行链路信号,并且发送含有PMI的上行链路信号;以及控制器,其被配置成从下行链路信号中解码出第一RS配置,并且基于RS的第一集合通过利用信道估计来导出PMI,PMI转换成预编码矢量中的一个。

[0024] 用于操作与BS通信的UE的方法包括:接收由BS发送的含有下行链路信道上的参考信号(RS)配置和根据第一RS配置的RS的第一集合的下行链路信号;发送含有PMI的上行链路信号;从下行链路信号中解码出第一RS配置;以及基于RS的第一集合通过利用信道估计来导出PMI,PMI转换成预编码矢量中的一个。

[0025] 用于UE与BS通信的方法包括:接收来自BS的参考信号(RS)的第一集合;将第一反馈信号发送到BS;接收来自BS的RS的第二集合;以及将第二反馈信号发送到BS,其中RS的第二集合基于第一反馈信号使用预定的预编码器进行波束成形,其中第一反馈信号包括基于RS的第一集合生成的信道方向信息,以及其中第二反馈信号包括基于RS的第二集合生成的信道状态信息。

[0026] 在一些实施例中,N CSI-RS映射到N个收发器单元的2维阵列,N个收发器单元分别映射到放置在2维天线面板上的N个天线子阵列。

[0027] 在进行下文的具体实施方式之前,有利的是列出本专利文档中使用的某些词语和短语的定义。术语“耦合”及其派生词指的是两个或更多元件之间的任何直接或间接通信,而无论那些元件是否彼此物理接触。术语“发送”、“接收”和“通信”以及它们的派生词涵盖直接和间接通信。术语“包括”和“包含”以及它们的派生词是指包括但不限于。术语“或”是开放式的,意思是和/或。短语“与……相关联”及其派生词是指包括、被包括在其中、与之互连、含有、被含于其中、连接到或与之连接、耦合到或与之耦合、可与之通信、与之协作、交叉、并置、接近、接合到或与之接合、具有其性质、与之有关系等。术语“控制器”是指控制至少一个操作的任何设备、系统或其部分。此类控制器可以在硬件或者硬件和软件和/或固件的组合中实施。与任何特定控制器相关联的功能可以在本地或远程分布或集中。当与项目的列表一起使用时,短语“至少一个”是指可以使用所列项目中的一个或多个的不同组合,并且可只需要列表中的一个项目。例如,“A、B和C中的至少一个”包括下列组合中的任一个:A、B、C、A和B、A和C、B和C以及A和B和C。

[0028] 此外,下文描述的各种功能可由一个或多个计算机程序实施或支持,该计算机程序中的每个由计算机可读程序代码形成并且体现在计算机可读介质中。术语“应用”和“程序”指的是一个或多个计算机程序、软件部件、指令的集合、程序、功能、对象、类别、实例、相关数据或者适于在合适的计算机可读程序代码中实施的它们的一部分。短语“计算机可读程序代码”包括任何类型的计算机代码,包括源代码、目标代码和可执行代码。短语“计算机可读介质”包括能够被计算机访问的任何类型的介质,诸如,只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、硬盘驱动器、光盘(CD)、数字多功能盘(DVD),或者任何其他类型的存储器。“非瞬时”计算机可读介质排除传输短暂电信号或其他信号的有线、无线、光学或其他通信链路。非瞬时计算机可读介质包括可以永久地存储数据的介质和可以存储并且之后重写数据的介质,诸如,可重写光盘或者可擦除存储装置。

[0029] 本专利文档中提供其他某些词语和短语的定义。本领域的一般技术人员应理解,在许多(如果不是大多数)情况下,此类定义应用于此类定义词语和短语的先前以及将来使

用。

[0030] 本发明的有益效果

[0031] 可以改善通信系统性能。

### 附图说明

[0032] 为了更完整地理解本发明及其优势,现结合附图来参考以下说明,其中相同参考标号表示相同部分:

[0033] 图1示出根据本公开的示例无线网络;

[0034] 图2A和图2B示出根据本公开的示例无线发送和接收路径;

[0035] 图3A示出根据本公开的示例用户设备;

[0036] 图3B示出根据本公开的示例增强NodeB(eNB);

[0037] 图4A和图4B示出根据本公开的包括16个双极化天线元件的示例2D天线阵列;

[0038] 图5示出根据本公开的TX天线元件的另一编号方式;

[0039] 图6示出根据本公开的极化CSI-RS发送;

[0040] 图7A和图7B示出根据本公开的顺序极化CSI-RS发送700;

[0041] 图8示出根据本公开的灵活极化CSI-RS发送;

[0042] 图9A和图9B示出根据本公开的两类型的CSI-RS的eNB发送和对应的UE反馈;

[0043] 图10示出根据本公开的示例CSI-RS端口虚拟化实施;

[0044] 图11A和图11B示出根据本公开的DFT波束索引网格;

[0045] 图12示出根据本公开的有关与短期CSI反馈相关的UE和eNB操作的流程图;以及

[0046] 图13示出根据本公开的短期CSI估计时间窗口。

### 具体实施方式

[0047] 本专利文档中在下文论述的图1到图13以及用来描述本公开的原理的各种实施例仅用于说明,而不应解释为限制本公开的范围。本领域的技术人员将理解,本公开的原理可以在任何适当布置的无线通信系统中实施。

[0048] 以下文档和标准描述特此并入本公开中,如同在本文中充分阐述一样:(1)第3代合作伙伴项目(3GPP)TS 36.211,“E-UTRA,Physical channel and modulation(物理信道和调制)”,Release-12;(2)3GPP TS 36.212,“E-UTRA,Multiplexing and channel coding(多路复用和信道编码)”,Release-12;和(3)3GPP TS 36.213,“E-UTRA,Physical layer procedures(物理层过程)”,Release-12。

[0049] 图1示出根据本公开的示例无线网络100。图1所示的无线网络100的实施例仅用于说明。在不脱离本公开的范围的情况下,可以使用无线网络100的其他实施例。

[0050] 无线网络100包括eNodeB(eNB) 101、eNB 102和eNB 103。eNB 101与eNB 102和eNB 103通信。eNB 101也与至少一个互联网协议(IP)网络130通信,诸如,互联网、专有IP网络或者其他数据网络。

[0051] 根据网络类型,可以使用其他公知的术语来代替“eNodeB”或“eNB”,诸如,“基站”或“接入点”。为了方便起见,术语“eNodeB”和“eNB”在本专利文档中用来指代对远程终端提供无线接入的网络基础设施部件。另外,根据网络类型,可以使用其他公知的术语来代替



“用户设备”或“UE”，诸如，“移动站”、“订户站”、“远程终端”、“无线终端”或者“用户装置”。为了方便起见，术语“用户设备”和“UE”在本专利文档中用来指代无线接入eNB的远程无线设备，无论UE是移动设备（诸如，移动电话或智能电话）还是通常被视作固定设备（诸如，台式计算机或自动售货机）。

[0052] eNB 102为eNB 102的覆盖区域120内的第一多个用户设备(UE)提供对网络130的无线宽带接入。第一多个UE包括:UE 111,它可以位于小型企业(SB)中;UE 112,它可以位于公司(E)中;UE 113,它可以位于WiFi热点(HS)中;UE 114,它可以位于第一住宅(R)中;UE 115,它可以位于第二住宅(R)中;以及UE 116,它可以是移动设备(M),像是手机、无线笔记本电脑、无线PDA等。eNB 103为eNB 103的覆盖区域125内的第二多个UE提供对网络130的无线宽带接入。第二多个UE包括UE 115和UE 116。在一些实施例中,eNB 101到103中的一个或多个可以使用5G、长期演进(LTE)、LTE-A、WiMAX或者其他高级无线通信技术与彼此通信并且与UE 111到116通信。

[0053] 虚线示出覆盖区域120和125的大概范围,仅为了说明和解释的目的,将所述覆盖区域示为近似圆形。应清楚地理解,与eNB相关联的覆盖区域(诸如,覆盖区域120和125)可以具有其他形状,包括不规则形状,具体取决于eNB的配置以及与自然和人为障碍相关联的无线电环境中的变化。

[0054] 如下文更详细地描述,BS101、BS102和BS103中的一个或多个包括如在本公开的实施例中所述的2D天线阵列。在一些实施例中,BS101、BS102和BS103中的一个或多个支持用于具有2D天线阵列的系统的码本设计和结构。

[0055] 尽管图1示出无线网络100的一个示例,但可以对图1做出各种改变。例如,无线网络100可包括采用任何合适布置的任何数量的eNB和任何数量的UE。另外,eNB 101可与任何数量的UE直接通信,并且为那些UE提供对网络130的无线宽带接入。类似地,每个eNB 102到103可与网络130直接通信,并且为UE提供对网络130的直接无线宽带接入。此外,eNB 101、102和/或13可提供对其他或附加外部网络的接入,诸如,网络电话网络或者其他类型的数据网络。

[0056] 图2A和图2B示出根据本公开的示例无线发送和接收路径。在以下描述中,发送路径200可以被描述为在eNB(诸如,eNB 102)中实施,而接收路径250可以被描述为在UE(诸如,UE 116)中实施。然而,应理解,接收路径250可在eNB中实施并且发送路径200中可在UE中实施。在一些实施例中,接收路径250被配置成支持用于如在本公开的实施例中所述的具有2D天线阵列的系统的码本设计和结构。

[0057] 发送路径200包括信道编码与调制块205、串行到并行(S到P)块210、采样数为N的快速傅里叶逆变换(IFFT)块215、并行到串行(P到S)块220、添加循环前缀块225以及上变频器(UC)230。接收路径250包括下变频器(DC)255、去除循环前缀块260、串行到并行(S到P)块265、采样数为N的快速傅里叶变换(FFT)块270、并行到串行(P到S)块275以及信道解码与解调块280。

[0058] 在发送路径200中,信道编码与调制块205接收信息位的集合、应用编码(诸如,低密度奇偶校验(LDPC)编码)并且对输入位进行调制(诸如,通过正交相移键控(QPSK)或正交调幅(QAM)进行调制),以生成频域调制符号的序列。串行到并行块210将串行调制符号转换(诸如,多路分解)成并行数据,以便生成N个并行符号流,其中N是eNB 102和UE 116中使用

的IFFT/FFT的采样数。采样数为N的IFFT块215在N个并行符号流上执行IFFT操作,以生成时域输出信号。并行到串行块220对来自采样数为N的IFFT块215的并行时域输出信号进行转换(诸如,多路分解),以便生成串行时域信号。添加循环前缀块225将循环前缀插入到时域信号。上变频器230将添加循环前缀块225的输出调制(诸如,向上变频)到RF频率,以便经由无线信道进行发送。信号在转换到RF频率之前也可以在基带处先滤波。

[0059] 来自eNB 102的发送RF信号在经过无线信道之后到达UE 116,并且在UE 116处执行eNB 102处的逆向操作。下变频器255将接收的信号向下变频到基带频率,并且去除循环前缀块260去除循环前缀,以生成串行时域基带信号。串行到并行块265将时域基带信号转换成并行时域信号。采样数为N的FFT块270执行FFT算法,以生成N个并行频域信号。并行到串行块275将并行频域信号转换成调制数据符号的序列。信道解码与解调块280对调制符号进行解调和解码,以恢复原始输入数据流。

[0060] eNB 101到103中的每个可以实施类似于在下行链路中到UE 111到116的发送的发送路径200,并且可以实施类似于在上行链路中从UE 111到116的接收的接收路径250。类似地,UE 111到116中的每个可以实施用于在上行链路中到eNB 101到103的发送的发送路径200,并且可以实施用于在下行链路中从eNB 101到103的接收的接收路径250。

[0061] 图2A和图2B中的部件中的每个可以只使用硬件来实施或者使用硬件和软件/固件的组合来实施。作为特定示例,图2A和图2B中的部件中的至少一些可以在软件中实施,而其他部件可以由可配置硬件或者软件和可配置硬件的混合来实施。例如,FFT块270和IFFT块215可以被实施为可配置软件算法,其中采样数为N的值可以根据实施方案进行更改。

[0062] 此外,尽管被描述为使用FFT和IFFT,但这仅仅是为了说明,而不应被解释为限制本公开的范围。可以使用其他类型的变换,诸如,离散傅里叶变换(DFT)和离散傅里叶逆变换(IDFT)函数。应了解,变量N的值可以是用于DFT和IDFT函数的任何整数(诸如,1、2、3、4等),同时变量N的值可以是用于DFT和IDFT函数的二的幂(诸如,1、2、4、8、16等)。

[0063] 尽管图2A和图2B示出无线发送和接收路径的示例,但可以对图2A和图2B做出各种改变。例如,图2A和图2B中的各种部件可以组合、进一步细分或者省略,并且根据特定需要,可以添加额外的部件。另外,图2A和图2B意图示出可以用在无线网络中的发送和接收路径的类型的示例。可以使用任何其他合适的架构以支持无线网络中的无线通信。

[0064] 图3A示出根据本公开的示例UE 116。图3A所示的UE 116的实施例仅仅是为了说明,并且图1的UE 111到115可以具有相同或类似的配置。然而,UE具有广泛多种配置,并且图3A并不将本公开的范围限于UE的任何特定实施方案。

[0065] UE 116包括天线305、射频(RF)收发器310、发送(TX)处理电路315、麦克风320和接收(RX)处理电路325。UE 116也包括扬声器330、主处理器340、输入/输出(I/O)接口(IF)345、小键盘350、显示器355和存储器360。存储器360包括基本操作系统(OS)程序361和一个或多个应用362。

[0066] RF收发器310接收来自天线305的由网络100的eNB发送的输入RF信号。RF收发器310将输入RF信号向下变频,以生成中频(IF)或基带信号。IF或基带信号发送到RX处理电路325,从而通过对基带或IF信号进行滤波、解码和/或数字化来生成经处理基带信号。RX处理电路325将经处理基带信号传输到扬声器330(诸如,针对语音数据),或者传输到主处理器340以进一步处理(诸如,针对网络浏览数据)。

[0067] TX处理电路315接收来自麦克风320的模拟或数字语音数据或者来自主处理器340的其他输出基带数据(诸如,网络数据、电子邮件或交互式视频游戏数据)。TX处理电路315对输出基带数据进行编码、多路复用和/或数字化,以生成经处理基带或IF信号。RF收发器310接收来自TX处理电路315的输出经处理基带或IF信号,并且将基带或IF信号向上变频到经由天线305发送的RF信号。

[0068] 主处理器340可以包括一个或多个处理器或者其他处理设备,并且执行存储在存储器360中的基本OS程序361,以便控制UE 116的整体操作。例如,根据公知的原理,主处理器340可以控制RF收发器310、RX处理电路325和TX处理电路315对前向信道信号的接收和反向信道信号的发送。在一些实施例中,主处理器340包括至少一个微处理器或微控制器。

[0069] 主处理器340也能够执行驻留在存储器360中的其他过程和程序,诸如,针对如本公开的实施例中所述的具有2D天线阵列的系统的信道质量测量和报告的操作。根据执行过程的需要,主处理器340可以将数据移动到存储器360中或从该存储器中移出。在一些实施例中,主处理器340被配置成基于OS程序361或响应于从eNB或操作员接收的信号来执行应用362。主处理器340也耦合到I/O接口345,该I/O接口为UE 116提供连接到其他装置(诸如,膝上型计算机和手持式计算机)的能力。I/O接口345是这些附件与主处理器340之间的通信路径。

[0070] 主处理器340也耦合到小键盘350和显示单元355。UE 116的操作员可以使用小键盘350将数据输入到UE 116。显示器355可以是液晶显示器或者能够呈现诸如来自网页的文本和/或至少有限图形的其他显示器。

[0071] 存储器360耦合到主处理器340。存储器360的一部分可以包括随机存取存储器(RAM),并且存储器360的另一部分可以包括闪存或其他只读存储器(ROM)。

[0072] 尽管图3A示出了UE 116的一个示例,但可以对图3A做出各种改变。例如,图3A中的各种部件可以组合、进一步细分或者省略,并且根据特定需要,可以添加额外的部件。作为特定示例,主处理器340可以分成多个处理器,诸如,一个或多个中央处理单元(CPU)和一个或多个图形处理单元(GPU)。另外,尽管图3A示出被配置成为移动电话或智能电话的UE 116,但UE可以被配置成作为其他类型的移动或固定设备操作。

[0073] 图3B示出了根据本公开的示例eNB 102。图3B所示的eNB 102的实施例仅仅是为了说明,并且图1的其他eNB可以具有相同或类似的配置。然而,eNB具有广泛多种配置,并且图3B并不将本公开的范围限于eNB的任何特定实施方案。应注意,eNB 101和eNB 103可以包括与eNB 102相同或类似的结构。

[0074] 如图3B所示,eNB 102包括多个天线370a到370n、多个RF收发器372a到372n、发送(TX)处理电路374和接收(RX)处理电路376。在某些实施例中,多个天线370a到370n中的一个或多个包括2D天线阵列。eNB 102也包括控制器/处理器378、存储器380和回程或网络接口382。

[0075] RF收发器372a到372n接收来自天线370a到370n的输入RF信号,诸如,由UE或其他eNB发送的信号。RF收发器372a到372n将输入RF信号向下变频,以生成IF或基带信号。IF或基带信号被发送到RX处理电路376,从而通过对基带或IF信号进行滤波、解码和/或数字化来生成经处理基带信号。RX处理电路376将经处理基带信号传输到控制器/处理器378,以进一步处理。

