

XML 物化视图远程增量维护在试验任务数据接口同步中的应用^①

赵建平¹, 段慧芬¹, 许利亚¹, 赵建辉², 施 斌¹, 吴学军¹

¹(中国卫星海上测控部 技术部, 江阴 214431)

²(空间信息中继传输技术研究中心, 北京 100094)

摘 要: 在试验任务中引入 XML 文档数据接口, 一方面提高了远程数据查询分析的效率, 另一方面也产生了 XML 物化视图的维护带来的高系统开销的问题. 针对该问题, 采用 XML 物化视图远程增量维护的方法, 通过系统原型设计、系统部署、同步机制, 可有效地实现试验任务数据接口同步. 结果表明, 在不影响试验任务数据处理与传输的实时性及可靠性的条件下, XML 物化视图远程增量维护有效地实现了指挥显示系统数据接口的一致性.

关键词: 物化视图; 远程增量维护; 数据接口; 同步

Application of Web Incremental Maintenance Based on XML Materialized View to the Experiment Task Data Interface Synchronization

ZHAO Jian-Ping¹, DUAN Hui-Fen¹, XU Li-Ya¹, ZHAO Jian-Hui², SHI Bin¹, WU Xue-Jun¹

¹(Technology Sub-department, Satellite Marine Tracking and Control Department of China, Jiangyin 214431, China)

²(Spatial Information Relay Transmission Technology Research Center, Beijing 100094, China)

Abstract: XML data interface in the experiment task, on the one hand, not only improves the efficiency in the web data inquiry and analysis, on the other hand has also brought us the problem of the high cost of the system resource from the the maintenance of the XML materialized views. To resolve this problem, XML materialized views web incremental maintenance methods applied, through prototype system design, system deployment, synchronization mechanism, can effectively achieve the data interface synchronization of experiment tasks. The results show that, web incremental maintenance based on XML materialized view effectively realizes the command display system data interface consistency in the condition of not affect experiment task data processing and transmission of real-time and reliability conditions.

Key words: materialized view; web incremental maintenance; data interface; synchronization

通过定义 XML 架构和数据库中的表之间的映射, 可以创建持久性数据的“XML 视图”^[1]. 物化视图是实实在在的占据存储空间的数据区域.

基于数据库和面向对象的试验信息监视显示软件系统(包括数据处理子系统、数据显示子系统)各个子系统之间的数据接口定义在试验数据库的数据表中. 对试验任务数据库, 将其数据视图进行 XML 格式的存

储, 形成基于 XPath 或 XQuery 语言的物化视图, 各子系统之间数据接口采用 XML 格式, 可提高软件的可维护性, 并提高试验任务数据库的查询效率^[1]; 但是 XML 物化视图因要占据存储空间, 当物化视图底层的数据源变化时, 系统更新物化视图必会耗费一定的资源. 试验任务中各子系统对试验任务数据库进行远程操作时, 其高信息量、复杂的数据处理, 会给试

① 收稿时间:2012-06-04;收到修改稿时间:2012-08-06

验 IP 网及服务器和客户端造成资源负担。

为了既有效保证客户端物化视图与数据源的一致性, 又降低网络开销, 从而保证试验任务数据处理与传输的实时性与可靠性. 本文提出一种物化视图增量维护方法, 实现系统数据接口更新过程的优化和数据视图的快速更新与访问。

1 增量维护原理

1.1 物化视图增量维护

当客户端物化视图所映射的数据库服务器的数据源变化时, 尽管微小的数据源变化只影响了部分视图数据, 但是对快照的数据区域全集的更新维护, 因重新计算视图而导致较大的网络资源开销. 物化视图增量维护, 根据视图变化的部分来更新视图, 只重新计算底层数据库中的变化部分, 可减少重复查询的开销. 当底层数据库的内容发生变化时, 通知数据库系统, 数据库系统根据底层数据库的变化情况和物化视图的定义, 求出物化视图的增量, 然后相应地修改物化视图。

1.2 原理

假设数据源为 x , 客户端请求的查询计算为 f , 其查询计算结果为 r , 则 $r = f(x)$ ^[2], 在树型结构的 XML 数据源中, 其变更是以节点为最小单位的, 任何 XML 数据源的变更都可以归纳为对某个指定节点的修改、插入、删除操作。

