



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104221303 B

(45)授权公告日 2018.06.01

(21)申请号 201380019604.4

(22)申请日 2013.04.11

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104221303 A

(43)申请公布日 2014.12.17

(30)优先权数据

61/623,835 2012.04.13 US

13/465,522 2012.05.07 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.10.11

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/036249 2013.04.11

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/155351 EN 2013.10.17

(73)专利权人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 Z·全 S·莫林 S·P·阿伯拉翰

S·韦玛尼 H·萨姆帕斯

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 唐杰敏

(51)Int.Cl.

H04B 7/0452(2017.01)

H04W 72/12(2009.01)

(56)对比文件

CN 101247163 A,2008.08.20,

US 2012008490 A1,2012.01.12,

CN 101150469 A,2008.03.26,

Jelena Mirkovic,etc..Channel Aware

Scheduling in MU-DCF WLANs.《WIRELESS COMMUNICATIONS,NETWORKING AND MOBILE COMPUTING》.2007,

Chunhui Zhu,etc..MAC enhancements for downlink multi-user MIMO transmission in next generation WLAN.《The 9th Annual Consumer Communication and Networking Conference》.2012,

审查员 陈幂

权利要求书5页 说明书9页 附图8页

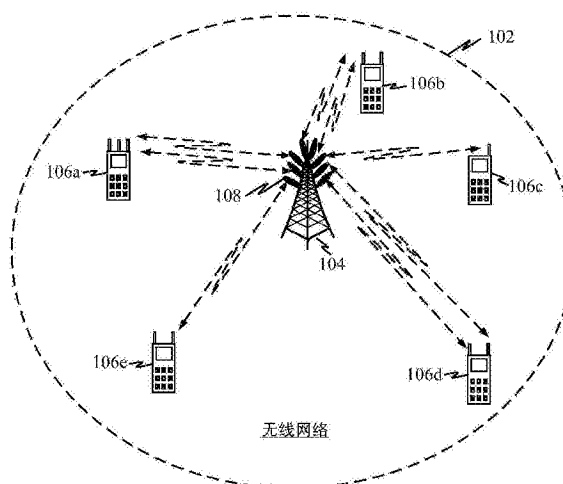
(54)发明名称

用于IEEE 802.11多用户(MU)多输入多输出(MIMO)通信系统的调度算法

(57)摘要

提供了一种用于在多用户(MU)多输入和多输出(MIMO)通信系统内从发射机向一个或多个接收机进行无线传送的方法。在MU-MIMO传输中,多个并发的(空间)流被动态地分配给多个被服务的接收机中的每一个接收机,以最大化每一次传输上所传送的总数据。根据针对每个接收机的对应传输队列长度以及由被服务的接收机中的每一个接收机所使用的接收天线的数目来分配流。传输定时器在发送传输之际被启动。还可在(a)传输定时器到期之际或者(b)在传输队列处接收到数据之际启动随机退避计数器。如果传输定时器已到期,则在随机退避计数器到期之际发

送新的传输。否则,随机退避计数器被重启一次或多次,直到传输定时器已到期。



1. 一种用于在多用户MU多输入和多输出MIMO通信系统内从发射机向一个或多个接收机进行无线传送的方法,包括:

将MU-MIMO传输中的多个并发的流动态地分配给多个被服务的接收机中的每一个接收机,以最大化每一次MU-MIMO传输上所传送的总数据,其中根据针对每个接收机的对应传输队列长度以及由所述被服务的接收机中的每一个接收机所使用的接收天线的数目来分配流;

在发送所述MU-MIMO传输之际启动传输定时器;

(a) 在所述传输定时器到期之际或者 (b) 在传输队列处接收到数据之际启动随机退避计数器;以及

如果所述传输定时器已到期,则在所述随机退避计数器到期之际发送新的MU-MIMO传输,否则,重启所述随机退避计数器一次或多次,直到所述传输定时器已到期。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,分配多个流包括:

根据接入点处的队列长度来对被服务的接收机进行排序;

确定可供每个接收机使用的接收天线的数目;以及

根据每个接收机的对应队列长度和由所述接收机中的每一个接收机使用的接收天线的数目来向该接收机分配多个流。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,进一步包括:

在获得新的信道实现测量之前,基于估计的信道实现来更新用于要传送给特定接收机的流的调制和编码方案。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,所述估计的信道实现通过以下动作来获得:

针对老化损耗对第一信道的信道状态信息建模;以及

将零均值高斯噪声 w 添加到之前获得的所述第一信道的所估计的信道实现 h 以获得能在更新用于由所述第一信道携带的第一流的调制和编码方案中使用的经更新的信道实现。

5. 如权利要求4所述的方法,其特征在于,基于所述发射机和所述特定接收机之间的所述第一信道的后处理信号与干扰加噪声比来进一步更新所述调制和编码方案。

6. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,选择用于要被传送给特定接收机的流的调制和编码方案包括:

使用对应的发射功率、路径损耗、和/或热噪声本底来计算所述发射机和第一接收机之间的链路预算信噪比SNR;

根据来自所述第一接收机的信道状态信息反馈来估计信道实现;

使用所估计的信道实现来计算用于多用户MU多输入多输出MIMO传输的预编码矩阵;

将零均值高斯噪声添加到所估计的信道实现以获得经更新的带有误差的信道实现;

使用所述预编码矩阵和所述经更新的带有误差的信道实现来计算后处理信号与干扰加噪声比SINR;以及

基于所述后处理信号与干扰加噪声比SINR来决定用于传送给所述第一接收机的流的调制和编码方案。

7. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,选择用于所述流的调制和编码方案是在逐个接收机的基础上更新的。

8. 如权利要求3所述的方法,其特征在于,给不同接收机的流具有不同的调制和编码方

案。

9. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述随机退避计数器由IEEE 802.11多用户MIMO无线通信标准定义。

10. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述随机退避计数器在微秒数量级上,而传输间隔在毫秒数量级上。

11. 一种被配置成在多用户MU多输入和多输出MIMO通信系统内向站进行无线传送的发射机设备,包括:

用于在无线网络上与多个站通信的无线通信接口;以及

耦合到所述无线通信接口的处理电路,所述处理电路被配置成:

将MU-MIMO传输中的多个并发的流动态地分配给多个被服务的接收机中的每一个接收机,以最大化每一次MU-MIMO传输上所传送的总数据,其中根据针对每个接收机的对应传输队列长度以及由所述被服务的接收机中的每一个接收机使用的接收天线的数目来分配流;

在发送所述MU-MIMO传输之际启动传输定时器;

(a) 在所述传输定时器到期之际或者 (b) 在传输队列处接收到数据之际启动随机退避计数器;以及

如果所述传输定时器已到期,则在所述随机退避计数器到期之际发送新的MU-MIMO传输,否则,重启所述随机退避计数器一次或多次,直到所述传输定时器已到期。

12. 如权利要求11所述的发射机设备,其特征在于,每个MU-MIMO传输包括包含给不同站的多个流的MU-MIMO帧,其中所述MU-MIMO帧相对于为MU-MIMO传输定义的典型帧具有扩展的历时。

13. 如权利要求11所述的发射机设备,其特征在于,所述处理电路被进一步配置成通过以下动作来分配所述多个并发的流:

根据接入点处的队列长度来对被服务的接收机进行排序;

确定可供每个接收机使用的接收天线的数目;以及

根据每个接收机的对应队列长度和由所述接收机中的每一个接收机使用的接收天线的数目来向该接收机分配多个流。

14. 如权利要求11所述的发射机设备,其特征在于,还包括:

在获得新的信道实现测量之前,基于估计的信道实现来更新用于要传送给特定接收机的流的调制和编码方案。

15. 如权利要求14所述的发射机设备,其特征在于,所述处理电路被进一步配置成通过以下动作来获得所述估计的信道实现:

针对老化损耗对第一信道的信道状态信息建模;以及

将零均值高斯噪声 w 添加到之前获得的所述第一信道的所估计的信道实现 h 以获得能在更新用于由所述第一信道携带的第一流的调制和编码方案中使用的经更新的信道实现。

16. 如权利要求15所述的发射机设备,其特征在于,基于所述发射机和所述特定接收机之间的所述第一信道的后处理信号与干扰加噪声比来进一步更新所述调制和编码方案。

17. 如权利要求14所述的发射机设备,其特征在于,所述处理电路被进一步配置成通过以下动作来更新用于要传送给特定接收机的流的调制和编码方案:

使用对应的发射功率、路径损耗、和/或热噪声本底来计算所述发射机和第一接收机之

间的链路预算信噪比SNR;

根据来自所述第一接收机的信道状态信息反馈来估计信道实现;

使用所估计的信道实现来计算用于多用户MU多输入多输出MIMO传输的预编码矩阵;

将零均值高斯噪声添加到所估计的信道实现以获得经更新的带有误差的信道实现;

使用所述预编码矩阵和所述经更新的带有误差的信道实现来计算后处理信号与干扰加噪声比SINR;以及

基于所述后处理信号与干扰加噪声比SINR来决定用于传送给所述第一接收机的流的调制和编码方案。

18. 如权利要求14所述的发射机设备,其特征在于,选择用于所述流的调制和编码方案是在逐个接收机的基础上更新的。

19. 如权利要求14所述的发射机设备,其特征在于,给不同接收机的流具有不同的调制和编码方案。

20. 如权利要求11所述的发射机设备,其特征在于,所述随机退避计数器由IEEE 802.11多用户MIMO无线通信标准定义。

21. 如权利要求11所述的发射机设备,其特征在于,所述随机退避计数器在微秒数量级上,而传输间隔在毫秒数量级上。

22. 一种发射机设备,包括:

