

# 光电干扰系统 C3I 建模动态研究

## Dynamic Research of Modeling Method of C3I System in Photoelectric Disturbing Weapon System

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所; 2.中国科学院研究生院)陈长喜<sup>1,2</sup> 郭立红<sup>1</sup> 唐雪松<sup>1,2</sup>

Chen, Changxi Guo, Lihong Tang, XueSong

摘要: 光电干扰武器系统具有独特的特点, 在未来战场的作用亦越来越大, 将 C3I 系统的实时获取信息、传输信息、处理信息从而进行态势分析与估计, 然后自动决策应用于光电干扰武器系统, 能大幅度提高光电干扰武器系统的效能。本文着重介绍了几种 C3I 的建模方法, 包括用 UML、Lanchester 方程、Petri 网和基于影响图的建模方法, 给出了几种建模方法的优缺点和在建模中应注意的问题。

关键词: C3I; 建模; UML; Petri 网; Lanchester 方程

中图分类号: TP311.5

文献标识码: A

Abstract: Photoelectric Disturbing play more and more important role in battlefield because of its priority. Photoelectric Disturbing system can be greatly improved if Acquiring, transferring, processing Information in Real-time, consequently status analysis and estimation and auto making-decision of C3I system is applied in its system. This paper introduce some modeling method of C3I system, including UML, Lanchester equation, Petri Net and based - EffectMap, their merit and demerit were described, and some problem were discussed in modeling system.

Keyword: C3I, Modeling, UML, Petri Net, Lanchester equation

### 1 引言

光电干扰武器系统具有速度快、机动性能好、容易隐身、命中率高、持续作用时间长、且能在夜间和不良气候条件下作战等优点。虽然研制生产成本很高, 但由于可长期使用, 因此具有相当的效费比, 已成为当今时代的一种非常有效的进攻和防御性武器。

C3I (Command, Control, Communication, Intelligence) 系统泛指支持各类军事机构的设施实时获取信息, 处理信息, 传输信息, 进行态势分析、威胁估计、决策, 然后实施有效指挥和控制, 以夺取军事优势的复杂而宏大的人—机系统。它突破了传统战争的空间和时间观念, 实现指挥自动化, 代替传统人工指挥手段从而大幅提高指挥机关的指挥效率, 被誉为作战效能的“倍增器”。

开发性能优良的 C3I 系统并将其用于光电干扰武器系统的电气系统的设计, 能大幅度提高光电干扰的效能。

### 2 光电干扰武器系统的功能要求

光电干扰武器系统由跟踪、瞄准系统, 指挥控制系统, 干扰实施系统组成。以指挥控制系统为核心, 指挥控制系统控制跟踪、瞄准系统和干扰实施系统。具体过程是由雷达进行目标捕获与引导, 通过跟踪、瞄准系统的传感器捕获并跟踪目标, 经过预处理获取目标的航

陈长喜: 博士研究生

中国科学院二次创新项目基金 Q05C06Z

迹信息, 并将此信息传送给指挥控制系统。指挥控制系统对目标信息进行如坐标转换、目标的判别、威胁估计等处理操作、呈现态势图并提交作战方案给指挥员, 待指挥员发出命令后干扰实施系统瞄准目标进行光电干扰, 最后评估干扰效果。整个操作过程即是一个小的 C3I 系统, 而此 C3I 系统的战术功能主要是通过指挥控制软件来实现的, 因而指挥控制软件的开发与设计对整个 C3I 系统的性能起着至关重要的作用。

C3I 系统软件必须要具有开放性和重用性, 以适应千变万化的战场环境。因而在指挥控制软件的开发过程中, 系统建模的作用尤其重要。科学、高效的建模方法不仅能够使各类人员更好地理解系统和互相沟通, 保证系统分析、系统设计以及系统维护的一致性, 也能对系统的体系结构进行控制, 提供简化和复用的机会, 同时也能降低风险。

### 3 C3I 建模

对软件系统进行建模通常有两种方法, 面向过程的方法和面向对象的方法。其中前者是从算法和过程的角度进行建模, 用过程或函数作为其主要构造块, 这种方法导致开发人员把精力集中在控制流程和大的算法的分解上, 模型可重用性差, 难于维护和修改; 而后者是从面向对象的角度进行建模, 用对象或类作为主要构造块, 这种方法以更接近人类思维的方式建立问题域模型, 使设计出的软件尽可能直接地描述现实世界, 构造出模块化的、可重用的、可维护性好的软件,

