



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102546094 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 04

(21) 申请号 201110391622. 8

(22) 申请日 2011. 10. 08

(30) 优先权数据

61/390, 423 2010. 10. 06 US

61/393, 797 2010. 10. 15 US

61/411, 845 2010. 11. 09 US

(71) 申请人 马维尔国际贸易有限公司

地址 巴巴多斯圣米加勒

(72) 发明人 K·S·戈马达姆 A·厄埃尔

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 鄢迅

(51) Int. Cl.

H04L 1/00 (2006. 01)

H04B 7/04 (2006. 01)

H04B 7/06 (2006. 01)

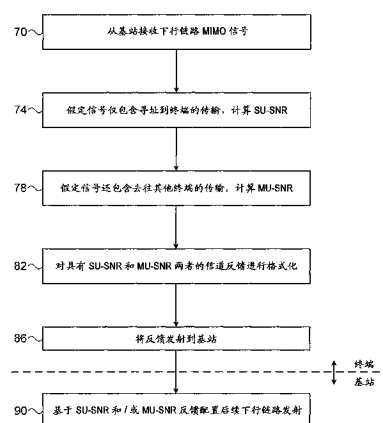
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 2 页

(54) 发明名称

用于多用户 MIMO 的增强信道反馈

(57) 摘要

本发明的实施方式涉及一种用于多用户 MIMO 的增强信道反馈。具体地, 一种方法, 包括在移动通信终端中通过通信信道接收多输入多输出 (MIMO) 信号, 所述 MIMO 信号至少包括寻址到所述终端的传输。基于接收到的信号, 在所述终端中估计多用户信噪比 (MU-SNR)。所述 MU-SNR 指示寻址到所述终端的传输与所述信号的剩余分量之间的功率比, 所述信号的剩余分量被假设为包括寻址到一个或多个其他终端的一个或多个传输。从所述终端发射指示通信信道并且基于所述 MU-SNR 的反馈。



1. 一种方法,包括:

在移动通信终端中通过通信信道接收多输入多输出(MIMO)信号,所述MIMO信号至少包括寻址到所述终端的传输;

基于接收到的信号,在所述终端中估计多用户信噪比(MU-SNR),其指示寻址到所述终端的所述传输与所述信号的剩余分量之间的功率比,所述信号的剩余分量被假设为包括寻址到一个或多个其他终端的一个或多个传输;以及

从所述终端发射指示通信信道并且基于所述MU-SNR的反馈。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中估计所述MU-SNR包括在假设利用各自的预编码向量对寻址到所述其他终端的所述传输进行预编码的情况下计算所述MU-SNR,这些预编码向量与所述终端用于对寻址到所述终端的传输进行预编码而请求的预编码向量正交。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中计算所述MU-SNR包括在所述正交预编码向量的多个可能的选择上对所述MU-SNR求平均。

4. 根据权利要求2所述的方法,其中使用 N_T 个发射天线从基站发射所述MIMO信号,并且其中计算所述MU-SNR包括在所述正交预编码向量的 N_T-1 个可能选择上计算所述MU-SNR。

5. 根据权利要求2所述的方法,其中计算所述MU-SNR包括向寻址到所述其他终端的所述传输指定各自的功率水平,其中至少两个功率水平互不相同。

6. 根据权利要求1所述的方法,包括估计单用户信噪比(SU-SNR),其是在假设所述信号只寻址到所述终端的情况下进行计算的,其中发射所述反馈包括发射基于所述SU-SNR的第一反馈和基于所述MU-SNR的第二反馈。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中发射所述第一反馈和第二反馈包括以相对于所述第一反馈和第二反馈中的一个差分编码的格式发送所述第一反馈和第二反馈中的另一个。

8. 根据权利要求6所述的方法,其中发射所述第一反馈和第二反馈包括发送彼此独立编码的所述第一反馈和第二反馈。

9. 根据权利要求6所述的方法,其中发射所述第一反馈和第二反馈包括以第一更新率发送所述第一反馈,并且以不同于所述第一更新率的第二更新率发送所述第二反馈。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中所述通信反馈包括从一组由等级-1信道质量指示(CQI)和等级-2CQI组成的类型中选择的至少一个反馈类型。

11. 一种装置,包括:

接收机,其被配置为通过通信信道接收至少包括寻址到所述接收机的传输的多输入多输出(MIMO)信号;

处理器,其被配置为基于接收到的信号估计多用户信噪比(MU-SNR),所述MU-SNR指示寻址到所述接收机的所述传输与所述信号的剩余分量之间的功率比,所述信号的剩余分量被假设为包括寻址到一个或多个其他接收机的一个或多个传输,所述处理器还被配置为计算指示所述通信信道并且基于所述MU-SNR的反馈;以及

发射机,其被配置为发射所述反馈。

12. 如权利要求11所述的装置,其中所述处理器被配置为在假设利用各自的预编码向量对寻址到所述其他接收机的所述传输进行预编码的情况下估计所述MU-SNR,所述各自的预编码向量与为了对寻址到所述接收机的所述传输进行预编码而请求的预编码向量正交。

13. 根据权利要求 12 所述的装置,其中所述处理器被配置为在正交预编码向量的多个可能的选择上对 MU-SNR 求平均。

14. 根据权利要求 12 所述的装置,其中使用 N_T 个发射天线从基站发射所述 MIMO 信号,并且其中所述处理器被配置为在所述正交预编码向量的 N_T-1 个可能的选择上计算所述 MU-SNR。

15. 根据权利要求 11 所述的装置,其中所述处理器被配置为估计单用户信噪比 (SU-SNR),所述 SU-SNR 是在假设所述信号只寻址到所述接收机的情况下计算的,所述处理器还被配置为计算基于所述 SU-SNR 的第一反馈和基于所述 MU-SNR 的第二反馈。

16. 根据权利要求 15 所述的装置,其中所述处理器被配置为以相对于所述第一反馈和第二反馈中的一个差分编码的格式计算所述第一反馈和第二反馈中的另一个。

17. 根据权利要求 15 所述的装置,其中所述处理器被配置为彼此独立地对所述第一反馈和第二反馈进行编码。

18. 根据权利要求 11 所述的装置,其中所述通信反馈包括从一组由等级 -1 信道质量指示 (CQI) 和等级 -2 CQI 组成的类型中选择的至少一个反馈类型。

