



军事信息系统 体系结构技术

The Architecture Technology of
C⁴ISR System

罗雪山 罗爱民 张耀鸿 等编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

国防科技大学
学术著作专项
经费资助出版

军事信息系统体系 结构技术

The Architecture Technology of C⁴ISR System

罗雪山 罗爱民 张耀鸿
黄力 舒振 姜军



国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

军事信息系统体系结构技术/罗雪山等编著. —北京:
国防工业出版社, 2010. 5

ISBN 978-7-118-06676-0

I. ①军... II. ①罗... III. ①军事—信息系统—
系统结构 IV. ①E919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 023993 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 850 × 1168 1/32 印张 12 $\frac{1}{2}$ 字数 330 千字

2010 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 46.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前 言

体系结构是军事信息系统建设中的一个重要环节,体系结构设计对系统的设计、实现、使用有指导作用,对系统的综合集成有促进作用。随着信息系统在军事领域越来越广泛地应用,军队信息化建设的不断深化,体系结构技术已经成为军事信息系统领域研究的热点问题。

本书阐述了军事信息系统体系结构技术的理论、方法和应用,这些内容反映了军事信息系统体系结构技术领域的最新研究成果,是作者多年从事军事信息系统体系结构技术研究的结晶。本书系统介绍军事信息系统体系结构技术,阐述体系结构设计规范、体系结构设计方法、体系结构建模技术、体系结构验证评估等方面的内容,可提高读者的理论水平。同时结合实际应用,介绍体系结构设计开发环境和工具,以及支撑体系结构设计的参考资源,为读者的实践工作提供指导。

本书由罗雪山负责全书的组织、规划和审阅,罗爱民、张耀鸿、黄力、舒振、姜军参加了编写工作。

在本书的编写过程中,得到了刘俊先、姜志平、修胜龙的大力支持,体系结构技术研究课题组的同事们为本书的编写也提供很多帮助,谨此对他们表示深切的感谢。

本书可作为信息系统工程方向的研究生教材,也可作为从事军事信息系统体系结构设计、系统设计等方面的教学和科研工作

的人员参考书;同时,可为政府、企业信息化建设的规划和顶层设计提供指导。

由于作者水平所限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2009年10月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 绪论	1
1.2 体系结构的概念	3
1.2.1 体系结构的定义	3
1.2.2 体系结构的特点	4
1.2.3 体系结构的作用	6
1.3 多视图体系结构开发方法论	7
1.3.1 多视图建模思想	7
1.3.2 多视图体系结构描述的概念模型	8
1.4 体系结构工程	12
1.4.1 体系结构工程的概念	13
1.4.2 体系结构工程的阶段划分	16
1.5 体系结构技术研究现状及发展历程	20
1.5.1 体系结构描述方法	20
1.5.2 体系结构设计方法	24
1.5.3 体系结构验证评估方法	26
1.5.4 体系结构开发工具	28
第 2 章 体系结构框架	31
2.1 体系结构框架的概念	31
2.1.1 体系结构描述	31

2.1.2	体系结构框架	34
2.2	DoD 体系结构框架	35
2.2.1	DoD 体系结构框架 1.0 组成	35
2.2.2	DoD AF 1.0 体系结构产品	40
2.2.3	DoD AF 1.0 使用	88
2.3	DoD AF 1.0 产品之间的关系	93
2.3.1	作战视图产品之间的关系	93
2.3.2	系统视图产品之间的关系	96
2.3.3	不同视图产品之间的相互关系	98
2.4	DoD AF 更新版本	101
2.4.1	DoD AF 1.5	101
2.4.2	DoD AF 2.0	108
2.5	常用体系结构框架	113
2.5.1	Zachman 框架	113
2.5.2	英国国防部体系结构框架	118
2.5.3	MACCIS	125
2.5.4	企业体系结构框架	130
第 3 章	体系结构开发方法	135
3.1	体系结构和产品开发过程	135
3.1.1	体系结构开发原则和具体准则	135
3.1.2	体系结构开发过程	136
3.1.3	体系结构开发方法	139
3.2	面向过程的体系结构开发方法	140
3.3	面向对象的体系结构开发方法	148
3.3.1	体系结构定义的目标	149
3.3.2	UML 描述	150
3.3.3	开发过程	153