数据源所发生的变更为 Δx , 为了计算 $f(x + \Delta x)$ 的计算结果 r' , 我们试图找到对应于 f 的增量计算 $finc$, 使 $r' = finc(x, \Delta x, r)$ ^[2], 在增量计算 $finc$ 的设计中, 计算的过程中应尽可能利用前次的计算结果 r , 并尽可能少地访问原有的 XML 数据源 x , 那么 $finc$ 的计算量就有可能远远小于 f 的计算量, 进而实现 XML 物化视图的增量更新. 我们已经实现根据 XPath 或 XQuery 查询 f 来组织增量计算 $finc$ 的几种代码生成方法. 人们可以根据 XML 视图定义语言 (XPath 或 XQuery) 的不同来设计不同的增量计算算法。

在 Web 环境中, XML 查询请求 f 从客户端发出, XML 数据源 x 存储在服务器端, $f(x)$ 的前次计算结果 r 保存在客户端。

客户服务器软件来支持增量维护计算; 服务器配置于数据源一侧, 管理数据源以及针对 XML 查询 f 所生成的增量维护程序 $finc$; 当数据源 x 发生数据变化 Δx (或者当客户查询请求的参数数值变化了 Δx) 时,

生成 $finc(x, \Delta x, r)$, 并将 $finc$ 计算分解为 2 个部分, 在服务器端完成与 x 和 Δx 相关的计算, 生成增量更新 $fres$. 这个动态生成的 $fres$ 程序代码被发送到客户端专门处理前次的计算结果 r 并得到新的计算结果 r' . 即 $r' = fres(r)$ ^[2].

上文中, x 为数据源, f 为查询计算, r 为查询计算结果; Δx 为数据源所发生的变更, r' 为数据源变更后查询计算结果, $finc$ 为增量计算, $fres$ 为增量更新计算。

1.3 XQuery 技术

XQuery (An XML Query Language), 是一种可以查询结构化或半结构化 XML 数据的语言. XQuery 基于现有的 XPath 查询语言, 并支持更好的迭代、更好的排序结果以及构造必需的 XML 的功能. XQuery 在 XQuery 数据模型上运行. 此模型是 XML 文档以及可能为类型化也可能为非类型化的 XQuery 结果的抽象概念. 类型信息基于 W3C XML 架构语言所提供的类型. 如果没有可用的类型化信息, XQuery 将按照非类型化处理数据. 这与 XPath 1.0 版处理 XML 的方式相似^[4].

Xquery 1.0 的径表示法: 其语法是基植于 XPath 1.0 的语法, 以路径方式浏览 XML 文件. 路径表示法的开头可指定文件中的一特定节点或一包含其它子节点的母节点, 再依文件的结构配合 XPath 的语法, 找到符合路径的数据^[3].

2 系统架构原型设计

用于试验任务软件系统数据接口维护的远程增量维护系统, 采用 C/S (Client/Server, 客户/服务器) 架构, 服务器提供“增量维护代理”, 生成“增量更新程序”; 客户端执行“增量更新程序”, 对物化视图进行更新. 其系统架构原型设计见图 1。

各关键模块功能如下^[3]:

(1) 客户端: “XQuery 查询执行引擎”, 即 “XQuery 查询引擎” + “增量更新程序执行引擎”, 提供访问物化视图的应用接口, 并执行从服务器返回的“增量更新程序”, 对物化视图进行更新; 物化视图以 XML 的格式存储于客户端。

(2) 服务器端: “增量维护代理”服务, 负责根据数据源的变化生成“增量更新程序”. 由“增量维护管理器”、“增量计算程序生成器”、“部分求值器”、“探索查询”和“XQuery 查询引擎”等模块组成;

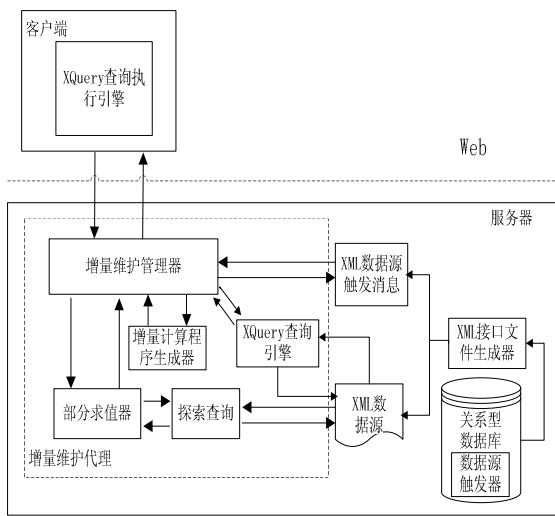


图 1 系统架构原型图

a) “增量维护管理器”，负责调度增量维护服务的工作流程，为客户端提供增量维护服务的接口；协调客户端请求和数据源变更响应工作流程的并行处理，为客户端建立 XQuery 查询注册信息，管理“增量更新程序”的存储，维护“增量更新程序”与对应客户端的版本一致。

