



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103460658 B

(45) 授权公告日 2016.01.20

(21) 申请号 201180070018.3

(22) 申请日 2011.03.03

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2013.10.11

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2011/053225 2011.03.03

(87) PCT国际申请的公布数据
WO2012/116755 EN 2012.09.07

(73) 专利权人 意大利电信股份公司
地址 意大利米兰

(72) 发明人 M·M·安德烈奥兹 M·卡莱迪
R·梵提尼 D·米利奥里尼
G·帕伽诺 D·萨贝拉 G·斯蒂

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038
代理人 袁玥

(51) Int. Cl.

H04L 25/03(2006.01)

H04B 7/00(2006.01)

H04L 5/00(2006.01)

H04L 27/00(2006.01)

(56) 对比文件

WO 2010098981 A1, 2010.09.02, 全文.

EP 2273716 A1, 2011.01.12, 全文.

Malte Schellmann 等. A Fair Score-Based Scheduler for Spatial Transmission Mode Selection. 《Signals Systems and Computers, 2007.ACSSC 2007. Conference Record of the Forty-First Asilomar Conference on, IEEE》. 摘要、第 I 部分、第 II 部分最后 1 段、第 III 部分第 4 段、第 IV 部分第 A 节、附图 1, 2007,

审查员 石璐

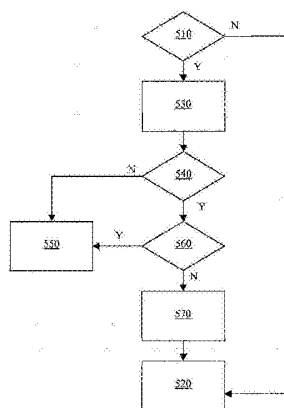
权利要求书3页 说明书17页 附图3页

(54) 发明名称

LTE 调度

(57) 摘要

公开了一种无线通信网络中执行的方法,所述无线通信网络包括与相应的区域相关联的用于往返于位于所述区域内的相应的用户终端发送/接收数据的至少一个基站。该方法包括为每一个基站生成用户速率矩阵。在通过采用一组预定的传输模式之中的选择的传输模式分别从基站到用户终端或一组用户终端进行传输或从用户终端或一组用户终端到基站进行传输时,用户速率矩阵的每个元素向位于所述相应的区域内的所述用户终端或一组用户终端提供在能实现的速率方面的相应分数。该方法进一步包括处理用户速率矩阵的元素以便创建调度列表,其中,元素是按分数降序排序的,以及,基于调度列表将相应的选择的传输模式与每一个用户终端相关联以用于往返于基站发送/接收数据的。所述一组预定的传输模式至少包括空间多路复用传输模式、传输分集传输模式、以及多用户多输入多输出传输模式。



CN 103460658 B

1. 在包括与相应的区域 (110) 相关联的用于往返于位于所述区域内的相应的用户终端 UE(q) 发送 / 接收数据的至少一个基站 (105) 的无线网络 (100) 中的一种方法, 其特征在于, 所述方法包括:

- 在每一个基站处接收用户速率矩阵, 在通过采用一组预定的传输模式之中的选择的传输模式分别从所述基站到用户终端或一组用户终端进行传输或从用户终端或一组用户终端到所述基站进行传输时, 所述用户速率矩阵的每个元素向位于所述相应的区域内的所述用户终端或所述一组用户终端提供在能实现的速率方面的相应分数,

- 在所述基站处处理所述用户速率矩阵的所述元素, 以便创建调度列表, 在所述调度列表中, 所述元素是按分数降序排序的, 以及

- 基于调度列表, 将相应的选择的传输模式与每一个用户终端相关联, 以用于往返于所述基站发送 / 接收数据, 其中:

- 所述一组预定的传输模式至少包括空间多路复用传输模式、发送分集传输模式以及多用户多输入多输出传输模式, 以及

- 每一个区域的带宽被划分为相应的多个资源块 (RB(b)), 所述用户速率矩阵包括: 多个相应的子矩阵, 每一个子矩阵对应于特定资源块, 其中, 在通过采用一组预定的传输模式之中的选择的传输模式使用相应的资源块分别从所述基站到用户终端或一组用户终端进行传输或从用户终端或一组用户终端到所述基站进行传输时, 子矩阵的每个元素向位于所述相应的区域内的所述用户终端或所述一组用户终端提供相应分数, 以及其中, 所述一组用户终端包括一对用户终端。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 其中, 每个子矩阵使其元素被安排到对应于所述相应的区域内的用户终端的数量的第一数量的行中, 以及对应于 1 加所述第一数量的第二数量的列中, 所述子矩阵的每行对应于相应的用户终端, 并且除最后一列外, 所述子矩阵的每列对应于相应的用户终端, 每个子矩阵使得:

当通过采用所述空间多路复用传输模式, 使用所述相应的资源块从所述基站到所述用户终端或从所述用户终端到所述基站进行传输时, 每个子矩阵的属于主对角线的每个元素表示对应于该元素的行的用户终端的分数;

当通过采用所述多用户多输入多输出传输模式, 使用所述相应的资源块从所述基站到所述一对用户终端或从所述一对用户终端到所述基站进行传输时, 每个子矩阵的既不属于主对角线也不属于最后一列的每个元素表示包括对应于该元素的行的用户终端和对应于该元素的列的用户终端的所述一对用户终端的分数, 以及

当通过采用所述发送分集传输模式, 使用所述相应的资源块从所述基站到所述用户终端或从所述用户终端到所述基站进行传输时, 每个子矩阵的属于最后一列的每个元素表示对应于该元素的行的用户终端的分数。

3. 如权利要求 2 所述的方法, 其中, 所述处理所述用户速率矩阵的所述元素以便创建所述调度列表包括:

- 基于所述用户速率矩阵生成进一步的矩阵, 所述进一步的矩阵具有等于所述第一数量的行数 and 等于所述第二数量的列数, 所述进一步的矩阵的每行与每个子矩阵的相应的行相关联, 而所述进一步的矩阵的每列与每个子矩阵的相应的列相关联, 属于所述进一步的矩阵的一行和一列的所述进一步的矩阵的每个元素取决于属于与所述进一步的矩阵的所

述行和列相关联的所述子矩阵的相应的行和相应的列的所述子矩阵的元素的值,以及

- 重复下列步骤:

- 查找这样的进一步的矩阵的最高元素;

- 将位于与所述进一步的矩阵的最高元素的行和列相关联的行和列中的所述子矩阵的元素插入到所述调度列表中,所述插入是根据分数降序来执行的,以及

- 归零属于所述最高元素的行和列的所述进一步的矩阵的元素,并且如果最高元素位于所述进一步的矩阵的由第一行矩阵索引所标识的行中和所述进一步的矩阵的由第一列矩阵索引所标

识的列中,其中第一行矩阵索引不同于第一列矩阵索引并且第一列矩阵索引不同于所述第二数量,则还归零属于由等于第一列矩阵索引的第二行矩阵索引所标识的行和由等于第一行矩阵索引的第二列矩阵索引所标识的列的所述进一步的矩阵的元素,

- 直到位于所述区域内的所述用户终端中的每一个都具有位于在所述调度列表中列出的相应的一行或列中的每一个子矩阵的元素。

4. 如权利要求 3 所述的方法,其中,所述基于所述用户速率矩阵来生成所述进一步的矩阵包括将属于所述进一步的矩阵的行和列的所述进一步的矩阵的每个元素设置为取决于一组值的总和的值,所述组中的每个值对应于下列两项的除法的商:

- 相应的子矩阵的元素,其属于与所述进一步的矩阵的所述行和列相关联的子矩阵的相应的行和相应的列,以及

-2 的幂。

5. 如权利要求 3 所述的方法,其中,所述基于所述用户速率矩阵生成进一步的矩阵包括:将属于所述进一步的矩阵的行和列的所述进一步的矩阵的每个元素设置为取决于属于与所述进一步的矩阵的所述行和列相关联的子矩阵相应的行和相应的列的所述子矩阵的一组最高元素的值。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其中,所述处理所述用户速率矩阵的元素以便创建所述调度列表包括:

- 重复下列步骤:

- 查找所述用户速率矩阵的最高元素,所述最高元素属于所述多个子矩阵中特定子矩阵的特定行和特定列;

- 将位于对应于所述用户终端或对应于所述特定行和所述特定列的多个用户终端的行和列中的所述多个子矩阵的元素插入所述调度列表中,所述插入是根据分数降序来执行的,以及

- 在每个子矩阵中,归零属于对应于所述用户终端或对应于所述特定行和所述特定列的所述多个用户终端的所述行和列的元素,并且如果所述特定行由第一行矩阵索引来标识,而所述特定列由第一列矩阵索引来标识,第一行矩阵索引不同于第一列矩阵索引,并且第一列矩阵索引不同于所述第二数量,则还归零属于对应于与由等于第一列矩阵索引的第二行矩阵索引所标识的特定子矩阵的行所对应的用户终端的行并且属于对应于与由等于第一行矩阵索引的第二列矩阵索引所标识的特定子矩阵的列对应的用户终端的列的元素,

- 直到位于所述区域内的所述用户终端中的每一个都具有位于在所述调度列表中列出的相应的一行或列中的每个子矩阵的元素。

7. 如权利要求 1 到 6 之中的任何一个所述的方法, 其中, 所述基于所述调度列表将相应的选择的传输模式与每个用户终端相关联包括: 将相同的选择的传输模式与所述用户终端被分配的所有资源块相关联。

8. 如权利要求 1 到 6 之中的任何一个所述的方法, 进一步包括:

- 对于每一个子矩阵, 利用对应于该子矩阵的表示对所述资源块的小区间干扰的量的权重来缩放每个元素的值。

9. 如权利要求 1 到 6 之中的任何一个所述的方法, 进一步包括:

