



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104094661 B

(45)授权公告日 2018.01.19

(21)申请号 201180076319.7

D·萨贝拉 G·斯蒂

(22)申请日 2011.12.29

(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

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104094661 A

代理人 张荣海

(43)申请公布日 2014.10.08

(51)Int.Cl.

H04W 72/12(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.08.05

(56)对比文件

US 2011/0170642 A1,2011.07.14, (续)

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2011/074266 2011.12.29

审查员 杨露

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/097904 EN 2013.07.04

(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 G·阿康吉阿基奥考
M·M·安德烈奥兹 M·卡莱迪
R·梵提尼 D·米利奥里尼

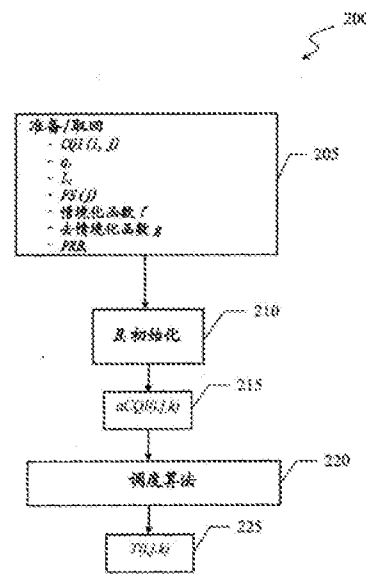
权利要求书4页 说明书24页 附图4页

(54)发明名称
无线通信网络的调度算法

调度的用户设备的传输块传输的传输块大小的指示。

(57)摘要

提出一种调度无线网络(100)内的资源分配的方法(200)。所述无线网络(100)包含至少一个网络小区(110),所述至少一个网络小区包含中央单元(105),所述中央单元提供网络小区内的覆盖,并且管理使中央单元和网络小区内的至少一个对应用户设备(UE₁-UE₇)进入通信状态的至少一个传输帧。所述方法包括:取回(205)输入参数,对于每个用户设备,所述输入参数包括表示基于实际网络小区状况的测量/估计信道质量的信道质量参数;对每个信道质量参数应用(215)去情境化函数,以获得对应的原子信道质量参数,所述原子信道质量参数表示从实际网络小区状况去情境化的信道质量;进行(220,320,420)调度算法,以提供二进制分配矩阵,所述二进制分配矩阵指示每个调度的物理资源块,传输帧和用户设备;和对所述分配矩阵应用情境化函数,以获得将被调度传输帧用于往来于每个



CN 104094661 B

[接上页]

(56)对比文件

WO 2011/085817 A1,2011.07.21,
Tian Lan,Kaustubh Sinkar,Latha Kant,
Kenneth Kerpez.Resource Allocation and
Performance Study for LTE Networks

Integrated with Femtocells.《Global
Telecommunications Conference(GLOBECOM
2010),2010 IEEE》.2011,第1页1部分第1-3段、
第2页第2部分第5段、第2页第3部分第1-3段.

1. 一种调度包含至少一个网络小区 (110) 的无线网络 (100) 内的资源分配的方法 (200), 所述至少一个网络小区包含中央单元 (105), 所述中央单元提供网络小区内的覆盖, 并且管理使中央单元和网络小区内的至少一个对应用户设备 (UE₁-UE₇) 进行通信的至少一个传输帧, 所述方法包括:

取回 (205) 输入参数, 对于每个用户设备, 所述输入参数包括表示基于实际网络小区状况的测量/估计信道质量的信道质量参数;

对每个信道质量参数应用 (215) 去情境化函数以获得对应的原子信道质量参数, 所述原子信道质量参数表示从实际网络小区状况去情境化的信道质量;

执行 (220, 320, 420) 调度算法以提供二进制分配矩阵, 所述二进制分配矩阵指示每个调度的物理资源块、传输帧和用户设备; 以及

对所述分配矩阵应用情境化函数以获得将被调度的传输帧用于往来于每个调度的用户设备的传输块传送的传输块大小的指示,

其中所述执行 (220, 320, 420) 调度算法包括迭代调度算法, 直到所有的原子信道质量参数已被归零, 对于每次迭代, 所述调度算法包括:

对于每个用户设备, 利用表示用户设备缓冲器的当前状态的当前缓冲器状态变量掩蔽 (325) 原子信道质量参数;

调度 (325) 掩蔽的原子信道质量参数具有最大值的用户设备、传输帧以及物理资源块;

在每次调度时, 通过把与调度的用户设备、传输帧以及物理资源块对应的分配矩阵的元素设定为表示所述调度的最初值, 更新 (330) 分配矩阵;

根据所述调度, 更新 (335) 调度的用户设备的当前缓冲器状态变量;

对于调度的物理资源块, 使与调度的传输帧相关的原子信道质量参数归0 (340); 以及更新 (345) 对应于调度的物理资源块的不同于0的每个原子信道质量参数。

2. 按照权利要求1所述的方法, 其中所述掩蔽 (325) 原子信道质量参数包括用每个原子信道质量参数本身和当前缓冲器状态变量之间的最小值替换该原子信道质量参数。

3. 按照权利要求1所述的方法, 其中所述更新与调度的物理资源块对应的不同于0的每个原子信道质量参数包括对它应用表示如果当前调度决策的传输帧被传送那么会发生的干扰的惩罚因子, 并借助所确定的惩罚因子, 惩罚不同于0的每个原子信道质量参数。

4. 按照权利要求3所述的方法, 其中所述输入参数还包括表示为每个用户设备缓存的数据量的缓冲器大小参数, 并且其中所述更新当前缓冲器状态变量包括使最初被设定为缓冲器大小参数的当前缓冲器状态变量的每个值减小已提供给对应的用户设备缓冲器的实际数据量, 所述实际数据量借助相应的惩罚因子, 考虑了传输帧之间的相互干扰。

5. 按照权利要求1所述的方法, 其中所述输入参数还包括每个用户设备的有效传输帧的数目, 并且其中所述方法还包括

在所述更新分配矩阵之后, 更新调度的用户设备的有效传输帧的数目, 和

在所述对于调度的物理资源块, 使与调度的传输帧相关的原子信道质量参数归0之后, 在有效传输帧的对应数目为0的情况下, 使与调度的用户设备相关的所有原子信道质量参数归0。

6. 按照权利要求3所述的方法, 其中当传输帧之间不存在相互干扰时, 所述情境化函数为0, 当每个传输帧被认为对所有其它传输帧引起恒定的干扰因子时, 所述情境化函数为常

数,而当每个传输帧被认为对邻近的传输帧引起恒定的干扰因子时,所述情境化函数是基于接近度的。

7.按照权利要求4所述的方法,其中所述信道质量参数是表示关于传输帧由中央单元针对至少一个用户设备评估的上行链路信道质量的上行链路信道质量参数,所述缓冲器状态参数是由能够在远程单元处获得的缓冲器状态报告连同上行链路信道质量参数一起构成的上行链路缓冲器状态参数。

8.按照权利要求4所述的方法,其中所述信道质量参数是表示由每个用户设备评估的下行链路信道质量的反馈下行链路信道质量参数,所述缓冲器状态参数是下行链路缓冲器状态参数。

9.一种调度包含至少一个网络小区(110)的无线网络(100)内的资源分配的方法(200),所述至少一个网络小区包含中央单元(105),所述中央单元提供网络小区内的覆盖,并且管理使中央单元和网络小区内的至少一个对应用户设备(UE₁-UE₇)进行通信的至少一个传输帧,所述方法包括:

取回(205)输入参数,对于每个用户设备,所述输入参数包括表示基于实际网络小区状况的测量/估计信道质量的信道质量参数;

对每个信道质量参数应用(215)去情境化函数以获得对应的原子信道质量参数,所述原子信道质量参数表示从实际网络小区状况去情境化的信道质量;

执行(220,320,420)调度算法以提供二进制分配矩阵,所述二进制分配矩阵指示每个调度的物理资源块、传输帧和用户设备;以及

对所述分配矩阵应用情境化函数以获得将被调度的传输帧用于往来于每个调度的用户设备的传输块传送的传输块大小的指示

其中所述执行(220)调度算法包括迭代调度算法,直到所有的原子信道质量参数被归零,对于每次迭代,所述调度算法包括:

选择(425,430)原子信道质量参数不同于0的用户设备、传输帧、物理资源块;

对于每个选择的用户设备,更新(435)表示选择的用户设备缓冲器的当前状态的当前缓冲器状态变量;

调度(440-455)当前缓冲器状态变量具有最小值的用户设备、远程单元以及物理资源块;

在每次调度时,通过把与调度的用户设备、传输帧以及物理资源块对应的分配矩阵的元素设定为表示所述调度的最初值,更新(460)分配矩阵;

对于调度的物理资源块,使与调度的传输帧相关的原子信道质量参数归0(465);以及更新(465)与调度的物理资源块对应的不同于0的每个原子信道质量参数。

10.按照权利要求9所述的方法,其中所述更新与调度的物理资源块对应的不同于0的每个原子信道质量参数包括对它应用表示如果当前调度决策的传输帧被传送那么会发生的干扰的惩罚因子,并借助所确定的惩罚因子,惩罚不同于0的每个原子信道质量参数。

11.按照权利要求10所述的方法,其中所述输入参数还包括表示为每个用户设备缓存的数据量的缓冲器大小参数,并且其中所述更新当前缓冲器状态变量包括使最初被设定为缓冲器大小参数的当前缓冲器状态变量的每个值减小已提供给对应的用户设备缓冲器的实际数据量,所述实际数据量借助相应的惩罚因子,考虑了传输帧之间的相互干扰。

12. 按照权利要求9所述的方法,其中所述输入参数还包括每个用户设备的有效传输帧的数目,并且其中所述方法还包括

在所述更新分配矩阵之后,更新调度的用户设备的有效传输帧的数目,和

在所述对于调度的物理资源块,使与调度的传输帧相关的原子信道质量参数归0之后,在有效传输帧的对应数目为0的情况下,使与调度的用户设备相关的所有原子信道质量参数归0。

13. 按照权利要求10所述的方法,其中当传输帧之间不存在相互干扰时,所述情境化函数为0,当每个传输帧被认为对所有其它传输帧引起恒定的干扰因子时,所述情境化函数为常数,而当每个传输帧被认为对邻近的传输帧引起恒定的干扰因子时,所述情境化函数是基于接近度的。

14. 按照权利要求11所述的方法,其中所述信道质量参数是表示关于传输帧由中央单元针对至少一个用户设备评估的上行链路信道质量的上行链路信道质量参数,所述缓冲器状态参数是由能够在远程单元处获得的缓冲器状态报告连同上行链路信道质量参数一起构成的上行链路缓冲器状态参数。

15. 按照权利要求11所述的方法,其中所述信道质量参数是表示由每个用户设备评估的下行链路信道质量的反馈下行链路信道质量参数,所述缓冲器状态参数是下行链路缓冲器状态参数。

16. 一种具有存储在其上的计算机程序指令的计算机可读存储介质,所述计算机程序指令当由一个或多个处理器执行时执行按照权利要求1-15中的任一项权利要求所述的方法。

17. 一种包含至少一个网络小区(110)的无线网络(100),所述至少一个网络小区包含中央单元(105),所述中央单元提供网络小区内的覆盖,并且管理使中央单元和网络小区内的至少一个对应用户设备(UE₁-UE₇)进行通信的至少一个传输帧,

其特征在于

基站包含调度单元,所述调度单元用于

取回(205)输入参数,对于每个用户设备,所述输入参数包括表示基于实际网络小区状况的测量/估计信道质量的信道质量参数;

对每个信道质量参数应用(215)去情境化函数,以获得对应的原子信道质量参数,所述原子信道质量参数表示从实际网络小区状况去情境化的信道质量;

执行(220,320,420)调度算法,以提供二进制分配矩阵,所述二进制分配矩阵指示每个调度的物理资源块、传输帧以及用户设备;以及

对所述分配矩阵应用情境化函数,以获得将被调度的传输帧用于往来于每个调度的用户设备的传输块传送的传输块大小的指示,

其中所述执行(220,320,420)调度算法包括迭代调度算法,直到所有的原子信道质量参数已被归零,对于每次迭代,所述调度算法包括:

对于每个用户设备,利用表示用户设备缓冲器的当前状态的当前缓冲器状态变量掩蔽(325)原子信道质量参数;