19. 一种包括权利要求 11 所述的装置的移动通信终端。

20. 一种用于在包括权利要求 11 所述的装置的移动通信终端中处理信号的芯片集。

用于多用户 MIMO 的增强信道反馈

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于 2010 年 10 月 6 日提交的美国临时专利申请 61/390,423、于 2010 年 10 月 15 日提交的美国临时专利申请 61/393,797 以及于 2010 年 11 月 9 日提交的美国临时专利申请 61/411,845 的权益,其公开的内容通过引用结合于此。

技术领域

[0003] 本发明总体上涉及通信系统,特别是信道反馈方案。

背景技术

[0004] 在某些通信系统中,移动通信终端通过通信信道从基站接收下行链路信号,并且向基站发送指示通信信道的反馈。基站基于该反馈配置后续的发射。这种类型的信道反馈用在例如第三代合作伙伴计划 (3GPP) 规定的演进的通用陆地无线电接入 (E-UTRA) 系统中。这些系统还被称为长期演进 (LTE) 以及 LTE-高级 (LTE-A)。

[0005] 用于 LTE 和 LTE-A 系统的信道反馈方案在例如下列文档中讨论:3GPP 技术规范组无线电接入网络工作组 1 (TSG-RAN WG1) 文档 R1-105032,题为“用于 Rel.10 DL MIMO 的增强上的路径转发 (Way Forward on Enhancement for Rel.10 DL MIMO)”,马德里,西班牙,2010 年 8 月 23 日-27 日;3GPPTSG-RANWG1 文档 R1-104477,题为“用于 4/8Tx Rel.10 DL MIMO 的更高 CSI 反馈精度提案 (Higher CSI Feedback Accuracy Proposals for 4/8Tx Rel.10 DL MIMO)”,马德里,西班牙,2010 年 8 月 23 日-27 日;3GPP TSG-RAN WG1 文档 R1-104474,题为“关于 4Tx 码本强化的观点和仿真结果 (Views and Simulation Results on 4Tx Codebook Enhancements)”,马德里,西班牙,2010 年 8 月 23 日-27 日;以及 3GPP TSG-RAN WG1 文档 R1-104398,题为“对伴随反馈性能及反馈信令开销削减的进一步分析 (Further Analysis of Companion Feedback Performance and Feedback Signaling Overhead Reduction)”,马德里,西班牙,2010 年 8 月 23 日-27 日,这些文档全部通过引用结合于此。

[0006] 其他信道反馈方案在下列文档中提出:3GPP TSG-RAN WG1 文档 R1-105801,题为“在用于 2、4、8TX 的 PUSCH 3-1 上的 CQI/PMI 报告增强上的路径转发 (Way Forward on CQI/PMI Reporting Enhancement on PUSCH 3-1 for 2,4 and 8 TX)”,西安,中国,2010 年 10 月 11 日-15 日;3GPP TSG-RAN WG1 文档 R1-105189,题为“用于 4Tx 的 CQI 增强 (CQI Enhancement for 4Tx)”,西安,中国,2010 年 10 月 11 日-15 日;3GPP TSG-RAN WG1 文档 R1-105412,题为“增强 MU-MIMO CQI (Enhancing MU-MIMO CQI)”,西安,中国,2010 年 10 月 11 日-15 日;3GPP TSG-RAN WG1 文档 R1-105656,题为“关于 CQI/PMI 增强的进一步讨论 (Further discussion on CQI/PMI enhancement)”,西安,中国,2010 年 10 月 11 日-15 日,这些文档全部通过引用结合于此。

[0007] 上述描述是作为本领域相关技术的概览而提出的,并且不应解释为承认其包括的任何信息构成对抗本专利申请的现有技术。

发明内容

[0008] 在此描述的实施方式提供了一种方法,该方法包括在移动通信终端中通过通信信道接收多输入多输出 (MIMO) 信号。该 MIMO 信号至少包括寻址到该终端的传输。基于接收到的信号,在终端中估计多用户信噪比 (MU-SNR)。MU-SNR 指示寻址到终端的传输与信号的剩余分量之间的功率比,该信号的剩余分量被假设为包括寻址到一个或多个其他终端的一个或多个传输。从终端发射指示通信信道并且基于 MU-SNR 的反馈。

[0009] 在某些实施方式中,估计 MU-SNR 包括:在假设利用各自的预编码向量对寻址到其他终端的传输进行预编码的情况下计算 MU-SNR,这些预编码向量与终端请求的用于预编码寻址到该终端的传输的预编码向量正交。

[0010] 在示例性实施方式中,计算 MU-SNR 包括在正交预编码向量的多个可能的选择上对 MU-SNR 求平均。在一个公开的实施方式中,从基站使用 N_T 个发射天线发射 MIMO 信号,并且计算 MU-SNR 包括在正交预编码向量的 N_T-1 个可能的选择上计算 MU-SNR。在另一实施方式中,计算 MU-SNR 包括向寻址到其他终端的传输指派相应的功率水平,其中至少两个功率水平互不相同。

[0011] 在某些实施方式中,该方法包括估计单用户信噪比 (SU-SNR),其在假设该信号只寻址到该终端的情况下进行计算;发射反馈则包括发射基于 SU-SNR 的第一反馈和基于 MU-SNR 的第二反馈。在一个实施方式中,发射第一反馈和第二反馈包括以相对于第一反馈和第二反馈中的一个反馈差分编码的格式发送第一反馈和第二反馈中的另一个反馈。在另一实施方式中,发射第一反馈和第二反馈包括发送彼此独立编码的第一反馈和第二反馈。在又一实施方式中,发射第一反馈和第二反馈包括按照第一更新率发送第一反馈,以及按照不同于第一更新率的第二更新率发送第二反馈。

[0012] 在一个实施方式中,通信反馈包括从一组由等级 -1 信道质量指示 (CQI) 和等级 -2 CQI 组成的类型中选择的至少一个反馈类型。

[0013] 此外,根据在此描述的实施方式,还提供了一种装置,该装置包括接收机、处理器和发射机。接收机被配置为通过通信信道接收至少包括寻址到该接收机的传输的多输入多输出 (MIMO) 信号。处理器被配置为基于接收到的信号,估计多用户信噪比 (MU-SNR),MU-SNR 指示寻址到接收机的传输与信号的剩余分量之间的功率比(该信号的剩余分量被假设为包括寻址到一个或多个其他接收机的一个或多个传输),以及被配置为计算指示通信信道并且基于 MU-SNR 的反馈。发射机被配置为发射该反馈。

