



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103259578 B

(45) 授权公告日 2015. 08. 19

(21) 申请号 201310206546. 8

审查员 赵伟

(22) 申请日 2013. 05. 29

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 孟维晓 阮中迅 邱杨

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109

代理人 张宏威

(51) Int. Cl.

H04B 7/04(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102324954 A, 2012. 01. 18,

US 2003124976 A1, 2003. 07. 03,

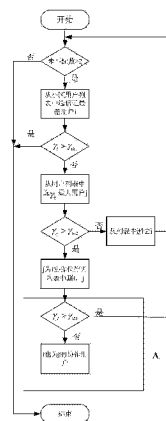
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

协作 MIMO 系统的协作伙伴选择方法

(57) 摘要

协作 MIMO 系统的协作伙伴选择方法, 涉及一种无线通信领域。它是为了解决现有采用 WLF 算法的伙伴选择方法的能量增益损失大的问题。其方法: 如果协作 MIMO 系统中小区用户数大于 2, 基站选取信道状态最差的小区用户 i; 并判断该信道状态最差的小区用户 i 与基站间链路的信噪比  $\gamma_i$  是否大于预设一号门限  $\gamma_{th1}$ , 如果否, 则在协作 MIMO 系统中选择与用户 i 之间信道状态最好的用户 j, 并判断用户 i 与用户 j 之间链路的信噪比是否大于预设二号门限  $\gamma_{th2}$ , 如果是, 则将用户 j 作为用户 i 的协作伙伴, 将用户 i 和用户 j 从用户列表中删除, 完成一次协作 MIMO 系统的协作伙伴选择。本发明适用于协作 MIMO 系统的协作伙伴选择。



1. 协作 MIMO 系统的协作伙伴选择方法,其特征是:它由以下步骤实现:

步骤一、判断协作 MIMO 系统中小区用户数是否大于 2,如果判断结果为是,则执行步骤二;如果判断结果为否,则执行步骤五;

步骤二、基站逐一判断协作 MIMO 系统中每个小区用户到基站的信道状态,并从中选取信道状态最差的小区用户  $i$ ;并判断该信道状态最差的小区用户  $i$  与基站间链路的信噪比  $\gamma_i$  是否大于预设一号门限  $\gamma_{th1}$ ,如果判断结果为是,则执行步骤五;如果判断结果为否,则执行步骤三;

每段链路的信噪比根据公式:

$$\gamma = \frac{E \|H\|_F^2}{2N_0}$$

获得;

其中: $E$  为终端发射 1 比特信息所需的能量,  $N_0$  为高斯白噪声的单边功率谱密度,  $H$  为对应链路的信道矩阵,  $\|\bullet\|_F^2$  为 Frobenius 平方范数,即:

$$\|H\|_F^2 = \sum_{i=1}^{M_t} \sum_{j=1}^{M_r} |H_{j,i}|^2;$$

其中  $H_{j,i}$  表示从发射天线  $i'$  到接收天线  $j'$  的信道复衰落系数,  $M_t$  和  $M_r$  均为正整数;

步骤三、在协作 MIMO 系统中选择与用户  $i$  之间信道状态最好的用户  $j$ ,并判断用户  $i$  与用户  $j$  之间链路的信噪比是否大于预设二号门限  $\gamma_{th2}$ ,如果判断结果为是,则执行步骤四;如果判断结果为否,将用户  $i$  从用户列表中删除,并返回执行步骤一;

步骤四、将用户  $j$  作为用户  $i$  的协作伙伴,将用户  $i$  和用户  $j$  从用户列表中删除,并返回执行步骤一;

步骤五、完成协作 MIMO 系统的协作伙伴选择。

## 协作 MIMO 系统的协作伙伴选择方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种无线通信领域。

### 背景技术

[0002] 研究表明,协作分集系统的性能主要取决于协作的方式以及各个节点间链路的信道质量。因此,对于存在多个候选协作伙伴的无线网络,如何选取合适的协作伙伴使系统的性能达到最优具有非常重要的意义,这也成为目前协作分集技术的研究热点之一。

[0003] 根据选择的依据不同,协作伙伴选择方法主要包括三类:基于位置信息的选择方法、基于平均信道状态信息的选择方法以及基于瞬时信道状态信息的选择方法。基于位置信息的选择方法需要知道各个节点间的距离;基于平均信道状态信息的选择方法比较适用于连续的数据传输,或者快衰落信道的情况,以及系统无法获得准确的瞬时信道状态信息的情况;基于瞬时信道状态信息的选择方法比较适用于突发的数据传输,或者慢衰落信道的情况。

