

电信运营 支撑系统

——软件体系结构模式系统

王君珂 艾 波 著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

DIANXIN YUNYING
ZHICHENG XITONG
RUANJIAN TIXI JIEGOU MOSHI XITONG

电信运营支撑系统—— 软件体系结构模式系统

王君珂 艾 波 著

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

电信运营支撑系统——软件体系结构模式系统 / 王君珂, 艾波著.
—北京: 人民邮电出版社, 2006.8

ISBN 7-115-14964-X

I. 电... II. ①王...②艾... III. 电信—业务—计算机管理系统 IV. F626-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 073246 号

内 容 提 要

本书是迄今为止国内外正式出版的第一本专门研究电信运营支撑系统——软件体系结构模式系统的专著, 旨在电信运营支撑领域引入软件界研究成果——软件体系结构模式系统, 以期推动电信运营支撑领域的理论发展, 从而为实际工作提供指导, 同时也为软件体系结构模式系统开辟了新的应用领域。

全书共 9 章, 内容包括软件体系结构模式系统 (SAPS) 及电信运营支撑系统综述、SAPS 生命周期模型、电信运营支撑系统的参考体系结构 (SA)、电信运营支撑系统 SAPS 的定义、电信运营支撑系统 SAPS 的形式化描述及形式化分析、电信运营支撑系统 SAPS 的应用, 以及有待进一步研究的课题。

本书结构清晰、题材新颖, 系统、深入地介绍了电信运营支撑系统的软件体系结构模式系统, 书中内容远远超越了简单的支撑系统介绍或软件体系结构设计, 相关研究成果获得了 2004 年度中国通信学会科学技术奖。

本书适于电信研究机构、电信运营企业、电信软件企业中从事与电信运营支撑系统相关工作的研究人员、工程技术人员、软件开发人员阅读, 也可供高等学校软件专业、信息专业的本科生、研究生及相关人员参考。

电信运营支撑系统——软件体系结构模式系统

- ◆ 著 王君珂 艾 波
责任编辑 梁 凝
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 10.5
字数: 245 千字 2006 年 8 月第 1 版
印数: 1—3 500 册 2006 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-14964-X/TN · 2803

定价: 22.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223

序

随着电信业的快速发展以及电信市场竞争的加剧，电信运营企业的运营理念也在发生着根本性的变化，正逐步从“以网络/技术为中心”转向为“以客户为中心”的经营模式。在这种环境下，如何更深刻地理解自己的客户，如何细分并有针对性地为客户提供更多更好的服务，以及如何及时反映市场的需求，已成为决定运营企业自身竞争力以及在激烈的市场竞争中取得成败的关键因素。

以计费、结算、营业、帐务、客户服务、经营分析等为主要功能的电信运营支撑系统，正是一套实现上述目标的软件系统。随着运营企业对支撑系统重视程度的提高，对支撑系统提出了更多更高的要求，这就使得支撑系统的规模在不断增加，而其复杂性也在与日俱增。如果电信运营支撑领域的软件系统复杂性没有得到很好地控制和解决，支撑软件质量差而且不稳定，后果将相当严重，它将直接导致运营企业运营支撑能力的下降，开发维护成本加大，新业务开发上市的时间无法保证，进而将影响到运营企业的竞争力。因此，运营企业应重视控制支撑系统复杂度、提高支撑系统的可靠性和可扩展性，探讨保证支撑系统建设和运行质量的有效途径。

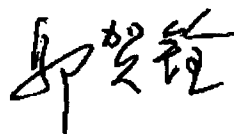
传统软件领域已有许多降低和化解软件复杂度的理论和方法，然而一方面由于支撑系统在电信运营企业中被作为一个大型系统进行建设的时间不长，另一方面也由于电信业的发展较快，运营支撑人员将更多的精力投入在工程建设和应对新业务的支撑开发上，不仅缺乏对理论的深入研究，有效开发方法的探讨与积累也不足，现有软件领域内许多有价值的研究成果未被很好地借鉴和应用，导致目前电信运营支撑系统的设计在理论和方法上都不够规范、成熟。这种状况若得不到改善，将不仅影响到现有支撑系统的建设质量，而且将制约今后支撑系统技术的进一步发展。

本书作者从影响系统全局的支撑系统软件体系结构（SA）入手，将软件领域

内能有效降解软件复杂度的软件体系结构模式系统(SAPS)引入到电信运营支撑领域,以期在为目前存在的实际支撑问题提供解决方法的同时,还将验证可用于电信运营支撑领域的理论。在电信运营支撑系统引入 SAPS 不仅为 SAPS 开辟了一个新的应用领域,而且在应用中改进并推进了现有 SAPS 相关软件理论的发展。

