

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101123819 B

(45) 授权公告日 2012.07.04

(21) 申请号 200710140845.0

(22) 申请日 2007.08.10

(30) 优先权数据

2006-0075582 2006.08.10 KR

(73) 专利权人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

(72) 发明人 李学周 戴维·马扎雷塞 朴东植

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 戎志敏

(51) Int. Cl.

H04W 28/00 (2009.01)

H04B 7/26 (2006.01)

H04B 7/04 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1592144 A, 2005.03.09, 说明书第 5 页第 11 行到第 6 页第 21 行.

WO 03/041300 A1, 2003.05.15, 说明书第

[1342]-[1380] 段.

Hakju Lee, Myeongchhelo Shine, Chungyong Lee. An Eigen-based MIMO Multiuser Scheduler robust to spatial channel correlation. IEEE Vehicular Technology Conference, 2005. 2005, 21134-1136.

审查员 余宏妮

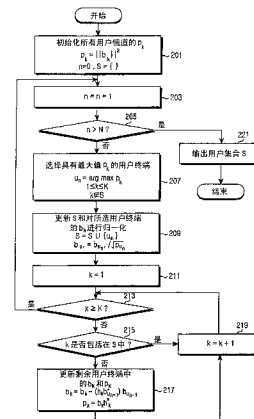
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

用于在多用户 MIMO 系统中的低复杂度调度的设备和方法

(57) 摘要

提供了一种用于多用户多输入多输出 (MIMO) 系统中的低复杂度调度的设备和方法。在一种用于 MIMO 系统的调度方法中, 基于针对所有用户终端的信道信息来设置矢量。初始化针对矢量的标量。选择在未选择的用户终端之中具有最大标量的用户终端。通过在其中添加所选的用户终端来更新用户集合。对未包括在用户集合中的针对用户终端的矢量和标量进行更新。因此, 在最小化干扰信号的影响的同时, 可以提供高传输容量。此外, 还可以极大地减少计算量。



CN 101123819 B

1. 一种用于多输入多输出 MIMO 系统的调度方法,包括以下步骤:

基于所有用户终端的信道信息来为每个用户终端设置各自的矢量,所述矢量表示用户终端和发射机之间的信道,并使用每个矢量初始化各自的标量,所述标量表示各个用户终端的信道状态;

选择在未选择的用户终端中具有最大标量的用户终端;

通过在用户集合中添加所选用户终端来更新所选用户集合;以及

对未包括在所选用户集合中的每个用户终端的各自的矢量和标量进行更新,以便移除预选用户终端的属性。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中,通过将未包括在所选用户集合中的每个用户终端的矢量投影到以所选用户终端作为基本元素的子空间的零空间上,来更新各自的矢量和标量。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其中,将每个矢量 b_k 设置为:

$$b_k = h_k$$

其中 h_k 是指示第 k 个用户终端和发射机之间的信道的复数的 $(1 \times N)$ 矢量, k 表示 1 到 K 个用户终端的搜索参数, N 表示所选用户终端的数量。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其中,将每个矢量 b_k 设置为:

$$b_k = \sqrt{\rho_k} h_k$$

其中 b_k 表示第 k 个用户终端的矢量, h_k 是表示第 k 个用户终端和发射机之间的信道的复数的 $(1 \times N)$ 矢量, ρ_k 表示信道质量信息, k 表示 1 到 K 个用户终端的搜索参数, N 表示所选用户终端的数量。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其中,将每个标量 p_k 初始化为:

$$p_k = \|b_k\|^2$$

其中 b_k 表示第 k 个用户终端的矢量,标量 p_k 是指示每个用户终端的信道状态的值,将 p_k 用作调度过程的条件值, k 表示 1 到 K 个用户终端的搜索参数。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其中,将上述步骤重复与要同时接收数据的用户终端的数量一样多的次数。

7. 如权利要求 1 所述的方法,其中,将每个矢量值设置成使用每个用户终端的信道矩阵计算的特征矢量、所计算的特征矢量和与所计算的特征矢量相对应的特征值的乘积、以及每个用户终端的信道状态信息的大小之一。

8. 如权利要求 1 所述的方法,还包括在更新所选用户集合的步骤之后对所选用户终端的矢量进行归一化。

9. 如权利要求 8 所述的方法,其中,归一化步骤包括将所选用户终端的矢量初始化为 $b_{u_n} = b_{u_n} / \sqrt{p_{u_n}}$ 的步骤,其中 u_n 表示所选用户终端, b_{u_n} 表示所选用户终端 u_n 的矢量, p_{u_n} 表示所选用户终端 u_n 的标量。

