(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102307373 B
(45)授权公告日 2014.01.22

(21)申请号 201110243472.6

(22)申请日 2011.08.23

(73)专利权人 哈尔滨工业大学
地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街92号

(72)发明人 崔刚 周连科 朱东杰 王秀峰 付忠传 暴建民 莫毓昌 张策 张必英 刘永文

(74)专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109
代理人 牟永林

(51)Int.Cl.
H04W 28/08(2009.01)
H04W 84/18(2009.01)

(56)对比文件
CN 101170560 A,2008.04.30,
CN 101207572 A,2008.06.25,
CN 101267404 A,2008.09.17,
CN 1863130 A,2006.11.15,
EP 1473889 A2,2004.11.03,
US 6829222 B2,2004.12.07,
US 2004218582 A1,2004.11.04,
陆颖.基于分簇的车载自组网路由协议研究.《微处理机》.2010,(第4期),
秦华标,肖志勇.基于位置信息的稳定分簇路由协议.《华南理工大学学报(自然科学版)》.2010,第38卷(第6期),
Peng Fan 等.Traffic Model for Clustering Algorithms in Vehicular Ad-Hoc Networks.《IEEE CCNC 2006》.2006,
Mehdi Khabazian 等.A Performance Modeling of Connectivity in Vehicular Ad Hoc Networks.《IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY》.2008,第57卷(第4期),
M. Khabazian 等.Generalized Performance Modeling of Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs).《Computers and Communications, 2007. ISCC 2007》.2007,
Lianke Zhou 等.A Delay Tolerant Broadcast Protocol for VANETs.《2010 International Conference on Broadcast Technology and Multimedia Communication》.2010,
Zhou Lianke 等.A RELIABILITY ENHANCED DENSITY ADAPTIVE DATA DISSEMINATION SCHEME FOR VANETS.《JOURNAL OF ELECTRONICS(CHINA)》.2011,第28卷(第1期),

审查员 赵新蕾

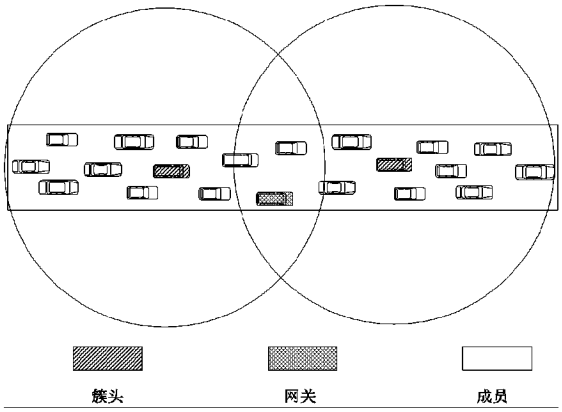
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

考虑车辆交通特性的VANET分簇方法

(57)摘要

考虑车辆交通特性的VANET分簇方法,本发明涉及车载无线自组网的分簇方法。它解决了车载无线自组网传统的分簇算法针对影响分簇结构的连通性、稳定性、负载平衡等因素中的某一个因素来进行,而不考虑影响分簇的其它方面的缺点。本发明包括下述步骤:一、车载无线自组网中的节点分为多个组,每个组内的所有节点构成一个簇;二、确定每个簇中的簇首节点;三、确定每两个相邻簇的网关节点;第二步骤中确定每个簇中簇首节点的方法如下:综合考虑节点的位置、速度、连通和行驶行为,选择簇首节点的权计算公式如下:$W_i = w_1C_i+w_2D_i+w_3V_i+w_4L_i$。



CN 102307373 B

1. 考虑车辆交通特性的 VANET 分簇方法，它包括下述步骤：

一、车载无线自组网中的节点分为多个组，每个组内的所有节点构成一个簇；

二、确定每个簇中的簇首节点；

三、确定每两个相邻簇的网关节点；

其特征在于第二步骤中确定每个簇中簇首节点的方法如下：综合考虑节点的位置、速度、连通和行驶行为，选择簇首节点的权计算公式如下：

$W_i=w_1C_i+w_2D_i+w_3V_i+w_4L_i$ （4-2）

式中 C_i——连通度分量，用于表示节点的连通状况；

D_i——距离分量，表示节点与邻居节点距离的平均值；

V_i——综合权的速度分量，表示节点速度与其邻居平均速度的差值；

L_i——节点 i 的行驶车道分量，即根据节点行驶规则设计的加权项，表示节点行驶车道与基准车道号差值；

其中，取 $C_i=|N_i-\delta|$，其中，N_i 为节点 i 的邻居个数，即实际连通度，δ 为理想连通度；δ 值按下面公式计算：

$\delta=2R_t\times133\times m/1000$ （4-3）其中 R_t——节点传输距离；

m——公路的车道数；

D_i 通过下面公式计算：

$$D_i=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}Dist(i,j) \qquad (4\text{-}4)$$

其中 Dist（i，j）——节点 i 到节点 j 的距离；

n——节点的邻居数；

V_i 通过下面公式计算：

$$V_i=|v_i-\bar{v}| \qquad (4\text{-}5)$$

其中 v_i——节点 i 的速度；

$\bar{v}$——邻节点平均速度，其值按公式（4-6）计算：

$$\bar{v}=\frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}v_j \qquad (4\text{-}6)$$