调度(325)掩蔽的原子信道质量参数具有最大值的用户设备、传输帧以及物理资源块;

在每次调度时,通过把与调度的用户设备、传输帧以及物理资源块对应的分配矩阵的

元素设定为表示所述调度的最初值,更新(330)分配矩阵;

根据所述调度,更新(335)调度的用户设备的当前缓冲器状态变量;

对于调度的物理资源块,使与调度的传输帧相关的原子信道质量参数归0(340);以及更新(345)对应于调度的物理资源块的不同于0的每个原子信道质量参数。

18.按照权利要求17所述的无线网络,其中所述无线网络是遵守先进的长期演进(LTE)标准、LTE标准或Wi-max标准的蜂窝通信网络,先进的长期演进(LTE)标准采用单载波频分多址接入方案进行上行链路传输,并且采用正交频分复用调制接入方案进行下行链路传输。

19.按照权利要求17或18所述的无线网络,还包括实现用于物理地传送所述至少一个传输帧的分布式天线系统的至少一个远程单元(RU_1, RU_2, RU_3),所述分布式天线系统的每个远程单元通过包含光纤、专用线路和/或专用射频链路的传输介质与中央单元耦接,并且能够借助无线链路同时与每个用户设备耦接。

20.按照权利要求17或18所述的无线网络,其中通过载波聚合方法,在独立的频带上传送各个传输帧。

无线通信网络的调度算法

技术领域

[0001] 本发明一般涉及无线通信网络,比如蜂窝网络。更具体地,涉及无线通信网络,比如通过频域分组调度,利用分布式天线系统的OFDM宽带无线通信网络上的资源分配。

背景技术

[0002] 宽带无线通信网络的发展已经历范围和性能的重大增长,最近已进入新一代的蜂窝系统(通常称为第四代或4G蜂窝无线系统),比如WiMAX(“微波接入全球互通”)—即,一种向较大的地理区域无线递送高速因特网服务的通信技术,LTE(“长期演进”)和LTE-advanced,所述LTE和LTE-advanced用来满足对高速数据和媒体传输的需求,以及未来10年对高质量话音和视频通信的支持。

[0003] 已知这样的新一代蜂窝系统利用一些先进技术,比如OFDM(“正交频分多路复用”)信号传输方案—基于利用频域中的间隔密集的多个子载波,以致相邻的子载波彼此正交,和相关的OFDMA“正交频分多址接入”接入方案,所述相关的OFDMA接入方案依赖于OFDM信号传输方案的使用,并且取决于根据调度决策,哪些单独的(或哪几组)子载波(即,基本资源分配,通常称为“物理资源块”)被分配给不同的用户,以便支持不同的服务质量(QoS),即,对每个用户个别地控制数据速率和错误概率。

[0004] 这种基于OFDMA的无线通信网络的扩展是考虑其在分布式天线系统内的实现,最初只是为了覆盖室内无线通信网络中的死点而引入的分布式天线系统最近已被认为可在室外无线通信网络中带来潜在好处(达到这样的程度,以致许多蜂窝服务提供商和/或系统制造商也考虑用分布式天线系统替换传统的蜂窝系统,或者在即将出现的4G无线通信网络中采用它们)。

[0005] 每个分布式天线系统(下面为了简明起见,简称为DAS系统或DAS)大体包括覆盖对应地理区域的空间分离的发射无线电的远程单元—例如天线的网络,和用于实现处理和管理操作的公共中央单元(或eNodeB),每个远程单元通过适当的传输介质(例如,光纤,专用线路,或专用射频链路)连接到所述公共中央单元。每个远程单元被配置成从中央单元接收数字基带信号,在数-模转换、滤波和放大操作之后,把对应的射频信号传送给相同网络小区中需要服务(例如,语音通话)的订户/用户的用户设备(例如,诸如蜂窝电话机之类的用户终端)。这样,由于利用远离中央单元的多个远程单元发射由中央单元传送的射频信号,因此相对于非DAS系统,获得更好的定义小区覆盖和扩展小区覆盖(从而,较少的覆盖盲区),简化的维护(因为DAS系统能够减少目标服务区内的中央单元的所需数目)和更高的信号与干扰加噪声比(SINR)。

[0006] 目前,已知其中公开提供调度方案的解决方法的许多工作。

[0007] 在Ping Gong,Ke Yu,Yumei Wang的“Radio resource allocation for multiuser OFDMA distributed antenna systems”(IEEE International Conference on Network Infrastructure and Digital Content,2009)中,作者面临沿下行链路方向,向在DAS模态中服务的多个用户分配发射功率和逻辑子带的问题。该分配问题用公式表示成

混合积分-线性优化问题,并计算近似最优解的启发式算法。

[0008] 在Joonil Choi,Ilsoo Sohn,Sungjin Kim和Kwang Bok Lee的“Efficient Uplink User Selection Algorithm in Distributed Antenna Systems”(IEEE 18th International Symposium on Personal,Indoor and Mobile Radio Communications, 2007)中,作者说明了把用户分配给天线的方案。

[0009] In W.Xu,Z.He,K.Niu的“Opportunistic Packet Scheduling in OFDM Distributed Antenna Systems”(WiCOM'09Proceedings of the 5th International Conference on Wireless communications, networking and mobile computing, 2009)中,作者研究了具有用于按照使分组遗失降至最小的方式,分配功率和子带的分布式天线的OFDM系统。

[0010] 在B.Yang,Y.Tang的“Heuristic Resource Allocation for Multiuser OFDM Distributed Antenna System with Fairness Constraints”(Proceedings of ICCTA 2009)中,作者面临使在具有DAS的OFDM系统中的一些约束下传送的通信量达到最大的问题。在这方面,作者提出向用户分配子载波的启发式算法,约束条件是在子载波上,天线只能够服务一个用户,并且每个用户具有预定的保证最小速率。

[0011] 在Lisha Ling,Tan Wang,Ying Wang,Cong Shi的“Schemes of Power Allocation and Antenna Port Selection in OFDM Distributed Antenna Systems”(Vehicular Technology Conference Fall (VTC 2010-Fall), 2010IEEE 72nd)中,作者提供一种OFDM-DAS系统上的功率分配和天线端口选择启发式算法。

[0012] 在Marsch P.,Khattak S.,Fettweis G.的“A Framework for Determining Realistic Capacity Bounds for Distributed Antenna Systems”(Information Theory Workshop, 2006. ITW '06 Chengdu. IEEE)中,作者提出一种通过链路级模拟,评估DAS系统的上行链路容量限制的架构。

[0013] 在Jun Zhang,Andrews J.的“Distributed Antenna Systems with Randomness Wireless Communications”(IEEE Transactions, 2008)中,作者通过模拟真实的信道,通过比较两种已知的发射技术(即,MRT或者说“最大比传输”和ST或者说“选择传输”),评估单小区和多小区DAS系统的性能,从而确认单小区MRT技术提供更好的性能,而多小区ST技术提供较低的停机概率。此外,作者研究了远程单元的几何或随机排列如何影响系统性能。

[0014] 在Zhu,H.,Karachontzitis,S.,Toumpakaris,D.的“Low-complexity resource allocation and its application to distributed antenna systems”(Wireless Communications, IEEE 2010)中,作者通过链路级模拟,通过比较两种已知的发射技术(即,MRT或者说“最大比传输”和ZFB或者说“迫零波束成形”),根据单小区系统和DAS系统中的频率分块(逻辑频带),评估在资源分配的情况下的性能增大。

[0015] 在Peng Shang,Guangxi Zhu,Li Tan,Gang Su,Tan Li的“Transmit Antenna Selection for the distributed MIMO Systems”(2009 International Conference on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing)中,作者面临作为两级优化问题的发射天线的选择问题:第一级选择用于确定用户的服务的天线的群集,而第二级选择所述群集中的哪些天线将被用于该用户。

[0016] 在Alexei Gorokhov,Dhananjay A.Gore和Arogyaswami J.Paulraj的“Receive

Antenna Selection for MIMO Spatial Multiplexing: Theory and Algorithms” (IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, VOL. 51, NO. 11, NOVEMBER 2003) 中, 作者举例说明了针对MIMO系统说明, 并且适用于DAS系统的用于上行链路方向的接收天线的选择的不同算法。

发明内容

[0017] 申请人认识到上述工作都没有公开同时激活不同的远程单元, 并且同时把相同的可用时间-频率资源分配给不同的激活远程单元(从而允许利用空间复用技术), 同时考虑到吞吐量最大化(这里, 打算作为通过通信信道的成功数据或数据分组递送的平均速率的最大化)和激活的远程单元之间的相互干扰的调度算法。

[0018] 此外, 申请人认识到在Ping Gong, Ke Yu, Yumei Wang的工作中, 每个用户被假定连接到单个远程单元, 只接收一个数据流(从而不允许基于多个远程单元的空间复用技术的使用), 和独占整个逻辑子频带, 然而既未考虑用户缓冲器的有限大小, 又未考虑目的在于获得最大吞吐量的分配标准。此外, 在引用的工作中, 管理调度的实体被假定知道物理参数(例如, 每个逻辑子频带上的噪声功率), 而实际上, 在LTE-Advanced中, 用户未报告所述物理参数。

[0019] 相反, 就Joonil Choi, Illsoo Sohn, Sungjin Kim和Kwang Bok Lee的工作, 以及Alexei Gorokhov, Dhananjay A. Gore和Arogyaswami J. Paulraj的工作来说, 据申请人所说, 说明的算法不允许向用户分配资源, 而是仅仅根据物理层的特征, 建立用户-天线连接(从而不考虑帧的概念, 或者用户必须传送的数据量)。

[0020] 申请人还发现在W. Xu, Z. He, K. Niu的工作中, 总功率被分配给具有最大增益的天线(从而, 没有提及多个天线的同时选择), 类似于Lisha Ling, Tan Wang, Ying Wang, Cong Shi的工作, 其中通过为每个用户选择最佳天线, 实现功率最大化(从而没有考虑空间复用和干扰问题), 和B. Yang, Y. Tang的工作, 其中选择具有与要求的最小速率最接近的速率的用户, 并使之与具有最大增益的天线和子载波关联(而不考虑在缓冲器内的数据量方面的所选用户的缓冲器状态)。

[0021] 此外, 申请人认为在Peng Shang, Guangxi Zhu, Li Tan, Gang Su, Tan Li的工作中, 未考虑空间复用的可能性, 以及缓冲器的有限大小。此外, 在引用的工作中, 服务选择仅仅基于在LTE-Advanced中未由用户明确报告的物理层的特征。

[0022] 如上所述, 许多蜂窝服务提供商和/或系统制造商考虑在即将出现的4G无线网络, 比如LTE-Advanced中, 采用DAS系统, 从而申请人着手解决设计一种适合于提供新的简单并且有效的调度过程的解决方案的问题, 所述调度过程同时激活不同的远程单元, 并且同时把相同的可用物理资源块分配给不同的同时激活的远程单元, 同时考虑吞吐量最大化和激活的远程单元之间的相互干扰。

[0023] 这样做时, 申请人特别注意提出一种能够容易地适应于尽管不一定具备DAS系统, 不过被认为就同时资源分配来说, 受和调度不同远程单元的同时激活相同的公共问题影响的无线通信网络的进一步实现的调度过程。例如, LTE-Advanced的另一种可能的关键增强特征是借助载波聚合的带宽扩展, 以支持部署高达100MHz的带宽, 这允许实现下行链路中高于1Gbps, 上行链路中高于500Mbps的峰值目标数据速率。载波聚合的吸引力来自于它允

许运营商/提供商通过聚合几个较小的连续或非连续载波,部署系统,同时提供对传统用户的向后兼容性的事实。事实上,由于LTE-Advanced必须提供对传统用户的频谱兼容性,因此通过多个载波的聚合,可提供LTE-Advanced中对更宽带宽的支持,其中每个载波表现为传统用户的LTE载波,而LTE-Advanced用户能够同时(并且按照3种可能的聚合情形,即“带内连续”,“带内非连续”和“带间非连续”之一),在几个载波上进行传送和接收。

[0024] 按照本发明的具体实施例的解决方案的一个或多个方面记载在独立权利要求中,同时在从属权利要求中指出了相同解决方案的有利特征,其措词作为参考逐字包含在此(参考本发明的实施例的解决方案的具体方面提供的有利特征加以必要的变更适用于任何其它方面)。

