



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101849367 A

(43) 申请公布日 2010.09.29

(21) 申请号 200880114517.6

H04B 7/06 (2006.01)

(22) 申请日 2008.11.03

H04B 7/08 (2006.01)

(30) 优先权数据

60/985,405 2007.11.05 US

12/250,056 2008.10.13 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.05.04

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2008/082204 2008.11.03

(87) PCT申请的公布数据

WO2009/061690 EN 2009.05.14

(71) 申请人 思科技术公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 杭·金

(74) 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理

有限责任公司 11258

代理人 宋鹤 南霆

(51) Int. Cl.

H04B 7/04 (2006.01)

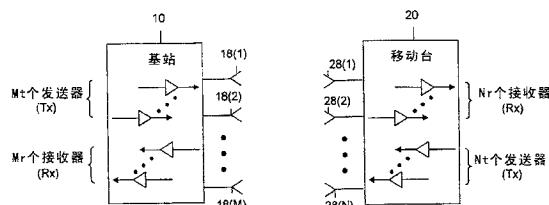
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 6 页

(54) 发明名称

双向波束赋形多输入多输出无线通信

(57) 摘要

这里提供了对第一和第二无线通信设备进行配置以执行双向波束赋形多输入多输出 (MIMO) 通信的技术。每个设备使用从另一设备接收到的信号来计算波束赋形权重向量，以应用于要同时在进行了波束赋形的情况下发送到另一设备的多个信号流。



1. 一种方法,包括:

在包括第一多个天线的第一设备处:

在所述第一多个天线处接收已从第二设备向所述第一设备进行了波束赋形的多个上行链路信号流;

根据由在所述第一多个天线处接收由所述第二设备进行了波束赋形的多个信号流而产生的信号,来计算多个下行链路波束赋形权重向量;

将所述多个下行链路波束赋形权重向量应用于多个下行链路信号流,以经由所述第一设备的第一多个天线向所述第二设备进行同时波束赋形发送;

在包括第二多个天线的所述第二设备处:

在所述第二多个天线处接收已由所述第一设备进行了波束赋形的多个下行链路信号流;

根据由在所述多个第二天线处接收由所述第一设备进行了波束赋形的多个下行链路信号流而产生的信号,来计算多个上行链路波束赋形权重向量;

将所述多个上行链路波束赋形权重向量应用于多个上行链路信号流,以经由所述第二设备的第二多个天线向所述第一设备进行同时波束赋形发送。

2. 如权利要求1所述的方法,还包括:在所述第一设备处发送下行链路广播信号,以及在所述第二设备处,在所述第二多个天线处接收所述下行链路广播信号,并且其中,计算所述多个上行链路波束赋形权重向量基于通过检测在所述第二设备的第二多个天线处接收到的下行链路广播信号而产生的信号。

3. 如权利要求2所述的方法,其中,计算所述多个上行链路波束赋形权重向量包括:在接收到下行链路广播信号的多种情况中的每种情况下,计算对所述多个上行链路波束赋形权重向量的更新。

4. 如权利要求2所述的方法,其中,发送所述下行链路广播信号包括:利用比发送所述多个下行链路信号流所使用的功率更高的功率来发送所述下行链路广播信号。

5. 如权利要求1所述的方法,其中,计算所述多个下行链路波束赋形权重向量包括:根据由在所述第一设备的第一多个天线处接收所述多个上行链路信号流而产生的信号来计算信号协方差矩阵,并且根据该信号协方差矩阵来计算所述多个下行链路波束赋形权重向量。

6. 如权利要求5所述的方法,其中,计算所述信号协方差矩阵基于从在所述第一设备的第一多个天线处接收到的上行链路波束而得到的上行链路空间特征,所述上行链路波束是通过在所述第二设备处向所述多个上行链路信号流应用所述多个上行链路波束赋形权重向量而形成的。

7. 如权利要求1所述的方法,其中,计算所述多个上行链路波束赋形权重向量包括:根据由在所述第二设备的第二多个天线处接收所述多个下行链路信号流而产生的信号来计算信号协方差矩阵,并且根据该信号协方差矩阵来计算所述多个上行链路波束赋形权重向量。

8. 如权利要求7所述的方法,其中,计算所述信号协方差矩阵基于从在所述第二设备的第二多个天线处接收到的下行链路波束而得到的下行链路空间特征,所述下行链路波束是通过在所述第一设备处向所述多个下行链路信号流应用所述多个下行链路波束赋形权

重向量而形成的。

9. 一种装置，包括：

多个天线；

发送器，该发送器耦合到所述多个天线，并且被配置为产生各个发送信号以供所述多个天线中的相应天线进行发送；

接收器，该接收器耦合到所述多个天线，并且被配置为根据由所述多个天线中的相应天线接收到的信号来产生各个接收信号；以及

耦合到所述接收器和发送器的控制器，其中，该控制器被配置为：

根据由在所述多个天线处接收已从另一设备进行了波束赋形的多个信号流而产生的信号来计算多个波束赋形权重向量；并且

向多个信号流应用所述多个波束赋形权重向量，以经由所述多个天线向所述另一设备进行同时波束赋形发送。

10. 如权利要求 9 所述的装置，其中，所述控制器还被配置为：基于由在所述多个天线处接收广播信号而产生的信号来计算所述多个波束赋形权重向量。

11. 如权利要求 10 所述的装置，其中，所述控制器被配置为：在接收到广播信号的多种情况中的每种情况下，计算对所述多个波束赋形权重向量的更新。

12. 如权利要求 9 所述的装置，其中，所述控制器被配置为通过以下操作来计算所述多个波束赋形权重向量：根据由在所述多个天线处接收所述多个信号流而产生的信号来计算信号协方差矩阵，并且根据该信号协方差矩阵来计算所述多个波束赋形权重向量。

13. 一种编码在一个或多个有形介质中以供执行的逻辑，该逻辑在被执行时可操作来：

根据由在多个天线处接收已从另一设备进行了波束赋形的多个信号流而产生的信号，来计算多个波束赋形权重向量；以及

向多个信号流应用所述多个波束赋形权重向量，以经由所述多个天线向所述另一设备进行同时波束赋形发送。

14. 如权利要求 13 所述的逻辑，其中，计算所述多个波束赋形权重向量的逻辑包括：基于由在所述多个天线处接收广播信号而产生的信号来计算所述多个波束赋形权重向量的逻辑。

15. 如权利要求 14 所述的逻辑，其中，计算所述多个波束赋形权重向量的逻辑包括：在接收到广播信号的多种情况中的每种情况下，计算对所述多个波束赋形权重向量的更新。

16. 如权利要求 13 所述的逻辑，其中，计算所述多个波束赋形权重向量的逻辑包括：根据由在所述多个天线处检测所述多个信号流而产生的信号来计算信号协方差矩阵的逻辑，以及根据该信号协方差矩阵来计算所述多个波束赋形权重向量的逻辑。

