

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200910035495.0

[43] 公开日 2010 年 3 月 17 日

[51] Int. Cl.
H04W 40/00 (2006.01)
H04L 12/56 (2006.01)

[11] 公开号 CN 101674630A

[22] 申请日 2009.9.25

[21] 申请号 200910035495.0

[71] 申请人 南京邮电大学

地址 210003 江苏省南京市新模范马路 66 号

[72] 发明人 刘 峰 顾晓燕 朱秀昌

[74] 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司
代理人 叶连生

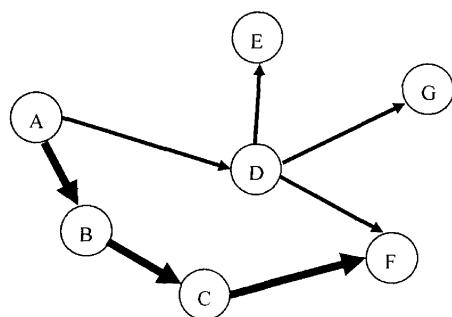
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 1 页

[54] 发明名称

一种可感知拥塞的跨层路由实现方法

[57] 摘要

一种可感知拥塞的跨层路由实现方法适用于无线 Mesh 网络的路由协议实现方法，该方法通过跨层设计为网络层提供从 MAC 层获得的可以感知网络拥塞情况的两个质量信息：感知链路拥塞的期望传输成功率和感知节点拥塞的剩余负载率，通过路由发现过程可获得路径的期望传输成功率和路径的剩余负载率，并对这两种路径质量信息进行整合形成路由决策函数，根据该路由决策函数来决策路由。本发明解决了无线 Mesh 网络中不能有效地均衡网络业务负载和多业务流传输的公平性很差的问题。



1. 一种可感知拥塞的跨层路由实现方法，其特征在于该方法包括如下步骤：

第一步：源节点发送路由请求，该请求包括该广播路由请求的生命周期、包序号信息与目的地址信息，该路由请求的包头中增加路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率域，

第二步：中间节点收到该路由请求后，首先更新该路由请求所携带路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率域，然后判断本节点是否应该忽略该路由请求，判断的项目包括包序号、路径优劣、节点自身资源是否过载与生命周期是否到期等，如果不满足就丢弃该路由请求，

第三步：如果中间节点不丢弃该路由请求就判断是否能进行缓存回复；若从缓存中找到到达目的节点的路径，则判断是否应该把该路径返回给源节点；判断的依据为缓存路由的路由决策函数是否比路由请求所携带的路径的路由决策函数更好；若是，则返回该路径；否则，放弃缓存回复；通过判断，最后决定是转发该路由请求还是回复源节点，或者丢弃该请求，

第四步：目的节点收到路由请求后，首先更新路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率域，再进行路由回复；路由回复时，把路由请求中所携带的路径和路径质量信息如路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率域复制到路由回复数据包中，通过路由回复把路径质量信息携带回源节点；当目的节点连续收到多个路由请求时，如果通过路由决策数验证了当前路由请求所携带的路径比已转发过的路径更优，节点将再次进行路由回复，否则丢弃该路由请求，

第五步：源节点通过路由回复即可获得所需路径与路径质量信息，节点将路径以及路径质量信息添加到路由缓存中，并查看数据缓存中是否有数据需要发送。

2. 根据权利要求1所述的可感知拥塞的跨层路由实现方法，其特征是，所述的源节点是向目标节点发送数据包的发送节点，它在分组的包头中加入了通向目标节点的中间跳的序列；通过查找存放先前学习到的路由的“路由缓存区”来获得合适的源路径，如果没有找到合适的路径，就启动路由发现协议来动态查找通向目标节点的新的路径。

3. 根据权利要求1所述的可感知拥塞的跨层路由实现方法，其特征是，所述的发送路由请求是指当节点需要将数据包传输给另一个节点，但是在路由表中没有

到达目的节点的路由信息的时候，节点会向外泛洪一个路由请求，即向周围的所有邻居节点询问到达目的节点的路由信息，收到请求的节点如果知道到达目的节点的信息，就会将数据包传回，如果不知道，就会将这个请求继续发送，并将自己放入到这个请求包的源路由中，使得之后的节点能够知道这个数据包经过了哪些节点，同时，每个节点也根据之前的数据，获知了自己到达源节点的最优路径。