车道分量 L_i 通过下面公式计算：

$L_i=|l_i-L_s|$ （4-7）

其中 l_i——节点所行驶的车道号；

L_s——基准车道号；

通过 l_i 与 L_s 求差来确定节点处于正常车道的机会大小；

w_1 ～ w_4 是每个分量的系数，用以调节每个分量在综合权值中的比重，应满足 $w_1+w_2+w_3+w_4=1$，$0\leqslant w_1, w_2, w_3, w_4\leqslant 1$。

2. 根据权利要求 1 所述的考虑车辆交通特性的 VANET 分簇方法，其特征在于步骤二中簇首节点不保存成员列表，只由成员记录簇首 ID，表示其与这个簇的归属性。

3. 根据权利要求 1 所述的考虑车辆交通特性的 VANET 分簇方法，其特征在于分簇过程中使用了七种数据包，具体如下：

广播数据包：

指承载着实际广播消息内容的数据包，由包头和数据区组成，在包头中定义包 ID、发起节点 ID、上一跳 ID、头 ID 和包生成时间；

节点信息交换包：

用以在发起簇建立，交换节点信息的数据包，内容包括节点的速度、位置、车道号；

簇首声明包：

节点在认为自己具有较小权值时发此包向其邻居声明自己的权值，收到簇首声明包的节点若具有更小的权值也发簇首声明包表示异议；

头维持包：

节点在被选举成头节点后发送此包以表明自己为头节点，并在监测自身状态认为自己仍为簇首后定期发送；收到头维持包的节点成为该簇的成员；

网关维持包：

节点在成为网关后发送此包以告诉自己邻居自己连接的二个簇首中间已有网关；收到网关维持包的节点收到二个簇首的头维持包后也不竞争网关；

网关辞职包：

网关节点无法轮流收到两个簇首的头维持包时，即认为自己不适合再作网关，此时发网关辞职包以告诉周围节点可以竞争网关；

分布式网关询问包：

节点在需要建立分布式网关时发此包以寻找配对网关，其内容包括：节点 ID 和头 ID。

4. 根据权利要求 3 所述的考虑车辆交通特性的 VANET 分簇方法，其特征在于第一步骤中簇建立可由任意节点发起，通过在邻节点间发送节点信息交换包来交换速度、位置、车道信息计算本节点的综合权，并以此进行簇首选举；当节点计算自己的权后认为自己的权较小，则发簇首声明包，每个收到簇首声明包的节点从中提取声明包里的权值，并与自己权值进行比较，若自己权值更小，则发簇首声明包以表示异议，否则不再发声明包，等待其它节点发头维持包；发出簇首声明包的节点等待一定时间后未收到异议声明，则发头维持包表示自己是簇首；收到此头维持包的节点即为该簇的成员，并记发此头维持包的节点的 ID 为自己的头节点；第一个收到两个簇首头维持包的节点发网关维持包声明自己为网关节点。

5. 根据权利要求 3 所述的考虑车辆交通特性的 VANET 分簇方法，其特征在于在一轮簇选举结束后在某节点恰好未被任何簇首覆盖，且其权值大于某些已成为成员的邻节点，则在这些节点间重选簇首。

6. 根据权利要求 3 所述的考虑车辆交通特性的 VANET 分簇方法，其特征在于在一轮簇首选举后形成的两个相邻簇首覆盖无重叠区域或其重叠区域内无节点，则采用分布式网关来连接两个簇；若节点在成为成员 T_g 时间后仍未收到任何有效的网关维持包声明，即其周围无网关，则发分布式网关询问包包寻找配对网关，第一个听到此消息的非同簇节点回应此网关维持包与之形成配对的分布式网关；其中 T_g 用来控制节点的等待时长，以使处于簇首节点覆盖边缘的节点发分布式网关询问包，形成连通的网络。

考虑车辆交通特性的 VANET 分簇方法

技术领域

[0001] 本发明涉及车载无线自组网的分簇方法。

背景技术

[0002] 在传统的移动自组网中，为解决网络的稳定和负载平衡问题，研究人员提出了一些分层广播的方法。即把整个网络划分成若干个簇 (Cluster)，每个簇由一个簇首和多个成员组成。簇与簇之间由网关 (Gateway) 连接。簇成员之间的通信通过簇首进行，簇之间的通信则可经过簇首或者网关转发。其优点是可扩展性好，网络规模不受限制。目前，网络分簇的算法主要分别如下四类：