- 基于所述调度列表, 生成分配列表, 所述分配列表为每个用户终端或为每对用户终端提供要分配给它们的相应一组资源块, 以及

- 基于所述分配列表, 考虑服务质量要求而将每个资源块指定到特定用户终端或一对用户终端, 以用于往返于所述基站发送 / 接收数据。

10. 如权利要求 9 所述的方法, 其中所述生成分配列表包括:

- 具有一组服务级别, 为该组中的每个服务级别定义具有紧急数据的用户终端的相应的紧急队列,

- 对于紧急队列中的每个用户终端, 利用新的空闲资源块来更新要指定到它的相应一组资源块, 直到满足下列条件中的至少一个:

- 该用户终端或用户终端对的紧急数据完成;

- 达到预定的最大量的可分配数据, 以及

- 没有更多空闲资源块。

11. 如权利要求 10 所述的方法, 其中, 所述生成分配列表还包括:

- 对于每个用户终端, 利用新空闲资源块来更新要指定到它的所述相应一组资源块, 其中, 该用户终端或用户终端对在其信道质量方面具有局部峰值。

12. 如权利要求 11 所述的方法, 其中, 所述生成分配列表还包括:

- 对于每个用户终端或用户终端对, 根据 MaxCi 类行为利用新空闲资源块更新要指定到它的所述相应一组资源块。

13. 如权利要求 10, 11 或 12 之中的任何一个所述的方法, 其中, 所述将每个资源块分配到特定用户终端或一对用户终端以用于往返于所述基站发送 / 接收数据还包括: 通过验证向已经被分配了至少一个资源块的用户终端或用户终端对分配新资源块对小区吞吐量是否有利, 自适应地选择要用于资源块的调制和编码方案, 以便属于相同码字的所有资源块都使用相同的调制和编码方案。

14. 一种无线网络, 包括与相应的区域相关联的用于往返于位于所述区域内的相应的用户终端发送 / 接收数据的至少一个基站, 其中, 所述至少一个基站包括被配置成实现前面的权利要求中的任何一个所述的方法的调度器。

LTE 调度

技术领域

[0001] 本发明一般涉及诸如蜂窝网络之类的无线通信网络。具体而言,本发明涉及适用于选择要用于针对 LTE / LTE-A(或,更一般而言,针对正交频分多址 (OFDMA) 系统) 下行链路 / 上行链路的 MU-MIMO 感知 FDPS 算法的智能传输模式并执行 QoS 感知的调度决策的调度过程。

背景技术

[0002] 无线通信网络的演进就扩散和性能而言发展很快,最近发展到代表蜂窝技术的主要发展的标准 3GPP LTE 以及其演进 LTE-高级 (“第三代合作伙伴计划,长期演进高级”),其被设计成满足未来十年对高速数据和媒体传输的需求。

[0003] 更具体来说,3GPP LTE / LTE-高级是能够在叫做“网络小区”,并且通常称为增强的基站或增强的节点 B (“eNodeB”) 的相应的陆地区域辐射电磁波或无线电波的固定位置收发器,以及网络小区内的用户设备 (“UE”),例如,用户终端,诸如蜂窝电话,之间传输数据信息的高效率标准。

[0004] 已知,3GPP LTE 以及其演进 LTE-高级使用诸如 OFDMA 和多输入多输出 (MIMO) 信号传输之类的先进技术。

[0005] S.-B-Lee、S. Choudhury、A. Khoshnevis、S. Xu 以及 S. Lu 所著的文章“Downlink MIMO with Frequency-Domain Packet Scheduling for 3GPP LTE”(The 28th Conference on Computer Communications, 2009 年 4 月) 解决了在 3GPP 长期演进 (LTE) 下行链路上包括空分复用 (SDM) MIMO 技术的频率域分组调度 (FDPS) 的问题。该文章施加了每个传输时间间隔 (TTI) 每个用户只选择一种 MIMO 模式 (空间多路复用或传输分集) 的 LTE MIMO 约束。首先,解决了在每一 TTI 中每个用户的最佳 MIMO 模式选择 (多路复用或分集),以便最大化扩展到频率和空间域的成比例的公平 (PF) 准则。已经证明,在 LTE 要求下, SU-MIMO (单用户 MIMO) FDPS 问题是 NP-hard 的,因此,开发了两个近似算法 (一个带有完全信道反馈,另一个带有部分信道反馈),带有可证明的性能约束。基于 3GPP LTE 系统模型仿真,带有部分信道反馈的近似算法表明与带有完全信道反馈的近似算法具有可比的性能,而同时将信道反馈开销显著降低几乎 50%。

[0006] Jington Joung 和 Yong H. Lee 所著的文章“Evaluation for Various Resource Allocation Methods for Multiuser MIMO OFDMA Systems”(2007 年 9 月 IEEE 18th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications) 公开了选择用户对以及为多用户-MIMO OFDMA 系统分配频带的简单算法。为比较起见,对于系统吞吐量、计算复杂度,以及用户之间的公平性,审查了诸如最大吞吐量、最佳拟合、第一拟合,以及随机拟合算法之类的各种资源分配算法。计算机仿真结果表明,第一拟合算法可以实现对于资源分配的计算的很大减少以及用户之间的好的公平性,只有小的吞吐量缩小。

[0007] T. Bonald 所著的文章“A score-based Opportunistic Scheduler for Fading Radio Channels”(Proc European Wireless, 2004 年,第 2 页) 讨论了不同的资源共享策

略,并介绍了传统的“成比例的公平”机会性调度器的一些缺点。

发明内容

[0008] 鉴于前面的内容,申请人已经发现,没有一个目前已知的调度系统满足下列要求:

[0009] - 符合被配置成使用已知为空间多路复用、传输分集和多用户 MIMO (MU-MIMO) 的传输模式的 LTE 标准;

[0010] - 在带有单个基站和多个活动用户的蜂窝网络中,系统带宽被划分为多个资源块,以这样的方式操作:在每一传输时间间隔,基站都可以向同一个用户(或同一对,对于 MU-MIMO 分配)分配多个资源块,但是,单个 RB 只能分配给一个用户(或只能是一对);

[0011] - 让用户在一个传输时间间隔中以指定给它的所有资源块只使用一个传输模式。

[0012] - 对于 MU-MIMO 分配,如果在一个传输时间间隔内两个用户配对,则在通过调度分配的每一资源块上配对所述用户(这暗示, MU-MIMO 对在一个传输时间间隔中正好使用相同时间-频率资源),以及

[0013] - 让基站在它分配给给定用户的所有资源块上使用相同的调制和编码方案,即使为那些资源块指定的信道质量指标是不同的。在独立权利要求中提出了根据本发明的一个实施例的解决方案的一个或多个方面,带有在从属权利要求中阐述的相同的解决方案的有利特征(其措词此处逐字地加上括号,作为参考)。

[0014] 更具体来说,根据本发明的一个或多个实施例的解决方案涉及一种在无线通信网络中执行的方法,所述无线通信网络包括与相应的区域相关联的用于往返于位于所述区域内的相应的用户终端发送/接收数据的至少一个基站。该方法包括为每一个基站生成用户速率矩阵。在通过采用一组预定的传输模式之中的选择的传输模式分别从基站到用户终端或一组用户终端进行传输或从用户终端或一组用户终端到基站进行传输时,用户速率矩阵的每个元素向位于所述相应的区域内的所述用户终端或一组用户终端提供在能实现的速率方面的相应分数。该方法进一步包括处理用户速率矩阵的元素以便创建调度列表,其中,元素是按分数降序排序的,以及,基于调度列表将相应的选择的传输模式与每一个用户终端相关联以用于往返于基站发送/接收数据的。所述一组预定的传输模式至少包括空间多路复用传输模式、传输分集传输模式、以及多用户多输入多输出传输模式。

[0015] 有利地,每一个区域的带宽被划分为相应的多个资源块,所述生成用户速率矩阵包括:生成多个相应的子矩阵,每一个子矩阵对应于特定资源块。在通过采用一组预定的传输模式之中的选择的传输模式使用相应的资源块分别从所述基站到用户终端或一组用户终端进行传输或从用户终端或一组用户终端到所述基站进行传输时,子矩阵的每个元素向位于所述相应的区域内的所述用户终端或所述一组用户终端提供相应分数。所述一组用户终端包括一对用户终端。

[0016] 根据本发明的一个实施例,所述生成多个子矩阵包括:通过将每个子矩阵的元素安排到对应于所述相应的区域内的用户终端的数量的第一数量的行中,以及对应于 1 加所述第一数量的第二数量的列中,来生成每个子矩阵。所述子矩阵的每行对应于相应的用户终端,并且除最后一列外,所述子矩阵的每列对应于相应的用户终端。每个子矩阵使得:

[0017] 当通过采用所述空间多路复用传输模式,使用所述相应的资源块从所述基站到所

述用户终端或从所述用户终端到所述基站进行传输时,每个子矩阵的属于主对角线的每个元素表示对应于该元素的行的用户终端的分数;

[0018] 当通过采用所述多用户多输入多输出传输模式,使用所述相应的资源块从所述基站到所述一对用户终端或从所述一对用户终端到所述基站进行传输时,每个子矩阵的既不属于主对角线也不属于最后一列的每个元素表示包括对应于该元素的行的用户终端和对应于该元素的列的用户终端的所述一对用户终端的分数,以及

[0019] 当通过采用所述发送分集传输模式,使用所述相应的资源块从所述基站到所述用户终端或从所述用户终端到所述基站进行传输时,每个子矩阵的属于最后一列的每个元素表示对应于该元素的行的用户终端的分数。

