

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 98105415.3

[45] 授权公告日 2002 年 3 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 1081862C

[22] 申请日 1998.2.24 [24] 颁证日 2002.3.27

[21] 申请号 98105415.3

[30] 优先权

[32] 1997.3.25 [33] US [31] 823,865

[73] 专利权人 国际商业机器公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 G·S·德尔普 P·L·莱希泰

[56] 参考文献

EP 0710046A 1996. 5. 1 H04L12/56

US 5533009A 1996. 7. 2 H04L12/56

审查员 汪 涛

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

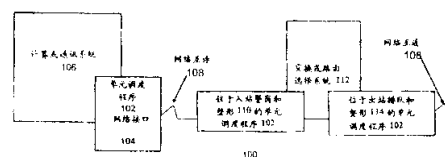
代理人 吴增勇 陈景峻

权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图页数 16 页

[54] 发明名称 通信网络中多个数据流的单元调度方法和装置

[57] 摘要

提出通讯网络中若干数据流单元传送的调度方法和装置。效果最好的调度程序包括效果最好的操作方式和可以包括一个以上定时轮。将每个数据流的数据排队进入对应的数据单元队列。利用预定逻辑通道描述符参数计算每个数据单元队列下一个目标传送时间。选择高优先级或低优先级定时轮,并根据每个有效数据单元队列的识别的目标传送时间计算定时轮时隙。为识别的定时轮时隙设定有效指示,并为识别的定时轮时隙存储针对相应的数据单元队列的项目。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 通讯网络中若干数据流单元传送的调度方法, 其特征在于包括以下步骤:

5 将每个数据流的数据排队进入对应的数据单元队列;

 利用每个数据流预定的逻辑调度速率参数计算每个所述数据单元队列的目标传送时间;

 对每个所述计算的下一个目标传输时间作出响应, 计算定时轮中定时轮时隙, 设定所述求得的定时轮时隙的有效指示, 和存储所述求得的定时轮时隙的针对所述对应数据单元队列的项目;

10 通过检查所述定时轮当前定时轮时隙所述有效指示, 选择下一个数据单元队列供传送;

 对识别所述有效指示作出响应, 处理供传送的每一数据单元队列, 和重新调度所述数据单元队列;

15 通过检查对应于所述定时轮的定时轮时隙的有效指示器的当前帧中有效指示, 移向下一个定时轮时隙; 和

 对识别所述当前帧中所述有效指示作出响应, 移向所述当前帧中第一有效定时轮时隙。

2. 根据权利要求 1 的通讯网络中若干数据流单元传送的调度方法, 其特征在于: 还包括利用预定的伪数据单元队列确定调度机会的步骤; 以及利用每个数据流预定逻辑调度速率参数计算每个所述数据单元队列所述目标传送时间的所述步骤包括所述预定的伪数据单元队列, 和所述预定的伪数据单元队列的所述求得的目标传送时间确定了多个定时轮时隙的调度机会。

25 3. 根据权利要求 1 的通讯网络中若干数据流单元传送的调度方法, 其特征在于: 还包括对所述当前帧中所述有效指示不存在作出响应而读下一帧的步骤。

 4. 根据权利要求 1 的通讯网络中若干数据流单元传送的调度方

法，其特征在于：通过检查所述定时轮的定时轮时隙所述现行帧所述有效指示移向所述下一定时轮时隙的步骤包括在定时轮时隙组中识别具有所述对应的数据单元队列的所述项目的下一个可用的时隙，和移向所述识别的下一个可用的时隙的步骤。

5 5. 根据权利要求 1 的通讯网络中若干数据流单元传送的调度方法，其特征在于：利用每个数据流预定的逻辑调度速率参数计算每个所述数据单元队列目标传送时间的步骤包括保持以定时轮时隙间隔表示的峰值传送速率和可保持的传送速率连接参数以及利用由下式表示的计算算法的步骤：

10 新时间标记 = MAX (旧时间标记 + 持续间隔, 当前时间 - 脉冲串界限)。

 6. 根据权利要求 5 的通讯网络中若干数据流单元传送的调度方法，其特征在于：计算所述定时轮中所述时间隙的步骤包括利用由下式表示的计算算法：新时隙 = MAX (时间标记 + 持续间隔, 当前时间 + 峰值间隔)。

15

 7. 根据权利要求 3 的通讯网络中若干数据流单元传送的调度方法，其特征在于：还包括对每个所述数据单元队列的每个所述计算的下一个目标传送时间选择高优先级定时轮或低优先级定时轮的步骤，以及对所述当前帧中所述有效指示的所述不存在作出响应的步骤包括处理低优先级定时轮项目的步骤。

20

 8. 根据权利要求 7 的通讯网络中若干数据流单元传送的调度方法，其特征在于：处理低优先级定时轮项目的步骤包括检查处理所述当前帧的一部分的第一定时轮结束的步骤。

 9. 根据权利要求 6 的通讯网络中若干数据流单元传送的调度方法，其特征在于：处理低优先级定时轮项目的步骤包括从所述低优先级定时轮向所述高优先级定时轮移动项目的步骤。

25

 10. 根据权利要求 7 的通讯网络中若干数据流单元传送的调度方法，其特征在于：处理低优先级定时轮项目的步骤包括从所述低优先

级定时轮向所述低优先级定时轮的新时隙移动项目的步骤。

11. 根据权利要求 7 的通讯网络中若干数据流单元传送的调度方法, 其特征在于: 处理低优先级定时轮项目的步骤包括从过去向未来移动所述高优先级定时轮所述当前帧的一部分的步骤。

5 12. 根据权利要求 7 的通讯网络中若干数据流单元传送的调度方法, 其特征在于: 处理低优先级定时轮项目的步骤包括从过去向未来移动所述低优先级定时轮的一部分的步骤。

13. 通讯网络中若干数据流单元传送的调度装置, 其特征在于包括:

10 将每个数据流数据排队进入对应的数据单元队列的装置;

利用每个数据流预定逻辑调度速率参数计算每个所述数据单元队列目标传送时间的装置;

15 对每个所述计算的下一个目标传输时间作出响应的装置, 计算定时轮中定时轮时隙的装置, 为所述求得的定时轮时隙设定有效指示的装置, 和为所述求得的定时轮时隙存储针对所述对应的数据单元队列的项目的装置;

选择下一个供传送的数据单元队列的装置, 它包括用来检查所述第一定时轮的当前定时轮时隙中所述有效指示的装置;

20 对识别所述有效指示作出响应、以处理用于传输的第一数据单元队列以及重新调度所述数据单元队列的装置;

移向下一个定时轮时隙的装置, 它包括检查对应于所述定时轮的定时轮时隙有效指示器的当前帧中有效指示的装置;

对在所述当前帧中识别所述有效指示作出响应而移向所述当前帧中第一有效定时轮时隙的装置。

25 14. 根据权利要求 13 的通讯网络中若干数据流单元传送的调度装置, 其特征在于: 还包括利用预定的伪数据单元队列确定调度机会的装置; 以及利用每个数据流预定逻辑调度速率参数计算每个所述数据单元队列所述目标传送时间的所述装置包括所述预定的伪数据单元队

列，并且所述预定伪数据单元队列的所述识别的目标传送时间确定多个定时轮时隙的调度机会。

5 15. 根据权利要求 13 的通讯网络中若干数据流单元传送的调度装置，其特征在于：还包括对所述当前帧中所述有效指示不存在作出响应，而读出下一帧的装置。

10 16. 根据权利要求 15 的通讯网络中若干数据流单元传送的调度装置，其特征在于：还包括对每个所述数据单元队列的每个所述计算的下一个目标传送时间选择高优先级定时轮或低优先级定时轮的装置，以及对所述当前帧中所述有效指示不存在作出响应的所述装置还包括从所述低优先级定时轮向所述高优先级定时轮移动项目的装置。

17. 根据权利要求 16 的通讯网络中若干数据流单元传送的调度装置，其特征在于：处理低优先级定时轮的所述装置包括用来对处理所述当前帧的一部分的高优先级定时轮的结束进行检查的装置。