[0003] (1) 基于节点 ID 的分簇算法

[0004] 链路分簇算法 (Link Clustering Algorithm，LCA) 是一种基于最高节点 ID 的分簇算法。LCA 算法中，邻居节点具有最高 ID 的节点成为簇首，并且如果一个节点是其某个邻居节点的 ID 最高的邻居节点，此节点也可成为簇首。该分簇方法首先选择 ID 最高的节点成为簇首。如果次高 ID 的节点所覆盖的范围内存在没有被 ID 最高的簇首覆盖的节点，那么次高 ID 的节点也成为簇首，否则继续检查下一个 ID 较高的节点，直到所有节点都属于某个簇。这种分簇方法实现简单，但是会产生过多的簇首，特别是当节点按 ID 递增的顺序线性排列时，此时除第一个节点外，其他节点都是簇首。另一种基于节点 ID 的分簇算法是最小 ID(Lowest-ID，LID) 分簇算法。在 LID 分簇算法中，为每个节点根本唯一的 ID。节点定期期向其邻居节点广播自己的 ID 值。每个节点通过比较自己的 ID 值与其邻居节点的 ID 大小来确定自己是的 ID 值是否为没有确定状态的节点中最小的。若本节点 ID 最小且邻居中不存在簇首节点，则此节点声明为簇首节点。一个节点收到一个簇首声明，则加入该簇，并声明自己为成员，同时收到两个簇首声明的节点为网关。此类基于节点 ID 的方法的主要缺点是节点一旦分配到小 ID 则其成为簇首的可能性要远高于其他节点，会使这样的节点经常被选举为簇首，从而使其负载远远大于其它节点，使网络的公平性降低，负载不平衡。

[0005] (2) 最高节点度分簇算法

[0006] 最高节点度 (Max-Degree) 分簇算法［通过比较的连通度 (degree)，即节点邻居数量来选择簇首节点。实现方法与最小算法类似，节点通过广播其邻居个数，即连通度与其邻节点比较连通度，选择连通度最大的节点为簇首。在移动自组网中，尤其是拓扑变化快的网络中，由于节点的连通度随拓扑变化，所以其形成的簇结构的稳定性较差。

[0007] (3) 最低移动性分簇算法

[0008] 在分簇算法中，生成簇结构的稳定性对网络性能影响最大。为了提高簇结构的稳定性，出现了最小移动速度 (Lowest speed) 算法，该算法通过比较节点移动速度来选择移动速度小的节点优先成为簇首节点。认为移动速度低的节点作为簇首形成的簇结构稳定，簇变化频率低。但是这种算法只适合节点移动速率低的网络，对于如 VANET（车载无线自组网）的节点高速移动的网络，尤其是节点的相对移动性高的网络，其形成的簇结构不稳定，簇改变频率高。

[0009] (4) 基于位置预测的算法

[0010] Sivavakeesar 和 Pavlou 提出了基于位置预测的簇首选择算法。该算法中提出了“虚簇”的概念，将整个网络覆盖区域划分成多个“虚簇”区域，将每个节点同与其在同一个“虚簇”内的其它节点进行比较，选择所在“虚簇”概率最小或与当前“虚簇”中心的距离最短的节点作为簇首。节点可通过 GPS 或者其它定位方法获取其地理信息，并确定所属“虚簇”。该算法在节点移动性较弱时形成的簇结构稳定，且簇首数量较为固定，具有较好的性能。但是，在节点移动速度较高，拓扑变化快的网络中形成的分簇结构不稳定，簇首变化频率以及成员变化频率较高。

[0011] 在 VANET 中，节点规模大，密度变化大，尤其在某些时候车辆跟驶，自然分成簇状，也适合采用分层的方法来进行数据广播。但 VANET 是一种临时性网络，拓扑变化大，节点速度快，链路存在时间短，这些特点会影响到簇的结构。同时，簇的稳定性是分簇算法的一个重要问题，簇的变化不可避免，但应力求簇结构变化最小，算法应该能够探测并应对拓扑结构的变化以保持合适的簇结构。此时若采用基于信息交换的方法来维护一个分层网络需要通过定期广播控制信息来维持，需要较大的控制开销，从而增加了网络负载。

[0012] 传统的 VANET 分簇算法一般针对影响分簇结构的连通性、稳定性、负载平衡等因素中的某一个因素来进行，而不考虑影响分簇的其它方面。

发明内容

[0013] 本发明的目的是提供一种考虑车辆交通特性的 VANET 分簇方法，以解决车载无线自组网传统的分簇算法针对影响分簇结构的连通性、稳定性、负载平衡等因素中的某一个因素来进行，而不考虑影响分簇的其它方面的缺点。

[0014] 本发明包括下述步骤：

[0015] 一、车载无线自组网中的节点分为多个组，每个组内的所有节点构成一个簇；

[0016] 二、确定每个簇中的簇首节点；

[0017] 三、确定每两个相邻簇的网关节点；

[0018] 第二步骤中确定每个簇中簇首节点的方法如下：综合考虑节点的位置、速度、连通和行驶行为，选择簇首节点的权计算公式如下：

[0019] $W_i = w_1C_i+w_2D_i+w_3V_i+w_4L_i$ (4-2)

[0020] 式中 C_i——连通度分量，用于表示节点的连通状况；

[0021] D_i——距离分量，表示节点与邻居节点距离的平均值；

[0022] V_i——综合权的速度分量，表示节点速度与其邻居平均速度的差值；

[0023] L_i——节点 i 的行驶车道分量，即根据节点行驶规则设计的加权项，表示节点行驶车道与基准车道号差值；

[0024] 其中，取 $C_i = |N_i-\delta|$，其中，N_i 为节点 i 的邻居个数，即实际连通度，δ 为理想连通度；δ 值按下面公式计算：

[0025] $\delta = 2R_t\times133\times m/1000$ (4-3)

