

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G05B 19/418 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200780029911.5

[43] 公开日 2009 年 8 月 5 日

[11] 公开号 CN 101501592A

[22] 申请日 2007.6.12

[21] 申请号 200780029911.5

[30] 优先权

[32] 2006.6.14 [33] US [31] 11/453,119

[86] 国际申请 PCT/US2007/070928 2007.6.12

[87] 国际公布 WO2007/146898 英 2007.12.21

[85] 进入国家阶段日期 2009.2.11

[71] 申请人 霍尼韦尔国际公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 J·鲁德尼克 J·赵

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 张晓冬 王小衡

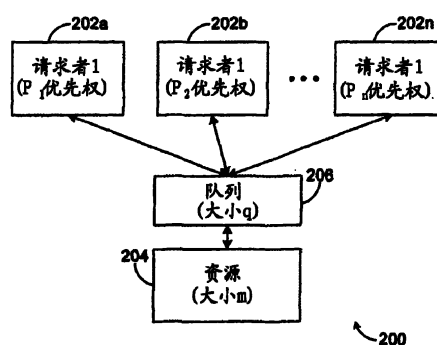
权利要求书 3 页 说明书 31 页 附图 9 页

[54] 发明名称

在过程控制系统中用于用户可配置资源仲裁的系统和方法

[57] 摘要

一种系统包括至少一个存储器(107, 111, 115)和至少一个处理器(105, 109, 113)。至少一个存储器(107, 111, 115)可用来存储与资源相关联的资源对象(204)。至少一个存储器(107, 111, 115)也可用来存储与一个或多个过程的至少一部分相关联的多个请求者对象(202a-202n)。所述一个或多个过程与使用资源生产一种或多种产品相关联。至少一个处理器(105, 109, 113)可用来在来自多个请求者对象(202a-202n)的多个仲裁请求之间进行仲裁。每个仲裁请求表明请求者对象(202a-202n)之一正试图获取资源对象(204)使得使用相关联的资源生产所述产品之一。至少一个处理器(105, 109, 113)可用来使用一个或多个用户定义的策略来在多个仲裁请求之间进行仲裁。



1. 一种系统，包括：

至少一个存储器（107，111，115），可用来存储（i）与资源相关联的资源对象（204）和（ii）与一个或多个过程的至少一部分相关联的多个请求者对象（202a-202n），所述一个或多个过程与使用所述资源生产一个或多个产品相关联；以及

至少一个处理器（105，109，113），可用来在来自多个请求者对象（202a-202n）的多个仲裁请求之间进行仲裁，每个仲裁请求表明请求者对象（202a-202n）之一正试图获取所述资源对象（204）使得使用相关联的资源来生产所述产品之一，所述至少一个处理器（105，109，113）可用来使用一个或多个用户定义的策略来在多个仲裁请求之间进行仲裁。

2. 根据权利要求1所述的系统，其中所述一个或多个用户定义的策略包括下述至少一个：

与每个请求者对象（202a-202n）相关联的优先权；

能够并发地拥有所述资源对象（204）的请求者对象（202a-202n）的最大数目；以及

与所述资源对象（204）相关联的用户定义的队列（206），所述队列（206）具有用户定义的数目的条目。

3. 根据权利要求1所述的系统，其中：

每个请求者对象（202a-202n）可用来重复地提交对资源对象（204）的仲裁请求直到所述资源对象（204）被获取；

重复的仲裁请求不引起多次获取所述资源对象（204）以及不要求多次释放所述资源对象（204）；以及

所述一个或多个用户定义的策略包括以下至少一个：

每个请求者对象（202a-202n）可用来提交对所述资源对象（204）的仲裁请求的次数；以及

在对所述资源对象（204）的仲裁请求的提交之间的时间周期。

4. 根据权利要求1所述的系统，其中：

所述资源对象（204）包括多个资源功能块（304）；

所述请求者对象（202a-202n）包括多个请求者功能块（302）；

至少一个请求者功能块（302）被并到与用于生产一批所述产品之一的过程相关联的配方控制模块（504）中，所述过程包括多个阶段；以及

至少一个资源功能块(304)被并到以下至少一个中:

单元控制模块(502),与一件处理设备(510)相关联;以及
顺序控制模块(506),可用来实现所述阶段之一。

5.根据权利要求4所述的系统,其中:

所述配方控制模块(504)可用来获取所述单元控制模块(502)以使用该件处理设备(510)发起生产该批产品;以及

所述配方控制模块(504)可用来获取所述顺序控制模块(506)以发起所述阶段之一的执行。

6.根据权利要求5所述的系统,其中:

多个配方控制模块(504)可用来请求获取所述单元控制模块(502);
所述配方控制模块(504)之一的多个阶段可用来请求获取所述顺序控制模块(506);

所述单元控制模块(502)包括:

可用来标识已经获取所述单元控制模块(502)的所述配方控制模块(504)的指针(514);以及

可用来标识等待获取所述单元控制模块(502)的一个或多个配方控制模块(504)的队列(516);以及

所述顺序控制模块(506)包括可用来标识等待获取所述顺序控制模块(506)的一个或多个阶段的第二队列(518)。

7.根据权利要求6所述的系统,其中:

所述指针(514)和所述队列(516)的内容可由用户使用与所述单元控制模块(502)相关联的第一图形用户界面(800)查看和修改;以及

所述第二队列(518)的内容可由用户使用与所述顺序控制模块(506)相关联的第二图形用户界面(900)查看。

8.一种方法,包括:

创建与资源相关联的资源对象(204);

创建与一个或多个过程中的至少一部分相关联的多个请求者对象(202a-202n),所述一个或多个过程与使用所述资源生产一个或多个产品相关联;

把来自多个请求者对象(202a-202n)的仲裁请求提交给所述资源对象(204),每个仲裁请求表明所述请求者对象(202a-202n)之一正试图获取所述资源对象(204)使得使用相关联的资源来生产所述产品之一;以

及

使用一个或多个用户定义的策略在来自多个请求者对象（202a-202n）的多个仲裁请求之间进行仲裁。

9. 根据权利要求8所述的方法，其中：

所述资源对象（204）包括多个资源功能块（304）；

所述请求者对象（202a-202n）包括多个请求者功能块（302）；以及

所述方法还包括：

将至少一个请求者功能块（302）并到与用于生产一批所述产品之一的过程相关联的配方控制模块（504）中，所述过程包括多个阶段；以及

将至少一个资源功能块（304）并到下述至少一个中：

单元控制模块（502），与一件处理设备（510）相关联；

顺序控制模块（506），可用来实现所述阶段之一。

10. 根据权利要求9所述的方法，还包括：

由所述配方控制模块（504）获取所述单元控制模块（502）以发起使用该件处理设备（510）来生产该批产品；以及

由所述配方控制模块（504）获取所述顺序控制模块（506）以发起所述阶段之一的执行；

11. 根据权利要求10所述的方法，其中：

提交所述仲裁请求包括：

多个配方控制模块（504）请求获取所述单元控制模块（502）；以及

所述配方控制模块（504）之一的多个阶段请求获取所述顺序控制模块（506）；

所述单元控制模块（502）包括：

可用来标识已经获取所述单元控制模块（502）的所述配方控制模块（504）的指针（514）；以及

可用来标识等待获取所述单元控制模块（502）的一个或多个配方控制模块（504）的队列（516）；以及

所述顺序控制模块（506）包括可用来标识等待获取所述顺序控制模块（506）的一个或多个阶段的第二队列（518）。

在过程控制系统中用于用户可配置资源仲裁的系统和方法

技术领域

[0001] 本公开内容总体上涉及控制系统，具体而言涉及一种在过程控制系统中用于用户可配置资源仲裁的系统和方法。

背景技术

[0002] 常常使用过程控制系统来管理处理机构。处理机构的示例包括化学制品和药品生产厂。在其它操作之中，过程控制系统通常与处理机构中的工业设备交互并对其进行控制，所述工业设备诸如用于生产化学制品和药品的设备。

[0003] 处理机构可以执行具有需要使用诸如某件工业设备之类的相同资源的任务的单个过程。处理机构还可以执行多个过程，所述多个过程同时被执行且需要使用相同的资源。对过程控制系统而言，管理由这些多个过程或任务对资源的使用常常是必需的或想要的。该管理的一部分常常涉及确定如何在生产设备中的不同的过程或者任务之间共享资源。

发明内容

[0004] 本公开内容提供了一种在过程控制系统中用于用户可配置资源仲裁的系统和方法。

[0005] 在第一实施例中，一种系统包括至少一个存储器和至少一个处理器。所述至少一个存储器可用来存储与资源相关联的资源对象。所述至少一个存储器还可用来存储与一个或多个过程的至少一部分相关联的多个请求者对象。所述一个或多个过程与使用资源生产一种或多种产品相关联。所述至少一个处理器可用来在来自多个请求者对象的多个仲裁请求之间进行仲裁。每个仲裁请求表明请求者对象之一正试图获取资源对象以便使用相关联的资源来生产一种产品。所述至少一个处理器可用来使用一个或多个用户定义的策略来在多个仲裁请求之间进行仲裁。

[0006] 在第二实施例中，一种方法包括创建与资源相关联的资源对象以及创建与一个或多个过程的至少一部分相关联的多个请求者对象。一个

或多个过程与使用资源生产一种或多种产品相关联。所述方法还包括从多个请求者对象向资源对象提供仲裁请求。每个仲裁请求表明请求者对象之一正试图获取资源对象以便使用相关联的资源来生产一种产品。此外，所述方法还包括使用一个或多个用户定义的策略在来自多个请求者对象的多个仲裁请求之间进行仲裁。

[0007] 在第三实施例中，一种计算机程序被包括在计算机可读介质上，并可用来由处理器执行。计算机程序包括用于创建与资源相关联的资源对象以及用于创建一个或多个过程的至少一部分相关联的多个请求者对象的计算机可读取程序代码。一个或多个过程与使用资源生产一种或多种产品相关联。计算机程序还包括用于使用一个或多个用户定义的策略在来自多个请求者对象的多个仲裁请求之间进行仲裁的计算机可读程序代码。每个仲裁请求表明请求者对象之一正试图获取资源对象以使用相关联的资源来生成一种产品。

[0008] 通过以下的附图、说明书及权利要求，其他技术特征对所属技术领域的技术人员来说是十分显而易见的。

附图说明

[0009] 为了更完整地理解本公开内容，将参考结合附图所作出的以下描述，其中：

[0010] 图 1 举例说明了根据本公开内容的示例过程控制系统；

[0011] 图 2A 至 10 举例说明了根据本公开内容的在过程控制系统中的示例用户可配置资源仲裁机制；以及

[0012] 图 11 举例说明了根据本公开内容的在过程控制系统用于用户可配置资源仲裁的方法的示例。

具体实施方式

[0013] 图 1 举例说明了根据本公开内容的过程控制系统 100 的示例。图 1 所示的过程控制系统 100 的实施例仅仅是举例说明性的。在不脱离本公开内容的范围的情况下可以使用过程控制系统 100 的其他实施例。

[0014] 在这个示例实施例中，过程控制系统 100 包括一个或多个过程部件（process element）102a-102b。过程部件 102a-102b 表示在过程或生产系统中可执行多种功能中的任何功能的组件。例如，过程部件 102a-102b

可以表示用于制造化学制品或药品的设备。每个过程部件 102a-102b 都包括用于执行过程或生产系统中的一个或多个功能的任何硬件、软件、固件或其组合。

[0015] 两个控制器 104a-104b 与过程部件 102a-102b 耦合。控制器 104a-104b 控制过程部件 102a-102b 的运行。例如，控制器 104a-104b 可能能够提供控制信号到过程部件 102a-102b 以控制化学制品或药品的生产。每个控制器 104a-104b 包括用于控制一个或多个过程部件 102a-102b 的任何硬件、软件、固件或其组合。控制器 104a-104b 例如可以包括一个或多个处理器 105 以及一个或多个存储器 107，所述存储器 107 存储供（一个或多个）处理器 105 使用的数据和指令。作为特定示例，处理器 105 可包括运行 GREEN HILLS INTEGRITY 操作系统的 POWERPC 处理器系列中的处理器或者运行 MICROSOFT WINDOWS 操作系统的 X86 处理器系列中的处理器。

[0016] 两个服务器 106a-106b 与控制器 104a-104b 耦合。服务器 106a-106b 执行各种功能以支持对控制器 104a-104b 和过程部件 102a-102b 的操作和控制。例如，服务器 106a-106b 可以记录由控制器 104a-104b 收集或生成的信息，诸如与过程部件 102a-102b 的操作有关的状态信息。服务器 106a-106b 还可以执行控制控制器 104a-104b 的操作的应用，由此控制过程部件 102a-102b 的操作。此外，服务器 106a-106b 可以提供对控制器 104a-104b 的安全访问。每个服务器 106a-106b 包括用于提供对控制器 104a-104b 的访问或控制的任何硬件、软件、固件或其组合。每个服务器 106a-106b 例如可以包括一个或多个处理器 109 和一个或多个存储器 111，所述存储器 111 存储供（一个或多个）处理器 109 使用的数据和指令（诸如供服务器 106a-106b 执行的软件）。作为特定示例，处理器 109 可以包括运行 GREEN HILLS INTEGRITY 操作系统的 POWERPC 处理器系列中的处理器，或者运行 MICROSOFT WINDOWS 操作系统的 X86 处理器系列中的处理器。

[0017] 一个或多个操作者站 108a-108b 与服务器 106a-106b 耦合，一个或多个操作者站 108c 与控制器 104a-104b 耦合。操作者站 108a-108b 表示提供对服务器 106a-106b 的用户访问的计算或通信装置，它于是可以提供对控制器 104a-104b 和过程部件 102a-102b 的用户访问。操作者站 108c 表示提供对控制器 104a-104b 的直接用户访问的计算或通信装置。作为特