3.4	以数据为中心的体系结构开发	163
3.4.1	全视图产品的开发	164
3.4.2	作战视图产品的开发	164
3.4.3	系统视图产品的开发	166
3.4.4	技术视图产品的开发	169
3.5	体系结构辅助设计方法	170
3.6	体系结构设计方法的比较	174
第4章	体系结构验证评估方法	176
4.1	体系结构验证评估框架	176
4.1.1	体系结构信息模型	176
4.1.2	基于信息模型的验证评估框架	178
4.2	体系结构验证评估指标	182
4.3	体系结构数据完备性验证	184
4.3.1	基于 CADM 的数据完备性验证方法	184
4.3.2	数据完备性验证实例	187
4.4	数据一致性验证分析方法	190
4.4.1	实体父子关系一致性验证	190
4.4.2	父子实体连接关系一致性验证	191
4.4.3	数据分配关系的一致性验证	192
4.5	基于可执行模型的验证评估方法	199
4.5.1	体系结构可执行验证评估的概念和过程	199
4.5.2	基于 CPN 的可执行模型验证方法	202
4.5.3	基于对象 Petri 网的可执行模型验证 评估方法	204
4.5.4	可执行模型的构建实例	208
4.6	基于场景的体系结构评价方法	220
4.6.1	基于场景的 C ⁴ ISR 体系结构评价过程	220

4.6.2	基于场景的指标体系构建方法	222
4.6.3	基于场景的指标数据获取过程	229
4.6.4	基于场景的指标数据综合方法	240
第5章	体系结构开发工具与案例	247
5.1	体系结构开发工具的特点	247
5.2	System Architect	248
5.2.1	System Architect 简介	248
5.2.2	System Architect 的结构与特点	250
5.2.3	System Architect 对 DoD AF 的支持	255
5.3	体系结构设计开发环境 ArchDesigner	258
5.3.1	系统的主要特点	259
5.3.2	系统的主要功能	260
5.3.3	系统的主要结构	266
5.4	应急后勤保障体系结构设计案例	270
5.4.1	作战视图	270
5.4.2	系统视图	289
5.4.3	技术视图	317
第6章	体系结构设计参考资料	322
6.1	信息系统互操作等级模型	323
6.1.1	概念和作用	323
6.1.2	LISI 成熟模型	325
6.1.3	LISI 参考模型	328
6.1.4	互操作性性能模型	340
6.1.5	LISI 对 C ⁴ ISR 体系结构框架的贡献	343
6.2	通用联合任务清单	347
6.2.1	任务清单的结构	348

6.2.2	任务联系	353
6.2.3	任务指标	358
6.3	体系结构核心数据模型	363
6.3.1	体系结构核心数据模型的开发背景和意义 ...	363
6.3.2	体系结构核心数据模型的组成	365
6.4	联合技术体系结构和技术参考模型	374
6.4.1	联合技术体系结构	374
6.4.2	技术参考模型	379
6.5	国防信息基础设施通用操作环境和国防共享 数据环境	382
参考文献		385

Contents

Chapter One Overview	1
1.1 Introduction	1
1.2 Concepts of Architecture	3
1.3 The Method of the Architecture Development Based on Multi-Views	7
1.4 The Architecture Engineering	12
1.5 The Recent Research and Development Course of the Architecture Technology	20
Chapter Two The Architecture Framework	31
2.1 The Concept of Architecture Framework	31
2.2 DoD Architecture Framework	35
2.3 The Relations between Products of DoD AF 1.0	93
2.4 The Update Version of DoD AF	101
2.5 The Common Architecture Framework	113
Chapter Three The Development Methods of Architecture	135
3.1 The Development Process of Architecture and its Products	135

3.2	The Process-Oriented Development Methods of Architecture	140
3.3	The Object-Oriented Development Methods of Architecture	148
3.4	The Data-Center Architecture Development ...	163
3.5	The Assistant Design Method of Architecture	170
3.6	The Comparison between Architecture Design Methods	174
Chapter Four Validation and Evaluation Methods of Architecture		176
4.1	Validation and Evaluation Frame of Architecture	176
4.2	Validation and Evaluation Parameters of Architecture	182
4.3	The Verification Methods of Architecture Data Categoricalness	184
4.4	The Verification and Design Methods of Data Consistency	190
4.5	Validation and Evaluation Methods Based on Executable Models	199
4.6	The Architecture Evaluation Methods Based on Scene	220
Chapter Five Architecture Development Tools and Cases		247
5.1	The Traits of Architecture Development Tools	247