说明书

通信网络中多个数据流的单元调度方法和装置

5 本发明涉及多个数据流通过通讯网络的调度, 更具体地说涉及在
有多个可能的数据流可被传送时选择哪个单元或包应该从网络部件传
送。而且本发明说明提供可用网络带宽的均衡使用的通讯单元调度方
法。

有关专利申请是由 Gary S. Delp 等人在与本申请相同日期提交
10 的, 题为“AN EARLLEST DEADLINE FIRST COMMUNICATIONS CELL
SCHEDULER AND SCHEDULING METHOD FOR TRANSMITTING EARLIEST
DEADLINE CELLS FIRST”(最早空线首先传送的通讯单元调度程序和
最早空线单元首先传送的调度方法), 共同未决的系列号 08/823155,
并且转让给本受让人。

15 多媒体通讯涉及计算机数据处理、音频/视频、和显示技术在交
互环境中混合在一起。引伸出的多媒体应用, 例如计算机桌面会议系
统和视频点播导致对共享或共有实时数据网络存取的需求。

用于多媒体流传送的运动图象专家组 MPEG-2 标准在国际标准化
组织(ISO/IEC ITCI/SC29/WG11)运动图象和相关的音频编码的“MPEG
20 -2”中说明。MPEG-2 标准已经规定了这样的系统层, 它将多媒体源
总合为具有综合的时间标记或程序时钟基准(PCR)的单一数据流。MPEG
-2 标准规定视频流的固定和可变速率编码方案, 从而容许视频流的
可变长度和质量。MPEG-2 标准规定例如 MPEG-1 的其他视频编码方
案的传送机理。MPEG-2 多媒体流在使用 ITU 标准通常称为异步传输
25 模式(ATM)的数字网络上传送。异步传输模式(ATM)由 Mde Prycker
在《异步传输模式: 宽带 ISDN 的解决方案》中介绍的异步传输方式
(ATM)网络, 已被国际公认为宽带网络中传送、多路传输和交换的技
术。它使用固定长度单元作为传送单位。

ATM 网络设计为支持高质量语音、视频和高速数据业务的集成。对终端用户，它承诺提供以恒定或可变位速率传输与连接有关的和无连接的业务的能力。它容许按需求分配带宽，和倾向于提供协商的服务质量（QOS）。对网络提供者，它能使不同业务类型通过同一网络传输。为了使网络满足用户为会话设定的 QOS 要求，网络必须有关于会话业务特性的足够信息。这可以通过三个基本参数（但不局限于）来接近：1) 平均传送率，2) 峰值传送率，和 3) 可以以峰值传送率发送数据的时间间隔。按照与网络的 QOS 合同的部分，所有会话必须遵守业务参数，和不违反这些参数，以使网络能保证向所有用户的 QOS。当在网络链路中建立许多对话时，这就产生复杂的调度问题，需要每个会话合同不被违反。同时，所有会话必须从网络得到所要求的容量。这问题相当复杂，尤其是当它包含具有各种各样业务描述符的大量会话时。这个问题还与不同会话需要不同 QOS 掺和。因此，在竞争的情况下，有多个会话有数据要传送，和它们与网络的各个合同容许它们传送，要求更严格的 QOS 保证的会话一般被授予高于其他会话的优先级。

Jamaloddin Golestani 的文章《关于宽带应用的自同步合理排队方案》（Proceeding IEEE INFOCOM V2 1994. IEEE, Piscataway, NJ, USA, 94 CH 3401-7. P 636-646）公开和分析了对宽带实施方案可行的有效合理排队方案的性能。以自含方式规定合理性，不再需要在现有技术中使用的假设的流体流参考系统，因而消除了相关的计算复杂性。所公开的方案基于采用内部产生的虚拟时间作为工作过程的索引，因此其名为自同步合理排队。所公开的方案具有要求的合理性特征，和几乎是最佳的，在为积压的会话提供的规格化服务中最大可容许的不一致性从未超过在任何基于包的排队系统中对应数字的二倍。

在 ATM 网络中，称为漏桶算法的一种已知算法已经用于决定一个单会话的单元何时可以被传送。这漏桶算法可以用于决定在给定时间是否任何单会话单元都能被传送。通过在任何时间 t 对所有会话运行

漏桶算法，以决定在当时哪些会话可以被调度而传送，从而，可以提供对大量会话的调度。因而，这些会话的单元可以根据它们被赋予的优先级进行调度。漏桶算法在 ATM Forum 技术委员会业务管理技术规范第 4 版 (af-tm-0056.000) (1996 年 4 月) 中介绍。

5 题为“资源保留协议 (RSVP)”的 Internet 草案文件第一版 (IETF 技术规范, 1996 年 3 月 18 日) 描述了 RSVP、为综合服务互联网设计的资源保留方案协议的第一版。RSVP 提供多址广播或单址广播数据流的接收方启动的资源保留方案，具有良好比例和健壮特性。调度算法的实施最好应该与 RSVP 协议兼容。

10 传统的 ATM 单元调度遵照通用单元速率算法 (GCRA)。这种算法确保每个虚拟电路不会违反其业务合同，即它不会在违反可维持单元速率或峰值单元速率的连接上发送数据。当以这种方式建立调度时，那么它不能发送快于规定的峰值速率。这就是 AT MOST 调度。例如，题为“ATM 单元调度程序”的美国专利 5533020 (Byrn 等人, 1996 年 7 月) 公开了 AT MOST 调度的一种 ATM 单元调度程序，该专利转让给本
15 受让人。

在许多情况下，低优先级业务需要均衡地被调度，即一个等级或任务的业务需要被保证最小的分配机会，即它需要至少能被调度到。问题在于这种至少 (at least) 调度方式需要均衡地缩放，并且需要与
20 AT MOST 调度方式配合。

因此需要改进的通讯单元传送的调度方法和装置。

本发明的主要目的是提供改进的通讯网络中单元和帧传送的调度方法和装置；提供均衡地使用可用的网络带宽的改进的单元传送调度的调度程序和方法；和提供克服现有技术配置缺点的这种方法和装置。
25

简言之，提供一种通讯网络中多个数据流的单元传送的调度方法和装置。提供效果最好的调度程序调度通讯网络中多个数据流的单元传送。该效果最好的调度程序包括效果最好的操作方式，并且可以包

括一个以上的定时轮(timing wheel)。当效果最好的调度程序包括一个以上定时轮时, 那么效果最好定时轮的优先级低于其他定时轮的优先级。

5 每个数据流的数据排入对应的数据单元队列。利用预定的逻辑通道描述符参数来计算每个数据单元队列的下一个目标传送时间。根据每个有效数据单元队列的标识的目标传送时间来选择低优先级或高优先级定时轮、并且计算定时轮时隙。对于标识的定时轮时隙设置有效指示, 并且存储表明标识的定时轮时隙的对应的数据单元队列的项目。各数据流之间的相对速率被保持, 而数据流的绝对速率在低优先级轮中增加或减小。

10 可以使用预先确定的伪数据单元队列规定调度机会。于是每个数据单元队列的目标传送时间的计算包括该预先确定的伪数据单元队列, 而预先确定的伪数据单元队列的标识的目标传送时间规定了多个定时轮时隙的调度机会。

15 通过检查第一定时轮的当前定时轮时隙的有效指示来选择下一个数据单元队列供传送。对识别所述有效指示作出响应, 处理第一数据单元队伍供传送, 并且重新调度该数据单元队列。然后, 通过检查第一定时轮的轮时隙的当前帧的有效指示, 执行向下一次定时轮时隙的移动; 和对识别当前帧的有效指示作出响应, 提供向当前帧的第一有效定时轮时隙的移动。当来自高优先级定时轮的高优先级数据单元队列不符合传送资格时, 可以传送来自低优先级定时轮的数据单元队列。

20 从以下对在附图中举例说明的本发明的最佳实施例的详细说明, 可以更好地理解本发明以及上述和其他目的和优点, 附图中:

25 图 1 是说明包括最佳实施例的单元调度程序的通讯网络系统的方块图;

图 2 是说明图 1 的最佳实施例的单元调度程序的操作的方块图;

图 2A 是说明图 1 的最佳实施例的单元调度程序所使用的数据流逻

辑通道描述符 (LCD) 的图;