[0014] 在某些实施方式中,移动通信终端包括该公开的装置。在某些实施方式中,用于处理移动通信终端的信号的芯片集包括该公开的装置。

[0015] 通过对实施方式的下列的详细描述并结合附图,将更充分地理解本公开,在附图中:

附图说明

[0016] 图 1 是根据在此描述的实施方式、示意性地图示通信系统的框图;以及

[0017] 图 2 是根据在此描述的实施方式、示意性地图示用于通信的方法的流程图。

具体实施方式

[0018] 在此描述的实施方式提供了用于在移动无线通信网络中使用的改进的信道反馈方案。尽管在此描述的实施方式主要涉及 LTE 和 LTE-A,但所公开的技术可应用于任何其他合适类型的通信协议或标准。

[0019] 在某些实施方式中,基站支持单用户多输入多输出 (SU-MIMO) 模式和多用户 MIMO (MU-MIMO) 模式。在 SU-MIMO 模式中,基站使用多个发射天线在给定时-频资源上仅向单个终端进行发射。在 MU-MIMO 模式中,基站经由多个发射天线在同一时-频资源上同时向多个终端进行发射。在 MU-MIMO 模式中,典型地利用不同的预编码向量(即,应用到发射天线并将发射波束引导到期望的方向的不同权重集合)对去往不同终端的同时传输进行预编码。

[0020] 在这些实施方式中,每个终端向基站发送指示通信信道的反馈。该反馈可以包括例如信噪比 (SNR)、将用于后续发射的指示优选调制和编码方案 (MCS) 的信道质量指示 (CQI) 或将用于后续发射的指示优选预编码矩阵的预编码矩阵指示 (PMI)。基站基于从终端接收的反馈配置其后续传输。

[0021] 终端通过处理它从基站接收的下行链路信号计算反馈。然而,终端通常没有关于基站当前是以 SU-MIMO 模式操作还是以 MU-MIMO 模式操作的信息。换言之,终端没有接收到的下行链路信号是否只包括寻址到该终端的单一传输,或是该信号是否包括寻址到其他终端的附加同时传输的信息。

[0022] 基站拥有这些信息,但另一方面,它没有对下行链路信号的访问权,因为下行链路信号是由终端接收和测量的。因而,无论是单独的终端还是单独的基站,都不具有用于计算能支持基站最优配置其发射的最优信道反馈的完整信息。

[0023] 原则上,终端有可能计算信道反馈而不管基站使用 SU-MIMO 还是 MU-MIMO,例如通过一直假定为 SU-MIMO。然而,这种方案可能导致基站错误配置其后续发射并导致严重的性能恶化。

[0024] 在此描述的方法和系统提供对该问题的有效解决方式。在某些实施方式中,终端使用下行链路信号计算两种类型的 SNR:单用户 SNR (SU-SNR) 和多用户 SNR (MU-SNR)。SU-SNR 在假设下行链路信号只包括寻址到该终端的单个传输的情况下计算。另一方面, MU-SNR 在假设下行链路信号除了寻址到该终端的传输之外还包括寻址到一个或多个其他终端的一个或多个附加传输的情况下计算。

[0025] 典型地,终端基于对应于 SU 和 MU 传输的两种类型的 SNR 计算两种类型的反馈,并向基站发送该两种类型反馈。在某些实施方式中,为了减少信令开销,对一种反馈类型相对于另一种反馈类型进行差分编码。基站基于从终端接收的 SU 和 / 或 MU 反馈配置其后续发射。

[0026] 在各种实施方式中,终端按照不同的方式计算 MU-SNR。在一个实施方式中,终端假设基站使用预编码向量预编码去往其他终端的传输,这些预编码向量相互之间、以及与终端为预编码其自身的传输而请求的预编码向量正交。在一个实施方式中,终端在这样的假设下计算 MU-SNR,例如通过在用于其他传输的正交预编码向量的多个可能的选择上对 SNR 求平均。

[0027] 当使用所公开的技术时,终端为基站提供既可应用于单用户场景和多用户场景两

者的增强的信道反馈。基于这样的信道反馈,基站能够优化其后续发射,并且因而提高下行链路吞吐量和质量,并降低干扰。

[0028] 图 1 是根据在此描述的实施方式、示意性地图示通信系统 20 的框图。系统 20 包括移动通信终端 24,其也被称为用户设备 (UE)。UE 可以包括例如蜂窝电话、支持无线的移动计算机、或者具有通信能力的任何其他类型的终端。UE24 与基站 (BS) 28 通信,基站 28 又被称为 eNodeB。

[0029] 在此处描述的实施方式中,系统 20 根据 LTE-A 规范工作。然而,备选地,系统 20 可以根据任何其他合适的通信协议工作,诸如 LTE 或使用 MU-MIMO 且其中完全的信道知识不可获得的任何通信协议。出于清楚的目的,图 1 的示例仅示出单个 BS 和单个 UE。然而,现实的系统通常包括多个 BS 和 UE。

[0030] BS 28 包括管理各种 BS 通信功能的 BS 处理器 32,执行发射和接收的 BS 收发器 (TRX) 36,以及天线阵列 40,射频 (RF) 信号经由该天线阵列 40 进行发射和接收。在一个实施方式中,天线阵列 40 包括四个或八个发射天线,并且 BS 28 使用这些天线发射下行链路 MIMO 信号。

[0031] 在一个实施方式中,BS 28 支持 SU-MIMO 传输模式和 MU-MIMO 传输模式两者。因而,在给定的时间,下行链路 MIMO 信号可以仅包括寻址到 UE 24 的单个传输。在不同时间,下行链路信号可以包括寻址到一个或多个其他 UE (图中未示出) 并且在与去往 UE 24 的传输相同的时-频资源上发射的一个或多个附加传输。BS 28 能够视情况在 SU-MIMO 模式和 MU-MIMO 模式之间交替。

[0032] 在图 1 中所示的实施方式中,UE 24 包括一个或多个接收天线 44,用于从 BS 28 接收下行链路信号的下行链路接收机 (RX) 48 以及用于向 BS 发射上行链路信号的上行链路发射机 (TX)。UE 24 还包括执行在此描述的 SNR 和反馈计算技术的处理电路 56。在某些实施方式中,处理电路 56 包括 SNR 计算单元 60 和反馈计算单元 64。SNR 计算单元 60 计算针对接收到的下行链路信号的 SU-SNR 和 MU-SNR,这将在下文中进行详细说明。