[0020] 根据本发明的一个实施例,所述处理所述用户速率矩阵的所述元素以便创建所述调度列表包括基于所述用户速率矩阵生成进一步的矩阵。所述进一步的矩阵具有等于所述第一数量的行数和等于所述第二数量的列数。所述进一步的矩阵的每行与每个子矩阵的相应的行相关联,而所述进一步的矩阵的每列与每个子矩阵的相应的列相关联。属于所述进一步的矩阵的一行和一列的所述进一步的矩阵的每个元素取决于属于与所述进一步的矩阵的所述行和列相关联的所述子矩阵的相应的行和相应的列的所述子矩阵的元素的值。所述处理所述用户速率矩阵的所述元素以便创建所述调度列表还包括重复下列步骤:

[0021] - 查找这样的进一步的矩阵的最高元素;

[0022] - 将位于与所述进一步的矩阵的最高元素相关联的行和列中的所述子矩阵的元素插入到所述调度列表中,所述插入是根据分数降序来执行的,以及

[0023] - 归零属于所述最高元素的行和列的所述进一步的矩阵的元素,并且如果最高元素位于所述进一步的矩阵的由第一行矩阵索引所标识的行中和所述进一步的矩阵的由第一列矩阵索引所标识的列中,其中第一行矩阵索引不同于第一列矩阵索引并且第一列矩阵索引不同于所述第二数量,则还归零属于由等于第一列矩阵索引的第二行矩阵索引所标识的行和由等于第一行矩阵索引的第二列矩阵索引所标识的列的所述进一步的矩阵的元素,

[0024] 直到位于所述区域内的所述用户终端中的每一个都具有位于在所述调度列表中列出的相应的一行或列中的每一个子矩阵的元素。

[0025] 根据本发明的一个实施例,所述基于所述用户速率矩阵来生成所述进一步的矩阵包括将属于所述进一步的矩阵的行和列的所述进一步的矩阵的每个元素设置为取决于一组值的总和的值。所述组中的每个值对应于下列两项的除法的商:相应的子矩阵的元素,其属于与所述进一步的矩阵的所述行和列相关联的子矩阵的相应的行和相应的列,以及 2 的幂。

[0026] 根据本发明的再一个实施例,所述基于所述用户速率矩阵生成进一步的矩阵包括:将属于所述进一步的矩阵的行和列的所述进一步的矩阵的每个元素设置为取决于属于与所述进一步的矩阵的所述行和列相关联的子矩阵相应的行和相应的列的所述子矩阵的一组最高元素的值。

[0027] 根据本发明的更进一步的实施例,所述处理所述用户速率矩阵的元素以便创建所述调度列表包括重复下列步骤:

[0028] - 查找所述用户速率矩阵的最高元素,所述最高元素属于所述多个子矩阵中特定子矩阵的特定行和特定列;

[0029] - 将位于对应于所述用户终端或对应于所述特定行和所述特定列的多个用户终端的行和列中的所述多个子矩阵的元素插入所述调度列表中,所述插入是根据分数降序来执行的,以及

[0030] - 在每个子矩阵中,归零属于对应于所述用户终端或对应于所述特定行和所述特定列的所述多个用户终端的所述行和列的元素,并且如果所述特定行由第一行矩阵索引来标识,而所述特定列由第一列矩阵索引来标识,第一行矩阵索引不同于第一列矩阵索引,并且第一列矩阵索引不同于所述第二数量,则还归零属于对应于与由等于第一列矩阵索引的第二行矩阵索引所标识的特定子矩阵的行所对应的用户终端的行并且属于对应于与由等于第一行矩阵索引的第二列矩阵索引所标识的特定子矩阵的列对应的用户终端的列的元素,

[0031] 直到位于所述区域内的所述用户终端中的每一个都具有位于在所述调度列表中列出的相应的一行或列中的每个子矩阵的元素。

[0032] 优选地,所述基于所述调度列表将相应的选择的传输模式与每个用户终端相关联包括:将相同的选择的传输模式与所述用户终端被分配的所有资源块相关联。

[0033] 优选地,该方法还包括,对于每一个子矩阵,利用对应于该子矩阵的表示对所述资源块的小区间干扰的量的权重来缩放每个元素的值。

[0034] 根据本发明的一个实施例,该方法还包括:

[0035] - 基于所述调度列表,生成分配列表,所述分配列表为每个用户终端或为每对用户终端提供要分配给它们的相应一组资源块,以及

[0036] - 基于所述分配列表,将每个资源块指定到特定用户终端或一对用户终端,以用于考虑服务质量要求而往返于所述基站发送/接收数据。

[0037] 根据本发明的再一个实施例,所述生成所述分配列表包括:

[0038] - 具有一组服务级别,为该组中的每个服务级别定义具有紧急数据的用户终端的相应的紧急队列,

[0039] - 对于紧急队列中的每个用户终端,利用新的空闲资源块来更新要指定到它的相应一组资源块,直到满足下列条件中的至少一个:

[0040] - 该用户终端或用户终端对的紧急数据完成;

[0041] - 达到预定的最大量的可分配数据,以及

[0042] - 没有更多空闲资源块。

[0043] 根据本发明的一个实施例,所述生成分配列表还包括:对于每个用户终端,利用新空闲资源块来更新要指定到它的所述相应一组资源块,其中,该用户终端或用户终端对在其信道质量方面具有局部峰值。

[0044] 根据本发明的再一个实施例,所述生成所述分配列表还包括:对于每个用户终端或用户终端对,根据 MaxCi 类行为利用新空闲资源块更新要指定到它的所述相应一组资源块。

[0045] 根据本发明的更进一步的实施例,所述将每个资源块分配到特定用户终端或一对用户终端以用于往返于所述基站发送/接收数据还包括:通过验证向已经被分配了至少一个资源块的用户终端或用户终端对分配新资源块对所述小区吞吐量是否有利,自适应地选择要用于资源块的调制和编码方案,以便属于相同码字的所有资源块都使用相同的调制和

编码方案。

[0046] 根据本发明的一个实施例的解决方案的另一方面涉及一种无线通信网络,包括与相应的区域相关联的用于往返于位于所述区域内的相应的用户终端发送/接收数据的至少一个基站。

附图说明

[0047] 通过下面的对本发明的一些示例性并且非限制性的实施例的描述,本发明的这些及其他特征和优点将变得更明显,为其更好的可理解性,下列描述应该参考附图来阅读,其中:

[0048] 图 1 示意地示出了其中可以应用根据本发明的一个或多个实施例的无线通信网络;

[0049] 图 2 是示出了根据本发明的一个实施例的适用于由图 1 的通信网络的 eNodeB 执行的调度过程的主要组件的示意图;

[0050] 图 3 是示出了根据本发明的一个实施例的图 2 的调度过程的传输模式选择 (TMS) 过程的主要组件的示意图;

[0051] 图 4 是示出了根据本发明的一个实施例的图 2 的调度过程的 QoS 感知的调度 (QS) 过程的主要组件的示意图,以及

[0052] 图 5 是根据本发明的一个实施例的调制 - 编码方案 - 自适应 (MCS-adaptive) 分配功能的流程图。

具体实施方式

[0053] 参考附图,其中可以应用根据本发明的一个或多个实施例的解决方案的无线通信网络 100 包括,如图 1 所示,一个或多个基站(只示出了一个),称为 eNodeB(增强的节点 B),并用附图标记 105 来标识。每一 eNodeB105 都无线电覆盖相应的地理区域 110——称为网络小区——用于使网络小区 110 内的用户终端(例如,移动电话)接收所需的服务。在图 1 所示的示例性情况下,eNodeB105 向 N 个用户终端 UE(q) (q 从 1 到 N) 提供无线电覆盖。

[0054] 在所描述的示例性但不是限制性的实施例中,无线通信网络 100 符合第三代合作伙伴计划 (3GPP) 全球移动通信系统 (UMTS) 协议的长期演进 (LTE),其中,eNodeB105 使用例如用于下行链路传输的正交频分多址 (OFDMA) 方案来进行传输,即,在涉及 eNodeB105 的网络小区 110 内,从 eNodeB105 到用户终端 UE(q)。

[0055] 为完整起见,也如本领域的技术人员所知的,诸如 eNodeB105 的 eNodeB 一般是无线电接入网络(没有示出)的一部分,无线电接入网络通常包括可以通信方式耦合到进一步的相应的 eNodeB 的一个或多个无线网络控制器(未示出);无线电接入网络一般而言又可以通信方式耦合到一个或多个核心网络(未示出),核心网络可以耦合到诸如因特网和公用交换电话网之类的其他网络(未示出)。

[0056] 根据本发明的一个实施例,eNodeB105 被配置成实现适用于选择要用于(被 eNodeB105 本身)向网络小区 110 内的用户终端 UE(q) 传输数据的智能传输模式的调度过程。另外,为了最大化传输性能,根据本发明的一个实施例,该调度过程进一步被配置成通过自适应地选择最佳的调制和编码方案 (MCS),并考虑服务质量 (QoS) 要求,高效地给用户

终端 UE(q) 分配系统带宽。

[0057] 图 2 是以功能框示出了根据本发明的一个实施例的适用于由 eNodeB105 执行的调度过程的主要组件的示意图。

[0058] 考虑具有三种可能的传输模式的组,即,空间多路复用 (SpMux) 传输模式、发送分集 (TxD) 传输模式,以及多用户 MIMO (MU-MIMO) 传输模式,系统带宽被细分为多个 B 资源块 RB(b) (b 从 1 到 B)。此外,还考虑当每一用户终端 UE(q) (以及向每一可能的用户终端 UE(q) 的对) 被 eNodeB 根据组中的各种传输模式调度到系统带宽的每一资源块 RB(b) 上时,具有用户速率三维矩阵 M,该矩阵向它们提供相应分数——反映在下文中定义的能实现的速率。此外,还考虑具有权重阵列 W,它为每一个资源块 RB(b),提供表示对资源块 RB(b) 本身的小区间的干扰的量的相应的权重。