定示例，操作者站 108a-108c 可以允许用户通过使用由控制器 104a-104b 和/或服务器 106a-106b 收集的信息来查阅过程部件 102a-102b 的操作历史。操作者站 108a-108c 还可以允许用户调整过程部件 102a-102b、控制器 104a-104b 或服务器 106a-106b 的操作。每个操作者站 108a-108c 包括用于支持对系统 100 的控制和用户访问的硬件、软件、固件或其组合。每个操作者站 108a-108c 例如可以包括一个或多个过程器 113 和一个或多个存储器 115，所述存储器 115 存储供（一个或多个）处理器 113 使用的数据和指令（诸如供操作者站 108a-108c 执行的软件）。在特定实施例，操作者站 108a-108c 可以表示执行 MICROSOFT WINDOWS 操作系统的个人计算机。

[0018] 在该示例中，至少一个操作者站 108b 远离服务器 106a-106b。远程站通过网络 110 与服务器 106a-106b 耦合。网络 110 使系统 100 的各组件之间的通信便利。例如，网络 110 可以在网络地址之间传送网际协议（Internet Protocol, IP）分组、帧中继帧、异步传输模式（Asynchronous Transfer Mode, ATM）单元或其他合适的信息。网络 110 可以包括一个或多个局域网（local area networks, LAN）、城域网（metropolitan area networks, MAN）、广域网（wide area networks, WAN）、诸如因特网之类的全部或部分全球网、或位于一处或多个位置处的任何一个或多个其他通信系统。

[0019] 在该示例中，系统 100 包括两个附加服务器 112a-112b。服务器 112a-112b 执行各种应用以控制系统 100 的全部操作。例如，系统 100 可被用于过程或生产工厂或其他机构中，并且服务器 112a-112b 可以执行用于控制工厂或其他机构的应用。作为特定示例，服务器 112a-112b 可以执行诸如企业资源规划（enterprise resource planning, ERP）、制造执行系统（manufacturing execution system, MES）或任何其他或辅助工厂或过程控制应用之类的应用。每个服务器 112a-112b 包括用于控制系统 100 的全部操作的硬件、软件、固件或其组合。

[0020] 如图 1 所示，系统 100 包括支持在系统 100 的组件之间通信的各种冗余网络 114a-114b 和单个网络 116a-116c。这些网络 114a-114b、116a-116c 中的每一个表示便于系统 100 中的部件之间的通信的任何合适的网络或网络组合。网络 114a-114b、116a-116c 例如可以表示以太网。

[0021] 在操作的一个方面，过程控制系统 100 管理涉及共享资源（诸

如过程部件 102a-102b) 的一个或多个过程。作为特定示例, 控制器 104a-104b 和服务器 106a-106b 可以管理用于生产化学制品或药品的一个或多个过程。一个过程或多个过程中的多个任务在使用过程控制系统 100 中的特定资源中通常重叠。换句话说, 单个资源能够被使用于一个以上的过程或被使用于相同过程中的一个以上的任务。这导致资源的竞争使用, 其典型地要求由资源仲裁机制来仲裁对资源的使用。资源仲裁机制选择允许哪个过程或任务使用特定资源以及允许何时使用特定资源。通过使用资源仲裁机制, 过程控制系统 100 可以有助于确保过程和任务更有效或高效地使用过程部件 102a-102b 及其他资源。

[0022] 根据本公开内容, 提供了用户可配置资源仲裁机制。用户可配置资源仲裁机制可以允许用户组合用于控制处理或生产机构的策略与用户可配置资源仲裁策略。用户可配置资源仲裁机制可以是高度灵活的, 诸如通过允许该机制适于不同的控制系统和应用的各系统种和用户选项。用户可配置资源仲裁机制还可以是高度可缩放的 (scalable), 以及可提供从过程控制系统 100 中的许多操作的、设计的 (engineering) 和其他的故障中自动恢复。而且, 用户可配置资源仲裁机制可通过确保固定响应时间和专用故障率而被使用于硬和软实时环境。此外, 用户可配置资源仲裁机制还可被使用于分布式和非分布式控制系统中, 并且可能需要零增长设计精力以供分布式资源而非分布式资源使用。

[0023] 关于用户可配置资源仲裁机制的各种细节将在其余的附图中示出, 如下所述。用户可配置资源仲裁机制可以在过程控制系统 100 中的任何合适的一个或多个组件中实现或者由过程控制系统 100 中的任何合适的一个或多个组件支持, 所述组件诸如控制器 104a-104b、服务器 106a-106b 或操作者站 108a-108c。

[0024] 尽管图 1 举例说明了过程控制系统 100 的一个示例, 但可以对图 1 作出各种改变。例如, 控制系统可以包括任何数目的过程部件、控制器、服务器、操作者站和网络。过程控制系统 100 的组成和布置也仅仅是说明性的。根据特定需要, 组件可以被添加、省略、组合或放置在任何其他合适的配置。此外, 虽然被描述为用于生产化学制品或药品, 但过程控制系统 100 可以以任何其他合适的方式被使用。此外, 图 1 举例说明了其中能够使用用户可配置资源仲裁的一个操作环境。用户可配置资源仲裁机制可被使用于任何其他合适的装置或系统。

[0025] 图 2A 至 10 举例说明了根据本公开内容的过程控制系统中的示例用户可配置资源仲裁机制。图 2A 至 10 中所示的用户可配置资源仲裁机制的细节仅仅是举例说明性的。用户可配置资源仲裁机制的特定实现方式可以不同于图 2A 至 10 中所示的那些。此外,为便于解释,用户可配置资源仲裁机制被描述成被使用于图 1 的过程控制系统 100。用户可配置资源仲裁机制可被用于任何其他合适的装置或系统。

[0026] 图 2A 和 2B 举例说明了过程控制系统中的示例资源仲裁。如图 2A 所示,多个请求者 202a-202n 可以试图获取和使用资源 204。在一些实施例中,请求者 202a - 202n 是过程控制系统 100 中具有获取和释放一个或多个资源 204 的能力的对象。请求者 202a-202n 例如可以表示需要使用资源 204 来生产产品的过程或其各部分(诸如子过程或任务)。请求者 202a-202n 的数目可以被表示为 n 。

[0027] 资源 204 是表示具有被请求者 202a-202n 获取和释放的能力的过程部件或其他现实世界资源的对象。资源 204 还可以具有解决或仲裁超出资源 204 容量的并发的(concurrent)获取请求之间的冲突的能力。例如,如果由比允许情况更多的请求者试图获取资源 204,那么这就可能发生。能够并发地获取和使用资源 204 的请求者 202a-202n 的数目可以由 m 表示(其中 $m \geq 1$)。如图 2B 所示,如果资源 204 能够具有单个拥有者,那么资源 204 可以包括用于存储常量和变量的存储器空间或者与该存储器空间相关联,其中所述常量和变量由资源 204 的单个拥有者使用或者以资源 204 的单个拥有者的名义被使用。如果资源 204 能够具有多个拥有者,那么资源 204 可以包括用于存储常量的存储器空间和用于存储变量的单独的存储器空间或者与上述存储器空间相关联,其中所述常量和变量由资源 204 的每个可能的拥有者使用或者以资源 204 的每个可能的拥有者的名义被使用。

[0028] 任选地,队列 206 能够被提供,用来存储来自请求者 202a-202n 的、超出资源 204 的容量的获取请求。队列 206 可以是用于容纳未满足获取请求的任何合适的结构,诸如先进先出(first-in, first-out, FIFO)队列或按优先次序(prioritized)队列。按优先次序队列可以根据与请求者 202a-202n 相关联的优先权运行,其中请求者 202a-202n 中的至少两个具有不同的优先权。队列 206 的大小可以被表示为 g 。

[0029] 在一些实施例中,资源 204 可以被分类为不同的种类。例如,

资源 204 可以根据能够并发地使用资源 204 的请求者 202a-202n 的数目和根据队列 206 的存在或类型来予以分类。例如，资源 204 可以表示“独占使用”共享资源，其每次仅能由一个请求者 202a-202n 获取并使用（典型地不提供队列 206）。作为另一示例，资源 204 可以是“非独占使用”共享资源，其能够同时由多个请求者 202a-202n 获取并使用（典型地 $m < n$ 并且不提供队列 206）。此外，资源 204 可以是具有优先队列 206 的“按优先次序的非独占使用”共享资源（典型地高达 m 个请求者能够使用资源 204 并且高达 q 个请求者能够根据优先权来加以排队）。其他或另外类别的资源 204 也可以被使用。

[0030] 对于“独占使用”资源 204 而言，资源 204 可以具有拥有者参数、请求参数和释放参数。拥有者参数标识已经获取资源 204 的请求者。请求参数由请求者使用，用来表明请求者希望获取资源 204。释放参数由请求者使用，用来表明请求者希望释放资源 204（只有当请求者拥有资源 204 时所述释放参数才是有效的）。需要资源 204 的请求者可以重复地试图获取资源 204，直到资源 204 被获取或者发生超时或其他情况为止。当资源 204 被获取到时，请求者将其标识符写入资源 204 的拥有者参数。资源 204 仅被那个请求者使用，直到该请求者（或用户或维护或其他工具）将“无（none）”值或类似值写入到资源 204 的拥有者参数中。在那个点，资源 204 被释放并可随意由另一资源获取。

[0031] 对于“非独占使用”共享资源 204 而言，资源 204 可以具有拥有者参数、请求参数、释放参数和可用参数。拥有者参数标识已经获取了资源 204 的高达 m 个请求者。可用参数表明资源 204 是否能够被至少一个其他请求者获取，诸如布尔参数，如果 $m < n$ 则被设置为真（可用的）以及如果 $m = n$ 则被设置为假（不可用的）。

[0032] 对于“按优先次序的非独占使用”共享资源 204 而言，高达 m 个请求者能够并发地获取并使用资源 204，高达 q 个其它请求者能够把它们获取请求放在在队列 206 中排队。资源 204 可以具有拥有者参数、请求参数、释放参数、可用参数和按优先次序队列（队列 206），所述按优先次序队列具有 g 个用于标识请求者及其相关联的优先权的条目。新的获取请求可以被插入到队列 206 中，在具有相同优先权的最后条目之后，所有的具有较低优先权的条目后退一个位置。如果 $m+q \geq n$ ，那么没有请求者被强迫去重新请求资源 204。如果 $m+q < n$ ，那么最后的 $n-(m+q)$ 个请求者

或许必须重新请求资源 204 直到它们的请求被加入到队列 206 为止。此外，在队列 206 中添加具有较高优先权的请求，有可能把队列 206 的最后条目中的获取请求挤出。在等待资源 204 时，提交该获取请求的请求者可以执行定期再请求，其可以将请求者最终安插回队列 206 中。

[0033] 在一些实施例中，请求者 202a-202n 和资源 204 表示在控制执行环境（control execution environment, “CEE”）中的对象。在申请号为 11/175,848、名称为“DETERMINISTIC RUNTIME EXECUTION ENVIRONMENT AND METHOD”的美国专利申请中公开了示例控制执行环境，该申请在此引入以供参考。在特定实施例中，每个请求者 202a-202n 包括特定类（class）的对象（诸如 clsRequester 类），每个资源 204 包括不同类的对象（诸如 clsResource 类）。类 clsRequester 和 clsResource 可以源自于相同的全局类（诸如 clsGlobalRoot 类），以便简化获取和存储代码或其他代码的实施。

[0034] 过程控制系统 100 中支持的用户可配置资源仲裁机制可以允许请求者 202a-202n 以顺应用户的仲裁策略的方式来获取和释放资源 204。例如，用户可以规定上述策略中的哪种（独占使用、非独占使用、按优先次序的非独占使用或其它）被使用于特定资源 204。用户还可以规定请求者 202a-202n 和资源 204 的参数，诸如请求者的优先权或资源的队列大小。以这种方法，用户能够控制在过程控制系统 100 中是否出现资源仲裁以及怎样出现资源仲裁。

[0035] 在一些实施例中，当请求者已经试图获取资源 204 并被加入到队列 206 中时，请求者可以进入 ACQUIRING（获取中）状态。在 ACQUIRING 状态中的请求者可以定期性地或重复地检查它的获取请求的状态。为了平衡网络负载，中央处理单元（central processing unit, CPU）使用和响应时间能够用于确定每隔多久重复状态请求。例如，通常请求以较低的频率被重复（具有较慢的背景（background）周期）。如果资源 204 的状态从“不可用”变为“可用”或者请求者的优先权已经改变，那么请求可以立刻重复。在特定实施例中，在状态处理之后确定是否重新请求资源 204，这有助于确保状态处理不会将请求者移动出 ACQUIRING 状态之外。此外，背景周期可以或者未必是用户可调节的。如果不是用户可调节的，那么背景周期例如可以表示代码中的调谐因子（tuning factor）。一个可能的固定背景周期可以等于准予执行功能块的时间量的二十倍。作为这一点

的结果，不定数目的请求者能够用有限大小的队列 206 来加以管理，或甚至在没有队列 206 的情况下来加以管理。队列的大小未必影响获取资源 204 的能力或者影响请求者侧的任何配置的能力。队列 206 在恢复情况中可能有帮助并且使系统的行为对操作者站的用户更透明。

[0036] 在特定实施例中，如果请求者在拥有该资源 204 时或者排在那个资源 204 的队列 206 中时试图获取资源 204，那么什么都不会发生（相当于“无操作”）。类似地，如果请求者在没有拥有资源 204 时试图释放资源 204，那么什么都不会发生。请求者可以多次请求相同的资源 204 但仅能释放它一次，或者请求者可以请求一次资源 204 而释放它多次。这与传统的信号机（semaphore）不同，其中请求的次数必须与释放的次数匹配。如果在请求者仍被列在队列 206 中时来自请求者的具有不同优先权的请求被重复，那么现存请求的优先权可以被更新并且队列 206 被重排（resorted）。

