

P2P 网络模拟器分析与比较

楚国锋, 陈 麒, 张 鸾
(西安通信学院, 陕西 西安 710106)

摘 要:旨在方便 P2P 研究人员对模拟器的了解、选择与使用, 寻找一种性能优秀的 P2P 网络模拟器。采用比较法首先分析了模拟方法在 P2P 网络测试验证方面的优越性; 然后分层次地介绍当前一些具有代表性的 P2P 模拟器, 包括传统通用的网络模拟器、协议专用的 P2P 模拟器、通用 P2P 模拟器和并行化通用 P2P 模拟器; 最后从不同模拟器的适用范围, 比较各种网络模拟器的优劣。从而得出 P2P 网络模拟器应根据实际需求从架构、实用性、延展性、统计性和底层网络模拟等五个方面的考虑选择, 并从多方面分析了今后 P2P 模拟器的发展趋势。

关键词:模拟方法; 网络模拟器; P2P 网络

中图分类号: TP393

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)10-0066-04

Analysis and Contrast of Peer-to-Peer Simulators

CHU Guo-feng, CHEN Qi, ZHANG Luan
(Xi'an Communications' Institute, Xi'an 710106, China)

Abstract: Aims to facilitate P2P researchers understanding of the simulator, select and use, excellent performance to find a P2P network simulator. By comparison of the simulation in the first P2P network test verification of the superiority, which he then introduces the current level of some representative P2P simulator, including the traditional general-purpose network simulator, protocol-specific P2P simulator, General P2P generic P2P simulator and parallel simulator, and finally from a different scope of application of the simulator to compare the pros and cons of various network simulator. To arrive at the actual P2P network simulator should be based on demand from architecture, usability, scalability, and the underlying network simulation statistical considerations such as choice of five and analyzed from various aspects of future development trend of P2P simulator.

Key words: simulation; network simulator; P2P network

0 引 言

P2P 作为近年来快速发展的互联网技术, 已经跨越了文件共享、即时通讯、IPTV 等众多领域。由于其良好的扩展性, P2P 网络通常形成数目庞大的覆盖网络, 因此一旦引入未经测试和验证的新 P2P 协议, 其本身缺陷可能引发严重的后果。新 P2P 协议和算法的正确性和有效性, 需要通过分析、实验与模拟等方法充分验证。

模拟方法克服了传统的分析方法^[1]和试验方法的各种缺陷, 采用模拟器建立相应网络体系的模拟模型, 并通过模拟运行和日志分析研究 P2P 协议功能和性能。模拟法在获取不同情况下网络体系特性数据方面, 具有周期短、投资少的特点。所以, 网络模拟可以为 P2P 网络的研究提供一个方便、高效的分析和验证

方法。

1 传统通用网络模拟器

传统的网络模拟器仅仅能够模拟复杂度不高、规模不大的 P2P 网络。

这种类型的模拟器主要有: NS2^[2] (Network Simulator version 2) 和 JavaSim^[3] 等:

(1) NS2 仿真软件是一种多平台、可扩展的、容易配置的和可编程的事件驱动网络仿真引擎 (simulation engine), 它致力于网络的研究, 提供了丰富的构件库。它的缺点是协议不支持网络覆盖层, 无法模拟大规模网络, 平台移植性差和仿真效果不佳等。因此, NS2 很少被使用。

(2) JavaSim 是建立在 ACA 软件架构之上的 INET 框架。ACA 是自治组件框架 (Autonomous Component Architecture) 的缩写, 在这个框架中, 每个实体都是一个组件, 组件自治, 同时组件互联形成更大的复合组件。INET 是包交换网络互联框架 (packet-switched internetworking framework) 的缩写, 其网络结

收稿日期: 2011-03-28; 修回日期: 2011-06-09

基金项目: 国家“863”项目 (2009AA01Z437)

作者简介: 楚国锋 (1984), 男, 山东聊城人, 硕士, 研究方向为计算机性能测试。

构基本符合 ISO 七层模型,能够尽可能地接近真实网络。

2 协议专用 P2P 模拟器

研究人员发现传统模拟器模拟特定 P2P 网络时,抽象层次较低,需要添加的功能模块较多,而且配置灵活性较差。为此,为研究特定协议而开发的协议专用 P2P 模拟器逐渐出现,其用于评价特定协议的正确性和有效性。