[0076] TX处理电路374接收来自控制器/处理器378的模拟或数字数据(诸如,语音数据、网络数据、电子邮件或者交互式视频游戏数据)。TX处理电路374对输出基带数据进行编码、多路复用和/或数字化,以生成经处理基带或IF信号。RF收发器372a到372n接收来自TX处理电路374的输出经处理基带或IF信号,并且将基带或IF信号向上变频到经由天线370a到370n发送的RF信号。

[0077] 控制器/处理器378可以包括一个或多个处理器或者控制eNB 102的整体操作的其他处理装置。例如,根据公知的原理,控制器/处理器378可以控制RF收发器372a到372n、RX处理电路376和TX处理电路374对前向信道信号的接收和反向信道信号的发送。控制器/处理器378也可以支持额外的功能,诸如,更高级的无线通信功能。例如,控制器/处理器378可以执行盲干扰感测(BIS)过程,诸如,通过BIS算法执行,并且对减去干扰信号的所接收信号进行解码。在eNB 102中,控制器/处理器378可以支持广泛多种其他功能中的任一个。在一些实施例中,控制器/处理器378包括至少一个微处理器或微控制器。

[0078] 控制器/处理器378也能够执行驻留在存储器380中的程序和其他过程,诸如,基本OS。控制器/处理器378也能够支持针对如本公开的实施例中所述的具有2D天线阵列的系统的信道质量测量和报告。在一些实施例中,控制器/处理器378支持实体之间的通信,诸如,网络RTC。根据执行过程的需要,控制器/处理器378可以将数据移动到存储器380中或从该存储器中移出。

[0079] 控制器/处理器378也耦合到回程或网络接口382。回程或网络接口382允许eNB 102通过回程连接或通过与其他设备或系统通信。接口382可以支持通过任何合适有线或无线连接的通信。例如,当eNB 102被实施为蜂窝通信系统(诸如,支持5G、LTE或LTE-A的系统)的一部分时,接口382可以允许eNB 102通过有线或无线回程连接与其他eNB通信。当eNB 102被实施为接入点时,接口382可以允许eNB 102通过有线或无线局域网或者通过到更大网络(诸如,互联网)的有线或无线连接进行通信。接口382包括支持通过有线或无线连接进行通信的任何合适结构,诸如,以太网或RF收发器。

[0080] 存储器380耦合到控制器/处理器378。存储器380的一部分可以包括RAM,并且存储器380的另一部分可以包括闪存或其他ROM。在某些实施例中,多个指令(诸如,BIS算法)存储在存储器中。多个指令被配置成致使控制器/处理器378执行BIS过程,并且在减去由BIS算法确定的至少一个干扰信号后对所接收的信号进行解码。

[0081] 如下文更详细地描述,eNB 102(使用RF收发器372a到372n、TX处理电路374和/或RX处理电路376实施)的发送和接收路径支持与FDD小区和TDD小区的聚合进行通信。

[0082] 尽管图3B示出eNB 102的一个示例,但可以对图3B做出各种改变。例如,eNB 102可以包括任何数量的图3所示的每个部件。作为特定示例,接入点可以包括一些接口382,并且控制器/处理器378可以支持路由功能,以在不同网络地址之间路由数据。作为另一特定示例,尽管被示为包括TX处理电路374的单个实例和RX处理电路376的单个实例,但eNB 102可以包括每者的多个实例(诸如,每个RF收发器一个)。

[0083] 图4A和图4B示出根据本公开的实施例的示例2D天线阵列,该2D天线阵列由采用 $4 \times 4$ 矩形格式布置的16个双极化天线元件构成。图4A示出具有天线端口(AP)索引1的 $4 \times 4$ 双极化天线阵列400,并且图4B是具有天线端口索引(AP)索引2的相同 $4 \times 4$ 双极化天线阵列410。图4A和图4B所示的实施例仅仅是为了说明。在不脱离本公开的范围的情况下,可以使

用其他实施例。

[0084] 在某些实施例中,每个标记的天线元件在逻辑上映射到单个天线端口。一般而言,一个天线端口可以对应于经由虚拟化而组合的多个天线元件(物理天线)。这个 $4 \times 4$ 双极化阵列便可以看作 $16 \times 2 = 32$ 元件的元件阵列。除了水平维度(由4列双极化天线组成)上的方位波束成形之外,垂直维度(由4行组成)促成高度波束成形。Re1.12LTE标准化(根据TS36.211第6.3.4.2和6.3.4.4节以及TS36.213第7.2.4节)中的MIMO预编码主要设计用来针对一维天线阵列提供预编码增益。尽管可以在高度维度上实施固定波束成形(即,天线虚拟化),但它无法获得由信道的空间和频率选择性供应的潜在增益。

[0085] 图5示出根据本公开的实施例的TX天线元件500(或TXRU)的另一编号方式。图5所示的实施例仅仅是为了说明。在不脱离本公开的范围的情况下,可以使用其他实施例。

[0086] 在某些实施例中,eNB 103配备2D矩形天线阵列(或TXRU),该阵列包括 $P=2$ 极化的M行和N列,其中每个元件(或TXR)的索引是 $(m,n,p)$ 并且 $m=0, \dots, M-1, n=0, \dots, N-1, p=0, \dots, P-1$ ,如图5所示,其中 $M=N=4$ 。当图5所示的示例表示TXRU阵列时,TXRU可以与多个天线元件相关联。在一个示例(1维(1D)子阵列分区)中,包括与2D矩形阵列具有相同极化的列的天线阵列被分区成M组连续元件,并且M组对应于与图5中的TXRU阵列的列中具有相同极化的M个TXRU。

[0087] 在传统LTE中,可以通过CRS(参看TS36.211第6.3.4.2节)或UE特有参考信号(UE-RS)(参看TS36.211第6.3.4.4节)来实施MIMO预编码(针对空间多路复用)。在任意一种情况下,在空间多路复用模式下操作的每个UE被配置成报告CSI,该CSI可含有预编码矩阵指示符(PMI)(即,预编码码本索引)。PMI报告从下列标准化码本集合中的一个中导出:两个天线端口:{TS36.211表6.3.4.2.3-1};四个天线端口:{TS36.211表6.3.4.2.3-2}或{TS36.213表7.2.4-0A、B、C和D};以及八个天线端口:{TS36.213表7.2.4-1、2、3、4、5、6、7和8}。

[0088] 如果eNB 103遵循UE 115的PMI推荐,那么预期eNB 103根据推荐的预编码矢量/矩阵对它的发送信号进行预编码(针对给定的子帧和物理资源块(PRB))。无论eNB 108是否遵循UE 115的推荐,UE 115都被配置成根据上述预编码码本来报告PMI。此处,PMI(它可以由单个索引或一对索引组成)与尺寸为 $N_c \times N_t$ 的预编码矩阵W相关联,其中 $N_c$ 是一行中的天线端口的数量(=列的数量)并且 $N_t$ 是传输层的数量。

[0089] Re1.12LTE 8-Tx双码本

[0090] 表1和表2是针对配置有8Tx天线端口发送的UE的用于等级-1和等级-2(1层和2层)CSI报告的码本为了确定每个码本的CW,必须选择两个索引,即, $i_1$ 和 $i_2$ 。在这些预编码器表达中,使用下列两个变量:

$$[0091] \quad \varphi_n = e^{j\pi n/2}$$

$$[0092] \quad \mathbf{v}_m = [1 \ e^{j2\pi m/32} \ e^{j4\pi m/32} \ e^{j6\pi m/32}]^T$$

[0093] 表1用于使用天线端口15到22的1层CSI报告的码本

$i_1$	$i_2$							
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>0 - 15</b>	$W_{2i,0}^{(1)}$	$W_{2i,1}^{(1)}$	$W_{2i,2}^{(1)}$	$W_{2i,3}^{(1)}$	$W_{2i+1,0}^{(1)}$	$W_{2i+1,1}^{(1)}$	$W_{2i+1,2}^{(1)}$	$W_{2i+1,3}^{(1)}$
[0094] $i_1$	$i_2$							
	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>0 - 15</b>	$W_{2i+2,0}^{(1)}$	$W_{2i+2,1}^{(1)}$	$W_{2i+2,2}^{(1)}$	$W_{2i+2,3}^{(1)}$	$W_{2i+3,0}^{(1)}$	$W_{2i+3,1}^{(1)}$	$W_{2i+3,2}^{(1)}$	$W_{2i+3,3}^{(1)}$
其中 $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n v_m \end{bmatrix}$ ,								

[0095] 如果最近报告的RI=1,那么根据表1,通过两个索引 $i_1$ 和 $i_2$ 导出m和n,得出等级-1

预编码器,  $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} v_m \\ \varphi_n v_m \end{bmatrix}$ 。

[0096] 表2用于使用天线端口15到22的2层CSI报告的码本

$i_1$	$i_2$			
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>0</b> - <b>15</b>	$W_{2i_1, 2i_1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$
$i_1$	$i_2$			
	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>0</b> - <b>15</b>	$W_{2i_1+2, 2i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+2, 2i_1+2, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+3, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+3, 2i_1+3, 1}^{(2)}$
$i_1$	$i_2$			
	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
<b>0</b> - <b>15</b>	$W_{2i_1, 2i_1+1, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+1, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+2, 1}^{(2)}$
$i_1$	$i_2$			
	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
<b>0</b> - <b>15</b>	$W_{2i_1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 0}^{(2)}$	$W_{2i_1+1, 2i_1+3, 1}^{(2)}$
其中 $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n v_m & -\varphi_n v_{m'} \end{bmatrix}$				

[0098] 如果最近报告的RI=2,那么根据表2,通过两个索引 $i_1$ 和 $i_2$ 导出 $m, m'$ 和 $n$ ,得出等级-2预编码器,  $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} v_m & v_{m'} \\ \varphi_n v_m & -\varphi_n v_{m'} \end{bmatrix}$ 。应注意,  $W_{m, m', n}^{(2)}$  被构建为使得它可以用于促进等级-2发送的两个不同类型的信道条件。

[0099] 与 $i_2 = \{0, 1, \dots, 7\}$ 相关联的码本的一个子集包括 $m=m'$ 的码字,或者相同的波束( $v_m$ )用于构造等级-2预编码器:  $W_{m, m, n}^{(2)} = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} v_m & v_m \\ \varphi_n v_m & -\varphi_n v_m \end{bmatrix}$ 。在这种情况下,2层预编码器中的两个列正交(即,  $[v_m \ \varphi_n v_m]^H \cdot [v_m \ -\varphi_n v_m] = 0$ ),这是因为针对两个列,不同的标志应

用于  $\varphi_n$ 。这些等级-2预编码器有可能用于可以沿着由两个不同极化的天线生成的两个正交信道接收强信号的那些UE。

[0100] Rel.12LTE替代4-Tx双码本

[0101] 基于与8-Tx类似的概念,替代4-Tx码本可以编写如下:

$$\begin{aligned} \varphi_n &= e^{j\pi n/2} \\ \varphi'_n &= e^{j2\pi n/32} \\ v'_m &= \begin{bmatrix} 1 & e^{j2\pi m/32} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (1)$$

[0103] 表3用于使用天线端口0到3或15到18的1层CSI报告的码本

	$i_1$	$i_2$							
		<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
0		$W_{i_1,0}^{(1)}$	$W_{i_1,8}^{(1)}$	$W_{i_1,16}^{(1)}$	$W_{i_1,24}^{(1)}$	$W_{i_1+8,2}^{(1)}$	$W_{i_1+8,10}^{(1)}$	$W_{i_1+8,18}^{(1)}$	$W_{i_1+8,26}^{(1)}$
-									
15									
[0104]	$i_1$	$i_2$							
		<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
0		$W_{i_1+16,4}^{(1)}$	$W_{i_1+16,12}^{(1)}$	$W_{i_1+16,20}^{(1)}$	$W_{i_1+16,28}^{(1)}$	$W_{i_1+24,6}^{(1)}$	$W_{i_1+24,14}^{(1)}$	$W_{i_1+24,22}^{(1)}$	$W_{i_1+24,30}^{(1)}$
-									
15									
其中 $W_{m,n}^{(1)} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} v'_m \\ \varphi'_n v'_m \end{bmatrix}$									

[0105] 表4用于使用天线端口0到3或15到18的2层CSI报告的码本



[0106]

$i_1$	$i_2$			
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
0	$W_{i_1, i_1, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1, 1}^{(2)}$	$W_{i_1+8, i_1+8, 0}^{(2)}$	$W_{i_1+8, i_1+8, 1}^{(2)}$
15				
$i_1$	$i_2$			
	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
0	$W_{i_1+16, i_1+16, 0}^{(2)}$	$W_{i_1+16, i_1+16, 1}^{(2)}$	$W_{i_1+24, i_1+24, 0}^{(2)}$	$W_{i_1+24, i_1+24, 1}^{(2)}$
15				
$i_1$	$i_2$			
	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
0	$W_{i_1, i_1+8, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+8, 1}^{(2)}$	$W_{i_1+8, i_1+16, 0}^{(2)}$	$W_{i_1+8, i_1+16, 1}^{(2)}$
15				
$i_1$	$i_2$			
	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
0	$W_{i_1, i_1+24, 0}^{(2)}$	$W_{i_1, i_1+24, 1}^{(2)}$	$W_{i_1+8, i_1+24, 0}^{(2)}$	$W_{i_1+8, i_1+24, 1}^{(2)}$
15				
其中 $W_{m, m', n}^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} v'_m & v'_{m'} \\ \varphi_n v'_m & -\varphi_n v'_{m'} \end{bmatrix}$				

[0107] Rel.8LTE 2-Tx码本

[0108] 针对两个天线端口 $p \in \{0, 1\}$ 上的发送并且出于基于两个天线端口 $p \in \{0, 1\}$ 或 $p \in \{15, 16\}$ 的CSI报告的目的,应从表5或其子集中选择预编码矩阵 $W(i)$ 。针对闭环空间多路复

用传输模式,当层的数量是 $v=2$ 时,不使用码本索引0。

[0109] 表5针对天线端口 $\{0,1\}$ 上的发送和用于基于天线 $\{0,1\}$ 或 $\{15,16\}$ 的CSI报告的码本。

码本索引	层数 $v$	
	1	2
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
[0110] 1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	-

[0111] 针对利用2D天线阵列(因而利用2D预编码)的FD-MIMO,对高性能、可扩展(相对于发送天线的数量和几何形状)和柔性CSI反馈框架和结构的需要是必要的。一种方法是eNB 103发送一些预编码的CSI-RS。在一个此类示例中,每个CSI-RS端口覆盖服务区域的一定角范围,而不是整个服务区域。用于CSI-RS的预编码器可以通过(例如)使用上行链路信号估计上行链路信道来确定。预编码的CSI-RS发送的益处是:(1)允许eNB将CSI-RS功率有效传递到UE并且减少所需的CSI-RS发送,以及(2)通过选择CSI-RS端口的子集进行反馈而允许UE减少CSI-RS反馈。

[0112] 根据本公开的一些实施例的eNB操作如下:

[0113] 1.eNB基于上行链路探测参考信号(SRS)、PUSCH/PUCCH或PMI反馈的历史或者上述的组合来确定用于 $N_p$ 个CSI-RS端口的预编码器(或角方向)。

[0114] 2.CSI-RS虚拟化示例:

[0115] 2.1将 $N_p$ 个端口分成两组,属于第一组的天线端口的CSI-RS从具有第一极化 $p=0$ 的第一组天线发送,并且属于第二组的天线端口的CSI-RS从具有第二极化的第一极化 $p=1$ 的第二组天线发送。在一个示例中,当 $N_p$ 为7时,端口 $0, \dots, N_p/2 - 1$ 上的CSI-RS以 $+45^\circ$ 极化在第一组天线上发送 $\{(m, n, p=0), m=0, \dots, M-1, n=0, \dots, N-1\}$ ,而端口 $N_p/2, \dots, N_p-1$ 上的CSI-RS以 $-45^\circ$ 极化在第二组天线上发送 $\{(m, n, p=1), m=0, \dots, M-1, n=0, \dots, N-1\}$ 。

[0116] 2.2 $N_p$ 个天线端口分成 $N_p/2$ 对天线端口。每一对的两个天线端口映射到具有相同预编码或波束成形的天线元件位置的相同集合(即,两者映射到 $\{(m, n)\}$ 的相同集合,并且相同预编码应用在具有相同极化的天线集合上),但它们在具有不同极化的天线上,即,第一端口映射到 $p=0$ 并且第二端口映射到 $p=1$ 。