[0026] 其中 R_t——节点传输距离；

[0027] m——公路的车道数；

[0028] D_i 通过下面公式计算：

[0029] $$D_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} Dist(i,j) \quad (4\text{-}4)$$

[0030] 其中 Dist(i，j)——节点 i 到节点 j 的距离；

[0031] n——节点的邻居数；

[0032] V_i 通过下面公式计算：

[0033] $$V_i = |v_i - \bar{v}| \quad (4\text{-}5)$$

[0034] 其中 v_i——节点 i 的速度；

[0035] $\bar{v}$——邻节点平均速度，其值按公式 (4-6) 计算：

[0036] $$\bar{v} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} v_j \quad (4\text{-}6)$$

[0037] 车道分量 L_i 通过下面公式计算：

[0038] $$L_i = |l_i - L_s| \quad (4\text{-}7)$$

[0039] 其中 l_i——节点所行驶的车道号；

[0040] L_s——基准车道号；

[0041] 通过 l_i 与 L_s 求差来确定节点处于正常车道的机会大小；

[0042] $w_1 \sim w_4$ 是每个分量的系数，用以调节每个分量在综合权值中的比重，应满足 $w_1+w_2+w_3+w_4 = 1$，$(0 \leqslant w_1, w_2, w_3, w_4 \leqslant 1)$。

[0043] 本发明在车载无线自组网的分簇算法综合考虑了分簇结构的连通性、稳定性、负载平衡等因素中的每一个因素，解决了传统方法存在的问题。

附图说明

[0044] 图 1-1 是本发明车载无线自组网正常的分簇结构的结构示意图；图 1-2 是节点 a 未被任何簇首覆盖到分簇结构的结构示意图；图 1-3 是带有分布式网关的车载无线自组网簇结构；图 2 是车载无线自组网簇首节点的维护流程示意图；图 3 是车载无线自组网网关的维护流程示意图；图 4 是车载无线自组网成员节点的维护流程示意图。

具体实施方式

[0045] 具体实施方式一：本实施方式包括下述步骤：本发明包括下述步骤：

[0046] 一、车载无线自组网中的节点分为多个组，每个组内的所有节点构成一个簇，分簇范围的依据为 IEEE802.11 协议中规定的一个普遍认可的传输距离为 300m。

[0047] 二、确定每个簇中的簇首节点；

[0048] 三、确定每两个相邻簇的网关节点；

[0049] 第二步骤中确定每个簇中簇首节点的方法如下：综合考虑节点的位置、速度、连通和行驶行为，选择簇首节点的权计算公式如下：

[0050] $$W_i = w_1C_i + w_2D_i + w_3V_i + w_4L_i \quad (4\text{-}2)$$

[0051] 式中 C_i——连通度分量，用于表示节点的连通状况；

[0052] D_i——距离分量，表示节点与邻居节点距离的平均值；

[0053] V_i——综合权的速度分量，表示节点速度与其邻居平均速度的差值；

[0054] L_i——节点 i 的行驶车道分量，即根据节点行驶规则设计的加权项，表示节点行驶

车道与基准车道号差值；

[0055] 其中，取 $C_i = |N_i - \delta|$，其中，N_i 为节点 i 的邻居个数，即实际连通度，δ 为理想连通度；δ 值按下面公式计算：

[0056] $\delta = 2R_t \times 133 \times m/1000$ (4-3)

[0057] 其中 R_t——节点传输距离；

[0058] m——公路的车道数；

[0059] D_i 通过下面公式计算：

[0060] $$D_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} Dist(i,j) \quad (4\text{-}4)$$

[0061] 其中 Dist(i，j)——节点 i 到节点 j 的距离；

[0062] n——节点的邻居数；

[0063] V_i 通过下面公式计算：

[0064] $$V_i = |v_i - \bar{v}| \quad (4\text{-}5)$$

[0065] 其中 v_i——节点 i 的速度；

[0066] $\bar{v}$——邻节点平均速度，其值按公式 (4-6) 计算：

[0067] $$\bar{v} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} v_j \quad (4\text{-}6)$$

[0068] 车道分量 L_i 通过下面公式计算：

[0069] $L_i = |l_i - L_s|$ (4-7)

[0070] 其中 l_i——节点所行驶的车道号；

[0071] L_s——基准车道号；

[0072] 通过 l_i 与 L_s 求差来确定节点处于正常车道的机会大小；

[0073] $w_1 \sim w_4$ 是每个分量的系数，用以调节每个分量在综合权值中的比重，应满足 $w_1+w_2+w_3+w_4 = 1$，$(0 \leqslant w_1, w_2, w_3, w_4 \leqslant 1)$。按 $w_1 \sim w_4 = 0.2$、0.2、0.3、0.3 取值。