[0059] 根据本发明的一个实施例,调度过程包括第一过程 210,称为传输模式选择 (TMS) 过程,该过程在每一传输时间间隔 (TTI,其中每一 TTI 持续 1 毫秒) 期间基于接收到的用户速率矩阵 M 和权重阵列 W,为每一用户终端 UE(q) 选择组中的那些传输模式之中的最佳传输模式。如本描述的下文所详细地描述的, TMS 过程 210 输出调度列表 S,该调度列表 S 为每一个用户终端 UE(q)——或,在 MU-MIMO 传输模式的情况下,为每对用户终端 UE(q)——指定所选传输模式和每一资源块 RB(b) 的相应分数。

[0060] 根据本发明的一个实施例,该调度过程另外还包括第二过程 220,称为 QoS 感知的调度 (QS) 过程,该过程在每一 TTI 内期间考虑 QoS 要求,将每一资源块 RB(b) 分配到特定用户终端 UE(q) (或,在 MU-MIMO 传输模式的情况下,是一对用户终端 UE(q))。如本描述的下文所详细地描述的,基于通过 TMS 过程 210 所生成的调度列表 S, QS 过程 220 输出分配列表 A,该分配列表 A 为每一个用户终端 UE(q) (或,在 MU-MIMO 传输模式的情况下是用户终端对) 指定分配到它的资源块 RB(b),以及已经传输的字节量。由分配列表 A 指出的资源块 RB(b) 的分配为 QoS 策略提供支持,因为基于其特定要求,每一流量都被考虑。

[0061] 图 3 是以功能框示出了根据本发明的一个实施例的 TMS 过程 210 的主要组件的示意图。TMS 过程 210 包括两个子过程,即,适用于基于权重阵列 W,对速率矩阵 M 的元素进行加权的缩放子过程 310,用于生成相应的缩放的速率矩阵 SM,以及适用于从缩放的速率矩阵 SM 生成调度列表 S 的选择子过程 320。

[0062] 三维速率矩阵 M 以及其缩放的版本 SM 具有维度 $B * N * (N+1)$,其中, B 是系统带宽的资源块 RB(b) 的数量, N 是由执行调度过程的 eNodeB 覆盖的网络小区内的用户终端 UE(q) 的数量。速率矩阵 M 可以被细分为 B 个二维矩阵,每一个都具有 N 行和 N+1 列。为简洁起见,从现在开始, N+1 将表示为 G。

[0063] 速率矩阵 M 的一般元素 m_{bij} (b 从 1 到 B, i 从 1 到 N, j 从 1 到 G) 表示当根据下列选择规则在资源块 RB(b) 上使用特定传输模式时,通过索引对 $\{i, j\}$ 来标识的相应的用户终端 UE(q) 的集合 SUE 的分数——就能实现的速率而言:

[0064] $i=j \rightarrow$ SUE=SpMux 传输模式下的用户终端 UE(q=i);

[0065] $-i \neq j, j \neq G \rightarrow$ SUE= 在 MU-MIMO 传输模式下配对的用户终端 UE(q=i) 和用户终端 UE(q=j), 以及

[0066] $-j=G \rightarrow$ SUE=TxD 传输模式下的用户终端 UE(q=i)。

[0067] 权重阵列 W 是 B 个权重 w_b (b=1 到 B) 的阵列,每一个权重都带有 0.0 和 1.0 之间的

值,并提供在资源块 RB(b) 中发生的小区之间的干扰的指示。当干扰如此高以致于无法使用资源块 RB(b) 时,相应的权重 w_b 具有等于 0.0 的值。干扰越低,权重 w_b 的值就越高。当干扰是空值时,相应的权重 w_b 具有等于 1.0 的值。获取权重阵列 W 所采用的方法不是本文档所讨论的范围。只为示例性目的,我们提及,它可以通过网络或群集中协作的 eNodeB 之间的合适的通信来获取。

[0068] 根据本发明的一个实施例,缩放子过程 310 利用权重阵列 W 对速率矩阵 M 的元素进行加权,以便获得其缩放的版本(缩放的矩阵 SM),以便提供到选择子过程 320,以便生成调度列表 S。缩放的矩阵 SM 的一般元素 sm_{bij} 等于 $m_{bij} * w_b$ 。因此,在考虑到资源块 RB(b) 的小区之间的干扰的情况下,调整由速率矩阵 M 所提供的分数,以便选择子过程 320 将首选对应于较高权重 w_b 值的元素,其他一切都相等。

[0069] 根据本发明的一个实施例,基于由缩放的矩阵 SM 所提供的分数,选择子过程 320 考虑下列约束为每一个用户终端 UE(q) 选择最佳传输模式:

[0070] - 用户终端 UE(q) 必须在这样的用户终端 UE(q) 被分配的所有资源块 RB(b) 中使用相同的传输模式,以及

[0071] - 如果两个用户终端 UE(q) 根据 MU-MIMO 传输模式配对,则所述配对必须在这样的用户终端 UE(q) 被分配的每一资源块 RB(b) 上维持。

[0072] 通过选择子过程 320 所生成的调度列表 S 包括多个元组 $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$, 其中:

[0073] - b 是资源块 RB(b) 的索引;

[0074] - i 和 j 标识利用根据上文所提及的选择规则选择的特定传输模式传输的用户终端 UE(q) 的集合 SUE, 以及

[0075] - sm_{bij} 是用户终端 UE(q) 的这样的集合 SUE 的分数(根据相应的资源块 RB(b) 中的小区之间的干扰缩放)。

[0076] 根据分数 sm_{bij} , 按降序, 对元组 $T\{b, i, j, m_{bij}\}$ 全局地分类, 以便可以评估哪些传输模式更加适合于将各种用户终端 UE(q) 调度到每一资源块 RB(b) 上(即, 对应于最高分数的那些)。

[0077] 现在将根据本发明的各实施例来描述用于从缩放的矩阵 SM 来生成调度列表 S 的不同的方法。

[0078] 根据此处称为“求和方法”的方法, 从缩放的矩阵 SM 开始, 生成具有维度 $N * G$ 的二维矩阵 X。矩阵 X 的每一元素 x_{ij} 都由缩放的矩阵 SM 的 B 个元素 sm_{bij} ($b=1$ 到 B) 的总和给出。然后, 对矩阵 X 执行迭代搜索。

[0079] 具体而言, 在搜索的第一步, 标识矩阵 X 的具有最高值的元素 x_{ij} 。然后, 对于每一个资源块 RB(b), 通过使用这样的元素 x_{ij} 的索引对 $\{i, j\}$, 来生成调度列表 S 的第一组 B 个元组, 即, 元组 $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$, $b=1$ 到 B。此时, 对应于通过前面计算出的最高元素 x_{ij} 的索引对 $\{i, j\}$ 来标识的用户终端 UE(q) 的集合 SUE 的矩阵 X 的元素被设置为 0, 以便从在下列步骤中执行的搜索排除它们。具体而言:

[0080] • 在前面计算出的最高元素 x_{ij} 的索引对 $\{i, j\}$ 具有 $i=j$ 的情况下, 意味着, 用户终端 UE(i) 已经被选择通过使用 SpMux 传输模式来传输, 或者, 如果 $j=G$, 意味着, 用户终端 UE(i) 已经被选择通过使用 TxD 传输模式来传输, 矩阵 X 的第 i 行和第 i 列被设置为 0;

[0081] • 如果前面计算出的最高元素 x_{ij} 的索引对 $\{i, j\}$ 具有 $i \neq j$ 且 $j \neq G$, 意味着,

由用户终端 UE(i) 和 UE(j) 形成的对已经被选择通过使用 MU-MIMO 传输模式来传输, 矩阵 X 的第 i 行, 第 i 列, 第 j 行和第 j 列被设置为 0。

[0082] 换言之, 矩阵 X 的与为其选择了传输模式的用户终端的行和列相关的所有元素都被设置为 0。

[0083] 然后, 在每一随后的步骤中重复上文所提及的操作, 根据在所有前面的步骤中计算出的最高元素 x_{ij} , 相应地更新矩阵 X, 直到矩阵的所有元素都是空值。

[0084] 此处称为“移位和求和方法”的再一个方法, 执行求和方法的相同的操作, 旨在生成矩阵 X 的那些操作除外。更具体而言, 并非直接随着 b(从 1 到 B) 的变化对缩放的矩阵 SM 的元素 sm_{bij} 直接求和, 此方法在右移它们的二进制表示 K 个位置之后对这些相同的元素进行求和, 其中, K 是可配置的非负的值。此操作对应于考虑每一元素的除以 2^K 的整数除法的商。

[0085] 此处称为“求和 k-max 方法”的求和方法的另一种变体, 通过只求和缩放的矩阵 SM 的最高的 k 个元素 sm_{bij} (即, 对于下标 i, j 的相同对, 查找到的最高元素, 允许 b 在 1 到 B 之间变动), 并非使用通过从 1 到 B 跨越 b 获得的所有元素 sm_{bij} , 来生成矩阵 X 的每一元素 x_{ij} , 其中, k 是可配置的正值。

[0086] 此处称为“最大局部方法”的更进一步的方法, 生成具有维度 $N * G$ 的矩阵 L, 其中, 每一元素 l_{ij} 都是缩放的矩阵 SM 的元素 sm_{bij} 的最高元素 (即, 对于下标 i, j 的相同对, 查找到的最高元素, 允许 b 在 1 到 B 之间变动)。操作的其余部分与由求和方法执行的那些操作相同。