[0033] 反馈计算单元 64 基于单元 60 提供的 SU-SNR 和 MU-SNR 计算信道反馈。在一个典型实施方式中,单元 64 计算的信道反馈包括将用于 SU 传输中的优选 MCS (该 MCS 表示为 SU CQI),以及将用于 MU 传输中的优选 MCS (该 MCS 表示为 MU CQI)。

[0034] 反馈计算单元 64 向上行链路发射机 52 提供信道反馈,上行链路发射机 52 向 BS 28 发射该反馈。在某些实施方式中,以某个更新率发射基于 SU SNR 的反馈,并且以不同更新率发射基于 MU SNR 的反馈。在备选实施方式中,以相同更新率发射两种类型的反馈。

[0035] BS 处理器 32 使用基于 SU-SNR 的反馈和 / 或基于 MU-SNR 的反馈以配置后续发射。在一个示例实施方式中,BS 处理器使用反馈来向各种传输指派预编码向量、调制和编码方案 (MCS) 和 / 或功率水平。

[0036] 图 1 中所示的 UE 配置是简化的示例配置,其完全为了清楚的目的而绘制。在备选实施方式中,可以使用任何其他适合的 UE 配置。为了清楚起见,从图中省略了不是用于理解所公开的技术所必须的 UE 元件。

[0037] 在各种实施方式中,UE 24 的元件中的某些或者全部,包括接收机 48、发射机 52 以及处理电路 56,以硬件的方式实现,诸如使用一个或多个射频集成电路 (RFIC),现场可编程门阵列 (FPGA) 或专用集成电路 (ASIC)。在备选实施方式中,某些 UE 元件以软件的方式

实现,或者使用硬件和软件元件的组合来实现。在某些实施方式中,UE 24 的元件中的某些或者全部,包括接收机 48、发射机 52 以及处理电路 56,以用于移动通信终端中的信号处理芯片集的方式实现。

[0038] 在某些实施方式中,某些 UE 元件,诸如处理电路 56 的某些元件,以可编程处理器的形式实现,该可编程处理器以软件形式被编程以执行在此描述的功能。软件可以按照电子形式、例如通过网络下载到处理器,备选地或附加地,软件可以被提供到和 / 或存储于非瞬态有形介质,诸如磁、光学或电子存储器。

[0039] 图 2 是根据在此描述的实施方式、示意性地图示通信方法的流程图。该方法开始自 UE 24 的下行链路 RX 48 在下行链路接收操作 70 中从 BS 28 接收下行链路 MIMO 信号。

[0040] SNR 计算单元 60 在 SU-SNR 计算操作 74 中计算接收到的下行链路信号的 SU-SNR。SU-SNR 在假设下行链路信号仅包括寻址到 UE 24 的单一传输的情况下计算。

[0041] SNR 计算单元 60 在 MU-SNR 计算操作 78 中计算接收到的下行链路信号的 MU-SNR。MU-SNR 在假设下行链路信号除了寻址到 UE 24 的传输之外还包括去往至少一个其他 UE 的至少一个其他传输的情况下计算。接下来将详细地描述若干用于计算 MU-SNR 的示例技术。

[0042] 反馈计算单元 64 在反馈计算操作 82 中计算并格式化基于 SU-SNR 的信道反馈以及基于 MU-SNR 的信道反馈。以下进一步描述例如使用差分编码的若干用于格式化反馈的示例技术。上行链路 TX 52 在上行链路发射操作 90 中向 BS 28 发射这两种类型的信道反馈。BS 28 中的 BS 处理器 32 在 BS 配置操作 90 中基于 SU-SNR 相关的反馈和 / 或 MU-SNR 相关的反馈配置 BS 的后续下行链路发射。

[0043] 在各种实施方式中,SNR 计算单元 60 以不同的方式计算 MU-SNR。在一个实施方式中,单元 60 如下计算 MU-SNR :

[0044] 等式 1 :

$$[0045] \quad MU \text{ SNR} = \frac{\|Hv\|^2 P}{\frac{(\|H'H\|^2 - \|Hv\|^2)}{N_T - 1} P + 2N_0}$$

[0046] 其中 H 表示通信信道响应矩阵, v 表示 UE 请求的 SU PMI, p 表示接收到的信号功率,而 N_T 表示基站发射天线的数目 (阵列 40 中的发射天线的数目)。

[0047] 在另一实施方式中,单元 60 通过在基站为去往其他 UE 的其他传输而指派的预编码向量的多个可能的选择上求平均来计算 MU-SNR。典型地,这些预编码向量被假定为彼此正交并且与 UE 请求的优选预编码向量 (PMI) 正交 :

[0048] 等式 2 :

$$[0049] \quad MU \text{ SNR} = \sum_{i=0}^{N_T-1} \frac{\|Hv\|^2 P}{\|Hu_i\|^2 P + 2N_0}$$

[0050] 其中 u_i 表示可能被基站指派给去往其他 UE 的传输的正交预编码向量。在等式 2 的示例中,求平均是在线性域中进行的,即算术平均值。在备选实施方式中,求平均是以 dB 形式、以对数方式进行的,即几何平均值。

[0051] 在一个实施方式中,正交预编码向量 u_i 包括 N_T-1 个代数基向量。当基站和 UE 从相互约定的码本选择预编码向量时,向量 u_i 可以包括码本中与 UE 请求的优选预编码向量 (PMI) 正交的向量的子集 (的部分或者全部)。例如,在 3GPP 发布 8HHC 码本中,8 个码向

量各自具有 5 个正交向量。剩余的 8 个码向量各自具有 3 个正交向量。在一个实施方式中，针对给定的 PMI，在码本中与该 PMI 正交的码向量上执行 SNR 求平均。

[0052] 以上给出的 MU-SNR 定义是接收机独立的，并且可应用于例如最大比合并 (MRC) 接收机。对于最小均方误差 (MMSE) 接收机，在一个实施方式中，单元 60 通过等式 3 来优化 MU-SNR：

[0053] 等式 3：

$$[0054] \quad MU\ SNR = \sum_{i=0}^{N_T-1} v' H' (K_N + K_I)^{-1} H v \frac{P}{2}$$

[0055] 其中 $K_I = H u_i u_i' H \frac{P}{2}$ ， v' 表示 UE 推荐的预编码向量（即，对应于选定 PMI 的预编码码本条目）， u_i 表示与 v' 正交的第 i 个预编码向量，并且 K_N 表示针对捕捉小区间干扰和热噪声的 SU 实例的噪声协方差矩阵。