[0074] 本发明的通信协议原理如下：

[0075] （一）假设条件

[0076] (1)VANET 中所有车辆节点都沿道路分布（即只考虑行驶在道路上的节点），而且只考虑沿道路方向传输的广播信息。

[0077] (2) 节点密度是变化的，但网络始终是连通的，即网络中没有孤立节点且不分段。

[0078] （二）协议的设计思想

[0079] 分层方法是无线自组网中进行数据广播的一个常用策略。其主要目的是形成合理的簇结构和对其进行有效的维护。在网络拓扑结构变化快的时候，若形成的簇不稳定，会带来很大的控制开销，降低广播效率。本协议旨在结合 VANET 中车辆节点的交通行为特点，设计适应 VANET 节点密度多变、拓扑多变的环境的分簇算法，形成稳定的分层网络，有效降低控制开销，提高广播效率。

[0080] 协议采用了基于综合加权的簇首选举算法构建分簇网络。在簇建立阶段综合考虑节点的位置、速度、连通及其交通行为因素，力求在拓扑结构变化频繁的 VANET 环境下建立稳定、高效的簇结构。在簇维护阶段则以簇首节点根据车辆节点的交通行为特征进行的主动行为监测取代通过簇首与成员交换信息的方法来监测簇结构，簇更新只是必要时按需进

行，且更新范围控制在一簇内，防止产生过多的控制通信。此外，在本协议中，簇首节点不保存成员列表，只由成员记录簇首 ID，表示其与这个簇的归属性，是一个完全分布式的分簇算法，有效降低了簇首用于形成和维护簇而产生的计算和存储开销。协议紧密结合了 VANET 的交通特征，能够在保证广播覆盖率的前提下，尽量减少控制开销，提高广播效率，并能够适应节点密度变化剧烈的交通流环境。

[0081] （三）协议实现

[0082] 1、协议中节点的分类

[0083] 为形成一个连通的分层广播网络，按照节点在网络中承担的，将节点分成三类：

[0084] (1) 簇首节点：

[0085] 簇首节点是簇的中心节点，在簇建立阶段通过综合加权方法选举产生。负责向簇内节点重广播其收到的广播数据信息，并将簇内节点发出的广播信息转发到全网。同时负责根据节点的交通行为特征监测本节点状态以维护簇结构，在必要时在簇内发起簇首的重选。

[0086] (2) 网关节点：

[0087] 在 VANET 中，考虑网络的临时性、突发性以及节点的非统一特性，应采用标准发射功率，所以节点传输范围一定，可以设置网关节点来连通相邻的簇。网关节点能够同时与两个簇首进行通信，负责按要求将一个簇首发出的信息转发给另一个簇首节点。

[0088] (3) 成员节点：

[0089] 即分簇网络中的普通节点，此类节点只接收自己簇首发出的广播信息而不进行任何转发操作。

[0090] 广播中数据包的分类

[0091] 2、在本协议中，为完成网络建立和数据广播，定义了七种数据包，具体如下：

[0092] (1) 广播数据包 (Broadcast Data Packet，BDP)

[0093] 指承载着实际广播消息内容的数据包，由包头和数据区组成，在包头中定义包 ID、发起节点 ID、上一跳 ID、头 ID 和包生成时间等信息。

[0094] (2) 节点信息交换包 (Information Exchange Packet，IEP)

[0095] 用以在发起簇建立，交换节点信息的数据包。内容包括节点的速度、位置、车道号等。

[0096] (3) 簇首声明包 (Head Announced Packet，HAP)

[0097] 节点在认为自己具有较小权值时发此包向其邻居声明自己的权值。收到 HAP 的节点若具有更小的权值也发 HAP 表示异议。

[0098] (4) 头维持包 (Head Maintenance Packet，HMP)

[0099] 节点在被选举成头节点（即簇首）后发送此包以表明自己为头节点，并在监测自身状态认为自己仍为簇首后定期发送。收到 HMP 的节点成为该簇的成员。其内容包括头节点 ID。

[0100] (5) 网关维持包 (Gateway Maintenance Packet，GMP)

[0101] 节点在成为网关后发送此包以告诉自己邻居自己连接的二个簇首中间已有网关。收到 GMP 的节点收到二个簇首的 HMP 后也不竞争网关。

[0102] (6) 网关辞职包 (Gateway Resign Packet，GRP)

[0103] 网关节点无法轮流收到两个簇首的 HMP 时，即认为自己不适合再作网关，此时发 GRP 以告诉周围节点可以竞争网关。

[0104] (7) 分布式网关询问包 (Distributed Gateway Request Packet，DGRP)

[0105] 节点在需要建立分布式网关时发此包以寻找配对网关。其内容包括，节点 ID、头 ID。

[0106] 3、簇建立过程

[0107] 簇建立可由任意节点发起，通过在邻节点间发送 IEP 来交换速度、位置、车道等信息计算本节点的综合权，并以此进行簇首选举。当节点计算自己的权后认为自己的权较小，则发簇首声明包，每个收到 HAP 的节点从中提取声明包里的权值，并与自己权值进行比较，若自己权值更小，则发 HAP 以表示异议，否则不再发声明包，等待其它节点发 HMP。发出头声明包的节点等待一定时间后未收到异议声明，则发头维持包表示自己是簇首。收到此 HMP 的节点即为该簇的成员，并记该节点 ID 为自己的头节点。第一个收到两个簇首 HMP 的节点发 GMP 声明自己为网关节点。最终形成如图 1-1 所示的连通的分簇网络。此外，还存在两种特殊的情况：

