



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03811980.3

[43] 公开日 2005 年 8 月 17 日

[11] 公开号 CN 1656833A

[22] 申请日 2003.4.28 [21] 申请号 03811980.3
 [30] 优先权
 [32] 2002. 4. 29 [33] US [31] 10/134,859
 [86] 国际申请 PCT/US2003/013139 2003.4.28
 [87] 国际公布 WO2003/094405 英 2003.11.13
 [85] 进入国家阶段日期 2004.11.25
 [71] 申请人 哈里公司
 地址 美国佛罗里达
 [72] 发明人 约瑟夫·B·凯恩

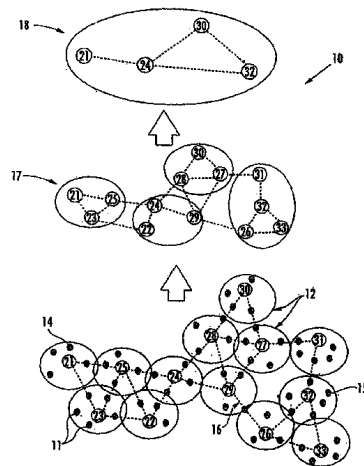
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商
 标事务所
 代理人 付建军

权利要求书 3 页 说明书 25 页 附图 8 页

[54] 发明名称 层次移动专门网络和使用动态源路由(DSR)执行反应性路由的方法

[57] 摘要

提供了一种用于在包括分组为节点群集(12)的多个节点(11)和连接多个节点的多个无线链路(16)的移动专门网络(10)中发送数据的方法,其中,每一个群集节点(11)都具有指定的群集领导节点(21)-(23)。该方法可以包括从源群集的源节点向源群集的群集领导节点发送群集级别的路由请求,以及响应群集级别的路由请求并使用多个群集领导节点确定源群集与包括目的节点的目的群集之间的群集级别的路由。此外,可以在沿着群集级别的路由中的群集中指定至少一个群集目标节点,确定包括至少一个群集目标节点的从源节点到目的节点的节点级别的路由。



1. 一种在无线专门网络中发送数据的方法，所述无线专门网络包括分组为节点群集的多个节点以及连接多个节点的多个无线链路，每一个群集都具有指定的群集领导节点，该方法包括：

从源群集的源节点向源群集的群集领导节点发送群集级别的路由请求；

响应群集级别的路由请求并使用多个群集领导节点确定源群集与包括目的节点的群集之间的群集级别的路由；

指定沿着群集级别的路由的群集中的至少一个群集目标节点；

确定包括至少一个群集目标节点的从源节点到目的节点的节点级别的路由；

产生任务数据包，所述任务数据包包括目的节点的地址、至少一个群集目标节点的地址、节点级别的路由和群集级别的路由；以及

基于任务数据包，通过节点级别的路由，从源节点向目的节点传输数据。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，确定节点级别的路由的过程包括确定从源节点到沿着群集级别的路由的下一个相邻群集的群集目标节点的节点级别的路由；还进一步包括确定从每一个群集目标节点到沿着群集级别的路由的下一个群集目标节点的节点级别的路由。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，产生任务数据包的过程进一步包括更新沿着群集级别的路由的每一个群集目标节点中的任务数据包，以包括下一个群集目标节点的地址和节点级别的路由。

4. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，如果源群集和目的群集是同一个群集，则至少一个群集目标节点的地址和群集级别的路由等于预先确定的值。

5. 根据权利要求 1 所述的方法，进一步包括，在源节点中存储到目的节点的层次源路由，其中包括群集级别的路由，至少一个群

集目标节点的地址和节点级别的路由。

6. 根据权利要求 1 所述的方法进一步包括, 将至少包括源群集领导节点和目的群集领导节点的多个群集领导节点分组到领导节点群集中, 以及确定领导节点群集内的从源群集的群集领导节点到目的群集的群集领导节点的高级别的路由; 其中, 群集级别的路由至少包括沿着高级别的路由的具有相应的群集领导的群集。

7. 根据权利要求 1 所述的方法, 其中, 确定群集级别的路由的过程包括:

确定群集领导节点之间的指定通信链路;

通过指定的通信链路从源群集的群集领导节点向其余的群集领导发送群集领导节点路由请求; 以及

沿着群集领导节点路由请求的传送路由从目的群集的群集领导节点向源群集的群集领导节点返回群集领导节点路由应答。

8. 根据权利要求 7 所述的方法, 进一步包括基于延迟、链路容量和可用性中的至少一个确定传送路由。

9. 一种无线专门网络, 包括:

分组为节点群集的多个节点, 每一个群集节点都具有指定的群集领导节点; 以及

连接所述多个节点的多个无线链路;

所述多个节点通过执行下列操作在相互之间发送数据

从源群集的源节点向所述源群集的群集领导节点发送群集级别的路由请求;

响应群集级别的路由请求并使用多个所述群集领导节点确定所述源群集与包括目的节点的群集之间的群集级别的路由;

指定沿着群集级别的路由的群集中的至少一个群集目标节点;

确定包括所述至少一个群集目标节点的从所述源节点到所述目的节点的节点级别的路由;

产生任务数据包, 所述任务数据包包括所述目的节点的地址、所述至少一个群集目标节点的地址、节点级别的路由和群集级别的路由;

以及

基于任务数据包，通过节点级别的路由，从所述源节点向所述目的节点传输数据。

10. 根据权利要求 9 所述的移动专门网络，其中，节点级别的路由包括从源节点到沿着群集级别的路由的下一个相邻群集的群集目标节点的节点级别的路由，以及从每一个群集目标节点到沿着群集级别的路由的下一个群集目标节点的节点级别的路由。

11. 根据权利要求 9 所述的移动专门网络，其中，目的节点的地址与相应的群集领导节点的地址一起存储在源群集的群集领导节点中。

12. 根据权利要求 1 所述的移动专门网络，其中，在源节点中，存储到目的节点的层次源路由，包括群集级别的路由，至少一个群集目标节点的地址和节点级别的路由。

13. 根据权利要求 9 所述的移动专门网络进一步包括连接群集领导节点的指定的通信链路；其中，通过所述指定的通信链路从所述源群集的所述群集领导节点向所述其余的群集领导发送群集领导节点路由请求，沿着群集领导节点路由请求的传送路由从所述目的群集的所述群集领导节点向所述源群集的所述群集领导节点返回群集领导节点路由应答。

层次移动专门网络和使用动态源 路由 (DSR) 执行反应性路由的方法

技术领域

本发明涉及通信网络领域，具体来说，涉及移动专门无线网络以及相关的方法。

背景技术

过去十年，无线网络得到了很大的发展。最快速发展的领域之一是移动专门网络。从物理上来讲，移动专门网络包括许多在地理位置上分布的，共享共同的无线电信道的潜在的移动节点。与诸如蜂窝网络或卫星网络之类的其他类型的网络相比，移动专门网络的最显著的特征是缺少任何固定的基础结构。该网络可以只由移动节点构成，在节点彼此之间进行数据传输时，“动态地”形成了网络。该网络不依赖特定节点，并随着某些节点加入或另一些节点离开网络而动态地进行调整。

由于这些独特的特征，因此，需要可以适应于频繁的拓扑变化的用于控制专门网络内的数据流的路由协议。近年来，出现了两个基本类别的专门路由协议，即，反应性或“按需”协议，以及主动或表驱动的协议。当响应路由请求需要到目的地的特定路由时，反应性协议收集路由信息。反应性协议的示例包括专门按需距离矢量 (AODV) 路由、动态源路由 (DSR)，以及临时排序路由算法 (TORA)。

另一方面，主动路由协议试图维护从网络中的每一个节点到所有其他节点的一致而最新的路由信息。这样的协议通常要求每一个节点维护一个或多个表，以存储路由信息，它们通过将更新在整个网络中传播以维护网络的一致视图来响应网络拓扑中的变化。这样的主动路由协议的示例包括目的地序列距离-矢量 (DSDV) 路由（在协议在授予佩尔金的美国专利 No. 5,412,654）；无线路由协议 (WRP)；以

及群集头网关交换机路由 (CGSR)。使用主动和反应性两种方法的混合协议有区域路由协议 (ZRP)，这在授予哈斯的美国专利 No. 6,304,556 中进行了说明。

专门网络的进一步发展所面临的一个挑战是扩展这样的网络以包含大量的节点。现有技术中的一个这样做的尝试是利用“脊柱”路由，如在 Das 等人在“Routing in Ad hoc Networks using Minimum Connected Dominating Sets,”IEEE int. Conf. On Commun. (ICC '97), 1997”所说明的最佳脊柱路由 (OSR) 方法中所采用的。在此方法中，定义了脊柱或“虚拟主干网”，以便每一个网络节点都不只是从脊柱节点的一个跳跃。在每一个脊柱节点中维护全局拓扑（链路状态），在每一个脊柱节点中运行了链路状态路由算法，以产生到每一个目的地的当前路由。

另一个相关的方法是群集脊柱路由 (CSR)，这由 Das 等人在“Routing in Ad hoc Networks using a Spine,” IEEE. Int. Conf. On Computer Commun. and Networks (IC3N '97), 1997 中进行了说明。此方法通过对群集中的节点进行分组并将第二层次级别添加到 OSR 方法来将脊柱路由的适用性扩展到较大的网络中。另一个方法是 Sivakumar 等人在“The Clade Vertebrata: Spines and Routing in Ad hoc Networks,”IEEE Symposium On Computer and Commun., 1998”所说明的部分知识脊柱路由 (PSR)。

上述采用现有技术的群集/脊柱方法中的每一个方法的一个共同特征是它们都依赖主动路由。主动路由的一个潜在的缺点是，它通常要求大量的路由开销，以一直维护到所有目的地的最佳路由。当应用于包括许许多多节点的专门网络时，此问题可能变得特别尖锐。

