



赛四达科技
INNOVATIVE TECHNOLOGY SPECIALIST

王勃 艾祖亮 等编译

VR-Link 开发



国防工业出版社
National Defense Industry Press

VR - Link 开发

王 勃 艾祖亮 方 伟 编译
张兵强 张 媛

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是基于 VR-Link 的分布式仿真环境开发设计的指导书,全面、系统地介绍了 VR-Link 的基本原理以及采用 VR-Link 进行分布式仿真开发的设计方法。

本书共分 14 章,内容涵盖了 VR-Link 开发涉及的所有技术内容,包括协议(DIS、HLA、TENA)无关接口、协议关联接口、平滑和滤波、时间管理、对象管理以及 VR-Link 代码生成、FOM 映射和辅助类等内容。最后一章是译者在工程开发中的实际经验。

本书可以为从事分布式仿真研究人员的所用,也是进行 VR-Link 开发的广大工程技术人员必备的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

VR-Link 开发 / 王勃等编译. —北京:国防工业出版社,
2009.9

ISBN 978-7-118-06479-7

I. V... II. 王... III. C 语言-程序设计 IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 123848 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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 19 3/4 字数 350 千字

2009 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 38.00 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

序

美国 MÄK 公司凭借其完美的软件思想,优秀的软件架构以及出色的工程技术人员的支持,开发出 RTI、VR - Link、VR - Forces、VR - Vantage、Stealth、VR - Exchange、DataLogger 等一批优秀的仿真应用软件,已成为一整套从底层到上层、扩展性强、灵活性好的面向分布式仿真的解决方案。其中的 VR - Link 即是 MÄK 核心软件之一,在整套 MÄK 产品中处处都体现了其完美之处,深深影响着 MÄK 的每一款产品。通过不断的项目历练和需求的更新,经过十余年的丰富与发展,VR - Link 向仿真行业日益展示出其强大的功能和卓越的品质。全世界范围内已有为数众多的分布式仿真研究开发人员在 VR - Link 的基础上开发出了多种多样的软件工具,也使得 MÄK VR - Link 在世界仿真业界获得了极高的评价。

本书是第一本专门针对 MÄK VR - Link 的应用指导书,将为致力于分布式仿真开发和应用,特别是对 MÄK VR - Link 感兴趣的朋友更好地学习和使用这个产品提供帮助。目前,MÄK VR - Link 在国内仿真界的应用已经相当广泛,使用 VR - Link 产品进行仿真开发的科技人员数量众多且与日俱增。本书对广大 VR - Link 使用者来说,是一本有着重要意义的指导书,它不仅包括了 VR - Link 从安装到使用的各项内容,更融入了译者在应用过程中的体会和心得。我们很希望在国内基于 HLA 的分布式仿真应用会更加广泛和成熟,也希望在国内的 HLA 使用者能够将这一项技术掌握得更加透彻,希望每一位使用 VR - Link 的人,都能在实际应用中感受到 VR - Link 给大家的仿真带来的便利,也希望这一产品能满足大家的期望和需求。

北京赛四达科技有限公司



前 言

随着分布式仿真需求和应用范围不断扩大,分布式仿真演练已成为军事训练的重要手段。高层体系结构 HLA 是美国国防部为解决美军在各个领域开发出来的多种模型、仿真系统和 C⁴ISR 系统的互连和互操作问题而提出的一种新型的分布式仿真协议,它为分布式建模与仿真提供了一个通用体系框架,成为实现分布式仿真组件互操作的集成标准。RTI 作为 HLA 的实现完成了分布式仿真的跨越式发展。RTI 经过十数年的发展,各种产品相继面世,为广大致力于分布式仿真技术研究人员提供了多种手段和工具。其中,MAK 公司的 VR-Link 产品是进行分布式仿真开发强有力的工具之一,其协议无关接口,支持 DIS、HLA、TENA 等多种协议,支持多平台等特点为解决分布仿真提供了丰富、灵活、可靠的技术手段。