[0117] 2.2.1在一个示例中,第一对CSI-RS端口中的第一CSI-RS以 $+45^\circ$ 极化在第一组天

线(或TXRU)上发送  $\{(m, n, p=0), m=0, \dots, M-1, n=0, \dots, N-1\}$ , 其中第一天线虚拟化预编码器  $w^{(1)}$  应用在该组天线上; 并且该对CSI-RS端口中的第二CSI-RS以  $-45^\circ$  极化在第二组天线(或TXRU)上发送  $\{(m, n, p=1), m=0, \dots, M-1, n=0, \dots, N-1\}$ , 其中相同的天线虚拟化预编码器  $w^{(1)}$  应用在该组天线上。当  $M=8$  并且  $N=2$  时, 例如, 针对第一CSI-RS的具有第一极化的MN元件上的虚拟化映射(表示为  $s_{a=0}$ ) 和针对第二CSI-RS的映射(表示为  $s_{a=1}$ ) 将分别是:

$$[0118] \quad \begin{bmatrix} X_{(m=0, n=0, p=0)} \\ \vdots \\ X_{(m=7, n=0, p=0)} \\ X_{(m=0, n=1, p=0)} \\ \vdots \\ X_{(m=7, n=1, p=0)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W^{(1)}_{(m=0, n=0)} \\ \vdots \\ W^{(1)}_{(m=7, n=0)} \\ W^{(1)}_{(m=0, n=1)} \\ \vdots \\ W^{(1)}_{(m=7, n=1)} \end{bmatrix} S_{a=0}; \quad \text{和} \quad \begin{bmatrix} X_{(m=0, n=0, p=1)} \\ \vdots \\ X_{(m=7, n=0, p=1)} \\ X_{(m=0, n=1, p=1)} \\ \vdots \\ X_{(m=7, n=1, p=1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W^{(1)}_{(m=0, n=0)} \\ \vdots \\ W^{(1)}_{(m=7, n=0)} \\ W^{(1)}_{(m=0, n=1)} \\ \vdots \\ W^{(1)}_{(m=7, n=1)} \end{bmatrix} S_{a=1} \quad (2)$$

[0119] 其中  $x_{(m, n, p)}$  是映射在元件  $(m, n, p)$  上的信号, 并且  $\mathbf{w}^{(1)} = \begin{bmatrix} W^{(1)}_{(m=0, n=0)} \\ \vdots \\ W^{(1)}_{(m=7, n=0)} \\ W^{(1)}_{(m=0, n=1)} \\ \vdots \\ W^{(1)}_{(m=7, n=1)} \end{bmatrix} \circ$

[0120] 3.  $N_p$  可以分解成  $N_p = N_H \cdot N_V$ , 其中  $N_H$  是一行中的天线端口的数量; 并且  $N_V$  是2D矩形天线阵列的列中的天线端口的数量。在一个示例中,  $N_V = 4$  并且  $N_H = 8$ , 其中朝向行而不是朝向列计算出x-pol维度。

[0121] 根据本公开的一些实施例的UE 115操作如下:

[0122] 1. UE 115接收  $N_p$  个天线端口的CSI-RS配置和对应的CSI-RS。

[0123] 2. UE 115选择  $N_p$  个天线端口中的  $Q (\leq N_p)$  个CSI-RS端口, 例如, 基于这些端口上的接收功率进行选择。如果  $Q = N_p$ , 那么UE 115选择所有配置数量的CSI-RS端口, 以进行CSI导出。

[0124] 2.1 在一种方法中, UE 115被配置成选择  $q = Q/2$  对CSI-RS端口, 其中将相同预编码器  $w$  应用于每个, 但具有不同的极化, 或换言之, 具有  $q$  个波束。因此, 每个波束对应于一对CSI-RS端口。

[0125] 2.1.1 在一个示例中, 将CSI-RS端口编号以使得该对CSI-RS端口是CSI-RS端口  $a$  和CSI-RS端口  $a+A$ 。

[0126] 2.1.2 在另一示例中, 将CSI-RS端口编号以使得该对CSI-RS端口是CSI-RS端口  $2a$  和CSI-RS端口  $2a+1$ 。

[0127] 2.1.3 在另一示例中, 两个CSI过程被配置成用于UE 115, 其中第一CSI过程用于与第一极化(即,  $p=0$ ) 相关联的那些CSI-RS端口, 并且第二CSI过程用于与第二极化(即,  $p=1$ ) 相关联的那些CSI-RS端口。

[0128] 在这些示例中, UE 115应该选择两个CSI-RS端口作为一对, 并且不允许只选择一对中的一个CSI-RS端口。

[0129] 3. 在选择 $q$ 对CSI-RS端口(或 $q$ 个波束)之后,UE 115被配置成针对每一对端口导出共相位因数。

[0130] 3.1在一种方法中,UE 115针对每一对的两个端口导出 $q$ 个共相位因数。

[0131] 3.2在另一方法中,UE 115导出所有对的两个端口之间的一个公用共相位因数。

[0132] 4.以 $Q$ 个选择的端口和 $q$ 个共相位因数为条件,UE 115导出CQI、PMI和/或RI。

[0133] 4.1在一个示例中,当选择 $Q=2$ ( $q=1$ )个端口时,UE 115执行关于等级1或等级2是否支持更高传输速率的假设检验。针对等级-1假设,UE 115假定来自两个端口的接收信号携带一个信息流并且在接收器处组合;针对等级-2假设,UE 115假定来自两个端口的接收信号携带两个信息流并且应用MIMO接收器。

[0134] 4.1.1CSI-RS天线端口 $a$ 上的信号表示为 $y_a$ 。那么,在等级-1假设的情况下,UE假定所接收的信号是根据下列等式:

$$[0135] \quad \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ \varphi_n \end{bmatrix} x$$

[0136] 其中 $x$ 是DMRS端口上的信号, $\begin{bmatrix} 1 \\ \varphi_n \end{bmatrix}$ 将对应于由反馈PMI指示的预编码器。在等级-2假设的情况下,UE假定:

$$[0137] \quad \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ \varphi_n & -\varphi_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}, \quad (4)$$

[0138] 其中 $x_1$ 、 $x_2$ 是两个DMRS端口(端口7和8)上的信号。

[0139] 此处, $\varphi_n$ 是将包括反馈PMI的共相位因数。在一个示例中,用于等级1 $\varphi_n$ 从 $\left\{ \exp\left(-j \frac{2\pi k}{4}\right), k = 0,1,2,3 \right\}$ 中选择,并且用于等级2的 $\varphi_n$ 从 $\left\{ \exp\left(-j \frac{4\pi k}{4}\right), k = 0,1 \right\}$ 中选择。

[0140] 4.2在另一示例中,当选择 $Q=2$ ( $q=1$ )个端口时,UE使用Re1-82-Tx码本(表5)来报告PMI/CQI/RI。

[0141] 4.3在另一示例中,8个CSI-RS端口被配置成用于UE 115。UE 115接收来自eNB 103的8端口预编码CSI-RS的集合,其中8端口CSI-RS分成两组,一组具有第一极化( $p=0$ )并且另一组具有第二极化( $p=1$ )。UE 115还被配置成具有将应用于每组四个CSI-RS端口的四个预编码矢量 $u_0$ 、 $u_1$ 、 $u_2$ 、 $u_3$ 的集合,其中每个的尺寸为 $4 \times 1$ 。四个矢量 $u_0$ 、 $u_1$ 、 $u_2$ 、 $u_3$ 可以被eNB 103配置或者可以进行硬编码。假定8端口CSI-RS上的所接收信号由 $[y_0, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7]$ 表示,其中 $y_0, y_1, y_2, y_3$ 具有 $p=0$ 并且 $y_4, y_5, y_6, y_7$ 具有 $p=1$ 。此外,CSI-RS端口 $a$ 与CSI-RS端口 $a+4$ 配对, $a=0,1,2,3$ ,其中在 $(m,n)$ 的相同集合但在不同的 $p$ 上使用相同的预编码器将对端口预编码。当应用于CSI-RS的旧式LTE探险端口编码方案时, $a=15,16,17,18$ 。随后,为了导出等级-1CQI/PMI,UE假定下列信号模型,其中假定已应用等级-1预编码器 $W$ :

$$[0142] \quad \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \\ y_7 \end{bmatrix} = W_X = \begin{bmatrix} u_{00} & u_{10} & u_{20} & u_{20} & & & & \\ u_{01} & u_{11} & u_{21} & u_{21} & & & & \\ & & & & \mathbf{0} & & & \\ u_{02} & u_{12} & u_{22} & u_{22} & & & & \\ u_{03} & u_{13} & u_{23} & u_{23} & & & & \\ & & & & & u_{00} & u_{10} & u_{20} & u_{20} \\ & & & & & u_{01} & u_{11} & u_{21} & u_{21} \\ & & \mathbf{0} & & & u_{02} & u_{12} & u_{22} & u_{22} \\ & & & & & u_{03} & u_{13} & u_{23} & u_{23} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_0 c_0 \\ \alpha_1 c_1 \\ \alpha_2 c_2 \\ \alpha_3 c_3 \\ \alpha_4 c_0 \\ \alpha_5 c_1 \\ \alpha_6 c_2 \\ \alpha_7 c_3 \end{bmatrix} X; \quad (5)$$

[0143] 其中 $[a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7]$ 是采用 $\exp(-j\theta)$ 形式的单位规范复数的矢量。当UE 115选择这四个预编码矢量中的 $q$ 个预编码矢量时,UE 115应反馈 $2q$ 个非零复数,其中第一复数(例如,具有最小索引的 $a_i$ )硬编码成1。在这种情况下,PMI包括

$$[0144] \quad \text{有关} \begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix} \text{和} [\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6, \alpha_7] \text{的信息。}$$

$$[0145] \quad 4.3.1. \text{ 在一个示例中, } [u_0, u_1, u_2, u_3] = \begin{bmatrix} u_{00} & u_{10} & u_{20} & u_{20} \\ u_{01} & u_{11} & u_{21} & u_{21} \\ u_{02} & u_{12} & u_{22} & u_{22} \\ u_{03} & u_{13} & u_{23} & u_{23} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0146] 并且进行硬编码。在选择 $q$ 个预编码矢量(波束)的情况下,选择 $Q=2q$ 个CSI-RS报告。

$$[0147] \quad \text{此处,预编码器} W \text{ 可以用 } W = W_1 \quad W_2 \text{ 表示,其中 } W_2 = \begin{bmatrix} \alpha_0 c_0 \\ \alpha_1 c_1 \\ \alpha_2 c_2 \\ \alpha_3 c_3 \\ \alpha_4 c_0 \\ \alpha_5 c_1 \\ \alpha_6 c_2 \\ \alpha_7 c_3 \end{bmatrix} \text{ 并}$$

$$W_1 = \begin{bmatrix} u_{00} & u_{10} & u_{20} & u_{20} & & & & \\ u_{01} & u_{11} & u_{21} & u_{21} & & & & \\ & & & & \mathbf{0} & & & \\ u_{02} & u_{12} & u_{22} & u_{22} & & & & \\ u_{03} & u_{13} & u_{23} & u_{23} & & & & \\ & & & & & u_{00} & u_{10} & u_{20} & u_{20} \\ & & & & & u_{01} & u_{11} & u_{21} & u_{21} \\ & & \mathbf{0} & & & u_{02} & u_{12} & u_{22} & u_{22} \\ & & & & & u_{03} & u_{13} & u_{23} & u_{23} \end{bmatrix}; \text{ 并且可以看出, } W_2 \text{ 包括两项信息: (1) 列 (或者}$$

对或波束)选择 $[c_0, c_1, c_2, c_3]$ 和用于所选择列的相位系数。

[0148] 4.3.2. 例如, 如果 $[c_0, c_1, c_2, c_3] = [1 \ 1 \ 0 \ 0]$ , 那么用于所选择列的相位系数需要进行量化并且与列选择信息一起反馈: $a_0, a_1, a_4, a_5$ , 其中 $a_0 = 1$ 。在这种情况下, PMI对应于 $[c_0, c_1, c_2, c_3] = [1 \ 1 \ 0 \ 0]$ 并且 $[\alpha_0 = 1, \alpha_1, \alpha_4, \alpha_5]$ 。

[0149] 4.3.3. 在另一示例中,  $w_1 = I$ 并且只选择一个列(波束)。由于从4个列中选出一个列有4种情况, 因此, 需要2位对这个信息进行编码, 如下表6所示。例如, 如果选择 $[c_0, c_1, c_2, c_3] = [1 \ 1 \ 0 \ 0]$ , 那么只有一个相位系数 $a_1$ 需要与 $[a_0 = 1, a_4]$ 进行量化。项 $a_4$ 可以量化成 $\exp(j\theta_m)$ , 其中 $\theta_m = \frac{2\pi m}{M}$ ,  $m=0, 1, \dots, M-1$ , 并且M的一些示例值是:  $M=2, 4, 8, 16$ 。列

(波束)选择和共相位的组合信息可以共同反馈。

[0150] 表6

列(波束)选择和共相位场状态	所选择的列(波束)	共相位(其中M=4)
0-3	1	$m = s$
4-7	2	$m = s - 4$
8-11	3	$m = s - 8$
12-15	4	$m = s - 12$

[0152] 当 $[c_0, c_1, c_2, c_3] = [1 \ 1 \ 0 \ 0]$ 并且 $\alpha_4$ 被量化成 $\exp(j \frac{2\pi m}{4})$ , 其中M=4时, 第4.3.1

节和第4.3.3节的简单组合得出 $w_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \exp(j \frac{2\pi m}{4}) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$ 。

[0153] 5. UE 115被配置成包括所选择的CSI-RS端口对的索引(或者波束索引)以及PMI/CQI/RI。在UE只选择一个索引的特殊情况下, UE 115报告2-Tx PMI/CQI/RI和所选择的波束索引。

[0154] 实施例:(具有波束选择的CSI报告细节)

[0155] 在一个实施例中, UE 115被配置成具有包括Q=8个CSI-RS端口的CSI-RS源, 并且UE 115还被配置成选择一对CSI-RS端口并报告有关所选择的CSI-RS端口的CSI-RS端口对索引(或波束索引BI)和对应的CQI/PMI/RI。

[0156] 波束索引到一对CSI-RS端口的替代映射方法被视作如下表7所示, 其中假定Q=8(并且例如, 一般的Q也可以是4):

[0157] 表7

	波束索引 (BI) -2 位 (一般而言, $\log_2(Q/2)$ 位)	所选择的 CSI-RS 端口索引	
[0158]	$a \in \{0, 1, 2, 3\}$ (一般而言, $a \in \{0, \dots, Q/2-1\}$ )	替代方案 1 (假定天线端口首先根据极化随后根据 ULA 进行编号)	$(2a+15, 2a+16)$
		替代方案 2 (假定天线端口首先根据 ULA 随后根据极化进行编号)	$(a+15, a+19)$ (一般而言, $a+15, \dots, a+15+Q/2$ )

[0159] 针对 PUCCH 定期报告, 可以考虑有关如何多路复用波束索引 (BI)、PMI/CQI 和 RI 报告的几个替代方法。

[0160] 在一个替代方案中, 在报告 PMI/CQI 的相同子帧上报告 BI。当 BI 随着时间的推移而快速改变时, 这个替代方案可以提供更好的输出性能。

[0161] 在另一替代方案中, 在报告 RI 的相同子帧上报告 BI。在不改变 CSI 报告架构的情况下, 这个替代方案可以提供更可靠的 BI 发送。

[0162] 在又一替代方案中, 在与报告 PMI/CQI 和 RI 的那些子帧上分开的子帧上报告 BI。这个替代方案确保本公开中考虑的所有替代方案之中最可靠的 BI 接收, 但它可消耗额外资源或者可增加 PMI/CQI/RI 的报告延迟。

[0163] 针对 PUSCH 不定期报告, 可以考虑有关如何多路复用波束索引 (BI)、PMI/CQI 和 RI 报告的几个替代方法。

[0164] 在一个替代方案中, BI 与 PMI/CQI 共同编码并且在 PUSCH 的 PMI/CQI 区域中报告。这个替代方案支持 BI 的子带选择以及 BI 的宽带选择。

[0165] 在另一替代方案中, BI 与 RI 共同编码并且映射在 PUSCH 的 RI 区域上。这个替代方案确保 BI 的更可靠发送, 但它的限制在于 BI 选择是宽带。

[0166] 实施例: 极化 CSI-RS 发送

[0167] 图 6 示出根据本公开的实施例的极化 CSI-RS 发送 600。图 6 所示的实施例仅仅是为了说明。在不脱离本公开的范围的情况下, 可以使用其他实施例。

[0168] 在此实施例中, 一对 CSI-RS 端口通过相同的权重矢量进行预编码并且经由天线的列和行的相同集合进行发送, 其中一个 CSI-RS 经由集合中的天线以  $+45^\circ$  极化进行发送, 并且另一 CSI-RS 经由集合中的天线以  $-45^\circ$  进行发送, 如图 6 所示。

[0169] 实施例: 顺序极化 CSI-RS 发送

[0170] 图 7A 和图 7B 示出根据本公开的实施例的顺序极化 CSI-RS 发送 700、710。图 7 所示的实施例仅仅是为了说明。在不脱离本公开的范围的情况下, 可以使用其他实施例。

[0171] 在此实施例中, CSI-RS 可以不在成对的极化中发送。在一个 CSI 过程中, CSI-RS 可以从  $+45^\circ$  发送, 并且在另一 CSI 过程中, CSI-RS 可以从  $-45^\circ$  发送。在两个过程期间, 所发送的 CSI-RS 端口的数量不必相同。针对不需要多少极化分集的情况, 动机是减少 CSI-RS 源以及

