



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03811259.0

[43] 公开日 2005 年 8 月 10 日

[11] 公开号 CN 1653755A

[22] 申请日 2003.4.18 [21] 申请号 03811259.0  
 [30] 优先权  
 [32] 2002. 4. 18 [33] US [31] 60/373,544  
 [86] 国际申请 PCT/US2003/012294 2003. 4. 18  
 [87] 国际公布 WO2003/090411 英 2003. 10. 30  
 [85] 进入国家阶段日期 2004. 11. 17  
 [71] 申请人 沙诺夫股份有限公司  
 地址 美国新泽西州  
 [72] 发明人 因杜·曼德海恩 保罗·哈什菲尔德  
 阿拉丁·卡里斯坎  
 罗伯特·西拉库萨

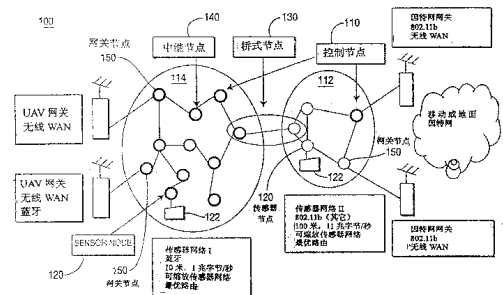
[74] 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限责任  
 公司  
 代理人 王允方 刘国伟

权利要求书 2 页 说明书 15 页 附图 5 页

[54] 发明名称 用于提供特定联网传感器和协议的方法和装置

### [57] 摘要

一种用于提供一特定传感器网络(图 1 中 112、114)的系统、装置和方法。更具体来说,此特定联网传感器系统(100)是基于可实现一自组织和自修复网络的新颖网络协议。此种系统的一关键组件是一智能传感器节点(120),该智能传感器节点与传感器进行接口,以探测可报告给控制节点(110)的传感器事件。



- 1、一种具有若干节点的传感器系统(100), 其包含:  
至少一个传感器(122), 其用于探测一传感器事件;  
一传感器节点(120), 其用于与所述至少一个传感器进行接口以接收所述传感器事件; 及  
一控制节点(110), 其用于通过一经过若干节点的路由自所述传感器节点接收所述传感器事件。
- 2、根据权利要求1所述的传感器系统, 其中在自所述至少一个传感器接收到所述传感器事件之前, 所述传感器节点保持处于一等待状态。
- 3、根据权利要求1所述的传感器系统, 其中所述至少一个传感器包含一全球定位系统接收机、一温度传感器、一电压传感器、一振动传感器或一声音传感器(122)。
- 4、根据权利要求1所述的传感器系统, 其中所述传感器系统中的所述节点为自组织型。
- 5、根据权利要求1所述的传感器系统, 其中所述传感器系统中的所述节点为自修复型。
- 6、一种用于在一传感器系统中建立一网络节点的方法, 其中所述传感器系统包含消费者节点和生产者节点, 所述方法包含如下步骤:
  - a) 启动一消费者节点;
  - b) 由所述消费者节点向其相邻节点发送一消息, 其中所述消息用于确认所述消费者节点的存在;
  - c) 由每一所述相邻节点向所述传感器系统内所有节点传播所述消息; 及
  - d) 由所述传感器系统内的每一节点记录一通往所述消费者节点的路由。

7、根据权利要求6所述的方法，其进一步包含如下步骤：

e) 由一生产者节点向所述消费者节点转发一消息，其中所述消息描述所述生产者节点的参数。

8、根据权利要求7所述的方法，其中所述消息包括一传感器类型或一可配置参数列表。

9、一种用于在一传感器系统内建立一网络节点的方法，其中所述传感器系统包含消费者节点和生产者节点，所述方法包含如下步骤：

a) 启动一生产者节点；

b) 将所述生产者节点置于一等待状态，其中所述生产者节点等待一指示存在一通往一消费者节点的路由的消息。

10、根据权利要求9所述的方法，其进一步包含如下步骤：

c) 所述生产者节点向其相邻节点发送一参与一微微网的消息；

d) 建立一通往所述消费者节点的路由；

e) 向所述消费者节点发送一证件消息，以向所述消费者节点指明所述生产者节点的特征；及

f) 使所述生产者节点进入一等待状态。

## 用于提供特定联网传感器和协议的方法和装置

### 技术领域

本申请案主张在 2002 年 4 月 18 日申请的美国临时申请案第 60/373,544 号的权利，该申请案以引用方式并入本文中。

本发明系按照第 DAAB 07-01-9-L504 号合同在美国政府支持下制作。美国政府对本发明拥有一定的权利。

本发明涉及一种用于一传感器网络的体系结构和协议。更具体来说，本发明为一传感器网络提供可产生一自组织和自修复网络的网络协议。

### 背景技术

可将许多装置一起联网构成一个网络。但是，经常需手动配置此种网络，以通知网络控制器已增加、删除一联网装置及/或一联网装置已故障。此致使在安装一联网装置期间必须执行一复杂的配置程序，因此需要熟练的技术人员。

实际上，联网装置通常必须向网络控制器连续报告其状态并由网络控制器连续报告其状态。此种联网方法因需要在联网装置和网络控制器之间进行连续监控和反馈而颇为麻烦和不灵活。此还表现为功率需求升高，这是因为联网装置需要连续向网络控制器进行报告，甚至在没有任何数据要发送给网络控制器时也是如此。

此外，如果一联网装置或网络控制器出现故障或在实体上进行了重新部署，则通常需再次以手动方式重新配置该网络，以识别发生故障的网络装置并定义新的路由来应对联网装置的失去或网络控制器的重新部署。这种手动重新配置耗用大量的人力，反映出此种网络的不灵活性。

因此，需要提供一种可实现一自组织和自修复网络的网络体系结构和协议。

## 发明内容

在一实施例中，本发明是一种用于提供一特定传感器网络的系统、装置和方法。更具体来说，该特定的联网传感器系统是基于可实现一自组织和自修复网络的新颖网络协议。

该系统的一个关键组件是一智能传感器节点，该智能传感器节点与传感器（例如板上的传感器或外部传感器）进行接口，以探测可报告给一控制节点的传感器事件。在一实施例中，传感器节点可视需要使用低成本的无线接口。每个智能传感器节点均可同时监控多个传感器，这些传感器既可以是内部传感器也可以是附属传感器或二者兼具。联网软件是模块化软件并独立于通信接口（例如蓝牙（Bluetooth）、IEEE 802.11 和类似通信接口）。

