

## 基于XML的作战计划形式化描述

樊青云<sup>1,2</sup>, 刘东波<sup>2</sup>, 阮启明<sup>2</sup>, 王晓明<sup>3</sup>

(1. 解放军理工大学 指挥自动化学院, 江苏 南京 210007;

2. 中国电子设备系统工程公司研究所, 北京 100141;

3. 第二炮兵士官学校, 山东 青州 262500)

**摘 要:**在信息化条件下, 战场情况瞬息万变, 作战行动要以作战计划为依据。因此, 客观上需要为作战计划设计语义明确、规范易懂、简洁实用、统一的形式化表示方法, 保障指挥员和参谋人员准确表述和理解作战计划, 为作战计划拟制、冲突检测和执行监控、作战仿真等软件提供基础支撑。通过分析作战计划的信息构成, 对作战计划的各个组成部分进行了形式化描述, 提出了基于XML的作战计划形式化表示方法, 给出了基于XML Schema的作战计划形式化表示结构图。

**关键词:**作战计划; 作战任务; 形式化描述; XML

中图分类号: TP301

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2009)10-0204-03

### Formal Description of Operation Plan Based on XML

FAN Qing-yun<sup>1,2</sup>, LIU Dong-bo<sup>2</sup>, RUAN Qi-ming<sup>2</sup>, WANG Xiao-ming<sup>3</sup>

(1. Institute of Command Automation, PLA Univ. of Sci. & Tech., Nanjing 210007, China;

2. Research Institute of Chinese Electronic Equipment System Engineering Corp., Beijing 100141, China;

3. The Second Artillery Academy of Pretty Officers, Qingzhou 262500, China)

**Abstract:** In the information technology conditions, the ever-changing battlefield situation, operation plan is the basis of combat action. Therefore, the objective needs of the operation plan are the design of semantic clear, easy-to-understand specification, simple and practical, unified formal representation, which protects commanders and staff officers to express an accurate understanding of the operation plan and provides the foundation support for software of developing operation plan, implementation of monitoring and conflict detection, combat simulation etc. In this paper, the information constructs of operation plan are analyzed, then, the formal representation of the compositions of the operation plan is suggested, the formal diagram of operation plan is characterized based on the XML Schema.

**Key words:** operation plan; combat mission; formal description; XML

## 0 引 言

目前我军信息化建设正处于深入发展阶段, 客观上需要为作战计划设计语义明确、规范易懂、简洁实用、统一的形式化表示方法, 保障指挥员和参谋人员准确表述和理解计划, 使计划能够自动执行并且支持推理验证, 为计划拟制、冲突检测和执行监控、作战仿真等软件提供基础支撑。

国内提出的作战计划形式化表示方法, 主要是通过统一建模语言(UML)建立计划的数据模型, 然后再转换为XML形式的计划。例如, 孙靖等采用UML建

立计划的数据模型, 提出了从UML静态图到XML Schema的转化规则, 实现了一种简单的计划模型<sup>[1]</sup>。戈义君等采用UML建模计划的静态模型和动态模型, 该模型便于参谋人员理解计划, 但不支持在系统中自动执行<sup>[2]</sup>。李建军等采用本体方法对任务进行形式化描述, 能够满足各作战指挥系统之间对任务统一理解的要求<sup>[3]</sup>。寇力在基于案例的空中进攻作战计划生成技术研究中提出了基于XML的空军进攻作战计划, 并进行了形式化描述<sup>[4]</sup>。王德鑫在以网络为中心的联合作战计划描述与生成系统研究中提出了基于owl语言对联合作战计划的描述, 但是如何把军事计划领域关注的约束限制完整清晰地转化为owl约束面临很大的挑战<sup>[5]</sup>。

文中参考 M. R. Hieb 和 U. Schade 提出的指控形式语言的语法<sup>[6]</sup>, 提出了一种基于XML的计划形式化表示方法, 用来对计划进行形式化描述。

收稿日期: 2009-02-03; 修回日期: 2009-05-29

基金项目: 军队装备预研项目(51306040101)

作者简介: 樊青云(1981-), 男, 山西长治人, 硕士研究生, 研究方向为数据库技术; 刘东波, 高级工程师, 硕士研究生导师, 研究方向为C4ISR、数据工程、知识发现等。