4. 根据权利要求3所述的可感知拥塞的跨层路由实现方法，其特征是所述的泛洪是指某一个节点向周围广播发送一个数据包，所有能收到这个数据包的节点向自己的周围广播发送相同的数据包，直到网络中所有的节点最终收到这个数据包。

5. 根据权利要求1所述的可感知拥塞的跨层路由实现方法，其特征是，所述的第一步中路径的期望传输成功率的获取方法为：

a) 计算从源节点到目的节点的路径的某链路的一端节点i 到该链路的另一端节点j的链路成功发送第k个包的重传次数

$$N_{ij}(k) = RTSFailureCount_{ij}(k) + ACKFailureCount_{ij}(k)$$

b) 计算从源节点到目的节点的路径的某链路的一端节点i成功发送第k个包到该链路的另一端节点j的期望传输成功率 $E_{ij}(k) = 1 - \frac{N_{ij}(k)}{N_{ij}(k)+2} = \frac{2}{N_{ij}(k)+2}$

c) 计算从源节点到目的节点的路径的期望传输成功率 $ETE_p = \prod_{\forall(i,j) \in Path} E_{ij}$ 。

6. 根据权利要求1所述的可感知拥塞的跨层路由实现方法，其特征是，所述的第一步中路径的剩余负载率的获取方法为：

a) 计算从源节点到目的节点的路径中某节点i的剩余负载率 $L_i = \frac{B_i - A_i}{B_i}$

b) 计算从源节点到目的节点的路径的剩余负载率 $L_p = \min(L_i)$ ，它是这条路径上除去源节点和目的节点后，剩余节点的最小剩余负载率；

路径的剩余负载率越大说明这条路径越空闲，可接受的负载能力越强，数据分组从此路径转发数据的成功机率也就越大。

7. 根据权利要求1所述的可感知拥塞的跨层路由实现方法，其特征是，所述的第三步中缓存回复是指每一个节点都包括一个缓存器，存放最近学习到的和用过的路由信息，当一个节点收到路由请求消息后，若自己不是目标节点，就会在自

己的路由记录中查询是否有到达目的节点的路由；若有，节点就会向源节点发送一个路由应答消息，而不再对路由请求消息进行转发；在路由应答中，将路由请求消息中的路由记录和该节点到目的节点的路由进行合并，发送给源节点。

8. 根据权利要求1所述的可感知拥塞的跨层路由实现方法，其特征是，所述的第三步中路由决策函数是考虑了路径的期望传输成功率和路径的剩余负载率最大化的原则的路由判据，形式上采用凸优化组合方法：

$$\text{COST}(ETE_p, L_p) = \max(\beta \times ETE_p + (1-\beta) \times L_p) \quad .$$

9. 根据权利要求 5 所述的可感知拥塞的跨层路由实现方法，其特征是，路径的期望传输成功率是通过对每条链路的 RTS/DATA 的重传次数进行统计，可以对路径的拥塞情况和信道状况进行很好的估计；路径的期望传输成功率越大，说明这条路径相对来说拥塞越轻，信道状况越好，数据分组从此路径转发数据就越能有效避开网络中的“拥塞中心区域”。

10. 根据权利要求 1 所述的可感知拥塞的跨层路由实现方法，其特征是，所述的路由实现是根据路由决策函数来决策路由的，源节点是对所有找到的路由进行选择，且选择路由决策函数值最大的一条路由，路径的路由决策函数越大，选择的路由越能有效避免网络拥塞中心区节点，减少拥塞进一步加剧的可能。

一种可感知拥塞的跨层路由实现方法

技术领域

本发明涉及一种无线网络技术领域的路由实现方法，具体地说，涉及的是一种可感知拥塞的跨层路由实现方法。

背景技术

无线Mesh网络是指一种动态自组织、自我配置的具有路由和转发功能的多跳无线网络。网络节点（包括Mesh 路由器和终端客户节点）能够自动组建成网络且维持网状连接。因此，WMN 在拓扑上不同于纯粹移动Ad hoc 网络，因为其路由器节点位置相对固定或移动性较弱，基本上为静态节点，且不会形成孤立拓扑，可以支持回程连接，业务也更多地表现为来往于因特网网关的业务。此外，WMN 也区别于传统的WLAN 单跳的AP 接入方式，可以支持可靠、多跳路由和转发，换句话说，拥有比移动Ad hoc 网络和WLAN更灵活的结构优势。不同于移动Ad hoc 网络的对等业务模式，WMN 业务汇聚于Mesh 路由器/网关，容易造成局部网络拥塞，使得很难维护网络全局最优路由，所以路由问题尤其关键。路由协议必须能够适应这种特殊的变化才能促进传统Ad hoc 网络和WLAN 大规模成功商用和配置。

