

重 庆 邮 电 大 学

研 究 生 综 述 报 告

报告题目: 基于众核平台的 web 流量产生系统的
研究与实现综述

学生姓名: 唐小军

入学年份: 2013 年 9 月

专 业: 信息与通信工程

研究方向: 未来网络

导 师: 唐 红 教授

时 间: 2015 年 3 月

导师审查意见

1. 是否和开题内容一致:
2. 从综述广度、写作水平、文献阅读量等方面给出简要评价:

总分(百分制, 60 分以下为不合格):

签字:

日期:

重庆邮电大学研究生部

说 明

研究生论文选题是研究生进行学位论文工作的开端，也是对研究生进行科研训练的重要一环。选题时要把握开拓性、先进性、成果的必要性、成果的可能性等原则。选题要在导师指导下，由研究生独立进行。课题还应尽可能符合研究生的素质特点和兴趣，尽可能结合已有的科研任务，尽可能纳入我院的科研计划。

研究生开题是在第四学期末进行，无论是参加导师课题或自选课题的研究生，一律要求从第三学期开始进行选题调研，充分学习了解某领域的国内外研究现状，保证必要的前期研究积累。

开题前两周必须提交一篇 10—15 页（统一的技术报告格式）的综述报告给导师审阅，由导师签字认可，作为必要材料附在开题申请表后，否则不允许进行开题。

该综述报告必须保证 20 篇以上的文献阅读量（记录在参考文献中），其中英文文章篇数不少于 8 篇。

导师要给学生充分的开题建议。

基于众核平台的 web 流量产生系统的研究与实现综述

唐小军

E-mail: 1161705413@qq.com

Tel: 15673951461

(重庆邮电大学未来网络研究中心 重庆 400065)

摘要: 流量发生器是一种产生网络流量的工具, 主要用于网络应用软件、设备及实验网络的性能、安全、协议等方面的测试。本文首先从流量发生器的原理及当前流量发生器存在的主要问题出发, 综述了国内外对流量发生器和众核处理器及其应用的研究现状。然后根据众核处理器的并行处理特点, 结合传统流量发生器的模型, 将众核平台应用于流量发生器, 并研究了基于众核平台的 web 流量产生系统的实现。

关键字: 流量发生器, 众核处理器, 并行处理, web 流量

A Summary on Research and Implementation of Web Traffic Generation System Based on Many-core Platform

Abstract: The traffic generator is a kind of generating network traffic tool, mainly used for the testing of performance, security, protocol and other aspects of network application software, equipment and the experimental network. Firstly, from the principle of the traffic generator and the main problems of the current traffic generator, summary of the status of research on the traffic generator and many-core processor and its application at home and abroad. Then according to the parallel processing characteristic of many-core processors, combined with the traditional traffic generator model, the many-core platform is applied to the traffic generator, and the realization of the web traffic generation system based on many-core platform is researched.

Keywords: Traffic Generator, Many-core Processors, Parallel Processing, Web Traffic

一 引言

流量发生器是一种产生网络流量的工具，主要用于为网络应用软件、网络设备及实验网络的性能、安全、协议等方面的测试与验证提供背景流量^[1]。随着未来网络信息技术研究的不断深入，网络体系架构、软件定义网络（SDN）、信息中心网络（ICN）、未来移动通信网络、新型光传输网络、路由器与交换机设计、网络协议设计、网络安全等领域的研究成果不断涌现。这些面向未来网络的新成果在实际部署应用之前，需要在实验网中对其进行测试和验证。因此，需要为实验网提供大规模且接近于实际网络的背景流量。

目前，产生大流量的主要途径还是针对某种特定的测试场景专门设计用于产生数据包的硬件设备。但这种特殊用途的硬件设备往往价格比较昂贵，而且一般都是固化的针对特定测试场景设计。因此，其灵活性和可扩展性较差难以应对多变的实验网环境。与基于硬件的实现相比，软件实现为流量发生器提供了更大的空间。它既可以产生包级别的流量也可以产生基于业务的流量，且实现难度和开放成本相对较低。但基于软件实现的流量发生器一般由于系统调度、管理等开销难以达到较高的流量速率，而无法满足高速网络测试的需求。这使得现有的流量发生器在产生流量的能力和真实性等方面面临严峻的挑战。

