

一种模糊 XML 模型的概念设计方法

严 丽¹ 刘 健²

(东北大学软件学院 沈阳 100819)¹ (东北大学信息科学与工程学院 沈阳 100819)²

摘 要 XML(Extensible Markup Language)已经成为 Web 上数据表示与交换的标准,而信息的不精确性和不确定性又广泛存在于现实世界应用中。虽然模糊信息在关系数据库框架下已经被广泛讨论,但是传统的关系数据库模型及其模糊扩展形式不能满足表示和处理 Web 上复杂模糊对象的需要。基于可能性分布,研究在 XML 模型和 IFO 数据模型——一种概念数据模型中进行模糊信息建模,给出把模糊 IFO 数据模型映射成模糊 XML DTD 模型的形式化方法。

关键词 模糊集,模糊 XML,模糊 IFO 数据模型,映射

Conceptual Design Methodology for Fuzzy XML Model

YAN Li¹ LIU Jian²

(School of Software, Northeastern University, Shenyang 100819, China)¹

(College of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 100819, China)²

Abstract XML has been the de-facto standard of information representation and exchange over Web. In addition, imprecise and uncertain data are inherent in the real world. Although fuzzy information has been extensively investigated in the context of relational model, the classical relational database model and its fuzzy extension to date do not satisfy the need of modeling complex objects with imprecision and uncertainty on the Web. Based on possibility distributions, this paper concentrated on fuzzy information modeling in the fuzzy XML model and the fuzzy IFO model. In particular, the formal approach to mapping a fuzzy IFO model to a fuzzy DTD model was developed.

Keywords Fuzzy sets, Fuzzy XML, Fuzzy IFO data model, Mapping

1 引言

XML(Extensible Markup Language)被普遍认为是 World Wide Web 发展的重要里程碑,现已成为 Web 上数据表示与交换的标准,并由此产生了有关 XML 数据管理的需求。为了管理 XML 数据,实现 XML 和数据库的集成是必要的^[1],包括关系数据库、面向对象数据库和对象-关系数据库在内的各类数据库已经用于与 XML 文档的相互映射。此外,由于 XML 缺乏表示现实世界数据以及它们之间复杂内在语义关系的充足能力,因此使用其它方法描述数据范例、开发出概念数据模型,最后把这样的模型转换成 XML 是非常必要的。最近的研究工作已经致力于 XML 文档模式^[2-6]和 XML Schema^[7]的概念数据建模,例如在文献[2]中,UML 类图被用于 XML DTD(Document Type Definition)的设计。

数据库研究领域一个重要的研究内容是不断致力于增强现有数据库模型的语义表达能力,在传统数据库模型中一个没有被充分讨论的语义需求是信息的不精确性和不确定性,它们广泛存在于现实世界的应用中。虽然模糊信息在关系数据库框架下已经被广泛讨论,但是传统的关系数据库模型及其模糊扩展形式不能满足表示和处理复杂模糊对象的需要,

而表示和处理复杂模糊对象的需要存在于很多应用领域(例如多媒体系统),这样需求已经对当前的数据库技术提出了挑战^[12,13]。为了表示模糊数据以及复杂对象和对象之间的复杂关系,当前的研究工作已经致力于模糊概念数据模型^[14-17]、模糊嵌套关系数据库模型(也就是 NF² 数据库模型)^[18]以及模糊面向对象数据库模型^[19-23]的研究,特别是最近又有研究者提出了模糊对象-关系数据库模型(它融合了模糊关系数据库以及模糊面向对象数据库的特点)^[24]。此外,还有一些研究工作提出基于模糊概念数据模型实现对模糊数据库的概念设计^[14-17]。有关模糊数据库研究的进展情况,可参见文献[25,26]。

自 Zadeh 创建模糊集理论^[27]以来,模糊数据已在数据库中被广泛用于表示和处理模糊信息,但是有关扩展 XML 模型来表示和处理模糊信息的研究工作还非常少。Abiteboul 等人在文献[28]中提出了一种 XML 文档和 DTD 模型,给出了一个含不完全信息的 XML 表示系统。除此之外,一些文献(例如文献[29-32])还对 XML 中概率数据的表示进行了研究。文献[33]在没有给出 XML 表示模型的情况下,根据模糊关系数据库直接讨论了 XML 文档中数据的模糊性,并给出了从模糊关系数据库到模糊 XML 文档的简单映射。文献

到稿日期:2011-07-05 返修日期:2011-07-10 本文受国家自然科学基金(60873010),中央直属高校基本科研业务费专项(N090504005)资助。