## 1 BML概述

作战管理语言 BML(Battle Management Language)是一种精确无歧义的语言,可用于指挥控制部队和武器装备,并支持态势感知和公共作战图像应用<sup>[7]</sup>。BML提供了一种可准确表达指挥官意图的数字化方法,其设计目标是:既可用于实际的作战部队,也可用于仿真部队和未来的机器人部队。C-BML(Coalition-BML)是一个标准的、开放的 BML,使用 XML 标准进行数据表示,随后又增加了语法,即使用 M. R. Hieb 和 U. Schade 制订的语法作为 XML Schema 的基础,该结构能够以一种清晰的方式表示 BML 中的所有命令<sup>[6,8]</sup>。语法规则如下:

$B \rightarrow \text{Verb Tasker Taskee (Affected | Action) Where Start - When (End - When) Why Label (Mod) }^*$

其中,Verb 是一个行动;Tasker 是指挥控制任务的单位;Taskee 是执行任务的单位;Affected 是任务打击的单位;Action 是该任务导致的另一个行动或任务;Where 表示地点;When 表示时间;Why 是任务行动的目的;Label 使任务可以提到它的其它基本表示;Mod 表示一个修饰语,明确任务的类型;\* 表示可以有一个或多个修饰语;( )表示可选。

## 2 作战计划概念的形式化描述

### 2.1 作战计划信息构成分析

在形式上,作战计划文书一般包括标题、正文、签名和附件 4 个部分。标题用于描述该计划的名称;签名指出制订该计划的人、机构和日期;附件是该计划引用的或用于补充说明的文档;正文是计划的主体部分,主要包括战场态势、作战使命、作战任务等几个方面的内容。战场态势描述包括敌情、我情和战场环境描述;作战使命是计划的期望最终态势,能够根据作战使命确定作战目标;作战任务是根据当前态势、作战目标、可用资源、限制条件等确定的一系列任务,通过任务的完成,以达到最终态势。

### 2.2 作战计划描述

作战计划描述是正文之外的内容,包括计划名称、编号、类型、保密等级、制定单位、制定时间、下发份数等。计划描述可定义为九元组:

$\text{PlanDescription} = \langle \text{ID, Name, Type, Unit, Time, Secret, Sum, Number, OtherParameters} \rangle$  (1)

其中,ID 表示计划的唯一标识;Name 表示计划的名称;Type 表示计划的类型;Unit 表示制定计划的单位;Time 表示制定计划的时间;Secret 表示计划的保密等级;Sum 表示计划的印刷总份数;Number 表示下发的第几份;OtherParameters 表示计划的补充说明。

### 2.3 战场态势描述

战场态势描述包括敌情、我情和公共环境等。战场态势描述可定义为四元组:

$\text{Situation} = \langle \text{Explanation, EnemyInfo, SelfInfo, Environment} \rangle$  (2)

其中,Explanation 是对当前态势的一般性描述,如友好、摩擦、交战等;EnemyInfo 描述敌军的一般情况,包括编制、部署、装备等;SelfInfo 描述我军的一般情况;Environment =  $\langle \text{Terrain, Weather, BeginDateTime} \rangle$  描述作战区域的地形、气象和计划的开始时间。

### 2.4 作战目标描述

作战目标是根据作战使命确定的,目标描述可定义为五元组:

$\text{Objective} = \langle \text{ID, Name, Description, BattleSpace, Status} \rangle$  (3)

其中,ID 是目标的唯一标识;Name 表示目标的名称;Description 表示目标一般性的描述;BattleSpace =  $\langle \text{Distance, Location} \rangle$  表示作战距离和作战位置;Status =  $\langle \text{Name, Value} \rangle$  表示描述目标状态的条件变量的名称和值。

### 2.5 作战任务模型

作战任务是计划的核心,指挥员和参谋人员对任务进行规划和排序时,需要根据任务的前提条件、执行效果、可用资源和约束条件等进行分析。因此,任务模型不仅需要结构化的形式,而且需要包含语法和语义,便于计算机分析、推理和验证。文中参考 BML 中定义的语法来形式化表示任务,把作战任务定义为十二元组:

$\text{Task} = \langle \text{ID, Name, Type, Objectives, Phase, Organization, Duration, StartTime, EndTime, Preconditions, Effects, OtherParameters} \rangle$  (4)

