

基于链路状态感知的无线 Mesh 网优化路由协议

王 靖¹ 李芳芳² 于 全¹

(解放军理工大学研究生队 南京 210007)¹ (兰州工业学院 兰州 730050)²

摘 要 在分析无线 Mesh 网路由协议所面临的挑战的基础上,结合无线 Mesh 网络的性能要求,以 OLSR 协议为原型,采用跨层设计理论,提出了一种基于链路状态良好程度的路由协议 LR-OLSR。该协议引入了认知无线网络中的环境感知推理思想,通过对节点负载、链路投递率和链路可用性等信息进行感知,并以此为依据对链路质量进行推理,将其作为路由选择的依据,实现对路由的优化选择,提高网络的吞吐量,达到负载均衡。仿真结果表明,LR-OLSR 能够在很大程度上提高网络中分组的递交率,降低平均端到端时延,在一定程度上达到负载均衡。

关键词 链路状态感知,无线 Mesh 网络,路由协议,表驱动路由

中图分类号 TN919.72 **文献标识码** A

Link State Reasoning Based Optimized Routing Protocol for Wireless Mesh Networks

WANG Jing¹ LI Fang-fang² YU Quan¹

(Corps of Graduate, PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007, China)¹

(Lanzhou Polytechnical College, Lanzhou 730050, China)²

Abstract Based on the analysis of the most important challenges in wireless Mesh networks, a link state reasoning based routing protocol was presented which is originated from optimizes link state routing protocol (LR-OLSR) with cross-layer design theory. The LR-OLSR protocol greatly optimizes routing performance by introducing the reasoning method to value the link quality depending on information such as the node load, the packet delivery ratio, and link availability. The proposed protocol makes use of link quality as the routing metric during route selection, thus it can achieve optimal routing and load balancing in wireless Mesh networks. The simulation results show that the proposed routing protocol improves the packet delivery ratio, reduces the end-to-end delay, and achieves load balance in the route selection process.

Keywords Link state awareness, Wireless Mesh networks, Routing protocol, Table-driven routing

1 引言

无线网状网(Wireless Mesh Network, WMN)是一种新型的分布式宽带无线网络架构,其核心思想是让网络中的每个节点都可以同时作为接入点和路由器^[1]。WMN 具有优良的可扩展性、健壮性和自组织性,能够支持快速部署和安装,能实现高带宽、高速率的路由传输,可应用于宽带局域网、交通医疗系统网络及城域网等各种场景。

目前,国内外许多研究机构和相关厂商对 WMN 技术的研究主要集中在底层无线电技术、路由协议、QoS 保证、安全机制和网络管理等方面^[2]。在网络结构和业务模式上,WMN 综合了 MANET 和无线传感器网络(Wireless Sensor Networks, WSN)的特点^[3]。对于路由协议的研究,目前基本都是基于现有移动自组网(Mobile Ad hoc Networks, MANET)中的按需路由协议进行修改^[4-7]。文献[4]提出了一种按需的链路性能感知路由协议,采用的路由判断通过跨层操作综合考虑了链路干扰和链路负载等链路质量信息,能从一

定程度上提高网络吞吐量和端到端延时;文献[5]以 MANET 中的 DSR 路由协议为原型提出了一种基于拥塞控制和负载均衡的 QoS 路由协议,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;文献[6]提出了一种适用于 WiFi Mesh 网络的 AODV 改进路由协议,即利用 IEEE 802.11 的自适应速率切换机制,节点建立路由时以物理层数据传输速率作为判据,建立一条数据速率高、传输时延小的路由;文献[7]提出了一种基于综合准则的 DSR 扩展路由方法,即在路由算法时考虑 MAC 层的帧投递率、剩余带宽以及节点负载,以提高网络的吞吐率和负载均衡能力,满足用户的 QoS 需求。WMN 中 Mesh 路由器通常是静止的,原则上没有功耗限制,只有节点的故障、加入、退出以及无线链路的一些不确定性会造成网络拓扑的变化,其变化速率远低于数据流到达速率,主流业务为存在一定时延要求的 Internet 业务。因此,WMN 中更适合采用基于表驱动的路由协议^[8],但路由设计不能仅仅根据“最小跳数”进行路由选择,而要综合考虑多种性能度量指标,提供网络容错性和健壮性支持,并利用流量工