本书作为《VR-Link Developer's Guide》(3.11 版)的中译本尽量保持原版的完整性,对国内应用比较少的 DIS、TENA 协议也保留在其中。在不影响阅读的情况下对格式做了一定的修改。全书共分 14 章。第 1 章绪论,描述 VR-Link 的主要特征和仿真标准组成的信息。第 2 章安装和配置 VR-Link,解释如何安装 VR-Link 及其它必选和可选的软件。第 3 章 VR-Link 概念,提供对 VR-Link 概括性的描述,解释其各个层次如何工作,描述了 VR-Link 简单应用的例子。第 4 章编译 VR-Link 应用程序,解释如何使用 VR-Link 编译和链接应用程序。第 5 章协议无关接口,描述如何编写能编译成基于 HLA 或 DIS 协议的应用程序。第 6 章 HLA 关联接口,描述支持高层次体系仿真的类和函数。第 7 章 FOM 灵活性,描述 VR-Link 能够通过其 FOM 的映射功能支持任意的 FOM。第 8 章 FOM 灵活性举例,示范如何实现 FOM 映射和扩展的例子。第 9 章使用 VR-Link 代码生成器,说明如何使用 VR-Link 代码生成器扩展 VR-Link,从而能够使用不同的 FOM。第 10 章 DIS 关联接口,描述仅适合于 DIS 协议的工具包功能。第 11 章 TENA 关联接口,描述如何创建使用 TENA 协议的应用程序。第 12 章 VR-Link 辅助类,

说明如何使用 VR - Link 的辅助函数来执行时间管理、坐标转换和其它任务。第 13 章实例和程序,说明如何使用 VR - Link 附带的例子和实用程序。第 14 章经验实例,是译者在利用 MÄK RTI 和 VR - Link 开发过程中的例子和经验,由王勃和艾祖亮共同完成,抛砖引玉,希望对读者有所帮助。

翻译人员目前所在的海军航空工程学院飞行仿真技术研究所是进行大型飞行仿真模拟系统研发的单位,具有独立设计、制造大型飞行仿真模拟器的能力,在分布式仿真、视景仿真、战场环境仿真和机载设备仿真等领域有着丰富的设计和开发经验。本书在翻译过程中得到了仿真所领导和同仁的大力支持,首先要感谢姜本清教授和张立民教授,是两位导师将我们带入仿真领域并鼓励我们深入下去。同时要感谢在仿真所一起工作的同仁们,他们是钟兆根、于文龙、邓向阳、刘长根、余应福、朱春峰、孙永威、张昀申、张建廷等,他们为本书的翻译和校对亦做出了贡献。

感谢 MÄK 公司的蔡乐先生和北京赛四达公司的赵林涛先生,他们在技术上给予我们大量的支持。

由于分布式仿真技术涉及知识面广,并且翻译人员对 VR - Link 的研究和运用还有待继续深入,加上水平有限,书中错误在所难免,望读者不吝指正。翻译问题请发邮件:songzywb@ hotmail. com,技术问题请发邮件:aizuliang@ sina. com。

译 者

2009 年 3 月

于烟台 海军航空工程学院飞行仿真技术研究所

文档约定

提示:	相当于原文中的 i ,指需要追加和澄清的信息。
注意:	相当于原文的 ! ,指用户必须知道以保证程序或其它任务顺利执行的附加信息。
1.3:	以下声明适合 HLA 1.3 规范。
1516:	以下声明适合 IEEE1516 规范。
DIS:	以下声明适合 DIS 规范。
HLA:	以下声明适合 HLA 规范。
第 7 章“FOM 灵活性”	文档内部标题。
“选择实体标识符”	文档内部小节。
{ }	必须的参数。
[]	可选的参数。
/	路径。
DtObjectId(objectId. h)	类名称(头文件)。

