



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101207590 B

(45) 授权公告日 2011.05.11

(21) 申请号 200710168684.6

WO 2007133652 A2, 2007.11.22, 全文.

(22) 申请日 2007.12.07

US 2005243942 A1, 2005.11.03, 全文.

(73) 专利权人 华中科技大学

JP 2005237006 A, 2005.09.02, 全文.

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞瑜路
1037 号

审查员 朱陶

(72) 发明人 刘应状 郑治凯 王德胜 孙俊
林宏志 周宗仪 朱光喜

(74) 专利代理机构 华中科技大学专利中心
42201

代理人 曹葆青

(51) Int. Cl.

H04L 25/02 (2006.01)

H04B 7/06 (2006.01)

H04B 7/08 (2006.01)

(56) 对比文件

EP 1655871 A2, 2006.05.10, 全文.

CN 1870461 A, 2006.11.29, 全文.

CN 1893308 A, 2007.01.10, 全文.

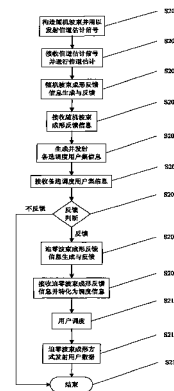
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 5 页

(54) 发明名称

一种多输入多输出 (MIMO) 传输方法及系统

(57) 摘要

本发明提供一种多输入多输出 (MIMO) 传输方法及系统,在该方法中发射端发射信道估计信号,各接收端生成随机波束成形反馈信息并发送给发射端,发送端进行用户预选生成备选调度用户集,将其发送给各接收端;各接收端进行反馈判断,若允许反馈,则生成迫零波束成形反馈信息,将其发送给发射端;发射端进行用户调度得到调度用户,并向调度用户发射用户数据。本发明同时具有随机波束成形和迫零波束成形的优点,降低了系统的反馈开销和实施复杂度,提高了系统容量。



1. 一种多输入多输出 (MIMO) 传输方法,包括以下步骤:

- (1) 发射端构造随机波束并用以向各接收端发送信道估计信号;
- (2) 各接收端接收信道估计信号,进行信道估计;
- (3) 各接收端生成随机波束成形反馈信息,将其发送给发射端,所述随机波束成形反馈信息为接收端在随机波束上的最大信干噪比及其对应的波束索引值;
- (4) 发射端接收随机波束成形反馈信息;
- (5) 发射端根据随机波束成形反馈信息进行用户预选,生成备选调度用户集,将其发送给各接收端;
- (6) 各接收端接收备选调度用户集;
- (7) 各接收端判断备选调度用户集是否包含该接收端本身,若包含,则允许反馈,进入步骤 (8),否则,不反馈,进入步骤 (12)。
- (8) 允许反馈的接收端生成迫零波束成形反馈信息,将其发送给发射端,所述迫零波束成形反馈信息为归一化信道量化索引值和信道幅度或者归一化信道量化索引值和信干噪比;
- (9) 发射端接收迫零波束成形反馈信息,将其转换为调度信息,调度信息包含归一化信道矢量和信道幅度或归一化信道矢量和信干噪比;
- (10) 发射端根据调度信息进行用户调度,得到调度用户;
- (11) 发射端构造迫零波束并用以向调度用户发射用户数据;
- (12) 结束。

2. 根据权利要求 1 所述的多输入多输出 (MIMO) 传输方法,其特征在于,所述步骤 (5) 具体为:设置备选调度用户集为空集,将同一波束索引值对应的最大信干噪比按照由大到小排序,选择前 L 个最大信干噪比对应的用户加入备选调度用户集;若同一波束索引值对应的最大信干噪比个数小于 L ,则将反馈该波束索引值的所有用户全部加入备选调度用户集。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的多输入多输出 (MIMO) 传输方法,所述步骤 (10) 具体为:

- (10.1) 令调度列表为空集,调度用户集合等于备选调度用户集;
- (10.2) 分别计算调度用户集合中每个用户时获得的系统容量,选择最大系统容量对应的用户加入到调度列表中,并在调度用户集合中删除该用户;
- (10.3) 分别计算调度用户集合中每个用户与调度列表中所有用户同时调度时的系统容量,从中选择系统容量最大值 C_1 ;计算调度列表中所有用户同时调度时的系统容量 C_2 ;若 $C_1 \geq C_2$,将该用户加入调度列表并从调度用户集合中删除该用户,否则,结束;
- (10.4) 若调度列表中用户数等于发射天线数或调度用户集合为空,步骤 (10) 结束,否则,转入步骤 (10.3)。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的多输入多输出 (MIMO) 传输方法,所述步骤 (10) 具体为:

- (10.1) 令调度列表为空集,调度用户集合等于备选调度用户集;
- (10.2) 从调度用户集合中挑选出信道状况最好的用户,将其加入到调度列表中,并把该用户从调度用户集合中删除;
- (10.3) 更新调度用户集合为调度用户集合中与调度列表中所有用户的信道准正交的用户,信道的准正交程度通过信道矢量的夹角来衡量。

(10.4) 如果调度用户集合为空或调度列表中用户个数等于发射天线数,则结束,否则,转入步骤(10.2)。

5. 一种多输入多输出(MIMO)系统,包括:

发射端(11),用于向接收端(12)发送信道估计信号、用户数据和至少一个接收端(12),用于接收来自发射端的信道估计信号、用户数据,生成随机波束成形反馈信息,将其发送给发射端(11);