发明内容

鉴于上述背景，因此，本发明的目标是提供特别适合具有相对比较多的节点的网络的在专门网络中发送数据的方法。

用于在包括分组为节点群集（其中，每一个群集都具有指定的群集领导节点）的多个节点和连接多个节点的多个无线链路的无线专门

网络中发送数据的方法提供了根据本发明的此目标及其他目标、特点和优点。该方法可以包括从源群集的源节点向源群集的群集领导节点发送群集级别的路由请求，以及响应群集级别的路由请求并使用多个群集领导节点确定源群集与包括目的节点的群集之间的群集级别的路由。此外，可以在沿着群集级别的路由中的群集中指定至少一个群集目标节点，确定包括至少一个群集目标节点的从源节点到目的节点的节点级别的路由。此外，该方法还可以包括产生任务数据包，所述任务数据包包括目的节点的地址、至少一个群集目标节点的地址、节点级别的路由和群集级别的路由。可以基于任务数据包，通过节点级别的路由，从源节点向目的节点传输数据。

具体来说，确定至少一个群集目标节点的过程可以包括确定沿着群集级别的路由的每一个群集的相应的群集目标节点。此外，确定节点级别的路由的过程可以包括确定从源节点到沿着群集级别的路由的下一个相邻群集的群集目标节点的节点级别的路由，并可以确定从每一个群集目标节点到沿着群集级别的路由的下一个群集目标节点的节点级别的路由。此外，产生任务数据包的过程可以进一步包括更新沿着群集级别的路由的每一个群集目标节点中的任务数据包，以包括下一个群集目标节点的地址和节点级别的路由。

如果源群集和目的群集是同一个群集，则至少一个群集目标节点的地址和群集级别的路由等于预先确定的值。该方法可以进一步包括将目的节点的地址与相应的群集领导节点的地址一起存储在源群集的群集领导节点中。此外，在源节点中可以存储到目的节点的层次源路由。层次源路由可以包括群集级别的路由，至少一个群集目标节点的地址，以及节点级别的路由。另外，群集级别的路由可以存储在源群集的群集领导节点中。

此外，该方法还可以包括将至少包括源群集领导节点和目的群集领导节点的多个群集领导节点分组到领导节点群集中。可以确定从源群集的群集领导节点到领导节点群集内的目的群集的群集领导节点的高级别的路由。此外，群集级别的路由可以至少包括沿着高级别的路

由的具有相应的群集领导节点的群集。

确定群集级别的路由的过程还可以包括确定群集领导节点之间的指定通信链路，以及通过指定的通信链路从源群集的群集领导节点向其余的群集领导发送群集领导节点路由请求。此外，可以沿着群集领导节点路由请求的传送路由从目的群集的群集领导节点向源群集的群集领导节点返回群集领导节点路由应答。

具体来说，至少一个指定的通信链路可以包括不是群集领导节点的节点。此外，每一个群集领导节点都可以存储相邻的群集领导节点的身份，发送群集领导节点路由请求的过程可以包括从每一个群集领导节点向其相邻的群集领导节点发送群集领导节点路由请求。此外，还可以定期轮询相邻的群集领导节点以维护当前地址。此外，传送路由可以包括源和目的群集的群集领导节点之间的最少数量群集领导节点。诸如延迟、链路容量、可用性之类的其他路径量度也可以用来确定最佳路由。

还可以提供根据本发明的移动专门网络，该网络可以包括分组为节点群集（其中，每一个群集都具有指定的群集领导节点）的多个节点，以及连接所述多个节点的多个无线链路。多个节点可以在相互之间发送数据，如上文所简要描述的。

附图说明

图 1 是根据本发明的专门网络的示意图。

图 2 是显示沿着群集级别的路由的节点级别的路由的图 1 的专门网络的示意图。

图 3 是显示多个层次级别的图 1 的专门网络的示意图。

图 4 是显示根据本发明的用于在专门网络内发送数据的方法的流程图。

图 5 是详细地显示图 5 的群集级别的路由发现进程的流程图。

图 6 是详细地显示图 5 的节点级别的路由发现进程和数据传输的流程图。

图 7 是显示使用动态源路由 (DSR) 的图 5 的方法的另一个

实施例的流程图。

图 8 是显示使用专门按需矢量 (AODV) 路由的本发明的另一个实施例的流程图。

图 9 是根据本发明的路由错误恢复的方法的流程图。

图 10 是显示根据本发明的对群集进行分组和指定群集领导节点的示意图。

具体实施方式

下文将参考附图比较全面地描述本发明，在附图中显示了本发明的优选的实施例。然而，本发明可以以许多不同的方式实施，不应该理解为仅局限于的这里阐述的实施例。相反，提供这些实施例是为了使本说明书比较全面和完整，并向那些本领域普通技术人员全面地传达本发明的范围。相同的编号表示相同的元素，带撇号和带多个撇号的符号用来表示其他实施例中的类似的元素。

首先请参看图 1，根据本发明的移动专门网络 10 包括通过无线通信链路 13 连接的多个节点 11。正如那些本领域普通技术人员所理解的，节点 11 可以是借助于无线调制解调器以及其它设备能够在无线专门网络内进行通信的任何类型合适的无线通信设备。当然，如果愿意，某些节点 11 也可以可选地连接到固定的通信基础结构。

根据本发明，节点 11 优选情况下被分组到群集 12 中，如图 1 中的包围相应的节点组的圆所示。下面将详细描述将节点 11 分组到群集 12 的过程。对于每一个群集 12，其中一个节点 11 被指定为相应的群集领导节点 21-33。下面将进一步详细描述指定群集领导节点 21-33 的过程以及其功能。为清楚起见，当这里分别讨论群集 12 时，将通过其相应的群集领导节点的引用编号来表示特定的群集。例如，群集领导节点 21 在群集 21 内等等。

现在将参考图 4-6 的流程图描述根据本发明的用于在专门网络 10 内发送数据的方法。该方法通过在方框 41 中将节点 11 分组到群集 12 中开始（方框 40）。将节点 11 分组到群集 12 的过程可以采用各种方法。一般而言，正如那些本领域普通技术人员所理解的，

优选情况下，进行群集分组的决定和群集领导的选择是基于一般化的度量来进行的，并选择了参数以满足特定的网络要求。

作为示例，节点 11 可以基于群集关联度量选择要加入的群集 12。可以为节点 11 可以关联的每一个潜在的群集 12 计算此度量，它可以基于节点与相关群集的“匹配”程度来进行。群集关联度量可以是简单的跳跃计数度量，其中，为到群集领导节点的路径计算跳跃计数。在此简单的情况下，节点将与在跳跃计数中最近的群集领导节点关联。

其他量度可以考虑诸如在 k_N 跳跃内到所有群集成员的路径量度、在 k_N 跳跃内群集成员的数量、到群集领导的路径量度，和/或群集领导量度之类的量度。有多种可能的方法，用于以将这些量度结合起来，以为群集关联创建一个统一的量度。一个示例是其中节点为与群集领导节点 m 关联计算量度 M_m^{CA} 的加权总和：

$$M_m^{CA} = M_m^{CL} + a \cdot M_m^{PCL} + \frac{c}{(n_m)^b} \cdot \sum_i M_i^P, \quad (1)$$

其中， n_m 是位于群集 m 中的 k_N 跳跃邻近区域内的节点数量， M_i^P 是到该邻近地区中的 i^{th} 节点的路径量度， M_m^{PCL} 是到群集领导节点 m 的路径量度， M_m^{CL} 是群集领导量度， a 、 b 和 c 是符合网络要求的参数。当然，正如那些本领域普通技术人员所理解的，也可以使用其他合适的方法。

上述参数允许在以最小的路径量度选择群集领导节点 21-33 与以最小路径量度选择群集 12 之间与在群集中有尽可能多的节点 11 关联中取得折中。节点 11 选择群集领导节点 21-33，它与其具有最小的群集关联量度 M_m^{CA} 作为要加入的领导。此外，可以确定跳跃计数限制，该限制要求新群集成员在群集领导节点的跳跃 k_c 内，以及对每个群集的节点数量的限制 L_{CL} 。

上述计算中所使用的路径量度可以包括诸如跳跃计数、延迟、可用容量、节点耐久性和/或链路耐久性之类的一个或多个分量作为节点或链路量度，虽然正如那些本领域普通技术人员所理解的，也可以使用其他合适的方法。也可以作为沿着路径的链路和节点量度分量的加

权总和来计算路径量度。

在方框 42 中，如果上述群集关联量度不在某些限度内，那么，节点 11 可以选择尝试成为群集领导节点并构成新群集 12。在这样做时，它可以与其 k_N 跳跃邻居竞争成为群集领导。另一个量度（群集领导量度）也可以用于此用途。一般而言，群集领导量度是基于节点 11 为其 k_N 跳跃邻居执行群集领导节点的任务的良好程度来确定的。

具体来说，群集领导量度可以呈现多种形式中的一种。它可以是 k_N 跳跃邻近区域中可达到的节点的数量。然而，在某些情况下可能需要量度的其他分量。优选情况下，群集领导应该在其作为群集领导而工作方面是“持久的”，即，而不是在通电和睡眠模式之间周期性地变化。正如那些本领域普通技术人员所理解的，间歇地操作的群集领导节点 21-33 可能会在层次拓扑中产生中断的动力。

如此，竞争成为群集领导的节点 11 可以使用诸如 k_N 跳跃邻近区域中可达到的节点的数量、到这些节点的路径量度、到相邻的群集领导节点 21-33 的路径量度、总的节点链路容量、节点持久性，以及节点相对移动性之类的一个或多个分量来计算它们的群集领导量度 M_m^{CL} 。当然，正如那些本领域普通技术人员所理解的，也可以使用其他量度分量。正如那些本领域普通技术人员所理解的，对于给定网络应用，群集领导量度可以以类似于上述针对群集关联量度的公式 (1) 所显示的方式作为该应用所需要的那些分量的相应的组合来构成。

如下面所进一步讨论的，每一个群集领导节点 21-33 都定期广播群集领导节点通告 (CLNANN) 消息（传播限制为 n_{CL} 跳跃）。此消息的传播限制可以这样，以便它可以到达所有群集成员以及所有相邻群集的群集领导节点。此消息将宣布某节点作为群集领导节点，并包括该节点的群集领导量度。此外，正如那些本领域普通技术人员所理解的，它可以包括占位符，以允许传播它所借助的任何路径的路径量度的累积。

