

基于公共安全的应急平台数据中心的设计研究^{*}

谷 岩

(广州大学计算机科学与教育软件学院, 广东 广州 510006)

摘要: 以数据、预案、模型、知识、决策方法存储和使用为核心的公共安全数据中心是由存储设备、网络设备、应用数据和应用程序综合集成, 它具有存储、查询、管理和维护等功能。根据应急平台的需求, 数据中心采用“层次+混合”的方法进行数据中心体系结构的设计。在数据中心的核层, 数据、预案、模型、知识、决策方法按一定的结构“混合”在一起。设计数据中心的结构, 实现各类数据的集成和管理, 为应急平台的各种应用提供有效的访问。

关键词: 数据中心; 体系结构; 预案库; 模型库; 方法库

中图分类号: TN919.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579(2012)02-0017-06

The Research and Design of Data Center Based on the Public Safety Emergency Platform

GU Yan

(School of Computer Science and Educational Software, Guangzhong University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Data, plan, model, knowledge and decision-making method for the storage and use as the core of public security data center is composed of storage devices, network equipment, application data and application integration. The data center has storage, query, management and maintenance functions. According to the demand of emergency platform, data center uses “level + mixed” method for architecture design. In the core layer, data, preplan, model, knowledge and decision-making method are mixed together according to the structure. The design of data center structure can realize data integration and management and provide effective access for a variety of application of emergency platform.

Key words: data center; architecture; preplan base; model base; method base

数据中心是基于公共安全的应急平台准确和高效运行的核心和基础, 因此合理地规划数据中心的建设, 设计数据中心的体系结构, 实现各类数据的集成和管理, 为应急平台的各种应用提供有效的访问, 是十分必要的^[1-7]。

1 数据中心的体系结构

以数据、预案、模型、知识、决策方法存储和使用为核心的应急平台数据中心是由存储设备、网络设备、应用程序和应用数据综合而成, 它具有存储、查询、管理和维护等功能, 并具备高度的灵活

性、适应性和安全性。因此根据应急平台的需求, 数据中心采用“层次+混合”的方法进行体系结构的设计。从体系结构上, 数据中心可划分为存储设备层、核心数据层、安全组件层、数据接入层等多个层次。从核心数据层, 数据中心具有数据、预案、模型、知识、决策方法5个数据类型, 它们在对应的管理系统的支持下按一定的结构“混合”在一起, 通过各类数据的集成、共享、交换, 实现数据中心在内容上的完整、结构上的分层和逻辑上的互联^[8-15]。

在数据中心的存储设备层, 可以采用集中性和

* 收稿日期: 2011-11-02

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(10151009101000006); 广州市属高校科研资助项目(10A006)

作者简介: 谷岩(1963年生), 男, 副教授; E-mail: gy_guyan@yahoo.com.cn

虚拟化存储机制实现数据中心的存储管理。以存储区域网络 (SAN) 为存储架构可以实现集中性存储, 使所有的应用程序都能够连接并识别数据中心的各种设备, 在集中性存储的基础之上, 通过构建虚拟存储平台, 实现异构存储设备的抽象化管理。利用逻辑卷管理器 (Logical volume manager), 所有物理磁盘和分区都可以被抽象为单一存储源, 从而屏蔽了存储设备的异构性, 实现了基于主机的虚拟化存储; 利用 SCSI/RAID 阵列控制器 (Firmware), 可以将多个独立硬盘驱动器组成的阵列或组抽象成多个存储器单元进行统一的存取与管理, 从而实现基于存储设备的虚拟化存储; 利用存储虚拟化引擎 (Virtualization engine), 将存储器虚拟成存储池, 为基于网络的主机或服务器统一提供存储池中的存储空间, 并进行数据的统一管理, 从而实现基于网络层的虚拟化存储。应急平台数据中心体系结构如图 1。

