

BitTorrent 网络节点间流量的数据采集和分析

鄢 羽 唐 红

(重庆邮电大学计算机科学与技术学院 重庆 400065)

摘 要 BitTorrent 网络流量占据了互联网总流量的很大比例,吸引了大量专家学者的专注,然而现有实测工具无法实时记录 BT 网络中节点间的流量交互情况,有关真实 BT 网络中节点间流量的研究很少。建立了一个 BT 网络节点间流量的数据采集系统,将其部署在全球性实验平台 Planetlab 之后得到了真实数据,并验证了数据的正确性。通过对实测数据的分析和研究发现:(1)Tracker 服务器在为各下载节点随机返回邻居节点列表时会受到各节点入网时间的影响;(2)50%以上的下载节点从种子处下载的数据为零,大部分下载节点的数据下载对种子的依赖性不大,从而深刻地体现出 P2P 应用模式的优越性。

关键词 BitTorrent 网络,节点间流量,Tracker 算法,邻居节点,种子

中图法分类号 TP393 **文献标识码** A

Data Collection and Analysis of Traffic Flow between Peers in BitTorrent Networks

YAN Yu TANG Hong

(College of Computer Science and Technology, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract The fact that BitTorrent networks generate a large portion of the Internet traffic has attracted many experts to focus on it. Unfortunately, due to the existing tools' inability to measure dynamic volume of traffic between two individual peers, there's few research on the traffic flow between the peers in real BT networks. The authors designed an inter-peer traffic data collection system, got the real data after implementing it on the Planetlab platform and verified the data's correctness, analyzed the measured data and found that (1) the return of list of neighbor peers from Tracker server to a downloading peer will be affected by the peers' joining time into the network, (2) for 50% or more peers, the downloaded data from the seed is zero, and for most peers, the downloading seldom depends on seed, which demonstrates the advantage of the P2P mechanism.

Keywords BitTorrent networks, Traffic flow between peers, Tracker algorithm, Neighbor peers, Seed

1 引言

P2P 技术自出现以来,迅速成为计算机领域关注的焦点,同时因其方便快捷、充分利用资源等特点受到了广大用户的青睐。根据智能宽带网络解决方案的领先供应商 Sandvine 在 2013 年最新发布的互联网流量趋势报告,P2P 文件共享应用 BitTorrent(简称 BT)上的交互流量在欧洲占互联网总流量的 17.99%,在拉丁美洲占 11.14%,而在付费分发视频服务较少的亚太区,BT 上产生的流量占到互联网总流量的 21.18%^[1]。作为互联网流量的重要组成部分,越来越多的研究人员通过建模、仿真和实测等方法对 BT 网络流量进行了全方位的分析和研究,取得了丰富的成果。

陈亮等人通过对 BT 网络的测量和分析,认为 BT 流量服从韦伯分布,具有自相似性,并发现 BT 网络中极少数节点拥有较高的连通度、传输着较大的流量,而大部分节点仅贡献很少的连接数和流量^[2];Liu G 等通过实测数据研究了 BT 流量

的自相似性,发现自相似的产生原因是 BT 传输时间和等待时间服从重尾分布^[3];唐红等人也通过对真实 BT 网络的分析和研究验证了 BT 流量的自相似性^[4]。Erman D 等人发现本地 ISP 和网络应用层中 BT 会话的到达时间间隔服从超指数分布,BT 会话的持续时间及大小服从对数正态分布^[5],而在链路层的应用日志中,BT 会话的到达时间间隔精确服从二次超指数分布,会话的持续时间及大小服从对数正态分布和韦伯分布^[6],瑞典布京理工学院本地 ISP 的 BT 会话的持续时间及大小服从重尾分布^[7]。

徐恪等人建立了可估算 P2P 网络中多个用户组成的自治域或自治域内部网络间流量矩阵的 P2P 流量矩阵模型^[8,9];唐红等人建立了 BT 网络节点间流量模型,分析仿真数据发现各节点主要与入网时间接近的节点交互,非阻塞数的大小会影响共享文件分发速率^[10];Dale C 等在互联网和 Planetlab 上采集到 BT 网络文件片的交互情况,得知“最少片优先”原则具有良好的有效性,但其有效性随 Swarm 的增大

到稿日期:2013-10-29 返修日期:2014-02-16 本文受国家自然科学基金项目(6104004),国家科技重大专项(2012ZX03006001-004),国家 973 项目(2012CB315806),重庆市自然科学基金项目(CSTC. 2009BA2089)资助。