[0025] 更具体地,按照本发明的一个或多个实施例的解决方案涉及一种调度包含至少一个网络小区的无线通信网络内的资源分配的方法,所述至少一个网络小区包含中央单元,所述中央单元提供网络小区内的覆盖,并且管理使中央单元和网络小区内的至少一个对应用户设备进入通信状态的至少一个传输帧。所述方法包括

[0026] 取回输入参数,对于每个用户设备,所述输入参数包括表示基于实际网络小区状况的测量/估计信道质量的信道质量参数;

[0027] 对每个信道质量参数应用去情境化函数,以获得对应的原子信道质量参数,所述原子信道质量参数表示从实际网络小区状况去情境化的信道质量;

[0028] 进行调度算法,以提供二进制分配矩阵,所述二进制分配矩阵指示每个调度的物理资源块,传输帧和用户设备;和

[0029] 对所述分配矩阵应用情境化函数,以获得将被调度传输帧用于往来于每个调度的用户设备的传输块传输的传输块大小的指示。

[0030] 在本发明的实施例中,所述进行调度算法包括迭代调度算法,直到所有的原子信道质量参数已归零为止,对于每次迭代,所述调度算法可包括:

[0031] 对于每个用户设备,利用表示用户设备缓冲器的当前状态的当前缓冲器状态变量,掩蔽原子信道质量参数;

[0032] 调度其掩蔽的原子信道质量参数具有最大值的用户设备,传输帧和物理资源块;

[0033] 在每次调度时,通过把对应于调度的用户设备,传输帧和物理资源块的分配矩阵的元素设定为表示所述调度的最初值,更新分配矩阵;

[0034] 按照所述调度,更新调度的用户设备的当前缓冲器状态变量;

[0035] 对于调度的物理资源块,使与调度的传输帧相关的原子信道质量参数为0;和

[0036] 更新对应于调度的物理资源块的不同于0的各个原子信道质量参数。

[0037] 最好(不过不是必需的),所述掩蔽原子信道质量参数包括用各个原子信道质量参数本身和当前缓冲器状态变量之间的最小值,替换该原子信道质量参数。

[0038] 在本发明的另一个非限制性实施例中,所述进行调度算法可包括迭代调度算法,直到所有的原子信道质量参数归零为止,对于每次迭代,所述调度算法可包括:

[0039] 选择其原子信道质量参数不同于0的用户设备,传输帧,物理资源块;

[0040] 对于每个选择的用户设备,更新表示选择的用户设备缓冲器的当前状态的当前缓冲器状态变量;

[0041] 调度其当前缓冲器状态变量具有最小值的用户设备,远程单元和物理资源块;

[0042] 在每次调度时,通过把对应于调度的用户设备,传输帧和物理资源块的分配矩阵的元素设定为表示所述调度的最初值,更新分配矩阵;

[0043] 对于调度的物理资源块,使与调度的传输帧相关的原子信道质量参数为0;和

[0044] 更新与调度的物理资源块对应的不同于0的各个原子信道质量参数。

[0045] 有利的是,所述更新对应于调度的物理资源块的不同于0的各个原子信道质量参数包括对其应用表示如果当前调度决策的传输帧被传送,那么会发生的干扰的惩罚因子,并借助确定的惩罚因子,惩罚不同于0的各个原子信道质量参数。

[0046] 输入参数还包括表示为每个用户设备缓存的数据量的缓冲器大小参数,所述更新当前缓冲器状态变量可包括使最初设定为缓冲器大小参数的当前缓冲器状态变量的各个值减小已提供给对应的用户设备缓冲器的实际数据量,所述实际数据量借助相应的惩罚因子,考虑了传输帧之间的相互干扰。

[0047] 输入参数还包括每个用户设备的有效传输帧的数目。在这方面,所述方法还包括

[0048] 在所述更新分配矩阵之后,更新调度的用户设备的有效传输帧的数目,和

[0049] 在所述对于调度的物理资源块,使与调度的传输帧相关的原子信道质量参数为0之后,在有效传输帧的对应数目为0的情况下,使与调度的用户设备相关的所有原子信道质量参数为0。

[0050] 按照一个非限制性实施例,当传输帧之间不存在相互干扰时,情境化函数为0,当每个传输帧被认为对所有其它传输帧引起恒定的干扰因子时,情境化函数为常数,而当每个传输帧被认为对邻近的传输帧引起恒定的干扰因子时,情境化函数是基于接近度的。

[0051] 在上行链路情况下,所述信道质量参数是表示就传输帧而论,由中央单元关于至少一个用户设备评估的上行链路信道质量的上行链路信道质量参数,而所述缓冲器状态参数是由可在远程单元获得的缓冲器状态报告,连同上行链路信道质量参数一起构成的上行链路缓冲器状态参数。在下行链路情况下,所述信道质量参数是表示由各个用户设备评估的下行链路信道质量的反馈下行链路信道质量参数,而所述缓冲器状态参数是下行链路缓冲器状态参数。

[0052] 按照本发明的实施例的解决方案的另一个方面涉及一种可载入计算机系统的至少一个内部存储器中的计算机程序,所述计算机系统具有输入单元和输出单元,以及处理单元,所述计算机程序包含当在计算机系统中运行时,适合于单独或组合地实现以上的方法步骤的可执行软件。

[0053] 按照本发明的实施例的解决方案的另一个方面涉及一种包含至少一个网络小区的无线网络,所述至少一个网络小区包含中央单元,所述中央单元提供网络小区内的覆盖,并且管理使中央单元和网络小区内的至少一个对应用户设备进入通信状态的至少一个传输帧。基站包含调度单元,所述调度单元用于

[0054] 取回输入参数,对于每个用户设备,所述输入参数包括表示基于实际网络小区状况的测量/估计信道质量的信道质量参数;

[0055] 对每个信道质量参数应用去情境化函数,以获得对应的原子信道质量参数,所述原子信道质量参数表示从实际网络小区状况去情境化的信道质量;

[0056] 进行调度算法,以提供二进制分配矩阵,所述二进制分配矩阵指示每个调度的物理资源块,传输帧和用户设备;和

[0057] 对所述分配矩阵应用情境化函数,以获得将被调度传输帧用于往来于每个调度的用户设备的传输块传输的传输块大小的指示。

[0058] 无线通信网络可以是遵守采用单载波频分多址接入方案进行上行链路传输,采用正交频分复用调制接入方案进行下行链路传输的先进的长期演进(LTE)标准,LTE标准或Wi-max标准的蜂窝通信网络,而不脱离本发明的范围。

[0059] 无线通信网络还包含实现用于物理传送所述至少一个传输帧的分布式天线系统的至少一个远程单元,分布式天线系统的每个远程单元通过包含光纤、专用线路和/或专用射频链路的传输介质,与中央单元耦接,并且可借助无线链路,同时与各个用户设备耦接。

[0060] 另外或另一方面,可通过载波聚合方法,在独立的频带上传送各个传输帧。

[0061] 由于本发明,可用的物理资源块被分配给一组同时激活的远程单元,以便具有最大吞吐量和最小干扰(归因于相同时间-频率资源上的多个远程单元的同时激活)。从而,提出的过程能够利用空间复用技术,从而得益于频率选择性调度的优点。此外,尽管关于具备DAS系统的无线通信网络说明本发明,不过本发明也可适用于可被证明在一般性问题公式化方面,与这里举例说明的无线通信网络有关的其它无线通信网络结构(也不具备DAS系统,比如基于载波聚合的那些无线通信网络)。

附图说明

[0062] 根据本发明的一些非限制性的例证实施例的以下说明,本发明的这些及其它特征和优点将变得明显;为了更好地理解,应参考附图阅读以下说明,附图中:

[0063] 图1示意表示按照本发明的一个或多个实施例的解决方案可适用于的无线通信网络部分;

[0064] 图2示意表示按照本发明的原理的调度过程的高级方案;

[0065] 图3示意表示图解说明按照本发明的实施例的调度过程的调度算法的一系列操作的流程图;

[0066] 图4示意表示图解说明按照本发明的另一个实施例的调度过程的调度算法的一系列操作的流程图。

具体实施方式

[0067] 参考附图,图1表示其中可应用按照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(的一部分)。无线通信网络100包含多个固定位置的中央单元(CU),比如CU 105,所述固定位置的中央单元通常实现处理和管理,例如调度操作(如后更详细讨论);一个或多个CU,比如CU 105提供地理区域,也称为网络小区,比如(例如六角形)网络小区110内的(无线/有线)覆盖,以允许网络小区内的各个第*i*个用户设备(下面,UE或UE_{*i*},*i*=1,2,...N,本例中N=7)(比如网络小区110内的UE₁ UE₁-UE₇之一-例如移动电话机)接收所需的服务(例如,电话通话)。在所述的非限制性的例证实施例中,无线通信网络100是遵守即将来临的由第三代合作伙伴计划(3PP)通用移动通信系统(UMTS)标准化的先进的长期演进(LTE)协议的蜂窝通信网络(或者简称为蜂窝网络),其中使用用于上行链路传输(即,来自UE_{*i*}的传输路径)的单载波频分多址接入(SC-FDMA)方案和用于下行链路传输(即,朝向UE_{*i*}的传输路径)的正交频分复用调制接入(OFDMA)方案。如同所示,OFDMA和SC-FDMA方案允许把

不同数目的子载波分配给不同的UE_i,从而支持差异化的服务质量(QoS),即,对于每个UE_i,个别地控制数据速率和出错概率。

[0068] 如同所示,CU 105通常被配置成管理使CU 105与网络小区110内的一个或多个对应UE_i进入通信状态的一个或多个传输帧(即,包含构成待射频传送的信号的用户数据和控制数据的数据结构)。在图中可见的非限制性的例证实施例中,蜂窝网络100还包含 $j=1, 2, \dots, M$ 个(在公开的例子中, $M=3$)无线传输远程单元(实现分布式天线系统(或者说DAS系统或DAS)的RU或RU_j-例如,如图中所示,RU_j RU₁-RU₃的天线),所述无线传输远程单元通常配置成传送几个独立的传输帧,从而使CU 105和网络小区110内的一个、一些或所有UE_i之间的通信更高效(不过,如下更详细所述,本发明的原理可同样适用于采用载波聚合方法的系统,在载波聚合方法中,传输帧主要由中央单元在预定载波上传送,而不是由远程单元传送)。RU_j表示CU 105和网络小区110内的一个或多个UE_i之间的中间站(例如,通过从不同的RU_j发射例如待从CU 105传送给所选UE_i的射频信号),并且被分散在空间中,即,分布在网络小区110内,以便像常规实现中单个RU那样,提供相同地理区域(即,网络小区110本身)内的覆盖。

[0069] 有利的是,每个RU_j通过适当的传输介质-例如光纤(如这里假定并用实线例示一样),专用线路或者专用射频链路,连接到CU 105。从而,按照DAS系统的公知原理,每个RU_j被配置成接收来自CU 105的数字基带信号,并在进行适当的数-模转换、滤波和放大操作之后,把对应的射频信号传送给网络小区110中需要服务的UE_i(从而传送给订户/用户)。

[0070] 为了完整起见,如本领域的普通技术人员公知的那样,诸如CU 105之类的CU通常是无线接入网络(未图示)的一部分,无线接入网络通常与E-UTRAN(“演进-UMTS地面无线接入网络”,未图示)通信耦接,E-UTRAN一般再与其它网络,比如因特网和/或公共交换电话网(未图示)耦接。

[0071] 按照本发明的实施例,CU 105(一般,通过其调度单元或调度器,未图示)被配置成实现目的在于处理不同RU_j的同时激活,以便向不同的RU_j分配相同的无线资源的调度过程,同时通过采用LTE-Advanced标准中已可用的参数,比如激活的RU_j之间的相互干扰,优化并使网络小区吞吐量最大化。