本书的作者长期从事电信运营支撑系统研发与建设工作,不仅积累了丰富的实践经验,而且对软件理论进行了多年研究,具有较为深厚的软件理论功底,理论与实践的紧密结合产生出创新的成果。作者在现有研究成果的基础上,编写了这本专著。该书系统总结了电信运营支撑系统的发展现状和相关软件理论的研究成果及所面临的问题,提出将电信运营支撑系统和软件理论二者相结合进行研究的思路,进而引出支撑系统的 SAPS,接下来书中对支撑系统的 SAPS 进行了详细而深入的研究和论述。这种将两个领域技术相互结合、相互推进的处理方式,可为读者提供一种解决电信系统软件问题的思路。这是一本关于 SAPS 理论在电信支撑系统应用的专著,既有理论又有实际,既有深度又有新意,结合中国国情,有指导工程实践的意义。本书既是一本很好的入门书,对于已有一定基础的读者来说,不论是从事相关理论研究还是工程建设与开发,也都有重要参考价值。

中国工程院院士



2006年5月28日

前 言

随着软件业的发展,软件本身所固有的复杂性也在增加,复杂性已成为制约软件进一步发展的主要因素之一。软件体系结构(SA, Software Architecture)与软件复用能较好地解决软件复杂性问题,而逐渐成为软件领域内的主要研究方向。软件体系结构模式系统(SAPS, Software Architecture Pattern System)是软件复用思想在SA中的体现,能起到双重降解复杂性的功效,可用于构建SA,并能提高构建效率、保证构建质量,是一门很有研究和应用前景的学科,虽然该领域已取得了一定的研究成果,但目前仍处于非形式化发展初期,尚需通过扩大应用领域和应用深度而推动其向成熟方向发展。

同时,在以计费、结算、营业、帐务、客服和经营分析等为主要功能的电信运营支撑系统(简称“支撑系统”)领域内,随着电信市场竞争的加剧,支撑系统的复杂性在与日剧增,SA在其中起着越来越重要的作用。然而,一方面由于支撑人员忙于应付支撑新业务的工程压力,目前实际存在的支撑系统SA普遍存在片面性问题;另一方面由于该领域的研究在整个软件业起步较晚,业内也缺乏相应的指导理论和指导方法。这些问题将直接影响支撑系统的建设质量与成熟度,并最终影响电信运营企业的核心竞争力。因此,需要为支撑系统找到一种有效的SA构建方法,该方法应能克服现有缺陷并能提高支撑系统的理论水平。

我们将SAPS的研究与应用引入支撑系统领域,正是为了解决上述问题。具体讲,一方面,利用SAPS的复用思想、复用作用以及现有研究成果,可为支撑系统提供一种能提高构建效率、保证构建质量的SA构建方法,在克服实际存在的片面性问题的同时,还可提高起步较晚的支撑系统的理论研究水平;另一方面,SAPS在支撑系统中的应用,为SAPS开拓了一个新的应用领域,并且在应用过程中,通过对SAPS理论的进一步补充、完善,可推动该领域由非形式化向形式化方向发展,从而使该领域更加成熟。

关于该课题的研究,我们取得了一些成果,这些成果具有一定的创新之处:(1)改进了传统SA理论,提出了场景体系结构。该体系结构能较好反映出系统的整体动态协同工作机制,并能弥补各类传统SA与系统整体间的语义间隙。此外,我们还针对支撑系统的业务应用特点,首次提出了业务场景体系结构。(2)将通用SA理论应用于支撑系统领域,首次提出了多角度的支撑系统参考SA。多角度观点的运用降解了支撑系统的复杂性,并解决了目前支撑系统SA中普遍存在的片面性问题。(3)首次将SAPS引入支撑系统领域,并提出了支撑系统的SAPS定义。这一方面改善了当前支撑系统领域中缺少指导SA构建的有效方法;另一方面还开拓了SAPS的新应用领域,并在应用过程中补充、完善了现有SAPS理论。(4)提出了软件微生命周期元模型以及SAPS生命周期模型。这些模型的提出弥补了现有软件微观研究领域(软件宏观生命周期中某一或某些具体微观环节)缺乏通用研究指导模型的缺憾。(5)首次对支撑系统的SAPS进行了形式化处理。这些工作同时推动了SAPS理论与支撑系统向形式化的成熟方向迈进。(6)初步探讨了SAPS的系统实现以及利用该系统生成支撑系统SA的应用过程。这些探讨为后续SAPS应用系统的开发实现以及SA的自动化生成起到了一抛砖引玉作用。

