

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(10) 国际公布号
WO 2014/179902 A 1

(43) 国际公布日
2014 年 11 月 13 日 (13.11.2014) WIPO | PCT

- (51) 国际分类号 : H04L 1/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号 : PCT/CN2013/000557
- (22) 国际申请日 : 2013 年 5 月 10 日 (10.05.2013)
- (25) 中 介 言 : 中文
- (26) 公布语言 : 中文
- (71) 申请人 : 上海贝尔股份有限公司 (ALCATEL-LUCENT SHANGHAI BELL CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市浦东新区宁桥路 388 号 ,Shanghai 201206 (CN)。
- (72) 发明人 武露 (WU, Lu); 中国上海市浦东新区宁桥路 388 号 ,Shanghai 201206 (CN) 。 刘曙 (LIU, Hao); 中国上海市浦东新区宁桥路 388 号 ,Shanghai 201206 (CN)。
- (74) 代理人 : 北京律盟知识产权代理有限公司 (LEE AND LI - LEAVEN IPR AGENCY LTD.); 中国北京市东城区东长安街 1 号东方广场西一办公楼 1008 室 Beijing 100738 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, ML, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[见续页]

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR MULTI-ANTENNA CHANNEL EXTRACTION CODEBOOK FEEDBACK IN MIMO SYSTEM

(54) 发明名称 MIMO 系统中的多天线信道抽取码本反馈方法及装置

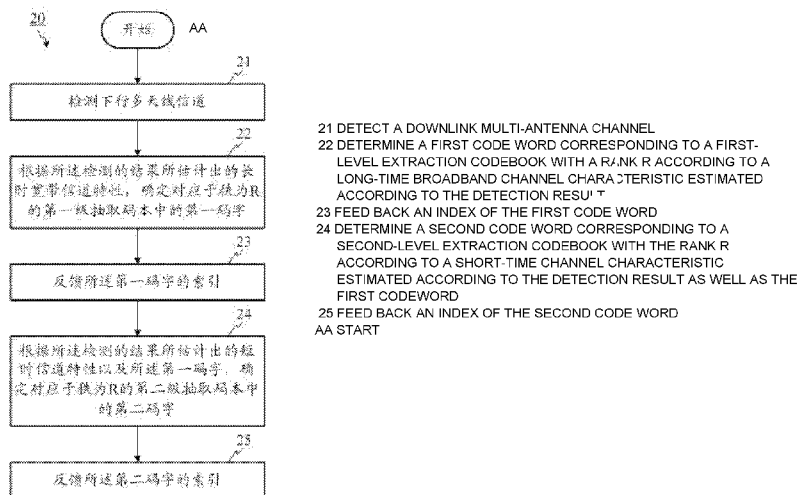


图 2 / Fig. 2

(57) Abstract: The present invention relates to a method and an apparatus for multi-antenna channel extraction codebook feedback in a MIMO system. In an embodiment, a method (20) comprises: (21) detecting a downlink multi-antenna channel; (22) determining a first code word corresponding to a first-level extraction codebook with a rank R; (23) feeding back an index of the first code word; (24) determining a second code word corresponding to a second-level extraction codebook with the rank R; and (25) feeding back an index of the second code word. In the solution, proper codebook extraction is introduced in a 4-antenna downlink channel two-level codebook index feedback.

(57) 摘要 本发明涉及 MIMO 系统中的多天线信道抽取码本反馈方法及装置。一个实施例中, 方法 (20) 包括: 检测 (21) 下行多天线信道; 确定 (22) 对应于秩为 R 的第一级抽取码本中的第一码字; 反馈 (23) 所述第一码字的索引; 确定 (24) 对应于秩为 R 的第二级抽取码本中的第二码字; 反馈 (25) 所述第二码字的索引。上述方案在 4 天线下行信道两级码本索引反馈中引入了合适的码本抽取。



2014/179902 A1

WO 2014/179902 A1 

RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, 本国际公布,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TO)。 - 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

MIMO 系统中的多天线信道抽取码本反馈方法及装置

技术领域

本发明大体上涉及移动通信技术，更具体地，涉及多用户多输入多输出 (Multiple User Multiple Input Multiple Output, MU MIMO) 传输技术。

背景技术

在长期演进项目 (Long Term Evolution, LTE) 第 10 版公布 (Release 10, R10) 的系统中，当基站亦即进化节点 B (evolved Node B, eNB) 采用 4 天线交叉极化方向天线阵列设置时，由于 Release 10 的码本 (codebook) 对于这样的天线设置来说不够精确，下行多用户多输入多输出的效果不如预期的好，严重限制了多用户 MIMO 的应用。

发明内容

本发明的一个主要目的在于提供新的用于 MU-MIMO 系统的码本反馈的技术方案并能够克服现有技术中的上述缺陷。

在一个实施例中，提供了一种用于多输入多输出系统的 4 天线下行信道反馈的方法，包括：检测下行多天线信道；根据所述检测的结果所估计出的长时宽带信道特性，确定对应于秩为 R 的第一级抽取码本中的第一码字；完整第一级码本中的任一码字为四块对角矩阵，其中对角线上是两个 $2 \times C$ 块矩阵，该两个 $2 \times C$ 块矩阵的列向量选自 Q_1 个 DFT 波束向量；其中所述第一级抽取码本经由以下三种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第一级码本：1) 对于相互之间有部分 DFT 波束重叠的码字，去掉一部分，2) 对于相互之间所有 DFT 波束重复的码字，去掉一部分，3) 去掉部分码字以减小 DFT 波束的可选范围；反馈所述第一码字的索引；根据所述检测的结果所估计出的短时信道特性以及所述第一码字，确定对应于秩为 R 的第二级抽取码本中的第二码字；完整第二级码本中的任一码字为 $2C \times R$ 矩阵，该 $2C \times R$ 矩阵用于为各极化方向和各层从所述第一码字中进行列选择、并为不同的极化方向之间引入相位偏移信息；其中所述第二级抽取码本经由以下四种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第二级码本：1) 限制列选择选项；2) 限制相位偏移因子选项；3) 去掉不同极化方向之间的不同 DFT 波束选择；

4) 去掉不同层之间的不同 DFT 波束选择 ; 反馈所述第二码字的索引。

上述方法的一个实施例还包括 : 确定下行传输的秩。

在另一个实施例中 , 提供了一种用于多输入多输出系统的 4 天线下行信道反馈的装置 , 包括 : 检测模块 , 其配置为检测下行多天线信道 ; 第一确定模块 , 其配置为根据所述检测的结果所估计出的长时宽带信道特性 , 确定对应于秩为 R 的第一级抽取码本中的第一码字 ; 完整第一级码本中的任一码字为四块对角矩阵 , 其中对角线上是两个 $2 \times C$ 块矩阵 , 该两个 $2 \times C$ 块矩阵的列向量选自 Q_1 个 DFT 波束向量 ; 其中所述第一级抽取码本经由以下三种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第一级码本 : 1) 对于相互之间有部分 DFT 波束重叠的码字 , 去掉一部分 , 2) 对于相互之间所有 DFT 波束重复的码字 , 去掉一部分 , 3) 去掉部分码字以减小 DFT 波束的可选范围 ; 反馈模块 , 其配置为反馈所述第一码字的索引 ; 第二确定模块 , 其配置为根据所述检测的结果所估计出的短时信道特性以及所述第一码字 , 确定对应于秩为 R 的第二级抽取码本中的第二码字 ; 完整第二级码本中的任一码字为 $2C \times R$ 矩阵 , 该 $2C \times R$ 矩阵用于为各极化方向和各层从所述第一码字中进行列选择、并为不同的极化方向之间引入相位偏移信息 ; 其中所述第二级抽取码本经由以下四种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第二级码本 : 1) 限制列选择选项 ; 2) 限制相位偏移因子选项 ; 3) 去掉不同极化方向之间的不同 DFT 波束选择 ; 4) 去掉不同层之间的不同 DFT 波束选择 ; 所述反馈模块还配置为反馈所述第二码字的索引。

上述装置的一个实施例还包括第三确定模块 , 其配置为确定下行传输的秩。

在一个实施例中 , 提供了一种用户设备 , 其包括上述的装置。

在又一个实施例中 , 提供了一种用于多输入多输出系统的具有 4 发射天线的基站中的方法 , 包括 : 接收用户设备所反馈的下行传输的秩、第一级抽取码本中第一码字的索引、以及第二级抽取码本中第二码字的索引 ; 完整第一级码本中的任一码字为四块对角矩阵 , 其中对角线上是两个 $2 \times C$ 块矩阵 , 该两个 $2 \times C$ 块矩阵的列向量选自 Q_1 个 DFT 波束向量 ; 其中所述第一级抽取码本经由以下三种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第一级码本 : 1) 对于相互之间有部分 DFT 波束重叠的码字 , 去掉一部分 , 2) 对于相互之间所有 DFT 波束重复的码字 , 去掉一部分 , 3) 去掉部分码字以减小 DFT 波束的可选范围 ; 完整第二级码本中的任一码字为 $2C \times R$ 矩阵 , 该 $2C \times R$ 矩阵用于为各极化方向和各层从所述第一码字中进行列选择、并为不同的极化方向之间引入相位偏移信息 ; 其中所述第二级抽取码本经由以下四种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第二级码本 : 1) 限制列选择选项 ; 2) 限制相位偏移因子选项 ; 3) 去掉不同极化方向之

间的不同 DFT 波束选择；4) 去掉不同层之间的不同 DFT 波束选择；根据所述秩、所述第一码字的索引以及所述第二码字的索引，确定下行信道特性。

在再一个实施例中，提供了一种用于多输入多输出系统的具有 4 发射天线的基站中的装置，包括：接收模块，其配置为接收用户设备所反馈的下行传输的秩、第一级抽取码本中第一码字的索引、以及第二级抽取码本中第二码字的索引；完整第一级码本中的任一码字为四块对角矩阵，其中对角线上是两个 $2 \times C$ 块矩阵，该两个 $2 \times C$ 块矩阵的列向量选自 Q_i 个 DFT 波束向量；其中所述第一级抽取码本经由以下三种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第一级码本：1) 对于相互之间有部分 DFT 波束重叠的码字，去掉一部分，2) 对于相互之间所有 DFT 波束重复的码字，去掉一部分，3) 去掉部分码字以减小 DFT 波束的可选范围；完整第二级码本中的任一码字为 $2C \times R$ 矩阵，该 $2C \times R$ 矩阵用于为各极化方向和各层从所述第一码字中进行列选择、并为不同的极化方向之间引入相位偏移信息；其中所述第二级抽取码本经由以下四种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第二级码本：1) 限制列选择选项；2) 限制相位偏移因子选项；3) 去掉不同极化方向之间的不同 DFT 波束选择；4) 去掉不同层之间的不同 DFT 波束选择；信道特性确定模块，其配置为根据所述秩、所述第一码字的索引以及所述第二码字的索引，确定下行信道特性。