[0004] 根据选择的决定权不同,协作伙伴选择方法可以分为集中式选择方法和分布式选择方法两大类。集中式选择方法适用于有中心的网络,如蜂窝网络,中心节点(基站)具有所有用户的位置信息或者所有用户之间以及用户与基站间的信噪比信息,为每一个需要协作的用户选择一个或多个协作伙伴,按照一定的优化目标,使网络的整体性能达到最优。比较有代表性的集中式伙伴选择算法包括最大权重匹配算法、贪婪匹配算法、最差链路优先匹配算法等。分布式选择方法适用于无中心的网络,如无线自组网、无线传感器网,各个节点独立地进行协作伙伴的选择。

[0005] 在伙伴选择的经典算法中,最大权重匹配算法和 Greedy 匹配算法都需要在一定范围内进行穷举,计算复杂度都很高,而在实际系统中需要实时快速的完成用户的分组,因此提出了最差链路优先算法(WLF),该算法能量增益损失较小而且可以降低计算复杂度,为本次重点研究的伙伴选择方案。

[0006] 传统的 WLF 算法将传输的距离损耗作为信噪比大小的主要因素,即视距离基站近的用户信道条件优于距离基站远的用户信道条件,这就需要基站掌握小区内所有用户的位置信息。

### 发明内容

[0007] 本发明解决现有采用 WLF 算法的伙伴选择方法的能量增益损失大的问题,从而提供一种协作 MIMO 系统的协作伙伴选择方法。

[0008] 协作 MIMO 系统的协作伙伴选择方法,它由以下步骤实现:

[0009] 步骤一、判断协作 MIMO 系统中小区用户数是否大于 2,如果判断结果为是,则执行步骤二;如果判断结果为否,则执行步骤五;

[0010] 步骤二、基站逐一判断协作 MIMO 系统中每个小区用户到基站的信道状态,并从中选取信道状态最差的小区用户  $i$ ;并判断该信道状态最差的小区用户  $i$  与基站间链路的信

噪比  $\gamma_i$  是否大于预设一号门限  $\gamma_{th1}$ , 如果判断结果为是, 则执行步骤五; 如果判断结果为否, 则执行步骤三;

[0011] 步骤三、在协作 MIMO 系统中选择与用户  $i$  之间信道状态最好的用户  $j$ , 并判断用户  $i$  与用户  $j$  之间链路的信噪比是否大于预设二号门限  $\gamma_{th2}$ , 如果判断结果为是, 则执行步骤四; 如果判断结果为否, 将用户  $i$  从用户列表中删除, 并返回执行步骤一;

[0012] 步骤四、将用户  $j$  作为用户  $i$  的协作伙伴, 将用户  $i$  和用户  $j$  从用户列表中删除, 并返回执行步骤一;

[0013] 步骤五、完成协作 MIMO 系统的协作伙伴选择。

[0014] 协作 MIMO 系统的协作伙伴选择过程中, 每段链路的信噪比根据公式:

$$[0015] \quad \gamma = \frac{E \|H\|_F^2}{2N_0}$$

[0016] 获得;

[0017] 其中:  $E$  为终端发射 1 比特信息所需的能量,  $N_0$  为高斯白噪声的单边功率谱密度,  $H$  为对应链路的信道矩阵,  $\|\cdot\|_F^2$  为 Frobenius 平方范数, 即:

$$[0018] \quad \|H\|_F^2 = \sum_{i=1}^{M_t} \sum_{j=1}^{M_r} |H_{j,i}|^2;$$

[0019] 其中  $H_{j',i'}$  表示从发射天线  $i'$  到接收天线  $j'$  的信道复衰落系数,  $M_t$  和  $M_r$  均为正整数。

[0020] 本发明的伙伴选择方法的能量增益损失小, 大幅度降低了计算复杂度, 从而选择速度得以大幅度提升。

## 附图说明

[0021] 图 1 是本发明的信号处理流程示意图;

[0022] 图 2 是具体实施方式一中用户间信道优先匹配和随机选择算法性能仿真示意图;

[0023] 图 3 是具体实施方式一中不同情况下用户间信道优先匹配算法性能仿真示意图。

## 具体实施方式

[0024] 具体实施方式一、协作 MIMO 系统的协作伙伴选择方法, 它由以下步骤实现:

[0025] 步骤一、判断协作 MIMO 系统中小区用户数是否大于 2, 如果判断结果为是, 则执行步骤二; 如果判断结果为否, 则执行步骤五;

