

文章编号:1001-2486(2002)02-0054-05

## 通信设备及其网络仿真训练模型的分析\*

韩方景, 郑林华, 丁宏, 张尔扬

(国防科技大学电子科学与工程学院, 湖南长沙 410073)

**摘要:**根据通信设备及其网络的特点和通信业务训练的要求,提出了层次化结构的仿真训练模型,并提供和分析了各层建模方法和编程技术。然后介绍了通信设备及其网络仿真训练系统的典型实例,结果表明:该模型对于建立通信设备及其网络仿真训练系统具有易于代码开发、易于理解、易于维护管理、易于系统功能扩展的特点。

**关键词:**通信设备网络;仿真训练;模型

**中图分类号:** TN911      **文献标识码:** A

## The Analysis of the Simulation Training Model of Communication Equipment and Network

HAN Fang-jing, ZHENG Lin-hua, DING Hong, ZHANG Er-yong

(College of Electronic Science and Engineering, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** A layered-structure simulation training model is put forward on the basis of the characters of communication equipment and network, and the demand of communication service training. The modeling methods and program technologies of its layers are developed and analyzed. And then, some simulation training systems of communication equipment and network are represented, which show that this model is easy to program, comprehend maintain and extend the system functions for a simulation training system of communication equipment and network.

**Key words:** communication equipment network; simulation training; model

通信技术的迅速发展和人才资源的广泛流动使得通信业务训练所需的费用越来越高、训练周期相对上岗的要求较长,同时,直接在在线设备上进行业务训练也存在通信中断的风险,而利用通信设备及其网络的仿真训练系统进行业务训练可以有效地解决这一问题<sup>[1-3]</sup>。

了解通信设备及其网络的特点是建立仿真训练系统的第一步。概括起来,通信设备及其网络具有这样几个特点:(1)通信系统是由以通信台站为单元(网络节点)组成、并具有一定拓扑结构的网络系统;(2)硬件设备具有模块化结构(模块包括功能单元板或由功能单元板组成的功能单元两种);(3)硬件设备单元可安装、连接和拆卸;(4)对硬件设备可用软件进行参数设置;(5)通信网的网管广泛使用计算机或计算机网络;(6)设备需要一些日常维护测试;(7)操作结果在通信设备或测试仪表的面板上显示。上述特点显然可分为可见部分和记忆部分,因而可分别用可视模型和数据库模型实现,而系统的运行机制是以可视模型和数据库模型之间的联系——系统运行算法模型实现。

### 1 通信设备及其网络仿真训练模型

#### 1.1 仿真训练模型的框架结构

(1)仿真训练模型具有规划通信网络的拓扑结构、规划通信站的设备组成、设备硬件安装和连接、设备软件参数设置、设备主要指标的定期维护检查、网管操作、故障设置和排除、设备操作考核的功能;

\* 收稿日期:2001-05-31

基金项目:国家部委预研基金项目资助

作者简介:韩方景(1968—),男,讲师,博士生。

(2) 仿真训练模型易于代码开发、易于理解、易于系统维护和易于功能扩展。

根据上述规则和通信设备及其网络的特点，建立的仿真训练模型由底层的数据库模型、中间层的系统运行算法模型和高层的可视模型三层实现<sup>[4]</sup>，如图 1 所示。数据库模型记录通信系统的组成、参数、工作状态等；可视模型描述通信系统可视的设备和业务训练的操作方法，是用户业务训练的训练环境；系统运行算法模型是通信系统运行机制的算法模型，描述可视模型操作对数据库模型的映射方式和数据库模型对可视模型的映射方式。

## 1.2 可视模型

虚拟训练环境包括通信系统设备和操作，因此，只要保持它与通信系统设备和操作的同构性，就可以将通信设备及其网络映射成虚拟训练环境，如图 2 所示。虚拟训练环境可以是三维或二维。

可视模型是建立虚拟训练环境的可视部件集合，是仿真训练系统与用户交互时的人机界面。只有建立了可视模型与底层数据库模型、系统运行算法模型之间完备的协作关系，可视模型才成为用户仿真训练虚拟训练环境。