图 2B 是说明恒定位速率, 可变位速率或漏桶速率的调度速率参数的图;

5 图 3 是说明包括图 1 的最佳实施例的单元调度程序的定时轮的数据结构的原理方框图;

图 4 是说明图 1 的最佳实施例的单元调度程序的快和慢定时轮以及最后有效桶的原理方框图;

图 5 是说明图 1 的最佳实施例的单元调度程序的顺序操作的流程图;

10 图 6 是说明图 1 的最佳实施例的单元调度程序的确定加到传送准备逻辑的下一个逻辑通道描述符 (LCD) 的顺序操作的流程图;

图 7 是说明图 1 的最佳实施例的单元调度程序的确定向一下个时间隙移动的顺序操作的流程图;

15 图 7A 是说明图 1 的最佳实施例的单元调度程序的处理图 7 的慢定时轮数据的典型步骤的流程图;

图 7B 是说明通过图 1 的最佳实施例的单元调度程序计算下一个时间标记和下一个时隙的流程图;

图 8A 是说明按照最佳实施例的计算机程序产品的方块图;

图 8 是说明现有技术的满负荷的漏桶调度程序的操作的示意图;

20 图 9 是说明现有技术以部分负荷的漏桶调度程序的操作的示意图;

图 10 是说明图 1 最佳实施例的效果最好的加权合理排队单元调度程序典型操作的示意图;

25 图 11 是说明图 1 最佳实施例效果最好的加权合理排队单元调度程序跟随图 10 以后的典型操作的示意图;

图 12 是说明图 1 最佳实施例效果最好的加权合理排队单元调度程序典型操作的示意图;

图 13 是说明图 1 最佳实施例效果最好的加权合理排队合理调度程

序跟随图 12 以后的典型操作的示意图。

现在参阅附图 1，图中示出最佳实施例的包括至少一个单元调度程序 102 的包交换通讯系统 100。如图 1 所示，单元调度程序 102 特别适合使用在网络 100 的入口或出口处的每个网络互连 108。单元调度程序 102 被包含在计算或通讯系统 106 的网络接口 104 中，位于网络内部交换或路由选择系统 112 的进站警岗 (policing) 和整形输入 110，和/或交换或路由选择系统 12 的出站排队和整形输出 114。

单元调度程序 102 包括已在 1996 年 7 月 2 日发布的 Byrn 等人的题为“ATM 单元调度程序”的美国专利 5533020 中公开的作为一种调度程序的功能操作，该专利已转让给本受让人。上述专利的主题在此文中引用作为参考。

根据本发明的特征，单元调度程序 102 利用有效和高效率的合理排队调度单元发送，以提供对可用的网络带宽的均衡使用。单元调度程序 102 包括多个定时轮，例如三个优先级轮。单元调度程序 102 尽可能快地使用一个运行在低优先级的定时轮。在网络 100 中有这种情况，其中业务必须受限于其业务合同、使得在网络上瞬时提供的负载有上限，因此也会有这种情况，网络应该被充分而且合理地利用。这往往出现在网络 100 上有多个优先级的业务的情况下。运用单元调度程序 102，较高优先级的业务运用严格的漏桶 (leaky bucket) 算法整形，而较低优先级的业务运用本实施例的调度机理发送。当这两种原理由单元调度程序 102 在网络 100 上混合时，较高优先级业务可以在网络内容易地识别，而且对这种业务保证的服务质量并不受到较低优先级业务的拖累。

单元调度程序 102 是具有严格优先级的多优先级调度程序，它被这样安排、使得在较高优先级调度程序中调度项目可以任选地获得较低优先级调度程序中调度机会。单元调度程序 102 有二个调度定时轮，例如图 4 所示的定时轮 400，402。第一定时轮 400 的优先级要比第二定时轮 402 的优先级高，因此当第一定时轮 400 有符合传送资格

的业务时，这第一定时轮业务将优先于低优先级的第二定时轮 402 的业务被传送。这种方案的一种可能的毛病就是第二定时轮 402 可能长时间只有很少的或根本没有传送机会。假如在两轮之间使用循环技术或其他技术，则优先级不被遵循。由单元调度程序 102 提供的解决方案包括在第一定时轮 400 上 LCD 中，LCD 不是加到传送创建逻辑，而是给第二低优先级定时轮 402 提供时隙。这种方法的效果就是为第二定时轮 402 业务的传送提供一些窗口，同时对时间量给予限制，以保持优先等级。

为了实现低优先级轮的益处，即，给网络 100 提供足够“充满管道”的业务，也就是当没有符合传送资格的高优先级业务时能被传送的业务象在图 7 和 7A 中举例说明和描述的那样，设置向前移动时间指针的机构。正如关于图 7 和 7A 所举例说明和描述的，单元调度程序 102 包括：为根据可保持单元速率和峰值速率调度 ATM 单元的传送而安排的第一定时轮；按上述美国专利 5533020 规定运行的高优先级定时轮以及准备利用可用的传送调度机会任选地较快运行的低优先级定时轮。

单元调度程序 102 定时轮的运行可以如下理解。单元调度程序 102 通过全局变量、等于定时轮时隙的当前时间的 Curr-slot 或者无线电信号，跟踪系统的当前时间。单元调度程序 102 不是根据时钟、而是根据单元传送机会的可用性使 Curr-slot 可以超前。

对于每个 LCD 连接(i)，保持的几个常数包括：mean-int(i)（时隙平均间隔），bmproduct(i)（时隙中平均间隔和脉冲串长度之乘积），peak-int(i)（时隙中最小的单元两次输入的时间间隔）。被保持的动态连接变量包括 state(i)（漏桶状态）和 qslot(i)（定时轮中的时隙，来自连接(i)的单元被放置在其中），所述 state(i)每当传送一个单元时被利用 mean-int(i)刷新、并且总是大于当前状态，即[curr-slot-bmproduct(i)]。

在初始化时，单元调度程序 102 的基本调度算法设置 curr-

slot=0; 以及 $state(i)=curr-slot+mean-int(i)-bmproduct(i)$ 。

为决定调度算法将 LCD 排在定时轮上何处要考虑两种情况:

1) 来自连接(i)的用于传送的包加到单元调度程序 102 的调度算法,

5 a) 假如 LCD 已经在定时轮上, 那么将包加入 LCD 队列。

b) 假如 LCD 不在定时轮上, 那么将包加入 LCD 队列, 对于来自连接(i)的单元, 刷新漏桶状态 $state(i)$ 和定时轮 (TW) 时隙 $qslot(i)$, 那么:

10 $state(i)=mean-int(i)+\max\{state(i), curr-slot-bmproduct(i)\}$

$qslot(i)=\max\{state(i), curr-slot\}+peak-int(i)$ 并且将 LCD 排在定时轮时隙上 $qslot(i)$ 位置。

2) 来自连接(i)的单元正好刚被单元调度程序 102 调度算法选用,

15 a) 假如没有包或单元排在这 LCD 上, 则从定时轮拆下 LCD (没有东西传送)。

b) 假如有多多个单元要传送, 那么刷新 $state(i)$ 和 $qslot(i)$, 并且在定时轮上排队:

20 (i) $state(i)=mean-int(i)+\max\{state(i), curr-slot-bmproduct(i)\}$

(ii) $qslot(i)=\max\{state(i), curr-slot\}+peak-int(i)$

(iii) 将 LCD 排在 TW 上的 $qslot(i)$ 位置。

参阅图 2, 倘若传送/处理队列 204 中每个队列包括逻辑通道描述符 (LCD) 206 或其他这种类型的逻辑连接控制模块, 则单元调度程序 102 由数据排队机构 202 馈送。数据排队机理 202 可以从网络 100 来的接收逻辑, 所存储的程序处理程序, 或这两种机构的组合。单元调度程序 102 使用一组保持每个被调度的数据实体的数据的逻辑通过描述符 LCD 206。这可以包括数据描述符队列和传送准备逻辑的结构

25

信息。单元调度程序 102 的调度选择逻辑选择一系列 LCD，并把这选择的系列加到传送准备逻辑 208。传送准备逻辑 208 记录由调度选择逻辑 102 选择的 LCD 数据结构和准备传送。