然而，随着网络设备制造技术的不断更新，众核的出现无疑给流量发生器带来了新的生机。目前的众核处理器可集成数十个至数百个核心，每个核心是一个执行单元，可以单独对一个子任务进行处理^[2]。因此，众核平台的强大处理能力为产生大流量的流量发生器的实现提供了有力的硬件基础。在软件方面，众核平台提供了一个真正并行编程的环境。这为流量发生器的并行化设计提供了有利的软件条件。

随着互联网的快速发展，新的业务不断涌现，如P2P、Video等。虽然这些新业务对传统web业务的增长有所抑制，但最新的研究表明web业务仍占据首位^[3]，如表1所示。因此开发一个针对实验网环境的web流量发生器具有非常重要的意义。

表1 常见的业务流量比例

| 流量类型 | 所占比例 |
|-------|----------|
| Web | 31.2-39% |
| P2P | 17-19% |
| Video | 13-20.8% |

二 研究现状

2.1 web流量发生器研究现状

2.1.1 web流量特征研究现状

文献[4-6]通过对web对象的访问频率进行研究,发现用户对一个网站的页面请求次数、一个局域网内用户对Internet网页的浏览请求数、超文本链接的分布等都满足齐普夫定律 (Zipf law) 或类齐普夫定律 (Zipf-like law)。文献 [7-8]的研究者对NASA网站的日志进行了研究,并发现用户对web页面的访问呈不均匀性,存在某些热点,即web页面可分为高频区和低频区。文献[9-10]指出,传输文档的访问率和文档的大小成反比,而web服务器上的文档大小表现为重尾 (HT - Heavy Tailed) 的分布特性。此外,文献[11-13]还指出web访问还具有时间局部性和空间局部性的特征。时间局部性指用户访问过的对象在将来会被再次访问的可能性较高。空间局部性指的是与目前被访问的对象位置上相邻的对象在将来可能会被访问。因此,可以利用web对象的空间局部性特征,通过web预取来提高web缓存的系统性能。

2.1.2 web流量发生器模型研究现状

文献[14]指出,web流量发生器的产生的web负载有两个要求:真实性和代表性。负载的真实性是指一系列能够被真实环境中web服务器接收的请求。负载的代表性是指产生的负载必须要有与实际web负载相同的特点,如请求的数量、平均思考时间、每秒会话的长度等。衡量这两个要求满足的程度主要取决于web流量发生器所采用的流量模型。下面将对几种应用比较广泛的web流量发生器模型进行对比分析。

1、SURGE模型 (Scalable URL Reference Generator)由美国Boston大学的Paul Barofrd和Mark Crovella提出^[15-18]，该模型中最早提出了用户等价性(Uesr Equivalents)概念，并考虑到了web负载中文件大小、平均思考时间以及单个文件的请求数等特征。因此，利用这种模型产生的流量的真实性往往决定于有没有合理的模型参数。

2、E-SURGE模型由中国人民解放军国防科学技术大学的方明^[19]提出。该web模型是对SURGE模型的一种改进。为了产生具有高度用户等价性的流量，对SURGE引入了一种激励机制。但目前还没有运用该模型实现的web流量发生器出现。

3、文献[20]提出了一种运用连续时间的马尔可夫链通过web服务器日志来模拟实际用户行为的方法。该模型通过关联矩阵 $P(N \times N)$ 来模拟一个虚拟用户。这样就可以通过增加虚拟用户来提高系统可扩展性。但矩阵 P 中的值恒定的，这导致在一个用户会话中页面无论怎么请求一个页面，跳到下一个页面的概率不会改变。

4、文献[21-22]对基于统计的模型进行研究。他们通过对web服务器日志进行分析，对每个可能出现的用户会话进行建模，以此来产生在实际中可能出现的用户会话。但他们并不考虑内嵌资源和会话的特征。