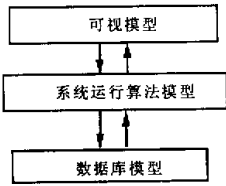


图 1 通信设备及其网络仿真训练模型的框架结构  
Fig.1 Frame of simulation training model of communication equipment and network

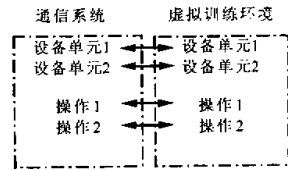


图 2 虚拟训练环境与通信系统的同构  
Fig.2 The same construction between virtual training environment and communication system

使用通信设备及其网络的过程，可以看作操作与设备单元之间全部关系的总和，因此，必须将操作和设备单元在可视模型中表现出来。这样，可视模型的集合

$$C = \Psi \cup \Phi$$

$$\Psi = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_i, \dots)$$

$$\Phi = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_i, \dots)$$

$$\varphi_i = (\varphi_{i-1}, \varphi_{i-2}, \dots, \varphi_{i-k}, \dots), i, k = 1, 2, 3, \dots$$

其中， $\Psi$  为通信单元集合，其元素  $\varphi_i (i = 1, 2, 3, \dots)$  为通信网络、通信站、硬件设备单元、软件管理单元、机架、测试仪表、通信线路等设备实体。 $\Phi$  为建立在  $\Psi$  上的所有操作集合，其元素  $\varphi_i (i = 1, 2, 3, \dots)$  为  $\Phi$  的子集， $\varphi_i$  是对  $\varphi_i$  的操作，因此  $\Psi$  与  $\Phi$  是一一映射。例如，若  $\varphi_i$  是网络，则  $\varphi_i$  的元素为敷设电缆、增设或撤销通信站等，若  $\varphi_i$  是设备单元，则  $\varphi_i$  的元素为在机架中插入或抽出单元板、单元之间的信号连线操作等。

集合  $C$  的元素是有序的， $\Psi$  和  $\Phi$  数据模型均为层次模型，且结构相同，如图 3 所示。

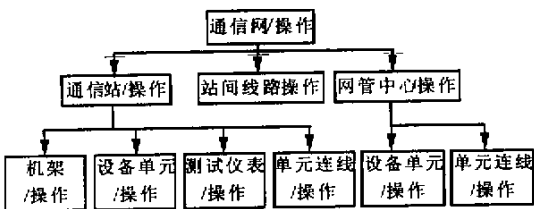


图 3 可视模型数据的层次模型

Fig.3 The layered model of visual model data

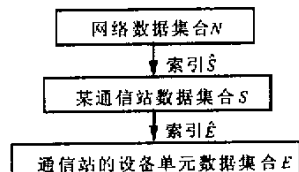


图 4 数据库模型

Fig.4 Database model

为提高训练操作的速度和训练的效果, 仿真训练系统定义了宏操作  $H_i$ , 即

$$H_i = \bigvee_{j=1}^N \phi_j, \quad i = 1, 2, 3, \dots$$

式中,  $\bigvee$  是宏操作运算符, 定义为以  $\phi_j$  的某些元素构成的集合。

这样, 由集合  $C$  的层次模型和宏操作映射建立的可视模型包括四个虚拟环境: (1) 通信网虚拟环境。它的组成单元是通信站和操作、站间线路和操作、网管中心和操作等; (2) 通信站虚拟环境。它的组成单元是机架和操作、设备单元和操作、测试仪表和操作、单元连线和操作等; (3) 网管虚拟环境。它的组成单元是设备单元和操作、单元连线和操作等; (4) 辅助操作虚拟环境。它由宏操作  $H_i$  生成, 如设备选型计划、故障设置、故障诊断与排除等。

由于计算机显示器界面大小的限制, 一个虚拟环境常常由多个界面组成。

### 1.3 数据库模型

从可视模型可知, 底层的数据库模型的功能一是存储操作集合  $\Phi$  产生的网络数据、站数据、设备单元数据和网管数据等, 二是给  $\Phi$  提供数据源。因此, 数据库模型是对可视模型的建模, 必须与可视模型匹配、吻合, 具有一致性。这样, 描述数据库模型的集合  $B$  表述为

$$B = N \cup S \cup E$$

$$N = (\hat{S}, s_1, s_2, \dots, s_i, \dots) \quad S = (\hat{E}, e_1, e_2, \dots, e_i, \dots) \quad E = (p_1, p_2, \dots, p_i, \dots)$$