b) XQuery 查询引擎，为客户端的首次查询获取 XML 视图提供查询接口；

c) “增量计算程序生成器”，负责“增量计算程序”的代码生成。此模块被“增量维护管理器”调用，通过输入数据源的变更信息 and 客户端注册的 XQuery 表达式，而生成对应的“增量计算程序”代码。

d) 部分求值+探索查询，“部分求值”调用探索查询来完成涉及 XML 数据源文档的计算，并将计算结果代入“增量计算程序”进行替换，得到增量更新程序。

e) “数据源触发器”负责捕获发生于数据库数据源的所有变化，向“XML 接口文件生成器”提交数据源变更通知。

f) “接口文件生成器”负责根据数据源变更通知生成“XML 数据源触发消息”，向“增量维护管理器”提交 XML 数据源变更消息；消息包括删除某指定节点、插入节点、修改节点，“接口文件生成器”将关系数据库表生成 XML 数据源。

3 试验任务数据接口同步的实现

第 2 节对基于 XML 物化视图的远程增量维护系统的系统架构的原型进行了设计，本节针对基于数据

库和面向对象的试验信息监视显示软件系统数据接口的维护，如何实现远程增量维护和软件部署进行了重点说明，从而实现试验任务数据接口同步。

3.1 试验任务 XML 数据接口文件

基于数据库和面向对象的试验信息监视显示软件系统(包括数据处理子系统、数据显示子系统)为任务总体人员及指挥者提供有效的数据支持和辅助决策。数据处理子系统接收来自信息中心的各类信息源码，依据数据库中信息类别表、各类信息格式表的配置进行处理解算后，按照系统内部的接口约定(配置于试验任务数据库数据表中)，网络发送至数据显示子系统，为数据显示子系统提供各种任务测控数据。

面对不同任务中不同的数据内容以及不同的数据显示要求，系统只将易变化显示页面封装在数据显示子系统中。^[5]数据处理子系统和数据显示子系统之间需要通过 XML 格式的接口文件明确数据交换的内容和格式信息，保证数据的一致性、完整性和安全性。在试验任务数据库中，存有各类信息帧处理方法的配置，这些配置信息包括数据帧内容、具体处理方法等。通过这些配置信息可以生成数据处理子系统的信息帧处理结果的内容和格式信息，即数据处理子系统与数据显示子系统的接口，将这些接口信息写入 XML 文件便是系统的内部数据接口。因此接口文件生成器连接任务数据库，根据信息类别表、各类信息格式表的配置，生成接口文件 DisplayInitXML.xml。试验信息监视显示软件系统数据接口见图 2。

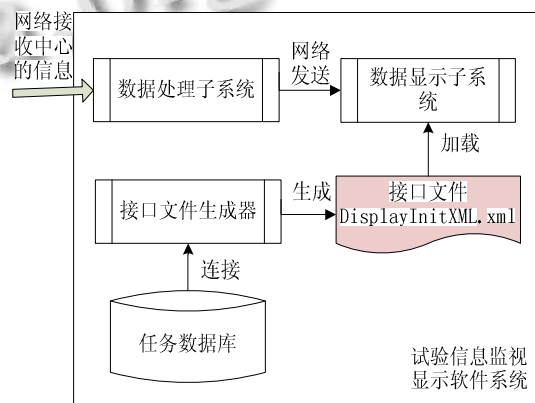


图 2 试验信息监视显示软件系统数据接口图

数据显示子系统被设计为编辑状态和运行状态。数据显示子系统通过加载此接口文件，获得数据内容和数据格式接口信息，在编辑状态，依据 XML 数据接

口文件进行显示控件的数据绑定,完成显示页面编辑功能;在运行状态,XML 数据接口文件作为数据解析的依据,完成试验信息数据的实时监视显示功能。

3.2 物化视图增量维护的部署

某次型号任务所依据的任务测控信息系统信息交换规定发生变更时,那么任务数据库中本次任务某些表的配置就会发生变化,部署了数据显示子系统的二十多台数据显示客户端所有的接口文件必须得到及时的更新,以保证接口的一致性。物化视图增量维护系统部署图如图 3 所示。

