

用于HLA实时仿真的海洋环境数据库开发

严科伟¹, 马爱民²

(1. 海军大连舰艇学院研究生一队, 大连 116018; 2. 海军大连舰艇学院舰载武器系, 大连 116018)

摘要: 针对当前数据库产品在数据处理实时性上不能满足HLA实时仿真系统的需求, 建立了一个运用于HLA实时仿真系统的海洋环境数据库。文章提出了为提高数据读取及发送的速度所采取的两项措施: 将数据预先读入内存; 采用数组存放环境数据, 通过实际使用证明能够满足实时仿真的需要。介绍了数据库的总体结构、功能、内容, 数据库的结构建设, 环境要素的存储形式, 数据采集和仿真数据生成和检索模型等数据库要素的生成。通过实际使用及和当前数据库进行比较, 提出了本数据库的优点及有待进一步改进的问题。

关键词: 海洋环境数据库; 高层体系结构; 实时仿真; 检索模型

Development of Sea Environment Database Used for HLA Real-time Simulation

YAN Kewei¹, MA Aimin²

(1. Postgraduate Team One, Dalian Naval Academy, Dalian 116018; 2. Dept. of Warship Weapons, Dalian Naval Academy, Dalian 116018)

【Abstract】 Aiming at the disadvantages of current databases, a sea environment database is established for the HLA real-time simulation. In first part, in order to improve the speed of data transfer, two methods are used: data is read in the memory prior to the simulation; using array to store environment data. Then, the frame of database, the function of database, the main content of database, frame construction of the database, saving forms of the environment parameters, collection of environment data and index models are introduced. Finally, compared with current database, advantages and disadvantages of this database are introduced.

【Key words】 Sea environment database; HLA; Real-time simulation; Index models

HLA(高层体系结构)是用于产生计算机模型或仿真系统的软件体系结构。它能将多个小的计算机仿真系统联合成为一个巨大的仿真系统^[2,3]。因此在应用HLA进行实时仿真时, 由于仿真对象众多, 对数据传输的实时性就有很高的要求, 数据传输的延时将会影响整个系统的运行。特别是对于像环境数据库这类成员来说, 需要向众多成员发送数据, 这就存在一个数据读取及发送能否跟上实时仿真速度的问题。尤其是从数据库中连续读取数据的速度, 成为影响仿真推进的瓶颈。但在当前众多的数据库产品中^[4-6], 如Oracle公司的Oracle9i、Informax公司的Informix - Online、CA公司的OpenIngres/star、Tandem Computer有限公司的NonStop SQL、Sybase公司的Sybase等。这些数据库无论在产品质量, 还是在安全性能等各个方面都各具特色。但也正是因为这些数据库需要兼顾各方面的性能, 为此当数据库数据量很大时, 在数据提取和发送的速度上就难以达到HLA实时仿真系统的要求。在试用Oracle9i后, 进一步证实了这个问题。针对这个问题, 本文建立了一个能够满足HLA实时仿真系统的海洋环境数据库。

1 数据库系统分析

1.1 数据库总体要求

(1)能够利用数据库产生一个接近于实际的海洋仿真环境, 满足实际训练和仿真的需要。

(2)能够满足 HLA 实时仿真系统的实时性要求。即能同时满足多个成员的数据请求, 如同时有 50 个成员要求提供不同位置的环境参数; 能满足同一成员在连续时间内的数据请求, 如鱼雷成员要求每隔 10s 发送一次环境参数。

