

# XvgML 语言的设计、优化及其与知识系统的集成

张国钢 王建华 武安波

(西安交通大学电气工程学院, 西安 710049)

**摘要** 电气图是一种描述电气系统或装置的结构、原理、功能等的工程语言,在电气系统设计中具有十分重要的地位。为此,给出了一种基于XML(Extensible Markup Language)元语言实现的矢量电气图标记语言XvgML(Extensible Vector Graphics Markup Language),介绍了其设计、实现与优化过程。XvgML兼具表达几何特征和电气物理量,因而有效地克服了一些矢量图形语言对电气系统描述能力的不足。XvgML继承了XML的规范、简单、可扩展等特点,是一种对象化描述的信息语言,适合于与知识系统集成应用。XvgML在基于Web的智能设计系统、产品报价系统和异构系统数据交换等方面有着较好的应用前景。

**关键词** 程序设计及其语言(520·4030) XML 智能CAD 因特网 知识系统 成套电器

**中图分类号:** TP391.41 TP301.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2003)02-0236-05

## Design and Optimization of Extensible Vector Graphics Markup Language and its Integration with Knowledge-based System

ZHANG Guo-gang, WANG Jian-hua, WU An-bo

(School of Electrical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049)

**Abstract** Electrical drawing is an important engineering language to describe the structure, principle, function and etc. of electrical system and equipment. This paper proposes an XML-based language, XvgML, which is designed to represent the electrical drawings. The XvgML definition includes three steps: establishing the object model, defining and naming the elements and properties, and compiling the DTD document. Two kinds of method can be applied to optimize XvgML. One is to remove the property equal to the default value which is set in DTD document, the other uses LZW algorithm to compress the XvgML document. These two methods make an obvious effect to reduce its storage and promote application performance. XvgML is composed of geometry elements and electrical elements so that it is able to model electrical systems and equipments. It is more powerful than other vector graphics languages with only geometry elements. With inherited from XML, XvgML is well-formed, simple and extensible, and can be well integrated with knowledge-based system. An example of electrical circuit layout Intelligent CAD has been build, it benefits from using XvgML as the intermediate language between the CAD engine and expert system. In short, XvgML will be widely used as an electrical graphic format in Web-based Intelligent CAD system, Web-based quoting system, or as an intersystem data-exchanging medium.

**Keywords** Programme design language, XML, Intelligent CAD, Internet, Knowledge based system, Electrical equipment

## 0 引言

自1998年2月W3C批准XML规范以来,在短短的3年多时间里,XML得到了广泛的认可和支持。与HTML相比,XML是一种完全面向数据语

义的标记语言,由于其取消了显示样式与布局描述能力,突出了数据的语义与元素结构的描述能力,从而大大增强了XML语言的应用性<sup>[1]</sup>。XML已经在电子商务、数据交换、信息发布、智能搜索引擎、Web服务等领域有了相当多的应用,解决了相当多的问题。2001年3月,W3C又将XML1.0规范提升至正

基金项目:国家教育部博士点基金资助项目(2000069808)

收稿日期:2001-12-10;改回日期:2002-08-22

式标准,进一步推动了 XML 在各行各业的应用。

XML 是一种文档格式,其最大的特点是可扩展,允许用户自定义标记。随着 XML 在工业界被广泛采用,在不同的领域、不同的行业,又各自派生出了许多适用于一些特定领域的 XML 子集。如,最早出现的描述化学分子结构的化学标记语言 CML (Chemical Markup Language)、描述数学公式和符号的数学标记语言 MathML (Mathematical Markup Language)、以及描述矢量图形的 SVG (Scalable Vector Graphics) 等等<sup>[2]</sup>。

电气图是描述电气系统、成套装置,或设备中各组成部分的相互关系或连接关系的图形符号或曲线,或用以提供工作参量的表格、文字等的总称,是电力系统规划、电气产品设计等领域广泛使用的工程语言。扩展矢量图形标记语言 XvgML 是一种专用于描述电气图的 XML 应用标准。目前已经应用于基于 Web 的分布式 ICAD (Intelligent Computer Aided Design) 系统、成套电器产品报价、CAD 系统与企业 ERP 系统的数据交换等方面。

