

文章编号:1001-893X(2011)06-0030-04

基于 QualNet 的战术数据链三维动态仿真^{*}

刘 勇

(中国西南电子技术研究所,成都 610036)

摘 要:基于 QualNet 仿真软件设计并实现了战术数据链在模拟环境下的三维动态仿真。将战术数据链仿真拓展到三维空间,加入目标的机动性因素,给出了三维仿真的动态模型及其满足的更普遍关系式,具有一定的参考价值和指导意义。

关键词:战术数据链;三维动态仿真;建模

中图分类号:TP391.9 **文献标识码:**A doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2011.06.007

3D Dynamic Simulation of Tactical Data Link(TDL) Based on QualNet

LIU Yong

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: A 3D dynamic simulation system for tactical data link(TDL) in the virtual environment is designed and realized based on QualNet simulation software. The TDL simulation is extended to the 3D space, the flexibility factor of the object is added, and the 3D dynamic simulation model and the more universal relation formula satisfied by the model are provided, which has certain reference value and the guiding sense.

Key words: tactical data link; 3D dynamic simulation; modeling

1 引 言

战术数据链作为现代军用电子信息系统的核心技术,是各种军事信息系统实现网络互联和信息业务互通的技术基础。通过充分利用仿真技术及其支撑环境,以定性定量相结合的分析方法,可以评价系统的性能、质量与战术使用能力,促进发展决策的科学化^[1-2]。

目前,战术数据链仿真研究主要集中在二维平面内,不能够完全反映受到地理、天气等因素影响下的仿真情况,而少部分文献把仿真拓展到三维空间,但均没有考虑到目标的机动性因素。

本文在研究时,把仿真拓展到三维空间,加入目标的机动性因素,给出了三维仿真的动态模型及其满足的更普遍关系式,同时基于 QualNet 仿真平台,通过模型加载实现三维动态仿真。

2 仿真框架结构

2.1 QualNet 仿真结构

QualNet 软件结构如图 1 所示,其中图中间是 QualNet 基于离散事件仿真。

输入包括:

- (1)波形、射频、协议、设备模型建模;
- (2)业务流量;
- (3)战场流量数据模型 IER;
- (4)地形与环境感知的传播模型;
- (5)三维模型建模。

输出包括:

- (1)统计数据:每个节点的吞吐量、延时、丢包、抖动等相关技术参数;
- (2)2D 界面:用来构造网络拓扑,执行网络;

^{*} 收稿日期:2011-02-28;修回日期:2011-05-16

(3)3D 界面:用来演示网络的情况。

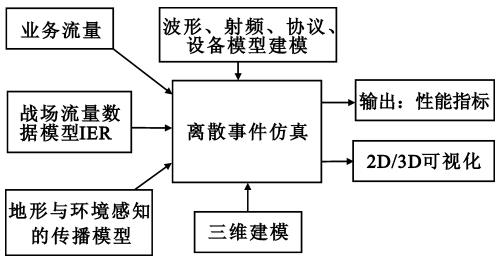


图 1 QualNet 软件结构
Fig.1 QualNet software structure

2.2 QualNet 开发工具

QualNet 的开发工具包括^[3]:

- (1)Scenario Designer 仿真场景设计,包括网络节点数、物力拓扑、业务、节点中 OSI 层次协议配置、协议参数配置、信道配置等;
- (2)Animator 图形化的网络实验和演示工具;
- (3)Designer 基于图形化优先状态机(FSM)的用户自定义协议设计工具;
- (4)Analyzer 统计数据的图形化工具,显示用户需要的参数指标;
- (5)Tracer 分组级的数据记录和可视化工具。

3 建模的设计与实现

3.1 移动模型

在联合作战的战术环境中,各作战平台一般按照建制编队协同完成任务。编队内成员适用于参考点组移动模型,各编队的主站适用于随机路点模型。所以战术数据链三维仿真移动模型主要应该研究参考点组移动模型和随机路点模型。

3.1.1 参考点组移动模型

参考点组移动模型(Reference Point Group Mobility, RPGM)表示一组移动节点的随机运动^[4]。

组移动轨迹是基于“逻辑”的,它可以是指定的也可以是完全随机的。组逻辑中心的运动完全刻画了它对应的组中移动节点的运动,包括它们的方向和速度。移动节点在其自身预先定义的参考点附近移动,而总体来讲其移动依赖于组的移动。参考点组移动模型具有以下特点。

