

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.06.025

## 基于 XML 的测控系统统一数据模型

尹禄高, 张国良

(北京宇航系统工程研究所, 北京 100076)

**摘要:** 为提高测控系统的通用性, 设计了基于 XML 的代表测控系统共性的原生数据类以及代表测控系统个性的自定义数据类, 采用生产者/消费者模式设计了统一组件数据接口, 利用测控系统中常用的、共性的数据结构的原生算子, 提供了测控系统自定义算子的开发方法及示例, 统一了测控数据的描述形式、组件之间的数据交互行为和数据操作行为。实验结果证明: 统一数据模型的设计能大大降低系统软件组件间的耦合, 同时大大提高系统的可扩展性和易维护性。

**关键词:** 测控系统; 统一数据模型; XML; 通用性

**中图分类号:** TP311.5 **文献标志码:** A

## Unified Data Model for Measurement and Control System Based on XML

Yin Lugao, Zhang Guoliang

(Beijing Institute of Astronautical Systems Engineering, Beijing 100076, China)

**Abstract:** To improve the universality of the measurement and control system, the native data type that on behalf of measurement and control system's commonness and the custom data category that on behalf of the characteristic were designed based on XML. A unified interface was designed based on producer/consumer model, the methods and examples to design custom data using native data were provided, which unified the form of a description of measurement and control data, the data exchange behavior between components and the data manipulation behavior. The Experimental results show that the design of the unified data model greatly reduces the coupling between software components, while greatly improving the system scalability and easy maintenance.

**Key words:** measurement and control system; unified data model; XML; universality

### 0 引言

XML 是一种用来对信息进行自我描述的语言, 近来逐渐成为因特网上数据表示和数据交换的新标准, 迅速地被应用于科学数据语言和电子商务等领域<sup>[1]</sup>。XML 的基本思想是用标记表示数据的意义。XML 将内容和形式相分离具有很重要的意义: 那些将数据以 XML 格式编码的应用程序可以迅速地以一种简单、有效的格式提供这些数据信息, 这些应用程序之间也可以很容易地进行交互。由于 XML 正成为一种数据交换标准, 所以将数据从各种类型向 XML 格式转换成为数据交换中的一个重要环节<sup>[2-4]</sup>。XML 可以作为数据源来支持大量不同的应用和, 可以作为应用的中间数据层, 用来设计一个基于 XML 的数据发布和转换系统<sup>[5]</sup>。

数据模型是对数据结构、数据间联系和数据操作约束的描述<sup>[6]</sup>。在测控系统中, 数据可以看作是信号的载体, 用恰当的方法组织数据, 使其能够更高效、更有序地反映信号本身是测控系统开发过程

中的重要课题<sup>[7]</sup>。在测控系统中, 数据都是以计算机存储设备中的数据组成的, 需要通过对计算机存储设备中数据的存在形式进行一定形式的组合, 使其反映物理世界中信号的特点; 因此, 笔者对测控系统数据模型进行设计。

### 1 测控系统数据结构描述

XML Schema 规范体系结构中定义了基元数据类型和派生数据类型 2 种数据类型<sup>[8]</sup>。其中的基元数据类型不能借助其他数据类型定义, 而派生数据类型则是从基元数据类型通过限定导出的。把测控系统中数据常用的或者特殊的数据类型, 通过对 XML 基元数据类型、XML 派生数据类型或者其它已定义的数据类进行聚合, 利用 XML 加以描述, 就可以得到在测控系统中可复用的数据类。笔者把测控系统中常用的数据类称为测控系统原生数据类, 把测控系统中特殊的数据类称为自定义数据类。

#### 1.1 原生数据类

在设计测控系统时, 经常会反复用到模拟信号、

收稿日期: 2012-01-26; 修回日期: 2012-02-22

作者简介: 尹禄高(1985—), 男, 湖南人, 助理工程师, 硕士, 从事计算机测量与控制研究。

数字信号等信号类。以往开发测控系统时，往往会针对这些信号重复进行开发。对这些常用的信号类型进行一次设计，反复重使用可以大大提高测控系统的开发效率。测控系统原生数据类型描述的就是测控系统中的常用信号类型，是测控系统中数据共性的特征。图 1 中描述了从时域信号中派生出来的模拟信号和数字信号。模拟信号和数字信号都继承了时域信号中的起始时间、数据点间隔、信号注释等成分。

