

基于智能配网业务的 WRED 算法改进及仿真

余兴勇, 常俊, 余江

(云南大学信息学院, 昆明 650091)

摘要: 由于智能配网通信业务的复杂多样性, 要求其通信网提供比传统服务质量(QoS)机制更具有针对性的灵活高效的 QoS 机制保证。为此, 分析智能配网的业务特征, 提出在主动队列管理中加权随机早检测(WRED)的改进算法 WRED_gentle, 通过在 OPNET 上建立集抄应用和配电自动化应用的业务模型, 对 NoWRED、WRED 和 WRED_gentle 3 种算法进行仿真实验。结果证明 WRED_gentle 算法能够明显改善网络时延、吞吐量和链路利用率等性能, 保证智能配网通信网的 QoS 要求。

关键词: 加权随机早检测; 智能配网通信; 服务质量; 拥塞控制; 主动队列管理

Improvement and Simulation of WRED Algorithm Based on Smart Distribution Network Business

YU XING-yong, CHANG Jun, YU Jiang

(Information College, Yunnan University, Kunming 650091, China)

【Abstract】 In consideration of the complexity and diversity of the smart distribution business, a Quality of Service(QoS) mechanism that is more flexible and efficient than that of tradition is needed. The smart distribution service characteristic is analyzed. WRED_gentle algorithm, an improved Weighted Randomly Early Detection(WRED) algorithm, is proposed in active queue management. By the modeling of meter reading application and the power distribution automation application, noWRED, WRED, and WRED_gentle algorithm are simulated on OPNET. Results indicate that the performance of network delay, throughput and link rate is obviously improved after adopting the WRED_gentle, which guarantees the QoS requirements of the smart distribution communication network.

【Key words】 Weighted Randomly Early Detection(WRED); smart distribution network communication; Quality of Service(QoS); congestion control; active queue management

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2012.21.030

1 概述

通信网的 IP 化是发展的必然趋势, 网络的可知、可控和可管理需要灵活的服务质量(Quality of Service, QoS)^[1-2]机制的保证。主动队列管理(AQM)^[3]是避免网络拥塞的重要策略。

文献[4]提出的随机早期检测(RED)是 AQM 的经典算法。为了支持区分服务(DiffServ), Cisco 公司提出了加权随机早检测(WRED)算法^[5], 采用灵活的服务优先级及分类控制, 应用广泛。RED 和 WRED 算法存在网络参数敏感、鲁棒性差等缺点, 文献[6]提出了一种改进的 RED 模式即 RED_gentle, 此算法既能为服务区分提供有效的公平性保障, 又能适当减弱 RED 对参数设置的敏感性。

然而, 在电力通信专网中, 特别是支撑智能配电应用的智能配电通信网中, 通信业务分为实时控制类业务和非实时检测、管理类业务^[7]。由于业务种类的多样性、用户对服务质量要求的差异性、传输资源的有限性等特点, 决

定了智能配电通信网需要提供比传统 QoS 机制更具有针对性的灵活高效的 QoS 机制保证。

本文分析了智能配电通信网的业务特征, 提出了在主动队列管理中 WRED 的改进算法 WRED_gentle, 并通过在 OPNET 上建立集抄应用和配电自动化应用的业务模型, 对 NoWRED、WRED 和 WRED_gentle 3 种算法进行仿真实验。

2 智能配电通信网业务

智能配电通信网是智能配电网的重要组成部分, 是实现智能配电网的基础条件。业务主要由 4 个部分^[8]组成: 高级配电运行(ADO), 高级量测体系(AMI), 高级输电运行(ATO), 高级资产管理(AAM)。智能配电通信网要求覆盖 ADO 中高级配电自动化、网络保护、分布式能源接入的业务节点, 覆盖 AMI 中智能电能表和负荷控制管理的业务节点, 覆盖 AAM 中设备运行状态监测节点。各个业务的覆盖面、通信通道需求^[9]如表 1 所示。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61162004); 云南大学校基金资助项目(2011YB19); 云南大学研究生基金资助项目(ynuy201147)