### 1 XvgML 语言

#### 1.1 XvgML 语言简介

在 XvgML 之前,已有一些用于矢量图形的 XML 应用标准,W3C 也提出了一个推荐标准 SVG。但是这些标准都侧重于图形、图象及其显示效果的表达,不具备表征电气物理量的能力,因此不能适用于电气图的描述。XvgML 是一种全新定义的标记语言,其着重描述电气元件的物理属性,兼具

表达几何属性的能力,专用于电气图的描述,并特别对在 Internet 上的传输作了优化。另外,支持 XvgML 的浏览器插件<sup>[3]</sup>的开发,使得用户可以使用 IE 或 Netscape 等通用的浏览器观察图形,因此极大地方便了语言的使用。

XvgML 语言的设计就是要给出描述电气图的标记语法和词汇表。电气图纸中的语义元素可以分为电气元素、几何元素两类。电气元素主要是指电气一、二次元件、电路连线、电路节点等既有几何属性又有电气物理属性的元素;几何元素主要是指圆形、矩形、文字等仅具有几何属性的元素。对应的 XvgML 语言也需要定义两类标记,一类标记(如 CirWire、CirNode、CirSymb 等)是用来描述电气元器件等,另一类标记(如 Line、Circle、Rect 等)用来描述几何形体。除此之外,为了便于数据组织和管理,XvgML 语言中引入了工程图、图层和图块等抽象数据类型,作为其他数据元素的容器。

#### 1.2 XvgML 语言设计

XvgML 语言的设计基本上可分为建立电气图系统的数据模型、确认其中各种元素和属性、编写 DTD 文档等 3 个步骤。

(1) 建立数据模型 即建立电气图中各要素的数据模型。使用 OOA (Object Oriented Analysis, 面向对象分析) 的方法,可以建立一张对象谱系图,其中包括各个对象详细的内部属性以及对象之间的关联关系,如图 1 所示,一张工程图 (MGraph) 可分成若干功能图层 (Layer), 图层又是由一些基本图素 (Line、RectG、CirWire 等) 组成,不同的功能图层只能包含特定类型的图素。

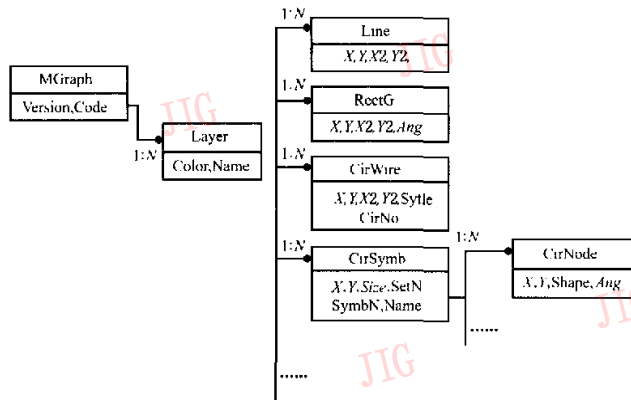


图 1 电气图中的对象模型

(2) 确认元素和属性 由上述的对象模型图出发,分析哪些对象定义为文档元素、哪些对象定义为元素属性.原则上讲,所有的对象和对象的属性都可以定义为文档元素和其子元素的形式,但是元素属性是一种更为精炼和有效的表达方式,并且可以定义数据类型和缺省值.如以下 example. xvg 文档片断所示.

