

化工装置多控制系统间时钟同步设计与应用

冯 飞¹, 王雪妍²

(1. 中天合创能源有限责任公司化工分公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017317; 2. 北京化工大学 信息学院, 北京 100029)

摘要: 针对化工装置有 DCS, SIS, CCS 等多套控制系统的情况, 采用 GPS 时间服务器, 设计了一个通过 SNTP 协议完成多控制系统时钟同步的技术方案; 介绍了 GPS 时间服务器的设置, DCS 时间组的设置, CCS 系统时钟同步软件的设置以及 SIS 系统时钟同步的两种设置方案; 实现了不同装置多控制系统之间的全局时钟同步; 保障了工艺参数趋势记录, SOE 记录, 工艺人员操作记录时间基准的一致性和准确性; 有利于生产事故原因的查找与分析。

关键词: 控制系统; 时间服务器; 时钟同步

Design and Use of Clock Synchronization in Several Control Systems of Chemical Plant

Feng Fei¹, Wang Xueyan²

(1. Zhongtianhechuang Energy Co., Ltd., Ordos 017317, China;

2. College of information automation Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: Considering chemical plant with DCS, SIS, CCS and other several control systems, using GPS time server, a technique scheme adopting SNTP protocol is designed to synchronize the clocks of the different control systems. Introducing the setting of GPS time server, the setting of DCS time group, the setting of clock synchronization software of CCS system and the two schemes of SIS system clock synchronization. The clock synchronization of the several control systems is realized. The time benchmark of the process parameter trend record, SOE record, operating record are consistent and accurate. It is helpful to find and analyze the cause of a production accident.

Keywords: control system; time server; clock synchronization

0 引言

某厂有两套共用部分公用工程工艺单元的化工生产装置(A装置和B装置), 分别独自进行化工产品的生产。两套装置均设置独立的集散控制系统(DCS)、安全联锁停车系统(SIS)和机组控制系统(CCS)。DCS用以完成生产过程的自动化管控工作, SIS系统承担生产过程的安全联锁保护工作, CCS系统完成压缩机组的负荷协调控制工作。多个控制系统相对独立, 却又相互合作共同保证装置的安全平稳运行, 且两套装置又共用部分公用工程工艺单元, 这就要求各控制系统在生产过程的控制、历史数据的储存和历史事件的记录上即要有时序的准确性又要有时间的一致性。

不同控制系统都有各自的系统时间, 该系统时间是由结点电子设备内部的石英晶体振荡来产生的。但是由于各系统时钟晶振的频率及稳定性存在差异, 即使电子设备时间的初始值一致, 在运行一段时间后各结点电子设备的时钟仍会逐渐的变得不同步。这就需要对控制系统时间进行修正, 利用时间服务器获取GPS卫星时间信号, 通过SNTP协议, 向与时间服务器以太网通讯的不同装置的不同控制系统进行网络授时, 以使多控制系统既有高精度的同步时间又有GPS提供的UTC(世界协调时)^[1]。

1 总体方案

为了实现两套装置多个控制系统的时钟同步要求, 本方案采用DNTS-74 GPS时间服务器。它共有4个独立网口, 网口一分配给A装置DCS系统; 网口二分配给在同一网段A装置的SIS系统和CCS系统, 网口三分配给B装置DCS系统, 网口四分配给B装置CCS系统, 其网络结构如图1所示。

2 GPS时间服务器设置

时间服务器DNTS-74采用UNIX系统, 双CPU; 配有一个GPS天线接口, 一个RS485通讯接口, 一个RS232通讯接口, 4个独立的10/100 M自适应以太网口^[2]。4个以太网口可以进行不同网段设置, 以保障系统间数据隔离。DNTS-74时间服务器基于NTP/SNTP协议对各控制系统进行网络授时, 平均网络授时精度大于10 ms。通过DNTSE专用软件对4个以太网口进行IP地址设置。刷新设备后, 在左侧功能框中显示联接的DNTS-74网口设备, 点击任意一行可在右侧IP地址栏中对该网口重新设置IP地址。通过网口下方标注的MAC地址可以确认所修改IP地址对应的网口。