在一个实施例中，提供了一种基站设备，其包括上述的装置。

在上述各方法、装置、设备的一些实施例中，所述第二级抽取码本经由所述四种抽取方式中的 1)、2)、3) 中的至少一种而抽取自所述完整第二级码本。

在上述各方法、装置、设备的一些实施例中，完整第一级码本中的码字的列向量包括等跨度的 DFT 波束向量和正交的 DFT 波束向量，或者包括等跨度的 DFT 波束向量而没有相互正交的 DFT 波束向量。

在上述各方法、装置、设备的另一些实施例中，对应于秩为 1，完整第二级码本中的任一码字的列向量配置为为每一个极化方向独立地选择相同的或不同的 DFT 波束，或者配置为为每一个极化方向选择相同的 DFT 波束。

在上述各方法、装置、设备的又一些实施例中，对应于秩为 2，完整第二级码本中的任一码字的列向量配置为为每一个极化方向独立地选择相同的或不同的 DFT 波束且为每一个层选择相同的 DFT 波束，或者配置为为每一个层独立地选择相同的或不同的 DFT 波束且为每一个极化方向选择相同的 DFT 波束，或者配置为为每一个极化方向独立地选择相同的或不同的 DFT 波束且为每一个层独立地选择相同的或不同的 DFT 波束，或者配置为为每一个极化方向选择相同的 DFT 波束且为每一个层选择相同的 DFT 波束。

在上述各方法、装置、设备的再一些实施例中，对应于秩为 3 或 4 的第一级码本是对应于秩为 1 或 2 的完整第一级码本的真子集。

在上述各方法、装置、设备的仍一些实施例中，对应于秩为 3 或 4，所述 $2 \times C$ 块矩阵的列向量中包括正交的 DFT 波束向量，所述第二级码本中的任一码字的列向量配置为为每一个极化方向独立地选择相同的或不同的 DFT 波束，或者配置为为每一个极化方向选择相同的 DFT 波束。

上文以及下文中“层”的概念也可以理解为多数据流应用下的“数据流”。所选用的码本的秩为 1、2、3 或 4，意味着相应应用涉及的下行数据流数量为 1、2、3 或 4。多数据流应用时（秩大于 1），第一级码本和第二级码本的构造通常还应考虑不同数据流（不同层）之间的关系（例如，波束选择相同还是不同）。

上述的技术方案在两级码本索引反馈中引入了正交的 DFT（离散傅里叶变换）波束选择，更加适合于交叉极化方向的 4 下行发射天线配置的 MIMO 应用。同时，上述方案在 4 天线下行信道两级码本索引反馈中引入了合适的码本抽取，适合于反馈开销受限情形下的码本重复利用。

以上概述了本发明的技术特征和优点以使得本发明以下的详细说明更易于理解。本发明的其他特征和优点将在下文中描述，其形成了本发明的权利要求的主题。本领域技术人员应能理解，所揭示的概念和实施例可以容易被用作修改或设计其他的用于实现与本发明相同的结构或流程的基础。本领域技术人员还应理解，这样的等同构造并未背离所附权利要求书的精神和范围。

附图说明

结合附图，以下关于本发明的优选实施例的详细说明将更易于理解。本发明以举例的方式予以说明，并非受限于附图，附图中类似的附图标记指示相似的元件。

图 1 示出了根据本发明的一个实施例的应用场景；

图 2 示出了根据本发明的一个实施例的适于多输入多输出系统的 4 天线下行信道反馈的方法的流程图；

图 3 示出了根据本发明的一个实施例的适于多输入多输出系统的 4 天线下行信道反馈的装置的结构示意图；

图 4 示出了根据本发明的一个实施例的适于多输入多输出系统的具有 4 发射天线的基站中的方法的流程图；

图 5 示出了根据本发明的一个实施例的适于多输入多输出系统的具有 4 发射天线的

基站中的装置的结构示意图。

具体实施方式

附图的详细说明意在作为本发明的当前优选实施例的说明，而非意在代表本发明能够得以实现的仅有形式。应理解的是，相同或等同的功能可以由意在包含于本发明的精神和范围之内的不同实施例完成。

本领域技术人员应能理解，此处描述的手段和功能可以使用结合程控微处理器和通用计算机软件功能来实现，和/或使用特定应用集成电路（ASIC）来实现。还应理解的是，尽管本发明主要以方法和装置的形式进行说明，本发明也可以具体化为计算机程序产品以及包含计算机处理器和联接到处理器的存储器的系统，其中存储器用可以完成此处揭示的功能的一个或多个程序来编码。

图 1 示出了根据本发明的一个实施例的应用场景示意图。本发明的技术方案适于多输入多输出系统。如图所示，该场景中包括基站设备 1 和用户设备 2。本发明的技术方案适于，例如但不限于，基站设备 1 和用户设备 2 之间的预编码矩阵索引（Precoding Matrix Index, PMI）反馈。本领域技术人员应能理解，本文中所称的基站或基站设备例如但不限于 LTE 系统或者 LTE-A 系统中的节点 B（Node B）或者进化节点 B（evolved Node B, eNB），本发明的技术方案也不限于适用 LTE 系统或者 LTE-A 系统。这里的索引反馈采用两级码本方案，一个完整的码字 W 对应于下行信道特性，其可以用公式表示为 $W = \sum_{l=1}^L \alpha_l V_l$ 。其中，第一码字 W_1 取自第一级码本 B_1 ，其用于表征长时宽带信道特性。第二码字 W_2 取自第二级码本 B_2 ，用于表征短时信道特性。因为第二码字是根据用户设备的业务需要而在相应的若干子频带上的信道检测得到的，其经常也用于表征若干相应子频带的信道特性。第一码字可以较长的周期反馈，而第二码字可以较短的周期反馈。

图 2 示出了根据本发明的一个实施例的适于多输入多输出系统的 4 天线下行信道反馈的方法的流程图。如图所示，该方法 20 包括由用户设备 2 所执行的步骤 21、22、23、24 和 25。

在步骤 21 中，用户设备 2 检测下行多天线信道。例如但不限于，用户设备 2 所检测的下行多天线信道的多天线均为基站设备 1 的发射天线。

在步骤 22 中，用户设备 2 根据所述检测的结果所估计出的长时宽带信道特性，确定对应于秩为 R 的第一级抽取码本中的第一码字。完整第一级码本中的任一码字为四块对角矩阵，其中对角线上是两个 $2 \times C$ 块矩阵，该两个 $2 \times C$ 块矩阵的列向量选自 Q_1 个

DFT 波束向量。所述第一级抽取码本经由以下三种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第一级码本：1) 对于相互之间有部分 DFT 波束重叠的码字，去掉一部分，2) 对于相互之间所有 DFT 波束重复的码字，去掉一部分，3) 去掉部分码字以减小 DFT 波束的可选范围。

在步骤 23 中，用户设备 2 反馈所述第一码字的索引。

在步骤 24 中，用户设备 2 根据所述检测的结果所估计出的短时信道特性以及所述第一码字，确定对应于秩为 R 的第二级抽取码本中的第二码字。完整第二级码本中的任一码字为 $2C \times R$ 矩阵，该 $2C \times R$ 矩阵用于为各极化方向和各层从所述第一码字中进行列选择、并为不同的极化方向之间引入相位偏移信息。所述第二级抽取码本经由以下四种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第二级码本：1) 限制列选择选项；2) 限制相位偏移因子选项；3) 去掉不同极化方向之间的不同 DFT 波束选择；4) 去掉不同层之间的不同 DFT 波束选择。

在步骤 25 中，用户设备 2 反馈所述第二码字的索引。

在某些情况下，上述方法 20 还包括步骤 26，用户设备 2 确定下行传输的秩 R 。对于 4 下行发射天线的的环境， R 可以为 1、2、3 或 4。该步骤 26 通常在步骤 22 之前执行。

图 3 示出了根据本发明的一个实施例的适于多输入多输出系统的 4 天线下行信道反馈的装置 30 的结构示意图。如图所示，该装置 30 包括检测模块 31、第一确定模块 32、第二确定模块 33、以及反馈模块 34。该装置 30 通常配置于用户设备 2 中。

检测模块 31 配置为检测下行多天线信道。

第一确定模块 32 配置为根据所述检测的结果所估计出的长时宽带信道特性，确定对应于秩为 R 的第一级抽取码本中的第一码字。完整第一级码本中的任一码字为四块对角矩阵，其中对角线上是两个 $2 \times C$ 块矩阵，该两个 $2 \times C$ 块矩阵的列向量选自 Q_1 个 DFT 波束向量。所述第一级抽取码本经由以下三种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第一级码本：1) 对于相互之间有部分 DFT 波束重叠的码字，去掉一部分，2) 对于相互之间所有 DFT 波束重复的码字，去掉一部分，3) 去掉部分码字以减小 DFT 波束的可选范围。

反馈模块 34 配置为反馈所述第一码字的索引。

第二确定模块 33 配置为根据所述检测的结果所估计出的短时信道特性以及所述第一码字，确定对应于秩为 R 的第二级抽取码本中的第二码字。完整第二级码本中的任一码字为 $2C \times R$ 矩阵，该 $2C \times R$ 矩阵用于为各极化方向和各层从所述第一码字中进行列选择、并为不同的极化方向之间引入相位偏移信息。所述第二级抽取码本经由以下四种

抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第二级码本：1) 限制列选择选项；2) 限制相位偏移因子选项；3) 去掉不同极化方向之间的不同 DFT 波束选择；4) 去掉不同层之间的不同 DFT 波束选择。

反馈模块 34 还配置为反馈所述第二码字的索引。

在某些情况下，上述装置 30 还包括第三确定模块 35，其配置为确定下行传输的秩 R 。对于 4 下行发射天线的环境， R 可以为 1、2、3 或 4。通常在确定第一码字、第二码字之前先确定秩 R 。

图 4 示出了根据本发明的一个实施例的适于多输入多输出系统的具有 4 发射天线的基站中的方法的流程图。如图所示，该方法 40 包括由基站设备 1 所执行的步骤 41、42。

在步骤 41 中，基站设备 1 接收用户设备所反馈的下行传输的秩、第一级抽取码本中第一码字的索引、以及第二级抽取码本中第二码字的索引。完整第一级码本中的任一码字为四块对角矩阵，其中对角线上是两个 $2 \times C$ 块矩阵，该两个 $2 \times C$ 块矩阵的列向量选自 Q_1 个 DFT 波束向量；其中所述第一级抽取码本经由以下三种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第一级码本：1) 对于相互之间有部分 DFT 波束重叠的码字，去掉一部分，2) 对于相互之间所有 DFT 波束重复的码字，去掉一部分，3) 去掉部分码字以减小 DFT 波束的可选范围。完整第二级码本中的任一码字为 $2C \times R$ 矩阵，该 $2C \times R$ 矩阵用于为各极化方向和各层从所述第一码字中进行列选择、并为不同的极化方向之间引入相位偏移信息；其中所述第二级抽取码本经由以下四种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第二级码本：1) 限制列选择选项；2) 限制相位偏移因子选项；3) 去掉不同极化方向之间的不同 DFT 波束选择；4) 去掉不同层之间的不同 DFT 波束选择。