鄢 羽(1988—),女,硕士,主要研究方向为网络行为学,E-mail:649914668@qq.com;唐 红(1957—),女,博士,教授,主要研究方向为网络行为学、网络测量方法和技术等。

而减弱,同时展现了 BT 网络从动态走向稳态的过程^[11]。

综上所述,BT 网络实测流量的研究主要集中在宏观流量特性上,节点间流量的研究主要基于模型和仿真分析,而因为现有实测工具无法实时记录 BT 网络中节点间流量的交互情况,真实 BT 网络中节点间流量的研究还很少。遵从 BT 通信协议和关键算法^[12,13],本文建立了一个 BT 网络节点间流量数据采集系统,并将其部署在全球性实验平台 Planetlab^[14]上,得到了真实 BT 网络中节点间流量的交互记录,分析了节点间流量随时间的演化情况和下载节点对种子的依赖程度。

2 节点间流量数据采集系统

2.1 系统架构

BT 网络节点间流量数据采集系统由以下 5 部分组成: Web 服务器、Tracker 服务器、种子、下载节点和数据收集服务器,系统架构如图 1 所示。

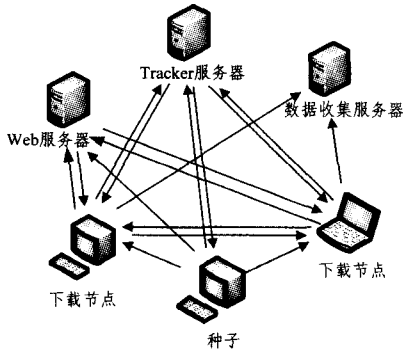


图 1 数据采集系统架构图

Web 服务器:存储种子上传的种子文件即 .torrent 文件(保存共享文件的文件名、文件大小、Tracker 服务器的地址等),下载节点通过浏览器到此服务器下载种子文件。

Tracker 服务器:保存当前下载相同共享文件的所有节点的 IP 和端口,用于下载节点的相互发现及下载进度的相互了解。

种子:完整共享文件的提供者,只负责给下载节点提供上传。

下载节点:下载共享文件的用户,在下载的同时给其他下载节点提供上传。

数据收集服务器:收集下载节点记录的节点间流量交互日志。

2.2 流量记录及收集

为了完整记录任意节点对间流量的交互情况,我们将种子及所有下载节点均纳入系统采集点,使用添加了探针的开源软件 CTorrent^[15]作为实验客户端,使其可记录当前下载节点的入网时间、某时刻从种子或某下载节点处下载了某文件片及完成共享文件下载的时间,形成当前下载节点整个下载过程的日志记录(种子仅提供上传,所以没有此记录);同时在 CTorrent 客户端中添加了数据发送程序,使其在记录到当前下载节点完成下载的时间后将客户端上生成的日志文件发送至数据收集服务器。

数据收集服务器上有 CTorrent 源码语言开发的文件接收程序,它与文件发送程序使用相同的端口,我们在网络开始下载前开启文件接收程序使其一直处于监听状态,一旦有文

件发送过来就立即接收。

为排除实验的偶然性,我们使用此系统在 Planetlab 上进行了 3 次实验,分别命名为 D551P512(实验 1)、D551P256(实验 2)、D1080P256(实验 3)。以实验 2 为例,此次实验的共享文件为 551MB,文件片大小为 256kB,每次实验有 1 个种子和 200 多个下载节点,并以各节点入网时间的顺序对其进行编号,种子编号位于最后。

2.3 数据正确性验证

为了验证系统的可行性,我们从下载完成节点的总下载量、BT 网络流量自相似性和 BT 网络中的 Tit-for-Tat(一报还一报)^[12]机制 3 个方面对实验数据进行了正确性验证。

2.3.1 总下载量验证

以实验 1 为例,我们打开其 .torrent 文件可知此共享文件的总大小为 564300kB,每个文件片的大小为 512kB。任意打开一个完成共享文件下载的下载节点的日志文件,统计得到 1103 行文件片下载的记录,将其乘以每一文件片的大小等于 564736kB,比共享文件大 436kB,原因是 BT 客户端生成 .torrent 文件并对共享文件进行分片时,最后一片的实际大小为 76kB,比单一文件片小 436kB。所以从总下载量来说,数据正确。