10. 如权利要求 1 所述的方法,其中,将未包括在所选用户集合的每个终端的各自的标量和矢量更新为:

$$b_k = b_k - (h_k b_{u_{n-1}}^*) b_{u_{n-1}}$$

$$p_k = b_k h_k^*$$

其中 b_k 表示第 k 个用户终端的矢量, p_k 表示第 k 个用户终端的标量, h_k 是表示第 k 个用户终端和发射机之间的信道的复数的 $(1 \times N)$ 矢量, $*$ 表示复转置, k 表示 1 到 K 个用户终端的搜索参数, u_{n-1} 表示预选用户终端, N 表示所选用用户终端的数量。

11. 一种用于多输入多输出 MIMO 系统中的调度设备, 所述设备包括:

信道状态反馈单元, 用于估计信道状态并反馈信道状态信息; 以及

多用户调度器, 用于基于所有用户终端的信道信息为每个用户终端设置各自的矢量, 所述矢量表示用户终端和发射机之间的信道, 使用每个矢量初始化各自的标量, 所述标量表示各个用户终端的信道状态, 选择在未选择的用户终端中具有最大标量的用户终端, 通过在用户集合中添加所选用用户终端来更新所选用用户集合, 以及对未包括在所选用用户集合中的每个用户终端的各自的矢量和标量进行更新, 以便移除预选用户终端的属性。

12. 如权利要求 11 所述的设备, 其中, 所述多用户调度器将上述步骤重复与要同时接收数据的用户终端的数量一样多的次数。

13. 如权利要求 11 所述的设备, 还包括:

信息收集器, 用于输出所有用户终端中所选用用户终端的数据; 以及

预处理器, 用于以预定义的方案对与所选用用户终端相对应的数据进行预编码, 并通过预定数量的 TX 天线将产生的数据发射到相应的用户。

14. 如权利要求 11 所述的设备, 其中, 在更新所选用用户集合之后, 所述多用户调度器对所选用用户终端的矢量进行归一化。

用于在多用户 MIMO 系统中的低复杂度调度的设备和方法

[0001] 优先权

[0002] 基于 35U. S. C. § 119 (a), 本申请要求在 2006 年 8 月提交于韩国知识产权局的韩国专利申请 No. 2006-75582 的优先权, 将其内容一并在此作为参考。

技术领域

[0003] 本发明总体上涉及一种多输入多输出 (MIMO) 系统, 具体涉及一种用于多用户 MIMO 系统中的低复杂度调度的设备和方法。

背景技术

[0004] 已知 MIMO 信道可以提供非常高的传输效率, 尤其是在多用户环境下。

[0005] 在多用户环境下, 可以通过将同一资源同时分配给多个用户来实现容量和 (即, 传输速率的最大和)。这里, 术语“用户”和“用户终端”可以互换。在系统使用 N 个传输 (下文中, 用“TX”表示) 天线的情况下, 考虑到发射机的复杂度, 可以通过将同一资源同时分配给多达 N 个用户来实现容量和 (即, 理论上的最大传输容量)。然而, 为了传输容量的最大化而选择 N 个用户实际上并不可行, 这是因为该选择需要非常高的复杂度。

[0006] 已经提出了若干技术来抑制针对传输容量的最大化的多用户干扰。为了最小化多用户干扰, 上述传统技术基于从所有用户反馈的信道信息来逐一选择用户, 这使得必须在相应的发射机上执行大量计算。根据将同时接收到数据的 TX 天线数量和用户数量, 来确定针对多用户选择的计算量。传统技术可以减少与用户数量成线性比例的计算量。然而, 传统技术在蜂窝基站中的实时操作中并非实际可行的, 因为这些技术仍然需要与 TX 天线数量的第五阶项相对应的计算量。

[0007] 在下文中, 假设在具有 N 个 TX 天线的服务基站的覆盖区域内存在 K 个用户, 对基于逐次 (successive) 投影方案的传统调度技术进行描述。传统调度技术选择与先前所选用户的信道最不相关的信道的用户, 即, 按照方程 (1) 来选择第 k 个用户:

$$[0008] \quad u_k = \underset{1 \leq i \leq K, i \notin S_{k-1}}{\operatorname{arg\,max}} \left[\underset{(\alpha_1, \dots, \alpha_{k-1}) \in R^{k-1}}{\operatorname{min}} \left\| \sum_{j \in S_{k-1}} \alpha_j h_j - h_i \right\|^2 \right] \dots \dots (1)$$