在步骤 42 中，基站设备 1 根据所述秩、所述第一码字的索引以及所述第二码字的索引，确定下行信道特性。

图 5 示出了根据本发明的一个实施例的适于多输入多输出系统的具有 4 发射天线的基站中的装置 50 的结构示意图。如图所示，该装置 50 包括接收模块 51、信道特性确定模块 52。该装置 50 通常配置于基站设备 1 中。

接收模块 51 配置为接收用户设备所反馈的下行传输的秩、第一级抽取码本中第一码字的索引、以及第二级抽取码本中第二码字的索引。完整第一级码本中的任一码字为四块对角矩阵，其中对角线上是两个 $2 \times C$ 块矩阵，该两个 $2 \times C$ 块矩阵的列向量选自 Q_1 个 DFT 波束向量；其中所述第一级抽取码本经由以下三种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第一级码本：1) 对于相互之间有部分 DFT 波束重叠的码字，去掉一部分，2) 对于相互之间所有 DFT 波束重复的码字，去掉一部分，3) 去掉部分码字以减小

DFT 波束的可选范围。完整第二级码本中的任一码字为 $2C \times R$ 矩阵，该 $2C \times R$ 矩阵用于为各极化方向和各层从所述第一码字中进行列选择、并为不同的极化方向之间引入相位偏移信息；其中所述第二级抽取码本经由以下四种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第二级码本：1) 限制列选择选项；2) 限制相位偏移因子选项；3) 去掉不同极化方向之间的不同 DFT 波束选择；4) 去掉不同层之间的不同 DFT 波束选择。

信道特性确定模块 52 配置为根据所述秩、所述第一码字的索引以及所述第二码字的索引，确定下行信道特性。

本领域技术人员应能理解，上述任一模块的功能可以分由多个实体模块或功能模块来执行，上述多个模块的功能也可以集成于一个实体模块或者功能模块来执行。

在一些实施例中，秩为 1 和秩为 2 的码本采用相同的第一级码本 B_1 ， B_1 中的码字的总数 N_1 为 16，其索引反馈采用 4 比特编码。对于 B_1 的设计，需要考虑以下变量，包括每个块矩阵的波束集大小 C 、波束粒度 Q_1 ，波束选择 $(a_{1,n}, a_{2,n}, \dots, a_{C,n})$ 以及波束重叠。完整第一级码本设计的通用公式可以表示为：

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_n \end{bmatrix}, n \in \{0, 1, \dots, N_1 - 1\}$$

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ q_1^{a_{1,n}} & q_1^{a_{2,n}} & \dots & q_1^{a_{C,n}} \end{bmatrix}, q_1 = e^{j\frac{2\pi}{Q_1}}$$

以下是考虑不同组合的几个可选完整第一级码本方案。

实施例 1.1.1，第一码字 \mathbf{W}_1 中对角线块矩阵中波束集的大小 C 为 4，波束粒度 Q_1 为 16，波束选择设为 $(a_{1,n}, a_{2,n}, a_{3,n}, a_{4,n}) = (n, n+1, n+8, n+9)$ ，且 n 在 0 至 15 间取值。波束集包括相邻的和正交的 DFT 波束。相邻波束之间的波束间隔是 $2\pi/16$ ，正交波束间隔为 π 。任一码字 \mathbf{W}_1 表示为：

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_n \end{bmatrix}, n \in \{0, 1, \dots, 15\}$$

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{16}n} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+1)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+8)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+9)} \end{bmatrix}。$$

两个相邻码字中有两个 DFT 波束重叠， B_1 中的半数码字是重复的。这样的第一级码本具有冗余。

实施例 1.1.2，第一码字 \mathbf{W}_1 中对角线块矩阵中波束集的大小 C 为 4，波束粒度 Q_1 为 16，波束选择设为 $(a_{1,n}, a_{2,n}, a_{3,n}, a_{4,n}) = (n, n+1, n+2, n+3)$ ，且 n 在 0 至 15 间取值。波

束集包括等跨度的 DFT 波束,相邻波束之间的波束间隔是 $2\pi/16$ 。任一码字 \mathbf{W}_1 表示为:

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_n \end{bmatrix}, n \in \{0,1,\dots,15\}$$

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{16}n} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+1)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+2)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+3)} \end{bmatrix}^\circ$$

两个相邻码字中有三个 DFT 波束重叠, \mathbf{B}_1 中的码字各不相同。这样的第一级码本没有冗余。

实施例 1.1.3, 第一码字 \mathbf{W}_1 中对角线块矩阵中波束集的大小 C 为 4, 波束粒度 Q_1 为 32, 波束选择设为 $(a_{1,n} a_{2,n} a_{3,n} a_{4,n}) = (n, n+1, n+16, n+17)$, 且 n 在 0 至 15 间取值。波束集包括相邻的和正交的 DFT 波束。相邻波束之间的波束间隔是 $2\pi/32$, 正交波束间隔为 π 。任一码字 \mathbf{W}_1 表示为:

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_n \end{bmatrix}, n \in \{0,1,\dots,15\}$$

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{32}n} & e^{j\frac{2\pi}{32}(n+1)} & e^{j\frac{2\pi}{32}(n+16)} & e^{j\frac{2\pi}{32}(n+17)} \end{bmatrix}^\circ$$

两个相邻码字中有两个 DFT 波束重叠, \mathbf{B}_1 中的码字各不相同。这样的第一级码本没有冗余。

实施例 1.1.4, 第一码字 \mathbf{W}_1 中对角线块矩阵中波束集的大小 C 为 4, 波束粒度 Q_1 为 32, 波束选择设为 $(a_{1,n} a_{2,n} a_{3,n} a_{4,n}) = (2n, 2n+1, 2n+16, 2n+17)$, 且 n 在 0 至 15 间取值。波束集包括相邻的和正交的 DFT 波束。相邻波束之间的波束间隔是 $2\pi/32$, 正交波束间隔为 π 。任一码字 \mathbf{W}_1 表示为:

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{x}_n \end{bmatrix}, n \in \{0,1,\dots,15\}$$

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{32}2n} & e^{j\frac{2\pi}{32}(2n+1)} & e^{j\frac{2\pi}{32}(2n+16)} & e^{j\frac{2\pi}{32}(2n+17)} \end{bmatrix}^\circ$$

两个相邻码字中没有 DFT 波束重叠, \mathbf{B}_1 中的半数码字是重复的。这样的第一级码本具有冗余。

实施例 1.1.5, 第一码字 \mathbf{W}_1 中对角线块矩阵中波束集的大小 C 为 4, 波束粒度 Q_1 为 32, 波束选择设为 $(a_{1,n} a_{2,n} a_{3,n} a_{4,n}) = (2n, 2n+1, 2n+2, 2n+3)$, 且 n 在 0 至 15 间取值。波束集包括等跨度的 DFT 波束。相邻波束之间的波束间隔是 $2\pi/32$ 。任一码字 \mathbf{W} 表示

为：

$$w_i = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_n \end{bmatrix}, n \in \{0, 1, \dots, 15\}$$

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{32}2n} & e^{j\frac{2\pi}{32}(2n+1)} & e^{j\frac{2\pi}{32}(2n+2)} & e^{j\frac{2\pi}{32}(2n+3)} \end{bmatrix}^{\circ}$$

两个相邻码字中有两个 DFT 波束重叠， \mathbf{B}_1 中的码字各不相同。这样的第一级码本没有冗余。

实施例 1.1.6, 第一码字 \mathbf{W}_1 中对角线块矩阵中波束集的大小 C 为 2, 波束粒度 Q_1 为 16, 波束选择设为 $(a_{1,n}, a_{2,n}) = (n, n+1)$, 且 n 在 0 至 15 间取值。波束集包括 2 个相邻的 DFT 波束, 其波束间隔是 $2\pi/16$ 。任一码字 \mathbf{W}_1 表示为：

$$W_i = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_n \end{bmatrix}, n \in \{0, 1, \dots, 15\}$$

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{16}n} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+1)} \end{bmatrix}^{\circ}$$

两个相邻码字中仅有一个 DFT 波束重叠， \mathbf{B}_1 中的码字各不相同。这样的第一级码本没有冗余。

实施例 1.1.7, 第一码字 \mathbf{W}_1 中对角线块矩阵中波束集的大小 C 为 2, 波束粒度 Q_1 为 32, 波束选择设为 $(a_{1,n}, a_{2,n}) = (n, n+16)$, 且 n 在 0 至 15 间取值。波束集包括正交的 DFT 波束, 波束间隔是 π 。任一码字 \mathbf{W}_1 表示为：

$$W_i = \begin{bmatrix} \chi_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \chi_n \end{bmatrix}, n \in \{0, 1, \dots, 15\}$$

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{32}n} & e^{j\frac{2\pi}{32}(n+16)} \end{bmatrix}^{\circ}$$

各码字中没有 DFT 波束重叠， \mathbf{B}_1 中的码字各不相同。这样的第一级码本没有冗余。

实施例 1.1.8, 第一码字 \mathbf{W}_1 中对角线块矩阵中波束集的大小 C 为 2, 波束粒度 Q_1 为 16, 波束选择设为 $(a_{1,n}, a_{2,n}) = (2n, 2n+1)$, 且 n 在 0 至 15 间取值。波束集包括相邻的 DFT 波束, 波束间隔是 $2\pi/32$ 。任一码字 \mathbf{W}_1 表示为：

$$\mathbf{W}_2 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_n \end{bmatrix}, n \in \{0, 1, \dots, 15\}$$

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{32}2n} & e^{j\frac{2\pi}{32}(2n+1)} \end{bmatrix} \quad \circ$$

各码字中没有 DFT 波束重叠， \mathbf{B}_1 中的码字各不相同。这样的第一级码本没有冗余。

其他实施例，第一码字 \mathbf{W}_1 中对角线块矩阵中波束集的大小 C 为 2 或 4，包含多个等跨度或正交的 DFT 波束。正交波束间隔固定为 π ，等跨度 DFT 波束间隔在波束粒度 Q_1 为 32 时可以是 $2m\pi/32$ （其中 m 在 1 到 15 之间任意取值），在波束粒度 Q_1 为 16 时可以是 $2m\pi/16$ （其中 m 在 1 到 7 之间任意取值）。

