

Tornado用户指南

(美) Wind River 著

王金刚 王达心 王永升 孙效闻 李蕊 秦承虎 等译



VxWorks 开发人员指南丛书

Tornado 用户指南

(美) Wind River 著

王金刚 王达心 王永升 孙效闻 李 蕊 秦承虎 等译

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

Tornado 是一个用于软件交叉开发的集成开发环境。它提供了一种高效的开发实时嵌入式系统的方法,同时与目标机的环境相关很少。

本书主要包括以下内容:概述、Tornado 的安装和启动、编辑器、工程、命令行配置和构建、仿真器 VxSim、Shell、目标服务器、浏览器、调试器、构建 VxDCOM 应用程序、自定义 Tornado 开发环境等。本书语言流畅,主要针对以 VxWorks 操作系统为基础内核的嵌入式系统开发人员,作为他们了解 VxWorks 并且将其应用到项目中的指导手册。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

Tornado 用户指南/(美)Wind River 著;王金刚等编译.北京:清华大学出版社,2004.10

(VxWorks 开发人员指南丛书)

ISBN 7-302-08593-5

I. T... II. ①W... ②王... III. 软件工具, Tornado-指南 IV. TP311.56-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 041066 号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

责任编辑:曾 刚

封面设计:秦 铭

版式设计:张红英

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:24.75 字数:551 千字

版 次:2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-08593-5/TP·6163

印 数:1~4000

定 价:36.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或 (010)62795704

授权声明

"Wind River Systems, Inc. does not endorse this publication, nor has Wind River reviewed its contents for accuracy. This publication is the sole creation of Tsing Hua University Press, which bears sole responsible for its contents. Wind River has granted the Tsing Hua University Press a limited right to use the marks VXWORKS, TORNADO, VXSIM, CROSS WIND, WIND SH, WINDVIEW, WIND and WIND RIVER for identification purposes only. This grant does not indicate that Wind River has endorsed the contents of the book. VXWORKS, TORNADO, VXSIM, CROSS WIND, WIND SH, WINDVIEW, WIND and WIND RIVER are trademarks and/or registered trademarks of Wind River Systems, Inc. and are used with permission in this publication."

Wind River Systems, Inc.授权清华大学出版社编译出版本技术文档，由清华大学出版社完全负责该技术文档的编译、编辑、审校、出版；此出版物的中文版版权为清华大学出版社单独拥有；清华大学出版社对此出版物内容完全负责。Wind River Systems, Inc.已授权清华大学出版社在此出版物中使用其注册商标：VXWORKS、TORNADO、VXSIM、CROSS WIND、WIND SH、WINDVIEW、WIND 和 WIND RIVER。以上授权说明清华大学出版社承认并保证此出版物的内容。VXWORKS、TORNADO、VXSIM、CROSS WIND、WIND SH、WINDVIEW、WIND 和 WIND RIVER 等 Wind River Systems, Inc.的商标和（或）注册商标在此出版物中的使用已得到了 Wind River Systems, Inc.的许可。

WIND RIVER SYSTEMS, INC.

By: 

Name, title STEVE KENNEDY
GROUP VICE PRESIDENT

Date 3-4-03



前 言

Tornado 是由美国风河系统公司 (Wind River System 公司, WRS) 推出的高性能实时操作系统 VxWorks 的开发平台。风河系统公司组建于 1981 年, 是一个专门从事实时操作系统开发与生产的软件公司, 该公司在实时操作系统领域具有世界公司的领导地位。

VxWorks 是一个运行在目标机上的高性能、可裁剪的嵌入式实时操作系统, 以其良好的可靠性和卓越的实时性被广泛应用于通信、航空、航天等高精尖技术及实时性要求极高的领域中。

Tornado 开发平台提供了 VxWorks 的集成开发环境。其中一部分是 Tornado 工具组件, 提供了可视化的自动交叉开发工具和设备。另一个集成组件由 VxWorks 运行系统和一个高性能的, 可扩展的实时运行系统以及一系列的通信组件组成。