无线Mesh网络是无线Ad hoc网络的发展，而基于Ad hoc网络的路由仅考虑“最短路径”路由选择机制，忽略了该路径上的业务通信量，无法感知用户的QoS需求和传输的公平性，这就有可能使得网络中（特别是基于802.11的网络）业务流过于集中于某些节点和链路，形成一些“拥塞中心区域”，在这些区域中的节点特别繁忙，要为多条数据流转发数据包，而周围区域节点却由于经过的通信量很少而相对空闲。这样就有可能导致经过“拥塞中心区域”的数据包经历严重的延迟或丢失。不同于传统无线网络，由于特殊的因特网接入网属性，无线Mesh网络的拥塞控制问题显得更为突出。此外，对于有些能量受限的部分节点，由于负载过重，能量快速衰竭而使得传输崩溃，而此时周围空闲区域的节点却没有业务，导致网络容量分配的极端不公平，严重地影响网络的性能。

另外，传统的有线网络分层设计的方法，即将路由、调度等分开设计，对于无线Mesh网络来说，并不是有效的设计方法。这主要是由于链路之间干扰会产生相互的影响，一条链路的路由选择或带宽容量分配会影响到它周围其他相干链路的性能，并且忽略了无线网络中普遍存在的衰落和重传等因素。而且传统的路由协议存在很多不足，例如无法有效地抑制拥塞现象、多业务流传输的公平性很差、

不能有效地均衡网络业务负载等等。因此，可以利用跨层设计的思想来设计新的路由实现方法，从而进一步提高无线Mesh的性能。

发明内容

技术问题：本发明的目的在于克服现有技术的不足，提出一种可感知拥塞的跨层路由实现方法，较好地减轻无线 Mesh 网络中不能有效地均衡网络业务负载和多业务流传输的公平性很差的问题，通过路由发现过程可获得路径的期望传输成功率和路径的剩余负载率，对这两种路径质量信息进行整合形成路由决策函数，根据该路由决策函数来选择最佳路由，以使网络性能在总体上达到最优。

技术方案：本发明的一种可感知拥塞的跨层路由实现方法包括如下步骤：

第一步：源节点发送路由请求，该请求包括该广播路由请求的生命周期、包序号信息与目的地址信息，该路由请求的包头中增加路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率域，

第二步：中间节点收到该路由请求后，首先更新该路由请求所携带路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率域，然后判断本节点是否应该忽略该路由请求，判断的项目包括包序号、路径优劣、节点自身资源是否过载与生命周期是否到期等，如果不满足就丢弃该路由请求，

第三步：如果中间节点不丢弃该路由请求就判断是否能进行缓存回复；若从缓存中找到到达目的节点的路径，则判断是否应该把该路径返回给源节点；判断的依据为缓存路由的路由决策函数是否比路由请求所携带的路径的路由决策函数更好；若是，则返回该路径；否则，放弃缓存回复；通过判断，最后决定是转发该路由请求还是回复源节点，或者丢弃该请求，

第四步：目的节点收到路由请求后，首先更新路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率域，再进行路由回复；路由回复时，把路由请求中所携带的路径和路径质量信息如路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率域复制到路由回复数据包中，通过路由回复把路径质量信息携带回源节点；当目的节点连续收到多个路由请求时，如果通过路由决策数验证了当前路由请求所携带的路径比已转发过的路径更优，节点将再次进行路由回复，否则丢弃该路由请求，

第五步：源节点通过路由回复即可获得所需路径与路径质量信息，节点将路径以及路径质量信息添加到路由缓存中，并查看数据缓存中是否有数据需要发送。

所述的源节点是向目标节点发送数据包的发送节点，它在分组的包头中加入了通向目标节点的中间跳的序列；通过查找存放先前学习到的路由的“路由缓存区”来获得合适的源路径，如果没有找到合适的路径，就启动路由发现协议来动态查找通向目标节点的新的路径。