[0009] 其中, u_k 是第 k 个用户的索引, h_i 是指示了第 i 个用户和发射机之间的信道的复数的 $(1 \times N)$ 矢量, $S_{k-1} = \{u_1, \dots, u_{k-1}\}$ 是先前所选的用户索引的集合, $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_{k-1}) \in R^{k-1}$ 是指示用于指示到第 $(k-1)$ 级为止所选用户的信道信息中所有可能的线性组合的系数, R 是实数集合。

[0010] 在第 k 级, 按照方程 (1) 来选择具有与先前所选用户的信道最不相关的信道的用户。因此, 在第 k 级处所选择的用户对先前所选用户具有最小的干扰影响。

[0011] 假设, $H_{S_{k-1}}$ 是与到第 $(k-1)$ 级为止的所选用户信道的累积相对应的矩阵, 可以将方程 (1) 转换成如方程 (2) 所表示的矩阵形式:

$$[0012] \quad u_k = \underset{1 \leq i \leq K, i \notin S_{k-1}}{\arg \max} \left\| h_i \left[H_{S_{k-1}}^* (H_{S_{k-1}} H_{S_{k-1}}^*)^{-1} H_{S_{k-1}} - I_N \right] \right\|^2 \dots \dots (2)$$

[0013] 其中 I_N 是 $(N \times N)$ 单位矩阵。

[0014] 重复上述过程,直到在 K 个用户中选择了将要同时接收数据的 N 个用户。

[0015] 然而,必须计算矩阵积和逆矩阵,以确定上述过程中的一个第 k 用户,其中逆矩阵的大小随着 k 的增大而增大。此外,因为必须对尚未被选择的所有用户执行比较操作,所以计算量增大。

发明内容

[0016] 本发明的方面是同时解决至少上述问题和 / 或缺点,并提供至少以下优点。因此,本发明的目的是提供一种用于多用户 MIMO 系统中的低复杂度调度的设备和方法。

[0017] 本发明的另一个方面是提供一种用于多用户 MIMO 系统中的低复杂度调度的设备和方法,该设备和方法可以通过在多天线用户中选择具有最高传输容量的用户终端的集合来提供高传输容量和低复杂度。

[0018] 根据本发明的一个方面,一种用于 MIMO 系统的调度方法包括:基于所有用户终端的信道信息来为每个用户终端设置各自的矢量,所述矢量表示用户终端和发射机之间的信道,并使用每个矢量初始化各自的标量,所述标量表示各个用户终端的信道状态;

[0019] 选择在未选择的用户终端中具有最大标量的用户终端;

[0020] 通过在用户集合中添加所选用户终端来更新所选用户集合;以及

[0021] 对未包括在所选用户集合中的每个用户终端的各自的矢量和标量进行更新,以便移除预选用户终端的属性。

[0022] 根据本发明的另一个方面,一种用于多输入多输出 MIMO 系统中的调度设备,所述设备包括:

[0023] 信道状态反馈单元,用于估计信道状态并反馈信道状态信息;以及

[0024] 多用户调度器,用于基于所有用户终端的信道信息为每个用户终端设置各自的矢量,所述矢量表示用户终端和发射机之间的信道,使用每个矢量初始化各自的标量,所述标量表示各个用户终端的信道状态,选择在未选择的用户终端中具有最大标量的用户终端,通过在用户集合中添加所选用户终端来更新所选用户集合,以及对未包括在所选用户集合中的每个用户终端的各自的矢量和标量进行更新,以便移除预选用户终端的属性。

附图说明

[0025] 从以下结合附图的详细描述中,本发明的上述以及其他目的、特征和优点将变得更加显而易见,在附图中:

[0026] 图 1 是根据本发明的多用户 MIMO 系统的方框图;