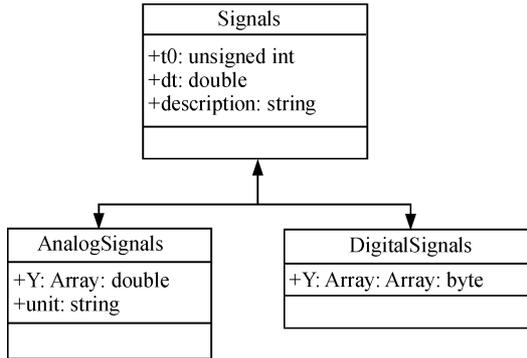


图 1 原生数据信号类模型

其中 t0 标识波形信号的起始时间，dt 标识波形中数据点间的时间间隔，description 为信号注释，AnalogSignals::Y 为模拟波形的数据值数组，数组维度与时间相对应，unit 是模拟波形数据对应的工程单位，DigitalSignals::Y 为数字波形数据值二维数组，其中一个维度与信号宽度的字节数相对应，另一个维度与时间相对应。

### 1.2 自定义数据类

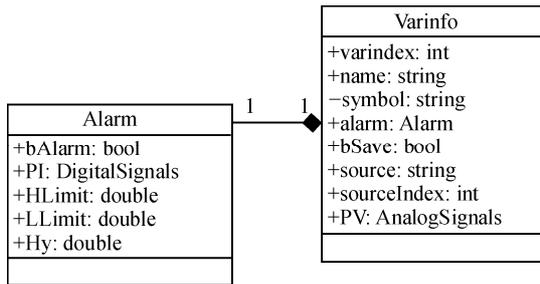


图 2 自定义数据监控变量类模型

测控系统虽然在内在功能上有统一的方面，但是在测控系统的外在表现上却极为丰富，不同的测控系统往往需要用到不同的数据结构以实现其特殊的功能。只利用测控系统原生数据类型中定义的数据类，可能无法满足系统中组件之间的所有通信需求。允许在开发测控系统的过程中自定义独特的、在组件之间交互的数据结构，可以保证系统的开放性和柔性。自定义数据类的设计反映了测控系统中个性的特征，自定义数据监控变量类模型如图 2。同测

控系统原生数据类一样，采用开放的 XML 描述接口对测控系统自定义数据类进行描述，使得测控系统的设计者在开发特殊的测控系统时，能方便地设计符合其特点的数据类。

## 2 测控系统数据接口

接口是对象操作所定义的所有操作类型的集合，测控数据接口的设计是测控数据模型设计的重要组成部分<sup>[9-10]</sup>。在测控系统中，从信号被数字化设备转化为数据后，数据在测控程序软件组件之间的交互可以被抽象为数据流的形式。这种把软件组件之间交互抽象为数据流的测控系统开发方法称为面向数据流的开发方法。为降低系统中软件组件之间的耦合程度，提高软件组件的通用性和重用性，组件之间数据的交互需要有统一的数据结构形式和数据接口，数据流中的数据结构统一采用上文中定义的原生数据类和自定义数据类。软件组件之间的数据交互，则采用典型的生产者/消费者设计模式进行设计，其中数据流的上游作为数据生产者，数据流的下游作为数据消费者，对于同时具有生产者和消费者特征的组件，把它抽象成为一个数据加工者，如图 3 所示。

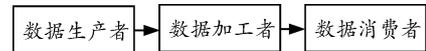


图 3 统一数据接口

测控系统中的数据采集组件接口，是一个典型的数据生产者，其任务就是源源不断地从数字化设备的 A/D 输出和串口读取测量信号，以统一的数据结构类流动到位于其下游的数据组件。而用于把所采集到的数据显示到显示器上的显示编程接口和把数据存储到磁盘上的存储编程接口则是典型的数据消费者，它们的任务就是把流动过来的数据以一定的形式显示或存储。数据加工者则同时具有生产者和消费者的特性，它把上游组件中生产的数据进行一定的处理，并提供给下游组件使用。从该组件的上游组件来看，该组件是一个数据消费者；从该组件的下游组件来看，该组件是一个数据生产者。像下文中所述的测控系统中的工程单位变换算子，以及经常用到的信号滤波组件、控制算法组件等都是属于数据加工者。

## 3 测控系统数据操作算子

在上文中，讨论了怎么对数据对象进行结构上描述和接口的设计。在开发测控系统的过程中，还需要对数据进行运算处理。算子有输入和输出 2 种

与外界发生关联的接口, 一般来说, 输入相当于函数中的自变量, 而输出则相当于函数的因变量<sup>[11]</sup>。此处的自变量、因变量都应该是上文所定义描述的数据类或数据对象。