除非另外指定,涉及 UNIX 包括 Linux,忽略其运行的计算机类型。涉及的 PC 指 Intel 兼容处理器,运行 Microsoft Windows 版本的计算机。

点击鼠标键的指令主要指点击主键,一般是右手鼠标左键和左手右键鼠标。弹出菜单指点击第二键时显示的菜单,通常是右手鼠标的右键或左手鼠标的左键。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 协议无关 API	1
1.2 VR-Link 的功能部件	1
1.3 支持的仿真标准	3
1.3.1 支持 HLA RTI1.3 和 RTI1516 规范	4
1.3.2 HLA FOM 支持	4
1.3.3 TENA 支持	5
第 2 章 安装与配置 VR-Link	6
2.1 安装 VR-Link	6
2.1.1 在 Windows 系统上安装 VR-Link	6
2.1.2 在 UNIX 系统上安装 VR-Link	7
2.1.3 Windows 系统下的 Silent 安装和卸载	8
2.2 VR-Link 安装的文件	9
2.3 安装与使用 FLEXlm 许可管理器	10
2.3.1 FLEXlm 客户端—服务器结构	10
2.3.2 安装与配置许可管理器	11
2.3.3 安装许可管理器软件	11
2.3.4 申请许可文件	11
2.3.5 复制许可文件到 flexlm 目录下	12
2.3.6 设置 MAKLMGRD_LICENSE_FILE 环境变量	12
2.3.7 添加另外的许可文件	13
2.3.8 为许可服务器和后台程序指定端口	13
2.3.9 运行许可服务器	14
2.3.10 Windows 系统下将 FLEXlm 作为服务程序运行	14
2.3.11 FLEXlm 许可管理器疑难故障的解决	15
2.4 安装 RTI	16
2.4.1 安装 MAK RTI	17

2.5	配置 DIS 应用程序的网络环境	17
2.5.1	广播地址和子网掩码(UNIX)	18
2.5.2	子网掩码(Windows)	18
2.5.3	UDP 端口	18
第 3 章	VR - Link 概念	19
3.1	VR - Link 是多级工具包	19
3.1.1	多级访问	19
3.2	HLA、DIS 和协议无关	19
3.2.1	高层体系结构(HLA)	20
3.2.2	DIS 协议	21
3.2.3	协议无关	21
3.2.4	详细 HLA、DIS 信息获取	21
3.3	VR - Link 概念综述	22
3.4	连接到演练	23
3.5	管理状态信息	24
3.5.1	管理本地仿真实体	24
3.5.2	管理远程实体	25
3.6	管理事件信息	25
3.6.1	发送本地交互	26
3.6.2	接收远程交互	26
3.7	其它仿真概念	26
3.7.1	管理时间	26
3.7.2	标识对象	28
3.7.3	使用回调	28
3.7.4	坐标系统	30
3.7.5	航迹推测和平滑	30
3.7.6	时戳	30
3.8	大小 Endian 报格式	31
3.9	VR - Link 的基本例子	32
3.9.1	监听的例子	32
3.9.2	发送的例子	36
第 4 章	编译 VR - Link 应用程序	40
4.1	编译和链接 VR - Link 应用程序	40
4.1.1	函数库和头文件	40