Tornado 系统的使用可加快开发速度。该系统简单易用, 集成的观察工具可大大提高开发人员分析应用软件的能力。

本书主要包括以下内容: 第 1 章 概述; 第 2 章 Tornado 的安装和启动; 第 3 章 编辑器; 第 4 章 工程; 第 5 章 命令行配置和构建; 第 6 章 仿真器 VxSim; 第 7 章 Shell; 第 8 章 目标服务器; 第 9 章 浏览器; 第 10 章 调试器; 第 11 章 构建 VxDCOM 应用程序; 第 12 章 自定义 Tornado 开发环境。

本书由王金刚、王达心、王永升、孙效闻、李蕊及秦承虎参加翻译。参加翻译工作的还有王铮、毕晓东、苏琪、宫晓霖、丁大尉、姜平、毛战华。

由于 VxWorks 嵌入式系统在国内的应用正处于起始阶段, 可供参考的资料有限, 译文中的不足之处请专家和读者提出宝贵意见。

本书是清华大学出版社《VxWorks 开发人员指南丛书》之一。该丛书的翻译出版得到了美国风河系统公司驻中国办事处韩青、Cookie、李宁等的支持和帮助, 清华大学出版社的曾刚先生以其严谨认真的工作态度给予我们很大帮助和支持。

同时, 在该丛书的翻译过程中也得到了天津大学电子信息工程学院的多位老师和同学的热情帮助。在此一并表示感谢。

译 者

2003.10.26 于天津大学

目 录

第 1 章 概述.....	1
1.1 引言.....	1
1.2 Tornado 交叉开发环境.....	2
1.3 VxWorks 目标机环境.....	3
1.4 Tornado 主机集成开发环境.....	3
1.5 主机与目标机的接口.....	6
1.6 客户服务.....	8
第 2 章 Tornado 的安装和启动	9
2.1 Tornado 介绍	9
2.2 建立主机环境.....	11
2.3 建立默认的目标机硬件环境.....	13
2.4 主机与目标机的通信配置.....	17
2.5 启动 VxWorks	27
2.6 启动 Tornado	35
2.7 启动目标服务器.....	38
2.8 显示目标机信息.....	39
2.9 故障检修.....	39
第 3 章 编辑器.....	43
3.1 引言.....	43
3.2 标准工具条.....	43
3.3 文件管理.....	44
3.4 输入和编辑.....	46
3.5 自定义编辑器.....	50
第 4 章 工程.....	51
4.1 引言.....	51
4.2 设计你的工程.....	55
4.3 创建可下载的应用程序.....	64
4.4 创建自定义的 VxWorks 映像.....	76
4.5 创建可启动的应用程序.....	89
4.6 构建规格的有关工作.....	90

4.7	配置目标机与主机间通信接口	96
4.8	配置和构建 VxWorks 启动程序	102
4.9	构建自定义的启动 ROM	104
第 5 章	命令行配置和构建	106
5.1	引言	106
5.2	构建、装载和卸载应用程序模块	107
5.3	配置 VxWorks	118
5.4	构建 VxWorks 系统映像	127
5.5	BSP 和应用程序的 makefile	132
5.6	创建可启动的应用程序	138
5.7	从 BSP 构建工程	141
第 6 章	仿真器 VxSim	143
6.1	引言	143
6.2	集成仿真器	144
6.3	构建应用程序	147
6.4	对架构的考虑	148
6.5	配置 VxSim 全功能仿真器	150
第 7 章	Shell	159
7.1	引言	159
7.2	使用 Shell	160
7.3	Shell 中的 C 表达式解释程序	182
7.4	C++ 解释	195
7.5	Shell 行编辑	197
7.6	目标模块装载路径	199
7.7	Tcl: Shell 解释	200
7.8	Shell 结构架构	204
第 8 章	目标服务器	208
8.1	引言	208
8.2	配置和启动目标服务器	209
8.3	目标服务器图标和日志控制台窗口	218
8.4	停止目标服务器	219
8.5	选择目标服务器	219
8.6	管理目标服务器	220