更重要的是，本发明网络可自动确定最佳的网络通信路由并可在遇到问题时找到替代路由。本发明体系结构的某些优点包括：简化了传感器网络的初始部署、不需要熟练的网络技术人员、可扩展控制节点的范围及能够利用快速增长的新兴低功率无线装置市场。

## 附图说明

结合附图阅读下文的详细说明，即可容易地理解本发明所揭示内容，附图如下：

图 1 显示一本发明传感器网络的图式；

图 2 显示一用于部署本发明消费者节点的方法的流程图；

图 3 显示一用于部署本发明生产者节点的方法的流程图；

图 4 显示一用于部署一本发明控制节点的方法流程图；

图 5 显示一用于操纵一本发明控制节点的方法流程图；

图 6 显示一用于操纵一本发明传感器节点的方法流程图；及

图 7 展示一构建一本发明网络节点的通用计算机系统的方块图。

为便于理解，尽可能使用相同的参考编号来表示各附图中所共有的相同组

件。

### 具体实施方式

图 1 显示一本发明传感器网络或系统 100 的图式。本发明提供若干配合使用的节点来构成特定联网传感器系统。这些节点包括控制节点 110、传感器节点 120、桥式节点 130、中继节点 140 和网关节点 150。这些节点中每种类型的节点均具有不同的功能，下文将进一步阐述这些功能。应注意，可使用一或多个每一种类型的节点来构建本发明系统。实际上，根据具体实施方案而定，甚至可省略这些种节点中的某些种节点。

传感器网络 100 的基本功能是收集传感器测量数据并将传感器数据路由至一适当的末端节点以进行进一步处理，例如路由至一控制节点 110 或一位于一网关节点 150 的接收端处的控制节点（未图示）。本发明的一重要优点是可以一任意方式部署传感器网络 100 且传感器网络 100 无需人为干预即可自动建立所需的通信、路由和配置机制。亦即，传感器网络将自行组织，从而能够容易、快速地进行部署而不需要专门布置节点或进行大范围的预先配置或网络管理活动。这种新颖特性使该种传感器网络可适用于复杂的军事和商业环境及/或因增加或减少网络中的节点而需动态改变网络配置的实施方案。

现在根据各自所执行的功能来区别传感器网络 100 中的五（5）种类型的逻辑节点。

传感器节点 120 直接负责与一或多个传感器 122 进行接口并将传感器数据朝控制节点 110、桥式节点 130 和网关节点 150 路由。一传感器节点可以保存有一关于控制节点运行特征的记录。举例来说，传感器节点可保存有控制节点的识别符和自传感器节点至控制节点之间的往返延迟估计值。

此外，本发明所述的传感器节点可提供一个（多个）用于自附属式/整体式传感器捕获信息的符合标准的接口。这个（这些）接口应支持包括当前市售的传感器和将来可能出现的军事专用传感器在内的多种传感器类型。

中继节点 140 主要负责将自其它节点接收的传感器数据路由至控制节点、网关节点和桥式节点。实际上，传感器节点也可用作中继节点。

控制节点 110 设计用于自中继节点或传感器节点接收传感器数据。一般来说，控制节点是传感器数据所经过的一系列节点中的最后或最终节点。控制节点可具有设置和获得传感器节点参数的能力。控制节点可使用自传感器节点获得的数据来建立并存储所部署传感器节点的一映像。控制节点还可保存有一关于每一传感器节点的运行特征的记录。举例来说，控制节点可保存有每一传感器节点的识别符、传感器类型（声音传感器或地震传感器等等）、各所接收消息之间的平均时间和自控制节点至传感器节点之间的往返延迟的估计值。

桥式节点 130 设计用于自控制节点、中继节点或传感器节点接收传感器数据。桥式节点配备有多个无线接口，以用于将传感器数据从一低带宽网络（或子网络）114 发送至一较高带宽网络（或子网络）112。桥式节点能够将所接收的数据路由至较高带宽网络中的控制节点、桥式节点或网关节点。

网关节点 150 设计用于与外部网络进行接口。此等外部网络的实例包括（但不限于）经由专用地面网络、蜂窝式网络或任何有线或无线网络的战术因特网。

控制节点、桥接节点和网关节点均可在广义上看作“消费者节点”，而传感器节点和中继节点则可在广义上看作“生产者节点”。亦即，传感器节点和中继节点提供或产生传感器数据，而控制节点、桥式节点和网关节点则接收或消费传感器数据。因此，生产者节点将以一同步或异步方式产生传感器数据，而消费者节点则将以一同步或异步方式接收传感器数据。

所有上述节点或上述节点的子集均可参与到本发明的特定传感器网络中。具有多个接口的节点可在多个子网络中同时看到。应注意，一控制节点与一网关节点可结合成一单一节点，例如一具有网关节点功能的控制节点。同样，应注意，一传感器节点与一中继节点（甚至再与一桥式节点）可结合成一单一节点，例如一具有中继节点和桥式节点功能的传感器节点。因此，在该传感器系统中，控制节点和网关节点的数量通常很少。

因此，总而言之，上述每种节点均具有下列（某些或所有）功能：

- a. 从一或多个附属式/整体式传感器收集信息，
- b. 通过无线链路与其它节点进行通信，
- c. 从其它附近节点收集信息，
- d. 聚集多个传感器信息，
- e. 为其它节点中继信息，及
- f. 通过一与因特网之间的标准路由接口来传送传感器信息。

在一实施例中，本发明传感器网络 100 基本为一由异步事件驱动的传感器网络。换句话说，传感器 122 将由以异步方式发生的外部事件来启动。因此，传感器通常以异步方式发送数据。然而，控制节点可以周期性间隔发送探测数据或控制数据，以设置传感器参数、访问网络状态并建立路由信息。控制节点亦可发送确认数据包来表示接收到传感器数据。但是，应注意，本发明设计亦可应用于和扩展至其中传感器产生同步数据的环境。

应注意，本发明传感器网络的设计考虑了控制节点、传感器节点和中继节点的移动性。尽管此等事件可能很少发生，但控制节点可能会因战术原因（例如为保持安全性）而改变位置，而传感器节点或中继节点可能会因某些外部事件（例如受到所路过车辆或行人的无意推碰）而改变位置。

