

文章编号: 1001-9081(2007)12-3007-02

网络时间同步算法中时间延时优化方案

赵斌¹, 贺鹏^{1,2}, 易娜¹

(1. 三峡大学 电气信息学院, 湖北 宜昌 443002 2 三峡大学 信息技术中心, 湖北 宜昌 443002)
(jnzhaobin@ctgu.edu.cn)

摘要: 针对 NTP 技术中对网络时间延时测量的不足, 提出了在网络支持下的高精度时间同步方法。该方法采用数据包丢失技术, 通过比较传送的数据报文中的特殊队列值和所经过的路由器中数据包的排队队列长度值来决定是否对当前数据报文丢弃。仿真实验表明, 该方法具有很好的可行性。

关键词: 时间延时; 自我丢包; 时间同步
中图分类号: TP391 **文献标志码:** A

Optimization of delay in network time synchronization algorithm

ZHAO Bin, HE Peng², YINa

(1. College of Electrical Engineering and Information Science, China Three Gorges University, Yichang Hubei 44300, China;
2. Information Technology Center, China Three Gorges University, Yichang Hubei 44300, China)

Abstract In order to improve measured precision of time delay in Network Time Protocol (NTP), a highly precise time synchronization method was proposed in network. The method adopted the self-discarding packet technique that was a means of determining transfer by comparing the queue length of the transiting router with a specified queue value on the packet. Simulation results show that this method has a very good feasibility.

Key words: time delay; self-discarding packet; time synchronization

0 引言

随着计算机网络的高速发展, 各种涉及时间戳相关的应用和服务, 如: 实时的网上交易、制造过程控制、网络安全设计、分布式的网络计算和处理以及数据库文件管理等对时间精度提出了更高的要求。传统的基于 NTP 协议 (Network Time Protocol) 的时间同步算法达到同步目的的前提是, 在客户机和服务器进行通信的过程中, 请求数据包与应答数据包的往返时延相等^[1,2]。但由于网络阻塞的原因, 单向传递延时和接收延时不能视为相等。因此, 由于单向延时的影响, 导致 NTP 时间同步算法有数十毫秒的时延误差。而当前比较成熟的高精度 GPS 时间同步技术精确度在 1 ms 之内, 但是需要安装户外天线, 被限制了使用范围^[3]。

在网络仿真环境支持的前提下, 本文提出了在时间同步算法中处理单向延时的方法, 降低网络抖动, 提高时间同步的精确度。

1 时间同步技术

1.1 NTP 技术

网络时间协议 NTP 是用于互联网中时间同步的标准互联网协议。NTP 协议利用层次式时间分布模型把计算机客户端的时间同步到某些外部时间源的时间标准。目前常采用的时间标准是来自一级时间服务器的世界协调时 UTC (Universal Time Coordinated)。NTP 时间戳以 64 bit 无符号的定点数表示, 整数部分以高 32 bit 表示, 相对于基准 1990 01 01 00 00 00 记录当前的秒累积数; 小数部分以低 32 bit 表示, 其精确度可达 200 ps^[4]。

NTP 时间同步算法根据服务器和客户端的往返报文来确定两地时钟的差值和报文在网络中传输的延迟, 在往返延时假设相等的条件下, 获得精确的时间同步。图 1 中, T_1 和 T_4 是客户端时钟记录的发送 NTP 报文和接收 NTP 报文的时间, T_2 和 T_3 是服务器端时钟记录的接收和发送 NTP 报文的时间。这里可以设定服务器的时钟是准确的, 服务器和客户端时钟的时间偏差是 Δ 。从客户端发送报文到服务器端的网络延时是 d_1 , 从服务器到客户端的网络延时是 d_2 , 可以列出三个方程式:

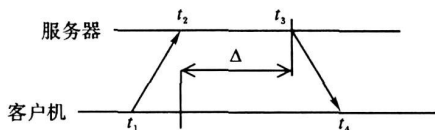


图 1 网络延迟和时钟偏差测量

$$T_2 - T_1 = \Delta + d_1$$

$$T_4 - T_3 = d_2 - \Delta$$

$$\Delta = ((T_1 - T_2) - (T_4 - T_3) - (d_1 - d_2)) / 2$$

NTP 算法在网络延时 d_1 和 d_2 对称 ($d_1 - d_2 = 0$) 的条件下计算出时间偏差 Δ 。但是在网络发生抖动时, 这种测量方式就会产生大的误差, 降低了同步效果。

