

doi: 103969/jissn.1003-3106.2020.07.007

引用格式: 贾杰峰,王铮,刘连照.一款 NTP 授时监测终端设计与实现[J].无线电工程,2020,50(7):554-557.[JIA Jiefeng, WANG Zheng, LIU Lianzhao. Design and Implementation of a NTP Timing Monitoring Terminal [J]. Radio Engineering, 2020, 50(7): 554-557.]

## 一款 NTP 授时监测终端设计与实现

贾杰峰<sup>1,2</sup>, 王 铮<sup>2</sup>, 刘连照<sup>3</sup>

- (1. 中华通信系统有限责任公司 河北分公司, 河北 石家庄 050081;
2. 中国电子科技集团公司第五十四研究所, 河北 石家庄 050081;
3. 中国洛阳电子装备试验中心, 河南 洛阳 471003)

**摘 要:** 在互联网环境中, 各个网络节点设备的时间一致性是非常重要的指标。由于网络传输时延、网络负载率以及网络传输的不确定性, 导致了网络时间协议 (Network Time Protocol, NTP) 授时服务的授时精度出现变化。为了评估 NTP 授时服务的质量, 需要实时监测网络中的各个 NTP 服务器端口。NTP 授时监测终端不仅实现了对 NTP 服务器端口的监测, 且可同时监测的端口数量达 60 个, 而且能够对监测数据进行统计的分析, 为正确评估 NTP 授时服务质量提供支撑。

**关键词:** 网络时间协议; 时间同步; 时间服务器; 网络监测; 测量

**中图分类号:** TP393

**文献标志码:** A

**开放科学标识码 (OSID):**



**文章编号:** 1003-3106(2020)07-0554-04

## Design and Implementation of a NTP Timing Monitoring Terminal

JIA Jiefeng<sup>1,2</sup>, WANG Zheng<sup>2</sup>, LIU Lianzhao<sup>3</sup>

- (1. China Communications System Co., Ltd., Hebei Branch, Shijiazhuang 050081, China;
2. The 54th Research Institute of CETC, Shijiazhuang 050081, China;
3. China Luoyang Electronic Equipment Test Center, Luoyang 471003, China)

**Abstract:** In the Internet environment, the time consistency of each network node device is a very important technical index. Due to the uncertainty of network transmission delay, network load rate and network transmission, the timing accuracy of NTP timing service changes. In order to evaluate the quality of NTP timing service, it is necessary to monitor each NTP service port in the network in real time. NTP timing monitoring terminal not only realizes the monitoring of NTP server ports, but also can monitor 60 ports simultaneously, and can carry out statistical analysis of monitoring data, providing support for the correct evaluation of NTP timing service quality.

**Key words:** NTP; time synchronization; time server; network monitoring; measurement

### 0 引言

随着计算机技术的发展, 网络时间协议 (Network Time Protocol, NTP) 授时技术已经渗透到了国民经济的各个方面。NTP 由美国特拉华大学的 David L. Mills 教授提出, 是互联网上公认的时间同步工具<sup>[1]</sup>。NTP 协议是一种用在分布式时间服务器和客户端之间的时间同步授时技术<sup>[2]</sup>。在文献 [3-8] 中论述了 NTP 时间同步精度在局域网上可以达到 1 ms 级, 在互联网中可以达到几十毫秒级的同步精度。在应用 NTP 授时服务过程中, 传输网络架构、网络负荷及网

络拓扑等因素会导致 NTP 授时服务精度出现波动。当 NTP 授时精度恶化到一定程度时, NTP 授时设备将无法完成正常授时服务。因此, 研制一款 NTP 授时监测终端显得尤为重要。

通过获取 NTP 用时设备与时间基准设备的时间偏差, 实时反映 NTP 授时服务的健康状态, 可以增强整个 NTP 授时服务系统的时间传递稳定性和可靠性, 为用户评估 NTP 授时服务提供支撑。