本发明传感器网络还设计用于探测网络节点的故障和增加，由此使传感器网络能够适应这些变化，即能够自修复。举例来说，可计算出能避开不正常工作或失效的节点的替代路由，以保证传感器数据的递送。同样，在增加一新节点时，可能会触发发现一新的路由，由此使传感器数据能够通过一更短的路由来发送。节点可在任何时间加入或退出传感器网络。加入传感器网络意指增加所部署节点，退出传感器网络则意指移除一节点或一节点失效。

图 2 显示一用于部署本发明消费者节点的方法 200 的流程图。一般来说，可以任意方式部署所有节点。但是，考虑到地形和其它环境因素，可以一受控方式设置消费者节点（控制节点、桥式节点和网关节点）。在某些实施例中，在



部署结束时，由操作员实施图 2 所示步骤。然而，在其它实施例中，在部署（即启动）网络节点之后，即无需要操作员进行操作。

方法 200 开始于步骤 205，尔后转至步骤 210。在步骤 210 中，在启动后，一或多个消费者节点将其存在传达或广播至相邻的网络节点。举例来说，可向一位于这些消费者节点的广播范围内的邻近节点传送一消息。

在步骤 220 中，自这些消费者节点接收到所广播消息的相邻节点又将这些消费者节点的存在传达给这些相邻节点的其相邻节点。亦即，每个节点均在其存储器内存储有相距一跳距的其它节点的一映像。在自消费者节点接收到通知消息时，每个节点均将该消息传播给其所有相邻节点。该传播将继续进行，直到网络内的所有传感器节点均知道该消费者节点为止。

在步骤 230 中，在传送消费者节点存在消息（即消费者位置消息）的过程中，每个中间节点均将记录通往该（该些）消费者节点的适当路由（可为多个路由）。这种分布式更新方法能够相对容易地实现对本发明传感器系统的缩放（增加和删除节点）。只要启动一位于另一节点范围内的消费者节点，传感器系统便会将该消费者节点并入网络中，且系统内的所有节点均将进行相应地自我更新。

在步骤 240 中，消费者节点存在消息最终到达一或多个传感器节点。在传感器节点知道至少一个消费者节点之后，便认为传感器节点已初始化；亦即，传感器节点已建立起通往该消费者节点的适当路由。此时，传感器节点可将一报头引导消息发送给该（该些）消费者节点以确认其存在。当报头找到其通往该（该些）消费者节点的途径时，中继节点和其它节点可记录（通往传感器的）适当路由。在初始化之后，传感器节点便可开始向这个（些）消费者节点发送传感器数据。

在步骤 250 中，方法 200 询问传感器网络是否发生变化。如果该询问得到肯定的应答，则方法 200 返回步骤 210，在步骤 210 处，一或多个消费者节点将报告变化并重复整个传播过程。如果该询问得到否定的应答，则方法 200 转到

步骤 260, 在步骤 260 处, 传感器系统保持处于一等待状态。

更具体来说, 传感器网络 100 的动态改变可以许多种方式发生。消费者节点可能会改变位置, 或者传感器节点或中继节点可能会改变位置, 或者二者均会发生。当一消费者节点改变位置时, 该消费者节点会自行通告其相邻节点(某些为新的相邻节点, 某些为旧的相邻节点)并重新建立新的路由。

另一选择为, 可由生产者节点探测动态变化。换句话说, 传感器节点和中继节点期望对于发送至控制节点的每一消息均得到一确认(ACK)消息。举例来说, 其中一与传感器节点相关联的传感器可触发一可报告事件。如果未接收到 ACK 消息, 则中继节点或传感器节点将假设该传感器节点或中继节点的相邻结构已发生变化, 从而重新发送该消息或重新建立皮网(piconet)(一种环境, 其定义为紧靠一节点的相邻节点)。当重新建立微微网之后, 传感器节点或中继节点将尝试确定(从其相邻节点)通往该(该些)控制节点的新路由。

图 3 显示一用于部署本发明生产者节点的方法 300 的流程图。换句话说, 图 3 显示一生产者节点(传感器节点或中继节点)的部署。方法 300 开始于步骤 305 中, 尔后转到步骤 310。

在步骤 310 中, 一生产者节点启动并进入一拓扑建立状态(TES)。具体来说, 传感器节点建立其相邻拓扑并参加其相邻节点的相邻拓扑。换句话说, 该生产者节点转变至一监听来自其相邻节点的询问的状态。另一选择为, 该生产者节点亦可试图通过主动广播一消息来发现其相邻节点。由此, 在拓扑阶段中建立起所有的连接。然后, 在步骤 320 中, 传感器节点转入路由建立状态(RES)。

当传感器节点在步骤 320 中进入路由建立状态时, 传感器节点会使用一路由请求消息向其相邻节点询问一通往一消费者节点(例如一控制节点)的路由。一具有一路经的相邻节点将向该发出请求的传感器节点发送一路由应答消息。然后, 在该发出请求的传感器节点的路由表内建立适当的路由表项。传感器节点会记录当前通往控制节点的最佳路由。如果至少一个相连的邻近节点不具有通往控制节点的路由, 则传感器节点可再次进入拓扑建立阶段 310。该循环将持

续至所有相邻节点均具有一通往该控制节点的路由或在尝试一固定次数后为止。

当 TES-RES 循环结束时，存在两种可能的结果：1) 传感器节点具有至少一通往该控制节点的路由，或 2) 没有通往该控制节点的路由。倘为第一种情况，则传感器节点进入证件建立状态 (CES)，倘为后一种情况，传感器节点将在步骤 325 中进入一低功率备用模式并可在此后重新启动 TES-RES 循环。应注意，当 TES-RES 循环结束时，并非该传感器节点的所有 (潜在的) 相邻节点均可都得到部署。因此，如果此后在该传感器节点附近部署一节点，则该传感器节点可能不会发现该节点。然而，该潜在的相邻节点将发现该传感器节点并向传感器请求路由信息。然后，传感器将向此时成为新邻居的该节点发出一路由请求消息。

在经过路由建立状态之后，在步骤 330 中，传感器进入证件建立状态。在此状态中，传感器节点向控制节点发送信息以与控制节点建立联系。传感器节点会发送装置特征，例如可配置的参数和功率容量。应注意，在此阶段中，所有向控制节点中继传感器证件的中间节点均将建立一从控制节点到传感器节点的路由。具体来说，控制节点具有一通往传感器节点的路由。现在，在步骤 340 中，传感器节点进入等待状态，以待向控制节点发送数据。

图 4 显示一用于部署本发明一控制节点的方法 400 的流程图。更一般而言，图 4 显示一消费者节点 (控制节点、桥式节点或网关节点) 的部署。方法 400 开始于步骤 405，尔后转到步骤 410。