17. 一种系统，包括：

第一无线通信设备和第二无线通信设备；

所述第一无线通信设备包括：

第一多个天线；

第一发送器，该第一发送器耦合到所述第一多个天线，并且被配置为产生各个发送信号以供所述第一多个天线中的相应天线进行发送；

第一接收器,该第一接收器耦合到所述第一多个天线,并且被配置为根据由所述第一多个天线中的相应天线检测到的信号来产生各个接收信号;以及

耦合到所述第一接收器和第一发送器的第一控制器,其中,所述第一控制器被配置为:

根据由在所述第一多个天线处接收已由所述第二无线通信设备进行了波束赋形的多个信号流而产生的信号,来计算多个下行链路波束赋形权重向量;并且

向相应的多个下行链路信号流应用所述多个下行链路波束赋形权重向量,以经由所述第一无线通信设备的第一多个天线向所述第二无线通信设备进行同时波束赋形发送;

所述第二无线通信设备包括:

第二多个天线;

第二发送器,该第二发送器耦合到所述第二多个天线,并且被配置为产生各个发送信号以供所述第二多个天线中的相应天线进行发送;

第二接收器,该第二接收器耦合到所述第二多个天线,并且被配置为根据由所述第二多个天线中的相应天线检测到的信号来产生各个接收信号;以及

耦合到所述接收器和发送器的第二控制器,其中,所述第二控制器被配置为:

根据由在所述第二多个天线处接收所述第一无线通信设备发送的多个下行链路信号流而产生的信号,来计算多个上行链路波束赋形权重向量;并且

向相应的多个上行链路信号流应用所述多个上行链路波束赋形权重向量,以经由所述第二无线通信设备的第二多个天线向所述第一无线通信设备进行同时波束赋形发送。

18. 如权利要求 17 所述的系统,其中,所述第一控制器被配置为生成经由所述第一发送器发送的下行链路广播信号,并且所述第二控制器被配置为基于通过检测在所述第二无线通信设备的第二多个天线处接收到的所述下行链路广播信号而产生的信号,来计算所述多个上行链路波束赋形权重向量。

19. 如权利要求 17 所述的系统,其中,所述第二控制器被配置为:在接收到下行链路广播信号的多种情况中的每种情况下,计算对所述多个上行链路波束赋形权重向量的更新。

20. 如权利要求 17 所述的系统,其中,所述第一控制器被配置为通过以下操作来计算所述多个下行链路波束赋形权重向量:根据由在所述第一多个天线处接收所述多个上行链路信号流而产生的信号来计算信号协方差矩阵,并且根据该信号协方差矩阵来计算所述多个下行链路波束赋形权重向量。

21. 如权利要求 17 所述的系统,其中,所述第二控制器被配置为通过以下操作来计算所述多个上行链路波束赋形权重向量:根据由在所述第二多个天线处接收所述多个下行链路信号流而产生的信号来计算信号协方差矩阵,并且根据该信号协方差矩阵来计算所述多个上行链路波束赋形权重向量。

双向波束赋形多输入多输出无线通信

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2007 年 11 月 5 日提交的美国临时申请 No. 60/985,405 的优先权，该申请通过引用全部结合于此。

技术领域

[0003] 本公开涉及无线通信技术，尤其涉及多输入多输出（MIMO）无线通信系统。

背景技术

[0004] MIMO 无线通信系统在通信链路的两端（例如，在基站（BS）和移动台（MS））包括多天线无线通信设备。MIMO 无线通信技术可以通过分集增益（diversity gain）和多信号流传输来增强无线电链路可靠性并增大系统容量。

[0005] 传统的波束赋形 MIMO 系统是单向的，这是由于多个流的波束赋形发生在从第一设备（例如 BS）到第二设备（例如 MS）的一个方向上，而不发生在从第二设备到第一设备的另一方向上。希望采用可在两个设备之间的两个方向上获得的关于信道的认识，以在这两个设备之间执行双向波束赋形 MIMO 通信。

附图说明

[0006] 图 1 是在第一和第二无线通信设备之间执行双向波束赋形 MIMO 通信的无线通信系统的示例。

[0007] 图 2 示出第一无线通信设备（例如基站）的框图的示例，其中第一无线通信设备被配置为执行下行链路波束赋形 MIMO 权重向量计算处理以支持双向波束赋形 MIMO 通信。

[0008] 图 3 示出第二无线通信设备（例如移动台）的框图的示例，其中第二无线通信设备被配置为执行上行链路波束赋形 MIMO 权重向量计算处理以支持双向波束赋形 MIMO 通信。

[0009] 图 4 和图 5 是示出从第一设备到第二设备的下行链路波束赋形 MIMO 发送的示例的框图。

[0010] 图 6 是示出从第二设备到第一设备的上行链路波束赋形 MIMO 发送的示例的框图。

[0011] 图 7 是示出第一通信设备所采用的下行链路波束赋形 MIMO 权重向量计算处理的流程图的示例。

[0012] 图 8 是示出第二通信设备所采用的上行链路波束赋形 MIMO 权重向量计算处理的流程图的示例。

具体实施方式

[0013] 概述

[0014] 这里提供了对第一和第二无线通信设备进行配置以执行双向波束赋形多输入多输出（MIMO）通信的技术。每个设备使用从另一设备接收到的信号来计算波束赋形权重向

量,以应用于要在进行了波束赋形的情况下同时发送到另一设备的多个信号流。

[0015] 第一设备包括第一多个天线,第二设备包括第二多个天线。第一和第二设备处的天线数目可以不同。第一设备在第一多个天线处接收多个上行链路信号流,这多个上行链路信号流已被从第二设备向第一设备进行了波束赋形。第一设备计算根据由在第一多个天线处接收已由第二设备进行了波束赋形的多个信号流而产生的信号,来计算多个下行链路波束赋形权重向量。第一设备然后将多个下行链路波束赋形权重向量应用于多个下行链路信号流,以经由第一设备的第一多个天线向第二设备同时进行波束赋形发送。第二设备在第二多个天线处接收已由第一设备向第二设备进行了波束赋形的多个下行链路信号流。第二设备根据由在第二多个天线处接收已由第一设备进行了波束赋形的多个下行链路信号流而产生的信号,来计算多个上行链路波束赋形权重向量。第二设备然后将多个上行链路波束赋形权重向量应用于多个上行链路信号流,以经由第二设备的第二多个天线向第一设备同时进行波束赋形发送。

[0016] 首先参考图 1,无线通信系统的示例用 5 示出并且包括第一无线通信设备 10 和第二无线通信设备 20。第一设备 10 例如是基站 (BS),第二设备 20 例如是移动台 (MS)。BS 10 可以连接到其他有线数据网络设备 (未示出),并且在该意义上用作网关或接入点,多个 MS 通过该网关或接入点可接入到那些数据网络设备。为了这里描述的示例,BS 10 在与 MS20 通信,并且为了简单起见未在图 1 中示出其他 MS。然而应当了解,BS10 可以与多个 MS 中的每一个执行这里描述的双向波束赋形 MIMO 通信技术。