这类模拟器主要有:FreePastry^[4]、Chimera^[5]和 GnutellaSim ns and pdns 等。

(1) FreePastry 采用 Java 语言开发,模拟器变量的设置,如节点的个数、生成事件的数量等,依靠启动本地模拟器时的命令行输入。

(2) Chimera 是一个“下一代”结构化覆盖网络的轻量级的 C 应用程序。该类型的覆盖网络提供前缀路由协议。Chimera 是由 Tapestry 演变而来的。Chimera 从 Tapestry 的叶集中获得了简单性和鲁棒性,并且利用 Tapestry 的定位算法实现了高效的路由。另外,Chimera 还可以对节点和网络故障进行高效的探测,以及重排周围的信息来保持连通性和吞吐量。

(3) GnutellaSim^[6]是基于 NS-2.27 版和 Pdns 开发的,目前的 GnutellaSim 实现了 Gnutella 协议 0.4 版本和 0.6 版本。它可以运行在 NS2 和分布式 NS2 上,对于初学者可以在 NS2 上先理解它的原理,如果的确需要大规模仿真,可以在 Pdns 上实验,Pdns 是 NS 的分布式版本。

3 通用 P2P 模拟器

鉴于 P2P 模拟的需要,研究人员发现 P2P 协议的专用模拟器有诸多共同之处,所以把这些抽取出来,可以构建更为易用的 P2P 通用模拟器,通用 P2P 模拟器为协议的模拟提供了很多共性的功能模块,这样研究人员为了模拟特定 P2P 协议仅需在 P2P 通用模拟器上实现其协议特有的部分即可。

这种模拟器具有层次清晰、易于扩展和协议可替换等方面的优点。

这类模拟器主要有:PeerSim^[7]、P2PSim^[8]、PlanetSim^[9]、OverSim^[10]、3LS^[11]、NeuroGrid、Overlay Weaver、DHTSim 和 Narses 等。

(1) PeerSim 是基于 Java 组件而设计的 P2P 网络模拟工具,易于扩展,而且其模拟节点规模相当可观。PeerSim 使用基于循环的模拟引擎,可以模拟包含百万个节点规模的网络。它支持结构化和非结构化 P2P 网络模拟。

(2) P2PSim 是一个用来评价、研究、分析 P2P 协议

的离散事件模拟器,使用 C++ 语言开发。它只能模拟结构化的 P2P 网络,模拟达到包级别。P2PSim 对 P2P 网络的支持较为丰富,包括扰动支持、迭代和递归路由查询支持,此外支持多种底层网络拓扑和一种网络时延模型。目前已经实现的协议有 Chord、Koorde、Kelips、Tapestry 和 Kademia,但目前 P2PSim 可模拟规模较小。

(3) PlanetSim 是建立在覆盖层协议及其之上的模拟器,它有清晰的层次结构和 API,具有极佳的可扩展性。PlanetSim 可以支持无结构和结构化 P2P 网络的覆盖层模拟,能够对抗扰动等协议的动态性进行模拟。但缺点在于仅能运行轮转模拟,不支持离散事件模拟,所以模拟的精确度不高。

(4) OverSim 采取 OMNeT++ 实现其网络层,支持无结构和结构化 P2P 协议,并且支持覆盖层协议的二次开发。利用 INETUnderlying 网络和 SimpleUnderlying 网络,OverSim 能够模拟万级节点规模的网络。此外,OverSim 拥有图形化的交互界面,方便验证和调试。

(5) 3LS 是一个很有特色的 P2P 模拟器,采用了基于时钟的模拟引擎,并且将整体分成三层:网络层、协议层和用户层,分别对应不同网络拓扑、协议和应用的模拟。实际模拟过程中或者分别创建三个层次上的模型,或者从库中选出最适合的模型。3LS 充分考虑了 P2P 网络中的重要细节,如物理网络的延迟、处理器延迟、协议交互和用户行为,而且从体系结构上也较为清晰地将其分为三个层次,每个层次的功能统一,层次间耦合度小,也提供了良好的接口用于新的 P2P 协议的开发。但就模拟粒度而言,仍然是以消息为基本模拟对象,无法模拟传输层的细节,而且对于 P2P 网络中的路由和应用节点的文件资源等也没有给出恰当的模拟,此外,其模拟规模也比较有限,一般在 1000 个节点以下。

(6) NeuroGrid 模拟器是使用 Java 开发的通用 P2P 模拟器,主要侧重于模拟 Freenet、Gnutella 和 NeuroGrid 协议的搜索算法。NeuroGrid 采用单线程的离散事件模拟引擎,使用配置文件设置模拟过程中的各个参数。NeuroGrid 同时提供 Java Applet 网页演示搜索消息在节点间的传输过程。整个模拟过程的日志可以保存在文件中以供后期分析。在节点的连接关系上,NeuroGrid 只提供了两种连接方式:环状连接和随机连接,形成一个覆盖网络拓扑,具有平面性,节点之间完全平等。在节点的功能上,节点一方面接收查询消息,另一方面向其它节点转发查询消息,除此之外并无其它消息传输。为了简化,NeuroGrid 还假设节点间的距离是相同的,查询消息以相同的 TTL 值在网络中传输。这样的设计大大提高了模拟效率,实验表明不同的节点