在步骤 410 中，一消费者节点启动并进入一拓扑建立状态 (TES)。具体来说，如上文所述，该控制节点试图确定其邻近拓扑并同时参加其相邻节点的附近拓扑。此时建立起所有连接。然后，该控制节点进入路由建立状态。

在步骤 420 的路由建立状态中，该控制节点将自其相邻节点接收一路由请求消息。该控制节点将以一表明其具有一通往该控制节点的零路程段路由的路由回答消息作出回答。然后，该节点将其识别符和所有相关信息发送给其相邻

节点。这些相邻节点可以是传感器节点、中继节点、桥式节点或网关节点。因此，该控制节点附近的所有节点均具有一通往该控制节点的单路程段路由。此时，该控制节点的相邻节点即可回答来自各自相邻节点的路由请求消息。由于并非所有传感器节点/中继节点均可同时部署，因此该控制节点可在此后回复至拓扑建立状态。然后，继续进行 TES-RES 循环一固定次数或将其手动停止。当 TES-RES 循环结束时，所有相邻节点均具有一通往该控制节点的单路程段路由而且假定所有节点均得到部署。然而，亦可重新启动和终止 TES-RES 循环。然后，在步骤 430 中，在 TES-RES 循环结束后，控制节点进入等待状态。

应注意，只要网络中未部署有控制节点，就不会发送传感器数据。在部署一控制节点之后，此控制节点的存在信息将即刻在整个网络中传播且传感器节点可开始发送传感器数据。应注意，在 TES-RES 循环中会消耗宝贵的电池功率。因此，可针对一特定实施方案建立一适当的计时周期，以最大限度减小一网络节点的电池功率消耗。

图 5 显示一用于操纵一本发明控制节点的方法 500 的流程图。更具体来说，图 5 显示一控制节点的与各种事件类型相关的各种状态。

在一实施例中，一控制节点可处于五种不同状态。这些状态是拓扑建立状态、路由建立状态、等待状态、数据状态和控制状态。

在步骤 510 所示的拓扑建立状态中，控制节点建立其相邻拓扑或“微微网”。微微网系由该控制节点的紧邻节点构成。控制节点使用一询问（呼叫（Page））过程来建立微微网。存在两个可控制该询问过程的参数：1）询问持续时间，和 2）询问周期。持续时间用于确定询问过程应持续多长时间，而询问周期则确定必须以何种频度来调用该询问过程。

举例来说，当发现一相邻节点时，与此相邻节点建立一适当连接。询问（呼叫）扫描过程使各相邻节点能够发现该控制节点。在拓扑建立状态结束之后，控制节点转入路由建立状态。

在步骤 520 所示的路由建立状态中，控制节点对所有路由请求消息作出回

应，并在一路由回答消息中将路由信息发送给每个相邻节点。然后，控制节点转回拓扑建立状态。TES-RES 循环既可以手动方式终止也可在尝试一固定次数后终止。控制节点在 TES-RES 循环终止后进入等待状态。

在步骤 530 所示的等待状态中，控制节点等待三种事件：一数据事件 522、一移动性事件 527 或一控制事件 525。视在等待状态中发生何种事件而定，控制节点将转入一数据状态、一拓扑建立状态或一控制状态。当控制节点接收到传感器数据时，发生数据事件 522。当控制节点发生位置变化时，发生移动事件 527。当控制节点必须探测一或多个传感器节点时，发生控制事件 525。

在发生一数据事件之后，控制节点从等待状态进入数据状态。在此状态中，控制节点处理所有输入数据并向递送数据的紧邻节点发送一 ACK 协议数据单元 (PDU)。此时，控制节点回复至等待状态。

在发生一控制事件之后，控制节点从等待状态进入控制状态。当控制节点必须探测一传感器以设置或获得参数时，即会发生控制事件。控制事件既可以同步方式亦可以异步方式发生。在此状态中，控制节点汇编一适当的 PDU 并将其发送给目的地传感器节点。在应用层中，控制节点期待自目的地传感器节点得到一 (ACK)。在链路层中，控制节点期待自接收到供传输给目的地传感器的探测 PDU 的紧邻节点得到一确认 (ACK) PDU。如果在一规定时间内未接收到 ACK，则重新发送探测 PDU。控制节点可尝试将探测 PDU 重新发送若干次 (可尝试其它路由)。如果控制节点未接收到一 ACK PDU，则控制节点进入拓扑建立状态以重新建立其相邻拓扑。控制节点在假定一或多个相邻节点可能已改变位置时执行此功能。

在重新建立其微微网及路由信息之后，控制节点回复至等待状态。应注意，控制节点只有在接收到一 ACK PDU 之后才从其探测队列中移去一元素。在等待状态中，由于探测队列不为空队列，因此紧接着触发一控制事件 525。然后，控制节点回复至控制状态并发送未经确认的探测 PDU。

图 6 显示一用于操纵一本发明传感器节点的方法 600 的流程图。更具体来

说，图 6 显示一传感器节点的与各种事件类型相关的各种状态。

在一实施例中，传感器节点可处于七种状态。这些状态是拓扑建立状态、路由建立状态、证件建立状态、等待状态、数据状态、探测状态和路由状态。

在步骤 610 所示的拓扑建立状态中，传感器（或中继）节点设立起供参与一微微网的机制。该传感器（或中继）节点尝试使用询问扫描（和呼叫扫描）过程来加入一微微网。存在两个可控制该询问过程的参数：询问扫描持续时间和询问扫描周期。持续时间用于确定该询问扫描过程应持续多长时间，而询问周期则确定必须以何种频度来调用该询问扫描过程。传感器节点亦尝试使用询问和呼叫过程来确定其相邻节点。在建立微微网后，传感器节点立即回复至路由建立状态。

在步骤 620 所示的路由建立状态中，传感器（或中继）节点建立起通往控制节点的路由并在接收到路由请求消息时在一路由回答消息中将路由信息发送给其紧邻的节点。路由回答消息是对传感器/中继节点所产生的路由请求消息的回应。如在传感器部署情形中所述，传感器节点继续进行一 TES-RES 循环，直到该 TES-RES 循环结束为止。在 TES-RES 循环结束后，传感器节点立即进入步骤 630 所示的证件建立状态，而一中继节点则进入等待状态。