(3)在满足以上 2 个要求的基础上, 数据库要易于操作维护, 同时要具备一些当前数据库的优点。

1.2 总体结构

海洋环境数据库包括 4 个部分: 数据文件, 数据读取模型, 检索模型和用户接口界面, 其中辅助信息由用户提供。结构图如图 1 所示。

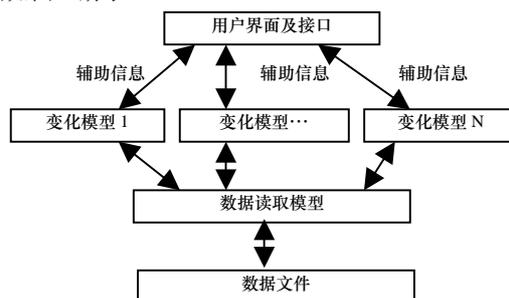


图 1 海洋环境数据库总体结构

1.3 各部分功能描述

(1)数据文件包括各种基准环境数据, 存放于硬盘中, 是本数据库的物理层。当数据库运行时, 根据用户需要读取所需的基准环境数据到内存中。

(2)数据读取模型在用户运行数据库后, 根据用户设定的范围从数据文件中读取数据。

(3)检索模型是本数据库的重要组成部分之一。根据用户

作者简介: 严科伟(1981—), 男, 硕士生, 主研方向: 水雷反水雷装备作战使用及作战仿真; 马爱民, 教授、博导

收稿日期: 2005-11-02 **E-mail:** yankewei@yahoo.com.cn

提供的当前仿真时间和位置信息,检索模型完成数据定位、数据计算两大功能。

(4)用户接口及界面提供给用户一个操作界面,使用户脱离底层文件,方便用户使用。

1.4 数据库包含的主要内容

包括各种自然环境要素,如水深、流、风、波浪、海况、潮汐、温度、盐度、透明度、磁、声、水压场、地形、底质。能根据用户输入的位置和时间信息输出以上各要素当时的数值。

环境要素范围:中国近海(第1岛链)。具体范围如图2所示。

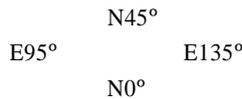


图2 环境要素范围

2 数据库的实现

2.1 HLA 实时仿真的特点及其对数据库的要求

HLA 中描述的时间为逻辑时间,时间管理的目的是协调所有联邦成员的逻辑时间推进。通过使用 HLA 时间管理服务可以实现联邦实时推进,当一个联邦成员设置为时间调节而非时间受限(time-regulated and time-unconstrained)时,在它发出时间推进请求时,RTI 将尽快批准其时间推进。时间受限成员的时间推进则要受到联邦中所有其它时间调节联邦成员的限制。此种时间管理设置是否满足联邦实时推进的前提条件是各受限成员必须在相应的物理时间间隔内完成该步长内各自的模型解算及界面显示工作。因此在 HLA 实时仿真时必须提高数据传输和发送的速度,尤其是对数据库这样一个需要处理大量数据的时间受限联邦成员来说,其处理数据的速度是影响整个仿真速度的关键。但传统的数据库系统旨在处理永久、稳定的数据,强调维护数据的完整性、一致性,其性能目标是高的系统吞吐量和低的代价,无需考虑有关数据及其处理的定时限制。所以,传统的数据库管理系统(DBMS)很难满足 HLA 实时仿真系统应用的需要。HLA 实时仿真系统对数据库提出以下新的要求。

(1)时间约束

由于 HLA 实时仿真的需要,本数据库的主要特征是在数据对象上施加了时间约束。对数据的时间约束,就是在数据库的普通一致性要求以外,又规定了时态一致性要求。在本系统中,具有时间约束的数据主要来自于处理磁盘中已经生成的大量环境数据。

(2)实时数据存储管理

本数据库主要承担系统所有实时环境数据的存储和管理,为相关的功能提供快速、正确的实时信息,因此,对本数据库来说,其实时性是第1位的,考虑到这一点,本数据库在系统运行过程中,应占用空间小,并常驻内存,以保证数据库读取速度快,存取灵活,易于各功能模块之间的数据共享。本数据库的数据共享采用内存文件映射来实现。对于那些实时性要求不高的环境数据,如透明度,可以放在外存储空间。为此,在本数据库设计时,妥善处理了时间和存储空间之间的矛盾,以保证系统的实时性。

2.2 为满足 HLA 实时仿真采取的措施

(1)内存优化管理,高效的内存优化是确保数据完整性和提高数据处理效率的基础。

环境参数从数据库到发送请求的成员,需要经过以下几个步骤:数据库在接到请求后从硬盘中检索数据,把读取数据放到内存,在内存中经过数据处理后发送给请求成员。分

析该过程可以发现影响数据库提取及发送数据速度的最主要因素在于:从硬盘中检索大量数据耗时很大。其次在内存中若没有一个合理的数据处理过程,也会影响速度。为了提高数据读取及处理的速度,在每次仿真开始前先确定进行仿真海区的范围,根据范围把数据预先读入内存。这个方法可能会占较多内存空间,但是根据试验,一个仿真海区的数据一般在 100MB 左右,目前的普通计算机即可满足要求。

