



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102523616 B

(45) 授权公告日 2014. 05. 28

(21) 申请号 201110450524. 7

(22) 申请日 2011. 12. 29

(73) 专利权人 重庆邮电大学

地址 400065 重庆市南岸区黄桷桠崇文路 2 号

(72) 发明人 尚凤军 刘鹏

(74) 专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有限公司 11275

代理人 赵荣之

(51) Int. Cl.

H04W 40/04 (2009. 01)

H04W 40/24 (2009. 01)

(56) 对比文件

CN 101057511 A, 2007. 10. 17,

CN 1491055 A, 2004. 04. 21,

CN 102271379 A, 2011. 12. 07,

Mohamed Tekaya, etc al., .Multipath routing with load balancing and QoS in Ad hoc network. 《IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security》. 2010, 第 10 卷 (第 8 期),

审查员 左林子

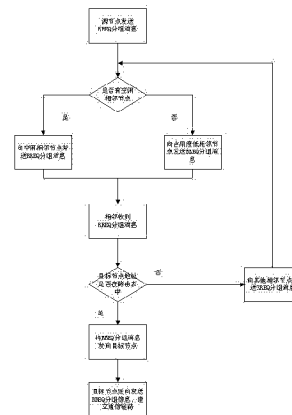
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

无线传感器网络中基于节点占用度的跨层 QOS 路由方法

(57) 摘要

无线传感器网络中基于节点占用度的跨层 QOS 路由方法, 路由步骤如为 :1) 源节点向空闲的相邻节点发送 RREQ 分组消息, 若无空闲相邻节点, 则向占用度低的相邻节点发送 RREQ 分组消息 ;2) 对比目标节点地址和自身路由表, 若目标节点地址在路由表上, 则转向步骤 3); 若不在路由表上, 则转向步骤 4); 3) 将 RREQ 分组消息发送至目标节点 ;4) 向空闲的相邻节点发送 RREQ 分组消息, 若无空闲相邻节点, 则向占用度低的相邻节点发送 RREQ 分组消息, 并返回步骤 2); 5) 目标节点收到 RREQ 分组消息后, 建立通信链路。本发明通过节点占用度控制节点的选择, 在路由查询过程中, 绕开处于传输状态的节点, 减少排队时延。



1. 无线传感器网络中基于节点占用度的跨层 QOS 路由方法,包括以下步骤:

1) 源节点向空闲的相邻节点发送 RREQ 分组消息,若无空闲相邻节点,则向占用度低的相邻节点发送 RREQ 分组消息;

2) 中间节点收到 RREQ 分组消息后,对比目标节点地址和自身路由表,若目标节点地址在路由表上,则转向步骤 3);若目标节点地址不在路由表上,则转向步骤 4);

3) 将 RREQ 分组消息发送至目标节点,并转入步骤 5);

4) 向空闲的相邻节点发送 RREQ 分组消息,若无空闲相邻节点,则向占用度低的相邻节点发送 RREQ 分组消息,并返回步骤 2);

5) 目标节点收到 RREQ 分组消息后,逆向路由过程发送 RREQ 分组消息至源节点,建立目标节点到源节点的路由分组,建立通信链路;

其特征在于,步骤 1) 和步骤 4) 中所述的空闲相邻节点判断方法为:每个节点均通过  $rt\_idle$  值来表示当前状态,当前节点未使用时将自身  $rt\_idle$  设为 0,当前节点为源节点时将自身  $rt\_idle$  设为 1,当前节点为中间节点时将自身  $rt\_idle$  设为 2,当前节点为目标节点时将自身  $rt\_idle$  设为 3, $rt\_idle=0$  则表示该节点为空闲节点;

相邻节点的占用度计算方法为:将节点占用度分为占用度高和占用度低两种状态;

由节点 MAC 层提供三个参数:节点当前状态下的队列长度  $L$ 、数据包发送率  $V_s$  和数据包接收率  $V_a$ ;

$$\text{当} \begin{cases} L > L_b \\ V_s/V_a < 1 \end{cases} \text{时为占用度高,当} \begin{cases} L < L_b \\ V_s/V_a > 1 \end{cases} \text{时为占用度低,}$$