[0017] BS 10 包括多个天线 18(1)-18(M),MS 20 包括多个天线 28(1)-28(N)。BS 10 可以利用带宽远大于相干频率带宽的宽带无线通信协议来与 MS 20 无线通信。这种无线通信协议的示例是 IEEE 802.16 通信标准,商业上也称为 WiMAXTM。无线通信协议的另一示例是 IEEE 802.11 通信标准,商业上也称为 WiFiTM。

[0018] 图 1 示出 BS 10 与 MS 20 之间的双向波束赋形 MIMO 无线通信链路。双向波束赋形 MIMO 通信链路可在逻辑上划分成两条彼此重叠的单向波束赋形 MIMO 链路。第一单向波束赋形 MIMO 链路是从 BS 10 到 MS 20,在此称为下行链路波束赋形 MIMO 路径或方向。第二波束赋形 MIMO 链路是从 MS 20 到 BS 10,在此称为上行链路波束赋形 MIMO 路径或方向。这两条单向波束赋形 MIMO 链路可通过时分双工 (TDD) 技术而在同一频道上,或者通过频分双工 (FDD) 技术而在不同频道上。两条单向波束赋形 MIMO 路径 (BS 到 MS 以及 MS 到 BS) 的操作对于信道侦听 (channel sounding) 而言彼此依赖,其中在链路的两侧根据信道侦听来计算波束赋形权重向量。

[0019] BS 10 可以包括多个 (Mt 个) 发送器和多个 (Mr 个) 接收器。类似地,MS 可以包括多个 (Nt 个) 发送器和多个 (Nr) 接收器。下行链路路径是从 BS 10 的 Mt 个发送器到 MS 20 的 Nr 个接收器。上行链路路径是从 MS 20 的 Nt 个发送器到 BS 10 的 Mr 个接收器。

[0020] BS 10 的 M 个天线 18(1)-18(M) 可以 TDD 或 FDD 方式在 Mt 个发送器和 Mr 个接收器之间共享。在不丢失一般性的情况下,M = max(Mt,Mr),如果 Mt <= Mr,则 Mt 个发送器所使用的天线将是 Mr 个接收器所使用的 Mr 个天线的子集,反之亦然。没有天线是不用的。

[0021] 类似地,MS 20 的 N 个天线 28(1)-28(N) 可以 TDD 或 FDD 方式在 Nt 个发送器和 Nr 个接收器之间共享。天线数目 N = max(Nt, Nr),如果 Nt <= Nr,则 Nt 个发送器所使用的天线将是 Nr 个接收器所使用的 Nr 个天线的子集,反之亦然。没有天线是不用的。

[0022] 转到图 2 和图 3, 现在描述 BS 10 和 MS 20 的框图示例。首先参考图 2, BS 10 包括发送器(块)12(在此也称为第一发送器)、接收器(块)14(在此也称为第一接收器)和控制器16(在此也称为第一控制器)。控制器16向发送器12提供要发送的数据并且处理接收器14所接收的信号。另外,控制器16执行其他发送和接收控制功能。发送器12和接收器14的部分功能可在调制解调器中实现,并且发送器12和接收器14的其他部分可在无线电发送器和无线电收发器电路中实现。应当了解,在各种信号路径中存在模数转换器(ADC)和数模转换器(DAC)以在模拟信号和数字信号之间进行转换。

[0023] 发送器12可以包括个体发送器电路(例如Mt个发送器电路),这些发送器电路将各个经过上变频的信号提供给多个天线18(1)-18(M)中的相应天线以用于发送。为了简单起见,这些个体发送器电路未在图2中示出。发送器12包括波束赋形MIMO信号流生成模块50,该模块将各个下行链路波束赋形权重向量 \vec{w}_{D1} 、 \vec{w}_{D2} 、 \cdots 、 \vec{w}_{DMt} 应用于多个信号流中的相应信号流,这些相应信号流将经由天线18(1)-18(M)同时在波束赋形的情况下发送。 Mt' 的含义在以下结合图4和图5描述。

[0024] 接收器14接收由各个天线18(1)-18(M)检测到的信号,并将相应的特定于天线的接收信号提供给控制器16。接收器14包括多个个体接收器电路(例如Mr个接收器电路),每个接收器电路输出与由多个天线18(1)-18(M)中的相应一个天线检测到的信号相关联的接收信号。为了简单起见,这些个体接收器电路未在图2中示出。

[0025] 控制器16包括存储器17或存储用于这里描述的技术的数据的其他数据存储块。存储器17可以与控制器16分离或者是控制器16的一部分。另外,用于执行下行链路波束赋形MIMO权重向量计算处理100的逻辑指令可存储在存储器17中以供控制器16执行。处理100生成下行链路波束赋形权重向量 \vec{w}_{D1} 、 \vec{w}_{D2} 、 \cdots 、 \vec{w}_{DMt} ,以供波束赋形MIMO信号流生成模块50在向要发送的下行链路信号流中的相应信号流应用下行链路波束赋形权重向量时使用。

[0026] 控制器16的功能可由编码在一个或多个有形介质中的逻辑(例如,诸如专用集成电路之类的嵌入式逻辑、数字信号处理器指令、由处理器执行的软件等等)实现,其中存储器17存储用于这里描述的计算的数据(和/或存储被执行来实现这里描述的计算的软件或处理器指令)。因此,处理100可利用固定逻辑或可编程逻辑(例如,由处理器执行的软件/计算机指令)实现。此外,波束赋形MIMO信号流生成模块50的功能和下行链路波束赋形MIMO权重向量计算处理100可由同一逻辑部件(例如控制器16)执行,该逻辑部件还可以执行调制解调器功能。

[0027] 现在参考图3,与BS 10相似,MS 20包括发送器(块)22(在此也称为第二发送器)、接收器(块)24(在此也称为第二接收器)和控制器26(在此也称为第二控制器)。控制器26向发送器22提供要发送的数据并且处理接收器24所接收的信号。另外,控制器26执行其他发送和接收控制功能。发送器22和接收器24的部分功能可在调制解调器中实现,并且发送器22和接收器24的其他部分可在无线电发送器和无线电收发器电路中实现。

[0028] 发送器22可以包括个体发送器电路(例如Nt个发送器电路),这些发送器电路将各个经过上变频的信号提供给多个天线28(1)-28(N)中的相应天线以用于发送。为了简单起见,这些个体发送器电路未在图3中示出。发送器22包括波束赋形MIMO信号流生成模块60,该模块将各个上行链路波束赋形权重向量 \vec{w}_{U1} 、 \vec{w}_{U2} 、 \cdots 、 \vec{w}_{UNt} 应用于将经由天线