2.3.2 流量自相似验证

从引言中我们知道很多研究成果都证明 BT 网络流量具有自相似特性,而判断数据具有自相似性的特征值即为自相似系数 Hurst 值(简称 H 值),当它介于(0.5,1)之间时,说明数据具有自相似性,同时,Hurst 值越接近 1,自相似性越强。

为了检测 3 组实验中 BT 网络流量是否具有自相似性,采用时域法中常用的 R/S 图法^[16]分别对 3 组数据进行了 Hurst 参数估计。如图 2—图 4 所示,3 组实验的 H 值分别为 0.85549、0.7692、0.72476,均大于 0.5 且比较接近 1,说明 3 组实验中 BT 网络流量均具有很强的自相似特性,符合现有研究结论,证明了数据的正确性。

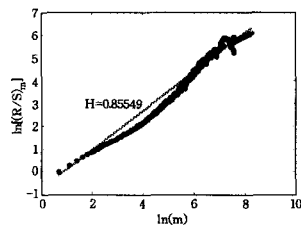


图 2 实验 1 中 BT 网络流量的 Hurst 参数估计

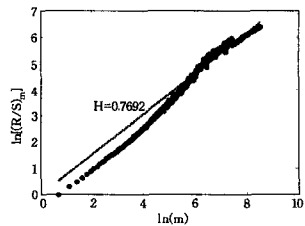


图 3 实验 2 中 BT 网络流量的 Hurst 参数估计

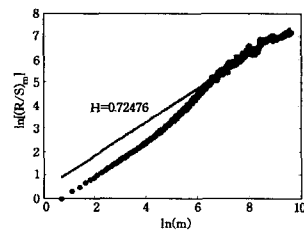


图 4 实验 3 中 BT 网络流量的 Hurst 参数估计

2.3.3 Tit-for-Tat 机制验证

为确保节点间的公平交互,BT 网络的阻塞算法中设有 Tit-for-Tat 机制,即下载节点会根据对端上传速率予以同等的上传回报。

为了验证实验数据是否符合此机制,我们统计了3组实验中各下载节点与其他节点间交互的总上传/下载文件片数(因文件片大小确定,文件片数即可衡量流量)。以实验2为例,我们从200多个下载节点中按间隔相同节点数抽取了4个下载节点与其他节点间上传/下载的总片数,如图5各子图所示。图中相同横坐标下载片数(用 $\bullet$ 表示)和上传片数(用 $\circ$ 表示)的纵坐标较为接近,即各下载节点从某节点处下载了多少文件片,就近似给它上传了多少文件片,大部分符合Tit-for-Tat机制,因为节点以入网先后编号,说明所有阶段的节点都符合此交互机制,可证明数据的正确性。

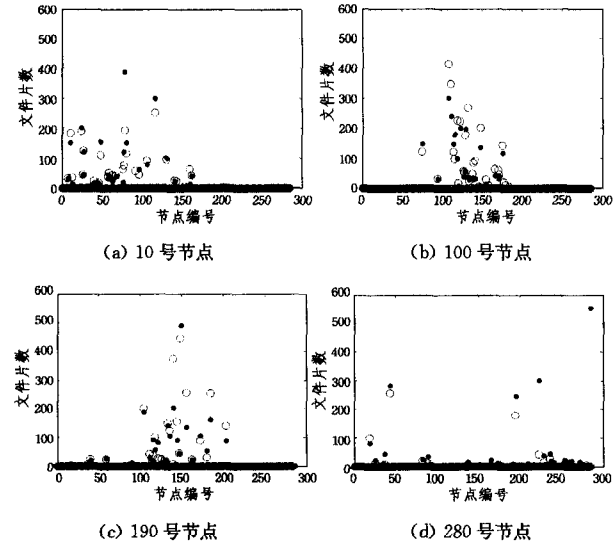


图5 各下载节点与其他节点间上传/下载的总片数

3 节点间流量特性分析

3.1 节点间流量随时间的演化情况

由于数据量大,本文对采集的节点间流量数据以5s为间隔进行统计和展现(文件片大小确定,可用文件片数衡量流量)。因3组实验均呈现出节点分批入网的情况,我们选取每批节点刚入网和下一批节点入网前网络中的流量交互图,以代表性地展示整个BT网络下载过程中节点间流量随时间的演化情况,由于篇幅的限制,在此以实验3为例,如图6各子图所示。