严 丽 女,博士,副教授,主要研究方向为数据库智能信息处理;刘 健 男,博士生,主要研究方向为 XML 数据管理。

[34]提出了一种表示模糊信息的 XML Schema 定义,其中的模糊数据采用了 XML 数据的数据类型分类形式。文献[35]提出一种基于 XML DTD 的模糊 XML 数据模型,并分别给出了把模糊 UML 数据模型映射成模糊 XML DTD,进而映射成模糊关系数据库模式的形式化方法。一种基于 XML Schema 的模糊 XML 数据模型由文献[36]提出。文献[2-6]对 XML 文档模式概念数据建模以及文献[7]对 XML Schema 概念数据建模的研究,所涉及的 XML 不含有模糊信息。

基于可能性分布,本文对在 XML 模型以及 IFO 数据模型(一种在文献[38]中提出的概念数据模型)中的模糊信息进行建模,并特别给出把模糊 IFO 数据模型映射成模糊 XML DTD 模型的形式化方法,所提出的方法可用于支持模糊 XML 数据管理中模糊 XML 模型的概念设计。本文首先给出有关模糊集、可能性理论以及模糊 XML 数据模型方面的基础知识,之后给出模糊 IFO 数据模型,在此基础上,给出把模糊 IFO 数据模型映射成模糊 XML 模型的方法。

2 模糊集和模糊 XML 数据模型

设 U 是论域, F 是 U 上的一个模糊集^[27]。模糊集 F 的定义需要一个隶属函数 $\mu_F: U \rightarrow [0, 1]$, 其中对于任意的 $u \in U$, $\mu_F(u)$ 表示 u 属于模糊集 F 的隶属度。对于论域 U , 模糊集 F 表示为:

$$F = \{(u_1, \mu_F(u_1)), (u_2, \mu_F(u_2)), \dots, (u_n, \mu_F(u_n))\} \quad (1)$$

式中, μ_F 用于表示模糊集 F 的隶属函数, 而 $\mu_F(u)$ 用于表示 u 属于 F 的隶属度。隶属度也称作成员度, 相应地, 隶属函数也称作成员函数或成员度函数。

当上面的 $\mu_F(u)$ 解释成一个变量 X 值为 u 的可能性度量时(这里 X 取 U 中的值), 一个模糊值可以用一个可能性分布 π_X 来表示^[37]。

$$\pi_X = \{\pi_X(u_1)/u_1, \pi_X(u_2)/u_2, \dots, \pi_X(u_n)/u_n\} \quad (2)$$

式中, 对于任意的 $u_i \in U$, $\pi_X(u_i)$ 表示 u_i 为真的可能性。

XML 文档中可能存在两类模糊性^[35]: 第一类是元素的模糊性(我们使用成员度与这样的元素相关联); 第二类是元素属性值的模糊性(我们使用可能性分布表示这样的值)。需要注意的是, 后者又有两种对可能性分布的解释, 分别是析取可能性分布和合取可能性分布, 它们在祖先-后代链中可以出现在有或者没有自身孩子元素的子元素中。为了实现模糊数据的 XML 建模, XML 文档必须进行扩展, 文献[35]为此引入了几个模糊构造子。很显然, 为了容纳这些模糊构造子, XML 文档的模式应当做相应的修改。下面给出用于模糊 XML 数据建模的模糊 DTD 形式化描述。

首先, 相对于传统 DTD, 模糊 DTD 中增加了 2 个新元素, 它们分别是 Val 元素和 Dist 元素。下面首先给出 Val 元素的形式化定义。

```
<! ELEMENT Val( #PCDATA| original-definition)>
```

```
<! ATTLIST Val Poss CDATA "1. 0">
```

Dist 元素的形式化定义如下:

```
<! ELEMENT Dist(Val+)>
```

```
<! ATTLIST Dist type(disjunctive|conjunctive) "disjunctive">
```

在模糊 DTD 中引入新的 Val 元素和 Dist 元素之外, 为了使经典 DTD 中原有普通元素在模糊 DTD 中可以使用可能性分布(Dist), 还需要对这些元素的定义进行修改。模糊

DTD 中的普通元素(即非 Val 和 Dist 的其它元素)可分成叶子元素和非叶子元素。对于只含文本或 #PCDATA 的叶子元素(比如说 leafElement), 它在模糊 DTD 中的定义从经典的

```
<! ELEMENT leafElement( #PCDATA)>
```

变成

```
<! ELEMENT leafElement( #PCDATA | Dist)>
```

也就是说, 叶子元素 leafElement 可能是精确的, 此时它就转变成如下经典 DTD 中普通叶子元素的定义:

```
<! ELEMENT leafElement( #PCDATA)>
```