式中  $L_b$  为设定阈值。

2. 如权利要求 1 所述的无线传感器网络中基于节点占用度的跨层 QOS 路由方法,其特征在于: $L_b$  为 43 或 50。

3. 如权利要求 1 所述的无线传感器网络中基于节点占用度的跨层 QOS 路由方法,其特征在于:节点的相邻节点均处于占用度高的状态时,节点对所需发送的消息按消息的优先级,分先后进行发送。

4. 如权利要求 3 所述的无线传感器网络中基于节点占用度的跨层 QOS 路由方法,其特征在于:所述优先级根据消息类型分为四类,第一优先级对应图像和音频多媒体消息,第二优先级对应传输时延敏感的消息,第三优先级对应链路稳定,信息丢失率低的消息,第四优先级对应时延要求比较宽松且没有抖动限制的消息。

5. 如权利要求 1 所述的无线传感器网络中基于节点占用度的跨层 QOS 路由方法,其特征在于:步骤 5) 中所述逆向发送 RREQ 分组消息时,中间节点收到 RREQ 分组消息,填写自身地址再转发至下一节点。

6. 如权利要求 1 所述的无线传感器网络中基于节点占用度的跨层 QOS 路由方法,其特征在于:建立通信链路后,源节点向目标节点发送 Hello 消息。

7. 如权利要求 6 所述的无线传感器网络中基于节点占用度的跨层 QOS 路由方法,其特征在于:中间节点收到 Hello 消息后填写下一跳节点的路由地址,再转发至下一节点。

## 无线传感器网络中基于节点占用度的跨层 QoS 路由方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种路由方法,特别是一种基于节点占用度的路由方法。

### 背景技术

[0002] 无线传感器网络涉及微机电系统技术、现代网络技术、无线通信技术、传感器技术等多个交叉学科的热点领域。2003 年,美国《商业周刊》专版论述,将无线传感器网络列为第一项的未来新兴技术。美国《今日防务》更认为无线传感器网络的应用和发展将引起一场划时代的变革。2004 年《IEEE Spectrum》杂志专题论述无线传感器网络的未来,国外发达国家很早就开始了无线传感器网络的研究。如美国 1998 年就提出了在于监视敌方的“智能尘埃”概念。进行了包括 REMBASS、CEC、SensorIT、SmartDust、WINS 等项目的研究。2002 年 10 月英特尔公司发表了“基于微型传感器网络的新型计算发展规划”致力于环境监测、太空探索等领域的研究。同年欧盟也提出了 EYES 计划用于研究无线传感器的构架、协议、安全等内容。日本、芬兰、意大利、德国、英国等国家也相继加入到了无线传感器网络的研究中。我国 1999 年启动了无线传感器网络的研究。2001 年中科院成立了微系统研究与发展中心,用于领导中科院的无线传感器网络相关工作。2004 年国家自然科学基金将《面向传感器网络的分布自治系统关键技术及协调控制理论》列入重点项目。2006 年初发布的《国家长期科学与技术发展规划纲要》中 3 个方向有 2 个与无线传感器网络有关。2010 年“十五”计划和远景规划中,无线传感器网络被列为重点发展产业。

[0003] 无线传感器网络 QoS 研究初期,多是参考传统网络中的 QoS 保障机制。当时无线传感器网络主要用于简单的数据传输,类型单一,要求较低。所以传统观点认为在无线传感器网络中考虑 QoS 不是必要的,参考传统网络的“尽力而为模式”已经可以满足当时的业务需求。传统网络 QoS 体系结构包括了集成服务、区分服务和多标签交换。集成服务提供基于流的端到端质量保证服务,但其控制机制较复杂,同时扩展性较差,也不稳定。区分服务简化了内部节点对应用的实际要求,提供可扩展的 QoS 体系结构。多标签交换将集成服务和区分服务结合,使地址映射成固定长度的标签,然后用包转发和包交换技术。另外随着研究和应用的深入,不同的业务对无线传感器网络提出了不同的 QoS 要求。按照原来的方式,在网络发生拥塞时,业务随机被丢弃的模式越来越不能适应无线传感器网络的发展和应用了。无线传感器网络的普及也随之带来了,网络的多元化应用,无线传感器网络不再只是单纯的传输一些简单数据。大量的多媒体信息也逐步需要利用无线传感器网络来进行传输。因此,面对不同的业务信息流,可提供不同 QoS 服务等级的 QoS 保障体系越来越受到关注。无线传感器网络的 QoS 机制研究包括 QoS 保障机制、QoS 度量选择和综合集成技术方面,从具体的操作层面分类,网络协议栈各层都有相应的解决方案,包括 QoS 模型、QoS 路由协议、QoS 信令机制、QoS MAC 协议和动态自适应等方面。传统网络的体系结构采用开放系统互连(OSI)标准,每层协议都只能使用通过下层提供接口来取得服务,解决相应的问题,每层相对独立。