(2)高效的检索模型,高效的检索模型是确保环境数据能够迅速被检索到并及时发送的关键。

由于本数据库采用 VC++ 语言编程,在考察了所有的数据类型后,决定用数组作为数据存储结构及检索模型的最小单元。如对于某一点的水深数据以 WaterDepth[i][j] 存储,其中高维 i 代表经度,低维 j 代表纬度代表其位置,水深数据相应存放于数组中。在实际使用后作者归纳出了使用数组的 3 个优点:(1)数据存放方便。由于本数据库提供的是海洋环境数据,其数据定位手段是经纬度,为此当采用数组存放时,在确定数据的起始经纬度之后,就可将相应的数据精度按照数组的顺序存放。(2)检索快捷方便。使用数组对某一数据进行定位时只需找到与该数据相邻的 4 个数组数据即可进行定位检索。(3)读取速度快。在读取相同数据量时,使用数组比使用结构体和 CArray 类型速度都要快。

2.3 数据库结构建设

数据库结构分为两种形式:一种是统一结构,即在确定的仿真海区范围内,以经纬度确定等间隔的规则网格,对应每个网格存放一组环境数据。由于网格精度有限,无法表达细节,因此对于不同的环境数据需确定对应的适当网格步长,使网格精度能够满足仿真要求。可用统一结构存放的环境要素称为缓变要素。流、风、波浪、海况、潮汐、温度、盐度、透明度、磁、声、水压场、底质都是缓变要素。另一种是专用结构,即针对某一种环境要素,提供特定的存储结构,例如对海底地形,使用不规则三角网。这种结构主要考虑要素的某些特殊细节,例如海底可能存在突出的山峰或海沟。存在突变的要素称为突变要素,主要有水深、地形。

2.4 环境要素的存储形式

环境要素以网格方式存放,每个网格点为一个元素,每个元素为一个结构,存放该点的各环境要素值,在具体实现时以数组形式存放。

为方便计算及提高查找速度,采用与实际经纬度相关的网格,例如以 0.1' 为单位,存放一般数据(流向流速、风向风速、潮高、底质、表面温度、声速梯度、盐度等),以 0.01' 为单位存放密集数据(如水深等)。

2.5 数据采集和仿真数据生成

数据采集是本数据库建设过程中工作量最大的环节,数据质量的优劣直接关系到仿真的真实性。为此在数据采集过程中大部分采用实际数据。对数据库数据的最终目标也是全部采用实际数据,但其工作量极大,而且数据采集或收集也存在经费和保密等各种障碍,实现极为困难。由于数据库数据不可缺少,因此第 1 步主要考虑仿真和实际相结合的数据库数据,以后根据需要再逐步更新数据。

环境要素通过以下 3 种途径获得:(1)实际数据,例如水深数据可来自海图;(2)仿真数据,仅供训练使用,需要各种生成模型,如水声数据;(3)混合数据,利用部分实际数据(实际数据不够精确,达不到使用要求),并在此基础上,利用某种适当算法,利用实际数据生成仿真数据,形成可满足仿真

训练要求的数据集。此法既可利用实际数据，又能克服实际数据往往不够全面充足的问题。如盐度和温度数据。

2.6 检索模型

检索模型由两方面组成，一个是面向所有数据的数据定位模型，设用户输入的位置点经纬度为 $P_1(x_1, y_1)$ ，数据范围从 $P_2(x_2, y_2) \sim P_3(x_3, y_3)$ ，网格精度为 i (如网格精度可为 $0.2'$)，数据以二维数组 a 存放，则求 P_1 所在网格顶点的算法如下：

高维(经度)： $E=(x_1 - x_2) * 60 / i$ ， $E < x_3$ ，两个经度点为 $E1 = \text{int}(E)$, $E2 = \text{int}(E) + 1$

低维(纬度)： $N=(y_1 - y_2) * 60 / i$ ， $N < y_3$ ，两个纬度点为 $N1 = \text{int}(N)$, $N2 = \text{int}(N) + 1$

即方格4顶点水深(坐标)为(左下起, 顺时针): $H1(E1, N1)$ 、 $H2(E2, N1)$ 、 $H3(E2, N2)$ 、 $H4(E1, N2)$ 。