[0037] 图 3 举例说明了支持用户可配置资源仲裁机制的示例功能块。在一些实施例中，过程控制系统 100 支持功能块的使用。功能块是执行具体任务的可执行软件对象。用户（诸如控制或过程工程师）可以选择并链接图形工具中的特定功能块以定义控制过程。一个或多个控制器 104a-104b 然后能够使用选择的功能块来实施定义的控制过程。

[0038] 在这些实施例中，请求者 202a-202n 和资源 204 能够通过利用功能块来予以实现。例如，如图 3 所示，请求者功能块 302 表示请求者，资源功能块 304 表示资源。用户能够创建各种功能块 302-304 以及定义功能块 302-304 的参数（诸如上述讨论的参数）和那些功能块 302-304 的输入与输出。用户还可以添加、修改或删除功能块 302-304 的参数、输入和输出。以这种方法，用户可以创建表示各种请求者和资源的功能块 302-304。

[0039] 对于请求者功能块 302 而言，说明参数（description parameter）（DESC）提供了功能块 302 的文本描述符，资源参数（RESOURCE）标识了由请求者功能块 302 获取的当前资源（如果有的话）。重试参数（RETRIES）标识在发生超时或其他错误以前请求者功能块 302 试图获取资源的次数。间隔参数（RETRYINTERVAL）标识在试图执行资源获取之间的周期。然而，在特定实施例中，请求者功能块 302 可以自动地抑制重复仲裁请求，直到获取资源的概率大于零为止，这有助于避免过程控制系

统 100 中的无效业务。优先权参数 (PRIORITY) 标识请求者的优先权。此外, 请求者功能块 302 可以包括请求和释放输入 (REQIN 和 RELIN) 以及请求、释放和“取得资源 (got resource)”输出 (REQOUT, RELOUT 和 GOTRESOURCE)。“取得资源”输出可被用来表明请求者功能块 302 是否已经成功地获取资源。如果需要, 请求者功能块 302 的各参数能够被省略, 根据用户的特定需要, 请求者功能块 302 的各输入和输出能够被激活或无效。

[0040] 对于资源功能块 304 而言, 说明参数 (DESC) 提供对功能块 304 的文本描述符, 资源参数 (RESOURCE) 标识由功能块 304 所表示的资源名称。最大值拥有者参数 (MAXOWNERS) 定义在任何给定时间能够获取并使用资源的请求者的最大数目。大小参数 (QUEUESIZE) 标识与资源 204 相关联的队列 206 中的条目的数目 (如果有的话)。优先权参数 (PRIORITY) 标识资源的优先权。此外, 资源功能块 304 能够包括请求和释放输入 (REQ 和 REL) 以及可用的输出 (AVAILABLE)。

[0041] 一旦定义, 请求者功能块 302 能够获取和释放资源功能块 304。请求者功能块 302 可以以独立的方式使用, 或者从其他功能块被调用或被用于其他功能块, 所述其他功能块诸如功能块 306。图 4 显示了功能块 306 的一个示例。在该示例中, 功能块 306 包括步骤 402 和转移 (transition) 404, 其调用请求者功能块 302 的资源获取功能, 从而允许功能块 306 获取资源。功能块 306 还包括步骤 406 和转移 408, 其调用功能块 302 的资源释放功能, 从而允许功能块 306 释放资源。步骤 402 和 406 表示由功能块 306 执行的诸如促使请求者功能块 302 输出特定值之类的功能。转移 404 和 408 验证在前进至下一步骤以前是否已经满足一个或多个条件。每个步骤 402 和 406 都与步骤定义部分 410 相关联, 所述步骤定义部分 410 允许用户定义在步骤期间执行的 (一个或多个) 功能。每个转移 404 和 408 都与转移定义部分 412 相关联, 所述转移定义部分 412 允许用户在前进至下一步骤以前定义要满足的 (一个或多个) 条件。

[0042] 通过定义适合的步骤和转移或另外通过结合请求者功能块 302 的功能, 功能块 306 能够根据需要获取和释放资源。此外, 多个功能块 306 可以调用请求者功能块 302, 所述请求者功能块 302 允许不同的过程或子过程获取并使用资源。

[0043] 如图 3 所示, 资源功能块 304 与功能块 308 相关联。功能块

308 标识诸如过程部件之类的实际的现实世界资源。功能块 308 能够由用户定义来标识过程控制系统 100 中的特定资源，以及定义资源的各种特性（诸如资源能够运行的状态的数量）。资源功能块 304 能够与功能块 308 相关联，以便易于获取和解除由功能块 308 所表示的资源。

[0044] 通过控制功能块 302 的定义，用户能够控制请求者如何试图获取和释过程控制系统 100 中的资源。通过控制功能块 304 的定义，用户能够控制过程控制系统 100 中的资源如何处理来自试图获取资源的请求者的获取和释放请求。请求者功能块 302 然后能够被使用来获取和释放资源功能块 304 以支持过程控制系统 100 中的过程。

[0045] 在特定实施例中，请求者功能块 302 能够在任何时候查询资源功能块 304，无论请求者功能块 302 是否拥有资源功能块 304。例如，请求者功能块 302 可以在任何时候查询其是否能够获取资源功能块 304，而无需实际上获取或试图获取资源功能块 304。此外，如果请求者功能块 302 试图获取其已经拥有的资源功能块 304 或者试图释放其已经释放的功能块 304，那么将不会发生任何变化。此外，如果请求者功能块 302 已经获取资源功能块 304，那么资源功能块 304 未必被从请求者功能块 302 强制剥夺（除非由用户或维护或其他工具，诸如释放由终止的请求者功能块 302 所拥有的资源功能块 304 的工具）。

[0046] 此外，各种死锁预防策略可被使用来防止请求者功能块 302 以阻止每个请求者功能块 302 完成其操作的方式来获取资源功能块 304。例如，请求者功能块 302 可以被要求在开始执行以前获取全部必要的资源功能块 304。此外，请求者功能块 302 可以被阻止获取具有低优先权的资源功能块 304，或当这发生时请求者功能块 302 可以提供警告。此外，分配给请求者功能块 302 的优先权可用于控制获取和释放资源功能块 304。

[0047] 在特定实施例中，在请求者功能块 302 和资源功能块 304 之间配置一个或多个连接，并且所述一个或多个连接可被用于在功能块 302 和 304 之间传输请求和释放信息。连接例如可以表示由请求者功能块 302 最初创建的推进连接（push connection）。还可以创建从资源功能块 304 回到请求者功能块 302 的隐藏（hidden）连接，所述隐藏连接供资源功能块 304 使用以标识资源功能块 304 的所有潜在用户。如果跨单个网络分配请求者功能块 302 和资源功能块 304，那么它们可以使用诸如对等通信之类的任何合适的技术来进行通信，所述对等通信涉及两个结构连接（每种方

式一个)。如果跨多个网络分配请求者功能块 302 和资源功能块 304 被,那么请求者功能块 302 可以作为到资源功能块 304 的代理,其中特定请求者功能块 302 -资源功能块 304 对,允许特定用户获取特定的资源功能块 304。

[0048] 图 5 举例说明了请求者功能块 302 和资源功能块 304 如何可用于支持过程控制系统 100 中的生产过程的示例。如图 3 所示,请求者功能块 302 和资源功能块 304 可以被实现为独立的功能块实现。如图 5 所示,请求者功能块 302 和资源功能块 304 还可以作为参数被并到单元控制模块 (unit control modules, UCM) 502、配方控制模块 (recipe control modules, RCM) 504、顺序控制模块 (sequential control modules, SCM) 506 或控制模块 (control modules, CM) 508 中。在一些实施例中,单元控制模块 502、配方控制模块 504、顺序控制模块 506 以及控制模块 508 还可以分布在过程控制系统 100 中的多个组件,诸如控制器 104a-104b。在特定实施例中,可以提供选项,用来防止各个控制模块定义请求者功能块 302 或资源功能块 304,这可以减小那些控制模块所需的存储器。

[0049] 单元控制模块 502 通常表示处理设备 510,其中在获取单元控制模块 502 之后开始使用处理设备 510。配方控制模块 504 表示规定具体产品的生产需求的信息,其中执行配方控制模块 504 可能导致生产出单批产品。配方控制模块 504 可以包括头标 (header)、过程 (procedure)、公式 (formula) 以及任何设备需求。配方控制模块 504 中的过程被由阶段 (phase) 功能块 512 所表示的一组阶段来定义。配方控制模块 504 的每个阶段与顺序控制模块 506 相关联,所述顺序控制模块 506 与一个或多个控制模块 508 交互以实现配方控制模块 504 的一个阶段。控制模块 508 提供对实际处理设备 510 的访问和控制。

[0050] 配方控制模块 504 通过它的阶段操纵顺序控制模块 506,其中所述阶段控制顺序控制模块 506,监视顺序控制模块 506 的执行状态,以及任选地把执行状态传送到配方控制模块 504。顺序控制模块 506 可以通过阶段监视它们的母体 (parent) 配方控制模块的状态,并且当配方控制模块 504 进入异常状态时采取合适的动作。在特定实施例中,各控制模块 504-508 可以按国际电气技术委员会 (International Electrotechnical Commission, IEC) 61131 标准或专利号为 No.6,317,638 的美国专利 (二者在此引入以供参考) 中所定义的方式操作。

[0051] 当配方控制模块 504 被创建时,其被分配给具体单元控制模块 502,当执行配方控制模块 504 时获取单元控制模块 502 以及当配方控制模块 504 达到终结 (terminal) 状态时释放单元控制模块 502。当配方控制模块 504 被创建时能够定义各种参数。这些可以包括对用于执行控制的顺序控制模块 506 的引用 (reference),当阶段开始时要分配的资源名称,以及用来表明在顺序控制模块 506 的执行结束时是否将释放获取的资源的标记 (flag)。作为默认,资源名称可以是以所选择的顺序控制模块的名称为基础的。如果没有选择的顺序控制模块 506,那么阶段能够被用于资源管理目的。一旦处于终结状态,则取决于配置标记,可以或未必释放由配方控制模块 504 获取的所有资源。

[0052] 在图 5 中,通过把一个或多个请求者功能块 302 和/或资源功能块 304 并到各控制模块中,特定控制模块能够用作请求者并且获取它要完成所需要的资源。例如,单元控制模块 502、顺序控制模块 506 以及控制模块 508 可以表示能够在多个请求者之间共享的公共资源 (诸如多个配方控制模块 504)。作为特定示例,配方控制模块 504 通常需要获取单元控制模块 502 以执行它的过程。配方控制模块 504 可以包括请求者功能块 302,以及单元控制模块 502 可以包括资源功能块 304。这将允许配方控制模块 504 获取和释放单元控制模块 502。作为另一特定示例,将资源功能块 304 并到顺序控制模块 506 中并且控制模块 508 将允许配方控制模块 504 获取它所需要的顺序控制模块 506 和控制模块 508 以实现产品的生产。

[0053] 单元控制模块 502 中的有效控制配方指针 514 标识当前正被执行的配方控制模块 504 (当前拥有单元控制模块 502 的配方控制模块 504)。仲裁队列 516 标识指定数目的、等待被单元控制模块 502 执行的配方控制模块 504 (等待获取单元控制模块 502 的一个或多个配方控制模块 504)。当当前配方控制模块 504 释放单元控制模块 502 时,单元控制模块 502 能够利用由单元控制模块 502 支持的或由用户定义的任何合适的仲裁技术 (诸如 FIFO),从队列 516 中选择下一个配方控制模块 504。在特定实施例中,有效控制配方指针 514 和仲裁队列 516 存储配方控制模块 504 的标记名称 (tagname) 或其他标识符。类似地,顺序控制模块 506 可以包括仲裁队列 518。等待获取顺序控制模块 506 的一个或多个阶段可以在仲裁队列 518 中被标识,并且所述阶段能够以任何合适的次序 (诸如 FIFO 之类) 从队列 518 中被取回。

[0054] 表 1 标识在图 5 中可以结合或使用请求者和资源功能块 302-304 的部件, 以及在特定实施例中那些部件可以结合或使用的请求者和资源功能块 302-304 的数目。

	<u>RCM</u>	<u>UCM</u>	<u>SCM</u>	<u>CM</u>	<u>阶段功能块</u>
请求者	$> = 0$	0	0 或 1	1	1
资源	0 或 1	$> = 0$	0 或 1	0 或 1	0

表 1

如果请求者功能块 302 包含于阶段功能块 512 中, 那么请求者功能块 302 可以使用与阶段的配方控制模块 504 相关联的标识符以请求资源 (诸如顺序控制模块 506)。这意味着配方控制模块 504 的标识符将出现在顺序控制模块 506 的仲裁队列 518 中。阶段功能块 512 典型地使用请求者功能块 302 来获取顺序控制模块 506 和控制模块 508。如果请求者功能块 302 包含于配方控制模块 504 中, 那么请求者功能块 302 可以使用与配方控制模块 504 相关联的标识符来请求资源。这意味着配方控制模块 504 的标识符将出现在单元控制模块 502 的仲裁队列 516 中。配方控制模块 504 典型地使用请求者功能块 302 来获取单元控制模块 502。此外, 请求者功能块 302 可以使用其自己的标识符来获取任何合适的资源。标识符可以表示任何合适的值, 诸如允许在过程控制系统 100 中的聚簇 (cluster) 内唯一标识的 INT32 值。

[0055] 在一些实施例中, 在单元控制模块 502 和配方控制模块 504 之间可以使用四种连接。表 2 标识这些连接。

<u>连接名称</u>	<u>连接类型</u>	<u>拥有者</u>	<u>连接主动侧的参数名称</u>	<u>连接被动侧的参数名称</u>	<u>创建时间</u>	<u>绑定 (binding) 时间</u>
仲裁请求	存储	RCM	CMDREQOUT(RCM)	CMDREQIN(UCM)	加载时间	加载时间
仲裁状态	取 (get)	RCM	OWNERS(RCM)	OWNERS(UCM)	加载时间	加载时间
RCM 监视资源	取	UCM	RCMMonitorSrc(UCM)	RCMMonitor(RCM)	运行时间	运行时间