本研究成果来自于我们所从事十多年的支撑系统研究、设计与建设工作的实践经验，以及对大量软件理论的研究和总结，这些研究成果不论是对支撑系统的理论发展、实践指导，还是对 SAPS 的进一步完善，均具有一定价值。此外，由于是首次开展该课题的研究，尚有许多工作需要进一步深入进行下去，现有研究成果的公开，将有助于后续参与人员尽快开展研究工作。鉴于此，我们将相关研究成果进行汇总、整理，编写了本书。

全书共分为九章：第 1 章，介绍了软件领域背景和电信领域背景，论述了这两个领域各自所面临的问题，从而提出本课题的研究内容；第 2 章，进一步展开论述了第 1 章中的研究背景，对于其中涉及的相关研究课题，逐一论述了其基础理论或基础知识，其中包括各部分的定义、作用、发展历程和发展方向等内容，旨在通过这些论述进一步论证本课题的研究意义；第 3 章，提出了 SAPS 的通用生命周期模型，以此作为后续章节中在支撑系统领域内进行相关研究工作的总体指导模型；第 4 章，在支撑系统领域内深入研究了生命周期模型中第一和第二个环节，即通过分析支撑系统领域内现有软件体系结构的特征，提出了其参考体系结构 SA；第 5 章，在支撑系统领域内深入研究了生命周期模型中第三个环节，即根据第 4 章中提出的参考 SA，抽象并定义出支撑系统的 SAPS 原型；第 6 章，在支撑系统领域内深入研究了生命周期模型中第四个环节，即通过选取合适的形式化描述语言，对第 5 章中支撑系统 SAPS 原型进行形式化描述；第 7 章，在支撑系统领域内深入研究了生命周期模型中第五个环节，即基于第 6 章中精确的形式化描述，建立支撑系统 SAPS 的数学模型，并分析其性质；第 8 章，在支撑系统领域内研究了生命周期模型中利用 SAPS 生成 SA 的若干环节，是对支撑系统 SAPS 的系统实现与应用过程进行的初步探讨；第 9 章，详细说明了现有研究工作的创新之处，并指出需进一步研究的内容。

本书力求各章既构成一有机整体，又尽可能相互独立，仅关心某一特定问题的读者可以采取跳读或选读的方式进行阅读。读者若已掌握相关软件基础理论或支撑系统领域知识，可不必阅读第 2 章；若对形式化处理不感兴趣，不必阅读第 6、7 章；若对支撑系统 SAPS 的系统实现与应用过程不感兴趣，不必阅读第 8 章。

由于本书内容是业内首次对支撑系统 SAPS 进行的探讨，而且不论是支撑系统还是 SAPS，其本身均处在不断的发展完善之中，我们并不认为书中提出的支撑系统参考 SA 及其模式系统 SAPS 是一成不变和无可挑剔的，它们只是现阶段我们对相关问题进行思考和研究的阶段性结果，且其中部分观点仅是我们的个人观点。因此，读者在阅读时不必拘泥于书中的具体细节，本书更多是为了提供一种解决问题的思路和思考方式，以期帮助读者开拓思路、获得灵感。

在本书的编写过程中，参阅了大量的专著与文献资料，同时也借鉴并引用了许多专家学者的研究成果，对此我们深表谢意。本书的部分编写内容还得益于与北京邮电大学计算机学院通信软件工程中心师生以及与我们长期合作的支撑系统软件开发公司技术人员的反复讨论，在此我们表示衷心感谢。

由于笔者本身学识有限，也鉴于支撑系统 SAPS 是一个新的研究课题，尚有许多问题有待研究和解决，因此书中难免有疏漏甚至不当之处，恳请读者提出批评与指正。

编 者
2006 年 5 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 软件领域背景	1
1.1.2 电信领域背景	2
1.2 研究目的及思路	2
1.3 研究意义	3
1.4 主要研究工作	3
1.5 研究方式	5
1.6 内容安排	6
第 2 章 相关软件理论与领域知识综述	8
2.1 软件理论综述	8
2.1.1 软件发展历程	8
2.1.2 软件体系结构	12
2.1.3 软件复用	22
2.1.4 软件体系结构模式系统	27
2.2 电信运营支撑系统综述	34
2.2.1 支撑系统简介	34
2.2.2 支撑系统的发展历程	38
2.2.3 支撑系统的发展目标	40
2.2.4 支撑系统的现状及存在的问题	41
2.2.5 支撑系统的研究方向	42
2.3 小结	43
第 3 章 SAPS 生命周期模型	45
3.1 元模型	45
3.1.1 元模型所处的知识层次	45
3.1.2 元模型的应用过程	46
3.2 软件微生命周期模型实例	47
3.2.1 软件微生命周期模型的概念	47
3.2.2 几种典型的软件微生命周期模型	48
3.3 软件微生命周期元模型	50
3.3.1 软件微生命周期模型的特点	50
3.3.2 软件微生命周期元模型的定义	50
3.4 SAPS 生命周期模型	51
3.4.1 加入复用的软件过程特征	52
3.4.2 SAPS 生命周期模型定义	52