其中,  $i = 1, 2, 3, \dots, N$  为网络数据集合, 其元素  $s_i$  为通信站的位置、站名、图标、站间线路连接方式和线路类型、站故障状态标记等等。  $S$  为一个通信站数据集合, 其元素  $e_i$  为设备单元类型、机架使用状况、设备单元在机架中的位置、设备单元的图标、设备单元之间的线路连接、设备单元故障状态标记等等。  $E$  为设备单元数据集合, 其元素  $p_i$  为设备单元故障类型、设备状态参数、设备接口状态等等。  $\hat{S}$ 、 $\hat{E}$  分别为查询某一集合  $S$ 、 $E$  的索引, 即通过  $\hat{S}$ 、 $\hat{E}$  的取值访问相应的站数据集合  $S$  和设备单元数据集合  $E$ , 这使得操作集合  $\Phi$  能够访问数据库模型  $B$  的全部数据。因此, 索引  $\hat{S}$ 、 $\hat{E}$  决定了数据库模型与可视模型数据的层次模型的一致性, 形成了底层数据库模型的层次模型, 如图 4 所示。当采用二维结构表 (如关系模型) 设计集合  $N$ 、 $S$ 、 $E$  时, 由于表结构的限制, 每一集合通常需要多张表格来描述。

### 1.4 系统运行算法模型

#### 1.4.1 算子 $T_j$ 的独立性

系统运行算法模型按系统的运行机制建立了可视模型与底层数据库模型之间的相互联系, 这种联系是通过操作集合  $\Phi$  发生的, 因此, 在系统的各种状态下, 系统对全部操作的响应过程和操作的执行过程构成了系统运行算法模型, 可表述为集合  $\Psi$  到集合  $B$  再到集合  $\Psi$  上算子  $T_j$  的集合  $\Gamma$ , 即

$$T_j = c_j * f_j | c_j, \quad f_j: \Psi \xrightarrow{c_j} B \xrightarrow{f_j} \Psi$$

$$\Gamma = \{T_j, j = 1, 2, 3, \dots\}$$

$c_j$  是操作  $h_j$  的算子,  $h_j \in \Phi \cup \{H_i\}$ 。  $T_j$  的含义是在仿真训练系统的某一状态  $\Psi$  下, 执行  $h_j$  操作命令, 则系统首先以算子  $C_j$  访问 (如查询、增减或修改数据) 数据库模型  $B$ , 然后用算子  $F_j$  对访问的结果作运算处理, 并把结果进一步映射到系统可视界面  $\Psi$  上。

因此,  $T_j$  之间是相互独立的, 仿真训练系统代码具有易理解、易维护、易扩展等特点。

#### 1.4.2 算子 $T_j$ 的模型

算子  $T_j$  的模型体现了系统运行机制, 这种机制是以软件控制和通信硬件单元之间的信息传递关系实现的, 软件控制的结果最终也是以通信硬件单元之间的信息传递关系表现出来。因此, 算子  $T_j$  的模型必须以通信硬件单元的模型来实现。这里通信硬件单元是指满足仿真训练的最小通信单元, 目前通常是指板级通信模块, 如 NOKIA 公司的 PDH 光纤通信系统的通信硬件单元包括 DM2 (2M 群路

板)、DF140(140M 线路板)等通信单板模块,华为公司 C&C08 程控交换机的通信硬件单元包括 ASL(用户板)、CLK(时钟板)、BENT(交换网板)等;而根据仿真训练的需要,HUGHES 的 TES 通信硬件单元包括话音(数据)终端单元、上(下)变频器、高功放、天线等。