其特征在于:

所述发射端(11)还用于根据随机波束成形反馈信息进行预选生成备选调度用户集,将其发送给接收端;接收来自接收端(12)的迫零波束成形反馈信息,转换为调度信息,并根据调度信息进行用户调度;所述随机波束成形反馈信息为接收端在随机波束上的最大信干噪比及其对应的波束索引值,所述迫零波束成形反馈信息为归一化信道量化索引值和信道幅度或者归一化信道量化索引值和信干噪比,所述调度信息包含归一化信道矢量和信道幅度或归一化信道矢量和信干噪比;

所述接收端(12)还用于接收来自发射端(11)的备选调度用户集,判断备选调度用户集是否包含该接收端本身,若包含,则允许反馈,生成迫零波束成形反馈信息,将其发送给发射端。

6. 根据权利要求5所述的一种多输入多输出(MIMO)系统,其特征在于,

所述发射端(11)包括:

第一双工射频器(117)和位于其上的发射天线,用于接收来自随机波束成形器(112)的随机波束和信道估计信号、来自迫零波束成形器(116)的迫零波束和用户数据以及来自备选用户选择器(114)的备选调度用户集,并发送给接收端(12);接收来自接收端(12)的随机波束成形反馈信息和迫零波束成形反馈信息,并传送给反馈信息处理器(113);

波束成形模式控制器(111),用于触发随机波束成形器(112)和触发迫零波束成形器(116);

随机波束成形器(112),用于接收来自波束成形模式控制器(111)的触发信号,构建N个随机波束,并将随机波束和信道估计信号传送给第一双工射频器(117),N小于等于发射天线总数;

反馈信息处理器(113),用于接收来自第一双工射频器(117)的随机波束成形反馈信息生成预调度信息,将其传送给备选用户选择器(114);接收来自第一双工射频器(117)的迫零波束成形反馈信息,生成调度信息,将调度信息传送给调度器(115);

备选用户选择器(114),用于接收来自反馈信息处理器(113)的预调度信息,根据预调度信息进行用户预选生成备选调度用户集,将其传送给第一双工射频器(117);

调度器(115),用于接收来自反馈信息处理器(113)的调度信息,根据调度信息进行用户调度得到调度用户,将调度用户及其归一化信道矢量传送给迫零波束成形器(116);

迫零波束成形器(116),用于接收来自波束成形模式控制器(111)的触发信号和来自调度器(115)的调度用户及其归一化信道矢量,生成迫零波束,向第一双工射频器(117)传送迫零波束和用户数据;

所述接收端(12)包括:

第二双工射频器(125)和位于其上的接收天线,用于接收来自发射端(11)的信道估计

信号、用户数据和备选调度用户集,并传送给接收信号处理器(121);接收来自随机波束成形反馈生成器(122)的随机波束成形反馈信息和来自迫零波束成形反馈生成器(123)的迫零波束成形反馈信息,并发送给发射端(11);

接收信号处理器(121),用于接收来自第二双工射频器(125)的信道估计信号、用户数据和备选调度用户集,进行信道估计得到信道幅度和信道矢量并分别传送给随机波束成形反馈生成器(122)和迫零波束成形反馈生成器(123),并将备选调度用户集传送给反馈控制器(124);

反馈控制器(124),用于接收来自接收信号处理器(121)的备选调度用户集,根据备选调度用户集进行反馈判断,若允许反馈,向迫零波束成形反馈生成器(123)传送触发信号;

随机波束成形反馈生成器(122),用于接收来自接收信号处理器(121)的信道幅度,根据信道幅度生成随机波束成形反馈信息,传送给第二双工射频器(125);

迫零波束成形反馈生成器(124),用于接收来自接收信号处理器(121)的信道矢量和来自反馈控制器(124)的触发信号,根据信道矢量生成迫零波束成形反馈信息,传送给第二双工射频器(125)。

一种多输入多输出 (MIMO) 传输方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及到多输入多输出无线通信系统中传输和用户调度技术,特别是涉及一种结合随机波束成形与迫零波束成形的 MIMO 传输技术和调度方法。

背景技术

[0002] 随着移动通信用户数量的急剧增加和无线宽带业务(如多媒体业务)的迅速兴起,人们期望未来移动通信系统能提供更高的数据传输率(100Mbps 以上)、更高的频谱效率(10bps/Hz 以上)。

[0003] 多输入多输出(Multiple Input Multiple Output, MIMO)是一种在发射端和接收端同时使用多根天线的技术。MIMO 是提高频谱效率的一种有效手段,它能够在不增加发射功率的前提下,成倍的提高系统的频谱效率。

[0004] 波束成形是一类典型的 MIMO 技术,其基本思想是在每根发射天线上乘上一个复数来构建一个波束方向。因此对 N 根发射天线则需乘上一个 N 维的复向量,通常把这个 N 维的复向量称为波束成形矢量或一个波束。对于多发发射天线系统可以构建多个波束并行地发射数据。

[0005] 随机波束成形和迫零波束成形是两大类波束成形技术。

[0006] 随机波束成形是在发射端随机地构建 N 个波束(N 通常为发射端天线数)同时进行数据发射。然后,接收端计算在每个波束上的信干噪比并反馈最大信干噪比以及对应的波束索引值给发射端。最后,发射端在每个波束上选择信干噪比最大的用户进行发射。

