

The Research on Dynamic Network Simulation of Military Communication Network Simulative Training

SHEN Jian-jun, GAN Zhi-chun, LI Jing-jing, PANG Gao-jie

Dept. of Information Warfare, Communication Commanding Academy, Wuhan, China

shjj06@sina.com

Abstract: The traditional static network simulation requires network models and parameters to be manually configured beforehand, so it can't be applied to military communication network simulative training. Based on OPNET simulation platform and HLA technology, the paper studied and solved the dynamic network simulation from the four area, namely architecture, automatic simulation scenario generation, node modeling and information exchange. The dynamic network simulation allows the network scale to be dynamically generated, network operation to be dynamically controlled, network parameter to be dynamically changed and etc. The research result is of great significance for promoting the development of military communication network simulative training, and has been successfully applied in military practice.

Keywords: military communication network; simulative training; dynamic network simulation; OPNET; HLA

军事通信网模拟训练动态网络仿真研究

沈建军, 甘志春, 李晶晶, 庞高杰

通信指挥学院, 武汉, 中国, 430010

shjj06@sina.com

【摘要】传统的静态网络仿真要求事先人工配置好网络模型与运行参数, 因而无法应用于军事通信网模拟训练。为此本文基于 OPNET 仿真平台与 HLA 技术, 从体系结构、仿真场景自动生成、节点建模与信息交互四个方面对军事通信网模拟训练动态网络仿真问题进行研究探讨, 动态网络仿真具有网络规模动态生成、网络运行动态可控、网络参数动态可变等功能特性, 研究成果对促进军事通信网模拟训练的发展具有重要意义, 并已在军事实践中得到成功应用。

【关键词】军事通信网; 模拟训练; 动态网络仿真; OPNET; HLA

1 研究背景

在和平与发展为主题的时代, 通过战争学习战争的做法已经不切实际, 开展计算机模拟训练已成为作战人员掌握战争技能的重要手段。军事通信网的模拟训练^[1], 就是在动态网络仿真的支持下, 为作战人员的装备操作、网络管理与文电传输等训练提供一个逼真的虚拟通信网络环境, 促进作战人员掌握实战技能。

传统的静态网络仿真, 是在仿真运行前根据具体的网络规模, 利用仿真工具(如 OPNET)人工构建好各种网络模型并配置好参数, 在仿真运行过程中模型与参数保持不变, 即便有变化也是事先由程序设置好的, 外界很难动态干预, 因而无法适用于军事通信网模拟训练, 图 1 为军事通信网模拟训练的基本框架。

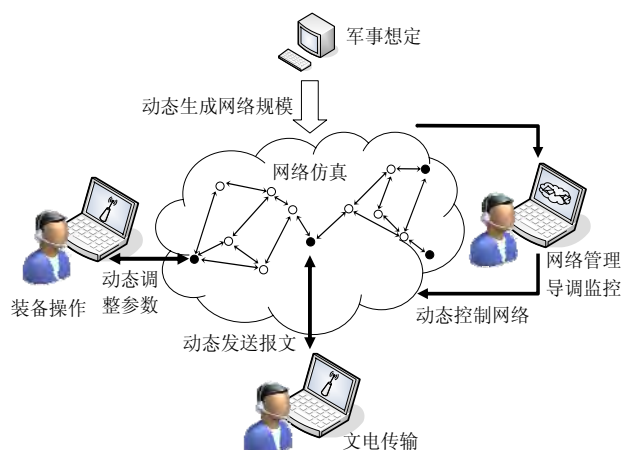


Figure 1. The basic framework of military communication network simulative training