3 横河DCS时钟同步设置

两套化工装置均采用的是横河DCS系统, 分别是CENTUM-Vnet/IP系统和CS3000系统。由于系统版本的差异, 两套控制系统的时钟同步设置并不相同。

3.1 CENTUM-Vnet/IP系统时间同步设置

A装置使用的是横河CENTUM-Vnet/IP系统。该系统

收稿日期:2016-07-19; 修回日期:2016-07-28。

作者简介:冯 飞(1987-), 男, 河南濮阳人, 主要从事仪表自动化方向的研究。

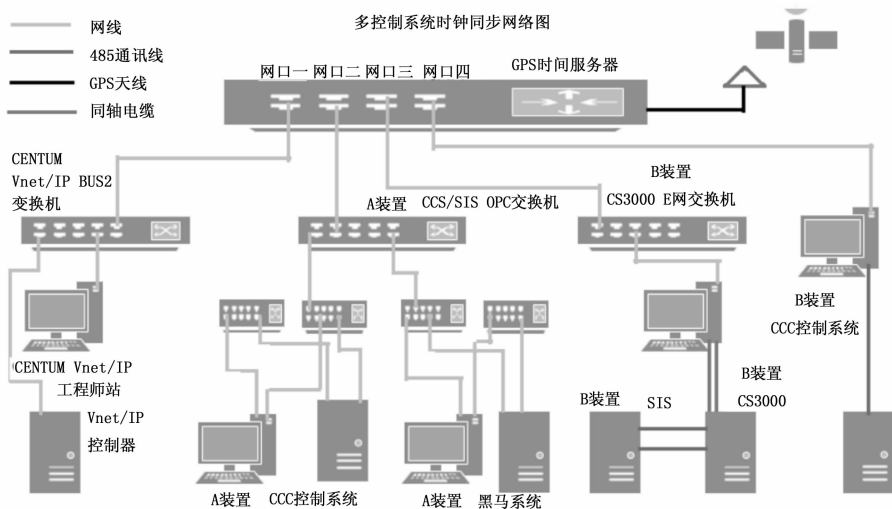


图 1 时钟同步网络图

中同一个控制域中的控制站，操作站，工程师站等网络设备组成一个时间组，时间组中 SNTP 服务器为整个控制域提供系统同步时间。整个控制域网络时间精度可以达到 1 ms，当时间组内设备重新启动后可以快速接近网络时间，启动后 5 s 时间精度即可达到 1 s，5 分钟内时间精度达到 1 ms^[3]。时间组网络图如图 2 所示。

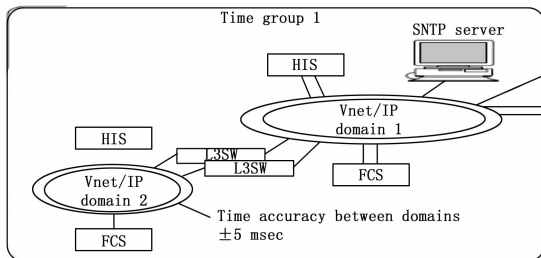


Figure Time Synchronization of Vnet/IP

图 2 Vnet/IP 时钟同步图

Vnet/IP 系统控制域有 BUS1, BUS2 两个冗余网络，要求用于时钟同步的 SNTP 服务器只能接入 BUS2（开放网）网络，其 IP 地址只能设定为：192.168. <128+域地址>.254。根据以上要求，DNTS-74 时间服务器网口一 IP 地址设置为：192.168.129.254；在 Vnet/IP 系统组态软件 System View 中选择 files 菜单下的 Domain Properties，设置 Time Group 名为 1；在 SNTP Server IP Address 中的 Connect Bus 2 中填写 IP 地址：192.168.129.254。

3.2 CS3000 系统时钟同步设置

B 装置采用的是横河 CS3000 DCS 系统。在该系统中，SNTP 服务器不能作为控制域中的网络节点接入系统网络。因此，需要 Dimension4 授时软件完成工程师站 Windows 时间与 DNTS-74 时间服务器的时钟同步，其相关设置见章节 4.4 所述；然后配置工程师站为整个控制域网络的 TIME MASTER，工程师站 Windows 时间作为整个控制域网络的同步时间，其方法如下：在工程师站注册表 HKEY_LOCAL_MACHINE 下的 YOKOGAWA 文件中添加 syNCtime 项。控制系统每两分钟检测一次各网络节点设备与工程师站时间的偏差，如果差值在 5 s