在步骤 630 所示的证件建立状态中，传感器节点向控制节点发出一证件消息。在一实施例中，证件消息包含描述传感器类型、可配置参数和其它装置特征的信息。然后，传感器转入等待状态。

在步骤 640 所示的等待状态中，传感器节点等待四种事件：传感器数据事件 644、探测接收事件 642、移动性事件 649 或路由事件 648。视在等待状态中发生何种事件而定，传感器节点转入一数据状态 647、一探测状态 645 或一拓扑建立状态 610 中。当传感器节点接收到传感器数据或必须发送传感器数据时，会发生一传感器数据事件（DE）644。当传感器自控制节点接收到一探测消息时，会发生一探测接收事件（PE）642。当传感器节点发生位置变化时，会发生一移动事件（ME）649。

当未接收到一所期望的对一所发送 PDU 的 ACK 时，便探测到一移动事件。在探测到该移动事件时，会使传感器节点转入拓扑建立状态。

当一节点接收到一未经请求的路由回答消息时，会发生一路由事件 648。控制节点在其改变位置时会发出未经请求的路由回答消息。

在发生一数据事件 644 之后，传感器节点从一等待状态 640 进入数据状态 647。此时，传感器节点可发送或接收数据。如果欲将数据发送至控制节点，则传感器节点汇编适当的 PDU 并将数据发送至控制节点。然后，传感器节点期待自接收到该传感器数据的紧邻节点得到一确认 (ACK) PDU。如果在一规定时间内未接收到 ACK，则传感器节点会假定发生一移动性事件 649，并转入拓扑建立状态。在成功建立拓扑、路由和证件之后，传感器节点转入等待状态 640。应注意，传感器节点只有在接收到一 ACK PDU 之后才从其数据队列中移去一元素。在等待状态中，由于数据队列不为空队列，因而会立刻触发一数据事件。然后，传感器节点回复至数据状态 647 并重新发送未经确认的传感器 PDU。如果将会接收到数据 (探测消息)，则传感器节点处理该输入数据。此时，传感器节点回复至等待状态 640。

在发生一探测接收事件时，传感器节点从等待状态 640 进入探测状态 645。传感器节点会采取适当措施并发送一回应 ACK PDU。如果该探测接收要求得到传感器信息，则传感器会发送该数据并期待自其相邻节点得到一 ACK PDU。如果未接收到 ACK，则传感器节点转入如上文所述的 TES-RES 循环。然后，传感器节点转入等待状态 640。应注意，传感器节点只有在接收到一 ACK PDU 之后才从其探测回应队列中移去一元素。在等待状态中，如果探测回应队列不为空队列，则会触发一探测接收事件并重新发送所请求的探测回应。然后，传感器节点回复至等待状态。

传感器 (或中继) 节点在自一相邻节点接收到一未经请求的路由回答消息时，会自等待状态进入路由状态 650。未经请求的路由回答消息是当控制节点改变位置时由控制节点发出。在此状态中，传感器 (或中继) 节点会更新其通往

发端控制节点的路由并将路由回答消息转发给其相邻节点。然后，该节点回复至等待状态。

应注意，询问扫描过程隐含于所有节点的等待状态中。否则，将永远不会发现节点。

应注意，一节点可具有一个以上通往控制节点的路由。可根据某种最优性判据来进行路由选择。举例来说，可用于路由选择的尺度可以是路程段数量、路由时间延迟和链路的信号强度。应注意，当发生一移动性事件时，通往控制节点的新路由在路程段数量方面未必最优。计算最优路由（使用路程段数量作为尺度）包括：指示控制节点发生了一移动性事件，并在各网络节点之间重新启动 TES-RES 循环。此方法可能会消耗相当大的功率而且还可能会增加探测的几率。在一实施例中，不通过广播路由消息来获得最优路程段数量为较佳，否则将消耗电池功率并增加探测的几率。

应注意，对本发明传感器网络中可部署的节点数量并不存在本质限制。对可参与一微微网的节点数量亦不存在任何本质限制。尽管当前的蓝牙（Bluetooth）实施方案将一邻近拓扑（微微网）限制为八个节点，但本发明不受这种限制。

应注意，网络拓扑中的低速率拓扑变化系通过移动性事件和路由事件来寻址。网络拓扑既可能会因节点位置出现变化也可能会因节点出现故障而发生改变。所有节点均可在指示出现一移动性事件之前尝试其它路由。其它路由可能在路程段数量方面为次最优路由，但亦可能在数据包递送延迟方面为最优路由。如果不存在其它路由，则节点将指示出现一移动性事件。

应注意，在一节点中部署一队列可提供一重要功能，例如可存储需要重新发送的数据。亦即，重新传输传感器数据和控制数据可保证可靠地进行递送。

此外，应注意，除非发生一事件外，所有节点均保持静默（除后台询问扫描处理之外）。这可最大限度地降低功耗和探测几率。

最后，本发明不受物理层协议的限制。上述方法和协议可通过蓝牙



(Bluetooth) 802.11B、超宽频带无线电协议或任何其它物理层协议来实施。

图 7 显示一构建一本发明网络节点的通用计算系统或计算装置 700 的方块图。亦即，上述任一网络节点均可使用通用计算系统 700 来构建。计算机系统 700 包含一中央处理单元 (CPU) 710、一系统存储器 720 和若干输入/输出 (I/O) 装置 730。

在一实施例中，上述新颖协议、方法、数据结构和其它软件模块均装入存储器 720 中并由 CPU 710 运行。另一选择为，可将存储器 720 中的各种软件模块 (或其一部分) 均构建为实体装置或甚至一软件与硬件的组合，例如使用应用专用集成电路 (ASIC) 来构建，其中软件系从一存储媒体 (例如磁或光驱动器、或磁盘或光盘) 装入并由 CPU 在计算机存储器 720 内运行。因此，上述新颖协议、方法、数据结构和其它软件模块或其一部分可存储在一计算机可读媒体内，例如存储在 RAM 存储器、磁或光驱动器、或磁盘或光盘、及类似装置内。

根据一具体网络节点的实施方案而定，I/O 装置包括 (但不限于) 一键盘、一鼠标、一显示器、一存储装置 (例如磁盘驱动器、光驱动器等)、一扫描仪、一打印机、一网络接口、一调制解调器、一图形子系统、一发射机、一接收机、一或多个传感器 (例如一全球定位系统 (GPS) 接收机、一温度传感器、一振动或地震传感器、一声音传感器、一电压传感器及类似装置等等)。应注意，图 7 并未具体显示出各种控制器、总线桥接器和接口 (例如存储器和 I/O 控制器、I/O 总线、AGP 总线桥接器、PCI 总线桥接器等等)。但是，所属领域的技术人员将认识到，可在计算机系统 700 内部署各种接口，例如，可部署一 AGP 总线桥接器来使一图形子系统与一系统总线进行接口等等。应注意，本发明并不限于具体总线或系统体系结构。