图 1. 军事通信网模拟训练基本框架

该框架突出表现在网络仿真的动态性，主要有：

(1) 网络规模根据军事想定动态生成，不同的军事想定具有不同的网络规模（如网络结构、设备、链路等），故事先无法利用仿真平台人工构建网络模型；

(2) 装备操作训练时，可动态调整装备参数，如频率等；

(3) 网络管理训练时，可动态控制网络，如进行配置管理等；

(4) 文电传输训练时，可动态发送报文，如发送指挥文电等；

(5) 导调人员可模拟敌方人员进行动态情况设置，如电磁干扰、火力毁伤等，以训练受训者的情况处置能力；

(6) 导调人员可根据训练情况，随时控制网络仿真进程，如开始、暂停、继续等。

针对这些问题，需要探索新的网络仿真途径，为此本文利用 OPNET 仿真平台^[2]与 HLA（High Level Architecture，高层体系结构）^[3]技术，从体系结构、仿真场景自动生成、节点建模与信息交互四个方面，对该动态网络仿真问题进行研究探讨，以满足军事通信网模拟训练的特殊需要，促进军事通信网模拟训练的发展。

2 体系结构

分布式交互仿真是当前计算机仿真的发展方向，而 HLA 作为新一代分布式交互仿真体系结构的标准，已在世界范围内得到了广泛应用，美国国防部决定，从 1999 年起不再资助非 HLA 仿真的开发和修改，2001 年起终止使用所有非 HLA 标准的仿真，今后所有国防部门的仿真都必须遵循 HLA 标准；另一方面，OPNET 由于其优异特性也成为各类军用/民用通信网络建模仿真^[4,5]的首选平台，其提供的 HLA 附加模块为实现分布式仿真提供了重要途径。因此，为实现军事通信网模拟训练的动态网络仿真问题，本文采用如图 2 所示的体系结构，图中：

(1) “其它联邦成员”是指装备操作、网络管理、导调监控等成员，动态网络仿真系统通过 HLA 接口与这些联邦成员进行信息交互，支持军事通信网分布式交互模拟训练；

(2) 控制成员通过 HLA 接口接收军事想定信息，军事想定中给出了当前模拟训练的通信网网络规模，为便于程序解析，通信网网络规模用采用 XML（eXtensible Mark Language）语言对网络结构、设备组成、链路特性、初始参数等进行了完整描述；

(3) 仿真场景自动生成模块根据通信网网络规模

XML 文件，动态地自动生成 OPNET 仿真场景，以便进行 OPNET 网络仿真；

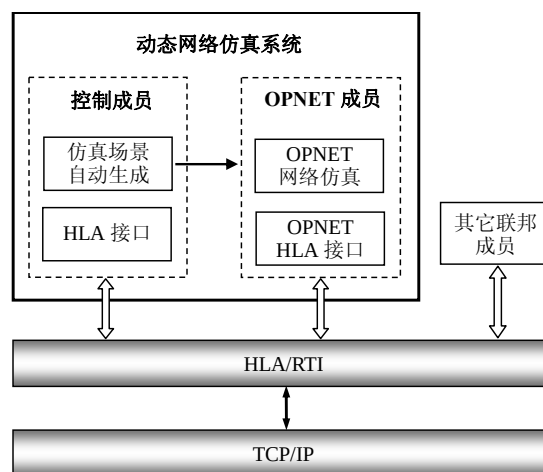


Figure 2. The architecture of dynamic network simulation

图 2. 动态网络仿真的体系结构

(4) OPNET 成员通过 HLA 接口接收装备操作、网络管理、文电传输等信息，动态修改 OPNET 网络仿真中相应设备模型的参数，从而使网络仿真运行发生改变，以响应作战人员的模拟操作；

(5) OPNET 成员通过 HLA 接口还接收导调监控的情况设置等信息，动态设置 OPNET 网络仿真中相应设备模型的工作状态，从而使网络仿真运行发生改变，以训练受训者的情况处置能力。

