

SNTP 协议的分析

温东旭¹, 马国强¹, 王俊峰²

(1. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000; 2. 河南能信热力有限公司, 河南 许昌 461000)

摘要: SNTP 是简单网络时间协议 (Simple Network Time protocol) 的简称, 它是目前 Internet 网上实现时间同步的一种重要工程化方法。该文对 SNTP 协议的工作模式、网络部署、工作原理、信息帧格式进行了研究, 最后对 SNTP 协议的应用提出一些有益的建议。

关键词: 简单网络时间协议; NTP; 单播; 广播; 多播

Analysis for SNTP protocol

WEN Dong-xu¹, MA Guo-qiang¹, WANG Jun-feng²

(1. XJ Electric Co., Ltd, Xuchang 461000, China; 2. Henan Nengxin Heating Co., Ltd, Xuchang 461000, China)

Abstract: SNTP is the abbreviation for simple network time protocol. At present, it is an important engineering method for time synchronization in Internet. This paper describes the mode, network design, and principle, message format of SNTP. Finally, it gives some advice for application.

Key words: SNTP (simple network time protocol); NTP; unicast; broadcasting; multicast

中图分类号: TM73 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2008)11-0019-03

0 引言

NTP 协议是网络时间协议 (Network Time Protocol) 的简称, 目前它被广泛用于在 Internet 上进行计算机时钟同步, 它通过提供完全的机制来访问国际标准时间, 在大多数情况下, NTP 根据同步源和网络路径的不同, 能够提供 1~50 ms 的时间精确度。

NTP 协议为了保证高度的精确性, 需要很复杂算法, 但是在实际很多应用中, 秒级的精确度就足够了, 在这种情况下, SNTP 协议出现了, 它通过简化原来的访问协议, 在保证时间精确度的前提下, 使得对网络时间的开发和应用变得容易。SNTP 主要对 NTP 协议涉及有关访问安全、服务器自动迁移部分进行了缩减。

SNTP 协议目前的版本号是 SNTP V4, 它能与以前的版本兼容, 更重要的是 SNTP 能够与 NTP 协议具有互操作性, 即 SNTP 客户可以与 NTP 服务器协同工作, 同样 NTP 客户也可以接收 SNTP 服务器发出的授时信息。这是因为 NTP 和 SNTP 的数据包格式是一样的, 计算客户时间、时间偏差以及包往返时延的算法也是一样的。因此 NTP 和 SNTP 实际

上是无法分割的。

SNTP 是简单网络时间协议 (Simple Network Time Protocol) 的简称, 它是目前网上实现时间同步的一种重要工程化方法。

1 工作模式

SNTP 协议可以使用单播、广播或多播模式进行工作。

单播模式是指一个客户发送请求到预先指定的一个服务器地址, 然后从服务器获得准确的时间、来回时延和与服务器时间的偏差。

广播模式是指一个广播服务器周期地向指定广播地址发送时间信息, 在这组地址内的客户端侦听广播并且不发送请求。

多播模式是对广播模式的一种扩展, 它设计的目的是对地址未知的一组服务器进行协调。在这种模式下, 多播客户发送一个普通的 NTP 请求给指定的广播地址, 多个多播服务器在此地址上进行侦听。一旦收到一个请求信息, 一个多播服务器就对客户返回一个普通的 NTP 服务器应答, 然后客户依此对广播地址内剩下的所有服务器作同样的操作, 最后利用 NTP 迁移算法筛选出最好的三台服务器使用。

2 网络部署

SNTP 客户机操作于子网末端, 一个 SNTP 客户机不应靠另一个 SNTP 客户机来同步。SNTP 服务器位于子网根部(即第 1 层)。

SNTP 协议采用客户/服务器工作方式, 服务器通过接收 GPS 信号或自带的原子钟作为系统的时间基准, 客户机通过定期访问服务器提供的时间服务获得准确的时间信息, 并调整自己的系统时钟, 达到网络时间同步的目的。客户和服务器通讯采用 UDP 协议, 端口为 123。