同时也可限制软件的复杂性和降低开发维护费用。

### 3.1 面向对象的建模方法——UML(Unified Modeling Language)

#### 统一建模语言 UML

是 OMG(Object Management Group) 组织确定的标准面向对象建模语言,它是一种定义良好、易于表达、功能强大且普遍适用的建模语言。UML 使用面向对象的概念来分析、描述软件系统并构造系统模型,是一种在大型复杂系统的建模领域中得到认可的优秀的软件工程方法。

#### 3.1.1 UML 的组成:

UML 分别提供了五类图来表述系统:

3.1.1.1 用例图(Use case diagram):从用户角度描述系统功能,并指出各功能的参与者。

3.1.1.2 静态图(Static diagram):包括类图、对象图、包图,其中类图描述系统中类的静态结构。对象图是类图的实例。包图由包或类组成,表示包与包之间的关系。包图用于描述系统的分层结构。

3.1.1.3 行为图(Behaviour diagram):描述系统的动态模型和组成对象间的交互关系。其中状态图描述类的对象所有可能的状态以及事件发生时状态的转移条件。而活动图描述满足用例要求所要进行的活动以及活动间的约束关系,有利于识别并行活动。

3.1.1.4 交互图(Interactive diagram):描述对象间的交互关系。其中顺序图显示对象之间的动态合作关系,它强调对象之间消息发送的顺序,同时显示对象之间的交互;合作图描述对象间的协作关系,与顺序图相似,显示对象间的动态合作关系。除显示信息交换外,合作图还显示对象以及它们之间的关系。

3.1.1.5 实现图(Implementation diagram):由构件图和配置图组成。其中构件图描述代码部件的物理结构及各部件之间的依赖关系。它包含逻辑类或实现类的有关信息。配置图定义系统中软硬件的物理体系结构。它可以显示实际的计算机和设备(用节点表示)以及它们之间的连接关系,也可显示连接的类型及部件之间的依赖性。

#### 3.1.2 UML 体系结构的高层处理过程

美国国防部颁布的 C4ISR 体系结构与 UML 建模之间的关系从下图我们可表示其高层 UML 体系结构处理过程:如下图所示

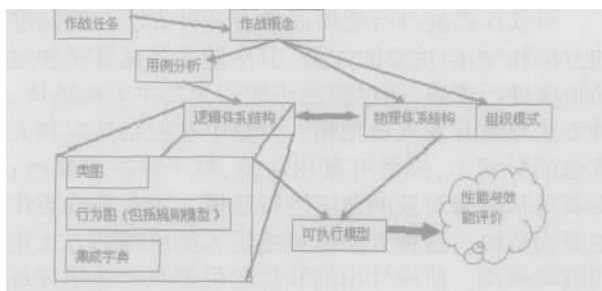


图1 高层 UML 体系结构处理过程

#### 3.1.3 UML 的优缺点:

##### 3.1.3.1 UML 的优点:

它是面向对象的建模语言,符合人们的思维习惯;有统一的标准,有很多基于 UML 的 CASE(Computer Assistant Software Engineering) 工具;是事实上的标准,在软件工业上被大量使用,会越来越完善。

##### 3.1.3.2 UML 缺点:

从学术角度看,缺乏相应的数学分析以评估建模的好坏;不能够直接的进行仿真研究

#### 3.2 Lanchester 方程的建模方法

Lanchester 战斗理论是 1914 年英国工程师 F.W. Lanchester 在英国工程杂志上的一系列论文中提出,其主要内容是基于古代冷兵器战斗和近代运用枪炮进行战斗的不同特点,在一些简化假设的前提下,建立的一系列描述交战过程中双方兵力变化数量的微分方程组,以及由此得出的关于兵力运用的一些原则。主要内容包括: Lanchester 第一线性律、第二线性律、平方律和混合交战律等。二战结束后,人们根据现代作战条件,特别是高技术条件下作战的特点,以不同的侧重点对 Lanchester 方程进行了改进和扩展,并与其它相关技术结合构成多种作战模型,在军事决策领域发挥着重要作用。