3.5 小结	55
第4章 支撑系统的参考 SA	56
4.1 支撑系统 SA 现状	56
4.1.1 国内运营商 SA 现状	57
4.1.2 国际 TMF 论坛的研究成果	59
4.2 支撑系统 SA 现状分析	65
4.2.1 现存问题	65
4.2.2 正确思维方式	66
4.3 通用 SA 研究现状分析	67
4.3.1 现存问题	67
4.3.2 正确的思维方式	68
4.4 支撑系统本质分析	71
4.4.1 支撑系统的本质	71
4.4.2 支撑系统本质的描述方法	73
4.4.3 支撑系统的构成要素	76
4.5 支撑系统参考 SA 的组成原则	76
4.6 支撑系统参考 SA 的组成	77
4.6.1 应用体系结构	78
4.6.2 视图体系结构	78
4.6.3 业务场景体系结构	79
4.7 支撑系统参考 SA 的特点	79
4.7.1 与现有 SA 的比较	79
4.7.2 各组成结构间的关系	80
4.8 小结	81
第5章 支撑系统 SAPS 的定义	83
5.1 公用符号及取值定义	83
5.2 模式系统定义	83
5.3 具体模式定义	84
5.3.1 应用体系结构模式 (Application-SAP)	84
5.3.2 视图体系结构模式 (View-SAP)	85
5.3.3 业务场景体系结构模式 (Service-Scenario-SAP)	92
5.4 支撑系统 SAPS 定义的特点	94
5.5 小结	95
第6章 支撑系统 SAPS 的形式化描述	96
6.1 形式化方法概述	96
6.1.1 形式化的定义	96
6.1.2 形式化的起源与发展	96
6.1.3 形式化的作用	97
6.1.4 形式化的认识	97

6.1.5	形式化方法的分类	99
6.2	本书引入形式化方法的意义	100
6.3	形式化描述语言简介	100
6.3.1	基于采用技术的分类	101
6.3.2	基于系统特征的分类	101
6.3.3	基于用途的分类	102
6.4	SAPS 形式化描述要求	103
6.5	一种适于描述 SAPS 的形式化语言——Z 语言	103
6.5.1	Z 语言选择分析	104
6.5.2	Z 语言简介	104
6.5.3	Z 语言基本结构	105
6.5.4	Z 语言基本符号集	106
6.5.5	Z 语言扩展内容	108
6.6	支撑系统的 SAPS 形式化描述	109
6.6.1	形式化描述内容	109
6.6.2	形式化描述	109
6.7	小结	122
第 7 章	支撑系统 SAPS 的形式化分析	124
7.1	形式化分析简介	124
7.1.1	分析过程简述	124
7.1.2	分析方式比较	125
7.2	本书采用的分析方式与分析过程	126
7.3	SAPS 的本质分析	126
7.3.1	元素间组织结构特性	126
7.3.2	元素上运算特性	127
7.3.3	SAPS 的数学本质定论	128
7.4	SAPS 的性质判定标准	128
7.4.1	SAPS 的性质判定因素	128
7.4.2	SAPS 的性质判定运算	129
7.4.3	SAPS 范式	130
7.5	支撑系统的 SAPS 分析	131
7.5.1	一致性分析	131
7.5.2	正交性分析	132
7.5.3	场景覆盖能力分析	133
7.5.4	支撑系统 SAPS 的性质定论	134
7.6	小结	134
第 8 章	支撑系统 SAPS 的应用	136
8.1	支撑系统 SAPS 的应用内容	136
8.2	建立、交付支撑系统的 SAPS 应用系统	137

8.2.1	SAPS 应用系统的组成结构	137
8.2.2	SAPS 应用系统的初始化	138
8.2.3	SAPS 应用系统的运行维护	140
8.3	利用 SAPS 应用系统生成支撑系统的 SA	140
8.4	支撑系统 SAPS 的应用价值	142
8.5	小结	142
第 9 章	结束语	144
9.1	研究工作的创新之处	144
9.2	需进一步开展的研究工作	146
参考文献		148