减少反馈负载。实施例的概念在图7A和图7B中示出。

[0172] 实施例:灵活极化CSI-RS发送

[0173] 图8示出根据本公开的实施例的灵活极化CSI-RS发送。图8所示的实施例仅仅是为了说明。在不脱离本公开的范围的情况下,可以使用其他实施例。

[0174] 在某些实施例中,CSI-RS可以不在成对的极化中发送,如图8所示。eNB 103用信号表示与端口中的每个相关联的极化,或者端口的极化隐含地与端口编号相关联。针对不需要多少极化分集的情况,动机同样是减少CSI-RS源以及减少反馈负载。eNB 103可以基于上行链路测量或CSI反馈的历史来确定要发送的CSI-RS。

[0175] 实施例:UE部分PMI反馈

[0176] UE 115被配置成接收来自eNB 103的8端口预编码CSI-RS,其中8端口CSI-RS分成两组,一组具有第一极化( $p=0$ )并且另一组具有第二极化( $p=1$ )。UE 115还被配置成具有将应用于每组四个CSI-RS端口的四个预编码矢量 $u_0, u_1, u_2, u_3$ 的集合,其中每个的尺寸为 $4 \times 1$ 。四个矢量 $u_0, u_1, u_2, u_3$ 可以被eNB 103配置或者可以进行硬编码。

[0177] 假定8端口CSI-RS上的所接收信号由 $[y_0, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7]$ 表示,其中 $y_0, y_1, y_2, y_3$ 具有 $p=0$ 并且 $y_4, y_5, y_6, y_7$ 具有 $p=1$ 。此外,CSI-RS端口 $a$ 与CSI-RS端口 $a+4$ 配对, $a=0, 1, 2, 3$ ,其中在 $(m, n)$ 的相同集合但在不同的 $p$ 上使用相同的预编码器将成对端口预编码。当UE 115在这8个CSI-RS端口上导出 $u_0 = [u_{00}, u_{01}, u_{02}, u_{03}]^t$ 的等级-1CQI时,UE 115应假定下列信号模型,以进行CSI(CQI、PMI、RI)导出:

$$[0178] \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \\ y_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_{00} \\ u_{01} \\ u_{02} \\ u_{03} \\ 0 \\ u_{00} \\ u_{01} \\ u_{02} \\ u_{03} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \varphi_n \end{bmatrix} X$$

[0179] 将这种方法扩展,可以在单个等式中共同地考虑所有的预编码矢量 $u_0, u_1, u_2, u_3$ :

$$[0180] \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \\ y_7 \end{bmatrix} = W_X = \begin{bmatrix} u_{00} & u_{10} & u_{20} & u_{30} \\ u_{01} & u_{11} & u_{21} & u_{31} \\ u_{02} & u_{12} & u_{22} & u_{32} \\ u_{03} & u_{13} & u_{23} & u_{33} \\ 0 & u_{00} & u_{10} & u_{20} & u_{30} \\ 0 & u_{01} & u_{11} & u_{21} & u_{31} \\ 0 & u_{02} & u_{12} & u_{22} & u_{32} \\ 0 & u_{03} & u_{13} & u_{23} & u_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \\ c_2 \\ c_3 \\ \varphi_0 c_0 \\ \varphi_1 c_1 \\ \varphi_2 c_2 \\ \varphi_3 c_3 \end{bmatrix} X,$$



[0181] 其中  $\begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix}$  是用于矩阵的列的选择的二进制矢量 (即,  $c_i \in \{0,1\}$ ,  $i=0,1,2,3$ ), 并且

$\begin{bmatrix} \varphi_0 \\ \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \varphi_3 \end{bmatrix}$  是用于四个预编码矢量  $u_0, u_1, u_2, u_3$  的共相位因数。当 UE 115 选择这四个预编码矢量中

的  $q$  个预编码矢量时, UE 115 应反馈  $q$  个非零共相位因数。

[0182] 在这种情况下, PMI 包括有关  $\begin{bmatrix} c_0 \\ c_1 \\ c_2 \\ c_3 \end{bmatrix}$  和  $\begin{bmatrix} \varphi_0 \\ \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \varphi_3 \end{bmatrix}$  的信息。在一个示例中,

$[u_0, u_1, u_2, u_3] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$  并且进行硬编码。在这种情况下, 在选择  $q$  个预编码矢量的情况

下, 相等地选择  $Q=2q$  个 CSI-RS 端口。

[0183] 实施例: 用于长期 CSI 估计的 CSI-RS

[0184] 图 9A 和图 9B 示出根据本公开的某些实施例的两种类型 900、910 的 CSI-RS 的 eNB 103 发送和对应的 UE 115 反馈。图 9 所示的实施例仅仅是为了说明。在不脱离本公开的范围的情况下, 可以使用其他实施例。

[0185] 在这些实施例中, eNB 103 针对 UE 115 配置两个 CSI-RS 源: (1) 用于长期信道方向估计的第一 CSI-RS 源; 和 (2) 用于短期 CSI 估计 (例如, 共相位、波束选择 PMI、RI 和 CQI) 的第二 CSI-RS 源。

[0186] 在另一方法中, 在单个 CSI 过程中配置这两个 CSI-RS 源。

[0187] eNB 103 可以将第一 CSI-RS 源的 CSI-RS 发送的工作周期配置成比第二 CSI-RS 源长。根据本公开的一些实施例, 一旦 eNB 获得来自 UE 115 的长期 CDI, eNB 103 便基于长期 CDI 对第二 CSI-RS 进行 UE 特定的预编码 (或波束成形)。

[0188] 利用通过第一 CSI-RS 估计的信道估计, UE 115 估计并反馈长期 CDI。根据本公开的一些实施例, 利用通过第二 CSI-RS 估计的信道估计, UE 115 估计并反馈共相位信息和波束选择信息。在一个替代方案中, UE 115 通过第二 CSI-RS 来导出并反馈等级信息; 在另一替代方案中, UE 115 通过第一 CSI-RS 来导出并反馈等级信息。

[0189] 根据本公开的一些实施例, 可以构建/导出第二 CSI-RS 和相关 CSI 反馈, 其中 UE 115 从可以分解成  $q$  对天线端口的  $Q (=q/2)$  个天线端口中导出短期 CSI, 并且每一对包括具有相同波束成形矢量但具有不同极化的两个天线端口。

[0190] 在用于第一 CSI-RS 源的一个方法中, 将  $N_p$  个 CSI-RS 端口 (在一个示例中,  $N_p = P \cdot$

$M \cdot N$ ; 在另一示例中, 根据与图5相关联的实施例中的符号,  $N_p = M \cdot N$ ) 配置成用于第一CSI-RS源, 并且将 $N_p$ 个CSI-RS端口一对一映射到天线阵列中的 $N_p$ 个TXRU。在这种情况下, UE 115通过利用 $N_p$ 个CSI-RS端口的信道估计来估计信道方向信息(CDI), 并且将CDI反馈到eNB。CDI可以在PUCCH上或在PUSCH上进行报告。

[0191] 在一个示例中,  $N_p = M \cdot N$ , 并且根据与图5相关联的实施例中的符号, UE 115被配置成具有第一数量和第二数量的天线端口M和N。

[0192] 在另一示例中,  $N_p = P \cdot M \cdot N$ , 并且根据与图5相关联的实施例中的符号, UE 115被配置成具有第一、第二和第三数量的天线端口M和N和P。

[0193] 在另一示例中,  $N_p = P \cdot M \cdot N$ , 并且根据与图5相关联的实施例中的符号, UE 115被配置成具有第一和第二数量的天线端口P·M和N。

[0194] 在当前方法的一个示例中, CDI是两个过采样DFT预编码器: 一个用于表示方位信道方向, 并且另一个用于表示高度信道方向。在之后的实施例中, DFT预编码器/矢量和过采样DFT矢量可互换使用。此外, 如果 $M=4$ , 那么用于方位信道方向的DFT矢量具有四个元素(此处, DFT矢量中的元素的数量等于M):

[0195]  $v_a^{(A)} = [1 \ e^{j2\pi a/A} \ e^{j4\pi a/A} \ e^{j6\pi a/A}]^T$ ,  $a=0, 1, \dots, A-1$ ; 以及

[0196] 如果 $N=4$ , 那么用于高度信道方向的DFT矢量是(此处, DFT矢量中的元素的数量等于N):

[0197]  $u_b^{(B)} = [1 \ e^{j2\pi b/B} \ e^{j4\pi b/B} \ e^{j6\pi b/B}]^T$ ,  $b=0, 1, \dots, B-1$ ,

[0198] 其中A的示例值是32、16和8, 并且B的示例值是16、8和4。UE 115的反馈信息可以包括 $A \cdot B$ 个状态; 如果 $A=16$ 并且 $B=8$ , 那么状态的数量是128, 并且它是7位信息。方位CDI和高度CDI可以单独编码, 如下表8所示, 或者可以共同编码, 如下表9所示。信息字段进行编码并且随后映射到PUSCH(针对不定期CSI反馈)或PUCCH源(针对定期CSI反馈)。

[0199] 表8

CDI 内容	细节	信息字段
方位 CDI	$v_a^{(A)} = [1 \ e^{j2\pi a/A} \ e^{j4\pi a/A} \ e^{j6\pi a/A}]$ , $a=0, 1, \dots, A-1, A=16$	4 位信息字段
高度 CDI	$u_b^{(B)} = [1 \ e^{j2\pi b/B} \ e^{j4\pi b/B} \ e^{j6\pi b/B}]^T$ , $b=0, 1, \dots, B-1, B=8$	3 位信息字段

[0201] 表9

CDI 内容	细节	信息字段
方位和高度 CDI	$v_a^{(A)} = [1 \ e^{j2\pi a/A} \ e^{j4\pi a/A} \ e^{j6\pi a/A}]^T$ ,	7 位信息字段

[0203]	$a=0, 1, \dots, A-1, A=16$ $u_b^{(B)} = [1 \quad e^{j2\pi b/B} \quad e^{j4\pi b/B} \quad e^{j6\pi b/B}]^T,$ $b=0, 1, \dots, B-1, B=8$	
--------	---	--

[0204] 在M=4并且N=4的另一示例中,用于方位信道方向的DFT矢量具有四个元素(此处,DFT矢量中的元素的数量等于M):

[0205]  $v_a^{(A)} = [1 \quad e^{j2\pi a/A} \quad e^{j4\pi a/A} \quad e^{j6\pi a/A}]^T, a=0, 1, \dots, A-1;$ 并且用于高度信道方向的DFT矢量是(此处,DFT矢量中的元素的数量等于N):

[0206]  $u_b^{(B)} = [1 \quad e^{j2\pi b/B}]^T, b=0, 1, \dots, B-1。$

[0207] 在这种情况下,反馈CDI的一种可能方式在下表10中示出。

[0208] 表10

CDI 内容	细节	信息字段
[0209] 方位 CDI	$v_a^{(A)} = [1 \quad e^{j2\pi a/A} \quad e^{j4\pi a/A} \quad e^{j6\pi a/A}]^T,$ $a=0, 1, \dots, A-1, A=16$	4 位信息字段
高度 CDI	$u_b^{(B)} = [1 \quad e^{j2\pi b/B}]^T,$ $b=0, 1, \dots, B-1, B=4$	2 位信息字段

[0210] 在当前方法的另一示例中,CDI是采用  $v_a \otimes u_b$  或者  $u_b \otimes v_a$  形式的L个矢量的集合,并且用于CDI的信息字段将含有关于L个索引对的信息:  $\{(a_l, b_l)\}_{l=0}^{L-1}$ 。

[0211] 全文并入本文中的2014年10月31日提交的第62/073,782号美国临时专利申请已经展示用于对这种类型的CDI信息进行编码的几个方法。对方位CDI进行量化的一个示例方法在下表11中描述,其中假定A=32:

[0212] 表11

矢量集指示符索引 (5位)	矢量组合索引 (i)	所选择的矢量集 (CDI)
0, ..., 15	0, ..., 15	$\{v_{2i}, v_{2i+1}, v_{2i+2}, v_{2i+3}\}$
16, ..., 23	0, ..., 7	$\{v_{4i}, v_{4i+2}, v_{4i+4}, v_{4i+6}\}$
24, ..., 27	0, ..., 3	$\{v_{8i}, v_{8i+4}, v_{8i+8}, v_{8i+12}\}$
28 (选项1)	0	$\{v_0, v_8, v_{16}, v_{24}\}$
29, 30, 31 (选项1)	保留	
28, 29, 30, 31 (选项2)	0, ..., 3	$\{v_{2i+0}, v_{2i+8}, v_{2i+16}, v_{2i+24}\}$

[0214] 对方位CDI进行量化的另一示例方法在下表12中描述,其中假定A=32:

[0215] 表12

矢量集指示符索引 (4位)	矢量组合索引 (i)	所选择的矢量集 (CDI)
0, ..., 15	0, ..., 15	$\{v_{2i}, v_{2i+1}, v_{2i+2}, v_{2i+3}\}$

[0217] 应注意,高度CDI也可以与方位CDI类似地量化。

[0218] 实施例:用于长期CSI估计的CSI-RS

[0219] 根据与图5相关的实施例相关联的符号, eNB 103具有  $(M, N, P) = (4, 4, 2)$  的2D TXRU阵列。在这种情况下, TXRU的总数量是32。在此实施例中, eNB 103将UE 115配置成具有  $N_p$  个CSI-RS端口, 其中针对可以分解成  $(M, N, P_{\text{effective}}) = (4, 4, 1)$  的第一类型的CSI-RS,  $N_p = M \cdot N = 16$ , 以便UE 115可以估计长期CDI。

[0220] 在一个方法中, 这16个CSI-RS天线端口一对一映射到与相同天线极化相关联的16个TXRU。例如, 16个CSI-RS天线端口一对一映射到TXRU  $(0, 0, 0)$ 、 $(0, 1, 0)$ 、 $(0, 2, 0)$ 、 $(0, 3, 0)$ 、 $(1, 0, 0)$ 、 $(1, 1, 0)$ 、 $(1, 2, 0)$ 、 $(1, 3, 0)$ 、 $(2, 0, 0)$ 、 $(2, 1, 0)$ 、 $(2, 2, 0)$ 、 $(2, 3, 0)$ 、 $(3, 0, 0)$ 、 $(3, 1, 0)$ 、 $(3, 2, 0)$ 、 $(3, 3, 0)$ 。图10示出根据本公开的实施例的示例CSI-RS端口虚拟化实施1000: 用来馈送32个TXRU的16个端口。图10所示的实施例仅仅是为了说明。在不脱离本公开的范围的情况下, 可以使用其他实施例。

[0221] 在另一方法中, 这16个CSI-RS天线端口映射到32个TXRU, 其中每个CSI-RS端口与一对TXRU  $(m, n, 0)$  和  $(m, n, 1)$  相关联。在一个示例中, 每个CSI-RS端口与一对TXRU (标记为TXRU A和TXRU A') 的关联权重可以是  $[+1+1]/\sqrt{2}$ , 如图10所示。在附图中, CSI-RS端口 a 分成两个分支并且分别以  $1/\sqrt{2}$  进行扩展, 随后馈送到与天线子阵列  $(m, n, 0)$  和  $(m, n, 1)$  相关联的TXRU A和A'。应注意, 特定预编码权重仅仅是用于说明。

[0222]  $(M, N, P) = (4, 4, 2)$  的eNB 103可以额外地配置和发送第二类型的CSI-RS。根据本公开的一些实施例, 第二类型的CSI-RS通过基于UE 115的CDI反馈而选择的预编码器进行预编码, 其中UE 115从可以分解成q对天线端口的  $Q (=q/2)$  个天线端口中导出短期CSI, 并且每一对包括具有相同波束成形矢量但具有不同极化的两个天线端口。

[0223] 在用于第一CSI-RS源的另一方法中, 将  $N_b$  个CSI-RS端口配置成用于第一CSI-RS源, 并且将  $N_b$  个CSI-RS端口波束成形, 即, 将预编码权重应用于将要映射到天线阵列中的  $N_p$  个TXRU上的每个CSI-RS。在这种情况下, UE 115估计的CDI可以从  $N_b$  个CSI-RS端口中选择的CSI-RS端口的集合。

[0224] UE 115可以在  $N_b$  个CSI-RS端口之中选择具有L个最强接收功率的L个CSI-RS端口。L的一些示例值是  $L=1$  和  $L=4$ 。

[0225] 在选择L个此类CSI-RS端口之后, UE 115在PUSCH或PUCCH上将有关所选择的L个CSI-RS端口的信息报告给eNB。

[0226] 实施例: 用于长期CSI估计的粗糙波束成形CSI-RS

[0227] 如在本公开的一些实施例中, 假定用于方位信道方向的DFT矢量是:

$$[0228] \quad \mathbf{v}_a^{(A)} = [1 \quad e^{j2\pi a/A} \quad e^{j4\pi a/A} \quad e^{j6\pi a/A}]^T, \quad a=0, 1, \dots, A-1; \text{ 以及}$$

[0229] 用于高度信道方向的DFT矢量是:

$$[0230] \quad \mathbf{u}_b^{(B)} = [1 \quad e^{j2\pi b/B} \quad e^{j4\pi b/B} \quad e^{j6\pi b/B}]^T, \quad b=0, 1, \dots, B-1,$$