1.2 NTP 时间延时的精确测量

NTP 算法试图通过上述静态方法来提高时间同步的精确度, 却不能消除报文单向延时抖动造成的影响, 而使 NTP 算法变得更加复杂^[5]。

报文在网络传输过程中, 经过路由器的排队等待转发的时间延时是造成网络时延的主要方面, 为了使网络的传输延

收稿日期: 2007-06-20

作者简介: 赵斌 (1979-), 男, 山东滕州人, 硕士研究生, 主要研究方向: 计算机网络、智能信息处理; 贺鹏 (1965-), 男, 湖北当阳人, 教授, 主要研究方向: 计算机网络、分布式计算机系统; 易娜 (1980-), 女, 湖北宜昌人, 硕士研究生, 主要研究方向: 计算机网络、智能信息处理。

时会直接反映在时间差的测量中,实验采用一个高精度时钟(具有一级或二级时间服务器精度)的PC机,并能够在微秒级精度以下处理时间,作为客户端来接收来自外部的高精度时钟信号,用一个带有铯原子钟信号的高精度PC机作为服务器端。图2、3分别是客户端和服务器9天内对时间延时偏差测量数据:图2是在报文没有经过路由器转发的情况下对时间延时的统计;图3是在网络阻塞的情况下,数据报文经过一个路由器转发时对时间延时的统计。从测量结果可以看出,数据报文延时的波动是被网络阻塞造成的,经过路由器转发引起的时延变化在 $100\mu s$ 左右,这是在没有路由器转发情况下时延的5倍。下面我们讨论数据报文通过一个路由器转发的时钟同步情况,提出了数据报文通过路由器转发和不过路由器转发获得相同时钟精度的方法。

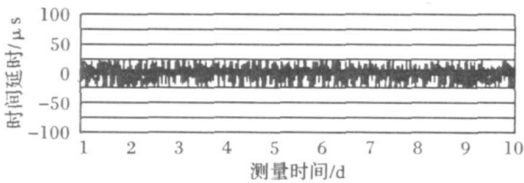


图2 没有经过路由器转发的时间延时偏差测量数据

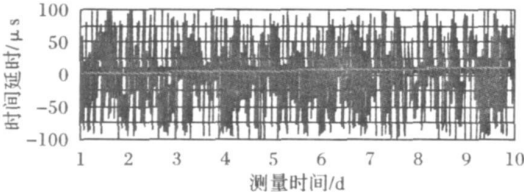


图3 经过一台路由器转发的时间延时偏差测量数据

2 网络支持下的时间同步

根据上文的分析可知,数据报文经过路由器转发所引起的时间延迟对NTP时间同步算法的精度影响很大。我们采用数据报文在动态网络中经过路由器转发时自我处理的方法,来降低网络抖动造成的时间延迟对NTP时间同步算法的影响。动态网络是指支持网络中路由器有权对排队等待转发的数据报文进行动态的处理,决定其流向。这种动态网络的基本构成包括一个可编程的数据交换方法和一个数据封装方法。前者是指预先在网络中的动态路由器中建立一个可执行的处理程序,后者是指活动路由器对传递报文进行相应处理后,对相应处理参数可封装在报文中。相比较而言,前者要比后者的处理过程更复杂,我们称这种方法为报文自我丢包技术。该技术是指数据报文在传递过程中根据相应字段的特殊队列值和所经过的路由器中数据包的排队队列长度进行比较决定是否丢包。 Pq 用来描述数据报文在路由器转发时允许的最大值。当一个数据包到达路由器转发时,如路由器中等待转发的数据包的队列长度比该数据包中所设的 Pq 的值大,则就丢弃该包。也就是说,当网络延时超过一定时限,丢弃时间报文来加强同步算法的稳定性,提高算法的精确度。另外,这种方法也不会影响到别的数据包的传送,因为数据报是在活动节点被丢失的。我们采用MQI方法和QTI方法来实现对数据报文的操作。

2.1 MQI方法 (Maximum Queue Length)

在数据包中设定 Pq 的值,当 Pq 的值比当前路由器中的排队队列长度的值大时,该包就在当前节点丢失,不被发送出去,否则就通过该路由器转发出去。在这个过程中 Pq 的值保持不变。图4显示这种方法的工作机制(Rq 表示路由器排队等待队列长度)。但是采用这种方法,仅仅是 Pq 的值和当前路由器中的排队队列长度进行比较,因此,当数据包经过