4.1.2	第三方库	41
4.1.3	UNIX 系统下编译指定仿真标准	41
4.1.4	UNIX 下选择一个实例应用程序协议	42
4.1.5	Windows 下编译指定协议版本	42
4.1.6	Windows 下选择实例应用程序的协议	43
4.2	从 C 语言调用 VR - Link	44
4.2.1	用 C 语言调用 C++ 语言	44
4.2.2	用 C++ 语言调用 C 语言	44
4.2.3	C 和 C++ 包含的头文件	44
4.3	交付 VR - Link 应用程序给使用者	45
第 5 章	协议无关接口	46
5.1	协议无关接口介绍	46
5.2	连接到多个演练	46
5.2.1	为 HLA 创建演练连接	47
5.2.2	为 DIS 创建演练连接	48
5.2.3	初始化应用程序	48
5.2.4	DtExerciseConn 成员函数	50
5.3	处理交互	52
5.3.1	发送交互	53
5.3.2	接收交互	54
5.4	处理实体	56
5.5	处理本地仿真实体	57
5.5.1	创建 DtEntityPublisher	57
5.5.2	设置实体状态	59
5.5.3	坐标	60
5.5.4	设置实体状态的例子	61
5.5.5	使用 DtEntityPublisher::tick() 函数	62
5.5.6	设置位置与方位的阈值	62
5.5.7	删除本地仿真实体	63
5.6	处理远程实体	63
5.6.1	创建反射实体列表	63
5.6.2	通过 DtReflectedEntityList 遍历	64
5.6.3	推迟反射对象的发现	65
5.6.4	检查实体的状态	66

5.6.5	DR	68
5.6.6	使用平滑	69
5.6.7	掌握实体加入或离开演练的时机	70
5.6.8	状态更新到达时通知应用程序	71
5.6.9	处理实体超时	73
5.6.10	派生 DtReflectedEntity	74
5.7	标识对象	75
5.7.1	DIS 的对象标识	75
5.7.2	HLA 中的对象标识	75
5.7.3	VR - Link 如何标识对象	76
5.8	处理其它类型对象	77
5.8.1	管理发射器	78
5.9	坐标视图	80
5.9.1	地形坐标视图	81
5.9.2	UTM 坐标视图	82
5.9.3	笛卡儿坐标视图	83
5.10	铰链部件	83
5.10.1	检查铰链部件数据	83
5.10.2	设置铰链部件数据	85
5.11	附加部件	87
5.12	多线程中使用独立 VR - Link 对象	88
5.13	远程控制 MAK 产品	89
第 6 章	HLA 关联接口	90
6.1	介绍	90
6.2	直接与 RTI 交互	90
6.2.1	使用 RTI1516 协议创建应用程序	90
6.2.2	联邦成员初始化服务	91
6.2.3	RTI 初始化服务	91
6.3	获取关于 FOM 的信息	93
6.4	发布和定购 FOM 类和属性	95
6.4.1	发布类和属性	95
6.4.2	订购类和属性	96
6.5	管理 HLA 对象	98
6.5.1	获得对象添加和删除的时机	100

6.5.2	截取反射属性值	101
6.5.3	强制属性更新	102
6.5.4	反射本地更新	102
6.6	所有权管理	103
6.6.1	实现所有权管理	105
6.7	使用 DDM	109
6.7.1	地理坐标 DDM	110
6.7.2	使用地理坐标 DDM 发布	110
6.7.3	使用地理坐标 DDM 反射	110
6.7.4	带有区域的交互	111
6.7.5	不利用 VR - Link 地理实现的 DDM	112
6.8	使用 DtInteraction 类	112
6.8.1	DtInteraction 相关的输出成员函数	113
6.9	一般 HLA 问题	114
6.9.1	时戳	114
6.9.2	注册和响应同步点	114
6.9.3	时间管理	116
6.9.4	VR - Link 对 RTI 服务的调用	119
6.10	HLA1.3 和 IEEE1516 联邦成员间的互操作性	121
6.11	FOM 灵活性	122
第 7 章	FOM 灵活性	123
7.1	介绍	123
7.2	FOM 映射概念概述	123
7.3	VR - Link API 所需的 FOM 映射信息	124
7.4	FOM 映射信息	125
7.5	建立 FOM 映射器的类映射	126
7.5.1	选择对象类发布	126
7.5.2	映射单个 FOM 类到发布者	126
7.5.3	订购对象类	127
7.5.4	订购交互类	128
7.6	创建 DtInteraction 实例	128
7.7	属性和参数的编码与解码	129
7.7.1	编码器和解码器	129
7.7.2	编码和解码函数	130

