

无线Mesh网络链路认知OLSR路由协议

温怀玉^{1,2}, 罗光春¹

(1. 电子科技大学计算机科学与工程学院 成都 610054; 2. 泸州职业技术学院二级单位名称科技产业处 四川 泸州 646100)

【摘要】针对无线Mesh网络性能需求, 及其路由所面临的挑战, 以OLSR路由协议为基础, 提出一种链路认知的路由协议LC-OLSR。协议对节点负载、链路投递率和链路可用性等环境进行感知和推理, 获得网络中节点之间的路径链路质量评价, 评价结果用于路由的优化, 达到提高网络吞吐率和负载均衡的目的。仿真表明, LC-OLSR能够提高无线Mesh网络的分组递交率, 降低平均端到端延时, 一定程度上达到了负载均衡的目的。

关键词 LC-OLSR; 链路认知; 无线Mesh网; LC-OLSR; 表驱动路由;

中图分类号 TP304.5

文献标识码 A

doi:10.3969/j.issn.1001-0548.2011.02.029

Link Cognitive-Based OLSR Routing Protocol For for Wireless Mesh Networks

WEN Huai-yu^{1,2}, and LUO Guang-chun¹

(1. (1.School of Computer Science and Engineering, University of Electronics Science and Technology of China, Chengdu, 610054;

2. Department of Technology Industry二级单位名称, Vocational School of Luzhou, Luzhou Luzhou, Luzhou, Sichuan 646100)

Abstract A routing protocol LC-OLSR of cognitive links is proposed based on OLSR routing protocol. The protocol detects and analyzes the node load, link delivery ratio, and link availability, and collects the quality evaluation of path links among the nodes on the network to achieve the selection of routing, enhance the throughput of the network, and improve the load balance. The simulation results show that LC-OLSR can improve the packet delivery rate of wireless Mesh networks and reduce the average end-to-end delay.

Key words LC-OLSR; link cognitive; table-driven routing; wireless mesh Mesh network

无线Mesh网络是一种新型的多跳分布式无线网络, 具有良好的健壮性、扩展性、自组性和较高的路由传输性能, 可应用于各种无线宽带局域网。目前国内外无线Mesh网络的研究热点主要集中在无线电技术、路由协议、安全性等方面, 一般采用在MANET按需路由的基础上进行无线Mesh网络路由协议的优化改进^[41-74]。文献[1]采用跨层操作思想感知链路性能、链路干扰和链路负载作为判据, 提出一种按需路由协议, 一定程度上降低了端到端延时, 提高了网络吞吐率; 文献[2]在MANET的DSR协议的基础上, 使网络流量绕过网络中的业务热区, 达到拥塞控制和负载均衡的目的。文献[105]提出了基于OLSR优化的P-OLSR协议, 按移动节点发送的HELLO返回延迟进行位置分组, 通过优先选择组内进行MPR操作的方式降低端到端延时, 从而提高网络的吞吐量; 文献[116]提出一种按照节点剩余带宽

分簇的SC-OLSR路由协议, 协议对网络中传输贡献大的节点建立激励机制, 使其优先于其他网络节点获得传输服务, 以此提高网络效率和提高网络吞吐量; 文献[4]采用跨层操作思想感知链路性能, 感知链路干扰和链路负载作为判据, 提出一种按需路由协议, 一定程度上降低了端到端延时, 提高了网络吞吐率; 文献[5]在MANET的DSR协议的基础上, 使网络流量绕过网络中的业务热区, 达到拥塞控制和负载均衡的目的。采用基于表驱动的无线Mesh网络路由协议^[87], 一般以“最小跳数”进行路由选择, 没有综合考虑节点与链路的多种性能指标度量。

为了实现多个路径间的负载均衡, 提高系统资源利用率。本文以OLSR协议^[98]为基础, 提出一种链路认知的路由协议LC-OLSR。协议对节点负载、链路投递率和链路可用性等环境进行感知和推理, 获得网络中节点之间的路径链路质量评价, 评价结果用于路由