总之，对于web流量模型的研究已相对成熟，目前web流量发生器的研究重点主要在web流量模型的实际应用和开发，已满足不同应用场景的需要。下面给出几款比较成熟的web流量发生器的对比与分析。

(1) WebStone^[23] 是分布式的，采用C/S结构，支持任意运行HTTP1.1的服务器软硬件平台，可以同时使用超过100个测试客户端进行测试。但单个客户端产生的流量不高，需要配置多台客户端。

(2) SPECWeb2009^[24]由标准化性能评估组织 The Standard Performance Evaluation Corporation (SPEC)开发的基准测试软件。可以测试Web服务器的最大并发连接数。但该流量发生器并发连接的合计波特率只在 320 Kbps 到 400 Kbps 范围。

(3) WebBench^[25]由ZD实验室研发，支持SSL2.03/.0，支持安全模式下的服务器性能测试。WebBench的最大优点是允许用户定义自己的测试数据集合，因而用户可以定制测试集合，以满足其特殊的测试要求。WebBench的缺点在于大部分的

数据从服务器日志中读取,产生流量的真实性不高。

(4) `http_load`^[26], `Siege`^[27]和`Pyload`^[28]都是开源的web流量发生器,也是针对单个服务器的测试而设计。此外,它们还忽略了用户思考时间、不同的用户会话等因素。

2.2 众核处理器的发展及应用现状

目前,众核技术已经成为最为关注的话题和研究方向。“众核”一词来源于英文“Many-Core”。一般认为,众核处理器比多核处理器具有更多的处理器核心。在业界,人们普遍将核心数大于等于8的处理器称为众核处理器^[29]。对于众核技术的研究主要体现在众核处理器的体系结构研究和众核软件开发方法两个方面。

在众核处理器的体系结构研究方面,国外主要处理器厂商,包括IBM、Intel、AMD、SUN、Tilera都已纷纷转向众核CPU的研发,通过众核CPU进行并行计算来提高计算性能。Tilera公司推出全球首款核心数量多达100个的微处理器TILE-Gx100,同时问世的还有64核心(TILE-Gx64)、36核心(TILE-Gx36)、16核心(TILE-Gx16)等版本。随着众核处理器的发展,软件开放也由原来的并发编程模式迈向了并行编程的新高度^[29-30]。同时,基于众核处理器上的网络应用开发也进入了新的时代。如今在高校的科研中也掀起了一股热潮。例如西安电子科技大学研究的网路安全测试设备^[31]、H.264多线程并行编码^[32]、浙江大学研究的3G服务器视频转码软件设计^[33]、西安工程大学研究的NetFlow的P2P协议识别与检测系统^[34]等,充分发挥了众核处理器在网络应用上的优势。

综上所述,目前web流量发生器存在问题:

(1) 现有web流量发生器主要用于满足单个web服务器的性能测试,难以产生针对实验网环境的大规模的web背景流量。

(2) 现有web流量发生器难以直接应用到实验网。如果将现有web流量发生器直接应用到实验网,除了需要部署多个流量发生器外,还要给每个流量发生器配置对应的web服务器。不仅部署的难度大、成本高,而且这种合成的web流量的真实性也难以保证。

(3) 基于众核平台的网络应用开发已成为一种新潮流,而目前的web流量发

生器仍局限在传统平台。

三 进一步的工作

3.1 研究目标

基于以上研究背景和现状，课题拟采用具有 36 核的 TileGX-36 开发系统，在研究传统平台流量发生器的基础上，充分结合众核平台并行处理能力的优势，设计一种基于众核平台的 web 流量产生系统，如图 1 所示。该系统能够借助众核平台强大的处理能力，通过模拟的 web 用户访问互联网中实际存在的 web 服务，从而诱发远端服务器产生巨大且真实的 web 流量。具体工作内容如下：