(1)每个群都有一个逻辑“中心”,“中心”的移动属性定义了整个群的行为方式(包括位置、速度、方向、加速度等),因此群的行动轨迹和位移矢量是由

“中心”的轨迹和矢量所提供,通常节点是一成不变地分布于群的范围之内。

(2)每个节点都被分配一个参考点,节点可以自由地处在其参考点周围,参考点也允许节点在范围内独立自由移动,参考点跟随群的移动而发生位置变化(见图 2)。

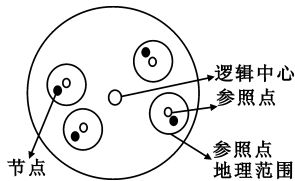


图 2 DRGM 模型
Fig.2 DRGM model

(3)节点在参考点范围内自由移动,参考点为节点提供配置参数,当参考点发生移动时,参考点 A 首先带着群的位移矢量 GM (由群的矢量决定,既是由逻辑“中心”决定)发生位移 $A \rightarrow B$,新的参考点位置由随机的位移矢量 RM ,加到新的参考点 B 生成;

(4)随机位移矢量 RM 独立于参考点以前的位置,其大小是以参考点为圆心的某些半径的长度,方向是 $0^\circ \sim 360^\circ$ 随机的(见图 3)。

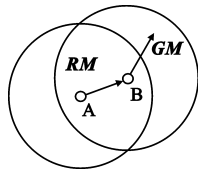


图 3 参照点位移示意图
Fig.3 Reference point mobility

参考点移动模型整个组的运动方程可以用公式来表示:

$$new_reference_position = old_reference_position + GM + RM \tag{1}$$

$$new_position = new_reference_position + random_vector \tag{2}$$

3.1.2 随机路点模型

随机路点模型(Random Waypoint Model)的算法描述^[5]如下:

初始状态时,节点在整个仿真区域均匀分布,每个节点随机选择仿真区域中的一个点作为目的地。在区间 $[V_{min}, V_{max}]$ 中选择一个固定速度,其中 V_{max} 是移动节点的最大允许速度。到达目的地后,节点暂停时延 T_{pause} 。若暂停时间 T_{pause} 为零,则该模型表示连续移动。暂停结束后,重新选择目的地和速

度。此过程重复直到仿真结束。

$V_{\max}$ 和 T_{pause} 是两个最重要的参数,如果 $V_{\max}$ 取值较小而 T_{pause} 取值较大,则网络的拓扑较为稳定;如果 $V_{\max}$ 取值较大而 T_{pause} 取值较小,则节点移动较快,网络拓扑处于高度变化的状态。改变这两个参数,特别是 $V_{\max}$,移动路点模型可以产生不同的移动场景。

3.2 移动建模

战术数据链的参与平台包括地面固定平台和空中与海面移动平台两类,移动性是该网络的显著特性之一。网络的各项性能指标,例如吞吐量、传输时延、路由的有效性都与平台的移动性直接相关。

3.2.1 空中成员的移动模型

根据实际作战环境以及飞机飞行的特点,考虑建立以下移动模型:主节点采用随机路点模型,成员节点采用参考点组移动模型。

移动模型的算法描述如下:

初始状态下,将起始群中主站附近任意一点定为逻辑中心点,在各成员节点周围为每个节点选取一个参考点。逻辑中心点按照随机行走模型移动,各成员按照参考点组移动模型进行移动。

整个组的运动方程可以用如下公式表示:

$$\theta_m(t) = \theta_l(t) + \text{random}() \tag{3}$$

$$|\mathbf{v}_m(t)| = |\mathbf{v}_l(t)| + \text{random}() \tag{4}$$

式中, $\theta_l(t) \in (0, 2\pi]$, $V_l(t) \in [V_{\min}, V_{\max}]$ 。

如果考虑成员节点和主节点之间的相关性,整个组的运动方程可以用如下公式表示:

$$\theta_m(t) = \theta_l(t) + \text{random}() \times \delta_\theta \times A_{\max} \tag{5}$$

$$|\mathbf{v}_m(t)| = |\mathbf{v}_l(t)| + \text{random}() \times \delta_v \times S_{\max} \tag{6}$$

式中, $\delta_\theta \leq 1, 0 \leq \delta_v, \delta_v$ 是成员节点相对逻辑中心节点的偏离速度系数, δ_θ 是偏离焦度系数; $\mathbf{v}_m(t)$ 和 $\theta_m(t)$ 表示成员节点运动的速度和角度; $\mathbf{v}_l(t)$ 和 $\theta_l(t)$ 表示逻辑中心节点运动的速度和角度,采用这两个参数来反映成员在速度和方向上对中心节点的偏差; $A_{\max}$ 和 $S_{\max}$ 表示了成员节点与参考点之间关联关系,如果 $A_{\max}$ 和 $S_{\max}$ 较小,说明组移动性强,成员与参考点之间运动相关性也强。

