

# 无线光宽带接入网路由算法的仿真研究

李卉<sup>1,2</sup>, 杨轶<sup>1</sup>, 高英明<sup>1</sup>, 张竞辉<sup>1</sup>, 曹冠英<sup>1\*</sup>

(1.大连工业大学 光子学研究所, 辽宁 大连 116034; 2.东北大学 信息科学与工程学院, 沈阳 110819)

**摘要:**介绍了多种应用在无线光宽带接入网中的路由算法,通过对路由算法进行仿真,对多重性能参数进行综合比较。仿真结果表明,时延感知型路由算法尤其是同时考虑光纤与无线延迟的路由算法,可以提高WOBAN的整体性能。

**关键词:**无线光宽带接入网;路由算法;平均延迟;负载均衡

**中图分类号:** TN915.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-5561(2013)10-0040-04

## Simulation study of routing algorithms in the wireless-optical broadband access network

LI Hui<sup>1,2</sup>, YANG Yi<sup>1</sup>, GAO Ying-ming<sup>1</sup>, ZHANG Jing-hui<sup>1</sup>, CAO Guan-ying<sup>1\*</sup>

(1. Research Institute of Photonics, Dalian Polytechnic University, Dalian Liaoning 116034, China; 2. College of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, China)

**Abstract:** Several kinds of routing algorithms used in the wireless-optical broadband access network are introduced in this paper. By simulating routing algorithms, various property parameters are compared comprehensively. The simulation results show that delay aware routing algorithms, especially those consider delays both in optical links and wireless front-end, can improve the performance of WOBAN significantly.

**Key words:** wireless-optical broadband access network; routing algorithm; average delay; load balancing

### 0 引言

为了有效提高用户接入网络的速度和质量,解决“最后一英里”瓶颈问题, Suman Sarkar 与 Biswanath Mukherjee 提出了无线光宽带接入网(WOBAN)的概念。为了融合光与无线接入技术的优势,同时弥补其各自的缺陷,该接入技术同时具备光纤接入的高带宽与无线接入的高度灵活性,是一种非常具有应用前景的“最后一英里”解决方案<sup>[1]</sup>。

WOBAN 作为大容量低成本高效率的新一代宽带接入技术,已经在多城市中服务于城域接入。其中最具有代表性的是位于旧金山的 SFNet, 改接入网应用

MIP 技术进行最佳位置部署。不同运营商在 WOBAN 的无线前端采用了不同的结构,包括 WiFi 与 WiMAX 的联合技术和多层分级结构。毫无疑问,随着 WOBAN 更为广泛的应用,更具有空间适应性的智能天线技术与二层虚拟局域网技术也将与接入网成功融合,进一步提高其性能<sup>[2]</sup>。

WOBAN 的无线前端为由少数的网关和大量无线路由器组成的无线网状网(WMN)。前端 WMN 由于时延和吞吐量的限制,成为了接入网技术的瓶颈,研究前端 WMN 的路由机制具有重大意义。S.Sarkar<sup>[1,3-6]</sup>等根据不同的路径选择标准,提出了 MHRA、SPRA、DARA、CaDAR 与 RADAR 等多种路由算法。由于路由算法的衡量标准包括平均分组延迟、平均跳数、平均有效性以及负载均衡能力等多重方面,所以不同的路由算法适用于不同的网络应用环境。本文将综合考虑上述多重标准,通过仿真比较路由算法的性能,验证了考虑有效性和时延的路由算法,在额外开支较大的基础上,仍能够提高接入网的整体性能。

收稿日期:2013-07-03。

基金项目:“十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAE01B06)资助;辽宁省教育科学“十二五”规划立项课题(JG11DB030)资助;2012年辽宁省重点支持专业(ZD201222)资助;2012年辽宁省普通高等教育本科教学改革研究项目(依托国际合作项目培养多学科交叉创新型人才)资助;大连市科技计划项目基金(2011A12GX014)资助。

作者简介:李卉(1991-),女,在读硕士。

\*通信作者:曹冠英。

## 1 计算机仿真与参数设定

本文对路由算法的仿真利用 matlab 进行算法编程, 利用 OPNET 进行网络环境及参数设定。通过对节点的时延和流量的 60 次重复数据统计的平均值, 来衡量路由算法的性能。在 14 节点的拓扑中, 设定三个 OLT、8 个网关, 每个节点的容量为 10Mb/s。相关参数设定为:  $k=1.4$ , ONU 数目为 9, PON 的下行速率为 1000Mb/s, 上行速率为 100Mb/s。设定每个 ONU 与 OLT 的距离为 10km, 则发送时延为  $50\mu\text{s}$ 。上行负载与下行负载的比例为 2:3, 即对于每个节点而言, 60% 的负载为下行, 40% 的负载为上行。