[0072] 现在参见图2,图2示意表示按照本发明的原理的调度过程200的高级方案。

[0073] 如前所述,调度过程200的目的是通过恰当并且同时激活可以最小的相互干扰向其分配可用的物理无线资源块的一组RU_j,使网络小区的吞吐量达到最大。

[0074] 应理解术语“无线资源”可具有与用于蜂窝网络的技术(例如,用于实现通过信道或链路的传输的调制和编码方案的技术)相应的特定含意;对这里例证公开的蜂窝网络来说,这样的术语一般应被理解成,从而在下面被称为由CU调度器为数据传输目的而分配的无线“物理资源块”,即,多组的基本资源分配,比如传输载波(例如子载波)(例如,用于LTE-Advanced的物理资源块可包含一组12个子载波,当子载波带宽为15kHz时,或者一组24个子载波,当子载波带宽为7.5kHz时)。

[0075] 在该例证的公开实施例中,在每个TTI(“传输时间间隔”,即,在空中接口的信号时间-例如,1TTI=1ms),在CU内运行调度过程200,调度过程200通常包含输出表示UE_i-RU_j分配调度决策(即,每个调度的无线资源块,RU_j和UE_i)的分配矩阵的调度算法,和使得可以尽可能正确和可靠地作出调度决策的预备操作(如下简要说明)。

[0076] 在该例证的公开实施例中,调度过程200准备/取回(例如,接收)表示网络小区内的UE_i的状态,并且按照最新的版本10LTE标准,比如在下行链路传输的情况下(下面只是为了易于说明,将引用这种情况),来自UE_i的,或者比如在上行链路传输的情况下,为此(例如由CU或RU_j利用任何适当的测量/估计方法,比如RSSI测量)生成/估计的输入参数(方框205)。有利的是,所述输入参数包含:

[0077] • 信道质量指示符(或者CQI(i, j))参数,下面也称为信道质量参数),即,利用性能度量(比如信噪比(SNR),信号与干扰加噪声比(SINR)),并且指示下行链路传输的适当数据速率(一般,调制和编码方案(MCS)值),以便传送给各个UE_i的各个RU_j的通信信道质量的测量/估计。如同所示,依据测量/估计期间的实际的当前网络小区状况(例如,实际活动的RU_j之间的信号干扰),调整所述测量/估计。在本非限制性实现中,将假定CQI(i, j)整体包含存在于CU中的可被分配给通信信道质量的测量/估计(并表示成可为每个物理资源块分配的字节数)的可能的离散CQI值(下面,CQI_val)的阵列,和存在于各个UE_i中,由各个UE_i向CU报告,以便传达在CQI值的阵列内,最佳近似所考虑的UE_i对所有RU_j作出的信道质量的测量/估计的值CQI_val的位置的对应CQI索引矩阵(下面,CQI_ind(i, j))。

[0078] • UE_i信息,即,在以下方面涉及各个第i个UE_i的信息

[0079] 缓冲器大小参数q_i,即,对于下行链路传输,就各个第i个UE_i来说,在CU(或者对于上行链路传输,在UE_i)缓存的数据量(在上行链路,借助在LTE标准和LTE-Advanced标准中提供的缓冲器状态报告,使CU可以获得这样的参数);和

[0080] 空间层L_i,即,就各个第i个UE_i来说的有效层的数目(应注意,在载波聚合方法中,应考虑有效传输帧的数目,而不是有效层的数目)。

[0081] • 物理资源块(或PRB_k),即,每个第k组基本资源分配,比如由CU调度器为数据传输而分配给UE_i的传输载波(例如,子载波)。

[0082] • 帧大小FS(j),即,每个第j个RU_j具有的供信号传输之用的频率空间的大小(用PRB_k表示)。

[0083] 按照本发明,信道质量参数被认为是“情境化的”,即,报告的CQI(i, j)参数的测量/估计涉及确定的PRB_k上的一组确定的RU_j(下面称为有效集合)的激活。

[0084] 在这方面,按照本发明,调度过程200对对应“原子”测量/估计,即,不受条件限制的,不关联的,即,从在CQI(i, j)参数测量/估计期间,考虑的RU_j所属于的有效集合中去情境化的测量/估计中的所述考虑的RU_j,利用例如驻留在CU中,并被定义成能够变换对于各个第i个UE_i(上行链路情况)计算的,或者由各个第i个UE_i(下行链路情况)报告的每个CQI(i, j)参数测量/估计的函数的适当去情境化函数g,和按照作出的调度决策,具体地,按照对于每个UE_i,由调度器调度的有效集合,对每个UE_i利用例如同样驻留在CU中,并被定义成能够修改对于每k个PRB_k的预期比特量的函数的情境化函数f(即,情境化函数f实现相对于去情境化函数g的逻辑逆运算)。易于理解,情境化函数f和去情境化函数g不是对本发明的限制,因为按照特定和依条件而定的标准,可用任何数学式或模型表示它们。只是作为例子,情境化函数f可以是:

[0085] • “0”,指示RU之间的相互干扰为0;

[0086] • “常数”,指示假定每个RU_j对所有其它的RU_j引起恒定的干扰(例如,干扰因子等于1,意味去情境化CQI索引矩阵的当前CQI_ind必须被减1,并且必须利用TBS中的值CQI_

val的阵列,相应地估计PRB_k的字节数);

[0087] • “基于接近度”,指示假定每个RU_j只对邻近的RU_j引起恒定的干扰,对非邻近的RU_j,干扰为0。

[0088] 当收到以上的输入参数时,调度过程200初始化(例如,以缓冲器大小参数q_i的值)表示各个UE缓冲器的当前状态的当前缓冲器状态变量B_i(方框210),随后计算“原子CQI矩阵”,下面称为aCQI(i,j,k)矩阵(方框215),即,通过对CQI_{i,j,k}元素(CQI_{i,j,k}元素又源于CQI_val阵列和CQI_ind(i,j)索引表)应用去情境化函数g,和关于网络小区特征并且表示从已按照其计算/估计反馈参数的有效集合(例如,与调度过程的5次在先执行相关的有效集合,在所讨论的例子中,5ms)中去情境化的信道质量的信息而获得的“原子CQI_{i,j,k}”元素或aCQI_{i,j,k}元素的矩阵。

[0089] 换句话说,aCQI(i,j,k)矩阵的aCQI_{i,j,k}元素表示对于各个第k个PRB_k,可传送的比特量,即,如果在第k个上PRB_k,只有第j个RU_j才会有效,那么待传送给各个第i个UE_i的各个第k个PRB_k的比特数,从而与固定地以激活的一组RU_j的确定的分配配置为条件的CQI_{i,j,k}元素(从其得到aCQI_{i,j,k}元素)相反,aCQI_{i,j,k}元素的值不依赖于先前按照其测量/估计它们的有效集合。

[0090] 随后,在方框220,调度过程200进行调度算法(下面说明),所述调度算法迭代,直到aCQI(i,j,k)矩阵完全被归零为止(即,其所有aCQI_{i,j,k}元素为0),并利用二进制分配矩阵T(i,j,k)提供调度决策(方框225),所述二进制分配矩阵T(i,j,k)表示调度的UE_i、RU_j和PRB_k,即,对于和各个第i个UE_i有关的各个第j个RU_j分配的各个第k个PRB_k,而不存在将由调度的RU用于往来于各个调度的UE_i的传送块传输的传送块大小的任何指示(而是将通过对分配矩阵T(i,j,k)应用情境化函数f来提供该信息)。

[0091] 参见图3,图3示意表示图解说明按照本发明的实施例的调度算法320的一系列操作的流程图。调度算法320始于黑色的起始圆圈,随后进入方框325,在方框325,通过利用对应的第i个UE_i的当前缓冲器状态变量B_i，“掩蔽”aCQI(i,j,k)矩阵(例如,通过对于每个第k个PRB_k,用CQI_val[CQI_ind(i,j)]和B_i之间的最小值,替换aCQI(i,j,k)矩阵的每个aCQI_{i,j,k}元素),从而避免浪费无线资源,因为防止分配比为传送第i个UE_i缓冲器的所有数据而请求的无线资源更多的无线资源(即,不存在对于第i个UE_i的传输容量过度估计),随后确定aCQI(i,j,k)矩阵的具有最大CQI_val的aCQI_{i,j,k}元素(从而,调度其对应的掩蔽aCQI_{i,j,k}元素具有最大值的第i个UE_i,第j个RU_j和第k个PRB_k)。

[0092] 在方框330,调度算法320更新分配矩阵T(i,j,k)(例如,通过对于各个调度的UE_i、RU_j和PRB_k,关联值“1”),如果需要,还更新用于第i个UE_i的层数L_i,例如,在第i个UE_i在至少一层收到服务的情况下。

[0093] 调度算法320随后更新所有第i个UE_i的当前缓冲器状态变量B_i(方框335);只是作为例子,这可通过把每个当前缓冲器状态变量B_i的值(例如,最初设定为对应的缓冲器大小参数q_i,参见上面的初始化步骤)减去已提供给对应的UE缓冲器的实际数据量来实现,所述实际数据量借助对应的惩罚因子,考虑了RU_j之间的可能的相互空间干扰。

[0094] 随后,aCQI(i,j,k)矩阵的与第k个PRB_k上的第j个RU_j相关的列被归零,如果需要(例如,层用完了),第i个UE_i的一行的剩余部分也被归零(方框340)。

[0095] 在方框345,调度算法320应用(借助情境化函数f)干扰模型,以更新将用于下一个

新的有效集合的aCQI (i, j, k) 矩阵的未归零的aCQI_{i, j, k}元素。在本发明的实施例中,这是通过确定表示如果传送利用当前的调度决策确定的有效集合的第j个RU_j(或者等同地,如果传输帧被传送),那么会发生的干扰的惩罚因子P,并通过考虑到它自己的干扰和对在它之前激活的RU_j引起的干扰,惩罚当前的aCQI_{i, j, k}元素(借助确定的惩罚因子P),更新当前的aCQI_{i, j, k}元素来实现的(换句话说,惩罚因子表示在先报告的参数CQI (i, j) 和当考虑依据当前调度决策确定的有效集合时,假想地计算的CQI (i, j) 参数之间的差异)。

[0096] 这样,更新的aCQI_{i, j, k}元素形成新的UE_i、RU_j、PRB_k调度的新的更新的当前aCQI (i, j, k) 矩阵,直到待调度的所有可能的UE_i、RU_j、PRB_k结束为止;如图中例证所示,调度算法320通过在判定方框350检查aCQI (i, j, k) 矩阵的所有aCQI_{i, j, k}元素是否已被归零(表示已检查所有可能的UE_i、RU_j、PRB_k),实现这一点。在肯定的情况下(判定方框350的Y分枝),调度算法320结束于双端黑圈(并使调度过程结束,因为调度过程提供表示和(一个或多个)UE_i有关的在(一个或多个)RU_j上的所有第k个PRB_k的分配的分配矩阵T (i, j, k)),而在否定的情况下(判定方框350的N分枝),调度算法320重复上面讨论的方框325-350的步骤,直到aCQI (i, j, k) 矩阵的所有aCQI_{i, j, k}元素被归零为止。

[0097] 为了完整和清楚起见,下面将提出并简要讨论调度算法320的一个实际的数值运算例子。在这方面,假定考虑在下面的表中举例说明的非限制性的例证情形,即,包含涉及的UE_i的数目,涉及的RU_j的数目,考虑的PRB_k的数目和层数L_i的“一般配置”表,可能(例如离散)值的阵列CQI_val,包含每对第i个UE_i/第j个RU_j的涉及对应的相关CQI_val估计/测量的索引表CQI_ind (i, j),由情境化函数f按照有效集合的配置所取的值给出的惩罚因子P,和当前缓冲器状态变量B_i(最初假定为等于第i个UE_i的缓冲器大小参数q_i的值)。

[0098] 一般配置

[0099]

UE _i 的数目	2
RU _j 的数目	3
PRB _k 的数目	2
层数	2

[0100] CQI_val [CQI_ind (i, j)]

[0101]

0	6	15	25	39	50	63	72	80	93
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----

[0102] CQI_ind (i, j)

[0103]

	RU ₁	RU ₂	RU ₃
UE ₁	6	2	9
UE ₂	4	8	3

[0104] 惩罚因子

[0105]