			M)	M)		
RCM 命令	存储	UCM	RCMCommand(UCM)	Command(UCM)	运行时间	运行时间

表 2

仲裁请求连接表示配方控制模块 504 所拥有和使用以发送仲裁请求到与其相关联的单元控制模块 502 的存储连接。仲裁状态连接表示配方控制模块 504 所拥有和使用以从单元控制模块 502 读取仲裁状态的取连接。这两个连接可以在加载时间或运行时间被创建和绑定。在特定实施例中，配方控制模块 504 与固定单元控制模块 502 相关联，并且该关系在配置时间被确定，因此当加载配方控制模块 504 时创建和绑定这些连接是可能的。

[0056] 在特定实施例中，配方控制模块 504 能够针对单元控制模块 502 和顺序控制模块 506 进行仲裁。顺序控制模块 506 还能够针对控制模块 508 进行仲裁。

[0057] 对“独占使用”单元控制模块 502 而言，仅一个配方控制模块 504 能够在任何给定时间获取和使用单元控制模块 502。在一些实施例中，配方控制模块 504 能够获取仅一个具体单元控制模块 502。多于一个配方控制模块 504 可以请求相同的单元控制模块 502，但是每次仅一个能够获取并使用单元控制模块 502。当前拥有单元控制模块 502 的配方控制模块 504 可以被有效控制配方指针 514 所标识，已经请求单元控制模块 502 的一个或多个配方控制模块 504 在仲裁队列 516 中被标识。

[0058] 为了获取单元控制模块 502，配方控制模块 504 可以发送仲裁请求到单元控制模块 502。所述请求可以包括配方控制模块 504 的批 (batch) 标识符和标记名称。批标识符标识供过程生产或使用的一批材料或者在过程期间生产或使用的一批(一个或多个)材料。配方控制模块 504 可以定期性地查询单元控制模块 502 以获取仲裁请求的状态。

[0059] 当单元控制模块 502 接收来自配方控制模块 504 的仲裁请求时，单元控制模块 502 将仲裁请求安置在有效控制配方指针 514 或者仲裁队列 516 中。如果被安置在仲裁队列 516 中，那么配方控制模块 504 的标记名称可以被放置在仲裁队列 516 的适合位置 (slot)，并且 ACQUIRING 状态被返回到配方控制模块 504 中。当各配方控制模块 502 获取和释放单

元控制模块 502 时, 标记名称可以从仲裁队列 516 中被取回并被安置在有效控制配方指针 514 中。

[0060] 当单元控制模块 502 被配方控制模块 504 获取时, 单元控制模块 502 监视配方控制模块 504 并标识配方控制模块 504 的状态、模式和有效步骤。在特定实施例中, 单元控制模块 502 可以在每个执行周期获取配方控制模块 504 的状态、模式和有效步骤。

[0061] 当当前配方控制模块 504 的执行完成时, 配方控制模块 504 可以生成用于单元控制模块 502 的 RELEASE RESOURCE(释放资源)请求。当单元控制模块 502 接收到请求时, 单元控制模块 502 从有效控制配方指针 514 中去除配方控制模块 504 并将配方控制模块 504 返回到 NONE(无)状态。同时, 单元控制模块 502 可以在仲裁队列 516 顶端取得配方控制模块 504 并将其安置在有效控制配方指针 514 中。单元控制模块 502 还诸如通过发送 OK 状态到配方控制模块 504 来通知刚被置于有效控制配方指针 514 中的该配方控制模块 504: 其已经获取了单元控制模块 502。单元控制模块 502 还可以将仲裁队列 516 中的任何剩余配方控制模块 504 向上移动一个位置。

[0062] 当配方控制模块 504 处于 ACQUIRING 状态(被列在仲裁队列 516 中)时, 操作者或程序能够取消仲裁请求。例如, 单元控制模块 502 可以包括名为 CANCELREQ 的参数。操作者或程序能够将配方控制模块 504 的标记名称存储在 CANCELREQ 参数中, 其请求单元控制模块 502 从仲裁队列 516 中去除所标识的配方控制模块 504。操作者还能够使用与单元控制模块 502 相关联的图形用户界面取消来自仲裁队列 516 的仲裁请求, 图 8 中显示了上述示例, 如下所述。这还导致所选择的配方控制模块 504 在 CANCELREQ 参数中被标识。单元控制模块 502 可以定期性地检查 CANCELREQ 参数, 从 CANCELREQ 参数中取得任何配方控制模块 504 标记名称, 并在仲裁队列 516 中对其进行匹配。如果单元控制模块 502 查找到匹配, 那么单元控制模块 502 可以从队列 516 中去除配方控制模块 504 并向该配方控制模块 504 返回 NONE 状态。在特定实施例中, 如果配方控制模块 504 已经获取了单元控制模块 502 并且正在运行, 那么操作者或程序也许不能取消仲裁请求(在这种情况下取消可能需要其他工具)。

[0063] 对于“独占使用”顺序控制模块 506 而言, 配方控制模块 504 能够获取顺序控制模块 506。在一些实施例中, 阶段只能获取与那个阶段相

链接的顺序控制模块 506（诸如由阶段中的“SCM 指示”所指定的顺序控制模块 506）。如果顺序控制模块 506 是共享资源（其可以由具有适合选项的单元控制模块 502 指定，所述适合选项被设置成“独占使用公用”），那么一个以上阶段可以请求单个顺序控制模块 506，但每次只有一个阶段能够获取和使用顺序控制模块 506。当前拥有顺序控制模块 506 的阶段被称为“有效阶段”，其可以由顺序控制模块 506 中的 APHASE 参数标识。类似于单元控制模块 502，顺序控制模块 506 管理仲裁队列 518，所述仲裁队列 518 标识在队列中正在等待获取顺序控制模块 506 的一个或多个阶段。

[0064] 顺序控制模块 506 可以以与单元控制模块 502 相同或类似的方式来处理仲裁请求。此外，在由顺序控制模块 506 接收的仲裁请求中，阶段可能标识与阶段的母体配方控制模块 504 相关联的单元控制模块 502。这允许顺序控制模块 506 与单元控制模块 502 连接。当阶段获取顺序控制模块 506 时，顺序控制模块 506 将阶段的母体单元控制模块 502 安置在 UCMNAME 参数中，并进行到单元控制模块 502 的连接。在运行时，顺序控制模块 506 从单元控制模块 502 取出获取阶段的配方控制模块 504 的状态。

[0065] 仲裁队列 518 可以具有队列 518 中每个仲裁请求的状态字段。在一些实施例中，队列 518 中的所有请求都能够被监控，每个请求的状态能够被更新。例如，如果请求者（诸如配方控制模块 504）和顺序控制模块 506 是分布式的（诸如在不同的控制器中）并且具有配方控制模块 504 的控制器被停机，那么在配方控制模块 504 和顺序控制模块 506 之间的通信将失败或断线。如果顺序控制模块 506 没有从配方控制模块 504 接收到任何通信（例如在指定时间内），那么来自配方控制模块 504 的仲裁请求的状态可以被设置为“差”，并且资源将不会被分配给该请求。如果通信稍后重新开始，那么请求的状态可以被设置为“好（OK）”，并且请求也被处理。

[0066] 对于专用顺序控制模块 506（就是仅供一个配方控制模块 504 使用的模块）而言，配方控制模块 504 可以在控制它以前获取顺序控制模块 506，即使顺序控制模块 506 被专用于那个配方控制模块 504 也是如此。同共享顺序控制模块 506 一样，多个阶段可以试图获取相同的专用顺序控制模块 506（例如当并行阶段执行时这可能会发生），但是每次仅一个阶段能够获取和使用顺序控制模块 506。当前拥有顺序控制模块 506 的阶段

在顺序控制模块 506 的 APHASE 参数中被标识。专用顺序控制模块 506 还可以管理仲裁队列 518，所述仲裁队列 518 标识正在等待顺序控制模块 506 的一个或多个阶段。

[0067] 在特定实施例中，如果顺序控制模块 506 需要不同网络中的资源（诸如经由对等体基于网络），那么在顺序控制模块 506 和资源之间可以使用两三个布尔连接。这些可以包括用于获取请求的连接，用于释放请求的连接以及用于 GotResource 信号的连接。再者，如果一个网络中的配方控制模块 504 需要不同网络中的顺序控制模块 506，那么配方控制模块 504 中的阶段功能块 512 也许不能直接控制顺序控制模块 506。而是，在相同的网络中可以提供代理顺序控制模块 506 以作为阶段功能块 512。阶段功能块 512 可以控制代理顺序控制模块 506，并且代理顺序控制模块 506 可以控制其它网络中的顺序控制模块 506。此外，配方控制模块 504 可以包括请求者功能块 302 阵列，其中阵列的大小等于配方控制模块 504 所需资源的最大数目。如果配方控制模块 504 的多个阶段需要相同的顺序控制模块 506，那么单个请求者可以在该阵列中被使用。阶段功能块 512 可以只用名称来指定需要的资源，并且配方控制模块 504 使用适合的请求者来请求或释放资源。多个阶段功能块 512 可以命令或者另外使用相同的顺序控制模块 506。

[0068] 在一些实施例中，在配方控制模块 504 中的阶段完成以前，资源（诸如顺序控制模块 506）可能或未必被要求到达终结状态（诸如完成、终止或终结停止状态）。例如，表 3 举例说明了资源和配方控制模块 504 的不同的可能配置或操作。

在使用后释放资源	等待终结状态	备注
否	否	资源继续运行且保持被阶段获取
否	是	资源被阶段再用
是	否	资源继续运行且被阶段释放
是	是	资源不再运行且在阶段完成时被阶段释放

表 3

在特定实施例中，在完成时，阶段报告诸如与它使用的资源相关的参数之类的各历史参数。如果在阶段完成以前资源不需要到达终结状态，则报告历史参数可以被跳过，或者只要 SCM 起动命令一发布就可以报告历

史参数。

[0069] 表 4 举例说明了在过程控制系统 100 中可能的资源仲裁方案 (scenario)。

请求者	资源	备注
包括具有嵌入式请求者的阶段块的 RCM	包括嵌入式资源的 SCM	阶段步骤获取并使用 5 SCM
包括具有嵌入式请求者的阶段块的 RCM	包括嵌入式资源的 CM	阶段步骤 (不执行 SCM, 但存储参数到其他目的地) 获取 CM 10
包括具有嵌入式请求者的阶段块的 RCM	包括嵌入式资源的 CM	
包括请求者功能块的 CM	包括嵌入式资源的 CM	允许 CM 执行 CM 资源仲裁 (以便开发和测试) 15
包括请求者功能块的 SCM	包括嵌入式资源的 CM	可能需要用于 SCM 的 CM 功能 (可以使用容器 (containment))
具有引用请求者功能块的步骤的 SCM	包括嵌入式资源的 CM	允许 SCM 进行 CM 资源仲裁 20
包括嵌入式请求者的 RCM	包括嵌入式资源的 UCM	单元获取
包括嵌入式请求者的 RCM	包括嵌入式资源的 RCM	配方嵌套 (nesting)

25

表 4

表 5 举例说明了涉及在配方控制模块 504 中的阶段功能块的可能的资源获取方案。

方案	获取资源	执行	在阶段结束释放资源
典型阶段	SCM	SCM	是
空阶段	无	无	N/A
分配 SCM	SCM	无	否

分配其他	CM	无	否
康蒂-阶段 (Conti - phase)	SCM	SCM	否
已分配	无	SCM	是或否
释放	CM/SCM	无	是

表 5

表 6 举例说明了阶段功能块的职能权限 (functional power)，其是由它的主要子功能的自由 (free) 和主要独立的组合产生的。

名称	在执行 前获取 资源	执行资 源	等待终 结状态	在执行 后释放 资源	备注
无	否	否	否	否	空步骤
无	x	x	x	是	错误 (不可能)
无	否	否	是	否	信息 (被忽略)
无	x	是	x	x	错误 (不可能)
无	是	x	x	x	错误 (不可能)
SCM/ RCM	否	否	否	否	信息 (设备被忽略)
SCM/ RCM	否	是	x	x	警告 (配方可能阻塞) ; 暗示: 获取=是 可避免此
SCM/ RCM	否	否	是	x	信息 (配方可能阻塞)
SCM/ RCM	是	否	否	否	OK, 仅获取资源
SCM/ RCM	否	否	否	是	OK, 仅释放资源
SCM/ RCM	是	否	否	是	警告 (SCM 被配置但未执行)

SCM/ RCM	是	否	是	x	信息(配方可能阻塞)
SCM/ RCM	是	是	否	否	OK, 放任运行并获取
SCM/ RCM	是	是	否	是	OK, 在释放后放任运行
SCM/ RCM	是	是	是	否	OK, 保持获取
SCM/ RCM	是	是	是	是	缺省, 通用目的 SCM 控制和执行; 配方嵌 套
UCM	是	否	否	x	OK, 获取
UCM	x	否	否	是	OK, 释放
UCM	x	是	x	x	错误(不可能)
UCM	x	x	是	x	信息(将被忽略)
CM.Re sFB	是	否	否	x	OK, 获取
CM.Re sFB	x	否	否	是	OK, 释放
CM.Re sFB	x	是	x	x	错误(不可能)
CM.Re sFB	x	x	是	x	信息(将被忽略)

表 6

这里, 表项中“x”值意指处于该项中的值是什么都无所谓, 并且值“CM.ResFB”指的是结合了资源功能块 304 的控制模块 508。此外, 如果多个线路申请, 那么具有最差状态的线路可以优先。

