

成品油管道 SCADA 系统的跨平台时间同步技术^①

胡景军, 陈 云

(中国石化销售有限公司华东分公司 调控中心, 上海 200050)

摘 要: 在具有实时性要求的管道 SCADA 系统内, 由于不同平台的设备晶振时钟不一致、网络传输延迟等因素, 导致时间的准确性难以保证, 严重影响了生产数据传输的及时性和有效性. 介绍一种基于 GPS 时钟源、NTP 协议和 CIP 协议构建实现跨平台的 SCADA 系统的主动对时体系的方法, 保证了系统内网络设备、服务器、客户端以及现场的 PLC 的时间的准确性与一致性, 实践证明, 该方法有效可行.

关键词: 成品油管道; SCADA; 跨平台; 时间同步

Cross-Platform Time Synchronization Technology in SCADA System of Product Oil Pipeline

HU Jing-Jun, CHEN Yun

(Control Center, SINOPEC Sales Huadong Company, Shanghai 20050, China)

Abstract: Real time character is the common request of a pipeline SCADA system, as the own BIOS clock of the Cross-platform devices are not same and the transit delay of the network, time accuracy cannot be guaranteed which influent the product data transit in time and valid. This paper introduces a method of using the GPS clock source, NTP protocols and CIP protocols to achieve the initiative synchronizing system for Cross-platform SCADA system, which can ensure time accuracy and consistency with all the network devices, servers, clients and programmable logic controllers. Practice proved this method is valid.

Key words: product oil pipeline; SCADA; cross-platform; time synchronization

随着经济社会发展, 生产网络日渐趋于庞大, 不同平台下的网络设备和服务器具有不同的可调节晶振时钟, 无法保证其在网络的所有设备的时间同步. 电子晶振时钟存在的固有误差, 经过长期运行, 时间差会逐渐放大. 这种偏差对于单机的运行中影响可以忍受, 但对于有实时性要求和分布式数据库的管道 SCADA 系统中, 则会导致同一事件在不同服务器的记录时间不一致, 导致记录紊乱. 因此, 有必要实现管道 SCADA 系统中跨平台的所有网络设备、服务器、客户端以及现场的 PLC 设备的时间同步.

1 管道 SCADA 系统的时间同步

成品油管道 SCADA 系统是实现数据采集与监测控制的自动化控制系统, 目前典型的应用于成品油管道的 SCADA 系统基本构成如图 1 所示, 成品油管道

依托同沟敷设的通信光缆构建的传输系统以及租用的运营商电路实现广域网络, 各输油站场和调控中心之间通过广域网络连接, 输油站场及调控中心的可编程逻辑控制器(PLC), 路由器, 服务器、操作员站等可以视为生产网络中的不同网络设备, 需要进行数据交换, 本文讨论的时间同步也将针对这些设备展开.

管道 SCADA 系统是一个典型的跨平台应用系统, 其中包含 UNIX 平台的数据服务器、基于 Linux 内核的网络路由器、基于 WINDOWS 平台的操作员工作站以及基于嵌入式系统的可编程逻辑控制器. 我们通过基于 UDP 的 NTP 协议与带有时间标签的通用工业协议(CIP), 实现包括通信网络层及工控设备层的完整时间同步体系, 因此管道 SCADA 系统时间同步技术的实现对于类似的多平台网络系统具有很高的应用价值.