用于将MU-MIMO传输中的多个并发的流动态地分配给多个被服务的接收机中的每一个接收机,以最大化每一次MU-MIMO传输上所传送的总数据的装置,其中根据针对每个接收机的对应传输队列长度以及由所述被服务的接收机中的每一个接收机使用的接收天线的数目来分配流;

用于在发送所述MU-MIMO传输之际启动传输定时器的装置;

用于(a)在所述传输定时器到期之际或者(b)在传输队列处接收到数据之际启动随机退避计数器的装置;以及

用于如果所述传输定时器已到期,则在所述随机退避计数器到期之际发送新的MU-MIMO传输,否则,重启所述随机退避计数器一次或多次,直到所述传输定时器已到期的装置。

23. 如权利要求22所述的发射机设备,其特征在于,分配多个流包括:

根据接入点处的队列长度来对被服务的接收机进行排序;

确定可供每个接收机使用的接收天线的数目;以及

根据每个接收机的对应队列长度和由所述接收机中的每一个接收机使用的接收天线的数目来向该接收机分配多个流。

24. 如权利要求22所述的发射机设备,其特征在于,还包括:

用于在获得新的信道实现测量之前,基于估计的信道实现来更新用于要传送给特定接收机的流的调制和编码方案的装置。

25. 如权利要求24所述的发射机设备,其特征在于,所述估计的信道实现通过以下动作来获得:

针对老化损耗对第一信道的信道状态信息建模;以及

将零均值高斯噪声 w 添加到之前获得的所述第一信道的所估计的信道实现 h 以获得能

在更新用于由所述第一信道携带的第一流的调制和编码方案中使用的经更新的信道实现。

26. 如权利要求25所述的发射机设备,其特征在于,基于所述发射机和所述特定接收机之间的所述第一信道的后处理信号与干扰加噪声比来进一步更新所述调制和编码方案。

27. 如权利要求24所述的发射机设备,其特征在于,所述用于在获得新的信道实现测量之前,基于估计的信道实现来更新用于要传送给特定接收机的流的调制和编码方案的装置包括:

用于使用对应的发射功率、路径损耗、和/或热噪声本底来计算所述发射机和第一接收机之间的链路预算信噪比SNR的装置;

用于根据来自所述第一接收机的信道状态信息反馈来估计信道实现的装置;

用于使用所估计的信道实现来计算用于多用户MU多输入多输出MIMO传输的预编码矩阵的装置;

用于将零均值高斯噪声添加到所估计的信道实现以获得经更新的带有误差的信道实现的装置;

用于使用所述预编码矩阵和所述经更新的带有误差的信道实现来计算后处理信号与干扰加噪声比SINR的装置;以及

用于基于所述后处理信号与干扰加噪声比SINR来决定用于传送给所述第一接收机的流的调制和编码方案的装置。

28. 一种具有在接入点中操作的一条或更多条指令的处理器可读介质,所述指令在由发射机的一个或多个处理器执行时使所述处理器:

将MU-MIMO传输中的多个并发的流动态地分配给多个被服务的接收机中的每一个接收机,以最大化每一次MU-MIMO传输上所传送的总数据,其中根据针对每个接收机的对应传输队列长度以及由所述被服务的接收机中的每一个接收机使用的接收天线的数目来分配流;

在发送所述MU-MIMO传输之际启动传输定时器;

(a) 在所述传输定时器到期之际或者(b) 在传输队列处接收到数据之际启动随机退避计数器;以及

如果所述传输定时器已到期,则在所述随机退避计数器到期之际发送新的MU-MIMO传输,否则,重启所述随机退避计数器一次或多次,直到所述传输定时器已到期。

29. 如权利要求28所述的处理器可读介质,其特征在于,分配多个流包括:

根据所述接入点处的队列长度来对被服务的接收机进行排序;

确定可供每个接收机使用的接收天线的数目;以及

根据每个接收机的对应队列长度和由所述接收机中的每一个接收机使用的接收天线的数目来向该接收机分配多个流。

30. 如权利要求28所述的处理器可读介质,其特征在于,还包括在由所述一个或更多个处理器执行时使所述处理器执行以下动作的一条或更多条指令:

在获得新的信道实现测量之前,基于估计的信道实现来更新用于要传送给特定接收机的流的调制和编码方案。

31. 如权利要求30所述的处理器可读介质,其特征在于,所述估计的信道实现通过以下动作来获得:

针对老化损耗对第一信道的信道状态信息建模;以及

将零均值高斯噪声 w 添加到之前获得的所述第一信道的所估计的信道实现 h 以获得能在更新用于由所述第一信道携带的第一流的调制和编码方案中使用的经更新的信道实现。

32. 如权利要求31所述的处理器可读介质,其特征在于,基于所述发射机和所述特定接收机之间的所述第一信道的后处理信号与干扰加噪声比来进一步更新所述调制和编码方案。

用于IEEE 802.11多用户(MU)多输入多输出(MIMO)通信系统的调度算法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本专利申请要求于2012年4月13日提交的美国临时申请No.61/623,835的优先权,该申请由此通过援引明确纳入于此。

[0003] 领域

[0004] 各个特征涉及无线通信设备和系统,尤其涉及用于提高MU-MIMO传输效率的方法和装置。

[0005] 背景

[0006] 多输入和多输出(MIMO)技术已成为下一代无线通信系统所关注的重要领域,因为它们能够提供高容量、扩展的覆盖、增加的分集、和/或干扰抑制。对于诸如无线局域网(LAN)以及4G蜂窝网络之类的应用,MIMO系统有时被部署在其中单个接入点(AP)或基站(BS)同时、并发和/或同时期地与许多用户通信的环境中。因此,多用户MIMO应运而生作为下一代无线网络的重要特征。这一特征具有将MIMO处理的高容量与空分多址(SDMA)的益处相组合的潜力。

[0007] 在多用户(MU)无线通信中,以各种服务质量(QoS)要求来服务不同用户(例如,接收机/站)。当多个天线被用在用户发射机和/或接收机处时,它们能够通过空间上分开给不同用户的信号来提供多址增益。因此,通过MIMO发射机实现的复用和调度方法在确定多用户MIMO环境中的通信系统容量中起作用,因为可针对不同用户的瞬时信道状态信息(CSI)、缓冲器积压、发射(Tx)/接收(Rx)天线、以及MIMO处理技术来为不同用户指派各种数据传输速率。这些调度方法体系对于4G蜂窝系统和无线LAN来说特别有吸引力,因为它们除了支持具有各种QoS要求的多种服务类别之外,还提供了高数据速率。

[0008] 然而,存在对用于改善MIMO传输的高效率调度和/或传输方法的需要。

[0009] 概述

[0010] 提供了一种用于在多用户(MU)多输入和多输出(MIMO)通信系统内从发射机向一个或多个接收机进行无线传送的方法。流分配可由发射机通过以下动作来执行:向多个被服务的接收机中的每一个接收机动态地分配MU-MIMO传输中的多个并发的流,以最大化每一次MU-MIMO传输上所传送的总数据,其中根据针对每个接收机的对应传输队列长度以及由被服务的接收机中的每一个接收机使用的接收天线的数目来分配流。

[0011] 发射机可进一步通过在发送MU-MIMO传输之际启动传输定时器来执行分组聚集。还可在(a)传输定时器到期之际或者(b)在传输队列处接收到数据之际启动随机退避计数器。随后,如果传输定时器已到期,则可在随机退避计数器到期之际发送新的MU-MIMO传输。否则,随机退避计数器被重启一次或多次,直到传输定时器已到期。

[0012] 发射机可进一步通过以下动作来执行流分配:(a)根据接入点处的队列长度来对被服务的接收机进行排序;(b)确定可供每个接收机使用的接收天线的数目;和/或(c)根据每个接收机的对应队列长度和由每一个接收机使用的接收天线的数目来向该接收机分配多个流。

[0013] 发射机可进一步通过以下动作来执行链路适配：在获得新的信道实现测量之前，基于所估计的信道实现来更新用于发送给特定接收机的流的调制和编码方案。

[0014] 所估计的信道实现可通过以下动作来获得：(a) 针对老化损耗对第一信道的信道状态信息建模；和/或 (b) 将零均值高斯噪声 w 添加到之前获得的第一信道的所估计的信道实现 h 以获得可在更新用于由第一信道携带的第一流的调制和编码方案中使用的经更新的信道实现。可基于发射机和该特定接收机之间的第一信道的后处理信号与干扰加噪声比来进一步更新该调制和编码方案。

[0015] 在一示例性实现中，选择用于要被传送给特定接收机的流的调制和编码方案可包括：(a) 使用对应的发射功率、路径损耗、和/或热噪声本底来计算发射机和第一接收机之间的链路预算信噪比 (SNR)；(b) 根据来自第一接收机的信道状态信息反馈来估计信道实现；(c) 使用所估计的信道实现来计算用于多用户 (MU) 多输入多输出 (MIMO) 传输的预编码矩阵；(d) 将零均值高斯噪声添加到所估计的信道实现以获得经更新的带有误差的信道实现；(e) 使用该预编码矩阵和该经更新的带有误差的信道实现来计算后处理信号与干扰加噪声比 (SINR)；和/或 (f) 基于后处理信号与干扰加噪声比 (SINR) 来决定用于传送给第一接收机的流的调制和编码方案。