[0026] 步骤二、基站逐一判断协作 MIMO 系统中每个小区用户到基站的信道状态, 并从中选取信道状态最差的小区用户  $i$ ; 并判断该信道状态最差的小区用户  $i$  与基站间链路的信噪比  $\gamma_i$  是否大于预设一号门限  $\gamma_{th1}$ , 如果判断结果为是, 则执行步骤五; 如果判断结果为否, 则执行步骤三;

[0027] 步骤三、在协作 MIMO 系统中选择与用户  $i$  之间信道状态最好的用户  $j$ , 并判断用户  $i$  与用户  $j$  之间链路的信噪比是否大于预设二号门限  $\gamma_{th2}$ , 如果判断结果为是, 则执行步骤四; 如果判断结果为否, 将用户  $i$  从用户列表中删除, 并返回执行步骤一;

[0028] 步骤四、将用户 j 作为用户 i 的协作伙伴,将用户 i 和用户 j 从用户列表中删除,并返回执行步骤一;

[0029] 步骤五、完成协作 MIMO 系统的协作伙伴选择。

[0030] 协作 MIMO 系统的协作伙伴选择过程中,每段链路的信噪比根据公式:

$$[0031] \quad \gamma = \frac{E \|H\|_F^2}{2N_0}$$

[0032] 获得;

[0033] 其中: E 为终端发射 1 比特信息所需的能量,  $N_0$  为高斯白噪声的单边功率谱密度, H 为对应链路的信道矩阵,  $\|\bullet\|_F^2$  为 Frobenius 平方范数, 即:

$$[0034] \quad \|H\|_F^2 = \sum_{i=1}^{M_t} \sum_{j=1}^{M_r} |H_{j',i'}|^2;$$

[0035] 其中  $H_{j',i'}$  表示从发射天线  $i'$  到接收天线  $j'$  的信道复衰落系数,  $M_t$  和  $M_r$  均为正整数。

[0036] 本发明提出采用信道矩阵 H 作为判断信道条件进行协作用户的选取,这样基站可以不必掌握用户的位置信息,而信道矩阵作为一种基本的信息包含在 CSI 中。又因为多天线系统中,采用空时分组码,需要知道 CSIs,因此用 CSIs 不会增加因协作而进行信道估计造成额外开销。

[0037] 如果使用距离损耗代表信道状态进行选择就会摒弃单天线系统和多天线系统的区别,而由于本发明欲将这种伙伴选择方法应用于多天线系统,并分析其在多天线系统中的性能,故选择信道矩阵,用距离损耗表示信道状态更能体现出算法在单天线和多天线系统中性能的区别。

[0038] 在具体方法上,本发明研究了一种被提出的带有门限的 WLF 算法。其中门限 1 ( $\lambda_{th1}$ ) 是为避免因源用户到基站间信道条件足够好而导致协作效益不大或无协作增益的情况出现,此门限的设置也使选择算法得以一定程度的简化,即并不需要对所有用户选择伙伴,只为需要的选择,减少了选择次数。门限 2 ( $\lambda_{th2}$ ) 的设置是为了保证协作的效果,若协作伙伴到基站间的链路状态很不好,而协作本身又是有消耗的,则会导致传输性能下降,得不偿失。基于以上分析,这种新型 WLF 选择流程如图 1 所示。

[0039] A 部分过程是避免为信道状况足够好,不需要协作的用户 j 选择协作用户时造成资源浪费。WLF 用户分组法源于图论中的匹配算法,故在此不考虑 j 作为 i 的协作伙伴的同时又有其他用户作为 j 的协作伙伴的情况。

[0040] 本发明获得的有益效果:表 1 是用户间信道优先匹配算法下多天线系统中,小区内总用户数不同的情况下未找到协作伙伴用户数的情况。该数据是 1000 次仿真计算的平均值。由表中数据可以看出,该算法产生未找到伙伴的用户数与该小区内用户数无关。即小区内用户总数增加时,未找到伙伴的用户数基本保持不变,因此,在一个用户密度较高的小区内(即小区内总用户数较大),用户找不到伙伴的概率较低。我们通过改变小区内数目从而考虑高密度和低密度两种情况下算法的性能。可以得出系统的平均能量增益随小区内用户数量的增加而增加,表 1 解释了这种变化趋势的原因。这说明了用户间信道优先算法

在密度小区内性能发挥得更好,更适合如商场、学校、公寓等这种高密度用户系统。

[0041] 表 1 总用户数不同时找不到协作用户的用户个数

[0042]

小区内总用户数	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
未找到伙伴用户数	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6