在 OPNET 中, 设定无线标准为 IEEE 802.11g, 无线前端容量为 54Mb/s。ONU 损坏率为 25% (随机损坏)。设定 EPON 是 P2MP 网络, 下行 OLT 到 ONU 采用广播通信, 上行 ONU 到 OLT 采用 TDM 共享信道。假设终端用户的数据业务为固定比特率的 Voice 服务, 下行业务为服从参数的泊松分布, 且 OLT 处的下行分组数据均匀地传送给 EPON 中的每个 ONU。

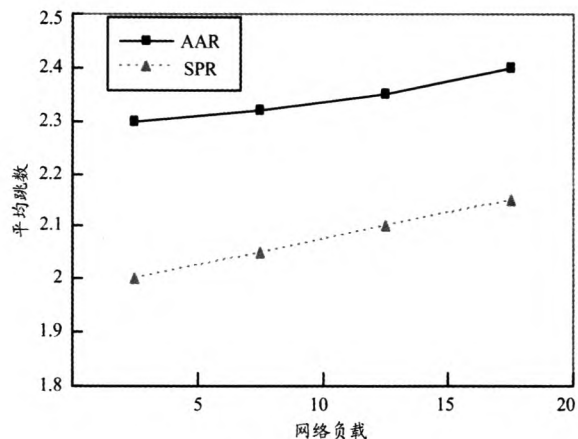
## 2 AAR 与 SPR 的仿真模拟

设网络拓扑的节点或链路的平均失效为  $t_0$ , 平均修复时间为  $t_1$ , 那么有效性可表示成  $a=t_0/(t_0+t_1)$ 。设  $a_i$  为线路上节点  $i$  的有效性, 则线路  $N$  的有效性可以表示为所有节点的连乘形式。SPR 算法在选择路径时只考虑距离。AAR 算法通过计算每条可能路径的有效性, 选择理论上丢包率最小的路径进行信息传输。

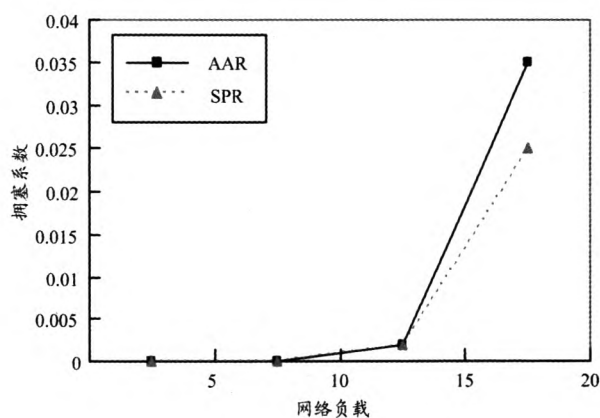
为了简化模型, 我们假设每条链路具有相同容量并且每次连接都消耗同样的链路容量, 设定网络负载最大为 20Mb/s, 有效性低于 0.7 设为拒绝, 分别计算最短路径和最有效路径。在连接有效性已经确定的基础上, 进行 60 次随机仿真。对于 AAR 与 SPR 的性能进行对比, 仿真结果如图 1 所示。图 1(a) 显示 AAR 的平均跳数大于 SPR, 图 1(b) 显示 AAR 的网络拥塞控制优于 SPR, 图 1(c) 表明 AAR 的平均有效性大于 SPR。从综合性能分析, 有效性感知路由优于最短路径路由。