(RU ₁ , RU ₂ , RU ₃) 配置	$P = f (RU_1, RU_2, RU_3) = \{P_1, P_2, P_3\}$
(0, 0, 1)	{0, 0, 0}
(0, 1, 0)	{0, 0, 0}

(1,0,0)	{0,0,0}
(0,1,1)	{0,2,2}
(1,1,0)	{2,2,0}
(1,0,1)	{1,0,1}
(1,1,1)	{3,4,3}

[0106] B_i

[0107]

	q_i
UE ₁	93
UE ₂	130

[0108] 为了说明的简单起见,假定去情境化函数 g 已被应用,从而索引CQI_ind(i, j)和索引CQI_val(i, j)指向的值CQI_val已是原子的。按照这种假设,对于待分配的两个第 k 个PRB _{k} ,从CQI_val表和索引表CQI_ind(i, j)得到的aCQI(i, j, k)矩阵如下(表示成两个不同的表,每个表用于待分配的对应第 k 个PRB _{k}):

[0109] aCQI($i, j, k=1$)

[0110]

	RU ₁	RU ₂	RU ₃
UE ₁	63	15	93

[0111]

UE ₂	39	80	25
-----------------	----	----	----

[0112] aCQI($i, j, k=2$)

[0113]

	RU ₁	RU ₂	RU ₃
UE ₁	63	15	93
UE ₂	39	80	25

[0114] 为了避免浪费无线资源,在aCQI(i, j, k)矩阵的掩蔽操作,即,用CQI_val[CQI_ind(i, j)]和当前缓冲器状态变量 B_i (最初假定成等于对应 q_i 参数的值)之间的最小值替换各个CQI_val[CQI_ind(i, j)](即,aCQI(i, j, k)矩阵的aCQI _{i, j, k} 元素的各个值)之后,获得aCQI(i, j, k)矩阵。在所讨论的情况下,由于UE的所有 q_i 参数都具有至多等于或者甚至高于各个aCQI _{i, j, k} 元素的值,因此在掩蔽操作之后的结果aCQI(i, j, k)矩阵和上面的相同。

[0115] 在这种状况下,aCQI(i, j, k)矩阵的具有最大CQI_val(93,在讨论的例子中)的aCQI _{i, j, k} 元素是对应于UE₁、RU₃、PRB₁($i=1, j=3, k=1$)的元素。分配矩阵 $T(i, j, k)$ 被更新($T_{1,3,1}$ 等于1,表示为相对于UE₁的数据传输,在RU₃上分配PRB₁)。

[0116] 由于最大CQI_val还对应于CQI_val的可能的最大值,从而RU₃还未被传送给UE₁。涉及UE₁的层 L_1 被减去一个单元($L_1=1$)。

[0117] 随后,调度算法按照aCQI(i, j, k)矩阵的当前状态,即,通过考虑0(指示不提供可用的缓冲器大小来处理数据,即,缓冲器满载)和剩余的可用缓冲器大小(通过从缓冲器大小参数 q_i 中减去到此刻为止提供的数据而获得的)之间的最大值,更新当前缓冲器状态变量 B_i ,即:

[0118] • $B_1 = \max(0, q_1 - T_{1,3,1} * CQI_val[CQI_ind_{1,3}] = 93 - 93) = 0$

[0119] • $B_2 = \max(0, q_2) = 130$

[0120] 随后, $aCQI_{1,3,1} = aCQI_{2,3,1}$ 被归零 (因为为相对于 UE₁ 的数据传输, 在 RU₃ 上分配了 PRB₁, 从而避免了为相对于 UE₂ 的数据传输, 在 RU₃ 上的 PRB₁ 本身的分配), 而当各层未饱和时, 不进行 UE₁ 的一行的归零。

[0121] 随后, 对于各个待更新的 $aCQI_{i,j,k}$ 元素, 对于包含调度的 RU 和与待更新的 $aCQI_{i,j,k}$ 元素对应的 RU 的有效集合, 计算/取回惩罚因子 P, 随后应用干扰模型, 以便更新。

[0122] $aCQI_{1,1,1}$

[0123]

$$\left\{ \begin{array}{l} P=f(1,0,1)=\{1,0,1\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{1,1,1}=\max(0,CQI_val[CQI_ind_{1,1}-P_1]+T_{1,3,1}*CQI_val[CQI_ind_{1,3}} \\ -P_3]-T_{1,3,1}*CQI_val[CQI_ind_{1,3}-P_2])=\max(0, 50+80-93)=27 \end{array} \right.$$

[0124] $aCQI_{1,2,1}$

[0125]

$$\left\{ \begin{array}{l} P=f(0,1,1)=\{0,2,2\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{1,2,1}=\max(0,CQI_val[CQI_ind_{1,2}-P_2]+T_{1,3,1}*CQI_val[CQI_ind_{1,3}} \\ -P_3]-T_{1,3,1}*CQI_val[CQI_ind_{1,3}-P_1])=\max(0, 0+72-93)=0 \end{array} \right.$$

[0126] $aCQI_{2,1,1}$

[0127]

$$\left\{ \begin{array}{l} P=f(1,0,1)=\{1,0,1\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{2,1,1}=\max(0,CQI_val[CQI_ind_{2,1}-P_1]+T_{1,3,1}*CQI_val[CQI_ind_{1,3}} \\ -P_3]-T_{1,3,1}*CQI_val[CQI_ind_{1,3}-P_2])=\max(0, 25+80-93)=12 \end{array} \right.$$

[0128] $aCQI_{2,2,1}$

[0129]

$$\left\{ \begin{array}{l} P=f(0,1,1)=\{0,2,2\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{2,2,1}=\max(0,CQI_val[CQI_ind_{2,2}-P_2]+T_{1,3,1}*CQI_val[CQI_ind_{1,3}} \\ -P_3]-T_{1,3,1}*CQI_val[CQI_ind_{1,3}-P_1])=\max(0, 63+72-93)=42 \end{array} \right.$$

[0130] 从而, 更新的 $aCQI(i, j, k)$ 矩阵如下:

[0131] $aCQI(i, j, k=1)$

[0132]

	RU ₁	RU ₂	RU ₃
UE ₁	37	0	0
UE ₂	12	42	0

[0133] $aCQI(i, j, k=2)$

[0134]

	RU ₁	RU ₂	RU ₃
UE ₁	63	15	93
UE ₂	39	80	25

[0135] 由于aCQI (i, j, k) 矩阵还未被归零, 因此对新的调度决策迭代调度算法。

[0136] 这种情况下, ACM矩阵的具有最大CQI_val (即, 80, 在如前利用当前缓冲器状态变量掩蔽aCQI (i, j, k) 矩阵之后) 的aCQI_{i, j, k}元素是对应于UE₂、RU₂、PRB₂ (i=2, j=2, k=2) 的元素。分配矩阵T (i, j, k) 被更新 (T_{2,2,2}等于1, 表示为相对于UE₂的数据传输, 在RU₂上分配PRB₂)。

[0137] 涉及UE₂的层L₂被减去一个单元 (L₂=1)。

[0138] 如前, 调度算法随后更新当前缓冲器状态变量B_i, 即:

[0139] • B₁=0 (如前)

[0140] • B₂=max (0, q₂-T_{2,2,2}*CQI_VAL [CQI_{2,2}]) =max (0, 130-80) =50

[0141] 随后aCQI_{2,2,2}=aCQI_{1,2,2}被归零 (因为为相对于UE₂的数据传输, 已在RU₂分配了PRB₂, 从而避免为相对于UE₁的数据传输, 在RU₂上的PRB₂本身的分配), 而当各层未饱和时, 不进行UE₂的一行的归零。

[0142] 随后, 对于各个待更新的aCQI_{i, j, k}元素, 计算/取回对应的惩罚因子P, 从而应用于干扰模型, 以便更新:

[0143] aCQI_{1,1,2}

[0144]

$$\left\{ \begin{array}{l} P=f(1,1,0)=\{2,2,0\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{1,1,2}=\max(0, CQI_val[CQI_ind_{1,1}-P_1]+T_{2,2,2}*CQI_val[CQI_ind_{2,2}-P_2]-T_{2,2,2}*CQI_val[CQI_ind_{2,2}-P_3])=\max(0, 39+63-80)=22 \end{array} \right.$$

[0145] aCQI_{2,1,1}

[0146]

$$\left\{ \begin{array}{l} P=f(1,1,0)=\{2,2,0\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{2,1,1}=\max(0, CQI_val[CQI_ind_{2,1}-P_1]+T_{2,2,2}*CQI_val[CQI_ind_{2,2}-P_2]-T_{2,2,2}*CQI_val[CQI_ind_{2,2}-P_3])=\max(0, 15+63-80)=0 \end{array} \right.$$

[0147] aCQI_{1,3,1}

[0148]

$$\left\{ \begin{array}{l} P=f(0,1,1)=\{0,2,2\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{1,3,1}=\max(0, CQI_val[CQI_ind_{1,3}-P_3]+T_{2,2,2}*CQI_val[CQI_ind_{2,2}-P_2]-T_{2,2,2}*CQI_val[CQI_ind_{2,2}-P_1])=\max(0, 72+63-80)=55 \end{array} \right.$$

[0149] aCQI_{2,3,1}

[0150]

$$\left\{ \begin{array}{l} P=f(0,1,1)=\{0,2,2\}=\{P_1,P_2,P_3\} \\ aCQI_{2,3,1}=\max(0,CQI_val[CQI_ind_{2,3}-P_3]+T_{2,2,2}*CQI_val[CQI_ind_{2,2}} \\ -P_2]-T_{2,2,2}*CQI_val[CQI_ind_{2,2}-P_1])=\max(0,6+63-80)=0 \end{array} \right.$$

[0151] 从而,更新的aCQI (i, j, k) 矩阵如下:

[0152] aCQI (i, j, k=1)

[0153]

	RU ₁	RU ₂	RU ₃
UE ₁	37	0	0
UE ₂	12	42	0

[0154] aCQI (i, j, k=2)

[0155]

	RU ₁	RU ₂	RU ₃
UE ₁	22	0	55
UE ₂	0	0	0

[0156] 由于更新的aCQI (i, j, k) 矩阵还未被归零,因此对新的调度决策迭代调度算法。

[0157] 这种情况下,aCQI (i, j, k) 矩阵的具有最大CQI_val (即,42,在利用当前缓冲器状态变量掩蔽aCQI (i, j, k) 矩阵之后)的aCQI_{i,j,k}元素是对应于UE₂、RU₂、PRB₁ (i=2, j=2, k=1) 的元素。分配矩阵T (i, j, k) 被更新 (T_{2,2,1}等于1),而涉及UE₂的层L₂无变化,因为RU₂已向UE₂传送。

[0158] 随后,调度算法按照aCQI (i, j, k) 矩阵的当前状态,更新当前缓冲器状态变量B_i。这种情况下,缓冲器B₁不倒空,因为在PRB₁上,RU₂空间干扰RU₃-从而惩罚因子等于P₃=2 (P=f (0, 1, 1) = {0, 2, 2} = {P₁, P₂, P₃}), 即:

[0159] • B₁=max (0, q₁-T_{1,3,1}*CQI_val [CQI_ind_{1,3}-P₃]) =max (0, 93-72) =21

[0160] 而缓冲器B₂可被照常计算:

[0161] • B₂=max (0, q₂-T_{2,2,1}*CQI_val [CQI_ind_{2,2}-P₂]) =max (0, 130-80-63) =0

[0162] 随后,aCQI_{2,2,1}=aCQI_{1,2,1}被归零,计算/取回惩罚因子,从而应用干扰模型,以更新aCQI (i, j, k) 矩阵的aCQI_{i,j,k}元素。作为结果的矩阵如下:

[0163] aCQI (i, j, k=1)

[0164]

	RU ₁	RU ₂	RU ₃
UE ₁	0	0	0
UE ₂	0	0	0

[0165] aCQI (i, j, k=2)

[0166]

	RU ₁	RU ₂	RU ₃
UE ₁	22	0	55
UE ₂	0	0	0

[0167] 由于更新的aCQI (i, j, k) 矩阵未被归零, 因此对于另一个调度决策, 迭代调度算法。

[0168] 这种情况下, aCQI (i, j, k) 矩阵的具有最大CQI_val (即, 55, 在利用当前缓冲器状态变量掩蔽aCQI (i, j, k) 矩阵之后) 的aCQI_{i,j,k}元素是对应于UE₁、RU₃、PRB₂ (i=1, j=3, k=2) 的元素。分配矩阵T (i, j, k) 被更新 (T_{1,3,2}等于1), 而涉及UE₂的层L₂无变化, 因为RU₃已向UE₁传送。