##### 3.2.1 考虑指挥控制因素的 Lanchester 方程

1) 毁伤概率战术射击的影响(杀伤半径和不确定性半径)  $R_{ix}$ ——红方武器的杀伤半径

$R_{ix}$ ——红方对蓝方目标定位的不确定半径

2) 目标信息分辨率  $K_{ix}$

它能使火力被分派给集中度更高目标而提高射速可用系数乘以射速表示  $K1 \cdot N_x = n_x$

3) 敌情报告速度

(1) 报告毁伤效果的延迟使得射击发数浪费在已摧毁的目标上,减少此延迟使得毁伤概率增加  $K_{3x}$

(2) 报告运动目标位置的延迟相当于增加目标不确定性  $K_{3x}$

$$\frac{dy}{dx} = -bx = -nx - \frac{R_{ix}^2}{K_{ix} R_{ix}^2} \frac{K_{ix}}{K_{2x}} x$$

##### 3.2.2 Lanchester 方程优缺点

1) 优点:

便于分析人员进行灵敏度分析,迅速改变兵力编成,装备特性变量的结果;适用于大、中、小各种规模的作战模型。

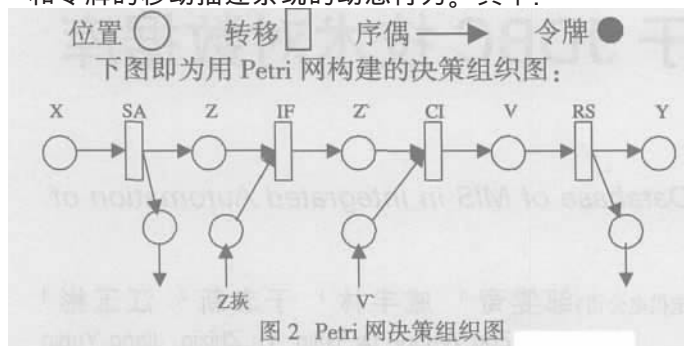
2) 缺点:

所用数据结构有局限性(假定太多如只考虑个战斗成员的平均效能和战斗成员数等可量化的因素,忽略心理素质、战斗意志、对领导的信任、坚决性、突然性和健康状况等不可量化的因素);输入数据量大,数据准备困难。

#### 3.3 Petri 网的建模方法

Petri 网用四个元素为系统建模:位置(Position)、

转移(Transition)、弧(Arc)和令牌(Token),用位置、转移的连接表示系统的静态功能和结构,通过转移点火和令牌的移动描述系统的动态行为。其中:



X: 来自探测器的输入信息,表示与外界环境的交互

SA(态势评价): 它含有处理输入信息的算法,产生经过评价的态势信息Z,被评价的态势信息可与其它决策组织共享,可输出

IF(信息融合): 信息Z与其它决策组织送来的决策信息Z'经过IF处理融合在一起,形成一个综合态势的评价的Z'

CI(命令解释): 一个组织在决策时可能接收其它组织的命令V,CI解释此命令,将Z和V组合产生V,它是策略选择的原则

RS(响应选择): 决策组织根据V做出响应

Y(输出): 系统的决策输出,即系统响应,表示与外部环境的交互作用,这个模型考虑了决策员之间的交互作用

Petri 网的优缺点:

1) 优点:

Petri 网是可以执行且可以直接仿真的;它能处理冲突、并发、同步关系;Petri 网有良好的数学基础,可用矩阵分析 Petri 网。

2) 缺点:

Petri 网建模较为复杂;Petri 网建模不直观,不易理解。

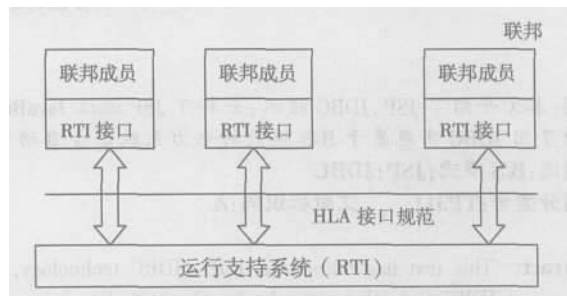
### 3.4 基于影响图的建模方法

影响图建模方法是美国麻省理工学院(MIT)的James R.Burns提出的一种复杂系统的规范化建模方法。它通过分析所要研究的系统,找出表征系统运行过程所必须的系统参量之间的相互影响关系,画出系统的影响图,根据影响图与系统参量的实际物理意义,运用一定的建模方法,最后得出系统的状态方程。影响图建模与分析方法是面向微分方程的模型,用影响图方法分析和处理建立的战争过程模型一般是物质、能量与信息全面开放情况下的模型。它紧密结合了反馈与非线性这两个概念。