对于秩为 1 的第二码字 \mathbf{W}_2 的第二级码本 \mathbf{B}_2 ，应根据第一级码本的结构考虑不同极化方向的波束选择方法。完整第二级码本设计的通用公式可以表示为：

$$\mathbf{W}_2 = [\mathbf{a}_1, \dots, \mathbf{a}_R]$$

$$\mathbf{a}_r = \begin{pmatrix} \mathbf{y}_{r1} \\ q_2^{m_r} \mathbf{y}_{r2} \end{pmatrix} \text{ where } r \in \{1, \dots, R\}, \mathbf{y}_{r1}, \mathbf{y}_{r2} \in \{\mathbf{e}_1, \dots, \mathbf{e}_c\} \text{ and } q_2 = e^{j\frac{2\pi}{Q_2}}.$$

其中， \mathbf{e}_l 表示仅有第 l 行元素非零（例如为 1）的列选择向量， Q_2 表示相位偏移粒度。

以下是几种秩为 1 的完整第二级码本的方案。

实施例 1.2.1，块矩阵 \mathbf{X}_n 中波束集的大小 C 为 4，为每一个极化方向独立地选择相同或不同的 DFT 波束，即第二码字 \mathbf{W}_2 的任一列中的 \mathbf{y}_1 和 \mathbf{y}_2 或相同或不同，这样的第二级码本适合于与具有冗余的第一级码本 \mathbf{B}_1 相匹配。对应于秩为 1 的第二级码本中码字的数量 N_2 为 16，采用 4 比特索引反馈，其中波束选择和相位偏移信息各有四种选项，分别采用 2 比特索引反馈。第二级码本 \mathbf{B}_2 中任一码字 \mathbf{W}_2 表示为：

$$\mathbf{W}_2 = \mathbf{a}_1 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ -j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{e}}_1 \\ \tilde{\mathbf{e}}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{e}}_2 \\ \tilde{\mathbf{e}}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{e}}_1 \\ \tilde{\mathbf{e}}_3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{e}}_2 \\ \tilde{\mathbf{e}}_4 \end{bmatrix} \right\}$$

其中， $\tilde{\mathbf{e}}_1$ 是仅有第 1 行元素非零（例如为 1）的列选择向量， $\tilde{\mathbf{e}}_2$ 是仅有第 2 行元素非零（例如为 1）的列选择向量， $\tilde{\mathbf{e}}_3$ 是仅有第 3 行元素非零（例如为 1）的列选择向量， $\tilde{\mathbf{e}}_4$ 是仅有第 4 行元素非零（例如为 1）的列选择向量，下文中定义相同。

实施例 1.2.2，块矩阵 \mathbf{X}_n 中波束集的大小 C 为 4，为每一个极化方向选择相同的 DFT 波束，即第二码字 \mathbf{W}_2 的任一列中的 \mathbf{y}_1 和 \mathbf{y}_2 相同，这样的第二级码本适合于与没有冗余的第一级码本 \mathbf{B}_1 相匹配。对应于秩为 1 的第二级码本中码字的数量 N_2 为 16，采用 4 比

特索引反馈，其中波束选择和相位偏移信息各有四种选项，分别采用 2 比特索引反馈。

第二级码本 B_2 中任一码字 W_2 表示为：

$$\mathbf{W}_2 = \mathbf{a}_1 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ -j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_3 \\ \tilde{e}_3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_4 \\ \tilde{e}_4 \end{bmatrix} \right\}$$

实施例 1.2.3, 块矩阵 X_n 中波束集的大小 C 为 2, 为每一个极化方向选择相同的 DFT 波束, 即第二码字 W_2 的任一系列中的 \mathbf{y}_1 和 \mathbf{y}_2 相同, 这样的第二级码本适合于与没有冗余的第一级码本 B_1 相匹配。对应于秩为 1 的第二级码本中码字的数量 N_2 为 8, 采用 3 比特索引反馈, 其中波束选择有两种选项采用 1 比特索引反馈, 相位偏移信息有四种选项采用 2 比特索引反馈。第二级码本 B_2 中任一码字 W_2 表示为：

$$\mathbf{W}_2 = \mathbf{a}_1 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ -j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

实施例 1.2.4, 块矩阵 X_n 中波束集的大小 C 为 2, 为每一个极化方向独立地选择相同的或不同的 DFT 波束, 即第二码字 W_2 的任一系列中的 \mathbf{y}_1 和 \mathbf{y}_2 或相同或不同。对应于秩为 1 的第二级码本中码字的数量 N_2 为 16, 采用 4 比特索引反馈, 其中波束选择和相位偏移信息各有四种选项, 分别采用 2 比特索引反馈。第二级码本 B_2 中任一码字 W_2 表示为：

$$\mathbf{W}_2 = \mathbf{a}_1 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ -j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix} \right\}$$

对于秩为 2 的第二码字 W_2 的第二级码本 B_2 , 应根据第一级码本的结构考虑不同极化方向和不同层的波束选择方法。以下是几种秩为 2 的第二级码本的方案。

实施例 1.3.1, 块矩阵 X_n 中波束集的大小 C 为 4, 为每一个极化方向独立地选择相同或不同的 DFT 波束, 且为每一层选择相同的 DFT 波束, 这样的第二级码本适合于与没有冗余的第一级码本 B_1 相匹配。对应于秩为 2 的第二级码本中码字的数量 N_2 为 16, 采用 4 比特索引反馈, 其中波束选择有八种选项采用 3 比特索引反馈, 相位偏移信息有两种选项采用 1 比特索引反馈。第二级码本 B_2 中任一码字 W_2 表示为：

$$\mathbf{W}_2 = [\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2] \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_1 \\ j\mathbf{y}_2 & -j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_3 \\ \tilde{e}_3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_4 \\ \tilde{e}_4 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_3 \\ \tilde{e}_3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_4 \\ \tilde{e}_4 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_3 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_4 \\ \tilde{e}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

实施例 1.3.2, 块矩阵 X_n 中波束集的大小 C 为 4, 为每一层独立地选择相同或不同的 DFT 波束, 且为每一个极化方向选择相同的 DFT 波束, 这样的第二级码本适合于与没有冗余的第一级码本 \mathbf{B}_1 相匹配。对应于秩为 2 的第二级码本中码字的数量 N_2 为 16, 采用 4 比特索引反馈, 其中波束选择有八种选项采用 3 比特索引反馈, 相位偏移信息有两种选项采用 1 比特索引反馈。第二级码本 B_2 中任一码字 W_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 = [\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2] \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_2 \\ \mathbf{y}_1 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_2 \\ j\mathbf{y}_1 & -j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_3 \\ \tilde{e}_3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_4 \\ \tilde{e}_4 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_3 \\ \tilde{e}_3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_4 \\ \tilde{e}_4 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_3 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_4 \\ \tilde{e}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

实施例 1.3.3, 块矩阵 X_n 中波束集的大小 C 为 4, 为每一个极化方向和层独立地选择相同或不同的 DFT 波束, 这样的第二级码本适合于与具有冗余的第一级码本 \mathbf{B}_1 相匹配, 块矩阵 X_n 中应包括正交的 DFT 波束。对应于秩为 2 的第二级码本中码字的数量 N_2 为 16, 采用 4 比特索引反馈, 其中波束选择有八种选项采用 3 比特索引反馈, 相位偏移信息有两种选项采用 1 比特索引反馈。第二级码本 B_2 中任一码字 W_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 = [\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2] \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_3 \\ \mathbf{y}_2 & -\mathbf{y}_4 \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_3 \\ j\mathbf{y}_2 & -j\mathbf{y}_4 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_3 \\ \mathbf{y}_2 & \mathbf{y}_4 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 & \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 & \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 & \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_2 & \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_3 & \tilde{e}_3 \\ \tilde{e}_3 & \tilde{e}_3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_4 & \tilde{e}_4 \\ \tilde{e}_4 & \tilde{e}_4 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 & \tilde{e}_3 \\ \tilde{e}_1 & \tilde{e}_3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 & \tilde{e}_4 \\ \tilde{e}_2 & \tilde{e}_4 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_3 & \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_3 & \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_4 & \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_4 & \tilde{e}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

实施例 1.3.4, 块矩阵 X_n 中波束集的大小 C 为 4, 为每一个极化方向独立地选择相同或不同的 DFT 波束, 且为每一层选择相同的 DFT 波束, 这样的第二级码本适合于与具有冗余的第一级码本 \mathbf{B}_1 相匹配。对应于秩为 2 的第二级码本中码字的数量 N_2 为 8, 采用 3 比特索引反馈, 其中波束选择有四种选项采用 2 比特索引反馈, 相位偏移信息有两种选项采用 1 比特索引反馈。第二级码本 B_2 中任一码字 W_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 = [\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2] \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_1 \\ j\mathbf{y}_2 & -j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_4 \end{bmatrix} \right\}$$

实施例 1.3.5, 块矩阵 X_n 中波束集的大小 C 为 4, 为每一个层独立地选择相同或不同的 DFT 波束, 且为每一个极化方向选择相同的 DFT 波束, 这样的第二级码本适合于与具有冗余的第一级码本 \mathbf{B}_1 相匹配。对应于秩为 2 的第二级码本中码字的数量 N_2 为 8, 采用 3 比特索引反馈, 其中波束选择有四种选项采用 2 比特索引反馈, 相位偏移信息有两种选项采用 1 比特索引反馈。第二级码本 B_2 中任一码字 W_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 = \{a_1, a_2\} \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_2 \\ \mathbf{y}_1 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_2 \\ j\mathbf{y}_1 & -j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_4 \end{bmatrix} \right\}$$

实施例 1.3.6, 块矩阵 X_n 中波束集的大小 C 为 4, 为每一个极化方向选择相同的 DFT 波束, 且为每一个层选择相同的 DFT 波束, 这样的第二级码本适合于与没有冗余的第一级码本 \mathbf{B}_1 相匹配。对应于秩为 2 的第二级码本中码字的数量 N_2 为 8, 采用 3 比特索引反馈, 其中波束选择有四种选项采用 2 比特索引反馈, 相位偏移信息有两种选项采用 1 比特索引反馈。第二级码本 B_2 中任一码字 W_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 = \{a_1, a_2\} \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_1 \\ j\mathbf{y}_2 & -j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_3 \\ \tilde{e}_3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_4 \\ \tilde{e}_4 \end{bmatrix} \right\}$$

实施例 1.3.7, 块矩阵 X_n 中波束集的大小 C 为 2, 为每一个极化方向独立地选择相同或不同的 DFT 波束, 且为每一个层独立地选择相同或不同的 DFT 波束, 这样的第二级码本适合于与没有冗余的第一级码本 \mathbf{B}_1 相匹配, 块矩阵 X_n 中应包括正交的 DFT 波束。对应于秩为 2 的第二级码本中码字的数量 N_2 为 16, 采用 4 比特索引反馈, 其中波束选择有八种选项采用 3 比特索引反馈, 相位偏移信息有两种选项采用 1 比特索引反馈。第二级码本 B_2 中任一码字 W_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 = [\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2] \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_3 \\ \mathbf{y}_2 & -\mathbf{y}_4 \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_3 \\ j\mathbf{y}_2 & -j\mathbf{y}_4 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_3 \\ \mathbf{y}_2 & \mathbf{y}_4 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 & \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 & \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 & \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_2 & \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 & \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_2 & \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 & \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_1 & \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 & \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_2 & \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 & \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 & \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 & \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_2 & \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 & \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 & \tilde{e}_2 \end{bmatrix} \right\} .$$