[0004] AODV 算法作为反应式路由算法,只有当源节点没有到目的节点的路径时,才会发

出路由信号。算法的基本流程如下：当源节点需要向某节点发送数据，但路由表中没有到目的节点路径时，源节点就向整个网络广播路由请求 RREQ。节点接收到 RREQ 后，检查自身路由信息，如果接收过相同的 RREQ 且目的节点序列号小于路由信息中记录的序列号则抛弃 RREQ。如果节点没有接收过此 RREQ 或者接收过此 RREQ，但其节点序列号大于路由信息中的记录，则建立反向路由，指向发送 RREQ 的节点。如果节点就是目的节点或者节点的路由表项中有到目的节点的有效路由，则节点发送 RREP 给源节点，回应此次 RREQ。若节点没有，则节点更新路由表信息，并向邻居节点转发 RREQ。当源节点接收到 RREP 数据包后，开始传输数据。AODV 算法虽然不需要时刻维护路由，适合无线传感器网络的特点。但也有不少的缺点。比如，做为反应式路由算法，只能被动的更新路由，不能主动的维护路由。因此为了能及时发现链路问题，需要经常发送 Hello 消息来判断链路的连通性。不但增加了网络负载，而且消耗了自身的能量。其次，当网络的并行任务过多时，某些最优路径上的节点已经处于忙碌状态了，如果此时有新的任务选中了其中的节点，那么任务传输数据的延时就会增大，甚至丢包的现象会频繁出现。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的就是提供一种无线传感器网络中基于节点占用度的跨层 QOS 路由方法，该方法通过节点占用度控制节点的选择，在路由查询过程中，绕开处于传输状态的节点，减少排队时延。

[0006] 本发明的目的是通过这样的技术方案实现的，其路由方法为：

[0007] 1) 源节点向空闲的相邻节点发送 RREQ 分组消息，若无空闲相邻节点，则向占用度低的相邻节点发送 RREQ 分组消息；

[0008] 2) 中间节点收到 RREQ 分组消息后，对比目标节点地址和自身路由表，若目标节点地址在路由表上，则转向步骤 3)；若目标节点地址不在路由表上，则转向步骤 4)；

[0009] 3) 将 RREQ 分组消息发送至目标节点；

[0010] 4) 向空闲的相邻节点发送 RREQ 分组消息，若无空闲相邻节点，则向占用度低的相邻节点发送 RREQ 分组消息，并返回步骤 2)；

[0011] 5) 目标节点收到 RREQ 分组消息后，逆向路由过程发送 RREQ 分组消息至源节点，建立目标节点到源节点的路由分组，建立通信链路。

[0012] 进一步，步骤 1) 和步骤 4) 中所述的空闲相邻节点判断方法为：每个节点均通过  $rt\_idle$  值来表示当前状态，当前节点未使用时将自身  $rt\_idle$  设为 0，当前节点为源节点时将自身  $rt\_idle$  设为 1，当前节点为中间节点时将自身  $rt\_idle$  设为 2，当前节点为目标节点时将自身  $rt\_idle$  设为 3， $rt\_idle=0$  则表示该节点为空闲节点。

[0013] 进一步，相邻节点的占用度计算方法为：将节点占用度分为占用度高和占用度低两种状态；

[0014] 由节点 MAC 层提供三个参数：节点当前状态下的队列长度  $L$ 、数据包发送率  $V_s$  和数据包接收率  $V_a$ ；

[0015] 当  $\begin{cases} L > L_0 \\ V_s/V_a < 1 \end{cases}$  时为占用度高，当  $\begin{cases} L < L_0 \\ V_s/V_a > 1 \end{cases}$  时为占用度低，