当然, 叶子元素 leafElement 也可能是模糊的, 取可能性分布表示的值, 此时它就转变成如下的定义形式:

```
<! ELEMENT leafElement(Dist)>
```

对于这样的模糊叶子元素, 接下来需要分别使用 Dist 元素定义和 Val 元素定义进行进一步的定义, 从而得到如下的定义形式:

```
<! ELEMENT Dist(Val+)>
```

```
<! ATTLIST Dist type(disjunctive|conjunctive) "disjunctive">
```

```
<! ELEMENT Val( #PCDATA)>
```

```
<! ATTLIST Val Poss CDATA "1. 0">
```

对于非叶子元素(比如说 nonleafElement), 它在模糊 DTD 中的定义首先从经典的

```
<! ELEMENT nonleafElement(original-definition)>
```

变成

```
<! ELEMENT nonleafElement(original-definition | Val+ | Dist)>
```

也就是说, 非叶子元素 nonleafElement 可能是精确的, 并可定义为:

```
<! ELEMENT nonleafElement(original-definition)>
```

当非叶子元素是模糊非叶子元素时, 进一步区分 2 种情况: 元素取与可能度相关联的值; 元素取集合值, 集合中的每个值与一个可能度相关联。对于前一种形式, 元素定义为:

```
<! ELEMENT nonleafElement(Val+)>
```

```
<! ELEMENT Val(original-definition)>
```

```
<! ATTLIST Val Poss CDATA "1. 0">
```

对于后者, 元素被定义为:

```
<! ELEMENT nonleafElement(Dist)>
```

```
<! ELEMENT Dist(Val+)>
```

```
<! ATTLIST Dist type(disjunctive|conjunctive) "disjunctive">
```

```
<! ELEMENT Val(original-definition)>
```

```
<! ATTLIST Val Poss CDATA "1. 0">
```

3 模糊 IFO 数据模型

IFO 数据模型^[38]是一种用数学形式定义的概念数据模型, 它将语义数据库建模的基本原理融入到基于图形的表达框架中。形式上讲, 一个 IFO 模式就是一个由各种类型的顶点和边组成的用于表示原子对象(atomic objects)、构造对象(constructed objects)、关联(fragments)以及 ISA 关系的有向图。在 IFO 数据模型中存在 3 种类型的原子类型, 它们分别是基本(Printable)类型、抽象(Abstract)类型和自由(Free)类型。非原子对象可以通过使用组合(Grouping)和聚集(Aggregation)由基类型(Underlying type)构造而成。IFO 数据模型中的关联用于表示函数关系, 该函数关系自然地提供了各种类型的聚合表示以及它们之间的关联函数。IFO 模型的最后一个结构化组件是 ISA 关系的表达, 由图形模式的弧线来

表示。ISA 关系有两种形式:特化(Specialization)和概化(Generalization)。联合使用上面给出的这些基本构造块,就可以创建出 IFO 模式。

使用可能性理论,区分概念数据模型中 3 个级别的模糊性,它们分别是:属性值级的模糊性(第三个级别)、实例/模式级的模糊性(第二个级别)以及模式级的模糊性(第一个级别)。扩展 IFO 数据模型,以捕获并表示上述 3 级模糊性,从而得到模糊 IFO 数据模型^[14,15]。

• 模糊基本类型

在模糊 IFO 数据模型中,属性级的模糊性可由模糊基本类型来表示,模糊基本类型又可进一步被区分成两个级别。对于客观世界中带模糊基本类型的对象,其对象实例中的相应属性必定有一个是模糊值。此外,对象的基本类型相应于数据模型来说可以是模糊的,带有隶属度,表示其隶属于相应对象的程度,并且在模糊 IFO 模型中,通过在基本类型框图中放置隶属度来表示这样的模糊基本类型。注意两种模糊基本类型的区别:前者的模糊性在其值上(取模糊值而不是精确值),但基本类型本身确切地属于相应的抽象/自由类型;后者的模糊性表示基本类型可能属于,也可能不属于相应的抽象/自由类型。

模糊基本类型以及带隶属度的模糊基本类型所对应的图形表达如图 1 所示。



图 1 模糊 IFO 数据模型中的模糊基本类型

• 模糊抽象类型和模糊自由类型

抽象类型和自由类型的模糊性可以被区分成两个级别:实例/模式级的模糊性和模式级的模糊性。实例/模式级的模糊性与类型的实例相关,表示对象实例模糊地属于相应的类型。模式级的模糊性表示类型相应于数据模型来说是模糊的,也就是说类型带有隶属度。在模糊 IFO 模型中,通过在抽象类型框图和自由类型框图中放置隶属度来表示模糊抽象类型和模糊自由类型。