所述的发送路由请求是指当节点需要将数据包传输给另一个节点，但是在路

由表中没有到达目的节点的路由信息的时候，节点会向外泛洪一个路由请求，即向周围的所有邻居节点询问到达目的节点的路由信息，收到请求的节点如果知道到达目的节点的信息，就会将数据包传回，如果不知道，就会将这个请求继续发送，并将自己放入到这个请求包的源路由中，使得之后的节点能够知道这个数据包经过了哪些节点，同时，每个节点也根据之前的数据，获知了自己到达源节点的最优路径。

所述的泛洪是指某一个节点向周围广播发送一个数据包，所有能收到这个数据包的节点向自己的周围广播发送相同的数据包，直到网络中所有的节点最终收到这个数据包。

所述的第一步中路径的期望传输成功率的获取方法为：

a) 计算从源节点到目的节点的路径的某链路的一端节点i 到该链路的另一端节点j的链路成功发送第k个包的重传次数

$$N_{ij}(k) = RTSFailureCount_{ij}(k) + ACKFailureCount_{ij}(k)$$

b) 计算从源节点到目的节点的路径的某链路的一端节点i成功发送第k个包到

$$\text{该链路的另一端节点j的期望传输成功率 } E_{ij}(k) = 1 - \frac{N_{ij}(k)}{N_{ij}(k) + 2} = \frac{2}{N_{ij}(k) + 2}$$

c) 计算从源节点到目的节点的路径的期望传输成功率 $ETE_p = \prod_{\forall(i,j) \in Path} E_{ij}$ 。

所述的第一步中路径的剩余负载率的获取方法为：

a) 计算从源节点到目的节点的路径中某节点i的剩余负载率 $L_i = \frac{B_i - A_i}{B_i}$

b) 计算从源节点到目的节点的路径的剩余负载率 $L_p = \min(L_i)$ ，它是这条路径上除去源节点和目的节点后，剩余节点的最小剩余负载率；

路径的剩余负载率越大说明这条路径越空闲，可接受的负载能力越强，数据分组从此路径转发数据的成功机率也就越大。

所述的第三步中缓存回复是指每一个节点都包括一个缓存器，存放最近学习到的和用过的路由信息，当一个节点收到路由请求消息后，若自己不是目标节点，就会在自己的路由记录中查询是否有到达目的节点的路由；若有，节点就会向源节点发送一个路由应答消息，而不再对路由请求消息进行转发；在路由应答中，将路由请求消息中的路由记录和该节点到目的节点的路由进行合并，发送给源节点。

所述的第三步中路由决策函数是考虑了路径的期望传输成功率和路径的剩余负载率最大化的原则的路由判据，形式上采用凸优化组合方法：

$$COST(ETE_p, L_p) = \max(\beta \times ETE_p + (1-\beta) \times L_p) \quad .$$

路径的期望传输成功率是通过对每条链路的 RTS/DATA 的重传次数进行统

计，可以对路径的拥塞情况和信道状况进行很好的估计；路径的期望传输成功率越大，说明这条路径相对来说拥塞越轻，信道状况越好，数据分组从此路径转发数据就越能有效避开网络中的“拥塞中心区域”。

所述的路由实现是根据路由决策函数来决策路由的，源节点是对所有找到的路由进行选择，且选择路由决策函数值最大的一条路由，路径的路由决策函数越大，选择的路由越能有效避免网络拥塞中心区节点，减少拥塞进一步加剧的可能。

有益效果：较好地解决无线Mesh网络中不能有效地均衡网络业务负载问题以及多业务流传输的公平性很差的问题，使得数据流可以避开无线Mesh网络中的“拥塞中心区域”，减少包的丢失，提高网络的吞吐量，明显地改善网络延时，满足了无线Mesh网络的负载均衡的要求，改善了多业务流传输的公平性很差的问题。

附图说明

图1是具有七个网络节点组成的Mesh网络结构示意图。其中：A、B、C、D、E、F、G均表示网络节点，A为源节点，B、C、D既为源节点又为目的节点，E、F、G为目的地节点。

具体实施方式

第一步：源节点发送路由请求。

- a) 源节点的路由请求的包头中增加路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率域；
- b) 源节点广播该路由请求；