[0007] 随机波束成形的优点在于反馈开销小、实施复杂度低,且在用户数足够大的情况下能获得较高系统容量,但是在实际用户数情况下随机波束成形的系统容量较低,远没有达到多用户 MIMO 系统的容量。

[0008] 迫零波束成形是假设发射端已知所有用户的信道状态信息,然后通过调度算法选择相应的用户并对这些用户的信道矩阵求逆来获得波束成形矢量的一种技术。由于各波束成形矢量是通过用户对用户信道求逆获得,因此它能消除用户信道间干扰,从而获得很高的系统容量。

[0009] 迫零波束成形系统高容量的获得是以巨大的反馈开销为代价。迫零波束成形中每个接收端需要反馈其信道状态信息,且由于要对用户信道求逆,信道状态信息的反馈精度也要足够高。因此反馈开销大和反馈精度要求高是迫零波束成形的主要缺点。

发明内容

[0010] 本发明的目的在于提供一种 MIMO 传输方法,该方法减小了反馈开销,并提高了系统容量。

[0011] 本发明的另一目的在于提供一种 MIMO 系统,该系统减小了反馈开销,并提高了系统容量。

[0012] 本发明的技术方案为:

- [0013] 一种多输入多输出 (MIMO) 传输方法,包括以下步骤:
- [0014] (1) 发射端构造随机波束并用以向各接收端发射信道估计信号;
- [0015] (2) 各接收端接收信道估计信号,进行信道估计;
- [0016] (3) 各接收端生成随机波束成形反馈信息,将其发送给发射端;
- [0017] (4) 发射端接收随机波束成形反馈信息;
- [0018] (5) 发射端根据随机波束成形反馈信息进行用户预选,生成备选调度用户集,将其发送给各接收端;
- [0019] (6) 各接收端接收备选调度用户集;
- [0020] (7) 各接收端根据备选调度用户集进行反馈判断,若允许反馈,进入步骤 (8),否则,进入步骤 (12);
- [0021] (8) 允许反馈的接收端生成迫零波束成形反馈信息,将其发送给发射端;
- [0022] (9) 发射端接收迫零波束成形反馈信息,转换为调度信息;
- [0023] (10) 发射端根据调度信息进行用户调度,得到调度用户;
- [0024] (11) 发射端构造迫零波束并用以向调度用户发射用户数据;
- [0025] (12) 结束。
- [0026] 所述随机波束成形反馈信息为接收端在随机波束上的最大信干噪比及其对应的波束索引值。
- [0027] 所述迫零波束成形反馈信息为归一化信道量化索引值和信道幅度或者归一化信道量化索引值和信干噪比。
- [0028] 所述步骤 (5) 具体为:设置备选调度用户集为空集,将同一波束索引值对应的信干噪比按照由大到小排序,选择前 L 个最大信干噪比对应的用户加入备选调度用户集;若同一波束索引值对应的信干噪比个数小于 L,则将其对应的用户全部加入备选调度用户集。
- [0029] 所述步骤 (7) 具体为:接收端判断备选调度用户集是否包含该接收端本身,若包含,则允许反馈,进入步骤 (8),否则,不反馈,进入步骤 (12)。
- [0030] 所述步骤 (10) 具体为:
- [0031] (10.1) 令调度列表为空集,调度用户集合等于备选调度用户集;
- [0032] (10.2) 分别计算调度用户集合中每个用户时获得的系统容量,选择最大系统容量对应的用户加入到调度列表中,并在调度用户集合中删除该用户;
- [0033] (10.3) 分别计算调度用户集合中每个用户与调度列表中所有用户同时调度时的系统容量,从中选择系统容量最大值 C_1 ;计算调度列表中所有用户同时调度时的系统容量 C_2 ;若 $C_1 \geq C_2$,将该用户加入调度列表并从调度用户集合中删除该用户,否则,结束;
- [0034] (10.4) 若调度列表中用户数等于发射天线数或调度用户集合为空,步骤 (10) 结束,否则,转入步骤 (10.3)。
- [0035] 所述步骤 (10) 具体为:
- [0036] (10.1) 令调度列表为空集,调度用户集合等于备选调度用户集;
- [0037] (10.2) 从调度用户集合中挑选出信道状况最好的用户,将其加入到调度列表中,并把该用户从调度用户集合中删除;
- [0038] (10.3) 更新调度用户集合为调度用户集合中与调度列表中所有用户的信道准正交的用户,信道的准正交程度通过信道矢量的夹角来衡量。

[0039] (10.4) 如果调度用户集合为空或调度列表中用户个数等于发射天线数,则结束,否则,转入步骤(10.2)。

[0040] 一种多输入多输出(MIMO)系统,包括:

[0041] 发射端11,用于向接收端12发送信道估计信号、用户数据;和至少一个接收端12,用于接收来自发射端的信道估计信号、用户数据,生成随机波束成形反馈信息,将其发送给发射端11;

[0042] 其特征在于:

[0043] 所述发射端11还用于根据随机波束成形反馈信息进行预选生成备选调度用户集,将其发送给接收端;接收来自接收端12的迫零波束成形反馈信息,转换为调度信息,并根据调度信息进行用户调度;

[0044] 所述接收端12还用于接收来自发射端11的备选调度用户集,根据备选调度用户集进行反馈判断,若允许反馈则生成迫零波束成形反馈信息,将其发送给发射端。

[0045] 所述发射端11包括:

[0046] 第一双工射频器117和位于其上的发射天线,用于接收来自随机波束成形器112的随机波束和信道估计信号、来自迫零波束成形器116的迫零波束和用户数据、来自备选用户选择器114的备选调度用户集,并发送给接收端12;接收来自接收端12的随机波束成形反馈信息和迫零波束成形反馈信息,并传送给反馈信息处理器113;

[0047] 波束成形模式控制器111,用于触发随机波束成形器112和触发迫零波束成形器116;

[0048] 随机波束成形器112,用于接收来自波束成形模式控制器111的触发信号,构建N个随机波束,并将随机波束和信道估计信号传送给双工射频器117;

[0049] 反馈信息处理器113,用于接收来自双工射频器117的随机波束成形反馈信息生成预调度信息,将其传送给备选用户选择器114;接收来自双工射频器117的迫零波束成形反馈信息,生成调度信息,将其传送给调度器115;

[0050] 备选用户选择器114,用于接收来自反馈信息处理器(113)的预调度信息,根据预调度信息进行用户预选生成备选调度用户集,将其传送给双工射频器117;

[0051] 调度器115,用于接收来自反馈信息处理器113的调度信息,根据调度信息进行用户调度得到调度用户,将调度用户及其归一化信道矢量传送给迫零波束成形器116;

[0052] 迫零波束成形器116,用于接收来自波束成形模式控制器111的触发信号和来自调度器115的调度用户及其归一化信道矢量,生成迫零波束,向双工射频器117传送迫零波束和用户数据;

[0053] 所述接收端12包括:

[0054] 第二双工射频器125和位于其上的接收天线,用于接收来自发射端11的信道估计信号、用户数据和备选调度用户集,并传送给接收信号处理器121;接收来自随机波束成形反馈生成器122的随机波束成形反馈信息和来自迫零波束成形反馈生成器123的迫零波束成形反馈信息,并发送给发射端11;

[0055] 接收信号处理器121,用于接收来自第二双工射频器125的信道估计信号、用户数据和备选调度用户集,进行信道估计得到信道幅度和信道矢量并分别传送给随机波束成形反馈生成器122和迫零波束成形反馈生成器123,并将备选调度用户集传送给反馈控制器

124；

[0056] 反馈控制器 124,用于接收来自接收信号处理器 121 的备选调度用户集,根据备选调度用户集进行反馈判断,若允许反馈,向迫零波束成形反馈生成器 123 传送触发信号；

[0057] 随机波束成形反馈生成器 (122),用于接收来自接收信号处理器 121 的信道幅度,根据信道幅度生成随机波束成形反馈信息,传送给第二双工射频器 125；

[0058] 迫零波束成形反馈生成器 124,用于接收来自接收信号处理器 121 的信道矢量和来自反馈控制器 124 的触发信号,根据信道矢量生成迫零波束成形反馈信息,传送给第二双工射频器 125。

[0059] 与现有技术相比,本发明同时获得了随机波束成形反馈开销小和迫零波束成形系统容量大的优点。通过用户预选剔出对系统容量影响小的大量用户,降低了系统的反馈开销和实施复杂度；同时通过提高迫零波束成形的反馈精度获得系统容量的提升。

附图说明

[0060] 图 1 为本发明系统框架图；

[0061] 图 2 为本发明传输方法流程图；

[0062] 图 3 为发射端结构图；

[0063] 图 4 为接收端结构图；

[0064] 图 5 为本发明与正交随机波束成形系统、迫零波束成形系统的频谱效率仿真效果比较图；

[0065] 图 6 为本发明反馈用户数的减少率与接收端个数 K 之间关系示意图。

具体实施方式

[0066] 下面就结合附图来具体描述本发明。

[0067] 如图 1 所示,本发明系统包括发射端 11 和接收端 12.1、12.2、……、12.K。接收端 12.1、12.2、……、12.K 结构相同,为描述方便将接收端 12.1、12.2、……、12.K 均称为接收端 12,每个接收端 12 均对应一个用户。

[0068] 发射端 11 用于发射信道估计信号、用户数据信号、备选调度用户集信息和接收反馈信号等。如图 2 所示,发射端 11 包括:波束成形模式控制器 111、随机波束成形器 112、反馈信息处理器 113、备选用户选择器 114、调度器 115、迫零波束成形器 116、双工射频器 117 以及多根发射天线。

[0069] 接收端 12 用于接收发射信号、还原接收信号、反馈判决、产生反馈信号并反馈给发射端等。如图 3 所示,接收端 12 包括:接收信号处理器 121、随机波束成形反馈生成器 122、迫零波束成形反馈生成器 123、反馈控制器 124、双工射频器 125 以及多根接收天线。

[0070] 图 2 为本发明方法流程图,包括:S201、S202、S203、S204、S205、S206、S207、S208、S209、S210、S211、S212 共十二步骤。

[0071] 图 3 为本发明发射端结构图,图 4 为本发明接收端结构图。

[0072] 具体考虑发射端 11 有 N 根天线,接收端 12 有 1 根天线的 MIMO 系统,下面结合本发明方法流程图(图 2)来描述本发明。

[0073] 在步骤 S201 中,发射端 11 的波束成形模式控制器 111 触发随机波束成形器 112

构建 N (可以小于 N) 个随机波束 $\phi_m, m = 1, \dots, N$, 并采用随机波束发射信道估计信号 $s_m, l = 1, \dots, N$, 则发射的信号为:

$$[0074] \quad S = \sum_{m=1}^N \phi_m s_m. \quad (1)$$

[0075] 在步骤 S202 中, 各接收端 12 接收经过信道衰减后的信道估计信号为:

$$[0076] \quad Y_i = H_i S = \sum_{m=1}^N H_i \phi_m s_m + W_i, \quad i = 1, \dots, K \quad (2)$$

