

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04L 12/56 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480004588.2

[45] 授权公告日 2009年6月10日

[11] 授权公告号 CN 100499572C

[22] 申请日 2004.2.18

[21] 申请号 200480004588.2

[30] 优先权

[32] 2003.2.19 [33] GB [31] 0303859.3

[32] 2003.4.16 [33] GB [31] 0308931.5

[86] 国际申请 PCT/GB2004/000642 2004.2.18

[87] 国际公布 WO2004/075568 英 2004.9.2

[85] 进入国家阶段日期 2005.8.19

[73] 专利权人 富士通株式会社

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 赛义德·阿备帝

[56] 参考文献

CN1396778A 2003.2.12

CN1336747A 2002.2.20

US2002/0044529A1 2002.4.18

US6493331B1 2002.12.10

EP1227626A2 2002.7.31

审查员 杨颖

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

代理人 李辉

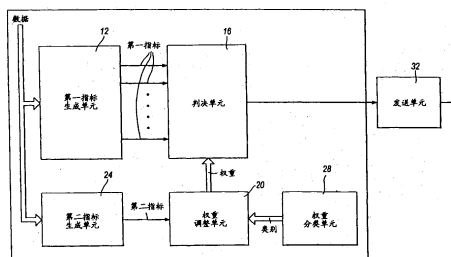
权利要求书5页 说明书37页 附图25页

[54] 发明名称

分组调度的方法和装置

[57] 摘要

分组调度装置对例如高速下行链路分组接入系统(HSDPA)中的通过至少一个信道从诸如节点B的发送机向诸如多个UE的多个接收机发送的数据分组进行调度。第一指标生成单元(12)生成调度性能在至少两个不同方面的第一指标。判决单元(16)使用第一指标的加权组合来判定数据分组要发送到接收机。所述加权组合是通过根据各个相应的权重(WEIGHTS)对第一指标进行组合而生成。第二指标生成单元(24)生成调度性能的至少一个第二指标。分类单元(28)针对各个第二指标根据期望的权重对于相关第二指标的可能影响将权重分为至少两个不同种类的权重。权重调整单元(20)使用各个第二指标以及针对各个第二指标的权重分类来调整权重。可以对于不同信道和输入负载状况灵活地调整该分组调度装置。



1、一种分组调度方法，用于对分组数据从发送机通过至少一个信道到多个接收机的传送进行调度，该方法包括以下步骤：

5 生成调度性能在至少两个不同方面的第一指标，并使用第一指标的加权组合来确定分组要传送到的接收机，所述加权组合是通过根据各个相应权重对第一指标进行组合而生成的；

生成调度性能的至少一个第二指标；

10 针对各个所述第二指标，根据预期的权重对相关第二指标的可能影响来将权重分类为至少两种不同的权重类别；以及

使用各个所述第二指标以及针对各个第二指标的权重类别来调整所述权重。

2、根据权利要求1所述的方法，其中，针对各个第二指标的一个所述权重类别是由对所述第二指标的所述可能影响为正的各个权重构成的有利类别，如果存在的话。

3、根据权利要求1所述的方法，其中，针对各个第二指标的一个所述权重类别是由对所述第二指标的所述可能影响为负的各个权重构成的不利类别，如果存在的话。

20 4、根据权利要求1所述的方法，其中，针对各个第二指标的一个所述权重类别是由对所述第二指标的所述可能影响不确定的各个权重构成的中性类别，如果存在的话。

5、根据权利要求2所述的方法，其中，如果第二指标降低，则将针对该第二指标的所述有利类别中的权重增加。

25 6、根据权利要求2所述的方法，其中，如果第二指标增加，则将针对该第二指标的所述有利类别中的权重保持不变。

7、根据权利要求2所述的方法，其中，如果第二指标不变，则将针对该第二指标的所述有利类别中的权重增加。

8、根据权利要求3所述的方法，其中，如果第二指标降低，则将针对该第二指标的所述不利类别中的权重降低。

9、根据权利要求 3 所述的方法，其中，如果第二指标增加，则将针对该第二指标的所述不利类别中的权重保持不变。

10、根据权利要求 3 所述的方法，其中，如果第二指标不变，则将针对该第二指标的所述不利类别中的权重降低。

5 11、根据权利要求 4 所述的方法，其中，无论第二指标中的任何变化都将针对该第二指标的所述中性类别中的权重保持不变。

12、根据上述权利要求 1-11 中任一项所述的方法，还包括以下步骤：使用各个第二指标值在时间上的值的历史记录来确定该第二指标在增加、降低还是不变。

10 13、根据上述权利要求 1-11 中任一项所述的方法，其中：

各个所述权重具有各自的第一值和第二值，所述第一值用于生成第一指标的加权组合并且受到一个或更多个规定的限制，所述第二值不受所述限制；并且

15 基于所述类别和各个所述第二指标来根据先前的第二值计算新的第二值；并且

以确保所述第一值满足所述规定的限制的方式来根据第二值得到新的第一值。

14、根据权利要求 13 所述的方法，其中，一个所述限制是各个第一值必须大于或等于零。

20 15、根据权利要求 13 所述的方法，其中，一个所述限制是任何所述权重的最大第一值必须不大于预定的最大值。

16、根据权利要求 15 所述的方法，其中，所述预定的最大值是初始权重组中的最大第一值。

25 17、根据上述权利要求 1-11 中任一项所述的方法，其中，至少一个所述第一指标独立于影响所述第一指标中的另一个的至少一个所述方面。

18、根据上述权利要求 1-11 中任一项所述的方法，其中，向提供接收机的一种业务分配的优先级至少影响一个所述第一指标。

19、根据上述权利要求 1-11 中任一项所述的方法，其中，针对各个

接收机生成至少一个这种第一指标的加权组合，并且使用针对不同接收机各自的加权组合来确定分组要发送到的接收机。

20、根据权利要求 19 所述的方法，还包括以下步骤：

5 针对各个所述接收机生成各自的这种第一指标的第一加权组合和第二加权组合；

根据接收机各自的第一加权组合对接收机进行排名，并按照接收机排名顺序形成接收机列表；以及

根据接收机各自的第二加权组合，从所述列表中的最高排名的接收机起对列表中的接收机分配信道。

10 21、根据权利要求 20 所述的方法，其中，通过根据各自相应的第一权重对第一指标进行组合来生成第一加权组合，并通过根据各自相应的第二权重对第一指标进行组合来生成第二加权组合，并对所述第一权重和/或所述第二权重进行分类，并根据所述第二指标以及所述类别对其进行调整。

15 22、根据权利要求 1 到 11 中的任一项所述的方法，包括以下步骤：
生成多个候选调度方案，各个调度方案至少指定分组要传送到的接收机；

针对各个候选方案生成这种第一指标和这种加权组合；以及

20 对不同的候选方案使用各自的加权组合以确定分组要传送到的接收机。

23、根据权利要求 22 所述的方法，其中，至少一个候选方案是使用遗传算法生成的。

24、根据权利要求 22 所述的方法，其中，至少一个所述候选方案是随机生成的。

25 25、根据权利要求 22 所述的方法，其中，可以使用多个信道将分组从发送机传送到接收机，并且各个所述候选方案指定如何向指定的接收机分配可用的信道。

26、根据权利要求 22 所述的方法，其中，所述加权组合是适合度函数。

27、根据上述权利要求 1-11 中任一项所述的方法，其中，所述不同方面中的一个方面是在可容忍延迟阈值内将数据传送到相关接收机是成功还是失败。

28、根据上述权利要求 1-11 中任一项所述的方法，其中，所述不同方面中的一个方面是发送机与相关接收机之间的信道质量。

29、根据上述权利要求 1-11 中任一项所述的方法，其中，所述不同方面中的一个方面是估计有多少数据可以成功地传送到相关接收机。

30、根据上述权利要求 1-11 中任一项所述的方法，其中，所述不同方面中的一个方面是在发送机处有多少数据正在等待传送到相关接收机。

31、根据上述权利要求 1-11 中任一项所述的方法，其中，所述不同方面中的一个方面是将数据传送到相关接收机过程中的延迟。

32、根据上述权利要求 1-11 中任一项所述的方法，其中，所述不同方面中的一个方面是商业方面。

33、根据上述权利要求 1-11 中任一项所述的方法，对一系列调度时刻迭代地执行，其中，对于各个所述调度时刻，生成新的加权组合，并对分组要发送到哪个接收机进行新判决。

34、根据上述权利要求 1-11 中任一项所述的方法，其中，所述传送是无线传送。

35、根据上述权利要求 1-11 中任一项所述的方法，其中，所述发送机是无线通信系统的基站的一部分，各个所述接收机是该系统的用户设备的一部分。

36、一种分组调度装置，用于对分组数据从发送机通过至少一个信道到多个接收机的传送进行调度，该装置包括：

生成调度性能在至少两个不同方面的第一指标并使用第一指标的加权组合来确定分组要发送到的接收机的装置，所述加权组合是通过根据各个相应权重对第一指标进行组合而生成的；

生成调度性能的至少一个第二指标的装置；

针对各个第二指标根据预期的权重对相关第二指标的可能影响来将权重分类为至少两种不同的权重类别的装置；以及

使用各个第二指标以及针对各个第二指标的权重类别来调整权重的装置。

37、一种发送机，包括：

如权利要求 36 所述的分组调度装置；以及

5 发送装置，与所述分组调度装置可操作地相连接，并可以进行操作以将分组发送到分组调度装置确定的接收机。

分组调度的方法和装置

5 技术领域

本发明涉及例如在无线通信系统中使用的分组调度的方法和装置。

背景技术

图 1 示出了无线通信系统 1 的一部分。该系统包括多个基站 2，图 1
10 中只示出了一个。基站 2 服务于小区，小区中可能有多个独立用户。各个用户拥有独立的用户设备 (UE)。在图 1 中只示出了用户设备 UE2、UE11 和 UE50。各个 UE 例如是便携式终端 (手机) 或便携式计算机。

众所周知，在码分多址 (CDMA) 系统中，使用不同的信道化码 (channelisation code) 来区分从基站 (也被称为“节点 B”) 发送到不同 UE 的信号。在所谓的第三代无线通信系统中，已提出了高速下行链路分组接入 (HSDPA) 技术，用于在下行链路方向 (从基站到 UE) 传输数据。在这种技术中，多个信道可用于发送数据。这些信道具有不同的信道化码。例如，在给定小区或小区的扇区内，可能存在着 10 个不同的信道 C1 到 C10 可用于 HSDPA。在 HSDPA 中，将下行链路传输分成一系列传输时间
15 间隔 (TTI)，在各个不同的可用信道上将数据分组传输到所选择的 UE。可以在各个 TTI 中进行由哪个信道为哪个 UE 服务的新选择。

图 2 示出了 HSDPA 技术在一系列传输时间间隔 TTI1 到 TTI9 上的操作示例。如图 2 所示，在 TTI1 中，确定将向 UE50 发送两个数据分组，向 UE11 发送四个数据分组，向 UE2 发送四个数据分组。因而，为 UE50
25 分配两个信道，为 UE11 和 UE2 各分配四个信道。因此，如图 1 所示，对 UE50 分配信道 C1 和 C2，对 UE11 分配信道 C3 到 C6，对 UE2 分配信道 C7 到 C10。

在下一传输时间间隔 TTI2，向新用户设备 UE1 发送一个分组，TTI1 中指定的其余 UE 继续接收分组。

因此, HSDPA 系统有效地利用多个并行共享信道将数据以分组的形式从基站发送到不同的 UE。例如希望将该系统用于支持万维网 (WWW) 浏览。

为了确定在各 TTI 中应该在哪个信道上为哪个 UE 服务, 采用了分组调度技术。常规地, 已经考虑了两种基本类型的调度技术以用于 HSDPA:
5 轮循 (RR) (round-robin) 调度技术和最大载波干扰比 (最大 C/I) 技术。

基本的轮循技术首先对目前有数据在发送机 (基站) 处等待发送的 UE 的列表进行编译。对于各 TTI, 列表中最后的 UE 具有下一 TTI 的最高优先级。因此, 以轮循方式服务于 UE。在最简单的轮循调度技术中, 采取具有最高优先级的 UE 使用所有信道的方式。然而, 分组加权的轮循技术也是已知的。其根据不同 UE 的相对数据量在各个 TTI 中向一组用户分配可用信道。在这种分组加权技术中, 对具有较多待发送数据的 UE 分配较多的信道。
10

在无线资源分配方面, 轮循调度技术强调竞争的 UE 之间的公平性。然而, 这种技术提供的数据总吞吐量往往相对较差。

除在各个 TTI 中根据各 UE 报告的载波干扰比 (C/I) 对具有等待数据的 UE 列表进行排序外, 最大 C/I 调度技术与轮循调度技术类似。C/I 是信道质量的指标 (measure)。通过根据 C/I 对 UE 列表进行排序, 对信道质量较好的 UE 给予较高的被选机会。在该技术的最简单版本中, 将所有信道分配给具有最高 C/I 的有等待数据的 UE。也可以采用分组加权变型, 在这种分组加权变型中, 不是选择具有最高 C/I 的单个 UE, 而是选择一组具有最高 C/I 值的 UE, 并且根据这些 UE 所具有的待发送数据的相对量来在该组 UE 中分割可用信道。
15
20

最大 C/I 调度技术往往最大化数据的总吞吐量, 但这是以公平性为代价的。可以看出, 例如因为距基站远或因为附近有许多其它干扰 UE 而报告了差 C/I 值的 UE 仅有很小的被选择的机会。因此, 这些 UE 在接收分组时可能要遭受无法接受的长时间延迟。
25

在 “A proposal of all-IP mobile wireless network architecture - QoS packet scheduler for base stations”, Masahiro Ono 等, NEC Corporation, Technical report of IEICE, MoMuC2002-3 (2002-05),

pp. 13-18 中公开了另一种调度技术。该分组调度技术的目标在于通过依据无线链路质量和所需的 QoS 级别自适应地分配时隙从而满足不同 UE 的业务质量 (QoS) 要求并最大化系统容量。该技术采用多个不同的独立调度器构成的分级结构, 包括最大 C/I 调度器、比例公平 (PF) 调度器、
5 加权轮循 (WRR) 调度器和优先级轮循 (PRR) 调度器。由分类器依据不同 UE 的不同 QoS 要求对要调度的分组进行预分类。随后将属于不同类别的分组应用到分级结构中的第一级调度器中的不同调度器。此外还在该分级结构的第二级和第三级中执行调度。通过这种方式, 使用多个独立的调度器来满足不同业务类别的不同要求。然而, 因为无线信道的动态
10 快速变化, 以固定方式或以缓慢改变的动态方式对调度处理进行划分被证明是困难而低效的。结果可能是被分配到一个部分 (业务类别) 的调度器将承受很大压力来提供所需的 QoS 级别, 而被分配到另一部分 (业务类别) 的调度器却利用不足且具有空闲容量。还发现这些被划分开的调度器的效率和性能随着共享带宽量和具有不同需求的业务范围的增大
15 而明显恶化。在实践中, 恢复这种分区调度器中的某些损失效率的尝试只是增加了计算复杂度和辅助成本。

在本申请要求其优先权的英国专利申请第 No. 0303859.3 中, 本发明人提出了一种分组调度方法, 该分组调度方法用于例如在无线通信网络的 HSDPA 系统中对要从发送机经过至少一个信道发送到多个接收机的数据
20 分组进行调度。对调度性能 (例如业务质量、延迟和公平性) 的至少两个不同方面分配权重。对于各个独立的接收机, 根据所分配的权重, 生成调度性能在不同方面的至少一个组合指标。采用用于不同接收机的各个组合指标来确定分组要发送到的接收机。与本申请同日提交的 PCT 申请 [代理引用号: P84315PC00] 对应于 GB 0303859.3。这里通过引用并
25 入了 GB 0303859.3 和该 PCT 申请的全部内容, 并与本申请一起提交这些申请的副本。

该分组调度方法使得可以将所有接收机作为单个组来执行数据调度, 而无需将接收机分为不同调度类别, 例如不同业务类型。该方法还使得该调度能够无需非常高的计算复杂度即可以考虑到若干不同的性能

方面。

在该方法中，考虑所期望的业务量情景来对权重赋值。例如，执行了各种模拟，各个模拟分别与其中总共有 40 个 UE 的模拟业务量环境相关。假设这些 UE 中的 10 个 UE 试图接收实时视频，假设其余 30 个 UE 试图进行 WWW 浏览会话。在一个模拟中，假设业务量负荷的总计在 5,000 个 TTI 组成的序列（10 秒的时间段）上基本稳定。在另一模拟中，假设 WWW 用户以交错方式被激活，从而在调度器上引起可变输入负荷。在第三模拟中，假设由 HSDPA 系统为 WWW 浏览提供慢速机制。该慢速机制防止在完全成功下载前一会话之前下载新会话。

从这些模拟发现，对于不同的业务量情景，必须应用于调度性能的不同方面的多个权重需要明显不同。据此，希望调度器的操作者可以调整权重，从而当所期望的业务量情景发生变化时，权重也可以发生变化。在英国专利申请 No. 0303859.3 中还希望在装置运转期间可以自动调整权重。

在 S. Abedi, S. Vadgama, “Hybrid Genetic Packet Scheduling and radio Resource Management for High Speed Downlink Packet Access”, WPMC 2002 Conference, Hawaii, pp. 1192-1196 中，本发明人还提出了采用遗传算法的分组调度技术。在该技术中，为各个 TTI 生成多个候选调度方案。各个候选方案对应于遗传算法的个体并规定在相关 TTI 中将哪个信道分配给哪个接收机。确定各个候选调度方案的适合度。该适合度可考虑相关调度方案性能的几个不同的指标，例如吞吐量、延迟和公平性。当确定各个候选方案的适合度时，可以对各个性能指标进行加权。根据相应候选方案的适合度值，在当代中选择作为双亲的个体。较适合的方案被选为双亲的机会较高。由所选双亲依据诸如交叉（crossover）和变异（mutation）的代操作符来生成孩子（下一代的候选方案）。以这种方式，通过一系列的迭代（代），遗传算法提炼出多个候选调度方案，直到在某点处为所考虑的 TTI 选取了一个最佳方案。

与诸如轮循调度和最大 C/I 调度的常规技术相比，这种遗传算法提供了实现好得多的调度性能的可能性。

本发明人在 S. Abedi, S. Vadgama, “A Radio Aware Random Iterative Scheduling Technique for High Speed Downlink Packet Access”, VTC 2002, Fall, vol. 4, pp. 2322 - 2326, 24-28, Sept. 2002 中提出了另一种分组调度方法。该方法也为各个 TTI 生成多个候选
5 调度方案。随机生成至少一个候选方案。可以按与如上所述的用于所提出的基于遗传算法的调度方法的方式相同的方式来确定各个候选方案的适合度。

这些分组调度方法的成功还极大地取决于当确定各个候选方案的适合度时对各个性能指标进行加权的适当权重的选择。具体地, 需要不同
10 权重来处理不同业务量情景。

在不同情况下分配适当权重的同一问题也出现在为在无线网络中使用而构思的其它类型的分组调度器中。例如, 在 R. Agrawal 等人的
“Class and Channel Condition Based Scheduler for EDGE/GPRS”, Proc. of SPIE, vol. #4531, Aug 2001, and A. Jalali, R. Pankaj; “Data
15 throughput of CDMA-HDR a high efficiency-high data rate personal communication wireless system”, VTC 2000, Spring, vol. 3, pp. 1854-1858, May 2000 中描述了所谓的比例公平 (PF) 调度器。PF 调度器也需要在不同业务量负荷和信道条件下分配适当权重。

动态移动蜂窝环境使得设置适当的权重成为艰巨的任务。首先, 在
20 信道条件之间可能存在巨大变化。

图 3 (A) 的曲线图示意性地示出了在第一信道状况下, 四个不同 UE 报告的 C/I 值在一系列 N 个 TTI 上是如何变化的。在这种情况下, C/I 值相对稳定, 但是在在一个 UE 和下一个 UE 之间存在恒定的 C/I 值差。一些 UE 在整个 N 个 TTI 的序列上具有相对较差的信道状况, 而另一些在整个
25 序列上具有相对较好的信道状况。在这些信道状况下, 上述的很多调度方法往往难于实现不同 UE 之间的公平性。调度性能的其他方面, 如整体吞吐量, 则不太可能成为问题。

图 3 (B) 示出了在不同于第一信道状况 (图 3 (A) 的情况) 的第二信道状况下, 四个不同 UE 的 C/I 值的变化。在这种情况下, 各个单个 UE

的 C/I 值的变化比图 3 (A) 中大很多, 在该 N 个 TTI 的序列上的不同时刻, 各个不同 UE 都具有良好的信道状况。在这种情况下, 实现公平性不难。但是, 却很难实现高的总吞吐量或者所期望的其它方面的调度性能。

有效的分组调度方法既要处理参照图 3 (A) 和 3 (B) 描述的这种可变信道状况, 还必须要处理输入业务量负荷动态 (可变的输入管道) 和分布 (profile) 随着其移动并变为使用不同业务而快速变化的 UE。具体地, UE 可以快速地从一个小小区移动到另一小区。在这种情况下, 必须将已经缓存在当前的节点 B 中的分组数据传送到新的节点 B。如果存在许多这种传送, 则在给定节点 B 处由分组调度器处理的总负荷可能存在频繁

5 的类似阶跃函数的变化。在一些情况下, 如在本说明书中稍后说明的, 从经验上发现, 当权重固定时, 该负荷变化导致分组调度器的所谓“失控”现象和不稳定。下文说明的经验研究还表明, 对于所期望的调度性能的一个或多个方面, 重大的输入管道变化可能导致性能出现显著下降。

性能下降可能只影响一种类型的业务, 例如, 实时业务, 而不会影响其它种类的业务, 如非会话业务。一些调度器 (如 PF 调度器) 声称通过根据业务类型对调度进行划分并对不同部分分配不同的固定权重来解决该问题。但是, 实践证明这是低效的, 这是因为使用各个类型业务的 UE 数量可能变化, 导致固定权重无法对于所涉及的业务提供良好的 QoS。例如, 如果分配给不同业务的权重固定, 并且下载 WWW 会话的高比特率

15 非实时用户的数量显著增加, 则节点 B 将承受很大压力来为实时视频对话式会话提供可接受的 QoS。

因此, 期望提供一种分组调度方法, 其使得可以自动调整施加给调度性能的不同指标的权重, 以使得调度器在各种不同业务量情景下都能够有效运转。

25

发明内容

根据本发明的第一方面, 提供了一种分组调度方法, 该分组调度方法用于对通过至少一个信道从发送机发送到多个接收机的分组数据进行调度, 该方法包括以下步骤: 生成调度性能在至少两个不同方面的第一

指标，并使用第一指标的加权组合来确定数据分组要发送到的接收机，所述加权组合是通过根据分配给不同方面的各个相应权重来组合第一指标而生成的；生成调度性能的至少一个第二指标；针对各个第二指标，根据所期望的权重对于相关所述第二指标的可能影响将权重分类为至少
5 两种不同的权重类型；以及使用各个第二指标以及各个第二指标的权重的分类来调整所述权重。

在该方法中，可以每单个接收机地生成第一指标的加权组合（如在 GB 0303859.3 的方法中），以使得例如不同接收机各自的加权组合可以相互比较以确定要将分组发送到的接收机。另选地，可以每候选调度方案
10 地生成第一指标的加权组合，如在以下文献中所描述的：S. Abedi, S. Vadgama, “Hybrid Genetic Packet Scheduling and radio Resource Management for High Speed Downlink Packet Access”, WPMC 2002 Conference, Hawaii, pp. 1192-1196 和 S. Abedi, S. Vadgama, “A Radio Aware Random Iterative Scheduling Technique for High Speed Downlink
15 Packet Access”, VTC 2002, Fall, vol. 4, pp. 2322 - 2326, 24-28, Sept. 2002。在这些情况下，可以将为不同候选调度方案生成的各个加权组合进行比较，以选择最佳候选调度方案，或者（在遗传算法的情况下）选择多个候选调度方案来进化到下一代。

优选地，至少一个所述第一指标独立于影响另一个所述第一指标的
20 至少一个所述方面。这使得这些指标相互独立，使得能够通过控制加权来实现对调度性能的精确控制。

至少一个所述第一指标可能受分配到提供给接收机的一种业务（如，WWW 浏览、视频）的优先级的影响。

优选地，调整至少一个所述第一指标以减少其与另一个所述第一指
25 标的不匹配。可以调整这些指标以使得所有指标都在同一范围内，如 0 到 1，从而相同加权对于不同指标具有相同效果。

可以对一个或多个所述第一指标进行归一化，例如可以相对于用于所有接收机的值的总和将用于任何一个接收机的值归一化。

在优选实施例中，通过为相关接收机形成所述第一指标的乘积来生

成所述一个或各个加权组合。

可能存在多条可用于将数据发送到接收机的信道，如在 HSDPA 系统中。在这种情况下，具体实施本发明的一个方法还包括：为各个所述单个接收机生成各自的第一和第二这种加权组合；根据其各自的第一加
5 组合对这些接收机进行排名，并按照排名顺序形成接收机列表；根据其各自的第二加权组合从列表中的最高排名的接收机起对列表中的接收机分配信道。