[0087] 根据此处称为“最大方法”的方法, 直接对缩放的矩阵 SM 执行迭代搜索, 以便查找其最高元素 sm_{bij} 。在每一步骤中, 对应于缩放的矩阵 SM 的具有最高值的元素 sm_{bij} 的索引对 $\{i, j\}$ 用于生成每一个资源块 RB(b) 的调度列表 S 的相应一组 B 个元组, 即, 元组 $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$, $b=1$ 到 B。如同求和方法, 在生成每一组元组之后, 缩放的矩阵 SM 的对应于通过前面计算出的最高元素 sm_{bij} 的索引对 $\{i, j\}$ 来标识的用户终端 UE(q) 的集合 SUE 的元素被设置为 0, 以便从在下列步骤中执行的搜索中排除它们。然后, 在每一随后的步骤, 重复上文所提及的操作, 直到矩阵的所有元素都是空值。

[0088] 此处称为“空间多路复用最大方法”的进一步的方法, 通过只考虑缩放的矩阵 SM 的位于形成缩放的矩阵 SM 的相应的 B 个二维矩阵 $N * G$ 的对角线上的元素 sm_{bij} , 即, 那些 $i=j$ 的元素, 来迭代搜索最高元素。标识了第 b 个二维矩阵 SM(b) 中的这样的最高元素 sm_{bij} 之后, 在位于第 i 行和第 j 列中的第 b 个二维矩阵的元素 sm_{bij} 之中搜索进一步最高的元素 sm_{bhk} 。在每一步骤中, 对应于元素 sm_{bhk} 的索引对 $\{h, k\}$ 用于生成每一个资源块 RB(b) 的调度列表 S 的相应一组 B 个元组, 即, 元组 $T\{b, h, k, sm_{bhk}\}$, b 从 1 到 B。也在此情况下, 在生成每一组元组之后, 缩放的矩阵 SM 的对应于通过前面计算出的最高元素 sm_{bhk} 的索引对 $\{h, k\}$ 来标识的用户终端 UE(q) 的集合 SUE 的元素被设置为 0, 以便从在下列步骤中执行的搜索中排除它们。然后, 在每一随后的步骤, 重复上文所提及的操作, 直到考虑了所有可能的用户终端 UE(q)。

[0089] 概括而言, 根据本发明的一个实施例的调度过程的 TMS 过程 210 输出包括元组 $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ 的有序序列的调度列表 S。每一元组都将分数 sm_{bij} 提供到使用特定传输模式在特定资源块 RB(b) 上传输的用户终端 UE(q) 的特定集合 SUE。

[0090] 如果调度列表 S 的通用元组 $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ 具有 $i=j$, 则意味着, 相应分数 sm_{bij} 涉及在资源块 RB(b) 上利用 SpMux 传输模式传输的单个用户终端 UE($q=i$)。

[0091] 如果调度列表 S 的通用元组 $T\{b, j, j, sm_{bij}\}$ 具有 $i \neq j$ 且 $j \neq G$, 则意味着, 相应分数 sm_{bij} 涉及在资源块 RB(b) 上利用 MU-MIMO 传输模式传输的一对用户终端 UE($q=i$), UE($q=j$)。

[0092] 如果调度列表 S 的通用元组 $T\{b, i, G, sm_{bij}\}$ 具有 $j=G$, 则意味着, 相应分数 sm_{bij} 涉及在资源块 RB(b) 上利用 TxD 传输模式传输的单个用户终端 UE($q=i$)。

[0093] 根据本发明的一个实施例, eNodeB 对每一用户终端 UE(q) 使用哪些传输模式的选择是通过选择由调度列表 S 的具有最高分数 sm_{bij} 的元组 $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ 所提供的 { 传输模式 - 用户终端 } 对来执行的。

[0094] 再参考图 2, 调度过程可以另外还包括 QS 过程 220, 这是被配置成在考虑 QoS 要求的情况下在每一 TTI 期间向特定用户终端 UE(q) (或, 在 MU-MIMO 传输模式的情况下是一对用户终端 UE(q)) 分配每一资源块 RB(b) 的过程。

[0095] 如已经提及的, 基于通过 TMS 过程 210 所生成的调度列表 S, QS 过程 220 输出分配列表 A, 该分配列表 A 为每一个用户终端 UE(q) (或, 在 MU-MIMO 传输模式的情况下是用户终端对) 指定分配到它的资源块 RB(b), 以及已经传输的字节量。换言之, QS 过程 220 使用由调度列表 S 所提供的信息来进行既满足 QoS 要求又高效地使用无线电资源的调度决策。具体而言, 当 QS 过程选择为用户终端 UE(q) 的集合 SUE 执行分配时, 它使用调度列表 S 以便知道还没有分配的资源块 RB(b) 之中哪一个资源块 RB(b) 提供最高能实现的速率。根据本发明的一个实施例, 分配将在该资源块 RB(b) 上使用在本发明的下文中将描述的 MCS- 自适应分配功能来执行。

[0096] 如下文所描述的, QS 过程 220 可以实现多个目标。首先, 它管理实时业务 (诸如语音和视频), 能够满足这样的业务的典型的时间限制 (即, 应该防止截止时间错过)。此外, QS 过程 220 还在平等地对待属于相同服务类别的不同的用户终端 UE(q) 的意义上是“公平的”, 不会发生饥饿。最后, QS 过程 220 还有效地使用无线电资源, 在频率和空间域利用多用户分集。

[0097] 为实现这些不同的目标, 根据图 4 中所示出的本发明的一个实施例, QS 过程 220 包括三个子过程: 所谓的紧急子过程 410、所谓的公平性子过程 420, 以及所谓的效率过程 430。

[0098] 所述三个子过程中的每一个都旨在实现不同的目标。具体而言, 紧急子过程 410 处理实时业务的时间约束, 公平性子过程 420 考虑资源的高效使用, 确保对每一用户终端 UE(q) 的最小的服务, 而效率子过程 430 旨在最大化剩余资源上的小区吞吐量。

[0099] 紧急子过程 410 具有避免实时业务的截止时间错过的任务, 以便使数据在最大无线电延迟预算内被接收到。紧急子过程使用紧急队列 (UQ) 的概念。简单来说, UQ 是具有紧急数据的终端 UE(q) 的先入先出 (FIFO) 队列。可以有多个 UQ, 例如, 具有实时要求的每一个服务级别各一个。当用户终端 UE(q) 具有其延迟接近于为相应的服务级别定义的无线电延迟预算的数据时, 此用户终端 UE(q) 被视为处于紧急状态, 并将它置于对应于上文所提及的服务级别的 UQ 中。紧急子过程 410 表示 QS 过程 220 的第一步, 因为如此需要紧急实时数据的用户终端 UE(q) 相对于所有其他用户终端 UE(q) 以严格的优先级来服务。应

该注意,如果用户终端 UE(q) 不被视为处于紧急状态,这并不意味着,分组不被传输(如下文所描述)。

[0100] 对于每一个 UQ,定义了下列参数:

[0101] - 优先级:它表示一个 UQ 相对于其他 UQ 的服务优先级;

[0102] - 无线电延迟预算:被定义为 eNodeB 和 UE(q) 之间的延迟的上限(例如,从由 3GPP 标准所定义的 PDB(分组延迟预算)导出);

[0103] - 最大紧急突发:它指定可由子过程 410 为用户终端 UE(q) 服务的字节的最大量,以及

[0104] - 松弛时间:它指定在截止时间之前多长时间分组必须视为紧急。

[0105] 仅仅作为示例,通过给所述参数提供合适的值,可以将由 LTE 所提供的 QoS 等级标识符(QCI)映射到 UQ。通过配置“优先级”参数,可以例如通过定义额外的专有的 QCI,来区别服务类别(服务差异化)和不同的用户或其类别(用户差异化)。

[0106] - 紧急子过程 410 按优先级的降序来服务 UQ。在服务过程中,子过程 410 向用户终端 UE(q) 分配资源块 RB(b),直到:

[0107] - 完成这样的用户终端 UE(q) 的紧急数据;

[0108] - 达到最大紧急突发,或

[0109] 在当前 TTI 没有更多资源。

[0110] 根据本发明的一个实施例,由紧急子过程 410 执行的资源块 RB(b) 的分配是使用在本描述的下文中将描述的新颖的 MCS-自适应分配功能来执行的。

[0111] 公平性子过程 420 跟踪在 T 个 TTI 的时间窗口内每一用户终端 UE(q) 的最高信道质量(在为所有资源块 RB(b) 指定的那些之间)。当用户终端 UE(q) 在其信道质量方面具有局部峰值时,在其中达到峰值的资源块 RB(b) 上服务该用户终端 UE(q)。公平性子过程 420 当其相对信道状态相对于其历史好时服务用户终端 UE(q)。即使用户终端 UE(q) 从未表现出绝对好的信道状态(这是,例如,用户终端 UE(q) 的情况),公平性子过程 420 也能保证给此用户终端 UE(q) 提供最小的服务,选择最佳的时间来服务它。

[0112] 对于每一个服务级别,定义了下列参数:

[0113] - 时间窗口的大小 T(即,形成时间窗口的 TTI 的数量),以及

[0114] - 阈值 t,在该阈值 t 以外,实际信道质量被视为是峰值的一部分。

[0115] 利用“能实现的速率”定义由用户终端 UE(q) 在资源块 RB(b) (如果这样的资源块 RB(b) 用于调度所述用户终端 UE(q) 的数据)上可获得的速率——给定其信道质量——,如果其实际最佳能实现的速率(对应于未被分配的一个或多个资源块 RB(b))高于(窗口中的 T 个能实现的速率之中的)至少 t 个历史能实现的速率,则公平性子过程 420 评估用户终端 UE(q) 在其信道质量方面具有局部峰值。具体来说,通过利用 r_i 指出时间窗口的第 i 位置处的能实现的速率,并通过利用 r_c 指出给定资源块 RB(b) 上的实际能实现的速率,如果下列表达式成立,则公平性子过程 420 评估用户终端 UE(q) 在该资源块 RB(b) 上具有局部峰值:

$$[0116] \quad \sum_{i=1}^T 1_{\{r_i > t\}} \geq t$$

[0117] 根据本发明的一个实施例,类似于紧急子过程 410,由公平性子过程 420 执行的资

源块 RB(b) 的分配也是使用在本描述的下文中将描述的 MCS- 自适应分配功能来执行的。

[0118] QS 过程 220 的最后一个子过程是效率子过程 430。这样的子过程根据类似于 MaxCi 行为来分配剩余的资源块 RB(b), 以便利用到目前为止还未使用的那些频率资源, 以便最大化吞吐量。