作者简介: 余兴勇(1985—), 男, 硕士研究生、CCF 会员, 主研方向: 通信网络; 常俊, 副教授; 余江, 教授

收稿日期: 2011-12-28 **修回日期:** 2012-02-27 **E-mail:** 422363536@qq.com

表 1 智能配电网通信业务

类别	业务名称	通道接口	时延	单节点流量	110 kV 变电站覆盖节点数	总流量
ADO	纵联网保护	以太网	< 100 ms	64 Kb/s~1 Mb/s	60	60 Mb/s
	高级配电自动化	以太网	< 500 ms	30 Kb/s	300	9 Mb/s
	储能站监测	以太网	< 1 s	1 Mb/s	4	4 Mb/s
	分布式能源站 SCADA、AGC、AVC 控制	以太网	< 1 s	30 Kb/s	12	360 Kb/s
	分布式能源站负荷预测	以太网	< 60 s	5 Kb/s	12	60 Kb/s
AMI	智能电表	以太网	< 60 s	< 0.01 Kb/s	200 000	2 Mb/s
	负荷需求控制管理	以太网	< 60 s	< 5 Kb/s	200	1 Mb/s
AAM	设备运行状态监测信息	以太网	< 3 s	< 4 Kb/s	2 000	8 Mb/s

智能配电网中的高级配电运行、高级量测体系、高级资产管理对通信业务时延、带宽等需求各不相同。表 1 对配电网通信业务的带宽、时延、流量大小进行了明确, 配电网通信业务的 QoS 要求在文献[10]里做了详细规定。

目前, 电力骨干网络中主要采用基于 MPLS 的 PTN(分组传输网)技术, 根据分组传输网(PTN)总体技术要求, 对 QoS 拥塞控制提出采用 WRED 机制。配电网通信网应在保证高 QoS 的同时, 尽量减少业务丢包率, 如纵联网保护业务应在保持实时性的同时, 还要保证减少丢包。由于智能电表业务的准确性要求, 对丢包率有更高的要求。因此, 采取 WRED 机制只能从整体上改进性能, 但不能很好满足智能配电网通信业务的特殊要求。本文提出将改进的 WRED_gentle 机制引入到配电网通信网中。

3 WRED 及 WRED-gentle

加权随机早检测(Weighted Random Early Detection, WRED)算法^[7]是 CISCO 公司提出的一种支持区分服务的主动队列管理(Active Queue Management, AQM)机制。WRED 算法对包头进行标记, 丢包优先级基于该标记, 能支持 8 个独立的丢包优先级, 所有级别的参数都相等, 优先级依赖于参数 Q_{min} 、 Q_{max} 的设置, 如图 1 所示。

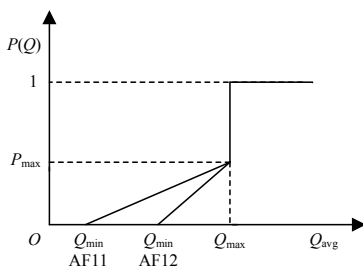


图 1 WRED 模式

WRED 通过解析包的优先级 (IP_Pre), 通过优先级的值设置阈值范围, 使用式(1)调整对应优先级包的最小阈值 Q_{min} , 而最大阈值 Q_{max} 不变。以实现不同优先级具有不同丢弃概率。

$$Q_{min} = Q_{min} + (Q_{max} - Q_{min}) \times IP_Pre / 7 \quad (1)$$

WRED 算法实际上是对丢弃门限确定方法的改进, 延迟了丢弃包的时机。当队列长度超过最大阈值时, 丢弃所有的包。WRED 算法实现了更加灵活的服务优先级控制, 根据优先级决定数据包的丢弃, 低优先级的丢包概率比较高, 从而保证高优先级数据包的服务质量。

对于给定的网络通信量, 如果 WRED 参数设置不合理^[11], WRED 的性能就会降低, 严重时和尾丢弃(Drop_tail)一样。为了减轻 WRED 对参数设置的敏感性, 提出了 WRED 的温和模式 WRED_gentle, 此改进是在丢弃函数中引入一个新的参量 $2Q_{max}$ (超大阈值), 如图 2 所示。