参阅图 2A，图中示出说明由单元调度程序 102 使用的数据流的逻辑通道描述符 (LCD) 206 的图表。LCD 206 是描述数据流单元队列的数据结构。LCD 206 包括用来在定时轮时隙将 LCD 连接在一起的下一个 LCD 指针 209。LCD 206 包括指向被传送的单元和/或包的链的指针，包括单元 1 队列头的指针 210 和单元/包队列尾的指针 212。LCD 206 还包括相应数据流的调度信息，如图所示调度参数 214，调度状态 216 和定时轮选择器 218。

参阅图 2B，图中示出列出多个调度速率参数 220 的图表，所述调度速率参数 220 包括：峰值传送速率 222、可保持的传送速率 224、峰脉冲串长度 226、稳定位速率/可变位速率 (CBR/VBR) 业务类型 228、和最大延迟 230。规定这些调度速率参数 220 用于稳定位速率，可变位速率或漏桶速率连接。这些速率被变换成以若干快定时轮时隙和尾数表示的间隔。脉冲串长度作为连接时间标记和当前时间之间最大差值被保持。LCD 还保持用于连接的时间标记。提供举例说明的伪 LCD，以便提供最佳实施例的用于调度低优先级 LCD 的效果最好的机构所使用的多个调度机会。

参阅图 3，单元调度程序 102 是由包括至少二个定时轮，例如图 4 所示的定时轮 400，402 的数据结构构成的。如图 3 所示，数据结构包括由 LCD 的指针阵列 122 和定时轮的占用位图 120 组成的定时轮，占用位图 120 对于定时轮中每个存储位置有一位。每位表示定时轮时隙是否会有有效指针。这种位用于控制读存储位置的需求，和用于支持前向的快扫描。必须使这种位阵列能一次被读出一位以上。可以按照一次读出一组位的形式读出这种位阵列。这组位将称为帧。另外，LCD 包含可以用于指向定时轮中相同“时隙”中存储的下一个 LCD 的指针。这一指针用于对每一有效时隙建立 LCD “链”。定时轮可以任选地包

含指向 LCD 链的最后项目的一组指针。这第二指针可以用于快速插入 LCD 链的尾端。虽然这指针不是必要部分，但是本实施例中仍包括它。

参阅图 4，图中举例说明快定时轮 400 和慢定时轮 402。因为每个定时轮中每个时隙对应于时间范围，所以，快定时轮用于较小时间范围，而慢定时轮用于较大时间范围。图 4 表示这些轮 400 和 402 之间的连接，以及用于间隔大于慢定时轮 402 的任何 LCD 的最后有效桶 404。

参阅图 5，由框 500 开始图示单元调度程序 102 所使用的排队的一般过程。如图中所示，在判定框 502，对等待排队进入的数据进行检查。假如是等待排队进入的数据，如图中所示，在框 504，把等待的数据排队进入 LCD 数据队列。接着如图中所示，在判定框 506，对已经在定时轮 400 有效的 LCD 进行检查。假如是，则顺序操作返回起点框 400。假如该 LCD 不是定时轮 400 中有效的，则按框 508 指示，下一步包括计算下一个目标传送，选择定时轮 400 或 402，设置时间隙的有效位，清除这 LCD 中下一个 LCD 指针。接着按判定框 510 指示，检查有效尾指针。对于有效尾指针，按框 512 指示，在尾指针指向的 LCD 中，把该 LCD 地址写入下一个 LCD 指针位置，并且把该 LCD 地址写入这时隙的尾指针中。否则，按框 514 指示，把该 LCD 写入这时隙的头和尾指针时隙中。然后，顺序操作返回起点框 500。尽管对于双连接表，利用链举例说明了头和尾指针，但是，应该理解适当的其他数据结构可以用于将 LCD 与时隙和具有 LCD 的包相联系。

参阅图 6，图中示出由单元调度程序 102 使用的判定加到传送准备逻辑 206 的下一个 LCD 的一般过程。如图 6 所示，有几种用来计算 LCD 应该移向的下一个传送时隙的可能机制，以及有几种可以用于计算向下一个时间移动的机制。在框 600 开始，按判定框 602 指示，对当前时间的有效位 on（该有效位为 1）进行检查。当没有识别当前时间的有效位 on 时，则按框 604 所示利用多种可能的方法之一移向下一个时隙。然后，顺序操作返回起点框 600。否则，当识别当前时间的

有效位 on 时，则按框 606 所示，利用多种可能方法之一，准备发送第一 LCD，存储来自 LCD 的下一个指针，和重新调度 LCD。按判定框 608 所示，检查下一个指针有效否。假如有效，则按框 610 所示，把下一个指针存储在 LCD 中。然后顺序操作返回框 606，准备传送第一 LCD。否则，当下一指针无效时，则清除有效位，清除第一指针，以及清除最后指针，如框 612 所示。然后，在框 604 进行移向下一个时隙的操作。接着，顺序操作返回起点框 600。

参阅图 7，图中示出移向下一个时间的典型步骤。在框 700 开始顺序步骤。按判定框 702 所示执行对当前帧中有效位 on 的检查。重要的是逐帧地读位，而不是逐位地读位。当没有识别当前帧中有效位 on 时，按框 704 所示，读出有效位的下一帧。当识别当前帧中有效位 on 时，则按框 706 所示移向当前帧中第一有效时隙。按框 708 所示结束移向下一时间的操作。在框 704 读出有效位的下一个帧以后，按判定框 710 所示，执行检查是否越过慢定时轮界限。假如没有，则顺序操作返回框 702 检查当前帧中有效位 on。当已越过慢定时轮界限时，则按框 712 所示，开始慢定时轮处理。下面就图 7A 举例说明慢定时轮处理过程。使用框 702 和 710 的两种阈值机制，执行慢定时轮处理过程的背景逻辑具有快定时轮周期的四分之三来完成慢定时轮处理过程，而不用停止快定时轮处理过程。

如图 7A 所示，在框 714 开始的慢定时轮数据处理有两部分，当例如快定时轮 400 的四分之一的一节被跨越时，按框 718 所示，快定时轮 400 的上一节或上四分之一从过去移向未来，使得 LCD 可以从慢定时轮 402 移向快定时轮 400。在处理从快定时轮 400 的四分之一向下移之前，按判定框 716 所示进行检查，以便确保慢定时轮已经完成快定时轮这一象限的处理。按判定框 720 所示，执行关于慢定时轮这一分段中其余项目的检查。假如在慢定时轮这一分段尚余任何项目，则按框 722 所示，根据目标传送时间，把 LCD 项目从慢定时轮移向或是快定时轮 400 或是慢定时轮 402 的新位置。当在判定框 720 判定在慢

定时轮这一分段没有余下任何项目时，则按框 724 所示，这慢定时轮分段从过去移向未来，然后顺序的慢定时轮处理操作返回起点框 714。

关于恒定位速率，可变位速率或漏桶速率连接的调度速率技术包括图 2B 所示的四个参数，这四个参数包括峰值传输速率 222，可保持的传输速率 224，峰值脉冲串长度 226 和 CBR/VBR 业务类型 228。峰值
5 传送速率 222，可保持的传输速率 224，峰值脉冲串长度 226 在以若干个快定时轮 400 时隙并包括该时间隙的若干分之一表示的间隔内被维持。脉冲串长度被维持为连接时间标记和当前时间之间的最大差值。计算对应的 LCD 中保持的每种连接或数据流的时间标记如图 7B 所示。

10 图 7B 说明单元调度程序 102 的新时间标记和新时隙的计算。按框 730 所示，使用下列公式计算新时间标记：

新时间标记 = MAX (旧时间标记 + 持续间隔，当前时间 - 脉冲串界限)。

按框 732 所示，使用下列公式计算新时隙：

15 新时隙 = MAX (时间标记 + 持续间隔，当前时间 + 峰值间隔)，

其中峰值间隔是时隙中最小单元到达间隔时间。图 7 和 7A 的向前移动和慢定时轮处理方法以及图 7B 的新时间标记和新时隙计算算法提供把 LCD 表保持到今后的自同步合理排队调度过程。