正如那些本领域普通技术人员所理解的，多种形式的路径量度也是可以的，路径量度可以作为一个或多个分量累积或者作为其每一个

节点重新传输 CLNANN 消息并将其影响附加到矢量量度的矢量。路径量度和群集领导量度允许任何节点计算群集关联量度。还可以理解，加入或与群集关联的过程以及选择群集领导节点的过程，虽然为清楚起见这里进行了单独的描述，事实上，可以如此紧密相关，在某些实施例中，它们可以以单一的复合算法来实现。

现在将参考图 10 进一步地讨论群集关联和选择群集领导节点的操作细节，图中概要显示了选择新群集领导节点的情况。群集 101 和 102 分别包括指定的群集领导节点 101 和 102。为清楚起见，用于特定的群集领导节点的相同引用数字还将用来表示其相应的群集。现在将使用图 10 中所示的示例，讨论与定期消息发布、节点通电选择和群集关联、群集领导节点选择、链路故障、节点故障和新链路添加关联的操作细节。

关于定期消息发布，可以使用两种类型的定期消息。如上文所简要讨论的，群集领导节点 101、102 发出定期的 CLNANN 消息。此消息宣布节点的存在作为群集领导节点。它传播 n_{CL} 个跳跃，以便它到达相邻群集中的所有节点，具体来说，相邻群集领导节点。此消息可以包括群集领导量度以及重新广播消息的节点的占位符，以累积从群集领导节点到沿着每一个遍历的路径的任何节点的路径的路径量度。

群集领导量度还可以用来将此量度通知给群集中的其他节点。这是为了让可以成为更好的群集领导的任何其他节点可以基于此量度判断它是否应该竞争成为领导。每一个普通节点 11 还可以广播邻近区域 HELLO 消息，该消息将广播 k_N 个跳跃，以便它到达节点的 k_N 跳跃邻近区域中的所有节点。这就允许 k_N 跳跃邻近区域中的所有节点将路径量度信息集中到邻近区域中的所有节点。以这样的方式获得的路径量度可以用来构成群集领导和群集关联量度。

关于节点通电和群集关联，在通电时，节点 11 可以执行下列步骤。节点 11 可以“监听”来自相邻群集中的群集领导节点的定期 CLNANN 消息，以识别它可以加入的潜在的群集。此外，它还可以

监听来自 k_N 跳跃邻近地区中的节点 11 的定期 HELLO 消息，以将路径量度信息集中到其 k_N 跳跃邻近区域中的所有节点。另外，它还可以将广播定期 HELLO 消息广播到其 k_N 跳跃邻近区域中的所有节点。然后，可以为每一个相邻群集领导 m 和群集领导节点 m 构成群集关联量度 M_m^{CA} ，并可以选择具有最小群集关联量度 M_m^{CA} 的群集作为要加入的群集。

优选情况下，量度 M_m^{CA} 将小于阈值 T_j ，以表示要被考虑的节点与要加入的群集足够近。如果满足此阈值，那么，将向群集领导节点 m 发送群集加入消息 CLJOIN。如果群集中的节点数量小于每个群集的节点数量限制 L_{CL} ，那么，群集领导节点接受群集中的节点，并向节点发送接受消息 CLACCEPT。如果群集领导节点不能接受另一个成员，那么，它将向节点发送拒绝消息 CLREJECT。另外，如果节点被拒绝，那么，它可以选择次好的群集领导节点作为其备份，并重复加入该群集的过程。

在上述过程之后节点 11 通常将在通电之后不久成为群集 12 的成员。在某些情况下，如在网络启动时，它将无法找到要与其完成关联的可以接受的群集领导节点 21-33。在此情况下，节点 11 可以决定竞争成为群集领导节点。

如果普通节点 103 决定竞争成为群集领导节点，则它可以启动下列过程。节点 103 可以向其 k_N 跳跃邻近区域中的所有节点 11 广播特殊类型的 CLNANN 消息，该消息宣布其要竞争成为群集领导节点，这包括由节点所计算出的群集领导量度。为确保可靠性， k_N 跳跃邻近区域中的每一个节点 11 优选情况下将响应 CLNANN 消息。正如那些精通相关技术的普通人员所理解的，将通过单播传送向没有作出响应的任何节点 11 发送跟踪 CLNANN 消息。

积极地响应 CLNANN 消息的节点 11 返回一个 CLNANN 消息，表明同意节点 103 可以成为群集领导节点。它这样做是因为，它本身不能成为群集领导节点，或者，它的群集领导量度比在原始 CLNANN 消息中接收到的群集领导量度大。对 CLNANN 消息作出

否定响应的节点 11 返回 CINANN 消息，该消息宣布，它的群集领导量度比在原始 CLNANN 消息中接收到的群集领导量度更好，它将成为更好的群集领导。如果群集领导量度相同，则可以将群集领导角色给予具有最小节点 ID 的节点，尽管还可以使用其他判决方法。

如果所有 CLNANN 消息响应都是肯定的，或者，如果有竞争，但节点 103 赢得群集领导节点角色，那么，该节点承担群集领导节点角色。然后，它开始定期广播要传播 n_{CL} 跳跃的常规 CLNANN 消息，以到达相邻群集 12 中的所有节点 11 和相邻群集领导节点。其他节点 11 现在可以开始考虑它们是否应该加入此新群集。此外，如果另一个节点赢得表明同意节点角色，那么，节点 103 将考虑它是否应该加入此新群集领导节点的群集。

下面将进一步详细讨论链路/节点故障和路由恢复，但此时在群集分组和群集领导节点指定的上下文中进行简要讨论是适当的。具体来说，当节点 11 丢失到相邻节点的链路时，它可以执行某些操作。即，它可以测试其到其群集领导节点的路径，以判断它是否可以停留中同一个群集中。如果它不能找到通往群集领导节点的节点级别的路由，那么，它可以与另一个群集领导节点关联。另一方面，如果节点 11 判断它仍具有到群集领导节点的路径，那么，它可以重新评估到此群集领导节点和到相邻群集的群集领导节点的群集关联量度。

如果群集关联量度增加到另一个阈值 T_L 以上的一个值，即， $M_m^{CA} > T_L > T_j$ ，那么，优选情况下它将离开群集，并可能查找其群集关联量度满足加入的标准的相邻群集，如上文所述。此外，节点 11 可能发现，它具有比相邻群集领导节点更好的群集关联量度。如果其当前关联是与群集领导节点 m ，其最佳相邻群集领导节点是节点 k ，那么，如果节点 k 具有群集关联量度，该量度好于指定的阈值，则节点可以与相邻群集关联。即，如果 $M_m^{CA} - M_k^{CA} > \Delta_{cl}$ ，那么它从群集 m 切换到群集 k 。正如那些本领域普通技术人员所理解的，在多种情况下，节点可能发现，它应该尝试使用上文所定义的过程构成新群集并竞争群集领导角色。

关于节点故障，无论是普通节点还是群集领导节点 21-33 都可能遇到故障或关机的情况。普通节点（即，群集领导节点 21-33 之外的节点）的故障可能等同于由节点的邻居检测到的潜在的多种链路故障。这些节点都将它当作是链路故障来对此故障作出响应，并进入根据上文所定义的过程。潜在地破坏性比较强的另一种类型的故障是群集领导节点的故障。此故障可以由相邻节点通过链路丢失来检测，并由群集中的其他节点通过定期 CLNANN 消息广播的丢失来进行检测。如果群集关联量度足够好，同一个群集中的节点可以使用上文所定义的过程选择它们可以与其关联的相邻群集领导。或者，一个或多个节点可以使用上文所定义的群集领导选择过程来竞争成为群集领导节点 21-23。

除了上文讨论的由节点所产生的拓扑动力和链路故障外，链路添加还可以产生拓扑变化。链路和节点故障易于使节点 11 在拓扑上变得更远。相反，链路添加易于使节点 11 在拓扑上变得更靠近，从而改善路径量度。流量动力也可以具有类似的效果。这可以具有使一个群集中的节点最终具有与相邻群集更好的群集关联量度的效果。正如那些本领域普通技术人员所理解的，节点 11 可以使用上文所定义的过程来判断它是否应该切换其群集关联。如果节点的当前关联是与群集领导节点 m ，其最佳相邻群集领导节点是节点 k ，那么，如果节点 k 具有群集关联量度，该量度更好指定的阈值，则节点可以与相邻群集关联。即，如果 $M_m^{CA} - M_k^{CA} > \Delta_{CL}$ ，那么它从群集 m 切换到群集 k 。

此外，两个群集领导节点可以彼此非常靠近，使消除其中一个群集领导节点成为可能。如果两个群集领导节点之间的路径量度小于指定的阈值 Δ_p ，并且如果其中之一可以支持两个群集的群集成员的总数，那么，可以确定更好的群集领导节点，其他节点可以撤回其群集领导节点角色。随着群集领导节点移动使得彼此靠近，普通节点可以使用群集关联量度，自然地迁移到它们的作为群集领导节点的最佳选择。如此，决定两个节点中的哪一个应该是其余的群集领导节点的过程将基于每一个节点的群集成员的数量以及其群集领导量度来进行。

在其中一个节点撤回其群集领导节点角色之后，与它关联的普通节点可以选择与其余群集领导节点关联或它们的其他相邻群集领导节点中的任何一个关联。

在方框 43 中，当源群集（在图 1 的所显示的示例中，群集 21）中的特定源节点 14 需要向目的群集（这里，群集 32）中的目的节点 15 发送数据时，源节点可以方便地向其相应的群集领导节点（这里，节点 21）发送群集级别的路由请求（CLRR）。然后，在方框 44 中，源群集 21 响应群集级别的路由请求，开始确定源群集 21 和目的群集 32 之间的群集级别的路由的过程。即，与现有技术的脊柱/群集路由所使用的主动方法相反，以反应性方式确定群集级别的路由。

群集级别的路由是从源群集到目的群集的路由中的群集 12 的特定顺序。请具体参看图 5，现在将详细描述确定群集级别的路由的过程。此过程从在方框 51 中确定群集领导节点 21-33 之间的指定的通信链路 16 开始（方框 50）。指定的通信链路 16 如图 1 中的虚线所示，并可以在概念上视为群集领导节点 21-33 之间的“虚拟”链路。每一个指定的通信链路都可以包括相邻群集 12 中的连接群集领导节点 21-33 的单一跳跃或多跳跃路径。即，每一个指定的链路都可以包括一个或多个不是群集领导节点 21-33 的中间节点 11，或者，在它们之间没有这样的中间节点。