到稿日期:2011-12-28 返修日期:2012-03-27 本文受国家“973”计划项目(2009CB320403),国家自然科学基金项目(60832008)资助。

王 靖(1981—),男,博士生,主要研究方向为无线 Mesh 网络技术、认知无线电技术,E-mail:wangjing0911918039@126.com;李芳芳(1981—),女,硕士生,讲师,主要研究方向为无线网络技术;于 全(1961—),男,院士,主要研究方向为无线网络仿真技术、认知无线电技术。

程技术,在多条路径间进行负载均衡,提高系统资源利用率。

认知无线电是一种智能无线通信系统^[9]。在 WMN 中采用认知无线电技术,就能够通过对网络电磁环境信息的感知分析和推理学习,在网络不同覆盖范围和时间段有效利用不同的空闲信道资源,解决网络容量和传输瓶颈问题。将认知无线电技术与 WMN 路由设计相结合,在原有路由器和客户端节点增加认知无线电功能(分别在物理层、MAC 层、路由层及应用层增加功能),即增加认知能力和重配置能力。基于认知的 WMN 中的节点可以从它的无线环境中捕捉和感知信息,捕捉无线环境中时间和空间的变化并避免对其他用户产生干扰,通过认知能力表现在它能实时地与所处的环境进行交互,从而决定合作的通信参数并适应动态的无线境;重配置能力是指对无线 Mesh 网络进行调整的能力,如频谱、调制、传输功率和通信技术等,重新配置这些参数,使用合适的发射机和接收机参数、合适的媒体接入协议、传输协议和网络协议等参数,使得多信道 WMN 可以根据无线环境动态操作。

本文以优化的链路状态路由(Optimized Link State Routing,OLSR)协议^[10]为基础,为无线 Mesh 网设计了一种基于网络环境认知的表驱动路由协议(LR-OLSR)。LR-OLSR 引入了认知无线网络中的环境感知推理思想,通过对节点负载、链路投递率和链路可用性等信息进行感知,并以此为依据对链路质量进行推理,将其作为路由选择的依据,实现对路由的优化选择,提高网络的吞吐量,达到负载均衡。

2 路由协议

2.1 基本思想

OLSR 是一种典型的表驱动逐跳路由协议,网络中每个节点定期广播包含该节点周围局部拓扑信息的拓扑控制分组,使每个节点都能根据接收到的局部拓扑信息构造出当前的全局子网拓扑,从而进行路由计算。OLSR 在节点构造拓扑控制分组时,对所包含的局部拓扑信息进行了有效的压缩,大大减少了传输拓扑控制分组所需的带宽开销。在拓扑控制分组的广播过程中,OLSR 采用多点转播技术来代替泛洪,能够在达到相同广播效果的同时,大大降低广播操作所造成的开销。然而,OLSR 进行路由选择时主要以“最小跳数”为约束条件,忽略了无线链路的可靠程度及路径上节点的繁忙程度。协议倾向于选择跳数少的路径,网络流量容易集中于某些链路而导致网络拥塞,使数据分组传递时延增加甚至被丢失,而网络中其它一些节点和链路可能长期处于空闲状态,使网络资源利用率降低。因此,OLSR 虽然具有较高的运算效率,但是路由判断先天的不足使其难以满足无线 Mesh 网络的性能需求。

在 OLSR 协议基础上,本文引入了认知无线网络中的环境认知和推理思想,通过对节点可用带宽、负载和信道状态等信息的感知,利用启发式方法推理判断进行路由优化选择,为无线 Mesh 网络提出了一种基于链路状态认知的表驱动路由协议 LR-OLSR。LR-OLSR 假设网络中的无线接入点均是同构的,节点模型采用跨层信息共享方式设计,如图 1(a)所示。节点各层将采集到的节点内部和环境信息共享于共享信息池内,各协议层根据本层协议规则从共享池内选择所需的信息,将其作为决策算法的输入参数。各层不同的优化准则需要不