现在参阅图 8A，图中示出本发明的计算机程序产品 800。计算机
20 程序产品 800 包括：记录媒体 802，诸如软盘、小型光盘形式的高容量只读存储器即 CD-ROM、磁带等；诸如数字或模拟通讯链路的传送型媒体或类似的计算机程序产品。记录媒体 802 在媒体 802 上存储程序 804，806，808，810 以执行图 1 通讯系统 100 中本发明的各种单元调度方法。

25 一系列由记录的程序 804，806，808，810 所规定的一个或多个互相联系的模块的程序指令或逻辑汇编引导单元调度程序 102 调度通讯网络 100 中各单元和各帧的传送。

图 8 表示满负荷的现有技术漏桶调度程序的操作。图 9 表示部分

负荷的现有技术漏桶调度程序的操作。图 10 和 11, 以及图 12 和 13 表示图 1 最佳实施例的效果最好的加权合理排队单元调度程序 102 的典型操作。在图 8-13 的每张图中, 在表格的上部列出每个 LCD 的通信量速率特性。在每个例子中, 把 LCD 初始化、同时调度所有 LCD 使它们在时隙 1 发送, 然后演示由图所表示的特定服务规则, 并在下部表格中举例说明。

参阅图 8, 在上表格中列出四个示范的 LCD A, B, C, D 以及平均调度间隔和速率。在下部二个表中有从时隙 1 到 59 的定时轮时隙的两个底行以及对应的由满负荷漏桶单元调度程序在每个时隙选择的送向传送准备逻辑的 LCD 系列。在时隙行上面的几行用于表示在定时轮上在图示时隙等待的 LCD 队列。正如在流程图中指示的, LCD 队列的服务规则是 FIFO, 有趣的是要指出较慢的 LCD, 即今后进一步被调度的 LCD 比较快的 LCD 接受更精确的服务调度, 因为它们被调度到更远地超前的特定的时隙, 因此更接近队列的头。还要指出, 由于这种效应, 较慢的 LCD 不被作为低优先级业务对待, 并且不会在带宽上占不到传送机会。

例如, 先从图 8 开始, 对于起始条件, LCD D 在时隙 1 传送, 然后 LCD D 被重新调度在时隙 11, 在时隙 2, LCD C 被传送, 然后 LCD C 被重新调度在时隙 6, 在时隙 3, LCD B 被传送, 然后 LCD B 被重新调度在时隙 6 (但在 LCD C 之后), 在时间 4, LCD A 被传送并且被重新调度在时隙 5。时隙 5 重新调度是由于峰值传送速率。LCD A 已从它应该被传送的时间延迟, 那么, 它试图赶上去。漏桶算法提供这种效果。算法继续运行, 很快地排好从时隙 10 到 59 的重复块。这重复块如图所示包括在时隙 10-19, 20-29, 30-39, 40-49 和 50-59 的 LCD A, D, C, B, A, A, C, B, A, A 的序列。由于重复块的存在, 统计是简单计算。也应该提到 B 和 C 合理地分享带宽, 并且两个相同结构的 LCD 的传送次序将保持不变。

图 9 举例说明非满负荷即部分负荷时现有技术漏桶定时轮调度程

序的行为或操作。在这例中，漏桶工作良好，每个连接接受带宽，没有一个连接超过其带宽界限，还要注意在网络上每 36 个时隙中有 10 个时隙不包含任何业务。

现在参考图 10, 11, 12 和 13, 图中举例说明最佳实施例的效果最好的定时轮调度程序 102 的操作。在图 7A 中表示效果最好的定时轮调度程序 102 中下一时间标记和下一定时轮时隙的计算。在以下的图 10, 11, 12 和 13 中可以理解这计算的效果和作用。

在图 10 和 11, 以及图 12 和 13 中给出效果最好的定时轮调度程序的几个操作例子。在图 10 中示出第一序列传送机会, 其中被效果最好的单元调度程序 102 跳过的时隙表示为空白时隙和标以 n, 并且表示为下列序列: D, C, B, A, A, B, A, n, C, A, n, D, B, A, A, n, n, C, B, A, A, n, n, D, B, A, C, A, n, B, A, n, A, n, n, D, C, B, A, A, n, B, A, n, C, A, n, D, B, A, A, n, n, C, B, A, A。这序列占据 57 个运行的时隙。在图 11 中第二序列是: D, C, B, A, A, B, A, C, A, D, B, A, A, C, B, A, A, D, B, A, C, A, B, A, A, 和顺序重复块 D, C, B, A, A, B, A, C, A, D, B, A, A, C, B, A, A。由效果最好的单元调度程序 102 提供的这个序列在各 LCD 之间具有相同传送时间比例, 但每个 LCD 速率得以提高。

在图 12, 从信息流中除去 LCD A。图 10 中分配给 LCD A 传送的每个时隙用标以字母 n 的空白时隙表示。在图 13 中这空白时隙标以短划 -, 被效果最好的单元调度程序 102 跳过, 以提供所示的单元传送序列。在这例子中传送的序列如图 13 中所示, 是 D, C, B, B, C, D, B, C, B, D, B, C, B, D, C, B, B, C, D, B, C, B, 继之以顺序重复块 D, B, C, B, D, C, B, B, C, D, B, C, B, 注意, 相对比例仍然保持, 同时绝对速率提高了很多。