[0070] 上述说明已经描述了几种能被用于各种请求者和资源的资源仲裁技术, 所述请求者和资源被并到图 5 中的控制模块 502-508。这仅仅用于举例说明和解释。其他或另外的资源仲裁技术也能被用于各种请求者和资源, 所述请求者和资源被并到图 5 中的控制模块 502-508。

[0071] 图 6A 至 6C 举例说明了用于获取和释放资源(诸如由配方控

制模块 504 使用的资源)的不同的模型。这些模型仅仅用于举例说明。用于获取和释放资源的其他模型也可以被使用。

[0072] 如图 6A 所示, 配方控制模块 504 可以处于非活动 (inactive) 状态直到被用户或程序激活。配方控制模块 504 可以直接进入检查状态 (Checking state) 或在被验证为处在验证状态之后进入检查状态。检查状态实现任何用户定义的动作。这些用户定义的动作被执行以便在配方控制模块 504 被执行以前满足任何用户需求。用户定义的动作的示例可以在专利号为 No. 6,317,638 的美国专利中找到, 并可以包括资源获取功能。

[0073] 在检查状态之后, 配方控制模块 504 可以进入空闲状态。一旦处于空闲状态, 配方控制模块 504 就等待来自用户或程序的“开始”命令。一旦接收到, 那么配方控制模块 504 就进入运行状态, 其中配方控制模块 504 试图执行并完成其阶段, 并且可能获取和释放资源。在此之后, 配方控制模块 504 进入完成状态, 其中配方控制模块 504 可以保持直到由用户或程序复位。在那时, 配方控制模块 504 返回到检查状态。

[0074] 图 6B 和 6C 举例说明了图 6A 所示的过程的具体示例。如图 6B 所示, 一旦处于检查状态, 过程控制系统 100 就测试配方控制模块 504 所需要的资源 204 是否是可用的 (无需实际上获取资源)。如果不是的话, 配方控制模块 504 保持处于检查状态。如果且当资源 204 可用时, 配方控制模块 504 就进入空闲状态, 并且配方控制模块 504 保持处于空闲状态直到被开始或者直到一个或多个资源 204 变得不可用。可用资源 204 的测试可以在任何合适的级别下发生。此外, 在其他不太关键的测试之前可能发生更重要的测试 (诸如确定关键性顺序控制模块 506 是否可用)。

[0075] 如图 6C 所示, 一旦处于检查状态, 那么过程控制系统 100 将等待直到获取配方控制模块 504 所需要的所有资源 204 之后才进入空闲状态。一旦那样, 则配方控制模块 504 保持处于空闲状态直到被开始或者直到释放或丢失一个或多个资源 204。

[0076] 如上所述, 一旦处于运行状态, 配方控制模块 504 就可以使用并可能获取和释放资源 (诸如单元控制模块 502 或顺序控制模块 506)。在一些实施例中, 当配方控制模块 504 或阶段的执行完成时可以自动释放资源。在特定实施例中, 异常终止未必能引起资源的自动释放。而是, 配方控制模块 504 可以束缚住资源直到配方控制模块 504 实际终止为止。例如, 当顺序控制模块 506 异常终止时, 阶段块 512 可以执行除释放顺序控制模

块 506 之外的所有必要的清除操作。顺序控制模块 506 可以被束缚住直到阶段块 512 完成或配方控制模块 504 终止。用户还可以删除配方控制模块 504, 从而致使 (一个或多个) 当前有效阶段块 512 释放任何资源并致使配方控制模块 504 释放单元控制模块 502。单元控制模块 502 或顺序控制模块 506 的重新加载可以消除它的仲裁队列 516 或 518, 而单元控制模块 502 或顺序控制模块 506 的停用 (inactivation) 和复活 (reactivation) 未必影响它的仲裁队列 516 或 518。

[0077] 图 7A 至 7D 举例说明了过程控制系统 100 中的配方控制模块 504 的大致分布情况。通常, 配方控制模块 504 可以包括多个单元配方, 所述单元配方定义了过程控制系统 100 中的单元的生产需求。单元表示相关联的控制模块和设备模块的集合 (诸如 SCM 和 CM)。

[0078] 如图 7A 所示, 与相同类相关联的所有单元配方 702 能够被存储在单个控制器上。这个单个控制器通常可以访问所有单元配方, 以及用于定义需要被执行的操作和用于初始化、组织和控制这些操作的算法的单元过程。在图 7B 中, 与相同类相关联的单元配方 720 可以被存储在多个控制器上。每个控制器还可以访问与那些单元配方 720 相关联的操作 722。定义要跟随进行的全部过程的单元过程 724 被存储在一个控制器上。如图 7C 所示, 每个单元配方 750 连同其相关联的操作 752 一起被存储在单独的控制器上。单元过程 754 被存储在一个控制器上。在图 7D 中, 每个单元配方被分布在多个控制器 (诸如单元配方 780a-780b 之类) 上。操作 782 和单元过程 784 还被分布和被存储在单独的控制器中。

[0079] 如上所述, 资源仲裁细节能够在与各资源相关联的图形用户接口中被查看。例如, 图 8 显示了与单元控制模块 502 相关联的图形用户界面 800。除了其它, 图形用户界面 800 包括仲裁制表键 (arbitration tab) 801。选择仲裁制表键 801 展现仲裁队列 516 中任何配方控制模块 504 的标识符和名称的列表 802。图形用户界面 800 还包括用于标识由有效控制配方指针 514 所标识的配方控制模块 504 的信息 804。

[0080] 使用图形用户界面 800, 用户可以控制仲裁队列 516 内的配方控制模块 504。例如, 用户可以选择并拖拽列表 802 中的条目以改变队列 516 中配方控制模块 504 的次序。用户还可以删除列在仲裁队列 516 中的配方控制模块 504, 诸如通过选择一个或多个配方控制模块 504 并按压键盘上的“删除”按钮或“去除选择的项”按钮 806。用户可以通过选择复选框

808 来任意地选择查看配方控制模块 504 的参数。

[0081] 图 9 显示了与顺序控制模块 506 相关联的图形用户界面 900。图形用户界面 900 标识已经获取或等待获取顺序控制模块 506 的配方控制模块 504 (或配方控制模块 504 的阶段)。在该示例中, 图形用户界面 900 包括当前获取部分 902, 所述当前获取部分 902 标识当前拥有的顺序控制模块 506 的 (一个或多个) 配方控制模块 504 或 (一个或多个) 阶段。因为顺序控制模块 506 表示“独占使用”资源, 所以在该示例中显示了单个拥有者。在其他实施例中, 顺序控制模块 506 可以是非独占使用资源, 并且多个拥有者可以被列在当前获取部分 902 中。图形用户界面 900 还包括未决获取部分 904, 所述未决获取部分 904 标识等待获取顺序控制模块 506 的零个或多个配方控制模块 504 或 (一个或多个) 阶段。这些 (一个或多个) 配方控制模块 504 或 (一个或多个) 阶段被列在仲裁队列 518 中。用户可以通过选择复选检查框 906 来任意地选择以查看配方控制模块 504 或阶段的参数。

[0082] 使用图形用户接口 800 和 900, 用户能够查看过程控制系统 100 中的当前资源使用状态。用户能够确定哪个或哪些请求者已经获取特定资源以及哪个或哪些请求者 (如果有的话) 正等待获取该资源。用户还可以选择请求者之一来查看关于该请求者的细节 (诸如通过在配方控制模块 504 或阶段上双击的方式)。此外, 用户能够至少部分地控制仲裁请求, 诸如通过在队列内移动请求或删除请求的方式。当请求者不能取消它的请求或释放获取的资源时, 图形用户接口 800 和 900 或另一工具还可以提供对于管理请求优先权和执行“清除”操作的支持。

[0083] 在一些实施例中, 仲裁队列 516 和 518 的使用是用户可配置的。在特定实施例中, 单元控制模块 502 中的仲裁队列 516 总是“独占使用”的, 顺序控制模块 506 中的仲裁队列 518 可以使用顺序控制模块 506 的配置形式来予以定义。仲裁队列 518 的选项可以包括:

“无” (不需要资源分配);

“专用” (SCM 专用于已被分配给请求 RCM 的相同 UCM);

“排它共享” (SCM 被多个 UCM 共享, 但是在任一时间点仅一个 UCM 能够是有效的); 以及

“非排它共享” (SCM 被多个 UCM 共享, 并且在任一时间点多个 UCM 和 RCM 都能够是有效的)。

[0084] 在过程控制系统 100 中能够出现各种错误恢复方案,并能够由资源仲裁机制来处理。例如,请求者也许不能获取缺少队列 206 的资源 204。在这种情况下,请求者可以监视资源 204 的所有权信息。资源 204 一变为可用的,请求者就可以重发它的请求,所述请求被资源 204 正常兑付(honored)。如果资源 204 不能被获取(诸如当两个或多个请求者处于相同的情况),那么这个过程可以重复直到资源 204 被获取。该方案没有不利作用,并且恢复可以是完全自动的。

[0085] 请求者还可以被排队在仲裁队列 516 或 518 中,但可能被具有较高优先权的请求者挤出队列。这里,请求者可以诸如可以以定期的方式之类的重复它的请求。当队列 516 或 518 再次具有一个或多个空闲位置时,请求将被放入到队列 516 或 518 中。当资源 204 变为可用并且请求者是队列 516 或 518 中的第一个请求者时,资源 204 将被分配给该请求者。再次地,该方案也没有不利作用,并且恢复可以是完全自动的。

[0086] 在请求者获取资源 204 时资源 204 还可能被非期望地删除。请求者可以通过现有的连接来识别资源 204 的缺乏,所述现有的连接返回通信错误。如果请求者是独立的请求者(请求者功能块 302),那么不再需要其它动作。如果请求者被嵌入到配方控制模块 504 或阶段功能块 512 中,那么可以以任何合适的方式来传送错误,并且合适的响应可以发生(诸如配方控制模块 504 进入“保留(Held)”状态)。

[0087] 在资源 204 恢复时,请求者可以释放资源,并且来自请求者的释放命令被执行以便把请求者置于初始状态。然而,资源 204 的恢复未必需要重新加载请求者以及重新建立到资源 204 的连接。在这种情况下,请求者可以执行对资源 204 的正常获取请求。如果被获取了,那么请求者可以使用资源继续执行。资源 204 的恢复可能或未必是有保证的。例如,只有在当删除时仅一个请求者拥有资源 204 并且从恢复时开始没有新的请求者请求获取资源 204 的情况下,恢复才可以是有保证的。

[0088] 还有可能的是,请求者以有次序或无次序的方式已经获取了资源 204,然后被终止或删除。例如,在独立请求者功能块 302 和配方控制模块 504 下(如果在 RCM 或其阶段功能块 512 没有释放所有资源的状态下 RCM 能够被删除),请求者的有次序的删除可能发生。在该方案中,在删除操作期间,请求者可以发送释放请求到资源 204,删除操作可以被延迟直到释放请求已被资源 204 确认为止。如果释放请求未被确认,那么

删除操作能够被拒绝。

[0089] 在没有将资源 204 首先释放的情况下,无次序的删除或请求者的非期望破坏可能会发生。这样的示例可以包括当对等体通信被中断时的强制删除性能,或者在资源 204 处于不同的组件中时具有请求者的组件(诸如控制器)的动力循环(power-cycle)性能。在这些情况中,资源 204 保持由请求者拥有,这表示不一致的系统状态。恢复可以包括重新加载资源 204,这可以重新启动资源 204。恢复还可以包括重新加载请求者并让请求者再次获取资源 204。因为重新获取对资源 204 侧没有影响,所以这可以恢复请求者和资源 204 之间的一致系统状态。恢复还可以包括使用资源 204 的维护接口从资源 204 中去除请求者。

[0090] 此外,当配方控制模块 504 到达终结状态时,配方控制模块 504 可能没能释放阶段块 512 所获取的所有资源 204。例如,如果用户把任何阶段块 512 配置成在使用之后不释放顺序控制模块 506,并且在终结状态以前没有其它阶段块 512 释放顺序控制模块 506,那么这可能会发生。如果用户没有把配方控制模块 504 配置为执行被配置成用来释放顺序控制模块 506 的阶段块 512,或如果配方执行采用其中没有执行阶段块 512 释放顺序控制模块 506 的路径,那么这也可能发生。这可能表示用户的故意行为,或者可能表示错误的或非故意的结果。如果是故意的,那么用户可以改变并重新执行配方控制模块 504 使得执行被配置成释放顺序控制模块 506 的阶段块 512。如果是非故意的,那么用户可以强加阶段块 512 的 RELIN 参数以强制释放资源 204,或者用户可以设置配方控制模块 504 中的选项以在到达终结状态之后释放所有资源 204。

[0091] 在特定实施例中,过程控制系统 100 连续发出(serialize)对功能块参数的所有存储请求。资源仲裁机制可以信任该特征,所有资源请求和释放处理可以在参数的存储功能接收请求期间被执行。请求可以是原子的(atomic),以及仅仅请求者具有执行这些存储操作的能力。其他块可能缺少具有正确结构类型的适合的连接器。如果在执行资源 204 的单个周期内或在不能通过事件处理来解决的时间(诸如,小于 1 秒)内发生多个请求,那么这些请求可以以伪随机的方式被连续发出(从用户的角度来看)。

[0092] 为了减少或最小化由资源仲裁所引起的可能的延迟,在过程控制系统 100 中可以施加各种约束条件。这可以有助于确保资源仲裁机制能

够被使用于硬和软实时环境中。例如，如果资源 204 和请求者位于相同的执行环境内（诸如位于相同的控制器中），那么来自请求者的请求可以以同步的方式被执行，并且结果可以对请求者立即可用。如果资源 204 是有效的并能被请求者获取，那么请求者能够立刻获取资源并能够继续它的其他执行。