第1章 绪 论

软件体系结构模式系统是软件业发展到一定阶段而产生的新学科，它顺应了软件发展的趋势，可作为软件体系结构的一种构建方法，并可提高其构建质量、加快构建速度，然而该学科尚处于发展初期，需拓展能推动其向成熟方向发展的应用领域；软件体系结构对于复杂的电信运营支撑系统尤为重要，目前不但现有的电信运营支撑系统软件体系结构中普遍存在一定的实际问题，而且业内也缺少指导该类软件体系结构构建的有效方法和系统理论，这就需要为其找到一种能克服现有缺陷的软件体系结构的构建方法。若能解决这两个领域所面临的上述问题，将不仅对于推进这两个领域的成熟发展具有重要意义，而且还能解决目前电信运营支撑系统软件体系结构中存在的实际问题，这就是作者进行相关研究工作的动机和目的。

本章首先介绍软件领域和电信领域的上述研究背景，论述这两个领域各自所面临的问题，从而引出本书中力图解决这些问题的研究动因和目的，并根据所要解决问题的特点，指出将这两个领域相结合的研究思路，即利用对方领域的优势和作用来解决本领域所存在的问题；接下来，剖析本书涉及课题的研究意义，明确主要研究工作，并给出指导整个研究工作的研究方式；最后，介绍本书的内容安排。

1.1 研究背景

1.1.1 软件领域背景

随着软件业的发展，软件的应用领域和规模在不断扩大，然而同时软件的复杂性也在不断增加，这反过来又在一定程度上阻碍了软件业的发展、影响软件的开发质量。为了进一步促进软件业的发展，人们不断探索各种解决软件复杂性的办法，软件体系结构和软件复用是其中的两种有效方法。软件体系结构是对组成系统的软件组件以及它们之间关系的设计和描述，软件体系结构正是随着软件复杂性的增大而出现的，并由于其能起到降解复杂性、增加理解度的作用，随着软件规模的日益膨胀而越来越受到重视。控制软件复杂性、提高软件开发质量与开发效率的另一有效办法是软件复用。软件复用是对已有软件资源的使用，随着软件复用技术的成熟，人们逐渐认识到复用的层次越高、复用的粒度越大，所带来的经济效益也越大，于是软件复用被推向了一个向体系结构级高层次复用的发展阶段。此外，由于软件规模的增加，软件体系结构本身的复杂性也在增加，而对软件体系结构的复用则能起到降解软件体系结构本身的复杂性、提高软件体系结构的构建质量、加快构建速度的作用。

在以上种种因素的推动下，出现了适于软件体系结构复用的软件体系结构模式系统，该类模式系统可作为软件体系结构的一种有效构建方法，并逐渐成为目前日益庞大的软件领域内的一个主要研究方向。软件体系结构模式系统虽是一门很有研究和应用前景的学科，并也

已取得了一定的研究成果,然而,目前该领域尚处于非形式化的发展初期,需通过扩大应用领域和应用深度而推动其向成熟的方向发展。

1.1.2 电信领域背景

在电信领域内,目前电信运营企业间的竞争日益加剧,随着硬件设施差距的减小,运营企业间的竞争将最终体现在服务上,即以优质、主动的个性化服务吸引客户,然而这些竞争措施离不开电信运营支撑系统的支持。电信运营支撑系统(OSS/BSS, Operations Support System/ Business Support System)是一套由计费、结算、营业、帐务、客服和经营分析等功能组成的软件系统,是保证电信运营企业正常营收与正常运营的关键系统。电信运营支撑系统是一个相当复杂的系统,其建设不能一蹴而就,而要经历一个逐步完善的过程。然而市场的快速发展又要求支撑系统能及时调整与演变,以适应市场的发展变化。以上情形决定了必须加快电信运营支撑系统建设与完善的步伐。

软件体系结构在软件系统中的作用可类比建筑设计在建筑中的作用,体系结构对软件系统的整体建设速度与建设质量起着关键作用,对于电信运营支撑系统,其本身的复杂性更决定了软件体系结构对其建设速度与建设质量的重要性。然而,目前国内各运营企业虽已形成了各自的电信运营支撑系统软件体系结构,但多数运营企业一方面迫于当前工程建设的紧急压力,另一方面由于缺乏相应的指导方法,所构建的软件体系结构基本上是从工程实用的角度出发,普遍存在片面性问题,不能很好地描述支撑系统,这对于系统的后期维护和进一步发展带来了一定的隐患。在国际上,电信管理论坛(TMF, TeleManagement Forum)是电信运营支撑系统领域内最具权威性的国际行业组织,该组织所提出的新一代运营系统和软件(NGOSS, New Generation Operation System and Software)对运营企业的本地化建设起到了极有价值的指导作用。但由于电信运营支撑系统本身在软件领域内起步较晚,TMF虽给出了技术中立的体系结构,但该体系结构同样存在片面性问题,且该体系结构所基于的角度不是运营企业所普遍关注的工程建设角度,所以,TMF提出的体系结构仍不足以全面指导电信运营支撑系统软件体系结构的构建工作。此外,不论是国内运营企业,还是国际TMF,均代表了工业界的实用思想,不仅缺乏对软件体系结构构建方法的研究和总结,而且对于学术界许多有价值的研究成果尚未很好地利用。