[0027] 图 2 是示出了根据本发明实施例的多用户 MIMO 系统中的调度过程的流程图;以及

[0028] 图 3 是对传输技术性能与本发明的性能进行比较的图。

具体实施方式

[0029] 这里,将参考附图对本发明的优选实施例进行描述。在以下描述中,没有对公知的功能或结构进行详细描述,因为不必要的细节可能使本发明不清楚。

[0030] 在下文中,给出了根据本发明的多用户 MIMO 系统中的低复杂度调度的设备和方法的描述。

[0031] 图 1 是根据本发明的多用户 MIMO 系统的方框图。

[0032] 参照图 1, MIMO 系统包括基站和多个用户终端。这里,术语“用户”和“用户终端”可以互换地使用。基站包括多用户调度器 101、信息收集器 102、以及预处理器 103。每个用户终端都包括接收机 104 和信道状态反馈单元 105。

[0033] 通过使用从相应的用户终端接收到的信道状态信息,多用户调度器 101 选择将要用同一频率资源来同时接收数据的用户集合。多用户调度器 101 向信息收集器 102 输出所选用户集合。

[0034] 信息收集器 102 只收集与所选用户相对应的数据,并向预处理器 103 输出所收集的用户数据。

[0035] 为了向所选的用户同时发送数据,预处理器 103 通过使用预定义的方案对来自信息收集器 102 的所收集的用户数据进行预编码来产生 TX 符号。预处理器 103 针对空中 (over the air) 传输所产生的 TX 符号进行射频 (RF) 处理,然后通过预定数量的 TX 天线向相应的用户终端发射所产生的数据。因为所选的用户终端被设计为具有近似正交的信道,所以可以使用简单的波束赋形技术来实现预处理器 103。例如,将所选用户终端的索引表示为 d_1, d_2, \dots, d_N , 可以使用相应的用户终端的信道信息 $h_{d_1}, h_{d_2}, \dots, h_{d_N}$ 来产生多用户波束赋形矢量 $v_{d_1}, v_{d_2}, \dots, v_{d_N}$ 。在简单的实施例中,可以使用奇异值分解 (SVD) 预编码器来实现预处理器 103, 奇异值分解 (SVD) 预编码器通过使用信道矩阵的第一特征矢量来产生波束赋形矢量。在这种情况下,可以最小化多用户干扰,这是因为相应的用户终端的波束赋形矢量也彼此正交。因此,由基站所发射的信号矢量可以如方程 (3) 地表示:

$$[0036] \quad x = v_{d_1} s_{d_1} + v_{d_2} s_{d_2} + \dots + v_{d_N} s_{d_N} = \sum_{i=1}^N v_{d_i} s_{d_i} \quad \dots \dots (3)$$

[0037] 其中, s_i 表示必须发射到第 i 个用户终端的数据。

[0038] 每个用户终端的接收机 104 通过预定数量的接收 (下文中,表示为“RX”) 天线从基站接收数据,将接收到的数据划分成相应的流,并对该数据流进行解码,由此输出所期望的数据。由用户终端 d_i 的接收机 104 所接收到的信号矢量如方程 (4) 所示:

$$[0039] \quad y = h_{d_i} \sum_{i=1}^N v_{d_i} s_{d_i} + n_{d_i} \quad \dots \dots (4)$$

[0040] 其中, h_{d_i} 表示通过用户终端 d_i 的 RX 天线接收到的信道矢量, n_{d_i} 表示通过用户终端 d_i 的 RX 天线接收到的噪声矢量。

[0041] 例如,可以使用匹配滤波器、追零技术、或最小均方误差 (MMSE) 技术来从接收机 104 接收到的信号中提取数据。

[0042] 每个用户终端的信道状态反馈单元 105 对当前信道状态进行估计,以便收集要反馈给基站的信道状态信息。信道状态反馈单元 105 将所收集的信道状态信息发送到基站的

多用户调度器 101。可以使用从基站接收到的数据或使用通过导频信号从基站接收到的资源信息来估计信道状态。

[0043] 图 2 是示出了根据本发明实施例的多用户 MIMO 系统中的调度过程的流程图。

[0044] 参照图 2, 在步骤 201 中, 基于从所有用户终端反馈的信道状态信息, 基站的多用户调度器 101 初始化参数, 即, 针对相应用户信道的矢量 b_k 和标量 p_k , 如方程 (5) 所示:

$$[0045] \quad b_k = h_k$$

$$[0046] \quad p_k = \| b_k \|^2 \quad \dots \dots (5)$$

[0047] 其中, h_k 是指示第 k 个用户终端和发射机之间的信道的复数的 $(1 \times N)$ 矢量, 标量 p_k 是指示每个用户终端的信道状态的值 (用作下面所描述的调度过程的条件值), k 表示 1 到 K 个用户终端的搜索参数。