其中,ID 表示对任务的唯一标识;Name 表示任务的名称;Type 表示任务的类型,如进攻、防守、行进等;Objectives 表示任务的目标;Phase 表示任务所处的作战阶段;Constraints 表示任务间的相互约束关系;Organization 表示执行任务的兵力编成;Duration 表示任务的持续时间;StartTime 表示任务的开始时间;EndTime 表示任务的结束时间;Preconditions 是任务开始执行必须满足的前提条件集;Effects 是任务执行完成后所产生的效果集;OtherParameters 是扩充字段,不同的兵种根据需要添加不同的内容。

任务间的相互约束关系是进行任务规划和排序的最重要的条件之一,下面给出了任务间的关系的具体定义。

定义 1(作战任务间的关系 - Constraint):作战任

务间的关系是任务间的相互约束。从任务的执行过程来看,任务间的关系分为串行、并行和反馈三种关系<sup>[3]</sup>。其可定义为五元组:

$$\text{Constraint} = \{\text{Sequence}, \text{Exclude}, \text{Synchronization}\} \subseteq \text{Task} \times \text{Task} \quad (5)$$

假定  $\text{TaskSequence} = \{\text{task}_1, \text{task}_2, \dots, \text{task}_n\}$  是某作战计划中任务的集合。

定义 1.1(顺序关系 Sequence): 对于  $\forall \text{task}_i, \text{task}_j \in \text{TaskSequence}(i, j = 1, 2, \dots, n \text{ 且 } i \neq j)$  存在顺序关系  $\text{Sequence}(\text{task}_i, \text{task}_j)$ , 可分为两种顺序关系  $\text{EndToStart}$  和  $\text{StarToEnd}$ ,  $\text{EndToStart}(\text{task}_i, \text{task}_j)$  表示只有当任务  $\text{Task}_i$  结束后, 任务  $\text{Task}_j$  才能开始执行。  $\text{StarToEnd}(\text{task}_i, \text{task}_j)$  表示只有当任务  $\text{Task}_j$  开始后, 任务  $\text{Task}_i$  才能结束。

定义 1.2(互斥关系 Exclude): 对于  $\forall \text{task}_i, \text{task}_j \in \text{TaskSequence}(i, j = 1, 2, \dots, n \text{ 且 } i \neq j)$ , 如果  $\text{task}_i$  和  $\text{task}_j$  的前提条件不一致、执行效果相互冲突或者一个的前提条件和另一个的执行效果相冲突, 那么存在互斥关系  $\text{Exclude}(\text{task}_i, \text{task}_j)$ , 表示任务  $\text{task}_i$  和  $\text{task}_j$  只能选择其中一个执行。

定义 1.3(同步关系 Synchronization): 对  $\forall \text{task}_i, \dots, \text{task}_m \in \text{TaskSequence}$  且  $m \geq 2$ , 存在同步关系  $\text{Synchronziation}(\text{task}_i, \dots, \text{task}_m)$ , 可分为三种同步关系  $\text{StarSync}$ ,  $\text{EndSync}$  和  $\text{CompleteSync}$ 。  $\text{StartSync}(\text{task}_i, \dots, \text{task}_m)$  表示任务  $\text{task}_i, \dots, \text{task}_m$  必须同时开始;  $\text{EndSync}(\text{task}_i, \dots, \text{task}_m)$  表示任务  $\text{task}_i, \dots, \text{task}_m$  必须同时结束;  $\text{CompleteSync}(\text{task}_i, \dots, \text{task}_m)$  表示任务  $\text{task}_i, \dots, \text{task}_m$  必须同时开始和结束。

### 3 作战计划的形式化表示

作战计划形式化表示的需求主要包括:

①能够在不同系统、不同平台和不同数据库应用之间传递;

②应该有多种展现形式, 如 Word 文档形式、干特图形式以及作为数据库记录存储在数据库中;

③应该具有良好的可扩展性, 不断满足军事应用的需求。

因此, 选择 XML 语言作为计划的形式化描述语言, 同时参考 BML 语言的语法形式, 使任务包含语法和语义, 形成了基于 XML 的作战计划形式化表示。

#### 3.1 作战计划的 XML Schema 结构图

根据上述对作战计划信息构成的分析和建立的概念模型, 对计划进行形式化表示。计划的 XML Schema 结构如图 1 所示, 包含 PlanDescription、Situa-

tion、Objectives、Limits、Phases、Tasks、ReferenceDocs、OtherElements, 分别表示计划描述、战场态势、作战目标、计划的限制条件、作战阶段划分、任务序列、引用文档和扩充字段。这里, 引用文档是制定作战计划过程中所引用的参考文档和补充性文档的描述, 如上级的作战计划或其它文档资料; 扩充字段用来给特殊需要和将来需求预留的字段。