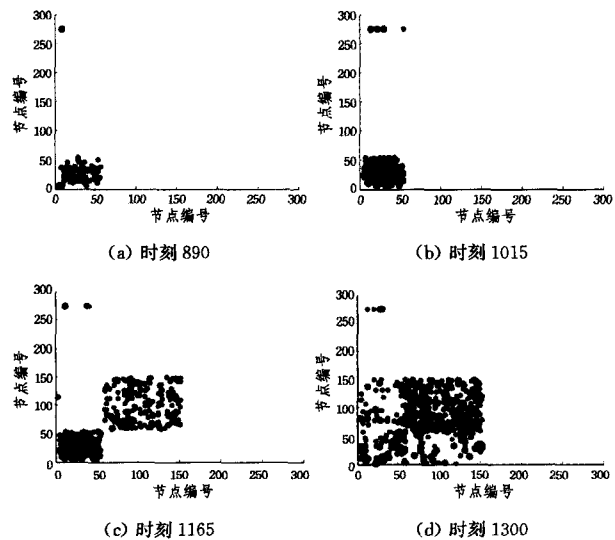


图6 实验3中节点间流量随时间的演化情况

从图中可看出,每批节点刚入网时主要集中与近似同批入网的节点交互流量(如子图(a)(c)(e)(g)),一段时间后会分散地与网络中所有节点交互流量,但仍然主要与近似同批入网节点进行交互(如子图(b)(d)(f)(h)),最后,网络中的节点大致随着入网批次的顺序逐步完成各自的下载,直至完成整个网络的下载过程(如子图(i)(j))。

BT网络的Tracker算法要求当某下载节点连接到Tracker服务器时,Tracker服务器会从下载相同共享文件的节点列表中随机返回最多50个节点作为其邻居节点^[13],但从上述现象可知,Tracker服务器为下载节点随机返回邻居节点列表时会受到各节点入网时间的影响。

3.2 下载节点对种子的依赖程度

如果没有种子,整个BT网络的下载过程将无法进行,那么下载节点在共享文件的数据下载中对种子的依赖程度到底有多大呢?本文对3组实验中各下载节点从种子处下载的流量占本节点总下载量的比例进行了累积分布,如图7所示(其中 $\bullet$ 表示实验1,直线表示实验2,虚线表示实验3)。

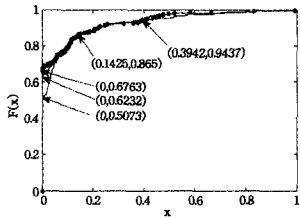


图7 下载节点从种子处下载的文件片数占总下载片数比例的CDF图

总体来看,3条曲线几近相同,即不同实验条件下,各下载节点对种子依赖程度的累积分布情况大致相同,究其细节,3组实验中各有67.6%、62.3%、50.7%的下载节点从种子处

下载流量为零,86.5%的节点从种子处下载流量占总下载量的比例小于14.3%,94.3%的节点从种子处下载流量占总下载量的比例小于39.4%。

综上可知,不同实验条件下,50%以上的下载节点未从种子处下载数据,即一半以上下载节点的数据下载不依赖种子;86%左右的下载节点从种子处下载流量占总下载量的比例小于14%,即大部分下载节点的数据下载对种子的依赖性不大,从而深刻地体现出P2P应用模式的优越性。

结束语 本文构建了一个BT网络节点间流量数据采集系统并将其部署在Planetlab上,得到了真实BT网络中节点间流量的交互情况,并验证了数据的正确性;然后对采集的数据进行了分析和研究,发现:(1)各下载节点刚入网时主要集中在与入网时间接近的节点交互流量,一段时间后会分散地与网络中所有节点交互流量,但仍然主要与入网时间接近的节点进行交互,说明Tracker服务器在随机返回邻居节点列表时会受到各节点入网时间的影响;(2)50%以上下载节点从种子处下载的数据为零,大部分下载节点的数据下载对种子的依赖性不大,深刻地体现出P2P应用模式的优越性。