[0048] 在步骤 201 中, 为了通过调度过程来选择 N 个用户终端, 多用户调度器 101 将用户索引 n 初始化为 0, 并将所选用户集合 S 初始化为空集合 $\{\}$ 。

[0049] 在步骤 203 中, 多用户调度器 101 将用户索引 n 更新为 $(n+1)$ 。在步骤 205 中, 多用户调度器 101 确定用户索引 n 是否大于要选择的用户终端的数量 N (N 小于或等于 K)。

[0050] 在步骤 205 中, 如果 n 小于或等于 N , 则多用户调度器 101 前进到步骤 207。在步骤 207 中, 多用户调度器 101 选择在未选择的用户终端中的具有最大标量 p_k 的用户终端 u_n 。

[0051] 可以按照方程 (6) 来选择用户终端 u_n :

$$[0052] \quad \begin{aligned} & u_n = \arg \max p_k \\ & 1 \leq k \leq K \\ & k \notin S \end{aligned} \quad \dots \dots (6)$$

[0053] 在步骤 209 中, 多用户调度器 101 通过将所选用户终端 u_n 添加到用户集合 S 来更新该用户集合 S , 并对所选用户终端 u_n 的信道矢量 b 进行归一化。归一化是一种依据其大小对预定矢量进行划分以产生单位矢量的过程, 由此与另一个预选择的用户终端相同地均衡功率效应。

[0054] 可以按照方程 (7) 来执行用户集合 S 的更新和所选用户终端 u_n 信道矢量 b 的归一化:

$$[0055] \quad S = S \cup \{u_n\}$$

$$[0056] \quad b_{u_n} = b_{u_n} / \sqrt{p_{u_n}} \quad \dots \dots (7)$$

[0057] 在步骤 211 中, 多用户调度器 101 将搜索参数 k 初始化为 1。在步骤 213 中, 多用户调度器 101 确定 k 是否大于或等于用户的总数 K 。此确定的目的是通过检查所有用户终端中未选择的用户终端来对相应用户终端的 b_k 和 p_k 进行更新。在步骤 213 中, 如果 k 小于 K , 则多用户调度器 101 前进到步骤 215。在步骤 215 中, 多用户调度器 101 确定 k 是否包括在所选用户集合 S 中。

[0058] 在步骤 215 中, 如果 k 没有包括在所选用户集合 S 中, 则多用户调度器 101 前进到步骤 217。在步骤 217 中, 多用户调度器 101 通过将信道矢量 b_k 投影到以在步骤 207 中所选择的用户终端 u_n 作为基本元素 (basis) 的子空间的零空间 (null space) 来更新信道矢量 b_k , 并使用已更新的信道矢量 b_k 来更新标量 p_k 。

[0059] 可以按照方程 (8) 来更新 b_k 和 p_k :

$$[0060] \quad b_k = b_k - (h_k b_{u_{n-1}}^*) b_{u_{n-1}}$$

$$[0061] \quad p_k = b_k h_k^* \dots \dots (8)$$

[0062] 其中 * 表示复转置, 并更新 b_k 和 p_k , 以移除预选择的用户终端的属性。

[0063] 之后, 在步骤 219 中, 多用户调度器 101 将 k 更新为 $(k+1)$, 并返回步骤 213。

[0064] 另一方面, 在步骤 215 中, 如果 k 包括在所选用户集合 S 中, 多用户调度器 101 直接前进到步骤 219, 因为不需要更新条件值。在步骤 219 中, 多用户调度器 101 将 k 更新为 $(k+1)$, 并返回步骤 213。

[0065] 另一方面, 如果 k 大于或等于 K (在步骤 213 中), 多用户调度器 101 则确定针对所有用户终端的条件值是否都已经更新, 并返回步骤 203, 以便选择在未选择的用户终端中具有最大条件值 p_k 的用户终端。按照这种方式, 多用户调度器 101 选择产生与先前步骤中预选择的用户终端的信道状态信息相比为最小干扰的用户终端。所选用户终端具有相对于预选择的用户终端的信道状态的最大正交性, 并因此同时发射所选用户终端的数据时产生最小干扰。因此, 多用户调度器 101 可以选择最佳信干信噪比 (SINR), 由此最大化信道容量。

[0066] 另一方面, 如果 n 大于 N (在步骤 205 中), 多用户调度器 101 则前进到步骤 211, 以确定所有被选择的用户终端的期望数量。在步骤 221 中, 多用户调度器 101 向信息收集器 102 输出用户集合 S , 然后结束调度过程。