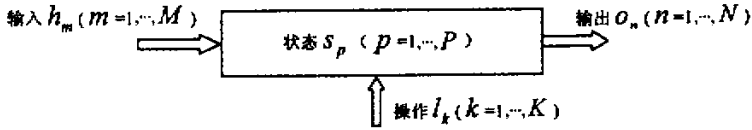


图 5 通信硬件单元的模型

Fig.5 Model of communication hardware unit

通信硬件单元的模型如图 5 所示,在操作和输入的作用下,通信硬件单元根据其状态给出输出。模型的状态矢量  $S$  由状态  $S_p (p=1, \dots, P)$  构成,  $S = (s_1, s_2, \dots, s_p)$ ; 输入矢量  $H$  由输入  $h_m (m=1, \dots, M)$  构成,  $H = (h_1, h_2, \dots, h_M)$ ; 操作矢量  $L$  由操作  $l_k (k=1, \dots, K)$  构成,  $L = (l_1, l_2, \dots, l_K)$ ; 输出矢量  $O$  由输出  $O_n (n=1, \dots, N)$  构成,  $O = (o_1, o_2, \dots, o_N)$ 。则输出矢量  $O$  是定义在输入矢量  $H$ 、状态矢量  $S$  和操作矢量  $L$  上的函数,即

$$O = T(H, L, S)$$

输入矢量  $H$  和操作矢量  $L$  由可视模型实现,状态矢量  $S$  记录于底层的数据模型中。因此,算子  $T_j$  的模型就是各通信硬件单元模型之间的输入、输出关系总和,也就是说,算子  $T_j$  是根据数据库模型中通信系统结构和通信硬件单元状态矢量  $S$  的记录,通过调用通信硬件单元的模型,进而确定各通信硬件单元模型之间信号输入、输出传递关系算法而实现的。显然,不同的算子  $T_j$  对应不同的算法。因此,  $T_j$  可记为

$$T_j = CHM_i \rightarrow CHM_j \rightarrow CHM_q \rightarrow CHM_p \rightarrow \dots \rightarrow CHM_u$$

CHM 为通信硬件单元模型,  $i, k, q, p, \dots, u$  为整数,  $\rightarrow$  表示各通信硬件单元模型 CHM 之间信号的输入输出传递。

### 1.4.3 算子 $T_j$ 的收敛性

对于通信设备及其网络来说,任何一种训练操作,系统能够达到一个稳定的状态,这也就决定了算子  $T_j$  的收敛性,即算子  $T_j$  能够结束运行。通信硬件单元模型在输入矢量  $H$ 、操作矢量  $L$ 、状态矢量  $S$  的作用下,其输出矢量  $O$  不发生变化,则认为算子  $T_j$  结束,算子  $T_j$  的收敛性以此为标志。

综上所述,通信硬件单元模型是一个独立、由算子  $T_j$  共享的模块,算子  $T_j$  的模型是各通信硬件单元模型之间关系总和,算子  $T_j$  具有独立性和收敛性。

图 6 给出了通信系统中电话呼叫算子  $T_1$ 、系统参数测试算子  $T_2$  的例程框架。

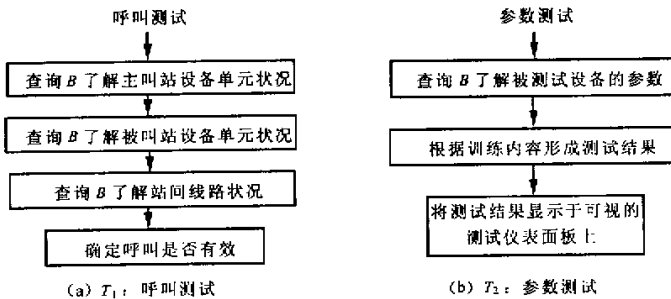


图 6 算子  $T_i$  的两个例程

Fig.6 Two cases of algorithm  $T_i$

## 2 通信设备及其网络的仿真模型编程技术

通过上述模型结构的分析可以看出,该模型引入了面向对象的设计思想,可视模型通信单元对象

$\varphi_i$  的事件就是操作  $\varphi_i$ ,  $\varphi_i$  的属性就是它的颜色、设备图标等,  $\varphi_i$  的方法就是与操作  $\varphi_i$  相应的算子  $T_i$ 。同时, 注意到 Visual Basic、Visual C++、Visual Foxpro 等许多面向对象的开发工具都提供了访问数据库的有效工具——数据库引擎, 可以访问关系数据库。