[0077] 其中 H_i 是第 i 个用户的信道矢量 (本实施例中为 $1 \times N$ 维复矢量), W_i 是噪声分量 (假设噪声功率为 1)。各接收端估计信道矢量 H_i 和信道幅度 $|H_i \phi_m|, m = 1, \dots, N$ 并分别传送到随机波束成形反馈生成器 122 和迫零波束成形反馈生成器 123;

[0078] 在步骤 S203 中, 各接收端 12 生成随机波束成形反馈信息并将其反馈给发射端 11, 随机波束成形反馈信息包括: 最大信干噪比及其对应的波束索引值。通过波束索引值可以确定波束。

[0079] 各接收端 12 的随机波束成形反馈生成器 122 按公式 (3) 计算在每个波束上的信干噪比,

$$[0080] \quad SINR_{i,m} = \frac{|H_i \phi_m|^2}{N/P + \sum_{k \neq m} |H_i \phi_k|^2}, \quad m = 1, \dots, N, i = 1, \dots, K \quad (3)$$

[0081] 其中 P 为发射功率。

[0082] 在步骤 S204 中, 发射端 11 的反馈信息处理器 113 接收随机波束成形反馈信息, 生成预调度信息并传送给备选用户选择器 114, 该预调度信息为各用户的最大信干噪比及其对应的波束索引值。

[0083] 在步骤 S205 中, 发射端 11 的备选用户选择器 114 根据收到的预调度信息对用户进行预选, 生成备选调度用户集, 并将其发送给各接收端 12。

[0084] 备选调度用户集生成的过程为: 设置备选调度用户集为空集, 对于每个随机波束, 备选用户选择器 114 将同一波束索引值对应的最大信干噪比按照由大到小排序, 选择前 L 个最大信干噪比对应的用户加入备选调度用户集, 若反馈该波束索引值的用户数小于 L , 则将用户全部加入。 L 的选取可根据实际系统要求确定, 取 $L = 3 \sim 5$ 时能获得性能和复杂度的良好折中。

[0085] 在步骤 S206 中, 各接收端 12 的接收信号处理器 121 接收备选调度用户集, 并传送给反馈控制器 124。

[0086] 在步骤 S207 中, 各接收端 12 的反馈控制器 124 根据备选调度用户集进行反馈判断。判断的标准为: 备选调度用户集是否包含该用户, 若包含, 则反馈控制器 124 触发迫零波束成形反馈生成器 123 并进入步骤 S208, 否则进入步骤 S212。

[0087] 在步骤 S208 中, 允许反馈的接收端 12 的迫零波束成形反馈生成器 123 生成迫零波束成形反馈信息并反馈给发射端 11。

[0088] 迫零波束成形反馈信息的生成包括信道矢量量化和信道幅度或信干噪比计算。信道矢量量化的基本思想是用一个已知的矢量去代替信道矢量, 其过程如下: (1) 码本确定: 在发射端 11 和接收端 12 都事先确定一个矢量码本, 该码本是可用于信道矢量量化的所有

矢量的集合,其中每个矢量为 N 维复矢量,共有 2^B 个这样的矢量(B 为信道量化比特数)。(2)信道的归一化量化:从码本中选择与归一化的信道矢量最相近的一个矢量作为该信道的量化值,并将该矢量的索引值作为反馈值。本领域人员应能理解信道幅度或信噪比的计算,故不以说明。最后,生成的反馈信息包括:归一化信道量化索引值和信道幅度或者归一化信道量化索引值和信噪比。

[0089] 在步骤S209中,发射端11的反馈信息处理器113接收迫零波束成形反馈信息,并对其进行处理以生成调度信息,该调度信息包括:归一化信道矢量和信道幅度或归一化信道矢量和信噪比。

[0090] 在步骤S210中,发射端11的调度器115根据调度信息,执行调度算法得到调度用户,并将调度用户及其归一化信道矢量传送给迫零波束成形器116。

[0091] 调度器115可以使用各种调度算法,包括但不限于以下的调度算法一和调度算法二。

[0092] 调度算法一包括以下步骤:

[0093] 1) 令调度列表(用于存放选中的用户)为空集,调度用户集合(用于存放所有备选的用户)等于备选调度用户集;

[0094] 2) 分别计算调度用户集合中每个用户时获得的系统容量,选择最大系统容量对应的用户加入到调度列表中,并在调度用户集合中删除该用户;

[0095] 3) 分别计算用户集合中每个用户与调度列表中所有用户同时被调度时的系统容量,从中选择系统容量最大值 C_1 ;计算调度列表中所有用户时的系统容量 C_2 ;若 $C_1 \geq C_2$,将该用户加入调度列表并从调度用户集合中删除该用户,否则,结束;

[0096] 4) 若调度列表中用户数等于发射天线数或调度用户集合为空,结束,否则,转入步骤3)。

[0097] 在调度算法一中计算系统容量时,也可计算经加权后的系统容量,即用权值乘以系统容量后的容量,其中权值由调度器指定,该权值代表用户的服务等级和QoS要求。

[0098] 调度算法二包括以下步骤:

[0099] 1) 令调度列表(用于存放选中的用户)为空集,调度用户集合(用于存放所有备选的用户)等于备选调度用户集;