[0067] 与此同时, 通过使用反馈信道状态信息来设置矢量 b_k 的初始值, 本发明可以扩展或改变调度方案。例如, 在成正比的调度方案的情况下, 可以按照方程 (9) 来初始化矢量 b_k :

$$[0068] \quad b_k = \sqrt{\rho_k} h_k \dots \dots (9)$$

[0069] 其中 ρ_k 表示诸如 SINR 的信道质量信息。

[0070] 在基于子空间的调度方案的情况下, 可以将矢量 b_k 初始化为使用第 k 个用户终端的信道矩阵来计算的特征矢量, 或者初始化为特征矢量和对应于该特征矢量的特征值的乘积。按照这种方式, 必须在每个用户终端中使用多个天线。

[0071] 在具有多个天线的用户终端只使用多个天线中的一个或多个的情况下, 可以通过调整信道状态信息的大小来初始化矢量 b_k 。

[0072] 最后, 通过将多个矢量 b_k 分配给一个用户终端, 可以将多个传输信道分配给一个用户。可选地, 通过对用户终端进行调度之后移除分配给用户终端的剩余矢量, 可以只向一个用户分配一个传输信道。

[0073] 图 3 是对传统技术的性能和本发明的性能进行比较的图。假设, 基站具有 4 个 TX 天线, 其中每个用户终端都具有一个 RX 天线, 并且平均信噪比 (SNR) 为 10dB。

[0074] 参照图 3, 本发明提出的本发明的算法未能实现容量和 (即, 理论上的最大传输容量), 因为可以只将数据同时发射给 N 个用户终端。然而, 通过使用迫零波束赋形技术, 本发明的算法可以提供比传统算法更好的性能。

[0075] 下面, 将在表 1 中对本发明提出的算法的计算量与传统技术的计算量进行比较。

[0076] 表 1

[0077]

	乘法	除法
基于逐次投影方案的调度算法	大约 $(1.25K - 0.2N)N^4$	$(0.33K - 0.2N)N^3$
本发明提出的算法	大约 $3KN^2$	N

[0078] 在表 1 中, N 表示基站的 TX 天线的数量, K 表示小区的扇区中的用户终端的总数量。例如, 当 N 为 4, K 为 100 时, 可以如图 2 所示地表示该计算量。

[0079] 表 2

[0080]

	乘法	除法
基于逐次投影方案的调度算法	大约 32,000	2,048
所提出的算法	大约 4,800	4

[0081] 从上面可以看出, 与传统算法相比, 本发明的算法可以极大地减少计算量。

[0082] 如上所述, 根据本发明, 通过继续选择在多用户 MIMO 系统中的多天线用户终端之中具有最大传输容量的用户终端, 基站可以获得具有最大正交性的用户终端的集合。此外, 通过所选用户终端的发射数据, 基站可以在最小化干扰信号的影响的同时提供高传输容量。此外, 因为不需要计算逆矩阵, 所以可以极大地减少计算量。

[0083] 虽然参考其特定优选实施例来示出并描述本发明, 本领域的那些技术人员将会理解, 可以在不偏离由附加权利要求所限定的本发明的精神和范围的前提下, 进行形式和细节上的多种改变。