[0119] 根据本发明的一个实施例, 由效率子过程 420 执行的资源块 RB(b) 的分配也是使用紧急子过程 410 和公平性子过程 420 所使用的 MCS 自适应分配功能来执行的。

[0120] 根据本发明的一个实施例, MCS- 自适应分配功能被配置成以属于相同码字的所有资源块 RB(b) 都使用相同的 MCS 的方式自适应地选择要用于资源块 RB(b) 上的 MCS。

[0121] 参考图 5 中所示出的流程图, MCS- 自适应分配功能的第一步检查由所考虑的索引对 $\{i, j\}$ 来标识的用户终端 UE(q) 的集合 SUE 是否已经分配 (框 510)。

[0122] 在否定的情况下 (框 510 的退出支线 N), 使用对于给定资源块 RB(b) 的最佳 MCS 来分配对应于索引对 $\{i, j\}$ 的用户终端 UE(q) (框 520)。实际上, 由于所述资源块 RB(b) 是被分配的第一块, 因此, 可以为此资源块 RB(b) 使用对应于 CQI 的 MCS, 而不会有任何问题。

[0123] 在肯定的情况下 (框 510 的退出支线 Y), 即, 如果对应于索引对 $\{i, j\}$ 的用户终端 UE(q) 已经分配到一个或多个不同的资源块 RB(b), 则新分配可能需要使用不同于以前使用的 MCS, 因为新资源块 RB(b) 的 CQI 可能不同于以前分配的资源块 RB(b) 的 CQI。由于调度列表 S 是按分数的降序来排序的, 因此, 新资源块 RB(b) 上的 MCS 小于或等于以前分配的资源块 RB(b) 的 MCS。给定在相同的码字的不同的资源块 RB(b) 上使用不同的 MCS 方案被标准禁止, 则一个可行的, 但是保守的解决方案将是在所有分配的资源块 RB(b) 上使用对应于分配的资源块 RB(b) 之中的具有最小的 CQI 的 RB 的 MCS。然而, 此规则可能导致非常差的性能, 因为它过度地偏爱小速率的 MCS。一般而言, 当为分配的资源块 RB(b) 选择 MCS 的唯一值时, 还可以应用其他规则 (例如, 可以使用分配的资源块 RB(b) 之中的平均的 MCS)。

[0124] 因此, 根据本发明的一个实施例, 进行检查, 以评估我们是否可以通过在分配给对应于索引对 $\{i, j\}$ 的用户终端 UE(q) 的所有资源块 RB(b) 上 (可能) 使用较小 MCS, 而向对应于索引对 $\{i, j\}$ 的用户终端 UE(q) 分配新的资源块 RB(b), 获得增益。根据本发明的一个实施例, 为了理解新资源块 RB(b) 向对应于索引对 $\{i, j\}$ 的用户终端 UE(q) 的分配是否是有利的, 计算可以获得的吞吐量增益 TG, i) 执行新分配, 以及 ii) 将在所有以前分配的资源块上使用的 (唯一的) MCS 改变为从为新的资源块指定的 CQI 中获得的 MCS (框 530)。根据本发明的一个实施例, 吞吐量增益 TG 可以定义为:

$$[0125] \quad TG = (N_{RBs}(i) + 1) * MCS_{new} - Bytes(i)$$

[0126] 其中:

[0127] $N_{RBs}(i)$ 是以前向用户 i 分配的 RB 的数量

[0128] $Bytes(i)$ 是以前向用户 i 分配的字节的数量

[0129] MCS_{new} 是可以利用新 MCS 传输的字节的数量

[0130] 如果吞吐量增益 TG 是负的或空值, 则立即阻止分配 (框 540 的退出支线 N, 转到框 550)。

[0131] 如果增益是正的 (框 540 的退出支线 Y), 则进行检查, 以评估是否存在不同的索引对 $\{h, k\}$, 使得对应于这样的索引对 $\{h, k\}$ 的用户终端 UE(q) 可以在资源块 RB(b) 上分配

的字节的数量大于上面计算出的增益 TG (框 560)。在对资源块 RB(b) 上的更好的索引对进行此搜索时,只考虑未分配的对,以便避免递归。

[0132] 在肯定的情况下(框 560 的退出支线 Y),立即阻止分配(框 550)。

[0133] 在否定的情况下(框 560 的退出支线 N),在已经分配给对应于索引对 {i, j} 的用户终端 UE(q) 的资源块 RB(b) 上适配 MCS (框 570),并将资源块 RB(b) 实际分配给用户终端 UE(q) (框 520)。

[0134] 在本描述的下文中,描述了提议的 MCS- 自适应分配功能的示例性操作。假设系统带宽被细分为三个资源块 RB(b) (b 从 0 到 2 之间),有两个用户终端 UE(q) (q 从 1 到 2 之间)。请注意,考虑的情况是关于三个资源块,仅仅是为了示范目的(所属技术领域的专业人员意识到,在 3GPP 标准中,在 LTE 中,RB 的最小的数量等于 6,它相对于 1.4MHz 的带宽)。

[0135] 假设由 TMS 算法所创建的调度列表 S 如下:

[0136]

	RB	对	分数
1)	0	1, G	100
2)	1	2, G	80
3)	2	1, G	60
4)	2	2, G	55
5)	0	2, G	40
6)	1	1, G	30

[0137] 可以观察到,对于两个用户,已经选择了发送分集作为传输模式。假设对调度列表 S 执行循环,对于每一个条目调用 MCS- 自适应分配功能。获得下列步骤:

[0138] 1. 访问了条目 1:RB0 空闲,它是对于用户的第一分配

[0139] 2. 访问了条目 2:RB1 空闲,它是对于用户的第一分配

[0140] 3. 访问了条目 3:RB2 空闲,但是,用户 1 已经分配到 RB0,如此,进行检查,以评估新分配是否有利可图。

[0141] a. 首先,计算吞吐量增益 TG:

[0142] $TG = (1+1) \times 60 - 100 = 20$

[0143] b. 增益是正的,如此需要查找更好的索引对。唯一其他对是 {2, G},但是,它已经分配,因此,将它从搜索中排除。结果,得出结论,没有更好的索引对,将 RB2 分配给用户 1。

[0144] 由于所有 RB 都已经分配,因此,过程结束。

[0145] 在本描述的下文中,描述了提议的调度过程的示例性操作。根据此示例,选择子过程被配置成使用最大局部方法来生成调度列表 S。

[0146] 假设系统带宽被细分为三个资源块 RB(b) (b=1 到 3),有四个用户终端 UE(q) (q=1 到 4)。必须注意,考虑的情况是关于三个资源块,仅仅是为了示范目的(所属技术领域的专业人员意识到,在 3GPP 标准中,在 LTE 中,RB 的最小的数量等于 6,它相对于 1.4MHz 的带

宽)。

[0147] 此外,所有用户终端 UE(q) 都属于相同服务类别,相应的 UQ 具有下列参数:

[0148] - 优先级 :3 ;

[0149] - 无线电延迟预算 :50ms ;

[0150] - 最大紧急突发 :500B, 以及

[0151] - 松弛时间 :10ms。

[0152] 假设用户终端 UE(3) 在其缓冲器中具有已经等待了 41 个 TTI 的 100B 的分组,而其他用户终端 UE(1)、UE(2) 和 UE(4) 在它们的各自的缓冲器中具有等待了 15 个 TTI 的数据。

[0153] 与公平性子过程相关的参数如下:

[0154] -T=5, 以及

[0155] -t=3。

[0156] 为使此示例保持简单,所有权重 w_b (b=1 到 B) 都被设置为 1。假设能实现的速率的历史值的窗口如下:

[0157] -UE(1) :100, 100, 100, 120, 80 ;

[0158] -UE(2) :130, 100, 80, 100, 100 ;

[0159] -UE(3) :90, 110, 110, 110, 80 ;

[0160] -UE(4) :80, 100, 100, 100, 100。

[0161] 此外,还假设缩放的速率矩阵 SM(具有等于 $B * N * G=3 * 4 * 5$ 的维度)如下(为了可读性,SM 是三维的,我们将它写为三个二维的矩阵,每一个都对应于特定资源块 RB(b)):

$$[0162] \quad SM(b=1) = \begin{pmatrix} 85 & 50 & 45 & 60 & 40 \\ 0 & 120 & 65 & 70 & 30 \\ 0 & 0 & 20 & 75 & 60 \\ 0 & 0 & 0 & 70 & 60 \end{pmatrix}$$

$$[0163] \quad SM(b=2) = \begin{pmatrix} 85 & 50 & 75 & 80 & 50 \\ 0 & 80 & 30 & 90 & 30 \\ 0 & 0 & 40 & 60 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 75 & 60 \end{pmatrix}$$

$$[0164] \quad SM(b=3) = \begin{pmatrix} 80 & 60 & 65 & 90 & 70 \\ 0 & 80 & 60 & 50 & 60 \\ 0 & 0 & 80 & 30 & 70 \\ 0 & 0 & 0 & 70 & 60 \end{pmatrix}$$