example. xvg 文档

```

<? xml version="1.0" encoding="gb2312" ?>
<! DOCTYPE MGraph SYSTEM"xvg.dtd">
<MGraph Version="1.0" Code="B">
  <Layer Color="65280" Name="逻辑层">
    <Node X="25500" Y="13500" Shape="1">
      <CirWire X="25500" Y="14500" X2="25500"
        Y2="13500" CirNo="90"/>
      <CirWire X="26512" Y="13500" X2="25500"
        Y2="13500"/>
      <CirWire X="24487" Y="13500" X2="25499"
        Y2="13500"/>
      <CirSymb X="3500" Y="2500" Size="1000" SenN="2"
        SymbN="2" Name=" +KM">
        <CirNode X="5500" Y="3000" Shape="3" Ang="2700"/>
        <CirNode X="5500" Y="2000" Shape="4"/>
        <Logi LNo="1" RNo="2" LogiNo="131584"/>
      </CirSymb>
    </Layer>
  <Layer Color="16776960" Name="几何层">
    <Text X="30400" Y="25600" H="600" W="350"
      FW="350" D="512" S="产品型式"/>
    <Line X="32200" Y="26000" X2="32200"
      Y2="26000"/>
  </Layer>
</MGraph>

```

在 XvgML 语言中规定,对象谱系图中具有包含关系的对象定义为元素和子元素;对象类型的属性定义为对应元素的子元素;简单类型的属性定义为对应元素的属性.

(3) 编写 DTD 文档 一个 XvgML 文档不仅应该是“形式良好的”,而且还应该是“有效的”.XvgML 文档的有效性由 DTD (Document Type Definition, 文档类型定义) 文档来保证.因此,DTD 的编写是数据 XML 化最为关键的一步,其中包括确定各个元素和属性名称、属性的取值类型和有效值范围、元素之间包含关系及排列顺序、及文档根元素等.如以下 xvg.dtd 文档片断所示.

```

xvg.dtd 文档:
<? xml version="1.0" encoding="gb2312" ?>
<! ELEMENT MGraph (Layer* )>
<! ATTLIST MGraph:

```

```

Version CDATA "1.0"
Code CDATA "B"
)
<! ELEMENT Layer ANY;
<! ATTLIST Layer:
Color NMTOKEN"0"
Name CDATA""
)
<! ELEMENT CirWire EMPTY;
<! ATTLIST CirWire:
X NMTOKEN "0"
Y NMTOKEN "0"
X2 NMTOKEN "0"
Y2 NMTOKEN "0"
Style NMTOKEN "0"
CirNo CDATA""
)
...

```

XvgML 的 DTD 编写采用这样的规则,元素和属性的名称单词首字母大写方式,不包含子元素的元素一律使用空元素标记,数值量缺省值为“0”.

XML 应用标准的定义是一项实践性非常强的技术,因此对于 XvgML 语言的语法定义不会一次完成,必须使用大量实例进行测试,对语言的定义反复修订和完善.

### 1.3 XvgML 的优化

XvgML 主要用于网络应用程序的数据存储和数据交换,因此对 XvgML 的优化(主要是针对文档体积的优化)非常必要,这对减少网络带宽占用、以及提供应用程序响应速度十分有益.属性缺省、存储压缩为采用的两种优化策略.

(1) 属性缺省 XML 支持是为没有给出的属性提供缺省值的机制. XvgML 文档的很多元素属性经常以相同的值出现,比如数值“0”.如果将这些值定义为缺省值,而在实际的 XvgML 文档中无须进行存储,则可节省大量存储空间.实际应用中,大多数的数字量可取缺省值为零,字符量为空,并规定在输出文档时,当它们等于缺省值时,该属性不作存储.经大量实验测试,使用这种优化策略可以节省存储空间 15% 左右.

(2) 存储压缩 为了进一步实现在互联网上的高效传输,可以对 XvgML 数据进行无损压缩. XvgML 数据本身就是文本数据,且标记字符重复出现的几率很大,采用 LZW (Lemple Zif-Welch) 压缩算法即可达到较好的压缩效果,平均压缩比在 8:1 左右.通常,一张工程图纸,如果以 XvgML 格

式进行存储,需要 50KB 空间,而压缩格式存储则只需 7KB 左右,这样的数据规模非常适合在互联网上传输。表 1 为几种数据格式的对比,其中以电气施工设计软件 JDS CAD 的 GVG 二进制格式的数据文件为基准。