第 9 章 浏览器.....	224
9.1 系统目标浏览器.....	224
9.2 启动浏览器.....	224
9.3 剖析浏览器窗口.....	225
9.4 浏览器按钮.....	226
9.5 目标机信息窗口.....	227
9.6 任务列表窗口.....	229
9.7 存储器使用情况窗口.....	230
9.8 目标信息窗口.....	230
9.9 模块信息窗口.....	236
9.10 Spy 窗口.....	237
9.11 堆栈检查窗口.....	238
9.12 向量表窗口.....	239
9.13 浏览器显示和目标机连接速度.....	240
9.14 用浏览器解决发现的问题.....	240
9.15 Tcl: 浏览器初始化文件.....	244
第 10 章 调试器.....	245
10.1 引言.....	245
10.2 调试器 GUI.....	245
10.3 调试器的使用.....	247
10.4 源代码显示选项.....	260
10.5 使用调试器命令行.....	261
10.6 系统模式调试.....	267
10.7 Tcl: 调试自动化.....	272
10.8 Tcl: 调试器自定义.....	278
第 11 章 构建 VxDCOM 应用程序.....	283
11.1 引言.....	283
11.2 VxDCOM 开发过程.....	283
11.3 配置 VxDCOM 可启动映像.....	284
11.4 使用 VxDCOM 向导.....	285
11.5 生成的输出.....	292
11.6 执行服务器/客户机模型.....	294
11.7 构建和链接应用程序.....	294
11.8 注册、调度和运行你的应用程序.....	295

第 12 章 自定义 Tornado 开发环境	298
12.1 引言	298
12.2 工具条和状态条	298
12.3 设置选项	299
12.4 自定义 Tools 菜单	309
12.5 Tcl 自定义文件	317
附录 A 目录和文件	318
附录 B Makefile 详细资料	326
附录 C TCL	331
附录 D 编码规则	338
附录 E Windows NT 服务管理器	369
附录 F FTP 服务器	370
附录 G VxWorks 初始化顺序	372

第 1 章 概 述

1.1 引 言

Tornado 是一个用于软件交叉开发的集成开发环境。它提供了一种高效的开发实时嵌入式系统的方法，同时与目标机的环境相关很少。Tornado 由如下部分组成：

- VxWorks，高性能的实时操作系统。
- 应用开发工具（编译器和相关工具）。
- 集成开发环境，可以帮助管理和构建工程，并组织和管理主机与目标机间的通信、运行、调试和监视 VxWorks 应用程序。

本手册主要关注 Tornado 集成开发环境。集成开发环境主要有如下工具：

- 集成源代码编辑器。
- 工程管理工具。
- 集成的 C/C++ 编译器和 make。
- 浏览器，监视目标机系统的图形化的工具。
- CrossWind，图形化的高级源代码级调试器。
- WindSh，控制目标机的 C 语言命令解释器。
- VxSim，集成的 VxWorks 目标机仿真器。
- 针对目标机仿真器的集成的 WindView 软件逻辑分析器。
- 许多功能的自定义选项，包括替代的编辑器和配置管理工具的集成，以及整个 Tornado 图形界面。

Tornado 开发环境面向各种目标机环境，不论目标机是资源丰富的还是资源受限的。Tornado 工具主要在主机端执行，并和远端目标机共享基于主机的动态链接器和符号表。图 1-1 显示了 Tornado 主要的主机组件接口和目标机间的关系。通过目标服务器和目标机代理来实现在主机工具和 VxWorks 间的通信。

运行系统就是计划用于最终应用程序的代码，有别于整个 Tornado 交叉开发环境。运行系统包括实时内核，也选择一些 VxWorks 库代码以及特定应用程序的代码包括在内。它通常不包括目标机代理，尽管有些情况下也被包括进来用于提供现场调试。

对 Tornado 来说，从一个想法到能观察它的运行之间的开发周期是很短的。由于快速的应用程序代码增量下载可以动态链接到 VxWorks 操作系统中，因而实现了符号交互的最小时延。

1.2 Tornado 交叉开发环境

Tornado 交叉开发环境保证了在开发时的目标系统与发布后的系统之间具有最小可能的不同之处。这可以通过隔离多数主机上的开发工具来完成，这些工具对目标机介入很少。运行系统上的工具和开发环境尽可能相互独立，而不论目标机环境资源的多少。可以使用交叉开发主机的开发环境对工程文件进行管理、编辑、编译、链接和存储实时代码，也可以配置 VxWorks 操作系统。C/C++ 的应用程序可以用 Tornado 交叉编译器来编译。这些应用程序能调用 VxWorks 库文件来加速开发。也能在主机的控制下在目标机上运行和调试实时代码。