在该实施例中，对于数据分组要发送到的接收机的判决受第一和第二加权组合的影响，这给予调度判决更大的灵活性。

10 可能希望考虑很多不同方面的调度性能。这些方面可能包括：在可容忍的延迟阈值内将数据发送到接收机时成功还是失败；发送机与接收机之间的信道质量；估计有多少数据会被成功传输到接收机；在发送机中有多少数据在等待发送到接收机；将数据传输到接收机的延迟；以及不同接收机之间的公平性。这些方面不是必须要对其进行操作的。例如，
15 可以单单考虑商业方面，例如在向接收机提供业务过程中运营商的受益。

优选地，对一序列调度时刻（例如 TTI）重复执行该方法。在一个实施例中，对各所述调度时刻，为所述接收机生成新的加权组合，并做出将向哪个接收机发送数据分组的新的决定。

所述发送可以是无线发送，所述发送机可以是无线通信系统的基站
20 的一部分，各接收机可以是该系统的用户设备的一部分。

根据本发明的第二方面，提供了一种分组调度装置，所述分组调度装置用于对通过至少一个信道从一个发送机向多个接收机发送的数据分组进行调度，所述装置包括：生成调度性能在至少两个不同方面的第一
25 指标并使用第一指标的加权组合来确定数据分组所发送到的接收机的装置，所述加权组合是通过根据各个相应权重来组合第一指标而生成的；生成调度性能的至少一个第二指标的装置；针对各个第二指标根据所期望的权重对于相关第二指标的可能影响将权重分类为至少两个不同的权重类型的装置；以及使用各个第二指标以及权重针对各个第二指标的分类来调整所述权重的装置。

根据本发明的第三方面，提供了一种发送机，包括：具体实施本发明前述第二方面的分组调度装置；以及发送装置，与所述分组调度装置可操作地连接，并可以进行操作地使得将分组发送到由所述分组调度装置确定的接收机。

5

附图说明

下面将以示例的方式参照附图，在附图中：

图 1 示出了采用用于下行链路发送的 HSDPA 技术的无线通信系统的多个部分（在前面已说明）；

10

图 2 示出了在图 1 的系统中的 HSDPA 技术的操作示例；

图 3 (A) 和 3 (B) 的曲线图用于表示在第一和第二不同信道状况下的四个 UE 的 C/I 值的变化；

图 4 示出了具体实施本发明的分组调度装置的方框图；

图 5 是示出了本发明的优选实施例的操作的流程图；

15

图 6 是示出了在图 5 的实施例中执行的信道分配处理的示例的示意图；

图 7 是用于解释在 HSDPA 系统中的混合业务流量场景的示意图；

图 8 是用于解释 HSDPA 系统中的蜂窝环境的示意图；

20

图 9 是表示第一模拟环境示例中的 HSDPA 系统中的分组传输活动的示意图；

图 10 的曲线图表示在第一模拟示例中常规 FIFO 加权最大 C/I 调度器在一系列传输时间间隔内的性能；

图 11 的曲线图对应于图 10，但是更为详细地示出了图 10 中的初始周期内的性能；

25

图 12 的曲线图表示在第一模拟示例中 GB 0303859.3 中描述的具有粗略分配的固定权重的调度器在一系列 TTI 内的性能；

图 13 的曲线图对应于图 12，但是更为详细地示出了图 12 中的初始周期内的性能；

图 14 的曲线图示出了在第一模拟示例中根据本发明一个实施例的分

组调度装置在一系列 TTI 内的性能；

图 15 的曲线图示出了在第一模拟示例中根据本发明另一实施例的分组调度装置在一系列 TTI 内的性能；

图 16 的曲线图示出了在用于具体实施本发明的分组调度装置和其它调度器的第一模拟示例中的一系列 TTI 内的不同 UE 的吞吐量方差的变化；

图 17 的曲线图示出了用于具体实施本发明的分组调度装置和其它调度器的第一模拟示例中的 TTI 的初始周期内的接收实时视频业务的 UE 的 QoS 的变化；

图 18 (A) 至图 18 (F) 的曲线图用于将第一模拟示例中的具体实施本发明的分组调度装置与其它调度器在一组 TTI 内在性能的不同方面进行比较；

图 19 (A)、19 (B) 和 19 (C) 所示的曲线图示出了在用于具体实施本发明的分组调度装置和其它调度器的第一模拟示例中的所有 UE 在时间上的吞吐量的累积密度函数 (CDF)；

图 20 (A) 至图 20 (F) 的曲线图分别对应于图 18 (A) 至图 18 (F) 的曲线图，但是是关于第二模拟示例的；

图 21 是示出了第三模拟示例中的 HSDPA 系统中的分组传输活动的示意图；

图 22 (A) 至 22 (F) 的曲线图分别对应于图 18 (A) 至图 18 (F) 的曲线图，但是是关于第三模拟示例的。

具体实施方式

图 4 示出了具体实施本发明的分组调度装置 10 的方框图。装置 10 用于调度要通过至少一个信道从发送机向多个接收机发送的数据分组。为各个连续的调度时刻 (例如各 TTI) 作出调度决定。发送机例如是无线通信系统中的基站 (节点 B)。在这种情况下，多个接收机是基站所服务的不同 UE。

装置 10 包括第一指标生成单元 12，所述第一指标生成单元 12 接收

与调度装置的性能相关的数据。该数据可包括,例如,载波对干扰比(C/I)报告以及与源队列的填充级别相关的信息,在发送机中,将要发送到不同接收机的数据在发送之前缓存在所述源队列中。

5 根据所接收的数据,第一指标生成单元 12 生成调度性能的一组第一指标。该第一指标与调度性能的至少两个不同方面相关。例如,如随后将更详细描述,第一指标之一可能与吞吐量相关,而另一第一指标可能与延迟相关。根据装置中所使用的调度算法的类型(参照下文),可以每个接收机(UE)或每个候选调度方案地生成一组第一指标。

10 装置 10 还包括判决单元 16,所述判决单元 16 接收由第一指标生成单元 12 生成的一组第一指标。判决单元 16 还从权重调整单元 20 接收一组权重。各个第一指标有单独对应的权重。判决单元 16 通过根据各个相应权重来组合第一指标而生成第一指标的加权组合。

15 判决单元 16 采用第一指标的加权组合来决定在所考虑的调度时刻要将数据分组发送到的接收机。例如,当每个接收机地生成了一组第一指标时(如在 GB 0303859.3 中那样),判决单元 16 可以每个接收机地生成第一指标的加权组合,并对不同接收机的各个加权组合进行比较来决定分组将要发送到的接收机。另选地,当每个候选调度方案地生成一组第一指标时(如在引言中引用的 S. Abedi 等人的两篇论文中的方法的情况那样),判决单元 16 可以每个候选调度方案地生成加权组合。该加权组合可以是例如用于比较不同候选方案的适应度函数。然后,通过调度算
20 法采用不同候选方案的加权组合,例如通过选择单个最佳候选调度方案或者通过选择用于基因进化的一些候选调度方案,来决定分组将要发送到的接收机。本发明的采用第一指标的加权组合来决定将分组要发送到的接收机的方式并不限于上述示例。

25 装置 10 还包括上述权重调整单元 20、第二指标生成单元 24 和权重分类单元 28。第二指标生成单元接收提供给第一指标生成单元 12 的与调度装置的性能相关的一些或全部数据。虽然图 4 中未示出,但是第二指标生成单元 24 还可以接收第一指标生成单元 12 生成的一个或多个第一指标。第二指标生成单元 24 生成调度性能的至少一个第二指标。各个

第二指标与整体调度性能（即，总体地考虑所有接收机）的某一方面相关。例如，如下面更详细说明的，第二指标可能涉及整体 QoS、整体吞吐量、不同接收机的平均吞吐量以及公平性。

对于各个第二指标，权重分类单元 28 根据相关权重被期望的对第二指标的
5 可能影响将提供给判决单元 16 的上述权重分为至少两个不同的权重类别。例如，可以将权重分为有利、不利和中性类别。有利类别由被期望对第二指标产生正面可能影响的各个权重（如果存在的话）组成。不利类别可以由被期望对第二指标产生负面可能影响的各个权重（如果存在的话）组成。中性类别由对第二指标的影响不确定（不期望为绝对
10 的正面或绝对的负面）的各个权重（如果存在的话）组成。

权重调整单元 20 从第二指标生成单元 24 接收各个第二指标，还从权重分类单元 28 接收与权重的分类相关的信息。权重调整单元 20 采用各个第二指标以及权重针对各个第二指标的分类来调整权重。例如，如果第二指标正在减少或未改变，则可以增加第二指标的有利类别中的各个权重。
15 如果第二指标正在减少或未改变，则可以减少第二指标的不利类别中的各个权重。可以不考虑第二指标中的变化而保持第二指标的中性类别中的各个权重不变。

装置 10 与发送单元 32 可操作地相连，在出现了判决单元 16 已经为之作出了调度决定的调度时刻时，该发送单元 32 使分组发送到所选的接收机。
20

接下来将详细说明适于在 HSDPA 系统中使用的本发明的实施例。该实施例考虑在诸如服务质量（QoS）、信道质量、可传输数据分组、在发送机中等待的数据以及延迟分布的指标方面优化 HSDPA 系统的性能。

在本实施例中，为各个 UE 生成调度性能的一组五个第一指标。这五个调度性能指标的
25 第一个为 QoS 指标。为了生成该指标，为 HSDPA 系统中可得到的各种业务定义可容忍延迟阈值 Tolerance_Delay。例如，对于实时视频业务，假设该可容忍的延迟阈值为 100 ms。对于万维网（WWW）浏览会话，假设可容忍的延迟阈值为 1.5s。通常，HSDPA 系统希望在所定义的可容忍延迟阈值内将尽可能多的数据分组从发送机（节点 B）传输

到各个 UE。

假设 N 为在当前 TTI 内分组要发送到的 UE 的总数。 $Oct_{Received\ n}$ 是成功（无差错）传输到第 n 个 UE 的八位位组的数量。可以将这些无差错传输的八位位组分为满足 QoS 和不满足 QoS 的八位位组。不满足 QoS 的八位位组是在可容忍延迟阈值之外传输的八位位组。因此，对于各个 UE，可以将所接收的满足 QoS 的八位位组

$$Oct_{Received_Satisfied_QoS\ n} = Oct_{Received\ n} - Oct_{Received_Failed_QoS\ n} \quad n=1 \cdots N \quad (1)$$

其中 $Oct_{Received_Satisfied_QoS\ n}$ 是满足 QoS 的八位位组

的数量， $Oct_{Received_Failed_QoS\ n}$ 是对于第 n 个 UE 所接收的不满足 QoS 的八位位组

的数量。另外，节点 B 可以根据各个 UE 在收到分组之后发送回节点 B 的确认消息 ACK 发现其传输到各 UE 的分组

$$Throughput_Satisfy_QoS_n = \frac{Oct_{Received_Satisfied_QoS\ n}}{Oct_{Arrived\ node_B\ n}}, \quad n=1 \cdots N \quad (2)$$

的传输延迟。例如，在我们的共同未决英国专利申请第 0216245.1 号中提供有

关于这些确认消息的进一步的信息。对于各 UE，满足 QoS 要求的吞吐量的比例可被定义为：

$$Ratio_Satisfy_QoS_n = 1 / (1 + Throughput_Satisfy_QoS_n), \quad n=1 \cdots N \quad (3)$$

然后将各 UE 的 QoS 指标定义为

$$Metric_QoS_n = Ratio_Satisfy_QoS_n / \sum_{i=1}^N Ratio_Satisfy_QoS_i, \quad n=1 \cdots N \quad (4)$$

对最后的指标采用该归一化，以将该 QoS 指标的值映射到 0 和 1 之间的范围。

该实施例中的五个第一指标中的第二个基于从 UE 接收到的 C/I 值报告。为了将各 UE 的 C/I 指标映射在范围 0 和 1 之间，将各个报告的 C/I 值相对于所有报告的 C/I 值之和按比例缩放：

$$\text{Metric_C/I}_n = C/I_n / \sum_{i=1}^N C/I_i \quad n=1 \dots N \quad (5)$$

其中， C/I_n 是对于第 n 个 UE 报告的 C/I 值。

本实施例中的五个第一指标的第三个指标涉及为各个 UE 可以有效传输的八位位组的估计数量 Eff_Oct_n 。在这种情况下，假定 HSDPA 系统采用自适应调制和编码 (AMC) 技术，使发送机 (节点 B) 能够在不同的信道条件下挑选不同的调制和/或编码方案。在 AMC 技术中，各个 UE 生成它与基站之间的正在经历的下行链路的信道质量的指标，并将该指标报告给节点 B。该指标例如是下行链路信道的 C/I 值。节点 B 随后采用各个 UE 的报告信道指标，以及与系统限制和可用的调制和编码方案 (MCS) 级别相关的信息，以识别用于该特定 UE 的最有效率的 MCS 级别。因此，有较好信道的或者位于节点 B 附近的 UE 可以采用较高的 MCS 级别，并且因此享受比较高的发送率。例如，可以通过强加 C/I 值阈值 (例如 -8dB、-2dB、+4dB) 来进行选择，从而移动到下个 MCS 级别。结果是基于各个 UE 的信道质量对发送率进行了有效分类。

在本实施例中，假定各个 UE 在每个 TTI 报告 C/I 值，而且节点 B 能够在每个 TTI 中为各个可用的信道设置新的 MCS 级别。

影响对于各个 UE 可以有效传输的八位位组的数量的另外一个因素是处理错误接收的分组的方式。在本实施例中，假定对这种错误接收的分组 (失败分组) 采用所谓的追踪组合处理 (chase combing process)。在追踪组合处理中，由节点 B 重发失败分组，随后 UE 对 (例如使用最大比组合) 接收到的相同分组的所有副本进行“软”组合。因而，有效的载波干扰比 (C/I) 是被组合的这两个分组的各自的 C/I 之和。因此，该追踪组合处理提高了所发送数据分组的 C/I 。

还假定所有的重传都具有比第一次传输更高的优先级。这表示对所有重传分组给予在第一次发送新分组之前发送的机会。

为估计可以对 UE 有效传输的八位位组的数量，首先确定 UE_n 的最有效率的 MCS 级别 MCS_n 。其次，确定 UE_n 是处于发送模式 (已准备好接收第一次发送的新分组) 还是重传模式 (等待节点 B 重传先前被 UE 错误接收的数据分组)。

如果 UE 是在重传模式下，则根据公式(6)决定可用于发送的八位位组的数量 Oct_n 。

$$Oct_n = \min(Oct(MCS_n), Oct_Retransmit_n), n=1..N \quad (6)$$

其中， $Oct(MCS_n)$ 是为第 n 个 UE 所选的 MCS 级别所能传输的八位位组的最大数量， $Oct_Retransmit_n$ 是可用于重传的八位位组的数量（也就是在节点 B 中等待重传到该 UE 的八位位组的数量）。

如果 UE 是在发送模式下，则基于公式(7)决定可用于发送的八位位组

$$Oct_n = \min(Oct(MCS_n), Oct_Waiting_in_Queue_n), n=1..N \quad (7)$$

其中， $Oct_Waiting_in_Queue_n$ 表示节点 B 队列中的发送到第 n 个 UE 的八位位组的数量。

随后根据公式(8)决定可由任一 UE 发送的八位位组的最大数量。

$$Oct_{n_max} = \max(Oct_n), n=1..N \quad (8)$$

其中， n_{max} 表示具有最大数量的可用于发送的八位位组的 UE（“最好 UE”）的编号， Oct_{n_max} 是可发送到该最好 UE 的八位位组的最大数量。

随后根据公式(9)确定对于该最好 UE 的有效估计的可传输八位位组。

$$Eff_Oct_{n_max} = Oct_{n_max} \cdot (1 - FER_{n_max}) \quad (9)$$

其中 FER_{n_max} 是第 n_{max} 个 UE 的估计的帧差错率。

随后相对该最大值归一化第 n 个 UE 的可传输八位位组的有效数量，从而第三个个别指标变成：

$$Metric_Oct_n = Oct_n \cdot (1 - FER_n) / Eff_Oct_{n_max}, n=1..N \quad (10)$$

本实施例中的五个第一性能指标的第四指标是表示多少数据正在节点 B 中等候发送到各个 UE 的指标。这与到各个 UE 的数据的吞吐量是反相关的。

对于第 n 个 UE，吞吐量定义为：

$$Th_n = \frac{(Oct_{Received})_n}{(Oct_{Arrived_Node_B})_n}, n=1..N \quad (11)$$

然后，将等待传输的数据的比率 $Metric_Waiting_Ratio_n$ 定义为：

$$Metric_Waiting_Ratio_n = 1 - Th_n, \quad n=1..N \quad (12)$$

本实施例中的五个性能第一指标的最后的指标与各个UE经历的延迟有关。首先，考虑在节点B中等待发送到UE的最长时间未传输八位位组，并且确定该八位位组经受的延迟量。

$$\text{Delay}_n = M \cdot \text{TTI} - \text{Arrival_Time_Earliest}_n, \quad n=1 \dots N \quad (13)$$

5 其中， $M \cdot \text{TTI}$ 表示当前时间，而 $\text{Arrival_Time_Earliest}_n$ 表示最长时间未传输的八位位组到达用于第 n 个 UE 的节点 B 源队列的时间。

接着，使用如上所述与第一指标相关的为不同业务建立的同一可容忍延迟阈值，计算 UE 所承受的最坏延迟与其可容忍的延迟阈值之间的距离。

$$10 \quad \text{Delay_Distance}_n = \text{Delay}_n - \text{Tolerance_Delay}_n, \quad n=1 \dots N \quad (14)$$

其中， Delay_Distance_n 是第 n 个 UE 与阈值的距离。

随后将所有 UE 的延迟距离映射到正值。为进行正值映射，首先这样确定最小的距离：

$$\text{Delay_Distance}_{\min} = \min(\text{Delay_Distance}_n), \quad n = 1 \dots N \quad (15)$$

15 随后将经调整的延迟距离定义为：

$$\text{Adjusted_Delay_Distance}_n = \text{Delay_Distance}_n - \text{Delay_Distance}_{\min}, \quad n=1 \dots N \quad (16)$$

然后进行非线性映射。结果为：

$$\text{Mapped_Delay}_n = \beta_n / (1 + \text{Adjusted_Delay_Distance}_n), \quad n=1 \dots N \quad (17)$$

20 其中， Mapped_Delay_n 是第 n 个 UE 的映射延迟值，而 β_n 是指出提供给第 n 个 UE 的业务的优先级的参数。这里，例如，业务是 WWW 浏览或实时视频。 β_n 越高，业务的优先级越高。

与延迟有关的最后指标被确定为：

$$\text{Metric_Delay}_n = \text{Mapped_Delay}_n / \sum_{n=1}^N \text{Mapped_Delay}_n, \quad n=1 \dots N \quad (18)$$

25 这保证了将指标 Metric_Delay_n 映射为 0 和 1 之间的值。

在本实施例中，通过如下所述形成单个性能指标的加权乘积来计算各个 UE 的第一指标的第一加权组合：

$$\text{Ranking_Metric}_n = (1 + W_1(m) \cdot \text{Metric_QoS}_n(m)) \cdot (1 + W_2(m) \cdot \text{Metric_C/I}_n(m)) \cdot (1 + W_3(m) \cdot \text{Metric_Oct}_n(m)) \cdot (1 + W_4(m) \cdot \text{Metric_Waiting_Ratio}_n(m)) \cdot (1 + W_5(m) \cdot \gamma(m, j) \cdot \text{Metric_Delay}_n(m)), \quad (19)$$

其中， $W_k(m)$ 为第 m 个 TTI 时的第一组 k 个权重（排名权重）且索引 a 表示第 n 个 UE， $\text{Metric_QoS}_n(m)$ 、 $\text{Metric_C/I}_n(m)$ 、 $\text{Metric_Oct}_n(m)$ 、 $\text{Metric_Waiting_Ratio}_n(m)$ 和 $\text{Metric_Delay}_n(m)$ 为第 m 个 TTI 时的方程（1）到（18）中所定义五个第一指标的值。

$\gamma(m, j)$ 是分配给具有相同延迟容限的 UE 组 j 的、并用于精调业务优先级的与可变延迟容限相关的权重。如下面所更详细说明的，由权重调整单元 20 调整 $\gamma(m, j)$ 以及权重 $W_k(m)$ 。公式（18）中定义的 $\text{Metric_Delay}_n(m)$ 中所包含的参数 β 是指定业务优先级的固定值。如上所述，对于具有相同延迟容限的各个 UE 组 j ，将业务权重 β_j 分配给未进行调整的 UE。

根据 UE_n 所属的组来选择公式（19）中使用的 $\gamma(m, j)$ 的值。因此，如果 UE_{27} 属于组 2，则用于计算 $\text{Ranking_Metric}_{27}$ 的公式（19）的最后一项变为 $(1 + W_5(m) \cdot \gamma(m, 2) \cdot \text{Metric_Delay}_{27}(m))$ 。

如下地计算本实施例中的各个 UE 的第一指标的第二加权组合：

$$\text{Channel_Allocation_Metric}_n = (1 + V_1(m) \cdot \text{Metric_QoS}_n(m)) \cdot (1 + V_2(m) \cdot \text{Metric_C/I}_n(m)) \cdot (1 + V_3(m) \cdot \text{Metric_Oct}_n(m)) \cdot (1 + V_4(m) \cdot \text{Metric_Waiting_Ratio}_n(m)) \cdot (1 + V_5(m) \cdot \text{Metric_Delay}_n(m)) \quad (20)$$

其中 $V_k(m)$ 表示第 m 个 TTI 时的第二组 k 个权重（信道分配单元）。

图 5 是用于解释图 4 中的本发明装置的判决单元 16 的操作示例的流程图。为每个所考虑的调度时刻（例如 TTI）执行图 5 所示的步骤序列。

在第一步骤 S1 中，该判决单元 16 根据公式（19）为相关的各个 UE 计算 UE 的第一指标的第一加权组合（排名量度（ranking metric））。当生成该第一加权组合时，使用第一组权重（排名权重） $W_k(m)$ 对第一指标加权。

在步骤 S2 中，判决单元 16 根据各个排名量度对 UE 进行排名。该判决单元通过排名生成 UE 列表，排名最高的 UE 在列表的顶部。该列表仅

仅包括这样的 UE: 在发送机的源队列中具有等待发送到该所考虑的 UE 的数据。

在步骤 S3, 判决单元 16 根据公式 (20) 为各个相关 UE 计算该 UE 的第一指标的第二加权组合 (信道分配量度)。当生成第二加权组合时,
5 使用第二组权重 (信道分配权重) $V_k(m)$ 对第一指标进行加权。信道分配权重可以不同于排名加权。

在步骤 S4 中, 判决单元 16 参照在步骤 S2 中生成的 UE 列表。从列表顶部开始, 如参照图 6 详细说明的, 判决单元 16 根据各个 UE 的信道分配量度将信道分配给这些 UE。继续进行步骤 S4 中的处理直到没有剩余
10 信道要分配。

这结束了当前调度时刻 (TTI m) 的处理。然后对于下一调度时刻 (TTI $m+i$) 重复该处理。

从排名 UE 列表的顶部开始进行步骤 S4 中的信道分配处理, 并根据公式 20 中生成的信道分配指标的相对值分配信道。

15 在图 6 中示意性地示出了该处理。

假设 UE 列表总共包含五个 UE, UE 30 在列表的顶部, 接下来为 UE 2、9、11 和 17。同时, 假设由公式 20 为这些 UE 生成的信道分配指标分别为 1.5、4.3、1.2、2.0 和 3.2。

在第一步骤中, 计算出要对其分配信道的所有 UE (即在这种情况下
20 的所有 UE) 的信道分配指标总和为 12.2。要对其分配的最高排名的 UE 为 UE 30。然后将其信道分配指标 1.5 相对于所有信道分配指标进行“归一化”, 并成为 0.12。在本示例中假设总共有 10 个可用信道。因此, 用 10 乘以 UE 30 的归一化信道指标得到 1.23。然后使用“floor 函数”将其去尾以生成最终结果, 即对 UE 30 分配一个信道。这样剩下 9 个信道
25 用于后续步骤中的分配。顺便提及, 在本实施例中, 如果最终结果小于 1, 则将其设为 1, 从而最小信道分配为 1 个信道。

在第二步骤中, 重新计算出剩下的要对其分配信道的 UE 的信道分配指标总和为 10.7。然后将剩下的最高排名的 UE 的信道分配指标 4.3 相对于新总和进行归一化, 成为 0.40。用剩余信道数, 即 9, 乘以该值, 生

成 3.62 信道的结果，将其去尾得到最终分配 3 个信道。留下 6 个信道用于下一步骤分配。在第三步骤中再次进行该过程，结果，UE 9 分配了一个信道，留下 5 个信道。在第四步骤中，计算出对 UE 11 也应当分配 1 个信道，在该阶段剩下 4 个信道。最后，在第五步骤中，对 UE 17 分配 4 个信道，并且处理结束。