虽然已结合附图所示本发明实施例的细节说明本发明, 但这些细节不构成对本发明范围的限制。本发明范围由所附权利要求书规定。

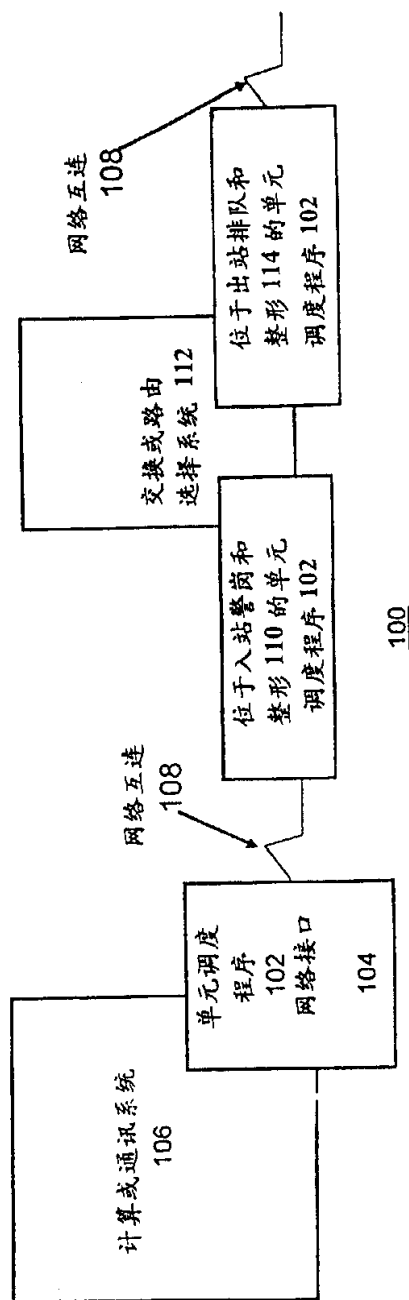


图 1

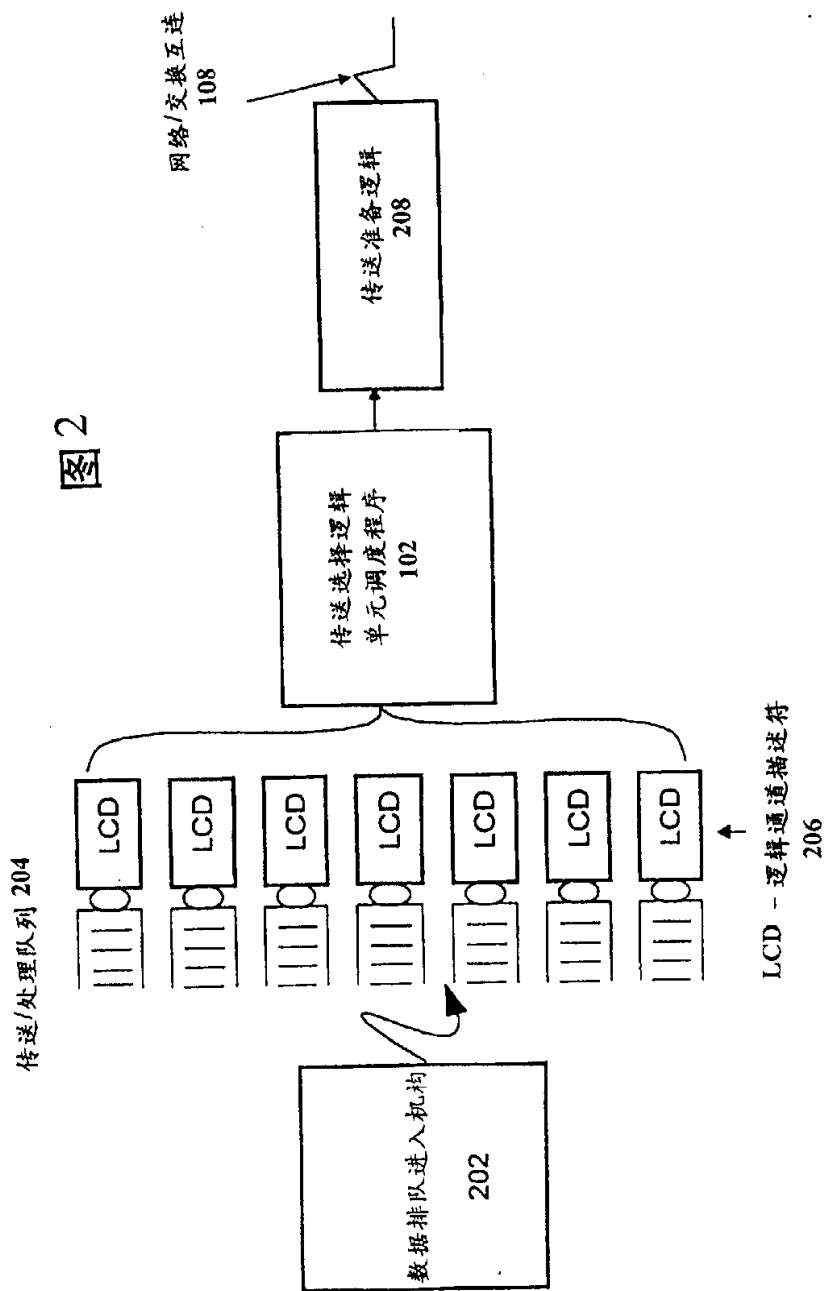


图 2A

逻辑通道描述符(LCD)206

下一个 LCD 指针 209
单元/包队列头 210
单元/包队列尾 212
调度参数 214
调度状态 216
时间轮选择器 218

图 2B

调度速率参数 220

峰值传送率 222
可保持的传送速率 224
峰值脉冲串长度 226
CBR/VBR 信息量类型 228
最大延迟 230

图 3

包括时间轮的单元调度程序 102 数据结构