28(1)–28(N) 发送的多个信号流中的相应信号流。N_{t'} 的含义在以下结合图 6 描述。

[0029] 接收器 24 接收由各个天线 28(1)–28(N) 检测到的信号，并将相应的特定于天线的接收信号提供给控制器 26。接收器 24 包括多个个体接收器电路（例如 N_r 个接收器电路），每个接收器电路输出与由多个天线 28(1)–28(N) 中的相应一个天线检测到的信号相关联的接收信号。为了简单起见，这些个体接收器电路未在图 3 中示出。

[0030] 控制器 26 包括存储器 27 或其他存储用于这里描述的技术的数据的数据存储块。存储器 27 可以与控制器 26 分离或者是控制器 26 的一部分。用于执行上行链路波束赋形 MIMO 权重向量计算处理 200 的逻辑指令可存储在存储器 27 中以供控制器 26 执行。处理 200 生成上行链路波束赋形权重向量 \vec{w}_{U1} 、 \vec{w}_{U2} 、 \cdots 、 \vec{w}_{UNr} ，以供波束赋形 MIMO 信号流生成模块 60 在向要发送的上行链路信号流中的相应信号流应用上行链路波束赋形权重向量时使用。

[0031] 控制器 26 的功能可由编码在一个或多个有形介质中的逻辑（例如，诸如专用集成电路之类的嵌入式逻辑、数字信号处理器指令、由处理器执行的软件等等）实现，其中存储器 27 存储用于这里描述的计算的数据（和 / 或存储被执行来实现这里描述的计算的软件或处理器指令）。因此，处理 200 可利用固定逻辑或可编程逻辑（例如，由处理器执行的软件 / 计算机指令）实现。此外，波束赋形信号流生成模块 60 的功能和上行链路波束赋形 MIMO 权重向量计算处理 200 可由同一逻辑部件（例如控制器 26）执行，该逻辑部件还可以执行调制解调器功能。

[0032] 现在转到图 4 和图 5，描述了下行链路波束赋形 MIMO 路径。下行链路波束赋形 MIMO 路径是从 BS 10 的 M_t 个发送路径到 MS 20 的 N_r 个接收路径的。BS 10 生成与从 M_t 个发送路径形成的 M_{t'} 个波束赋形信号流或下行链路波束相对应的 M_{t'} 个虚拟发送器，其中 M_{t'} <= M_t。BS 10 可同时向 MS 20 发送的波束赋形信号流的数目取决于 BS 10 的天线数目 M 和 MS 20 的天线数目 N，其中一般而言，M_{t'} <= min(M, N)。因此，在一个示例中，M_{t'} = N_r，其中 N_r 在 MS 20 具有相等数目的接收器和天线的情况下可以等于 N。

[0033] M_{t'} 个虚拟发送器（下行链路波束）是通过向 M_{t'} 个下行链路信号流应用 M_{t'} 个下行链路波束赋形权重向量 \vec{w}_{D1} 、 \vec{w}_{D2} 、 \cdots 、 \vec{w}_{DMr} 而形成的。每个下行链路波束赋形权重向量是与 BS 10 的天线数目相对应的维度 M 的向量。下行链路波束赋形权重向量 \vec{w}_{D1} 、 \vec{w}_{D2} 、 \cdots 、 \vec{w}_{DMr} 是根据上行链路空间特征 (spatial signature) {S_{U1}, S_{U2}, \cdots , S_{UNt}} 计算出的，其中 S_{Ui} {i = 1, 2, \dots , N_t} 是维度 M_r 的列向量，并且对应于从 MS 20 的第 i 个天线发送并在 BS 10 的各个天线 18(1)–18(M) 处接收的信号。

[0034] 本领域中已知有许多用于根据接收到的上行链路信号来计算 M_{t'} 个下行链路波束赋形权重向量 \vec{w}_{D1} 、 \vec{w}_{D2} 、 \cdots 、 \vec{w}_{DMr} 的计算技术。例如，可使用以下所述的特征值方案来计算下行链路波束赋形权重向量。

[0035] 首先，BS 10 的控制器 16 被编程为或者以其它方式配置为计算信号协方差矩阵 (covariance matrix)：

$$[0036] \text{cov} = \sum_i^N \sum_j S_{ui}(j) \cdot S_{ui}^H(j) \quad (1)$$

[0037] 其中，对下脚标 j 求和往往意味着利用所有在诸如时间段（例如符号）和 / 或频率子载波和 / 或代码之类的某一范围内接收到的上行链路信号来计算协方差矩阵。可容易

地从协方差矩阵 (cov) 来计算下行链路波束赋形权重向量。例如, 可以通过对协方差矩阵的奇异值分解来计算第一 Mt' 个主导特征向量, 其中这 Mt' 个主导特征向量用作 Mt' 个下行链路波束赋形权重向量 $\vec{w}_{D1}、\vec{w}_{D2}、\dots、\vec{w}_{DMr}$ 。

[0038] 在式 (1) 的计算中, 第一求和 (对 i) 不必针对 MS 20 的所有 N 个天线或者所有 Nt 个发送器来进行。如以下结合图 6 所说明的, 当 MS 20 也在执行向 BS 10 的上行链路波束赋形 MIMO 发送时, MS 20 通过 MS 20 的 N 个天线而生成 Nt' 个上行链路波束。BS 10 有效地从 MS 20 接收 Nt' 个上行链路波束 (波束赋形信号流)。因此, 式 (1) 的求和可如下修改为从 1 到 Nt' :

$$[0039] \quad cov = \sum_{i=1}^{Nt'} \sum_j S_{ui}(j) \cdot S_{ui}^H(j) \quad (2)$$

[0040] 在 $Nt' = 1$ 的极端情况中, 上行链路信号是单个波束赋形流 (单个波束)。

[0041] 转到图 6, 描述了上行链路波束赋形 MIMO 路径。上行链路波束赋形 MIMO 路径是从 MS 20 的 Nt 个发送路径到 BS 10 的 Mr 个接收路径的。MS 20 生成与来自 Nt 个发送路径的 Nt' 个上行链路波束或波束赋形信号流相对应的 Nt' 个虚拟发送器, 其中 $Nt' \leq Nt$ 。与下行链路情况一样, MS 20 可向 BS 10 发送的上行链路波束赋形信号流的数目取决于 BS 天线的数目和 MS 天线的数目, 以使得 $Nt' \leq \min(M, N)$ 。在一个示例中, $Nt' = Mr$, 其中 Mr 在 BS 10 具有相等数目的接收器和天线的情况下可以等于 M 。

[0042] Nt' 个虚拟发送器 (波束赋形信号流) 的生成是通过向 Nt' 个上行链路信号流应用 Nt' 个上行链路波束赋形权重向量 $\vec{w}_{U1}、\vec{w}_{U2}、\dots、\vec{w}_{UNr}$ 而形成的。每个上行链路波束赋形权重向量是与 MS 20 的天线数目相对应的维度 N 的向量。可以利用与以上结合式 (1) 和式 (2) 所示的下行链路波束赋形权重向量的计算而描述的那些技术类似的技术, 根据从 BS 10 接收到的下行链路波束赋形信号来计算上行链路波束赋形权重向量 $\vec{w}_{U1}、\vec{w}_{U2}、\dots、\vec{w}_{UNr}$ 。