3 仿真场景自动生成

OPNET 仿真场景是各种模型的集合，如网络模型、节点模型、进程模型、链路模型以及天线模型、地形模型等，是网络仿真运行的实体基础。OPNET 仿真场景一般通过图形编辑界面，以手工方式创建好各个模型对象，并设置好参数等属性。然而，对于大型的军事通信网络来讲，这种图形编辑方式无法满足仿真场景构建的需要，这是因为军事通信网设备种类繁多、数量巨大，通常包括数以千计的电台和终端设备、数以百计的传输交换设备等等，如用图形方式进行编辑，不仅工作量巨大，而且图形界面极其杂乱；另外，仿真场景需依据军事想定来生成，只有获得通信网网络规模 XML 文件后才可知道本次训练的仿真场景，如果用户此时才对照 XML 文件手工编辑仿真场景，模拟训练根本无法开展。为此，必须采用动态地自动化手段生成军事通信网 OPNET 仿真场景。

对于该问题，需采用 OPNET 的 EMA（External Model Access，外部模型访问）^[6]技术来解决。EMA

技术不使用图形编辑方式,而是采用文本方式建模,即通过编写 C/C++代码来自动生成仿真场景,其流程如图 3 所示。

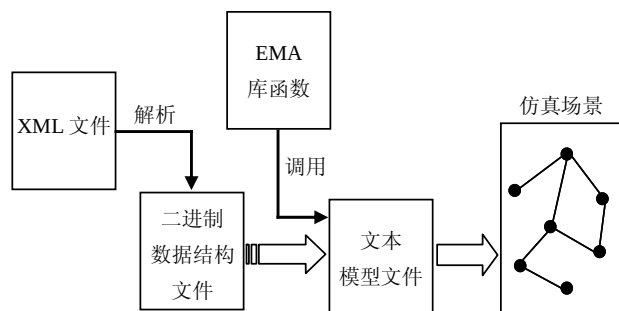


Figure 3. The flow of automatic simulation scenario generation

图 3. 仿真场景自动生成流程

文本模型文件主要由函数入口、库函数初始化、模型对象创建、模型属性设置、仿真场景生成五个部分组成,无论描述多么复杂的仿真场景,其文本模型文件都具有相同的结构。文本模型文件通过标准 C/C++语言的条件判断、循环等语句,对 EMA 库函数进行调用,即可自动产生大量的模型对象,这些模型对象的集合构成了 OPNET 仿真场景。根据文本模型文件生成仿真场景的过程为:

(1) 按照文本模型文件组成结构,利用 C/C++代码编写文本模型文件,设其名为 MilitaryNet.em.c;

(2) 在控制台下执行 `op_mkema -m MilitaryNet` 命令,对 MilitaryNet.em.c 进行编译,产生可执行的 MilitaryNet.i0.em.x 应用程序;

(3) 在控制台下执行该应用程序,该程序在执行过程中会读取二进制数据结构信息,并通过 EMA 库函数的调用,最终生成与当前军事通信网网络规模一致的仿真场景文件,后缀名为.nt.m。

得到该仿真场景文件后,即可通过 OPNET 的 `op_runsim` 命令将其运行起来,从而进入网络仿真运行状态,为模拟训练提供虚拟的军事通信网络环境,并支持作战人员与导调的动态操作控制。

4 节点建模

节点建模是 OPNET 网络仿真中最为重要的一环,在 OPNET 仿真场景中,其主要就是由节点模型与链路模型构成的。

对于军事通信网模拟训练的网络仿真来讲,需要特别注意节点建模的粒度。节点模型的粒度不能太细,否则将因节点数太多、网络仿真速度过慢而影响模拟训练的时空一致性;节点模型的粒度也不能太粗,否

则将因仿真的逼真性不够而影响模拟训练的效果。考虑到军事通信网实际应用中,其基本的作战单位为各类通信平台,因此将通信平台作为 OPNET 节点模型不仅能较好地与实际网络运用情况保持一致,而且在模型粒度上也比较适中,为此本文以通信平台作为节点模型进行构建,其如图 4 所示。