## 3 DARA、MHRA、PTRA、SPRA 的性能比较

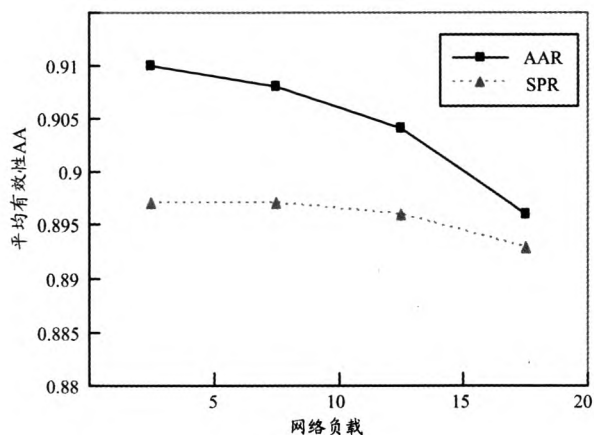
MHRA 和 SPRA 是相对简单的两种路由算法, 前者是以最小跳数来选择路径, 后者是以最小距离来选择路径。PTRA 算法的中心环节是动态计算链路吞吐量, 选择有效性最高的路径。DARA 利用链路状态预感系统或 LSP 来周期性地预测无线链接的状态。基于 LSP 信息, DARA 对各无线链接分配链路权值, 具有长



(a) 平均跳数



(b) 拥塞系数



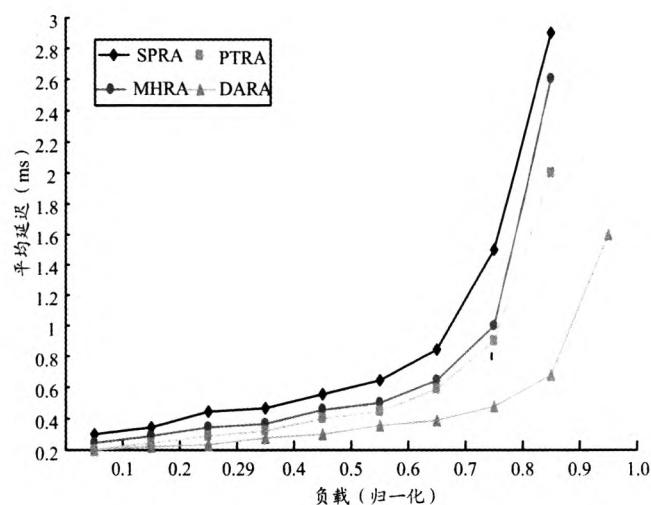
(c) 平均有效性

图 1 14 点拓扑下 AAR 与 SPR 性能比较

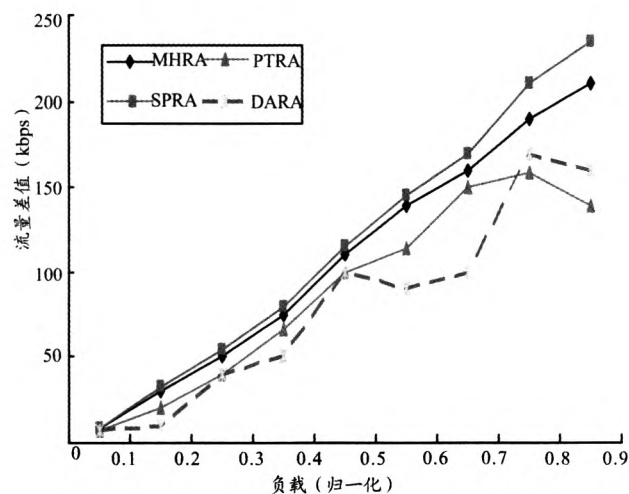
时延的路径分配大权值。然后, DARA 计算从无线路由到网关的所有路径的延迟, 找到最小延迟的最优线路。对 MHRA 而言, 将所有链接权重设置为 1。在 SPRA 仿真中, 将所有链接权重设置为与链路容量成反比。

李卉, 杨轶, 高英明, 等: 无线光宽带接入网路由算法的仿真研究

从图 2(a)可知, 在小负载情况下, MHRA 与 SPRA 的延迟与 DARA 相差不大, 这是由于 MHRA 和 SPRA 都基于最短路径原则。所以, 在低负载情况下, 这两种算法均有较高几率找到延迟相对较小的最短路径。但是, 随着负载的增加, DARA 的优势开始变得明显, 在负载达到 0.95 时, DARA 的最小时延优势也接近 30%。从图 2(b)可以看出, DARA 的负载平衡性能比 MHRA 和 SPRA 强很多, MHRA 与 SPRA 是基于最短路径的路由算法, 并不会考虑整体的负载平衡能力; 而 PTRA 在大负载情况下, 负载平衡能力要高于 DARA。



