

测震仪器健康状态数据交换平台的设计与实现^{*}

董一兵^{1,2}, 高景春², 刘胜国², 毛国良², 孙贵成², 刘新^{1,2}

(1. 中国科学技术大学地球与空间科学学院, 安徽 合肥 230026; 2. 河北省地震局, 河北 石家庄 050021)

摘要: 介绍了测震仪器健康状态数据交换软件平台的设计与实现。在软件开发过程中, 主要使用了 TCP/IP Socket 编程、并发程序设计和 JMS 消息机制等关键技术, 实现了与多种地震数据采集器的并发式网络通信以及健康状态数据的接收和交换。开源的消息中间件 ActiveMQ 作为统一交换平台, 为仪器健康状态的交换共享提供了统一的数据接口, 便于实现系统与新业务的无缝集成, 提高了系统的弹性和可扩展性。利用本系统的框架模式开发的测震台站远程监视系统在河北测震台网得到了成功的应用, 其功能和性能均达到了设计预期效果。

关键词: 测震仪器; 健康状态; 消息中间件; 数据交换

中图分类号: P315.622

文献标识码: A

文章编号: 1000-0666(2013)03-0379-05

0 引言

地震计和地震数据采集器是测震台网技术系统的关键设备, 它们的运行状态直接决定着台网的监测质量。在运行过程中, 受到外部环境(供电、GPS等)和仪器自身(元器件的物理性质、系统软件等)等多种因素的影响, 地震计和地震数据采集器可能出现一些异常情况, 例如, 地震计发生零位偏移, 数据采集器出现时间错误等。这些异常如果得不到及时处置, 轻则影响观测数据的质量, 重则导致数据丧失使用价值。目前主流的数据采集器均提供了健康状态信息查询服务, 用户可以通过专用客户端软件查询数采的电压、温度、钟差、地震计机械零位等状态参数。现有的研究成果并未充分利用数采的健康状态服务(陈吉锋等, 2012)。针对这种现实需求, 我们为测震台网设计、开发了一套测震仪器健康状态数据交换软件平台。针对不同类型数据采集器输出健康状态信息方式的差异, 分门别类地设计开发了客户端程序, 实现了与多种数采的网络数据通信功能。在开发过程中, 引入开源的消息中间件 ActiveMQ 作为统一交换平台(Snyder, 2011), 为仪器健康状态的交换共享提供了统一的数据接口, 便于实现系统与新业务的无缝集成, 增强了系统的弹性和可扩展性。整套方案具有性能优异、易于管理和

扩展的特点, 具有良好的推广应用前景。

1 需求分析

1.1 健康状态的定义

测震仪器的健康状态(State Of Health, 简称 SOH), 是关于仪器运行状态的信息, 由数据采集器输出的一系列物理量及其取值来描述。目前, 在各区域测震台网应用比较普遍的仪器包括: 港震机电的 EDAS24 系列数据采集器和 BBVS 系列地震计, Guralp 的 CMG-DM24 数据采集器和 CMG-3ESPC 地震计, Kinemetrics 的 Q330 系列数据采集器和 STS 系列地震计等。这些仪器厂商对 SOH 信息的定义、编码方式和传输协议均有所不同。本着求同存异的原则, 我们初步拟定了 11 个比较有共性的 SOH 参数, 分别是: 数据采集器的供电电压、输出电压、电瓶电压、机箱温度、时间误差、频率误差、内存总空间、内存可用空间, 地震计 A 的垂直向零位、北南向零位、东西向零位。

1.2 功能和性能需求

系统由 3 个松散耦合的功能模块构成: ① SOH 接收与发布模块, ② ActiveMQ 消息服务器, ③ SOH 订阅与应用模块。其中, 模块 ① 的功能是: 与多部数据采集器建立并发连接, 定时接收 SOH 数据, 并通过 ActiveMQ 的消息队列进行发布。模块 ② 的功能是: 作为统一交换平台, 管理 SOH

* 收稿日期: 2013-03-18.

基金项目: 地震行业科研专项(201008002)资助.