[0231] 那么, 方位和高度DFT波束索引空间  $(a, b)$  被分成包括  $A \cdot B$  个分量的网格。

[0232] 在此实施例中, eNB 103将第一和第二CSI-RS源配置成用于UE。第一CSI-RS和第二CSI-RS均被波束成形, 但第一CSI-RS波束比第二CSI-RS波束粗糙地封装; 换言之, 第一CSI-RS波束比第二CSI-RS波束宽。在一个示例中, 通过  $A=8$  和  $B=4$  来构建第一CSI-RS波束并且通过  $A'=16$  和  $B'=4$  来构建第二CSI-RS波束。

[0233] 图11A和图11B示出根据本公开的实施例的DFT波束索引网格1100。图11A和图11B

所示的实施例仅仅是为了说明。在不脱离本公开的范围的情况下,可以使用其他实施例。

[0234] 针对第一CSI-RS源,eNB可以配置 $A=8$ 和 $B=4$ ,并且发送 $A \cdot B=32$ 端口波束成形的CSI-RS,如图所示。在图11A中,示出精细网格和粗糙网格。粗糙网格包括32个元件,每个的索引为 $(a,b)$ ,其中 $a=0,1,\dots,A-1$ 并且 $b=0,1,\dots,B-1$ ;类似地,精细网格包括128个元素,每个的索引为 $(a',b')$ ,其中 $a'=0,1,\dots,A'-1$ 并且 $b'=0,1,\dots,B'-1$ ,而且 $A'=2A$ 和 $B'=2B$ 。粗糙网格中的元素 $(a,b)$ 对应于通过预编码矢量 $v_a^{(A)} \otimes u_b^{(B)}$ 进行预编码的CSI-RS波束,类似地,精细网格中的元素 $(a',b')$ 对应于通过预编码矢量 $v_{a'}^{(A')} \otimes u_{b'}^{(B')}$ 进行预编码的CSI-RS波束。随后,eNB 103接收来自UE 115的波束索引反馈,其中依赖于32端口波束成形的CSI-RS来估计波束索引。在一个示例中,eNB 103得到来自UE 115的对应于 $v_0^{(A)} \otimes u_0^{(B)}$ 的波束索引对 $(a,b) = (0,0)$ 的反馈。随后,根据本公开的一些实施例,针对UE 115,eNB 103在第二CSI-RS源上发送多个更精细波束CSI-RS(其中 $A'>A$ 并且 $B'>B$ ),以便UE 115可以导出波束选择和共相位信息并且将它反馈到eNB 103。

[0235] 在图11B的示例中,多个更精细波束对应于 $(a',b') = (0,0), (1,0), (0,1), (1,1)$ ,其中 $A'=16$ 并且 $B'=8$ ,对应于 $v_0^{(A')} \otimes u_0^{(B')}$ 、 $v_0^{(A')} \otimes u_1^{(B')}$ 、 $v_1^{(A')} \otimes u_0^{(B')}$ 和 $v_1^{(A')} \otimes u_1^{(B')}$ 。

[0236] 在另一示例中,多个更精细波束可以对应于4个更精细方位波束,即, $(a',b) = (0,0), (1,0), (2,0), (3,0)$ ,其中 $A'=32$ ,对应于 $v_0^{(A')} \otimes u_0^{(B)}$ 、 $v_1^{(A')} \otimes u_0^{(B)}$ 、 $v_2^{(A')} \otimes u_0^{(B)}$ 和 $v_3^{(A')} \otimes u_0^{(B)}$ 。

[0237] 实施例:相对于两种类型的CSI-RS的CQI估计时间窗口

[0238] 图12示出根据本公开的一些实施例的有关与短期CSI反馈相关的UE 115和eNB 103操作的流程图1200。尽管信号图描绘一系列的顺序步骤,但除非明确说明,否则不应从有关下列的顺序中得出推论:连续而不是同时或以重叠的方式执行的具体顺序、步骤或其部分的执行,或者在不发生中介或中间步骤的情况下排他地执行所示步骤。所示示例中描绘的过程由(例如)UE、eNB或其他实体中的处理电路实施。

[0239] 在该实施例中,UE 115被配置成具有两种类型的CSI-RS源:(1)用于长期信道方向估计的第一CSI-RS源;和(2)用于共相位和波束选择的第二CSI-RS源。

[0240] 在步骤1中,UE 115接收来自eNB 103的第一类型的CSI-RS。

[0241] 在步骤2中,UE利用在第一CSI-RS源上发送的CSI-RS来导出和反馈CDI。

[0242] 在步骤3中,eNB 103可以基于CDI反馈来决定更新用于第二类型的CSI-RS的预编码器。在此类情况下,eNB将第二类型的CSI-RS的波束成形更新的指示发送到UE 115。该指示可以在更高层(MAC或RRC)中发送和配置,或者在PDCCH的PHY层上的下行链路控制信息(DCI)中动态表明。

[0243] 在步骤4中,在接收到指示之后,UE 115将通过第二类型的CSI-RS估计的老信道估计从存储器中丢弃。

[0244] 在步骤5中,在发送指示消息之后,eNB 103将通过利用反馈CDI而导出的新预编码器进行预编码的第二类型的CSI-RS发送到UE。在一些实施例中,步骤4可以在步骤5之后发生。

[0245] 在步骤6中,在丢弃老信道估计之后并且在接收指示消息后第一次接收到第二类

型的CSI-RS之后,UE 115基于第二类型的CSI-RS导出新的短期CSI。

[0246] 在步骤7中,UE将短期CSI反馈到eNB 103。

[0247] UE 103可以存储通过第二类型的CSI-RS估计的信道估计以便将来使用。例如,UE信道估计可以将来自多个过去子帧的多个信道估计作为输入,以使信道估计更可靠。

[0248] 图13示出根据本公开的一些实施例的短期CSI估计时间窗口1300。图13所示的实施例仅仅是为了说明。在不脱离本公开的范围的情况下,可以使用其他实施例。

[0249] UE 115基于CSI-RS信道估计在时间窗口内生成短期CSI反馈,并且UE 115没有将来自两个不同时间窗口的不同CSI-RS信道估计作为用于生成短期CSI的输入。

[0250] UE 115基于触发事件来确定何时切换到新时间窗口。

[0251] 在一个方法中,触发事件是接收到第二集合的CSI-RS的波束成形更新的指示消息。

[0252] 在另一方法中,触发事件是确认接收到第二类型的CSI-RS的波束成形更新的指示消息,其中确认由UE 115发送到eNB 103。

[0253] 在另一方法中,触发事件是接收到在第二类型的CSI-RS的波束成形更新的指示消息后立即接收的第二类型的CSI-RS。

[0254] 在另一方法中,触发事件是接收到第一类型的CSI-RS。在第一类型的CSI-RS的两次连续接收之间的时间窗口内,UE 115可以假定短期CSI可以通过在时间窗口中接收的第二类型的CSI-RS导出。

[0255] 在另一方法中,时间窗口是接收第二类型的CSI-RS的单个子帧。

[0256] 方法:长期CSI反馈和短期CSI反馈的碰撞处理

[0257] 在一些实施例中,UE 115被配置成根据第一定期CSI反馈配置在第一PUCCH源上长期CSI和根据第二定期CSI反馈配置在第二PUCCH源上报告短期CSI。在UE 115发现两个CSI报告均被安排的特定子帧中,UE 115被配置成终止短期CSI反馈而只在第一PUCCH源上报告长期CSI。这个方法受到以下事实的启发:长期信息比短期信息更重要。

[0258] 方法:用于长期和短期CSI反馈的两个CSI过程

[0259] 在一些实施例中,UE 115被配置成具有两个CSI过程:具有用于CDI反馈的第一类型的CSI-RS的第一CSI过程和具有用于短期CSI反馈的第二类型的CSI-RS的第二CSI过程。第一和第二CSI过程配置也可以具有它们自己的CSI-IM、定期CSI和不定期CSI配置。定期CSI配置可以包括PUCCH源、报告频率和报告时间偏移。

[0260] 方法:(用于长期和短期CSI反馈的一个CSI过程)

[0261] 在一些实施例中,UE 115被配置成具有带两种类型的CSI-RS的一个CSI过程。CSI过程配置也可以具有CSI-IM、定期CSI和不定期CSI配置。定期CSI配置可以包括PUCCH源、报告频率和报告时间偏移。