(a) 平均延迟



(b) 负载平衡

图 2 DARA, MHRA, PTRA, SPRA 性能比较

## 4 DARA 与 CaDAR 的性能比较

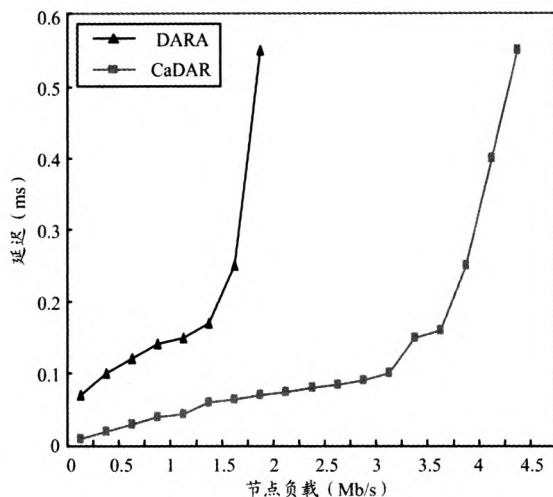
### 4.1 算法分析

时延感知路由算法 (DARA) 将无线路由模拟成  $M/M/1$  型队列并且利用链路状态预感系统周期性地预测无线链接的状态。基于链路状态预测 (LSP) 信息, DARA 对各无线链接分配链路权值。其后, 通过计算从无线路由到网关的所有路径的延迟, 找到最小延迟的最优线路。若所有分组都沿着最小路径传输, 那么一些链路就会过载而拥塞, 导致分组传输被拒绝。所以要选择  $K$  条最小权值路径, 而不可以只选择一条。上行和下行方向传送分组时, 当路径的预期时延小于预定时延门限时, 该路径才会被启用, 否则, DARA 不会将分组送至网络中。DARA 的相关实验表明对于时延的特殊考虑可以减轻网络拥塞, 大大提高负载平衡。

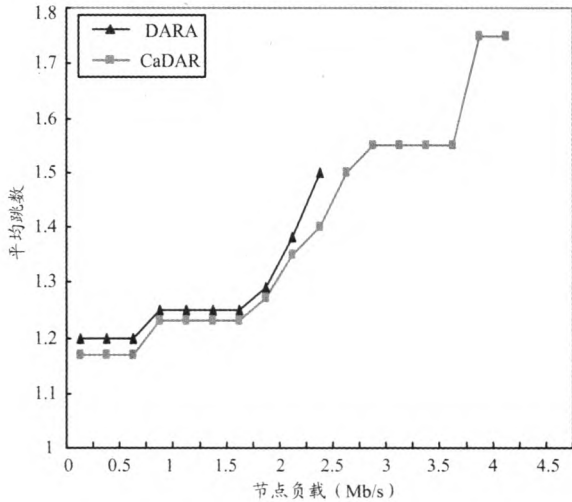
容量-时延感知路由算法 (CaDAR) 不仅考虑了无线前端的时延, 同时也考虑光纤后端的时延, 通过分配容量和链路权重对整个网络时延进行最小优化。每个节点都利用链路状态通告 (LSA) 来表明其连接的各链路的状态。根据 LSA, 网络评估各链路的容量和时延, 从而选出无线节点到网关的最佳传输路径。该组对比仿真结果可以证明, LSA 的额外开销不会影响接入网性能。

### 4.2 仿真结果

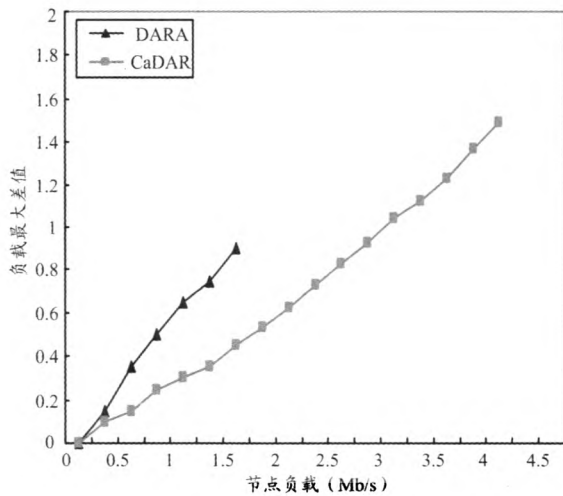
从图 3(a)可以看出, CaDAR 的延迟比 DARA 的小, 并且 CaDAR 可以支持的节点负载几乎为 DARA 的三倍, 但延迟情况与 DARA 保持相当。图 3(b)表明 CaDAR 的最大延迟小于 DARA, DARA 可以承载的最