消息队列，是系统实现分布式应用的关键环节。模块③的功能是：订阅 SOH 消息，实现自定义的业务应用。

系统应满足测震台网对应用程序的可靠性、可扩展性、可移植性和安全性等方面的要求。

1.3 应用环境

系统运行的网络环境如图 1 所示。模块①部署在 SOH 应用服务器上，模块②部署在 ActiveMQ 服务器上，模块③部署在 SOH 订阅客户端上。系统运行约束见表 1。

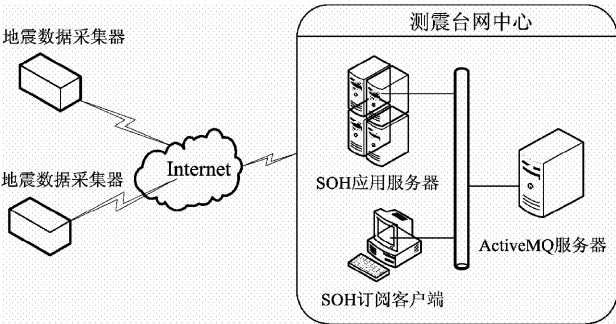


图 1 系统网络环境图

Fig. 1 System network environment

表 1 系统运行约束表

Tab. 1 Restriction table of system running environment

模块序号	软件环境	硬件环境
1	Windows/Linux JRE 1.6	双核或多核 CPU，4GB 以上 内存，千兆网卡
2	Windows/Linux ActiveMQ 5.6.0	双核或多核 CPU，4GB 以上 内存，千兆网卡
3	Windows	双核或多核 CPU，4GB 以上内存

2 系统设计与实现

2.1 关键技术介绍

在程序设计过程中，主要用到了以下技术：

(1) Java TCP/IP Socket 编程技术 (Fall, Stevens, 2012; Calvert, Donahoo, 2008)。目前，不同仪器厂家对数据采集器网络通信协议的实现方式不同，例如，EDAS24 系列数据采集器支持 TCP 通信协议；CMG-DM24 可利用数据通信单元扩展实现 UDP 通信协议；而 Q330HRS 的 Baler 单元则提供了用 HTTP 协议传输健康状态信息的服务。针对这种差异性，我们的解决方案是为每一种仪器

编写相应的客户端类，实现通信连接的维护、报文分组的分类解析等功能。

(2) Java 并发编程技术 (Goetz et al, 2012)。每个地震区域台网中心都下属若干个地震台站，要同时维护与多个台站的通信连接，有两种实现方式——多进程方式和多线程方式。在操作系统中，进程是一个重量级的对象，每一个进程都独占一部分系统资源，线程是轻量级对象，同一进程内的多个线程间共享该进程所保有的资源 (Silberschats et al, 2009)。基于易于实现和优化性能的考虑，我们采用多线程方式来实现与多台站的并发通信连接。

(3) Java 消息服务 (Java Messaging Service, 简称 JMS)。JMS 是 Java 平台上有关面向消息中间件 (Message Oriented Middleware) 的技术规范 (Monson et al, 2009)。ActiveMQ 是一个完全支持 JMS1.1 的 JMS Provider 实现。在系统中，我们利用 JMS 与 ActiveMQ 通信，实现 SOH 消息的交换。

2.2 总体设计

系统的框架结构如图 2 所示。其中，SOH 接收与发布模块由各类数采的客户端程序和 SOH 发布程序所构成。

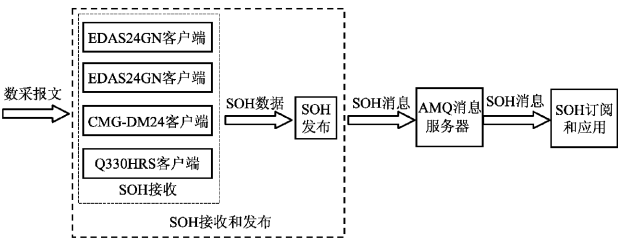


图 2 系统框架结构图

Fig. 2 Fram structure of the system

系统完整的业务流程可归纳为以下几个主要步骤：

- ① 系统初始化；
- ② 数采客户端程序与数采进行通信，对接收到的报文分组进行解析，将解出的 SOH 数据交给 SOH 发布程序；
- ③ SOH 发布程序将 SOH 数据格式化为 SOH 消息，并交给 AMQ 消息服务器；
- ④ SOH 订阅与显示模块从 AMQ 消息服务器订阅 SOH 消息，并进行处理；
- ⑤ 继续执行步骤 2。