收稿日期: 2020-01-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (91638203)

Foundation Item: Project Supported by the National Natural Science Foundation (91638203)

## 1 NTP 授时监测原理

### 1.1 NTP 协议概述

NTP 是 TCP/IP 协议家族的一员。目前,应用较为广泛的有 NTPv3 协议(RFC 1305)、NTPv4 协议(RFC 5905)和 SNTP 协议,其中 NTPv4 协议兼容 NTPv3 与 SNTP 协议。NTP 时间服务器为客户机提供标准时间,时间服务器的时间主要来自于接收卫星导航系统时间<sup>[9]</sup>。NTP 协议采用 UDP 协议进行传输,NTP 服务器端的端口号为 123<sup>[10]</sup>。NTP 协议支持 3 种工作模式:主从模式(Server/Client Mode)、对称模式(Symmetric Mode)和多播/广播模式(Multicast/Broadcast Mode)<sup>[11]</sup>。NTP 的设计充分考虑了互联网上时间同步的复杂性,是一种主流的网络时间同步工具<sup>[12]</sup>。

### 1.2 NTP 授时监测原理

NTP 最典型的工作模式以客户端和服务器的方式进行通信,不仅可以估算数据包在网络上的往返时延,还可以估算计算机时钟偏差,从而实现网络上的高精度计算机校时<sup>[13]</sup>。客户端使用时钟偏差来调整本地时钟,实现自身时间向服务器时间溯源<sup>[14-15]</sup>。

在客户端/服务器模式下,NTP 服务器与 NTP 客户端依据 NTP 协议规定的报文格式进行报文交互。客户端周期性地向服务器发送时间同步请求消息,该信息包含客户端发送时本地时刻  $T_1$ 。服务器收到该报文后,立即将接收时刻  $T_2$  写入报文,同时将该报文回复给客户端,在发送时将服务器的发送时刻  $T_3$  写入报文。客户端在接收到该报文后,将本地接收时刻  $T_4$  写入<sup>[16]</sup>。至此,这个 NTP 报文内就有了 4 个时间参数。在进行 NTP 监测时,NTP 监测终端仅获取时间偏差,不进行本地时钟的调整,同时将时间偏差上报给监控计算机,由监控计算机进行数据分析与处理。NTP 授时监测原理如图 1 所示。

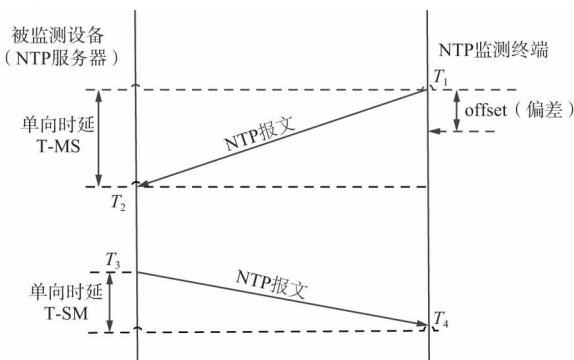


图 1 NTP 授时监测原理

Fig1 Principle diagram of NTP timing monitoring

图 1 中,  $T_1$  为 NTP 监测终端发出 NTP 报文时的本地时刻;  $T_2$  为 NTP 服务器收到 NTP 报文时的到达时刻;  $T_3$  为 NTP 服务器发送 NTP 报文时的发送时刻;  $T_4$  为 NTP 监测终端收到 NTP 报文时的本地时刻; 单向时延 ( $T_{MS}$ ) 为由 NTP 监测终端发出到 NTP 服务器的路径延迟; 单向时延 ( $T_{SM}$ ) 为由 NTP 服务器发出到 NTP 监测终端的路径延迟。