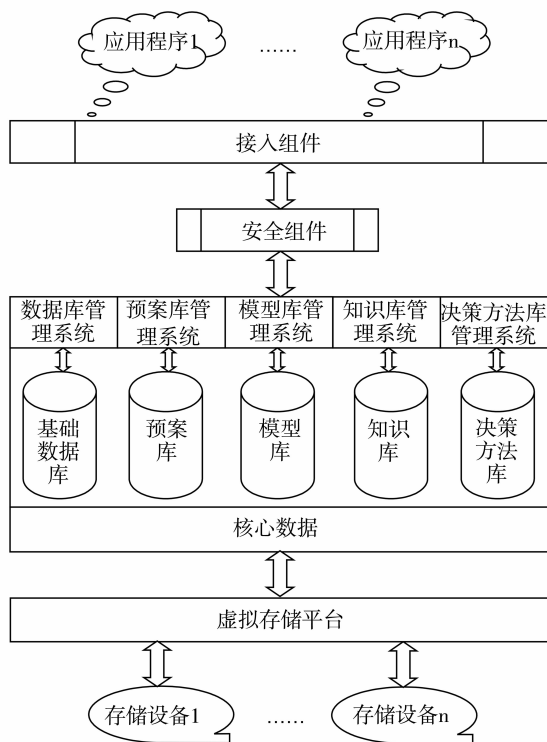


图 1 应急平台数据中心体系结构

Fig. 1 System structure of data center based on the public safety emergency platform

2 基础数据库的建立

基础数据库存储了应急平台的核心数据, 它是保证应急平台正常、高效运行的关键。基于应急平

台的数据可以按照决策分析的主题来组织, 每个主题对应一个决策分析或应急处置领域, 然后为每个主题所包含的实体及它们之间的关系建立概念模型, 在此基础上导出关系数据模型。根据应急平台的特点和功能, 基础数据库可以分为: 联机事务处理 (OLTP) 类数据库、联机分析处理 (OLAP) 类数据库、基于 GIS 的空间数据库。而根据主题的不同, 基础数据库包含: 气象信息库、市貌信息库、人力资源库、物质资源库、应急响应信息库、环境数据库、灾害信息数据库等。通过对基础数据库数据模式的分解可以达到关系模式的规范化: 模式个数和模式中属性个数最少。但在实际应用时, 最小冗余虽然节省了存储空间, 但有时会影响查询速度, 因此在实际设计时, 关系模式的规范化仅达到第 3 范式 (3NF) 或 BC 范式 (BCNF) 即可。同时, 基础数据库的数据模型必须满足 3 类完整性约束: 实体完整性、参照完整性和用户定义的完整性。

数据的安全性是数据中心建设与应用的关键, 它需要建立安全控制策略体系。因此, 整个基础数据库采用强制存取控制方法以保证数据库的安全性: 每一个数据被设定一定的加密级别, 每一个用户也被授予某一级别的权限, 只有拥有某一级权限的用户才能存取基础数据库中某一密级的数据。因此, 在基于强制存取控制技术的基础上, 提出一种独立于应用系统的数据权限控制的设计方法, 实现对系统用户、系统功能项、用户权限、数据权限等系统资源的统一管理。其基本思路是: 每个用户拥有一个合适的角色, 每一个角色都具有对系统功能及数据的使用权限, 角色是安全控制策略的核心。系统对用户权限的分配机制是: 首先将应用系统的功能权限和数据权限分配给指定角色, 然后再将角色分配给用户。基础数据库的体系结构见图 2。

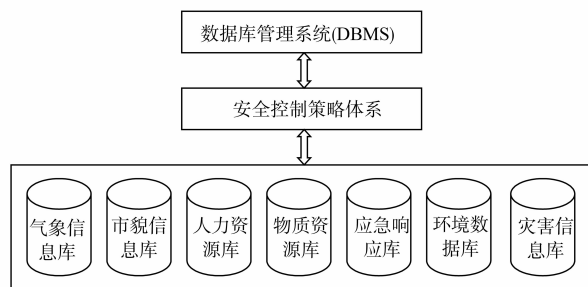


图 2 基础数据库的体系结构

Fig. 2 System structure of basic database

3 预案库的建立

3.1 预案库的设计

应急预案库用于存放数字化预案，并可实现预案的检索和匹配。根据预案库的结构特点，可使用六元组表达式描述预案库中预案的结构和内容。预案的六元组可表达为： $P = \langle E, T, R, S, D, C \rangle$ ，其中 E 表示事件类型，值域 = {自然灾害，事故灾难，公共卫生事件，社会安全事件}；T 表示预案主题，它是一个有限集；R 表示事件响应等级，值域 = {I 级（特别重大），II 级（重大），III 级（较大），IV 级（一般）}；S 表示事件严重后果等级，值域 = {I 级（特别严重），II 级（严重），III 级（一般）}；D 表示事件持续时间分级，值域 = {龙卷风型，腹泻型，长投影型，文火型}；C 表示预案内容。数字化预案库可用关系模型表达，其结构见表 1。