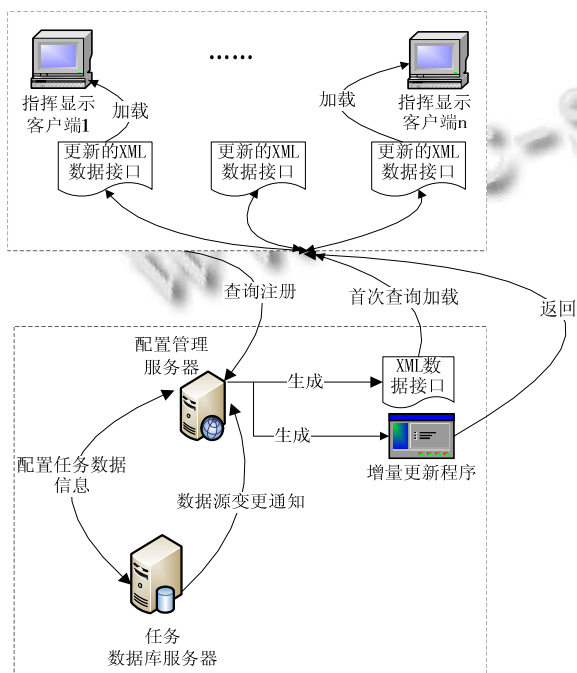


图 3 物化视图增量维护系统部署图

(1) 指挥显示客户端部署数据显示子系统,该软件内置“XQuery 查询求值引擎”模块,具有访问物化视图的应用接口,执行从服务器返回的“增量更新程序”,更新物化视图,将物化视图以 XML 的格式存储于客户端,数据显示子系统加载该 XML 格式的接口文件,对显示控件的进行数据绑定,完成接收帧统计、星下点轨迹、速高曲线、轨道分参、外测数据曲线、箭遥参数等显示页面的定制。

(2) 任务数据库服务器部署 SQL Server 2005(SQL Server 2005 包含支持 XPath 和 XQuery 的内置查询求值引擎,支持 XML 格式的数据集处理功能)和任务数据库 EIMDSS_DB,历次任务中所需用到信息的类型、各种信息格式以数据表的存储于该关系型数据库

中。

(3) 配置管理服务器端部署“增量维护代理”模块,同时部署“任务数据管理系统”和“接口文件生成器”。“任务数据管理系统”连接任务数据库,对任务数据信息进行配置管理,主要负责数据库配置人员对数据表的更新操作(因为任务数据信息的配置)。“接口文件生成器”负责根据数据源触发器的触发将关系型数据表生成 XML 数据源并生成 XML 数据源触发消息。“增量维护代理”则完成第 2 章所述功能。

3.3 物化视图增量维护的过程

通过使用物化视图增量维护的方法,数据显示客户端加载更新数据接口文件的过程可分为三个部分:

(1) 首次查询

数据显示客户端的数据显示子系统一旦(首次)启动,便依据输入任务代号 XX-XX,向服务器发出本次任务数据接口的查询请求:

```
let ¥ b:=doc(“XX-XXDisplayInitXML.xml”)
//return ¥ b
```

增量维护管理器,监听客户端发出的查询请求,首先判断是否首次查询,如果是首次查询,然后对此 XQuery 表达式进行查询工作,得到数据接口的查询结果,查询完成后,进行注册信息,最后将结果视图返回客户端,以物化视图形式存储于数据显示客户端(默认路径下),数据显示子系统便加载该接口文件。

(2) 数据源变化的影响

a) 且任务数据库数据源发生变化时,“数据源触发器”触发“接口文件生成器”通过对已有 XML 文件的访问,构造生成“XML 数据源触发消息”(触发消息包含更新节点的 XPath 表达式和更新节点内容),并生成更新后的 XML 数据源;

b) XML 数据源触发消息”向“增量维护管理器”发出变化通知,“增量维护管理器”调用“增量计算程序生成器”,并传入存储在查询注册表中的变更信息(XPath 表达式),经“增量计算程序生成器”计算,生成相应的“增量计算程序”;

c) 增量维护管理器”调用“部分求值器”,并将生成的“增量计算程序”传入,进行部分求值,得到“增量更新程序”,以队列的形式存储于配置管理服务器端。

如将 GPS 弹道数据外部信类编码 BID 改为 0x002A0106,更新语句如下:

```
REPLACE NODE<OuterCode>002A0106</Outer
```



```
Code>WITHdoc( "d:\XX-XXDisplayInitXML.xml")//
types [InfoName= "GPS 弹道"]/OuterCode
```