应该意识到，在本发明实施例中也可以采用其它信道分配处理。

在本实施例中，生成一组四个第二调度性能指标。该四个第二调度性能指标的第一个为总 QoS 指标。

对于各个 UE，在上面的方程 (2) 中定义了满足相关 UE 的 QoS 要求的吞吐量比例。然后将与调度处理的总 QoS 相关的第二指标简单地定义为对于不同 UE 的 Throughput_Satisfy_QoS 的单个值的平均值。

$$Total_Qos(m) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Throughput_Satisfy_QoS_i(m) \quad (21)$$

这里，与以上公式 (19) 和 (20) 一样，术语“(m)”只表示第 m 个 TTI 时的参数值。

该四个第二指标中的第二个与针对第 m 个 TTI 的所有 UE 的总吞吐量相关。如下地计算该总吞吐量指标

$$Total_Th(m) = \frac{\sum_{i=1}^N (Oct_{Received_i}(m))}{\sum_{i=1}^N (Oct_{Arrived_Node_B_i}(m))} \quad (22)$$

其中 $Oct_{Received_i}(m)$ 为在第 m 个 TTI 时传输到第 i 个 UE 的八位位组的总数。

本实施例中的该四个第二指标中的第三个指标与第 m 个 TTI 时刻的不同 UE 的平均吞吐量相关。该值只是以上公式 (11) 中计算出的单个吞吐量的平均值：

$$Avg_Th(m) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N Th_n(m) \quad (23)$$

该四个第二指标中的最后一个与公平性相关。在本实施例中，认为公平性与到单个 UE 的吞吐量方差的范围相关。根据以上公式 (11)，单个吞吐量的矢量为

$$\overline{Th}(m) = \{Th_n(m)\}, \quad n=1 \dots N \quad (24)$$

将单个吞吐量的矢量方差定义为

$$\text{var_Th}(m) = \text{var}(\overline{Th}(m)) \quad (25)$$

将公平性定义为

$$5 \quad \text{Fairness}(m) = \frac{1}{\text{var_Th}(m)} \quad (26)$$

容易理解，由作为调度处理一部分的判决单元 16 所使用的排名权重 $W_k(m)$ 和信道权重 $V_k(m)$ 对于调度性能的不同方面具有不同的可能影响。根据信道状况和业务量负荷，一些权重被认为有助于提高某个第二指标的可能性高，而认为另一些权重有助于降低某个第二指标的可能性高。

10 通过单独增加或减少五个权重中的一个同时将所有其它权重设为 1 来研究本实施例中的各组权重中的五个权重中的每一个对于该四个第二指标的可能影响。在下面的表 1 中表示了该研究结果。

表 1

权重 \ 第二指标	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5
Total_QoS(m)	F	H	H	F	F	F	H	H	F	F
Total_Th(m)		F	F	H			F	F	H	
Fairness(m)	F	H	H	F		F	H	H	F	
Avg_Th _n (m)		H		F			H		F	

15 在表 1 中，如果一个权重的增加被认为导致一个第二指标改善的可能性高，则将该权重分类为属于该第二指标的权重的有利类别 (“F”)。如果认为一个权重的增加导致一个第二指标降低的可能性高时，则将该权重分类为属于该第二指标的权重的不利类别 (“H”)。将被认为使一个第二指标提高或降低的可能性都不高的权重分类为属于中间类别 (表 1
20 中的空白栏)。

通过考虑这些权重所对应的第一指标 (调度性能的不同方面) 以及第一指标可能如何影响各个不同的第二指标来评价权重对于第二指标的

可能影响。

例如考虑与总吞吐量有关的第二指标 $Total_Th(m)$ 。

根据当前报告的载波干扰(C/I)比来定义第一指标 $Metric_C/I_n(m)$ ，并根据用于第 n 个 UE 的可传输八位位组的有效数量来定义
5 $Metric_Oct_n(m)$ 。如果与总吞吐量相关的第二指标的历史记录显示性能下降，则通过在排名和信道分配处理中均增加与这些第一指标相关的权重 $W_2(m)$ 、 $W_3(m)$ 、 $V_2(m)$ 和 $V_3(m)$ ，很可能会恢复总吞吐量。由此将这些权重分类为有利的。相反， $Metric_Waiting_Ratio_n(m)$ 很可能阻碍总吞吐量。将与该第一指标相关的权重 $W_4(m)$ 和 $V_4(m)$ 分类为对于总吞吐量不利。减
10 少这些可能性高权重将恢复吞吐量。事实上，在两个 TTI 内通过这种方式处理 $W_2(m)$ 、 $W_3(m)$ 、 $V_2(m)$ 、 $V_3(m)$ 、 $W_4(m)$ 和 $V_4(m)$ 将使判决单元的行为趋向于最大 C/I 分组调度器的行为。

通过使用第二指标以及权重的分类来调整或调节权重，可以将调度装置变为更为有效的调度器，即，响应于不同状况而进行不同操作。通过
15 使用多个不同的第二指标来生成并调整权重，可以实现它们测量的多个性能方面的均衡。

下面参照公式 (24) 到 (64) 说明可以调整权重的方式的示例。

对于各个权重（排名权重和信道分配权重）保持并使用两个值。第一值为“实”值，其为权重调整单元 20 提供给判决单元 16 以由判决单
20 元使用来决定数据分组将要发送到的接收机。该第一值满足指定的特定规定条件。例如，在本实施例中，其必须总是大于或等于零，且必须不能超过某一预定最大值。该最大值可以为例如该装置的操作员第一次激活该装置时所提供了一组初始权值。在 GB 0303859.3 中公开了适当的初始权值组。

25 各个权重的第二值为“虚”值，其由权重调整单元 20 内部使用而不提供给判决单元 16。该第二值是权重调整单元 20 用来调整权重的。在各个 TTI 中，根据权重调整单元 20 内的先前的虚值来计算新虚值。这些虚值不受应用于实值的规定条件的限制，可随意调整。使用数学变换处理来从虚值衍生出实值，该数学变换处理确保该实值满足规定条件。

第 m 个 TTI 中的排名权重的实值为

$$\bar{W}(m) = \{W_1(m), W_2(m), W_3(m), W_4(m), W_5(m)\} \quad (24)$$

第 m 个 TTI 中的信道分配权重的实值为

$$\bar{V}(m) = \{V_1(m), V_2(m), V_3(m), V_4(m), V_5(m)\} \quad (25)$$

5 类似地，当前第 m 个 TTI 的排名权重的虚值 $Virtual_W$ 被表达为

$$Virtual_W(m, s) = \{Virtual_W_1(m, s), Virtual_W_2(m, s), Virtual_W_3(m, s), Virtual_W_4(m, s), Virtual_W_5(m, s)\} \quad (26)$$

信道分配权重的虚值 $Virtual_V$ 被表达为

$$Virtual_V(m, s) = \{Virtual_V_1(m, s), Virtual_V_2(m, s), Virtual_V_3(m, s), Virtual_V_4(m, s), Virtual_V_5(m, s)\} \quad (27)$$

10

建立了实值与虚值 $Virtual_V(m)$ 和 $\bar{V}(m)$ 之间的一对一关系。例如，如果 W_1 对于 $Total_QoS(m)$ 是有利的，则 $Virtual_W_1$ 对于 $Total_QoS(m)$ 也是有利的。

在本实施例中，在各个 TTI 中，在四个步骤的序列中执行权重的虚值的调整。公式 (26) 和 (27) 中的索引 s 表示步数， $Virtual_W_i(m, s)$ (或 $Virtual_V_i(m, s)$) 表示第 m 个 TTI 的步骤 S 中的权重 W_i (或 V_i) 的虚值。下面详细说明这四个步骤中执行的调整。

步骤 1:

20 对于该第二指标中的第一个 $Total_QoS(m)$ ，采用该指标值变化的历史记录来评估最后 L 个 (如 $L=100$) TTI 中的指标趋势:

$$Decisive_Total_QoS(m) = \sum_{l=1}^L [Total_QoS(m-l+1) - Total_QoS(m-l)] \quad (28)$$

然后在步骤 1 中基于第二指标中的第一个指标 $Total_QoS(m)$ 的趋势和表 1 中的权重分类，调整前一 TTI (第 $m-1$ 个 TTI) 的最后步骤 (步骤 4) 所保持的权重的虚值。

25 对于有利于 $Total_QoS(m)$ 的排名权重，我们有

$$\begin{cases} Virtual_W_i(m, 1) = Virtual_W_i(m-1, 4) + \varepsilon \\ -Decisive_Total_QoS(m), & Decisive_Total_QoS(m) \leq 0, \\ Virtual_W_i(m, 1) = Virtual_W_i(m-1, 4) & Decisive_Total_QoS(m) > 0 \end{cases} \quad (29)$$

$$i=1, 4, 5$$

其中 ε 为值在 0.001 与 0.01 之间的一个常实数。

对于有利于 Total_QoS(m) 的信道分配权重，我们有

$$\begin{cases} \text{Virtual_}V_i(m,1) = \text{Virtual_}V_i(m-1,4) + \varepsilon \\ - \text{Decisive_Total_QoS}(m), & \text{Decisive_Total_QoS}(m) \leq 0, \\ \text{Virtual_}V_i(m,1) = \text{Virtual_}V_i(m-1,4) & \text{Decisive_Total_QoS}(m) > 0 \end{cases} \quad (30)$$

$$i=1, 4, 5$$

对于不利于 Total_QoS(m) 的排名权重，我们有

$$5 \quad \begin{cases} \text{Virtual_}W_i(m,1) = \text{Virtual_}W_i(m-1,4) - \varepsilon \\ + \text{Decisive_Total_QoS}(m), & \text{Decisive_Total_QoS}(m) \leq 0, \\ \text{Virtual_}W_i(m,1) = \text{Virtual_}W_i(m-1,4) & \text{Decisive_Total_QoS}(m) > 0 \end{cases} \quad (31)$$

$$i=2, 3$$

对于不利于 Total_QoS(m) 的信道分配权重，我们有

$$\begin{cases} \text{Virtual_}V_i(m,1) = \text{Virtual_}V_i(m-1,4) - \varepsilon \\ + \text{Decisive_Total_QoS}(m), & \text{Decisive_Total_QoS}(m) \leq 0, \\ \text{Virtual_}V_i(m,1) = \text{Virtual_}V_i(m-1,4) & \text{Decisive_Total_QoS}(m) > 0 \end{cases} \quad (32)$$

$$i=2, 3$$

- 10 可以看出，作为公式 (29) 到 (32) 的结果，如果该第二指标减少或不变，则对 Total_QoS(m) 有利的权重的虚值增加，如果该第二指标增加，则该虚值保持不变。另一方面，如果第二指标减少或不变，则对 Total_QoS(m) 不利的权重的虚值减少，如果该第二指标增加，则该虚值保持不变。

- 15 在本示例的步骤 1 中没有中性值。

步骤 2:

在该步骤中，在最后 L 个 TTI 中再次响应于与公平性相关的第二指标 Var_Th 的趋势，调整权重的虚值。基于以下公式来判断该趋势

$$\text{Decisive_var_Th}(m) = \sum_{l=1}^L [\text{var_Th}(m-l+1) - \text{var_Th}(m-l)] \quad (33)$$

- 20 如下地调整有利于公平性的权重的虚值

$$\begin{cases} \text{Virtual_}W_i(m,2) = \text{Virtual_}W_i(m,1) + \varepsilon \\ + \text{Decisive_var_Th}(m), & \text{Decisive_var_Th}(m) \geq 0, \quad i=1, 4 \\ \text{Virtual_}W_i(m,2) = \text{Virtual_}W_i(m,1) & \text{Decisive_var_Th}(m) < 0 \end{cases} \quad (34)$$

以及

$$\begin{cases} \text{Virtual_}V_i(m,2) = \text{Virtual_}V_i(m,1) + \varepsilon \\ + \text{Decisive_var_Th}(m), & \text{Decisive_var_Th}(m) \geq 0, \quad i=1, 4 \\ \text{Virtual_}V_i(m,2) = \text{Virtual_}V_i(m,1) & \text{Decisive_var_Th}(m) < 0 \end{cases} \quad (35)$$

如下地调整不利于公平性的权重的虚值

$$\begin{cases} \text{Virtual_}W_i(m,2) = \text{Virtual_}W_i(m,1) - \varepsilon \\ -\text{Decisive_var_Th}(m), & \text{Decisive_var_Th}(m) \geq 0, \quad i=2, 3 \\ \text{Virtual_}W_i(m,2) = \text{Virtual_}W_i(m,1) & \text{Decisive_var_Th}(m) < 0 \end{cases} \quad (36)$$

以及

$$\begin{cases} \text{Virtual_}V_i(m,2) = \text{Virtual_}V_i(m,1) - \varepsilon \\ -\text{Decisive_var_Th}(m), & \text{Decisive_var_Th}(m) \geq 0, \quad i=2, 3 \\ \text{Virtual_}V_i(m,2) = \text{Virtual_}V_i(m,1) & \text{Decisive_var_Th}(m) < 0 \end{cases} \quad (37)$$

5 其余权重是中性的，并保持不变

$$\text{Virtual_}W_i(m,2) = \text{Virtual_}W_i(m,1), \quad i \in \text{中性权重} \quad (38)$$

以及

$$\text{Virtual_}V_i(m,2) = \text{Virtual_}V_i(m,1), \quad i \in \text{中性权重} \quad (39)$$

10 以上公式 (34) 到 (37) 不同于步骤 1 中使用的相应公式 (29) 到 (32)。这是因为第二指标 Var_Th 与吞吐量变化相关，即，其与公平性逆相关。

步骤 3:

在该步骤中，如下地评估与平均吞吐量相关的第二指标 Avg_Th 的趋势:

$$15 \quad \text{Decisive_Avg_Th}(m) = \sum_{l=1}^L [\text{Avg_Th}(m-l+1) - \text{Avg_Th}(m-l)] \quad (40)$$

如下地调整有利于平均吞吐量的权重的虚值

$$\begin{cases} \text{Virtual_}W_i(m,3) = \text{Virtual_}W_i(m,2) + \varepsilon \\ -\text{Decisive_Avg_Th}(m), & \text{Decisive_Avg_Th}(m) \leq 0, \quad i=4 \\ \text{Virtual_}W_i(m,3) = \text{Virtual_}W_i(m,2) & \text{Decisive_Avg_Th}(m) > 0 \end{cases} \quad (41)$$

以及

$$\begin{cases} \text{Virtual_}V_i(m,3) = \text{Virtual_}V_i(m,2) + \varepsilon \\ -\text{Decisive_Avg_Th}(m), & \text{Decisive_Avg_Th}(m) \leq 0, \quad i=4 \\ \text{Virtual_}V_i(m,3) = \text{Virtual_}V_i(m,2) & \text{Decisive_Avg_Th}(m) > 0 \end{cases} \quad (42)$$

20 如下地调整不利于平均吞吐量的权重的虚值

$$\begin{cases} \text{Virtual_}W_i(m,3) = \text{Virtual_}W_i(m,2) - \varepsilon \\ +\text{Decisive_Avg_Th}(m), & \text{Decisive_Avg_Th}(m) \leq 0, \quad i=2 \\ \text{Virtual_}W_i(m,3) = \text{Virtual_}W_i(m,2) & \text{Decisive_Avg_Th}(m) > 0 \end{cases} \quad (43)$$

以及

$$\begin{cases} Virtual_V_i(m,3) = Virtual_V_i(m,2) - \varepsilon \\ + Decisive_Avg_Th(m), & Decisive_Avg_Th(m) \leq 0, \quad i=2 \quad (44) \\ Virtual_V_i(m,3) = Virtual_V_i(m,2) & Decisive_Avg_Th(m) > 0 \end{cases}$$

剩余权重是中性的, 并保持不变

$$Virtual_W_i(m,3) = Virtual_W_i(m,2), \quad i \in \text{中性权重} \quad (45)$$

以及

$$5 \quad Virtual_V_i(m,3) = Virtual_V_i(m,2), \quad i \in \text{中性权重} \quad (46)$$

步骤 4:

在该步骤中, 如下地评估与总吞吐量相关的第二指标 Total_Th 的趋势:

$$Decisive_Total_Th(m) = \sum_{l=1}^L [Total_Th(m-l+1) - Total_Th(m-l)] \quad (47)$$

10 如下地调整有利于总吞吐量的权重的虚值

$$\begin{cases} Virtual_W_i(m,4) = Virtual_W_i(m,3) + \varepsilon \\ - Decisive_Total_Th(m), & Decisive_Total_Th(m) \leq 0, \quad i=2, 3 \quad (48) \\ Virtual_W_i(m,4) = Virtual_W_i(m,3) & Decisive_Total_Th(m) > 0 \end{cases}$$

以及

$$\begin{cases} Virtual_V_i(m,4) = Virtual_V_i(m,3) + \varepsilon \\ - Decisive_Total_Th(m), & Decisive_Total_Th(m) \leq 0, \quad i=2, 3 \quad (49) \\ Virtual_V_i(m,4) = Virtual_V_i(m,3) & Decisive_Total_Th(m) > 0 \end{cases}$$

如下地调整不利于平均吞吐量的权重的虚值

$$15 \quad \begin{cases} Virtual_W_i(m,4) = Virtual_W_i(m,3) - \varepsilon \\ + Decisive_Total_Th(m), & Decisive_Total_Th(m) \leq 0, \quad i=4 \quad (50) \\ Virtual_W_i(m,4) = Virtual_W_i(m,3) & Decisive_Total_Th(m) > 0 \end{cases}$$

以及

$$\begin{cases} Virtual_V_i(m,4) = Virtual_V_i(m,3) - \varepsilon \\ + Decisive_Total_Th(m), & Decisive_Total_Th(m) \leq 0, \quad i=4 \quad (51) \\ Virtual_V_i(m,4) = Virtual_V_i(m,3) & Decisive_Total_Th(m) > 0 \end{cases}$$

剩余权重是中性的, 并保持不变

$$Virtual_W_i(m,4) = Virtual_W_i(m,3), \quad i \in \text{中间权重} \quad (52)$$

20 以及

$$Virtual_V_i(m,4) = Virtual_V_i(m,3), \quad i \in \text{中间权重} \quad (53)$$

在本阶段, 使用虚值来更新实值。为此, 首先如下地确定最小虚值

$$Virtual_{\min} = \min(Virtual_W_i(m,4), i=1...5, Virtual_V_i(m,4), i=1...5) \quad (54)$$

对虚值执行进一步调整，以使其为正：

$$\begin{cases} \text{Virtual2_}W_i(m) = \text{Virtual_}W_i(m,4) - 2 \cdot \text{Virtual_min}, \text{Virtual2_}V_i = \text{Virtual2_}V_i(m,4) - 2 \cdot \text{Virtual_min} & i = 1 \dots 5, \text{Virtual_min} < 0 \\ \text{Virtual2_}W_i(m) = \text{Virtual_}W_i(m,4), \text{Virtual2_}V_i = \text{Virtual_}V_i(m,4) & i = 1 \dots 5, \text{Virtual_min} \geq 0 \end{cases} \quad (55)$$

其中 Virtual2_ $W_i(m)$ 和 Virtual2_ $V_i(m)$ 为经调整的正值。

接下来，找到这些经调整的正值中的最大值：

$$5 \quad \text{Virtual_max} = \max(\text{Virtual2_}W_i, i=1 \dots 5, \text{Virtual2_}V_i, i=1 \dots 5) \quad (56)$$

如上所述，在本实施例中，不允许权重的实值超过在例如由操作员所施加的初始权重组中的最大权重：

$$\text{max_initial_weight} = \max(W_i(1), i=1 \dots 5, V_i(1), i=1 \dots 5) \quad (57)$$

然后，对于权重的实值，我们有

$$10 \quad W_i(m) = \text{Virtual2_}W_i(m) \cdot \text{max_initial_weight} / \text{Virtual_max} \quad i=1 \dots 5 \quad (58)$$

$$V_i(m) = \text{Virtual2_}V_i(m) \cdot \text{max_initial_weight} / \text{Virtual_max} \quad i=1 \dots 5 \quad (59)$$

从 (54) 到 (59) 引入的数学变换限制了权重的实值的增长，并防止提供 QoS 的一个或一些性能指标出现分歧。通过广泛的实践研究产生了这些公式。

15 再参照公式 (19) 和 (20)，可以看出，判决单元 16 也采用了与延迟容限相关的自适应的另一权重 $\gamma(m, j)$ 。对于每个具有相同延迟容限的 UE 组 j ，都存在这样的自适应权重 $\gamma(m, j)$ 。权重调整单元 20 也可以调整这些针对每组的自适应权重 $\gamma(m, j)$ 。对于各组 j ，如下地计算由属于该组的 UE 在第 m 个 TTI 中所经历的平均服务质量的指标

20 Avg_Group_QoS(m, j)。

$$\text{Avg_Group_QoS}(m, j) = \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j} \text{Throughput_Satisfy_QoS}_i(m), \quad j=1 \dots J \quad (60)$$

其中 N_j 是组 j 中的 UE 数量，根据以上公式 (2) 对于该组中的各个 UE 计算 Throughput_Satisfy_QoS。

然后如下地评估最后 L 个 TTI 中的对于各组 j 的组平均服务质量的

25 趋势：

$$\text{Decisive_Avg_Group_QoS}(m, j) = \sum_{l=1}^L [\text{Avg_Group_QoS}(m-l+1, j) - \text{Avg_Group_QoS}(m-l, j)] \quad (61)$$

然后采用该趋势来如下计算参数 $\omega(m, j)$

$$\begin{cases} \omega(m, j) = \gamma(m-1, j) + \varepsilon & \text{Decisive_Avg_Group_QoS}(m, j) \leq 0 \\ -\text{Decisive_Avg_Group_QoS}(m, j), & \\ \omega(m, j) = \gamma(m-1, j) & \text{Decisive_Avg_Group_QoS}(m, j) > 0 \end{cases} \quad (62)$$

然后如下地更新每组的自适应 QoS 权重 $\gamma(m, j)$

$$\gamma(m, j) = \omega(m, j) / \omega_{\min}(m), \quad j=1 \cdots J \quad (63)$$

$$\text{其中 } \omega_{\min}(m) = \min(\omega(m, j)), \quad j=1 \cdots J \quad (64)$$

5 从(62)到(64)的变换确保所有 UE 具有正值的组 QoS 权重 $\gamma(m, j)$ ，而具有最低业务优先级的组的权值一直为 1。该变换还会避免组 QoS 权重 $\gamma(m, j)$ 无限制增长。优选地，这些映射用于防止与各个 UE 的 QoS 相关的性能指标的分歧，以及与总 QoS 相关的性能指标的分歧。通过经验推导出并证明了这些变换。

10 在此阶段，对于第 m 个 TTI 更新所有权重。可以将这些权重应用于判决单元，以使其能够生成在 (19) 和 (20) 中定义的排名和信道分配量度。然后可以由判决单元执行图 5 的流程图中的步骤。

接下来，将说明本发明优选实施例的各种模拟结果。这些模拟结果与有多个 UE 的模拟业务量环境相关。假设第一组 UE 试图接收实时视频数据，假设第二组 UE 试图进行 WWW 浏览会话。在图 7 中示意性地示出了该场景。如图 7 所示，将 WWW 下载分组通过因特网并通过 HSDPA 系统传输到 UE 中的应用接收机缓冲区中。直接通过 HSDPA 系统将实时视频传输到该 UE 的应用接收机缓冲区。

20 实时视频数据由实时协议 (RTP) 分组组成。在本模拟中，采用符合 ITU H. 263 的视频业务量模型。该业务量模型集中在与视频编码和 RTP 分组传输相关的业务量特性。该模型每秒种产生 7.5 个视频帧，其输出视频流的目标比特率为 32 kbps。根据视频帧的大小将这些视频帧分为一个或多个 RTP 分组。

25 WWW 浏览会话被认为包括如在 TR 25.848, ver 1.0.0, RP-010191, TSG-RAN#11, March 2001 中定义的一系列分组呼叫。假设对 WWW 浏览会话应用了慢速机制。该慢速机制方式在完全成功下载前一会话之前下载新会话。例如，如果第一网页与第二网页有链接，则慢速机制不允许在成功下载所有第一页之前下载第二网页。

实时视频数据和 WWW 数据共享 HSDPA 系统中的相同的信道化码（信道）。

在图 8 中示意性示出了本模拟中采用的蜂窝环境。在图 8 中，假设相邻基站（节点 B）30 之间的间隔为 6km。各个小区有一个基站。将各个小区分为三个扇区，这些扇区的边界如图 8 所示。如图 8 所示，假设 UE 开始时都均匀地分布在小区中，然后它们来回移动。

与小区环境相关地假设节点 B 具有固定的发射功率。对于没有采用功率控制的满载（fully-loaded）HSDPA 系统，这是一个现实的假设。相邻小区干扰是由于从多个相邻节点 B 进行发送的结果。根据进行发送的节点 B 的固定功率级别确定相邻小区干扰的级别。另外，假设存在路径损耗并且其影响了信号质量。还假设为每个扇区提供了具体实时本发明的一个分组调度装置，以处理扇区内的所有 UE 的数据。