转发的路由器数量增加时,总的时间延时也会增加,在这种情况下,采用MQI方法来处理时间延迟是不理想的。

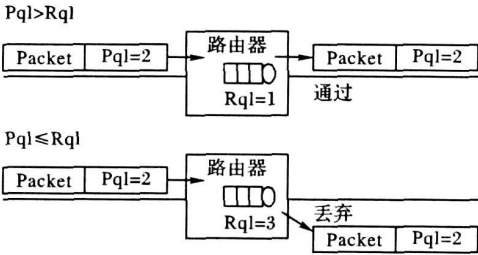


图4 MQI方法的工作机制

2.2 QTI方法 (Queue To Live)

QTI方法在数据报中设定 Pq 为足够大的值,当数据报经过路由器转发时, Pq 的值就变为 Pq 与该包在当前路由器中的排队队列长度之差。当 Pq 的值为0时,该包就会被丢弃。图5显示这种方法的工作机制(Rq 表示路由器排队等待队列长度)。当数据包传到客户端时,根据 Pq 的值来判断该数据包是否有效。这种方法类似TTL (Time To Live)机制。这样,通过所设定的 Pq 的值把数据包在网络传递的时间延迟控制在一定时间段内。和MQI方法相比较,QTI方法在减少时间延迟波动,提高同步算法精确度方面有更好的效果。

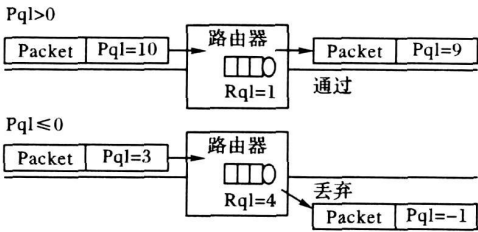


图5 QTI方法的工作机制

3 仿真实验及结果分析

利用网络仿真软件(NS2)验证了报文在经过路由器转发时的自我丢包技术在处理时间延时的有效性,确定数据报经过路由器转发时延的概率,来估算路由器对网络延时的影响^[6]。本方法对时间延时的测量过程中,采用在客户端和服务端之间FTP数据流量来影响数据报文在路由器中的转发时间延迟。通过改变FTP数据流来比较时间延时的变化。设定网络带宽是100Mbps,路由器缓冲器中能够最大存放等待转发的数据报文是300。图6是网络仿真结构图。

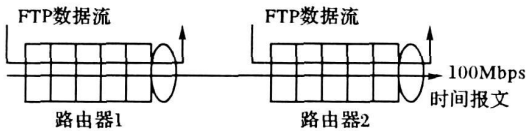


图6 网络仿真结构

首先,在1000FTP数据访问流量情况下,数据报文经过一个路由器转发和经过两个路由器转发造成的网络时间延迟分布情况如图7和图8所示。两图表明:增加一台路由器将会影响数据报文转发时间延迟增加近 $100\mu s$ 的概率。因此我们得出结论,当MTU(最大传输单元)长度的数据报以 $120\mu s$ 的流速通过高速以太网(100Mbps)时,增加一个路由器转发过程,此时队列延时的概率就增加一倍。图9表明在FTP数据流量发生变化的情况下,数据报在路由器转发过程中网络时延的概率变化。从这些数据我们可以看出,仿真网络中两个路由器在1000FTP数据流量情况下,数据报文无时延转发的概率要比只有一台路由器时降低45%。

(下转第3012页)

这十类中共有文档数近 1 200篇,其中 2/3作为训练文档, 1/3作为测试文档,采用开放式测试得到的结果如表 1和图 1.

可见,在文本分类的实际应用中,本文以 TF-IDF方法为

基础提出的基于词语关键的方法比单纯使用 TF-IDF方法有更好的性能.如果在训练语料的选择上作更精细的选择,还可以进一步提升特征词提取的效果和文本分类的准确性.

表 1 分类结果的 F-measure测试值/%

方法	信息检索	数据库管理	移动计算	知识发现	数据库系统原理	多媒体计算和系统	数据通信	数据工程	并行算法和体系结构	计算机系统评价和建模
TF-IDF+IG	81.16	80.03	79.78	83.48	81.15	81.83	77.43	82.27	78.87	75.09
本文方法	82.36	79.11	82.39	83.07	84.98	82.02	81.57	84.92	85.15	79.62

参考文献:

[1] 庞景安. Web文本特征提取方法的研究与发展[J]. 信息系统, 2006 29(3): 338—367

[2] SAHAMIM. Using machine learning to improve information access [D]. Stanford, California: Stanford University Computer Science Department, 1999.