表 1 基于关系模型的数字化预案库结构

Table 1 Digitalized emergency preplan structure based on relation model

事件类型	预案主题	事件响应等级	事件严重后果等级	事件持续时间分级	预案内容
...

预案库的存储结构采用动态存储模型。动态存储模型的基本思想是利用预案属性作为分类标准，将具有共同属性的预案组织在一起。形成的存储结构将是一棵倒置的 n 叉树，树根与节点是突发事件属性，树叶则是预案。利用上述模型，可以构建面向突发事件领域的动态预案库。整个预案库采用强制存取控制方法以保证预案库的安全性：每一个预案被设定一定的加密级别，每一个用户也被授予某一级别的权限，只有拥有某一级权限的用户才能存取预案库中某一密级的预案。

3.2 预案的搜索

如果要从预案库中查询预案，首先确定事件的事件类型、事件响应等级、事件严重后果等级、事件持续时间分级等特征属性，若能匹配这些属性值，则所对应的预案就是需要获取的预案。若有部

分属性不匹配，则可以根据匹配的属性搜索出多个类似的预案，以供用户的选择。预案库中预案的 5 个属性都是非数值型，这对预案的相似性搜索带来困难，因此有必要将参与相似性搜索的相关属性转化为数值型属性。预案的相似性搜索可以采用最近邻法进行。

设预案库中有 n 个预案： $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ ；每个预案参与相似性搜索的 m 个属性的值： $X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}$ ；每个属性都对应一个权重： $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ ，有 $w_j \in [0, 1]$ ， $\sum_{j=1}^m w_j = 1$ 。假设突发事件 Y 对应的属性值： $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ ，则突发事件与 P_i 预案相似性判断公式：

$$\text{Dist}(X_i, Y) = \sum_{j=1}^m W_{ij}(x_{ij} - y_j)^2$$

如果 $\text{Dist}(X_i, Y)$ 小于阈值 ϵ ，则 P_i 预案是对应该类突发事件的相似性预案。通过与预案库中的每一个预案进行比较，可以搜索出所有最相似的预案。预案的搜索是一个人机交互的过程，为用户提供了快速、准确的预案智能提取功能。

4 模型库的建立

4.1 模型的逻辑表示

模型是以某种形式对一个系统的本质属性的描述，以揭示系统的功能、行为及其变化规律。而应用于应急领域的模型，主要是以应急指挥及处置为主的决策型模型，它们通过程序形式表达模型。应急领域的主要模型包括：

- 突发事件的监测与预警模型
- 突发事件的指挥处置模型
- 应急系统的资源支撑模型
- 灾害风险分析模型
- 多资源应急调度模型
- (不)确定情况下的多点应急救援调度模型
- 应急服务设施选址规划模型
- 地方突发事件应急管理评价模型

基于结构化和面向对象的思想，采用 EBNF 编码的语法，模型的逻辑表示如下：

```

<模型>:: = <模型头标识> <模型头> <模型体> <
模型尾标识>
<模型头>:: = <模型名> <模型参数表> <模型约束
变量表> <模型属性表>
<模型参数表>:: = <参数类型> <输入参数表> | <
输出参数表>
<输入参数表>:: = { <参数名> }
<输出参数表>:: = { <参数名> }
<模型属性表>:: = { <模型 id>, <模型类型>, <
模型适用范围>, <模型功能>, <模型运行说明>, <
建模时间>, <模型版本>, <模型载体类型信息> }
<模型体>:: = <方法名> ( <模型参数表> ) | <函
数名> ( <模型参数表> )
[ [ <方法间的关系>
<方法名> ( <模型参数表> ) | <函数名> ( <模型
参数表> ) ] ... ]
<方法间的关系>:: = AND | OR | ( AND | OR ) *