3 工作原理

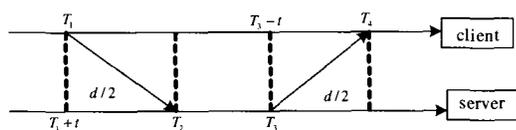


图 1 时间序列

Fig.1 Sequence of times

图中: T_1 为客户方发送查询请求时间(以客户方时间系统为参照), 标记为 Originate Timestamp; T_2 为服务器收到查询请求时间(以服务器时间系统为参照), 标记为 Receive Timestamp; T_3 为服务器回复时间信息包时间(以服务器时间系统为参照), 标记为 Transmit Timestamp; T_4 为客户方收到时间信息包时间(以客户方时间系统为参照), 标记为 Destination Timestamp。

考虑一个客户机和服务器之间, 它们通过如下过程来测量两者之间的时间差: t_1 时刻客户机发送一个请求, 在 t_2 时刻服务器接收到请求, 服务器在经过处理延迟后, 在 t_3 时刻返回给客户机时间信息的响应, 客户机 t_4 时刻接收到响应, 其过程见图 1 所示。

$$\Delta = (t_4 - t_1) - (t_3 - t_2)$$

第一括号表示客户端从发出请求到收到应答包的时间, 第二个括号表示服务器处理所用的时间, 两者的差值就是网络延时。如果设单程的网络延时为 $d/2$, 则本地和服务器的时间差为:

$$x = (t_1 + d/2) - t_2$$

如果往返网络延时是对称的, 则 $d = \Delta$ 则

$$x = \frac{(t_1 - t_2) + (t_4 - t_3)}{2}$$

这个结论基于两个假设: 首先, 在一个同步周

期内两个钟是以相同速率运行的; 其次, 网络的延迟是对称的。对于第一假设, 通常认为在一个周期内(秒级)客户机的漂移可以忽略不计; 对于第二个假设, 可以通过在算法中保存一定的历史数据, 比较当前测量值与保存值来确定是否存在网络不对称, 但是网络存在永久不对称时, 这种方法失效, 这时可以通过选择其他服务器申请时间。如果网络延时不是对称的, 则这种估计的误差取决于网络不对称的程度。如果实际外部网络延时由式 $d = k\Delta$ 表示, 其中 $0 < k < 1$, 则估计的误差为:

$$\varepsilon = (k - 0.5)\Delta$$

4 数据格式

NTP timestamp 以 64-bit 无符号的定点数表示, 单位为 s, 整数部分以前面的 32-bit 表示, 相对基准为 1900.01.01 00:00:00; 小数部分以后面的 32-bit 表示, 其精确度可达 200 icoseconds。

相对于 1900 年, 则到 2036 年时, 此一 64-bit 将发生 overflow, 即每 136 年, 这 64-bit 的字段将归零, 到时将再协议解释或无法使用此 timestamp。

SNTP 信息具有与 NTP 相同的格式:

表 1 报文格式

Tab.1 Format of message

2	5	8	16	24	32bit
LI	VN	Mode	Stratum	Poll	Precision
Root Delay (32)					
Root Dispersion (32)					
Reference Identifier (32)					
Reference timestamp (64)					
Originate Timestamp (64)					
Receive Timestamp (64)					
Transmit Timestamp (64)					
Key Identifier (optional) (32)					
Message digest (optional) (128)					

LI: 当前时间闰秒标志。字段长度为 2 位 bit, 只在服务器端有效。取值定义为:

LI=0: 无警告;

LI=1: 最后一分钟是 61 s;

LI=2: 最后一分钟是 59 s;

LI=3: 警告 (时钟没有同步)

服务器在开始时, LI 设置为 3, 一旦与主钟取得同步后就设置成其它值。

VN: 版本号。字段长度为 3 位 bit, 当前版本号为 4。

Mode: 指示协议模式。字段长度为 3 位, 取值定义为:

Mode=0: 保留

Mode=1: 对称主动;

Mode=2: 对称被动;

Mode=3: 客户;

Mode=4: 服务器;

Mode=5: 广播;

Mode=6: 保留为 NTP 控制信息;

Mode=7: 保留为用户定义;

在单播和多播模式, 客户在请求时把这个字段设置为 3, 服务器在响应时把这个字段设置为 4。在广播模式下, 服务器把这个字段设置为 5。

Stratum: 指示服务器工作的级别, 该字段只在服务器端有效, 字段长度为 8 位 bit。取值定义为:

Stratum=0: 故障信息;

Stratum=1: 一级服务器;

Stratum=2-15: 二级服务器;

Stratum=16-255: 保留;

Poll Interval: 指示数据包的最大时间间隔, 以 s 为单位, 作为 2 的指数方的指数部分, 该字段只在服务器端有效。字段长度为 8 位 bit, 取值范围 4 (16 s) 到 14 (16284 s), 然而, 大多数应用使用 6 (64 s) 到 10 (1024 s)。

Precision: 指示系统时钟的精确性, 以秒为单位, 作为 2 的指数方的指数部分, 该字段只在服务器端有效。字段长度为 8 位符号 bit, 取值范围从 -6 到 -20。

Root Delay: 指示与主时钟参考源的总共往返延迟, 以 s 为单位, 该字段只在服务器端有效。字段长度为 32 位浮点数, 小数部分在 16 位以后, 取值范围从负几毫秒到正几百毫秒。

Root Dispersion: 指示与主时钟参考源的误差, 以秒为单位, 该字段只在服务器端有效。字段长度为 32 位浮点数, 小数部分在 16 位以后, 取值范围从零毫秒到正几百毫秒。

Reference Identifier: 指示时钟参考源的标记, 该字段只在服务器端有效。对于一级服务器, 字段长度为 4 字节 ASCII 字符串, 左对齐不足添零。对于二级服务器, 在 IPV4 环境下, 取值为一级服务

器的 IP 地址, 在 IPV6 环境下, 是一级服务器的 NSAP 地址。

Reference Timestamp: 指示系统时钟最后一次校准的时间, 该字段只在服务器端有效, 以前面所述 64 位时间戳格式表示。

Originate Timestamp: 指示客户向服务器发起请求的时间, 以前面所述 64 位时间戳格式表示。

Receive Timestamp: 指示服务器收到查询时时间戳的时间, 以前面所述 64 位时间戳格式表示。

Transmit Timestamp: 指示服务器向客户发时间戳的时间, 以前面所述 64 位时间戳格式表示。

Authenticator (可选): 当需要进行 SNTP 认证时, 该字段包含密钥和信息加密码。

5 单播模式应用举例

下面以最常用的 SNTP 工作模式-单播模式, 来说明 SNTP 服务器的工作过程:

SNTP 服务器在初始化时, Stratum 字段设置为 0, LI 字段设置为 3, Mode 字段设置为 3, Reference Identifier 字段设置为 ASCII 字符“INIT”, 所有时间戳信息设置为 0;

一旦 SNTP 服务器与外部时钟源取得同步后, 进入工作状态, Stratum 字段设置为 1, LI 字段设置为 0, Reference Identifier 字段设置为外部时钟源的 ASCII 字符, 如“GPS”, Precision 字段设置为 -6~-20 之间的一个数值, 通常设置为 -16。VN 字段设置为客户端请求信息包的 VN 字段值, Root Delay 和 Root Dispersion 字段通常设置为 0, Reference Timestamp 字段设置为从外部时钟源最新取得的时间, Originate Timestamp 字段设置为客户请求包的 Transmit Timestamp 字段值, Transmit Timestamp 字段设置为服务器发出时间戳给客户的时间。