[0016] 式中  $L_3$  为设定阈值。

[0017] 进一步,  $L_3$  为 43 或 50。

[0018] 进一步, 节点的相邻节点均处于占用度高的状态时, 节点对所需发送的消息按消息的优先级, 分先后进行发送。

[0019] 进一步, 所述优先级根据消息类型分为四类, 第一优先级对应图像和音频多媒体消息, 第二优先级对应传输时延敏感的消息, 第三优先级对应链路稳定, 信息丢失率低的消息, 第四优先级对应时延要求比较宽松且没有抖动限制的消息。

[0020] 进一步, 步骤 5) 中所述逆向发送 RREQ 分组消息时, 中间节点收到 RREQ 分组消息, 填写自身地址再转发至下一节点。

[0021] 进一步, 建立通信链路后, 源节点向目标节点发送 Hello 消息。

[0022] 进一步, 中间节点收到 Hello 消息后填写向一跳节点的路由地址, 再转发至下一节点。

[0023] 由于采用了上述技术方案, 本发明具有如下的优点:

[0024] 本发明通过节点占用度控制节点的选择, 在路由查询过程中, 绕开处于传输状态的节点, 减少排队时延。同时, 该方法还针对 AODV 算法中存在的 Hello 消息泛洪, 限制了 Hello 消息的发送。通过修改 AODV 中 RREP 的发送机制, 尽量消除网络中无效路由的影响。然后针对 NOC\_AODV 算法没有完全利用节点传输能力的缺点, 通过对 MAC 层信息的分析和计算, 采用了数据接收率与发送率比值和队列长度对节点繁忙进行了判断, 同时还分析了节点达到繁忙状态, 新任务无法寻路的情况。为了充分利用节点传输能力和提高寻路效率, 给出了一种基于跨层机制的无线传感器路由方法。该方法联合 MAC 层信息, 完善了对节点繁忙的判断, 充分利用了节点能力, 进一步均衡了网络负载, 减少了网络的平均时延, 提高了网络传输能力。此外该方法采用了依靠任务优先级的方法, 在网络处于繁忙状态尽量保证优先级高的任务。实验表明本发明能有效的均衡网络负载, 减少网络的平均时延, 延长网络的生存周期。

[0025] 本发明的其他优点、目标和特征在某种程度上将在随后的说明书中进行阐述, 并且在某种程度上, 基于对下文的考察研究对本领域技术人员而言将是显而易见的, 或者可以从本发明的实践中得到教导。本发明的目标和其他优点可以通过下面的说明书和权利要求书来实现和获得。

## 附图说明

[0026] 本发明的附图说明如下。

[0027] 图 1 为本发明节点选择实施例的示意图;

[0028] 图 2 为节点占用度跨层判断原理图;

[0029] 图 3 为 Hello 消息结构示意图;

[0030] 图 4 为空闲节点判断流程图;

[0031] 图 5 为本发明路由流程图。

## 具体实施方式

[0032] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0033] 无线传感器网络中基于节点占用度的跨层 QoS 路由方法, 路由步骤如下:

[0034] 1) 源节点向空闲的相邻节点发送 RREQ 分组消息, 若无空闲相邻节点, 则向占用度低的相邻节点发送 RREQ 分组消息;

[0035] 2) 中间节点收到 RREQ 分组消息后, 对比目标节点地址和自身路由表, 若目标节点地址在路由表上, 则转向步骤 3); 若目标节点地址不在路由表上, 则转向步骤 4);

[0036] 3) 将 RREQ 分组消息发送至目标节点;

[0037] 4) 向空闲的相邻节点发送 RREQ 分组消息, 若无空闲相邻节点, 则向占用度低的相邻节点发送 RREQ 分组消息, 并返回步骤 2);

[0038] 5) 目标节点收到 RREQ 分组消息后, 逆向路由过程发送 RREQ 分组消息至源节点, 建立目标节点到源节点的路由分组, 建立通信链路。

[0039] 本发明在选择相邻节点上, 优先选择空闲节点, 如图 4 所示。而没有空闲节点时, 选择占用度小的节点。如此可以绕开处于传输状态的节点, 减少排队时延。

[0040] 步骤 1) 和步骤 4) 中所述的空闲相邻节点判断方法为: 每个节点均通过  $rt\_idle$  值来表示当前状态, 当前节点未使用时将自身  $rt\_idle$  设为 0, 当前节点为源节点时将自身  $rt\_idle$  设为 1, 当前节点为中间节点时将自身  $rt\_idle$  设为 2, 当前节点为目标节点时将自身  $rt\_idle$  设为 3,  $rt\_idle=0$  则表示该节点为空闲节点。