则P点所在的网格的4个顶点数据为：

$a[E1][N1]$, $a[E2][N1]$, $a[E1][N2]$, $a[E2][N2]$

另一类是针对各种数据的专用变化模型。包括流、风、波浪、海况、潮汐、温度、盐度、透明度、声、水压场。其中流、潮汐采用日变化模型；风、波浪、海况采用随机变化模型；温度、盐度、透明度、声、水压场采用季节变化模型。以上各种变化模型的主要来源于目前已经成熟的模型，并通过适当的变换以适合本数据库。

两种模型的关系如图3所示。

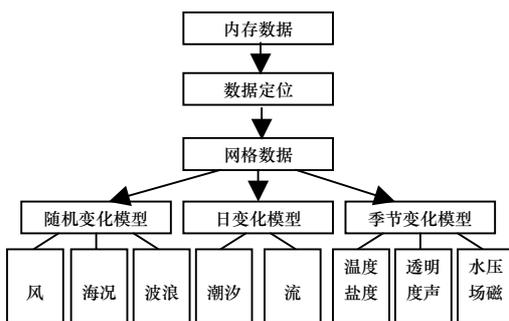


图3 数据定位模型和专用变化模型的关系

3 本数据库的优点及有待改进的问题

3.1 数据库的优点

(1)数据读取及处理速度快。采取了两项提高速度的方法：将数据预先读入内存；采用数组存放环境数据。因此数据读取及处理的速度能满足HLA实时仿真系统的需要。

(2)能满足实际仿真要求。本数据库包括了海洋中的各种

基本环境数据，并通过一套控制变化模型，创造了一个与实际环境相近的仿真环境，能够满足仿真及训练的要求。

(3)易实施性强。由于本数据库在设计时就考虑到了现行数据库的不足之处，因此容易维护，不需要专业的数据库知识，只要根据用户接口及界面操作即可。且不会随着使用时间的增加而产生冗余的数据。

3.2 有待改进的问题

(1)数据有待进一步真实化。正如前面所述，虽然目前的数据已经足够仿真一个复杂的环境，但是基于仿真的真实性，还是希望能够得到尽可能多的真实数据，目前这项工作仍在进行中。

(2)当仿真范围很大时，如为整个中国近海时，则一次需要读入内存中的数据量很大，对计算机内存的要求较高，约需2GB左右，这样才能达到实时仿真的要求。

(3)目前所有的环境数据都不对用户开放，用户只有使用权，而无修改权。下一步改进的方向是让用户能够根据需要使用需要修改部分数据。

4 结语

海洋环境数据库是进行海上系统仿真时不可或缺的。本文建立了一个应用于HLA实时仿真系统的海洋环境数据库。在建立的过程中针对当前数据库的不足，进行了改进，使本数据库具有较高的数据读取和发送速度，能够满足实时仿真的需要，又简单易用，便于维护。目前该数据库已应用于水中武器仿真系统，在实际使用中很好地完成了仿真作战环境的任务。

参考文献

- 徐武. Visual C++与Oracle数据库编程实例[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- 付正军. 计算机仿真中的HLA技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003.
- 周彦, 戴剑伟. HLA仿真程序设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- 陈建荣. 分布式数据库设计导论[M]. 北京: 清华大学出版社, 1992.
- 吴志刚. 分布式关系数据库管理系统(RDBMS)的八大要素[N]. 计算机世界报, 1994, 8(51).
- 赵平杰. 微机数据库的选择[J]. 中国计算机用户, 1994, 7(12).

(上接第279页)

义钱币本体及确定推理规则的基础。本系统采用Ontology技术，用OWL语言来定义属性和规则，不仅所需的存储空间小、传递方便，而且其设计直观，从而使专家系统的扩展性得到了较大的提高。同时，系统的钱币鉴别Web服务都是用OWL-S定义的，进一步提高了系统的效率。目前，我们正按计划实现该系统的主要模块，实现的过程表明上述设计是可行的、具有较明显的优势。

参考文献

- IBM Corporation. Service-oriented Architecture Expands the Vision of Web Services[Z]. 2004-04.
- OWL-S 1.1 Release[EB/OL]. <http://www.daml.org/services/owl-s/1.1/>.
- OWL-S: Semantic Markup for Web Services[Z]. <http://www.w3.org/Submission/2004/SUBM-OWL-S-20041122>, 2004-11-22.
- DAML+OIL[Z]. <http://www.daml.org/2001/03/daml+oil-index.html>, 2001-03.