[0056] 如以上所说明的，反馈计算单元 64 格式化并向基站 28 报告基于 SU-SNR 的反馈以及基于 MU-SNR 的反馈。在某些实施方式中，单元 64 彼此独立地对这两种类型的反馈进行格式化或者编码。在其他实施方式中，单元 64 对两种类型的反馈中的一种（基于 SU-SNR 的反馈或基于 MU-SNR 的反馈）按照相对于另一种类型的反馈而言差分的方式进行编码。

[0057] 在一个示例实施方式中，单元 64 使用 4 比特对 SU-SNR 进行编码，并且使用相对于 SU-SNR 而言差分的 2 比特对 MU-SNR 进行编码。可以使用各种差分量化级别。以下的表格 1 给出了三种可能的差分编码方案。在表格 1 中，SU-SNR 以 x 表示，而 MU-SNR 以 y 表示：

[0058]

MCS 级别 差分区域	MU-SNR 差分量化值	MU-SNR UE 指示
备选 I:		
$x-y \leq 1$	1	0
$x-y=2$	2	1
$x-y=3$	3	2
$x-y \geq 4$	4	3
备选 II:		
$x-y \leq 2$	1	0

[0059]

$x-y=3$	2	1
$x-y=4$	3	2
$x-y>5$	4	3
备选 III:		
$x-y\leq 3$	3	0
$x-y=4$	4	1
$x-y=5$	5	2
$x-y>6$	6	3

[0060] 表 1 : 示例 MU-SNR 编码方案

[0061] 此外, 所报告的 MUMCS 被验证为位于 0 和 15 之间。在备选实施方式中, 依赖于 UE 的几何条件对差分量化进行定义, 例如, 基于 UE 和基站之间的距离。在一个示例实施方式中, 几何条件较高的 UE (例如, 靠近基站的 UE) 在差分编码中被指派了较大的偏移, 而几何条件较低的 UE (例如, 远离基站的 UE) 被指派了较低的偏移。

[0062] 在某些实施方式中, 针对每个子频带报告 MU CQI。(MU CQI 表示将用于某个 MU-SNR 的 MCS 的索引。术语 MUCQI 和 MU-SNR 在此有时互换地使用)。在其他实施方式中, MU CQI 包括针对整个频谱分配而报告的宽带 CQI。在一个实施方式中, 当使用宽带 MU CQI 时, 相对于宽带 SU CQI 对 MU CQI 进行差分编码。每子带的 MUCQI 可以由 WB SUCQI+WB MUCQI 差分+SB SU CQI 差分给出。备选地, 每子带的 MU CQI 可以由 WB SU CQI+WB MU CQI 差分给出。进一步备选地, 单元 64 可以提供针对 MU-MIMO 传输而优化的宽带 PMI 和 CQI。针对如上所述的反馈配置的示例仿真结果在以上引用的美国临时专利申请 61/390, 423 中给出。

[0063] 在某些实施方式中, 来自 UE 的基于 SU-SNR 的反馈对应于将从基站发送到 UE 的空间层 (也被称为空间流) 的某个数目。这个空间层的数目被称为等级。在许多实际情况中, MU 性能增益主要由于每个 UE 的等级 1 MU 传输, 即, 到每个 UE 的单个空间层的传输。因而, 在某些实施方式中, 单元 64 计算并提供对应于等级 1 的 MU CQI, 而不考虑用于 SU CQI 或 SU PMI 的等级。在一个实施方式中, 等级 1 PMI 同样被反馈。等级 1 PMI 可以从更高等级 SU PMI 的预编码向量导出。在备选实施方式中, 单元 64 计算并提供对应于等级 2 的 MU CQI, 而不考虑用于 SU CQI 或 SU PMI 的等级。在另一实施方式中, 单元 64 计算并提供对应于等级 1 和等级 2 这两者的 MU CQI。

[0064] 假设 v_0 表示对应于 SUPMI 的预编码向量。如以上说明的, MU-SNR 定义典型地考虑潜在干扰的效果。在一个实施方式中, 通过假定基站按照所有与 UE 请求的 PMI 正交的方向发射干扰来说明这种干扰。假设 $\{v_i\}_{i=1}^{N_T-1}$ 表示形成关于 v_0 的标准正交基的相互正交的预编码向量集。对于四基站发射天线 (4Tx) 的情况, 这些向量包括形成标准正交基的 Householder 码本中的正交向量。对于八个基站发射天线 (8Tx), 可以使用码本中可用的任何可能的标准正交基。

[0065] 在某些实施方式中, 在计算 MU-SNR 时, 单元 60 在寻址到 UE 24 的传输的下行链

路信号功率和总干扰功率之间假设某一比率。该比率用 r 表示。在一个实施方式中,被在寻址到其他 UE 的传输之间均等地分割干扰功率。在这样的实施方式中,并且假设有 N_T-1 个去往其他 UE 的传输,去往 UE 24 和去往其他 UE 的信号功率的相对分配是 $[r, (1-r)/(N_T-1), \dots, (1-r)/(N_T-1)]$ 。例如,对于四个基站发射天线的情况,相对功率分配是 $[r, (1-r)/3, (1-r)/3, (1-r)/3]$ 。因而,所需的信号(寻址到 UE 24)的功率是 rP ,而针对每个正交方向(预编码向量)的功率是 $(1-r)P(N_T-1)$ 。

[0066] 单元 60 可以选择任何合适的 r 值,诸如 $r = 0.5$, $r = 1/3$, $r = 1/N_T$ 或者任何其他合适的值。在备选实施方式中,去往 UE 24 和去往其他 UE 的信号功率的相对分配被归纳为 $[d(0) \dots d(N_T-1)]$,从而使得各元素的和为 1(unity)。在该实施方式中, $r = d(0)/(d(0)+\dots+d(N_T-1))$ 。进一步备选地,单元 60 可以向干扰层(即,向寻址到其他 UE 的传输)分配任何其他合适的功率水平。在示例实施方式中,这些传输中的至少两个传输被分配了不等的功率水平。

[0067] 在包括可能的小区内层间干扰的 MU 的情况下,总有效噪声协方差矩阵可以被记为 $K_{Total} = K_N + K_I$,其中 K_I 捕捉潜在的 MU 干扰:

[0068] 等式 4:

$$[0069] \quad K_{Total} = K_N + \frac{P(1-r)}{N_T-1} H \left(\sum_{i=1}^{N_T-1} v_i v_i' \right) H' = K_N + \frac{P(1-r)}{N_T-1} H(I - v_1 v_1') H'$$