为了建模瑞利（Rayleigh）衰落的影响，采用 ETSI 6-path Rayleigh vehicular A 信道模型。假设各个 UE 的速度为 3.6km/h。下面的表 2 示出了构成信道的 6 条不同路径的相对延迟和平均功率。

表 2

路径	信道 A	
	相对延迟 (nS)	平均功率 (dB)
1	0	0.0
2	310	-1.0
3	710	-9.0
4	1090	-10.0
5	1730	-15.0
6	2510	-20.0

假设阴影具有对数正态分布（log-normal distribution）。在下面的表 3 中列出了所假设的阴影参数。

表 3

参数	值
对数正态阴影衰落标准偏移	8dB

去相关距离	20m
站点之间的相关性	0.5
扇区之间的相关性	1

图 9 示出了第一模拟示例中所假设的到达不同 UE 的分组数据。UE 1 到 10 是视频用户。UE 11 到 90 是 WWW 用户。在第一示例中，假设在一组 30,000 个 TTI (60 秒周期) 中，总的业务量负荷大致为一常数。从图 9 中可见，各个视频用户 (UE1 到 UE10) 具有基本连续的到达分组流。对于 WWW 用户 (UE 11 到 UE 90)，数据分组到达是不连续的。但是，当数据到达时，瞬时数据速率可能比 32kbps 的视频数据速率大很多。由此，假设总的提供给 WWW 用户的负荷比提供给视频用户的大。换言之，视频用户具有窄管道，而 WWW 用户具有宽管道。

假设各个 UE 进行的信道评估良好，并且反馈信号无错。同时，最小报告延迟为 3TTI。

同时，假设 WWW 会话的可容忍延迟阈值为 1.5 秒。对于视频业务，假设可容忍延迟阈值为 100 毫秒。执行追踪组合，并且分组发送的最大数量为 6。如果不能在 6 次重传中传输一分组，则丢弃该分组。假设视频用户属于业务组 $j=1$ ，WWW 用户属于业务组 $j=2$ 。在下面所有模拟中，将视频用户的服务优先级参数 β_1 固定为 10，将 WWW 用户的服务优先级参数固定为 1。还假设，考虑 $L=100$ 个 TTI 中的第二指标的趋势，并且 $\varepsilon=0.001$ 。假设 $\gamma(m, j)$ 对于所有 UE 都为 1。

在下面参照图 10 到图 22 的说明中，将具体实现本发明的调度装置的性能与常规 FIFO 加权最大 C/I 调度器和 GB 0303859.3 中所描述的具有固定权重的经预先考虑的调度器的性能进行比较。

首先，图 10 和 11 与图 9 所示的业务量场景下的最大 C/I 调度器的性能相关。图 10 示出了公式 (21)、(22)、(23) 和 (26) 定义的四个第二指标如何在 30,000 个 TTI 的模拟周期中变化。图 10 还示出了公式(60) 定义的视频业务和 WWW 业务的组指标 Avg_Group_QoS 的变化。

图 11 的曲线图对应于图 10，但是只示出了模拟周期的前 2,000 个 TTI (4 秒) 中的变化。可以看出，由于所有实时视频用户和 WWW 用户共

享相同信道，所以在实时视频的 QoS 和公平性方面，HSDPA 系统性能最初时响应于模拟周期开始时的所有视频和 WWW 呼叫的突然进入而崩溃。还可以看出，实时视频的 QoS 最初升至约 0.6，但随后性能降低至大约 0.3。随后性能恢复，但对于视频用户而言，这种“失控”现象是不令人满意的。在 WWW 用户的 QoS 中不会出现这种“失控”现象，在模拟周期内其性能稳定增长。

接下来，图 12 和 13 表示了与图 10 和 11 相同的信息，但是对于 GB 0303859.3 中说明的调度器，具有以下粗略分配的固定权重组：

$$\begin{aligned} W_1(1) &= 0.1, W_2(1) = 10, W_3(1) = 0.1, W_4(1) = 0.1, W_5(1) = 0.1 \\ V_1(1) &= 0.1, V_2(1) = 0.1, V_3(1) = 0.1, V_4(1) = 10, V_5(1) = 0.1 \end{aligned}$$

这些值不是 GB 0303859.3 中公开的最佳值。而是将它们专门选作非最佳值，因为实际上，在该调度器中不可能有最佳的固定权重初始值。

如图 13 所示，在最初的 1,000 个 TTI（或两秒）中也存在失控效应。在图 13 中，WWW 用户的 QoS 和实时视频用户的 QoS 明显具有两个相反趋势。

此外，在模拟周期的第一个两秒内，吞吐量方差稳定增长。可以看出，图 13 中的恢复比图 11（最大 C/I 调度器）中快。但是，在某些情况下，对于实时视频用户而言，该恢复周期以及所实现的稳定性能的最终程度可能是无法接受的。

图 14 示出了本发明实施例的性能，其中根据上面设置的粗初始值开始调整权重。示出了与图 10 到 13 相同的性能指标。但是，在本示例中，当从虚值生成权重的实值时不进行公式（54）到（59）的变换以及（62）到（64）的变换。由此，有效地将不受限制调整的虚值直接应用于图 4 中的判决单元 16。

从图 14 可以看出，在模拟周期的前 30 秒内，WWW 用户的 QoS 比视频用户的 QoS 低很多。WWW 用户平坦的 QoS 的级别表示在该初始周期内，几乎全部向视频用户发送，并且阻塞了向 WWW 用户传输数据。这种严重的输入比特管道不平衡性直接影响了所传输的输出比特率，该比特率大于 500kbps 并小于常规 FIFO 加权最大 C/I 调度器以及具有粗略分配的固定

权重的 GB 0303859.3 的调度器。为此，优选地，在混合业务场景中进行公式 (54) 到 (59) 以及 (62) 到 (64) 的数学变换 (归一化)，以在所提供 QoS 的所有不同方面之间实现平衡。

图 15 示出了当应用了公式 (54) 到 (59) 以及 (62) 到 (64) 的变换时，具体实施本发明的调度器的性能。假设利用用于生成图 12 和图 13 所示的结果的同一粗略权重组来初始化该调度器。然后由调度器调整这些权重。

显然，调整控制机制设法将性能提高到比 GB 0303859.3 中公开的固定权重调度器高很多的等级 (参见图 12)。

图 16 比较如下三种情况的吞吐量方差随时间的变化：(a) FIFO 加权最大 C/I 调度器，(b) 具有粗略分配的权重的 GB0303859.3 的固定权重调度器，以及 (c) 具体实施本发明的调度器。可以看出，具体实施本发明的调度器对于失控现象具有高效快速的响应。

图 17 的曲线图将对于三种不同调度器 (a) 到 (c) 的视频用户的 QoS 随时间的变化进行比较。很明显，具体实施本发明的调度器仍然对于失控信息具有高效快速的响应。

图 18 (A) 到 18 (F) 表示三个调度器 (a) 到 (c) 之间的其它性能比较。

图 18 (A) 所表示的曲线图用于比较这三个调度器的总吞吐量 (WWW 和视频)。这些线表示所有 UE 的吞吐量的累积密度函数 (CDF)。

图 18 (B) 的曲线图用于比较这三个调度器的平均吞吐量。这些线表示接收视频业务的 UE 1 到 10 的吞吐量的平均 CDF。

图 18 (C) 的曲线图对应于图 18 (B)，但是用于比较三个调度器中的平均 WWW 吞吐量。这些线表示接收 WWW 业务的 UE 11 到 90 的吞吐量的平均 CDF。

图 18 (D) 的曲线图用于比较三个调度器中的视频用户的 QoS。

图 18 (E) 的曲线图用于比较三个调度器中的 WWW 用户的 QoS。

图 18 (F) 的曲线图用于比较三个调度器中的所有 UE 的总吞吐量。

下面的表 4 以量化的形式表示对于第一模拟示例的性能比较。性能

比较指标为传输比特率（将 60 秒的总吞吐量被 30,000 个 TTI 除）、平均吞吐量、平均延迟、WWW 服务的 QoS 和视频服务的 QoS。平均吞吐量是由公式 (23) 定义的单个吞吐量的平均值。平均延迟是成功传输的分组经受的各延迟的平均值。各个业务的 QoS 是在相关服务的可容忍延迟容限内无差错的传输到相关 UE 的八位位组与到达节点 B 的八位位组总数的比。

表 4

调度器	(a)	(b)	(c)
传输比特率	1.969Mbps	2.186Mbps	2.1921
平均吞吐量	0.9127	0.9731	0.998
平均延迟	4.5966 秒	1.4563 秒	0.6071
满足的 QoS 条件 (WWW)	0.6331	0.7949	0.8758
满足的 QoS 条件 (视频)	0.4958	0.6814	0.9783

从表 4 中可以看出具体实施本发明的调度器 (c) 如何有效地提高了所有系统性能特征。即使在短时间段内，其也能成功地对所有无线终端公平输出。

模拟周期最后时刻的虚权值组为：

$$\text{Virtual_}W_1(30000)=4.79, \text{Virtual_}W_2(30000)=0.4881,$$

$$\text{Virtual_}W_3(30000)=38.4451, \text{Virtual_}W_4(30000)=9.6,$$

$$\text{Virtual_}W_5(30000)=30.87$$

$$15 \quad \text{Virtual_}V_1(30000)=4.79, \text{Virtual_}V_2(30000) = -9.411,$$

$$\text{Virtual_}V_3(30000)=38.4451, \text{Virtual_}V_4(30000)=4.965,$$

$$\text{Virtual_}V_5(30000) =30.87$$

模拟周期最后时刻的实权值组为：

$$W_1(30000)=4.12, \quad W_2(30000)=3.37, \quad W_3(30000)=10, \quad W_4(30000)=4.96,$$

$$20 \quad W_5(30000)=8.68$$

$$V_1(30000)=4.12, \quad V_2(30000)=1.64, \quad V_3(30000)=10, \quad V_4(30000)=4.96,$$

$$V_5(30000)=8.68$$

图 19 (A) 到 19 (C) 分别示出了三个调度器 (a) 到 (c) 在模拟周

期内各个单独 UE 的吞吐量的 CDF 方面的性能。在图 19 (A) 到 19 (C) 中，虚线表示视频用户的 UE，实线表示 WWW 用户的 UE。可以看出，在具体实施本发明的调度器 (c) 中，分组传输要快很多。

接下来，将描述第二模拟示例，在第二模拟示例中，假设条件与第一模拟示例的条件基本类似。但是，在第二模拟示例中，假设了一组比第一模拟示例中所使用的更为适当的“良好”初始权重组。在 GB 0303859.3 中公开了当对 WWW 浏览应用了慢速机制时所使用的这样一组“良好”权重组，即：

$$W_1(1) = 1, W_2(1) = 10, W_3(1) = 1, W_4(1) = 1, W_5(1) = 1$$

$$V_1(1) = 1, V_2(1) = 1, V_3(1) = 1, V_4(1) = 10, V_5(1) = 1$$

在以下结果中，假设“良好”权重组为应用于 GB 0303859.3 中公开的调度器 (b) 的固定权重组。

用于第二模拟示例的图 20 (A) 到 20F 对应于用于第一模拟示例的图 18 (A) 到 18 (F) 中的情况。可以看出，通过使用“良好”权重组（固定权重）大大提高了 GB 0303859.3 中的调度器 (b) 的性能。但是，即使在这种情况下，具体实施本发明的调度器 (c) 通过调整权重仍使性能得到了进一步的提高，具体参见图 20 (D)。

下面的表 5 与上文的表 4 类似，以量化的形式比较了用于第二模拟示例的调度器 (b) 和 (c) 的性能。

表 5

调度器	(b)	(c)
传输比特率	2.32Mbps	2.1921
平均吞吐量	0.9869	0.9982
平均延迟	0.5697 秒	0.6172
满足的 QoS 条件 (视频)	0.8994	0.9590
满足的 QoS 条件 (WWW)	0.8658	0.8535

从图 20 (E) 和表 5 可以看出，为了向视频用户提供更好的服务质量，具体实现本发明的调度器 (c) 降低了对 WWW 用户的服务质量。这是因为提供给视频业务的固定业务优先级参数 ($\beta_1=10$) 比提供给 WWW 业务的

优先级参数 ($\beta_2=1$) 高很多。图 20 (D) 示出具体实施本发明的调度器如何成功防止视频业务的 QoS 下降。

接下来, 考虑涉及业务量负荷变化的场景的第三模拟示例。在该第三示例中, 总共有 50 个 UE, 其中 UE 1 到 10 是视频用户, UE 11 到 50 是 WWW 用户。在图 21 中示出了第三模拟示例中不同 UE 的分组数据的到达。在模拟周期的开始, 接纳所有 10 个视频用户, 接纳一个 WWW 用户 (UE 50)。在 10 秒后, 允许前 19 个 WWW 用户开始 WWW 浏览会话。在 30 秒之后, 允许剩余 WWW 用户开始 WWW 浏览会话。

图 22 (A) 到图 22 (F) 示出了三个调度器 (a) 到 (c) 在第三模拟示例中的性能结果。这些曲线图分别对应于用于第一模拟示例的图 18 (A) 到 18 (F)。

从图 22 (E) 可以看出, 当在 10 秒之后接纳新 WWW 用户时, 调度器 (a) 在 QoS 方面的性能显著下降。具体实施本发明的调度器 (c) 避免了这种情况, 并提供了比固定权重的调度器 (b) 更强的健壮性。

图 22 (A) 示出了在整个模拟周期内单个吞吐量的方差减少了并且传输的公平性提高了, 在图 22 (A) 中可以观测到具体实施本发明的调度器的平衡作用。此外, 图 22 (B) 和 22 (C) 中的平均吞吐量曲线确认了与固定权重调度器 (b) 相比较, 调整权重提高了的性能。这些曲线图还示出了与调度器 (b) 相比, 调度器 (c) 能够同时为视频业务和 WWW 业务实现更好的 QoS。图 22 (F) 示出具体实施本发明的调度器 (c) 如何成功地所有模拟周期中提供更好的瞬时总吞吐量。

与上面的表 4 和表 5 类似, 下面的表 6 以量化的形式示出了第三模拟示例的性能比较。

表 6

调度器	(a)	(b)	(c)
传输比特率	1.074Mbps	1.2487Mbps	1.2861Mbps
平均吞吐量	0.9203	0.9960	0.9973
平均延迟	1.3508 秒	0.483 秒	0.2639 秒
满足的 QoS 条件 (WWW)	0.7276	0.9283	0.9592

满足的QoS条件(视频)	0.8322	0.9662	0.9770
--------------	--------	--------	--------

第三模拟示例示出了在重负荷的业务量场景下，具体实施本发明的调度器可以同时提高总吞吐量、业务的 QoS 和分组的平均传输，同时增加调度器对于业务量负荷变化影响的健壮性。在动态移动蜂窝环境中，基站可以接纳具有不同 QoS 要求和延迟容限的多个新呼叫。因此，随着时间推移，输入业务量负荷的特性剧烈变化。在这种环境下操作所需的调度器面对多个输入管道，在比特率方面，一些输入管道是景校准的，而一些则发生变化。成功的分组调度器是不管混合业务环境中这些输入比特管道的变化，可以提供稳定的输出质量（和在与无线环境相对的有线连接中实现的类似）的调度器。图 22 (A) 到 (F) 所示的结果证实了具体实施本发明的调度器可以在整个发送周期内提供稳定的“有线”输出质量。

在上面详细说明书的本发明的实施例中，为各个不同的接收机生成第一指标的加权组合，然后将不同接收机的各个加权组合相互比较，以确定数据分组要发送到的接收机。但是，在其他实施例中，本发明还可以应用于以下文献中所述的分组调度方法：S. Abedi, S. Vadgama, “Hybrid Genetic Packet Scheduling and radio Resource Management for High Speed Downlink Packet Access”, WPMC 2002 Conference, Hawaii, pp. 1192-1196 以及 S. Abedi, S. Vadgama, “A Radio Aware Random Iterative Scheduling Technique for High Speed Downlink Packet Access”, VTC 2002, Fall, vol. 4, pp. 2322 - 2326, 24-28, Sept. 2002。例如，在后一参考文献中，生成多个候选调度方案 η_1 到 η_n 。各个候选方案 η 至少指明了在所考虑的调度时刻（如 TTI）数据分组要发送到接收机。这些候选方案中的至少一个是随机生成的。对于各个候选方案 η ，根据适合度函数计算“统一化的适合度指标”

$$f(\eta) = \frac{W_{1E} + W_{2E} \cdot u(\text{Eff_Oct})}{W_{1E}} \cdot \frac{W_{1D} + W_{2D} \cdot v(\text{Delay_Profile})}{W_{1D}} \cdot \frac{W_{1F} + W_{2F} \cdot x(\text{Fairness})}{W_{1F}} \cdot \frac{W_{1R} + W_{2R} \cdot y(\text{Ratio_Waiting_Oct})}{W_{1R}} \quad (65)$$

其中 $u(\cdot)$ 、 $v(\cdot)$ 、 $x(\cdot)$ 和 $y(\cdot)$ 是映射函数， W_{1E} 、 W_{2E} 、 W_{1F} 、 W_{2F} 、 W_{1D} 、

W_{2D} 、 W_{1R} 和 W_{2R} 是加权系数，Eff_Oct、Delay_Profile、Fairness 和 Ratio_Waiting_Oct 是这种情况下的第一指标。第一指标 Eff_Oct 是对如果选择了方案 η 则将传输的八位位组数量的估计。第一指标 Delay_Profile 是由已经到达发送机但尚未传输的最早未发送八位位组
5 经历的延迟的指标。第一指标 Fairness 是期望候选方案 η 对分组调度处理的公平性的贡献的指标。第一指标 Ratio_Waiting_Oct 是在相关候选方案中在发送机中等待发送的八位位组数量与节点 B 源队列中到达的八位位组总数之比的指标。

关于如何获得这些第一指标的方式的更多信息可以在上面参考的发明人的论文中找到，在此通过引用并入其全文。
10

应该意识到，本实施例中的第一指标不是每个接收机地计算的。而是每个候选调度方案地计算的。通常，这表示当生成第一指标时，必须考虑多于一个 UE 的性能的方面。例如，可能需要考虑候选调度方案中的所有 UE 的调度性能的多个方面。

15 从方程 (65) 可以看出，适合度函数是在为各个候选调度方案而不是为各个接收机的情况下生成的第一指标的加权组合。一旦为不同候选调度方案生成了各自的适应度函数（加权组合），则将它们相互比较以根据比较结果选择最佳的一个候选方案 η_{best} 。

在 S. Abedi, S. Vadgama, “Hybrid Genetic Packet Scheduling and
20 radio Resouce Management for High Speed Downlink Packet Access”, WPMC 2002 Conference, Hawaii, pp. 1192-1196 中描述的分组调度方法中使用了类似的适合度函数。在这种情况下，分组调度方法基于遗传算法，并且作为选择具有下一代孩子的一代双亲的处理的一部分，将用于不同候选方案的适应度函数相互比较。由此，在这种情况下，在一系列
25 代中使用该适合度函数，以到达最佳候选调度方案。然而，也可以采用适应度方程（加权组合）来确定分组要发送到的接收机。在发明人的论文中提供了采用适合度方程的方式的详细情况，在此通过引用并入其全文。

虽然上面与具有异步分组模式的宽带 CDMA 网络相关地描述了本发明

的示例，但应该意识到，本发明也可以应用于其中出现了调度问题的任何其它网络。这些网络可以为诸如 IS 95 网络的其它 CDMA 网络，或者可以为根据这些网络所调整出的网络。这些网络也可以为不使用 CDMA 的其它移动通信网络，或者这些网络调整出的网络，例如使用一个或多个下面的多访问技术的网络：时分多址（TDMA）、波分多址（WDMA）、频分多址（FDMA）和空分多址（SDMA）。

虽然以具有区别的多个“单元”描述了本发明的实施例，但是本领域技术人员应当理解，实践中可以使用微处理器或数字信号处理器（DSP）来实现本发明实施例中的基站（节点 B）和/或用户设备的所有或一些功能。

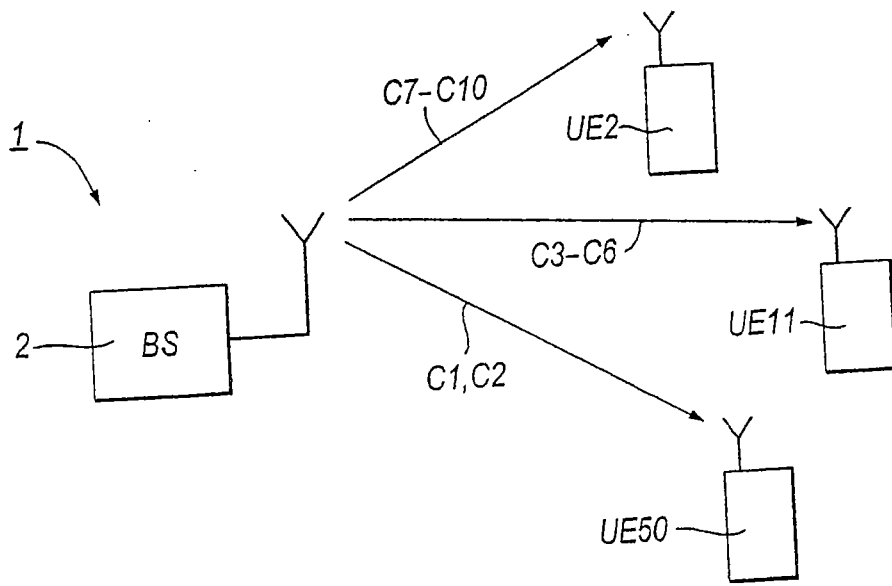


图1

	TTI1	TTI2	TTI3	TTI4	TTI5	TTI6	TTI7	TTI8	TTI9
节点 B1 信道码 1	UE50 分组 1	UE1 分组 1	UE3 分组 1	UE23 分组 1	UE4 分组 2	UE6 分组 1	UE1 分组 1	UE23 分组 1	UE7 分组 1
节点 B1 信道码 2	UE50 分组 2	UE50 分组 3	UE4 分组 1	UE1 分组 2	UE7 分组 1	UE50 分组 2	UE4 分组 1	UE1 分组 2	UE17 分组 1
节点 B1 信道码 3	UE11 分组 1	UE50 分组 4	UE1 分组 1	UE4 分组 2	UE23 分组 2	UE2 分组 8	UE11 分组 4	UE15 分组 1	UE23 分组 2
节点 B1 信道码 4	UE11 分组 2	UE50 分组 5	UE50 分组 10	UE11 分组 8	UE16 分组 2	UE9 分组 2	UE40 分组 2	UE34 分组 1	UE9 分组 3
节点 B1 信道码 5	UE11 分组 3	UE2 分组 5	UE16 分组 1	UE9 分组 1	UE11 分组 3	UE24 分组 2	UE43 分组 2	UE16 分组 1	UE11 分组 10
节点 B1 信道码 6	UE11 分组 4	UE11 分组 5	UE2 分组 6	UE1 分组 3	UE4 分组 1	UE11 分组 9	UE40 分组 3	UE11 分组 5	UE4 分组 1
节点 B1 信道码 7	UE2 分组 1	UE50 分组 6	UE50 分组 11	UE3 分组 2	UE24 分组 1	UE2 分组 8	UE38 分组 1	UE38 分组 5	UE50 分组 14
节点 B1 信道码 8	UE2 分组 2	UE50 分组 7	UE50 分组 12	UE11 分组 9	UE43 分组 1	UE4 分组 3	UE38 分组 2	UE3 分组 2	UE14 分组 1
节点 B1 信道码 9	UE2 分组 3	UE50 分组 8	UE11 分组 6	UE40 分组 1	UE50 分组 13	UE3 分组 1	UE38 分组 3	UE40 分组 1	UE43 分组 2
节点 B1 信道码 10	UE2 分组 4	UE50 分组 9	UE11 分组 7	UE50 分组 13	UE2 分组 7	UE43 分组 2	UE38 分组 4	UE50 分组 14	UE2 分组 9

图 2

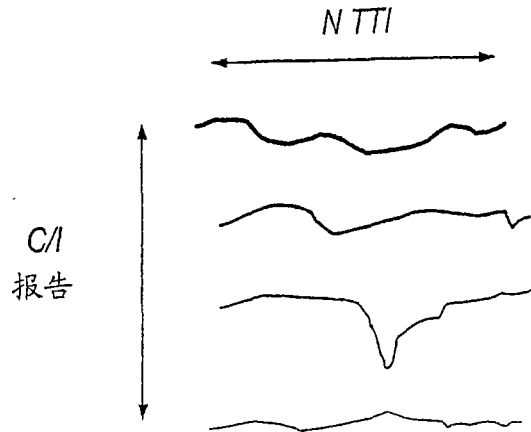


图 3 (A)