[0041] 如图 1 所示, 例如, 链路 1 至 4 至 5 正在传输数据。所以节点 1, 4, 5 的  $rt\_idle$  均被赋予非零值。其中节点 1 是源节点, 所以  $rt\_idle=1$ ; 节点 4 是中间节点, 所以  $rt\_idle=2$ ; 节点 5 是目的节点, 所以  $rt\_idle=3$ 。当节点 2 需要寻路时, 首先将自身的  $rt\_idle$  置为 1, 表示为源节点。然后源节点 2 发出新的 RREQ 消息。节点 4 接收到新的 RREQ 消息后, 会根据其节点占用度  $rt\_idle$  的取值来决定是否响应。因为节点 4 的  $rt\_idle=2$ , 表明节点 4 处于被占用的状态, 虽然节点 4 的时延最小, 但 RREQ 广播不会选中节点 4。相反 RREQ 会比较  $rt\_idle=0$  的相邻节点的时延, 选择其中时延最小的作为传输路径的选择节点。RREQ 广播选中了时延小且空闲的节点 3。

[0042] 相邻节点的占用度计算方法为: 将节点占用度分为占用度高和占用度低两种状态;

[0043] 由节点 MAC 层提供三个参数: 节点当前状态下的队列长度  $L$ 、数据包发送率  $V_s$  和数据包接收率  $V_a$ ;

[0044] 当  $\begin{cases} L > L_s \\ V_s/V_a < 1 \end{cases}$  时为占用度高, 当  $\begin{cases} L < L_s \\ V_s/V_a > 1 \end{cases}$  时为占用度低,

[0045] 式中  $L_s$  为设定阈值。

[0046] 如图 2 所示, MAC 层与网络层共同决定节点选择。MAC 层提供两个参数: 数据包发送率与数据包接收率的比值和队列长度。数据包接收率代表了节点在单位时间内接收的数据量, 数据包发送率代表了节点在单位时间内发送的数据量。当数据包发送率大于数据包接收率, 即两者的比值大于 1 则表示当前节点发送的数据多于接收的数据, 因此缓冲区存在增大的趋势, 即不存在繁忙的可能。当数据包发送率小于数据包接收率, 即两者的比值小

于 1 则表示接收的数据比发送的数据多。因此缓冲区存在减少的趋势,即存在繁忙的趋势。如前面分析,单独的利用数据包接收率和数据包发送率的比值,并不能很好的判断是否处于繁忙状态。

[0047] 两者的比值仅仅是一种趋势,因此还需要考虑节点当前的实际状态。所以同时引入了队列长度来表示当前节点的缓冲区实际大小,队列长度代表了某个时刻节点缓冲区的所存储的数据包长度。队列越长,说明节点未处理的数据包越多;队列越短,则表示未处理的数据包越少。如果节点的数据接收率大于数据发送率,同时队列长度越长,则可以判断节点处于繁忙状态。因此选择节点时,优先考虑占用度低的节点。该机制能够均衡网络负载,延长节点的寿命,减少数据包的平均时延。

[0048]  $L_b$  为 43 或 50。阈值  $L_b$  为经验值,不能由公式直接给出,在不同的网络环境应用中,其值是不同的。 $L_b$  的取值会影响时延、吞吐量和丢包率等参数。

[0049] 当某节点发送或者转发 RREQ,而周围的邻居节点都处于繁忙状态时。源节点的寻路就会失败。如果任务对时延要求较高,则可能无法满足 QoS 要求。针对这种情况,当节点处于繁忙状态,就需要有保障策略对任务有选择性的进行传输。节点的相邻节点均处于占用度高的状态时,节点对所需发送的消息按消息的优先级,分先后进行发送。

[0050] 所述优先级根据消息类型分为四类,第一优先级对应图像和音频多媒体消息,第二优先级对应传输时延敏感的消息,第三优先级对应链路稳定,信息丢失率低的消息,第四优先级对应时延要求比较宽松且没有抖动限制的消息。

[0051] 根据四类优先级,当无线传感器网络节点处于繁忙时,优先级高的任务替换优先级低的任务。在 RREQ 消息中,增加了优先级标识表明当前寻路任务的优先级别。