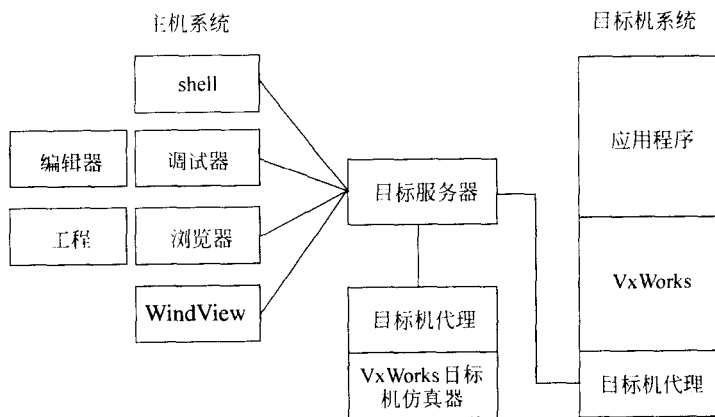


图 1-1 Tornado 开发环境

典型开发环境中的硬件一般包含一个或多个具备网络功能的主机和一个或多个嵌入式目标机。有多种方式可以把目标机与主机相连，但通常的连接方式是以太网或串口连接方式。如果没有硬件或针对硬件的代码，则集成在开发环境里的仿真器 VxSim 可以被用来开始应用程序的开发。

典型的主机开发系统通常有比较大的 RAM、硬盘空间、备份媒介、打印机和其他外设。相反，典型的目標機系統只有僅能满足实时应用的资源，可能还有比较少量的用于测试和调试的额外资源。

Tornado 开发环境的基本优点就是应用模块不必链接到运行系统库或相互链接。Tornado 直接装载可以重定位的目标模块，通过每个模块里的符号表来动态解析外部符号引用。由运行在主机上的目标服务器来解析符号表。

Tornado 在开发过程中把目标模块的大小减到最小，因为没必要把整个应用程序全部链接起来。这样可缩短开发周期，因为只需下载更少的数据，部分完整的模块也能被下载用于进行增量测试和调试。主机端驻留的 shell 和调试器也能调用和测试独立的应用程序或完

整的任务。

Tornado 维护一个完整的驻留主机的目标机符号表。这个符号表是可以增加的，当下载每个目标模块时服务器同时把符号合并到符号表里。你可以检查变量、调用子程序、生成任务、反汇编内存中的代码、设置断点、跟踪子程序调用等，所有这些都要用到原来的符号名。

此外，Tornado 开发环境还有 CrossWind 调试器，它能让开发者观察和调试源代码级的应用程序。设置断点、单步跟踪、检查结构等，所有这些都能够在以源码形式在方便的图形界面上执行。

1.3 VxWorks 目标机环境

完整的 VxWorks 操作系统包含在 Tornado 中。VxWorks 包括一个支持中断驱动、基于任务优先级调度算法的多任务内核。这个操作系统还支持 POSIX 接口、任务间通信、网络、文件系统和其他一些功能。

目标机也包含一些类似 Tornado 主机上工具的工具，如驻留目标机 shell、符号表、动态链接器。在某些情况下，最终的应用也需要驻留目标机的工具。

 **注意：**当运行 VxWorks 驻留目标机的工具时，避免同时使用主机上的相应工具。

技术上并没有禁止这样做，但是，举个例子，两个各自有符号表的 shell 将很容易混淆。多数用户选择或者是主机端的工具或者是目标机端的工具，很少来回切换它们。

除了标准 VxWorks 提供的，Tornado 还兼容可选组件 VxVMI。VxVMI 组件能使得文本端和异常向量表只读，并提供一系列供开发者构建他们自己的虚拟内存管理的子程序。在 VxVMI 使用时，Tornado 目标服务器的装载器/卸载器需要考虑页对齐和页保护之类的问题。