确定指定的链路 16 的过程可以包括由群集领导节点通过有限广播发送群集领导节点通告（CLNANN）消息，以向所有相邻群集宣布，它是指定群集的群集领导节点。如这里所使用的，“相邻群集”是两个群集 12，其中一个群集中的至少一个节点 11 直接连接到另一个群集中的至少一个节点。

一旦群集领导节点 21-33 知道，另一个群集领导节点在相邻群集中存在，它就获得到该群集领导节点的节点级别的路由（即，群集领导节点之间的指定的通信链路 16）。这两个群集领导节点维护了它们之间的指定的通信链路 16 和彼此关联的量度。正如那些本领域普通技术人员所理解的，此量度可以包括指定的通信链路 16 中的许多

跳跃，诸如带宽、可用性等等之类的服务质量 (QoS) 参数。优选情况下，这样的量度还可以用于其他指定的链路 16。

优选情况下，每一个群集领导节点都存储所有其相邻群集领导节点的地址，并维护了到每一个相邻群集领导节点的指定的通信链路 16。一旦确定了指定的通信链路，如果由源节点 14 请求的群集级别的路由不是源群集附近的其中一个群集，那么，源群集领导节点 21 可以开始群集级别的路由发现进程。

该过程的开始是在方框 52 中通过指定的通信链路 16 从源群集的群集领导节点 21 向其余的群集领导节点 22-31 发送群集领导节点路由请求 (CLNRR)。具体来说，这可以通过从源群集领导节点 21 向每一个其相邻群集领导节点（这是图 1 中显示的示例中的群集节点 23、25）发送群集领导节点路由请求来完成。然后，群集领导节点 23、25 又将群集领导节点路由请求转发到每一个其相邻群集领导节点等等，直到请求被所有群集领导节点 21-33 接收。

正如那些本领域普通技术人员所理解的，由于不使用全局广播，上述方法大大地节省了开销流量。即，广播只需要无线链路 13 的子集。在此过程中可以使用伸缩圈搜索，以便进一步限制所需的通信开销传输。此外，可以将群集领导节点路由请求发送到目的地，以发现到单一群集、到群集列表或到所有群集的路由。群集领导节点路由请求还可以包括累积的量度，该量度可以表明需要查找到的每一个群集级别的路由。作为示例，累积的量度可以是沿着到指定的目的群集 32 的路由在群集领导节点 21-33 之间的指定的通信链路 16 的链路量度的累积。

在方框 53 中，当群集领导节点路由请求被目的群集领导节点 32 接收时，目的群集领导节点以群集领导节点路由应答 (CLRREP)。此群集领导节点路由应答被目的群集领导节点 32 用来将群集级别的路由返回到源群集领导节点 21。此消息通过群集领导节点路由请求所经过的传送路由（即，连接源群集领导节点 21 和目的群集领导节点 32 的指定的通信链路 16）返回。

群集领导节点路由应答中的信息可以包括传送路由上的群集的顺序，尽管其他变化也是可以的，如下面所进一步讨论的。此外，可以返回特定传送路由的路径量度（或可以合并以构成路径量度的分量）。当然，有可能会发生这样的情况：目的群集领导节点 32 可以从一个以上的其相邻群集领导节点（即，图 1 中所示的示例中的群集领导节点 26、31 和 33）接收相同的群集领导节点路由请求消息。在这样的情况下，目的群集领导节点 32 还可以返回与这些相邻群集领导节点中的每一个关联的每一个传送路由的群集领导节点路由应答。

在方框 54 中，一旦源群集领导节点 21 收集对应于给定群集领导节点路由请求的所有群集领导节点路由应答，那么，它可以使用每一个传送路由的路径量度，以从传送路由中选择最佳路由作为群集级别的路由。当然，在某些实施例中，目的节点 15 可以从那些可用的传送路由中选择最佳传送路由，并沿着最佳路径只返回群集领导节点路由应答，从而确定群集级别的路由。

在任何一种情况下，一旦选择，那么最佳路由可以存储在路由缓存或表中。作为示例，用于选择群集级别的路由的路径量度可以是包括最少数量的群集领导节点的那一个传送路由（即，包括最少数量的群集 12 的那一个）。当然，也可以使用上文所提及的诸如 QoS 量度之类的其他量度。在 2002 年 4 月 29 日提出的标题为“METHODS AND SYSTEM FOR DETERMINING QUALITY OF SERVICE (QoS) ROUTING FOR MOBILE AD HOC NETWORKS”（代理人摘要编号 GCSO-1201 (51264)）的待审批的美国申请（该申请被授予本受让人，在此全文引用作为参考）中描述了使用 QoS 参数选择路由的一个特别好的方法。在方框 57 中，一旦源群集领导节点 21 确定了更好的群集级别的路由，那么，它可以转发到群集级别的路由应答 (CLRREP) 消息中的请求源节点 14。

在方框 55 中，每一个群集领导节点 21-33 都可以定期轮询其相邻群集领导节点，以维护当前地址，并结束该方法（方框 56）。这可以方便地加快转发群集级别节点路由请求的过程，因为相邻群集领

导节点不必用每一个新请求确定。尽管此轮询步骤在图 5 中所示的群集级别的路由发现进程中是作为最后一个步骤(方框 55)显示的,可以理解,此步骤也可以在相邻群集领导节点 21-33 之间的指定的通信链路 16 确定之后的任何时间并以任何所希望的间隔执行。

一旦群集级别的路由确定,便可以在方框 45 使用群集级别的路由将数据从源节点 14 传输到目的节点 15,如此结束了图 4 中所示的方法(方框 46)。现在将参考图 2 中所示的专门网络 10 的示意图,以及图 6 的流程图描述使用群集级别的路由传输数据的过程,在图 2 中,为清楚起见,删除了指定的通信链路 16。作为示例,假设由源节点 14 所选择的群集级别的路由包括群集 21(源)、25、24、29、26 和 32(目的地)。

在方框 61 中,此过程通过指定沿着到将要发送数据的群集级别的路由的下一个群集中的群集目标节点 17。尽管根据本发明不需要使用群集目标节点来传输数据,但是群集目标节点提供了进入沿着群集级别的路由的每一个群集的方便的入口点,从而促进了在它们之间确定节点级别的路由,如下文所进一步描述的。

具体来说,源节点 14 将选择沿着群集级别的路由的下一个相邻群集(这里,是群集 25)中的群集目标节点 17a。这可以这样来完成:通过使用伸缩圈搜索以识别潜在的群集目标节点来广播相邻群集目标节点发现数据包。优选情况下,此广播可以只限于下一个相邻群集(这里,是群集 25)。如此,广播的程度有限,以减少专门网络 10 中的多余流量。

相邻群集 25 中的任何节点将发回相邻群集目标节点发现响应数据包,该数据包允许源节点 14 收集潜在群集目标节点的身份以及量度和路由。可以基于接收到的所有相邻群集目标节点发现响应并基于其中所包括的量度,使用一种算法来选择相邻群集 25 中的最佳相邻群集目标节点。这里所使用的路径量度可以包括最少数量的跳跃、QoS 参数等等,与上文就群集级别的路由选择进行的讨论类似。

优选情况下,相邻群集目标节点 25 在距离上与源群集 27 靠

近，并具有尽可能高的容量。此外，值得注意的是，相邻群集的群集领导节点还可以充当群集目标节点，如果群集领导节点具有高链路容量，就特别有好处。

有各种方法可以用来确定群集目标节点。例如，可以采用主动方法，其中，每一个群集 12 中的每一个节点 11 都可以使用上面的过程来为其自己的群集附近的每一个群集指定群集目标节点。然后，可以使用相邻群集目标节点“hello”消息来维护到这样的群集目标节点的节点级别的路由。此消息可以定期传输到每一个相邻群集目标节点，以确保路由仍可用。然后，群集目标节点可以用相同的数据包类型，以表明路由仍有效。如果路由发生故障，那么，将通过此过程来检测故障，发送相邻群集目标节点 hello 消息的节点可以启动对另一个相邻群集目标节点的搜索，如下文所进一步描述的。

不要求相邻群集目标节点 hello 消息的另一种方法将在需要时采取反应性方法来发现相邻群集目标节点。此外，这些相邻群集目标节点只在使用它们时才维护。正如那些本领域普通技术人员所理解的，这将使网络流量变小，在某些情况下，这是十分有利的。不论是哪一种情况，通过让每一个节点独立地选择其相邻群集目标节点，可能不是一个单一的群集目标节点用于每一个群集，这可能减少过境流量的浓度（否则可能通过这样的单一的群集目标节点发生）。当然，正如那些本领域普通技术人员所理解的，如果需要，在某些实施例中可以使用单一的群集目标节点。

在方框 62 中，一旦确定了下一个群集目标节点（图 2 中所示的示例中的节点 17a），那么，就可以确定到下一个群集目标节点的节点级别的路由。这可以通过使用诸如 DSR 或 AODV 之类的基础路由协议向下一个群集目标节点 17a 发送节点级别的路由请求来完成。下面将介绍使用这两个协议的本发明的特定实施例。

一般而言，可以使用节点级别的路由请求并通过使用有限广播（或伸缩圈搜索）来查找到相同群集内的其他节点或相邻群集中的群集目标节点的路由。应该注意，目的节点 15 可以与源节点 14 处于

同一个群集中。如果是这种情况，只需要使用节点级别的路由，因为群集级别的路由只需要到达源节点群集外面的目的节点。下面将结合以 DSR 作为基础路由协议的讨论进一步地讨论这种情况。

在方框 63 中，一旦确定了到沿着群集级别的路由的下一个群集目标节点的节点级别路由，那么，可以通过节点级别的路由将数据从源节点 14 传输到下一个群集目标节点 17a。这里的数据传输将由正在使用的基础路由协议来控制。一般而言，数据将和包括与节点级别的传输、群集级别的路由或两者相关的信息的任务数据包或标头一起传输。下面将在 DSR 和 AODV 被用作基础路由协议的特定情况下进一步地讨论任务数据包的使用。