[0052] 步骤 5) 中所述逆向发送 RREQ 分组消息时,中间节点收到 RREQ 分组消息,填写自身地址再转发至下一节点。

[0053] 本发明取消了中间节点发送 RREP 的权利,规定只有目标节点才能发送 RREP 消息,这样就尽可能的保持网络中传播的 RREP 消息是最新的。其次采用填充下一跳地址的方式转发 RREP,当前节点会读取节点的反向路由,并将下一跳地址填入 RREP,然后其他节点接收到 RREP 时,判断节点是否是 RREP 的下一跳。如果是下一跳的节点,则重复上面的步骤,直到源节点为止。如果不是下一跳节点,则选择丢弃 RREP。

[0054] 建立通信链路后,为保持通信链路畅通,源节点向目标节点发送 Hello 消息。

[0055] 中间节点收到 Hello 消息后填写向一跳节点的路由地址,再转发至下一节点。

[0056] 由于网络拓扑变化频繁,链路的连通性时常改变,所以需要了解正在传输数据的链路是否是连通的。本发明规定源节点发送 Hello 消息,传输链路的中间节点转发 Hello 消息,其他节点接收到 Hello 消息均丢弃。本发明首先检查节点是不是源节点,若该节点是源节点,则可以发送 Hello 消息,将传输路由的下一跳的地址填入 Hello 消息的中,然后转发 Hello 消息。当邻居节点接收到 Hello 消息时,如果节点地址等于下一跳地址,则将传输路由的下一跳地址填入 Hello 消息中,然后继续转发。直到 Hello 消息传递到目的节点。如图 3 所示,本发明重新定义了 Hello 结构体,去掉无用的内容。Hello 结构体定义了 packet\_type 和 rp\_next。packet\_type 表明数据包。rp\_next 为下一跳地址。

[0057] 最后说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技

术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本技术方案的宗旨和范围,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。