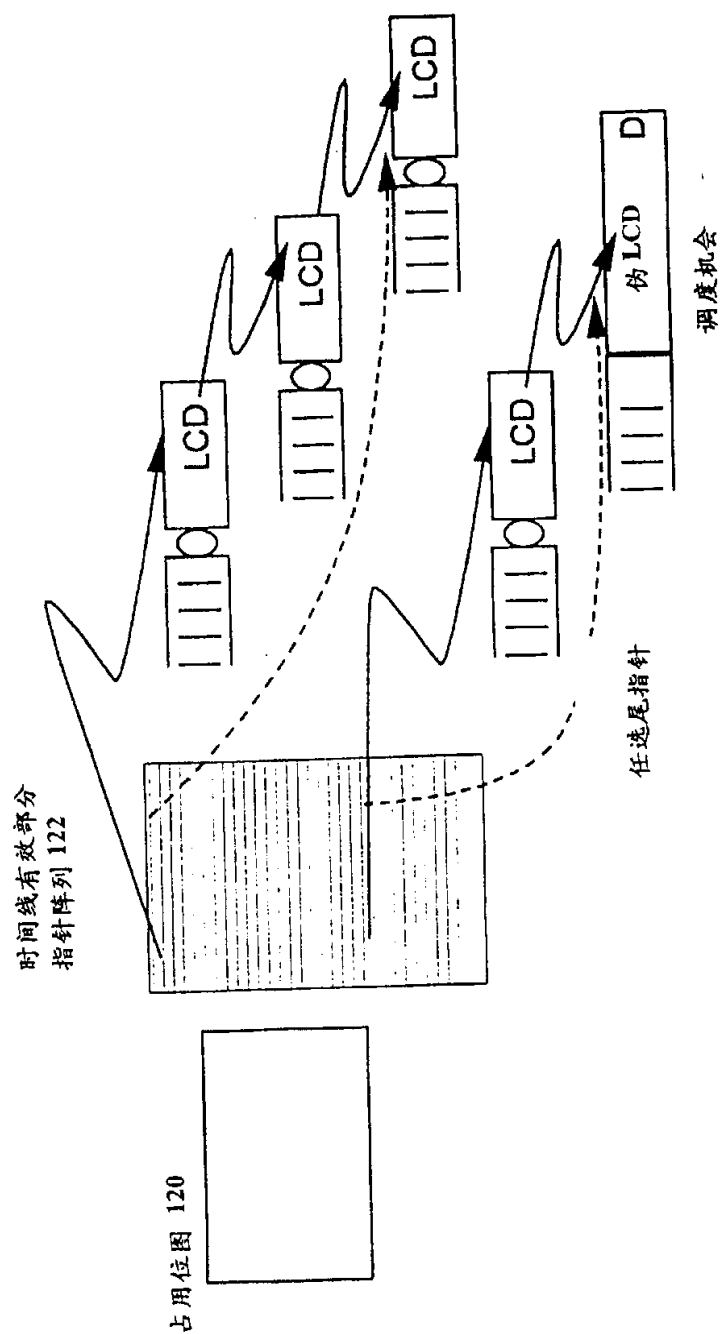


图 4

快和慢定时轮

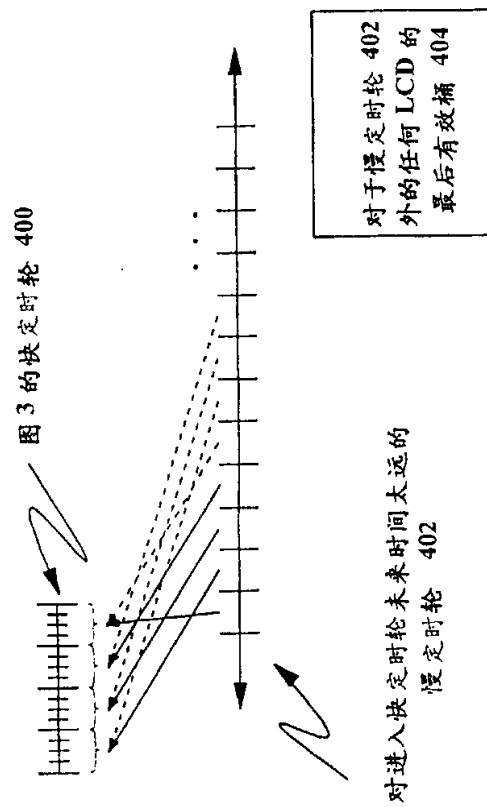


图 5

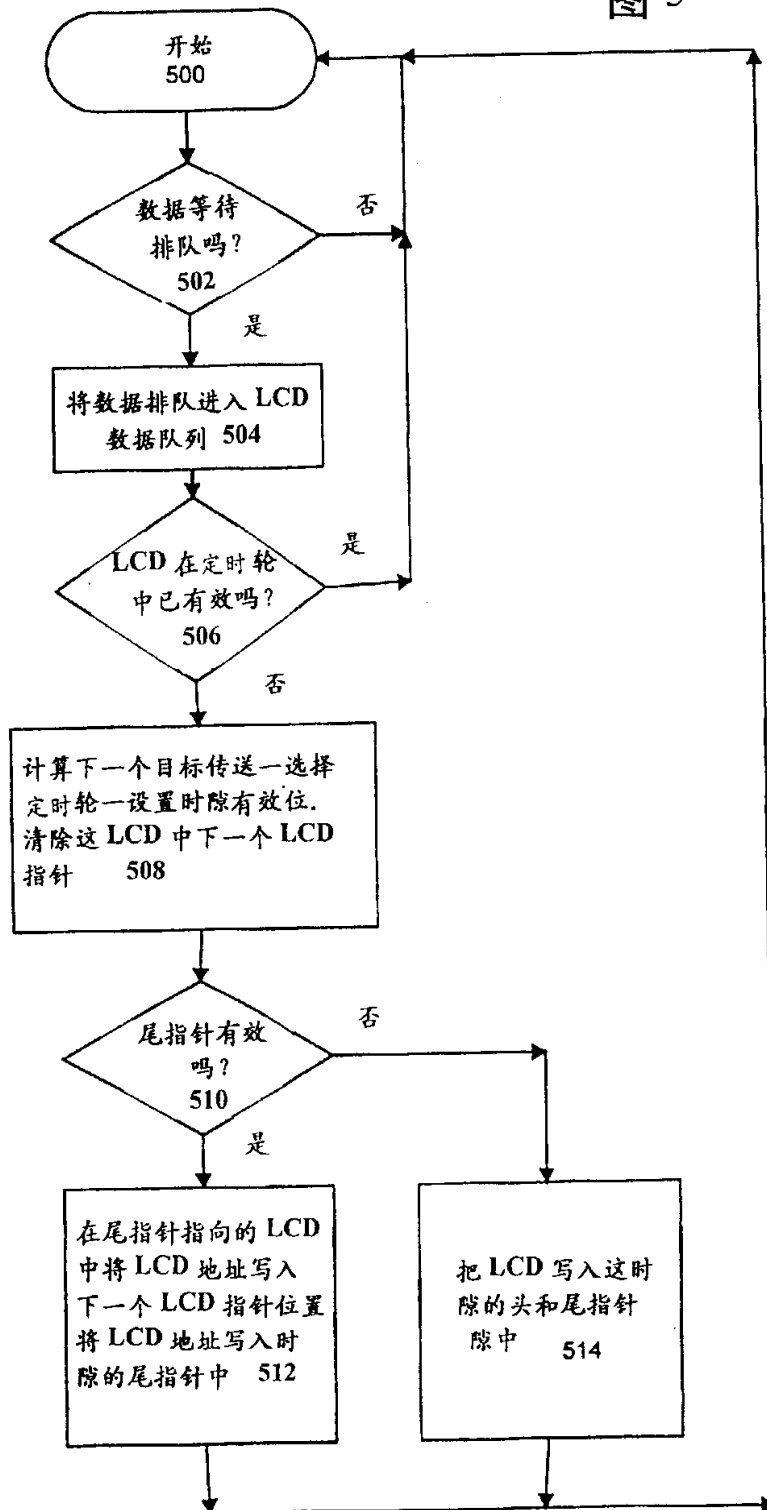


图 6

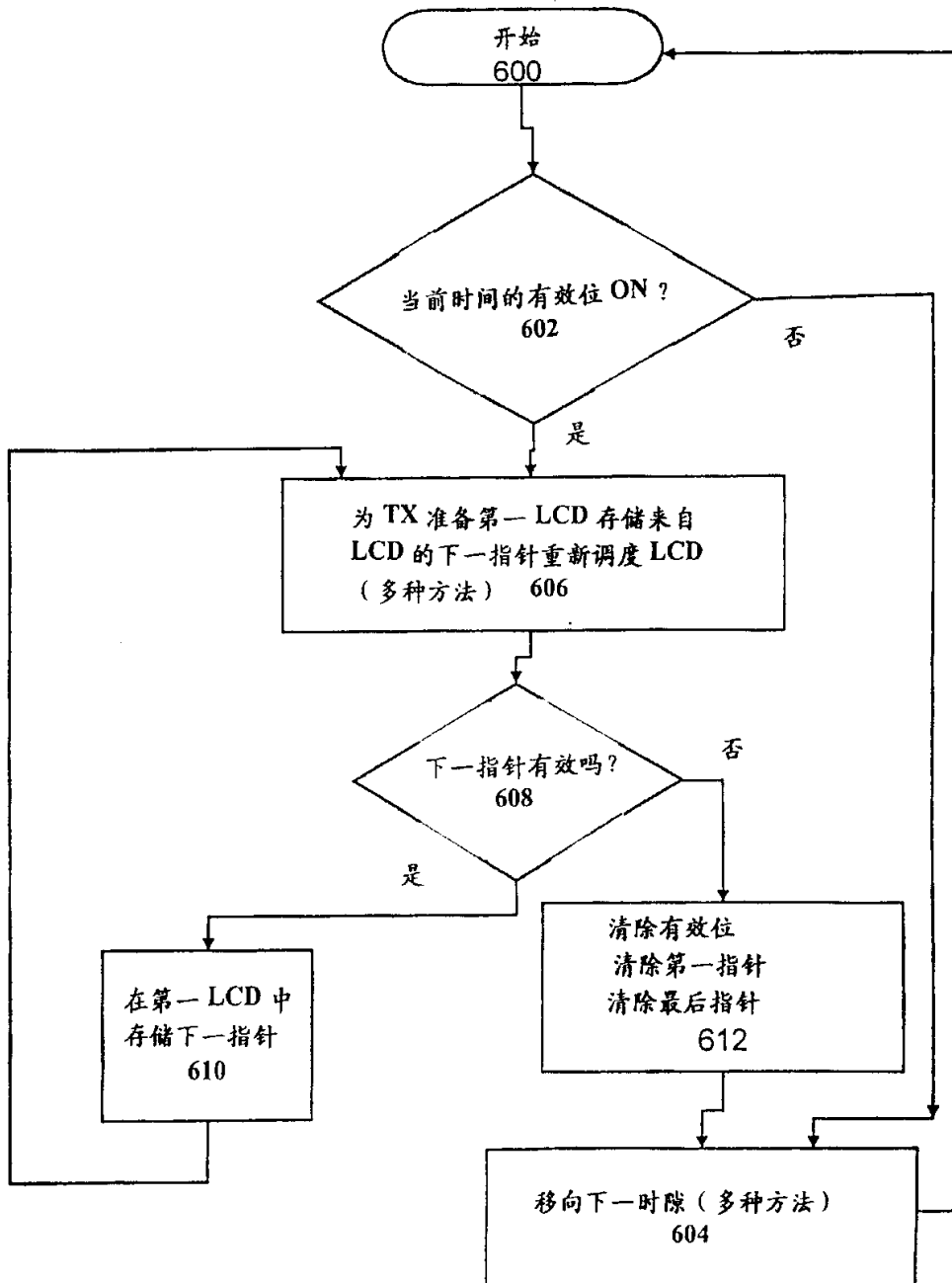


图 7

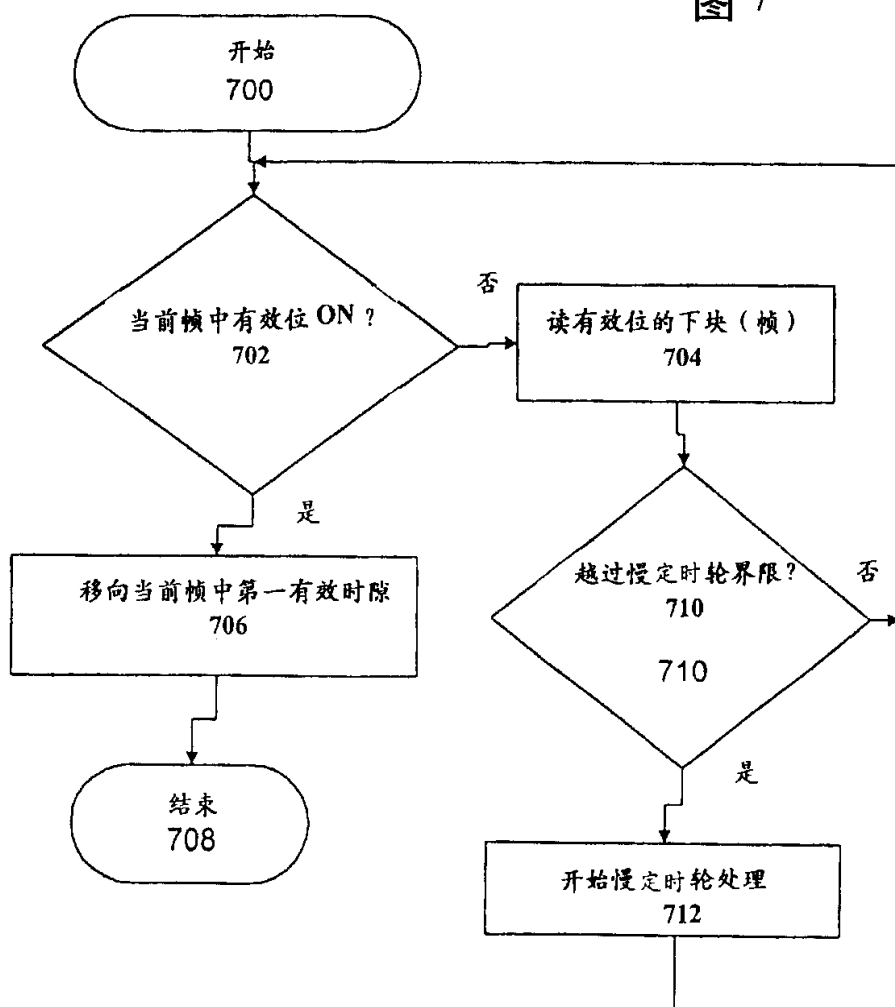


图 7A

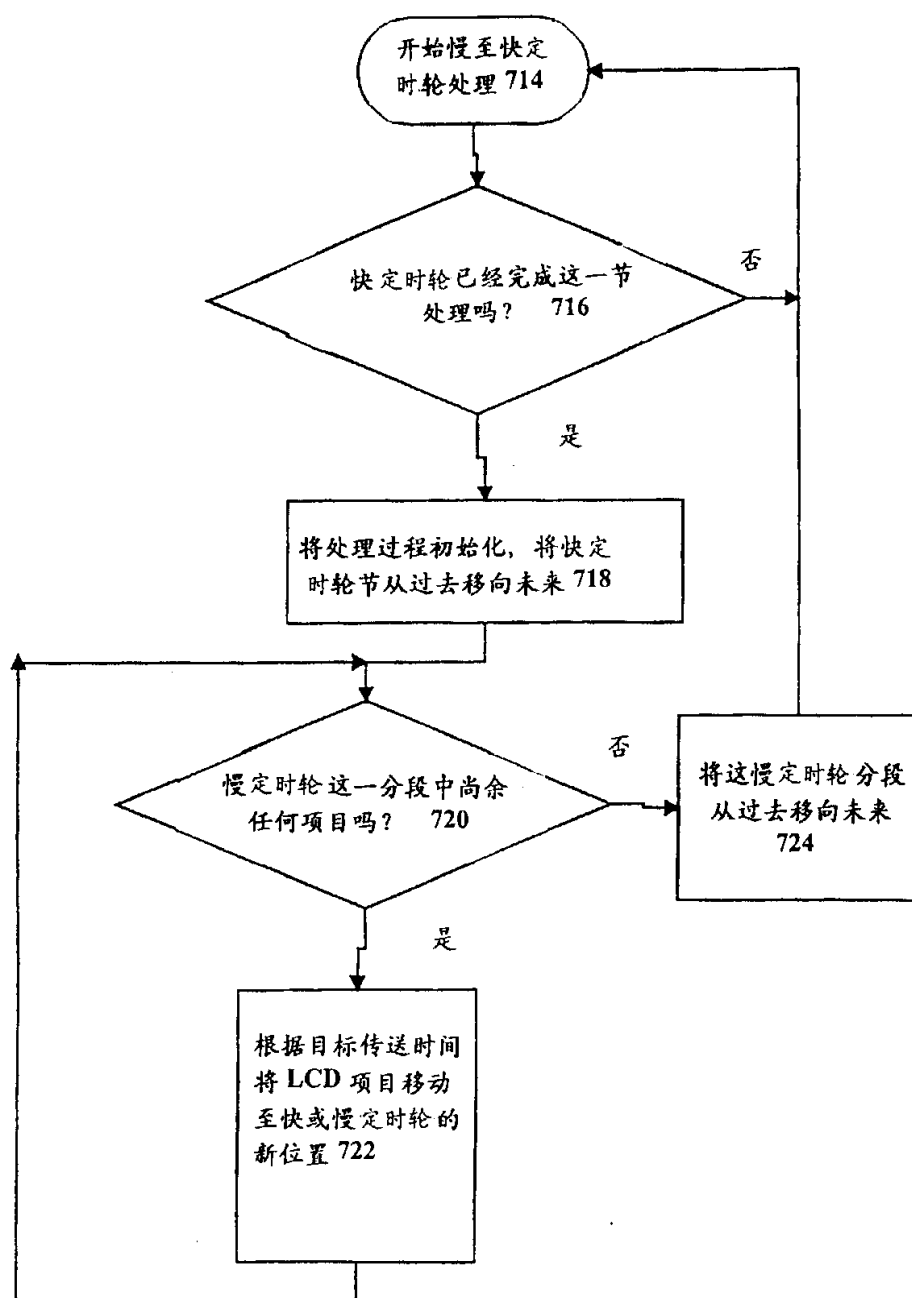


图 7B

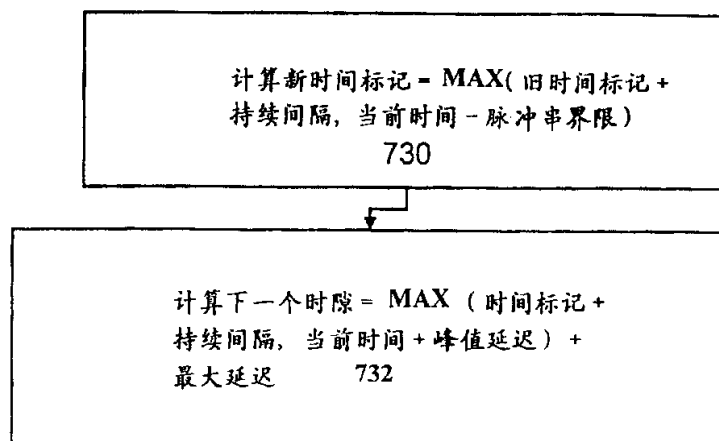