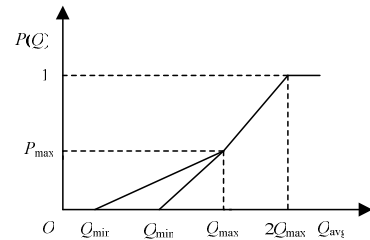


图 2 WRED_gentle 模式

如果平均队列长度 Q_{avg} 大于 Q_{max} 而小于 $2Q_{max}$, 标记概率 $P_{(Q)}$ 不再保持为 1, 而是依据式(2)计算。当平均队列长度大于 Q_{max} 时, 它并不是将所有到来的包全部丢弃, 而只是以更快的速度增加丢包率。这样就使丢包率的变化不那么突然, WRED 性能表现出来的对于 P_{max} 取值的敏感性就会减弱, 有利于增强 WRED 的鲁棒性。

$$P_{(Q)} = \begin{cases} 0 & Q_{avg} < Q_{min} \\ P_{max} \times \frac{Q_{avg} - Q_{min}}{Q_{max} - Q_{min}} & Q_{min} < Q_{avg} < Q_{max} \\ 2 \times P_{max} - 1 + (1 - P_{max}) \times Q_{avg} / Q_{max} & Q_{max} < Q_{avg} < 2Q_{max} \\ 1 & Q_{avg} > 2Q_{max} \end{cases} \quad (2)$$

4 业务建模及仿真分析

为了对 NoWRED、WRED 和 WRED_gentle 3 种算法进行网络时延、吞吐量和链路利用率等性能指标比较, 通过在 OPNET 上对集抄应用和配电自动化应用进行业务建模, 实验拓扑图如图 3 所示。

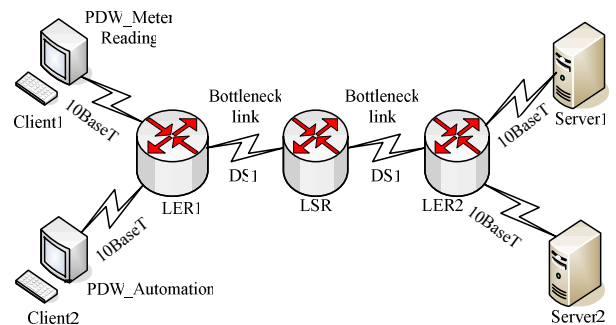


图 3 实验网络拓扑图

4.1 业务建模

集抄业务和配电自动化业务是配电网的 2 种基本业务, 在 OPNET 平台里, 没有专门定义的配电网业务。因此, 可以利用 TASK 模块定义 PDW_Meter Reading(集抄)和 PDW_Automation(配电自动化)2 种业务。结合业务特

点, 将集抄分为 notice、data_tran 2 个阶段, 配电自动化分为 hello、device_info、info_proc、proc_tran 4 个阶段, 并分别在 source→destination 和 destination→source 属性里设置初始化时间、请求数、间隔时间、请求包大小、每个请求的包数、包间隔时间等参数, 详见表 2。

表 2 TASK 模块参数配置

业务	阶段	source→destination						destination→source			
		初始化时间/s	请求数	请求间隔时间/s	请求包大小/Byte	每个请求包数	包间隔时间/s	请求处理时间/s	响应包大小/Byte	每个响应包数	包间隔时间/s
PDW_Meter Reading	notice	1	4	0.05	3 500	400	0	0.00	3 500	400	0.01
	data_tran	0	400	0.05	3 500	400	0	0.00	3 500	400	0.01
	hello	1	10	1.00	1 024	400	0	0.00	102	600	0.00
PDW_Automation	device_info	0	400	1.00	250	600	0	0.01	250	600	0.00
	info_proc	0	0	1.00	0	0	0	0.01	250	600	0.00
	proc_tran	0	400	1.00	250	600	0	0.01	250	600	0.00

4.2 WRED_gentle 仿真

在图 3 中, Client1→LER1、Client2→LER1 链路均采用 10BaseT_adv, LER1→LSR 链路采用 PPP_DS1。在 Client1 端配置 PDW_Automation 业务, 流量为 1.5 Mb/s, 服务类型为 EF。在 Client2 端配置 FTP 业务, 流量为 1.2 Mb/s, 服务类型为 AF41。从 Client1、Client2 到达 LER1 的总流量达到 2.7 Mb/s, 而 LER1→LSR 链路的带宽为 1.544 Mb/s, 所以该链路为瓶颈链路, 在边缘路由器 LER1 的端口上运用 WRED_gentle 机制, 统计网络的吞吐量、端到端时延、包丢弃率等指标。

QoS 机制采用基于区分服务代码点(DSCP)的加权公平队列(WFQ), WFQ 的 WRED 参数: The exponential weight factor: 9, minimum threshold: 100, maximum Threshold: 200, mark probability denominator: 10。TEST_NO_WRED 场景, 不采用 WRED; TEST_WRED 场景, 采用 WRED 算法, TEST_WRED_gentle 场景, 采用 WRED_gentle 算法。