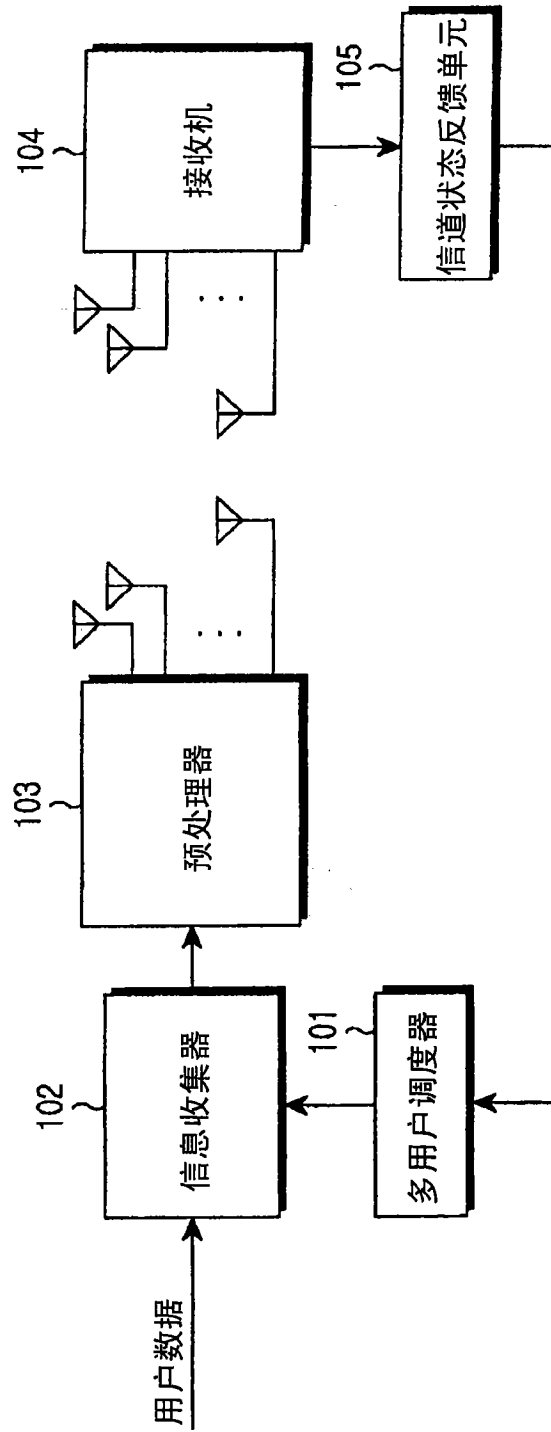


图 1

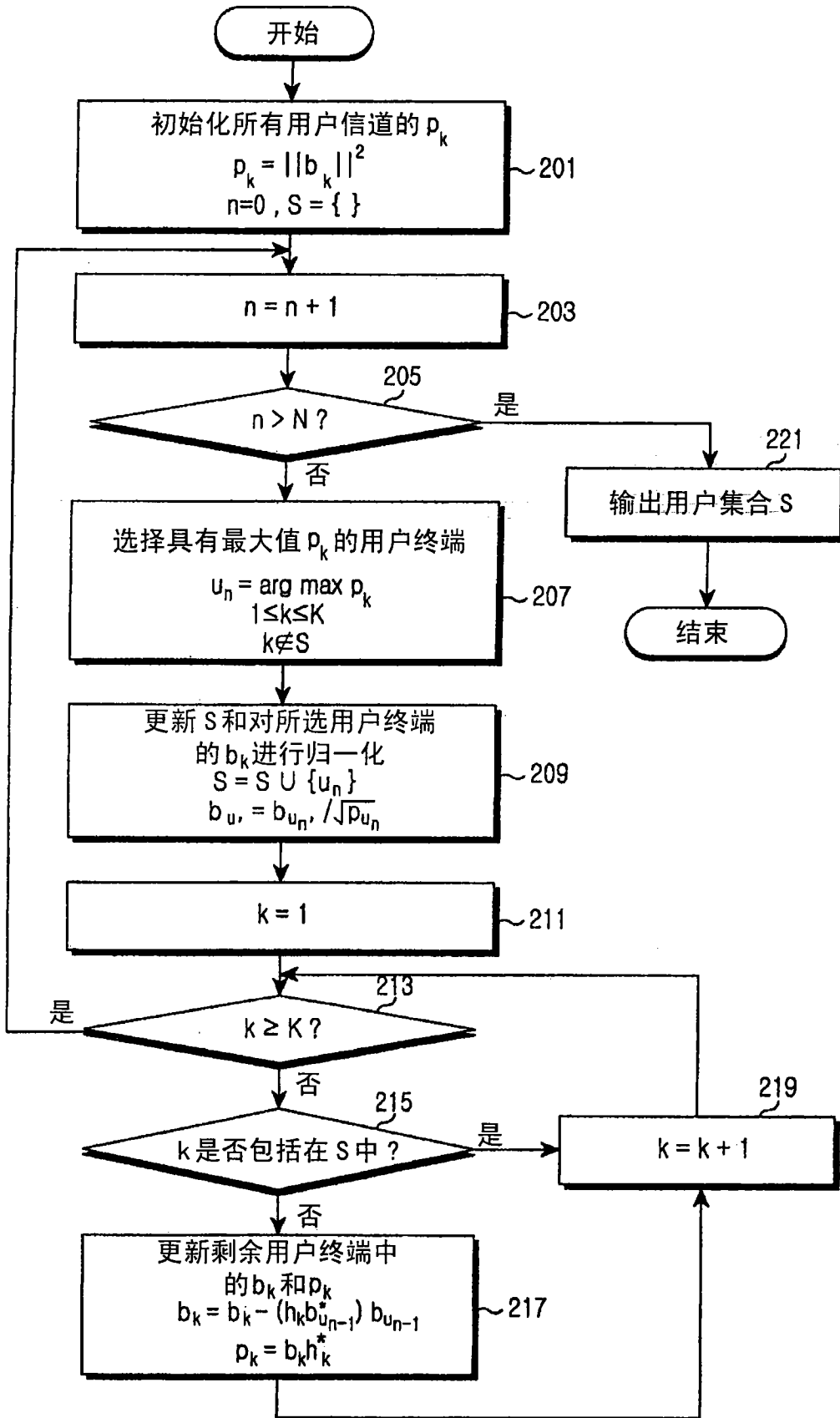