同的推理方法,不同的推理方法需要不同的共享信息作为决策参数。如图 1(a)所示,节点模型在维持层间分离准则的同时,放松了对分层结构的严格要求,允许不同层的算法共享网络的状态信息,以利于层内、层间操作的优化和网络整体性能的综合优化,因此,节点模型具备普适性。本文中,仅考虑各节点的数据链路层收集节点的负载状态等统计信息,并将其共享于信息池内,如图 1(b)所示。网络层进行路由选择时,从共享信息池中获取各种统计信息,根据统计信息对链路状态采用启发式方法进行推理,将推理结果作为路由选择的依据。

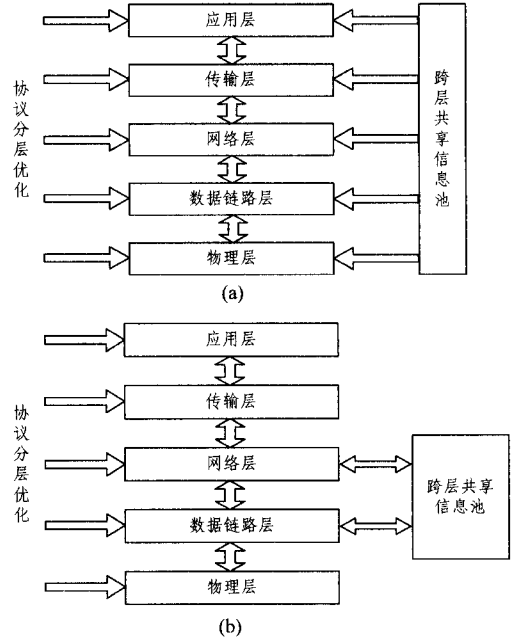


图1 基于跨层信息共享的分层协议优化节点模型

2.2 协议实现

LR-OLSR 协议采用与 OLSR 协议相同的操作模式,整个协议的执行过程大致可以分为邻居发现、多点转发节点 MPR (Multiple Point Relay) 选择、MPR 信息分发和路由计算 4 个子操作。与 OLSR 不同的是,LR-OLSR 中每个节点采用分布式方法对本节点链路投递率、负载状态等信息进行感知,在邻居发现阶段通过分布式协作机制实现与其它节点信息的交互,然后综合利用这些信息独立地进行链路状态推理,并根据推理结果完成 MPR 选择、MPR 信息分发、路由计算和优化选择,达到负载均衡的设计目标。因此,以下重点描述节点状态信息感知、链路状态启发式推理和路由优化选择。

2.2.1 节点状态信息感知

对节点工作状态采用两个性能参数描述:节点 MAC 层帧成功递交率间接地反映链接上的通信干扰及数据传输率,表征相关链路信道质量及节点对业务流负载的处理能力;节点 MAC 层接口队列缓存容量的占用率反映本节点的业务流强度及本节点 MAC 层接口队列还可接纳的分组容量,表征节点间链接的可用性。上述两个条件共同作用,反映了节点对路由请求的接纳能力。节点 MAC 层帧成功递交率和 MAC 层接口队列缓存容量的占用率均在 MAC 层进行感知,在本地通过图 1(b)所示方式进行共享,在节点之间则通过邻居发现分组进行交互和共享。

当节点 j 的 MAC 层完整地接收到邻居节点 i 发送的帧

时,认为成功接收到一个帧;如果由于发生冲突而造成无法正确接收到一个完整的帧,或者接收到的帧的校验和发生错误,则认为帧丢失。设节点 i 向 j 发送的 $N_s(i,j)$ 个 MAC 帧中被节点 j 成功接收 MAC 帧的个数为 $N_r(i,j)$,则节点 i 相对于节点 j 的 MAC 层帧丢失率 $\xi(i,j)$ 为:

$$\xi(i,j) = \frac{1 - N_r(i,j)}{N_s(i,j)} \quad (1)$$

设节点 i 的 MAC 层接口队列中当前缓存的分组数为 $L(i)$,节点 i 的 MAC 层接口队列缓存容量为 $C(i)$,则节点 i 的 MAC 层接口队列的当前占用率为:

$$\eta_i = L(i)/C(i) \quad (2)$$

2.2.2 链路状态启发式推理

网络中的每个节点通过一个分布式本地状态感知,获得节点 MAC 层帧的丢失率和 MAC 层接口队列缓存容量的占用率等表征节点状态的信息,并将其记录于节点的邻居表中。每个节点定期根据当前的邻居表构造并广播一个 HELLO 分组,实现邻居节点之间的状态信息交互,探知并更新周围邻居节点的状态信息。在信息发布和更新邻居节点状态信息的基础上,节点结合自身状态信息,通过分布式的启发式推理方法,获得网络环境中的以链路质量和链路可用性为依据的链路状态信息。节点将更新的链路状态信息保存在邻居表相应表项内,将其作为 MPR 选择的依据,并将选择结果随着下一轮发送的 HELLO 分组传播出去。每个节点只需要对接收到的 HELLO 分组进行分析,就可获知哪些邻居节点选择了本节点作为 MPR 节点,并将这些信息保存在 MS 表中,实现 MS 表的更新。

经过邻居发现和 MPR 选择,节点的 MS 表中保存了当前最新的 MPR Selector 集合信息。和 OLSR 一样,LR-OLSR 中节点定期地根据 MS 表中的信息构造一个拓扑控制分组,利用多点转播机制在全网中进行广播,以确保网络中每个节点都能接收到一个副本。网络中节点接收到其它节点发送的拓扑控制分组后,就根据分组中包含的信息对拓扑表进行更新,并依据自身的 MS 表决定是否对其进行进一步的转发。节点的拓扑表中保存了网络中所有节点的 MPR Selector 集合信息,可以认为拓扑表保存了实际全局网络拓扑的一个子集,是全局网络拓扑的一个缩影。MS 表和拓扑表的每个表项中均记录了相应的链路状态信息。

在 LR-OLSR 协议中,采用了一种启发式方法来对链路状态进行推理,并以推理结果作为指导 MPR 选择和路由优化的依据。描述节点 i 和 j 之间链路状态良好程度 $LS(i,j)$ 的启发式方法通过如下公式定义:

$$LS(i,j) = \xi(i,j)^\alpha / (L_i L_j / \sqrt{L_i^2 + L_j^2})^\beta \quad (3)$$

式中, α, β 为预设的指数,表征性能参数的影响程度; L_i 和 L_j 分别表示节点 i 和 j 的空闲度,反映了节点当前还能接纳后续负载的能力; $L_i = 1 - \eta_i$ 。可见,MAC 层帧丢失率和接口队列当前占用率越高, $LS(i,j)$ 值越大,表明链路状态越差。

在进行 MPR 选择时,综合考虑所选节点与原节点(进行 MPR 选择操作的节点)之间链路状态良好程度 $LS(i,j)$,以及该节点对于两跳邻居集合的连通度。假设原节点为 s ,对于一个特定的两跳邻居集合的子集 τ ,定义一跳邻居节点 i 的优先选择因子 μ 为: $\mu = d(\tau)/LS(s,i)$ 。其中, $d(\tau)$ 表示节点 i 对于集合 τ 的连通度,即 τ 中与 v_i 存在双向链接的节点的个

数,它通过邻居发现分组交互获得。 μ 值大的节点优先选择为 MPR 节点。

2.2.3 路由优化选择

经过基于节点状态感知和链路状态启发式推理的邻居发现、MPR 选择和 MPR 信息分发,网络中的每个节点上都保存了最新的邻居表和拓扑表。其中,邻居表保存了节点周围详尽的局部拓扑,拓扑表保存了网络中精简的全局拓扑,两个表中也记录了相应链路的状态良好程度信息。节点定期根据这两个表中的拓扑信息,利用 Dijkstra 算法计算出路由路径,并将这些路由信息保存在路由表中。与 OLSR 协议采用“最小跳数”作为路由选择标准不同的是,LR-OLSR 协议采用链路状态良好程度作为路由选择标准,实现路由选择的优化。

LR-OLSR 协议中,路由优化选择机制描述为:对于给定的源节点 S 和目的节点 D ,有一个由所有可能的路由组成的集合 R ,如果 $R \neq \emptyset$,则选择满足 $\min_{p \in R}(PS_p)$ 的路径 p 作为 S 到 D 的路由。其中, PS_p 为图 $G(V,E)$ 中的任何一条由节点序列 $(n_0, n_1, n_2, \dots, n_k)$ 组成的路径 p 的路径状态良好程度,将其定义为路径上所有链路的状态良好程度之和,即

$$PS_p = \sum_{i=0}^{k-1} LS(n_i, n_{i+1}) \quad (4)$$

3 路由协议分析

3.1 链路可用性分析

链路状态良好程度由 $\xi(i,j)$ 和 $L_i L_j / \sqrt{L_i^2 + L_j^2}$ 决定,前者间接反映链路质量及对业务负载的处理能力,后者反映节点间链路的可用性。节点 i 和 j 之间链路的可用性 $U(i,j)$ 定义为:当一条链路两端节点的空闲度处于较高或平衡的状态时,链路能表现出较高的可用性。