从图 4 可以看出, 拥塞时采用 WRED 机制, 提前随机地进行丢包, 链路的吞吐量得到了极大提高。同时, 采用 WRED_gentle, 链路比 WRED 机制下的吞吐量更加稳定, 波动范围小。

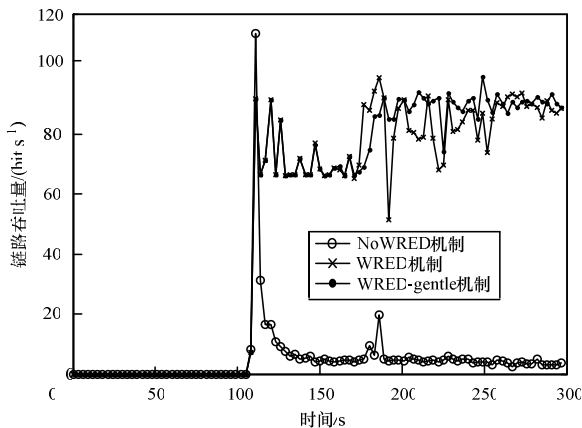


图 4 链路吞吐量

从图 5 可以看出, WRED_gentle 机制下被丢弃的包明显减小, 使得电网配电自动化业务的可靠性有极大改善。

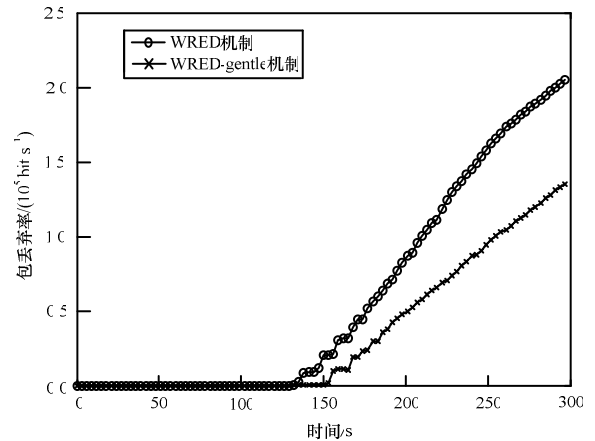


图 5 包丢弃率

图 6 表示节点的队列长度是 maximum Threshold(最大阈值)的 2 倍, 即引入的超大阈值参数。

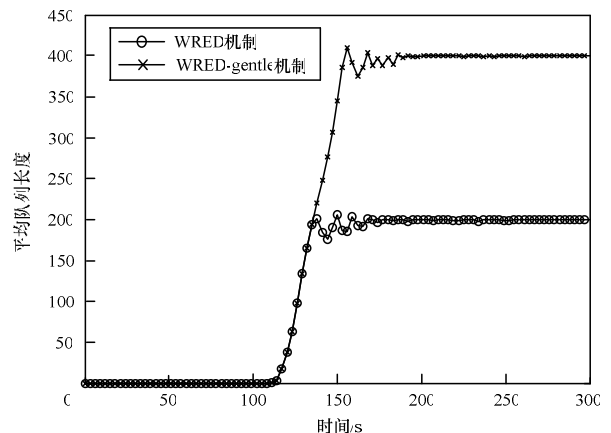


图 6 平均队列长度

从图 7 可以看出, WRED_gentle 的点到点延时均比 WRED 机制和 No WRED 的延时小。总体来说, WRED_gentle 在配电通信网中能够确保突发业务的高可靠性和低丢包率, 还能够有效改善时延。