图 2

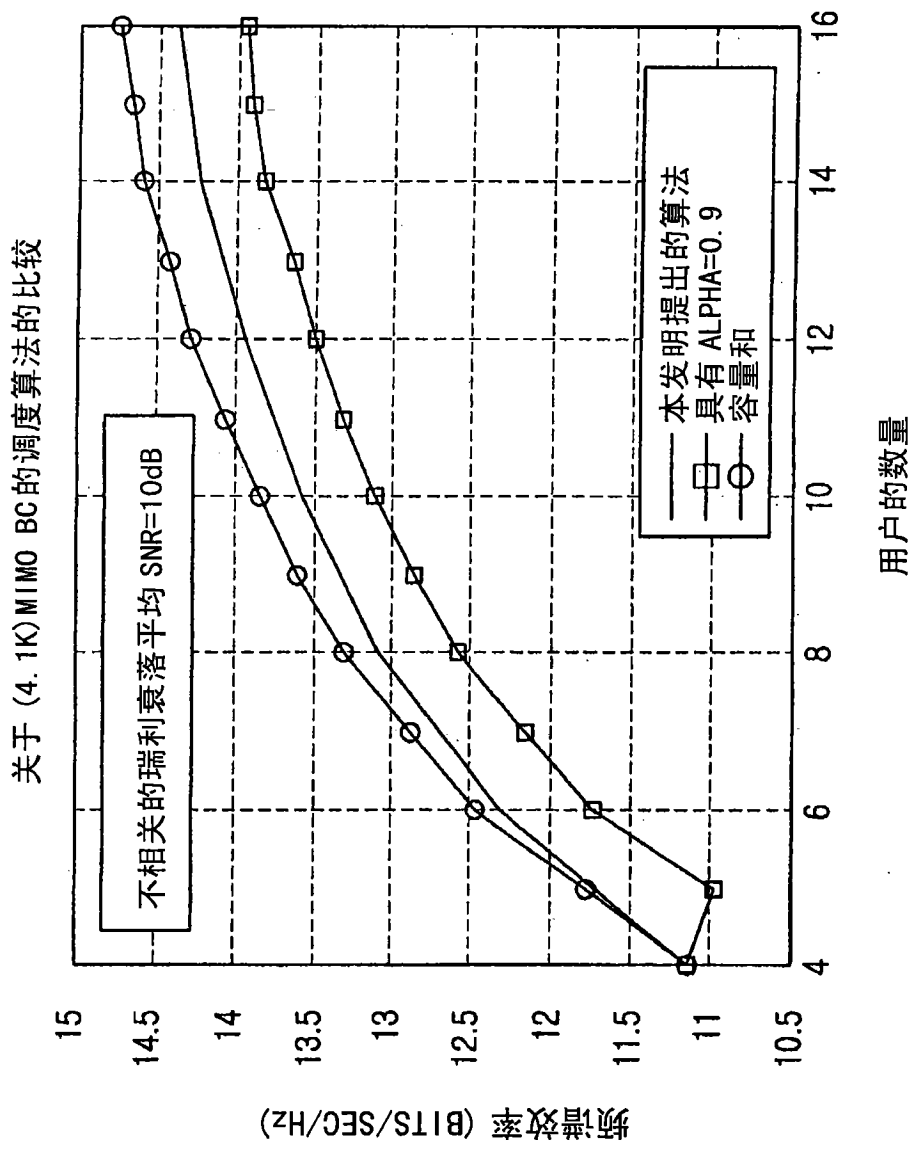


图 3