实例/模式级以及模式级上的模糊抽象类型和模糊自由类型其图形表达如图 2 所示。

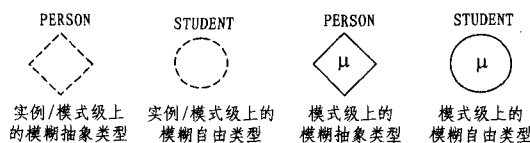


图 2 模糊 IFO 数据模型中的模糊抽象类型和模糊自由类型

• 模糊构造

聚集构造的构造子将表示对象各部分的几个子类型连接成表示整个对象的类型,从而形成高一层次的对象。子类型可以是上面提到的完备的或模糊的原子类型,也可以是通过聚集或组合而得到的构造类型。当参与聚集构造子的子类型是带隶属度的模糊类型时,相应的聚集是一个带有隶属度的模糊聚集。其隶属度是所有参与聚集的子类型隶属度的最小值。

与模糊聚集构造子相似,当参与组合构造子的任一子类型是带有隶属度的模糊类型时,其相应的组合是一个带有隶

属度的组合。该模糊组合的隶属度即为参与组合的子类型的隶属度。

带有隶属度的模糊组合和模糊聚集所对应的图形表达如图 3 所示。

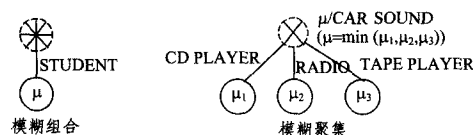


图 3 模糊 IFO 数据模型中的模糊构造对象

• 模糊关联

用于连接抽象类型与抽象类型、抽象类型与自由类型以及自由类型与自由类型的关联可以是模糊的。关联的模糊性有两种解释:一种解释是类型之间的函数关系是确定的,但是类型实例之间的函数关系是模糊的;另一种解释是类型之间的函数关系是模糊的,这种的模糊关联需要带有一个隶属度。

图 4 和图 5 分别给出了两种模糊关联的图形化表示。

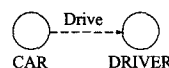


图 4 模糊 IFO 数据模型中的模糊关联

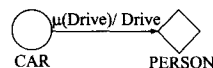


图 5 模糊 IFO 数据模型中带隶属度的模糊关联

• 模糊 ISA 关系

ISA 关系与子类/超类的概念相关。设 $E, S_1, S_2, \dots, S_n$ 是非基本对象类型,我们说 $S_1, S_2, \dots, S_n$ 是 E 的模糊子类, E 是 $S_1, S_2, \dots, S_n$ 的模糊超类,其充分必要条件是: $E, S_1, S_2, \dots, S_n$ 存在实例/模式级模糊性,并且下面的条件成立。

$$(\forall e)(\forall S)(S \in \{S_1, S_2, \dots, S_n\} \wedge \mu_{S_1}(e) \leq \mu_E(e)) \quad (3)$$

式中, e 代表论域中的对象实例。

图 6 给出了模糊 IFO 数据模型中模糊概化和模糊特化的图形化表示。

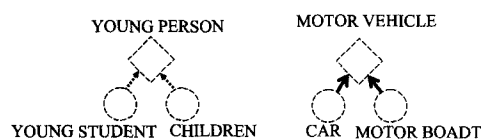


图 6 模糊 IFO 数据模型中的模糊概化和模糊特化

4 模糊 IFO 数据模型到模糊 XML DTD 的映射

通过使用模糊 IFO 和模糊 XML,可以分别在两类模糊数据模型中建模模糊信息。接下来,讨论如何把模糊 IFO 数据模型转换成模糊 XML 数据模型。

4.1 抽象类型以及自由类型的转换

通常来讲,IFO 数据模型中的抽象类型和自由类型对应于 XML 中的元素类型说明,而抽象类型和自由类型中的基本类型对应于元素内容的描述。需要注意的是,与其他概念数据模型(例如 ER/EER 模型和 UML 数据模型)相同,在 IFO 数据模型中,基本类型的名字是强制要求的,而它们的数据类型是可选的。与之相反,在 XML 中,元素内容只包含数据类型名,所以我们假设基本类型名隐含了其数据类型名^[2]。当一个抽象类型或自由类型被转换 XML 元素类型声明,并