[0043] 下行链路有一些独特属性可用来更好地辅助上行链路波束赋形权重向量的计算。除了使用接收到的下行链路波束赋形数据流 (按照它们的特性是“单播”的), MS 20 还可以使用接收到的由 BS 10 发送的广播信号。广播信号是并不特别针对特定目的地设备的信号, 并且其意图的覆盖是针对多个 MS 可以接收到该广播信号的区域。广播信号通常包含系统参数信息并辅助 MS 在 BS 的覆盖区域内的系统频率 / 定时获取。这种广播信号的示例是 WiMAX 格式的帧中的前导信号和 IS95 码分多址 (CDMA) 标准中的导频信号。

[0044] 因此, MS 20 可以使用 BS 10 特别向其发送的下行链路波束赋形信号或者下行链路广播信号或者这二者, 以计算其在返回来对 BS 10 进行波束赋形 MIMO 发送时使用的上行链路波束赋形权重向量。

[0045] MS 使用广播信号进行上行链路波束赋形权重向量计算是具有某些好处的。首先, 下行链路广播信号在覆盖区域内连续地 (以某一时间间隔) 被发送, 以使得 MS 20 可在广播信号随着时间而被接收时连续更新其上行链路波束赋形权重向量。另一好处是 BS 10 通常向广播信号分配多于流量信号 (traffic signal) 的功率, 这是因为广播消息包含重要系统信息并且其可靠接收需要被确保。这意味着广播信号是更可靠的, 并且在许多情况下不容易受干扰影响。此外, 在一些情形中, 广播信号是 MS 可用于其上行链路波束赋形权重向量计算的仅有信号, 尤其是在 MS 在最初建立与 BS 的通信并且还未从 BS 接收到单播波

束赋形发送时。

[0046] 现在转到图 7 的流程图,描述了下行链路波束赋形权重向量计算处理 100 的操作。处理 100 与以下结合图 8 描述的上行链路波束赋形权重向量计算处理 200 进行交互并依赖于处理 200。在 110,BS 10 从 MS 20 接收波束赋形 MIMO 上行链路信号流的发送。在 120,BS 10 根据在多个天线 18(1)-18(M) 处接收由 MS 20 进行了波束赋形的多个上行链路信号流而产生的信号,来计算下行链路波束赋形权重向量的值或者更新已经计算出的下行链路波束赋形权重向量的值。在 120 处计算下行链路波束赋形权重向量时可以采用上面描述的使用协方差矩阵和特征向量计算的技术。也就是说,可以根据在 BS 10 的多个天线 18(1)-18(M) 处检测多个上行链路信号流而产生的信号来计算信号协方差矩阵。换言之,根据从在 BS 10 的多个天线 18(1)-18(M) 处接收到的上行链路波束而得到的上行链路空间特征来计算信号协方差矩阵,所述上行链路波束是通过在 MS 20 处向多个上行链路信号流应用多个上行链路波束赋形权重向量而形成的(如以下结合图 8 所描述的)。然后根据信号协方差矩阵来计算多个下行链路波束赋形权重向量。

[0047] 在 130,BS 10 判断在其队列中是否具有要发送到 MS 20 的下行链路信号流。当数据在 BS 10 处被排成队以供向 MS 20 发送时,则在 140,下行链路信号流和下行链路波束赋形权重向量被提供给 BS 10 中的发送器,该发送器将多个下行链路波束赋形权重向量应用于多个下行链路信号流,以经由 BS 10 的多个天线 18(1)-18(M) 向 MS 20 进行多个下行链路信号流的同时波束赋形发送。

[0048] 如图 7 中的流程图元素“A”所示,每当 BS 10 从 MS 20 接收到经波束赋形的 MIMO 上行链路信号流时(发生在图 8 的流程图中处理 200 的 250 处)发起处理 100。同样,在 BS 10 在 140 处向 MS 20 进行了波束赋形 MIMO 发送之后,这将触发图 8 中在 MS 20 处的处理 200 的某些步骤的执行,如图 7 中的流程图元素“B”所示。

[0049] 现在转到图 8,现在描述上行链路波束赋形权重向量计算处理 200。有两种方式在 MS 中调用处理 200。可在 210 处当 MS 20 接收到 BS 10 所发送的下行链路广播信号时调用处理 200。在 220,MS 20 根据由在 MS 20 的多个天线 28(1)-28(N) 处检测下行链路广播信号而产生的信号,来计算上行链路波束赋形权重向量的值或者更新已经计算出的上行链路波束赋形权重向量的值。可在 MS 20 处接收到广播信号的多种情况中的每种情况下重复 220 处的计算。如上所述,使用接收到的下行链路广播信号来计算上行链路波束赋形权重向量的一个优点是:在许多系统实现方式中,下行链路广播信号是利用比发送单播信号所使用的功率(例如,当 BS 10 向 MS 20 发送多个下行链路信号流时所使用的功率)更高的功率来发送的。

[0050] 也可在 230 处当 MS 20 接收到 BS 10 所发送的下行链路单播波束赋形 MIMO 信号流发送时调用处理 200。当这种单播发送被 MS 20 接收到时,则在 230,MS 20 根据由在 MS 20 的多个天线 28(1)-28(N) 处接收经 BS 10 进行了波束赋形的多个(单播或定向的)下行链路信号流而产生的信号,来计算上行链路波束赋形权重向量的值或者更新已经计算出的上行链路波束赋形权重向量的值。

[0051] 在 240,判断 MS 20 是否已将上行链路信号流排成队以供发送到 BS 10。当存在要发送到 BS 10 的上行链路信号流的足够队列时,则在 250,上行链路信号流和上行链路波束赋形权重向量被提供给 MS 20 中的发送器,该发送器将多个上行链路波束赋形权重向量应

用于多个上行链路信号流,以经由 MS 20 的多个天线 28(1)-28(N) 向 BS 10 进行同时波束赋形发送。在进行上行链路发送之后,处理 100 重新开始,如图 8 中标有“A”的流程图元素所示。

[0052] 在 220 和 230 处计算上行链路波束赋形权重向量的值时可以采用上面描述的使用协方差矩阵和特征向量计算的技术。也就是说,根据由在 MS20 的多个天线 28(1)-28(N) 处接收多个下行链路信号流而产生的信号来计算信号协方差矩阵,并且根据信号协方差矩阵来计算多个上行链路波束赋形权重向量。此外,根据从在 MS 20 的多个天线 28(1)-28(N) 处接收到的下行链路波束而得到的下行链路空间特征来计算信号协方差矩阵,其中所述下行链路波束是通过在 BS 10 处向多个下行链路信号流应用多个下行链路波束赋形权重向量而形成的。