第二步：中间节点的处理过程

- a) 中间节点接收路由请求；
- b) 更新该路由请求所携带路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率域；
- c) 判断本节点是否应该忽略该路由请求，判断的项目包括包序号、路径优劣、节点自身资源是否过载与TTL是否到期等；
- d) 判断是否能进行缓存回复，若从缓存中找到到达目的节点的路径，则判断是否应该把该路径返回给源节点。判断的依据为缓存路由的路由决策函数是否比路由请求所携带的路径的路由决策函数更好，若是，则返回该路径；否则，放弃缓存回复；
- e) 通过判断，最后决定是转发该路由请求还是回复源节点，或者丢弃该请求。

第三步：目的节点的处理过程。

- a) 接收路由请求；
- b) 更新路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率域；

c) 调用相关过程进行路由回复。路由回复时，把路由请求中所携带的路径和路径质量信息（路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率）域复制到路由回复数据包中，通过路由回复把路径质量信息携带回源节点。当目的节点连续收到多个路由请求时，如果通过路由决策数验证了当前路由请求所携带的路径比已转发过的路径更优，节点将再次进行路由回复，否则丢弃该路由请求。

第四步：源节点收到路由回复的处理过程。

- a) 通过路由回复获得所需路径与路径质量信息；
- b) 源节点将路径以及路径质量信息添加到路由缓存中；
- c) 查看数据缓存中是否有数据需要发送，有数据要发送就发送数据。

下面结合附图对本发明方法做进一步说明。

图1中以A、B、C、D、E、F、G七个网络节点所组成的无线Mesh网络为例，假设设有以下三条数据流：

A→F，A为源节点，F为目的节点

A→E，A为源节点，E为目的节点

A→G，A为源节点，G为目的节点

对于A到F的路由选择来说，A-D-F虽然只有两跳，符合最小跳数选路原则，但是由于节点A要与E，F，G节点通信必须通过节点D进行周转，因此节点D就成为拥塞中心节点，A-D-F会造成A到F的数据包大量丢失或经历严重的延迟，不能有效地均衡网络业务负载和多业务流传输的公平性很差，利用本发明的算法可以解决此问题。

本发明的具体操作如下：

1、源节点A广播路由请求分组，该路由请求的包头中增加了路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率域并且包括该广播路由请求的生命周期TTL(一般为跳数限制)、包序号信息与目的地址等信息。

2、节点A的邻节点B、D接收到该路由请求后，更新各自所接收的路由请求中所携带的路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率域。

3、然后节点B、D判断它们是否应该忽略该路由请求，如果该路由请求的包序号不正确、节点自身资源已过载与TTL已到期，则丢弃该路由请求。

4、节点B、D不丢弃该路由请求就继续判断它们是否能进行缓存回复，假设节点B的缓存中存在到达目的节点F的路径，而且该路径的路由代价函数值比路由请求所携带的路径的路由决策函数更好，则节点B将该缓存路径进行路由回复给源节点A，否则继续转发路由请求。

5、目的节点F收到该路由请求后，首先更新路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率域，再调用相关过程进行路由回复。

6、假设目的节点F先收到来自节点D的路由请求，则把来自节点D的路由请求中所携带的路径和路径质量信息（路径的期望传输成功率域和路径的剩余负载率）域复制到路由回复数据包中，通过路由回复把路径质量信息携带回源节点。

7、如果目的节点F后续又收到来自节点C的路由请求，如果A-B-C-F这条路径的路由决策函数值比A-D-F的路由决策函数值大，节点F将再次进行路由回复。

8、源节点A将A-D-F和A-B-C-F的路径和该路径的质量信息添加到自己的缓存中，查看数据缓存中是否有数据需要发送。如果有数据要发送就选择路由决策函数最大的那条路径A-B-C-F来发送数据。

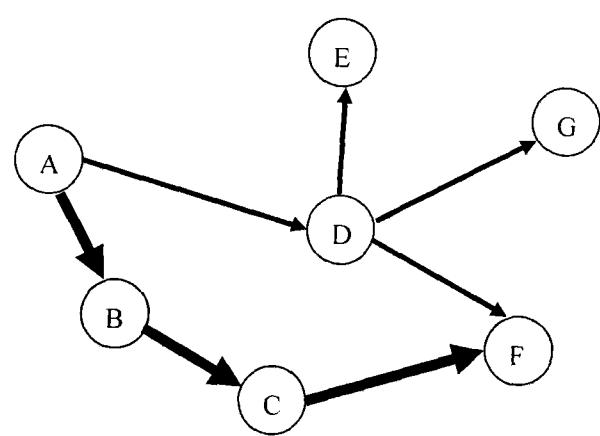


图 1