2.3 SOH 接收与发布模块的设计与实现

在开发 SOH 接收与发布模块时，需先行分析仪器的通信协议和数据格式，掌握每一种数采输出 SOH 数据的内容和方式，以此为基础来设计业务逻辑。模块将按照配置文件的内容进行初始化，配置文件采用 XML 格式，详细说明见表 2。

表 2 配置文件说明表
Tab. 2 Description of configuration file

结点名称	属性名称	含义
Net	Netcode	台网代码
	Stanumber	监视台站的数量
Station	Host	数采的 ipv4 地址
	Port	数采的端口号
	Stacode	台站代码
	Location	台站位置
	Digitizer_model	数采类型
	Seismograph_model	地震计类型
	Username	数采的用户名
	Password	用户的密码
	Interval	状态数据的传输间隔
MessageProducer	Username	ActiveMQ 的用户名
	Password	ActiveMQ 用户的密码
	ServerUrl	ActiveMQ 的 URL
	Type	消息目的地的类型
	Name	消息队列的名称
	Persistent	消息的持久性

2.3.1 数采客户端的设计与实现

数采客户端的主要功能是：与数采进行通信、接收 SOH 数据。下面分别介绍 EDAS24 系列数据采集器、CMG - DM24 以及 Q330HRS 客户端程序的设计和实现技术。

(1) EDAS24 系列数据采集器（EDAS - 24GN 和 EDAS - 24IP）利用 TCP 协议传输 SOH 数据。程序在处理与数采的通信连接时，采用的是长连接的方式，即在成功建立起通信连接之后长期保持该连接。之所以采用这种方式，主要基于以下考虑：TCP 连接的建立和释放过程需要占用一定的系统资源（谢希仁，2008），频繁的连接和释放操作将给数采带来较大的负担，对数采的稳定运行造成一定影响。经过实际测试，长连接方式比短连接方式更加安全、可靠，有利于保障数采的正常稳定运行。在获取 SOH 数据时，采用请求/响应

方式，即客户端程序向数采发送查询请求，数采输出响应。EDAS24 系列数采客户端的业务流程如下：

- ① 程序初始化；
- ② 测试数采网络地址的可达性；
- ③ 与数采建立控制连接，获得数据端口；
- ④ 与数采建立数据连接；
- ⑤ 通过数据连接发送查询帧，获得响应帧，从中解析出 SOH 数据；
- ⑥ 将 SOH 数据交给 SOH 发布程序；
- ⑦ 继续执行步骤②。

(2) CMG - DM24 数据采集器的 TCP/IP 通信功能需要借助 DCM 来实现。DCM 通常利用 UDP 协议传输数据。与 TCP 不同，UDP 是一种无连接的服务，与 EDAS24 系列数采所采用的通信方式相比，Guralp 的通信方式使得数采不必花费额外的开销来维护通信连接、保证通信质量，在通信链路质量良好的情况下，这有利于数采的稳定运行，同时也简化了客户端程序的业务逻辑。它的 SOH 数据由状态流和地震计零位流分别传输，其中，用 ID “00” 来标识状态流，数据采用 ASCII 格式编码；用 ID “M8”、“M9” 和 “MA” 分别标识地震计的垂直向、北南向和东西向零位流，数据采用 GCF 格式编码。与 EDAS24 系列不同的是，CMG - DM24 不支持通过请求/响应方式获取 SOH 数据的方式，故在程序设计时只能采用数采主动传输、客户端程序被动接收的方式。CMG - DM24 客户端的业务流程如下：