得到的增量更新程序为:

```
fn:subsequence( ¥ rs ' 1 ' 5) ' <OuterCode>
002A0106</OuterCode>'
```

```
fn:subsequence(¥ rs ' 7)
```

(3)非首次查询

数据显示客户端的数据显示子系统启动,再次通过输入同样的任务代号 XX-XX 向服务器发出任务数据接口的查询请求:

```
let ¥b:=doc("XX-XXDisplayInitXML.xml")
//return ¥ b(数据接口刷新)
```

查询将返回相应的增量更新程序:

```
fn:subsequence( ¥ rs ' 1 ' 5) ' <OuterCode>
002A0106</OuterCode>'
```

```
fn:subsequence(¥ rs ' 7)
```

数据显示客户端在首次查询结果的基础上执行返回的增量更新程序,便得到最新的数据接口文件。

某次任务若所有数据显示客户端的查询请求是相同的,可以进行统一维护。

3.4 物化视图增量维护同步机制

当客户端的增量维护请求与 XML 数据源触发消息同时发生时,增量维护代理需能对此进行并行处理;而当多客户端同时向增量维护代理发送请求时,增量维护代理还需并行处理多 XQuery 查询请求。

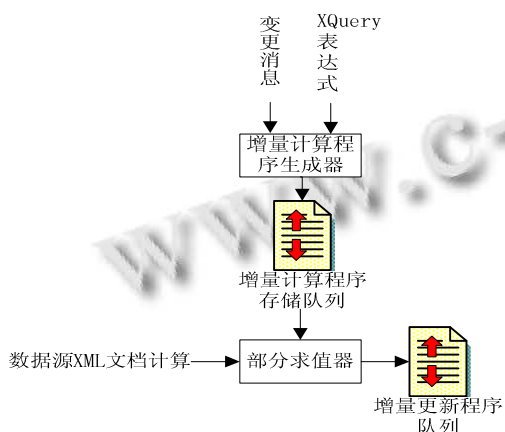


图 4 同步机制图

(1)客户端请求查询的同步过程

因可能随时接收客户端的查询请求,增量维护代理接收请求和执行查询的过程往往是同步进行的,所以在增量维护代理中设置数据的共同访问区(注册及更新程序列表)。

增量维护管理器,监听客户端发出的查询请求,首先判断是否首次查询,如果是首次查询,然后对此 XQuery 表达式进行查询工作,查询完成后,进行注册,最后将结果视图返回客户端。

(2)数据源更新通知的同步过程

当 XML 数据源触发消息发送给增量维护管理器 XML 数据源更新消息,增量维护管理器将更新通知加入变更消息队列中.从变更消息队列中获取变更信息,同时访问注册及更新列表,依次生成更新程序,并将更新程序加入注册及更新程序列表。

4 结语

一方面基于 XQuery 语言的物化视图提高了对试验任务数据库的查询效率,另一方面物化视图增量维护实现了接口更新过程的优化和数据视图的快速更新,降低了网络开销和服务器的负担,又保证了试验任务数据处理与传输的实时性与可靠性.物化视图增量维护保证了数据显示客户端物化视图与任务数据库数据源的一致性,确保了试验信息监视显示软件系统内部数据接口的一致性、可靠性和安全性。

参考文献

- 1 万常选.XML 数据库技术.第 2 版.北京:清华大学出版社,2008.20-40.
- 2 孟彦,廖湖声,金雪云,樊昱.面向 XML 物化视图远程增量维护的版本管理技术研究.计算机工程与设计,2008,29(19):54-58.
- 3 彭蕾,廖湖声,金雪云.XQuery 物化视图增量更新系统框架的研究.计算机应用与软件,2011,28(6):138-142.
- 4 陈荣鑫.基于 XQuery 的 XML 应用系统集成.山东理工大学学报(自然科学版),2011,(25),11-15.
- 5 段慧芬,孙丰,薛倡新.测站试验任务软件接口设计与实现.飞行器测控学报,2009,28:55-58.