[0016] 在一些实现中，更新用于流的调制和编码方案是在逐个接收机的基础来更新的。给不同接收机的流可具有不同的调制和编码方案。

[0017] 在一个实现中，随机退避计数器可由 IEEE 802.11 多用户 MIMO 无线通信标准来定义。随机退避计数器可以在微秒数量级上，而传输间隔在毫秒数量级上。

[0018] 在一个实现中，每个 MU-MIMO 传输可包括包含给不同站的多个流的 MU-MIMO 帧，其中该 MU-MIMO 帧相对于为 MU-MIMO 传输定义的典型帧具有扩展的历时/长度。

附图说明

[0019] 在结合附图理解下面阐述的详细描述时，各种特征、本质和优点会变得明显，在附图中，相像的附图标记贯穿始终作相应标识。

[0020] 图1解说了示例性无线网络，其中接入点 (AP) 可包括多个天线，接入点 (AP) 通过该多个天线与多个站 (STA) 通信。

[0021] 图2是解说被适配成用于改善的 MAC 层 MU-MIMO 传输的 MU-MIMO 通信系统的框图。

[0022] 图3解说了用于提高 MAC 层 MU-MIMO 传输的效率的方法。

[0023] 图4解说了用于在接入点或发射机处分配流的方法。

[0024] 图5解说了用于在发射机处更新用于特定信道/流的调制和编码方案 (MCS) 的方法，其中该更新无需在更新信道实现之前进行。

[0025] 图6解说了发射调度器，该发射调度器在自从上一个 MU-MIMO 传输以来的历时小于分组延迟传输间隔的情况下推迟其信道接入。

[0026] 图7解说了用于延迟 MU-MIMO 传输直到经缓冲的有效载荷足够大的方法。

[0027] 图8解说了被配置成执行用于提高 MAC 层 MU-MIMO 传输的效率的一个或多个操作的示例性发射机设备。

[0028] 详细描述

[0029] 在以下描述中，给出了具体细节以提供对诸实施例的透彻理解。然而，本领域普通

技术人员将理解,没有这些具体细节也可实践这些实施例。例如,电路可能用框图示出以免使这些实施例混淆在不必要的细节中。在其他实例中,公知的电路、结构和技术可被详细示出以免混淆这些实施例。

[0030] 综览

[0031] 本文中提供了用于供发射机调度以下行链路MU-MIMO通信系统中的数个接收机为目的地的话务流的改进型MAC调度算法。发射机可包括被配置成执行流分配动态链路适配和/或分组聚集的调度器。该调度器可通过根据接收机的路径损耗、瞬时积压、接收天线的数目、以及MIMO处理技术来将空间流指派给各接收机的方式促成最佳的资源分配。

[0032] 示例性多用户多输入多输出环境

[0033] 图1解说了示例性无线网络102,其中接入点(AP) 104可包括多个天线108,接入点(AP) 104通过该多个天线108与多个站(STA) 106a-e通信。此处,AP 104可使用多个并发的、同时期的、和/或同时的流来与多输入多输出(MIMO)传输中的多个用户(MU)通信。在下行链路MU-MIMO传输中(即,从AP到一个或多个站),AP 104可通过同时与多个站106a-e通信来达成复用增益。因此,对于每一个下行链路SDMA传输,AP 104的调度器可将多个空间流指派给STA 106a-e。

[0034] AP 104可发送给STA 106a-e的流的总数(S)受到AP 104处的发射(Tx)天线108的数目的限制。例如,如果AP 104具有八个天线108,则AP 104可将最多八个空间流传送给STA 106a-e。实际上,AP 104用来传送给STA 106a-e的流的数目可通过若干因素来确定,诸如路径损耗、话务积压、和/或QoS要求。

[0035] 另一方面,STA 106a-e可从AP 104接收的流的数目可受到STA 106a-e处的接收(Rx)天线的数目以及它的MIMO处理技术的限制。例如,双天线STA106e可接收最多两个来自AP 104的流。如果AP 104和STA 106e之间的路径损耗较大,并且STA 106e决定使用一些天线来改善其后处理信号与干扰噪声比(SINR)(例如,干扰消除或多用户检测(MUD)技术),则STA 106b可接收比其接收天线少的流。

[0036] 图2是解说被适配成用于改善的MAC层MU-MIMO传输的MU-MIMO通信系统的框图。MU-MIMO通信系统可包括发射机202和多个接收机204、206以及208。在这一示例中,发射机202可包括调度器210、一个或多个发射(tx)队列212以及耦合到多个天线218的发射/接收缓冲器214/216。发射队列212中的每一个可保存用于传送给特定接收机204、206、208的数据/分组。这些发射队列212中的数据/分组可被组合到发射缓冲器214中以供通过分开的流来传送。

[0037] 调度器210可工作在协议栈的MAC层上以根据话务概况和信道特性来将无线电资源分配给接收机(例如,站)。调度器210可实现高效方法,以使发射机(例如,在接入点处)根据它们的瞬时CSI、缓冲器积压、天线、和/或MIMO处理技术来调度给相关联的接收机204、206以及208的传输和/或调整传输速率。这一方法能够实现传输吞吐量和频谱效率方面的明显改善,同时满足不同接收机的各种QoS要求。为此目的,调度器210可包括流分配模块/电路/功能220、链路适配模块/电路/功能222、和/或分组聚集流模块/电路/功能224。

[0038] 流分配模块/电路/功能220可将MU-MIMO传输中的多个并发/同时期的流动态地分配给多个被服务的站中的每一个站,以最大化为任何一次传输所传送的总数据。例如,根据针对每个站的对应传输队列长度以及由每一个被服务的站使用的接收天线的数目来分配

流。注意,这样的流/天线分配可能受到发射机202处的发射天线218的数目以及每个接收机104、206以及208处的接收天线的数目的限制。另外,这样的流/天线分配可基于已准备好发送给每个接收机204、206以及208的数据/分组的数量和/或至每个接收机204、206和/或208的信道的链路质量。因此,具有例如三个接收天线的接收机可能未必被指派比具有例如两个接收天线的接收机更大数目的流。分配给接收机的流和发射天线的数目被选择以便最大程度地利用可用的发射信道(和/或流)。这样的分配可动态地进行,以使得流和发射天线分配可例如被周期性地和/或每个传输周期地调整。

[0039] 对于对等待时间敏感的实时话务,流分配模块/电路/功能220可限制分组在队列中等待的延迟。流分配模块/电路/功能220可根据分组队列中的分组(或积压)的数目来将流指派给接收机204、206、208。指派给接收机的流的数目可与其在传送队列中的积压成比例。

[0040] 分组聚集流模块/电路/功能224可用于通过增加用于数据/分组传输的空中时间百分比来降低与帧的固定头部相关联的空中时间的百分比。固定开销占较大百分比的空中时间,因为数据有效载荷的传输时间由于增加的PHY层传输速率而变得更短。

[0041] 根据IEEE 802.11增强型分布式信道接入(EDCA)协议,在随机退避区间之后传送传输缓冲器中的分组。这一标准定义的退避区间可以是随机的,以避免连续传输中的冲突。这一随机退避区间可以相对较短或较长,但这可能导致低效的传输(其中,固定长度的头部占据较大百分比的空中时间)。因此,根据一个特征,添加一传输定时器以确保连续传输之间的时间间隔不会过短。这允许在发射机队列中累积更多数据/分组,从而使传输帧更长。

[0042] 根据一个示例,在发送MU-MIMO传输(例如,传输帧)之际,启动传输定时器。随机退避计数器可在(a)传输定时器到期之际,或者(b)在传输队列处接收到数据之际启动。随后,在随机退避计数器到期之际,如果传输定时器也已到期,则可发送新的MU-MIMO传输(帧)。否则,随机退避计数器被重启一次或多次,直到传输定时器已到期。

[0043] 链路适配模块/电路/功能222可用于调整用于每个传输信道的调制和编码方案。在获取新的信道实现测量之前,基于信道实现(例如,特定时刻的信道特性,诸如干扰和/或噪声本底)的估计来调整或更新用于要传送给特定站的流的调制和编码方案。即,发射机可能已完成第一信道上的信道测量以获取初始或瞬时的信道实现。基于这一初始/瞬时信道实现,可能已选择将第一调制和编码方案用于第一信道。然而,由于信道特性可能已随时间改变,所选择的第一调制和编码方案可能不再合适。获得瞬时信道实现之间的时间间隔可能过长或者过于资源密集以至于不能非常频繁地进行。因此,发射机可生成对信道实现的估计(即,估计的信道实现)而不进行新的信道测量。这可通过针对老化损耗对信道状态信息建模、将零均值高斯噪声 w 添加到之前获得的信道实现 h 以获得可在选择MCS中使用的估计信道实现来完成。注意,所添加的高斯噪声 w 还可取决于前一信道实现测量的龄期。

[0044] 示例性传输方法

[0045] 图3解说了用于提高MAC层MU-MIMO传输的效率的方法。这一方法可由发射机设备(诸如接入点)实现以同时期地或并发地向多个接收机进行传送。

[0046] 空间流分配——根据第一特征,提供了用于供AP将空间流指派给STA的方法。对于同一接入类别中的话务流,根据积压、路径损耗、接收天线的数目和/或MIMO处理技术来分配流。例如,AP可将MU-MIMO传输(例如,帧)中的多个并发的流动态地分配/指派给多个被服

务的站(接收机)中的每一个站,以最大化为任何一次传输所传送的总数据,其中根据针对每一个站的对应传输队列长度以及由被服务的站中的每一个站所使用的接收天线的数目来分配流(302)。