Tornado 也兼容 VxWorks 的可选组件 VxMP 和 VxFusion。VxMP 用于同步同一底板上的不同 CPU 上的任务，VxFusion 则让这种同步运行在各种连接方式上，包括以太网。

关于 VxWorks 和它可选组件的详细信息，参看《VxWorks 编程手册》和《VxWorks 网络编程手册》。要获得支持的体系具有什么功能，参看《体系补充》。

1.4 Tornado 主机集成开发环境

Tornado 把 VxWorks 编程的不同方面都集成到同一个环境里，以便于开发和调试 VxWorks 应用程序。Tornado 集成开发环境允许开发者在主机上组织、编写和编译应用程序，然后下载到目标机，并运行和调试它们。这节简要介绍集成开发环境的主要工具。

1. 编辑器

Tornado 源码编辑器具有如下特性:

- 标准文本处理能力。
- C 和 C++语法要素彩色高亮度显示。
- 与调试器集成: 编辑窗口能跟踪代码执行。
- 与编译器集成: 工程管理工具把编译器的警告和错误直接联系到受影响的源代码编辑窗口中。

Tornado 编辑器将在第 3 章中详细介绍。

2. 工程管理

Tornado 工程工具使组织、配置和构建 VxWorks 应用工程简单化了。它可以图形化配置构建环境(包括编译器开关),也可以图形化配置 VxWorks(带有相关从属性和大小分析)。工程工具也可以把如 ClearCase 这样的通用配置管理工具集成到一起。

Tornado 工程工具将在第 4 章中详细介绍。

3. 编译器

Tornado 采用 GNU 编译器来编译 C/C++程序,也提供了完整的开发工具链:

- cpp, C 预处理器。
- gcc, C/C++编译器。
- make, 自动程序构建工具。
- ld, 可编程的静态链接器。
- as, 可移植的汇编器。
- 二进制工具。

这些工具也被最初由免费软件基金(FSF)开发的 GNU 工具的商业版本支持。Tornado 工程工具为 GNU 工具提供了一个图形化界面,使得它的功能变得强大和易于使用。

更多的信息,参看《GNU 工具包用户使用手册》和《GNU Make 用户使用手册》。

此外,Diab 编译器作为一个可选择产品,完全集成到 Tornado 中。更多信息,参看第 4 章、第 5 章以及针对目标机的《Diab C/C++编译器用户使用手册》。

4. WindSh

WindSh 是一个驻留在主机端的命令行解释器,它提供从主机端控制所有运行系统的接口。该命令行解释器可以解释和执行几乎所有的 C 语言表达式。它也支持 C++,包括“demangling”,从而允许开发者以与原始 C++源代码所使用的形式相同的形式引用符号。WindSh 也包含一个完整的 Tcl 解释器。

WindSh 可以用来调用系统函数、调用任何应用程序函数、检查和设置应用程序变量、创建新变量、检查和修改内存值,甚至执行通用的 C 语言计算。WindSh 也提供重要的符

号调试功能，包括断点、单步调试、符号反汇编和堆栈检查。

WindSh 解释器保存一个命令的历史记录，并可以编辑命令行。该 shell 可以重定向标准输入和标准输出，包括输入/输出到由目标机代理所支持的虚拟 I/O 通道。

WindSh 将在第 7 章中详细介绍。

5. CrossWind 调试器

CrossWind 是一个远程源码级的调试器，它是 GNU 源码级调试器 GDB 的扩展版本。最明显的扩展就是图形化的界面。CrossWind 也包含一个完整的 Tcl 脚本接口，这样就可以创建复杂的宏或根据调试要求进行扩展。为了实现最大的灵活性，调试器控制窗口综合 GDB 命令行接口和 WindSh 工具。

在开发主机端，可以用 CrossWind 作如下调试：

- 在目标机上生成和调试任务。
- 绑定到已运行的任务上，而不论任务是由应用程序、shell 或调试器自己生成的。
- 在应用层次或系统层次使用断点和其他调试功能。
- 查看应用程序的 C/C++ 源码、汇编代码或两者都显示的混合模式。