关系数据库提供了丰富的数据组织方式, 实践表明, 用关系数据库如 Microsoft SQL 7、Microsoft Access 等可方便地实现底层数据库模型的层次模型; 在分别构造集合  $N$ 、 $S$ 、 $E$  的二维数据表时, 可进一步使用关系模型或层次模型, 使数据库结构简洁、清晰、有效、合理。因此, 面向对象语言和关系数据库是通信设备及其网络仿真训练系统的合理开发工具, 以此编程是可行的。

### 3 通信设备及其网络仿真训练系统实例

采用上述建模方法研制了一套通信业务模拟训练系统, 该系统包括 NOKIA PDH 光纤通信设备、TES 卫星通信设备、C&C08 程控交换机三个组成部分。

NOKIA PDH 光纤通信系统是 NOKIA 公司开发的 PDH 体制光纤通信传输系统, 该系统具有模块化的结构, 可以组成光纤通信传输网。其仿真训练系统是采用 Visual Basic 6.0 和 Access 97 开发完成的, 训练的内容包括建立通信网和通信站、日常维护、网管操作、故障训练、考核。可视模型的部分界面包括一个网络图界面、一个光纤通信站界面、一个网管界面和一个辅助操作界面。底层数据库模型  $B$  包括集合  $N$  的一个数据表, 集合  $S$  的一个数据表和集合  $E$  的一个数据表。系统运行算法模型的算子  $T_j$  是操作  $h_j$  对应的数据处理过程, 其模型要求真实反应系统实际运行状态。

TES 卫星通信是 HUGHES 公司开发的 SCPC 体制卫星通信系统, C&C08 程控交换机是深圳华为公司开发的数字程控交换机, 它们的仿真训练系统也采用了上述建模方法。TES 卫星通信仿真训练系统采用 Visual Basic 6.0 和 Access 97 开发完成, 而 C&C08 程控交换机仿真训练系统不同, 由于实际系统后台管理程序是用 Visual Foxpro 开发的, 所以, 其仿真训练系统也采用 Visual Foxpro 开发, 同时, 其终端系统的通信单元  $\psi_i$  包括后台管理表格和硬件设备单元。它们的训练内容包括建网建站、日常维护操作、故障训练、考核。上述仿真训练系统已在多个单位投入使用, 取得了良好的训练效果。

### 4 结论

提出了层次化结构的仿真训练模型及其各层的建模方法, 并对其编程技术作了说明。分析和实验表明, 该模型具有如下特点: (1) 可视模型与实际系统的通信设备单元和建立在其上的操作同构映射; (2) 底层数据库模型的层次模型与实际系统的层次结构具有一致性; (3) 系统运行算法模型与实际设备的操作同构映射; (4) 集合  $\Gamma$  的算子  $T_j$  相互独立且收敛; (5) 宏操作  $H_i$  提高了仿真训练模型的训练水平, 但不影响该模型上述结构特性。这些特点决定了通信设备及其网络仿真训练系统必然具有易于代码开发、易于理解、易于维护管理、易于系统功能扩展的特点<sup>[5]</sup>, 同时提高了训练效率。

### 参考文献:

- [1] Massimo Paolucci, Raffaele Pesenti. An Object-Oriented Approach to Discrete-Event Simulation Applied to Underground Railway Systems [J]. Simulation, 1999 (7).
- [2] HABARA TAKA AKI. Simulator for training operation of private exchange maintenance managing terminal [P]. Patent Number: JP6311228, Publication date: 1994-11-04.
- [3] YAMAGISHI MASAO, NISHIO NORIHIRO, OI TAKESHI. GMDSS Simulator [J]. IKEDA Nippon Musen Giho (JRC Review), 1997, 36, 34-38.
- [4] Atif M. Memon, Martha E Pollack, Mary Lou Soffa. Hierarchical GUI Test Case Generation Using Automated Planning [J]. IEEE Transaction on Software Engineering, February 2001, 27 (2).
- [5] Lionel C Briand, Sandro Morasca, Victor R Basili. Defining and Validating Measures for Object-Based High-Level Design [J]. IEEE Transactions On Software Engineering, 1999, 25 (5).