且不能为基本类型的数据类型提供适当的声明表示时,假设基本类型是内容类型为 #PCDATA 的元素。此外,属性的多样性说明被映射成用说明符?、* 和 + 表示的基数说明,用以实现元素内容的构建。

在模糊 IFO 数据模型中,我们区分以下 3 种类型的抽象类型:不带模糊性的抽象类型、在基本类型值上带模糊性的抽象类型、带实例/模式级模糊性的抽象类型。

下面用一个例子说明如何把上述几种类型的抽象类型转换成 XML DTD。从图 7 中的抽象类型“YOUNG PERSON”可以看出,该抽象类型带有一个取模糊值的基本类型“Age”,并且该抽象类型含有实例/模式级的模糊性。当进行该抽象类型转换时,抽象类型的名字变成了 DTD 中元素类型的名字,但是基本类型却不能直接转换成元素内容的描述。首先,不是使用(<! ELEMENT Age(#PCDATA)>),而是使用

```
<! ELEMENT Age(Dist)>
<! ELEMENT Dist(Val+)>
<! ATTLIST Dist type(disjunctive)>
<! ELEMENT Val(#PCDATA)>
<! ATTLIST Val Poss CDATA "1.0">
```

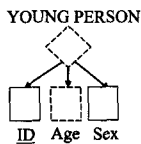
接下来,使用

```
<! ELEMENT YOUNG PERSON(Dist)>
<! ATTLIST YOUNG PERSON ypid IDREF #REQUIRED>
<! ELEMENT Dist(Val+)>
<! ATTLIST Dist type(disjunctive)>
<! ELEMENT Val(ID?,Age?,Sex?)>
<! ATTLIST Val Poss CDATA "1.0">
```

而不是直接使用

```
<! ELEMENT YOUNG PERSON(ID?,Age?,Sex?)>
<! ATTLIST YOUNG PERSON FID IDREF #REQUIRED>
```

图 7 给出了把抽象类型“YOUNG PERSON”转换成模糊 XML DTD 的具体细节。



```
<! ELEMENT YOUNG PERSON(Dist)>
<! ATTLIST YOUNG PERSON ypid IDREF #REQUIRED>
<! ELEMENT Dist(Val+)>
<! ATTLIST Dist type(disjunctive)>
<! ELEMENT Val(ID?,Age?,Sex?)>
<! ATTLIST Val Poss CDATA "1.0">
<! ELEMENT ID(#PCDATA)>
<! ELEMENT Age(Dist)>
<! ELEMENT Dist(Val+)>
<! ATTLIST Dist type(disjunctive)>
<! ELEMENT Val(#PCDATA)>
<! ATTLIST Val Poss CDATA "1.0">
<! ELEMENT Sex(#PCDATA)>
```

图 7 模糊 IFO 数据模型中抽象类型到模糊 XML 的转换

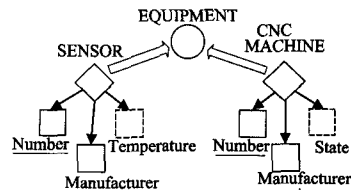
模糊自由类型的转换与模糊抽象类型的转换相同。至于聚集,它表示聚集与组成部分之间整体-部分之间的关系,我们可以把所有组成部分看作是聚集体的特殊属性,之后使用抽象类型的转换方法转换聚集。

4.2 ISA 关系的转化

ISA 关系与子类/超类概念相关,其中超类是一组子类更一般化的描述。根据与上面给出的非 printable 类型转换相同的方法,把超类和每个子类分别转换成 XML 中的元素类型,其中:由超类得到的元素类型被称作超元素,由子类得到的元素类型被称作子元素^[2]。要注意的是,在转换的过程中,除了非基本类型名转换成元素类型名、基本类型转换成元素内容描述之外,一个超元素必须要有一个由 #REQUIRED 说明的附加 ID 属性,而每个子元素必须加入一个 #REQUIRED IDREF 属性。

现在来看模糊 IFO 数据模型中的一个模糊 ISA 关系,假设该模糊 ISA 关系中的子类和超类含有类型/实例级模糊性以及属性值级模糊性。根据上面给出的模糊非基本类型的转换,可以完成子类和超类的转换,与此同时,所创建的超元素和子元素分别与 ID #REQUIRED 和 IDREF #REQUIRED 相关联。