数目对模拟的影响很小,模拟过程都可以在很快的时间内完成。但 NeuroGrid 与实际网络模型相差甚远,无法真实地刻画实际网络中的应用状况,使得模拟结果可信度不高。此外 NeuroGrid 的可扩充性很差,无法添加新的 P2P 协议。因此 NeuroGrid 没有在 P2P 协议的设计和研究的被广泛使用。

4 并行化通用 P2P 网络模拟器

单机运行的通用 P2P 模拟器模拟效率有限,部署在多台计算机上运行的并行化模拟有助于提高模拟效

率和扩大模拟规模。

这类模拟器主要有:PDNS^[12]和 HiFiP2P 等。

5 P2P 模拟器比较

为了比较不同模拟器的适用范围,并评价各自的优劣,文中从模拟器架构(见表1)、实用性、延展性、统计性和底层网络模拟(见表2)等五个方面进行对比。其中。

(1)延展性:延展性是模拟器的一个相当重要的性能指标,一般以覆盖层节点数目衡量模拟器能够模

表 1 P2P 模拟器架构比较表

模拟器	P2P 结构		模拟层次		模拟方式		分布式 并行化模拟	支持扰动
	结构化	非结构化	网络层	覆盖层	离散事件	轮转		
NS2	-	-	✓		✓			
JavaSim	-	-	✓		✓			
FreePastry	✓			✓				✓
Chimera	✓			✓				✓
GnutellaSim		✓	✓	✓			✓	✓
PeerSim	✓	✓		✓	✓	✓		✓
P2PSim	✓	✓		✓	✓			✓
PlanetSim	✓	✓		✓		✓		✓
OverSim	✓	✓	✓	✓	✓			✓
3LS	✓	✓		✓		✓		
NeuroGrid	✓	✓		✓	✓			
Narses	✓			✓	✓		✓	✓
Overlay Weaver	✓			✓	✓		✓	✓
DHTSim	✓			✓	✓			
HiFiP2P	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
PDNS	-	-	✓		✓		✓	

表 2 P2P 模拟器性能指标比较表

模拟器	实用性	延展性	统计性	底层网络模拟
NS2	C++和 Otel 语言,比较难学习	5000 节点	动态、图形、文本	有
JavaSim	Java,学习较容易	1 万节点	动态、文本	有
FreePastry	——	——	——	——
Chimera	——	——	——	——
GnutellaSim	——	——	——	——
PeerSim	Java,学习较容易	10 万节点	动态、文本	无
P2PSim	C++语言,比较难学习	1 万节点	动态、文本	无
PlanetSim	Java,学习较容易	1 万节点	动态、文本	无
OverSim	C++语言,比较难学习	10 万节点	动态、文本	有
3LS	Java 等,学习较容易	1000 节点	动态、图形、文本	有
NeuroGrid	Java,学习较容易	10 万节点	动态、文本	无
Narses	Java,学习较容易	单机器 5000 节点	动态、文本	有
Overlay Weaver	Java,学习较容易	单机器 1 万节点	动态、图形、文本	无
DHTSim	Java,学习较容易	1 万节点	动态、文本	有
HiFiP2P	Java,学习较容易	单机器 10 万节点	动态、文本	有
PDNS	C++和 Otel 语言,比较难学习	单机器 1 万节点	动态、文本、图形	有

拟的网络规模。

(2)统计性:统计性是进行协议分析和改进的重要数据来源和参考依据。

6 P2P 模拟器设计趋势

通过对当前流行的 P2P 网络模拟器的系统结构、模拟方式以及模拟性能的分析 and 评估,发现 P2P 模拟工具往往采用简单的应用层模拟,简化实际网络底层模型,虽然能够有较好的模拟性能,但是往往模拟结果不够精确,甚至只能模拟单一的 P2P 网络协议,通用模拟工具则较为缺乏。我们认为通用的 P2P 网络模拟平台除了可扩展性、可扩充性等方面的要求,还需要重点关注以下几个方面。