[0043] 图 2 是用户间信道优先匹配算法和随机选择算法在多天线系统中的性能比较。可以很明显地看出,用户间信道优先匹配性能的优越性。随机选择因为选择时并不考虑效益如何,所以选择算法简单。而选择伙伴不恰当会导致相同误码率时需要更多的能量传输数据。在多天线系统中,由于系统本身的性能就好于同标准下的单天线系统,随机选择协作所产生的有限的能量增益抵不过协作自身的损耗,致使协作不但未为多天线系统带来增益,反而使系统性能下降。从用户角度上看,整个小区内,部分用户协作增益为正,但更多用户的协作能量增益为负,因此整个小区的平均能量增益为负。这也说明了选择算法在协作 MIMO 系统中的重要性。不慎重的协作反而适得其反。图中随机选择的平均能量增益并未像用户间信道优先匹配算法的随小区内总用户数变化而变化。这是因为随机选择时,并未将周围的用户情况做考虑,只是随机地进行选择,所以小区内用户密度的多少并不能对其造成影响。

[0044] 图 3 是多天线系统在有门限和没有门限的用户间信道优先匹配算法的协作下的平均能量增益随小区内用户数的变化,及小区内总用户数不同的情况下用户间信道优先匹配在多天线及单天线系统中的平均能量增益比较。图中可以明显地看到,有门限的选择算法比没有门限的选择算法为系统提供了更高的平均能量增益,使平均能量增益有了 2dB 左右的提升。

[0045] 多天线系统中的平均能量增益一直低于单天线系统的平均能量增益。即用户间信道优先匹配方法为多天线系统带来了平均能量增益,但平均能量增益小于单天线系统。造成这种结果的原因是,由于多天线系统每个用户终端本身带有多个天线(这里假定的每个终端有 2 个天线),所以即使系统中的用户终端间不协作,仍具有分集增益。由式 (1-1),系统误码率一定时,多天线系统中终端用户非协作时发送 1bit 所需能量要小于单天线系统相应所需能量,而协作本身产生的增益是有限的,所以以用户间信道优先匹配选择协作伙伴的协作为多天线系统带来的平均能量增益并没有对单天线系统的大。

[0046] 仿真过程中,相同的仿真次数下,多天线系统性能较稳定,而单天线系统性能波动较大。当将单天线系统中的仿真次数提高一个数量级时方才使性能指标稳定。这一点也说明了多天线协作系统的稳定性好于单天线协作系统。