#### 3.2 作战任务的 XML Schema 结构图

如图 2 是作战任务的 XML Schema 结构图, 包含

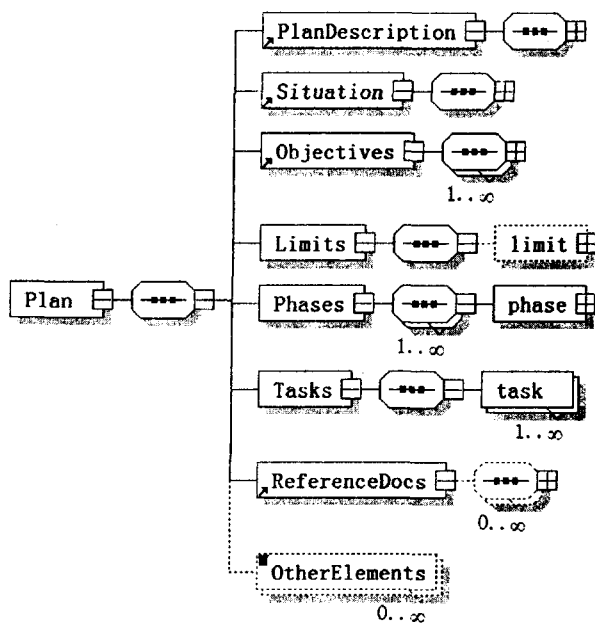


图 1 作战计划的 XML Schema 结构图

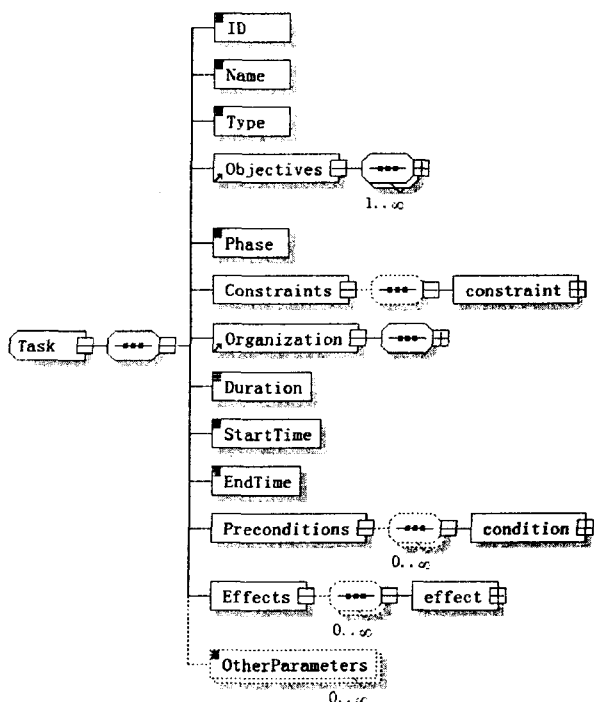


图 2 作战任务的 XML Schema 结构图

(下转第 210 页)

空间信息网络中管理系统的负担。

### 3 结束语

卫星网络是一种具备高度复杂性、高动态、超高速、智能化等特点的网络系统,而网络控制系统在卫星网络中担任着重要的角色,虽然网络控制系统和网络管理系统在形式上是分开的,但是在本质上却是一体化的,二者相辅相成,实现对整个卫星网络高效统一的控制与管理。目前,国内外各个研究机构对卫星网络控制系统体系结构的研究还处于初级阶段,网络控制系统相对于网络管理系统来说还不太成熟。因此,对于卫星网络控制系统体系结构的研究,还有很多问题值得去思考。文中提出了一种空、天、地一体化的网络控制系统的体系结构,即一种基于分布式分层分域的卫星网络控制系统体系结构,并着重分析了 DLZSNC-SS 的功能。将在后继阶段研究中,针对卫星网络的特性,对卫星网络控制系统的体系结构内部做进一步深入的研究。

#### 参考文献:

- [1] Brostrup - Jensen P, Moshenberg D. The AT&T Satellite Network Control System[J]. IEEE J. Select. Areas Commun, 1992, 10(6):1094 - 1102.
- [2] Motoyama Y, Nakaya K, Kobayashi M, et al. Satellite Network Control System for SS - TDMA[C]//Global Telecom-

munications Conference, 1993, Including a Communications Theory Mini - Conference. Technical Program Conference Record, IEEE in Houston. GLOBECOM '93. IEEE. [s. l.]: [s. n.], 1993:1257 - 1262.