综上所述,虽然软件体系结构能有效降解电信运营支撑系统的复杂性,对电信运营支撑系统的整体建设质量与建设进度起着重要作用,并最终影响电信运营企业的竞争力。目前不但在实际存在的电信运营支撑系统软件体系结构中普遍存在片面性问题,而且还在整个电信领域内尚缺少指导运营支撑系统软件体系结构构建的有效方法与系统理论,这导致电信运营支撑系统同样存在成熟性问题,其理论水平有待于进一步提高。

1.2 研究目的及思路

由以上介绍可知,不论是软件领域内的软件体系结构模式系统,还是电信领域内的电信运营支撑系统,其成熟度均有待于进一步提高。此外,更重要的是需要解决目前电信运营支撑系统软件体系结构构建中存在的实际问题,从而协助运营企业提高竞争力。具体讲,对于软件体系结构模式系统,需要为其拓展应用领域,并在应用中进一步完善相关理论;对于电

信运营支撑系统，则需要为其重要的软件体系结构提供一种有效的构建方法，该方法应能克服目前实际存在的片面性问题，并能保证今后该类软件体系结构的构建效率与构建质量。此外，该方法的提出还应能促进电信运营支撑系统理论水平的提高。本书所涉及的内容即是为了解决这两个领域中存在的上述问题。

观察这些问题的特点，不难看出：电信运营支撑系统能为软件体系结构模式系统理论提供应用领域；而软件体系结构模式系统则能为电信运营支撑系统提供一种有效的软件体系结构构建方法，并可引入软件领域的理论研究成果。于是，本书通过对目前通用软件体系结构模式系统理论与电信运营支撑系统领域知识的研究，利用软件体系结构模式系统的复用作用与电信运营支撑系统领域的应用环境，首次提出将两个领域相结合的研究思路，即：（1）利用软件体系结构模式系统为电信运营支撑系统软件体系结构提供一种快速、有效的构建方法，并通过归纳总结国内主要运营企业现有电信运营支撑系统软件体系结构的构建经验以及TMF论坛最新发布的研究成果，给出一套在目前相对全面、完善的电信运营支撑系统软件体系结构模式系统，以克服现有的片面性问题；（2）在电信领域的应用过程中，同时补充、完善与软件体系结构模式系统相关的通用理论。

1.3 研究意义

本书所介绍的研究内容对于软件体系结构模式系统与电信运营支撑系统均具有一定的意义。

（1）软件体系结构模式系统方面

软件领域内的理论研究成果只有应用于实际的应用领域中，才能体现其价值，也只有在得到应用后，才能得到有效的提升与改进。作者通过将软件体系结构模式系统这一有前景的理论研究成果引入电信运营支撑系统，为软件体系结构模式系统开辟了新的应用领域，并在应用中不断补充、完善了相关理论，从而推进了软件体系结构模式系统发展的成熟度。

（2）电信运营支撑系统方面

本书所介绍的研究内容对于电信运营支撑系统具有理论与实践上的双重意义。在理论上，由于本书的目的是基于软件复用思路给出一种电信运营支撑系统软件体系结构的构建方法与理论，这将填补该领域的研究空白，提高电信运营支撑系统的理论研究水平，推进支撑系统发展的成熟度；在实践上，不仅能解决目前实际存在的片面性问题，还将为今后相似软件体系结构的实际构建工作提供参考和指导，为快速、高质构建支撑系统软件体系结构提供了一种可行的途径。

1.4 主要研究工作

针对研究目的，作者提出并研究了“电信运营支撑系统的软件体系结构模式系统”，该课题涉及了软件领域中“软件体系结构、软件复用、软件复用的一种形式——模式系统”以及电信领域中“电信运营支撑系统”，其研究范围如图1-1所示。