图 8 说明了模糊 ISA 关系的转换。



```
<! ELEMENT EQUIPMENT(SENSOR?,CNC MACHINE?)>
<! ATTLIST EQUIPMENT eid ID #REQUIRED>
<! ELEMENT SENSOR(Number?,Manufacture?,Temperature?)>
<! ATTLIST SENSOR sid IDREF REQUIRED>
<! ELEMENT Number(#PCDATA)>
<! ELEMENT Manufacture(#PCDATA)>
<! ELEMENT Temperature(Dist)>
<! ELEMENT Dist(Val+)>
<! ATTLIST Dist type(disjunctive)>
<! ELEMENT Val(#PCDATA)>
<! ATTLIST Val Poss CDATA "1.0">
<! ELEMENT CNC MACHINE(Number?,Manufacture?,State?)>
<! ATTLIST CNC MACHINE cmid IDREF REQUIRED>
<! ELEMENT Number(#PCDATA)>
<! ELEMENT Manufacture(#PCDATA)>
<! ELEMENT State(Dist)>
<! ELEMENT Dist(Val+)>
<! ATTLIST Dist type(disjunctive)>
<! ELEMENT Val(#PCDATA)>
<! ATTLIST Val Poss CDATA "1.0">
```

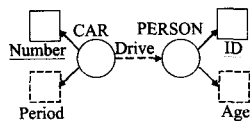
图 8 模糊 IFO 数据模型中 ISA 关系到模糊 XML 的转换

4.3 关联的转换

关联可以看作是一个比聚集或 ISA 更一般化的关系,所以 IFO 数据模型中的关联可以使用上面给出的 ISA 的转换方法进行转换。为此,首先把与关联相联系的非基本类型名转换成 XML 的元素类型名,把基本类型转换成 XML 的元素内容描述,之后在每个转换得到的元素中增加一个 #REQUIRED IDREF 属性,该属性来自于与关联相联系的另一个类型。

在模糊 IFO 数据模型中,关联所涉及的类型在实例/模式级、属性值级可能含有模糊性,因此相应的转换需要按照上

面给出的模糊非基本类型的转换方法来完成。图 9 说明了模糊关联的转换。



```

<! ELEMENT CAR(Number?,Period?)>
  <!-- ATTLIST CAR cid IDREF #REQUIRED -->
<! ELEMENT Number( #PCDATA)>
<! ELEMENT Period(Dist)>
<! ELEMENT Dist(Val+)>
  <!-- ATTLIST Dist type(disjunctive) -->
<! ELEMENT Val( #PCDATA)>
  <!-- ATTLIST Val Poss CDATA "1,0" -->
<! ELEMENT PERSON(ID?,Age?)>
  <!-- ATTLIST PERSON pid IDREF #REQUIRED -->
<! ELEMENT ID( #PCDATA)>
<! ELEMENT Age(Dist)>
<! ELEMENT Dist(Val+)>
  <!-- ATTLIST Dist type(disjunctive) -->
<! ELEMENT Val( #PCDATA)>
  <!-- ATTLIST Val Poss CDATA "1,0" -->

```

图 9 模糊 IFO 数据模型中 Fragment 到模糊 XML 的转换

结束语 XML 被普遍认为是 World Wide Web 发展的重要里程碑,现已成为 Web 上数据表示与交换的标准,并由此产生了有关 XML 数据管理的需求,例如 XML 文档的构建与存储。另一方面,模糊集和可能性理论已经被广泛用于处理实际应用中的信息不精确性和不确定性,并且为了实现智能数据处理,模糊数据库建模正受到越来越多的关注。

本文讨论了在模糊 XML 模型以及模糊 IFO 数据模型中建模模糊信息的问题。为了有效地管理模糊信息,我们提出了把模糊 IFO 数据模型映射成模糊 XML 数据模型的形式化方法。下一步,我们将研究对由模糊 IFO 数据模型映射而成的模糊 XML 数据模型的查询。