3.2.2 海上成员的移动模型

在战术环境下,海军的作战单元按照建制协同完成任务也是非常常见的,所以海上成员的移动模型也应该以组移动模型为主,和航空型成员的移动方式相似。

3.2.3 地面成员的移动模型

(1)地理分隔模型

地面成员根据作战任务性质不同,如部队在行进过程中,要根据地形、地貌的特点,设置节点移动方式,因此基于“地形”的移动模型——地理分隔模型,对于地面成员更符合实际网络特征。

整个区域被分解成许多相邻区间,不同的组群在不同的区间中活动。就如同在整个区域内,不同军兵种在各自的区域进行各自的军事行动,相对独立。各区域可以通过对群首(主节点)移动方式的设置来控制本组群的移动方式。

(2)相互重叠模型

这个模型是指不同的组群在同一个范围内实施不同的任务。

3.3 场景建模

战术数据链系统三维仿真场景模型主要包括地形数据库模型和天气数据库模型。

(1)地形数据库模型

战术数据链系统三维仿真根据仿真环境的不同选择相应的地形数据库文件。

在QualNet仿真软件中可配置的地形数据库文件有限,根据仿真需求要进行二次开发,建立起适合自身仿真环境需求的地形数据库模型。

(2)天气数据库模型

根据实际作战天气因素影响不同可以选择相应匹配的天气数据库文件。

4 结果演示

战术数据链系统三维仿真通过QualNet仿真软件支持添加移动模型和场景模型的方式来进行系统三维仿真,同时通过配置网络节点、通信协议、仿真业务等参数保证系统仿真的真实性。

在三维模式下系统仿真结果演示如图4所示。



图4 三维仿真图
Fig.4 The 3D simulation

在系统三维仿真场景中加载地形文件及节点属性后可以实现系统仿真的各项功能,包括动态演示、消息及性能实时跟踪。

战术数据链系统三维仿真中的移动节点根据实际要求设定运动轨迹,节点间根据设定业务类型通信,在系统运行后对消息进行跟踪从而达到实时仿真的目的。

5 结束语

本文主要研究了战术数据链系统三维仿真设计,包括移动模型、场景模型等,其中移动模型的设计成为系统三维仿真设计的关键。通过分析随机路点模型、参考点组移动模型的特点设计了系统三维仿真移动模型,包括空中成员的移动模型、海上成员的移动模型、地面成员的移动模型。三维仿真场景模型提供仿真场景设置,包括地图坐标、地形模式、地形文件、天气模式、天气类型等。仿真模型通过使用三维可视化工具动态显示系统仿真过程中的性能,使系统三维仿真能真实地反映仿真结果,但由于硬件条件局限后期仍需要完善。

参考文献:

[1] 黄柯棣,刘宝宏,黄健,等.系统仿真技术[M].北京:国

防科技大学出版社,1998.

HUANG Ke-di,LIU Bao-hong,HUANG Jian,et al. The system simulation technology[M].Beijing:National Defense University of Science and Technology Press,1998.(in Chinese)

[2] 郭齐胜,董志明.战场环境仿真[M].北京:国防工业出版社,2005.

GUO Qi-sheng,DONG Zhi-ming. Battle Environment Simulations[M].Beijing: National Defense Industry Press,2005. (in Chinese)

[3] Scalable Network Technologies, Inc. QualNet 3.9 Programmer's Guide[M]. Scalable Network Technologies, Inc., 2005.

[4] Xiaoyan Hong, Mario Geria,Guangyu Pei, et al. A Group Mobility Model for Ad Hoc Wireless Networks[C]//Proceedings of ACM/IEEE MSWiM'99. Seattle Wa:IEEE,1999:53-60.

[5] Johnson D Johnson,Maltz D. Dynamic source routing in Ad Hoc Wireless Networks[M]//Mobile Computing. Kluwer: Academic Publishers,1996:153-181.

作者简介:

刘 勇(1982—),男,甘肃兰州人,2006年获工学学士学位,现为助理工程师,主要从事数据链方面的研发工作。

LIU Yong was born in Lanzhou, Gansu Province, in 1982. He received the B.S. degree in 2006. He is now an assistant engineer. His research concerns R&D of data link.

Email:louisliu724@163.com