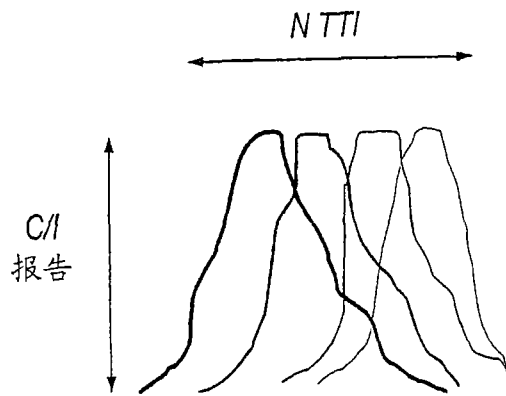


图 3 (B)

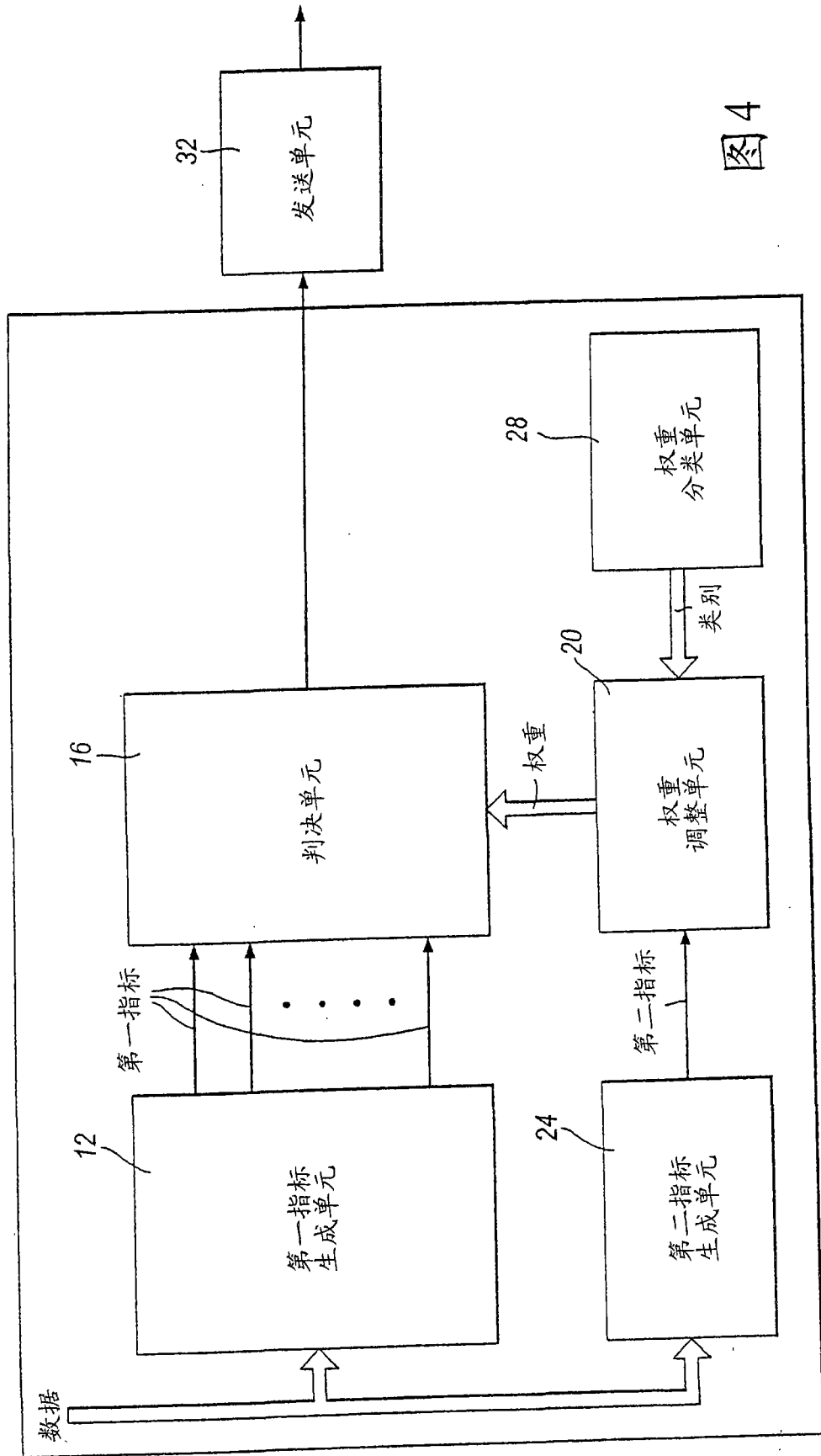


图4

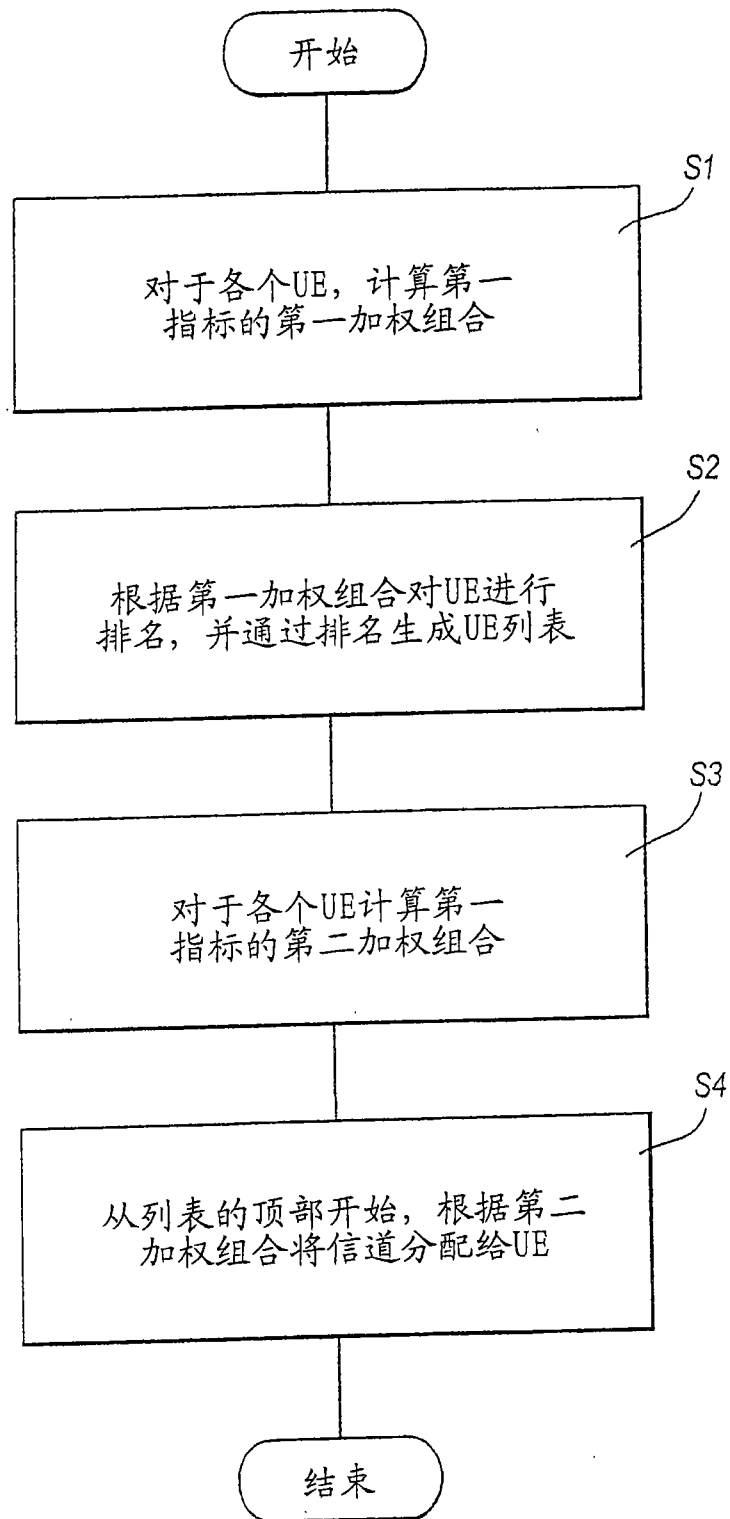


图5

第一步骤					
排名	UE NO.	信道分配指标	归一化	NO. CH.	约数
1	30	1.5	0.12	1.23	1
2	2	4.3			
3	9	1.2			
4	11	2			
5	17	3.2			
总和		12.2			
剩余					9
第二步骤					
排名	UE NO.	信道分配指标	归一化	NO. CH.	约数
1	30				
2	2	4.3	0.40	3.62	3
3	9	1.2			
4	11	2			
5	17	3.2			
总和		10.7			
剩余					6
第三步骤					
排名	UE NO.	信道分配指标	归一化	NO. CH.	约数
1	30				
2	2				
3	9	1.2	0.19	1.13	1
4	11	2			
5	17	3.2			
总和		6.4			
剩余					5
第四步骤					
排名	UE NO.	信道分配指标	归一化	NO. CH.	约数
1	30				
2	2				
3	9				
4	11	2	0.38	1.92	1
5	17	3.2			
总和		5.2			
剩余					4
第五步骤					
排名	UE NO.	信道分配指标	归一化	NO. CH.	约数
1	30				
2	2				
3	9				
4	11				
5	17	3.2	1.00	4.00	4
总和		3.2			
剩余					0