举例来说，可使用计算系统 700 来构建本发明的一传感器节点。更具体来说，计算系统 700 可包含一蓝牙 (Bluetooth) 堆栈、一路由协议 (可包括安全性要求和服务质量要求)、和一智能传感装置协议。这些协议和方法均装入存储器 720 内。

---

尽管本文系详细阐述及显示各个体现本发明教导内容的实施例，但所属领域的技术人员可容易地设计出许多其它经修改的仍体现这些教导内容的实施例。

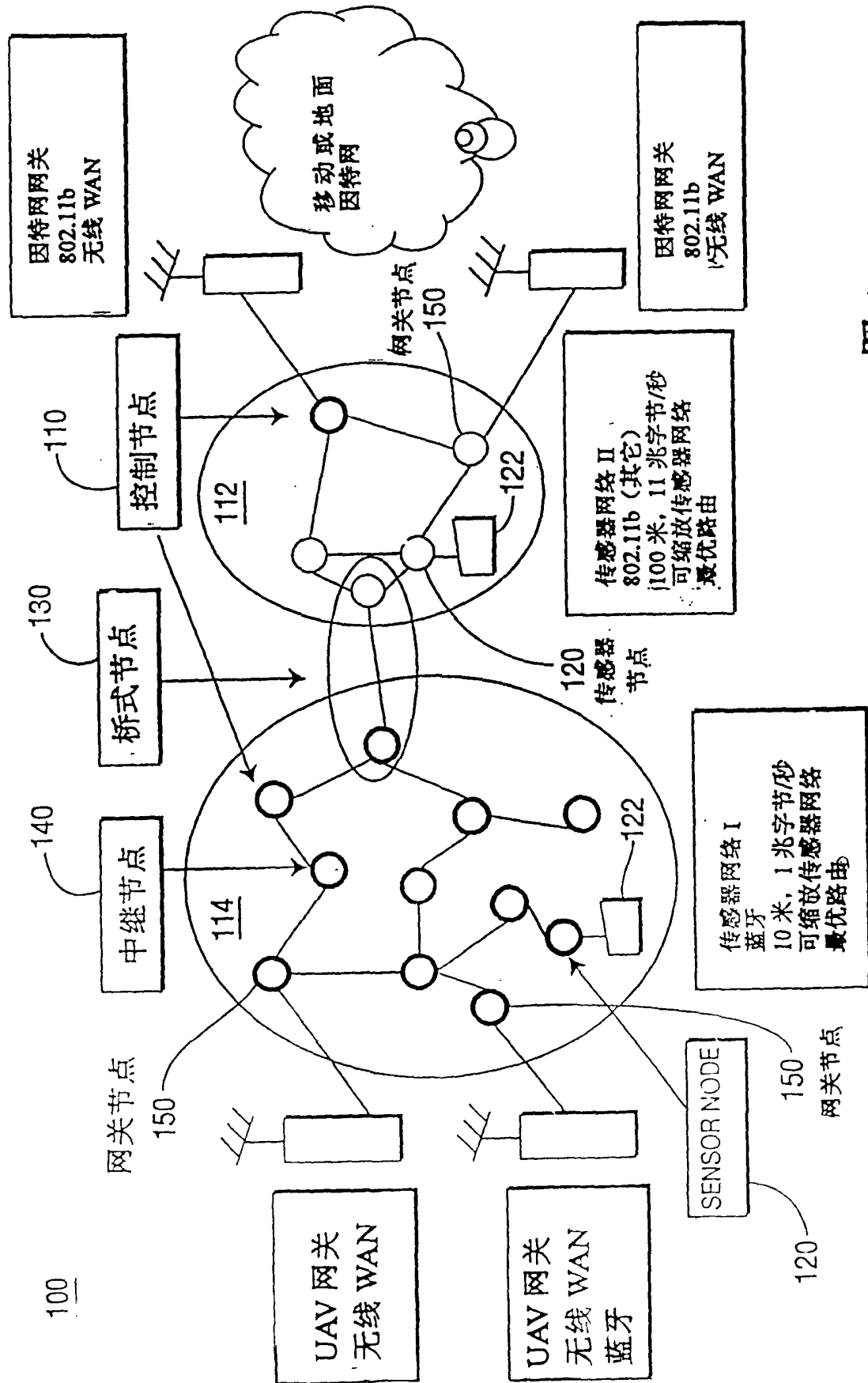


图 1

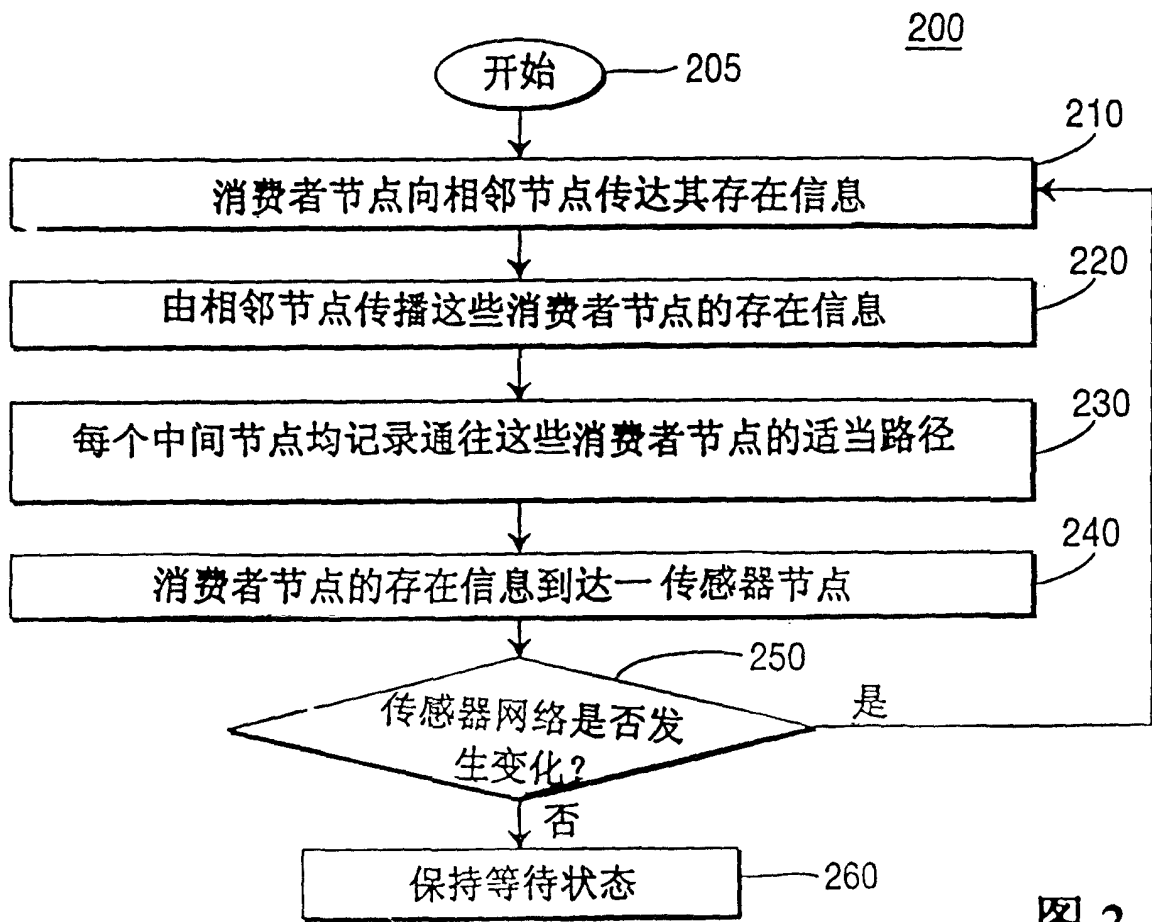


图 2

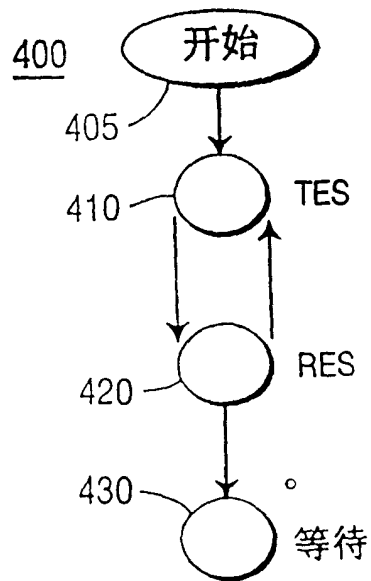
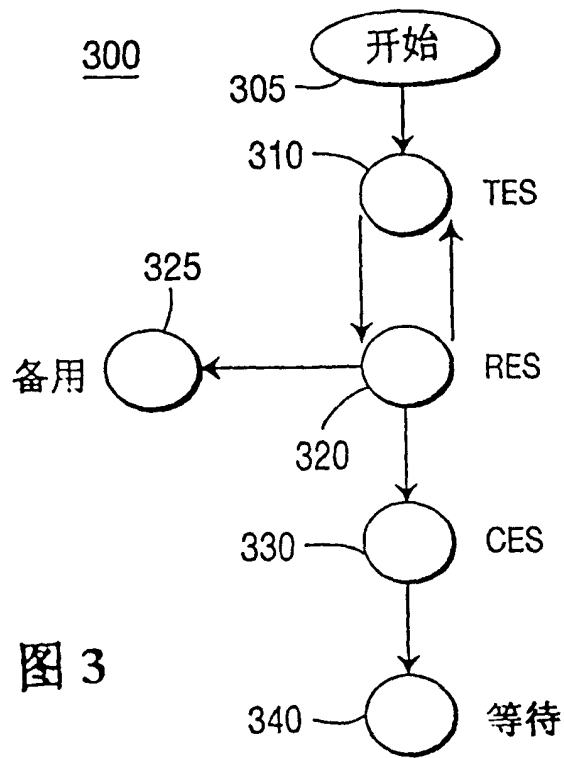