[0169] 随后, 调度算法更新当前缓冲器状态变量B_i。这种情况下, 缓冲器B₂不倒空, 因为在PRB₂上, RU₂干扰RU₃ (从而, 惩罚因子等于2), 即:

$$[0170] \quad \bullet B_2 = \max(0, 130 - 80 - 63) = 0$$

[0171] 而缓冲器B₁为

$$[0172] \quad \bullet B_1 = \max(0, 93 - 72 - 72) = 0$$

[0173] 随后, aCQI_{1,3,2}=aCQI_{2,3,2}被归零, 计算/取回惩罚因子, 从而应用干扰模型, 以更新aCQI (i, j, k) 矩阵的aCQI_{i,j,k}元素。此时, 矩阵为空, 调度算法终止, 提供下面例示的分配矩阵:

[0174] T (i, j, k=1)

[0175]

	RU ₁	RU ₂	RU ₃
UE ₁	0	0	1
UE ₂	0	1	0

[0176] T (i, j, k=2)

[0177]

	RU ₁	RU ₂	RU ₃
UE ₁	0	0	1
UE ₂	0	1	0

[0178] 图4示意表示图解说明按照本发明的另一个实施例的调度过程的调度算法420的一系列操作的流程图。

[0179] 调度算法420始于黑色的起始圆圈, 随后进入判定方框425, 在判定方框425, 进行测试, 以检查aCQI (i, j, k) 矩阵是否具有至少一个索引三元组 (i, j, k), 以致对应的aCQI_{i,j,k}元素不同于0。在肯定的情况下 (判定方框425的Y分枝), 调度算法420开始调度其当前缓冲器状态变量B_i具有最小值的UE_i、RU_j和PRB_k的调度循环; 更具体地, 在各个调度循环中, 调度算法420选择索引三元组 (i, j, k), 更新分配矩阵T (i, j, k) 的对应T_{i,j,k}元素 (例如, 通过将其设定为“1”) (方框430), 并通过假定对应于选择的索引三元组 (i, j, k) 的aCQI_{i,j,k}元素被用于传输, 计算当前缓冲器状态变量B_i (例如, 和前面一样, 通过aCQI (i, j, k) 矩阵和惩罚因子) (方框435)。

[0180] 随后, 调度算法420进入判定方框440, 在判定方框440, 进行测试, 以检查选择的索引三元组 (i, j, k) 是否是最佳选择 (对调度来说)。为了进行这种检查, 可以使用任何适当的标准, 比如吞吐量最大化等; 在这种情况下, 判定方框440被配置成检查最小的B_i, 例如, 通过比较与选择的索引三元组 (i, j, k) 对应的值B_i和与在先前的调度循环中已被识别成具有最小B_i的 (保存的) 索引三元组 (i, j, k) 对应的值B_i (和前面一样, 被调度UE的当前缓冲器状

态变量 B_i 的计算/更新包括把被调度UE的缓冲器大小参数 q_i 减去已提供给对应的用户设备缓冲器的实际数据量,所述实际数据量利用对应的惩罚因子,考虑了有效集合之间的相互干扰)。

[0181] 在肯定的情况下(判定方框440的Y分枝),在方框445,调度算法420保存通过所述比较,被认为确定 B_i 的最低值(事实上,由于 B_i 表示给第 i 个UE的排队数据,因此 B_i 的较低值对应于较高的数据传输,而 B_i 的较高值对应于较低的数据传输)的索引三元组 (i, j, k) —并保存对应的新的aCQI (i, j, k) 矩阵配置,从而进入方框450(在方框450,分配矩阵 $T(i, j, k)$ 的 $T_{i, j, k}$ 元素被设定为例如“0”,并保存值 $T_{i, j, k}=0$);否则(判定方框440的N分枝),调度算法直接跳转到方框450。

[0182] 只要调度循环还未选择所有的其它索引三元组 (i, j, k) ,并比较其值 B_i 和当前的最大值 B_i ,就重复方框430-450的操作。在这方面,在判定方框455,调度算法420检查是否考虑了所有的索引三元组 (i, j, k) (索引三元组 (i, j, k) 结束)。在肯定的情况下(判定方框455的Y分枝),调度算法420把与已确定 B_i 的最低值的索引三元组 (i, j, k) 对应的分配矩阵 $T(i, j, k)$ 的 $T_{i, j, k}$ 元素设定为1(方框460)—并且和前面一样,更新被调度UE的有效层的数目—而在否定的情况下(判定方框455的N分枝),调度算法420返回方框430,进行调度循环的新迭代,直到考虑了所有可用的索引三元组 (i, j, k) 为止。

[0183] 从而,在调度循环的所有迭代之后,在方框460可获得被调度的第 i 个UE,第 j 个RU和第 k 个PRB。此时,按照和上面的调度算法相似的方式,调度算法420更新aCQI (i, j, k) 矩阵(方框465),例如通过使与被调度PRB的被调度RU相关的aCQI $_{i, j, k}$ 元素(即,aCQI (i, j, k) 矩阵的与被调度PRB $_k$ 上的被调度RU相关的列)归零,通过更新各个未被调度的UE $_i$ 、RU $_j$ 和PRB $_k$ 的aCQI $_{i, j, k}$ 元素(不同于零),并且如果需要(对被调度UE $_i$ 来说,各层终止),通过使aCQI (i, j, k) 矩阵与被调度UE $_i$ 相关的行归零。和前面一样,各个aCQI $_{i, j, k}$ 元素的更新包含对其应用指示如果传送利用当前调度决策确定的有效集合的第 j 个RU $_j$,那么会发生的干扰的惩罚因子 P ,并通过考虑到它自己的干扰,和对在它之前被激活的RU $_j$ 引起的干扰,(借助确定的惩罚因子 P),惩罚当前元素aCQI $_{i, j, k}$,更新aCQI $_{i, j, k}$ 。

[0184] 更新的aCQI (i, j, k) 矩阵从而用于数据传输,并构成下一个调度决策的新基础。在这方面,迭代调度算法420,直到aCQI (i, j, k) 矩阵被归零为止(事实上,从图中可看出,调度算法420从方框465返回方框425,从而一旦aCQI (i, j, k) 矩阵已被归零(判定方框425的N分枝),就结束)。

[0185] 这里公开上述调度算法的一个实际例子。

[0186] 我们考虑为举例说明在先实施例的调度算法而假定的相同情形,不过与该调度算法不同,缓冲器的值是那些临界值($q_1=85$; $q_2=143$)。下面简要举例说明调度算法420的步骤。

[0187] 首先,从 $B_1=0$, $B_2=0$ 开始,获得以下矩阵:

[0188] $T_{1,1,1}=1$

[0189]

	B_i
UE $_1$	63
UE $_2$	0

[0190] $T_{1,2,1}=1$

[0191]

	B_i
UE ₁	15
UE ₂	0

[0192] $T_{1,3,1}=1$

[0193]

	B_i
UE ₁	85
UE ₂	0

[0194] $T_{1,1,2}=1$

[0195]

	B_i
UE ₁	63
UE ₂	0

[0196] $T_{1,2,2}=1$

[0197]

	B_i
UE ₁	15
UE ₂	0

[0198] $T_{1,3,2}=1$

[0199]

	B_i
UE ₁	85
UE ₂	0

[0200] $T_{2,1,1}=1$

[0201]

	B_i
UE ₁	0
UE ₂	39

[0202] $T_{2,2,1}=1$

[0203]

	B_i
UE ₁	0
UE ₂	80

[0204] $T_{2,3,1}=1$

[0205]

	B_i
UE ₁	0
UE ₂	25

[0206] $T_{2,1,2}=1$

[0207]

	B_i
UE ₁	0

[0208]

UE ₂	39
-----------------	----

[0209] $T_{2,2,2}=1$

[0210]

	B_i
UE ₁	0
UE ₂	80

[0211] $T_{2,3,2}=1$

[0212]

	B_i
UE ₁	0
UE ₂	25

[0213] 最佳配置为 $T_{1,3,1}=1$,从而分配PRB₁, aCQI_{1,3,1}元素的对应行被删除,考虑 $B_1=85$,
 $B_2=0$:

[0214] $T_{1,1,1}=1$

[0215]

	B_i
UE ₁	85
UE ₂	0

[0216] $T_{1,2,1}=1$

[0217]

	B_i
UE ₁	72
UE ₂	0

[0218] $T_{1,1,2}=1$

[0219]

	B_i
UE ₁	85
UE ₂	0

[0220] $T_{1,2,2}=1$

[0221]

	B_i
UE ₁	85
UE ₂	0

[0222] $T_{1,3,2}=1$

[0223]

	B_i
UE ₁	85
UE ₂	0

[0224] $T_{2,1,1} = 1$

[0225]

	B_i
UE ₁	80
UE ₂	25

[0226] $T_{2,2,1} = 1$

[0227]

	B_i
UE ₁	72
UE ₂	63

[0228] $T_{2,1,2} = 1$

[0229]

	B_i
UE ₁	85
UE ₂	39

[0230] $T_{2,2,2} = 1$

[0231]

	B_i
--	-------

[0232]

UE ₁	85
UE ₂	80

[0233] $T_{2,3,2} = 1$

[0234]

	B_i
UE ₁	85
UE ₂	25

[0235] 最佳配置为 $T_{2,2,2} = 1$,从而分配PRB₁, aCQI_{2,2,2}元素的对应行被删除,考虑 $B_1 = 85$,
 $B_2 = 80$:

[0236] $T_{1,1,1} = 1$

[0237]

	B_i
UE ₁	85
UE ₂	80

[0238] $T_{1,2,1} = 1$

[0239]

	B_i
--	-------

UE ₁	72
UE ₂	80

[0240] $T_{1,1,2} = 1$

[0241]

	B_i
UE ₁	85
UE ₂	63

[0242] $T_{1,3,2} = 1$

[0243]

	B_i
--	-------

[0244]

UE ₁	85
UE ₂	63

[0245] $T_{2,1,1} = 1$

[0246]

	B_i
UE ₁	80
UE ₂	105

[0247] $T_{2,2,1} = 1$

[0248]

	B_i
UE ₁	72
UE ₂	143

[0249] $T_{2,1,2} = 1$

[0250]

	B_i
UE ₁	85
UE ₂	78

[0251] $T_{2,3,2} = 1$

[0252]

	B_i
UE ₁	85
UE ₂	69

[0253] 最佳配置为 $T_{2,2,1} = 1$,从而分配PRB₁,删除aCQI_{2,2,1}元素的对应行,并考虑 $B_1 = 72$,
 $B_2 = 143$:

[0254] $T_{1,1,1} = 1$

[0255]

	B_i
--	-------

[0256]

UE ₁	85
-----------------	----

UE ₂	119
-----------------	-----

[0257] $T_{1,1,2}=1$

[0258]

	B _i
UE ₁	85
UE ₂	126

[0259] $T_{1,3,2}=1$

[0260]

	B _i
UE ₁	85
UE ₂	126

[0261] $T_{2,1,1}=1$

[0262]

	B _i
UE ₁	63
UE ₂	125

[0263] $T_{2,1,2}=1$

[0264]

	B _i
UE ₁	72
UE ₂	141

[0265] $T_{2,3,2}=1$

[0266]

	B _i
UE ₁	72
UE ₂	132

[0267] 由于未发现更好的配置,因此调度算法终止。于是,UE₁和UE₂的缓冲器可被分别向下倒空到以下值:

[0268] $q_1=85-72=13$

[0269] $q_2=143-143=0$

[0270] 自然地,为了满足本地的具体要求,本领域的技术人员可对上述解决方案应用许多逻辑和/或物理修改和变更。更具体地,尽管参考本发明的优选实施例,以一定程度的特殊性说明了本发明,不过应明白形式和细节方面的各种省略、替代和变化,以及其它实施例都是可能的。特别地,即使没有为了更充分地理解本发明,而在前面的说明中记载的具体细节,也可实践本发明的不同实施例;相反,为了不因不必要的细节而妨碍说明,省略或简化了公知的特征。此外,作为一般的设计选择,结合本发明的任何公开实施例说明的具体要素和/或方法步骤可被包含在任何其它实施例中。

[0271] 例如,按照本发明的实施例的解决方案适合于通过等同的方法实现(通过利用相似的步骤,除去一些非必需步骤,或者增加另外的可选步骤);此外,可按照不同的顺序,并