[0262] 尽管参考示例性实施例描述了本发明,但可建议本领域的技术人员进行各种变化和更改。本发明意图涵盖所附权利要求书的范围内的此类变化和更改。

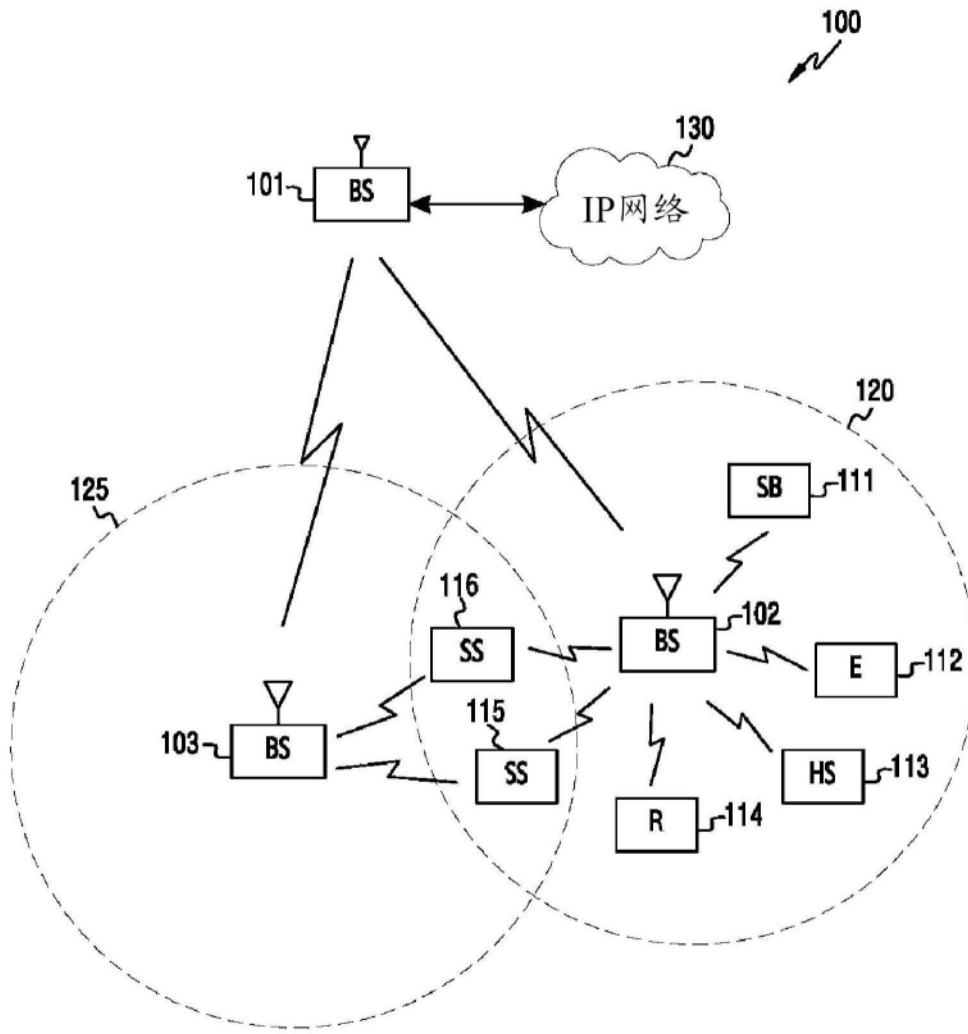


图1

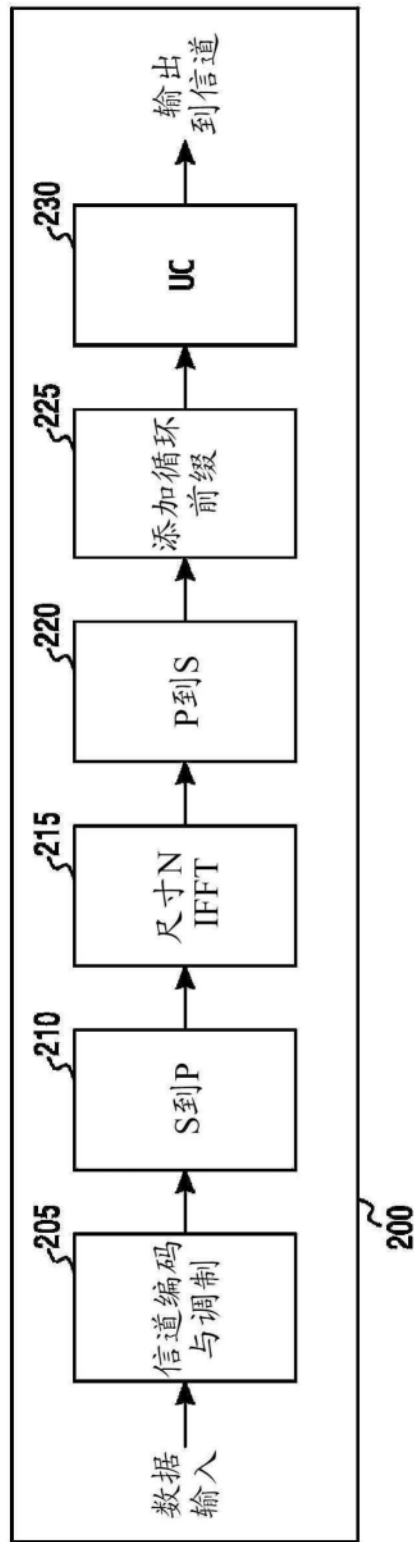


图2A



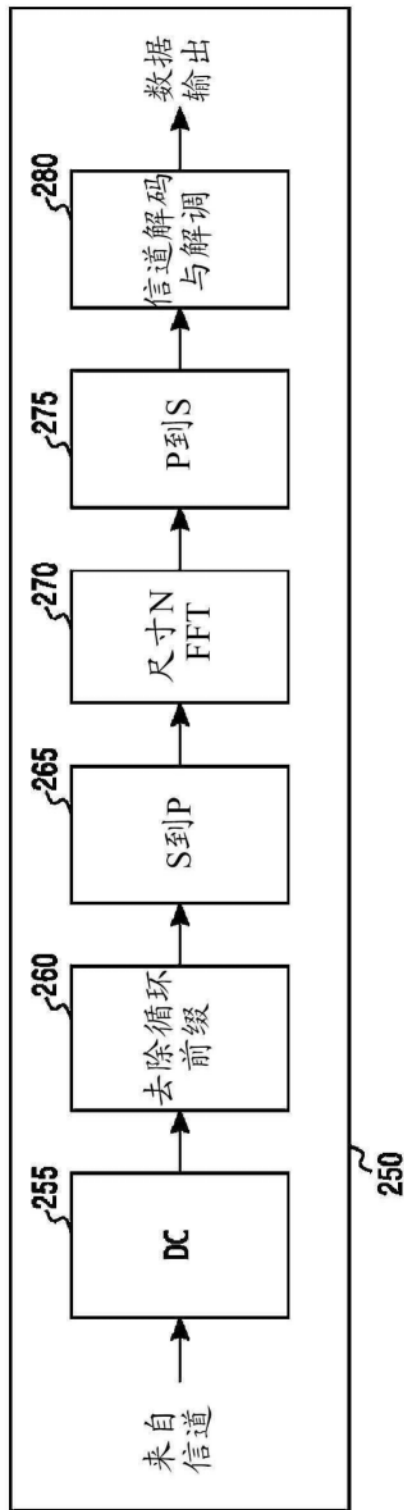


图2B

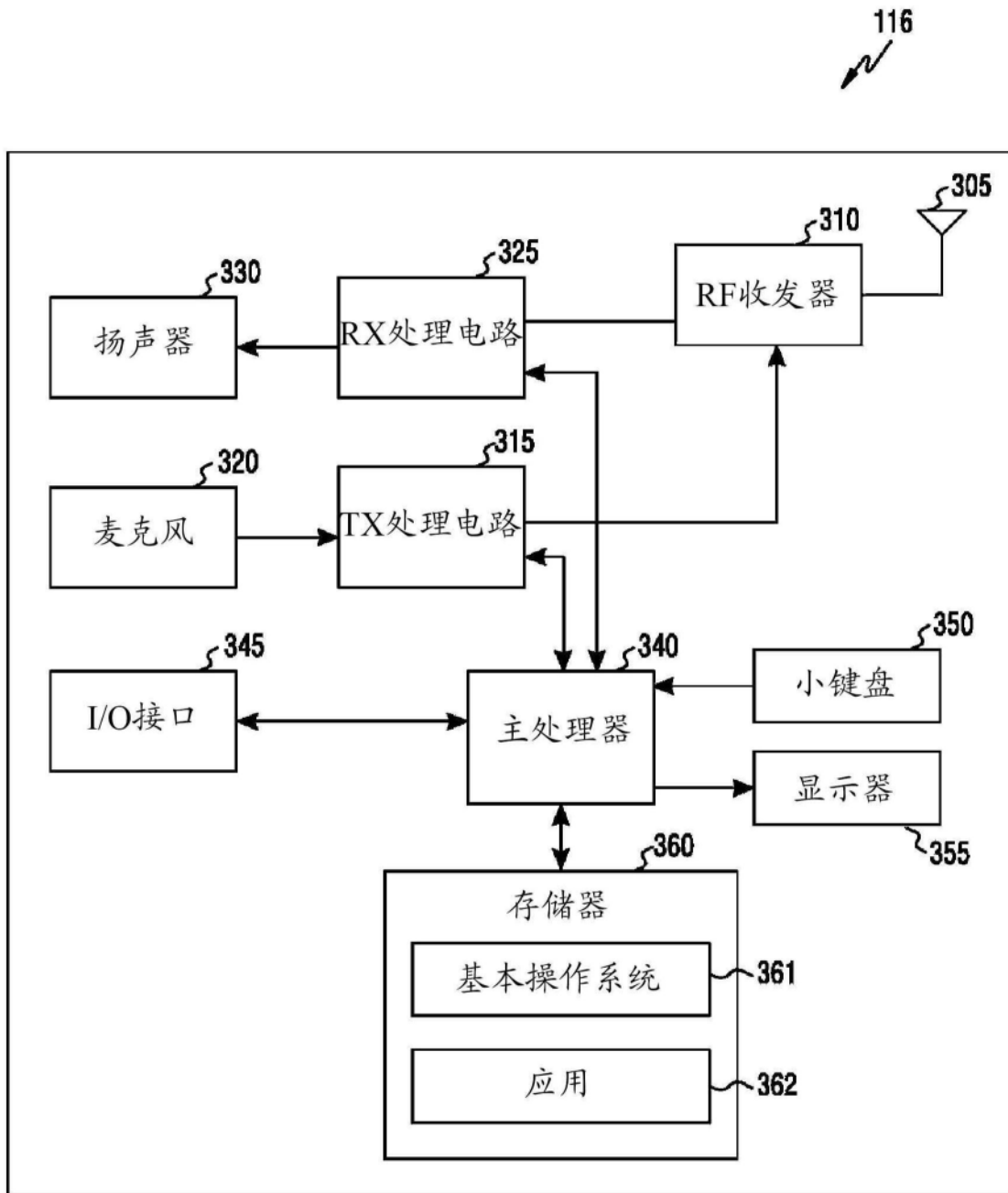


图3A

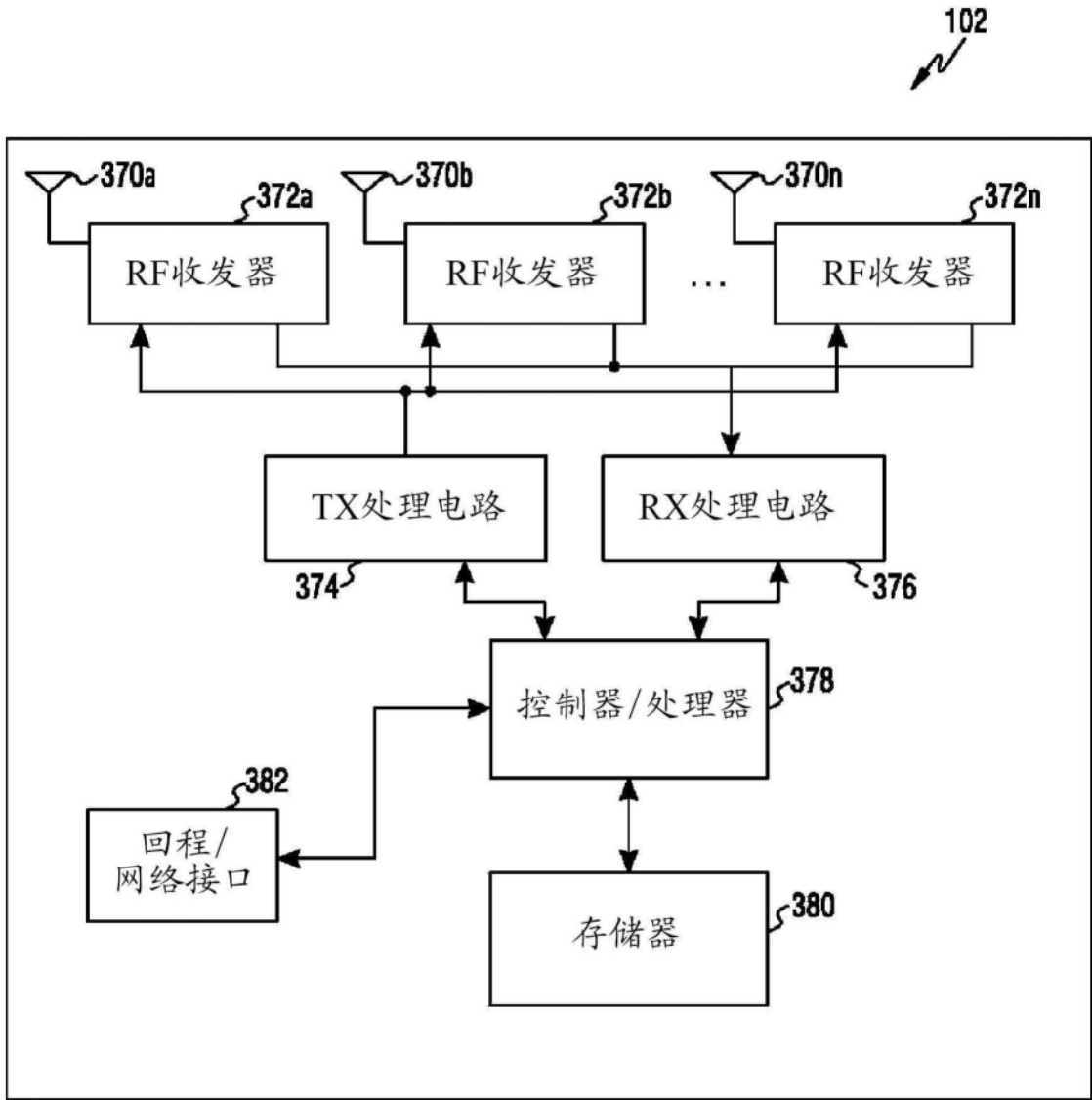


图3B

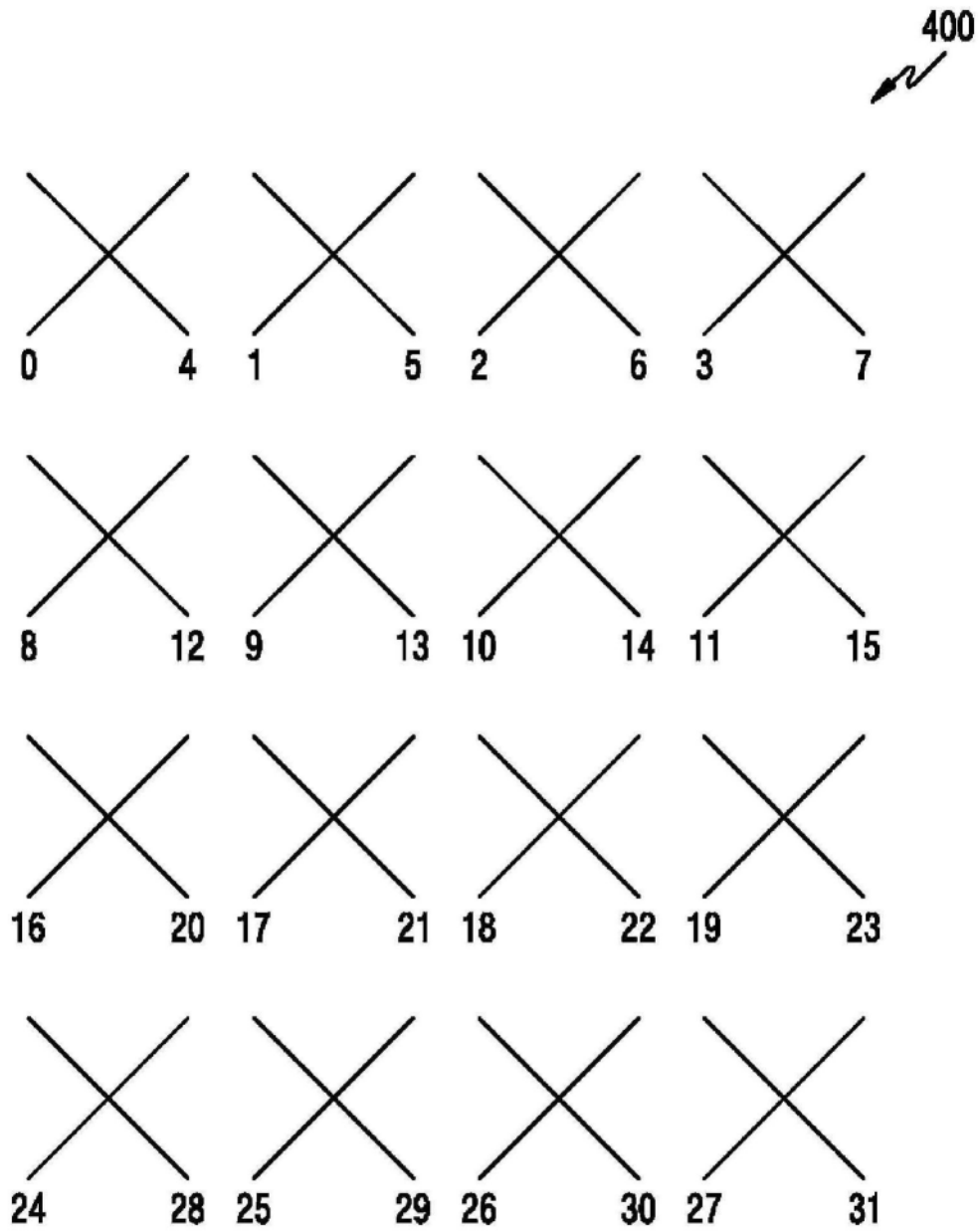