^① 收稿时间:2011-12-20;收到修改稿时间:2012-01-21

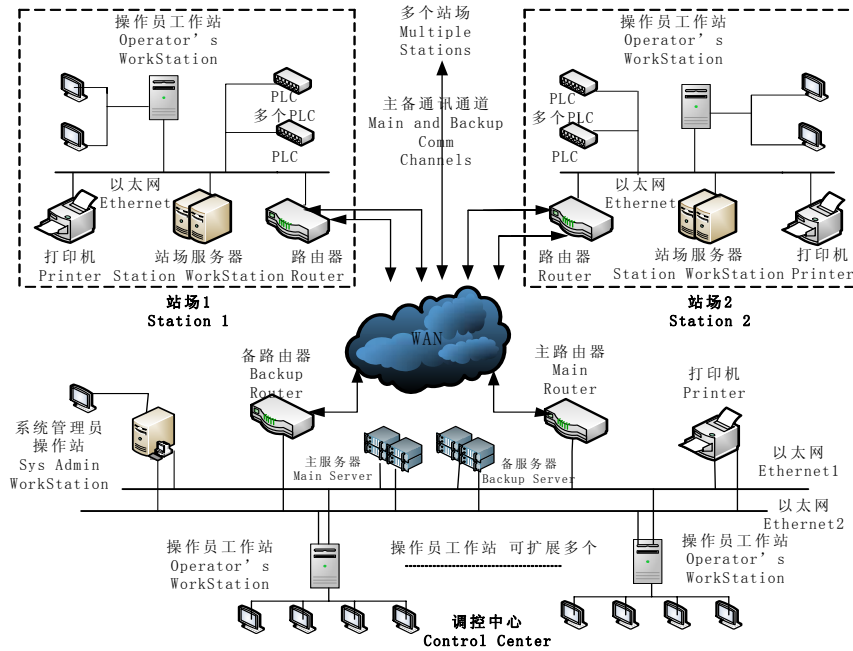


图 1 管道 SCADA 系统基本构成

2 成品油管网SCADA系统时间同步技术

2.1 计算机网络时间同步^[1]

目前,根据精度和成本的不同来划分,实现通信网络时间,主要有有硬件和软件两种方法。

硬件时间同步是采用一定的硬件设施接收基准时间(如卫星时间)进行时间同步,同步精度高,可以达到 10⁻⁹ 秒至 10⁻⁶ 秒,但需引入专用的硬件接收设备,成本较高,安装维护难度大,适合于要求高精密时间同步的场合。

软件时间同步则是采用一定的时间同步算法,通过网络通信协议进行的时间同步. 由于同步信息在广域网上传输的时间延迟和不确定性,其同步工作量大且同步偏差容易积累,这使得软件同步可以达到的精度不高(通常为 10⁻⁶ 秒至 10⁻³ 秒). 然而,软件时间同步比硬件时间同步灵活性强,实施成本较低。

实际中往往综合考虑两者的优点,采用软硬件结合的方法实现时间同步。

2.2 时间同步 NTP 协议

NTP(Network Time Protocol)协议^[2,3]是目前广泛采用的软件时间同步方法,采用客户机/服务器模式,其基本原理如图 2 所示。

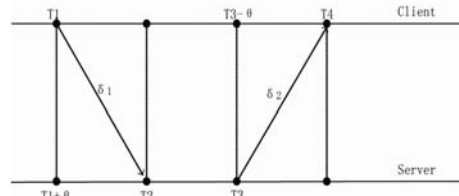


图 2 Client/Server 模式下的 NTP 授时

客户机首先向服务器发送一个包含了该包离开客户机的时间戳 T_1 的 NTP 包,当服务器接收到该包时,依次填入包到达的时间戳 T_2 、包离开的时间戳 T_3 , 然后立即把包返回给客户机. 客户机在接收到响应包时,记录包返回的时间戳 T_4 . 假设服务器与客户机的时间差为 θ , 客户机请求包的延迟为 δ_1 , 服务器应答包的延迟为 δ_2 , 则 NTP 包的往返时延为 $\delta = \delta_1 + \delta_2$. 现已知 T_1, T_2, T_3, T_4 , 并假设数据包在网络传输过程中的延迟为定值, 即 $\delta_1 = \delta_2$. 于是有:

$$\begin{aligned} T_2 &= T_1 + \theta + \delta_1 \\ T_4 &= T_3 - \theta + \delta_2 \\ \delta &= \delta_1 + \delta_2 \\ \delta_1 &= \delta_2 \end{aligned} \tag{1}$$

于是我们可以求出 NTP 包的往返时延 δ 和服务器

与客户机的时间差 θ :

$$\theta = \frac{(T_2 - T_1) - (T_4 - T_3)}{2} \quad (2)$$

$$\delta = (T_2 - T) + (T_4 - T_3)$$

我们以服务器时间作为参考,则可以很容易地根据时间戳 T_1, T_2, T_3, T_4 来确定其与客户机之间的时间误差,来对客户机的时间值进行修正.在管道 SCADA 系统实际应用中,由于生产网络传输延迟的不确定性,必须进行周期性的同步,确保时间修正的及时性.