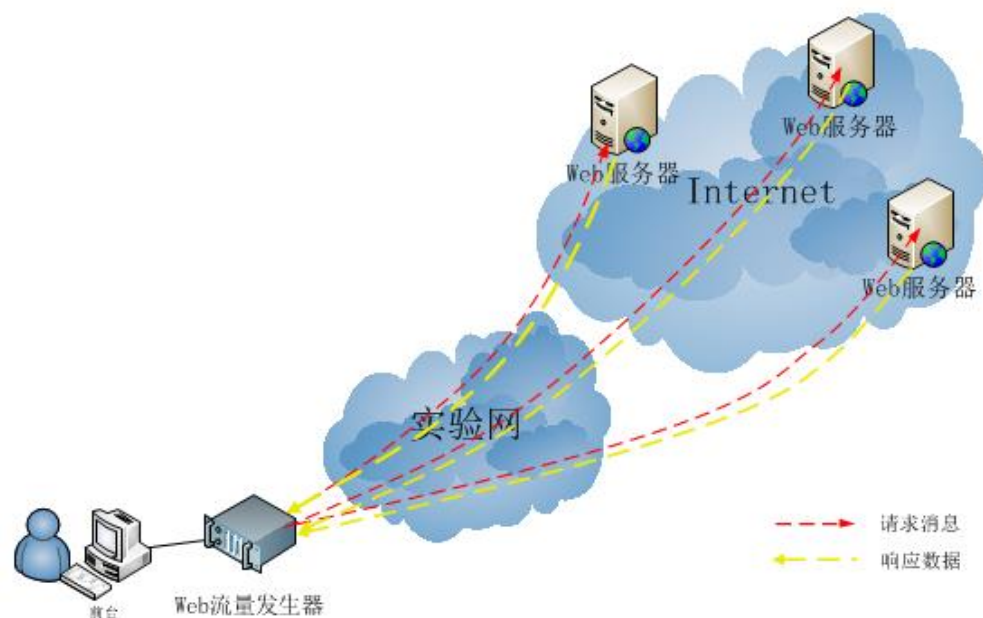


图 1 系统原理图

3.2 研究内容

- （1）通过对现有 web 流量模型和 web 用户行为模型的建模过程及优缺点进行研究，实现一种能够产生大规模 web 背景流量的流量产生引擎。
- （2）根据众核处理器的并行处理特点，结合 web 流量产生引擎的设计，提出一种 web 流量产生系统并行化设计的架构。
- （3）开发出一个基于众核平台并能同时模拟 5000 以上用户的 web 流量产生系统。首先对系统进行层次化和模块化的功能划分，如图 2 所示。然后抽离出可并行化的部分，如虚拟层的用户模块。最后，对每个部分的工作量进行度量并据

此进行核的分配。

(4) 对系统进行性能和功能的测试，验证系统设计的可行性和实用性。

3.3 拟解决关键问题和采取的研究方法

1. 拟解决关键问题

- (1) 如何对众多的 web 用户进行有效地调度和管理；
- (2) 如何获取每个页面内嵌资源的 url，并能进行实时更新；
- (3) 如何对系统进行有效地并行化设计。

2. 拟采取的研究方法

- (1) 根据 web 用户的行为特征，将 web 用户的行为过程分为 3 个状态：浏览状态、等待状态和离线状态。然后对不同状态的用户进行管理。
- (2) 当第一次访问某个页面时，对其解析获取一个内嵌资源 url 集并存储到数据库。当以后再次访问这个页面时，只需直接读取。同时，每个页面设置一个过时因子。当过时因子达到某个值时才对内嵌资源进行更新。
- (3) 首先对系统进行层次化和模块化的功能划分，如图 2 所示。然后抽离出可并行化的部分，如虚拟层的用户模块。最后，对每个部分的工作量进行度量并据此进行核的分配。