由此可知以下关系:

$$offset = T_2 - T_1 - T_{MS}, \quad (1)$$

$$offset = T_4 - T_3 + T_{SM}. \quad (2)$$

按照 NTP 协议规定,服务器与客户端间的单向时延是相等的,即:

$$delay = -T_{MS} = +T_{SM}. \quad (3)$$

将式 (1) 与式 (2) 相加,并将式 (3) 带入,可得主从钟差  $offset$ :

$$offset = \frac{(T_2 - T_1) - (T_4 - T_3)}{2}. \quad (4)$$

将式 (1) 与式 (2) 相减,并将式 (3) 带入,可得单向路径延迟  $delay$ :

$$delay = \frac{(T_2 - T_1) + (T_4 - T_3)}{2}. \quad (5)$$

由以上公式可求得主从时钟钟差  $offset$ ,主从时钟路径延迟  $delay$ ,即可实现 NTP 监测的目的。

## 2 NTP 授时监测终端实现方案

NTP 授时监测终端由电源单元、散热单元、主板单元、监控单元、时钟单元、接收机单元和 NTP 授时监测单元组成。

电源单元为整机提供高效纯净的供电。散热单元负责整机散热,保证终端处于合适的温度下。主板单元为终端内各个板卡提供物理支撑和直流电源并负责板卡间 1 pps、10 MHz、ToD 监控信息等信息的传送。监控单元负责终端内各个单元状态信息采集和监控,并与上位机完成通信。接收机单元接收北斗导航信号为时钟单元提供 1 pps 和 ToD 信号。时钟单元以接收机单元送来的北斗信息实现向北斗时溯源,为终端提供稳定准确的 1 pps、10 MHz、ToD 时频信息。NTP 授时监测单元以时钟单元输出的时间频率信号为基准,运行 NTP 协议完成 NTP 信号的监测,每个 NTP 授时监测单元可以同时监测 10 个 NTP 服务器或客户端,整机配备 6 个 NTP 授时监测单元可以同时完成 60 个 NTP 服务器或客户端的监测任务。NTP 授时监测终端工作原理如图 2 所示。