然后将重复方框 61-63 中所显示的上文所描述的步骤，以确定沿着群集级别的路由和它们之间的相应的节点级别的路由的每个下一个群集目标节点 17b、17c、17d、17e，直到数据在方框 64 中传输到目标目的节点 17e。一旦数据到达目的群集目标节点 17e，可以确定从目的群集目标节点到目的节点 15 的节点级别的路由（方框 65），如上文所讨论的，数据通过此节点级别的路由在它们之间传输（方框 66），如此在方框 61 中结束该方法。这些步骤也可以根据诸如 DSR 或 AODV 之类的基础路由协议来执行。

如在图 2 中可以看到，沿着群集级别的路由的各种节点级别的路由可以包括也可以不包括群集领导节点。在某些实施例中，只要有可能，定义节点级别的路由不包括群集领导节点是特别有利的，因为这样做可以帮助减轻群集领导节点中的过度的流量。正如那些本领域普通技术人员所理解的，节点级别的路由发现进程可以包括使用每一个潜在的路由的表示路由是否包括群集领导节点的量度，然后，请求路由的节点在其选择过程中可以使用此量度。

现在将参考图 7 描述使用 DSR 作为基础路由协议的情况。基本 DSR 协议包括诸如路由请求和路由应答之类的消息类型，它们可以用来执行参考图 6 的方框 61 和 62 所描述的步骤，这些步骤在图 7 中没有重复。应该注意，根据本发明的节点级别的路由的路由发

现进程非常类似于常规 DSR 方法的路由发现进程。即，使用受控制的广播搜索来只在当前群集中进行搜索，或搜索到相邻群集中的群集目标节点（或群集领导节点）的路由，而不是在整个网络 10 中进行搜索。正如那些本领域普通技术人员所理解的，如果需要使用最小跳跃计数之外的路径选择标准，如上文所简要讨论的，可以修改标准 DSR 数据包类型，以接纳量度类型的字段和度量值。

另一方面，根据本发明的群集级别的路由发现进程将与常规 DSR 方法有一些不同。即，此过程将涉及有限的全局搜索。这是因为在所有相邻群集领导节点 21-33 之间存在指定的通信链路 16（和对应的节点级别的源路由）。换句话说，如上所述，路由发现数据包将只遍历指定的通信链路 16，而不是网络 10 中的所有链路 13。优选情况下，从一个群集领导节点转发的群集领导节点路由请求包括到它向其中转发消息的下一个群集领导节点的节点级别的源路由。消息也是以此方式转发到所有相邻群集中的群集领导节点的。

如上所述，根据基础协议的数据传输通常要求生成某种形式的关键数据数据包或标头以伴随数据。当使用根据本发明的 DSR 时，从方框 70' 开始，由源节点 14 生成的任务数据包（方框 71'）优选情况下将包括目的节点的地址、下一个群集目标节点 17a 的地址、节点级别的路由，以及群集级别的路由。正如那些本领域普通技术人员所理解的，下一个群集目标和群集级别的路由字段可以被定义为应用于本发明的可选数据包类型。

然后，在方框 63' 中，基于任务数据包，沿着到下一个群集目标节点 17a 的节点级别的路由，传输此数据。然后，下一个群集目标节点 17a' 将重复方框 61 和 62（图 6）中所示的步骤，然后相应地更新任务数据包。具体来说，任务数据包在沿着群集级别的路由的每一个群集目标节点 17a、17b、17c、17d 更新，以包括新群集目标节点和新节点级别的路由。

此过程持续执行，直到到达目的群集目标节点 17e（方框 64'）。目的群集节点 17e 根据任务数据包中的群集级别的路由判断数据已

经到达目的群集 32。然后,确定到目的节点 15 的节点级别的路由(方框 65')。然后,可以更新任务数据包,以包括群集级别路由和下一个群集目标节点的空值,因为到目的节点 15 的路由是群集内路由。然后,在方框 66',如上文所述,将数据传输到目的节点 15。

上文中还提及,源节点 14 和目的节点 15 在某些情况下可以位于同一个群集中。当发生这种情况时,源节点 14 可以简单地将任务数据包中的群集目标节点和群集级别路由的地址设置为等于预先确定的值。例如,如上所述,这可以是相对于目的群集目标节点 17e 的空值。然后,可以使用常规 DSR 路由选择过程来传输数据。

此外,在这样的情况下,如果源节点 14 已经知道目的节点 15 位于同一个群集中,则它也不需要请求群集级别的路由。如果数据以前已经发送到源节点 14 中并且其记录已经存储在其存储器或缓存中,则可能就是这种情况。

关于这一点,在方框 73' 中,在上文所描述的步骤中已经确定的各种路由信息优选情况下可以存储在一个或多个缓存中,以便将来的路由操作使用,如此结束了该过程(方框 74')。结果,如果这样的路由信息没有超时或以别的方式被丢弃,则它可以再次被使用,而不必完成全部或部分群集/节点级别的发现过程。

作为示例,可以维护下列缓存类型。群集级别的路由缓存将缓存到当前维护了其路由的任何目的群集的群集级别的路由。此缓存可以保留在每一个群集领导节点 21-33 中,并由目的群集进行索引,以在请求时提供已知的群集级别的源路由。

另一种缓存可以包括节点级别的路由缓存,这种缓存将缓存到当前维护了其路由的同一个群集或相邻群集中的任何节点(如群集目标节点 17)的节点级别的路由。此缓存可以保留在每一个单个节点 11 中,并根据目的节点地址进行索引,当可用时,它给每一个节点 11 提供已知节点级别的源路由。

此外,可以保留在每一个节点 11 中的分层路由缓存,将缓存到当前维护了其路由的任何目的节点的分层路由。此缓存也可以根据目

的节点地址进行索引，缓存将返回包括到目的群集的群集级别的源路由和到源路由中的第一个群集中的群集目标节点（示例中所示的节点 17a）的节点级别的源路由的分层路由。

可以证明有用的其他类型的缓存包括群集缓存，这种缓存是一个可以根据目的节点地址进行索引的表，并返回节点当前是其中的成员的群集的地址，还包括相邻群集目标节点缓存。此缓存包括每一个相邻群集的相邻群集目标节点。此缓存可以根据相邻群集地址进行索引，并返回该群集的相邻群集节点地址。

假设专门网络具有动态特性，各种类型的地址都可以用于单个节点和群集。依据特定环境中所使用的编址方式的特定类型，对于给定基础协议，需要进行各种其他修改。例如，正如那些本领域普通技术人员所理解的，如果使用固定地址，那么，可以包括一种协议，以随着节点改变群集而分发当前群集成员身份。如果不使用这样的协议，那么，可以使用 CLNRR 路由发现进程以反应性方式确定群集成员身份。另一方面，正如那些本领域普通技术人员所理解的，如果基于节点所在的特定群集、层次（下面进一步地讨论）而动态地分配地址，那么，可以可选地动态名称服务器，以允许源节点确定固定节点名称的当前地址。

现在请看其中使用 AODV 作为基础路由协议的另一个实施例，现在将参考图 8 的流程图描述此方法。根据 AODV 协议，使用路由请求和路由应答来确定节点级别的路由，与上文所描述的使用 DSR 的情况相同。然而，确定节点级别的路由以及相应的群集级别的路由的方式与 DSR 的情况有点不同。

具体来说，从图 8 中的方框 81 开始，使用精通本技术的那些人通常所知道的常规 AODV 机制并通过指定的通信链路 16 发送群集领导节点路由请求。一般而言，根据 AODV 协议，当发送路由请求时，沿着路由的每一个节点 11 存储它从其中接收路由请求的前一节点的地址，然后，再将该地址转发到下一个节点。如此，如果路由应答最终沿着此路由返回，那么，每一个节点 11 中存储的地址将提

供沿着返回路由的下一个跳跃的位置。此外，由于路由应答从一个节点 11 转发到沿着返回路由的下一个节点，那么，每一个节点都存储向它转发了路由应答的节点的地址。然后，当数据沿着路由传输时，这些地址提供了沿着该路由的下一个跳跃的位置。

根据本发明，在方框 81-82 中，上文所描述的过程使用上文引用的群集领导节点路由请求和群集领导节点路由应答，在群集级别发生，以确定群集级别的路由。此外，在方框 83-84 中，使用上文所描述的节点级别的路由请求和节点级别的路由应答，此过程在节点级别类似地实现，以确定沿着群集级别的路由的节点级别的路由。此外，正如那些本领域普通技术人员所理解的，如果需要，群集目标节点可以按如上所述的方法使用，而群集目标节点可以按如上所述的方式用 AODV 的标准机制确定。

在方框 85 中，任务数据包可以在每一个节点级别的路由开始时生成（即，由源节点 14 或群集目标节点 17），然后，数据可以沿着基于任务数据包如此定义的各种节点级别的路由进行传输。根据 AODV 协议，任务数据包通常只要求目的节点 15 的地址，因为节点级别的路由的跳跃已经存储在路由上的各种节点 11 中。

由于任务数据包可以不包括沿着群集级别的路由的下一个群集的位置，因此，每一个群集目标节点 17 都可以轮询其相应的群集领导节点以获取下一个群集地址。然后，群集领导节点可以基于下一个群集地址确定下一个群集目标节点。当然，正如那些本领域普通技术人员所理解的，可以使用其他方法，在这些方法中，可以定义可选数据包以包含在任务数据包中，以便不必轮询群集领导节点。

在方框 86 中，数据沿着各种节点级别的路由进行传输，直到到达目的群集目标节点 17e。然后在方框 87 中再次使用标准 AODV 技术和传输的数据，定义到目的节点 15 的节点级别的路由，如此结束了过程（方框 88）。

可以使用各种表来存储用于实现根据本发明的 AODV 的所需的路由信息。具体来说，可以根据目的群集地址进行索引的群集级别

的路由表，返回到维护了其路由的任何目的群集的路径上的下一个相邻群集。此外，也可以根据目的节点地址进行索引的节点级别的路由表，返回到维护了其路由的同一个群集或相邻群集中的任何节点（如群集目标节点 17）的路径上的下一个节点 11 的地址。