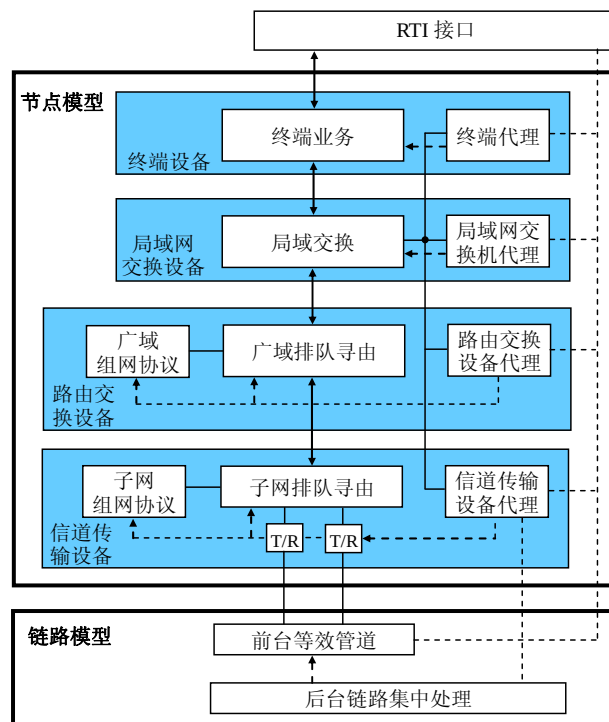


Figure 4. The node model of dynamic network simulation

图 4. 动态网络仿真的节点模型

该节点模型不仅体现了平台节点及其组成设备的主要特征,又可对平台节点内的主要信息流进行表述。根据该节点模型,可利用不同的属性配置和特殊的信息递交处理等方式演绎出不同的节点模型。例如,当电台设备直接与终端连接使用时,终端设备与信道传输设备之间的信息传输采用互相之间直接递交的方式进行,从而屏蔽掉路由交换设备和局域网交换设备。

图 4 中,传输的信息包括实线表示的业务流和虚线表示的控制流。其中,业务流包括终端之间收发的文电业务以及网络管理业务等;而控制流则包括网络管理设置、装备操作、导调控制等,其控制统一由设备代理模块来实施。

5 信息交互

在重点解决了仿真场景自动生成与节点建模问题后,还需解决分布式训练模拟过程中网络仿真系统与其它联邦成员之间的信息交互问题,以便网络仿真系

统接收装备操作、网络管理、文电传输与导调监控等成员的模拟操作与控制信息，从而动态修改设备模型的工作参数与状态，支持作战人员的军事通信网模拟训练。针对该问题，本文利用 OPNET 的 HLA 接口技术解决该问题，OPNET 的 HLA 接口作为一个中间件，可以将 OPNET 成员加入训练联邦中，实现与其它联邦成员的互连互通，其信息交互过程如图 5 所示。

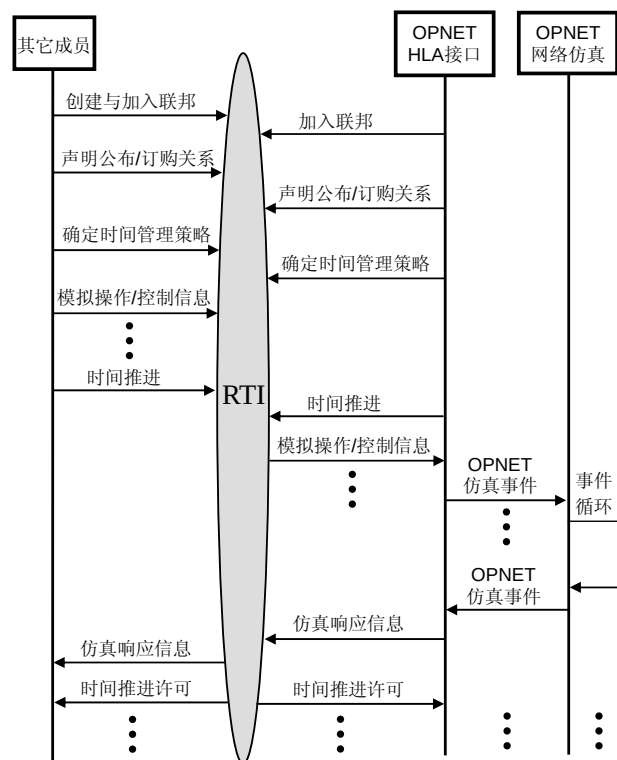


Figure 5. The information exchange procedure between OPNET federate and other federates