5.2	System Architect	248
5.3	Architecture Design and Development Environment—ArchDesigner	258
5.4	The Case on Logistics-Ensuring Architecture of Meeting an emergency	270
Chapter Six Reference of Architecture Design		322
6.1	LISI	323
6.2	Universal Joint Task List	347
6.3	Core Architecture Data Model	363
6.4	Joint Technical Architecture and Technical Reference Model	374
6.5	Common Operating Environment of Defense Information Infrastructure and Shared Data Environment	382
Reference		385

第1章 概述

1.1 绪论

军事综合电子信息系统是一种能在军事作战中支持指挥员进行计划、指挥和控制部队的一体化指挥、控制、通信、计算机、情报、监视和侦察(C⁴ISR)的信息系统,是军队的重要军事装备。

C⁴ISR系统作为现代军队的神经中枢,把指挥员、作战兵器和作战指挥的各要素组合成一个有机的体系,在现代战争中起着“兵力倍增器”的作用。建设好C⁴ISR系统是夺取信息优势、取得制信息权的根本保障。随着以信息技术为先导的现代科学技术迅猛发展和广泛应用,全球性的军事变革向纵深发展,C⁴ISR系统也经历着深刻的变革。

海湾战争之前,美军的C⁴ISR系统都是由各军兵种独立建设的,这使得不同军兵种的C⁴ISR系统之间不能互通,更不能互操作。如海湾战争期间,美军利雅德联合司令部每次做出对伊空袭兵力分配决策之后,都必须派专人带上磁盘分乘两架海军飞机,分别飞向波斯湾和红海的航空母舰分发作战命令,这就是由于美国空军C⁴ISR系统与海军C⁴ISR系统不能互通造成的。而且,这种各自分散独立的建设方式,造成大量重复建设,投资浪费,效能降低。

海湾战争之后,美军逐步认识到,C⁴ISR系统的互操作能力是取得战争胜利的关键因素,未来多军兵种联合作战要求建设全军一体化、可互操作、高效的C⁴ISR系统。与此同时,美国政府也强调,需要确保每个联邦机构内(包括国防部)的信息系统可以互操作、一体化、费效比合理,并制定了相关法律,如1993年的“政府性

能和效果法案”(GPRA)等。GPRA 要求国防部(DoD)的有关机构测定现有的、已计划的信息系统的性能,并每年报告一次性能测定的结果。

经过研究,美军发现,达到上述要求的前提之一是要有 C⁴ISR 系统体系结构的支持。科兹(R. J. Curts)博士指出,为所有 C⁴ISR 系统开发体系结构是实现 C⁴ISR 系统之间可集成、可互操作的必由之路。在 20 世纪 90 年代初,美国空军科学咨询委员会、陆军科学委员会等研究机构建议国防部开发 C⁴ISR 系统体系结构作为采办的依据,以提高 C⁴ISR 系统的费效比。这些研究成果、建议很快被决策部门所接受,并通过制定法律、政策反映出来。1996 年公布的“信息技术管理改革法案”(ITMRA,或克林杰-科恩法)中规定在联邦机构各部门(包括国防部)设置首席信息官(CIO)这一职位,负责开发和维护合理的、一体化的信息技术体系结构,并推动其实现。2000 年制定的行政管理和预算局(OMB)文件“联邦信息资源管理”(A-130)对 ITMRA 的实施提供了指导,要求联邦机构各部门开发体系结构作为投资计划和投资控制过程的基础。2002 发布的 DoD 指令 8000.1《国防部信息资源和信息技术的管理》中规定:国防部各部门开发、维护、应用体系结构以确定互操作和能力需求、推动标准化等,从而为信息技术能力的高效采办和运转奠定基础。