### 3.5 软总线结构问题

随着C3I技术的不断发展,将来会有各级指挥系

统和越来越多的武器系统加入到大的C3I系统体系中,另外为了整个系统抗击毁能力的提高,会采用分布式系统,如何像硬件一样对加入进来软件系统能够“即插即用”,这就要求在设计C3I系统体系结构中采用协调一致的结构、标准、协议和数据库。我们称之为软总线结构。美国国防部为整个国防领域的建模与仿真活动建立了一个通用技术框架,其中高层体系结构(HLA High Level Architecture)是核心内容,它与任务空间模型和其他一些数据标准一起,被认为是下一代分布交互系统标准。它采用联邦、联邦成员、对象、对象模型来表达客观世界。可用下图来表示。



我们所建的光电干扰模型若能按HLA的软件体系结构进行建模,我们的系统将会加入到较大的军区乃至国家C3I系统中,也会将以HLA为标准的C3I武器系统纳入我们的管理系统。

## 4 结论

在上述的建模方法中,Lancherster方程的建模方法由于假定较多,很难开发出涵盖所有指标的模型;影响图的建模方法以图形为基础,提出了很多微分方程组,不易求解,限制了其应用范围,面向对象的UML建模方法比较符合人的思维习惯,便于程序员直接编码,被人们普遍采用,尤其是现在有许多CASE工具,当用此工具用通用的UML语法进行建模时,能直接生成源代码。它的缺憾是缺乏数学基础,不能直接用来仿真,而Petri网有很好的数学分析工具,恰恰弥补了UML在这方面缺憾,且Petri网是可以直接仿真执行的。执行将UML建模与Petri网建模结合起来,用UML建模之后转换为Petri网模型进行仿真评估,不失为一个好的方法。

参考文献:

- [1]伍筱菁.柔性臂建模与控制方法研究[J].微计算机信息,2005,12-1:41-43
- [2]Joseph Schmuller 著.李虎,赵龙刚译.UML基础、案例与应用[M].北京:人民邮电出版社2004-08
- [3]C4ISR Architecture Working Group.C4ISR Architecture Framework Version 2.0[R].Department of Defense,December 18,1997.
- [4]Bienvu,M.,I.Shin,and A.H.Lewis,An Object-Oriented Approach for Architecture Design [J],Journal of Systems Engineering, Vol.3, No.4,2000
- [5]James Rumbaugh,Ivar Jacobson,Grady Booch.UML参考手册[M].北京:机械工业出版社,2001(转233页)





图5 客户端请求数据主窗口

### 4.3 3D可视化的实现

客户端从服务器端得到数据后,选择相应的输出算法,J3DV提供了多种交互方法,包括位置控制(沿不同的坐标轴移动图形),旋转控制(在三维空间中旋转图形),延伸(延伸当前节点到附近的节点),移动(改变输出图形节点的位置)和删除(从输出图形中删除节点)等。图6显示的是一个聚类算法的3D图形画面。

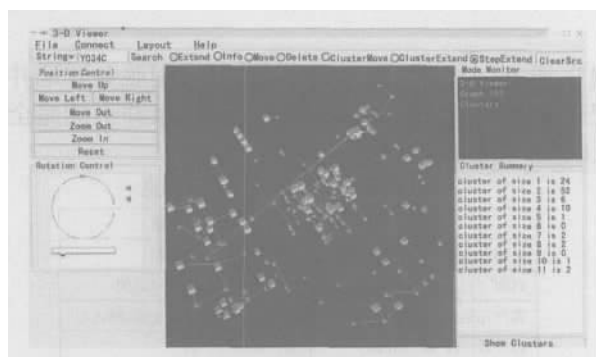


图6 聚类算法的3D图形显示

## 5 总结

与其他可视化工具相比,J3DV提供了更完善的系统框架,它使用JDO实现数据源和可视化的集成,JDO实现了对不同数据源的存取,并解决了数据库可视化中数据管理效率低的问题。J3DV具有良好的扩展性,提供了多数据源的接口,并可植入新的数据源。J3DV的两层缓存映射提高了系统的效率。但是,J3DV未来还有很多需要考虑的问题,包括如何提供更多的可视化图形方法、如何集成更多类型的数据源、如何实现文件系统的查询以及提供输出机制等。