[0100] 2) 从调度用户集合中挑选出信道状况最好的用户,将其加入到调度列表中,并把该用户从调度用户集合中删除;

[0101] 3) 更新调度用户集合为调度用户集合中与调度列表中所有用户的信道准正交的用户,信道的准正交程度可以通过信道矢量的夹角来衡量。

[0102] 4) 如果调度用户集合为空或调度列表中用户个数等于发射天线数,则结束,否则转入步骤2)。

[0103] 在步骤S211中,发射端11的波束成形模式控制器111触发迫零波束成形器116,迫零波束成形器116接收来自调度器115的调度用户及其归一化信道矢量,迫零波束成形器116对调度用户的归一化信道矢量求逆来构造迫零波束,并用与用户信道矢量相应的迫零波束向调度用户发射数据。

[0104] 步骤S212,结束。

[0105] 图5为本发明方案与正交随机波束成形、迫零波束成形的频谱效率仿真效果比较

图 ;仿真参数为发射端天线数 $N = 4$ 、接收端天线数 $M = 1$ 、接收端个数 $K = 100$ 、在每个随机波束上选择信干噪比最大的用户个数 $L = 3$ 、信道量化比特数 $B = 12$ 、发射功率 $P = 0 \sim 40\text{dB}$ 。从图中可以看出,本发明方案的频谱效率明显高于正交随机波束波束成形 ;且相对迫零波束成形,频谱效率下降较小。

[0106] 图 6 为本发明方案反馈用户数的减少率与接收端个数 K 之间关系的仿真图。在发射天线数 $N = 4$ 、接收天线数 $M = 1$ 的条件下(方案中其他参数的选取对本仿真的影响可忽略),分别仿真了在每个随机波束上选择最大信干噪比的用户个数 $L = 3, 4, 5$ 的情况下,反馈用户数的减少率随接收端个数 K 的变化情况。从图中可以看出,本发明方案能大大减少反馈用户的数目。