证明:假设网络中存在的两条链路分别为 (i,j) 和 (k,m) ,链路可用性为 U_{ij} 和 U_{km} 。

$$\text{当 } (L_i + L_j) \geq (L_k + L_m) \text{ 且 } |L_i - L_j| = |L_k - L_m| \text{ 时,令} \\ |L_i - L_j| = |L_k - L_m| = \delta \quad (5)$$

则

$$4L_i L_j = (L_i + L_j)^2 - (L_i - L_j)^2 = (L_i + L_j)^2 - \delta^2 \geq (L_k + L_m)^2 - \delta^2 = 4L_k L_m \quad (6)$$

即

$$L_i L_j \geq L_k L_m \quad (7)$$

将节点对的空闲度乘积视为新参数 e ,显然有 $e \in [0, +\infty)$,则按 $L_i L_j / \sqrt{L_i^2 + L_j^2}$ 定义的链路可用性可将其表示为函数 $f_1(e) = e / \sqrt{\delta^2 + 2e}$ 。由于其一阶导数在定义域内取正值, $f_1(e)$ 呈单调递增,可知必有 $U_{ij} \geq U_{km}$,故使用 $L_i L_j / \sqrt{L_i^2 + L_j^2}$ 来描述链路的可用性。当链路两端节点空闲度的平衡状态一定时,节点空闲度较高的链路拥有较高的可用性。

$$\text{当 } (L_i + L_j) = (L_k + L_m) \text{ 且 } |L_i - L_j| \leq |L_k - L_m| \text{ 时,令} \\ |L_i + L_j| = |L_k + L_m| = \delta \quad (8)$$

则

$$4L_i L_j = (L_i + L_j)^2 - (L_i - L_j)^2 \\ = \delta^2 - (L_i - L_j)^2 \geq \delta^2 - (L_k - L_m)^2 = 4L_k L_m \quad (9)$$

可得

$$\delta^2 / 4 \geq L_i L_j \geq L_k L_m \quad (10)$$

同样,链路可用性可表示为函数 $f_2(e) = e / \sqrt{\sigma^2 - 2e}$ 。由其一阶导数可知, e 在区间 $[0, \sigma^2)$ 呈单调递增,因此有 $U_{ij} \geq$

U_{km} 。故使用 $L_i L_j / \sqrt{L_i^2 + L_j^2}$ 来描述链路的可用性,当链路两端节点空闲度的高低水平一定时,节点空闲度较为平衡的链路拥有较高的可用性。

可见,启发式 $L_i L_j / \sqrt{L_i^2 + L_j^2}$ 符合链路可用性定义。

3.2 路由协议可行性分析

由于路由判据的可加性是 Dijkstra 算法能够成功执行的充要条件^[11,12],因此基于 Dijkstra 算法的 LR-OLSR 协议的可行性取决于作为路由判据的路径状态良好程度是否满足可加性。

路径状态良好程度 PS_p 满足可加性,可描述为:

$$W(x) \leq W(y) \Rightarrow \begin{cases} W(x \oplus z) \leq W(y \oplus z) \\ W(z' \oplus x) \leq W(z' \oplus y) \end{cases} \quad (11)$$