参 考 文 献

- [1] Global Internet Phenomena Report: 2H 2013 [EB/OL]. <https://www.sandvine.com/downloads/general/global-internet-phenomena/2013/2h-2013-global-internet-phenomena-report.pdf>
- [2] 陈亮,龚俭.大规模网络中BitTorrent流行为分析[J].东南大学学报:自然科学版,2008,38(3):390-395
- [3] Liu Gang, Hu Ming-zeng, Fang Bin-xing, et al. Explaining BitTorrent traffic self-similarity [M]. Parallel and Distributed Computing: Applications and Technologies. Berlin Heidelberg: Springer, 2005: 839-843
- [4] 唐红,黄鼎.通用Bittorrent模拟器研究[J].计算机工程与应用,2011,47(15):130-133
- [5] Erman D, Llei D, Popescu A. Bittorrent session characteristics and models [J]. River Publishers Series in Information Science and Technology. Special Issue in Traffic Engineering, Performance Evaluation Studies and Tools for Heterogeneous Networks, 2009, 1: 61-84
- [6] Erman D, Llei D, Popescu A. BitTorrent traffic characteristics [C]//Computing in the Global Information Technology, ICCGI'06. International Multi-Conference on. IEEE, 2006: 42-42
- [7] Erman D. Bittorrent traffic measurements and models [M]. Blekinge Institute of Technology, 2005
- [8] 叶明江,吴建平,徐恪. Peer-to-Peer网络流量矩阵的计算模型[J].清华大学学报:自然科学版,2010,50(1):63-66
- [9] Xy Ke, Shen Meng, Ye Ming-jiang. A model approach to estimate Peer-to-Peer traffic matrices [C]//INFOCOM, 2011 Proceedings IEEE. IEEE, 2011: 676-684
- [10] Tang Hong, Yan Yu, Xing Cong-cong. Traffic modeling and analysis on BitTorrent-like Peer-to-Peer networks [J]. Journal of Convergence Information Technology, 2013, 8(4): 173-181
- [11] Dale C, Liu Jiang-chuan. A measurement study of piece population in BitTorrent [C]//Global Telecommunications Conference, 2007. GLOBECOM'07. IEEE, 2007: 405-410
- [12] Cohen B. Incentives build robustness in BitTorrent [C]//Workshop on Economics of Peer-to-Peer systems, 2003, 6: 68-72
- [13] Legout A, Urvoy-Keller G, Michiardi P. Understanding BitTorrent: an experimental perspective (version 3) [M]. 2005
- [14] <http://www.planet-lab.org/>
- [15] <http://www.rahul.net/dholmes/ctorrent/>
- [16] 傅雷扬,王汝传,王海燕,等. R/S方法求解网络流量自相似参数的实现与应用[J].南京航空航天大学学报,2007,39(3):358-362
- [17] 石贵民,林宏基.基于旁路的网络流量监控模式[J].重庆理工大学学报:自然科学版,2011,25(9):63-69
- [18] pricing for a utility computing service [J]. Future Generation Computer Systems, 2010, 26: 1368-1380
- [19] Mihailescu M, Teo Y M. Strategy-Proof Dynamic Resource Pricing of Multiple Resource Types on Federated Clouds [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2010, 1: 337-350
- [20] 曾翎鸿,曾国荪.云计算中TSP问题求解服务的定价机制[J].计算机科学,2011,38(12):194-199
- [21] Dash R K, Jennings N R, Parkes D C. Computational Mechanism Design: A Call to Arms [J]. IEEE Intelligent Systems, 2003, 18(6): 40-47
- [22] Narahari Y, Garg D, Narayanam R, et al. Game Theoretic Problems in Network Economics and Mechanism Design Solutions [M]. London Limited: Springer-erlag, 2009
- [23] Myerson R, Satterthwaite M A. Efficient Mechanisms for Bilateral Trading [J]. Journal of Economic Theory, 1983, 29(2): 265-281

(上接第62页)

- [3] Youseff L, Butrico M, Da Silva D. Toward a Unified Ontology of Cloud Computing [C]//Proceedings of 2008 IEEE Grid Computing Environments Workshop, 2008: 1-10
- [4] Weinhardt C, Anandasivam A, Blau B, et al. Cloud Computing-A Classification, Business Models, and Research Directions [J]. Business Models & Information Systems Engineering, 2009, 1(5): 391-399
- [5] Yeo C S, Venugopal S, Chu X, et al. Automatic metered pricing for a utility computing service [J]. Future Generation Computer Systems, 2010, 26(8): 1368-1380
- [6] Ouyang Jin-song, Sahai A, Pruyne J. A Mechanism of Specifying and Determining Pricing in Utility Computing Environments [C]//BDIM'07. 2nd IEEE/IFIP International Workshop on Business-Driven IT Management, 2007: 39-44
- [7] Yeo C S, Venugopal S, Chu Xing-chen, et al. Autonomic metered