为了方便作战人员、系统设计者、系统实现者对体系结构设计成果的理解和交流,以实现多个 C⁴ISR 系统之间的互操作,美国国防部从 1991 年开始相继研究制定并颁布了 C⁴ISR 系统体系结构框架及相关规范,为 C⁴ISR 系统体系结构的开发、描述和集成规定了统一的方法。

经过 40 多年的发展,我军电子信息系统建设取得了很大成就,各军兵种都建设了一批战役、战术指挥自动化系统。但是,我军现有电子信息系统由于技术体制不统一,同样也存在“三互”(互连、互通、互操作)性能差、一体化程度低等问题。如何保证系统之间能够无缝连接、实现互操作是未来综合电子信息系统建设

和开发的一项紧迫任务。

美军的体系结构研究为我们提供了很好的解决思路。但是,我军与美军在指挥体制、系统研制程序、现有基础条件等方面都存在很大差别,开展适合我国国情的 C⁴ISR 系统体系结构研究,并应用其研究成果指导我军的电子信息系统研制,是一件重要而且意义深远的工作。

1.2 体系结构的概念

1.2.1 体系结构的定义

体系结构(Architecture)一词在英语中最早用于建筑业,表示建筑学、建筑式样、建筑物等。后来,人们借鉴建筑学中的许多思想,将 architecture 一词广泛应用到计算机硬件、系统工程等领域,提出了计算机体系结构、系统体系结构等概念。目前,在系统工程和信息系统工程领域还没有一个能被学者们普遍接受的(系统)体系结构的定义。下面介绍几个由权威学者、组织提出的具有代表性的定义,并分析其共同点。

若干有关事物或概念互相联系而构成一个整体称为体系,整体中各个组成部分的搭配和排列称为结构,体系结构研究整体的内涵、外延、层次和关系。

瑞克汀(E. Rehtin)在其撰写的世界上第一本关于系统体系结构的专著中将系统体系结构定义为:诸如通信网络、神经网络、宇宙飞船、计算机、软件或组织等系统的基本结构。

扎克曼(J. A. Zachman)最早提出了信息系统体系结构的描述框架,他将体系结构定义为:与描述系统有关的一系列描述性表示,可用于开发满足需求的系统、作为系统维护的依据。

国际系统工程理事会(INCOSE)对系统体系结构的定义是:用系统元素、接口、过程、约束和行为定义的基本的和统一的系统结构。

IEEE 标准 P1471—2000 中将软件密集系统的体系结构定义为:通过系统部件、部件之间的相互关系及与环境的关系以及指导系统设计和演化的原则体现出来的一个系统的基本构成。

美军 C⁴ISR 体系结构框架中将体系结构定义为:系统各部件的结构、它们之间的关系以及制约它们设计和随时间演化的原则和指南。

上述定义涵盖了系统部件、部件之间的交互关系、约束、行为以及系统的设计、演化原则等方面的内容。尽管这些定义各不相同,但其核心内容都是系统的基本结构。Zachman 的定义实际上指的是体系结构描述(体系结构的表示),体系结构描述与体系结构是有区别的,下面将做详细介绍。需要说明的是,体系结构定义中的部件不仅包括软件、硬件等物理部件,还应包括数据、活动、人员等逻辑部件;部件之间的关系包括层次、布局、边界、接口关系等;体系结构所研究的系统结构通常在较高的抽象层次上,而且不仅仅指系统的物理结构。

考虑到美军 C⁴ISR 系统体系结构框架中的体系结构定义在 C⁴ISR 领域得到了广泛认可,本书采用美军的体系结构定义。

1.2.2 体系结构的特点

体系结构在系统工程中不是一个新概念,但在近十年却越来越受到学术界和工程界的高度重视,这与它所具有的内在特点是分不开的。体系结构主要有如下特点:

(1) 体系结构是对复杂系统的一种抽象。研究体系结构的根本原因在于系统复杂性的不断提高,这增加了人们理解系统的难度。抽象是处理复杂问题的一种基本方法,它抽取事物最基本的特性和行为,忽略不必要的细节信息。

体系结构通过在高层次上定义系统的组成结构及其交互关系,隐藏系统部件的局部细节信息,提供了一种理解、管理复杂系统的机制。这种高层次的系统设计抽象使得对系统的表述变得简单化,具有很强的传递信息的能力。系统的大多数风险承担者