图 5. OPNET 成员与其它联邦成员信息交互过程

从图中可以看出，在整个模拟训练过程中，OPNET 成员接收装备操作、网络管理、导调监控等成员的模拟操作与控制信息，以调整网络仿真运行参数与状态，并向它们反馈网络仿真运行结果。

在 OPNET 成员内部，其 HLA 接口与网络仿真进程模型之间的信息交互过程如图 6 所示。图中，①表示 OPNET-HLA 接口从 RTI 接收到其它联邦成员发送的交互信息，即 FOM (Federation Object Model) 实例；②表示 OPNET-HLA 接口将 FOM 实例以仿真事件的形式，递交给相应的进程模型执行，以修改设备模型的工作参数与状态等；③表示进程模型将仿真运行结果以仿真事件形式发送给 OPNET-HLA 接口；④表示 OPNET-HLA 接口将仿真运行结果以 FOM 实例发送给其它联邦成员。正是基于从①到④这样循环的信息

交互，实现了军事通信网模拟训练的动态网络仿真。

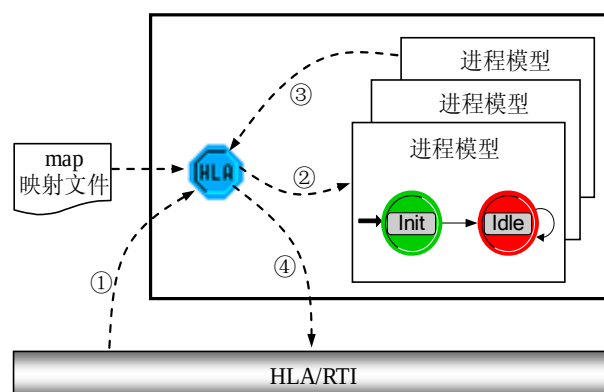


Figure 6. The information exchange procedure in OPNET

图 6. OPNET 成员内部的信息交互过程

6 结束语

军事通信网模拟训练正处于蓬勃发展之中，为作战人员在和平环境下训练并掌握实战技能提供了不可或缺的重要手段，而军事通信网模拟训练需要动态网络仿真的支持，这对传统的静态网络仿真提出了挑战。针对该问题，本文从体系结构、仿真场景自动生成、节点建模以及信息交互四个方面，对动态网络仿真问题进行了研究探索，并完善地解决了该问题。论文的研究成果已在“战术互联网模拟训练系统”武器装备型号研制项目中得到了实践应用，取得了很好的效果，对促进军事通信网模拟训练的发展具有重要作用。

References (参考文献)

- [1] GAN Zhichun, FAN Zhaoyong, SHEN Jianjun. Research on Tactical Communication Network Simulation Training Based on CGN[J]. International Conference on Computer Modeling and Simulation, Macau, 2009.2, P352-355.
- [2] CHEN Min. The OPNET Network Simulation[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004. 陈敏. OPNET 网络仿真[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [3] ZHOU Yan, DAI Jianwei. The Simulation Program Design of HLA[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2002.6. 周彦, 戴建伟. HLA 仿真程序设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.6.
- [4] Youcef Atamna. OPNET-based Modeling and Simulation of C4 System[DB/OL]. <http://www.modelingandsimulation.org/MandS010part3.pdf>, 2004.02.
- [5] William S. Murphy Jr, Mark A. Flournoy. Simulating Crisis Communications[A]. Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference[C]. San Diego, California, 2002.12.
- [6] LI Huijie, XU Xiaohui, LIN Xiaokang. EMA-based Generation Technique for Large Network Simulation Scenarios[J]. Beijing: Journal of Tsinghua University, 2006, 46(10), P1695-1698. 李惠杰, 徐晓慧, 林孝康. 基于 EMA 的大型网络仿真场景生成技术[J]. 北京: 清华大学学报, 2006, 46(10), P1695-1698.