实施例 1.3.8, 块矩阵 X_n 中波束集的大小 C 为 2, 为每一个极化方向独立地选择相同或不同的 DFT 波束, 且为每一个层选择相同的 DFT 波束, 这样的第二级码本适合于与没有冗余的第一级码本 \mathbf{B}_1 相匹配。对应于秩为 2 的第二级码本中码字的数量 N_2 为 8, 采用 3 比特索引反馈, 其中波束选择有四种选项采用 2 比特索引反馈, 相位偏移信息有两种选项采用 1 比特索引反馈。第二级码本 B_2 中任一码字 W_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 = [\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2] \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_1 \\ j\mathbf{y}_2 & -j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix} \right\}$$

实施例 1.3.9, 块矩阵 X_n 中波束集的大小 C 为 2, 为每一个层独立地选择相同或不同的 DFT 波束, 且为每一个极化方向选择相同的 DFT 波束, 这样的第二级码本适合于与没有冗余的第一级码本 \mathbf{B}_1 相匹配。对应于秩为 2 的第二级码本中码字的数量 N_2 为 8, 采用 3 比特索引反馈, 其中波束选择有四种选项采用 2 比特索引反馈, 相位偏移信息有两种选项采用 1 比特索引反馈。第二级码本 B_2 中任一码字 W_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 = [\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2] \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_2 \\ \mathbf{y}_1 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_2 \\ j\mathbf{y}_1 & -j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix} \right\}$$

在一些实施例中, 秩为 3 和秩为 4 的码本采用相同的第一级码本 B_1 , 以下是几个可选码本方案。

实施例 1.4.1, 用于秩为 1 或秩为 2 的第一级码本仍适用于秩为 3 或秩为 4 的第一级码本, 不仅适用于波束粒度 Q_1 为 16, 也适用于波束粒度 Q_1 为 32。仍采用 4 比特索引反馈。

实施例 1.4.2, 适用于秩为 3 或秩为 4 的第一级码本是从适用于秩为 1 或秩为 2 的第一级码本中抽选的子集, 例如从实施例 1.1.1 的第一级码本中抽选。第一码字 \mathbf{W}_1 中对角线块矩阵中波束集的大小 C 为 4, 波束粒度 Q_1 为 16, 波束选择设为

$(a_{1,n}, a_{2,n}, a_{3,n}, a_{4,n}) = (n, n+1, n+8, n+9)$, 且 n 在 $0, 2, 4, 6$ 中取值。波束集包括相邻的和正交的 DFT 波束。相邻波束之间的波束间隔是 $2\pi/16$, 正交波束间隔为 π 。没有重叠的 DFT 波束, 第一级码本没有冗余。任一码字 \mathbf{W}_1 表示为:

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_n \end{bmatrix}, n = \{0, 2, 4, 6\}$$

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{16}n} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+1)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+8)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+9)} \end{bmatrix}^{\circ}$$

实施例 1.4.3, 适用于秩为 3 或秩为 4 的第一级码本是从适用于秩为 1 或秩为 2 的第一级码本中抽选的子集, 例如从实施例 1.1.2 的第一级码本中抽选。第一码字 \mathbf{W}_1 中对角线块矩阵中波束集的大小 c 为 4, 波束粒度 Q_1 为 16, 波束选择设为 $(\alpha_{1,\eta}, \alpha_{2,\eta}, \alpha_{3,\eta}, \alpha_{4,\eta}) = (\eta, \eta+1, \eta+2, \eta+3)$, 且 η 在 $0, 4, 8, 12$ 中取值。波束集包括相邻的 DFT 波束, 相邻波束之间的波束间隔是 $2\pi/16$ 。没有重叠的 DFT 波束, 第一级码本没有冗余。任一码字 \mathbf{W}_1 表示为:

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_\eta \end{bmatrix}, n = \{0, 4, 8, 12\}$$

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{16}n} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+1)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+2)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+3)} \end{bmatrix}^{\circ}$$

实施例 1.4.4, 适用于秩为 3 或秩为 4 的第一级码本是重新设计的, 不同于适用于秩为 1 或秩为 2 的第一级码本。第一码字 \mathbf{W}_1 中对角线块矩阵中波束集的大小 c 为 4, 波束粒度 Q_1 为 8, 波束选择设为 $(a_{1,n}, a_{2,n}, a_{3,n}, a_{4,n}) = (n, n+1, n+4, n+5)$, 且 n 在 $0-3$ 中取值。波束集包括相邻的和正交的 DFT 波束。相邻波束之间的波束间隔是 $2\pi/8$, 正交波束间隔为 π 。两个相邻码字中有两个 DFT 波束重叠, \mathbf{B}_1 中的没有重复的码字。这样的第一级码本没有冗余。任一码字 \mathbf{W}_1 表示为:

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_n \end{bmatrix}, n \in \{0, 1, 2, 3\}$$

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{8}n} & e^{j\frac{2\pi}{8}(n+1)} & e^{j\frac{2\pi}{8}(n+4)} & e^{j\frac{2\pi}{8}(n+5)} \end{bmatrix}^{\circ}$$

实施例 1.5.1, 对应于秩为 3 的第二级码本 \mathbf{B}_2 的设计。块矩阵 \mathbf{X}_n 中波束集的大小 c 为 4, 为每一个极化方向独立地选择相同或不同的 DFT 波束。块矩阵 \mathbf{X}_n 中应包括正交的 DFT 波束。第二级码本中码字的数量 N_2 为 16, 采用 4 比特索引反馈, 其中波束选择

有 16 种选项采用 4 比特反馈，相位偏移信息只有一种选项。第二级码本 B_2 中任一码字 W_2 表示为：

$$W_2 = [a_1, a_2, a_3] \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} y_1 & y_3 \\ y_2 & -y_4 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 & y_3 \\ y_2 & y_4 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \\ \tilde{e}_1 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 & [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \\ \tilde{e}_2 & [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_3 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \\ \tilde{e}_3 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_4 & [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \\ \tilde{e}_4 & [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \begin{bmatrix} [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] & \tilde{e}_3 \\ [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] & \tilde{e}_3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] & \tilde{e}_4 \\ [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] & \tilde{e}_4 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] & \tilde{e}_1 \\ [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] & \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_4 & \tilde{e}_2] & \tilde{e}_2 \\ [\tilde{e}_4 & \tilde{e}_2] & \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \\ \tilde{e}_3 & [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_2 & [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \\ \tilde{e}_4 & [\tilde{e}_4 & \tilde{e}_2] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_3 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \\ \tilde{e}_1 & [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_4 & [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \\ \tilde{e}_2 & [\tilde{e}_4 & \tilde{e}_2] \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \begin{bmatrix} [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] & \tilde{e}_3 \\ [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] & \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] & \tilde{e}_4 \\ [\tilde{e}_4 & \tilde{e}_2] & \tilde{e}_2 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] & \tilde{e}_1 \\ [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] & \tilde{e}_3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_4 & \tilde{e}_2] & \tilde{e}_2 \\ [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] & \tilde{e}_4 \end{bmatrix} \right\}.$$

实施例 1.5.2, 对应于秩为 3 的第二级码本 B_2 的设计。块矩阵 X_n 中波束集的大小 C 为 4, 为每一个极化方向选择相同的 DFT 波束。块矩阵 X_n 中应包括正交的 DFT 波束。第二级码本中码字的数量 N_2 为 8, 采用 3 比特索引反馈, 其中波束选择有八种选项采用 3 比特反馈, 相位偏移信息只有一种选项。第二级码本 B_2 中任一码字 W_2 表示为：

$$W_2 = [a_1, a_2, a_3] \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} y_1 & y_3 \\ y_2 & -y_4 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 & y_3 \\ y_2 & y_4 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \\ \tilde{e}_1 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{\frac{3}{4}} & [\tilde{\frac{3}{4}} & \frac{3}{4}] \\ \tilde{\frac{3}{4}} & [\tilde{\frac{3}{4}} & \frac{3}{4}] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_3 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \\ \tilde{e}_3 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_4 & [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \\ \tilde{e}_4 & [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \begin{bmatrix} [\tilde{e}_1 & \tilde{\frac{3}{4}}] & \tilde{\frac{3}{4}} \\ [\tilde{e}_1 & \tilde{\frac{3}{4}}] & \tilde{\frac{3}{4}} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{\frac{3}{4}} & \frac{3}{4}] & \frac{3}{4} \\ [\tilde{\frac{3}{4}} & \frac{3}{4}] & \frac{3}{4} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] & \tilde{e}_1 \\ [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] & \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\frac{3}{4} & \tilde{\frac{3}{4}}] & \tilde{\frac{3}{4}} \\ [\frac{3}{4} & \tilde{\frac{3}{4}}] & \tilde{\frac{3}{4}} \end{bmatrix} \right\}.$$

实施例 1.6.1, 对应于秩为 4 的第二级码本 B_2 的设计。块矩阵 X_n 中波束集的大小 C 为 4, 为每一个极化方向独立地选择相同或不同的 DFT 波束。块矩阵 X_n 中应包括正交的 DFT 波束。第二级码本中码字的数量 N_2 为 8, 采用 3 比特索引反馈, 其中波束选择有四种选项采用 2 比特反馈, 相位偏移信息有两种选项采用 1 比特反馈。第二级码本 B_2 中任一码字 W_2 表示为：

$$W_2 = [a_1, a_2, a_3, a_4] \in C_2 = \left\{ \frac{1}{4} \begin{bmatrix} y_1 & y_1 \\ y_2 & -y_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{4} \begin{bmatrix} y_1 & y_1 \\ jy_2 & -jy_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \\ [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \\ [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \\ [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \\ [\tilde{e}_4 & \tilde{e}_2] \end{bmatrix} \right\}.$$

上述实施例 1.1.1 至 1.6.1 中的完整第一级码本或完整第二级码本的构造均是示例性

而非限制性的。上述的技术方案在两级码本索引反馈中引入了正交的 DFT (离散傅里叶变换) 波束选择, 更加适合于交叉极化的 4 下行发射天线配置的 MIMO 应用。当然, 上述的实施例 1.1.1 至 1.6.1 同样也适用于线性阵列的发射天线配置的 MIMO 应用。