发地或者(至少部分)交错地进行各个步骤。

[0272] 此外,尽管本发明的调度算法的通用原理被描述成应用于包含DAS系统的无线通信网络,不过这不应被限制性地解释;事实上,说明的调度算法可被概念性地用于尽管不具备DAS系统,但是涉及资源分配方面的类似问题表述的许多其它通信网络结构,而无实质性变化和脱离本发明的范围。在这方面,申请人还研究了实现载波聚合的通信网络,并且(如下简要说明)发现后者必须被视为这里公开的(一般)DAS问题的特殊子情况,这使为具备DAS系统的通信网络提出的调度算法也完全适用于载波聚合情境。

[0273] 事实上,如在本说明的介绍部分中简要所述,用于实现带宽扩展的载波聚合是LTE-Advanced的关键增强特征。

[0274] 通过利用上述符号的类似符号,在LTE-Advanced中,每个UE把其感知的下行链路信道状态,作为CQI_{i,j}值报告给eNodeB调度器,CQI_{i,j}值确定eNodeB应使用的传输块大小(TBS),即间接地,每个PRB的比特数。

[0275] 单个UE_i可在相同的时间-频率资源上,接收来自不同RU_j的传输。事实上,这样的传输是空间分离的,于是可以概率足够高地在UE_i被重构。在这方面,每个UE_i能够同时对最大数目的空间分离的各层解码(可以小于或大于在特定TTI能够把该UE_i作为目标的RU_j数目),而信道可同时支持的层数随时间变化(由UE_i估计,并作为秩指示符或者说RI,被报告给eNodeB调度器)。从而,在特定TTI,UE_i可接收多达RI个空间分离的层。

[0276] 调度器协调j=1,2,⋯,M个分布式RU_j,从而建立多达M帧。每个RU_j传送k=1,2,⋯,B_j PRB_k的一帧。网络小区为i=1,2,⋯,N UE_i提供服务,令q_i表示以UE_i为目的地的(在eNodeB物理排队)的待办事项(“UE待办事项”,从而与空闲UE_i和进度落后的UE_i区分开)。各个UE_i可同时从多达k_i个RU_j接收数据,其中k_i表示UE_i报告的RI。令 $K = \sum_{i=1}^N k_i$ 表示在特定时间,可利用的各层的总数,令CQI_{i,j}表示第j个RU_j将放入预定给第i个UE_i的PRB_k中的字节的数目,令x_{i,j}表示由第j个RU_j分配给第i个UE_i的PRB_k的数目。另外假定TBS随用于计算它的PRB的数目而线性增大,以致CQI_{i,j}*x_{i,j}是第i个UE_i从第j个RU_j接收的字节的总数。

[0277] 按照上面的假设,可如下用公式表示在各个TTI,计算确保最佳吞吐量的资源分配的目标:

$$[0278] \quad \max \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (CQI_{i,j} \cdot x_{i,j} - p_{i,j})$$

[0279] s. t.

$$[0280] \quad \sum_{j=1}^M (CQI_{i,j} \cdot x_{i,j} - p_{i,j}) \leq q_i \quad \forall i \quad (i)$$

$$[0281] \quad p_{i,j} \leq CQI_{i,j} - 1 \quad \forall i, j \quad (ii)$$

$$[0282] \quad \sum_{i=1}^N x_{i,j} \leq B_j \quad \forall j \quad (iii)$$

$$[0283] \quad \sum_{j=1}^M b_{i,j} \leq k_i \quad \forall i \quad (iv)$$

$$[0284] \quad x_{i,j} \geq b_{i,j} \quad \forall i, j \quad (v)$$

$$[0285] \quad x_{i,j} \leq b_{i,j} \cdot B \quad \forall i, j \quad (vi)$$

$$[0286] \quad b_{i,j} \in [0,1], p_{i,j}, x_{i,j} \in Z^+ \quad \forall i, j \quad (vii)$$

[0287] 引入以下的建模变量:

[0288] $-p_{i,j}$: 归因于PRB_k包含固定数目的字节的事实, 第i个UE_i从第j个RU_j接收的填充符(padding)。显然, 必须从目标函数中扣除填充符, 以便避免全部帧被分配给具有高CQI_{i,j}的空闲UE_i。

[0289] $-b_{i,j}$: 陈述第j个RU_j在服务第i个UE_i的二进制变量。

[0290] 约束(i) 确保每个UE_i不接收比清除其待办事项所需的PRB_k更多的PRB_k, 而约束(ii) 防止调度器分配填充符的全部PRB_k。另一方面, 约束(iii) 对每个RU_j强制执行关于帧长度的限制。约束(iv) 涉及同时的各层的最大数目, 而约束(v-vi) 迫使 $x_{i,j}$ 为正, 如果 $b_{i,j}=1$ 的话, 否则为空。B是以致 $B \geq B_j \forall j$ 的常数, 从而当 $b_{i,j}=1$ 时, 约束(vi) 无效。

[0291] 在允许载波聚合的小区中, LTE UE_i可在不同的时间-频率资源上, 接收不同载波上的传输, 而LTE-Advanced UE_i可在相同的TTI内, 接收多个载波上的传输。

[0292] LTE-Advanced UE_i可在特定TTI, 同时解码来自所有可用载波的数据。调度器协调M个载波, 从而建立M帧。在每个载波j上, 传送 B_j PRB的一帧。小区为 $i=1, 2, \dots, N$ UE_i个提供服务, 令 q_i 表示以第i个UE_i为目的地的(在eNodeB物理排队的)待办事项。LTE-Advanced UE_i可同时接收来自所有RU_j的数据。令 $K = \sum_{j=1}^N k_j$ 表示在特定时间, 可利用的载波的总数, 令CQI_{i,j}表示eNodeB将放入预定给第i个UE_i的载波j的PRB_k中的字节的数目, 令 $x_{i,j}$ 表示载波j上分配给第i个UE_i的PRB_k的数目。还假定TBS随用于计算它的PRB_k的数目线性增大, 以致CQI_{i,j} * $x_{i,j}$ 是第i个UE_i在载波j上接收的字节的总数。

[0293] 按照上面的定义和假设, 可如下用公式表示载波聚合感知形式的最佳吞吐量问题:

$$[0294] \quad \max \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (CQI_{i,j} \cdot x_{i,j} - p_{i,j})$$

[0295] s. t.

$$[0296] \quad \sum_{j=1}^M (CQI_{i,j} \cdot x_{i,j} - p_{i,j}) \leq q_i \quad \forall i \quad (i)$$

$$[0297] \quad p_{i,j} \leq CQI_{i,j} - 1 \quad \forall i, j \quad (ii)$$

$$[0298] \quad \sum_{i=1}^N x_{i,j} \leq B_j \quad \forall j \quad (iii)$$

$$[0299] \quad \sum_{j=1}^M b_{i,j} \leq k_i \quad \forall i \quad (iv)$$

$$[0300] \quad x_{i,j} \geq b_{i,j} \quad \forall i, j \quad (v)$$

$$[0301] \quad x_{i,j} \leq b_{i,j} \cdot B \quad \forall i, j \quad (vi)$$

$$[0302] \quad b_{i,j} \in [0,1], p_{i,j}, x_{i,j} \in Z^+ \quad \forall i, j \quad (vii)$$

[0303] 引入以下建模变量:

[0304] $-p_{i,j}$: 归因于PRB_k包含固定数目的字节的事实,第i个UE_i在载波j上接收的填充符。显然,必须从目标函数中扣除填充符,以便避免全部帧被分配给具有高CQI_{i,j}的空闲UE_i。

[0305] $-b_{i,j}$: 陈述载波j为第i个UE_i运送数据的二进制变量。

[0306] 约束(i) 确保每个UE_i不接收比为清除其待办事项所需的PRB_k更多的PRB_k,而约束(ii)防止调度器分配填充符的全部PRB_k。另一方面,约束(iii)对每个载波强制执行关于帧长度的限制。约束(iv)涉及同时的载波的最大数目,而约束(v-vi)迫使 $x_{i,j}$ 为正,如果 $b_{i,j}=1$ 的话,否则为空。 B 是以致 $B \geq B_j \forall j$ 的常数,从而当 $b_{i,j}=1$ 时,约束(vi)无效。

[0307] 于是,通过比较上面的解析表述可知,DAS感知吞吐量最大化问题大体和载波聚合感知吞吐量最大化问题匹配,从而本领域的技术人员可容易地使上面关于DAS系统情境说明的调度算法适应于载波聚合情境(从而,适应于任何其它类似的情境)。

[0308] 尽管说明的调度算法被认为基本上在下行链路方向工作,不过不应限制性地理解这一点。事实上,在上行链路方向可同样地应用按照本发明的调度算法;在这方面,在未示出的备选实施例中,UE报告的所述CQI被eNodeB对UE进行的信道估计替换,下行链路传输中的缓冲器大小参数被归因于LTE标准和LTE-Advanced标准提供的BSR(缓冲器状态报告)的报告,在eNodeB可获得的上行链路传输中的缓冲器大小参数替换。

[0309] 此外,自然可按照调度决策基于上行链路和下行链路反馈信息,或者它们的任意组合的方式,实现调度算法。

[0310] 另外,如果无线通信网络具有不同的结构或包含等同的组件,或者它具有其它运行特征,那么可应用类似的考虑因素。总之,其任意组件可被分成几个元件,或者两个或更多的组件可被结合成单个元件;另外,每个组件可被重复,以并行地执行对应操作的执行。还应注意,不同组件之间的任何交互作用不必是连接的(除非另有说明),可以是直接的交互作用,和通过一个或多个中间物的间接交互作用。

[0311] 此外,尽管本发明明确提到基于LTE-Advanced标准的无线通信网络,不过应明白申请人决不意图局限于任何特定的无线通信系统体系结构或协议的实现。在这方面,借助适当的简单修改,本发明的链路调度算法也可适用于其它开放或专有通信协议,比如它们之中的WiMAX。