式中, $W(x)$ 表示路径 x 根据路由判据路径状态良好程度计算得到的权值; $x \oplus y$ 表示路径 x 和路径 y 按序串联所形成的路径。

证明:假设路径 x 和路径 y 满足 $PS_x \leq PS_y$, 则

$$PS_x + PS_z \leq PS_y + PS_z \quad (12)$$

由 PS_p 的定义可知,路径状态良好程度为路径上所有链路状态良好程度之和,有:

$$PS_{x \oplus z} = PS_x + PS_z \quad (13)$$

$$PS_{y \oplus z} = PS_y + PS_z \quad (14)$$

故

$$PS_{x \oplus z} \leq PS_{y \oplus z} \quad (15)$$

同理可证:

$$PS_{z' \oplus x} \leq PS_{z' \oplus y} \quad (16)$$

可见,路径状态良好程度满足可加性。

如果路由判据 M 和采用 Dijkstra 算法的逐跳路由协议结合使用,则 M 满足可加性是该路由协议满足无环性的充要条件^[11]。由于基于 Dijkstra 算法的逐跳路由协议 LR-OLSR 采用的路由判据 PS_p 满足可加性,因此,LR-OLSR 协议所选择的路由是无环的。

4 协议仿真验证

本文采用 NS2^[13] 仿真软件对 LR-OLSR 协议进行仿真实验,通过与 OLSR 协议对比,考察协议在分组成功递交率、端到端平均时延等方面的性能^[14]。

4.1 仿真场景设置

仿真参数设置如下:40 个无线接入点随机分布在 $1000m \times 1500m$ 的区域内,节点的无线覆盖半径为 250m,信道容量为 2Mbps;节点 MAC 层缓存空间最多可容纳 100 个数据分组,数据分组最大缓存时间为 30s;节点采用 Random Waypoint 运动模型,节点的停留时间设定为 0s;随机选择源和目的节点产生 10 条 CBR 的数据流,分组大小为 512 字节,分组到达率为 λ ;仿真时间为 600s。

4.2 仿真结果分析

在节点最大移动速度 $v_{\max} = 10m/s$ 和每条 CBR 数据流的 $\lambda = 14 \text{ packet/s}$ 条件下,链路状态良好程度启发式中预设指数 α, β 的取值对 LR-OLSR 协议的分组成功递交率和平均端到端时延性能的影响之仿真结果如图 2 和图 3 所示。当 α 或 β 取值为 0,即仅考虑单一的 $\xi(i, j)$ 或 U_{ij} 因素时,协议的分组成功递交率相对较差。而当链路状态良好程度综合考虑 $\xi(i, j)$ 或 U_{ij} 时,确定 $\alpha = 2$,随着 β 增大,协议的分组成功递交率呈

现先升后降的趋势,在 $\beta = 0.5$ 附近分组成功递交率达到最大值。当 $\alpha = 2, \beta = 0.5$ 时,协议的平均端到端时延达到最优。可见,在给定的仿真条件下,使用 $(2, 0.5)$ 作为 (α, β) 的取值可获得性能优化。

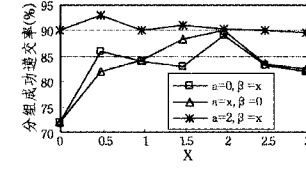


图 2 α, β 对分组成功递交率的影响

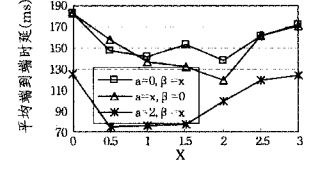


图 3 α, β 对平均端到端时延的影响

对于节点最大移动速度为 10m/s 和 15m/s 的仿真场景,分组成功递交率和平均端到端时延性能指标随网络负载变化的仿真结果如图 4 和图 5 所示。随着 λ 的增加(网络负载强度加大),LR-OLSR 和 OLSR 的分组成功递交率降低,平均端到端时延增大。在不同网络负载情况下,LR-OLSR 的分组成功递交率明显高于 OLSR,而平均端到端时延明显低于 OLSR,且 LR-OLSR 的性能变化较为平稳。由于网络负载的增加使得数据分组在节点缓存队列中的等待时延变大,共享无线信道上数据发送的冲突也相应加剧,导致分组丢失率增大。LR-OLSR 综合考虑了节点对负载处理能力和链路可用性对路由性能的影响,从而在路由决策过程中较好地避开了链路状态差的业务热点,因此,LR-OLSR 能更好地适应网络负载增加对性能的影响。当网络负载增加时,OLSR 没有相应的机制对路由进行调整,链路分组丢失随之加大,且容易出现负载过重的转发节点,导致协议性能受网络负载的影响较为明显。不同节点最大移动速度条件下的仿真对比结果表明,节点移动性增强致使网络拓扑变化频率加大,使得路由维护开销增加。路由变化造成的分组丢失和频繁的路由计算将导致分组传递的平均端到端时延也相应变大。在不同节点移动速度情况下,LR-OLSR 的分组成功递交率和平均端到端时延性能均优于 OLSR。