- [3] Szabo S, Scott H A, Murphy K N, et al. Control System Architecture for a Remotely Operated Unmanned Land Vehicle [C]//Intelligent Control, 1990 Proceedings. 5th IEEE International Symposium. [s. l.]: [s. n.], 1990:876 - 883.
- [4] Wen P, Cao J, Li Y. Design of High - performance Networked Real - time Control Systems[J]. Control Theory & Applications, IET. 2007, 1(5):1329 - 1335.
- [5] Crum V W, Buffington J M, Tallant G S, et al. Validation & Verification of Intelligent and Adaptive Control Systems [C]//Aerospace Conference, 2004. Proceedings. 2004 IEEE. [s. l.]: [s. n.], 2004:1132 - 1139.
- [6] Li Tianjian, Fujimoto Y. Control System With High - Speed and Real - Time Communication Links[J]. Industrial Electronics, IEEE Transactions, 2008, 55(4):1548 - 1557.
- [7] 王 凯, 吴小良. 数字化战场指挥控制系统体系结构[J]. 火力与指挥控制, 2008, 33(1):4 - 8.
- [8] 田晓迪, 刘开培. 改进的分层递阶智能控制系统体系结构[J]. 控制与决策, 2002, 17(2):171 - 173.
- [9] 周益军, 黄本雄. 网络端点接入控制的实现[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(9):227 - 229.
- [10] 蒋峥嵘, 王汝传, 孙力娟. 基于移动 Agent 无线传感器网络节点自定位算法[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(6):1 - 4.

(上接第 206 页)

ID、Name、Type、Objectives、Phase、Constraints、Organization、Duration、StartTime、EndTime、Preconditions、Effects 和 OtherParameters, 分别表示任务的编号、名字、类型、作战目标、作战阶段、约束条件、作战单位、持续时间、开始时间、结束时间、任务的前提条件集、任务的效果集。其中, 约束条件表示任务间的相互约束关系。

### 4 结束语

文中对作战计划的信息构成进行了分析, 在此基础上, 对作战计划的各个组成部分进行了形式化描述, 重点分析了作战任务的概念和作战任务间的关系, 并对其进行了相应的形式化描述, 最终提出了一种基于 XML 的作战计划形式化表示方法, 给出了基于 XML Schema 的作战计划形式化表示结构图。

#### 参考文献:

- [1] 孙 靖, 刘晓明. 基于 UML 和 XML Schema 的作战计划建模[J]. 解放军理工大学学报: 自然科学版, 2003, 4(5):30

- 35.

- [2] 戈义君, 刘 忠, 张维明. 作战计划的可视化建模方法[J]. 火力与指挥控制, 2006, 31(4):46 - 49.
- [3] 李建军, 刘 翔, 任 彦, 等. 作战任务高层本体描述及规划[J]. 火力与指挥控制, 2008, 33(1):53 - 60.
- [4] 寇 力. 基于案例的空中进攻作战计划生成技术研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2005.
- [5] 王德鑫. 以网络为中心的联合作战计划描述与生成系统研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2006.
- [6] Hieb M R, Schade U. Applying a Formal Language of Command and Control For Interoperability Between Systems[C]//AFCEA - GMU C4I Center Symposium on Critical Issues in C4I. [s. l.]: [s. n.], 2008.
- [7] Carey S, Kleiner M, Hieb M R, et al. Standardizing Battle Management Language - A Vital Move Towards the Army Transformation [C]//IEEE Fall Simulation Interoperability Workshop. Orlando, FL: [s. n.], 2001.
- [8] Pullen J M, Carey S, Mevassvik O M, et al. NATO MSG - 048 Coalition Battle Management Initial Demonstration Lessons Learned and Way Forward [C]//IEEE/SISO Simulation Interoperability Workshop. [s. l.]: Spring, 2008.