收稿日期: 2010-06-06; 修回日期: 2011-01-04

基金项目: 信息产业部电子生产发展基金(H04010601W060679); 四川省科技支撑计划(2010GZ0095); 四川省软科学计划(08RKX0079, 07ZR0023)。

作者简介: 温怀玉(1977-), 男, 博士生, 副教授, 主要从事网络通信、软件技术方面的研究。

的优化,达到提高网络吞吐量和负载均衡的目的。

2 1 路由协议描述

21.1 基本思想

OLSR采用表驱动的多点转播技术作为构架基础。OLSR协议较传统的路由协议有两个明显的改进:1)第一有效地压缩了节点构造拓扑分组时的局部拓扑信息,大大减少了传输拓扑控制分组带来的网络开销;2)第二,OLSR采用多点转播技术代替了传统的泛洪方式进行拓扑控制分组的广播,在保持了广播效果相同的情况下降低了广播所带来的网络开销。但是,OLSR以“最小跳数”为判据,固定使用网络中的一部分链接来组成路由路径,没有考虑链路的可靠程度及链路上节点的繁忙程度,使一些链路比较繁忙,从而增加了端到端延时或传递丢失的概率;而且,另外一些链路又可能长期处于空闲状态,降低了整个网络的资源利用率。因此,虽然OLSR较容易实现并具备很高的运算效率,但难以提高无线Mesh网络的整体性能。

本文提出了一种基于链路状态认知的表驱动路由协议LC-OLSR,该协议基于无线认知网络的环境感知的方法,有效地感知网络中各节点的信道状态、剩余带宽、节点负载等信息,对网络链路状态进行启发式推理,获取链路的质量信息,在此基础上并基于OLSR协议,利用链路质量状态作为判据,实现路由选择的优化。协议在数据链路层进行节点状态的采集,获取节点的负载等状态的统计信息,存储于预设的共享信息池,当节点选择路由时需要从共享池中获取节点状态信息,并进行启发式推理,获得链路的质量信息,将推理结果作为路由选择的依据。

21.2 协议实现

LC-OLSR协议分为邻居发现、广播中继(multipoint relay, MPR)选择、MPR信息分发和路由计算四个操作。通过分布式方法,感知网络节点的链路投递率和节点负载等状态信息,在节点的邻居发现阶段,采用分布式协作机制交换节点感知信息。对节点的感知信息进行推理可形成链路状态质量信息,推理的结果作为MPR选择及、MPR信息分发,以及进行路由的计算和选择的依据,达到一定程度上负载均衡的目的。下面章节重点描述节点状态感知、启发式的链路推理和路由选择的计算和优化。

21.2.1 节点状态感知

协议主要感知获取两个性能参数:相关链路信道

质量及和节点对业务流负载的处理能力两个性能参数。主要通过感知节点MAC层帧成功递交率 ξ^{ξ} 可获取节点的投递率,该参数间接反映链路上的通信干扰及其数据传输率;通过感知节点MAC层接口队列缓存容量的占用率 η^{η} 可获取节点间链接的可用性,该参数反映本节点的业务流强度,同时并反映节点MAC层接口队列还可接纳的分组容量。MAC层帧成功递交率和接口队列缓存容量的占用率两个参数共同反映了节点对路由请求的接纳能力的后续传输处理能力,获取这两个参数后,在邻居发现阶段完成这两个感知参数在节点之间的交换和共享。这两个感知信息在节点之间的交换和共享通过网络节点进行邻居发现分组完成。

在网络的MAC层,节点 j^j 完整地接收到另外一个邻居节点 i^i 传输过来的信息帧,则认为一个帧发送接收成功,如果接收到的帧发生校验和错误,或因为发生冲突造成帧接收不完整,则认为该帧丢失。设节点 i^i 向邻居节点 j^j 发送的 $N_s(i,j)$ 个MAC帧中,有 $N_r(i,j)$ 个MAC帧被 j^j 成功接收,则节点 i^i 相对于节点 j^j ,其MAC层帧成功递交率 $\xi(i,j)$ 为: $\xi(i,j) = N_r(i,j) / N_s(i,j)$ 。