调试器将在第 10 章中详细介绍，也可以参看《GDB 用户手册》。

6. 浏览器

Tornado 浏览器是系统对象的查看器，并调用 shell 图形化显示。浏览器可以监视目标机的状态，并显示如下状态：

- 激活的任务的概要情况（分为系统任务或应用任务）。
- 特定任务的状态，包括寄存器的使用情况、优先级和其他特性。
- 比较所有任务的 CPU 使用情况。
- 所有任务的堆栈使用情况。
- 内存分配。
- 动态链接到运行系统的模块的概要情况。
- 所有装载的目标模块的结构。
- 操作系统内的对象，如信号量、消息队列、内存分区和看门狗。

浏览器将在第 9 章中详细介绍。

7. WindView 软件逻辑分析器

WindView 是 Tornado 中分析实时软件的逻辑分析器。它是动态可视化工具，可以提供上下文切换的情况、事件和有关测量对象的信息。

Tornado 中有一个集成版本的 WindView，但只能用于 VxSim 仿真器。WindView 是所有支持的目标机体系的一个可选择组件。

WindView 将在《WindView 用户手册》里详细介绍。

8. VxSim 仿真器

VxSim 目标机仿真器是主机用来模拟目标操作系统的。不需要任何硬件。目标仿真器主要用来学习 Tornado 和嵌入式系统开发。值得注意的是，它给开发者提供一个独立的开发环境，可以开发部分不依赖 BSP 和目标机硬件的应用程序。

Tornado 中有一个集成版本的仿真器，但每个用户只能运行单个的实例，并且不支持网络功能。可选的网络产品如 SNMP 不在这个版本内。

VxSim 全版本的仿真器是可选产品。它支持多实例、网络和多数可选择的产品。

参看《Tornado 使用向导》中有关仿真器用法的讨论，第 4 章中有关于这个开发工具的信息。

1.5 主机与目标机的接口

下面将在这节介绍主机与目标机间开发环境的连接。

本节中说明的 Tornado 的单元提供主机与目标机开发环境之间的链接：

- 目标机代理是主机系统上与目标服务器通信的可裁剪的 VxWorks 组件。
- 目标服务器通过目标机代理连接 Tornado 工具，如 shell 和调试器。
- Tornado 注册表可以存取目标服务器，也可以运行在网络上任何一台主机上。

1. 目标机代理

在目标机上，所有的 Tornado 工具都需要通过目标机代理。目标机代理是一个紧凑的执行单元，专门应答来自 Tornado 工具的请求。目标机代理对请求的应答需要通过目标服务器转发。这些请求包括内存处理、断点和其他目标事件的提醒服务、虚拟 I/O 支持和任务控制。

目标机代理有两种目标控制模式：任务模式（应用级）和系统模式（系统级控制，包括 ISR 调试）。目标机代理可以执行在任一模式下，也可以按要求在两者间切换。

目标机代理独立于运行操作系统，同运行服务的接口是间接的，所以它能利用内核的特性，而又不需要它们。目标机代理的驱动接口也独立于运行系统，避免了 VxWorks I/O 系统。代理驱动是原始驱动，可以操作在查询或中断驱动模式。查询驱动需要支持系统级断点。

运行系统独立表示目标机代理可以在内核运行前执行。这个特性对移植 VxWorks 到新目标平台的开始阶段很有用。

目标机代理的一个关键功能就是对驻留主机的目标模块装载器的请求做出响应。如果目标机代理被链接到运行系统并存在 ROM 里，当它被启动时，目标服务器自动从主机驻留的目标运行系统映像里初始化符号表。从这点上考虑，所有下载本质都是增量的，大大减少了下载时间。

目标机代理本身是可裁剪的：可以选择包括或排除某些特性。这允许最终产品的配置

仍然可以现场测试，甚至是在由于应用的限制只能分配很少内存的情况下。

 **注意：**目标机代理不是必需的。目标服务器也可以连接到 ICE 后端，这样只需更少的目标内存，但这种方式不支持任务模式的调试。

2. 目标服务器

目标服务器运行在主机端，它把 Tornado 工具连接到目标机代理上。每个目标机都有一个目标服务器；所有的主机工具通过这个目标服务器来访问目标机，目标服务器的功能就是满足工具的请求，并把每个请求分成必要的目标机代理的处理项。目标服务器管理目标机所要求的连接方式细节，所以每个工具不必关心主机到目标机的传输机制。