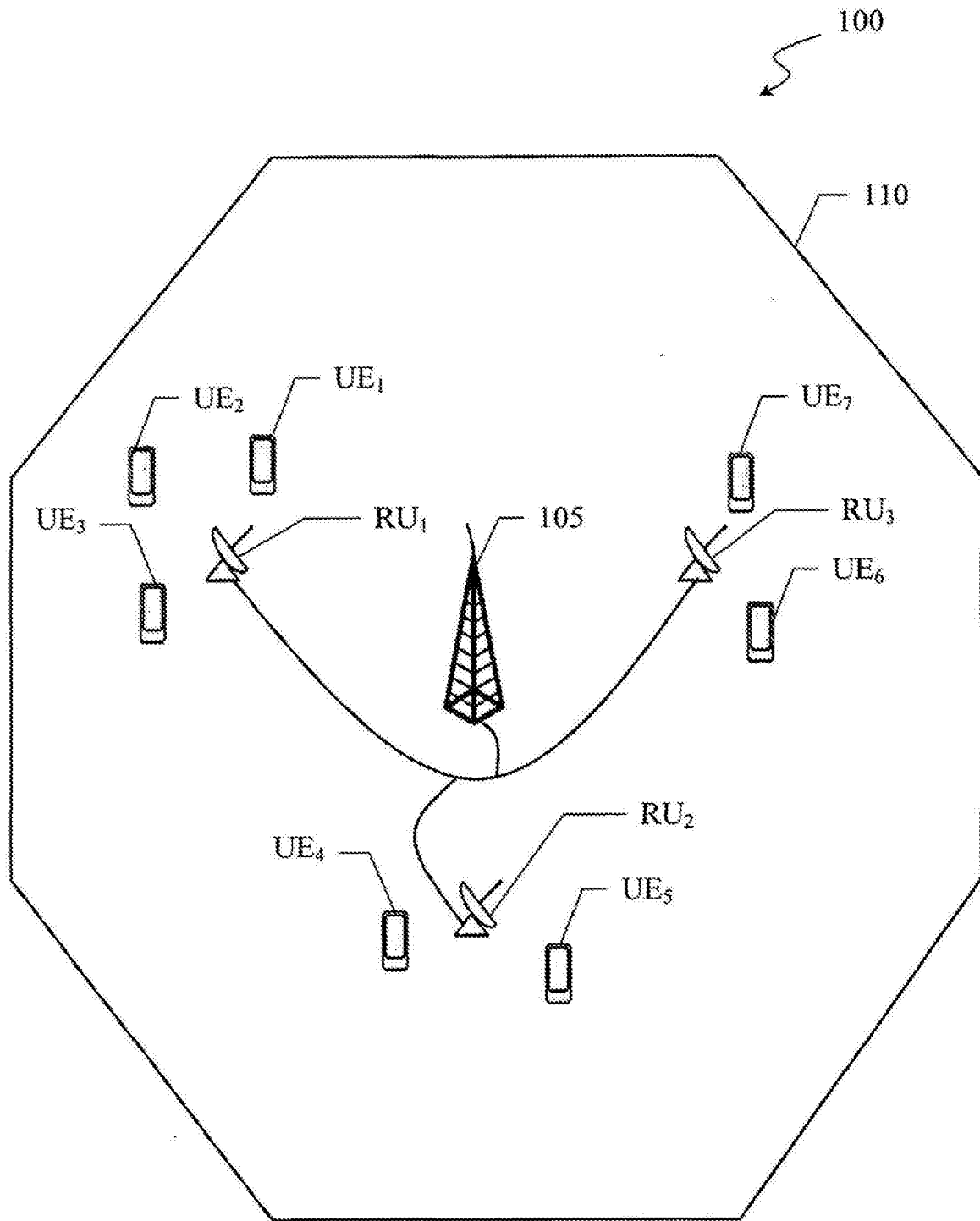


图1

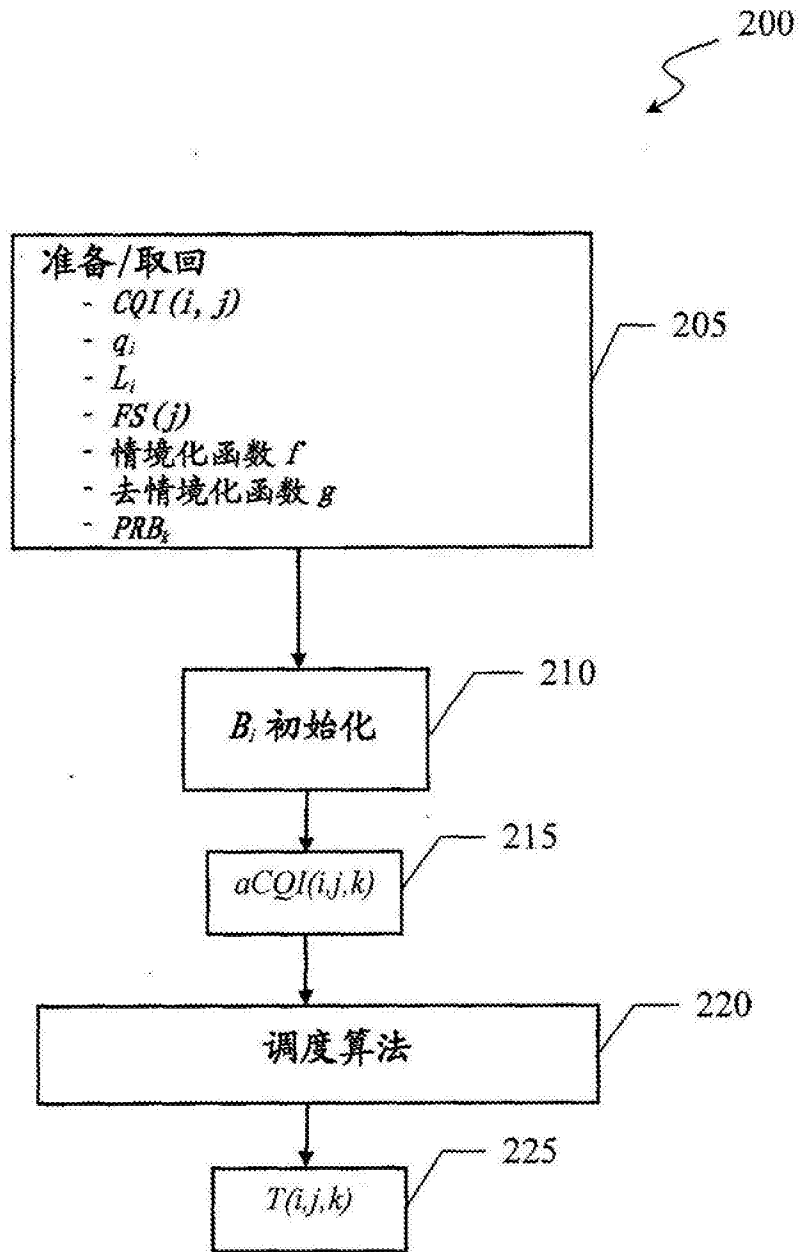


图2

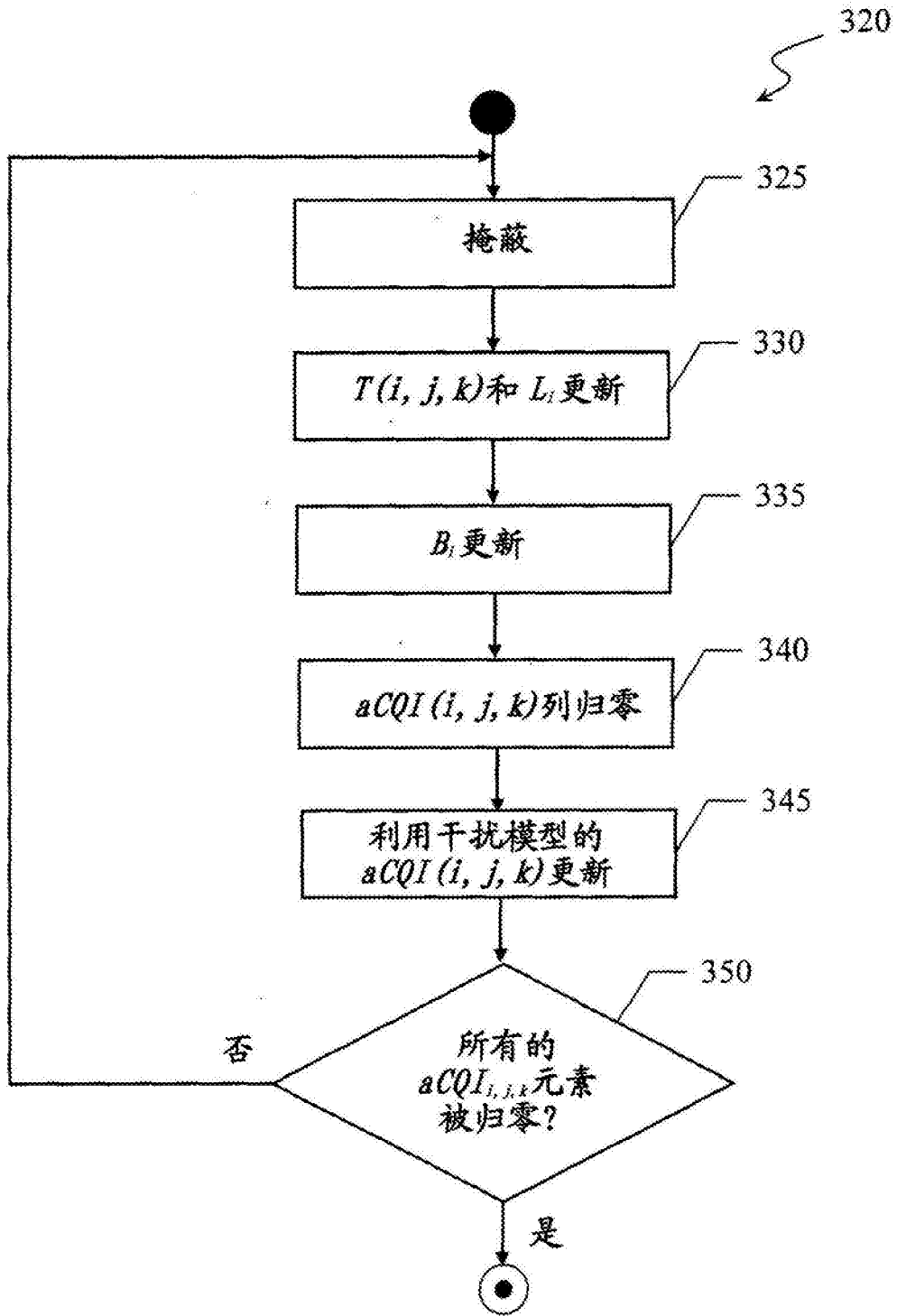


图3

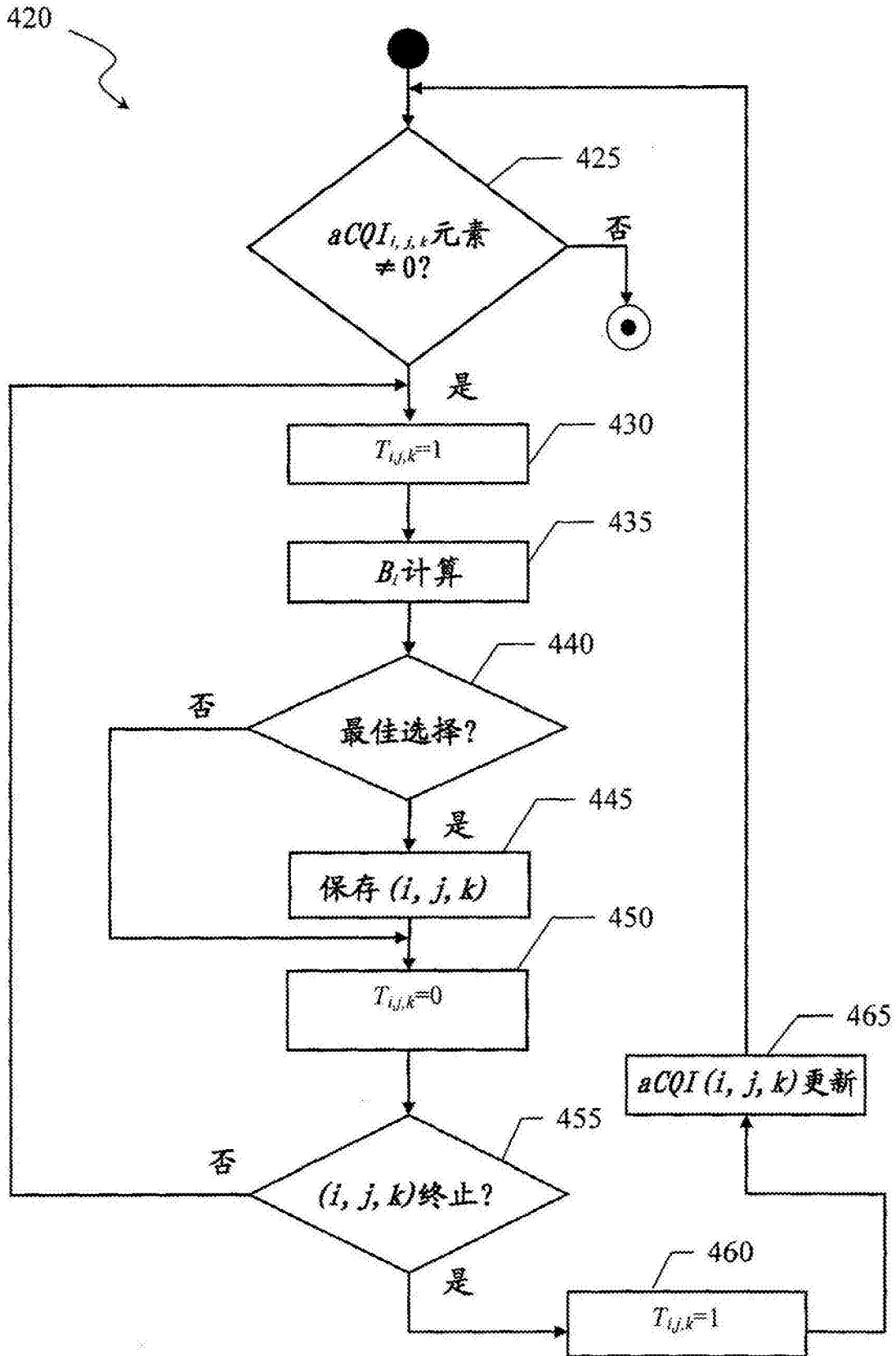


图4