[0047] 链路适配——根据第二特征,提供了用于下行链路(DL) MU-MIMO以选择用于每一个空间流的MCS的方法。用于特定信道/流的调制和编码方案选择可通过后处理SINR、CSI老化误差、以及干扰消除技术来联合确定。例如,在获得新的信道实现测量之前,基于估计的信道实现来更新用于发送给特定站的流的调制和编码方案(304)。例如,可针对老化损耗对信道状态信息建模,并且可将零均值高斯噪声 w 添加到之前获得的信道实现 h 以获得可在选择MCS中使用的估计信道实现。注意,所添加的高斯噪声 w 还可取决于前一信道实现测量的龄期。

[0048] 聚集实施——根据第三特征,提供了用于确保较大数目的分组被封装到聚集中的方法。这可通过在发送MU-MIMO传输之际启动传输定时器(306)以及在(a)传输定时器到期之际或(b)在传输队列处接收到数据之际启动随机退避计数器(区间)(308)来完成。如果传输定时器已到期,则在随机退避计数器到期之际发送新的MU-MIMO传输,否则,重启随机退避计数器一次或多次,直到传输定时器已到期(310)。随机退避计数器可以在微秒数量级上,而传输间隔可以在毫秒数量级上。在一替换实现中,退避计数器(区间)可以不是随机的,而是一固定区间或者在一范围内的区间。以此方式实施聚集进一步提高了MAC效率,其减少了固定的开销,增加了MAC吞吐量、并且提供了QoS保证。

[0049] 示例性空间流分配

[0050] 图4解说了用于在接入点或发射机处分配流的方法。站(接收机)可根据它们的传送队列长度(即,基站队列长度)按降序来排序(402)。令 L_i 表示与排序列表中的站 i 相关联的队列长度。即, $L_1 \geq L_2 \geq \dots \geq L_N$ 。

[0051] 随后确定可供每个站使用的接收天线的数目(304)。

[0052] 随后根据队列长度以及由每个站使用的接收天线的数目来将数个流动态地指派/分配给该站,以便最大化为任一次传输所传送的总数据(406)。

[0053] 令 S_i 表示指派给站 i 的流的数目。流分配可由下式给出

$$[0054] \quad S_i = \left\lfloor \frac{SL_i}{\sum_{i=1}^N L_i} \right\rfloor$$

[0055] 同样,为特定站 i 指派的流的数目 S_i 不应超过站 i 能够接收的流的最大数目。如以上所提到的,一个站能够接收的流的最大数目由其天线数目和MIMO处理技术(采用或不采用MUD)来确定。调度器按照站排名的顺序(来自步骤302中的排序/排名)分配流,直到没有可用的流。因此, $\sum S_i \leq S$ 。

[0056] 注意,这样的流分配/指派可以是动态的,周期性地或者每一次传输都重新分配/重新指派,以使得最大程度地将空中时间用于数据/分组传输(例如,最大化为任一个MU-MIMO传输周期所传送的总数据)。

[0057] 示例性链路适配

[0058] 一旦流被指派给一组被选择的站(接收机),AP调度器就可选择用于每一个流的传输速率和/或调制和编码方案(MCS)。MCS选择由后处理信号与干扰加噪声比(SINR)、信道估计误差、以及接收机处的MIMO处理技术来确定。

[0059] 图5解说了用于在发射机处更新用于特定信道/流的调制和编码方案(MCS)的方法,其中该更新无需在更新信道实现之前进行。如之前提到的,发射机可最初获得瞬时信道实现(例如,在特定时刻测量到的信道特性,诸如干扰和/或噪声本底)并且使用该瞬时信道实现来选择用于将通过该信道传送的流的调制和编码方案。由于信道特性可能随时间改变,因而最初选择的调制和编码方案可能需要被更新。然而,用于获得瞬时信道实现的信道测量可能是资源密集的或者不能足够频繁地可用。因此,取而代之的是,发射机估计信道实现(例如,基于从前一瞬时信道实现以来的龄期)并且使用所估计的信道实现来更新用于该信道上的流的调制和编码方案。这可针对由发射机用于MIMO传输的所有信道和/或流进行。

[0060] 发射机调度器可使用Tx功率(P_{TX})、路径损耗($P_{Pathloss}$)、以及热噪声本底($P_{Thermal}$) (全都以dB为单位)来最初地计算发射机和特定接收机之间的链路预算SNR(SNR_L) (502)。即,

$$[0061] \quad SNR_L = P_{TX} - P_{Pathloss} - P_{Thermal}$$

[0062] 发射机根据来自接收机的信道状态信息(CSI)反馈来估计信道实现(例如,特定时刻的信道特性,诸如干扰和/或噪声本底) (504)。为了获得信道信息,发射机向接收机发送请求CSI反馈的探测分组。一旦发射机接收到探测分组,它就根据分组前置码来估计信道实现并将该估计返回给发射机。然后,发射机使用所估计的信道实现来计算用于MU-MIMO传输的预编码矩阵(506)。

[0063] 由于信道是时变的(尤其是当接收机(例如,移动设备)正在移动时),因而随着时间演进,在瞬时信道实现和所估计的信道实现之间存在差异。为了对这一CSI老化损耗建模,发射机向所估计的信道实现 h 添加零均值高斯噪声 w (例如,所添加的噪声的方差可取决于前一信道实现测量的龄期)以获得经更新的带有误差的信道实现 g (508)。即,经更新的带有误差的信道实现 g 为

$$[0064] \quad g = h + w$$

[0065] 噪声功率(被标记为 σ_w^2)由CSI反馈间隔和AP与STA之间的链路预算SNR两者来确定,即

$$[0066] \quad \sigma_w^2 = 10 \log_{10} (10^{CSI_L/10} + 10^{SNR_L/10})$$

[0067] 其中 CSI_L 是以dB为单位的CSI老化损耗,其由CSI反馈间隔确定。例如,在具有800毫秒的相干时间的信道中,如果CSI反馈间隔是20毫秒,则 $CSI_L = -25$ dBc。

[0068] 后处理SINR可通过使用预编码矩阵和经更新的带有误差的信道实现来计算(510)。例如,如果实现最小均方误差(MMSE)接收机,则第 k 个流的后处理SINR由下式给出

$$[0069] \quad SINR_k = \mathbf{g}^* \mathbf{R}_k^{-1} \mathbf{g}$$

[0070] 其中

$$[0071] \quad \mathbf{R}_k = \sigma_k^2 + \sum_{n \neq k} \mathbf{g}_n \mathbf{g}_n^*$$

[0072] 并且 σ_k^2 是第 k 个流的信道噪声。

[0073] 在给定后处理SINR的情况下,发射机调度器决定用于发送给指定的接收机的流的MCS (512)。例如,发射机可搜索预存储的速率表,以寻找对于给定的后处理SINR以及目标误

比特率来说最优的MCS。所选择的MCS还可取决于接收机处的MIMO处理技术,该MIMO处理技术可以使用或不使用干扰消除。在一个示例中,调度器可在逐个接收机的基础上选择MCS,以使得基于信道状况(例如SINR)来为每一个接收机定制传输。

[0074] 示例性聚集实施

[0075] 在IEEE 802.11n的情形中,标准没有规定如何确保较大数目的帧被封装到聚集中。在IEEE 802.11ac的情形中(其中MU-MIMO是强制的),如果在被调度的流的发射缓冲器中没有足够的分组,则发射调度器不能完全地使用传输机会(TxOP)。通过引入经由分组累积间隔 T_A 带来的附加延迟,一种新颖的聚集实施方法确保在被调度的站的发射缓冲器中有更多的帧。以此方式,发射调度器可为给定TxOP封装较大的SDMA分组。

[0076] MU-MIMO传输时间的历时与协议栈内的媒体接入控制(MAC)层效率密切相关。由于帧前置码和帧间空间中的固定开销,MAC效率随着协议栈的物理(PHY)层中数据速率的增加而减小。在MU-MIMO中,前置码中附加的固定开销被引入以支持较高数据速率的多个空间流。固定开销占较大百分比的空中时间,因为数据有效载荷的传输时间由于增加的PHY速率而变得较短。即,有效载荷的较长传输历时导致较小百分比的开销空中时间,并因此导致较高的MAC效率。

[0077] 有效载荷传输时间与该传输中聚集的分组数目成比例。根据IEEE 802.11增强型分布式信道接入(EDCA)协议,在其发射缓冲器中具有分组的发射机在随机退避区间(计数器)之后开始传输。发射机能在一次传输中发送的分组数目由等待介质接入的时间和分组到达速率的乘积来给出。如果退避区间较小,则发射机将非常频繁地接入介质。退避区间可在每个传输周期(随机地)改变。这样的介质接入导致较短的传输时间以及较低的MAC效率。另外,过于频繁的介质接入导致不同发射机设备之间较多的分组冲突,这进一步降低了MAC效率。