图6

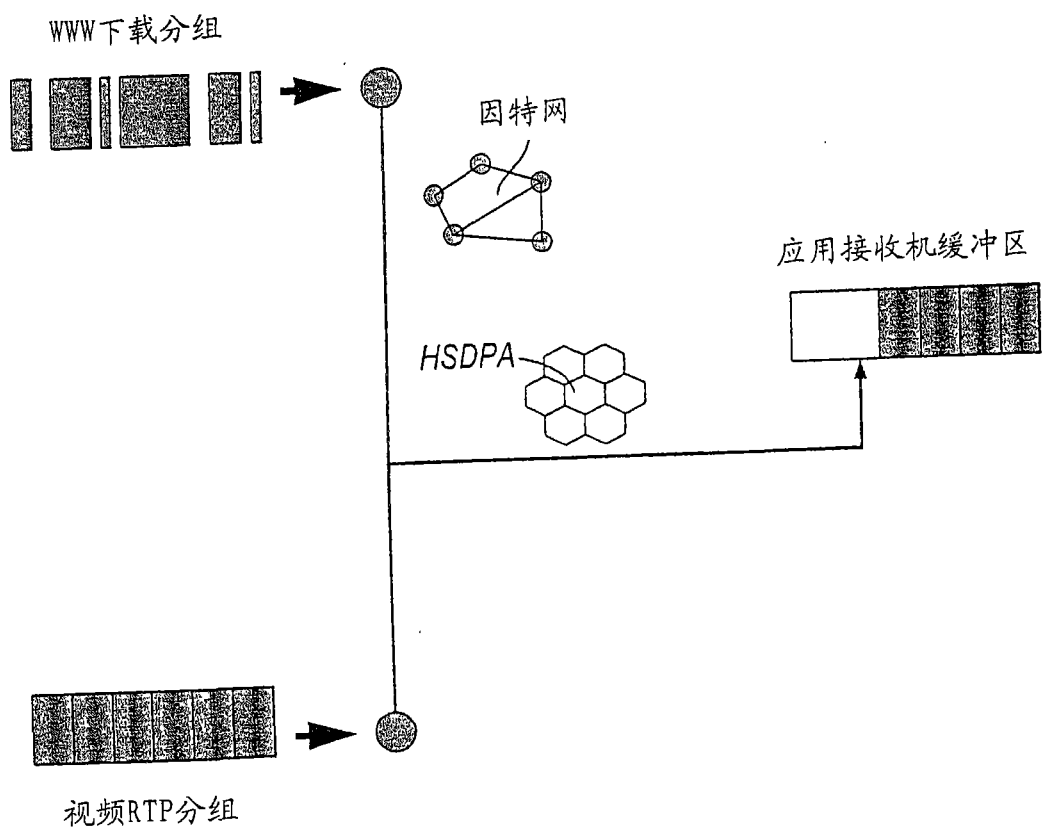


图7

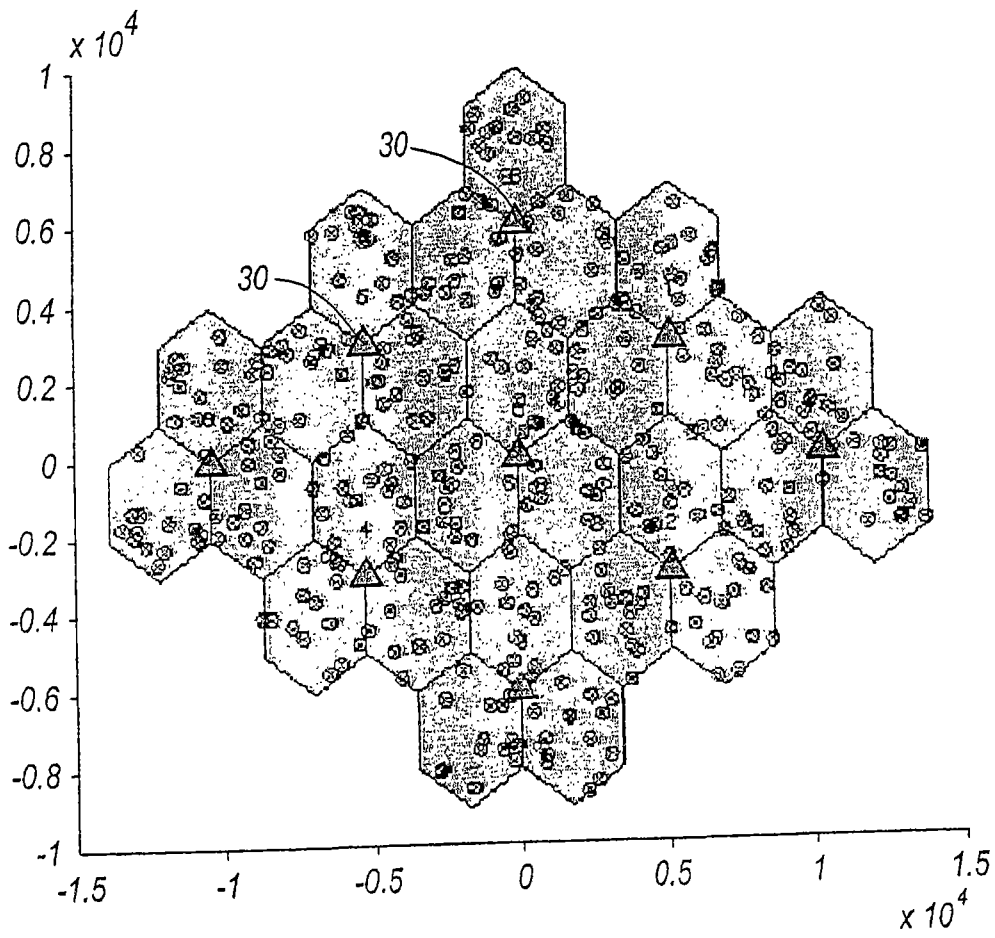


图 8

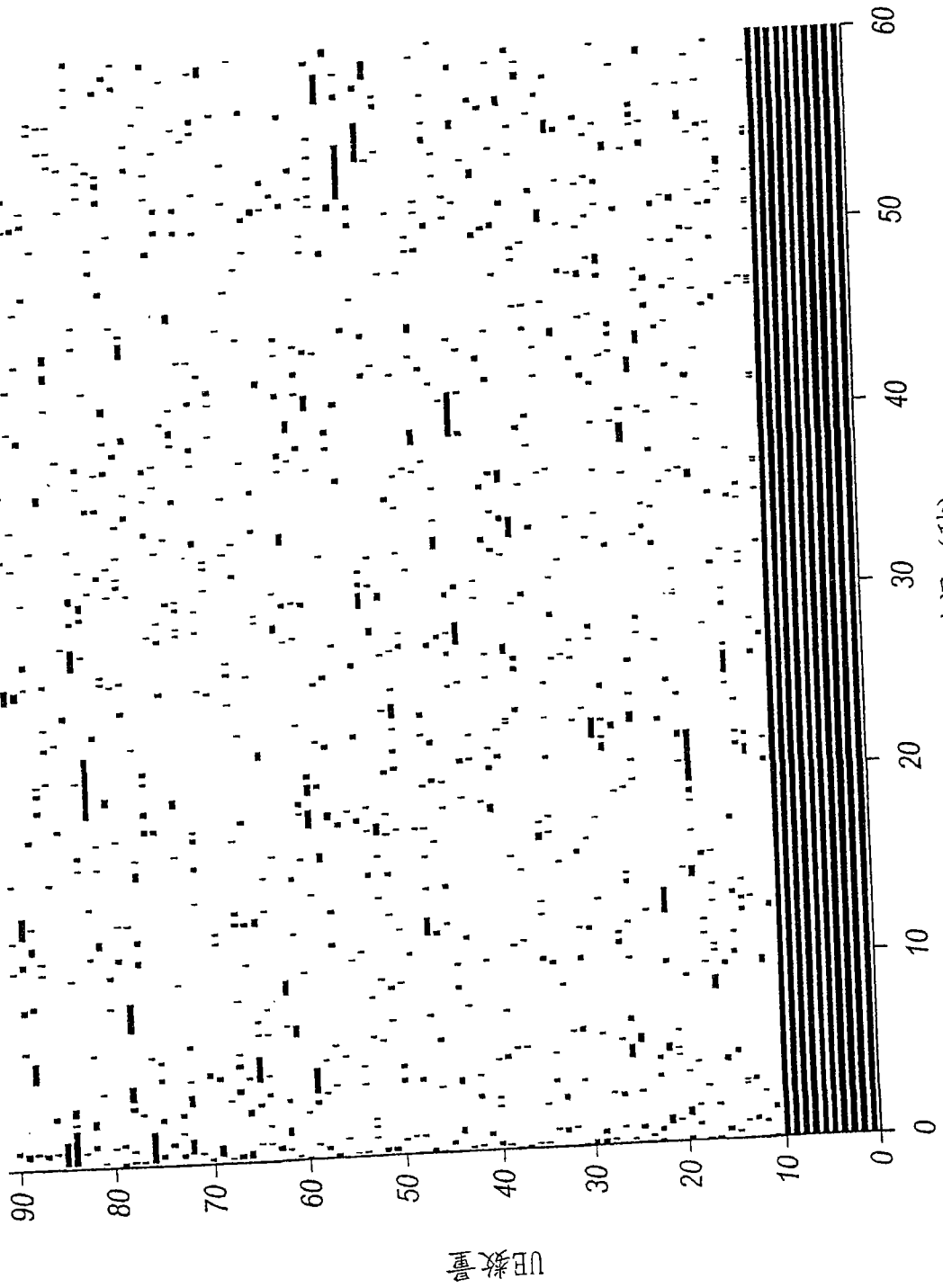


图9

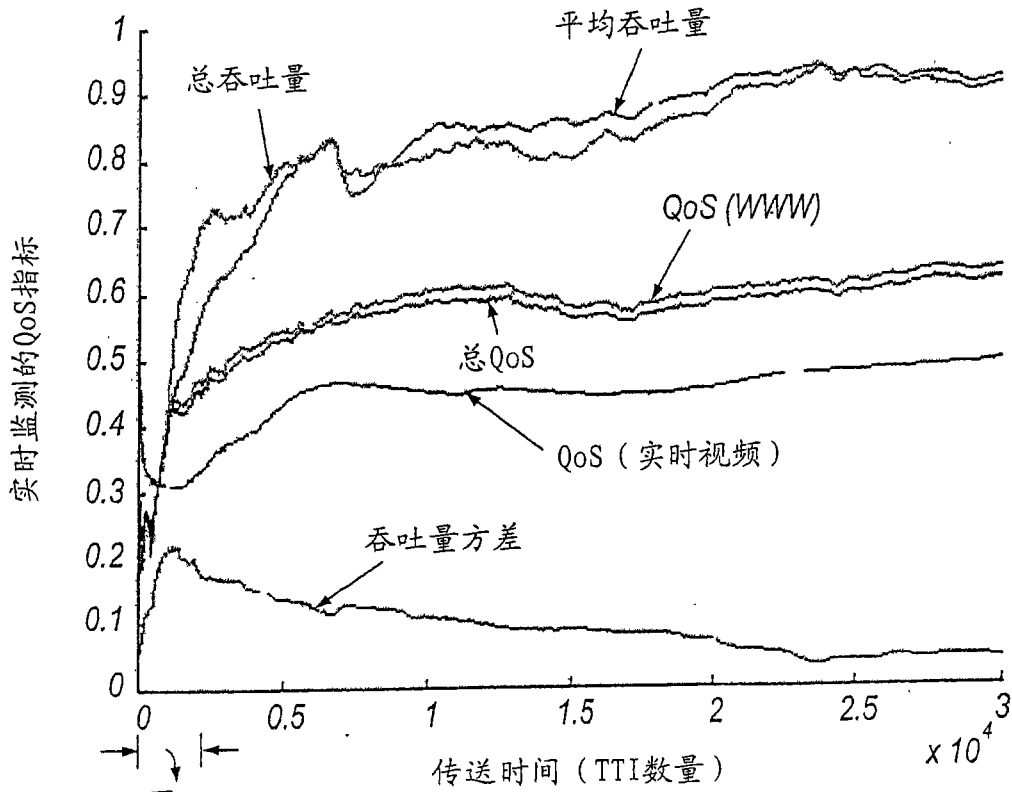


图11

图10

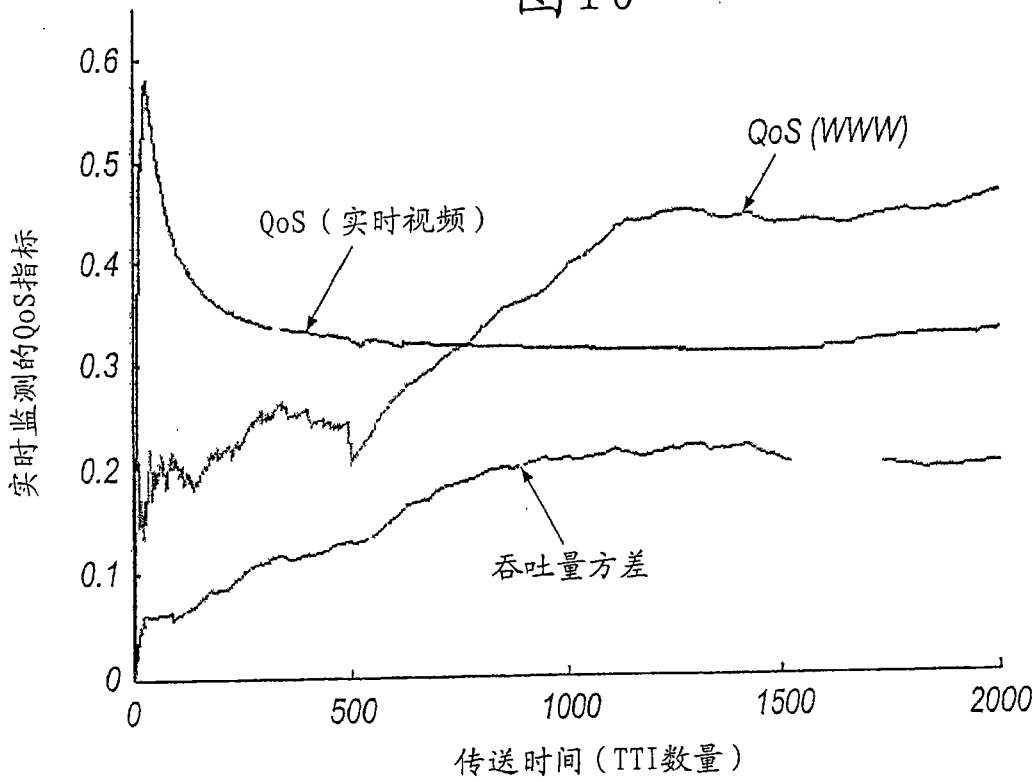


图11

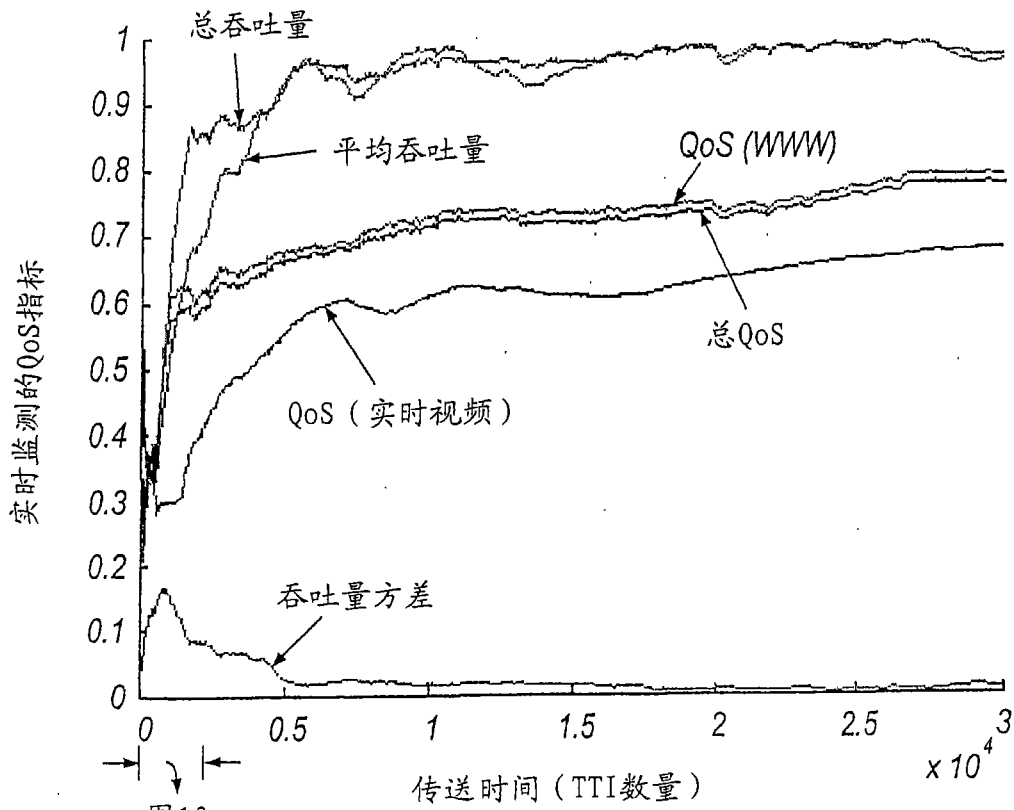


图12

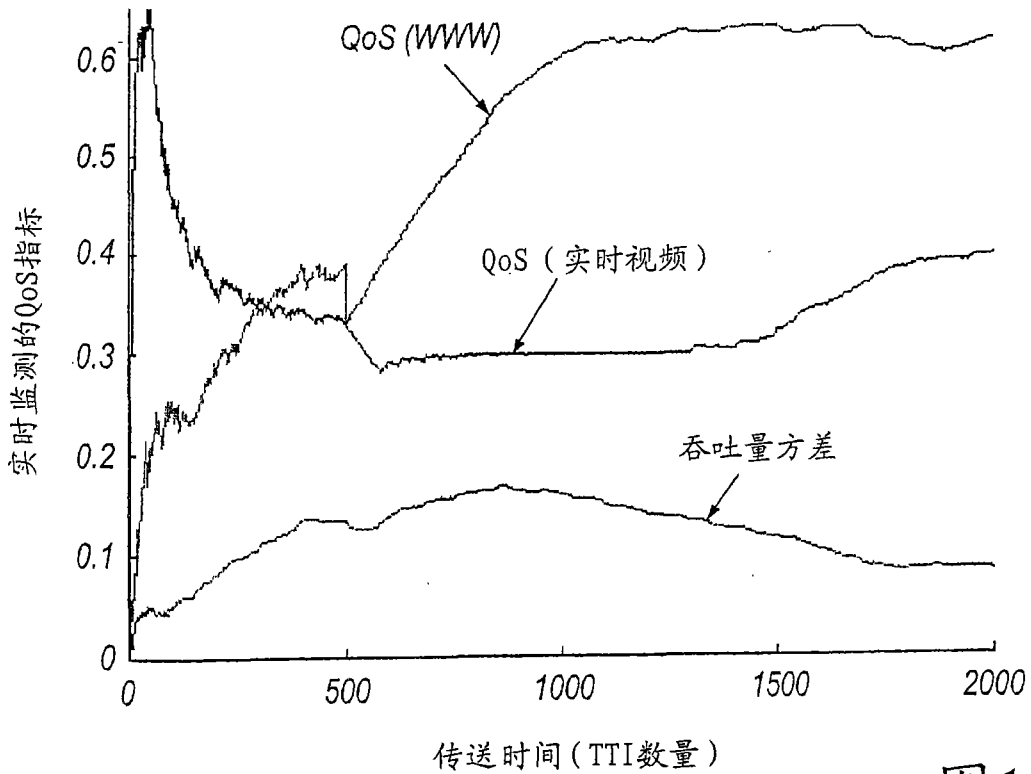


图13

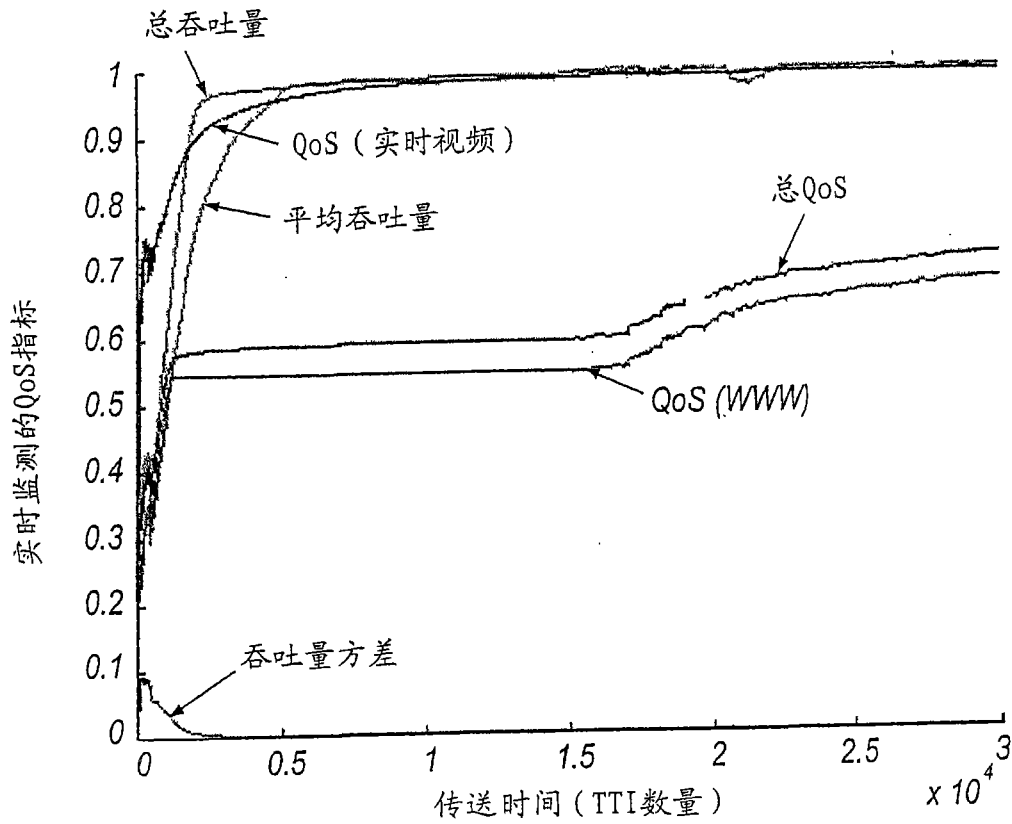


图14

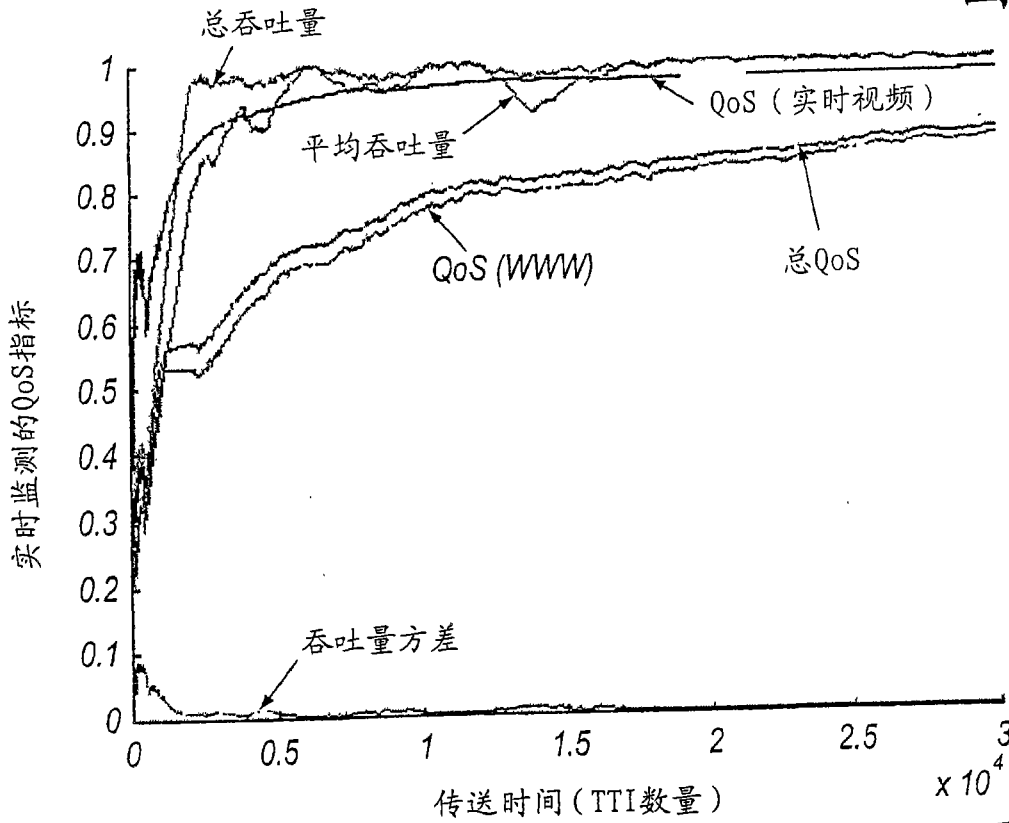


图15

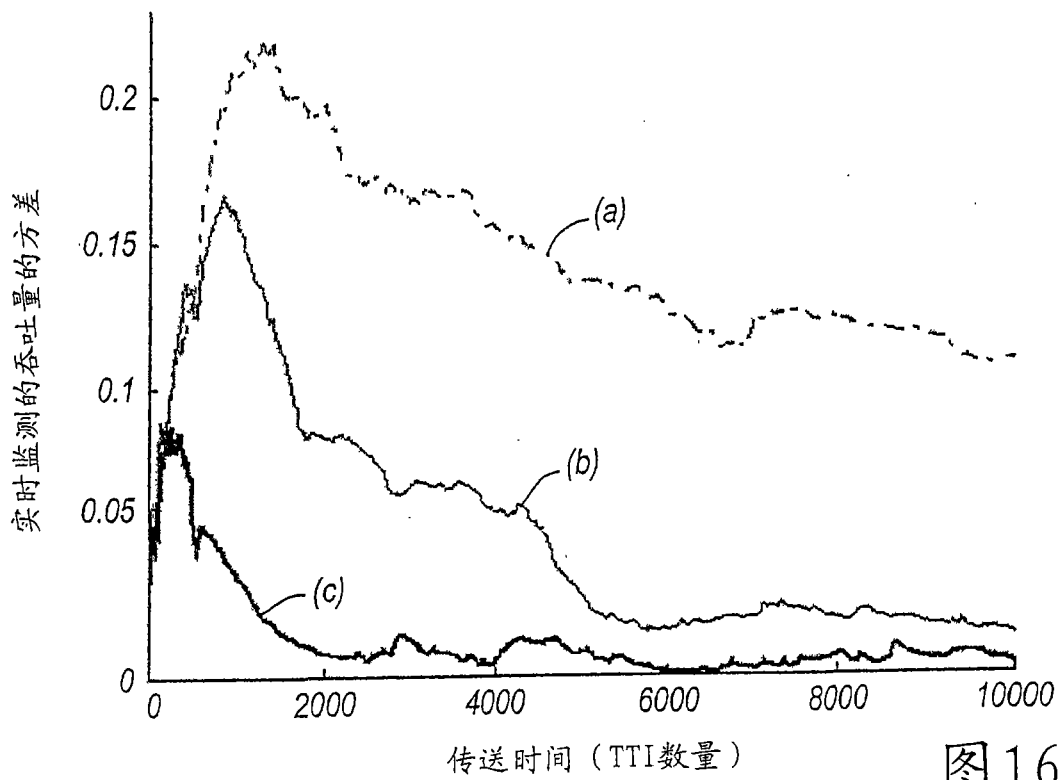


图16

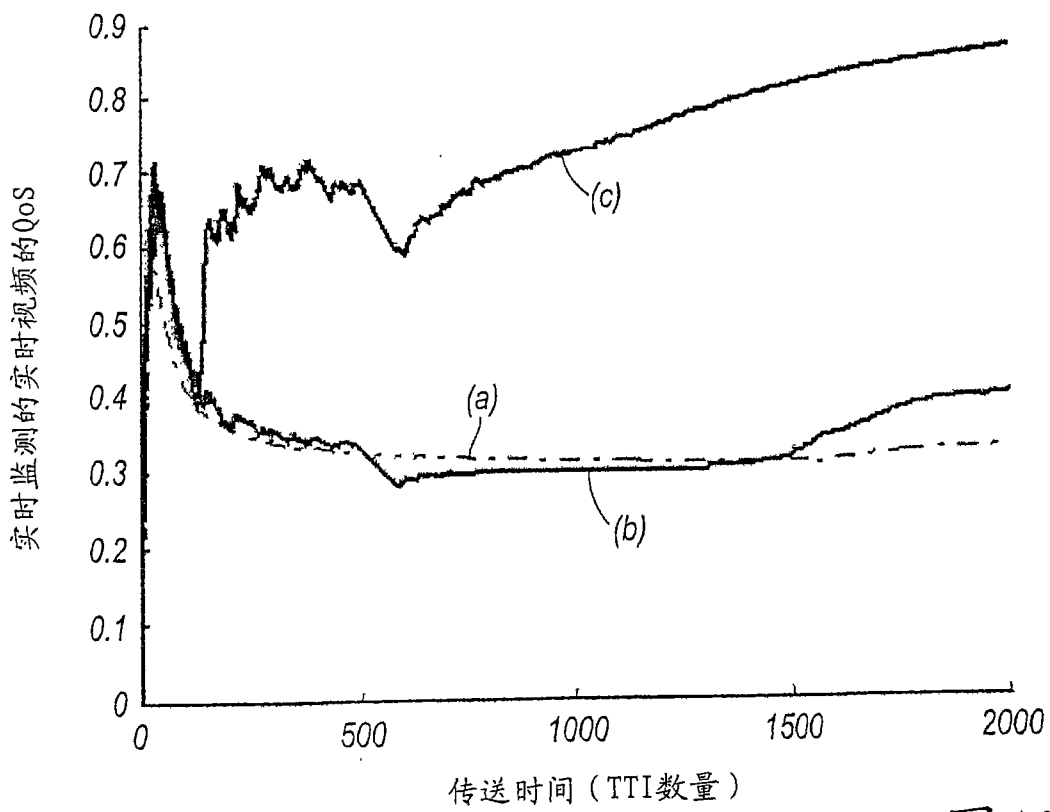


图17

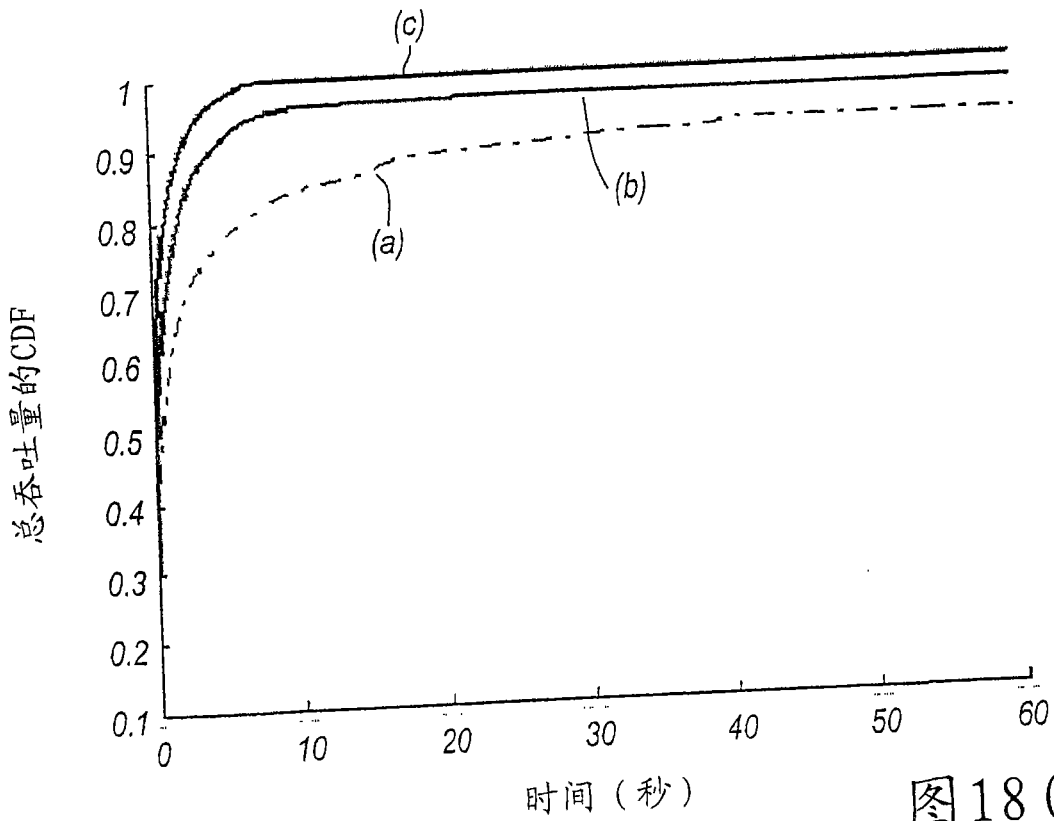


图 18 (A)

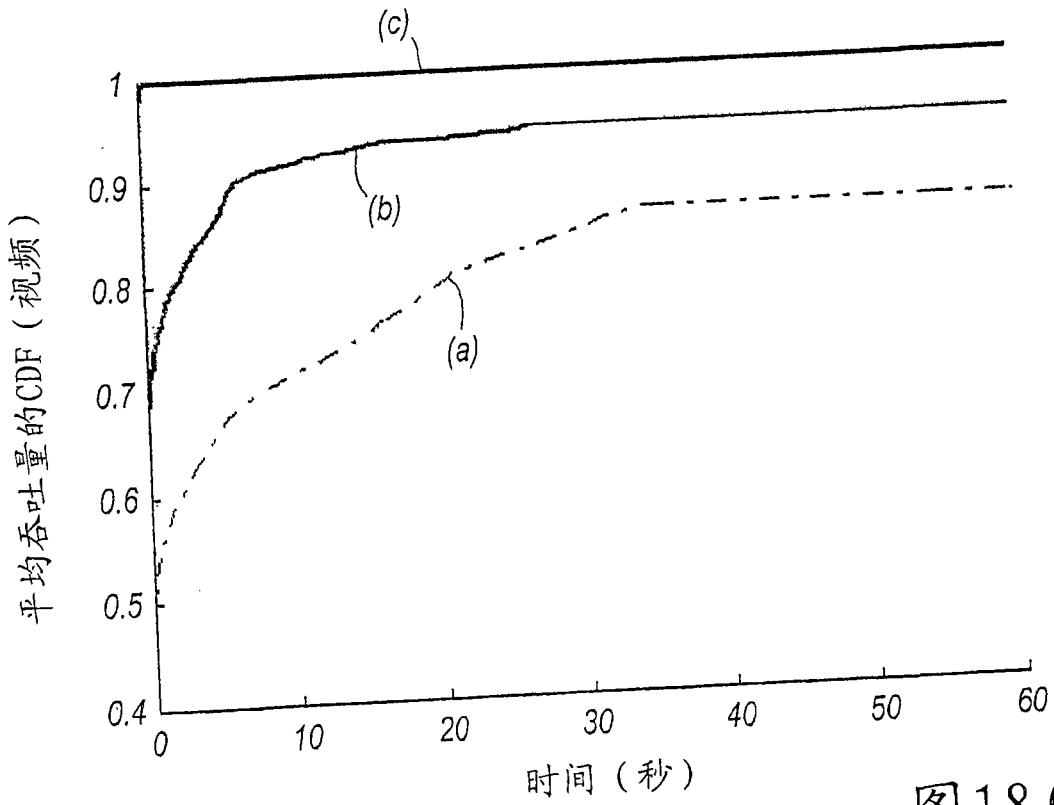


图 18 (B)

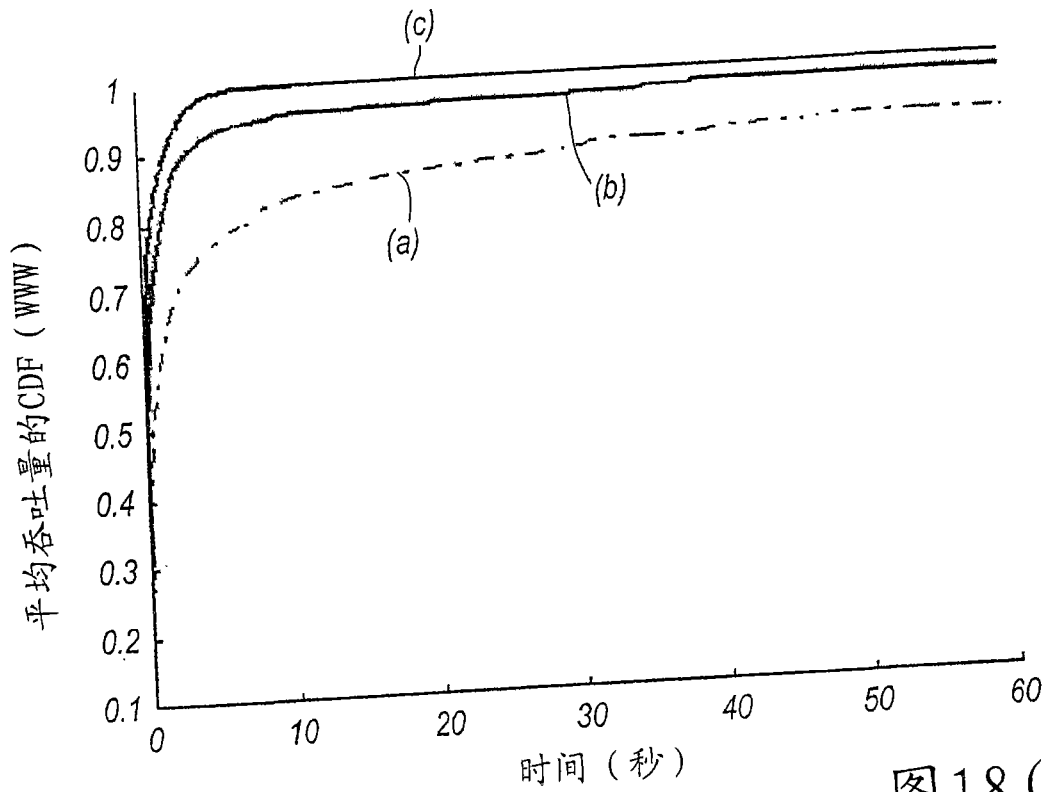


图18 (C)

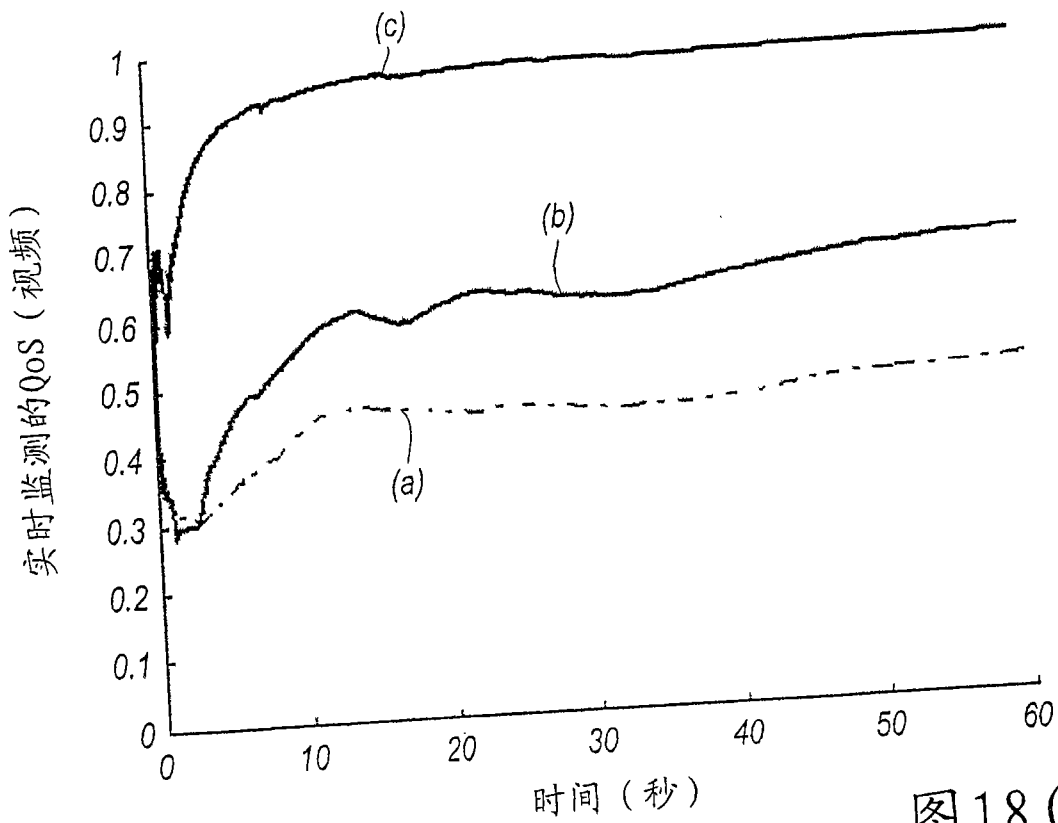


图18 (D)