[0093] 如果请求者和资源 204 分布在过程控制系统 100 的一个聚簇（cluster）内，那么请求者的请求可以以异步的方式被执行。请求者等待至少等于完成全程的时间周期（存储请求从请求者到资源 204 的行程时间加上存储结果从资源 204 到请求者的行程时间）。尽管请求者可以监视资源 204 的参数，但如果资源 204 立刻履行获取请求则请求者无须依赖该参数。在这种情况下，请求者可以使用返回结果以继续执行。否则，在存储的返回结果变为对用户可用以前，请求者可以对所监视的参数起作用（如果参数承载了关于成功获取的信息）。

[0094] 如果请求者和资源 204 处在不同的聚簇或第三方应用中，那么因为用于原子处理所需要的结构化数据存储未必被执行，所以直接地对资源 204 的仲裁未必是可能的。在这种情况下，能够使用目标聚簇内的代理请求者来实现仲裁。一些请求者（诸如独立请求者功能块 302）能够通过用标量数据存储来控制。所需的标量数据（诸如布尔值和整数值）可以在所有字段总线上被传输，并且可由过程控制系统 100 中的所有接口来加以支持。往返于代理请求者的值传输所需的附加时间和代理请求者执行所需的附加时间（其可以是二或执行周期）能够由请求者来加以考虑。

[0095] 用户可配置资源仲裁机制可能够被使用于需要实时操作的过程控制系统 100。这包括具有硬实时条件的过程控制系统 100。为了便利在这类环境中的操作，资源仲裁机制可以具有最坏情况响应时间，其中所述最坏情况响应时间是可预测的和可保证的。再者，在伺服资源仲裁机制的平台实现方式限制内，在增加请求者和资源数目的同时不会降低仲裁的速度。并且，只要全部控制器和网络都具有实时能力，那么在分布式网络上就可以保持实时行为。

[0096] 图 10 举例说明了诸如请求者功能块 302 之类的请求者的状态模型的示例。表 7 描述了图 10 所示的状态。

状态	描述	类型	备注
		(kin	

		d)	
NONE (无)	请求者不拥有资源,并且没有请求是待定的	开始的和最终的	加载后的正常状态
ACQUIRING (获取中)	请求者不拥有资源,但获取请求是待定的	短暂的	在相同的 CEE 内,尽管该状态下的时间可能很长,但如果资源具有队列,那么该状态下的时间可能变为零。请求者可以以缓慢的背景周期重复它的获取请求以从潜在错误恢复,诸如请求者被有较高优先权的请求排挤出队列或者队列满(或根本不存在)。
ACQUIRED (已获取)	请求者拥有资源,并且没有请求是待定的	最终的	
RELEASING (释放中)	请求者拥有资源,并且释放请求是待定的	短暂的	在相同的 CEE 内,该状态下的时间可能变为零。该状态下的时间通常不会超过处理释放请求所需的所有行程时间和执行时间的和。
WARNING (警告中)	请求者因某未知情况而未能与资源进行通信	短暂的	如果资源被删除或由于通讯问题,那么该状态可能发生。
ERROR (错误)	请求者因某未知情况而丢失资源	短暂的	如果资源被删除或者请求者另外被从资源的所有权信息中除去,那么该状态可能发生。

表 7

表 8 描述了图 10 所示的状态转移。

从	到	时间	备注
NONE	ACQUIRING	命令请求者获取资源	源自请求者处
ACQUIRING	ACQUIRED	资源被成功	源自资源的反馈

		获取	
ACQUIRED	RELEASING	命令请求者 释放资源	源自请求者处
RELEASING	NONE	资源被成功 释放	源自资源的反馈
ACQUIRING	RELEASING	命令请求者 释放资源	源自请求者处, 如果“等待” 的请求者取消请求那么将 发生转移 (例如配方中止)
ACQUIRING	WARNING	无法与资源 进行通信	源自资源的反馈, 与资源的 通信丢失
ACQUIRED	ERROR	资源丢失	源自资源的反馈, 资源表明 不存在所有权或者到资源 的通信丢失
ERROR	ACQUIRED	资源恢复	源自资源的反馈, 与资源的 通信被重新建立
ERROR	NONE	命令请求者 释放资源以 及请求者放 弃	源自请求者处, 丢失后 (post-loss)释放以确认无所有 权
WARNING	ACQUIRING	命令请求者 (重新) 获 取资源	源自请求者处, 并且如果无 法通信那么根据对于 ACQUIRING-> WARNING 定义的规则该状态将后退 到 WARNING

表 8

[0097] 图 11 举例说明了根据本公开内容的在过程控制系统中用于用户可配置资源仲裁的示例方法 1100。为了便于说明解释, 相对于图 1 的过程控制系统 100 来描述方法 1100。所述方法 1100 可被用于任何其他合适的装置或系统。

[0098] 在步骤 1102 请求者向资源传送仲裁请求。例如, 这可以包括请求者功能块 302 向资源功能块 304 传送仲裁请求。作为特定示例, 这可以包括配方控制模块 504 向单元控制模块 502、顺序控制模块 506 或控制模块 508 传送仲裁请求。

[0099] 如果在步骤 1104 仲裁请求失败, 那么请求者可以返回到步骤 1102 以传送另一仲裁请求。仲裁请求可以因许多原因而失败, 诸如获取的

资源 204 没有队列 206 或者具有满的队列 206。请求者可以通过检测 FAIL（失败）状态消息来确定仲裁请求是否失败。

[00100] 在步骤 1106 如果仲裁请求没有成功，那么请求者的仲裁请求已经被放入资源 204 的队列 206 中，并且请求者进入 ACQUIRING 状态。如果请求者现在拥有资源 204，那么仲裁请求可能成功。请求者可以通过检测 OK 状态消息来确定仲裁请求成功。在步骤 1108 请求者可以查询资源 204 关于它的仲裁请求的状态。这例如可以包括请求者重新向资源 204 传送它的仲裁请求。只要请求者还没有确定它的仲裁请求已成功还是失败，那么请求者就可以重复地或定期性地查询资源 204。

[00101] 在成功的仲裁请求之后，请求者已经获取了资源 204。在步骤 1110 请求者然后使用该资源。请求者可以以任何合适的方式来使用资源 204。例如，资源 204 可以表示顺序控制模块 504，请求者可以表示配方控制模块 504。在这种情况下，配方控制模块 504 可以将顺序控制模块 504 安置为适合的模式，将程序公式参数安置到顺序控制模块 504 中，并命令顺序控制模块 504 开始操作。配方控制模块 504 还可以查询顺序控制模块 504 的状态并确定顺序控制模块 504 何时进入终结状态。

[00102] 一旦资源使用完成，那么在步骤 1112 请求者就能够复位该资源。这例如可以包括：请求者传送复位请求到资源 204。在步骤 1114 请求者确定复位是否成功。如果不成功，请求者可以返回到步骤 1112 以重复该复位。否则，在步骤 1116 请求者释放资源。这例如可以包括：请求者传送释放请求到资源 204 并接收表明释放成功或失败的消息。如果失败，那么可以调用适当的警告或恢复机制。

[00103] 尽管图 11 举例说明了在过程控制系统中用于用户可配置资源仲裁的方法 1100 的一个示例，但可以对图 11 作出各种修改。例如，根据特定需要可以添加、省略或组合各种步骤。在步骤 1102 重复仲裁请求或者在步骤 1112 复位请求以前还可能逝去一段时间，诸如五到三十秒的一段时间。此外，请求者被显示为在确定是否它成功之前，确定仲裁请求是否失败。这仅仅为举例说明。这些步骤可以被颠倒或可以并发发生。

[00104] 在一些实施例中，如上所述的各功能可以由计算机程序来实现或支持，所述计算机程序由计算机可读程序代码形成并被包含在计算机可读介质中。短语“计算机可读程序代码”包括任何类型的计算机代码，包括源代码、目标代码和可执行代码。短语“计算机可读介质”包括任何类型

的能由计算机存取的介质，诸如只读存储器（read only memory, ROM）、随机存取存储器（random access memory, RAM）、硬盘驱动器、紧凑盘（compact disc, CD）、数字化视频盘（digital video disc, DVD）或任何其他类型的存储器。

[00105] 阐述在整个本专利文献中所使用的某些词和短语的定义可能是有利的。术语“耦合”及其派生物涉及两个或多个部件之间的任何直接或间接通信，无论那些部件是否在物理上彼此接触。术语“应用”和“程序”涉及适于在适合的计算机代码（包括源代码、目标代码或可执行代码）中实现的一个或多个计算机程序、软件组件、指令集、过程、功能、对象、类、实例、相关数据或其一部分。术语“发送”、“接收”和“传送”及其派生物包括直接和间接的通信。术语“包括”和“包含”及其派生物意指包括而无限制。术语“或者”是包括在内的，意指和/或。短语“与...相关联”和“与其相关联”及其派生物意指包括、包括在...内、与...互连、包含、包含在...内、连接到或与...连接、耦合到或与...耦合、与...可通信、与...合作、交织、并列、与...紧邻、绑定到或与...绑定、具有、具有...性质等。术语“控制器”意指控制至少一个操作的任何设备、系统或其部分。控制器可以以硬件、固件、软件或其至少两种的某种组合来实现。与特定控制器相关联的功能可以是集中式的或分布式的，无论本地地或远程地。

[00106] 虽然本公开内容已经描述了某些实施例和通常相关联的方法，但对本领域的技术人员而言对这些实施例和方法所作的改变和置换是显而易见的。因此，上述对示例性实施例的说明不规定或约束本公开内容。在不脱离如下述的权利要求所定义的本公开内容的精神和范围的情况下还可以作出其他改变、置换和变更。