[3] JOACHIMS T. Text categorization with support vector machines: Learning with many relevant features[C] // 10th European Conference on Machine Learning. LNCS1398. Heidelberg: Springer-Verlag, 1998: 137—142

[4] 刘明吉. 基于协同演化的文本特征获取算法[J]. 计算机工程, 2005 31(4): 85—87

[5] 晋耀红, 苗传江. 一个基于语境框架的文本特征提取算法[J]. 计算机研究与发展, 2004 41(4): 582—586

[6] 唐晓文. 基于本体论的文本特征提取[J]. 电脑与信息技术, 2005 13(1): 36—38

[7] 赵林, 胡恬, 黄莹菁, 等. 基于知网的概念特征抽取方法[J]. 通信学报, 2004 25(7): 46—53

[8] LEWIS D D. Feature selection and feature extraction for text categorization [C] // Proceedings of Speech and Natural Language Workshop. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1992: 212—217

[9] 鲁松, 李晓黎, 白硕, 等. 文档中词语权重计算方法的改进[J]. 中文信息学报, 2000 14(6): 8—13

[10] 王军. 词表的自动丰富——从元数据中提取关键词及其定位[J]. 中文信息学报, 2005 19(6): 36—43

[11] MANNING C D, SCHÜTZE H. Foundations of statistical natural language processing [M]. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1999

[12] SALTON G, YANG C S. On the specification of term values in automatic indexing [J]. Journal of Documentation, 1973 29(4): 351—372

[13] HANAN A, MOHAMED K. Topic discovery from text using aggregation of different clustering methods[C] // Proceedings of the 15th Conference of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence on Advances in Artificial Intelligence. LNCS2338. London: Springer-Verlag, 2002: 161—175

(上接第 3008页)

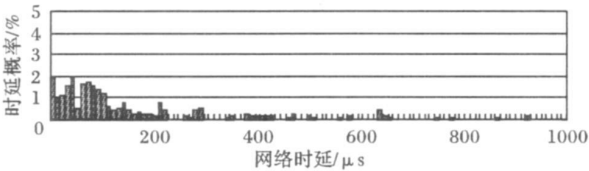


图7 数据报文经过一个路由器时网络时延概率分布

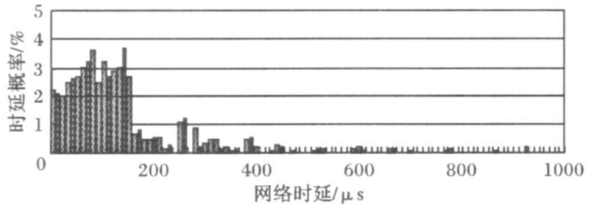


图8 数据报文经过两个路由器时网络时延概率分布

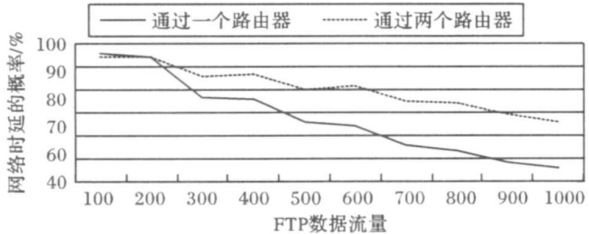


图9 在FTP数据流量变化下无延时概率统计

实验结果表明:数据包不经过路由器转发时,网络时延为0的几率是很大的,采用 MQI和 QIL方法对今后同步算法中处理网络时延是有效的.由于数据报在网络中经过转发的路由器数量的不确定性,把 MQI和 QIL方法结合在一起在同步算法中使用是必要的.

4 结语

采用高精度 PC机分析了 NTP算法中路由器对报文时间延迟的影响,数据报经过一个路由器转发相对于没有经过路由器转发所产生的时延在 100 μs 的范围内变化.提出了数据报文自我丢包技术来提高同步算法处理时延的精确度,通过仿真实验表明这种方法是有效和可行的.今后的工作是把这种技术应用到 IPv6网络时间同步算法中去.

参考文献:

[1] MILLS D L. Network time protocol (Version 3) specification, implementation, RFC1305 [S]. 1992

[2] 贺鹏, 李菁, 吴海涛. 网络时间同步算法研究与实现[J]. 计算机应用, 2003 23(2): 15—17

[3] NAKASHIMA T, IHARA S. An experimental evaluation of the total cost of NTP topology [C] // Proceedings of the 15th International Conference on Information Networking. Washington: IEEE Computer Society, 2001: 240

[4] KITAGUCHI Y, OKAZAWA H. Development of a highly accurate time server for measurement of the Internet [C] // Revised Papers from the International Conference on Information Networking. Wireless Communications Technologies and Network Applications, Part II. LNCS2344. London: Springer-Verlag, 2002: 351—358

[5] KITAGUCHI Y, MACHIZAWA A. Research of advanced time synchronous system with network support [C] // Conference on Communications, Computers and Signal Pacific Rim [S]. IEEE Press, 2003 2: 1036—1039

[6] 徐雷鸣, 庞博, 赵耀. NS与网络模拟 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003