7.7.3	编码与解码工厂	134
7.8	选择 DtFomMapper	135
7.8.1	传递一个 DtFomMapper 的实例	136
7.8.2	传递共享库名称	136
7.8.3	低效运行 FOM 映射器的构造函数	138
7.8.4	在构造 DtExerciseConn 之后配置 FOM 映射器	138
7.8.5	使用不同版本的 RPR FOM	138
7.8.6	派生用户自己的 DtFomMapper	139
第 8 章	FOM 灵活性举例	141
8.1	VR - Link FOM 映射和扩展举例	141
8.2	从新的 FOM 创建到 VR - Link 类的映射	141
8.2.1	编写编码和解码类	142
8.2.2	配置 FOM 映射器	142
8.3	向 RPR FOM 类添加属性和参数	146
8.3.1	创建 DtEntityStateRepository 的子类	146
8.3.2	创建 DtFireInteraction 的子类	147
8.3.3	向 FOM 映射器中增加属性和参数映射	148
8.4	创建新的交互类	153
8.4.1	创建新的交互	153
8.4.2	创建新的解码和编码函数	158
8.4.3	使用新类	161
8.5	创建新的对象类	162
8.5.1	创建一个新的状态池	163
8.5.2	创建新的发布器、反射对象和对象列表	165
8.5.3	创建编码器和解码器类	168
8.5.4	在应用程序中使用新类	171
第 9 章	使用 VR - Link 代码生成器	173
9.1	简介	173
9.1.1	安装 VR - Link 代码生成器	174
9.2	启动 VR - Link 代码生成器	174
9.2.1	VR - Link 代码生成器窗口	174
9.3	使用代码生成器	174
9.3.1	载入 FOM 定义文件	174
9.3.2	选择要生成的对象和交互	174

9.3.3	从对象中移除类到生成列表	176
9.3.4	配置代码生成参数	176
9.3.5	选择输出目录	177
9.3.6	生成对象和交互	177
9.4	生成的代码	177
9.4.1	枚举型	178
9.4.2	数据类型	178
9.4.3	对象和交互	178
9.4.4	工程文件/make 文件	178
9.4.5	不能够被解码和生成的属性和类型	179
第 10 章	DIS 关联接口	180
10.1	处理 PDU	180
10.1.1	发送 PDU	181
10.1.2	接收 PDU	181
10.1.3	在 PDU 报头检查和设置数据	184
10.1.4	获得 PDU 的网络描述	185
10.1.5	DtPdu 构造函数	185
10.1.6	DtPduFactory	187
10.1.7	在 PDU 类中使用外部缓存	188
10.1.8	复制 PDU	189
10.1.9	获取对象的 ID	189
10.2	处理非标准 PDU	190
10.2.1	使用 DtUnknownPdu	190
10.2.2	派生 DtPdu 的类	192
10.3	配置用户连接到 DIS 网络连接	200
10.3.1	DtExerciseConn 构造函数	200
10.3.2	配置 DtNetSocket	201
10.3.3	使用异步 IO	202
10.3.4	配置 DtClientSocket 和数据包服务器 (UNIX)	203
10.3.5	网络之间的通信 (DtGroupSocket)	204
10.3.6	订购组播地址	205
10.3.7	过滤 PDU	206
10.3.8	打包和解包 PDU	206
10.3.9	使用 DtSocket 发送信息包	207