```

4.2 模型库的设计

应急领域模型库是一个专用模型库，它包含了应急领域决策问题求解的、专用的、与应急领域相关的所有模型。本文所提出的设计方案，模型库以基于关系模型的数据结构来组织和存储模型。为了能很好地描述和管理模型，可以为模型库设计两个具体的库：模型字典库和模型体库。

模型字典库是一个存放模型属性信息及模型体存储信息的关系数据库。利用模型字典库，可以实现模型的查询、存取、运行和维护。模型字典库中的每个模型对应一条记录，它由描述模型属性的数据项组成。模型字典库的数据结构见表 2。

表 2 模型字典库的数据结构

Table 2 Data structure of model dictionary base

模型 id	模型类型	模型适用范围	模型功能	模型运行说明	建模时间	模型版本
...

模型体库则是一个存放模型体内容的关系数据库，以实现模型体的统一存储和管理。模型体库包括了模型 id、模型载体类型信息、模型体内容等数据项。当需要使用某一个模型时，可以根据模型所具有的属性，在模型字典库中找到对应的模型 id，根据模型 id，在模型体库中找到并提取出模型体内容，最后根据模型载体类型信息所提供的载体形式并使用托管技术和映射技术运行相应的模型。常用的模型载体形式包括：可执行文件 (EXE) 类、标准动态链接库类 (DLL)、组件类

(COM)、Web 服务类等。

4.3 模型库管理系统的设计

模型库管理系统以模型库中的模型字典库和模型体库为核心，实现模型的创建、删除、修改、查询及运行管理等功能。系统的功能结构如图 3 所示。

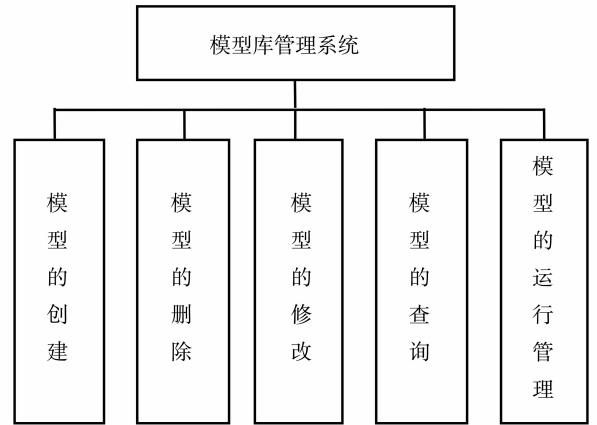


图 3 模型库管理系统的功能结构

Fig 3 Function structure of model base management system

5 知识库的建立

5.1 知识获取与知识表示

应急领域存在着大量的专家知识，它们在应急决策分析与应急处置过程中起着十分重要的作用。提取应急领域专家知识可以采取如下方法：①面谈方法。通过与专家的双向交流和交互讨论来获取领域专家知识。②案例研究方法。通过观察在应急决策和处置过程中解决实际问题的事例来提取领域知识。

由于应急领域专家知识不仅有精确性知识，也有不精确知识，因此采用产生式规则表达知识是一种比较理想的知识表示方式。确定性规则知识的产生式形式为：

If <前提 | 状态> then <结论 | 动作>

不确定性规则知识的产生式形式同样表达了知识规则，只是该规则不一定是完全可信，因此存在一个可信的程度，表示产生这个结论或动作的可能性，可以用置信度来表示这条规则的不确定性。不确定性规则知识的产生式形式为：

If <前提 | 状态> then <结论 | 动作> (置信度)

5.2 基于关系模型的知识库的建立

应急领域知识主要是过程性知识，包含了规

则、策略、议程、过程等不同类型的知识，它们都可以用产生式规则来表达。应急领域所有的产生式规则可以用四元组 $\langle O, P, A, C \rangle$ 的形式存储于知识库中，其中 O 表示规则对象， P 表示前提或状态， A 表示结论或动作， C 表示规则的置信度。由于目前还缺乏成熟的建立、维护和使用知识库的有效工具——知识库管理系统，它已成为知识库应用的瓶颈。而数据库管理系统已十分成熟，特别是基于关系模型的数据管理功能，为基于产生式规则的应急领域知识库的建立、维护和使用提供了强大的工具。通过分析产生式规则的特征和结构，知识库可以用关系模型来表达，其关系结构如表 3 所示。