设节点 i^i 的MAC层接口队列的缓冲总容量为 $C(i)$,而节点 i^i 的MAC层接口队列中的当前缓存分组数为 $L(i)$,则该节点 i^i 的MAC层接口队列当前占用率为: $\eta_i = L(i) / C(i)$ 。

21.2.2 链路状态推理

通过分布式的本地状态感知方法获取节点的MAC层帧成功递交率和MAC层接口队列的缓冲容量占用率等基础状态信息,通过分布式的本地状态感知方法获取,感知结果存储于节点的邻居表中,节点定期构造和广播HELLO分组发布自身状态,并同时获取邻居节点状态。通过对状态的启发式推理获得链路质量评价信息,该信息保存在节点的邻居表中作为MRP操作的依据。通过HELLO分组进行感知信息的传播与共享,每个节点分析收到的HELLO分组,获取获知网络中哪些邻居选择了节点自身作为MPR节点,同时并用这些信息更新MS表。

通过邻居发现和MPR选择操作,网络节点中保存了网络中最新MPR Selector集合的信息。节点根据MS表中的共享信息定期构造一个拓扑控制分组,采用OLSR的多点转播方法,在整个Mesh网络中传递和共享拓扑控制分组。节点的拓扑表作为全局网络

拓扑的一个缩影保存了全局实际网络拓扑的子集, 其中包含所有网络节点的MPR Selector信息。节点的拓扑表和MS表的每个表项中均记录了链路的状态信息。LC-OLSR协议中, 节点在进行MPR选择和分发、路由选择时, 均以启发式推理得到的链路质量信息作为判据。采用启发式推理表示节点*i*与*j*之间链路质量状态良好程度 $LS(i,j)$, 定义公式如下:

$$LS(i,j) = \xi(i,j)^\alpha / (L_i L_j / \sqrt{L_i^2 + L_j^2})^\beta$$

上述公式中的 α 和 β 为预设的指数, 节点的空闲度表示了一个节点能继续承担的网络负载能力大小, 节点*i*和节点*j*的空闲度用 L_i 与 L_j 进行表示, 其中 $L_i = 1 - \eta_i$ 。

在节点进行MPR选择操作时, 需要综合考虑节点邻居之间的连通度和进行MPR选择操作的节点之间的链路状态良好程度 $LS(i,j)$ 。定义 τ 为两个邻居节点之间两跳集合的一个子集, 定义 s 为原节点, 邻居节点*i*的一跳优先选择因子定义为 μ , 则 $\mu = d(\tau) / LS(s,i)$, 传递数据时选择 μ 值最大的节点作为其下一跳。其中, $d(\tau)$ 表示 τ 中与 v_i 存在双向链接节点的个数, 即节点*i*相对于集合 τ 的连通度, 节点连通度通过邻居发现获取。

21.2.3 路由优化选择

通过节点状态感知, 链路状态推理, 获得了链路质量状态信息; 然后将该信息通过邻居发现和MPR操作, 将拓扑表和邻居表分发到了Mesh网络的每个节点中。拓扑表和邻居表分别保存了网络的全局拓扑信息和局部的拓扑信息。相应链路的状态良好程度信息也分别存储在邻居表和拓扑表中。

节点根据拓扑表中的全局拓扑信息和邻居表中的局部拓扑信息, 定期采用Dijkstra算法计算该条路由的路径, 将计算出的路由存储于路由表。LC-OLSR改变了传统的OLSR仅以路径最小条数作为路由判据的方法, 以链路的质量良好性作为判断路由的判据, 实现了路由的改进和优化。

将LC-OLSR路由协议的路径优化选择方法具体定义为: 在无线Mesh网络中有一对原节点和目的节点分别为 S 和 D , 两个节点之间的路径集合定义为 R , 假如 $R \neq \phi$, 满足条件为 $P = \min_{P \in R} (PS_p)$ 的路径即为 S 节点到 D 节点所要选择的路由路径。该路径上的所有链路的质量良好程度之和为