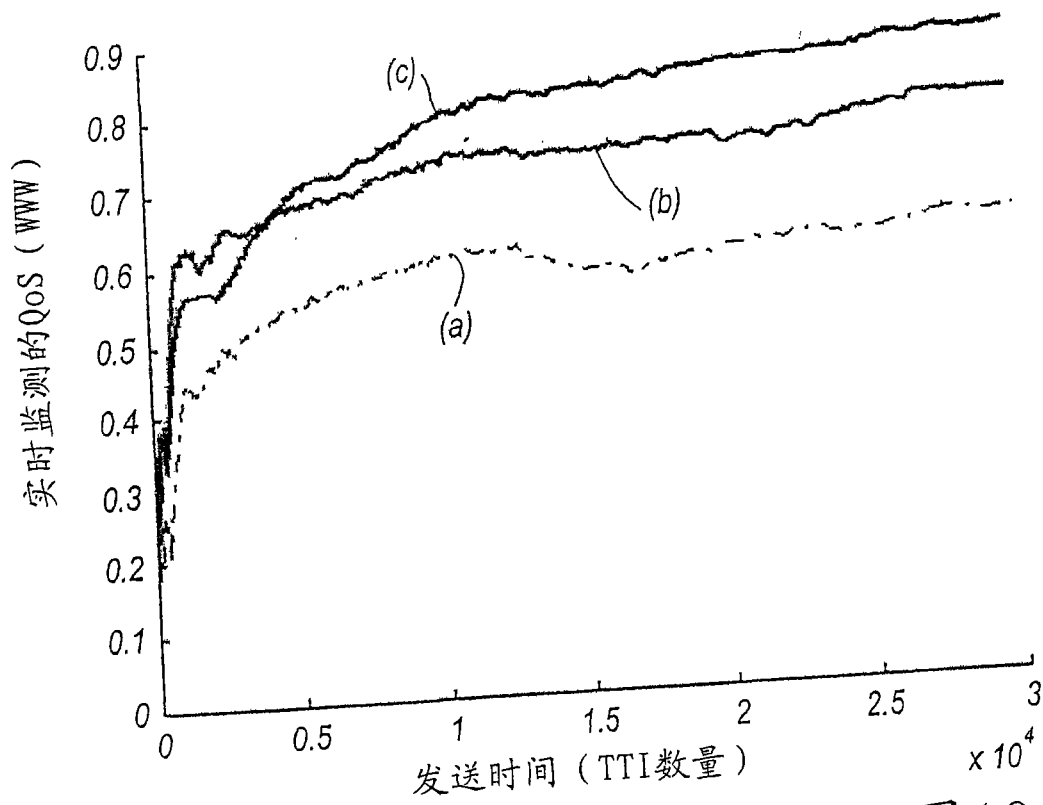


图18 (E)

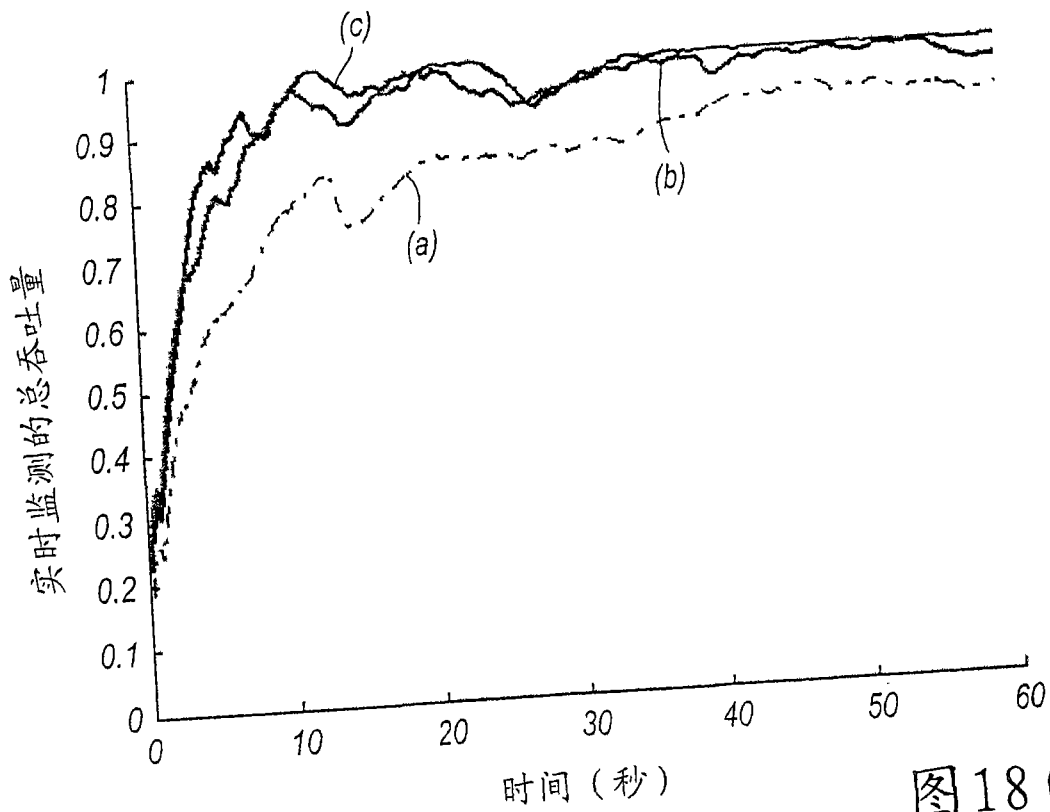


图18 (F)

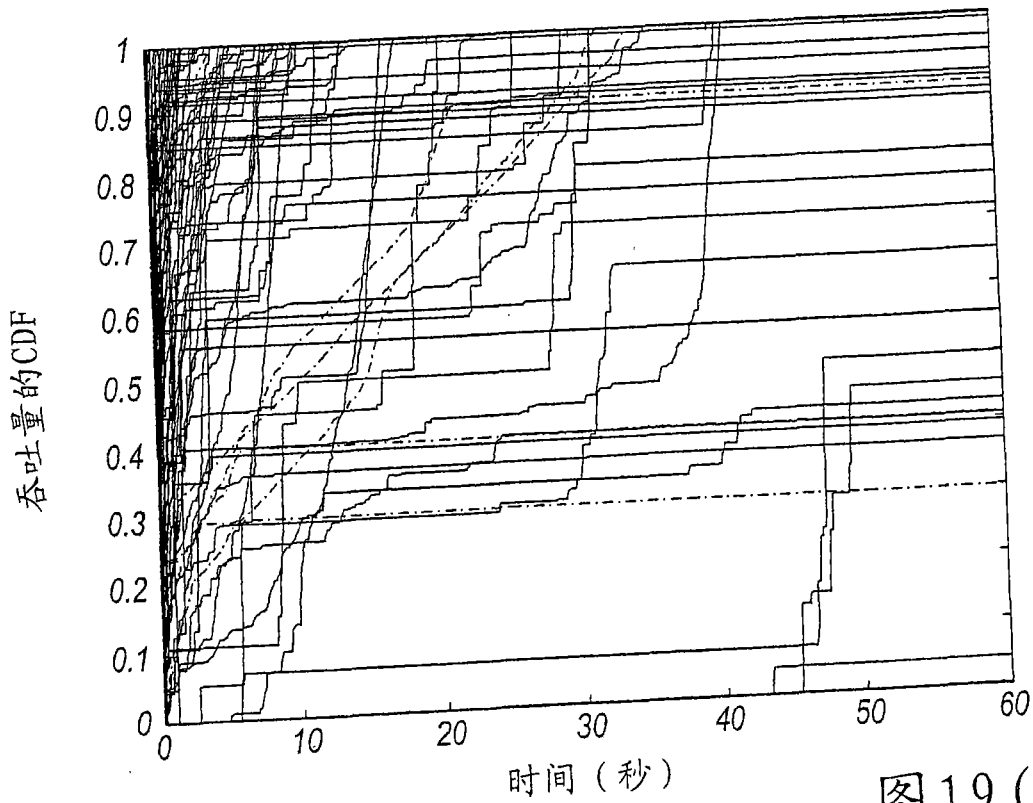


图19(A)

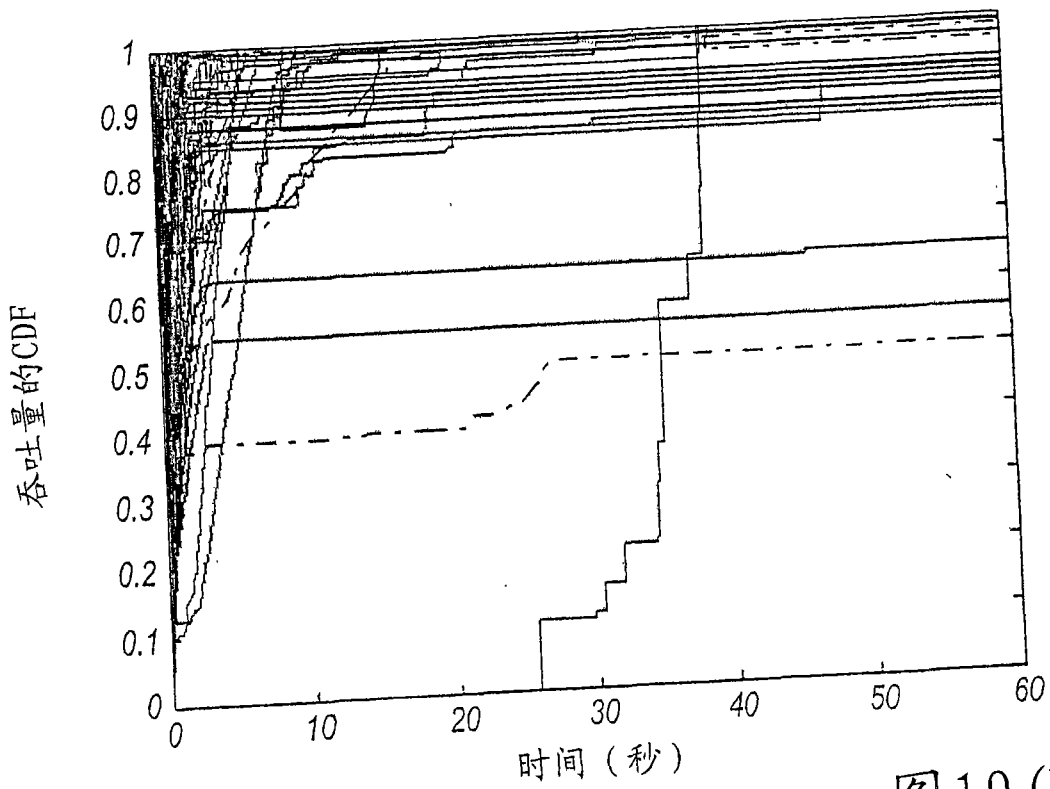


图19(B)

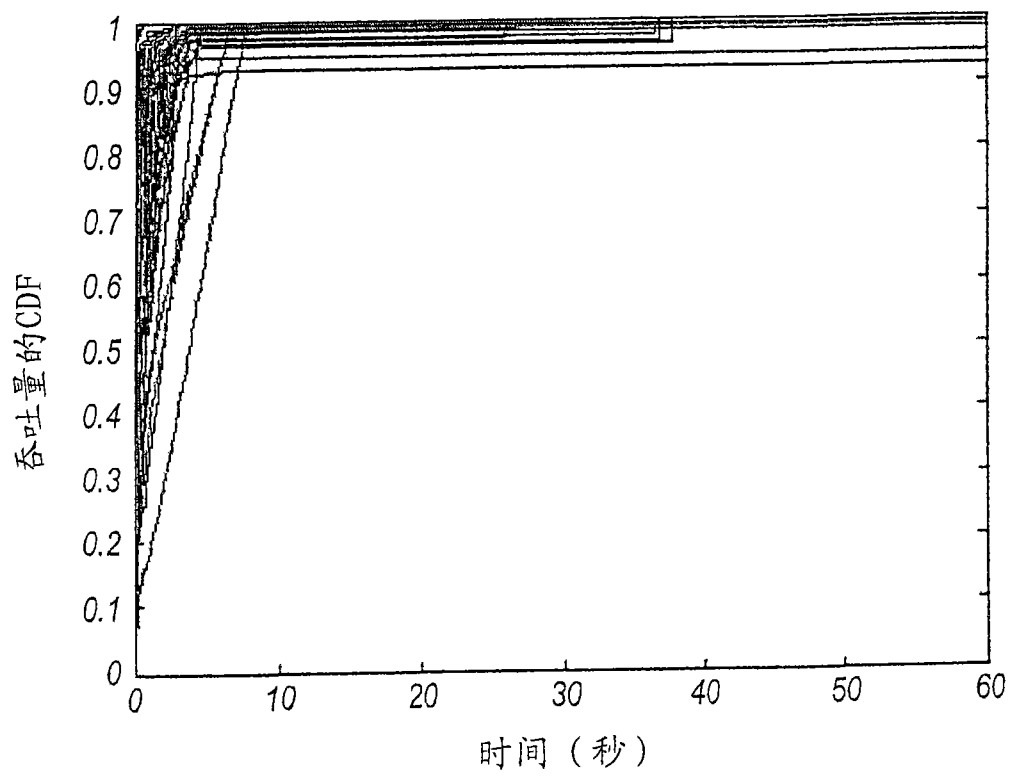


图19 (C)

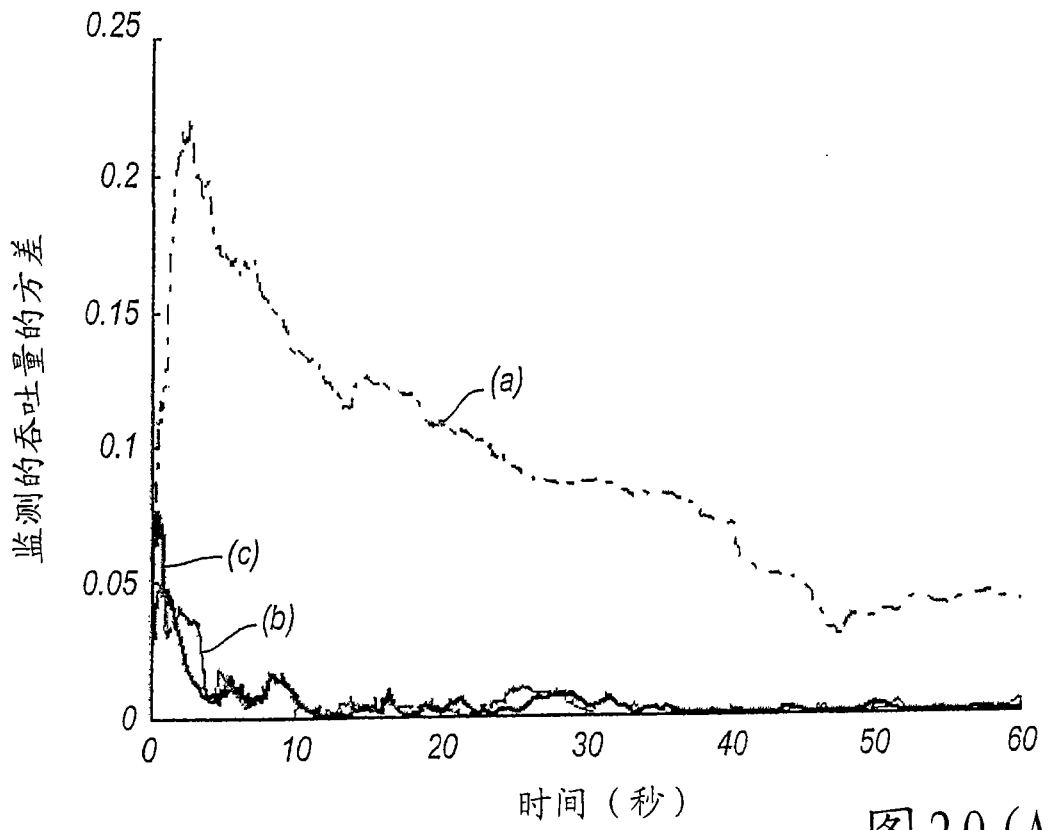


图 20 (A)

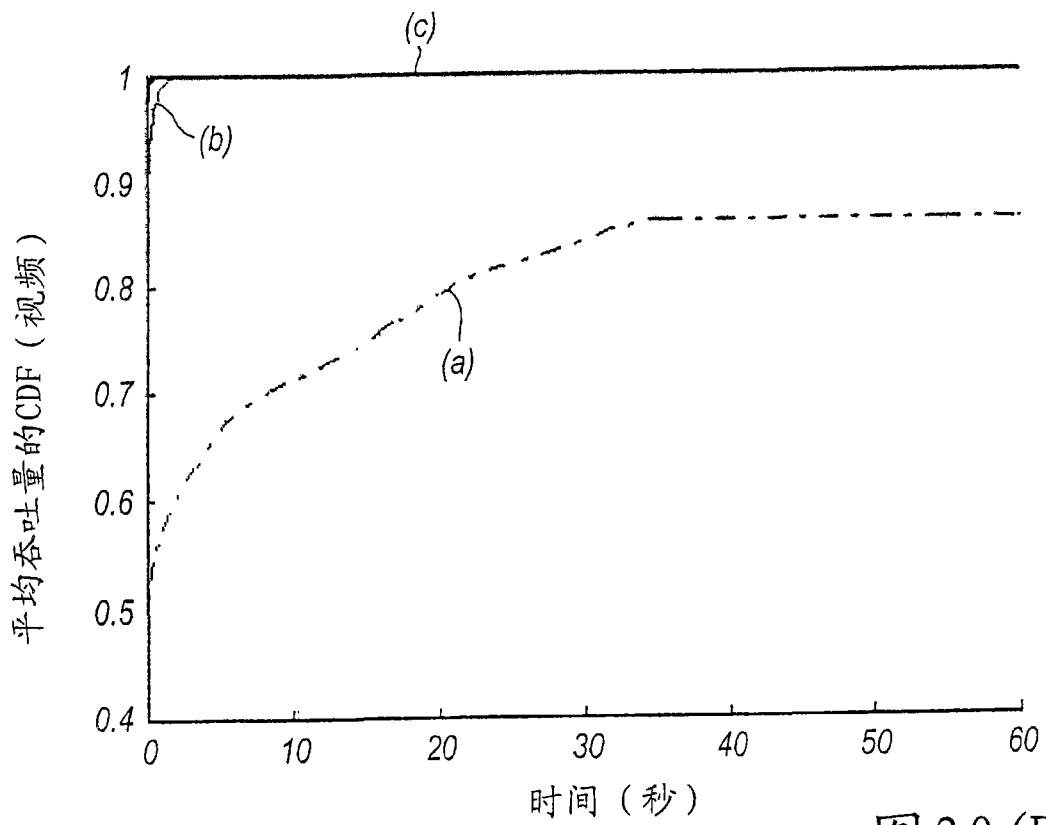


图 20 (B)

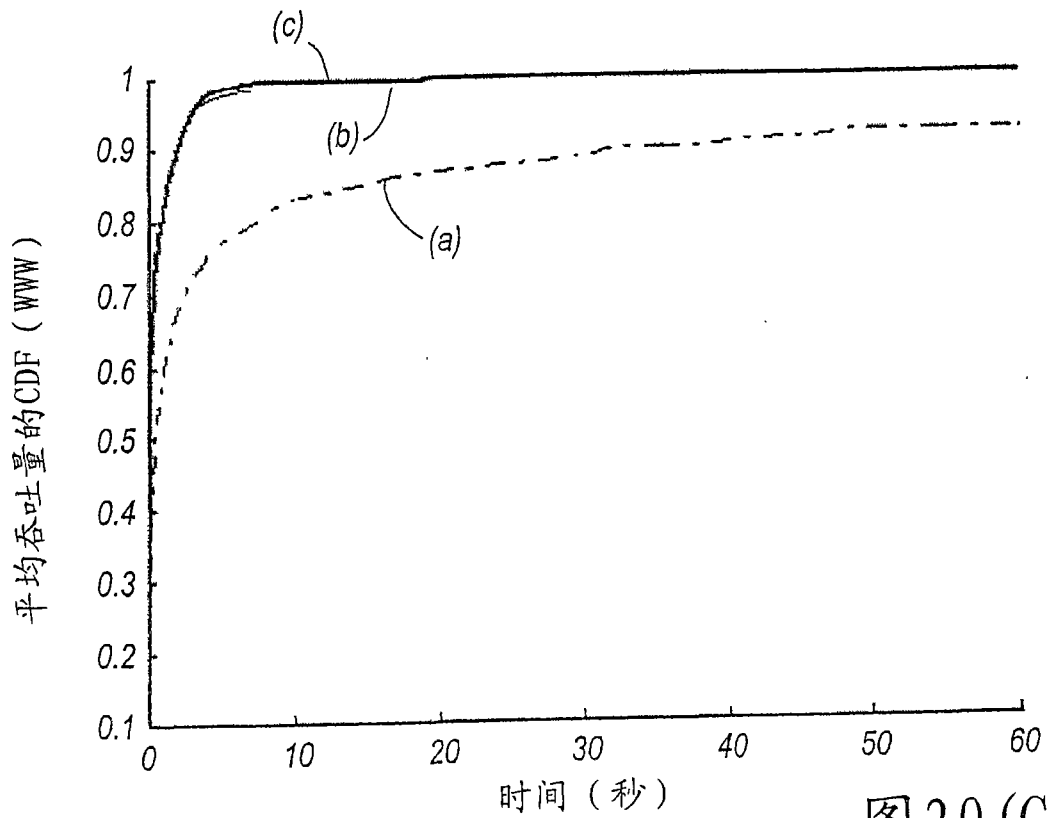


图 20 (C)

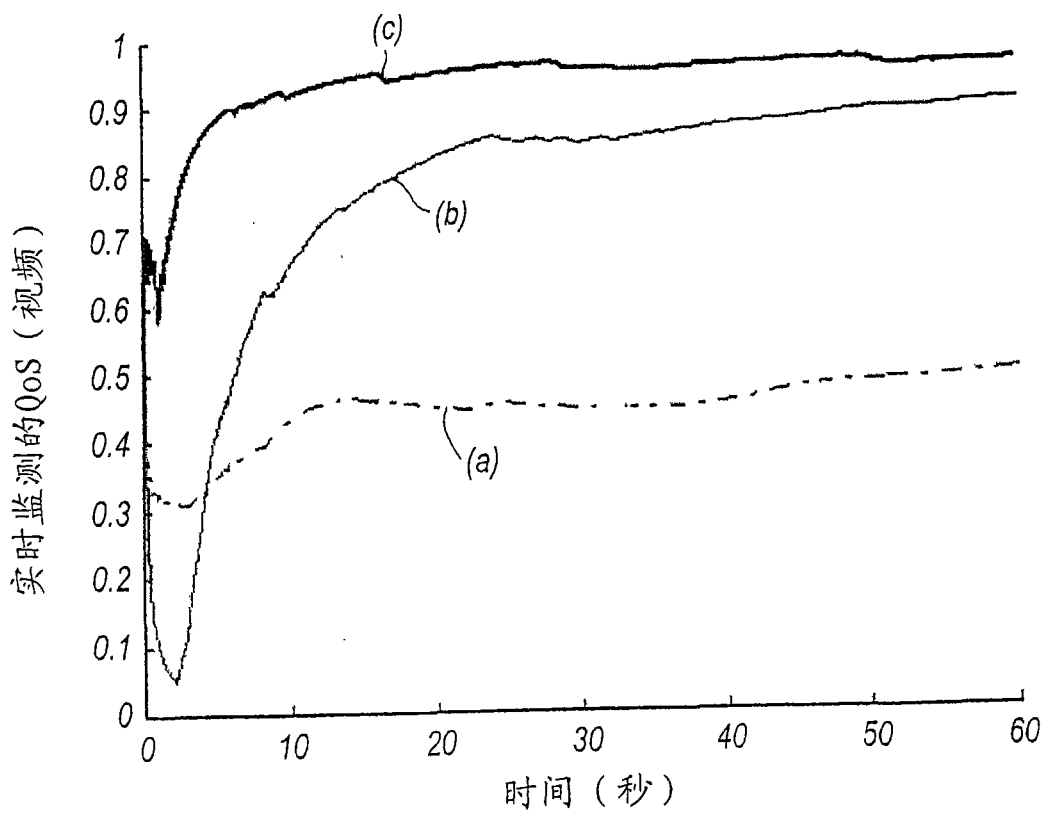


图 20 (D)