2.3 管网 SCADA 系统时间同步

为实现管道 SCADA 系统跨平台的时间同步,参考层次式的时间同步分布模型^[4],同步信息按照四级 NTP 服务器等级进行传播.

目前该模型已经成功应用于电力系统和中小企业数据中心的时间同步中,结合华东成品油管网情况,我们设计了 NTP 服务的网络结构如图 3 所示.华东成品油管网内约 20 个站点的近百台跨平台的设备,对时精度在 ms 级,可以很好满足管道生产运行的需要.

2.3.1 GPS 时钟源

采用 1 套基准时钟作为全网络的定时供给系统,基准时钟源由 GPS+BITS(Building Integrated Timing (Supply) System)构成,由 GPS 获取卫星时间,提供给 BITS 设备的定时信号输入单元,经过 BITS 设备的时钟单元处理后,由定时输出单元作为一级时钟服务器,通过 NTP 协议向路由器等网络设备提供同步服务.BITS 信号另提供一路输出为各站场的光传输设备提供基准时钟.

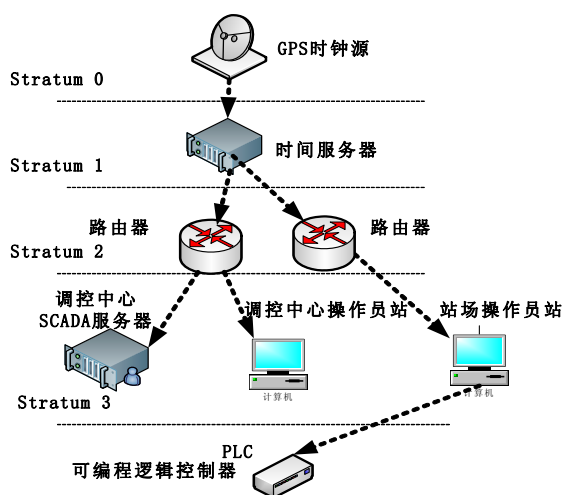


图 3 跨平台管道 SCADA 系统时间同步的层次模型

2.3.2 站场路由器设备

所有站场及调控中心的路由器设备,则使用 NTP 协议直接指向一级时钟服务器来获取时间同步信息,可以在路由器上直接进行配置.

2.3.3 服务器和操作员站

生产网络上的其他设备(如调控中心系统服务器、中心或站场操作员站等)则采用 NTP 协议作为与路由器设备进行对时.由于 SCADA 系统服务器均采用 Unix 或 Linux 体系架构,而操作员站均采用 Windows 体系架构,因此对于时钟同步的配置略有不同^[5-7],我们也进行了相关优化.

对于 Unix/Linux 系统,一个是由主板电池驱动的“Real Time Clock”的硬件时钟,用于在操作系统关机的时候来记录时间.另一个时间是“System Clock”也叫内核时钟,用于操作系统运行的时候来记录时间,由软件根据时间中断来进行计数的.内核时钟在系统关机的情况下是不存在的,所以当操作系统启动期间,内核时钟是要读取 RTC 时间来进行时间同步,之后内核时钟可以通过 NTP 服务器来读取时间.硬件时钟与内核这两个时钟通常会有一些偏差在长时间运行下具有累积效应,会导致这两个时钟出现较大偏离.

在实际运行过程中,我们先后发现,调控中心和站场的服务器系统的软硬件时钟存在明显偏差,我们进行了如下的三步优化方法确保了其对时准确性.

① 服务器启动时:根据使用 `hwclock` 命令来比较出内核时间和硬件时钟的偏移率,利用 `adjtimex` 命令来对内核时间参数进行校正,使得调整后的内核时间跟硬件时钟走的同样快的时候,将 `adjtimex` 命令行增加到启动脚本中,让每次机器启动的时候,将内核的时间参数调整正确.

② 服务器运行时:配置网络相邻路由器作为其上级主备时间服务器,启动 `xntpd` 守护进程完成自动 NTP 对时.

③ 服务器关机时:为避免系统故障或者在 NTP 对时功能失效后的停机再启动时,软件时钟从硬件时钟中获得到错误的时间信息.在 `/etc/sysconfig/ntp` 中增加配置 `SYNC_HWCLOCK=yes`,系统关机时则把内存的系统时间写入并修改硬件时间,确保硬件时间与 NTP 服务器时间的同步.