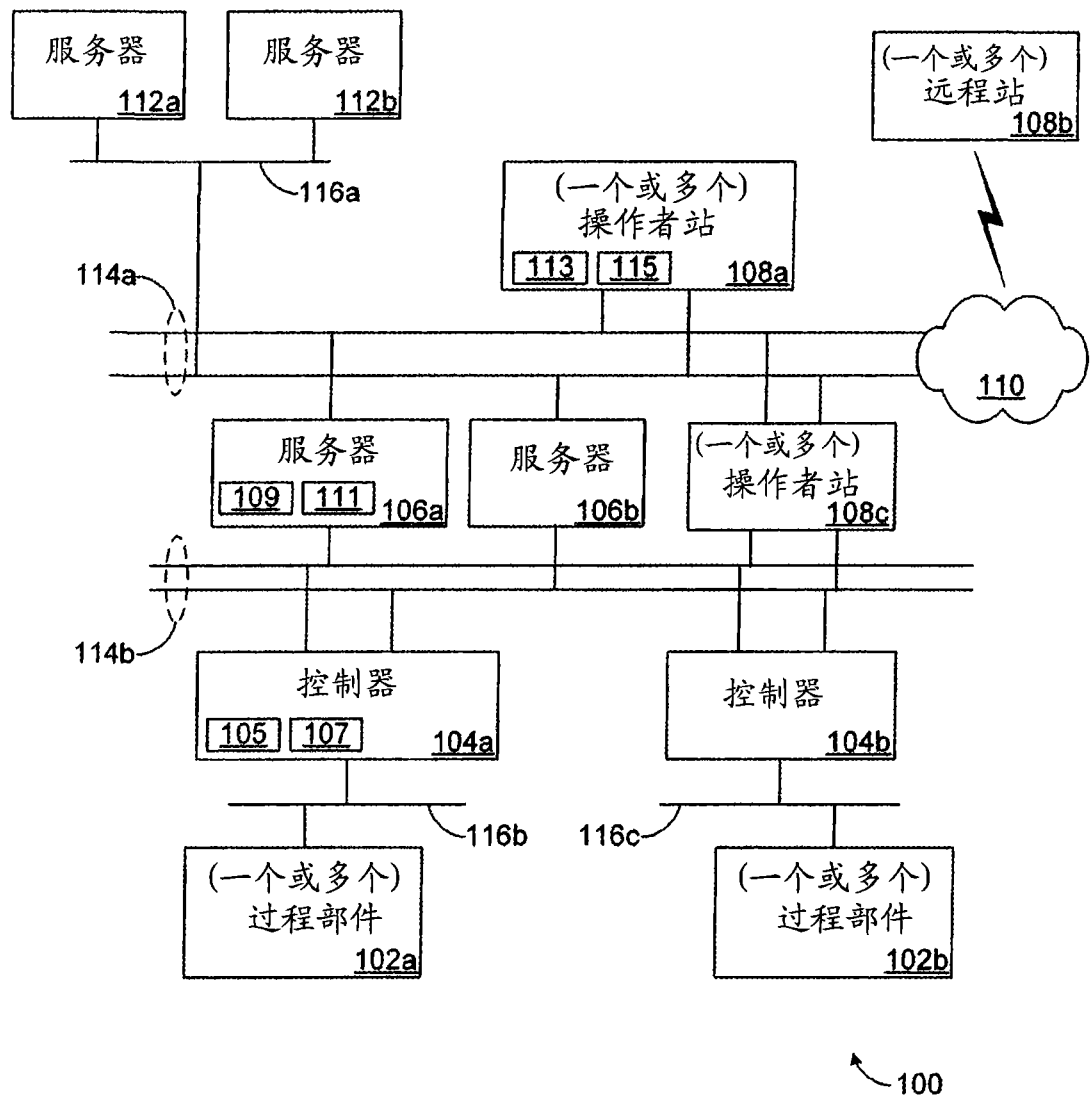


图 1

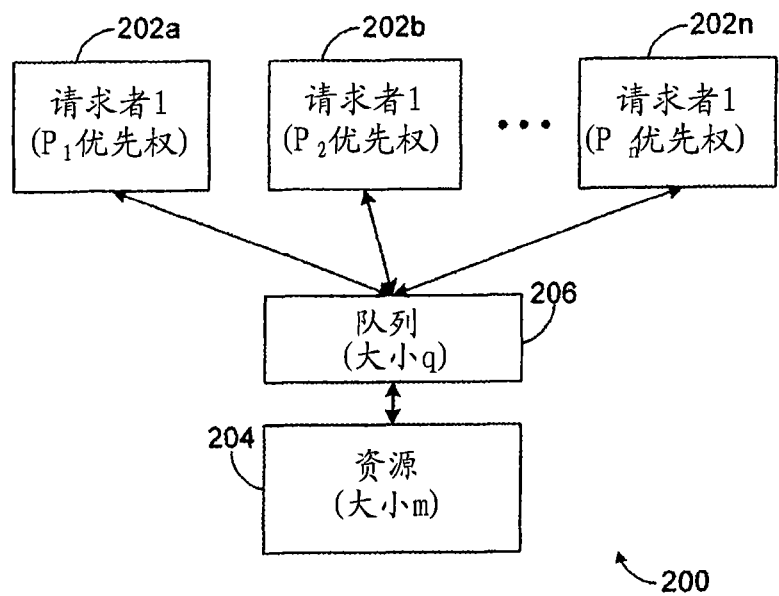


图 2A

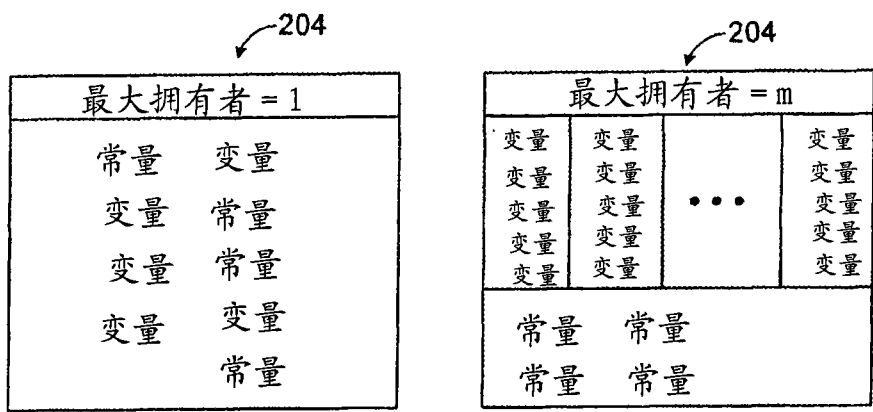


图 2B

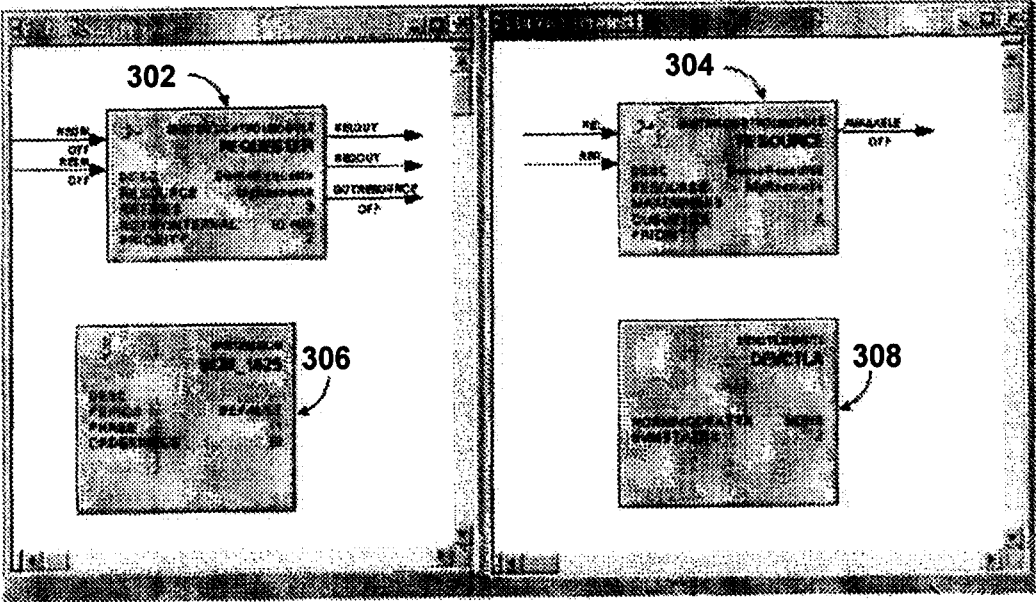


图 3

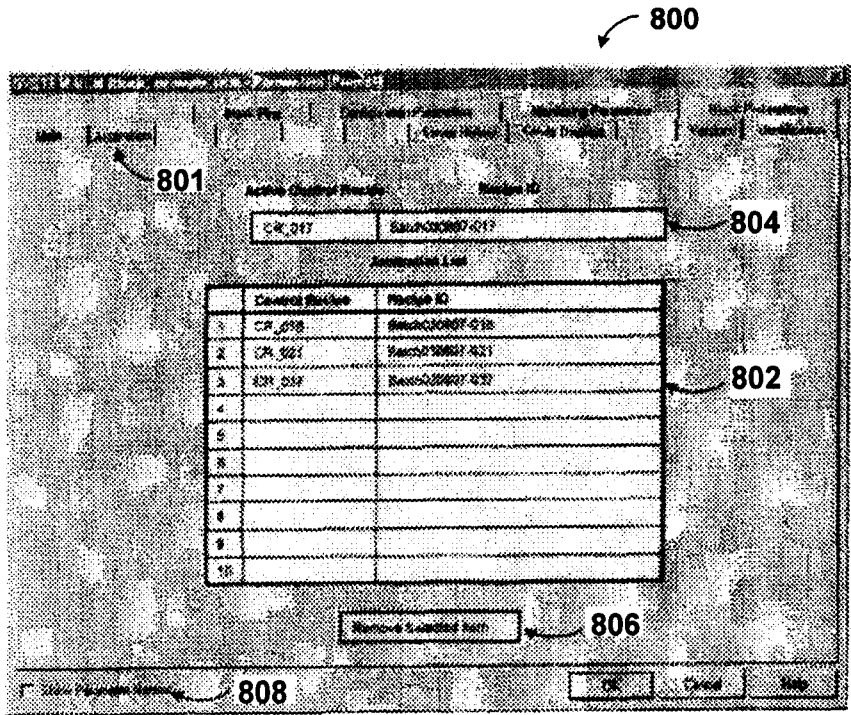


图 8

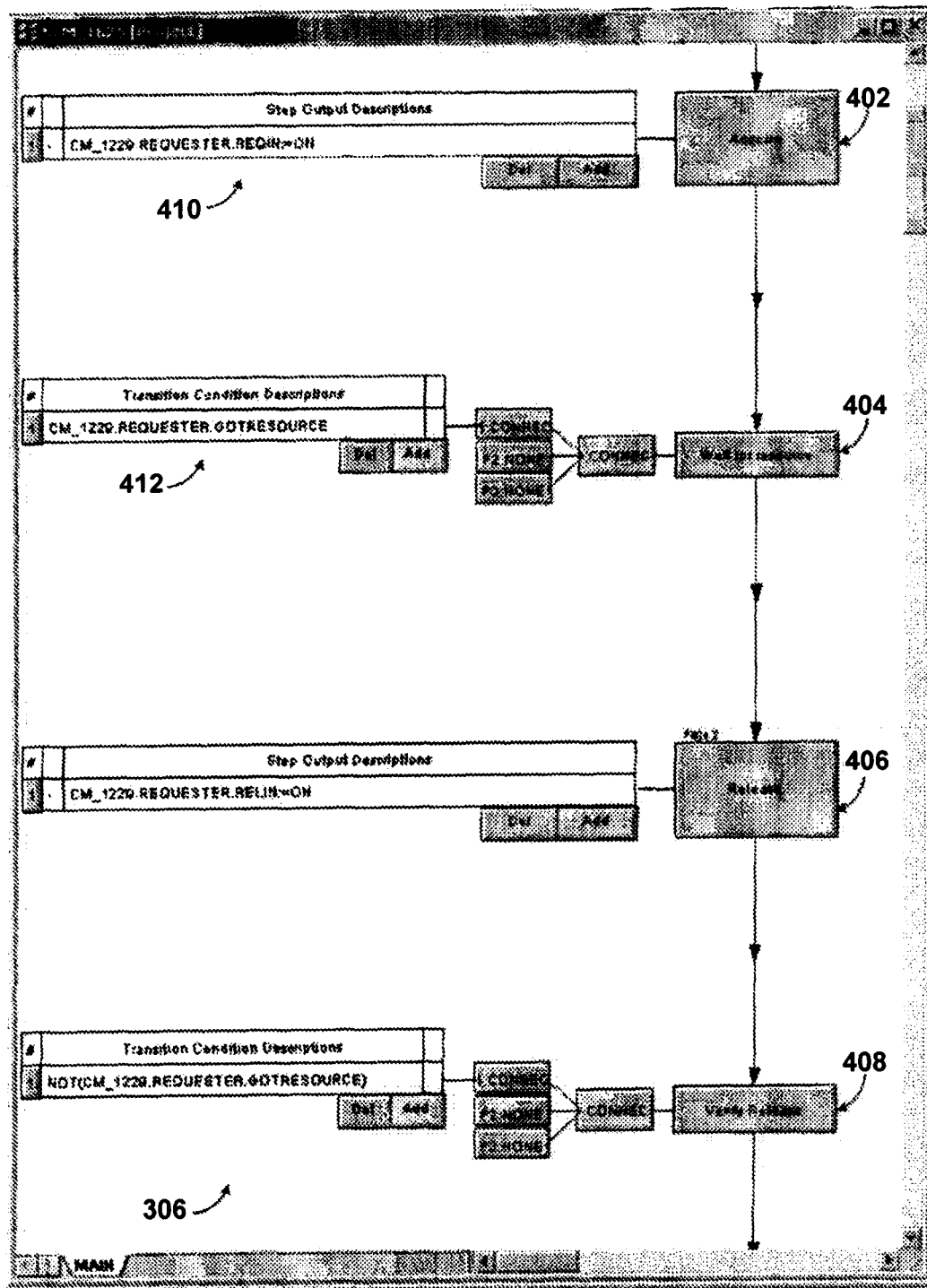


图 4

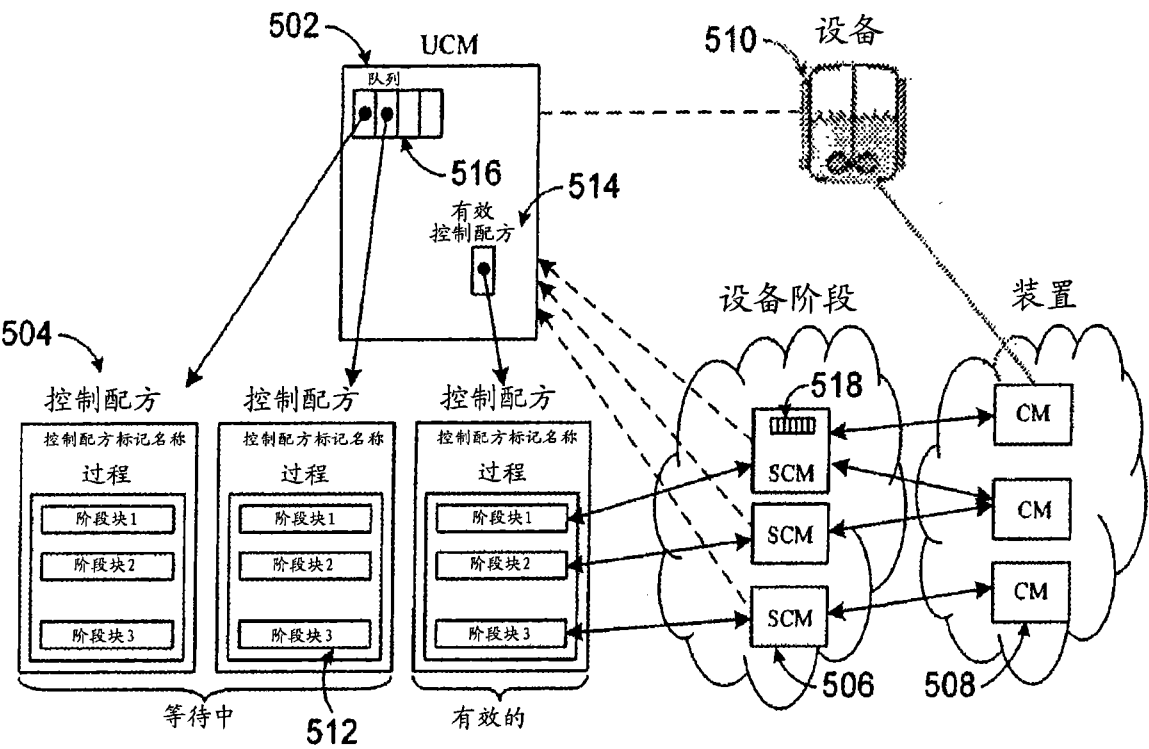


图 5

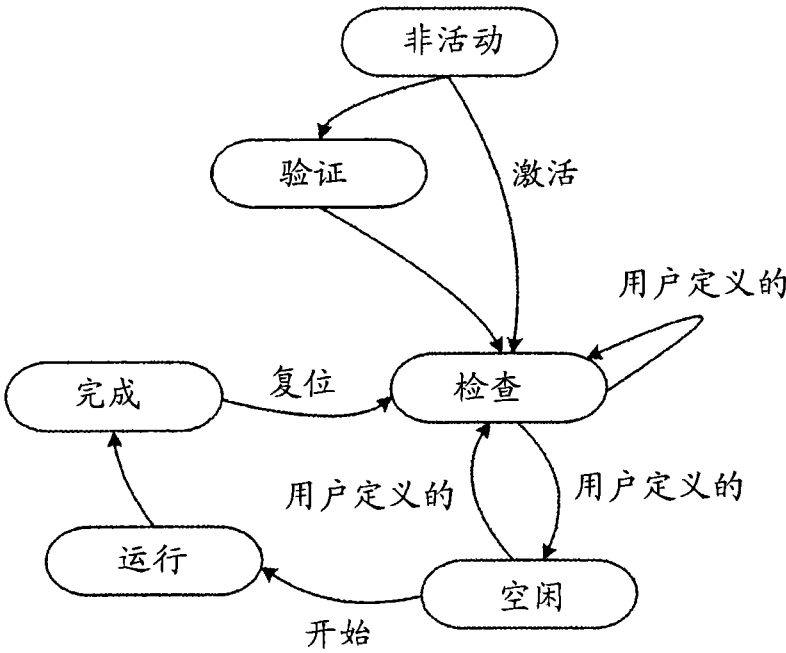


图 6A

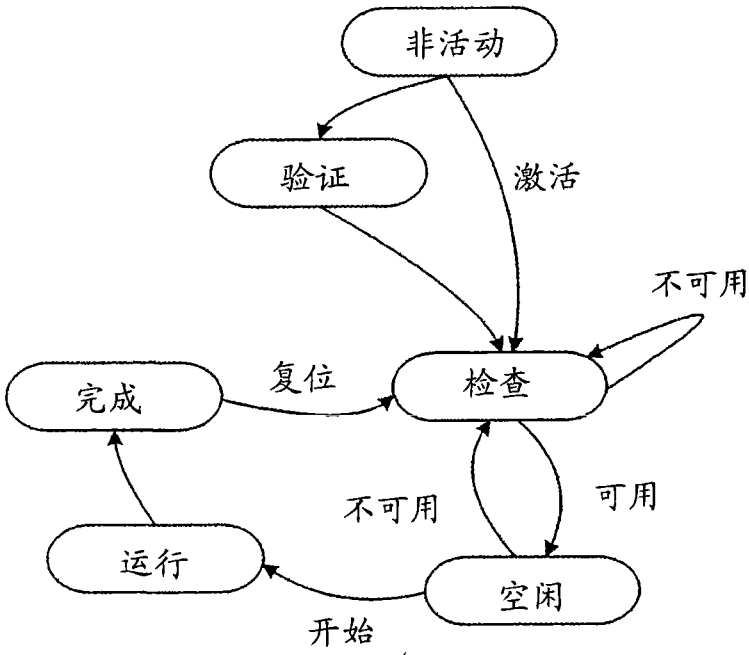