- ① 程序初始化；
- ② 测试 DCM 网络地址的可达性；
- ③ 将 DCM 通信端口与本地端口相绑定；
- ④ 接收 DCM 的 UDP 数据报，从中解析出 SOH 数据；
- ⑤ 将 SOH 数据交给 SOH 发布程序；
- ⑥ 继续执行步骤②。

(3) Q330HRS 由数据采集器（Q330S）和通信单元（Baler）两部分集成。其中，Baler 提供了通过 HTTP 协议定时传输 SOH 数据的服务。HTTP 协议定义了 Web 服务器和 Web 浏览器之间通信的规则（Gourley *et al*，2002），我们可以利用这个服务来设计客户端程序。Q330HRS 客户端的业务流

程如下：

- ① 程序初始化；
- ② 测试 Baler 网络地址的可达性；
- ③ 与 Baler 建立 HTTP Socket 连接，解析出 SOH 数据；
- ④ 将 SOH 数据交给 SOH 发布程序；
- ⑤ 继续执行步骤②。

2.3.2 SOH 发布程序的设计与实现

SOH 发布程序的主要功能是：按照 JMS 规范，将接收到的 SOH 数据格式化为 SOH 消息，并将其传递给 ActiveMQ 消息服务器。程序在处理与 ActiveMQ 的通信连接时，采用的是长连接的方式。SOH 消息包括消息属性和消息体。其中，消息属性的说明见表 3，消息体采用 XML 格式，详细说明见表 4。

表 3 SOH 消息属性说明表

Tab. 3 Description of SOH message properties

属性名称	意义	数据类型
NetCode	台网代码	String
StaCode	台站代码	String
BodyLen	消息体长度	Integer

表 4 SOH 消息体说明表

Tab. 4 Description of SOH message body

属性名称	含义	说明
Net	台网代码	
Station	台站代码	
Digitizer_model	数采类型	
Seismograph_model	地震计类型	
Time	日期和时间	格式：“yyyy-MM-dd HH:mm:ss”
Supply_vol	供电电压	单位：伏特
Output_vol	输出电压	单位：伏特
Battery_vol	电瓶电压	单位：伏特
Temperature	机箱温度	单位：摄氏度
Clock_err	时间误差	单位：毫秒
Fre_err	频率误差	单位：ppm
Total_space	存储器总空间	单位：KB
Free_space	存储器可用空间	单位：KB
ZeroPos_A_Z	地震计 A 垂直向电压	单位：伏特
ZeroPos_A_N	地震计 A 北南向电压	单位：伏特
ZeroPos_A_E	地震计 A 东西向电压	单位：伏特

3 系统测试与应用

为了对系统方案进行全面的测试，我们开发了测震台站仪器状态监视程序，将其作为系统的 SOH 订阅和应用模块。在河北测震台网搭建了测试环境（表 5），接入了 30 个运行中的测震台站。经过若干个月的试运行和观察总结，我们认为系统整体表现稳定，功能和性能均达到了预期的设计要求，证明了系统方案的可行性。图 3 是该监视程序运行时的截图。

表 5 系统测试环境说明表

Tab. 5 Description of sysytem testing environment

功能	软件环境	硬件环境
AMQ 消息服务器	SUSE Linux Enterprise Server 11.1 ActiveMQ 5.6.0	IBM X3650M3 服务器, CPU 至强 E5620 2.4 GHZ *4, 16 GB 内存, 1 TB 硬盘
SOH 应用服务器	SUSE Linux Enterprise Server 11.1 JRE 1.6 SOH 接收与发布程序	IBM X3650M3 服务器, CPU 至强 E5620 2.4GHZ *4, 16 GB 内存, 1 TB 硬盘
SOH 订阅客户端	Windows 7 专业版 测震台站仪器状态监视程序	DELL Optiplex 790, CPU I5 3.1 GHZ, 4 GB 内存, 500 GB 硬盘



图 3 测震台站仪器状态监视程序
Fig. 3 Monitoring program of the state of seismic station instrument