对于 Windows 系统,可以通过修改注册表中的选项,来实现与路由器的时间同步.

① 配置同步周期和同步服务器

HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\W32Time\TimeProviders\NtpClient 选项中的 SpecialPollInterval 字段配置同步周期, SpecialPollTimeRemaining 字段指定同步服务器。

② 修改默认更新服务器

KEY_LOCAL_MACHINE\SOFTWARE\MICROSOFT\WINDOWS\CURRENTVERSION\DATETIME\SERVICES\default 字段指定默认时间同步服务器。

③ 重启 Win32Time 服务: net stop w32Time && net start w32Time.

2.3.4 PLC 系统

各站场 PLC 系统利用 PLC 机架上的以太网模块与站场的操作员站实现定时^[8]。我们选用 RSLogix5000 系列 PLC, 使用其 RSLgoix5000 Clock Synchronization Tool 时间同步软件, 安装在站场的操作员站上, 利用通用工业控制协议(CIP 协议), 对指定 PLC 的 CPU 时间进行修改, 同步周期可以自由设定。

对于管网 SCADA 系统, 采用软硬件结合的方法实现了多级服务器分级定时, 可以有效避免某一时间服务器故障, 导致整个系统的 NTP 同步体系瘫痪, 一般而言, 长时间的高层级的时间服务器的故障, 导致网络设备出现时间误差超过 1000 秒, NTP 协议将不能实现自动定时, 在实际中, 需要定期对 NTP 进行测试。

3 结语

本文介绍了基于软硬件同步相结合的时间同步方法, 采用了成熟的产品和技术, 已经成功应用于管道 SCADA 系统的生产运行中。利用该方案后, 可以有效的实现各个网络设备的工作时间同步, 确保系统运行的稳定可靠, 可以向相应的企业网络进行推广应用。

参考文献

- 1 沈燕芬.用于网络时间同步的 NTP 协议.现代计算机,2004,4:54-56.
- 2 谢华.基于 GPS 信号和 NTP 协议的本地时间同步网络.工业控制计算机,2010,23(6):75-76.
- 3 艾艳.GPS 授时服务系统在气象业务中的应用.气象与环境科学,2008,31(4):85-87.
- 4 赵英,徐金平,韩少延.网络时钟同步系统的设计.计算机应用,2004,24(增刊):12-14.
- 5 贾平平,艾艳,杨立志,卫权岗,任宏,刘静.基于 NTP 的网络定时系统设计与实现.气象与环境科学,2010,33(4):89-91.
- 6 方振伟,王朝阳,孙开云.中小企业数据中心实现 NTP 时间同步实例.微电脑世界,2011,11:78-81.
- 7 杨先杰.NTP 协议的研究与应用.电力信息化,2011,6:28-32.
- 8 张宁宁,姜波.ControlLogix 系统在实现系统 CPU 定时中的应用.工业控制计算机,2008,21(3):93-94.

(上接第 161 页)

- relational data: a TASTIER approach. SIGMOD 2009: 695-706.
- 8 He H, Wang HX, Yang J, Yu PS. BLINKS: ranked keyword searches on graphs. SIGMOD 2007: 305-316.
 - 9 Li GL, Ooi BC, Feng JH, Wang JY, Zhou LZ. EASE: an effective 3-in-1 keyword search method for unstructured, semi-structured and structured data. SIGMOD 2008: 903-914.
 - 10 Chu E, Baid A, Chai XY, Doan AH, Naughton JF. Combining keyword search and forms for ad hoc querying of databases. SIGMOD. 2009: 349-360.

- 11 Balmin A, Hristidis V, Papakonstantinou Y. Object Rank: Authority-Based Keyword Search in Databases. VLDB 2004: 564-575.
- 12 Xin D, He YY, Ganti V. Keyword ++: A Framework to Improve Keyword Search Over Entity Databases. PVLDB, 2010,3(1):711-722.
- 13 Su Q, Widom J. Indexing Relational Database Content Offline for Efficient Keyword-Based Search. IDEAS 2005: 297-306.
- 14 Kumar R, Tomkins A. A characterization of online browsing behavior. WWW 2010: 561-570.