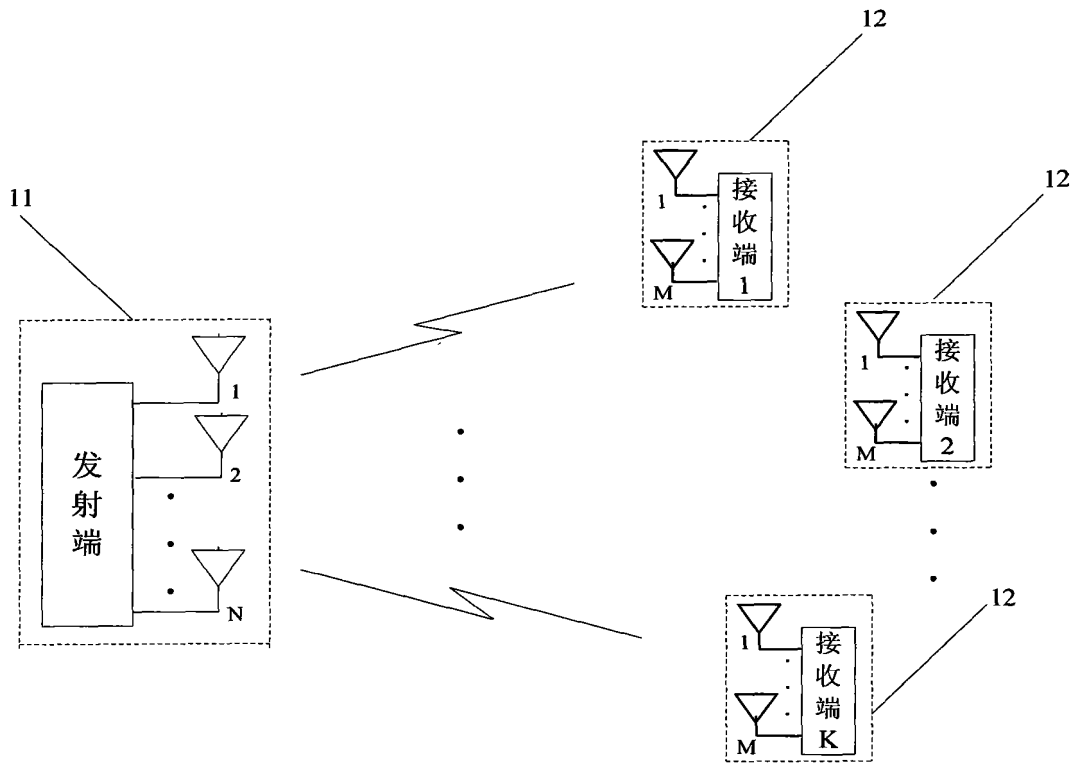


图 1

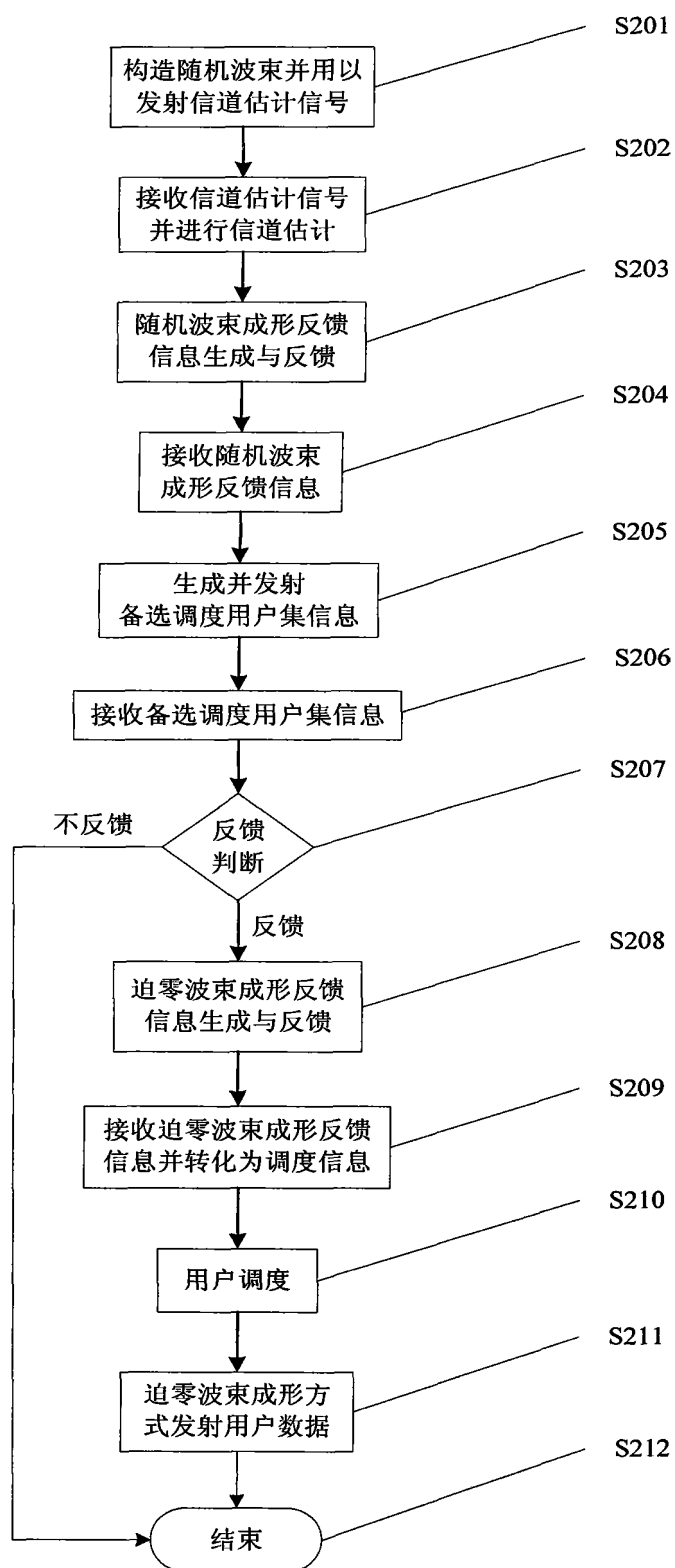


图 2

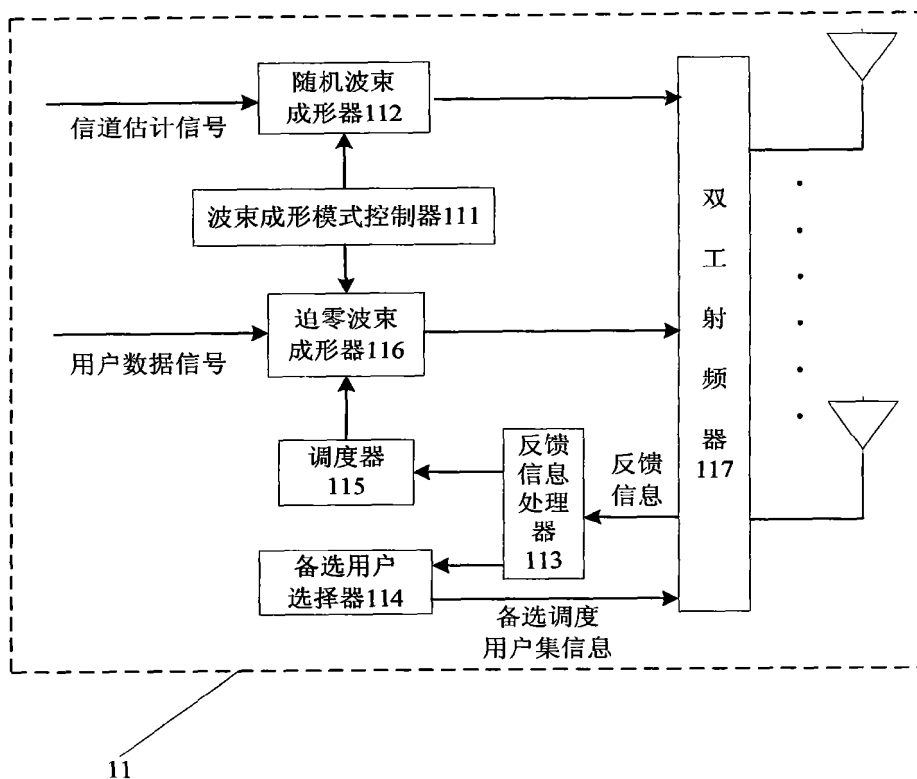


图 3