[0053] 如图 7 和图 8 的流程图所示,处理 100 和 200 彼此依赖,并且随着设备继续彼此进行波束赋形 MIMO 传输而继续计算对各个设备中的波束赋形权重向量的更新。因此,设备将根据信道中的改变而继续调节它们的波束赋形权重向量,其中所述改变是由于 BS 和 MS 相对于彼此的位置移动、BS 与 MS 之间的障碍物的移动等而发生的。

[0054] 这里描述的是被配置为允许同时在两个设备之间进行双向波束赋形 MIMO 通信的系统、处理和设备。一个方向上的波束赋形 MIMO 链路的操作依赖于并且影响另一方向上的波束赋形 MIMO 链路的操作。

[0055] 虽然装置、系统和方法在此被图示并描述为在一个或多个具体示例中实施,但是却不希望限于所示出的细节,这是因为可以在其中作出各种修改和结构改变,而不脱离装置、系统和方法的范围以及权利要求的等同物的范围。因此,宽泛地并且以符合(如所附权利要求给出的)装置、系统和方法的范围的方式来解释所附权利要求是适当的。

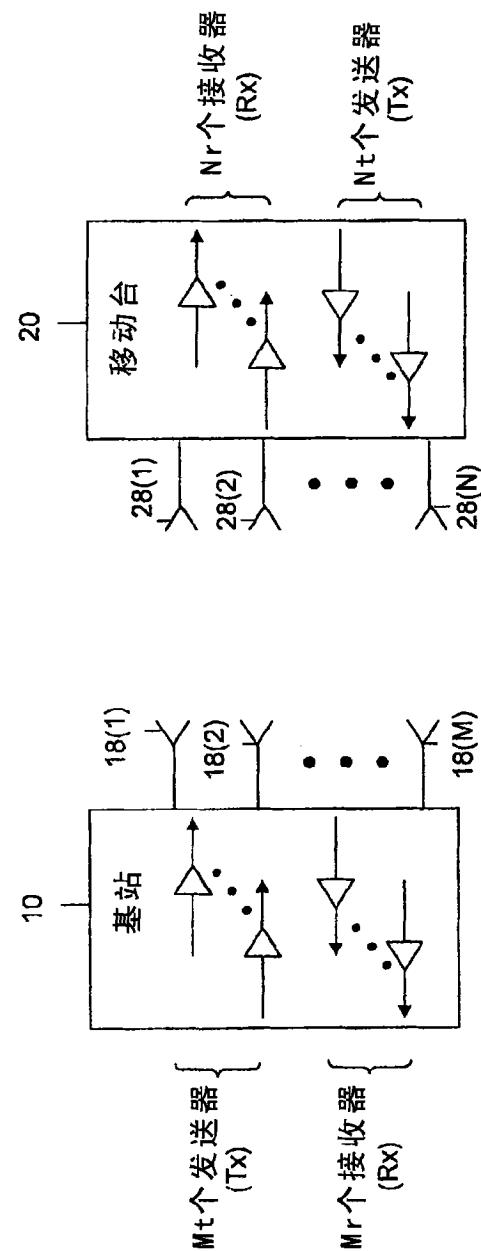


图 1

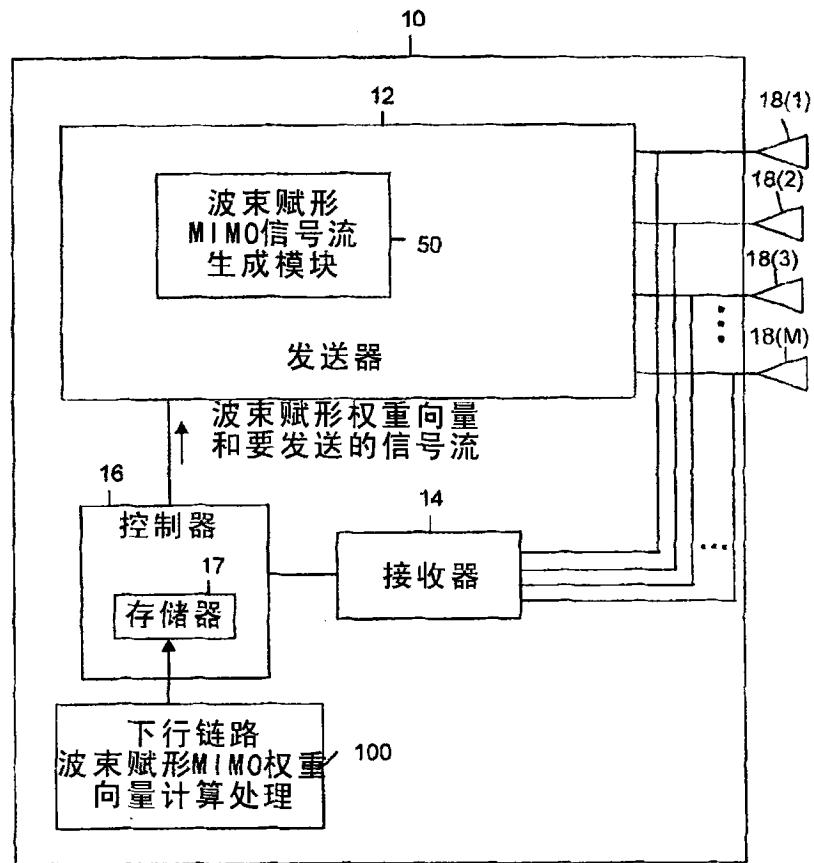


图 2