参考文献

- [1] Bertino E, Catania B. Integrating XML and databases[J]. IEEE Internet Computing, July-August 2001; 84-88
- [2] Conrad R, Scheffner D, Freytag J C. XML conceptual modeling using UML[C]// Lecture Notes in Computer Science 1920. Springer, 2000; 558-571
- [3] Psaila G. ERX: A data model for collections of XML Documents [C]// Proceedings of the 2000 ACM Symposium on Applied Computing. 2000; 898-903
- [4] Mani M, Lee D W, Muntz R R. Semantic data modeling using XML schemas[C]// Lecture Notes in Computer Science 2224. 2001; 149-163
- [5] Xiao R G, Dillon T S, Chang E, et al. Modeling and transformation of object-oriented conceptual models into XML schema[C]// Lecture Notes in Computer Science 2113. 2001; 795-804
- [6] Elmasri R, Wu Y C, Hojabri B, et al. Conceptual modeling for customized XML schemas[C]// Lecture Notes in Computer Science 2503. 2002; 429-443
- [7] Bernauer M, Kappel G, Kramler G. Representing XML Schema in UML(A Comparison of Approaches[C]// Lecture Notes in Computer Science 3140. 2004; 440-444
- [8] Buckles B P, Petry F E. A fuzzy representation of data for relational database[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1982, 7(3): 213-226
- [9] Prade H, Testemale C. Generalizing database relational algebra for the treatment of incomplete or uncertain information and vague queries[J]. Information Sciences, 1984, 34: 115-143
- [10] Raju K V S V N, Majumdar K. Fuzzy functional dependencies and lossless join decomposition of fuzzy relational database systems[J]. ACM Transactions on Database Systems, 1988, 13(2): 129-166
- [11] Umamo M, Fukami S. Fuzzy relational algebra for possibility-distribution-fuzzy-relational model of fuzzy data[J]. Journal of Intelligent Information Systems, 1994, 3: 7-27
- [12] Aygun R S, Yazici A. Modeling and management of fuzzy information in multimedia database applications [J]. Multimedia Tools and Applications, 2004, 24(1): 29-56
- [13] Chamorro-Martinez J, Medina J M, Barranco C D, et al. Retrieving images in fuzzy object-relational databases using dominant color descriptors[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2007, 158(3): 312-324
- [14] Ma Z M. A conceptual design methodology for fuzzy relational databases[J]. Journal of Database Management, 2005, 16(2): 66-83
- [15] Ma Z M, Shen De-rong. Modeling fuzzy information in the IF₂O and object-oriented data models[J]. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2006, 17(6): 597-612
- [16] Ma Z M, Zhang W J, Ma W Y, et al. Conceptual design of fuzzy object-oriented databases using extended entity-relationship model[J]. International Journal of Intelligent Systems, 2001, 16: 697-711
- [17] Yazici A, Buckles B P, Petry F E. Handling complex and uncertain information in the ExIFO and NF2 data models[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 1999, 7(6): 659-676
- [18] Yazici A, Soysal A, Buckles B P, et al. Uncertainty in a nested relational database model[J]. Data & Knowledge Engineering, 1999, 30(3): 275-301
- [19] Bordogna G, Pasi G, Lucarella D. A fuzzy object-oriented data model for managing vague and uncertain information[J]. International Journal of Intelligent Systems, 1999, 14: 623-651
- [20] Dubois D, Prade H, Rossazza J P. Vagueness, typicality, and uncertainty in class hierarchies[J]. International Journal of Intelligent Systems, 1991, 6: 167-183
- [21] George R, Srikanth R, Petry F E, et al. Uncertainty management issues in the object-oriented data model[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 1996, 4(2): 179-192
- [22] Van Gyseghem N, De Caluwe R. Imprecision and uncertainty in UFO database model[J]. Journal of the American Society for Information Science, 1998, 49(3): 236-252
- [23] Ma Z M, Zhang W J, Ma W Y. Extending object-oriented databases for fuzzy information modeling[J]. Information Systems, 2004, 29(5): 421-435
- [24] Cuevas L, Marín N, Ponsb O, et al. pg4DB: A fuzzy object-relational system[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2008, 159(12): 1500-1514
- [25] Ma Z M, Yan Li. A literature overview of fuzzy conceptual data modeling[J]. Journal of Information Science and Engineering,

- [26] Ma Z M, Yan Li. A literature overview of fuzzy database models [J]. Journal of Information Science and Engineering, 2008, 24 (1): 189-202
- [27] Zadeh L A. Fuzzy sets[J]. Information and Control, 1965, 8(3): 338-353
- [28] Abiteboul S, Segoufin L, Vianu V. Representing and querying XML with incomplete information[C]// Proc. 12th ACM SIGACT-SIGMOD-SIGART Symposium on Principles of Database Systems, 2001: 150-161
- [29] Hung E, Getoor L, Subrahmanian V S. PXML: A probabilistic semistructured data model and algebra[C]// Proceedings of 19th the International Conference on Data Engineering, 2003: 467-478
- [30] Nierrman A, Jagadish H V. ProTDB: Probabilistic data in XML [C]// Proceedings of the 28th International Conference on Very Large Data Bases, 2002: 646-657
- [31] Senellart P, Abiteboul S. On the complexity of managing probabilistic XML data[C]// Proceedings of the 26th ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART Symposium on Principles of Database Systems, 2007: 283-292
- [32] Van Keulen M, De Keijzer A, Alink W. A probabilistic XML

approach to data integration[C]// Proceedings of the 2005 International Conference on Data Engineering, 2005: 459-470