表 1 数据存储格式对比

数据格式	编码	占用空间(%)
GVG	Binary	100
XvgML	Ascii	250
XvgML, 属性缺省	Ascii	217
XvgML, 存储压缩	Binary	25

GVG 是一种目前在电器生产企业中大量使用的电气工程图形数据存储格式,适用于施工设计中所涉及的各种图纸,包括电气原理图、元件逻辑图、开孔图等<sup>[4]</sup>。GVG 是基于二进制流的对象式紧缩格式,其典型结构单元是:{(对象标识码)+(属性序列)}。GVG 在数据结构上可以抽象成一棵按层次组织的对象树,这种数据结构基本消除了内部数据冗余,存储量极小,可压缩率很低。把 XvgML 与 GVG 作比较,将很具有代表性。

## 2 XvgML 应用

### 2.1 XvgML 的特点

XvgML 是一种基于 XML 的语言,其继承了 XML 的跨平台性和可扩展性,XvgML 可以内嵌于其他的 XML 文档中,而 XvgML 文档中也可以嵌入其他 XML 内容,各个不同的 XvgML 图形可以方便地组合,构成新的 XvgML 图形,从而在图形可重用性上迈出了一大步。

XvgML 是信息的对象化描述语言,借助面向对象技术的方法论,XvgML 可以容易地描述复杂系统,XvgML 是有效的 XML 文档,其 DTD 文档保证了任何符合 XML 规范的解析器都能对其正确识别,而不会存在歧义。

XvgML 内的文字都以文本的形式出现,这些信息可以为检索工具所用,而以往检索工具通常无法搜索到写在点阵图象格式中的文字。这些文本信息还可以经过特定的方法转换,通过其他方式(如声音、图象等)来传送。

XvgML 是以矢量方式描述工程图,工程图可以任意放大或缩小,而不损失细节,同时这种描述方式减小了文件长度,提高了传输效率。另外,它将对

图形的绘制,即视觉重建过程,由服务器端转移到客户端,从而可以充分利用客户端的资源,减轻服务器端的负担。

### 2.2 XvgML 与知识系统的集成

鉴于 XvgML 的以上优点,XvgML 适于作为 Internet 上基础数据的表示、存储、交换的格式,构建基于 Web 的应用系统。XvgML 独立于编程语言和操作系统,本身表示的就是结构化的信息,可以很方便地集成到知识系统中<sup>[5,6]</sup>。

下面以电气原理图 ICAD 系统为例进行分析。该系统集成了专家系统、零件库两者的思想,可以根据用户给定的设计要求,通过专家系统的推理和综合,根据一定约束条件,应用零件库中基本图形数据(表示不同功能单元的 XvgML 文档),绘制出完整的电气一、二次原理图方案(由功能部件进行平移、缩放、拼接等操作后形成的 XvgML 文档),并提取其中的元件信息生成端子排等工艺数据、自动生成元件明细表,以及完成工程图纸中要求的其他项目。

如图 2 所示,系统采用 B/S 体系结构,服务器内部结构中包含有多个子专家系统,分别对应不同的设计任务,各个子专家系统拥有独立的推理机、规则库和事实库,并以各自独立工作线程并行执行,响应用户请求。系统设有工作缓冲池,当用户请求重复的设计任务时,直接返回缓冲内容,以提高系统的平均响应速度。在客户端,用户使用浏览器访问系统,在动态页面的引导下输入设计要求,系统设计完成后,即可在浏览器的插件中显示生成的工程图纸(如图 3)。还可以进一步调入下游的施工设计软件,继续进行工艺设计,也可以输入到报价系统中,产生精确报价。