此外，可以根据目的节点地址进行索引的群集缓存，返回目的节点当前是其成员的群集的地址。可以根据相邻群集地址进行索引的相邻群集目标节点缓存，返回相邻群集的相邻群集目标节点地址。此外，可以根据目的节点地址进行索引的分层路由表，返回到维护了其路由的整个网络中的任何目的节点的路径上的下一个节点的地址。

如上文所类似地描述的，每次收集新群集级别或节点级别的信息时，可以存储上述表中维护的数据。如此，此信息将可用于将来的路由，这将帮助减轻流量，因为可以避免发现请求和回复消息。当然，此信息也可以在经过一段时间以后丢弃，以减少过时信息的存储量。

由于无线移动专门网络的动态特性，必须加以解决的一个常见的问题是由于节点 11 退出网络 10、无线通信链路 16 中的中断造成的路由故障等等。基础路由协议通常包括用于解决路由识别和修复的机制。现在进行参考图 9 的流程图进一步描述本发明的上下文中的路由修复，特别强调使用 DSR 和 AODV 协议进行路由修复。对于图 9，假设以前已经执行了群集级别和节点级别的路由指定过程（图 5 和 6）。

因此，从方框 90 开始，如果在沿着群集级别的路由的相邻群集之间发生群集级别的路由故障，则在方框 91 中，向源节点 14 发送（方框 92）群集级别的路由错误消息，然后源节点 14 如前所述重新开始群集级别和节点级别的路由发现进程。此特定路由请求所呈现的形式将取决于正在使用的基础路由协议。

例如，如果正在使用的基础协议是 AODV，则每一个群集领导节点存储沿着到目的群集领导节点 32 的群集级别的路由的每一个“下游”群集领导节点的地址。如此，在方框 93 中，由于群集级别的路由错误消息沿着群集级别的路由返回到“上游”群集级别的路由，接

收到错误消息的每一个群集领导节点都可以从其相应的缓存中删除下一个跳跃地址，因为群集级别的路由不再有效。

对于其中使用 DSR 作为基础协议的情况，群集级别的路由错误消息可以从发现连接丢失的群集领导节点广播到其群集内的所有其他节点，以及所有相邻群集中的群集领导节点。此广播将到达已经被其他群集中的节点以及该群集内的所有其他节点选择为相邻群集目标节点 17 的所有节点。接收数据包以通过不再相邻的群集转发的任何相邻群集目标节点 17 现在将群集级别的路由错误消息转发到数据包的原始发送方，通知它路由已经在群集级别发生故障。如果愿意，广播到所有相邻群集中的群集领导节点的群集级别的路由错误消息也可以广播到网络 10 中的所有群集领导节点，从而通知它们，群集级别的路由可以失效。这就提示所有群集领导节点在接收到新的群集级别的路由请求时启动新一轮路由发现查询过程，而不是简单地依靠以前存储在它们相应的缓存中的信息。

另一方面，如果在方框 94 中在节点级别的路由中的相邻节点之间发生了节点级别的路由故障，则在方框 95 中可以根据所使用的基础协议确定新的节点级别的路由，如此就结束了过程（方框 96）。具体来说，对于用于目的节点 15 或用于相邻的群集目标节点 17 的节点级别的路由，正如那些本领域普通技术人员所理解的，为使用路由错误消息的基础路由协议建立的基本程序将接纳路径故障的相应的节点的通知。

本发明的上文所描述的方法也可以方便地扩展到任意数量的层次级别，如图 3 所示。在图 3 中，图 1 和 2 中所示的示范性专门网络 10 已经扩展到四个级别的层次结构。层次结构的第一级别是前一示例的网络节点级别（即，节点 11）。第二级别由包括群集 12 的层次结构构成。

层次结构的第三级别 17 由虚拟节点和虚拟链路构成。第三级别中的每一个虚拟节点都代表第二级别中的整个群集 12。第三级别 17 中的紧密连接的虚拟节点被分组为第三级别群集，这些虚拟节点中的

一个被选为第三级别虚拟群集领导节点。被选为第三级别 17 群集领导节点的物理节点可以是来自第二级别群集的实际群集领导节点，然后该节点将为第二和第三级别的群集执行群集领导节点功能。

图 10 中用虚线显示的第三级别 17 虚拟链路是第二级别中显示的相邻群集中的群集领导节点之间的多跳跃虚拟链路。在第三级别 17 群集领导节点之间也可以建立虚拟链路，也用虚线显示。正如那些本领域普通技术人员所理解的，此层次组织过程可以持续到任意数量的级别。

图 3 也显示了第四级别 18，其中，每一个第三级别 17 群集都可以成为第四级别中的虚拟节点。第四级别 18 中显示的虚拟链路是第三级别 17 群集领导节点虚拟链路。被选为第四级别 18 群集领导节点的物理节点可以是来自第三级别 17 群集的实际群集领导节点，然后该节点将为第二、第三和第四级别的群集执行群集领导节点功能。正如那些本领域普通技术人员所理解的，如果网络较大，层次组织可以扩展更多的群集。

可以扩大多个上文所描述的消息，以处理任意数量的层次级别。例如，对于每一个层次群集级别，群集领导节点路由请求消息类型可以是不同的类型。此消息广播到所有目的群集领导节点，但它是通过连接相应的层次级别中的所有群集领导节点的虚拟链路发送的，只涉及通过连接相邻群集领导节点的虚拟链路的单播。此外，正如那些本领域普通技术人员所理解的，群集领导节点路由应答消息，与群集领导节点路由请求一样，对于每一个层次群集级别，也同样具有不同的类型。

此外，对于每一个层次群集级别，群集级别的路由请求可以具有不同的类型。具体来说，在特定级别，消息发送到该级别的 ALN。另外，关于群集级别的路由应答，源节点可以用一个通过短距离发送到其群集领导节点的事务获得到目的地的群集级别的路由（对于请求的特定层次级别）。

在图 3 中可以看出，第四级别 18 包括单一的群集，优选情况

下，该群集可以提供方便的引用，用于确定从源群集的群集领导节点 21 到目的群集的群集领导节点 32 的高级别的路由。具体来说，由于此单一的群集包括源和目的地领导节点群集 21、32，高级别的路由可以使用上文概述的各种步骤在它们之间确定。而高级别的路由又可以用来确定第二层次级别的群集级别的路由。即，群集级别的路由可以至少包括具有沿着高级别的路由的相应的群集领导节点的群集，这里是群集领导节点 21、24 和 32。