- [33] Gaurav A, Alhajj R. Incorporating fuzziness in XML and mapping fuzzy relational data into fuzzy XML[C]// Proceedings of the 2006 ACM Symposium on Applied Computing, 2006: 456-460
- [34] Oliboni B, Pozzani G. Representing fuzzy information by using XML Schema[C]// Proceedings of the 2008 19th International Conference on Database and Expert Systems Application, 2008: 683-687
- [35] Ma Z M, Yan L. Fuzzy XML data modeling with the UML and relational data models [J]. Data & Knowledge Engineering, 2007, 63: 972-996
- [36] Yan Li, Ma Z M, Liu Jian. Fuzzy data modeling based on XML Schema[C]// Proceedings of the 2009 ACM International Symposium on Applied Computing, 2009: 1563-1567
- [37] Zadeh L A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility[J]. Fuzzy Sets and Systems, 1978, 1(1): 3-28
- [38] Abiteboul S, Hull R. IFO: A Formal Semantic Database Model [J]. ACM Transactions on Database Systems, 1987, 12(4): 525-565

(上接第 130 页)

示的 Web 集成式的 B/S 3 层结构模式。

结束语 物联网能够帮助企业构建基于主动反馈机制的精细化供应链,打破流程瓶颈实现库存管理实时化,改善数据采集方式,节省人力成本,提高运营效率,从根本上改善企业的运营流程,增强企业的核心竞争力。

本文研究了物联网在零售业中的应用前景,具体分析了基于物联网技术下物流信息系统在配送中心运用的改进策略,借助 RFID 技术和 SCOR 模型为企业应用物联网技术建立精细化物流配送中心提供了可行的参考模型。

参 考 文 献

- [1] 刘普合. 对于商业自动化有关问题的认识[J]. 市场与电脑, 1998 (1)
- [2] 陈东. 基于自动识别技术的物流信息系统的研究与应用[D]. 济南: 山东师范大学
- [3] 蒋亚军, 贺平, 赵会群, 等. 基于 EPC 的物联网研究综述[J]. 广东通信技术, 2005(8)
- [4] 余雷. 基于 RFID 电子标签的物联网物流管理系统[J]. 微计算

机技术, 2006(2)

- [5] 谢勇, 王红卫. 基于物联网的自动入库管理系统及其应用研究 [J]. 物流技术, 2007(4)
- [6] Supply Chain Operations Reference Model. SCOR® Version 8. 0
- [7] 陈子侠. RFID 技术的应用与现代物流[J]. 商业研究, 2003(6)
- [8] 卢莉, 谢金刚. 零售业中 RFID 技术的应用的分析与对策[J]. 计算机时代, 2005(6)
- [9] 徐丹, 王铁林. RFID 在物流配送中心中的应用[J]. 物流技术, 2005(6)
- [10] Online guide to RFID Technology products. www. RFID-101. com
- [11] The EAN UCC system. www. ean-ucc. com
- [12] 斯建勇. 配送中心设施规划及仿真研究[D]. 杭州: 浙江大学
- [13] 冯淑珍. 物流中心作业系统仿真建模及资源优化配置研究[D]. 长春: 吉林大学
- [14] RFID 及其在物流配送中的应用[D]. 武汉: 华中科技大学, 2005: 24-28
- [15] 庞娟. RFID 与仓储管理系统的应用结合[J]. 中国储运, 2004 (5): 47-48

(上接第 134 页)

- [8] Gelfond M, Lifschitz V. Classical negation in logic programs and disjunctive databases[J]. New Generation Computing, 1991, 9: 365-385
- [9] Martin D, Paolucci M, McIlraith C. Bringing semantics to Web services: The OWL-S approach[C]// First Int. Workshop on Semantic Web Services and Web Process Composition (SWSWPC 2004). San Diego, CA, 2004
- [10] Lifschitz V. Action languages, answer sets, and planning [C]// The Logic Programming Paradigm-A 25 Years Perspective.

New York: Springer-Verlag, 1999: 357-373

- [11] Lifschitz V. Answer set planning[C]// Schreye D, ed. Proc. of the 16th International Conference on Logic Programming (ICLP'99). The MIT Press, 1999: 23-37
- [12] Son T C, Baral C, Tran N, et al. Domain-dependent knowledge in answer set planning[J]. ACM Transactions on Computational Logic, 2006, 7(4): 613-657
- [13] Bacchus F, Kabanaz F. Using temporal logics to express search control knowledge for planning[J]. Artificial Intelligence, 2000, 1(2): 123-132