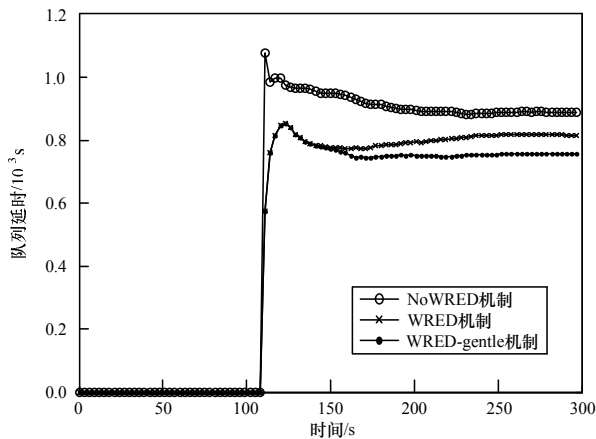


图7 队列延时

5 结束语

随着智能电网的加速发展,对作为重要支撑的智能配电网通信网的 QoS 提出了更高的要求。本文在分析智能配电网业务特征的基础上,利用 OPNET 对集抄业务和配电网自动化业务进行了业务建模。同时,建立网络拓扑仿真模型,对 3 种主动队列管理算法 NoWRED、WRED 和 WRED_gentle 进行网络时延、吞吐量和链路利用率等性能指标比较。仿真结果表明,WRED_gentle 算法能够有效地抑制突发流量导致的全部丢包,改善业务端到端的延迟,是一种智能配电网通信网 QoS 保证的重要技术。

参考文献

[1] Krile S, Perakovic D. Load Control for Overloaded MPLS/DIFFServ Networks During SLA Negotiation[J]. International Journal of Communications, Network and System Sciences, 2009, 2(5): 422-432.

[2] Faucheur F L. Protocol Extensions for Support of Differs-aware MPLS Traffic Engineering[S]. RFC 4124, 2005.

[3] Wang Chonggang, Li Bo, Hou Y T, et al. A Stable Rate-based Algorithm for Active Queue Management[J]. Computer Communications, 2005, 28(15): 1731-1740.

[4] Floyd S, Random V J. Early Detection Gateways for Congestion Avoidance[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1993, 1(4): 397-413.

[5] Cisco Corporation. Weighted Random Early Detection(WRED) on the Cisco 12000 Series Router[EB/OL]. (2006-12-05). http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/11_2/feature/guide/wred_gs.pdf.

[6] Rosolen V, Bonaventure O, Leduc G. A RED Discard Strategy for ATM Networks and Its Performance Evaluation with TCP/IP Traffic[J]. ACM Computer Communication Review, 1999, 29(3): 23-43.

[7] 丁道齐. 中国电力通信必须适应电力市场发展的需要——兼谈信息通信产业与电力工业的相互依存性及相关技术[J]. 电力系统通信, 2003, 24(5): 1-7.

[8] 余贻鑫. 智能电网的技术组成和实现顺序[J]. 南方电网技术, 2009, 3(2): 1-6.

[9] 黄盛. 智能配电网通信业务需求分析及技术方案[J]. 电力系统通信, 2010, 31(6): 10-12, 17.

[10] Deshpande J G, Kim E. Differentiated Services QoS in Smart Grid Communication Networks[J]. Bell Labs Technical Journal, 2011, 16(3): 61-82.

[11] Mikkil C, Kevin J, Ott D. et al. Tuning RED for Web Traffic[C]//Proc. of ACM SIGCOMM'00. Stockholm, Sweden: [s. n.], 2000: 139-150.

编辑 顾逸斐

(上接第 109 页)

6 结束语

网关部署问题是影响网络性能的关键因素,为此,本文基于节点间的排斥力与吸引力对网络进行分簇,并在此基础上提出了一种杂交粒子群优化网关部署算法。仿真实验结果证明了本文算法能够实现网关处的负载均衡,从而提高了网络吞吐量,改善网络的传输性能。

参考文献

[1] Akyildiz I F, Wang Xudong, Wang Weilin. Wireless Mesh Networks: A Survey[J]. Computer Networks, 2005, 47(4): 445-487.

[2] 高玮,尹志喜. 现代智能仿生算法及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2011.

[3] 周南,曾志文,陈志刚,等. WMN 中基于传输功率的网关部署算法[J]. 计算机工程, 2010, 36(12): 110-112.

[4] Chandra R, Qiu Lili, Jain K, et al. Optimizing the Placement of Integration Points in Multi-hop Wireless Networks[C]//Proc. of ICNP'04. [S. l.]: IEEE Press, 2004.

[5] Drabu Y, Peyravi H. Gateway Placement with QoS Constraints in Wireless Mesh Networks[C]//Proc. of ICN'08. Cancun, Mexico: [s. n.], 2008.

[6] Shi Yuhui, Eberhart R. A Modified Particle Swarm Optimizer[C]//Proc. of IEEE International Conference on Evolutionary Computation. [S. l.]: IEEE Press, 1998: 69-73.

[7] NS Tutorial[EB/OL]. [2011-06-12]. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/tutorial/index.htm>.

编辑 张帆