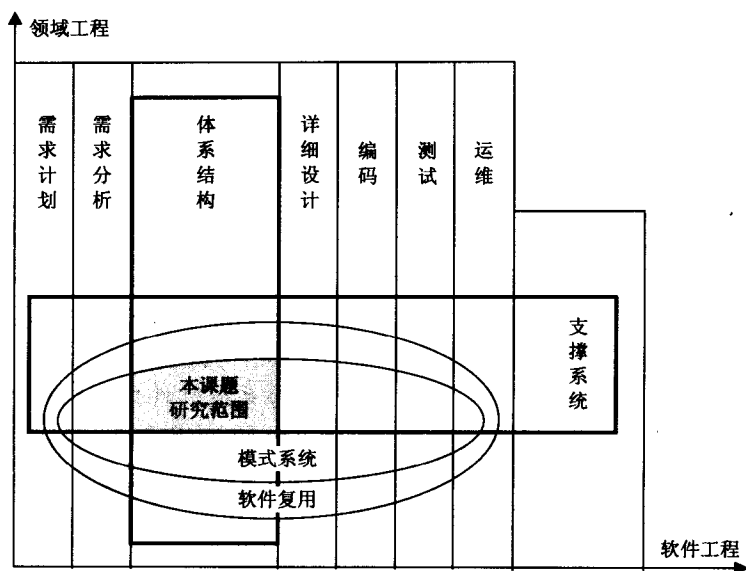


图 1-1 SAPS 研究范围

在图 1-1 所示的研究范围内，作者主要进行了以下研究工作：

(1) 研究了相关软件基础理论

研究了软件的发展历程，指出对高层次软件体系结构及其复用技术的研究将是今后软件领域的研究方向和研究重点，也是本书所介绍的主要研究内容。其次，围绕上述主题，研究了其中涉及的相关通用理论，包括软件体系结构、软件复用、软件体系结构模式系统，通过对这些理论的研究以及对模式特点的分析，指出模式适用于高层次的软件体系结构复用，并给出了软件体系结构模式及其模式系统的通用定义。

(2) 研究了领域基础知识

研究了电信运营支撑系统的功能、特点、作用、发展历程、发展目标以及现存问题等内容。通过以上研究，指出对软件体系结构及其复用的研究将对电信运营支撑系统的进一步发展以及运营支撑质量有着重要的意义，并针对目前该领域内普遍缺乏指导方法与理论、缺乏对通用软件理论研究成果应用的现状，提出利用现有软件高层复用的理论研究成果，即软件体系结构模式系统，构建电信运营支撑系统软件体系结构的思路。

(3) 提出了软件体系结构模式系统的生命周期模型

提出了通用的软件体系结构模式系统生命周期模型，将该模型作为后续电信运营支撑系统领域内整个软件体系结构模式系统研究工作的总体指导模型。该模型是采用“归纳—演绎”的方法获取的，即从现有实例模型中归纳、总结出元模型，再从元模型演绎出适用于软件体系结构模式系统的生命周期模型。该模型由若干环节组成，包括了需要对软件体系结构模式系统进行研究的大部分内容。

(4) 提出了电信运营支撑系统的参考体系结构

根据软件体系结构模式系统的生命周期模型定义，在电信运营支撑系统领域内，首先进行了模型中第一个环节的分析工作，其次进行了第二个环节的研究工作，给出了电信运营支

撑系统的参考体系结构。该参考体系结构是基于对国内主要运营企业软件体系结构的现状以及 TMF 最新研究成果分析的基础上,利用系统论思想提出的。

值得指出的是,该参考体系结构中的“业务场景体系结构”是在对支撑系统本质以及系统论的整体涌现性理论进行充分研究的基础上提出的,弥补了目前通用软件体系结构理论中缺乏对系统整体动态协同工作机制的描述的缺陷。该参考体系结构是目前相对全面、完善的电信运营支撑系统软件体系结构。

(5) 定义了电信运营支撑系统软件体系结构模式系统的原型

根据软件体系结构模式系统的生命周期模型定义,在电信运营支撑系统领域内,进行了模型中第三个环节的研究工作:给出了电信运营支撑系统软件体系结构模式系统的原型定义。该原型是通过对电信运营支撑系统参考体系结构的核心要素进行抽取获取的,并包含了通用软件体系结构模式系统定义中的基本属性。

(6) 形式化描述了电信运营支撑系统软件体系结构模式系统

根据软件体系结构模式系统的生命周期模型定义,在电信运营支撑系统领域内,进行了模型中第四个环节的研究工作:对电信运营支撑系统软件体系结构模式系统进行了形式化描述。描述语言的选择是在通用形式化理论研究的基础上,对现有几种常用形式化描述语言进行比较后,选取 Z 语言作为本书提出的模式系统描述语言,并根据模式系统描述的特殊要求,对 Z 语言的基本描述能力进行了扩展,利用扩展后的 Z 语言描述了本书提出的电信运营支撑系统软件体系结构模式系统。这部分研究工作推动了软件体系结构模式系统理论向形式化的成熟方向发展。