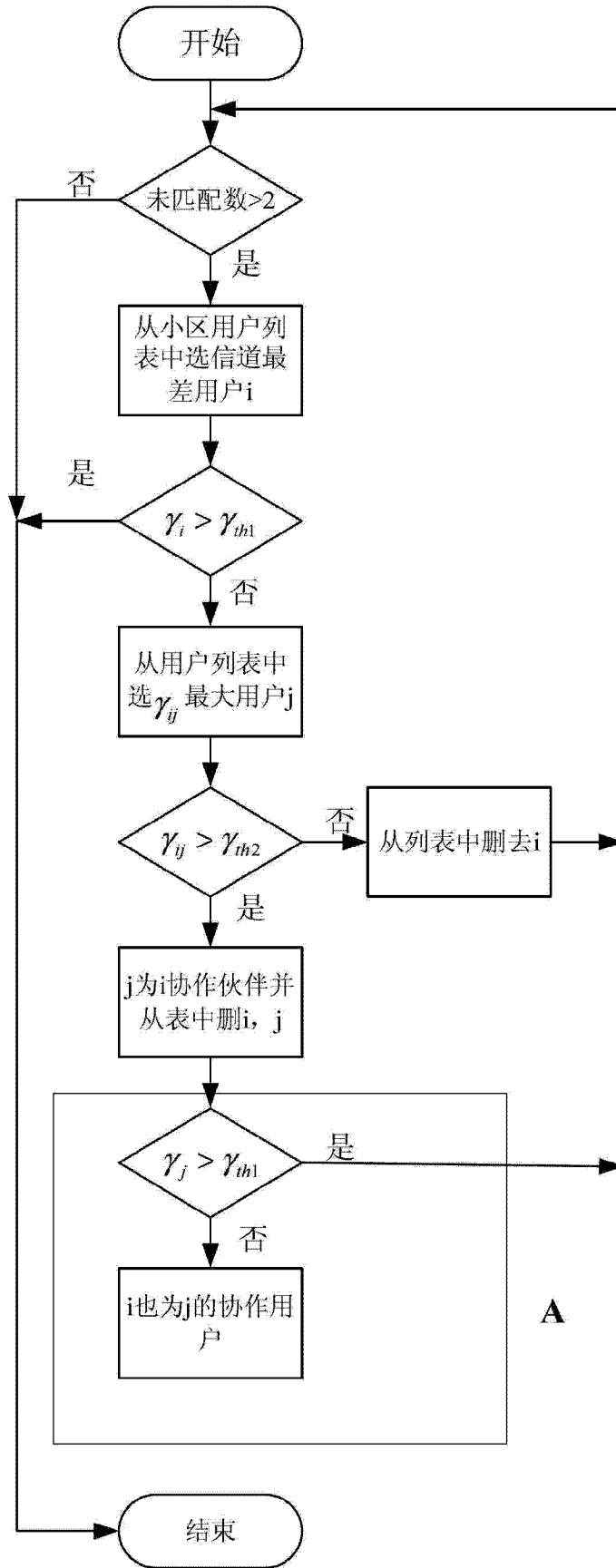


图 1

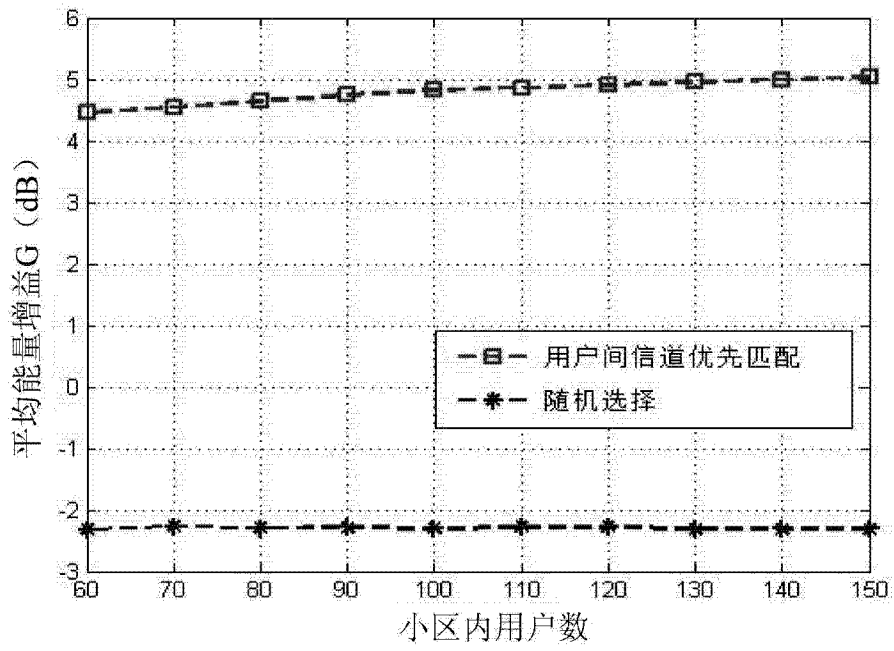


图 2

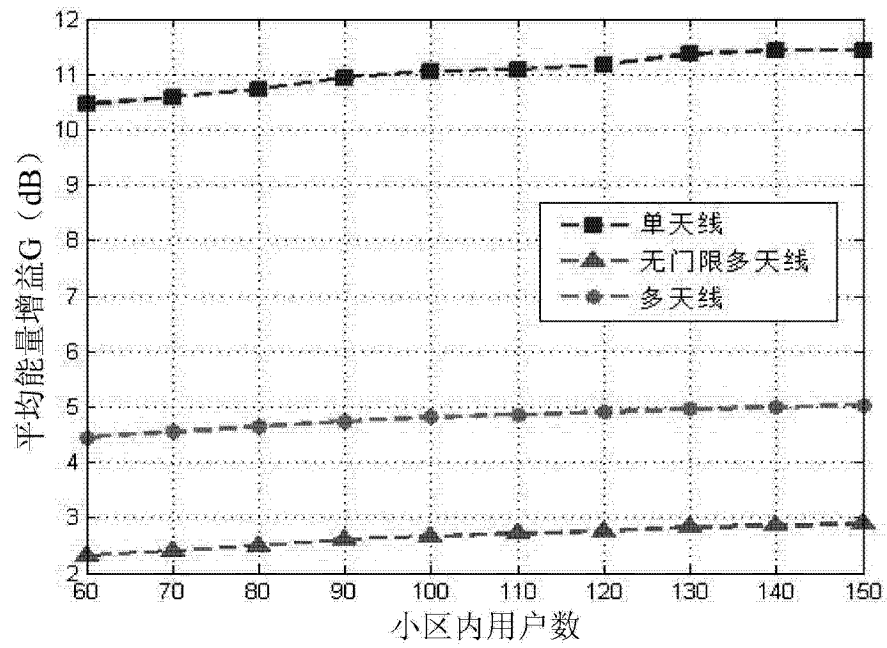


图 3