(1)通用性:通用性要求网络模拟平台能够较完整地模拟实际网络的各个部分,以及 P2P 协议的全部机制,并能够有效地支持多个不同协议的模拟。

(2)可移植性:可移植性要求能将 P2P 网络模拟平台不修改或者少量修改其中的代码,就能从一个底层平台移植到其他底层平台上,例如由于模拟规模的变化从 NS2 移植到 PDNS 上,这样大大减少了二次开发的工作。

(3)粒度可控性:粒度可控性是指针对不同的模拟任务而采用不同的模拟粒度,使之同时具备 P2P 应用层行为模拟和网络层行为模拟的功能。

(4)可仿真性:可仿真性是模拟平台的结果是否真实有效的重要评价标准。一方面,需要有精细完备的日志记录模块。另一方面,能够支持半实物仿真功能,即真实的端节点 P2P 程序可以接入模拟平台,实现二者的实时交互。

7 结束语

文中主要对当前主流的 P2P 模拟器进行了分类

介绍和比较分析。通过研究这些模拟器,对模拟器在 P2P 研究中的重要性有了更深刻的认识。希望有助于 P2P 研究人员了解、选择、使用、设计 P2P 模拟器。

参考文献:

- [1] 霍英,陈志刚,施宜. P2P 系统模拟器的分析与比较[J]. 计算机应用研究,2007,24(11):37-39.
- [2] 徐雷鸣,庞博,赵耀. NS 与网格模拟[M]. 北京:人民邮电出版社,2003. 13220.
- [3] Massios N. Javsim: General simulation classes in Java[EB/OL]. 2011. <http://omni.bus.ed.ac.uk/javasim/>.
- [4] Hoye J. Pastry: A substrate for peer-to-peer applications[EB/OL]. 2009. <http://freepastry.org/>.
- [5] Chimera[EB/OL]. 2006. <http://current.cs.ucsb.edu/projects/chimera/>.
- [6] He Q, Ammar M, Riley G. Mapping peer behavior to packet-level details: a framework for packet-level simulation of peer to peer systems[C]//Proc. MASCOTS. Atlanta: [s. n.], 2003:71-78.
- [7] 陈贵海,李振华. 对等网络:结构、应用与设计[M]. 北京:清华大学出版社,2007.
- [8] GIL TM. P2PSim[EB/OL]. 2004. <http://pdos.csail.mit.edu/P2PSim/index.html>.
- [9] Garcial P, Pairo C, Mondéjar R. PlanetSim: a new overlay network simulation framework[C]//Software engineering and middleware. Berlin: Springer, 2005:123-136.
- [10] Baumgart, Heep I, Krause B. OverSim: a flexible overlay network simulation pramework[C]//IEEE Global Internet Symposium. [s. l.]: [s. n.], 2007:79-84.
- [11] Ting N S, Deters R. 3LS-a peer-to-peer network simulator[C]//Proceedings of the third international conference on peer-to-peer computing. Canada: Saskatchewan university, 2003:212-213.
- [12] 赵世洋. 并行分布式网络模拟器 PDNS 容错技术的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2008.

(上接第 65 页)

改进[J]. 信息化纵横,2009(8):56-58.

- [8] 原思聪,刘金颂,张庆阳,等. 双目立体视觉中的图像匹配方法研究[J]. 计算机工程与应用,2008,44(8):76-77.
- [9] 王红梅,张科,李言俊. 图像匹配研究进展[J]. 计算机工程与应用,2004(19):42-44.
- [10] Klaus A, Sormann M, Karner K. Segment-based stereo matching using belief propagation and a self-adapting dissimilarity measure[C]//in International Conference on Pattern Recognition. [s. l.]: [s. n.], 2006:15-18.
- [11] 卢阿丽,唐振民,郭龙源,等. 置信度传播体视算法加速技术的应用研究[J]. 系统仿真学报,2009,21(2):348-349.
- [12] 严恺,周军. 一种用于立体图像匹配的改进置信传播算法[J]. 中国图象图形学报,2009,14(11):2383-2386.

- [13] Felzenszwalb P F, Huttenlocher D P. Efficient belief propagation for early vision[J]. International Journal on Computer Vision, 2006,70(1):41-54.
- [14] Yang Q, Wang L, Yang R, et al. Real-time global stereo matching using hierarchical belief propagation[C]// British Machine Vision Conference. [s. l.]: [s. n.], 2006:989-998.
- [15] Ramponi G, Carrato S. An adaptive sampling algorithm and its application to image coding[J]. Image and Vision Computing, 2001,19(7):451-460.
- [16] 张文明,刘彬,李海滨. 基于双目视觉的三维重建中特征点提取及匹配算法的研究[J]. 光学技术,2008(3):181-182.