PS_p , 表示在图 $G(V,E)$ (V, E) 中为, 源节点和目的节点之间的任何一条由网络节点序列 $(n_0, n_1, n_2, \dots, n_k)$, 其公式表示为:

$$PS_p = \sum_{i=0}^{k-1} LS(n_i, n_{i+1})$$

3.2 协议仿真与性能分析

使用NS2对LC-OLSR进行仿真实验, 考察LC-OLSR的分组成功递交率与端到端平均时延性能^[13]。仿真的环境设置为: 节点的分布区域为 $1\ 000\text{ m} \times 1\ 000\text{ m}$, 共有40个无线Mesh节点随机分布在该区域, 以Random Waypoint模型运动, 节点拥有2Mbps网络信道容量和300 m覆盖半径, 节点拥有最大100个分组的MAC缓存空间, 数据分组在缓存中有30 s的最大保留时间, 分组到达率为 λ , 仿真总时间为500 s。

仿真设置每条CBR数据流的 $\lambda = 14\text{ packet/s}$, 设置节点最大移动速度为 $v_{\max} = 10\text{ m/s}$ 。LC-OLSR路由协议的分组的成功递交率以及平均端到端延时受启发式推理公式中指数 α 、 β 取值的影响分别如图1和图2所示。图中, x 为预设指数 α 、 β 的取值, 当 α 或 β 其中任意参数取值为0时, 即当仅考虑因素 $\xi(i,j)$ 或 U_{ij} 中的某一项时, LC-OLSR路由协议的分组成功递交率比较低。如果综合 $\xi(i,j)$ 或 U_{ij} 两个链路状态良好程度, 即当 α 与 β 两个参数取均不为0时, 设置 $\alpha = 2$, 则当 β 取值增大的时候, 协议的分组成功递交率先升后降。协议的分组成功递交率在 $\alpha = 2$ 、 $\beta = 0.5$ 时达到了最大值, 平均端到端时延为最优状态。因此, 选用(2,0.5) (2, 0.5) 作为 (α, β) 的取值。

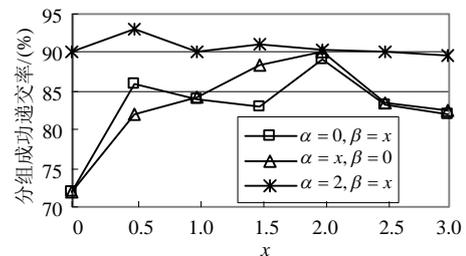


图1 α 、 β 取值对分组成功递交率的影响

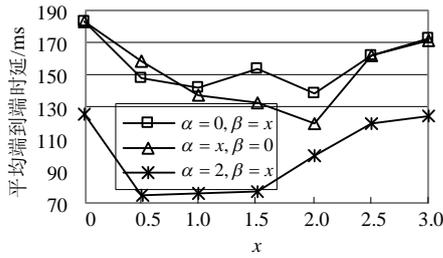


图2 α 、 β 取值对平均端到端时延的影响

仿真中，设置节点的最大移动速度分别为 $v_{max}=10$ m/s 和 $v_{max}=15$ m/s，随着网络负载的变化，LC-OLSR协议的分组成功递交率、平均端到端时延性能仿真结果分别如图3和图4所示。LC-OLSR和OLSR协议的分组成功递交率均随着网络负载增大而分组成功递交率下降，同时且平均端到端时延上升。可见，在不同网络负载情况下，LC-OLSR的分组成功递交率均高于OLSR，平均端到端时延均低于OLSR。LC-OLSR协议在路由选择过程中通过感知节点的负载处理能力与链路可用性并推理链路质量，使传递路径绕过了质量较差的热点链路，其分组成功递交率和平均端到端时延性能均优于OLSR。