[0070] 其中 K_N 表示 SU 情况下的原始噪声协方差矩阵。(更一般地,等式 4 中的两个 N_T-1 项可以用于干扰预编码矩阵的数目来替代,即,用 $|S|$ 来代替,其中 S 表示干扰预编码向量集。这种格式独立于 S 中的实际预编码向量。)

[0071] 对于如上所述的信号功率的一般性分配,我们有:

[0072] 等式 5:

$$[0073] \quad K_I = PH \left(\sum_{i=1}^{N_T-1} d_i v_i v_i' \right) H'$$

[0074] 用于 SU PMI 的 MU-SNR 可被最一般性地表示为 $MU-SNR(v_0) = f(v_0, H, P, K_{Total}, r)$ 。在一个实施方式中, MU-SNR 被定义为:

[0075] 等式 6:

$$[0076] \quad MU-SNR = \frac{\|H v_0\|^2 r P}{\frac{\text{trace}(K_{Total})}{\text{numRX}}}$$

[0077] 其中 numRX 表示 UE 接收天线的数目。

[0078] 对于 MMSE 接收机,我们有:

[0079] 等式 7:

$$[0080] \quad MU-SNR = (v_0' H' K_{Total}^{-1} H v_0) r P$$

[0081] 对于 MRC 接收机,我们有:

[0082] 等式 8:

$$[0083] \quad MU-SNR = \frac{\|H v_0\|^4 r P}{v_0' H' K_{Total} H v_0}$$

[0084] 由于 PMI 已经可用, 因此 MU-SNR 计算的附加复杂度约为 SU-SNR 计算的十六分之一。这一复杂度可以进一步通过利用来自 SU-SNR 计算的中间结果 (例如, 使用先前计算出的 H_{v_0}) 来降低。

[0085] 对于 $r = 0.5$, 协方差矩阵如下给出:

[0086] 等式 9:

$$[0087] \quad K_I = \frac{P}{2(N_T - 1)} H \left(\sum_{i=1}^{N_T-1} v_i v_i' \right) H' = \frac{P}{2(N_T - 1)} H(I - v_0 v_0') H'$$

[0088] 而 MU-SNR 继而变为 $MU-SNR(v_0) = f(v_0, H, P, K_{Total}, r = 0.5)$ 。

[0089] 对于 $r = 1/N_T$, 协方差矩阵如下给出:

[0090] 等式 10:

$$[0091] \quad K_I = \frac{P}{N_T} H \left(\sum_{i=1}^{N_T-1} v_i v_i' \right) H' = \frac{P}{N_T} H(I - v_0 v_0') H'$$

[0092] 而 MU-SNR 继而变为 $MU-SNR(v_0) = f(v_0, H, P, K_{Total}, r = 1/N_T)$ 。

[0093] 上述反馈方案的示例仿真结果在之前引用的美国临时专利申请 61/411,845 中给出。在某些实施方式中, 基站 28 在其调度过程中使用报告的 MU-CQI。在一个实施方式中, 基站在校正所调度的空间层的实际数目时, 通过报告的 MCS 估计 MU-SNR。例如, 在对两个 UE 进行配对时, 基站通过 $SNR = SNR(MU-CQI)/2r$ 来估计 SNR, 其中 $SNR(MU-CQI)$ 表示对应于报告的 MU-CQI 的 SNR。

[0094] 在某些实施方式中, 上述等式 4 可以用干扰预编码向量集的显式表达式 (explicit expression) 来替代, 这些干扰预编码向量相互正交并且还与 UE 请求的 SU 预编码向量 (SU PMI) 正交。例如, 8TX 码本中的 SU 等级 1 预编码向量为以下形式:

[0095] 等式 11:

$$[0096] \quad u = \begin{bmatrix} v(\theta) \\ cv(\theta) \end{bmatrix} \quad \theta \in \left\{ \frac{2\pi k}{32} \right\}, k = 0, \dots, 31 \quad c \in \{1, -1, j, -j\}$$

[0097] 其中, $v(\theta) = [1 \exp(j\theta) \exp(j2\theta) \exp(j3\theta)]^T$ 。

[0098] 7 个相互正交且与 u 正交的向量集由下式给出:

[0099] 等式 12:

$$[0100] \quad S = \left\{ \begin{bmatrix} v(\theta) \\ -cv(\theta) \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} v(\theta + \pi/2) \\ cv(\theta + \pi/2) \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} v(\theta + \pi/2) \\ -cv(\theta + \pi/2) \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} v(\theta + \pi) \\ cv(\theta + \pi) \end{bmatrix}, \right. \\ \left. \begin{bmatrix} v(\theta + \pi) \\ -cv(\theta + \pi) \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} v(\theta + 3\pi/2) \\ cv(\theta + 3\pi/2) \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} v(\theta + 3\pi/2) \\ -cv(\theta + 3\pi/2) \end{bmatrix} \right\}$$

[0101] 以下进一步给出按照在 3GPP 规范中定义的 8TX 码本的符号的用于干扰预编码向量的示例实际索引。

[0102] 在上述等式 4 中, 由 UE 假设的用于各种层的信号功率分配取决于 r 。在一个实施方式中, 假设 $r = 0.5$ 。在这种假设下, 针对 8 个层的功率分配为 $[P/2, P/14, P/14, P/14, P/14, P/14, P/14, P/14]$, 其中第一项对应于寻址到 UE 的层并且其他项对应于干扰层。

[0103] 在某些实施方式中, 例如出于 UE 测试的目的, 定义了更简单的干扰预编码向量集。一个示例测试假设基站使用 UE 在计算 CQI 时所假设的同样 (exact) 配置进行发射。在

这种情况下,在等式 4、11 和 12 中定义的 MU CQI 意指测试设备使用等式 12 的集合 S 中的七个预编码向量向七个其他虚拟 UE 进行发射。然而, LTE 发布 10 支持到最多四个空间复用的 UE 的传输。因此,期望对 MUCQI 定义进行修改,从而使得测试设备传输与 UE 在 MU CQI 计算中所做的假设兼容。

[0104] 在一个 MU CQI 的示例经修改定义中,标准正交基被四个正交 PMI 的缩减集代替。下面给出缩减集的两个可能的示例:

[0105] 等式 13:

$$[0106] \quad S1 = \left\{ \begin{bmatrix} v(\theta) \\ -cv(\theta) \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} v(\theta + \pi) \\ cv(\theta + \pi) \end{bmatrix} \right\}$$