表 3 知识库的关系结构

Table 3 Relation structure of knowledge base

规则 id	前提 (状态)	结论 (动作)	置信度
001	X1	C1	0.8
001	X2	C1	0.8
001	X3	C1	0.8
002	X4	C2	0.7
003	X5	C2	0.7
...

知识库中可以有多个规则 id 相同的记录，它们表示的是同一个规则，规则前提是由这几个规则 id 相同的记录的前提通过“与”运算连接在一起，但这几个记录的结论属性值相同。如表 3 中规则 001 的有 3 个记录，它们表示的产生式规则形式为：

If X1 and X2 and X3 then C1

而如果产生式规则形式为：

If X4 or X5 then C2

则在知识库中用两个规则即两条记录表示，如表 3 中的规则 002 和规则 003。

5.3 知识推理

在应急决策分析与应急处置过程中，可以应用专家库中的知识辅助解决决策和处置过程中存在的问题；在预案的匹配过程中，也可以利用专家库中的知识从预案库获取最优的预案。其基本原理是：利用知识库中的产生式规则，采用知识推理技术，根据问题的前提，推导出具有一定置信度的结论或解决问题的方案，达到具有与专家同等解决问题能力的水平。由于应急领域知识采用了产生式规则来表示，因此本文所提出的知识推理将基于规则的推理，推理机制采用正向推理技术。基于规则的正向推理是从已知事实出发，通过与知识库中规则前提

的匹配来提取结论（知识），从正向使用规则实现推理。基于应急知识库的知识推理流程见图 4。

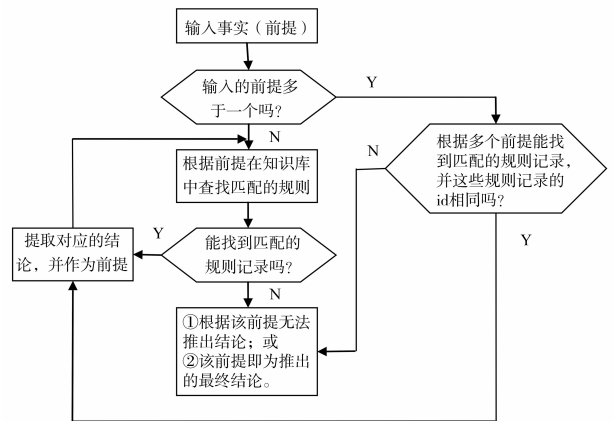


图 4 基于应急知识库的知识推理流程

Fig. 4 Knowledge reasoning process based on knowledge base

6 决策方法库的建立

决策方法库包含了应对突发事件的决策和处置所用的共性的、基础性的方法（算法），主要包括 k-平均算法、凝聚的层次聚类方法、基于距离的分类算法、密度聚类方法、关联规则算法、决策树算法、数据挖掘中的人工神经网络算法、贝叶斯分类算法等。这些用程序体现的算法将保存在基于关系模型的决策方法库中，其基本结构由算法 id、算法名称、算法类型、算法适用范围、模型功能、模型运行说明、算法载体类型信息、算法等数据项组成。与模型库管理系统类似，决策方法库管理系统提供了算法的创建、删除、修改、查询及运行管理等功能。在实际应用中，用户可以利用决策方法库管理系统，并根据实际需要查找在决策过程中所需要的算法，利用算法载体类型运行算法。

7 结语

本文所提出的基于“层次 + 混合”的数据中心的设计方案，是紧紧围绕着应急平台的应用需求，所设计的体系结构，体现了实用性、可扩展性、可维护性、高安全性的特点，因此为应急平台的各类数据有效存储、各类应用的高效访问、辅助各类应急事件的应对和处置起到了十分重要的作用。