在 3GPP 文献 TS 36.213 中的表 7.2.2-ID、7.2.2-1E、7.2.2-1F 中给出了 8 天线设置下信道码本索引反馈的几种码本抽取 (subsampling) 方案。以下给出若干适于 PUCCH 1-1 的 CSI mode 1 模式、PUCCH 1-1 的 CSI mode 2 模式、PUCCH 2-1 模式的码本抽取方案。

在 PUCCH 1-1 的 CSI mode 1 模式下, 可以将 3GPP 文献 TS 36.213 中的表 7.2.2-1E 中的适于秩为 1、2、3、4 的 8 天线码本抽取规则用于 4 天线码本抽取。

以下给出在 PUCCH 1-1 的 CSI mode 2 模式下将 PMI 反馈压缩到 4 比特时的几种码本抽取方案。

实施例 2.1.1, 对应于秩为 1 或 2 时的码本抽取。第一码字 \mathbf{W}_1 压缩为 3 比特反馈, 第二码字 \mathbf{W}_2 压缩为 1 比特反馈。完整的第一级码本 B_1 如实施例 1.1.1 构造, 经抽取去掉彼此之间有部分 DFT 波束重叠的码字, 使得用于索引反馈的任何码字之间或者 DFT 波束完全不同或者 DFT 波束完全相同。任一码字 \mathbf{W}_1 表示为:

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} X_n & 0 \\ 0 & X_n \end{bmatrix}, n \in \{0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14\}$$

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{16}n} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+1)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+8)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+9)} \end{bmatrix}。$$

对于秩为 1, 完整的第二级码本 B_2 如实施例 1.2.1 构造, 经抽取以去掉不同极化方向上的不同 DFT 波束选择, 使得其中波束选择限制为 $\{\tilde{e}_1\}$ 、相位偏移信息限制为偏移角为 0 或 π 两种选项。任一码字 \mathbf{W}_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ \mathbf{y} \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ -\mathbf{y} \end{bmatrix} \right\}。$$

$$\mathbf{y} \in \{\tilde{e}_1\}$$

对于秩为 2, 完整的第二级码本 B_2 如实施例 1.3.3 构造, 第二级码本 B_2 的抽取给出以下四种方案。

方案 a), 第二级码本 B_2 经抽取以去掉不同极化方向之间、不同层之间的不同 DFT 波束选择, 并且其中波束选择限制为 $\{\tilde{e}_1\}$ 。相位偏移信息保持两种选项。任一码字 \mathbf{W}_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y} & \mathbf{y} \\ \mathbf{y} & -\mathbf{y} \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y} & \mathbf{y} \\ j\mathbf{y} & -j\mathbf{y} \end{bmatrix} \right\}.$$

$$\mathbf{y} \in \{\tilde{\mathbf{e}}_1\}$$

方案 b)，第二级码本 B_2 经抽取以去掉不同层之间不同的波束选择，使得相位偏移信息仅一种选项，而波束选择限制为 $\{\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_3\}$ 。任一码字 \mathbf{W}_2 表示为：

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}.$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{e}}_1 \\ \tilde{\mathbf{e}}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{e}}_1 \\ \tilde{\mathbf{e}}_3 \end{bmatrix} \right\}.$$

方案 c)，第二级码本 B_2 经抽取以去掉不同极化方向之间不同的波束选择，使得相位偏移信息仅一种选项，而波束选择限制为 $\{\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_3\}$ 。任一码字 \mathbf{W}_2 表示为：

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_2 \\ \mathbf{y}_1 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}.$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{e}}_1 & \tilde{\mathbf{e}}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{e}}_1 & \tilde{\mathbf{e}}_3 \end{bmatrix} \right\}$$

方案 d)，第二级码本 B_2 经抽取以去掉不同极化方向之间以及不同层之间不同的波束选择，使得相位偏移信息仅一种选项，而波束选择限制为 $\{\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_2\}$ 。任一码字 \mathbf{W}_2 表示为：

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y} & \mathbf{y} \\ \mathbf{y} & -\mathbf{y} \end{bmatrix} \right\}.$$

$$\mathbf{y} \in \{\tilde{\mathbf{e}}_1, \tilde{\mathbf{e}}_2\}$$

实施例 2.1.2，对应于秩为 1 或 2 时的码本抽取。第一码字 \mathbf{W}_1 压缩为 2 比特反馈，第二码字 \mathbf{W}_2 压缩为 2 比特反馈。完整的第一级码本 B_1 如实施例 1.1.1 构造，经抽取去掉彼此之间有部分 DFT 波束重叠的码字以及完全重复的码字，使得用于索引反馈的任何码字之间 DFT 波束完全不同。任一码字 \mathbf{W}_1 表示为：

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_n \end{bmatrix}, n \in \{0, 2, 4, 6\}$$

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{16}n} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+1)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+8)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+9)} \end{bmatrix}.$$

对于秩为 1，完整第二级码本 B_2 如实施例 1.2.1 构造，第二级码本 B_2 的抽取给出以下两种方案。

方案 a) , 第二级码本 B_2 经抽取以使得其中波束选择限制为 $\{\tilde{e}_1, \tilde{e}_3\}$ 、相位偏移信息限制为偏移角 0 或 π 两种选项, 并保持不同极化方向之间的不同波束选择。任一码字 w_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_3 \end{bmatrix} \right\}$$

方案 b) , 第二级码本 B_2 经抽取以去掉不同极化方向之间的不同 DFT 波束选择, 并且其中波束选择限制为 $\{\tilde{e}_1\}$, 而相位偏移信息保持偏移角为 0、 $\pi/2$ 、 π 、 $3\pi/2$ 四种选项。任一码字 w_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ \mathbf{y} \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ j\mathbf{y} \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ -\mathbf{y} \end{bmatrix}, \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \mathbf{y} \\ -j\mathbf{y} \end{bmatrix} \right\}$$

$$\mathbf{y} \in \{\tilde{e}_1\}$$

对于秩为 2, 完整的第二级码本 B_2 如实施例 1.3.3 构造, 第二级码本 B_2 的抽取给出以下三种方案。

方案 a) , 第二级码本 B_2 经抽取以去掉不同层之间的不同 DFT 波束选择, 并且其中波束选择限制为 $\{\tilde{e}_1, \tilde{e}_3\}$, 相位偏移信息保持两种选项。任一码字 w_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_1 \\ j\mathbf{y}_2 & -j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 \\ \tilde{e}_3 \end{bmatrix} \right\}$$

方案 b) , 第二级码本 B_2 经抽取以去掉不同极化方向之间的不同 DFT 波束选择, 并且其中波束选择限制为 $\{\tilde{e}_1, \tilde{e}_3\}$, 相位偏移信息保持两种选项。任一码字 w_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_2 \\ \mathbf{y}_1 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_2 \\ j\mathbf{y}_1 & -j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 & \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 & \tilde{e}_3 \end{bmatrix} \right\}$$

方案 c) , 第二级码本 B_2 经抽取以使得相位偏移信息仅一种选项, 而保持不同极化方向之间、不同层之间的不同 DFT 波束选择。任一码字 w_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_3 \\ \mathbf{y}_2 & -\mathbf{y}_4 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_3 \\ \mathbf{y}_2 & \mathbf{y}_4 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_1] \\ [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_1] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_2] \\ [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_2] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_1] \\ [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_3] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_2] \\ [\tilde{e}_4 & \tilde{e}_4] \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \begin{bmatrix} [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \\ [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \\ [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \\ [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \\ [\tilde{e}_4 & \tilde{e}_2] \end{bmatrix} \right\}.$$

实施例 2.2.1，对应于秩为 3 或 4 时的码本抽取。第一码字 \mathbf{W}_1 压缩为 1 比特反馈，第二码字 \mathbf{W}_2 压缩为 3 比特反馈。第一级码本 \mathbf{B}_1 如实施例 1.4.2 构造，经抽取减少 DFT 波束粒度使得 n 仅能取值 0 或 4。任一码字 \mathbf{W}_1 表示为：

$$\mathbf{W}_1 = \begin{bmatrix} \mathbf{X}_n & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{X}_n \end{bmatrix}, n \in \{0, 4\}$$

$$\mathbf{X}_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{16}n} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+1)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+8)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+9)} \end{bmatrix}.$$

对于秩为 3，完整的第二级码本 \mathbf{B}_2 如实施例 1.5.1 构造，第二级码本 \mathbf{B}_2 的抽取给出以下两种方案。

方案 a)，第二级码本 \mathbf{B}_2 经抽取以使得其中波束选择限制为 $\{\tilde{e}_1, \tilde{e}_3\}$ 、并保持不同极化方向之间的不同波束选择。任一码字 \mathbf{W}_2 表示为：

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_3 \\ \mathbf{y}_2 & -\mathbf{y}_4 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_3 \\ \mathbf{y}_2 & \mathbf{y}_4 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} [\tilde{e}_1 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3]] \\ [\tilde{e}_1 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3]] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_3 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3]] \\ [\tilde{e}_3 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3]] \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \begin{bmatrix} [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] & \tilde{e}_3 \\ [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] & \tilde{e}_3 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] & \tilde{e}_1 \\ [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] & \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \begin{bmatrix} \tilde{e}_1 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \\ \tilde{e}_3 & [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} \tilde{e}_3 & [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \\ \tilde{e}_1 & [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \begin{bmatrix} [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] & \tilde{e}_3 \\ [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] & \tilde{e}_1 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] & \tilde{e}_1 \\ [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] & \tilde{e}_3 \end{bmatrix} \right\}.$$

方案 b)，第二级码本 \mathbf{B}_2 经抽取以去掉不同极化方向之间的不同 DFT 波束选择，而保持四个列选择。任一码字 \mathbf{W}_2 表示为：

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_2 \\ \mathbf{y}_1 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$[\mathbf{y}_1 \quad \mathbf{y}_2] \in \left\{ \begin{matrix} (\tilde{e}_1 \quad [\tilde{e}_1 \quad \frac{3}{4}]) \quad (\frac{3}{4} \quad [\frac{3}{4} \quad \frac{3}{4}]) \quad (\frac{3}{4} \quad [\tilde{e}_1 \quad \frac{3}{4}]) \quad (\frac{3}{4} \quad [\frac{3}{4} \quad \frac{3}{4}]) \\ ([\frac{3}{4} \quad \frac{3}{4}] \quad \tilde{e}_1) \quad ([\frac{3}{4} \quad \frac{3}{4}] \quad \frac{3}{4}) \quad ([\frac{3}{4} \quad \tilde{e}_1] \quad \tilde{e}_1) \quad ([\frac{3}{4} \quad \frac{3}{4}] \quad \frac{3}{4}) \end{matrix} \right\}^\circ$$