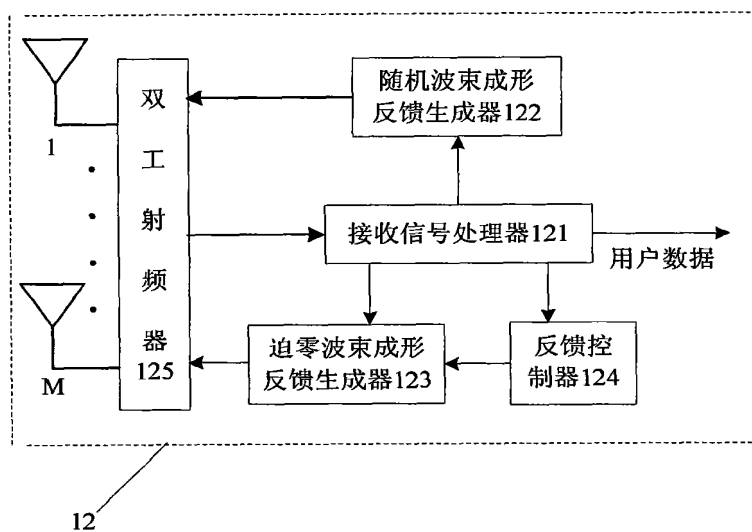


图 4

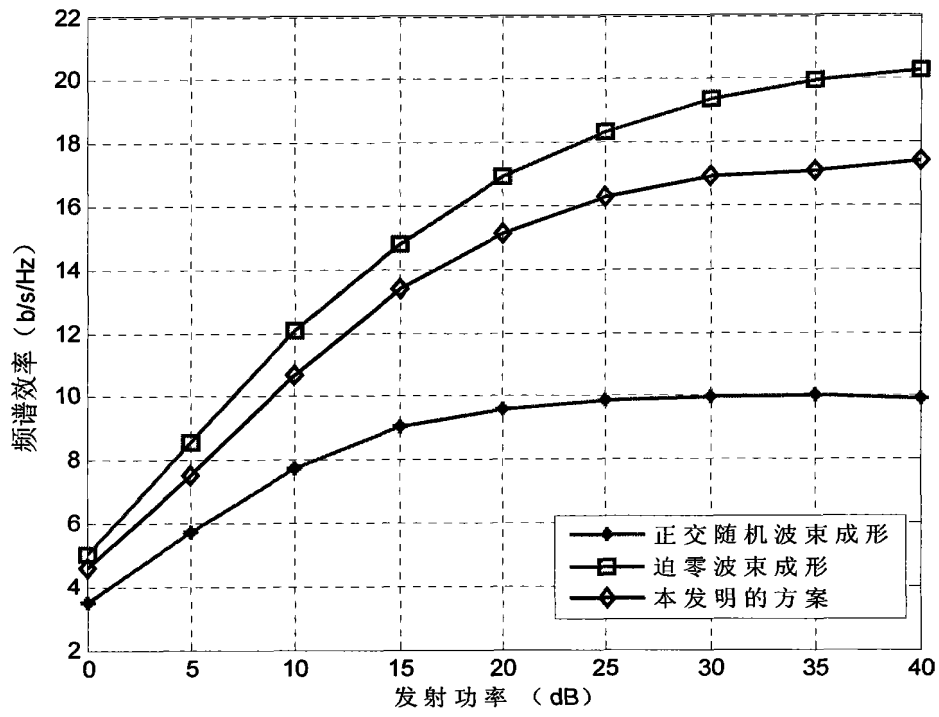


图 5

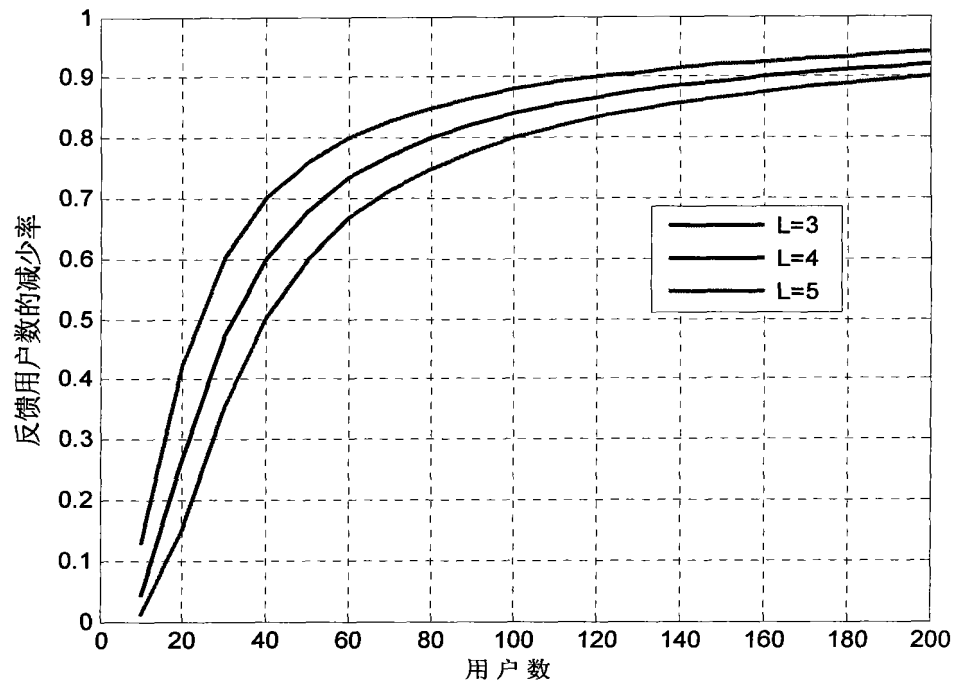


图 6