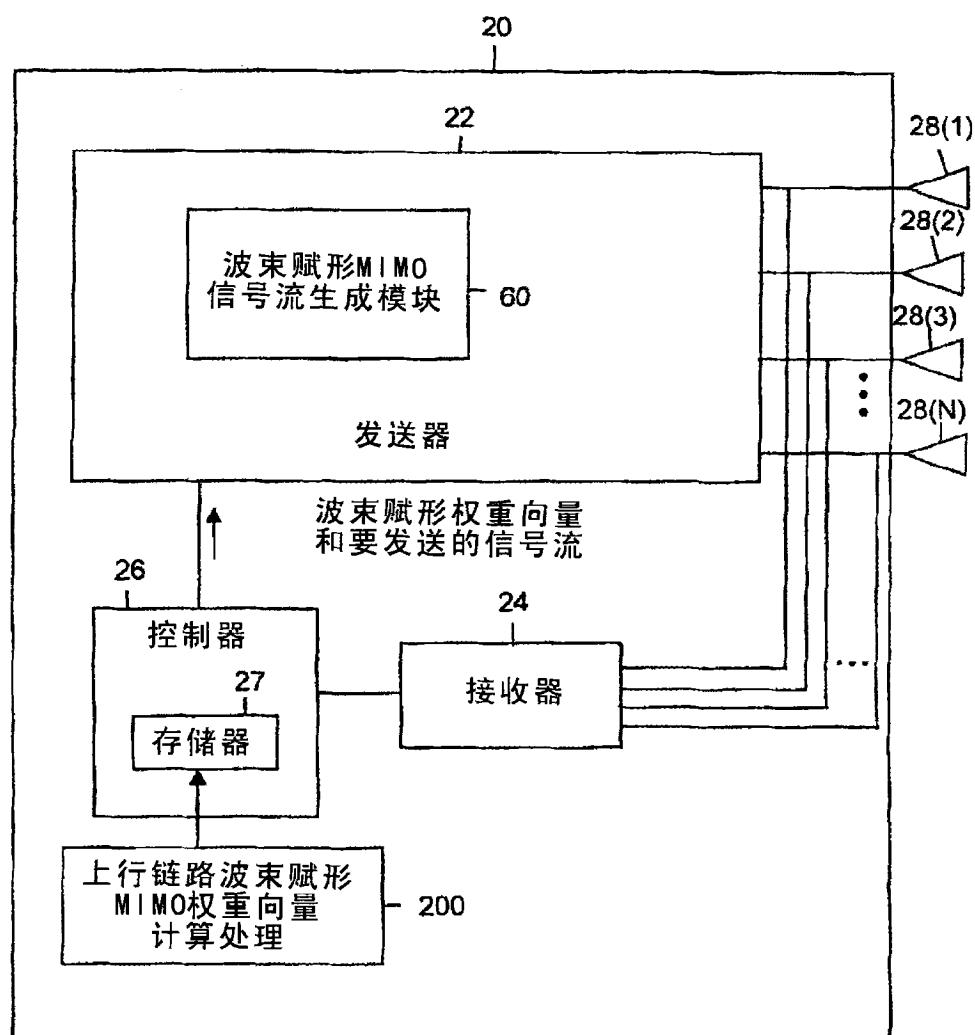


图 3

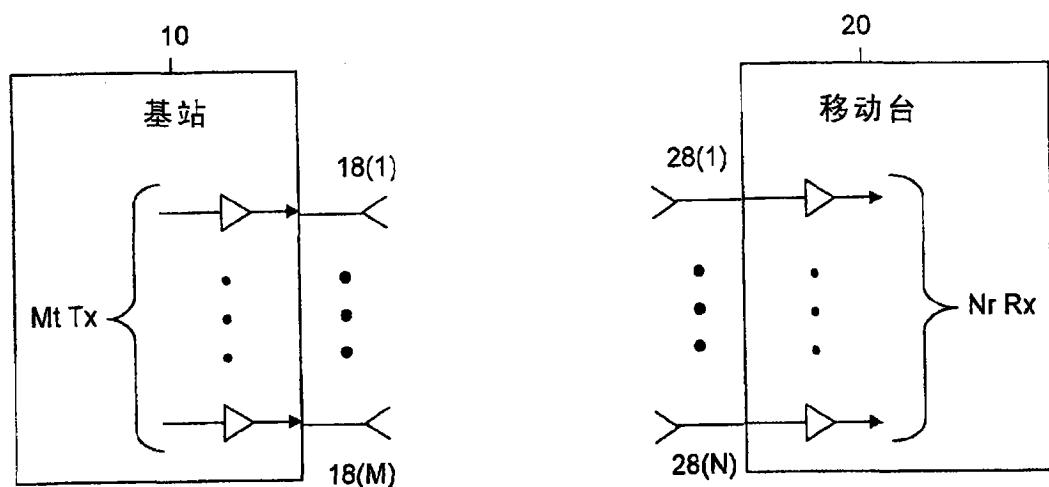


图 4

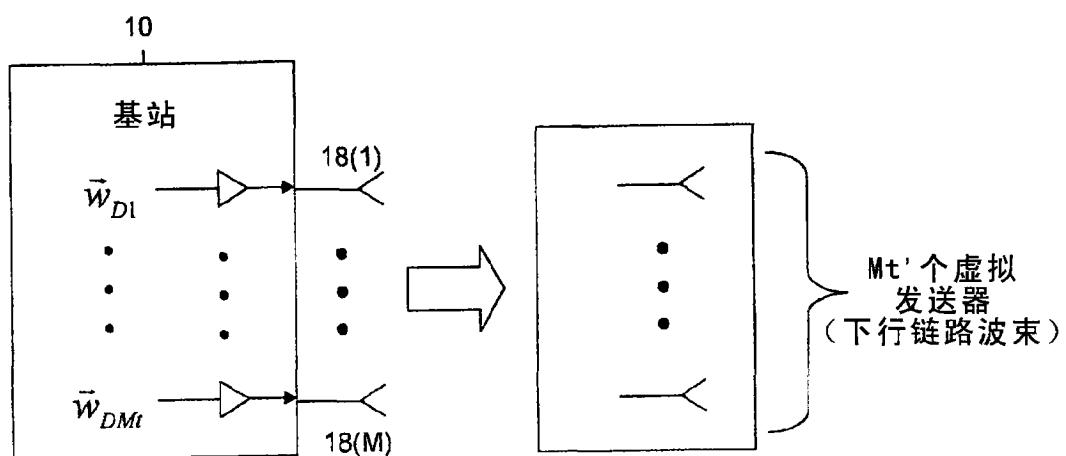


图 5

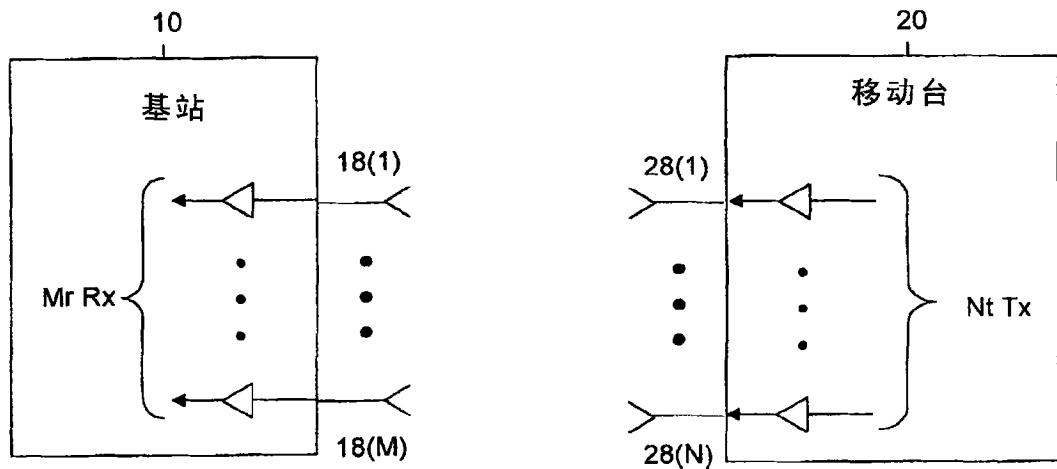


图 6

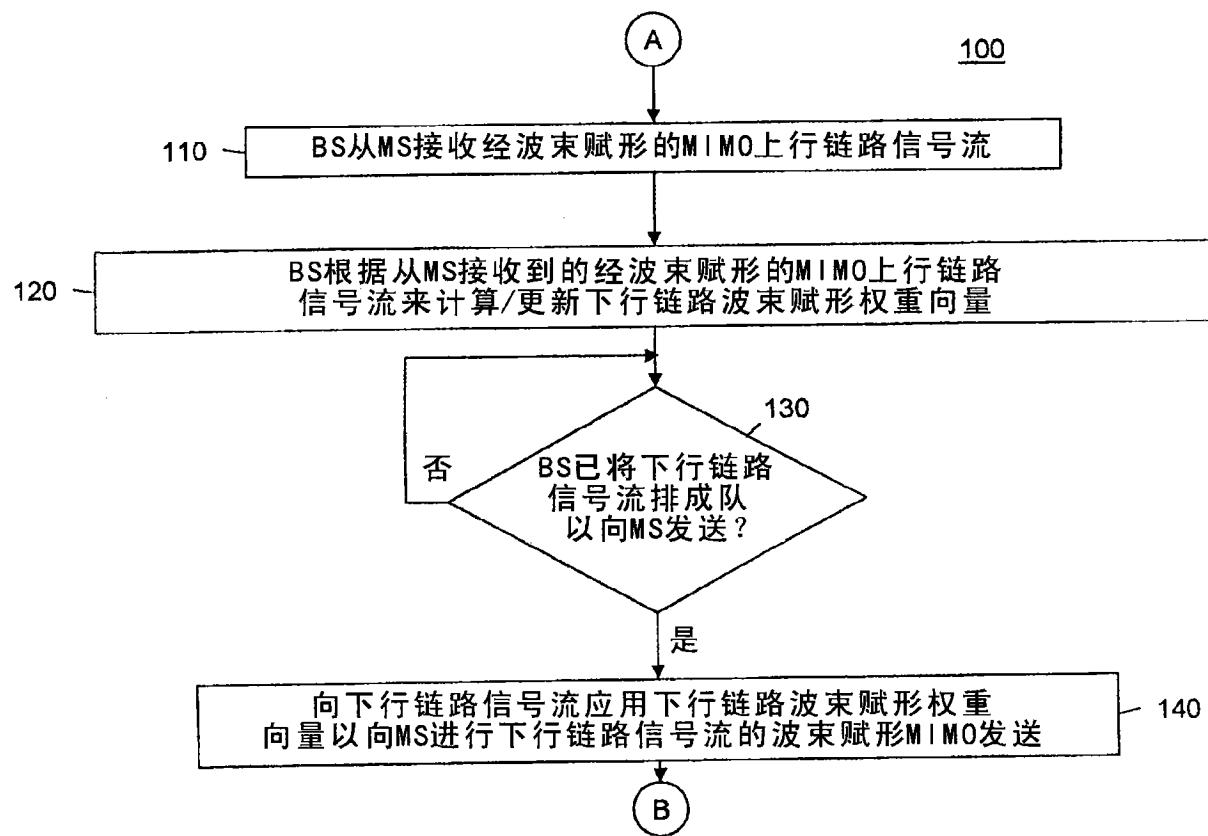


图 7

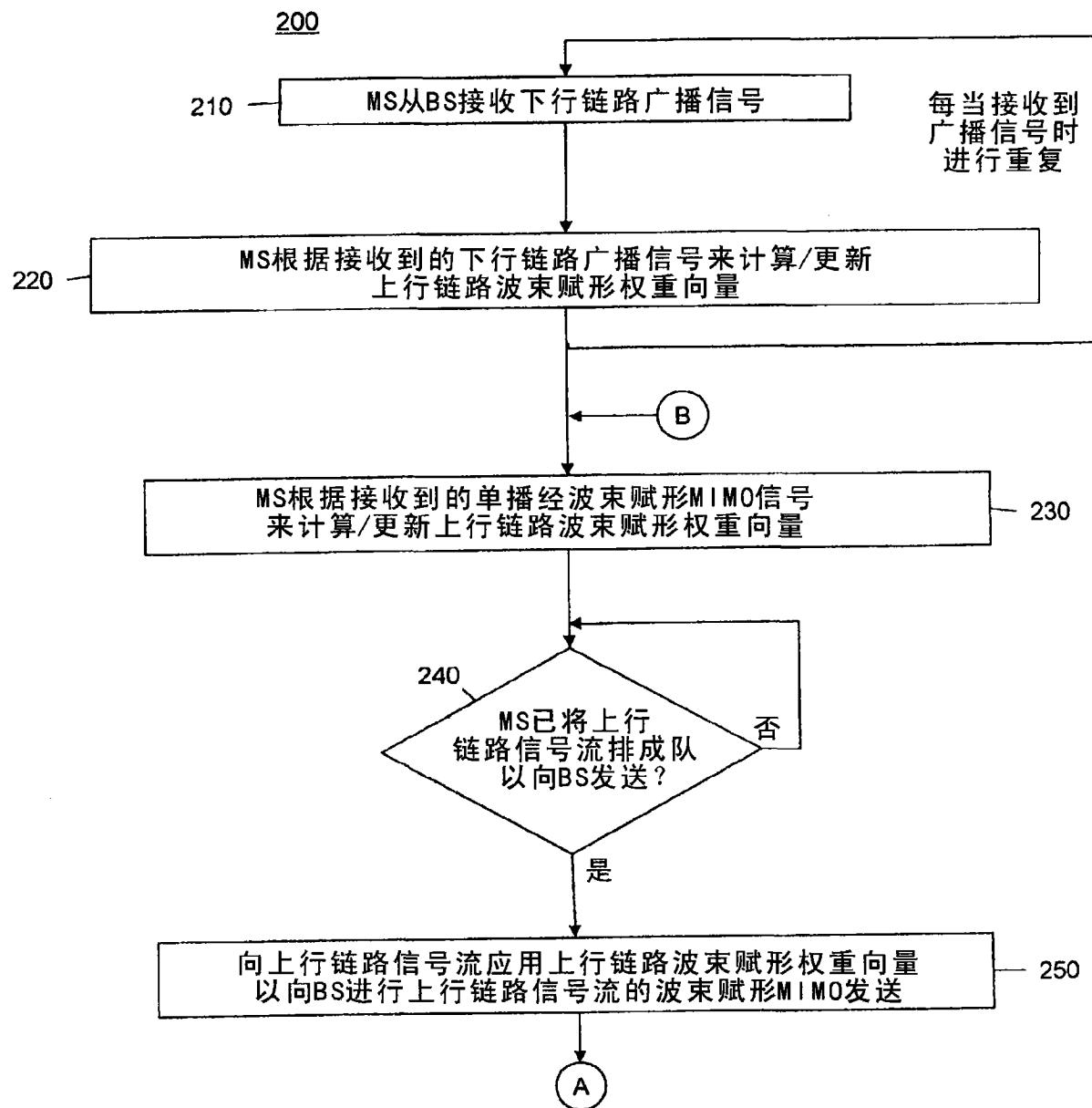


图 8