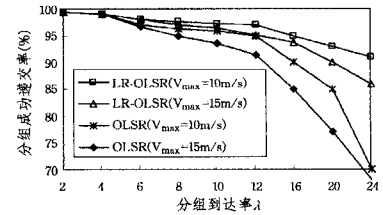


图 4 分组成功递交率对比

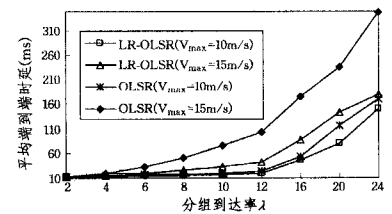


图 5 平均端到端时延对比

另外,仿真结果还表明,LR-OLSR 和 OLSR 的开销随着网络负载的增加均有所增加,不过彼此差别不明显。这是由于 LR-OLSR 和 OLSR 都是表驱动路由协议,LR-OLSR 基于 OLSR 的运行机理,没有对网络造成实质性的额外开销。限

(下转第 69 页)

耗时约 340s,而一般信誉模型需约 370s。随着用户请求服务数目的增加,本文的算法将能更好地适应大规模网络环境,减少整体耗时,为用户提供满意的服务。

结束语 本文引入服务信任,采用统计学的方法预测服务所属资源种类信任值,利用随机论理论计算服务提供商信任值,并将服务质量与服务信任相结合,通过改进 Skyline 方法有效地对候选服务进行过滤处理,提出了动态 Skyline 维护算法 DMASSG,从而提高了服务选择中 QoS 数据的真实可信性。

如何控制 Skyline 服务集的规模,更精确、更快速地向用户提供高质量、高可信的服务,是未来工作的研究方向。

参考文献

- [1] 范小芹,蒋昌俊,方贤文,等. 基于离散微粒群算法的动态 Web 服务选择[J]. 计算机研究与发展,2010,47(1):147-156
- [2] 刘书雷,刘云翔,张帆,等. 一种服务聚合中 QoS 全局最优服务动态选择算法[J]. 软件学报,2007,18(3):646-656
- [3] 李金忠,夏洁武,唐卫东,等. 基于 QoS 的 Web 服务选择算法综述[J]. 计算机应用研究,2010,27(10):3622-3627
- [4] 胡建强,李渭子,廖桂平. 一种基于多维服务质量的局部最优服务选择模型[J]. 计算机学报,2010,33(3):526-534
- [5] 苏森,李飞,杨放春. 分布式环境中服务组合的迭代选择算法[J]. 中国科学 F 辑:信息科学,2008,38(10):1717-1732
- [6] 朱红宁,张斌. 基于 SPA 的 Web 服务选取方法[J]. 计算机科

学,2009,36(11):32-35

- [7] 杨放春,苏森,李祯. 混合 QoS 模型感知的语义 Web 服务组合策略[J]. 中国科学 F 辑:信息科学,2008,38(10):1697-1746
- [8] 李祯,杨放春,苏森. 基于模糊多属性决策理论的语义 Web 服务组合算法[J]. 软件学报,2009,20(3):583-596
- [9] Bleidm,Ngay,Jordan M I. Latent Dirichlet allocation[J]. Journal of Machine Learning Research,2003,3(1):993-1022
- [10] 石晶,胡明,石鑫,等. 基于 LDA 模型的文本分割[J]. 计算机学报,2008,31(10):1865-1874
- [11] Wang Shou-xin, Zhang Li, Wang Shuai, et al. A Cloud-Based Trust Model for Evaluating Quality of Web Services[J]. Journal of Computer Science and Technology,2010,25(6):1130-1142
- [12] Zeng Liang-zhao, Benatallah B, Dumas M. Quality Driven Web Services Composition[C]//WWW 2003. 2003
- [13] Alrifai M, Skoutas D, Selecting R T. Skyline Services for QoS based Web Service Composition[C]//WWW2010. 2010
- [14] Malik Z, Bouguettaya A. RATEWeb: Reputation Assessment for Trust Establishment among Web services[J]. The VLDB Journal,2009,18:885-911
- [15] 张润莲,武小年,周胜源,等. 一种基于实体行为风险评估的信任模型[J]. 计算机学报,2009,32(4):688-698
- [16] 吴健,陈亮,邓水光,等. 基于 Skyline 的 QoS 感知的动态服务选择[J]. 计算机学报,2010,33(11):2136-2146
- [17] 徐建国,罗永亮,王德才. 基于信誉模型的 Web 服务优化选择[J]. 计算机应用,2008,28:322-325