图4A

410  

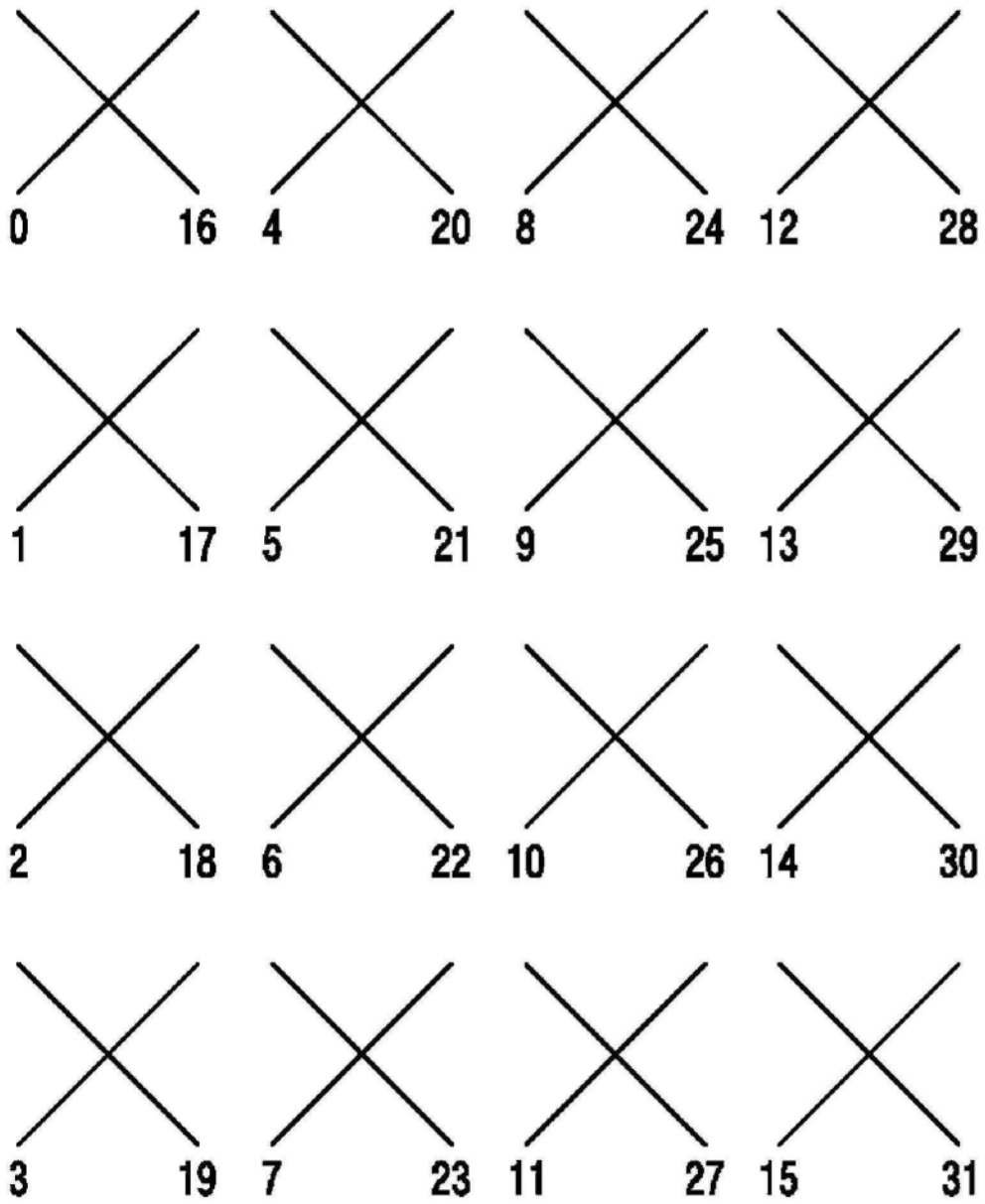



图4B

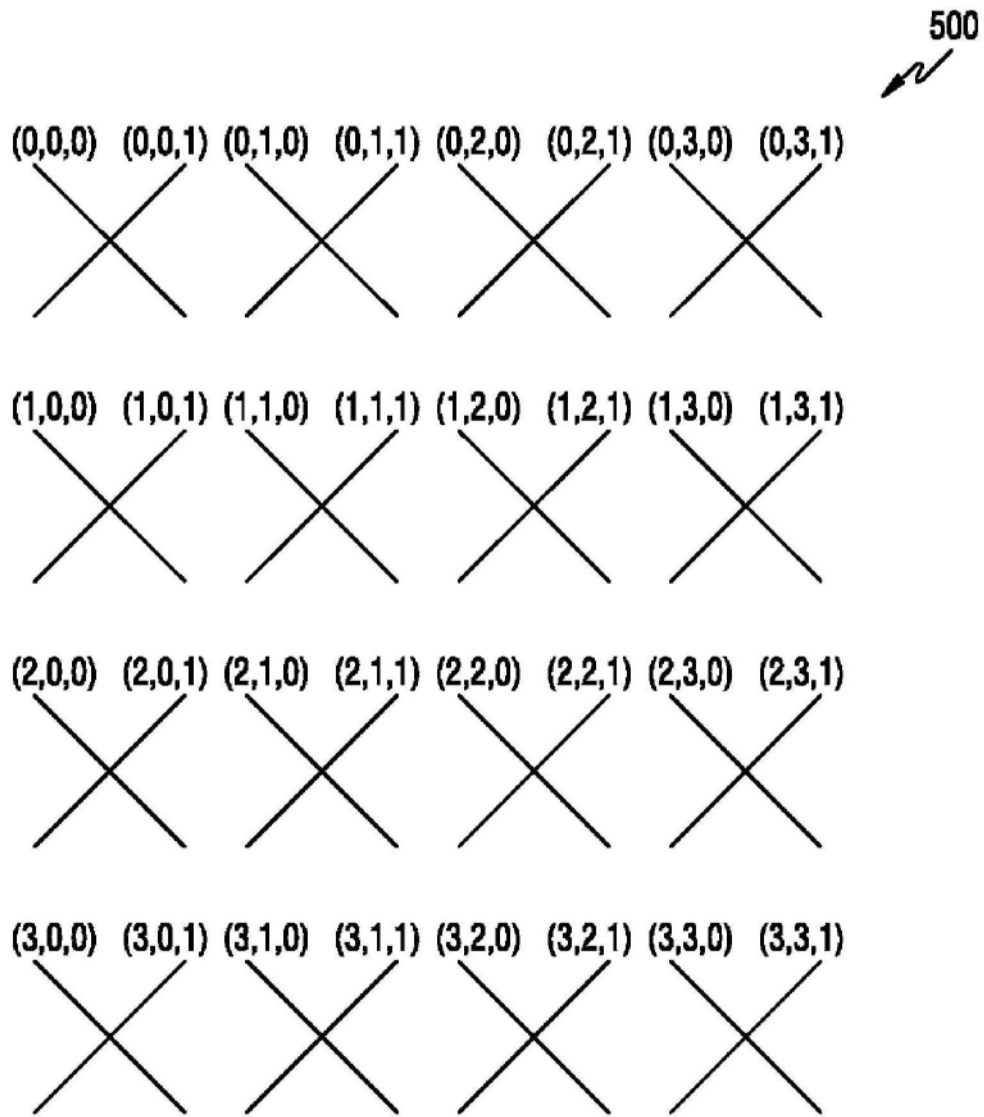


图5

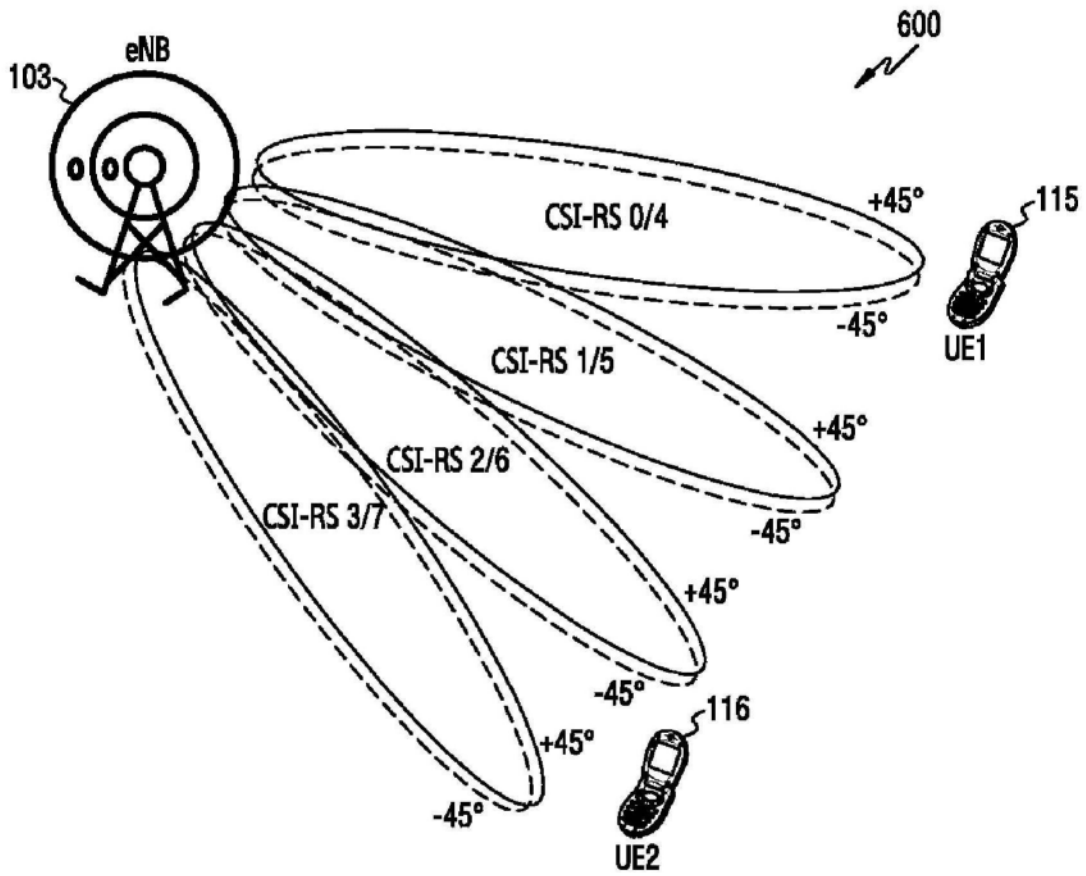


图6

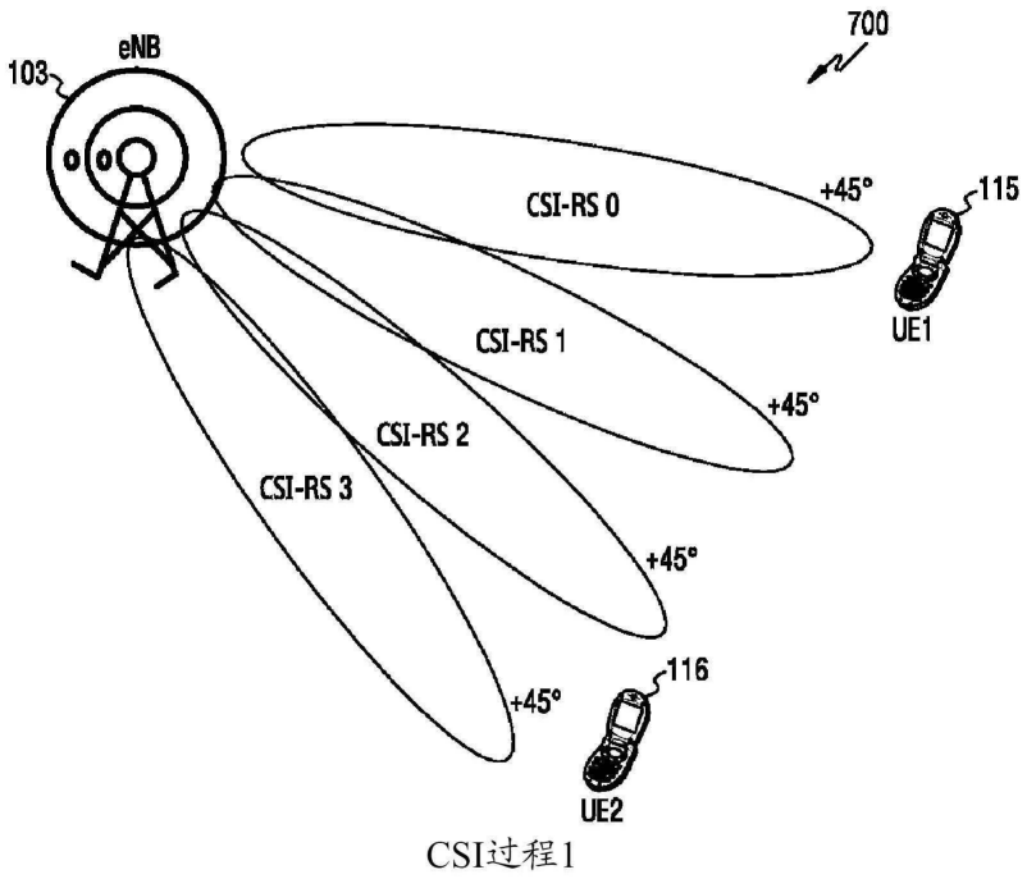


图7A



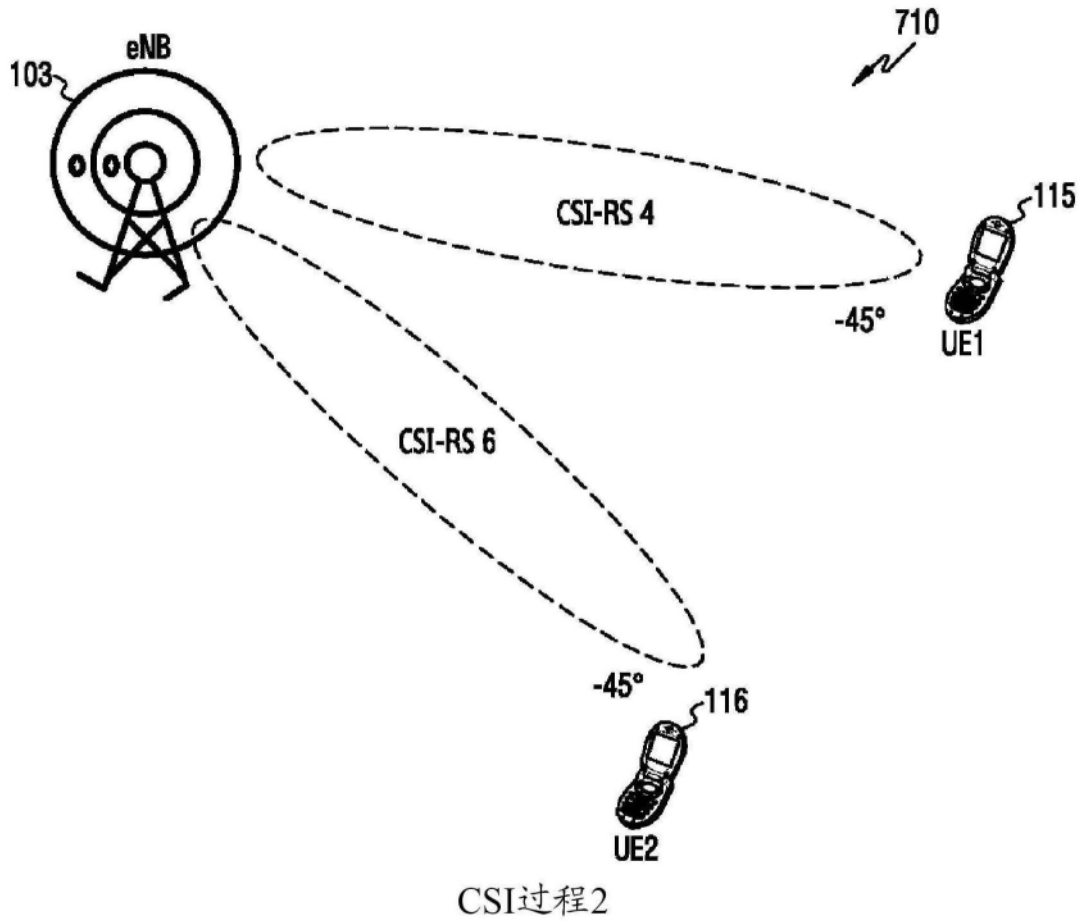


图7B

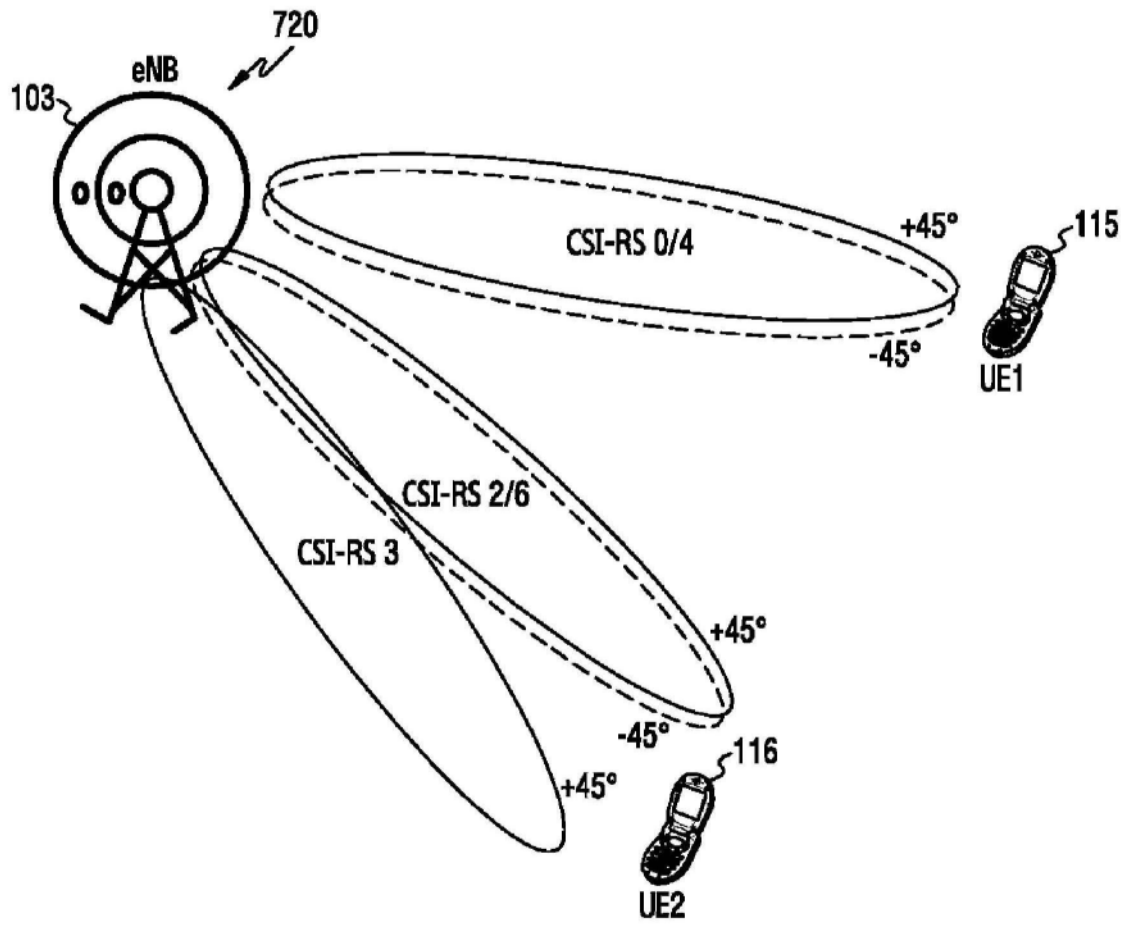


图8

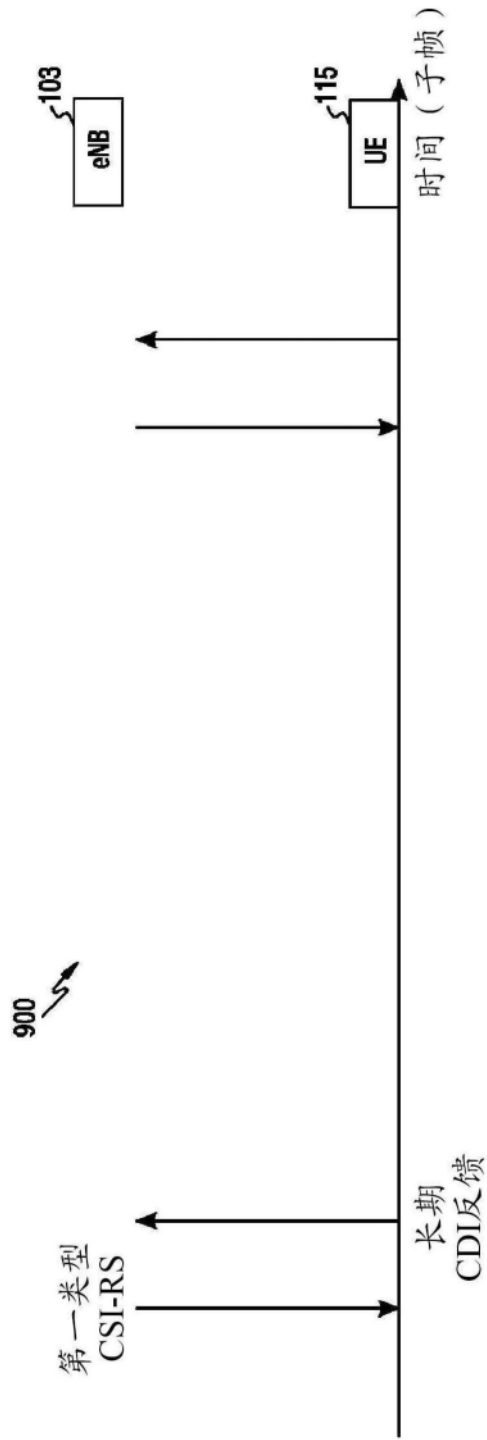