对于秩为 4，第二级码本 B_2 不做抽取，任一码字 W_2 表示为：

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_2 \\ \mathbf{y}_1 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$[\mathbf{y}_1 \quad \mathbf{y}_2] \in \left\{ \begin{matrix} (\tilde{e}_1 \quad [\tilde{e}_1 \quad \tilde{e}_3]) \quad (\tilde{e}_2 \quad [\tilde{e}_2 \quad \tilde{e}_4]) \quad (\tilde{e}_3 \quad [\tilde{e}_1 \quad \tilde{e}_3]) \quad (\tilde{e}_4 \quad [\tilde{e}_2 \quad \tilde{e}_4]) \\ ([\tilde{e}_1 \quad \tilde{e}_3] \quad \tilde{e}_3) \quad ([\tilde{e}_2 \quad \tilde{e}_4] \quad \tilde{e}_4) \quad ([\tilde{e}_3 \quad \tilde{e}_1] \quad \tilde{e}_1) \quad ([\tilde{e}_4 \quad \tilde{e}_2] \quad \tilde{e}_2) \end{matrix} \right\}^\circ$$

实施例 2.2.2，对应于秩为 3 或 4 时的码本抽取。第一码字 W_1 压缩为 2 比特反馈，第二码字 W_2 压缩为 2 比特反馈。第一级码本 B_1 如实施例 1.4.2 构造，不做抽取，也就是 $n \in \{0,2,4,6\}$ 。任一码字 W_1 表示为：

$$W_1 = \begin{bmatrix} X_n & 0 \\ 0 & X_n \end{bmatrix}, n \in \{0,2,4,6\}$$

$$X_n = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ e^{j\frac{2\pi}{16}n} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+1)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+8)} & e^{j\frac{2\pi}{16}(n+9)} \end{bmatrix}^\circ$$

对于秩为 3，完整的第二级码本 B_2 如实施例 1.5.1 构造，经抽取以去掉不同极化方向之间不同的波束选择，并且其中波束选择限制为 $\{\tilde{e}_1, \tilde{e}_3\}$ 。任一码字 W_2 表示为：

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_2 \\ \mathbf{y}_1 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$[\mathbf{y}_1 \quad \mathbf{y}_2] \in \{ [[\frac{3}{4} \quad [\tilde{e}_1 \quad \tilde{e}_3]] \quad [[\tilde{e}_3] \quad [\tilde{e}_1 \quad \tilde{e}_3]] \quad [[\tilde{e}_1 \quad \frac{3}{4}] \quad [\tilde{e}_3]] \quad [[\tilde{e}_3 \quad \tilde{e}_1] \quad [\frac{3}{4}]] \}$$

对于秩为 4，完整的第二级码本 B_2 如实施例 1.6.1 构造，第二级码本 B_2 的抽取给出以下三种方案。

方案 a)，第二级码本 B_2 经抽取以使得其中波束选择限制为 $\{\tilde{e}_1, \tilde{e}_3\}$ 、并保持不同极化方向之间的不同波束选择。任一码字 W_2 表示为：

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{4} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix}, \frac{1}{4} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_1 \\ j\mathbf{y}_2 & -j\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{matrix} [[\tilde{e}_1 \quad \tilde{e}_3]] \\ [[\tilde{e}_1 \quad \tilde{e}_3]] \end{matrix}, \begin{matrix} [[\tilde{e}_1 \quad \tilde{e}_3]] \\ [[\tilde{e}_3 \quad \tilde{e}_1]] \end{matrix} \right\}^\circ$$

方案 b)，第二级码本 B_2 经抽取以使得其中相位偏移信息仅一种选项，并保持不

同极化方向之间的不同波束选择。任一码字 \mathbf{W}_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{4} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 & \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 & -\mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \right\}$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \in \left\{ \begin{bmatrix} [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \\ [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \\ [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_1 & \tilde{e}_3] \\ [\tilde{e}_3 & \tilde{e}_1] \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} [\tilde{e}_2 & \tilde{e}_4] \\ [\tilde{e}_4 & \tilde{e}_2] \end{bmatrix} \right\}^{\circ}$$

方案 c), 第二级码本 B_2 经抽取以去掉不同极化方向之间的不同波束选择, 并保持四种列选择。任一码字 \mathbf{W}_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{4} \begin{bmatrix} \mathbf{y} & \mathbf{y} \\ \mathbf{y} & -\mathbf{y} \end{bmatrix}, \frac{1}{4} \begin{bmatrix} \mathbf{y} & \mathbf{y} \\ j\mathbf{y} & -j\mathbf{y} \end{bmatrix} \right\}$$

$$\mathbf{y} \in \{[\tilde{e}_3, \tilde{e}_3], [\tilde{e}_4, \tilde{e}_4]\}$$

以下给出在 PUCCH 2-1 模式下将秩为 2, 3, 4 的第二级码本的 PMI 反馈压缩到 2 比特时的几种码本抽取方案。

对于秩为 3 或 4, 实施例 2.2.2 中的第二级码本 B_2 的抽取方案也适于 PUCCH 2-1 模式。

对于秩为 2, 实施例 2.1.2 中的第二级码本 B_2 的抽取方案也适于 PUCCH 2-1 模式。以下另给出几种方案。

对于秩为 2, 除了实施例 2.1.2 中方案 a)、b)、c) 外, 另给出方案 d)。第二级码本 B_2 经抽取以去掉不同极化方向之间、不同层之间的不同 DFT 波束选择, 并且其中波束选择限制为 $\{\tilde{e}_1, \tilde{e}_2\}$, 而相位偏移信息保持两种选项。第二级码本 B_2 中任一码字 \mathbf{W}_2 表示为:

$$\mathbf{W}_2 \in C_2 = \left\{ \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y} & \mathbf{y} \\ \mathbf{y} & -\mathbf{y} \end{bmatrix}, \frac{1}{2\sqrt{2}} \begin{bmatrix} \mathbf{y} & \mathbf{y} \\ j\mathbf{y} & -j\mathbf{y} \end{bmatrix} \right\}$$

$$\mathbf{y} \in \{\tilde{e}_1, \tilde{e}_2\}$$

上述方案在 4 天线下行信道两级码本索引反馈中引入了合适的码本抽取, 适合于反馈开销受限情形下的码本重复利用。

尽管已经阐明和描述了本发明的不同实施例, 本发明并不限于这些实施例。权利要求中出现的“第一”、“第二”等序数词仅仅起到区别的作用, 而并不意味着相应部件之间存在任何特定的顺序或连接关系。仅在某些权利要求或实施例中出现的技术特征也并不意味着不能与其他权利要求或实施例中的其他特征相结合以实现有益的新的技术方案。在不背离如权利要求书所描述的本发明的精神和范围的情况下, 许多修改、改变、变形、替代以及等同对于本领域技术人员而言是明显的。

权 利 要 求 书

1. 一种用于多输入多输出系统的 4 天线下行信道反馈的方法，包括：

检测下行多天线信道；

根据所述检测的结果所估计出的长时宽带信道特性，确定对应于秩为 R 的第一级抽取码本中的第一码字；完整第一级码本中的任一码字为四块对角矩阵，其中对角线上是两个 $2 \times C$ 块矩阵，该两个 $2 \times C$ 块矩阵的列向量选自 Q_1 个 DF 波束向量；其中所述第一级抽取码本经由以下三种抽取方式中的至少一种而取自所述完整第一级码本：1) 对于相互之间有部分 DFT 波束重叠的码字，去掉一部分，2) 对于相互之间所有 DFT 波束重复的码字，去掉一部分，3) 去掉部分码字以减小 DFT 波束的可选范围；

反馈所述第一码字的索引；

根据所述检测的结果所估计出的短时信道特性以及所述第一码字，确定对应于秩为 R 的第二级抽取码本中的第二码字；完整第二级码本中的任一码字为 $2C \times R$ 矩阵，该 $2C \times R$ 矩阵用于为各极化方向和各层从所述第一码字中进行列选择、并为不同的极化方向之间引入相位偏移信息；其中所述第二级抽取码本经由以下四种抽取方式中的至少一种而取自所述完整第二级码本：1) 限制列选择选项；2) 限制相位偏移因子选项；3) 去掉不同极化方向之间的不同 DFT 波束选择；4) 去掉不同层之间的不同 DFT 波束选择；以及

反馈所述第二码字的索引。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，对于秩 R 为 1、3、4，所述第二级抽取码本经由所述四种抽取方式中的 1)、2)、3) 中的至少一种而取自所述完整第二级码本。

3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，还包括：确定下行传输的秩。

4. 一种用于多输入多输出系统的 4 天线下行信道反馈的装置，包括：

检测模块，其配置为检测下行多天线信道；

第一确定模块，其配置为根据所述检测的结果所估计出的长时宽带信道特性，确定对应于秩为 R 的第一级抽取码本中的第一码字；完整第一级码本中的任一码字为四块对

角矩阵,其中对角线上是两个 $2 \times C$ 块矩阵,该两个 $2 \times C$ 块矩阵的列向量选自 Q_1 个 DFT 波束向量;其中所述第一级抽取码本经由以下三种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第一级码本:1)对于相互之间有部分 DFT 波束重叠的码字,去掉一部分,2)对于相互之间所有 DFT 波束重复的码字,去掉一部分,3)去掉部分码字以减小 DFT 波束的可选范围;

反馈模块,其配置为反馈所述第一码字的索引;以及

第二确定模块,其配置为根据所述检测的结果所估计出的短时信道特性以及所述第一码字,确定对应于秩为 R 的第二级抽取码本中的第二码字;完整第二级码本中的任一码字为 $2C \times R$ 矩阵,该 $2C \times R$ 矩阵用于为各极化方向和各层从所述第一码字中进行列选择、并为不同的极化方向之间引入相位偏移信息;其中所述第二级抽取码本经由以下四种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第二级码本:1)限制列选择选项;2)限制相位偏移因子选项;3)去掉不同极化方向之间的不同 DFT 波束选择;4)去掉不同层之间的不同 DFT 波束选择;

所述反馈模块还配置为反馈所述第二码字的索引。

5. 如权利要求 4 所述的装置,其特征在于,对于秩 R 为 1、3、4,所述第二级抽取码本经由所述四种抽取方式中的 1)、2)、3)中的至少一种而抽取自所述完整第二级码本。

6. 如权利要求 4 所述的装置,其特征在于,还包括第三确定模块,其配置为确定下行传输的秩。

7. 一种用户设备,其包括权利要求 4-6 中任一项所述的装置。

8. 一种用于多输入多输出系统的具有 4 发射天线的基站中的方法,包括:

接收用户设备所反馈的下行传输的秩、第一级抽取码本中第一码字的索引、以及第二级抽取码本中第二码字的索引;完整第一级码本中的任一码字为四块对角矩阵,其中对角线上是两个 $2 \times C$ 块矩阵,该两个 $2 \times C$ 块矩阵的列向量选自 Q_1 个 DFT 波束向量;其中所述第一级抽取码本经由以下三种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第一级码本:1)对于相互之间有部分 DFT 波束重叠的码字,去掉一部分,2)对于相互之间所有 DFT 波束重复的码字,去掉一部分,3)去掉部分码字以减小 DFT 波束的可选范围;