[0107] 等式 14:

$$[0108] \quad S2 = \left\{ \begin{bmatrix} v(\theta + \pi/2) \\ cv(\theta + \pi/2) \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} v(\theta + \pi) \\ cv(\theta + \pi) \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} v(\theta + 3\pi/2) \\ cv(\theta + 3\pi/2) \end{bmatrix} \right\}$$

[0109] 对于这些缩减集,功率分配为 $[P/2, P/6, P/6]$ 。以下给出按照在 3GPP 规范中定义的 8TX 码本的符号的、用于这些集合中干扰预编码向量的示例实际索引。

[0110] 根据在 3GPP 规范中规定的 8TX 码本,等式 12 中的预编码向量集 S 可以被表达为码本中的干扰 PMI 集。假设 (i_0, j_0) 分别表示对应于 W1 码本和 W2 码本的信号 PMI (例如,来自 SU CQI/PMI) 的索引。假设 $j_0 = 4d_0 + p_0$, 其中 d_0 表示范围为 0 到 3 的 DFT 选择索引,并且 p_0 表示范围为 0 到 3 的相位选择索引。索引 i_0 和 j_0 的范围为 0 到 15。七个干扰 PMI 的索引于是可以被记为:

[0111] 等式 15:

$$[0112] \quad ((i_0 + 4) \bmod 16, 4d_0 + p_0), ((i_0 + 8) \bmod 16, 4d_0 + p_0), ((i_0 + 12) \bmod 16, 4d_0 + p_0), ((i_0 + 16) \bmod 16, 4d_0 + p_0), ((i_0 + 20) \bmod 16, 4d_0 + p_0), ((i_0 + 24) \bmod 16, 4d_0 + p_0), ((i_0 + 28) \bmod 16, 4d_0 + p_0)$$

[0113] 对于等式 13 的集合 S1 中的三层 MU CQI, 示例干扰 PMI 索引如下给出:

[0114] 等式 16:

$$[0115] \quad ((i_0 + 4) \bmod 16, 4d_0 + p_0), ((i_0 + 8) \bmod 16, 4d_0 + p_0), ((i_0 + 12) \bmod 16, 4d_0 + p_0)$$

[0116] 对于等式 14 的集合 S2 中的三层 MU CQI, 示例干扰 PMI 索引如下给出:

[0117] 等式 17:

$$[0118] \quad ((i_0 + 4) \bmod 16, 4d_0 + p_0), ((i_0 + 8) \bmod 16, 4d_0 + p_0), ((i_0 + 12) \bmod 16, 4d_0 + p_0)$$

[0119] 在备选实施方式中,任何大小为 k 的子集可以从等式 15 给出的集合推导得出并进行优化。在这样的实施方式中的功率分配为 $[P/2, P/(2k), \dots, P/(2K)]$ 。功率分配也可以被归纳为 $[Pr, (1-r)P/k, \dots, (1-r)P/k]$ 。

[0120] 还应当注意,由于 W1 码本中的重叠,因此上述索引集可能不是唯一的。这可以通过修改 i_0 和 d_0 的值示出,有可能获得给出同样的预编码向量的另一 PMI 的索引。例如,如果 $d_0 > 1$, 则对应于 $(i_0 + 1) \bmod 16, d_0 - 2, p_0$ 的预编码向量与由 i_0, d_0, p_0 表示的预编码向量相同。如果 $d_0 < 2$, 则对应于 $(i_0 - 1) \bmod 16, d_0 + 2, p_0$ 的预编码向量与由 i_0, d_0, p_0 表示的预编码向量相同。

[0121] 在备选实施方式中,以下表格给出了 UE 在计算 MU SNR 中应该考虑的干扰 PMI 的索引。索引按照 SU-MIMO 等级 1PMI 的每个可能值给出索引:

[0122]

SU-MIMO 等级 1PMI	用于 MU SNR 计算的干扰等级 1PMI
0	1, 2, 3
1	2, 3, 0
2	3, 0, 1
3	0, 1, 2
4	5, 6, 7
5	6, 7, 4
6	7, 4, 5
7	4, 5, 6
8	9, 10, 11
9	10, 11, 8
10	11, 8, 9
11	8, 9, 10
12	13, 14, 15
13	14, 15, 12
14	15, 12, 13
15	12, 13, 14

[0123] 表格 2 :干扰 PMI 的示例索引

[0124] 在这一实施方式中,针对信号和干扰层的功率分配为 $[rP, (1-r)P, (1-r)P, (1-r)P]$ 。在备选实施方式中,干扰 PMI 可被缩减为表格 2 中给出的集合的子集。例如,每个 PMI 可以具有两个干扰 PMI。在这些实施方式中,功率分配可以是 $[P/3, P/3, P/3]$,或者备选地是 $[P/2, P/4, P/4]$,或者更一般地为 $[rP, (1-r)P/2, (1-r)P/2]$ 。进一步备选地,表格 2 可以被简化为每 PMI 一个干扰 PMI。在这样的实施方式中,功率分配典型地是 $[P/2, P/2]$ 。

[0125] 应当注意,上述实施方式是以示例的方式引用的,并且本发明并不限于已经在此如上所特别示出和描述的内容。相反,本发明的范围既包括在此如上所描述的各种特征的组合和子组合两者,以及本领域技术人员随着阅读上述描述而会想到的未被现有技术所披

露的变型和修改。本专利申请中通过引用而结合的文件应被考虑为本申请的整体的一部分,除非在这些结合的文件中任意术语被在某种程度上以与当前说明书中明确或隐含的做出的定义相冲突的方式定义,这时只需考虑当前说明书中的定义。