4 总结与展望

介绍了测震仪器健康状态交换平台的设计与

实现。本系统的创新主要表现在: 第一, 通过仪器适配器程序的研制和多线程技术, 实现了与多种地震数据采集器的并发式网络通信以及 SOH 数据的统一接收; 第二, 通过引进 ActiveMQ 消息中间件, 实现了 SOH 数据的统一交换, 为消息订阅程序的开发提供了统一数据的接口, 增强了系统的弹性和可扩展性; 第三, 经测试证明, 本系统作为一套完整的解决方案, 具有性能优异、易于管理和易于扩展的特点, 在测震台网的应用将有利于保障台网的运行质量。

目前系统的功能和性能均达到了设计预期效果, 但是我们认为系统仍有很大的上升空间。例如, 可以考虑为 SOH 接收和发布模块增加人机交互界面, 用来监控和调整线程的运行状态, 这有利于提高程序的灵活性和健壮性; 另外, 本文所介绍的 SOH 监视程序只是系统应用的一种模式, 本系统更重要的意义在于: 在实践过程中, 利用 AMQ 提供的统一数据接口, 不断探索 SOH 数据应用的新思路、新方法, 推动现有成果的应用和转化。软件工程学认为: 软件生命周期的结束意味着一个新的生命周期的开始 (Sommerville, 2010)。

因此, 不断增强系统的功能、优化系统的性能, 是我们下一个阶段的工作任务。

参考文献:

- 陈吉锋, 陈军辉, 应昶, 等. 2012. 无人职守地震台站远程监控系统的设计与实现[J]. 地震研究, 35(3): 429-433.
- 谢希仁. 2008. 计算机网络(第五版)[M]. 北京: 电子工业出版社.
- Calvert K L, Donahoo M J. 2008. TCP/IP Sockets in Java, Second Edition: Practical Guide for Programmers[M]. California: Morgan Kaufmann.
- Fall K R, Stevens W R. 2012. TCP/IP Illustrated Volume 1 (Second Edition) [M]. New Jersey: Addison-Wesley Educational Publishers Inc.
- Goetz B, Peierls T, Bloch J, *et al.* 2012. Java Concurrency in Practice [M]. Texas: Pearson Education, Inc.
- Gourley D, Totty B, Sayer M, *et al.* 2002. HTTP [M]. California: O'Reilly Media, Inc.
- Monson H R, Richards M, Chappell D A. 2009. Java Message Service (Second Edition) [M]. California: O'Reilly Media, Inc.
- Silberschats A, Galvin P B, Gagne G. 2009. Operation System Concepts (8th Edition) [M]. New York: John Wiley & Sons Ltd.
- Snyder B. 2011. ActiveMQ in Action [M]. New York: Manning Publications.
- Sommerville I. 2010. Software Engineering (9th Edition) [M]. Texas: Pearson Education.

Design and Implementation of Seismometric Instrument Health State Data Exchange Platform

DONG Yi-bing^{1,2}, GAO Jing-chun², LIU Sheng-guo², MAO Guo-liang², SUN Gui-cheng², LIU Xin^{1,2}

(1. School of Earth and Space Science of USTC, Hefei 230026, Anhui, China)

(2. Seismological Bureau of Hebei Province, Shijiazhuang 050081, Hebei, China)

Abstract

The design and implementation of the seismometric instrument health state data exchange software platform is introduced. In the soft development process, we use key technologies including TCP/IP Socket programming, concurrent programming design and JMS message mechanism etc. to realize the concurrent network communications with all kinds of seismic data acquisition device, and receiving and exchanging of data in health state. The open source messaging middleware ActiveMQ is used as a unified exchange platform, and provides a unified data interface for exchanging and sharing of the health state of instrument. It is easy to achieve seamless integration of the system with the new business and improve the flexibility and scalability of the system. The remote monitoring system of seismic station develops based on the framework model of the system, which is applied successfully to the Hebei Seismic Network. Its functionality and performance fully meet the design expectations.

Key words: seismometric instrument; state of health; messaging middleware; data exchange