(上接第 40 页)

于篇幅,本文省略了两种协议在不同业务强度和不同节点移动速度下附加开销的对比仿真结果图。

结束语 本文在 OLSR 路由协议的基础上,为无线 Mesh 网设计了一种基于网络环境认知的表驱动路由协议 LR-OLSR。LR-OLSR 引入了认知无线网络中的环境感知推理思想,通过对表征节点处理负载能力的链路投递率和链路可用性等信息进行感知,并以此为依据对链路质量进行推理,将其作为路由选择的依据,实现对路由的优化选择,提高网络的吞吐量,达到负载均衡。仿真结果表明,在不对网络引入更多额外开销情况下,LR-OLSR 较 OLSR 在分组成功递交率、分组传递平均端到端时延性能方面均有较大幅度的提升,能够在一定程度上达到负载均衡的路由效果。

下一步将针对多信道应用环境,结合信道分配策略,研究 LR-OLSR 协议的跨层联合优化问题,通过降低节点之间的相互干扰,提高无线资源的利用率。

参考文献

- [1] Whitehead P. Mesh Networks: a new Architecture for Broad-band Wireless Access Systems[C]//IEEE International Conference on Radio and Wireless. Denver, CO, USA: IEEE, 2000: 43-46
- [2] Akyildizif, Wang Xu-dong, Wang Wei-lin. Wireless mesh networks: a survey [J]. Computer Networks, 2005, 47(4): 445-487
- [3] Waharte S, Boutaba R, Iraqi Y, et al. Routing protocols in wireless mesh networks: challenges and design considerations [J]. Multimedia Tools and Applications, 2006, 29(3): 285-303
- [4] Liu Te-huang, Liao Wan-jiun. Capacity-Aware Routing in Multi-Channel Multi-Rate Wireless Mesh Networks[J]. 2006 IEEE International Conference on Communications, 2006, 5: 1971-

1976

- [5] Song Wen, Fang Xu-ming. Routing with Congestion Control and Load Balancing in Wireless Mesh Networks[C]//2006 6th International Conference on ITS Telecommunications Proceedings. June 2006: 719-724
- [6] 魏翼飞,张勇,宋梅,等. 一种适用于 WiFi Mesh 网络的 AODV 改进路由协议[J]. 北京邮电大学学报,2007(4):128-132
- [7] 沈强,方旭明. 无线 Mesh 网中一种基于综合准则的 DSR 扩展路由方法[J]. 电子学报,2007(4):785-790
- [8] Yang Ya-ling, Wang Jun, Kravets R. Designing Routing Metrics for Mesh Networks [C]//Proceedings of the IEEE Workshop on Wireless Mesh Networks (WiMesh). IEEE Press, 2005: 675-679
- [9] 郑相全. 基于认知无线电的移动自组网关键技术研究[J]. 重庆通信学院学报,2006,25(6):4-7
- [10] Jacquet P, Muhlethaler P, Clausen T, et al. Optimized Link State Routing Protocol for Ad hoc Networks[C]//IEEE international Conference on Multi Topic Technology for the 21st Century. Proceedings. Dec. 2001: 62-68
- [11] 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
- [12] Sobrinho J L. Network Routing with Path Vector Protocols: Theory and Applications[C]//Proceedings of ACM SIGCOMM 2003 Conference on Computer Communications. Karlsruhe Germany: ACM, 2003: 49-69
- [13] UCB/LBNL/VINT. Network Simulator-ns (version 2) [EB/OL]. <http://www-mash.cs.berkeley.edu/ns>, November 2010
- [14] 郑相全. 无线自组网技术实用教程[M]. 北京:清华大学出版社, 2004: 101-107