图9A

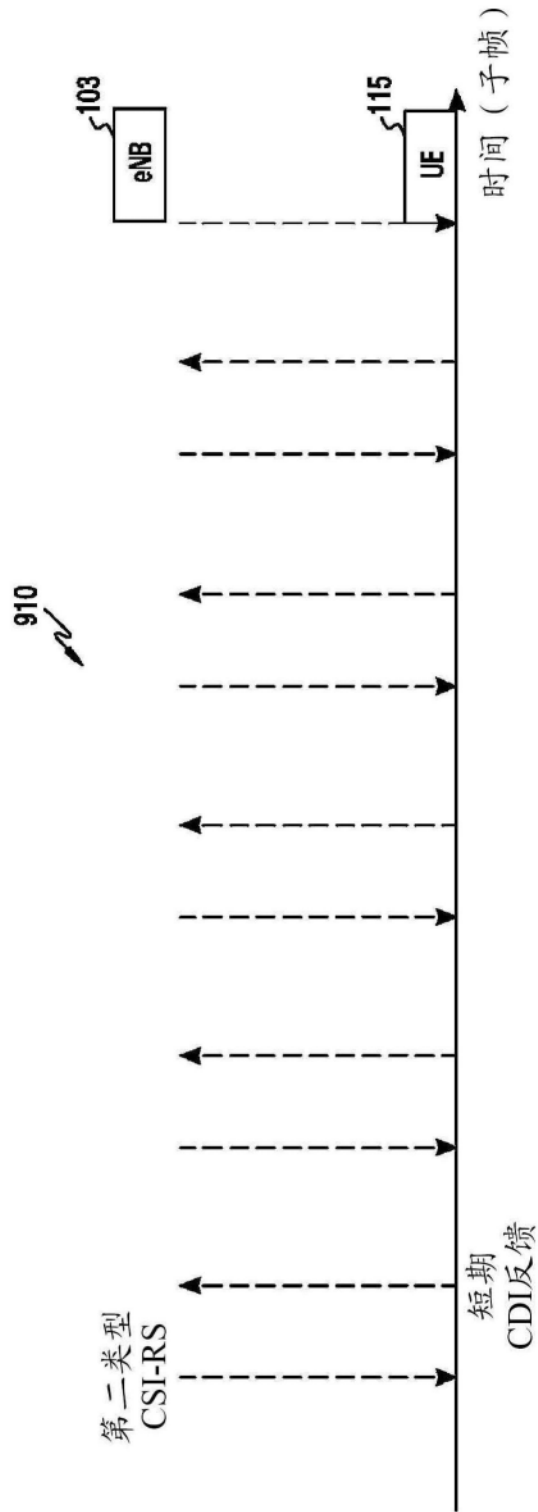


图9B

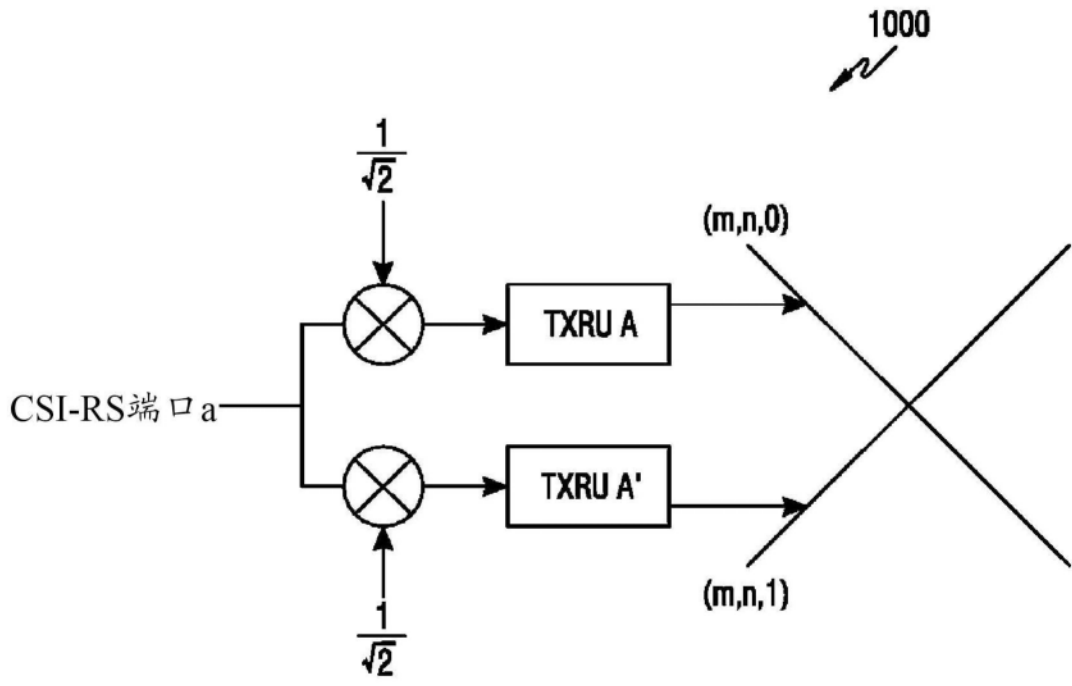


图10

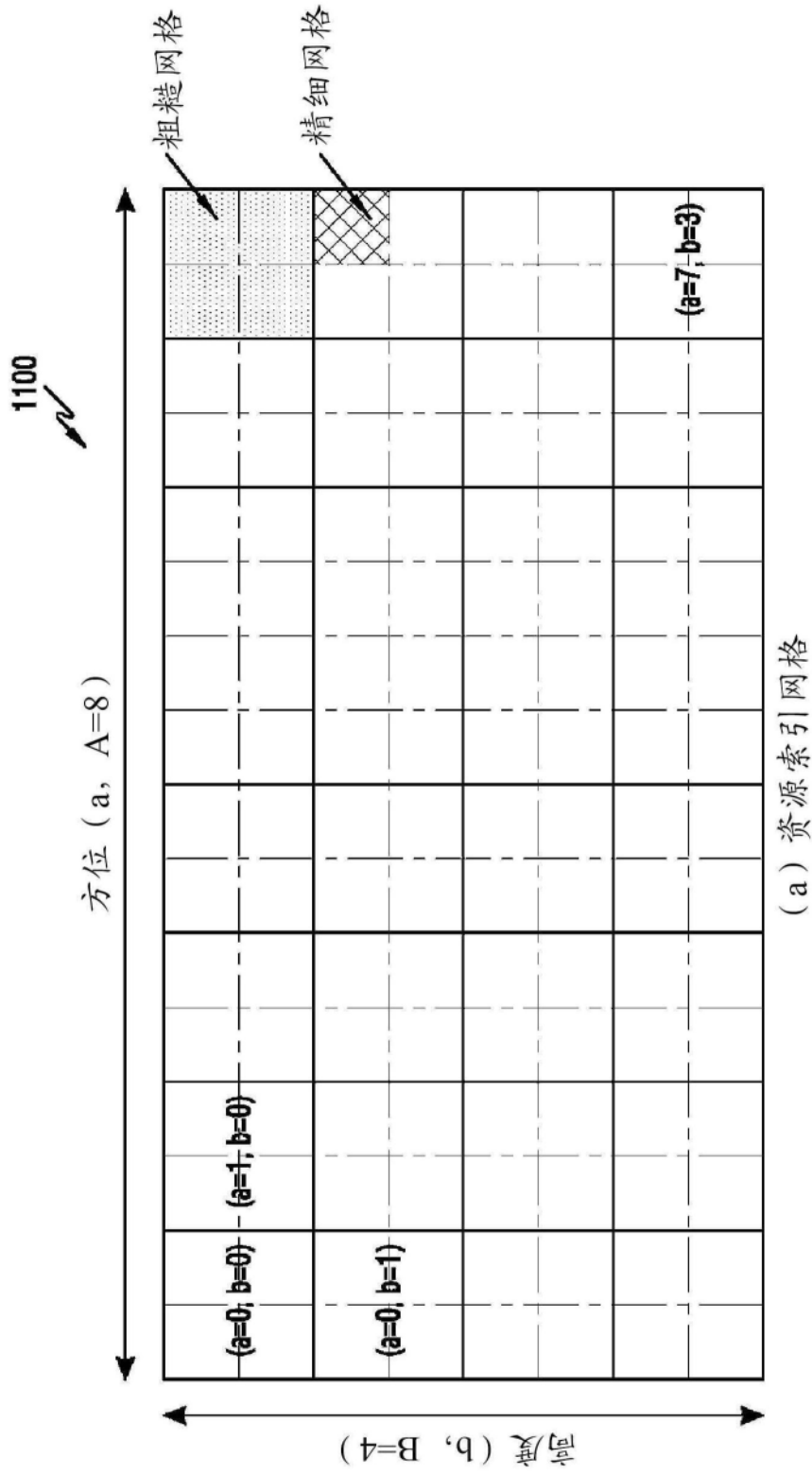


图11A

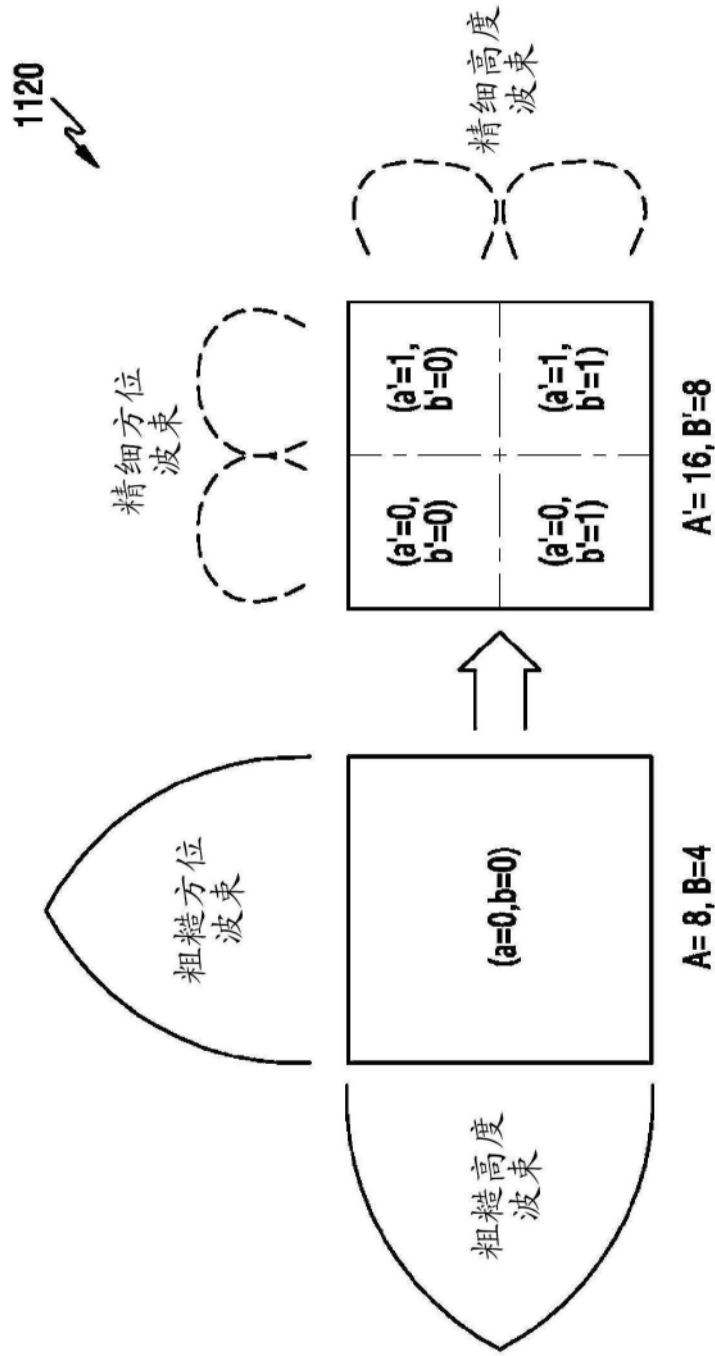


图11B

(b) 将粗糙网格中的元素分层为精细网格中的多个元素

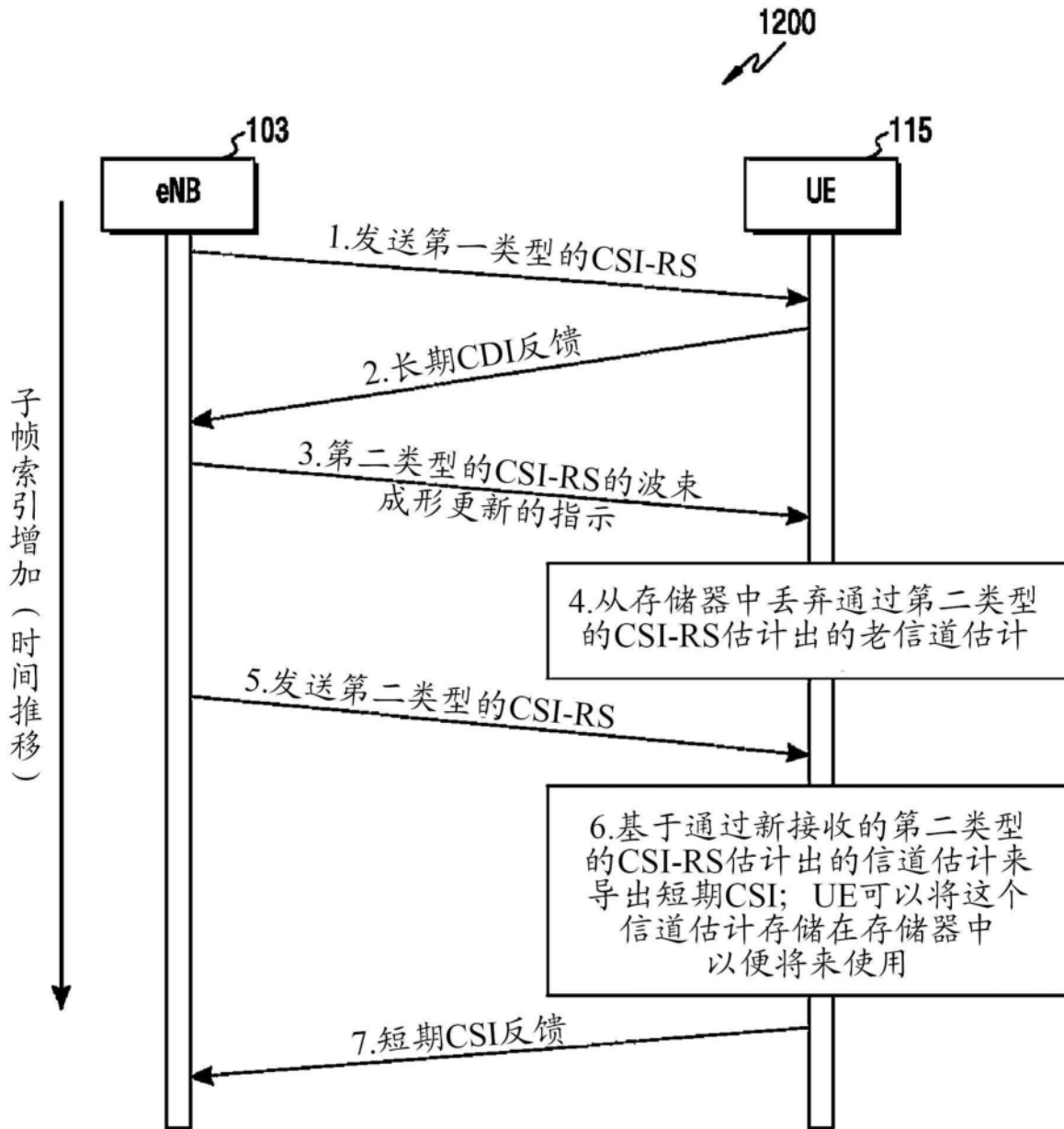


图12



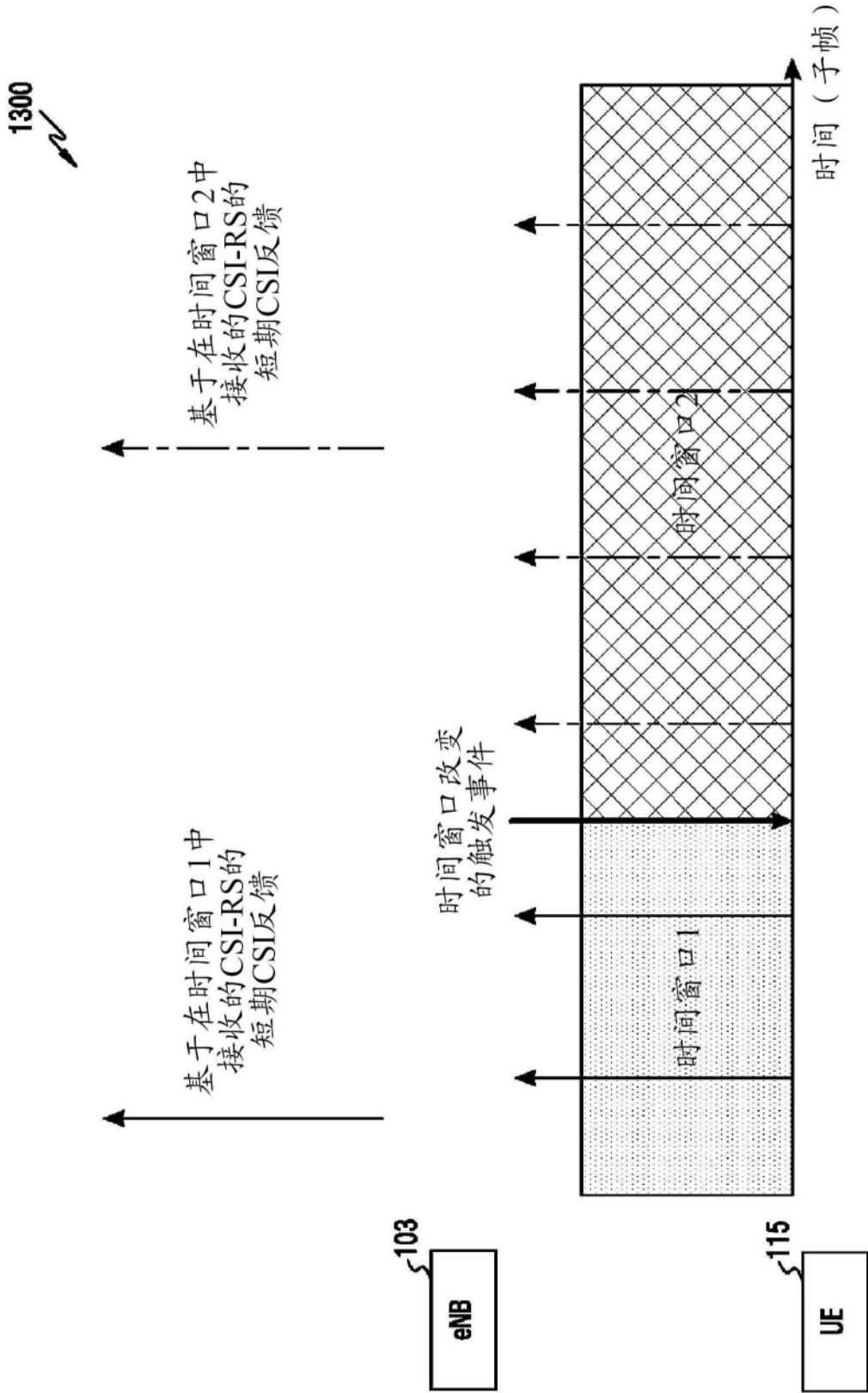


图13