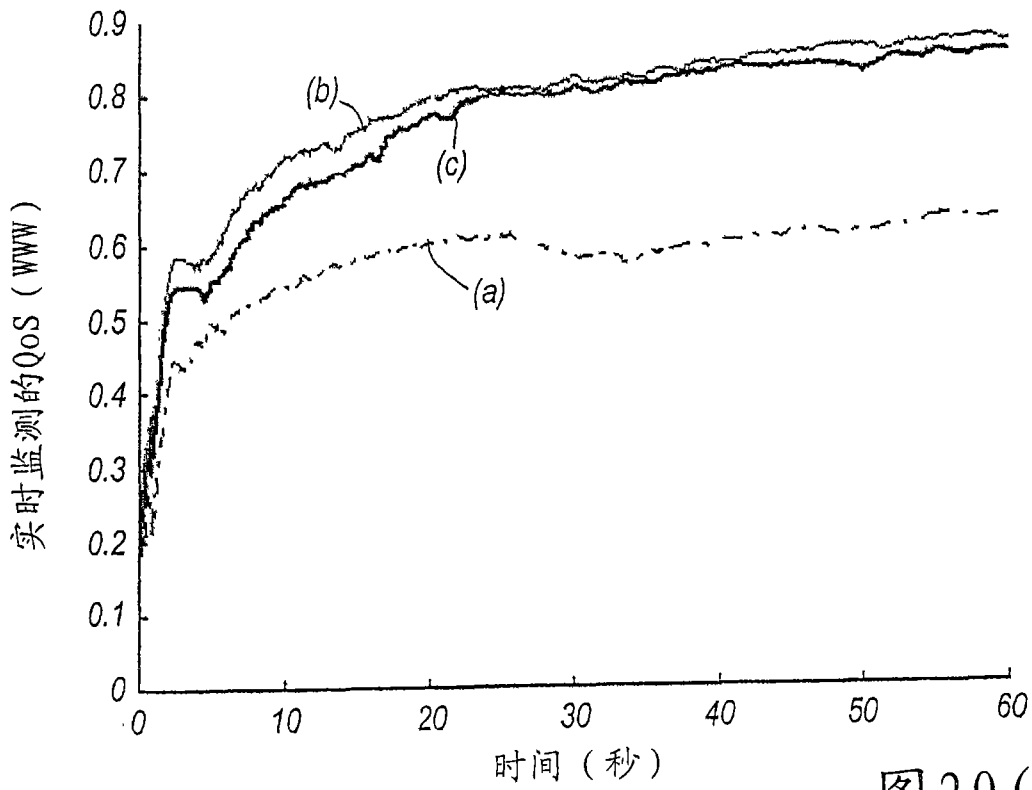


图 20 (E)

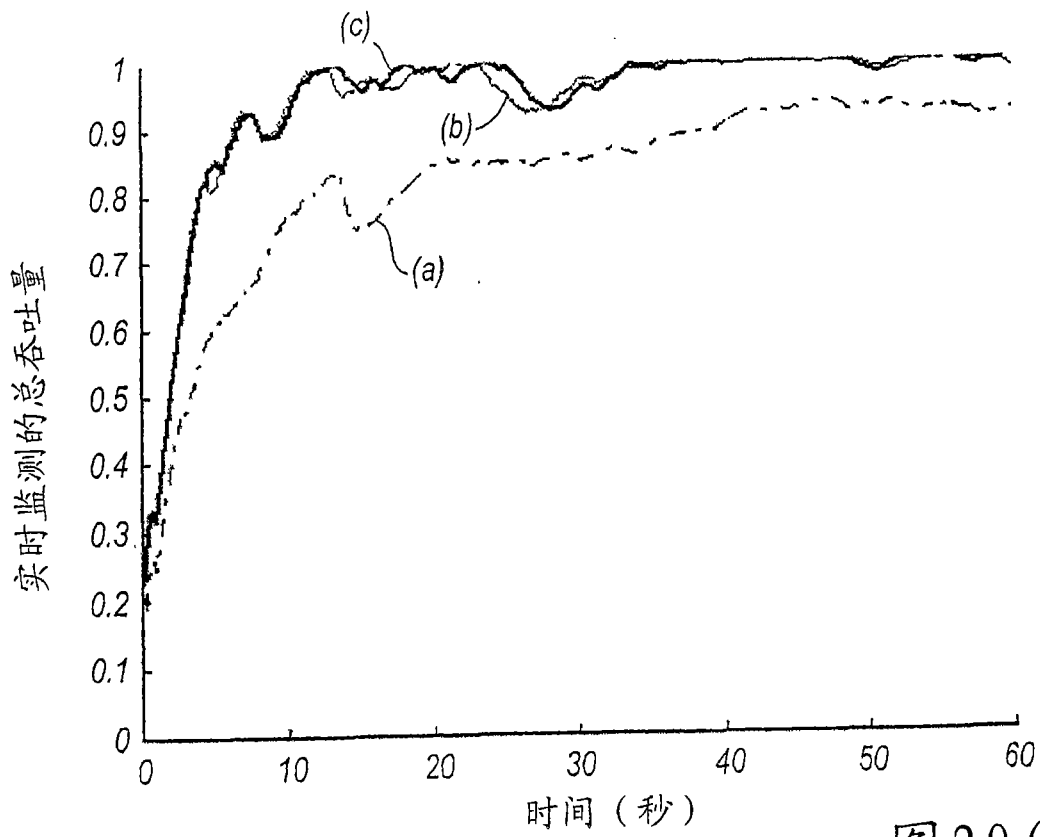


图 20 (F)

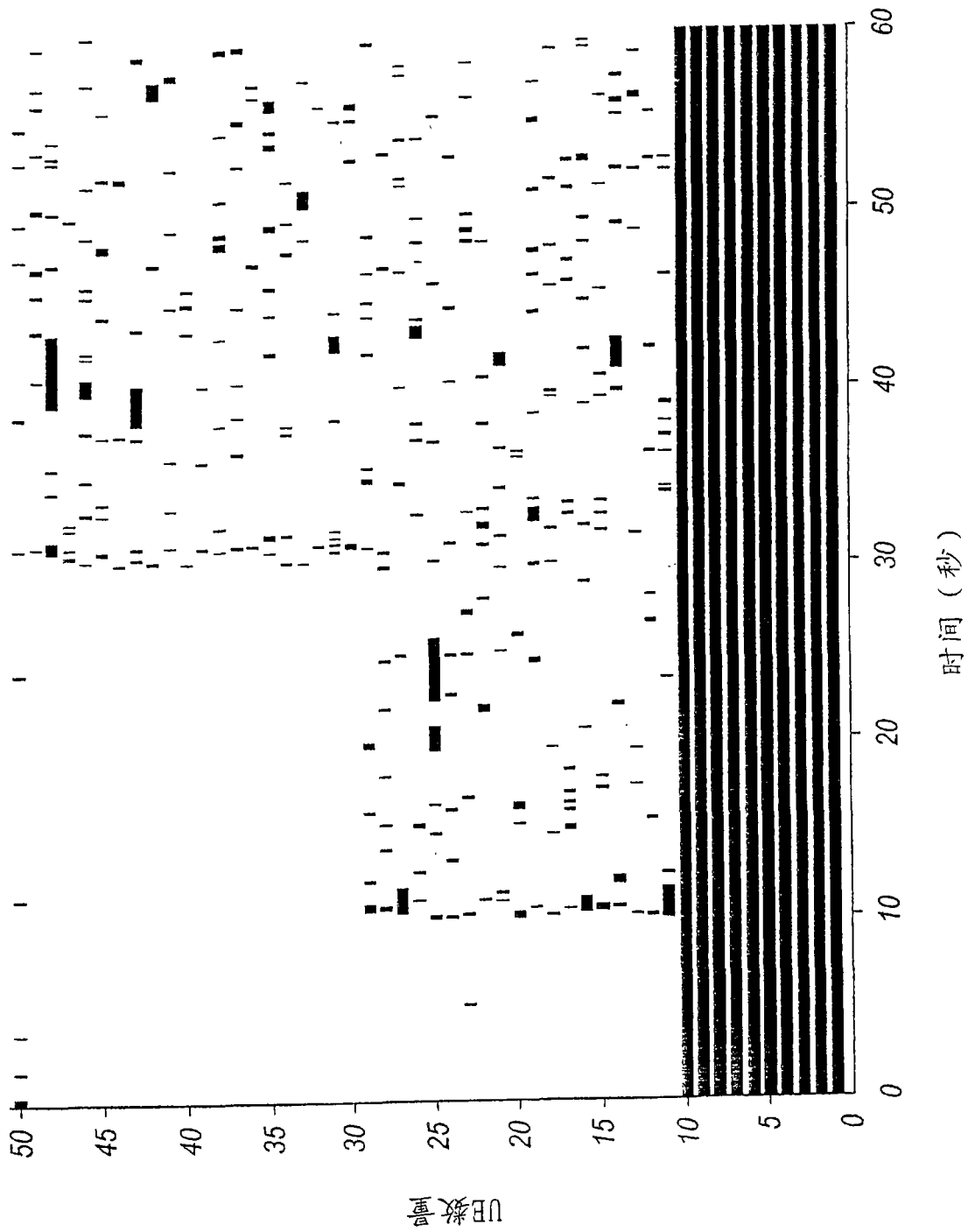


图21

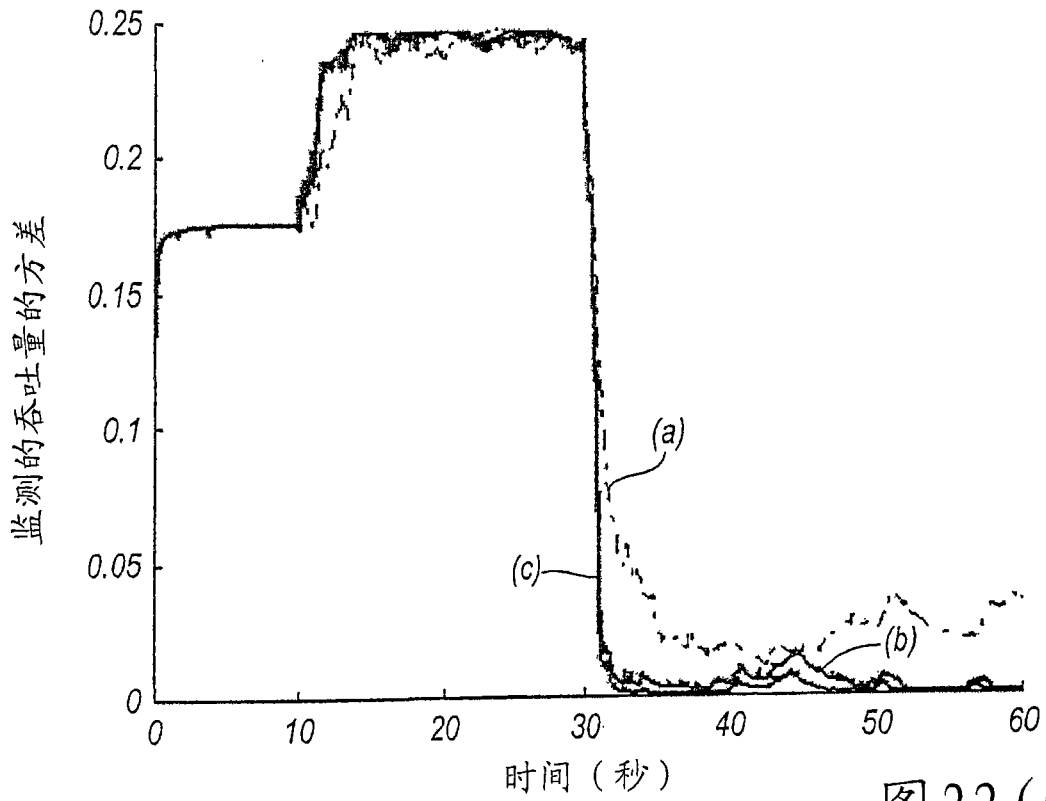


图 22 (A)

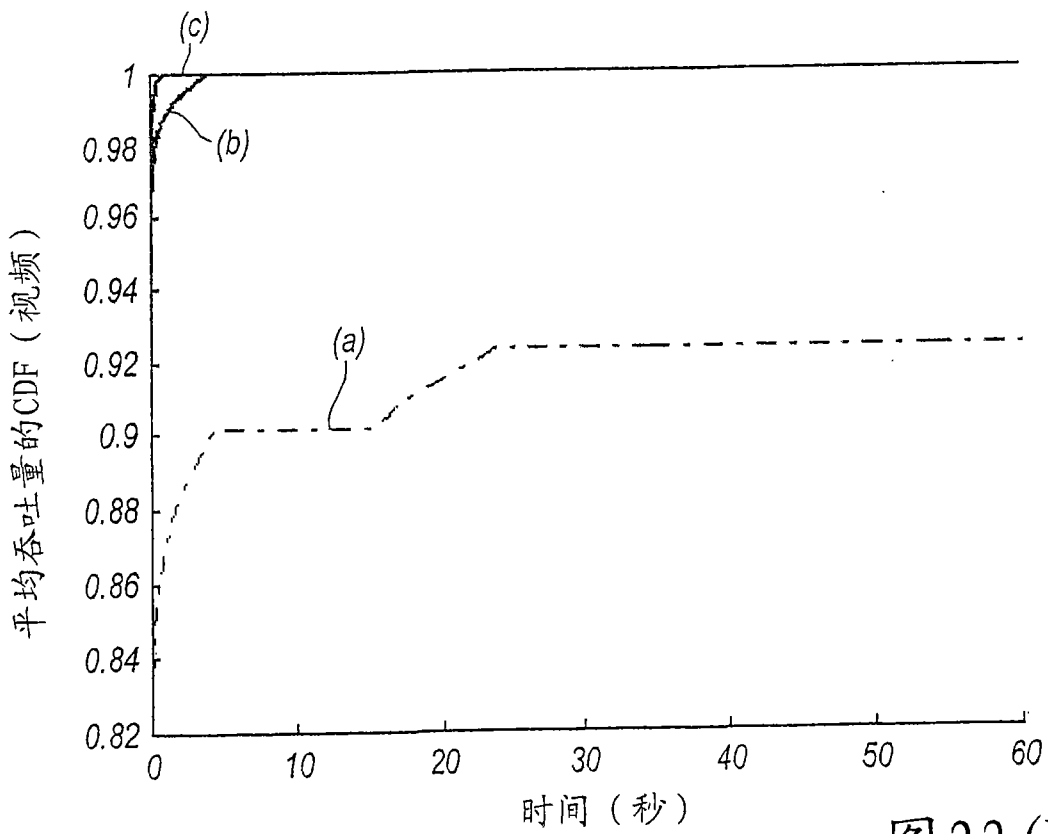


图 22 (B)

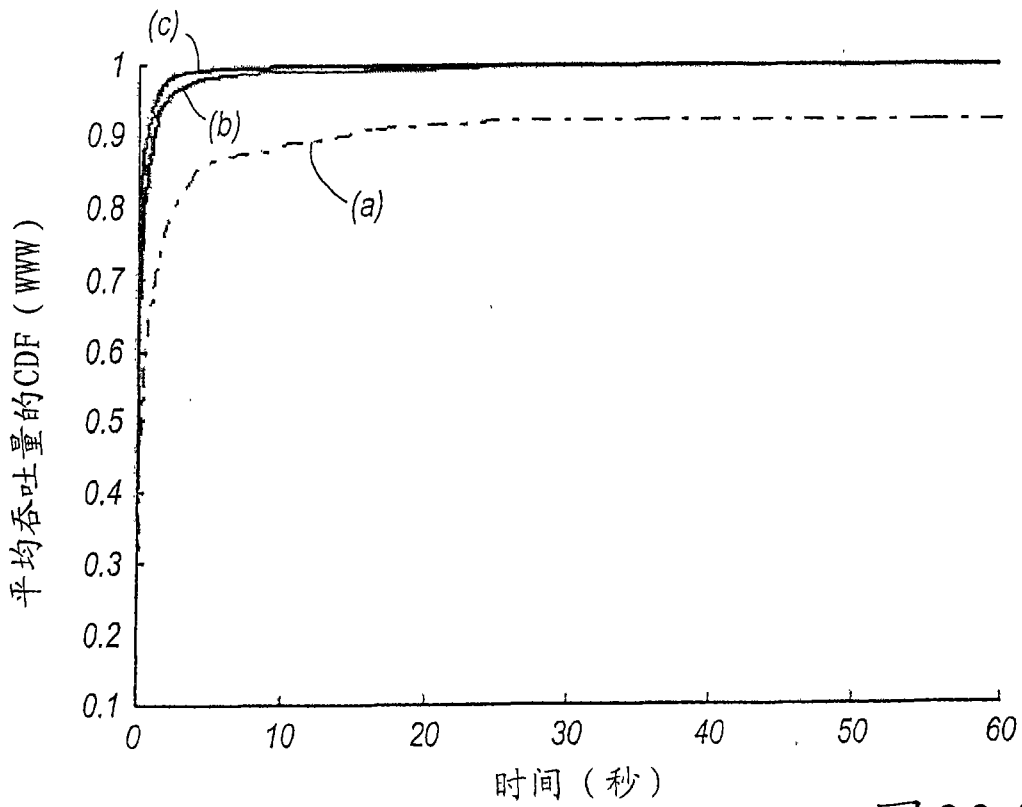


图 22 (C)

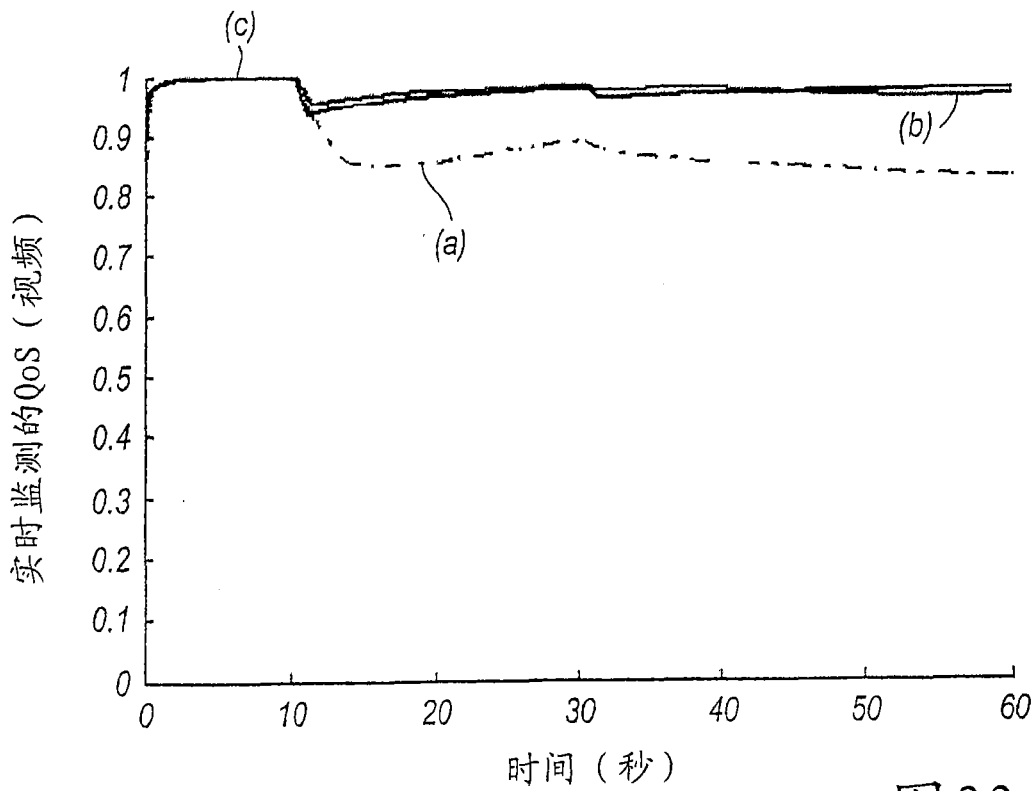


图 22 (D)

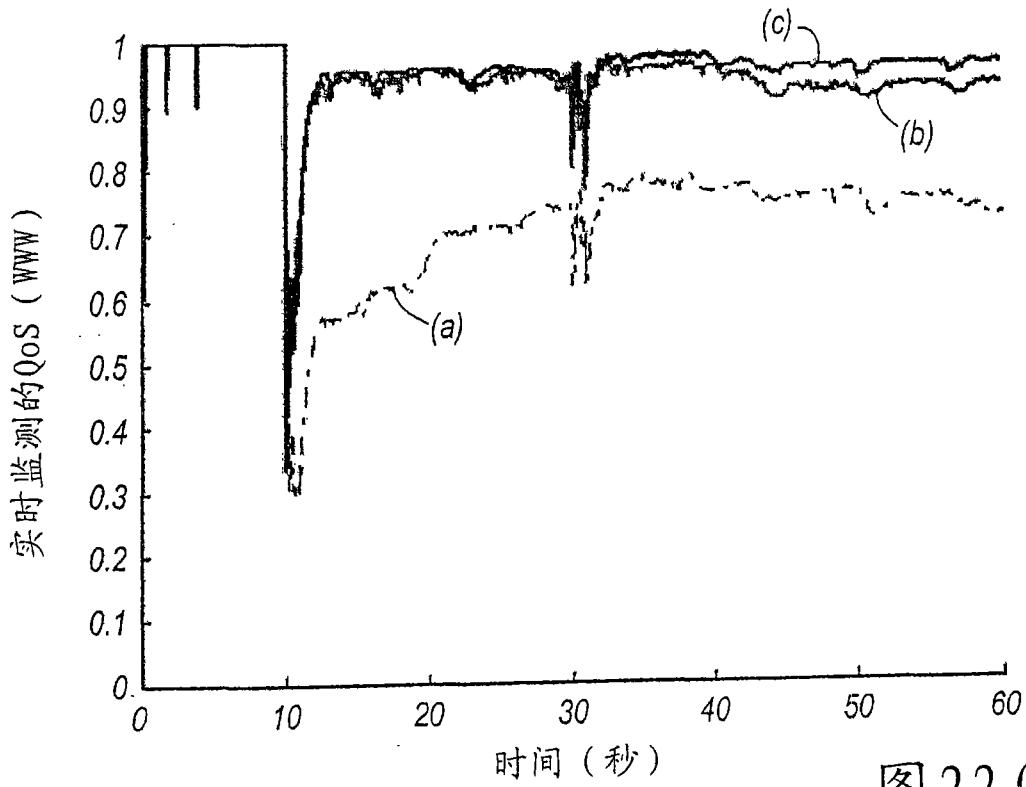


图 22 (E)

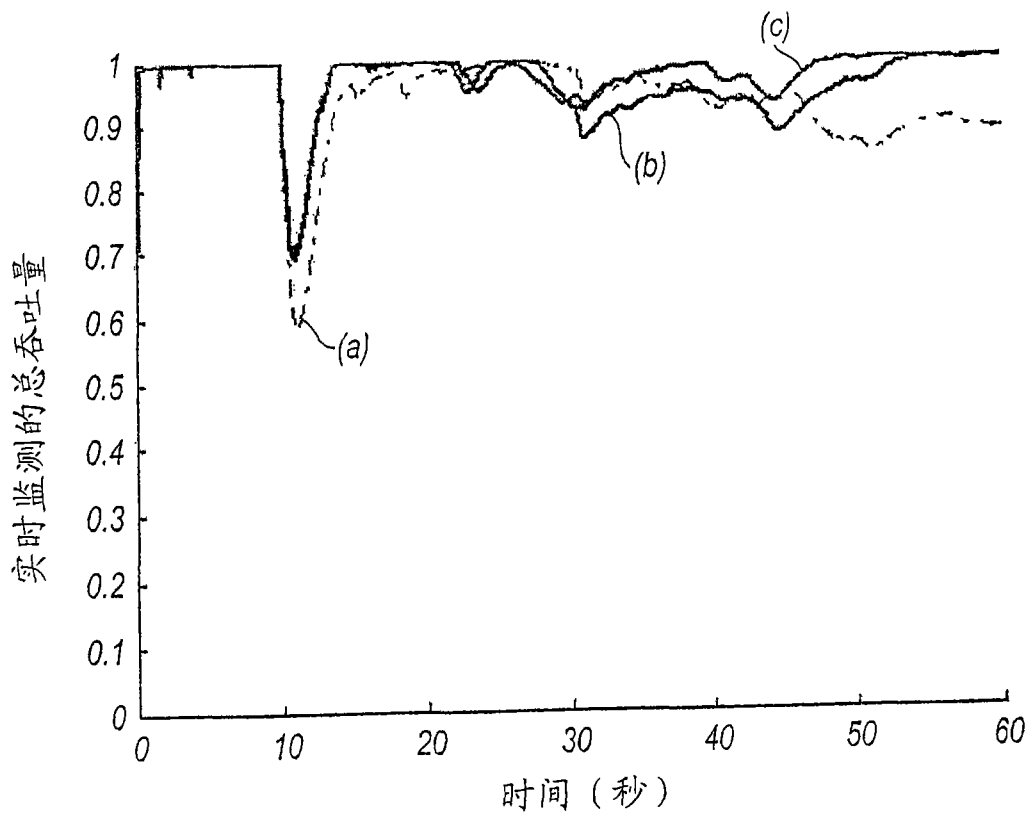


图 22 (F)