### 3.1 原生算子

在测控系统中, 经常会反复用到时域模拟信号、数字信号、频谱信号等信号类型, 针对这些原生数据类设计出它们常用算子的定义。比如模拟波形的拼接算子, 数字波形的拼接算子, 对信号进行叠加的算子, 也有对模拟波形的叠加、数字波形的叠加、各种频谱信号的叠加算子等, 如果对每一种信号的叠加方法算子都单独命名定义, 则需要开发 3 个甚至多个信号的拼接和叠加算子, 这就使得命名方法显得呆板, 同时在调用不同信号的算子时, 往往需要从众多同类型的算子中找出与所需的信号类型和信号个数所对应的算子, 这个过程就显得低效了; 因此, 在设计算子时可以根据算子本身的特点, 将它们进行分类, 功能大体一致的, 如模拟信号和数字信号的拼接, 可以把它们统一成一个拼接算子, 而根据不同的输入数据类型, 让系统自己去判断应当如何去操作, 这样就有了拼接算子的重载。图 4 为信号拼接算子的设计示意图。

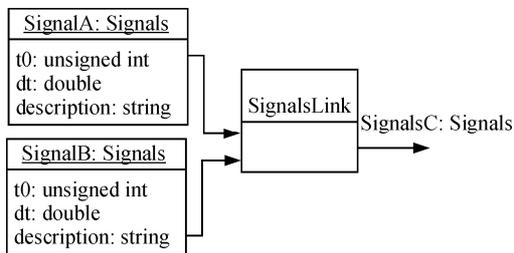


图 4 信号拼接算子

### 3.2 自定义算子

在开发测控系统时, 可以根据特殊的测控系统设计自定义算子。采用 XML 描述算子为设计自定义的算子提供了开放的平台, 在设计自定义算子的过程中, 嵌套调用的技术十分关键。利用算子可以互相调用与嵌套这一特点, 可以通过重用的方式对进行算子设计, 从而减少自定义算子的开发周期。因此, 在开发自定义算子时, 首先应当对所需用到自定义算子有良好的设计规划。描述自定义算子的方法与描述测控系统原生算子的方法完全一致。

比如开发一个工程单位转换的算子, 输入是 0~5 V 的变送器输出信号模拟波形, 输出是与之线性对应的 0~1 MPa 的压力信号模拟波形。根据分析, 输入与输出信号都是模拟波形, 而且它们的起

始时间、采样时间间隔都是一致的, 主要的工作在数据值的转换上。而数据值的转换则表现为数据值在数组内数据的函数对应关系; 因此, 可以先设计一个 Arraytransform 算子负责对数组内的每一个元素做  $y=kx+b$  的运算, 再设计一个求变换系数的 CoffCalc 算子负责通过输入输出幅值的范围求出相应的  $k$  和  $b$  的系数值, 然后再设计一个工程单位的变换算子调用 Arraytransform 算子和 CoffCalc 算子, 设计如图 5。

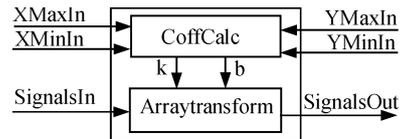


图 5 自定义工程单位变换算子

## 4 结论

实验结果证明: 统一数据模型的设计大大降低了系统软件组件间的耦合, 同时大大提高了系统的可扩展性和易维护性。该研究使测控对象与测控实现过程分离, 探索了一种测控系统软件开发的新思路和新方法。

### 参考文献:

- [1] Mueneh, S. Building Oracle XML Applications[M]. O'Reilly Media, 2006: 340-363.
- [2] W3C. World Wide Web Consortium. Extensible MarkupLanguage(XML)[EB/OL]. <http://www.w3.org/XML/>, 2008-01-08.
- [3] W3C. World Wide Web Consortium. Namespaces in XML. W3C Recommendation[EB/OL]. <http://www.w3.org/tr/rec-xml-names>, 2008-01-10.
- [4] 王海波, 耿晖, 姜吉发, 等. 基于 XML 的数据交换的实现[J]. 计算机应用, 2001, 21(4): 67-68.
- [5] 南松辉, 田佳, 张海波, 等. 基于 UML 和 XML Schema 的航天飞行数据建模[J]. 兵工自动化, 2006, 27(1): 46-48.
- [6] 周扬海, 刘旺开, 沈为群. 计算机测控系统中的统一数据模型[J]. 兵工自动化, 2006, 25(7): 46-48.
- [7] Ion A Neag, Stefan Gal. A Unified Control Interface for Signal Sources, Sensors, Switches and Monitors[C]. IEEE AUTOTESTCON, 2003, 258-264.
- [8] Kurt Cagle. XML 高级开发指南[M]. 周生炳 译. 北京: 电子工业出版社, 2001: 230-231.
- [9] Stefan Gal., Ion A Neag. A Unified Interface for Signal-Oriented Control of Instruments and Switches[C]. IEEE AUTOTESTCON. 2002: 337-350.
- [10] 李增智, 王宇, 等. 面向对象可复用软件设计思想分析[J]. 小型微型计算机系统, 2003, 24(5): 835-839.
- [11] Wang Cheng, Meng Chen. Development of the ATS Software Platform Based on Function Interface Model[C]. ICEMI'2007 2007, 2: 283-287.