图 4

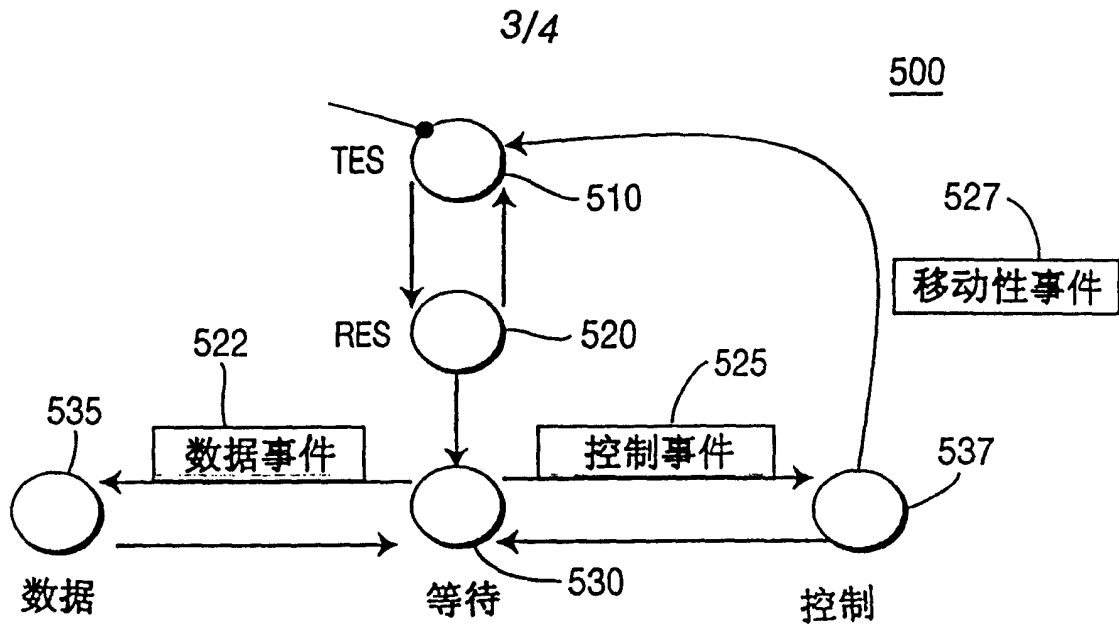


图 5

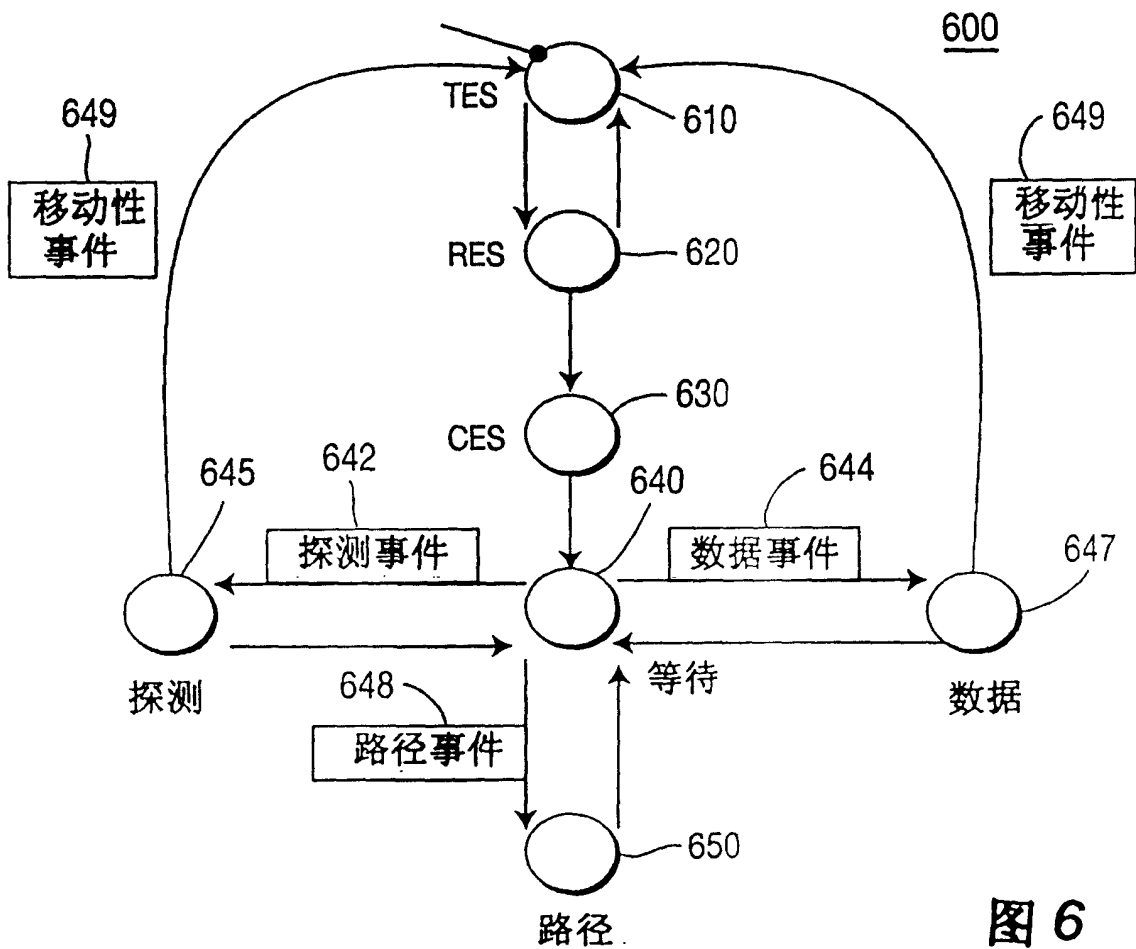


图 6

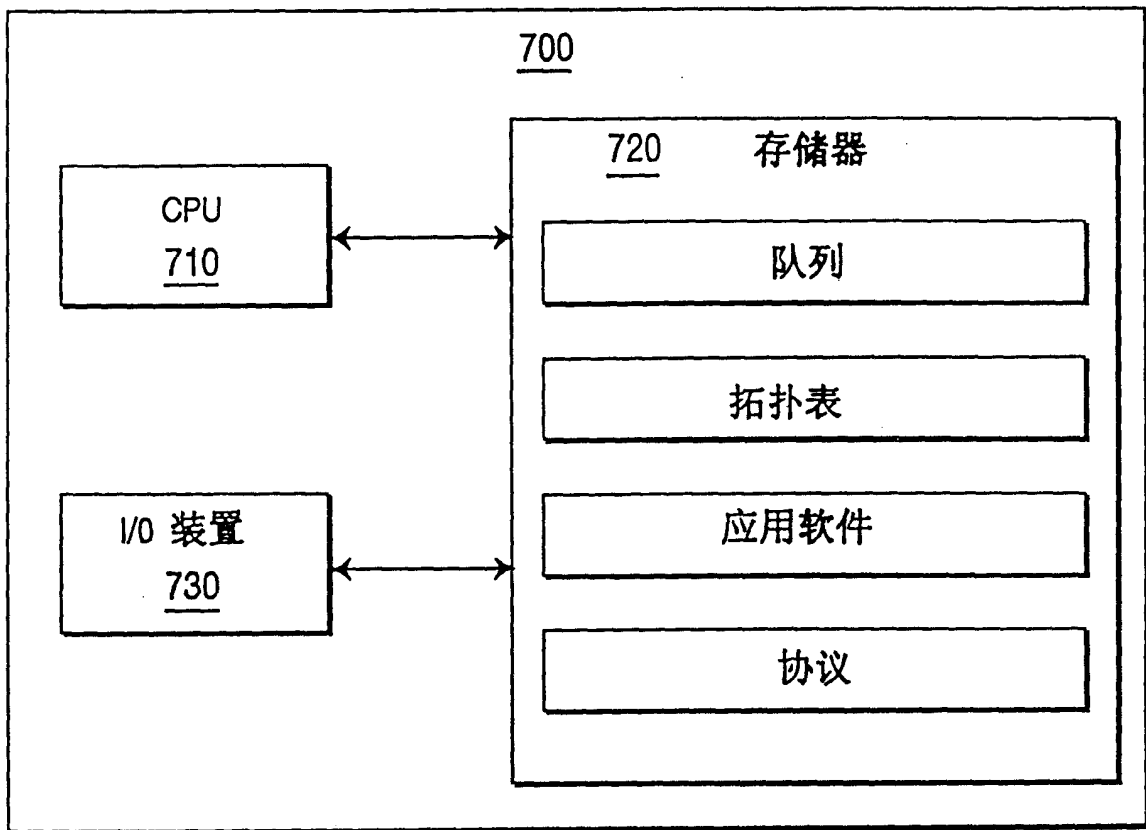


图 7