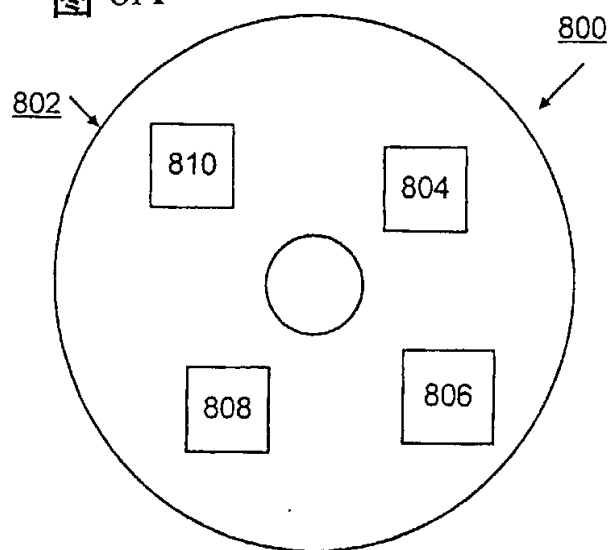


图 8A



8
[X]

漏桶調度—負滿荷

现有技术

LCD	平均调度速率	速率
A	2	$1/2$
B	5	$1/5$
C	5	$1/5$
D	10	$1/10$

[illegible][illegible]

漏桶调度——部分负荷
现有技术

LCD	平均調度速率	速率
A	3	$1/3$
B	6	$1/6$
C	9	$1/9$
D	12	$1/12$

[illegible][illegible]

11

LCD	平均调度速率	速率
A	3	1/3
B	6	1/6
C	9	1/9
D	12	1/12

效果最好的加权
合理排队

[illegible][illegible]