以上，系统自动进行 2 次时钟同步，保证所有网络节点设备时间精度达到 1 ms。

4 CCS 和 SIS 系统时钟同步设置

A 装置 SIS 系统与 CCS 系统具有相同的网段，共用时间服务器的网口二；B 装置 CCS 系统为 CCC 3+ 系列控制器，它单独使用一个时间服务器的网口四。上述控制系统的工程师站均采用 Dimension4 授时软件完成 Windows 时间与 DNTS-74 服务器的时间同步，通过配置控制器与工程师站 Windows 时间同步，以实现整个网络系统与 DNTS-74 服务器的时间同步。

4.1 A 装置 SIS 系统控制器与工程师站时钟同步设置

A 装置 SIS 系统采用的 HIMA H51q 控制器，ELOP II 项目管理软件。在 SIS 工程师站 HIM A&E OPC SERVER 软件中配置控制器与工程师站时钟同步的时间间隔和启动方式。

4.2 A 装置 CCC Series 5 控制器与工程师站时钟同步设置

A 装置 CCS 系统采用的是 CCC Series 5 控制器，其与工程师站时钟同步的设置如下：

- 1) 更改工程师站的 ntp.conf 文件，由此工程师站成为 Series 5 控制器的 NTP Masters；
- 2) 更改操作站的 ntp.conf 文件，保持操作站与 NTP Masters 的时间同步；

更改完 ntp.conf 文件后，需要在 windows 服务中重启一次 Network Time Protocol Daemon 服务。

- 3) 调出 Series 5 控制器组态编辑器，在 Time Synchronization 框下的 NTP Servers 中添加 NTP Masters 的 IP 地址。由于控制器只能使用 NTP, UDP 两种授时方式中的一种，故 UDP Set Time Port 框必须为空。

4.3 B 装置 CCC Series 3++ 控制器与工程师站时钟同步说明

CCC Series 3++ 控制器与其工程师站通过 RS485 通讯，压缩机控制数据的采集、历史趋势记录、事件记录以及 MAP 曲线工作点记录都是基于工程师站的 windows 时间。因此，通过配置工程师站 windows 时间与 DNTS-74 时间服务器的时钟同步，完成整个系统的时钟同步。

4.4 工程师站与时间服务器的时钟同步设置

工程师站可以通过 Windows 系统自带的 W32Time 服务与 DNTS-74 时间服务器进行时钟同步，进入注册表编辑器，路径如下：

HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\services\W32Time\TimeProviders\NtpClient\SpecialPollInterval

选择十进制基数，修改数值数据（自动对时时间间隔）为 604 800（一周对时一次）或者 86 400（一天对时一次）。本项目中，为了便于系统时钟同步的管理，采用控制系统厂家推荐的 NTP 客户端授时软件 Dimension4 软件来完成工程师站 Windows 系统时间与时间服务器的时钟同步。

Dimension4 软件中，在 Server 框中添加对应时间服务器的网口 IP 地址，网络协议选择 SNTP 协议；在 How Often 中

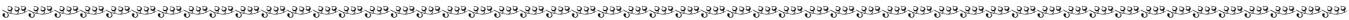
选择软件载入方式和确定时间同步的时间间隔; 该软件还提供了显示方式设置, 偏差超限提示设定, 可以显示同步历史记录和错误信息。Dimension4 软件在使用中具有良好的稳定性。

5 B 装置 SIS 系统时钟同步设置

由于 DNTS-74 时间服务器仅提供了 4 个以太网口, 故并未对 B 装置 SIS 系统进行 GPS 网络授时设计, 采用其与 B 装置 DCS 系统 MODBUS 通讯完成系统间的时钟同步, 间接得到 DNTS-74 的 GPS 时间, 其方法如下:

```
在 CS3000 中可以通过 SFCSW 功能块取得系统时间, 其程序如下:
integer tmp
integer HH,MM,SS,YYYY,MMM,DD
tmp=1
repeat
getdate(YYYY,MMM,DD)
%. Y=YYYY
%. MM=MMM
%. D=DD
gettime(HH,MM,SS)
%. H=HH
%. M=MM
%. S=SS
%. set6=2000+%. Y
%. set7= %. MM* 100+%. D
%. set8= %. H* 100+%. M
%. set9= %. S* 100
until (tmp==0)
```

通过 CALCU 功能块把 SFCSW 所取得的 4 个时间数据送



(上接第 132 页)

过后, 即可通过 J-LINK 工具将可执行文件下载到硬件板卡中调试运行。在 PC 上借助于 TCP&UDP 测试工具, 通过网线与板卡相连, 即可测试板卡的网络通信、按键检测、LED 显示等软硬件的正确性。通过长时间强度测试和大数据强度测试, 系统表现良好。