[0165] 基于上文所提及的缩放的矩阵 SM,选择子过程在缩放的矩阵 SM 的对应元素 sm_{bij} 内生成矩阵 L,其元素 l_{ij} 是对于相同对 i, j 和对 b 的所有值来说最高的:

$$[0166] \quad L = \begin{pmatrix} 85 & 60 & 75 & 90 & 70 \\ 0 & 120 & 65 & 90 & 60 \\ 0 & 0 & 80 & 75 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 75 & 60 \end{pmatrix}$$

[0167] 此时,启动最大值的迭代搜索。

[0168] 在迭代搜索的第一步骤,发现最大值等于 120,因此,选择索引对 {2,2},对应于使用 SpMux 传输模式调度的用户终端 UE(2) 的情况。然后,利用下列三个元组 $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ 来更新调度列表 S:

[0169] $\{1, 2, 2, 120\}; \{2, 2, 2, 80\}; \{3, 2, 2, 80\}$ 。

[0170] 然后,通过使对应于 $i=2$ 的行和对应于 $j=2$ 的列归零,来更新矩阵 L,以便获得下列矩阵 L' :

$$[0171] \quad L' = \begin{pmatrix} 85 & 0 & 75 & 90 & 70 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 80 & 75 & 100 \\ 0 & 0 & 0 & 75 & 60 \end{pmatrix}$$

[0172] 在迭代搜索的第二步骤,发现最大值等于 100,因此,选择索引对 {3, G},对应于使用 TxD 传输模式调度的用户终端 UE(3) 的情况。然后,利用下列三个元组 $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ 来更新调度列表 S:

[0173] $\{1, 3, G, 60\}; \{2, 3, G, 100\}; \{3, 3, G, 70\}$ 。

[0174] 然后,通过使对应于 $i=3$ 的行和对应于 $j=3$ 的列归零,来更新矩阵 L',以便获得下列矩阵 L'' :

$$[0175] \quad L'' = \begin{pmatrix} 85 & 0 & 0 & 90 & 70 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 75 & 60 \end{pmatrix}$$

[0176] 在迭代搜索的第三步骤,发现最大值等于 90,因此,选择索引对 {1,4},对应于使用 MU-MIMO 传输模式传输的用户终端 UE(1) 和 UE(4) 的情况。然后,利用下列三个元组 $T\{b, i, j, sm_{bij}\}$ 来更新调度列表 S:

[0177] $\{1, 1, 4, 60\}; \{2, 1, 4, 80\}; \{3, 1, 4, 90\}$ 。

[0178] 由于已经为四个用户终端 UE(q) 中的每一个选择了传输模式,因此,结束搜索。

[0179] 所产生的调度列表 S 按分数的降序排序如下:

[0180]

RB(b)	索引对	分数

[0181]

RB(1)	{2,2}	120
-------	-------	-----

RB (2)	{3, G}	100
RB (3)	{1, 4}	90
RB (2)	{2, 2}	80

[0182]

RB (3)	{2, 2}	80
RB (2)	{1, 4}	80
RB (3)	{3, G}	70
RB (1)	{3, G}	60
RB (1)	{1, 4}	60

[0183] 基于上文所提及的调度列表 S, QS 过程生成分配列表 A, 执行 (以此顺序) 紧急、公平性和效率子过程。更详细地, 当 QS 过程选择为用户终端 UE(q) 的集合 SUE 执行分配时, 它使用调度列表 S 以便知道还没有分配的资源块 RB(b) 之中哪一个资源块 RB(b) 提供最高能实现的速率。分配将在该资源块 RB(b) 上使用 MCS- 自适应分配功能来执行。

[0184] 作为一替换实施例, 可以改变 QS 过程的头两个子过程的执行顺序, 如此, 按公平性、紧急、效率的顺序来执行子过程。为使用此变体, 需要执行预备步骤, 其中估计紧急子过程所需的资源块 RB(b) 的量, 以便为紧急子过程本身预留这样的资源块 RB(b) 的量。

[0185] 紧急子过程

[0186] 所有用户终端 UE(q) 都属于相同的服务级别, 如果数据在缓冲器中等待长于按如下方式来定义的延迟阈值 (DT) 的一段时间, 则数据被视为紧急的:

[0187] $DT = \text{延迟预算} - \text{松弛时间}$

[0188] 因此, 具有紧急数据的唯一用户终端 UE(q) 是用户终端 UE(3), 其数据等待了 41 个 TTI。在对于所述用户终端更有利的资源块 RB(b) 上, 利用由 TMS 过程选择的传输模式, 以优先级方式服务此用户终端 UE(3)。因此, 通过使用 MCS- 自适应分配功能, 在使用 TD 传输模式的资源块 RB(2) 上, 100B 被分配给用户终端 UE(3)。

[0189] 由于其他用户终端不被视为紧急, 因此, 紧急子过程结束。

[0190] 公平性子过程

[0191] 对于每一个用户终端 UE(q), 进行检查, 以便评估其当前最高能实现的速率 (参照调度列表 S) 是否是这样的, 以认为用户终端 UE(q) 本身处于信道峰值。

[0192] - 对于用户终端 UE(1), 当前最高能实现的速率等于 90 字节 (在资源块 RB(3) 上); 90 只高于单个历史值, 因此, 用户终端 UE(1) 被评估为不处于信道峰值 (阈值 t 等于 3)。

[0193] - 对于用户终端 UE(2), 当前最高能实现的速率等于 120 字节 (在资源块 RB(1) 上); 120 高于 4 个历史值, 即, 4 高于阈值 t , 因此, 用户终端 UE(2) 被评估为处于信道峰值。如此, 使用由 TMS 过程选择的传输模式, 在资源块 RB(1) (在此, 它具有峰值) 上服务用户终端 UE(2)。因此, 通过使用 MCS- 自适应分配功能, 在使用 SpMux 传输模式的资源块 RB(1)

上,120B(字节)被分配给用户终端 UE(2)。

[0194] - 对于用户终端 UE(3),在还未分配的资源块上当前最高能实现的速率等于 70(在资源块 RB(3)上);70 低于所有历史值,因此,用户终端 UE(3) 被评估为不处于信道峰值。

[0195] - 对于用户终端 UE(4),当前最高能实现的速率等于 90 字节(在资源块 RB(3)上);90 只高于单个历史值,因此,用户终端 UE(4) 被评估为不处于信道峰值。

[0196] 效率子过程

[0197] 查询调度列表 S,以便分配到目前为止尚未分配的资源块 RB(b)。具体而言:

[0198] - 调度列表的第一元组涉及已经在 SpMux 传输模式下分配给用户终端 UE(2) 的资源块 RB(1);

[0199] - 调度列表的第二元组涉及已经在 TxM 传输模式下分配给用户终端 UE(3) 的资源块 RB(2),以及

[0200] - 调度列表的第三元组涉及仍空闲的资源块 RB(3)。如此,这样的资源块 RB(3) 在 MU-MIMO 传输模式下,使用 MCS- 自适应分配功能被分配给用户终端 UE(1) 和 UE(4)。

[0201] 因此,由 QS 过程所产生的分配列表 A 如下:

[0202]

RB(b)	索引对	字节
1	{2, 2}	120

[0203]

2	{3, G}	100
3	{1, 4}	90

[0204] 当然,为了满足本地和特定要求,所属技术领域的专业人员可以将许多逻辑和 / 或物理修改和改变应用于上文所描述的解决方案。更具体而言,虽然上文以一定的详细度或参考其优选实施例描述了本发明,但是,应该理解,在形式和细节方面的各种省略、替换和更改以及其他实施例也是可以的。具体而言,本发明的不同的实施例甚至可以在没有在前面的描述中阐述的用于提供其更全面的理解的具体细节(诸如数值示例)的情况下实施;相反,省略了或简化了已知的特征以便不致以不需要的细节使描述模糊。此外,与本发明的任何所公开的实施例一起描述的特定元素和 / 或方法步骤可以作为一般设计选择包含在任何其他实施例中。

[0205] 例如,虽然在本描述中,参考了 LTE 系统的下行链路传输,但是,类似的考虑也适合于上行链路传输。在此情况下,TMS 过程以所描述的相同的方式来操作,允许为上行链路传输适当地选择不同的传输模式。关于 MCS- 自适应分配功能,用由 eNodeB 执行的上行链路信道的估计来替换由用户终端报告的 CQI 就足够了。QS 过程需要知道缓冲器状态和 HOL 分组的等待时间;此信息可以从由用户终端在上行链路中发送的 BSR 中获得。

[0206] 此外,TMS 过程可以轻松地扩展,以支持其它传输模式。在所述其它传输模式是单用户类型的情况下,为每一个其它传输模式,在速率矩阵中添加一个新列就足够了。在其它多用户传输模式的情况下,必须理解,所产生的速率矩阵将具有等于 1 加上可以组合的用户终端的最高数量的维数。

[0207] 根据本发明的一个实施例的解决方案适于通过等效的方法（通过使用类似的步骤,删除一些不是必需的步骤,或添加其他的可选步骤）来实现；此外,步骤还可以以不同的顺序、同时或以交织方式（至少部分地）来执行。