- [5] DUMORTIER F, LI C. Perturbations from an elliptic Hamilton of degree of four: (I) saddle loop and two saddle cycle[J]. J Diff Equa, 2001, 176(1): 14 – 157.
- [6] DUMORTIER F, LI C. Perturbations from an elliptic Hamilton of degree of four: (II) cuspidal loop[J]. J Diff Equa, 2001, 175(2): 209 – 243.
- [7] DUMORTIER F, LI C. Perturbations from an elliptic Hamilton of degree of four: (III) global center[J]. J Diff Equa, 2003, 188(2): 473 – 511.
- [8] DUMORTIER F, LI C. Perturbations from an elliptic Hamilton of degree of four: (IV) figure eight – loop[J]. J Diff Equa, 2003, 188(2): 512 – 554.
- [9] ZHOU H X, XU W, LI S, et al. On the number of limit cycles of a cubic polynomials Hamiltonian system under quintic perturbation[J]. Applied Mathematic and Computation, 2007, 190(1): 490 – 499.
- [10] WU C Q, XIA Y H. The number of limit cycle of cubic Hamiltonian system with perturbation[J]. Nonlinear Analysis; Real World Application, 2006, 7: 943 – 949.
- [11] JOHNSON T, TUCKER W. On a computer – aided approach to the computation of Abelian integrals[J]. BIT Numerical Mathematics, 2011, 51: 653 – 667.

~~~~~  
(上接第 21 页)

#### 参考文献:

- [1] VARMM C A, MELO C. Directions in scenario planning literature-A review of the past decades[J]. Futures. 2010, 42(4): 355 – 369.
- [2] MALIZIA A, ONORATI T, DIAZ P, et al. SEMA4A: An ontology for emergency notification systems accessibility[J]. Expert System with Application, 2010, 37(4): 3380 – 3391.
- [3] SANG Tae chung, KWANG Il Kim. Case studies of chemical incidents and emergency information service in Korea[J]. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2009, 22(4): 361 – 366.
- [4] PENG Y, ZHANG Y. An incident information management framework based on data integration, data mining, and multi-criteria decision making[J]. Decision Support Systems, 2011, 51(2): 316 – 327.
- [5] 毛政利, 朱宝训. 城市应急预案决策支持系统框架研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2007, 30(2): 8 – 11.
- [6] 田依林. 城市公共安全应急管理信息系统建设模型[J]. 武汉理工大学学报, 2007, 29(3): 68 – 71.
- [7] 吴友忠. 基于 Petri 网的公共场所突发事件动态应急处置模型[J]. 城市建设理论研究, 2011, 9(12): 51 – 53.
- [8] 廖光焯, 翁韬, 朱霁平, 等. 城市重大事故应急辅助决策支持系统研究[J]. 中国工程科学, 2005, 7(7): 7 – 13.
- [9] 张发顺, 郭邦梅, 孟志军, 等. 公共安全应急平台中空间数据组织方法研究[J]. 全球定位系统, 2011, 1(1): 42 – 45.
- [10] 郑晓军, 王奕首, 滕弘飞, 等. 应急系统的开发与应用[J]. 计算机应用研究, 2006, 1(1): 33 – 35.
- [11] 雷文章, 陈延兵. 陆地石油企业 HSE 应急预案建立研究[J]. 中国职业安全卫生管理体系认证, 2004, 24(4): 26 – 29.
- [12] 熊苹, 丁明柱, 刘子强. 利用 GIS 技术和 Rs 技术减灾防灾[J]. 测绘与空间地理信息, 2005, 28(6): 7 – 9.
- [13] 徐志胜, 冯凯, 徐亮, 等. 基于 GIS 的城市公共安全应急决策支持系统的研究[J]. 安全与环境学报, 2004, 4(6): 82 – 85.
- [14] 周小成, 焦道振. 基于 GeodataBase 的 CAD 数据到 GIS 的解决方案[J]. 测绘与空间地理信息, 2005, 28(1): 29 – 32.
- [15] 冯凯, 徐志胜, 冯春莹, 等. 小城镇基础设施防灾减灾决策支持系统的研究与开发[J]. 中国安全科学学报, 2004, 14(2): 74 – 77.