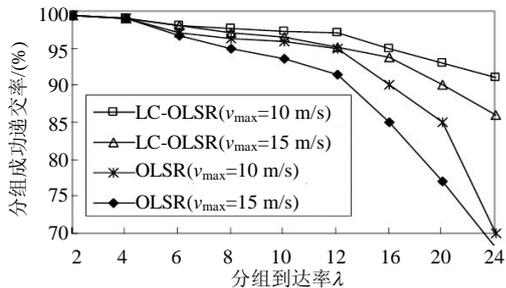


图3 分组成功递交率性能对比

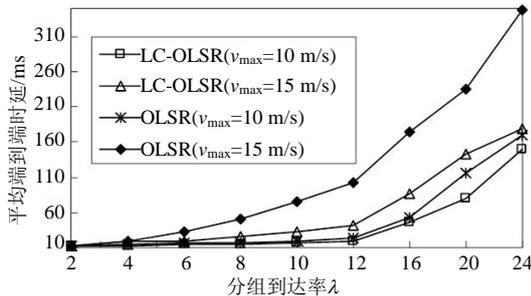


图4 平均端到端时延性能对比

4 结论

本文引入认知无线网的环境感知和推理思想，实现了LC-OLSR环境认知表驱动路由协议。协议基

于OLSR并通过感知链路投递率和链路可用性等信息，反映网络节点处理负载能力，根据节点的感知信息对链路质量进行推理，获得链路质量评价，根据链路质量的评价进行路由的优化选择，从而提高网络的吞吐量，实现负载均衡。仿真结果表明，LC-OLSR在分组成功递交率、分组传递平均端到端时延方面的性能能够有较大幅度的提升，一定程度上提高了吞吐率，达到负载均衡的路由效果。下一步研究主要针对多信道应用环境下，综合解决多信道分配策略与跨层优化问题，进一步优化LC-OLSR协议，以降低无线Mesh节点之间的相互干扰和提高无线Mesh网络资源的利用率。

参 考 文 献

[1] LIU Te-huang, LIAO Wang-jun. Capacity-aware routing in multi-channel multi-rate wireless mesh networks. communications[C]//2006 IEEE International Conference. Istanbul, Turkey; IEEE, 2006: 1971-1976.

- [2] SONG Wen, FANG Xu-ming. Routing with congestion control and load balancing in wireless mesh networks [C]//2006 6th International Telecommunications Conference. Chengdu, China: IEEE, 2006: 719-724.
- [3] YANG Yang-Ling, WANG JUN, KRAVETS R. Designing routing metrics for mesh networks[C]//Proceedings of the IEEE Workshop on Wireless mesh Networks (Wimesh). Atlanta, USA: IEEE Press, 2005: 675-679.
- [1][4]JACQUET P, MUHLETHALER P, CLAUENSEN T, et al. Optimized link state routing protocol for ad hoc networks[C]//Multi Topic Technology International Conference for the 21st Century, [S.l.]: IEEE, 2001: 62-68.
- [5] SHARMA S. P-OLSR: Position-based Optimized Link State[C]//2009 IEEE 34th Conference on Local Computer Networks. Zurich, Switzerland: IEEE, 2009: 237-240.
- [1][6]CHRIQI A, OTROK H, ROBERT J M. SC-OLSR: secure clustering-based olsr model for Aad hoc networks[C]//2009 IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications. Marrakech, Moroccan: IEEE, 2009: 245-239.
- [1][7]SOBRINHO J L. Algebra and algorithms for QoS path computation and hop-by-hop routing in the Internet[J]. IEEE-ACM Transactions on Networking, 2002, 10(4): 541-550.
- [8] SOBRINHO J L. Network routing with path vector protocols: theory and applications[C]//Proceedings of ACM SIGGOMM 2003 Conference on Computer Communications. Karlsruhe, Germany: ACM, 2003: 49-69.
- [1][9]WHITEHEAD PHILIP WHITEHEAD. Mesh Networksnetworks: a new Architecture architecture for Broadband broadband Wireless wireless Access access Systemssystems[C]//. IEEE International Conference on Radio and Wireless., 2000. Denver, CO, USA: IEEE, 2000: 43-46.
- [2][10] AKYILDIZIF, WANG XUXu-dongG, WANG Wei-lin. Wireless mesh networks: a survey [J]. Computer Networks, 2005, 47(4): 445-487.
- [11] WAHARTE SONIA WAHARTE, BOUTABA RAOUF BOUTABA, IRAQI YOUSSEF IRAQI, et al. Routing protocols in wireless mesh networks: challenges and design considerations [J]. Multimedia Tools and Applications, 2006, 29(3): 285-303.

编辑 税 红