(a) 平均延迟



(b) 最大延迟



(c) 负载均衡能力

图3 DARA与CaDAR延迟对比

大节点负载为2Mb/s左右,而CaDAR可以达到3.5Mb/s左右。图3(c)显示了虽然CaDAR和DARA均为时延感知型路由算法,但是由于CaDAR考虑了光线后端的时延,所以在各种节点流量情况下的负载均衡能力均更好。

### 5 结束语

无线光宽带接入网是融合无线接入与光纤接入的混合型接入网络,同时具有高容量与灵活性的优势,是具有良好应用前景的“最后一英里”接入方案。本文通过对多组路由算法的仿真比较,综合评价了路由算法的整体性能。主要结论如下:

①对AAR与SPR的仿真结果表明,AAR的有效性明显大于SPR,AAR的整体稳定性优于SPR。所以,AAR以额外算法算法开销换取网络服务质量的提高。

②对MHRA、SPRA、PTRA与DARA模拟的结果表明是DARA在平均时延和拥塞控制方面的综合性能最佳,在流量较大时,PTRA显示出更优越的负载均衡性能。所以MHRA与SPRA适用于设备简单的小网络开销环境,而PTRA适用于强调信息完整,忽略分组时延的分组传输。DARA则更适合于分组延迟敏感的及时网络应用。

③从CaDAR与DARA性能对比结果来看,虽然CaDAR的额外报文开销多于DARA,但是它的整体性能强于DARA,可以有效提高接入网性能。

WOBAN是下一代接入网的最佳方案之一,针对其前端网络的特性,有大量的路由算法被提出。但其路由机制的研究还存在许多问题值得深入研究,例如现阶段的路由协议大多应用在单一无线频道网络,随着认知无线电的发展,研究适用于多频网络的路由机制必定可以促成更高效、灵活的接入网方案。进一步对WOBAN的节能机制和风险控制深入研究,不断提升接入网的性能,是未来通信网络发展的一项重要的工作。

### 参考文献:

- [1] SARKAR S, DIXIT S, MUKHERJEE B. Hybrid Wireless-Optical Broadband-Access Network (WOBAN): A Review of Relevant Challenges [J]. IEEE/OSA Journal of Lightwave Technol, 2007, 25(11):3329-3340.
- [2] SARKAR S. Design and Analysis of Wireless-Optical Broadband Access Networks(WOBAN) [D]. University of California Davis, 2008.
- [3] 马珊珊,何荣希. 光无线混合宽带接入网的现状和发展[J]. 光通信技术, 2010, 34(4):36-39.
- [4] SARKAR S, YEN HONG HSU, DIXIT S, et al. DARA: Delay-Aware Routing Algorithm in a Hybrid Wireless-Optical Broadband Access Network (WOBAN) [C]. IEEE International Conference on Communications. Glasgow: IEEE Press, 2007: 2480-2484.
- [5] REAZ A, RAMAMURTHI V, SARKAR S, et al. CaDAR: An Efficient Routing Algorithm for Wireless-Optical Broadband Access Network [C]. IEEE ICC, Beijing, China, 2008:5191-5195.
- [6] SARKAR S, YEN HONG-HSU, DIXIT S, et al. RADAR: Risk-and-Delay Aware Routing Algorithm in a Hybrid Wireless-Optical Broadband Access Network (WOBAN) [C]. Optical Fiber Communication and The National Fiber Optic Engineers Conference. Anaheim, California, 2007:2178-2182.

# 无线光宽带接入网路由算法的仿真研究

作者: [李卉](#), [杨轶](#), [高英明](#), [张竞辉](#), [曹冠英](#), [LI Hui](#), [YANG Yi](#), [GAO Ying-ming](#), [ZHANG Jing-hui](#), [CAO Guan-ying](#)

作者单位: [李卉, LI Hui \(大连工业大学光子学研究所, 辽宁大连116034; 东北大学信息科学与工程学院, 沈阳110819\)](#), [杨轶, 高英明, 张竞辉, 曹冠英, YANG Yi, GAO Ying-ming, ZHANG Jing-hui, CAO Guan-ying \(大连工业大学光子学研究所, 辽宁大连, 116034\)](#)

刊名: [光通信技术](#) 

英文刊名: [Optical Communication Technology](#)

年, 卷(期): 2013, 37(10)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_gtxjs201310013.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_gtxjs201310013.aspx)