[0078] 根据一个特征,通过控制MU-MIMO传输的介质接入来提高MAC效率。策略是通过引入将传输延迟直到足够大量的数据已被缓冲以供传输为止的传输间隔/定时器来增加每次MU-MIMO传输中的数据有效载荷的空中时间。即,这一分组延迟传输间隔 T_A 被叠加到通常可被用于触发传输的任何其它的退避区间(计数器)上。本文所公开的方法指定了用于任何两次连续的MU-MIMO传输的分组延迟传输间隔 T_A 。如图6中描绘的,如果自上一MU-MIMO传输以来的历时小于分组延迟传输间隔 T_A ,则调度器推迟其信道接入。即,用给不同站(接收机)的不同流的分组来填充多个队列602a-c。取代在(例如,通常按照传输标准或协议实现的)随机退避计数器到期之际自动地传送分组,传输被延迟该分组延迟传输间隔 T_A (传输定时器),该分组延迟传输间隔 T_A 被配置/选择成使得在各传输之间经过足够长的时间段(例如,使得大量分组可被累积在各队列中)。这导致更大的传输帧604在无线介质上传送。这样的方法可用(但不限于)以下不同方式来实现。

[0079] 图7解说了用于延迟MU-MIMO传输直到经缓冲的有效载荷足够大的方法。

[0080] 调度器记录上一次MU-MIMO传输发生的时间(702)。

[0081] 调度器定义各MU-MIMO传输之间的传输间隔 T_A (704)。

[0082] 如常规方式中那样,每当发射缓冲器是非空的时候,调度器就启动随机退避计数器(706)。

[0083] 当随机退避到期时(708),调度器检查自前一MU-MIMO传输以来的时间跨度是否大

于或等于传输间隔 T_A (710)。如果是,则调度器继续MU-MIMO传输(即,包含多个流的有效载荷的MU-MIMO帧) (712)。否则,调度器放弃这一传输机会并且重启其随机退避计数器 (714)。

[0084] 发射调度器还可添加累积缓冲器以在发射缓冲器之前存储传入的分组,而发射缓冲器负责触发随机退避区间/计数器。发射缓冲器每隔间隔 T_A 从累积缓冲器读取分组。在这一间隔期间,累积缓冲器累积来自上层的分组,并且对发射缓冲器保持“关闭”。在间隔 T_A 之后,累积缓冲器变为“打开”,并且发射缓冲器从累积缓冲器读取全部分组。以此方式,两次连续的MU-MIMO传输之间的间隔至少是 T_A 。

[0085] 在一个实现中, T_A 的值可取决于话务的接入类别。对于实时话务(诸如具有一定等待时间要求的语音和视频), T_A 可被选择为具有一定余量以确保该等待时间要求。对于尽力型话务或后台话务, T_A 可被选择以达成最大传输机会(TxOP)。

[0086] 在一替换实现中,传输间隔 T_A 从前一MIMO传输开始。然而,随机退避区间仅在传输间隔 T_A 已到期之后才开始。

[0087] 本发明中提议的聚集方法不限于MU-MIMO 802.11ac系统,而是也适用于802.11n设备中的SU-MIMO。

[0088] 示例性发射机设备

[0089] 图8解说了被配置成执行用于提高MAC层MU-MIMO传输的效率的一个或多个操作的示例性发射机设备。接入点802可包括耦合到存储器设备810的处理电路804、以及无线通信接口806。无线通信接口806可包括用于促成通过网络808与一个或多个站(接收机)的通信的发射机电路和/或接收机电路。存储器设备810可主存或实现一个或多个传输队列812,其中传出的分组(例如,协议栈的MAC层分组)被排队以供传输处理电路804可被适配或配置成实现流分配模块/电路818、链路适配模块/电路820、和/或分组聚集模块/电路822。流分配模块/电路818可被配置成根据针对每个站的对应队列长度和由被服务的站中的每一个站所使用的接收天线的数目来将MU-MIMO传输中的多个流分配给多个被服务的站中的每一个站。例如,这一流分配模块/电路818可执行图4中解说的方法。链路适配模块/电路820可被配置成基于接入点和特点站之间的信道的后处理信号与干扰加噪声比来选择用于要传送给该特定站的流的调制和编码方案。例如,这一链路适配模块/电路820可执行图8中解说的方法。分组聚集模块/电路822可被配置成:(a) 在发送MU-MIMO传输之际启动传输定时器,(b) 在(a)传输定时器到期之际或(b)在传输队列处接收到数据之际启动随机退避计数器,和/或(c)如果传输定时器已到期,则在随机退避计数器到期之际发送新的MU-MIMO传输,否则重启随机退避计数器一次或多次直到传输定时器已到期。传输定时器可具有比随机退避计数器长的时间区间。例如,这一分组聚集叠加模块/电路722可执行图7中解说的方法。

[0090] 附图中解说的组件、步骤、特征、和/或功能之中的一个或多个可以被重新安排和/或组合成单个组件、步骤、特征、或功能,或可以实施在若干组件、步骤或功能中。还可添加附加的元件、组件、步骤、和/或功能而不会脱离本文中所公开的新颖特征。附图中所解说的装置、设备和/或组件可以被配置成执行在这些附图中所描述的一个或多个方法、特征、或步骤中。本文中描述的新颖算法还可以高效地实现在软件中和/或嵌入在硬件中。

[0091] 还应注意,这些实施例可能是作为被描绘为流程图、流图、结构图、或框图的过程来描述的。尽管流程图可能会把诸操作描述为顺序过程,但是这些操作中有许多能够并行或并发地执行。另外,这些操作的次序可以被重新安排。过程在其操作完成时终止。过程可

对应于方法、函数、规程、子例程、子程序等。当过程对应于函数时，它的终止对应于该函数返回调用方函数或主函数。

[0092] 此外，存储介质可以代表用于存储数据的一个或多个设备，包括只读存储器 (ROM)、随机存取存储器 (RAM)、磁盘存储介质、光学存储介质、闪存设备、和/或其他用于存储信息的机器可读介质。术语“机器可读介质”包括，但不被限定于，便携或固定的存储设备、光学存储设备、无线信道以及能够存储、包含或承载指令和/或数据的各种其它介质。

[0093] 此外，诸实施例可以由硬件、软件、固件、中间件、微代码、或其任何组合来实现。当在软件、固件、中间件或微码中实现时，执行必要任务的程序代码或代码段可被存储在诸如存储介质之类的机器可读介质或其它存储中。处理器可以执行这些必要的任务。代码段可表示规程、函数、子程序、程序、例程、子例程、模块、软件包、类，或是指令、数据结构、或程序语句的任何组合。通过传递和/或接收信息、数据、自变量、参数、或存储器内容，一代码段可被耦合到另一代码段或硬件电路。信息、自变量、参数、数据等可以经由包括存储器共享、消息传递、令牌传递、网络传输等的任何合适的手段被传递、转发、或传输。

[0094] 结合本文中公开的示例描述的各个解说性逻辑块、模块、电路、元件和/或组件可用通用处理器、数字信号处理器 (DSP)、专用集成电路 (ASIC)、现场可编程门阵列 (FPGA) 或其他可编程逻辑组件、分立的门或晶体管逻辑、分立的硬件组件、或其设计成执行本文中描述的功能的任何组合来实现或执行。通用处理器可以是微处理器，但在替换方案中，该处理器可以是任何常规的处理器、控制器、微控制器、或状态机。处理器还可以实现为计算组件的组合，例如DSP与微处理器的组合、数个微处理器、与DSP核心协作的一个或多个微处理器、或任何其他此类配置。

[0095] 结合本文中公开的示例描述的方法或算法可直接在硬件中、在能由处理器执行的软件模块中、或在这两者的组合中以处理单元、编程指令、或其他指示的形式实施，并且可包含在单个设备中或跨多个设备分布。软件模块可驻留在RAM存储器、闪存、ROM存储器、EPROM存储器、EEPROM存储器、寄存器、硬盘、可移动盘、CD-ROM、或本领域中所知的任何其他形式的存储介质中。存储介质可耦合到处理器以使得该处理器能从/向该存储介质读写信息。替换地，存储介质可以被整合到处理器。

[0096] 本领域技术人员将可进一步领会，结合本文中公开的实施例描述的各种解说性逻辑块、模块、电路、和算法步骤可被实现为电子硬件、计算机软件、或两者的组合。为清楚地解说硬件与软件的这一可互换性，各种解说性组件、块、模块、电路、和步骤在上面是以其功能性的形式作一般化描述的。此类功能性是被实现为硬件还是软件取决于具体应用和施加于整体系统的设计约束。

[0097] 本文所述的本发明的各种特征可实现于不同系统中而不脱离本发明。应注意，以上实施例仅是示例，且不应被解释成限定本发明。这些实施例的描述旨在解说，而并非旨在限定权利要求的范围。由此，本发明的教导可以现成地应用于其他类型的装置，并且许多替换、修改和变形对于本领域技术人员将是显而易见的。