### 参考文献:

- [1] Tom Soukup Ian Davidson 著,朱建秋等译.《可视化数据挖掘》,电子工业出版社,2004年1月。
- [2] Xiang Fang, John A. Miller and Jonathan Arnold.《J3DV: A Java-Based 3D Database Visualization Tool》,IEEE Transactions On Visualization And Computer Graphics, VOL 7, No. 3 2002.
- [3] Jennifer Preece 著,刘晓辉等译.《交互设计-超越人机交互》,电子工业出版社,2003年6月。
- [4] 冯艺东,汪国平等.《信息可视化》,工程图学学报,2001年增刊。
- [5] Maria Cristina Ferreira de Oliveria and Haim Levkowitz.《From Visual Data Exploration to Visual Data Mining: A Survey》,IEEE

Transactions On Visualization And Computer Graphics, VOL 9, No. 3 2003.

[6] Daniel A. Keim.《Information Visualization and Visual Data Mining》,IEEE Transactions On Visualization And Computer Graphics, VOL 7, No.1 2002.

[7] 张道德.基于Access数据库的集散式温度控制系统[J].微计算机信息,2005,1:41-42

作者简介:兰红,女,1969年3月,汉族,硕士,江西理工大学讲师,主要研究方向数据挖掘,无线互联网的应用,嵌入式操作系统等, E-mail: LanHong69@21cn.com; 刘发升,男,1963年11月,汉族,博士,江西理工大学副教授,硕士生导师,主要研究方向数据挖掘与数据库、可视化数据挖掘等;王建雄,男,1970年7月,汉族,学士,赣南师范学院讲师,主要研究方向数字化图书馆及计算机信息技术应用等。

Biography: LanHong: Female, 1969.3, Han Nationality, Master, Lecturer, JiangXi University of Technology. Mainly research: Data Mining, Wireless Application, Embedded System etc; Liu-FaSheng: Male, 1963.11, Han Nationality, Doctor, vice professor, JiangXi University of Technology. Mainly research: Data Mining and Database, Visualized Data Mining etc; WangJianXiong: Male, 1970.7, Han Nationality, Bachelor, Lecturer, Gan-Nan Teaching School, Mainly research: Digital Library, Application of computer information technology etc.

(341000 江西赣州,江西理工大学)兰红 刘发升

(341000 江西赣州,赣南师范学院)王建雄

(341000 JiangXi University of Science and Technology) Lan, Hong Liu, FaSheng

(341000 Gan Nan Teachers College) Wang, JianXiong

通讯地址: (341000 江西省赣州市江西理工大学信息工程学院)兰红

(投稿日期:2005.12.15) (修稿日期:2006.1.18)

(接 145 页)[6]Levis Alexander H, Wagenhals Lee W. Developing a Process for C4ISR Architecture Design [R]. System Architectures Laboratory, C3I Center, MSN 4D2, George Mason University, 2000.

[7]Jensen K. Colored Petri Nets, Basic Concept Analysis Method and Practical Use[M]. Springer-Verlag, Berlin, 1997.

作者简介:陈长喜(1970-),男,吉林延吉人,中国科学院长春精密机械与物理研究所博士研究生,主要研究方向为光电干扰武器系统中C3I系统的研究.chenc\_xi@163.com;郭立红(1964.8—),女(汉族),吉林舒兰市人,研究员,博士生导师,主要研究方向为Windows2000/NT底层开发技术,计算机控制,星体自动化标校等,E-mail: chenc\_xi@163.com 或 chenc\_xi@sohu.com

(130033 吉林 长春 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所) 陈长喜 郭立红 唐雪松

(100039 北京中国科学院 研究生院) 陈长喜 唐雪松  
通讯地址: (130033 吉林省长春市东南湖大路 16 号 中国科学院长春光机所光电对抗部)

(投稿日期:2005.12.15) (修稿日期:2006.1.22)