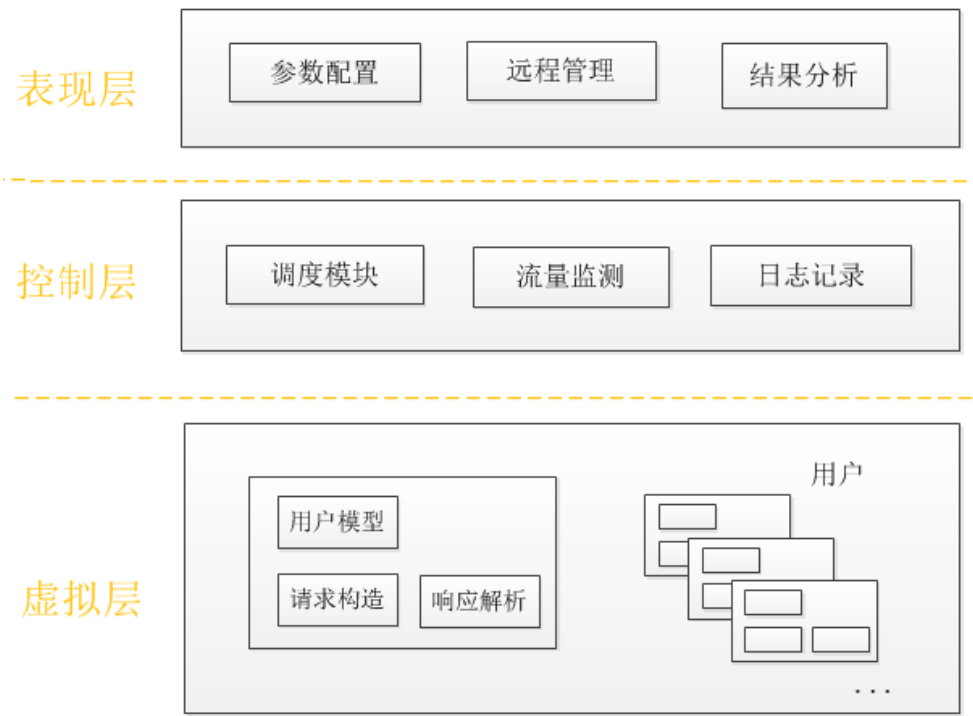


图 2 系统功能

参考文献

- [1]. Botta A, Dainotti A, Pescapé A. A tool for the generation of realistic network workload for emerging networking scenarios[J]. *Computer Networks*, 2012, 56(15) : 3531-3547.
- [2]. 陈远知; 杨帆. Tiler多核处理器网络应用研究[J]. 全国第五届信号和智能信息处理与应用学术会议专刊(第一册), 2011(08).
- [3]. K. V. Katsaros, G. Xylomenos, and G. C. Polyzos, "GlobeTraff: a traffic workload generator for the performance evaluation of future Internet architectures," in *IEEE/IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS)*, 2012.
- [4]. L. Breslau, P. Cao, L. Fan, G. Phillips and S. Shenker. Web Caching and Zipf-like Distributions: Evidence and Implications, In *Proceedings of Infocom'99*, 1999, 126-134.
- [5]. Lei Shi, Zhimin Gu. Popularity-based Selective Markov Model. *IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence*, Beijing, 2004, 504-507.
- [6]. M. Arlitt and C. Williamson. Internet Web Servers: Workload Characterization and performance Implications. in *IEEE/ACM Trans. on Networking*. 1997, 5(5) : 63-64.
- [7]. A. Mahanti, Web proxy Workload Characterization and Modeling, M.Sc. Thesis, Department of Computer Science, University of Saskatchewan, September 1999.
- [8]. C. Roadknight, I. Marshall, and D. Vearer, File Popularity Characterization, *Proceedings of the Second Workshop on Internet Server Performance (WISP'99)*, Atlanta, Georgia, May 1999.
- [9]. G. Abdulla, E. Fox, M. Abrams, S. Williams. WWW Proxy Traffic Characterization with Application to Caching. Technical Report TR-97-03, Computer Science Department, Virginia Tech, 1997.
- [10]. M. Arlitt and T. Jin, A Workload Characterization Study of the 1998 World Cup Web Site, *IEEE Network*. 2000, 14(3) : 30-37.
- [11]. A. Mahanti, C. Williamson, and D. Eager, Traffic Analysis of a Web Proxy Caching Hierarchy, *IEEE Network*. 2000, 14(3) : 16-23.
- [12]. V. N. Padmanabhan and J. C. Mogul. Improving HTTP Latency. In *Proceedings of the*

Second International World Wide Web Conference, Chicago. 1994, 995-1005.