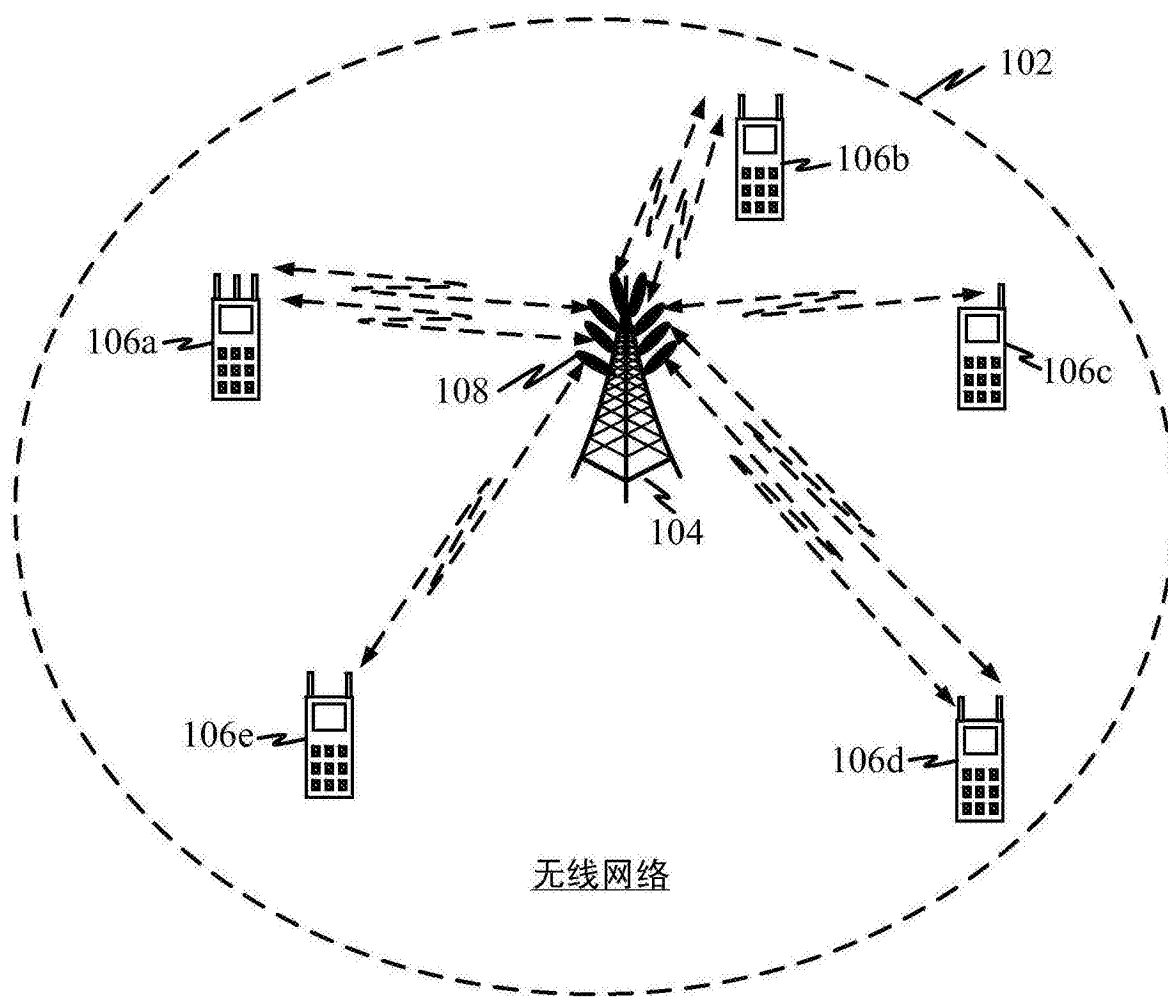


图1

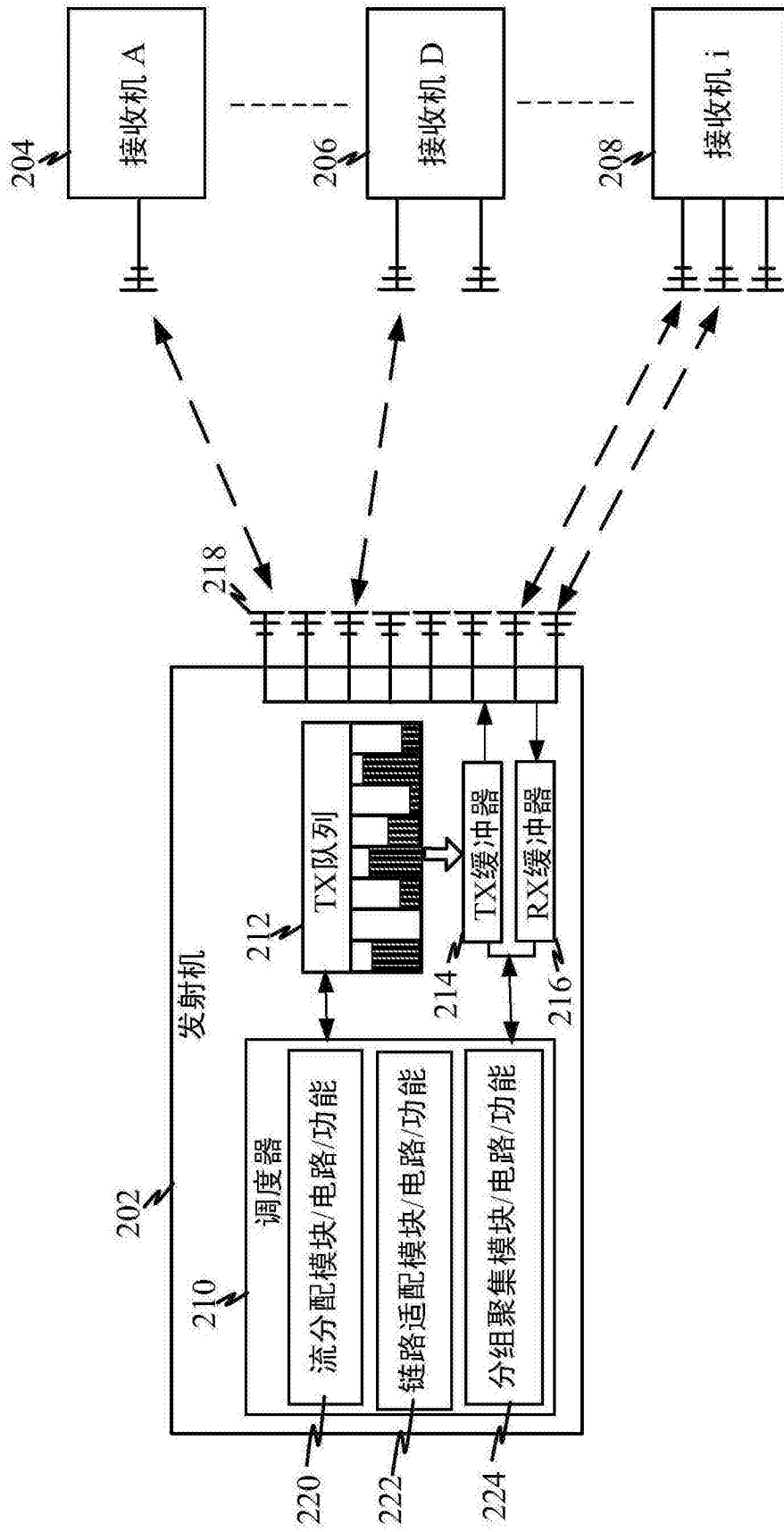


图2

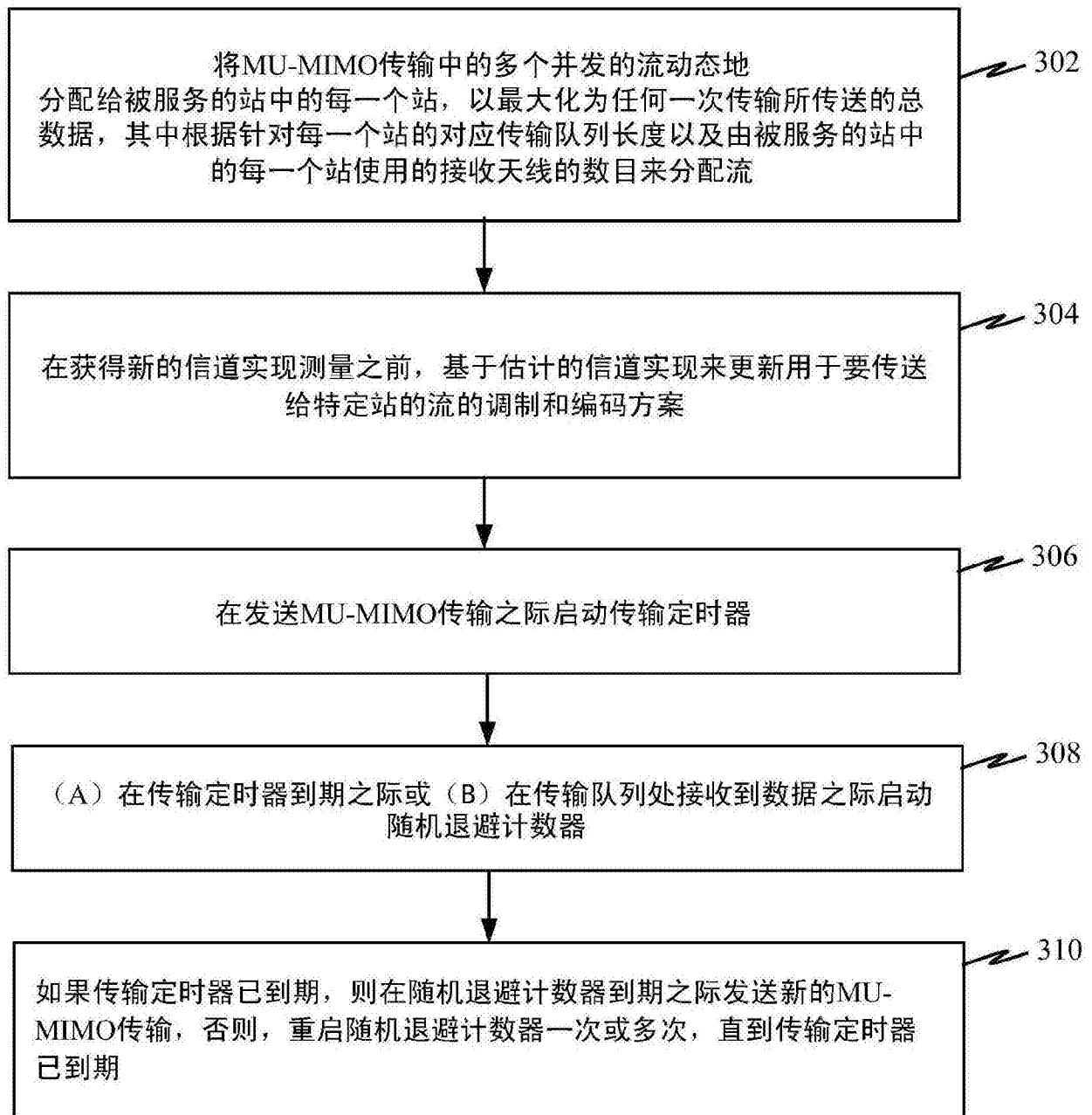