[0108] 如图 1-2 所示，在一轮簇选举结束后在某节点恰好未被任何簇首覆盖，且其权值大于某些已成为成员的邻节点，则在这些节点间重选簇首。

[0109] 如图 1-3 所示，在一轮选举后形成的两个相邻簇首覆盖无重叠区域或其重叠区域内无节点，则采用分布式网关来连接两个簇。若节点在成为成员 T_g 时间后仍未收到任何有效的 GMP 声明，即其周围无网关，则发 DGRP 包寻找配对网关，第一个听到此消息的非同簇节点回应此 GMP 与之形成配对的分布式网关。其中 T_g 用来控制节点的等待时长，以使处于簇首节点覆盖边缘的节点发 DGRP，形成连通的网络。

[0110] 4、簇维护

[0111] 簇维护策略应能保证稳定管理分簇结构，及时更新簇结构以适应网络的变化，保证簇的连通，同时还应尽量减少控制开销，以提高通信效率。在现有的分簇算法中，其簇维护多数通过定期在簇首与成员之间交换节点信息，更新簇首成员列表等策略来实现，需要为簇维护付出大量的通信及存储开销。

[0112] (1) 簇首节点的维护

[0113] 为减小控制开销，簇首维护不需要与成员进行通信，而是结合 VANET 节点运动特点，通过实时监测自身状态来决定自己是否继续做簇首，若适合，则发 HMP 来通知邻节点自己是头，若不适合，则在簇内发起簇首重选，如图 2 所示。根据 VANET 车辆节点的交通行为特征，簇首主要监测自己的速度变化、车道变换以及与前车距离等指标，若发生车道变换、平均车速与交通流速度差距单调增加或与前车距离单调增加，该节点都不适合继续做簇首。过程如图 2 所示。

[0114] (2) 网关节点的维护

[0115] 头节点并不存储网关节点的 ID，而由网关监测自己是否与簇首连通，若其轮流收到两个簇首的 HMP，则发网关维持包，通知自己的邻节点这两个簇之间有网关；若连续收到其中一个簇首的 HMP，则证明已与另一簇首失去联系，则发网关辞职包通知周围节点这两个簇首之间已无网关，可竞争网关，此时，第一个收到此两个簇首 HMP 的节点声明为网关。过程如图 3 所示。

[0116] (3) 成员节点的维护

[0117] 头节点不保存成员列表，而由成员保存头节点 ID，以证明其属于这个簇。同时成员节点通过监听其簇首的 HMP 来确定自己与该簇所属关系的存续。当成员从一个簇移入另一个簇的过程中会交替收到两个簇首的 HMP，此时先查看自己周围有无网关，若无，则自己声明为网关，否则，待连续收到新簇首的 HMP 时将自己头 ID 更新为该簇首，以避免交替更换从属关系。此过程不需要任何通信过程。成员节点在收到网关发出的辞职包后，认为周围没有网关，此时若交替收到两个簇首的 HMP，则声明为网关。若成员一段时间 T_m 内无法监听到任何 HMP，则自己声明为簇首，发 HMP。具体过程如图 4，其中 T_{HMP} 为收到一个 HMP 后的时间。

[0118] (4) 簇合并

[0119] 若某一簇首节点收到其它簇首节点发的 HMP 包，则证明该两簇首互相进入通信覆盖范围，则由该簇首在此两个簇范围内发起簇首重选，选出新的簇首节点。

[0120] 4、数据广播过程

[0121] 发起节点根据上层应用生成数据包，发起数据广播，若发起节点为头节点，则将自己 ID 写入 BDP 的头 ID 域后直接广播；若发起节点为成员节点或网关节点则将其所属的簇首节点 ID 写入 BDP 的头 ID 域后广播。成员节点收到由自己所属簇的簇首发送的数据包则接收并做相应处理，否则直接丢掉；头节点收到 BDP 后判断其头 ID 域是否为自己的 ID，若是则转发，否则丢掉；网关节点收到 BDP 后判断其上一跳节点是否为自己所连接的簇首之一，若是再根据 BDP 中的传播方向决定是否转发，转发时将 BDP 的头 ID 域改成自己连接的另一个簇首 ID 后转发即可（若为分布式网关，则改为其配对网关的 ID）。