[13]. M. Arlitt. A performance Study of Internet Web Servers, M. Sc. Thesis, Department of Computer Science, University of Saskatchewan, 1996.

[14]. J. Zinke, J. Habenschuß, and B. Schnor, "servload: Generating Representative Workloads for Web Server Benchmarking," in 15th International Symposium on Performance Evaluation of Computer and Telecommunication Systems (SPECTS). Genoa, Italy: IEEE Communications Society, July 2012, pp. 1-8.

[15]. V. Almeida, A. Bestavros, M. Crovella, and A. de Oliveira, "Characterizing reference locality in the WWW," in Proceedings of the Fourth International Conference on Parallel and Distributed Information Systems, Miami Beach, Florida, December 1996.

[16]. P. Barford and M. Crovella, "Generating representative web workloads for network and server performance evaluation," in Proceedings of the 1998 ACM SIGMETRICS joint international conference on Measurement and modeling of computer systems, ser. SIGMETRICS '98/PERFORMANCE'98. New York, NY, USA: ACM, 1998, pp. 151-160.

[17]. P. Barford and M. Crovella. A performance evaluation of hyper text transfer protocols. In Proceedings of ACM SIGMETRICS'99. Atlanta, GA, May 1999.

[18]. C. Cunha, A. Bestavros, and M. Crovella. Characteristics of WWW client-based traces. Technical Report TR-95-010. Boston University Department of Computer Science. April 1995.

[19]. 方明. 开放的Web负载产生器模型研究与实现[D]. 中国人民解放军国防科学技术大学, 2002.

[20]. L. Xu, W. Zhang, and L. Chen, "Modeling users' visiting behaviors for web load testing by continuous time markov chain," in Proceedings of the 2010 Seventh Web Information Systems and Applications Conference, ser. WISA '10, vol. 0. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2010, pp. 59 - 64.

[21]. J. Sant, A. Souter, and L. Greenwald, "An exploration of statistical models for automated test case generation," in Proceedings of the third international workshop on Dynamic analysis, ser. WODA '05, vol. 30. New York, NY, USA: ACM, 2005,

pp. 1-7.

[22]. D. Draheim, J. Grundy, J. Hosking, C. Lutteroth, and G. Weber, “Realistic load testing of web applications,” in Proceedings of the Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR), vol. 0. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2006, pp. 57 – 70.

[23]. Mindcraft, Inc. WebStone The Benchmark for Web Servers.

<http://www.mindcraft.com/webstone/>.

[24]. WebBench 5.0 .<http://cs.uccs.edu/cs526/webbench/webbench.htm>.

[25]. Standard Performance Evaluation Corporation.

<http://www.spec.org/osg/web99/>.

[26]. ACME Labs. http_load-multiprocessing http test client.

http://www.acme.com/software/http_load/.

[27]. Jeff Fulmer. Joe Dog Software. <http://www.joedog.org/siege-home/>.

[28]. Pylot-Web Performance Tool. <http://www.pylot.org/>.

[29]. 洪春涛. 众核处理器编程模式关键技术研究[D]. 清华大学 2011.

[30]. 甘新标. 面向众核GPU的编程模型及编译优化关键技术研究[D]. 国防科学技术大学 2012.

[31]. 李晨. 基于多核的网络安全测试设备的通用框架设计[D]. 西安电子科技大学, 2011.

[32]. 张超. 基于 TILE64 的 H. 264 多线程并行编码[D]. 西安电子科技大学, 2011.

[33]. 韩笑. 基于 TILE Pro64 多核处理器的 3G 服务器视频转码软件设计[D]. 浙江大学, 2012.

[34]. 杨三胜. Tilera 多核环境下基于 NetFlow 的 P2P 协议识别与检测[D]. 西安工程大学, 2011.