图3

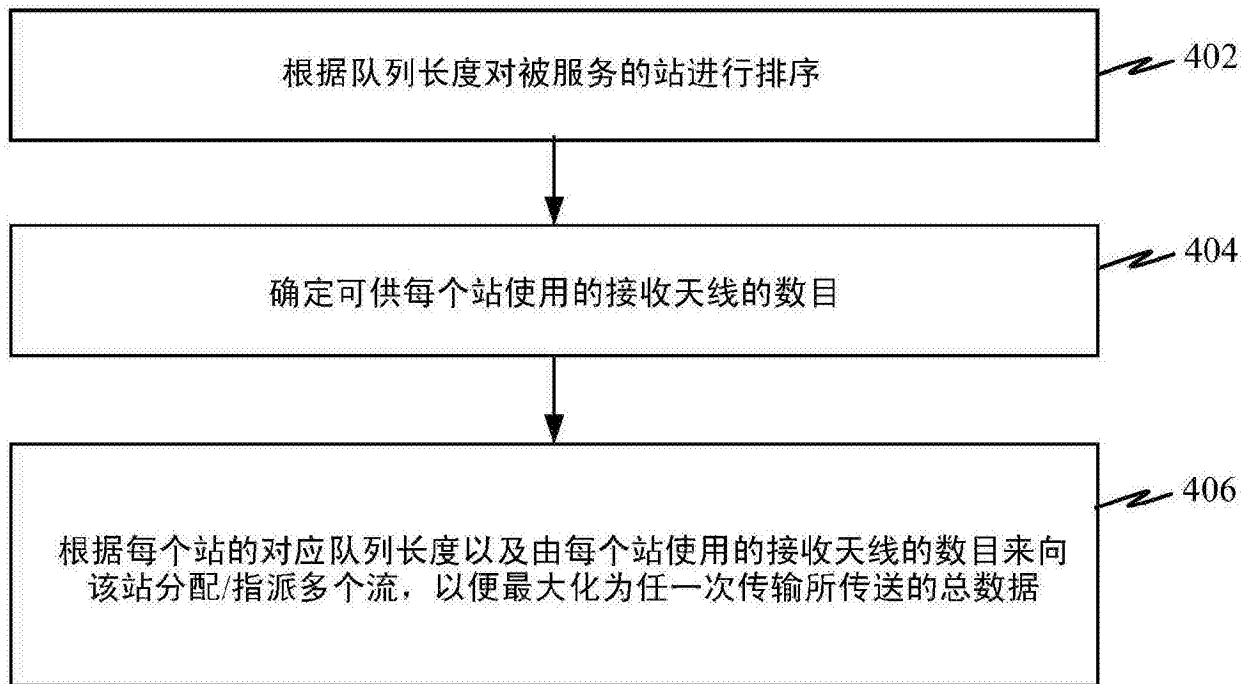


图4

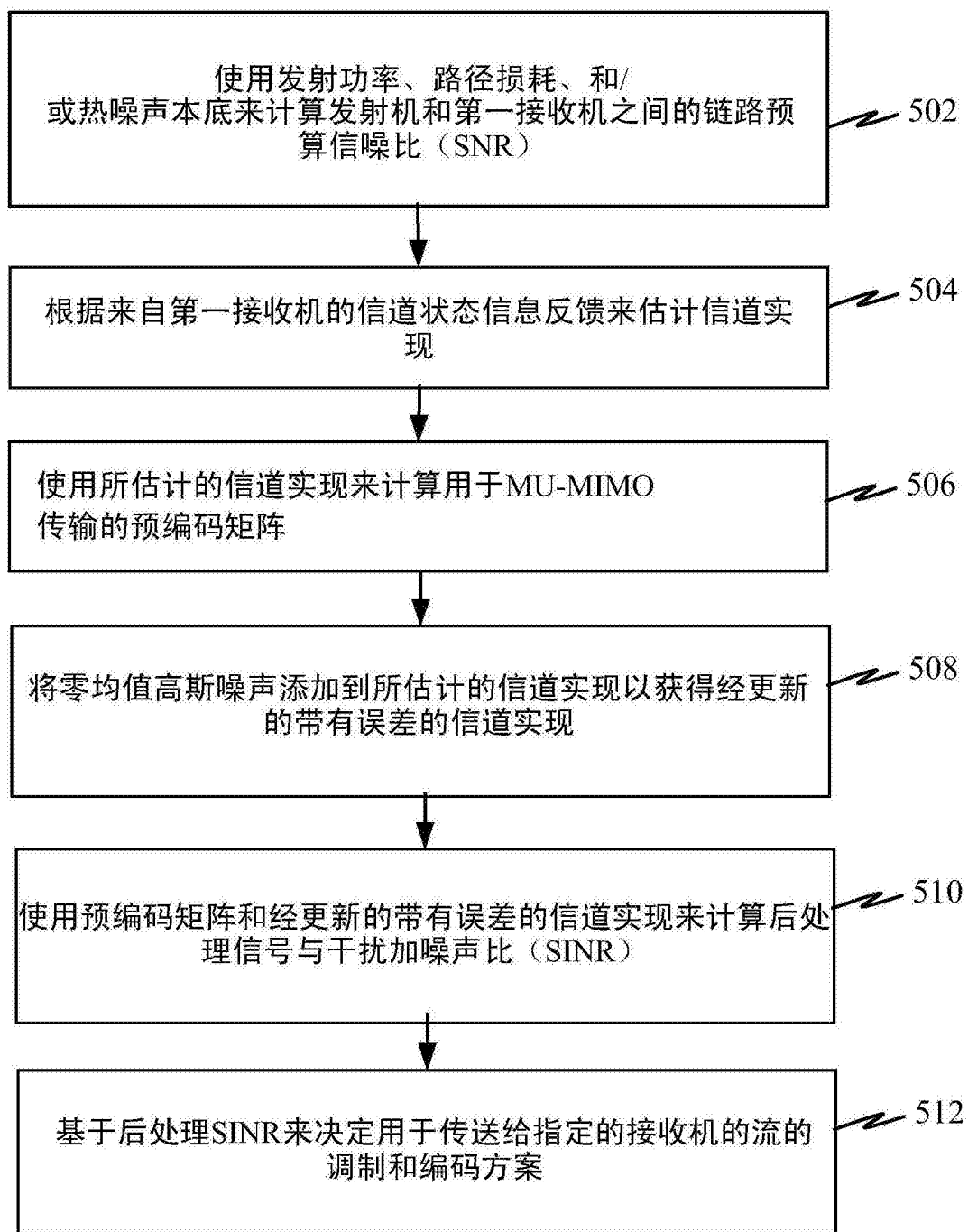


图5