完整第二级码本中的任一码字为 $2C \times R$ 矩阵，该 $2C \times R$ 矩阵用于为各极化方向和各层从所述第一码字中进行列选择、并为不同的极化方向之间引入相位偏移信息；其中所述第二级抽取码本经由以下四种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第二级码本：1) 限制列选择选项；2) 限制相位偏移因子选项；3) 去掉不同极化方向之间的不同 DFT 波束选择；4) 去掉不同层之间的不同 DFT 波束选择；以及

根据所述秩、所述第一码字的索引以及所述第二码字的索引，确定下行信道特性。

9. 如权利要求 8 所述的方法，其特征在于，对于秩 R 为 1、3、4，所述第二级抽取码本经由所述四种抽取方式中的 1)、2)、3) 中的至少一种而抽取自所述完整第二级码本。

10. 一种用于多输入多输出系统的具有 4 发射天线的基站中的装置，包括：

接收模块，其配置为接收用户设备所反馈的下行传输的秩、第一级抽取码本中第一码字的索引、以及第二级抽取码本中第二码字的索引；完整第一级码本中的任一码字为四块对角矩阵，其中对角线上是两个 $2 \times C$ 块矩阵，该两个 $2 \times C$ 块矩阵的列向量选自 Q_1 个 DFT 波束向量；其中所述第一级抽取码本经由以下三种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第一级码本：1) 对于相互之间有部分 DFT 波束重叠的码字，去掉一部分，2) 对于相互之间所有 DFT 波束重复的码字，去掉一部分，3) 去掉部分码字以减小 DFT 波束的可选范围；完整第二级码本中的任一码字为 $2C \times R$ 矩阵，该 $2C \times R$ 矩阵用于为各极化方向和各层从所述第一码字中进行列选择、并为不同的极化方向之间引入相位偏移信息；其中所述第二级抽取码本经由以下四种抽取方式中的至少一种而抽取自所述完整第二级码本：1) 限制列选择选项；2) 限制相位偏移因子选项；3) 去掉不同极化方向之间的不同 DFT 波束选择；4) 去掉不同层之间的不同 DFT 波束选择；以及

信道特性确定模块，其配置为根据所述秩、所述第一码字的索引以及所述第二码字的索引，确定下行信道特性。

11. 如权利要求 10 所述的装置，其特征在于，对于秩 R 为 1、3、4，所述第二级抽取码本经由所述四种抽取方式中的 1)、2)、3) 中的至少一种而抽取自所述完整第二级码本。

12. 一种基站设备，其包括权利要求 10-11 中任一项所述的装置。



图 1

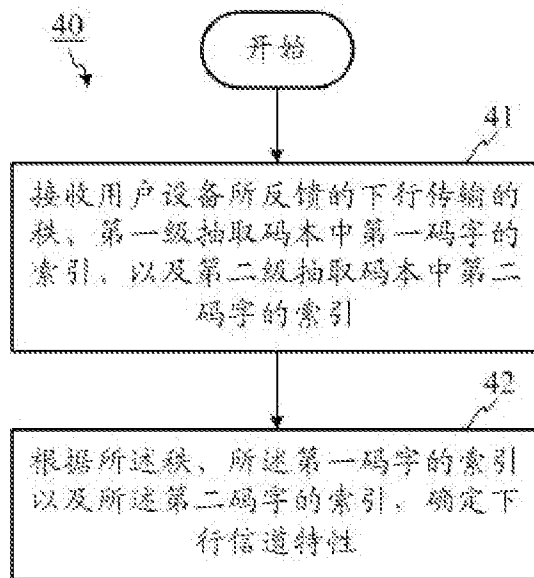


图 4

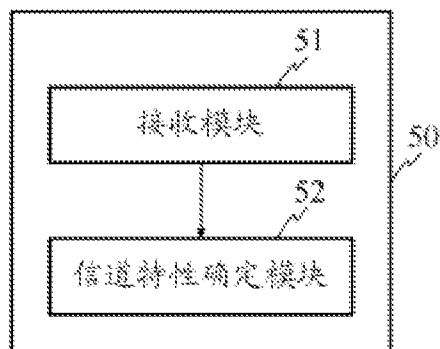


图 5

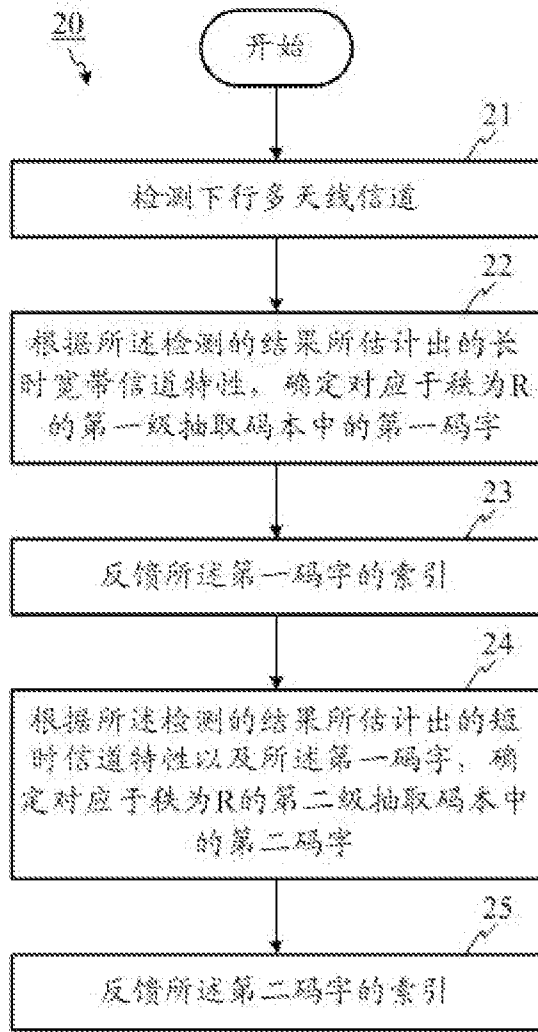


图 2

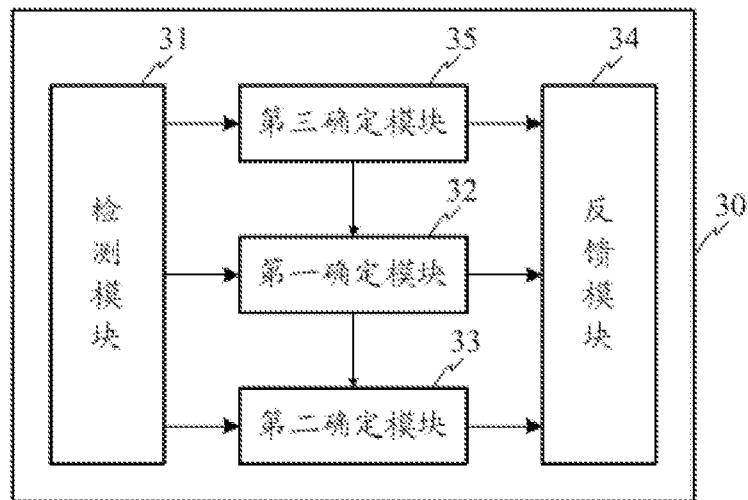


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/000557

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H04L 1/00 (2006.01) i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC: H04W; H04L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CNPAT, WPI, EPODOC, 3GPP: Multi Input Multi Output, MIMO, 4 antenna?, 4 branch??, codebook?, codeword?, rank, index., subsampl+, sampl+, select+, PMI, DFT		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102916768 A (HUAWEI TECHNOLOGY CO., LTD.) 06 February 2013 (06.02.2013) the whole document	1-12
A	CN 102299775 A (ALCATEL-LUCENT SHANGHAI BELL CO., LTD.) 28 December 2011 (28.12.2011) the whole document	1-12
A	CN 101867461 A (ZTE CORPORATION) 20 October 2010 (20.10.2010) the whole document	1-12
A	EP 2536057 A I (ZTE CORPORATION) 19 December 2012 (19.12.2012) the whole document	1-12
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
21 January 2014 (21.01.2014)	13 February 2014 (13.02.2014)	
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer ZHANG, Dezhen Telephone No. (86-10) 62413369	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
 Information on patent family members

International application No.
 PCT/CN20 13/000557

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102916768 A	06.02.2013	None	
CN 102299775 A	28.12.2011	None	
CN 101867461 A	20.10.2010	W O 2011134246 A I	03.11.2011
EP 2536057 A I	19.12.2012	CN 101854236 A	06.10.2010
		W O 2011124065 A I	13.10.201 1
		M X 2012010580 A	09.10.2012
		J P 2013522981 A	13.06.2013
		U S 2013208819 A I	15.08.2013
		K R 20120117932 A	24.10.2012

A. 主题的分类

H04L 1/00 (2006.01) i

按照国际专利分类(IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: H04W; H04L

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT, WPI, EPODOC, 3GPP: 多输入多输出, 多入多出, MIMO, 4 天线, 4 分支, 4 antenna?, 4 branch??. 码本, 码字, codebook?, codeword?, 秩, rank, 索引, index, 抽取, 抽样, 选择, subsampl+, sampl+, select+, PMI, DFT

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 102916768 A (华为技术有限公司) 06.2 月 2013 (06.02.2013) 全文	1-12
A	CN 102299775 A (上海贝尔股份有限公司) 28. 12 月 201 1 (28. 12.201 1) 全文	1-12
A	CN 101867461 A (中兴通讯股份有限公司) 20. 10 月 2010 (20. 10.2010) 全文	1-12
A	EP 2536057 A I (ZTE CORPORATION) 19. 12 月 2012 (19. 12.2012) 全文	1-12

其余文件在 C 栏的续页中列出。 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：
 "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件
 "E" 在国际申请日的公布日在先申请或锡
 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)
 "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件
 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件
 "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件
 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性
 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性
 "&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期 21. 1 月 2014 (21.01.2014)	国际检索报告邮寄日期 13.2 月 2014 (13.02.2014)
ISA/CN 的名称和邮寄地址： 中华人民共和国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088 传真号：(86-10)62019451	受权官员 张德珍 电话号码：(86-10) 62413369

国际检索报告

关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/000557

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN 102916768 A	06.02.2013	无	
CN 102299775 A	28. 12.201 1	无	
CN 101867461 A	20. 10.2010	WO 201 1134246 A 1	03. 11.2011
EP 2536057 A I	19. 12.2012	CN 101854236 A	06. 10.2010
		WO 201 1124065 A I	13. 10.2011
		MX 2012010580 A	09. 10.2012
		JP 2013522981 A	13.06.2013
		US 2013208819 A I	15.08.2013
		KR 201201 17932 A	24. 10.2012