图 6B

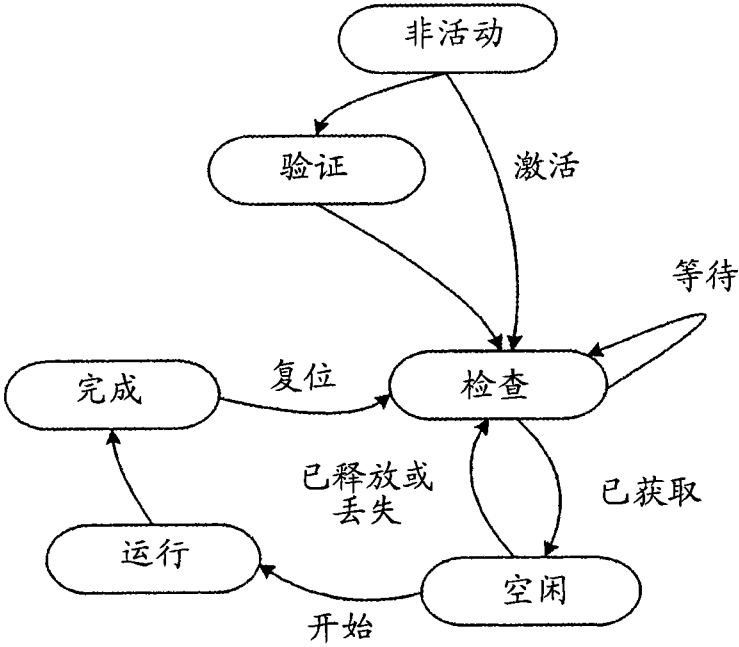


图 6C

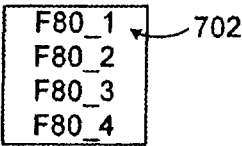


图 7A

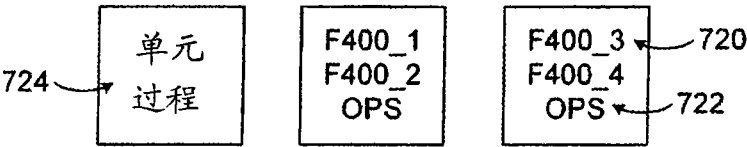


图 7B

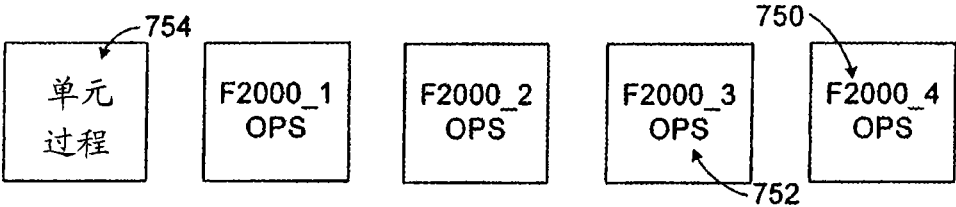


图 7C

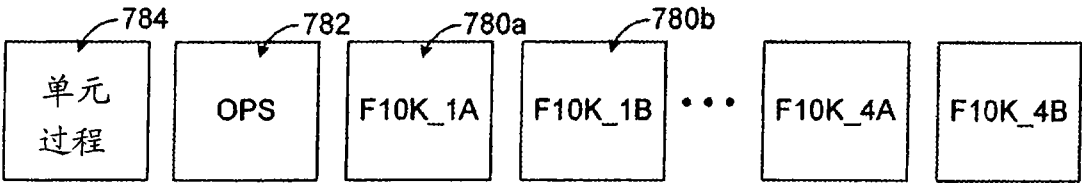


图 7D

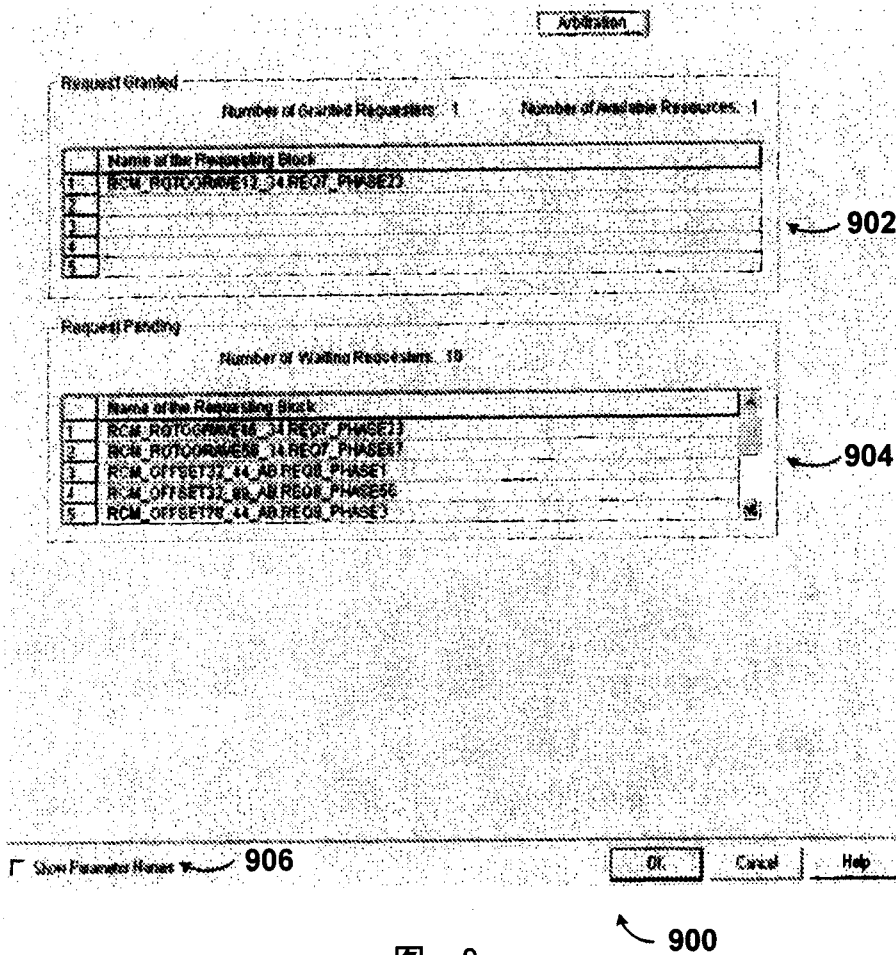


图 9

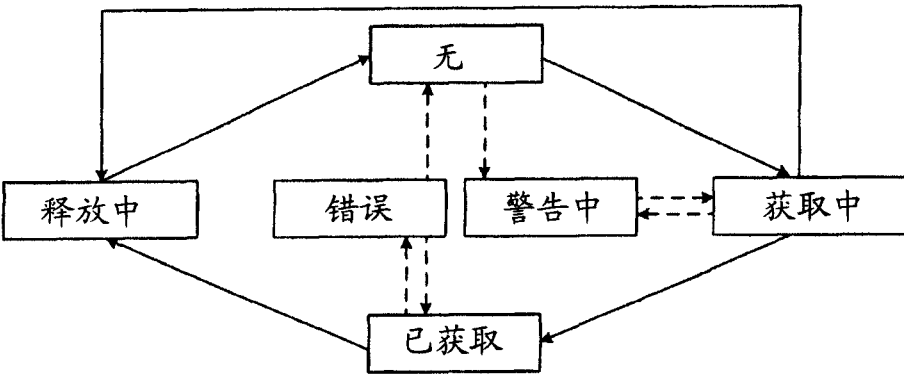


图 10

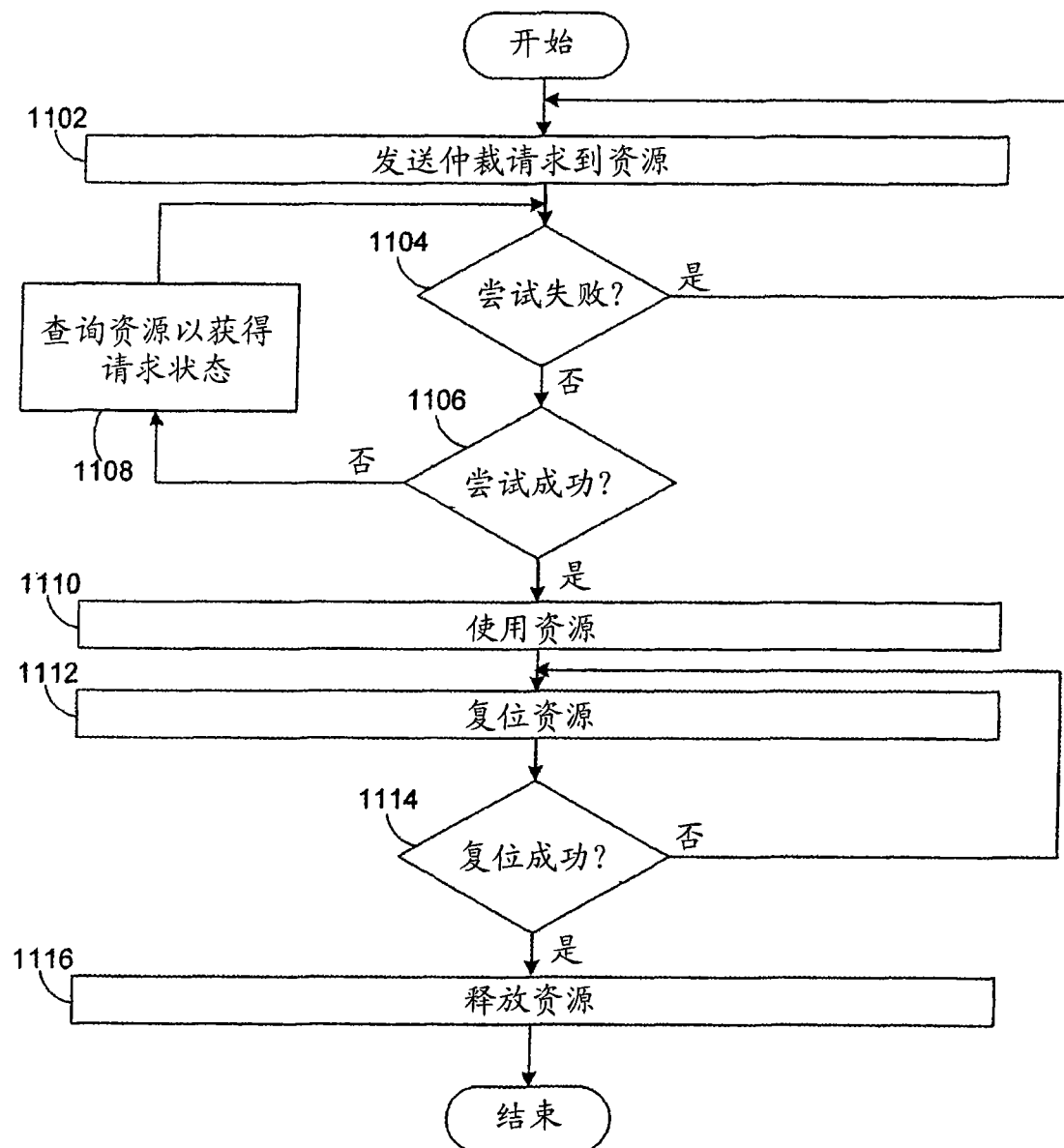


图 11