5.2 实验分析

在硬件方面, 本系统是在一般环境下测试的, 没有在在极其恶劣的环境下检测。如果应用到实船上, 机舱周围高温、高噪声以及电磁环境较强的情况下工作, 势必会受到较大干扰。

在软件方面, 部分程序的设计较困难, 例如在对板卡接收的数据进行处理时, 使用了巧妙的算法对程序进行了优化。

在可靠性方面, 以太网采用超时重发机制, 单点的故障容易扩散^[7], 从而会造成整个测试系统的瘫痪, 所以在长时间运行后, 系统的稳定性还有待提高。

6 结论

柴油发电机模拟器以育鲲轮燃油柴油发电系统和 H32/40 系列柴油发电机的 YECS-1000 控制系统为母型进行仿真设计。以 ARM 为主控制器对柴油发电机控制箱进行了实物仿真, 采用 C# 语言在 PC 机上对柴油发电系统进行了精准的数学模型建立。使学员能够对船舶柴油发电机的自动控制系统既有感性的认识, 又能深刻的理解^[8]。以 YECS-1000 控制系

统到通讯地址为 49996—49999 (霍尼韦尔 SM 系统中默认的系统时间通讯地址) 的数据中, 即完成 SIS 时钟源的建立。

6 效果

通过项目的实施, 实现了两套化工装置多控制系统的时钟同步, 时间服务器工作稳定, 时间精度满足控制要求。同时, 项目的实施还有以下重要意义:

1) 便于事故原因的查找和分析。通过 SOE 记录可以明确事故发生的时序, 而各控制系统时间的统一, 有利于把 SIS 系统中事故发生的离散点在 DCS 和 CCS 系统中通过历史趋势图连续的展现出来, 从而更加清晰地还原事故发生时相关工艺条件的整体过程, 为事故原因的查找和分析提供可靠的数据支持。

2) 同一时间基准下的公用工程工艺单元的趋势记录、SOE 记录、操作记录等, 为分析工艺操作人员出现不当的操作问题从而制订正确的操作规程提供有效的数据支持。

3) 采用时间服务器, 控制系统通过 SNTP 协议获得 GPS 时间来实现多控制系统的时钟同步的技术方案简单可靠且易实施。

参考文献:

[1] 张国军, 温春林. 基于 SNTP 的多控制系统时钟同步方案的设计与应用 [J]. 仪器仪表标准化与计量, 2013, 2: 38-41.
[2] DNTS-7 网络时间服务器说明书 [Z]. 北京: 北京中新创科技有限公司, 2011.
[3] IM 33Q06H90-31E 4th Edition [M]. Tokyo: Yokogawa Electric Corporation, 2006.

统为母型的柴油发电机模拟器克服了当前柴油发电机模拟控制系统落后于实船的问题, 促进了轮机模拟器的发展。该仿真模拟器不但能够满足国际海事组织对船员培训的要求, 而且贴近实船操作, 培训环境比实船优越。以稳定性高、运行速度快、价格便宜的 ARM 微处理器作为主控元件的仿真控制箱, 与采用价格昂贵的 PLC 相比, 降低了柴油发电机仿真模拟器的成本。该仿真模拟器已经投入实际的生产使用中, 结果表明: 系统运行稳定, 可靠性高, 仿真数据准确。

参考文献:

[1] 贾宝柱, 曹 辉, 张均东, 等. 轮机模拟器及其关键技术 [J]. 中国航海, 2012 (1): 35-40.
[2] 王荣莉, 雷 斌. 工业以太网技术的现状与发展 [J]. 自动化博览, 2004, 22 (4): 64-66.
[3] 姜 乐. 船舶电站并车与保护单元的设计与实现 [D]. 大连: 大连海事大学, 2013.
[4] 赵 昭. 基于 LPC2214 的电参数采集系统 [J]. 仪表技术与传感器, 2008 (5): 58-59.
[5] 徐华安, 程远楚. 基于 TCP/IP 的发电机运行参数在线监测装置 [J]. 武汉大学学报: 工学版, 2010 (5): 654-657.
[6] 鲍军晖. 船舶柴油发电机控制的仿真系统设计与实现 [D]. 上海: 华东师范大学, 2010.
[7] 陈长江, 李世臣. 船舶柴油发电机控制系统的仿真设计与实现 [J]. 船海工程, 2013, 29 (5): 29.