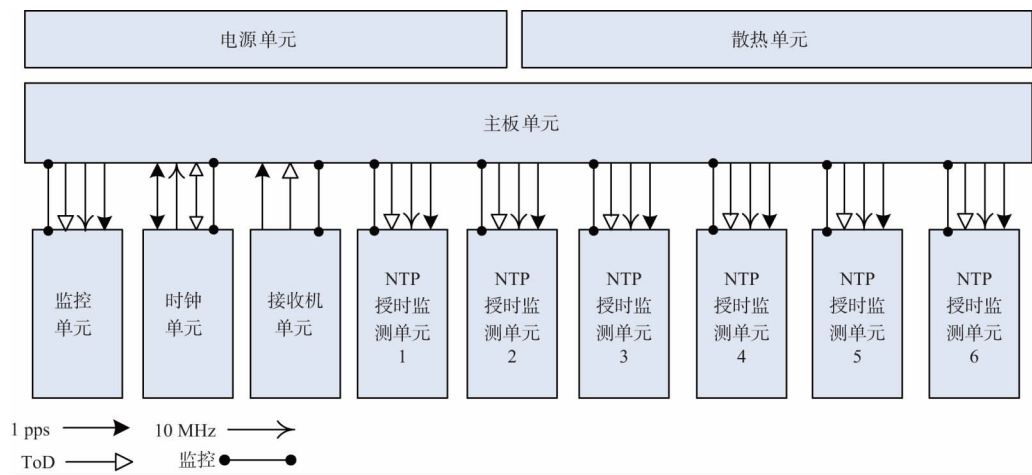


图 2 NTP 授时监测终端工作原理

Fig2 Working principle diagram of NTP timing monitoring terminal

3 测试验证

为验证 NTP 授时监测终端的 NTP 监测功能,搭建测试验证连接如图 3 所示。

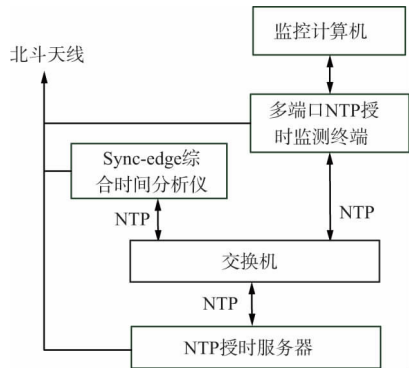


图 3 NTP 授时监测测试验证连接

Fig3 Connection diagram of NTP timing monitoring test verification

使用 NTP 授时监测终端和 SyncEdge 综合时间分析仪分别对 NTP 授时服务器进行测试。NTP 授时监测终端、SyncEdge 综合时间分析仪、NTP 授时服务器分别接收北斗信号,向北斗时间溯源。NTP 授时监测终端和 SyncEdge 综合时间分析仪分别通过交换机与被监测 NTP 授时服务器相连接。NTP 授时监测终端通过串口将获取的钟差数据上传到监控计算机。

测试过程如下: 首先将 NTP 授时监测终端、SyncEdge 综合时间分析仪、NTP 授时服务器加电预热 1 h,使各设备达到工作稳定状态。保持 NTP 授时服务器状态不变,同时开启 NTP 授时监测终端和 SyncEdge 综合时间分析仪 NTP 监测任务,进行监

测,直到测试结束。

分别将 60 个 NTP 服务器端口的 IP 添加至 NTP 授时监测终端,对各个服务器 IP 进行连续数据监测,其中 NTP 服务器 IP 为 192.168.1.224 端口的监测终端测试数据如图 4 所示。

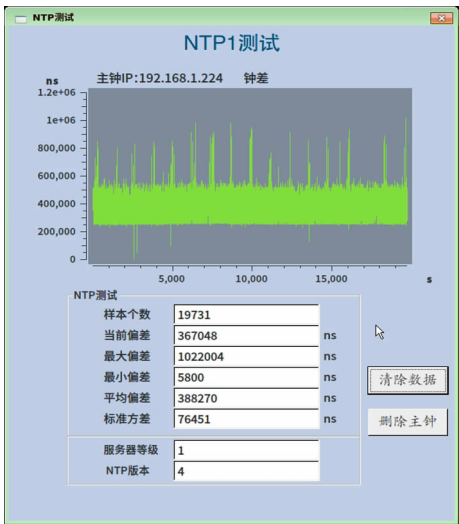


图 4 NTP 授时监测终端测试数据

Fig4 Test data diagram of NTP timing monitoring terminal

使用 SyncEdge 综合时间分析仪对 NTP 服务器 IP 为 192.168.1.224 的 NTP 授时服务器进行连续数据监测,测试数据结果如图 5 和图 6 所示。通过测试数据结果可以看出, NTP 授时监测终端与 SyncEdge 综合时间分析仪监测的同一 NTP 端口的标准差数据基本一致。因 2 个设备的零值不同,所以平均偏差数据存在差异。可见,NTP 授时监测终端与 SyncEdge 综合时间分析仪均实际反映了 NTP 授时服务器的授时性能。