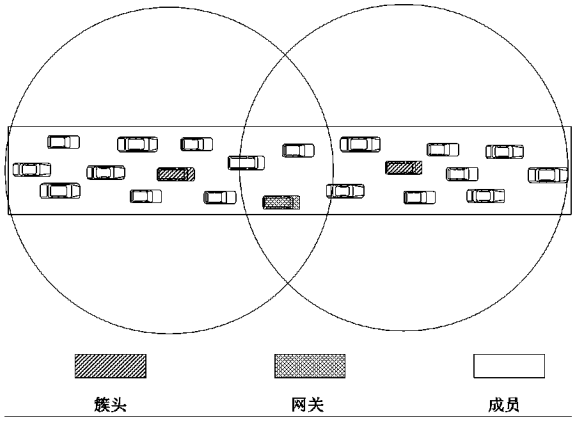


图 1-1

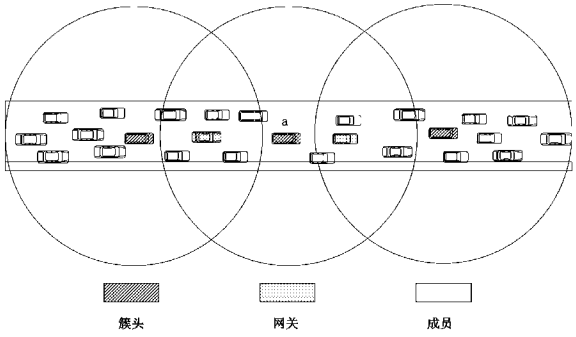


图 1-2

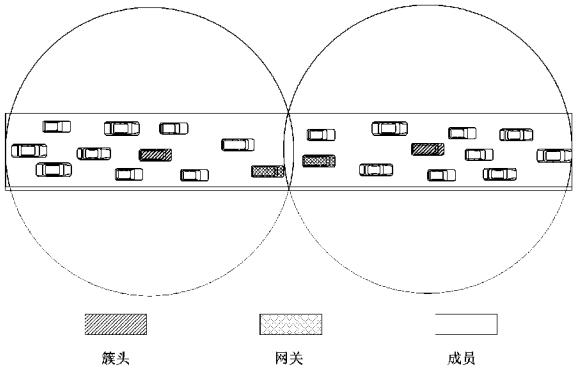


图 1-3

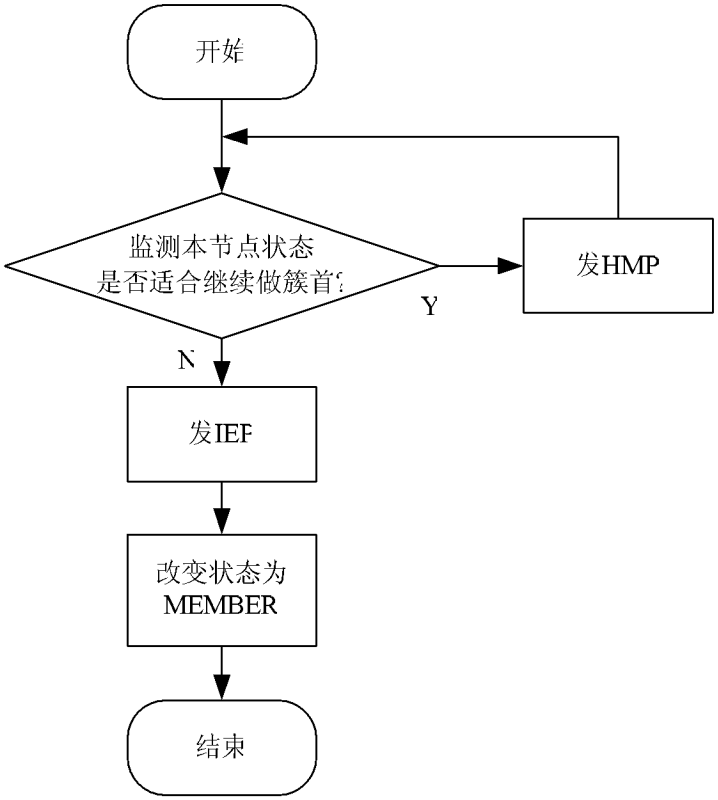


图 2

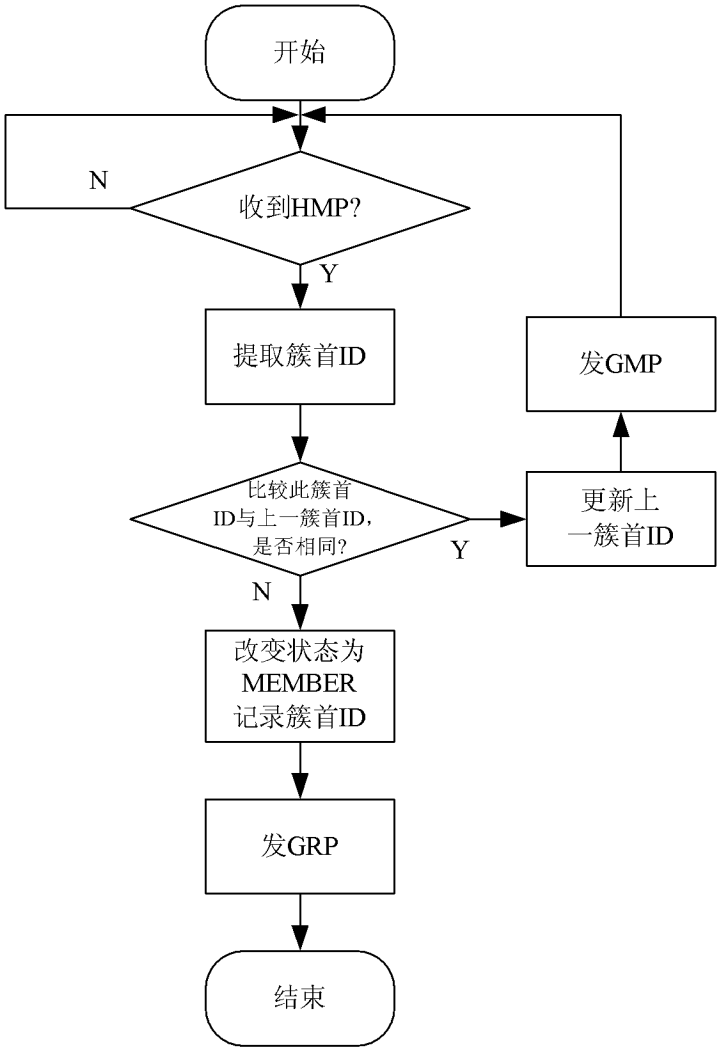

开始
N
收到HMP?
Y