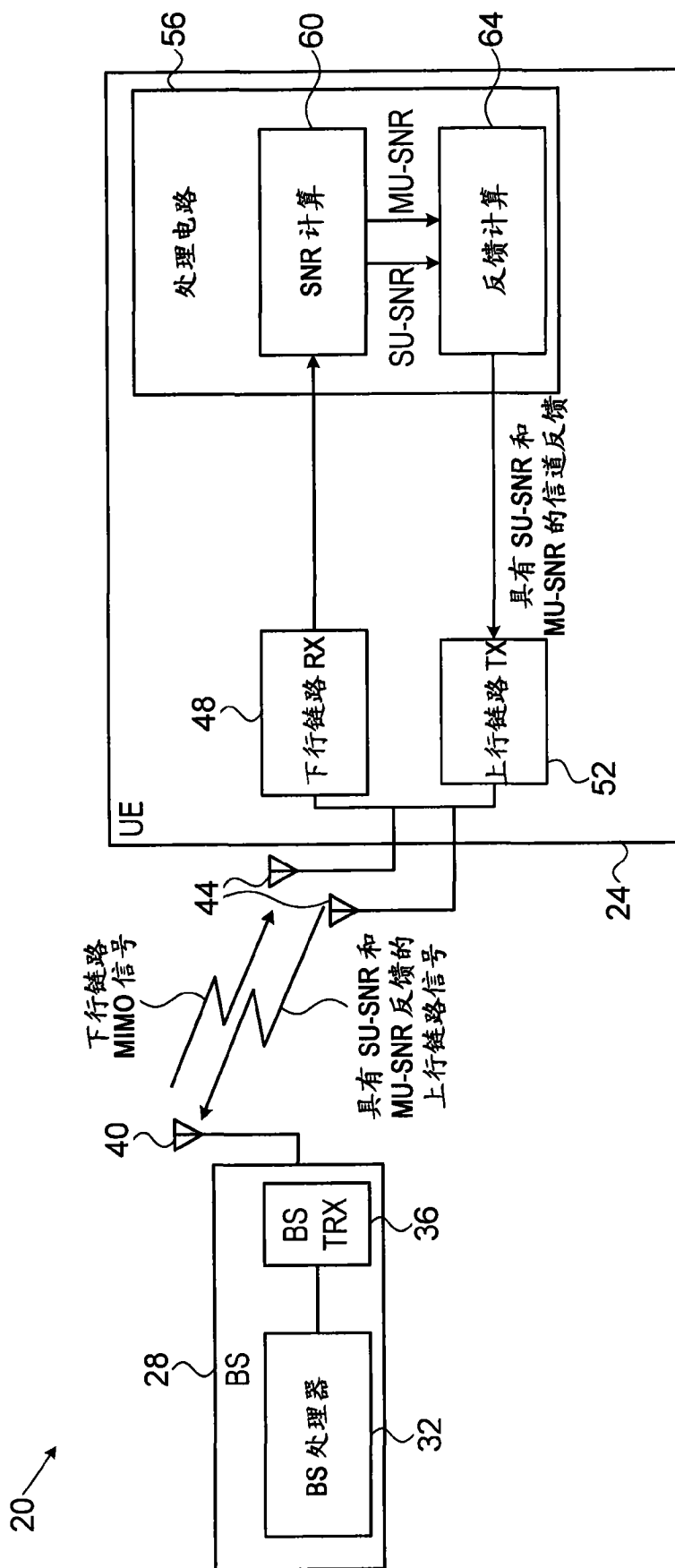


图 1

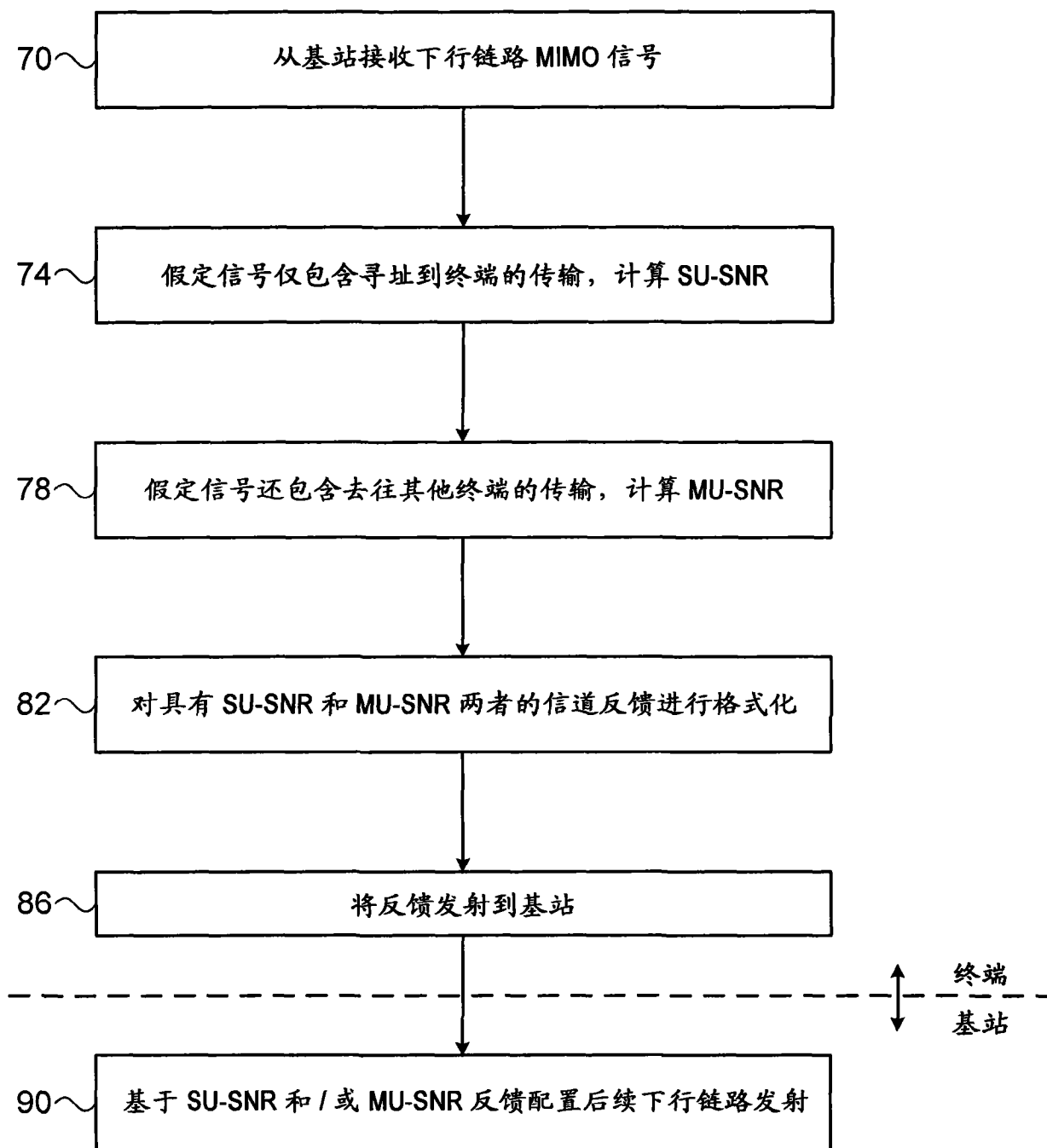


图 2