在某些情况下，目标服务器把工具的服务请求直接传到目标机代理。在另外一些情况下，请求也能在主机端的目标服务器上处理完。例如：当读的一块目标内存已经缓存在目标服务器上时，就不需要实际的主机到目标机的处理。

目标服务器也从由主机工具分配的内存池里分配目标内存，并在主机端管理目标机上的符号表。这可以在新模块下载到目标机之前，让目标服务器在主机端做动态链接、地址解析的大部分工作。

目标服务器不一定和 Tornado 工具在同一台主机，只要这些工具能通过网络连接到运行目标服务器的主机上就可以了。

有关配置、启动和管理目标服务器的信息，参看第 8 章和[帮助]中的 tgtsvr 参考 (Help>Manuals Contents>Tornado Reference/Tornado Tools)。

3. Tornado 注册表

Tornado 有一个中心目标服务器的注册表，它允许通过一个方便的名字选择目标服务器。这个注册表把目标服务器名字和需要连接到该目标服务器的网络地址绑定在一起。能通过目标机的列表间接看到注册。只要 Tornado 注册表能通过网络连接，它就不必和你的工具运行在同一台主机上。

为了保持目标服务器在网络上的惟一性，目标服务器的名字具有如下格式：`targetName@host`, `targetName`。它是用户启动的目标服务器的名字（目标机的网络名字作为默认）。注册表拒绝注册已经存在的名字。

推荐在一个开发场所使用单个的注册表，并通过网络连接所有目标机。注册表应该一直运行；若没有注册表，则目标服务器不能被命名，所有的 Tornado 工具都不能连接到目标机上。

有关注册表的详细信息，参看 2.2 节。

4. 虚拟 I/O

虚拟 I/O 是给目标机代理和目标服务器提供连接的一种服务。它包含任意数量的逻辑设备（在 VxWorks 端），这些设备通过标准 C 语言 I/O 调用来传送应用程序的输入或输出，

也使用类似代理与服务器间的通信连接。

这种机制可以让开发者使用标准 C 语言的程序来进行 I/O 操作，甚至在惟一的通信通道已经被用来连接目标机与 Tornado 开发工具的情况下也可以使用。

从 VxWorks 应用程序的观点看，标准的 I/O 通道是普通的字符设备，设备名类似 /vio/0, /vio/1 等。它通过同调用其他字符设备一样的 VxWorks 调用来管理，更多信息在《VxWorks 编程手册：I/O 系统》中介绍。这也是当开发者工作在 Tornado shell 时的观点。

在主机端，虚拟 I/O 连接到 shell 或目标服务器控制台。参看控制台和重定向获得如何用虚拟控制台来配置目标服务器。

1.6 客户服务

风河公司许诺满足它的客户的需求。作为许诺的一部分，风河公司提供了一系列服务，包括培训和签约的客户支持，公司网站上将有最新的建议、FAQ、已知问题列表，以及其他有用的资源。

1. 客户支持

如果客户签约了维护合同，风河公司将直接派有经验的风河产品工程师对客户进行技术支持。客户支持程序的详细介绍见《客户支持用户手册》，该文档在风河公司网站上，链接如下：

<http://www.windriver.com/support>

《客户支持用户手册》介绍了提供给客户支持的服务，包括协助解决安装问题、软件、文档和服务错误等。

可以通过下列方法中的任意一种得到客户支持：

- 电子邮件
- 可以发送邮件到 support@windriver.com 来联系风河的客户支持
- 1-800-872-4977 (1-800-USA-4WRS)

在北美的客户，可以直接拨打免费电话来联系客户支持。北美以外地区的客户，可查看风河公司网站。

针对购买产品的客户支持，可查看风河公司网站。

2. WindSurf 服务

风河公司客户服务也提供 WindSurf 服务，这是一种通过公司网站的在线支持服务。WindSurf 对所有的风河公司客户提供基本服务，包括咨询，《客户支持用户手册》的印刷版，一系列的培训计划。对于已签订维护合同的客户，风河公司还提供额外的服务，包括已知问题列表、补丁、常见问题的解答和演示代码。