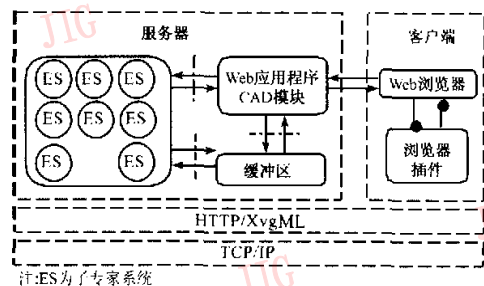


图 2 电气原理图 ICAD 系统结构

整个设计过程,从用户提交输入到得到设计结果,只需要短短的十几秒钟,而以往由人工来完成同样工作,即使是熟练的技术人员也常常需要花费几

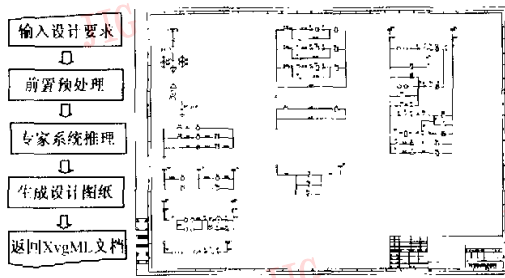


图 3 电气原理图 ICAD 生成电路图

十分钟甚至几个小时,由此可见,ICAD 技术的使用极大地提高了生产效率,把设计人员从繁重、重复的绘图工作中解放出来。

ICAD 的突出优点也正是结合了 AI 和 CAD 各自的优势,用 AI 来模拟人类的思维过程,指导计算机自动完成机械的图纸绘制工作,减少传统 CAD 中人的干预,大大提高了设计的效率和准确度。然而在以往 ICAD 的建立过程中,由于 AI 倾向于逻辑、符号,而 CAD 面向过程,因此 AI 与 CAD 的接口经常成为实现二者集成的难点,XvgML 以简单、标准、易理解的方式描述信息,提供了一致的数据表示,为 AI 与 CAD 的集成提供了一种平滑的连接途径。

### 3 结 论

XvgML 是基于网络和语义的标记语言,其能很好地解决网络环境下的数据交换问题、代码集问题和跨平台问题,XvgML 的优化策略为属性缺省和存储压缩,尤其是存储压缩,可以极大地减少数据存储量,使得 XvgML 的数据规模非常适合于 Internet 上信息交换的要求。XvgML 具有 XML 的所有优点,即规范、简单、可扩展,非常适合与知识系统集成的应用领域,电气原理图 ICAD 系统中的应用即是一个很好的例证。

随着电气技术的发展,电气图的表达形式、表示方法、功能和种类等也在不断发展,XvgML 作为一种通用的工程语言,需要不断地扩充和完善。目前,XvgML v1.0 标准已经能够描述大多数电气图,有效的表达系统图、框图、电路图、功能图、设备元件表、端子功能图、接线表、元件数据表、位置图等常用的电气图,开始应用于电力系统规划、电器产品设计制造等领域,并作为一个开放标准在中国电工技术

学会电气智能化系统及应用专委会主办的网站(中国智能电器 <http://www.iea.org.cn>)上公开。

### 参 考 文 献

- 1 W3C. Extensible Markup Language [EB/OL]. <http://www.w3c.org/xml/>, 2000.
- 2 Elliott R H. 著. XML 实用大全 [M]. 朴大鹏, 李晋茂, 傅焜等译. 北京:中国水利水电出版社, 2000:20~32.
- 3 Netscape Communications Corporation. Plug-ins [EB/OL]. <http://developer.Netscape.com/docs/manuals/plugins.html>, 1999.
- 4 耿英三. 成套电气装置施工设计软件系统的研究[D]. 西安:西安交通大学, 1997.
- 5 Rezayat M. Knowledge-based product development using XML and KCs[J]. ELSEVIER Computer-Aided Design, 2000, 32(5-6):299~309.
- 6 Elisa Bertino, Elena Ferrari. XML and data integration[J]. IEEE Internet Computing, December, 2001, 5(6):75~76.



张国钢 1976 年生,1997 年毕业于西安交通大学,现为西安交通大学电气工程学院博士研究生,主要研究领域为智能 CAD、分布式人工智能等。



王建华 1954 年生,教授,博士生导师,现任西安交通大学副校长,电机工程协会理事,长期从事电器 CAD 领域研究,目前主要研究领域为智能 CAD 系统、智能化电气与系统。



武安波 1974 年生,博士研究生,主要研究领域为智能 CAD/CAE 系统、电器远程可视化仿真。