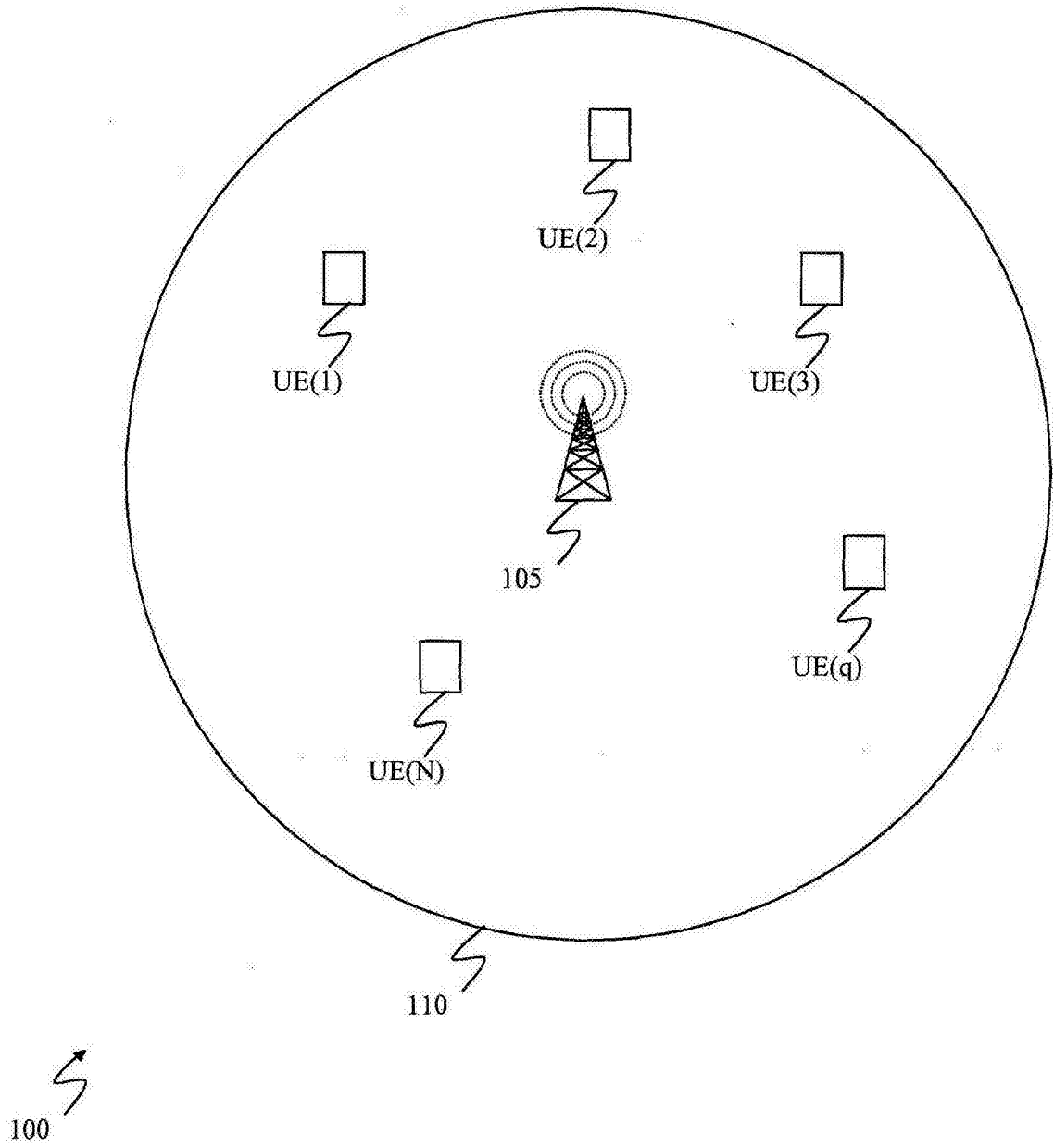


图 1

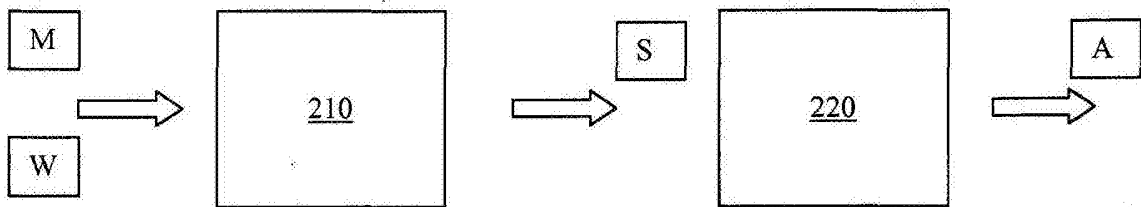


图 2

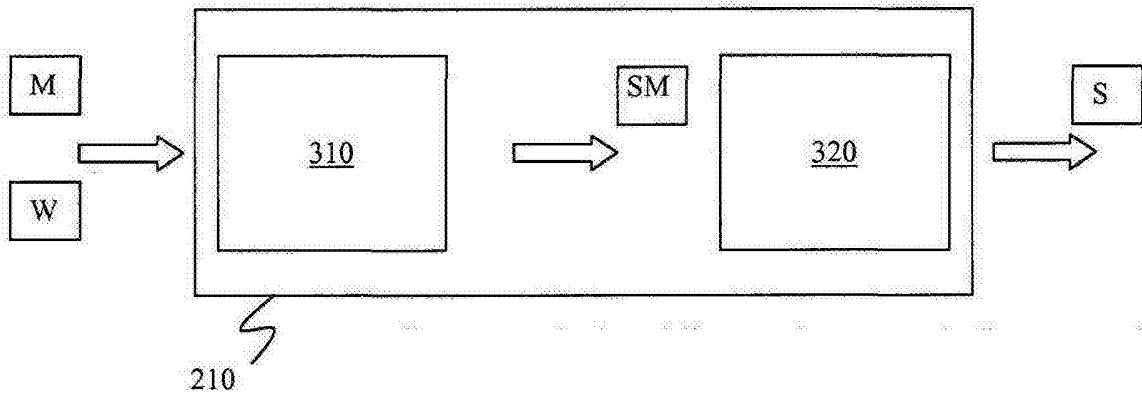


图 3

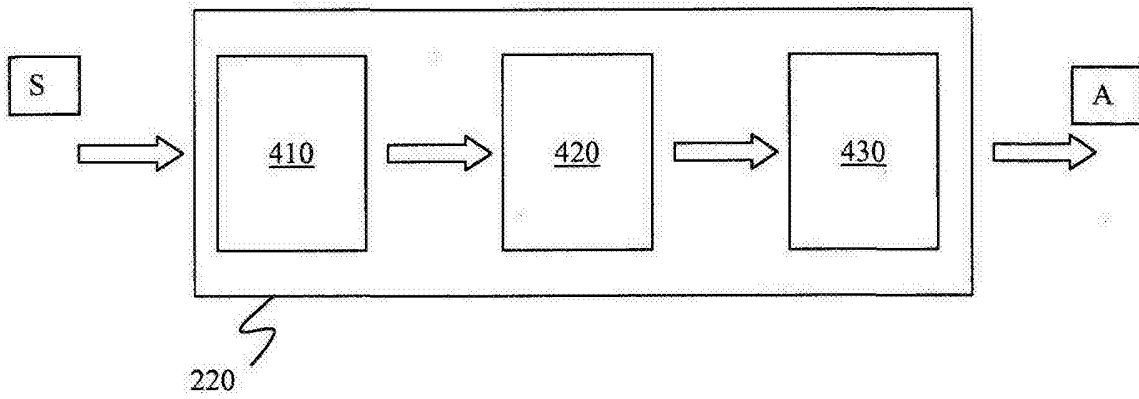


图 4

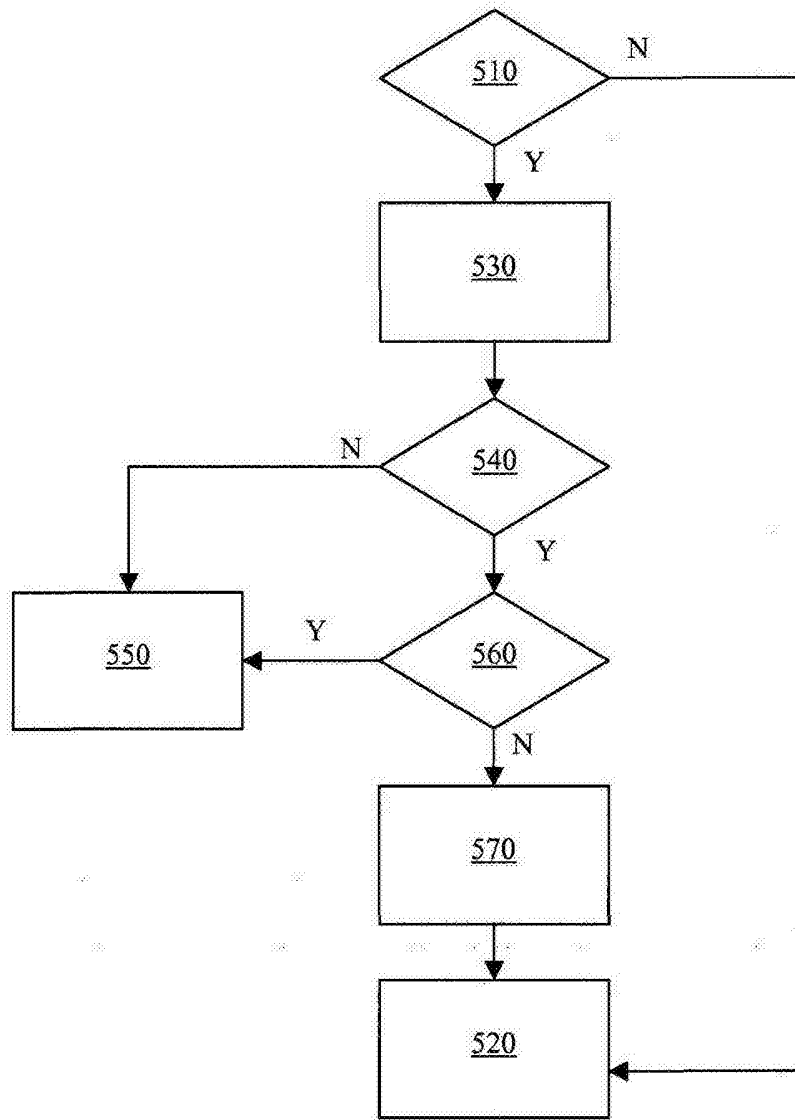


图 5