(7) 形式化分析了电信运营支撑系统软件体系结构模式系统

根据软件体系结构模式系统的生命周期模型定义,在电信运营支撑系统领域内,进行了模型中第五个环节的研究工作:对电信运营支撑系统软件体系结构模式系统进行了形式化分析。文中所采用的分析方式是对两种常用形式化分析方式进行比较后选择确定的,根据所选择分析方式的基本过程,分析了软件体系结构模式系统的数学本质,选择出适于分析通用软件体系结构模式系统的数学系统,基于这个数学系统,定义出一系列用于判定不同软件体系结构模式系统性质的范式标准,最后利用这些范式推导出了电信运营支撑系统软件体系结构模式系统的特性,即该模式系统所符合的范式标准。这部分研究工作也对软件体系结构模式系统理论向形式化方向发展起到了一定的推动作用。

(8) 探讨了电信运营支撑系统软件体系结构模式系统的应用

在电信运营支撑系统领域内,初步探讨了软件体系结构模式系统的系统实现方式以及利用该实现系统构建电信运营支撑系统软件体系结构的应用过程。该部分的应用内容涉及了软件体系结构模式系统生命周期模型中与模式系统建立与交付相关的环节,以及与软件体系结构构建相关的若干环节。与之相对应,该部分的研究工作包括了这些环节在系统实现方面的一些基本内容。

1.5 研究方式

在进行具体课题研究前,应首先确定研究方式,对于上述研究内容,主要采用以下研究方式:

(1) 学术界与工业界相结合

关于软件的研究方式主要有学术界和工业界^[1]两种,通常二者间的差距较大。其中,学术界的研究思路主要侧重于形式化理论的研究,重点是建立一套完善的理论基础;工业界的研究思路则更关心实际的软件开发,关心如何将其应用于软件工程实践中。学术界的关注特点为单一的理论角度、严格的建模符号、精确的分析与评估方法、为特定目标提供解决方案而忽略其实现;工业界的关注特点为广泛的应用角度、关心开发实现问题、更强调实用性而非精确性、为通用目标提供解决方案。

模式系统的研究,目前基本上还处于非形式化阶段,为便于今后的分析研究,本书对此进行了一定的形式化改进,以学术界的思路进行研究;对于应用于电信企业的支撑系统,对其整体软件体系结构的研究,应从企业广泛的各类使用者的角度出发,关心实际的应用需求和应用效果,采用工业界的研究思路。此外,本书在“电信运营支撑系统软件体系结构模式系统的生命周期模型”研究部分中将提出的软件微生命周期模型,是将形式化方法与工业界中以工程观点为基础的软件开发过程较平滑地结合起来,这在一定程度上解决了形式化方法所面临的较难与软件开发过程平滑结合的问题^[1]。

(2) 运用系统论思想

软件体系结构是关于软件系统的整体结构描述,而系统论正是研究如何从整体上认识、把握事物,是关于事物的整体性观念、相互联系观念和演化发展观念^[2],是进行系统研究的基本指导方法。

本书将系统论作为软件体系结构研究的哲学基础。

1.6 内容安排

本书内容安排如下:

第1章绪论,介绍本书的研究背景,其中包括软件领域背景和电信领域背景,论述这两个领域所面临的问题,从而指出本书的研究目的与研究思路,并概括本书的研究意义和所进行的主要研究工作。此外,还给出指导整个研究工作的研究方式。

第2章进一步展开论述第1章中的研究背景,对于本书涉及的相关研究课题(软件领域本身及其中的软件体系结构、软件复用、软件体系结构模式系统以及电信运营支撑系统),逐一论述其基础理论或基础知识,其中包括各部分的定义、作用、发展历程和发展方向等内容,旨在通过这些论述进一步论证本书的选题意义。

第3章针对本书的研究核心——软件体系结构模式系统,提出其通用的生命周期模型,并概述生命周期中各阶段的主要研究内容,以此作为后续电信运营支撑系统领域内相关研究工作的总体指导模型。

第4章在电信运营支撑系统领域内深入研究生命周期模型中第一和第二个环节,通过分析电信运营支撑系统领域内现有软件体系结构的特征,提出其参考体系结构。

第5章在电信运营支撑系统领域内深入研究生命周期模型中第三个环节,根据第4章中提出的参考体系结构,抽象并定义出电信运营支撑系统的软件体系结构模式系统的原型。

第6章在电信运营支撑系统领域内深入研究生命周期模型中第四个环节,通过选取合适的形式化描述语言,对第5章中电信运营支撑系统的软件体系结构模式系统原型进行形式化