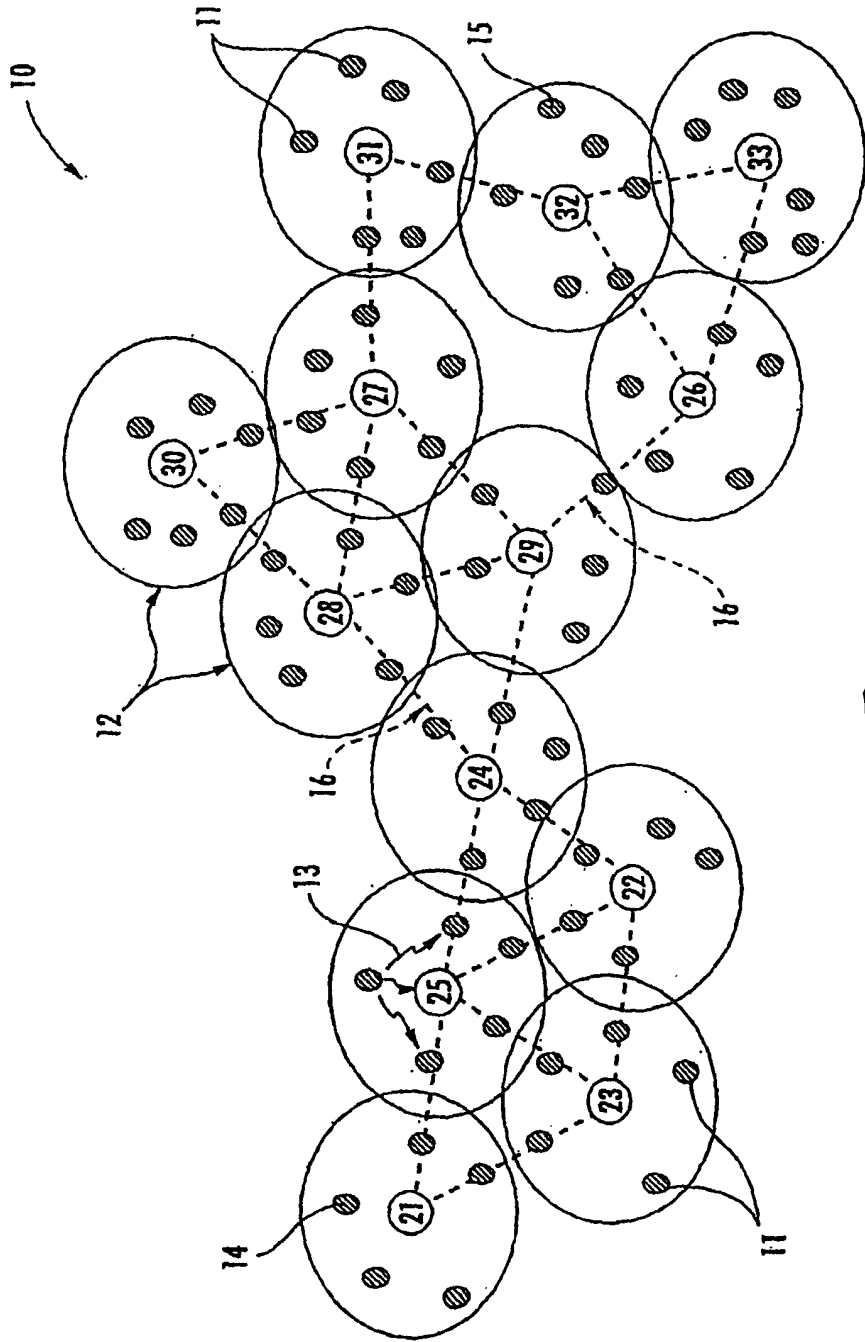


图1

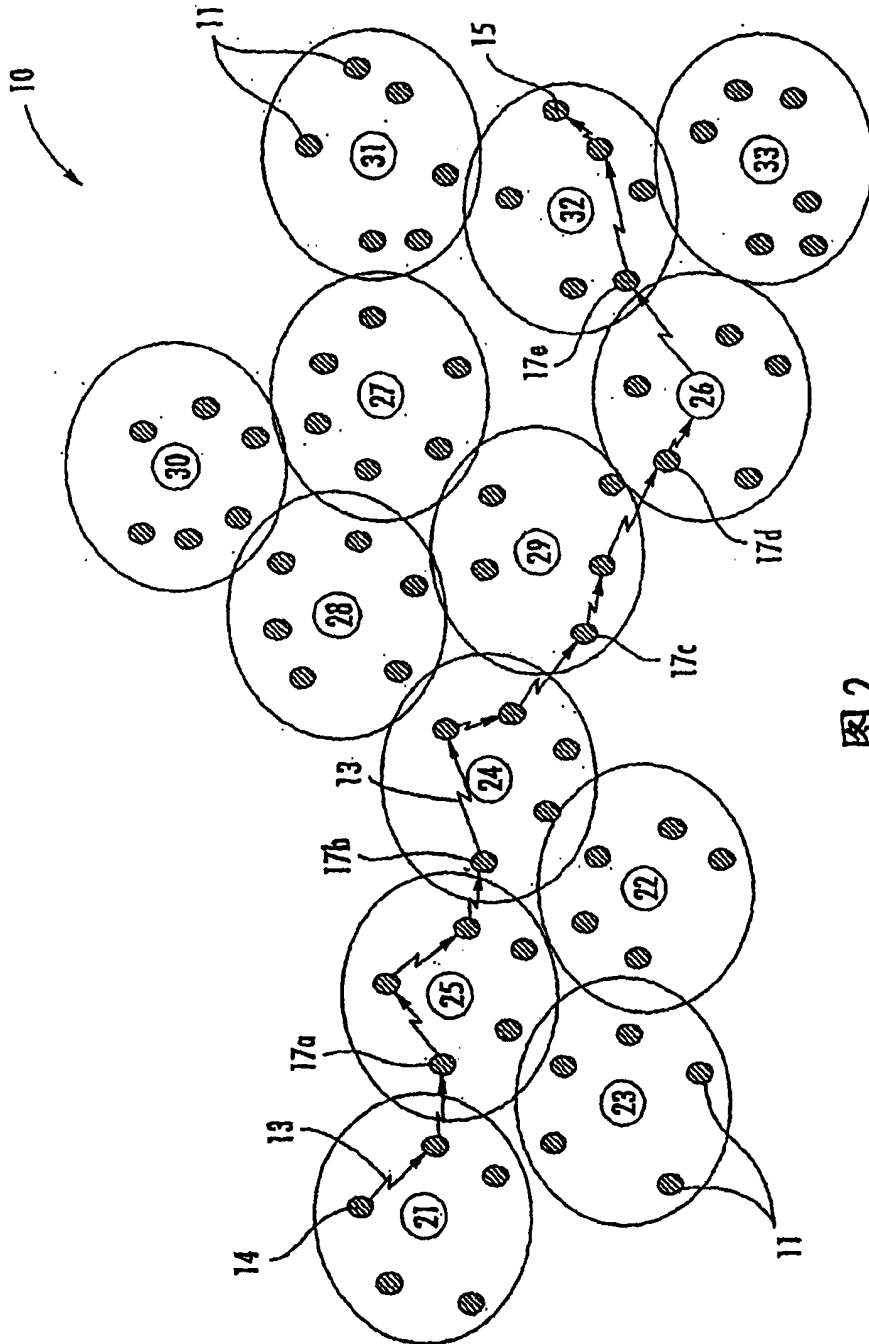


图 2

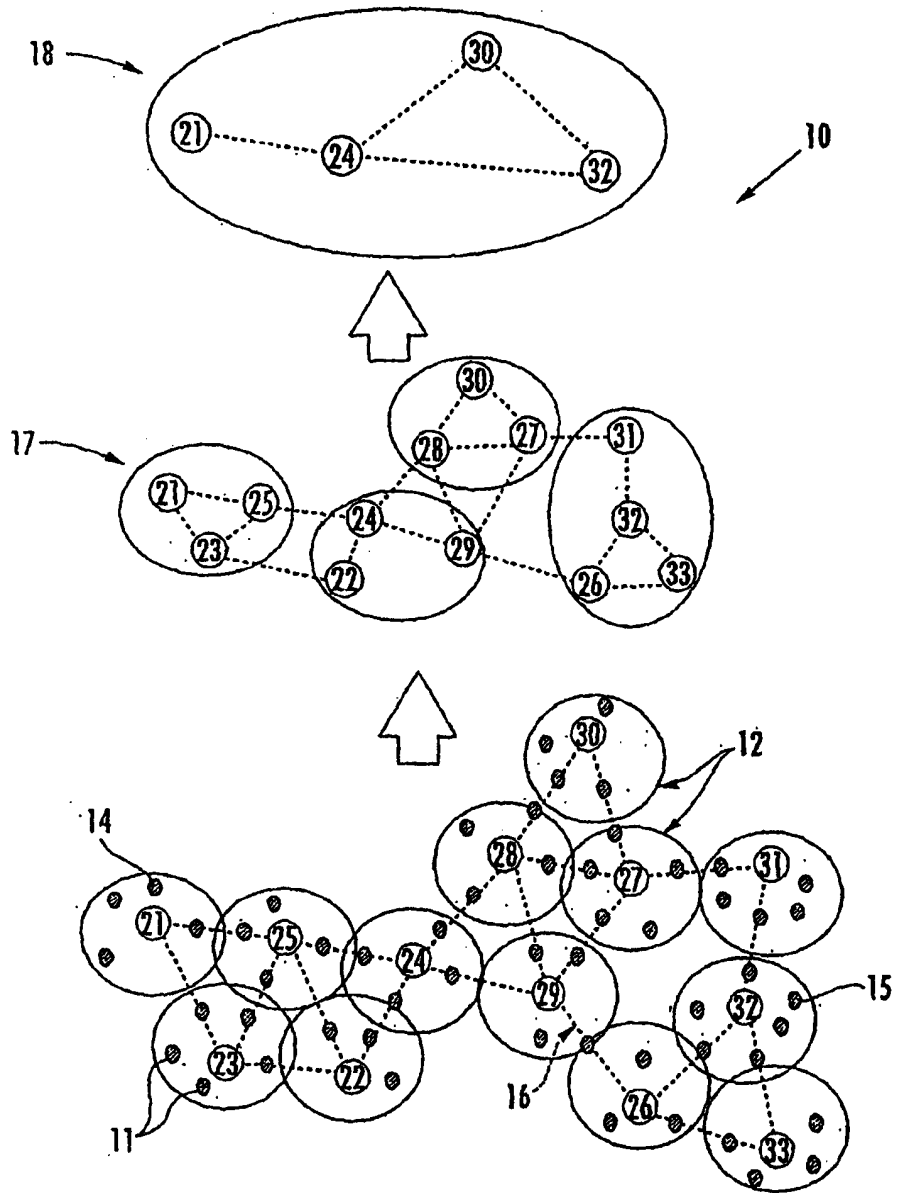


图 3

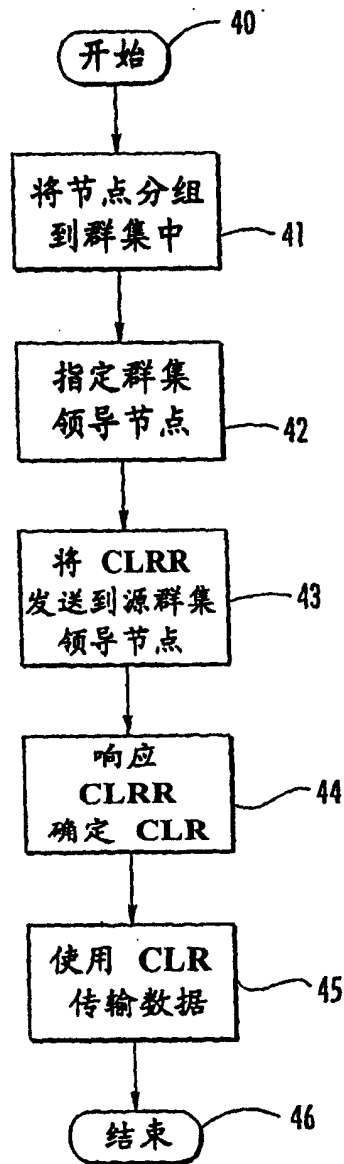


图 4

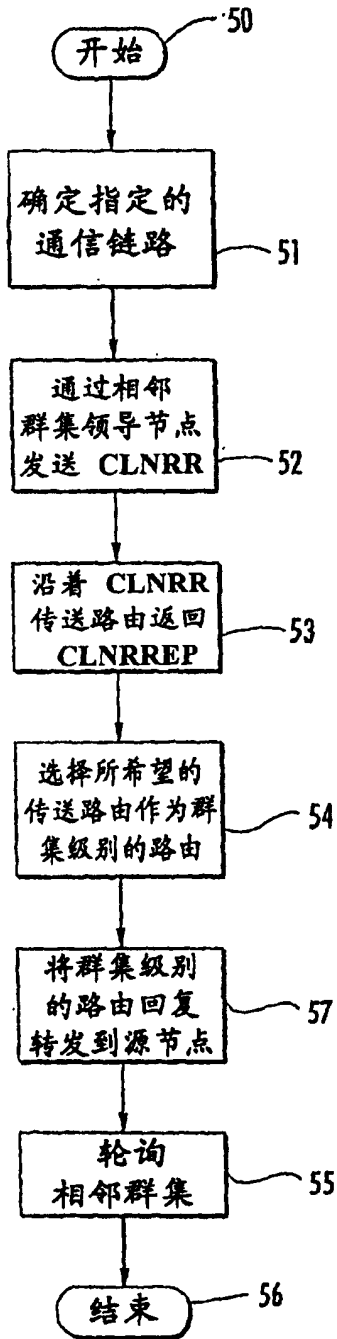