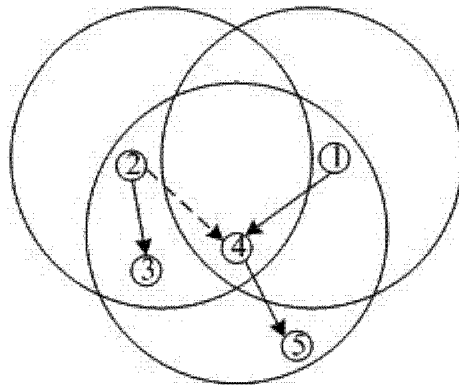


图 1

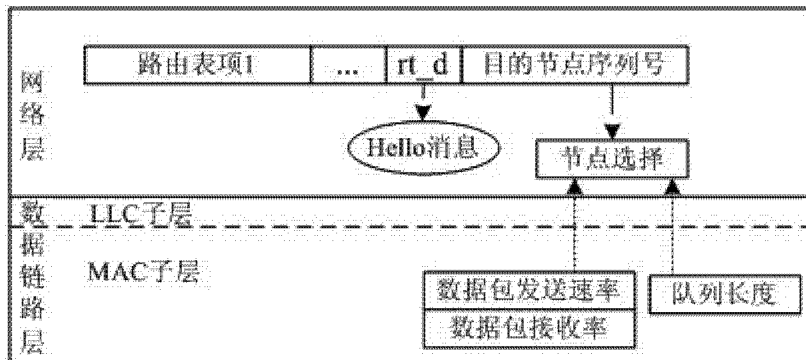


图 2

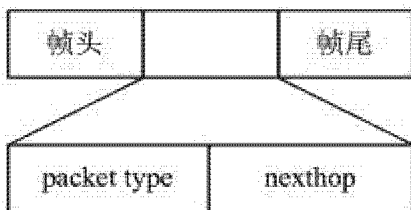


图 3

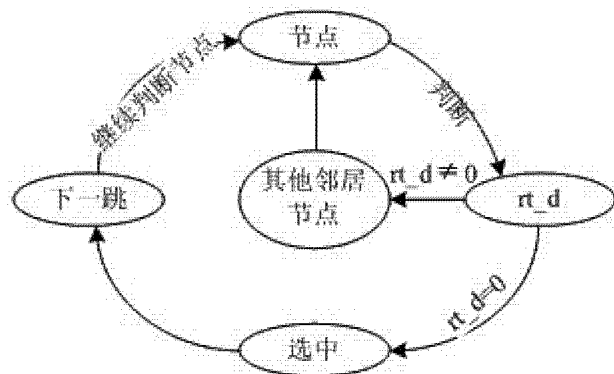


图 4

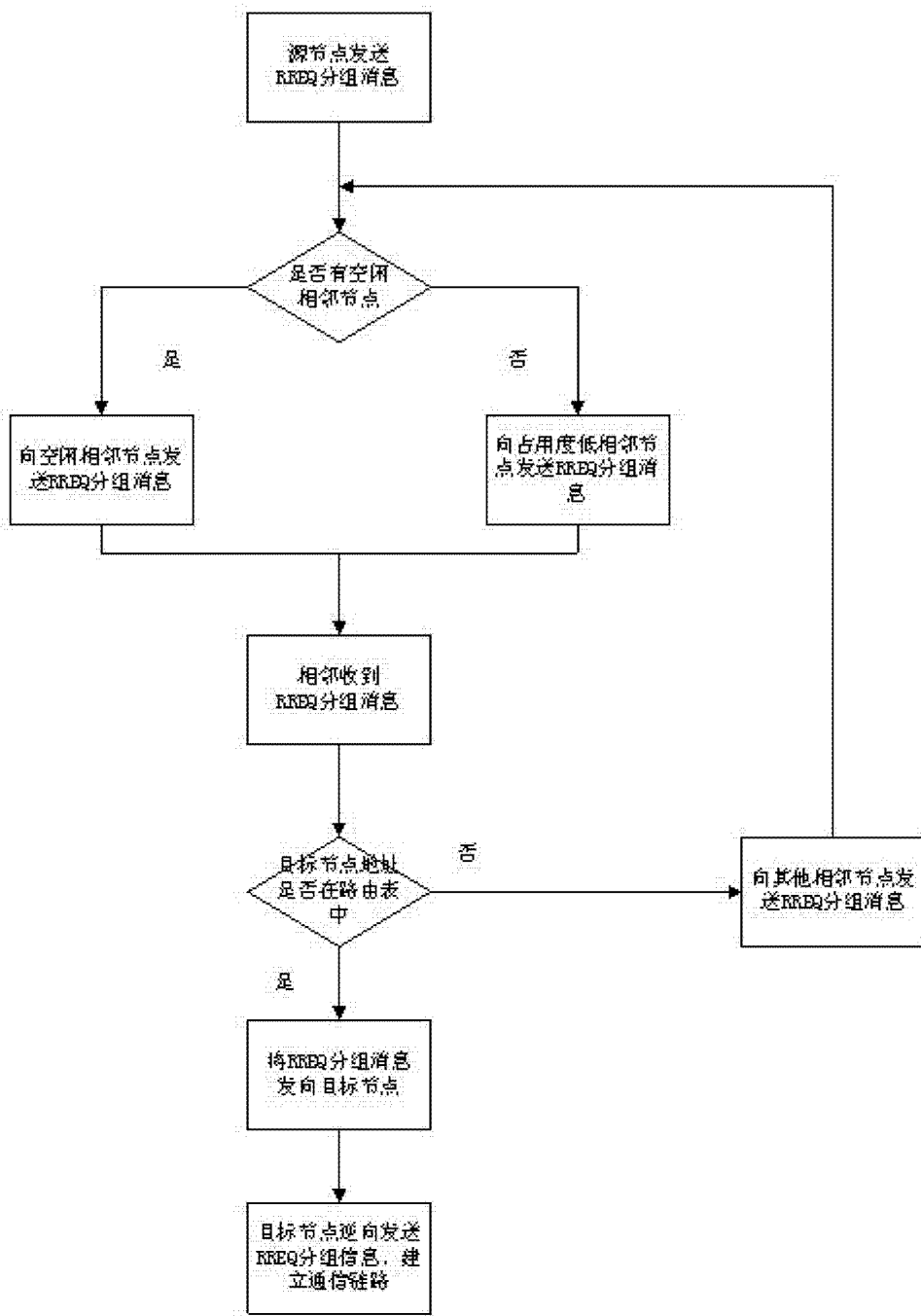


图 5