提取簇首ID
发GMP
比较此簇首
ID与上一簇首ID，
是否相同?
Y
更新上
一簇首ID
N
改变状态为
MEMBER
记录簇首ID
发GRP
结束

图 3

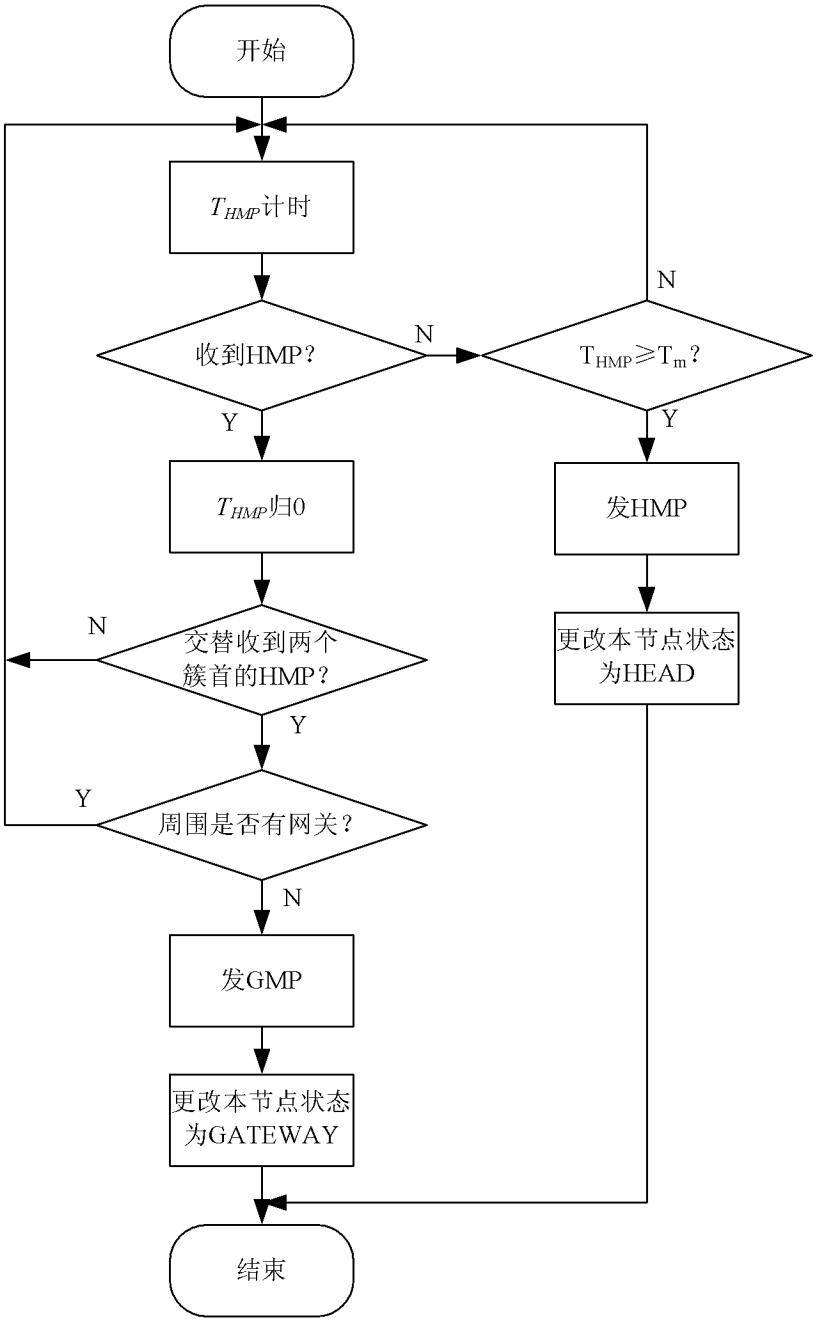

开始
T_{HMP}计时
收到HMP？
N
Y
T_{HMP}≥T_m？
N
Y
T_{HMP}归0
发HMP
更改本节点状态为HEAD
交替收到两个簇首的HMP？
N
Y
周围是否有网关？
Y
N
发GMP
更改本节点状态为GATEWAY
结束

图 4