图5 Sync-edge 测试数据结果

Fig5 Sync-edge test data diagram

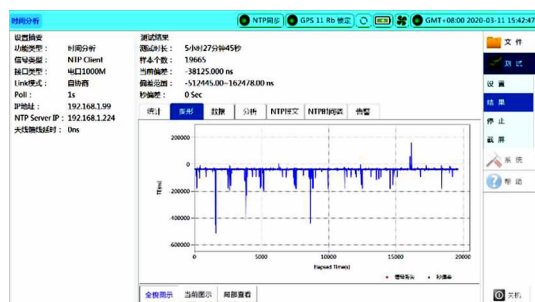


图6 SyncEdge 测试数据结果

Fig6 SyncEdge test data statistics

NTP 授时监测终端添加 60 个 NTP 服务器 IP 后,能够实现对全部端口的 NTP 监测,NTP 授时监测终端监测 NTP 端口数量监测如图 7 所示。

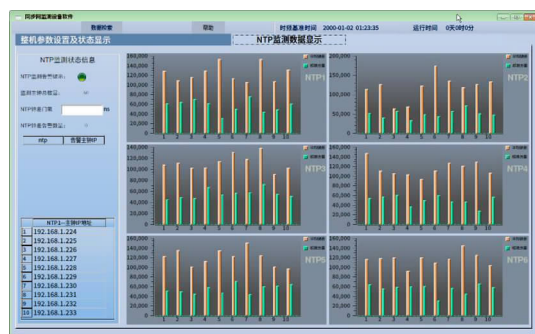


图7 NTP 端口数量监测

Fig7 NTP port number monitoring diagram

由图 7 和图 4 可以看出,NTP 授时监测终端实现了对 60 个 NTP 授时端口的实时连续性能监测,并对测试数据进行了平均偏差、标准方差等统计分析,有利于用户掌握 NTP 授时服务器的相关情况。

## 4 结束语

本文提出了一种 NTP 授时监测技术,并完成了工程实现。通过实验表明,NTP 授时监测终端可以同时多个 NTP 服务端进行实时监测,同时对监

测数据进行了统计分析,为 NTP 授时网络健康管理、故障定位提供了数据支撑。

## 参考文献

- [1] 徐怡山,陶克,贺鹏.NTP 时间同步性能研究[J].三峡大学学报(自然科学版),2004,26(6):537-539.
- [2] 张红,王志强,陈前斌,等.NTP 协议及其在电信网络中的应用[J].计算机应用,2004(S1):26-27.
- [3] 赵景斐.NTP 在网络时间同步中的应用[J].测绘与空间地理信息,2008,31(5):178-180.
- [4] 陈明,苏小敏.基于 GPS 的 NTP 网络实现[J].现代电子技术,2011,34(16):103-106.
- [5] 张勋.基于 Linux 的网络时间同步系统设计与实现[D].济南:山东大学,2015.
- [6] 贾平平,艾艳,武鹏,等.基于 NTP 的网络对时系统设计与实现[J].气象与环境科学,2010,33(4):89-91.
- [7] 赵英,刘冬梅,郭树印,等.基于 NTP 的网络时间服务测量[J].计算机工程与应用,2006(S1):99-101.
- [8] 宋妍,朱爽.基于 NTP 的网络时间服务系统的研究[J].计算机工程与应用,2003(36):147-149.
- [9] 谭丽.基于 NTP 局域网时间同步系统研究与实现[D].大庆:东北石油大学,2009.
- [10] 尤国华.基于 NTP 和 HTTP 的网络测量[D].北京:北京化工大学,2009.
- [11] 孙林,胡永辉,候雷.基于 W5100 的 NTP 时间服务器设计[J].时间频率学报,2012,35(2):96-104.
- [12] 王广才,李大强,刘溢.基于 NTP 协议的计算机时间同步及监控系统设计[J].电信快报,2012(3):31-35.
- [13] 王晓华,张磊,田畅.一种改进型 NTP 协议设计与仿真[J].计算机工程与应用,2007,43(29):116-118.
- [14] 戎强,王铮,韩华.一种用于网络同步的授时时统设计与实现[J].计算机与网络,2014,40(14):55-58.
- [15] 于雪岗,李超,邓志鑫.接收机载波相位平滑技术授时应用研究[J].无线电工程,2019,49(12):1068-1071.
- [16] 王洋.以太网中高精度时钟同步协议的研究与应用[D].北京:北京邮电大学,2014.

## 作者简介



贾杰峰 男,(1981—),毕业于西安电子科技大学通信工程专业,硕士,工程师。主要研究方向:时间频率。

王 铮 男,(1988—),硕士,工程师。主要研究方向:卫星导航技术。

刘连照 男,(1985—),硕士,助理研究员。主要研究方向:无线电测试、自动测试系统。