图5

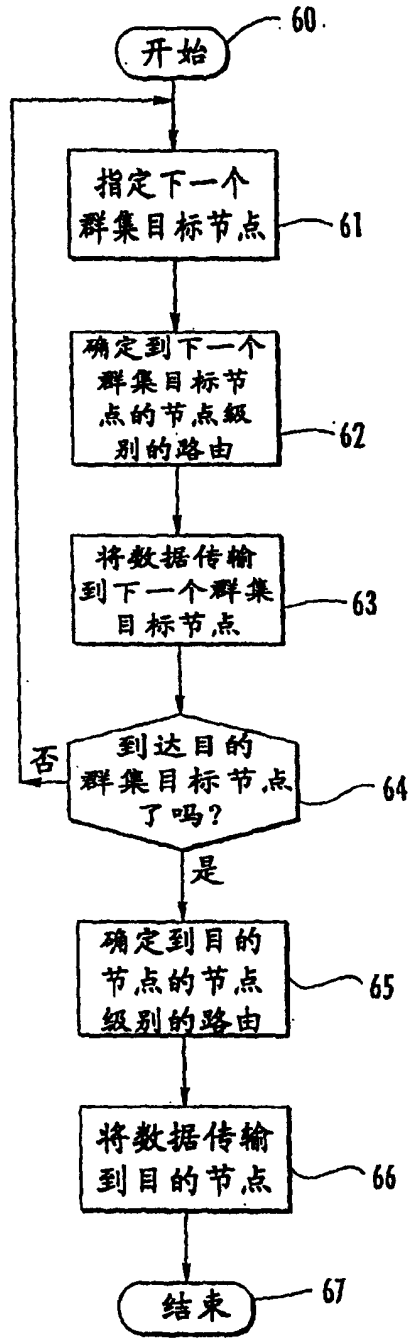


图6

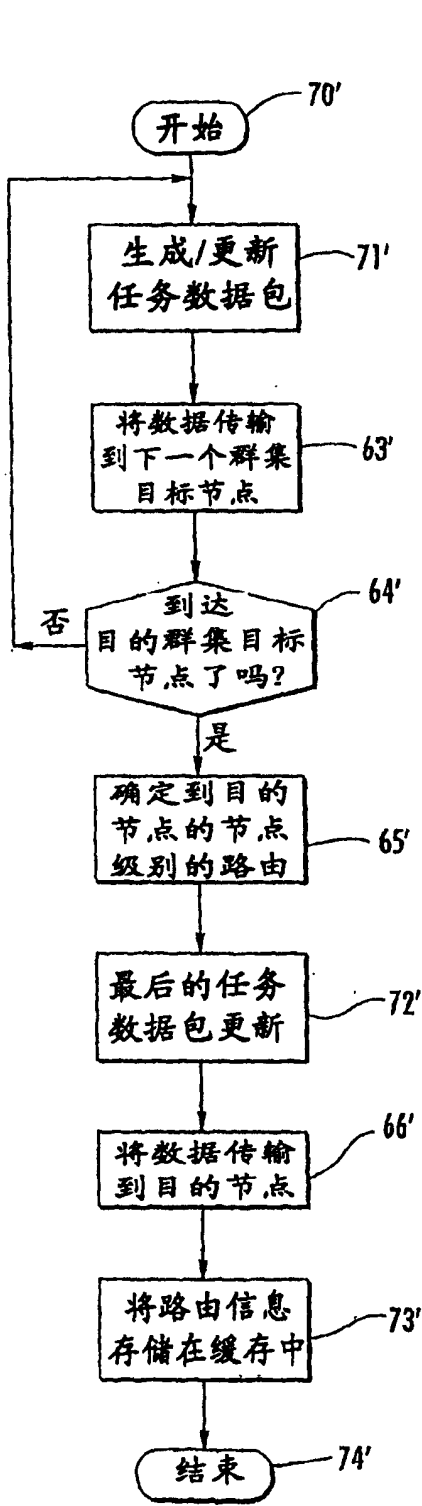


图7

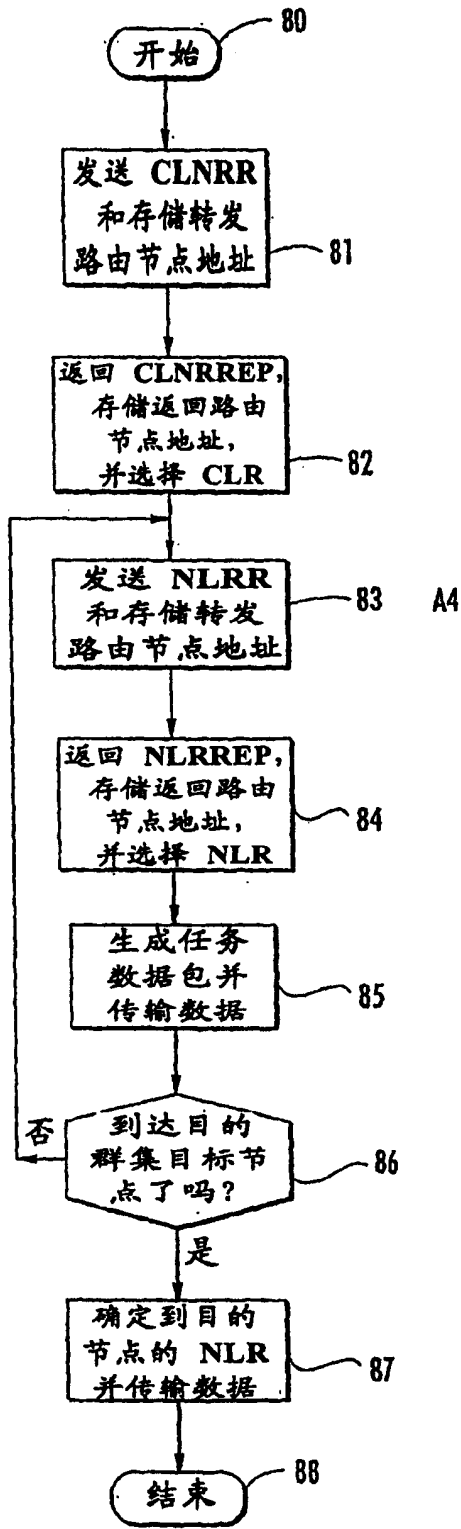


图8

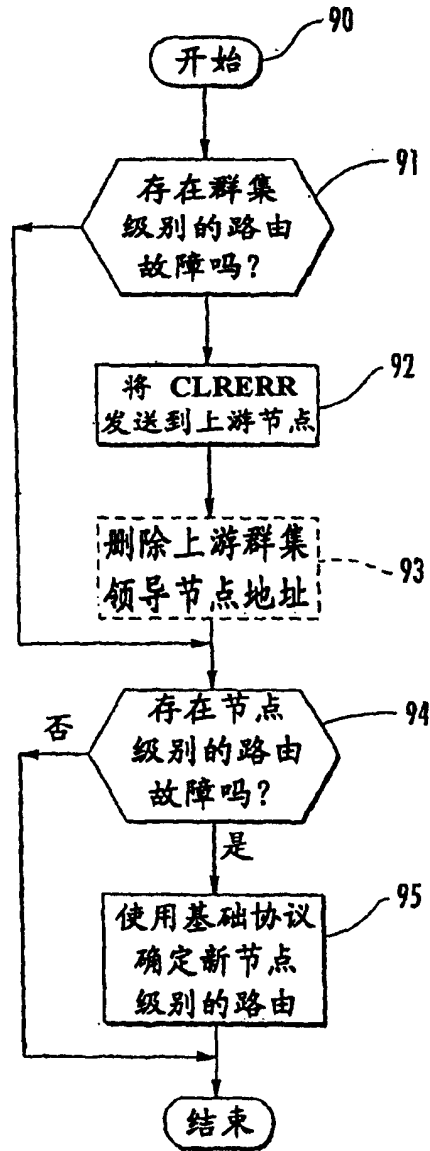


图9

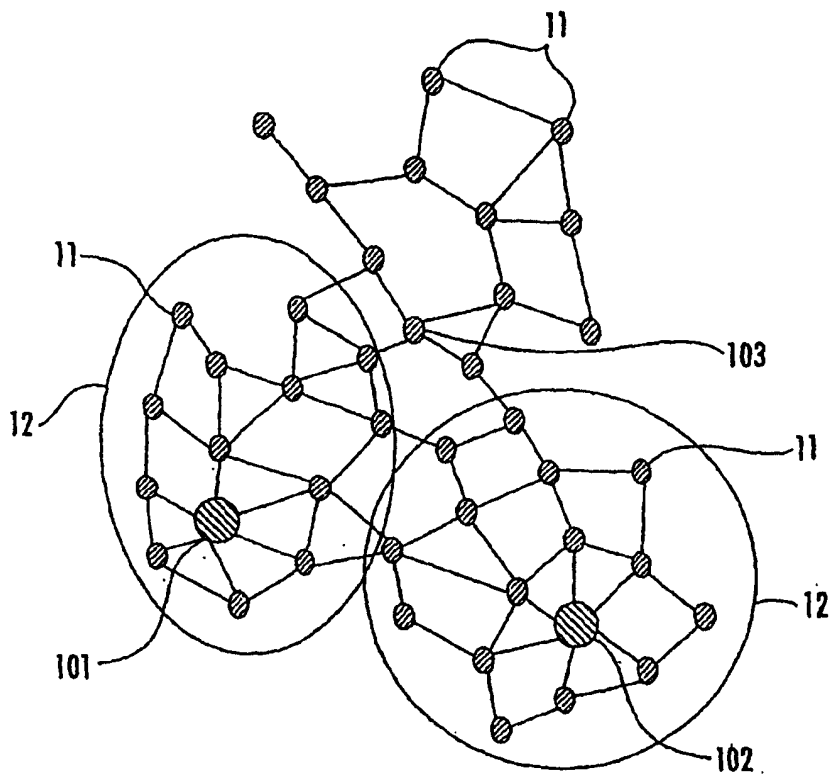


图10