SNTP 服务器在工作过程中, 如果与外部时钟源失去同步, Stratum 字段设置为 0, Reference Identifier 字段设置为故障原因的 ASCII 字符, 如: “LOST”, 此时客户收到这个信息时, 要丢弃服务器发给它的时间戳信息。

6 应用建议

1) 尽量在本地局域网内部部署 SNTP 服务器, 而不要采用 Internet 网上的公用 SNTP 服务器, 因为 Internet 网络的时延不确定性, 服务质量得不到保证, 会对授时的精度产生很大影响;

(下转第 45 页 continued on page 45)

的结果来确定的,即决定于从站处于何种状态。

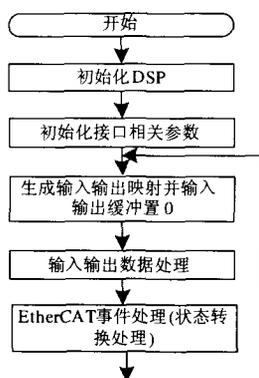


图6 软件流程图

Fig.6 Flow chart of software

4 结语

EtherCAT 以其先进的技术优势,优越的性能将在电力系统得到广泛应用。它能解决集成变电站自动化系统中高密度实时数据的传输问题;能提高变电站自动化系统的实时性;为改善控制算法的性能提供了条件;有利于电力系统的经济运行。

参考文献

- [1] 曾庆禹. 变电站自动化技术的未来发展(二)——集成自动化、寿命周期成本[J]. 电力系统自动化, 2000, 24(18): 1-5.
ZENG Qing-yu. The Development of Substation Automation in the Near Future[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 24(18): 1-5.
- [2] IEC/PAS 62407: Real-Time Ethernet Control Automation Technology (EtherCAT)[S].
- [3] EtherCAT Communication Specification(version1.0)[Z].
- [4] IEEE 1588-2002: IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control System[S].

收稿日期: 2007-09-27; 修回日期: 2008-01-06

作者简介:

向乾亮(1981-), 男, 硕士, 研究方向为电力系统微机保护及变电站自动化; E-mail: happystone_81@163.com

辛志远(1979-), 男, 学士, 主要从事小型发电机励磁调速系统和风力发电控制系统研发;

林继如(1982-), 女, 硕士, 研究方向为电力电子技术 在电力系统中的应用。

(上接第 21 页 continued from page 21)

2) 客户端对服务器的授时请求周期要大于 1 min, 以免造成 SNTP 服务器资源迅速消耗, 而不能及时响应客户的请求;

3) 当网络中客户机数目大于 500 台时, 应该配置多台 SNTP 服务器, 以达到要求的授时精度。SNTP 最多每秒钟能同时响应 500 个请求, 一旦超过这一数目, 授时的精确度就得不到保证;

4) 在需要高可靠授时的应用, 最好配备多台 SNTP 服务器, 利用 DNS 系统实现负载均衡和集群;

5) 客户端应该能够识别服务器端的故障, 一旦发现 Stratum 字段为 0, 应该立刻丢弃服务器发来的时间戳, 转向其它服务器取时间, 以避免授时错误。

参考文献

- [1] 林晓帆. SNTP 协议的分析——中国软硬件结合技术网[J]. 计算机与网络, 2004.

LIN Xiao-fan. Analysis for SNTP Protocol, Network Hardware and Software Technology with China[J]. Computer and Network, 2004.

- [2] 陈华鹏. RFC1769——Simple Network Time Protocol[M]. 中国互动出版网, 2005.
CHEN Hua-peng. RFC1769——Simple Network Time Protocol[M]. China Interactive Publishing Network, 2005.

收稿日期: 2007-09-20; 修回日期: 2007-11-06

作者简介:

温东旭(1977-), 男, 本科, 研究方向为数字化变电站、五防与程控; E-mail: dongxuw@xjgc.com

马国强(1978-), 男, 本科, 研究方向为数字化变电站、JAVA报表研究;

王俊峰(1967-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电气自动化控制及自动化仪表等。