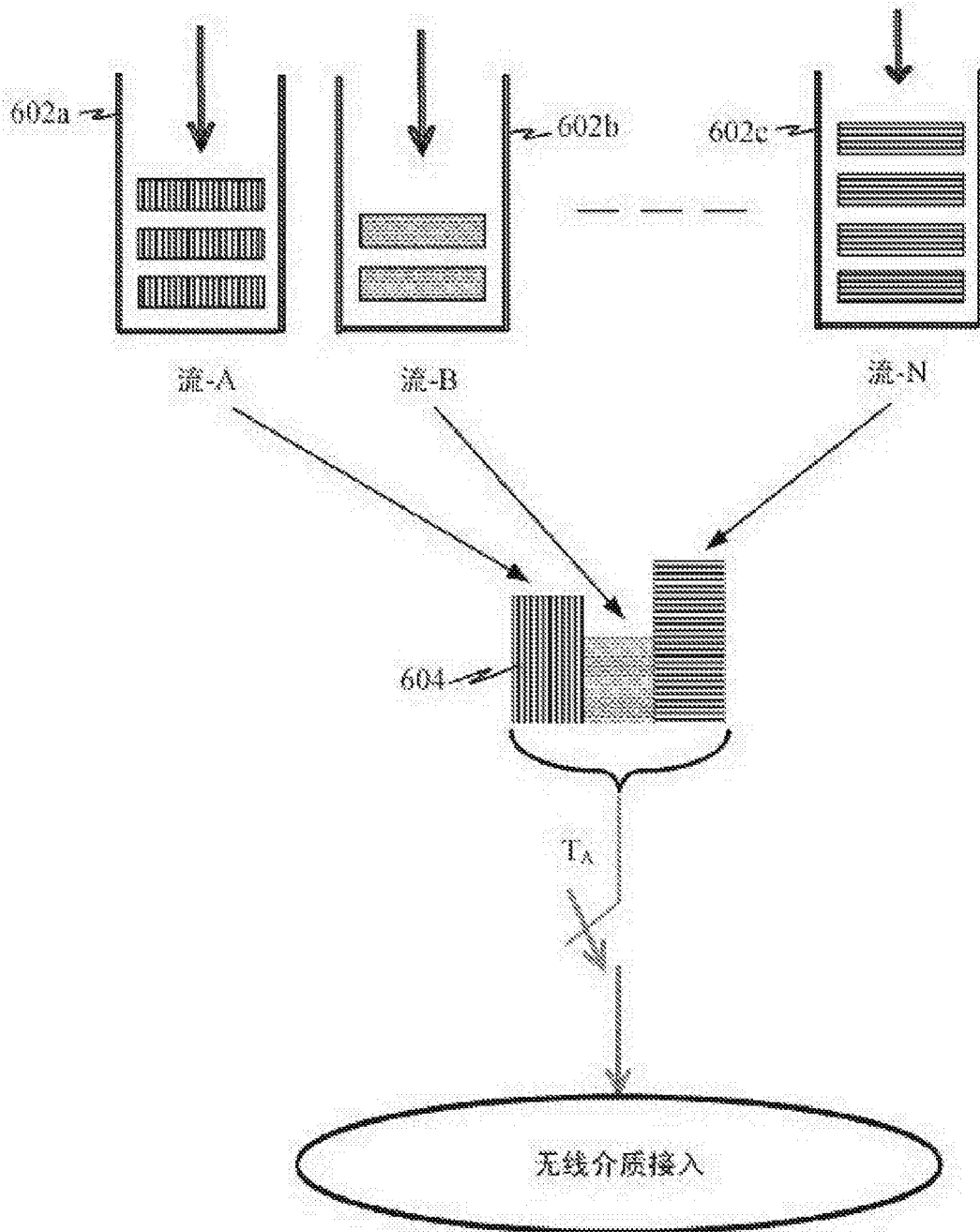


图6

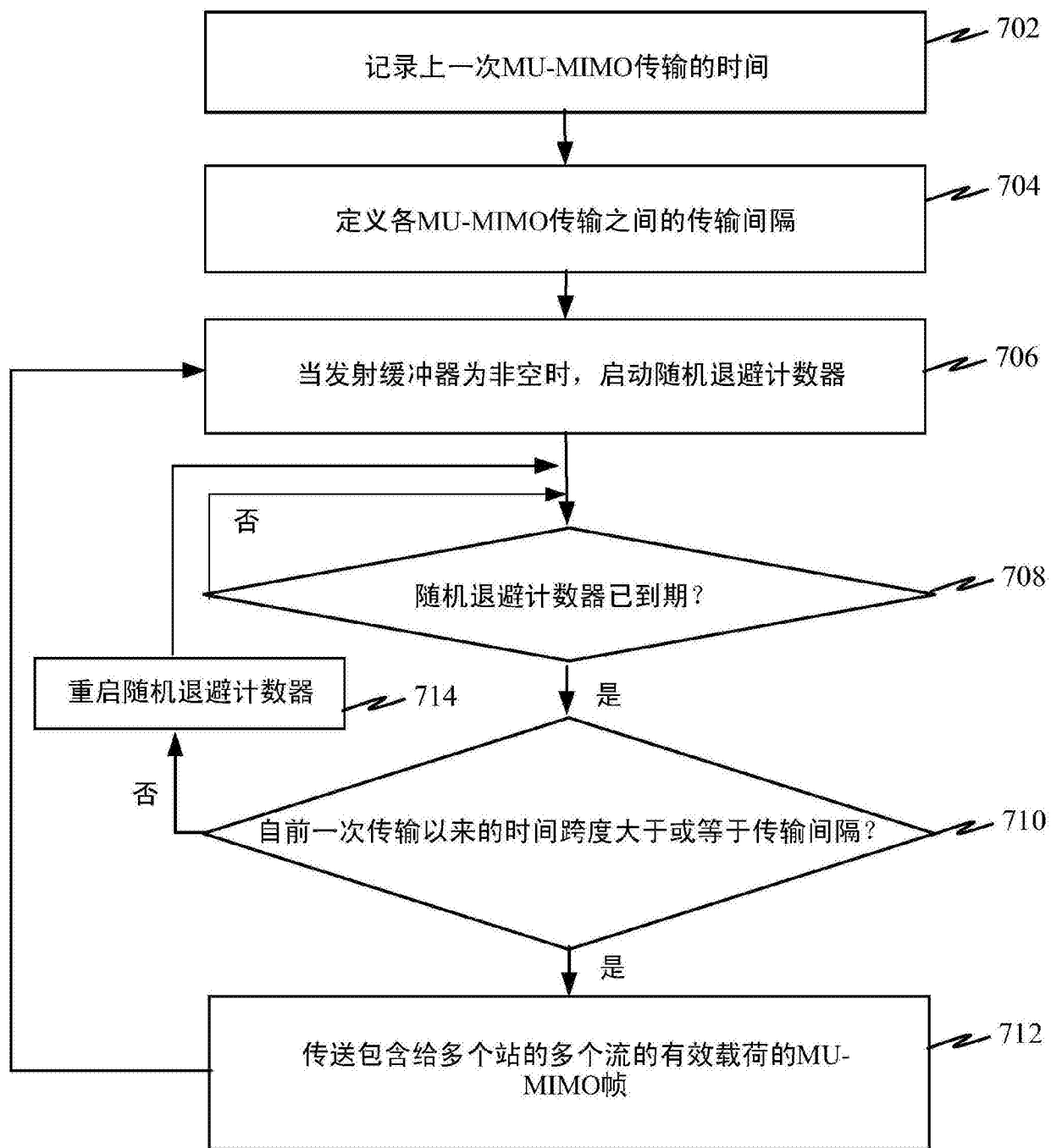


图7

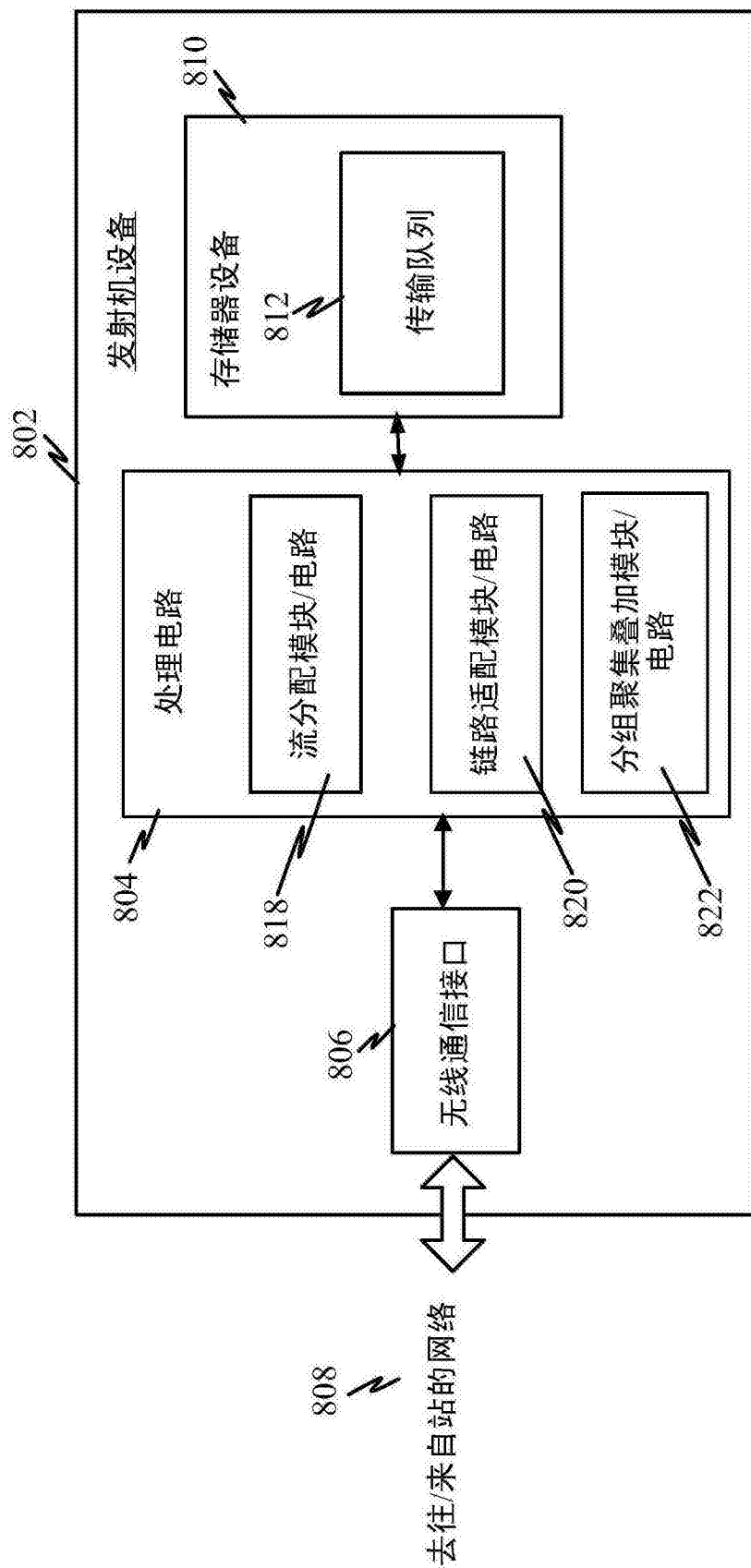


图8