10.3.10	使用 DtSocket 接收包信息	207
10.4	阻止引入的实体状态 PDU	209
第 11 章	TENA 关联接口	211
11.1	介绍	211
11.2	编译和链接	211
11.3	创建 TENA 演练连接	212
11.3.1	命令行选项	212
11.4	发送交互	213
11.5	TENA VR - Link 中的实体	213
11.6	TENA 的时间管理	214
11.7	LROM 映射	214
11.7.1	DtObjectInterface 类	215
11.7.2	DtMessageInterface 类	215
11.7.3	LROM 映射表细节	216
11.7.4	建立 LROM 映射器接口映射	216
11.7.5	利用对象接口类进行订购	217
11.7.6	选择消息接口类发送交互	217
11.7.7	利用消息接口类订购 TENA 消息	218
11.8	LROM 映射器(LROM Mapper)	219
11.8.1	LROM 映射器举例	219
11.9	TENA 网络转储	220
11.10	安装 TENA 软件	220
11.10.1	安装 TENA 中间件	220
11.10.2	创建 MAK 对象模型	221
11.10.3	运行 TENA 应用程序	224
第 12 章	VR - Link 实用类	225
12.1	矢量和矩阵类	225
12.1.1	使用 DtVector 类	225
12.1.2	使用 DtDcm 类	226
12.1.3	DtVector 和 DtDcm 语义	227
12.1.4	矢量和矩阵操作函数	227
12.2	方位、欧拉角和 DtTaitBryan 类	228
12.2.1	欧拉角和矩阵表示之间的转换	228
12.3	坐标转换	229

12.3.1	地心坐标系	229
12.3.2	大地坐标系	229
12.3.3	地形坐标系	231
12.3.4	投影坐标系(UTM)	233
12.3.5	地形坐标和 UTM 坐标的不同	234
12.3.6	低层坐标转换函数	235
12.4	用 DtList 创建链接列表	236
12.5	诊断类	238
12.5.1	使用 DtOutput 流进行输出	239
12.5.2	在 Windows 中输出诊断信息	239
12.6	DtException 类	240
12.7	操作 IP 地址的函数	240
12.8	各种全局函数	241
第 13 章	实例和实用程序	242
13.1	关于应用	242
13.1.1	工具实例的许可执行	242
13.2	f18 程序	242
13.2.1	f18 配置文件	244
13.2.2	开火	245
13.2.3	响应爆炸信息	245
13.2.4	绝对时戳	245
13.2.5	使用更改的 FOM	245
13.3	从其它语言中调用 VR - Link	246
13.4	发射器(Launcher)	246
13.5	netdump(DIS)	246
13.6	hlaNetdump(HLA)	247
13.7	nethex(DIS)	249
13.8	通话(Talk)和监听(Listen)	249
13.9	vdc——VR - Link 后台控制器(UNIX)	250
13.9.1	vdc 实例	250
13.9.2	vdc 诊断	251
13.10	MÄK 数据包服务器(UNIX)	251
13.10.1	数据包服务器模式	251
13.10.2	数据包服务器的配置	252

13.10.3	应用程序如何与数据包服务器连接	252
13.10.4	使用数据包服务器	252
13.10.5	启动数据包服务器	253
13.10.6	停止数据包服务器	255
13.10.7	数据包服务器的控制	255
13.10.8	Ping 客户端	255
13.10.9	包分类	256
13.10.10	状态命令	256
13.10.11	队列长度	256
13.10.12	技术注解	256
13.11	buffgrep(UNIX)	258
13.11.1	buffgrep 实例	258
第 14 章	经验实例	259
14.1	实例 1: 分布式仿真系统数据接口	259
14.1.1	系统组织与结构	259
14.1.2	加入到演练连接	260
14.1.3	数据管理	262
14.1.4	结论	266
14.2	实例 2: FOM 扩展	268
14.3	实例 3: 时间管理	272
14.3.1	时间概念	272
14.3.2	时间管理原则	272
14.3.3	时间推进机制	273
14.4	实例 4: 仿真互连体系结构	277
14.4.1	RTI 体系结构	278
14.4.2	仿真系统内部互连体系结构	280
14.4.3	仿真系统之间互连体系结构	282
14.4.4	仿真系统互连网络的组建	283
附录 A	术语	285
附录 B	MÄK 系列产品	296
参考文献		298