

将 Oracle® Solaris 11.2 系统配置为路由器或 负载均衡器

ORACLE®

文件号码 E53808-02
2014 年 9 月

版权所有 © 2011, 2014, Oracle 和/或其附属公司。保留所有权利。

本软件和相关文档是根据许可证协议提供的，该许可证协议中规定了关于使用和公开本软件和相关文档的各种限制，并受知识产权法的保护。除非在许可证协议中明确许可或适用法律明确授权，否则不得以任何形式、任何方式使用、拷贝、复制、翻译、广播、修改、授权、传播、分发、展示、执行、发布或显示本软件和相关文档的任何部分。除非法律要求实现互操作，否则严禁对本软件进行逆向工程设计、反汇编或反编译。

此文档所含信息可能随时被修改，恕不另行通知，我们不保证该信息没有错误。如果贵方发现任何问题，请书面通知我们。

如果将本软件或相关文档交付给美国政府，或者交付给以美国政府名义获得许可证的任何机构，必须符合以下规定：

U.S. GOVERNMENT END USERS: Oracle programs, including any operating system, integrated software, any programs installed on the hardware, and/or documentation, delivered to U.S. Government end users are "commercial computer software" pursuant to the applicable Federal Acquisition Regulation and agency-specific supplemental regulations. As such, use, duplication, disclosure, modification, and adaptation of the programs, including any operating system, integrated software, any programs installed on the hardware, and/or documentation, shall be subject to license terms and license restrictions applicable to the programs. No other rights are granted to the U.S. Government.

本软件或硬件是为了在各种信息管理应用领域内的一般使用而开发的。它不应被应用于任何存在危险或潜在危险的应用领域，也不是为此而开发的，其中包括可能会产生人身伤害的应用领域。如果在危险应用领域内使用本软件或硬件，贵方应负责采取所有适当的防范措施，包括备份、冗余和其它确保安全使用本软件或硬件的措施。对于因在危险应用领域内使用本软件或硬件所造成的一切损失或损害，Oracle Corporation 及其附属公司概不负责。

Oracle 和 Java 是 Oracle 和/或其附属公司的注册商标。其他名称可能是各自所有者的商标。

Intel 和 Intel Xeon 是 Intel Corporation 的商标或注册商标。所有 SPARC 商标均是 SPARC International, Inc 的商标或注册商标，并应按照许可证的规定使用。AMD、Opteron、AMD 徽标以及 AMD Opteron 徽标是 Advanced Micro Devices 的商标或注册商标。UNIX 是 The Open Group 的注册商标。

本软件或硬件以及文档可能提供了访问第三方内容、产品和服务的方式或有关这些内容、产品和服务的信息。对于第三方内容、产品和服务，Oracle Corporation 及其附属公司明确表示不承担任何种类的担保，亦不对其承担任何责任。对于因访问或使用第三方内容、产品或服务所造成的任何损失、成本或损害，Oracle Corporation 及其附属公司概不负责。

目录

使用本文档	7
1 路由器和负载均衡器简介	9
路由器概述	9
路由协议	9
VRRP 路由器概述	12
集成负载均衡器概述	12
ILB 的功能	12
为什么使用 VRRP 路由器和负载均衡器？	14
2 将系统配置为路由器	15
配置 IPv4 路由器	15
▼ 如何配置 IPv4 路由器	15
配置 IPv6 路由器	19
用于 IPv6 路由的 in.ripngd 守护进程	20
路由器通告、前缀和消息	20
▼ 如何配置启用了 IPv6 的路由器	20
3 使用虚拟路由器冗余协议	23
关于 VRRP	23
VRRP 的工作原理	24
关于第 3 层 VRRP 功能	26
比较第 2 层和第 3 层 VRRP	26
第 2 层和第 3 层 VRRP 的限制	27
4 配置和管理虚拟路由器冗余协议	31
规划 VRRP 配置	31
安装 VRRP	31
▼ 如何安装 VRRP	32
配置 VRRP	32

为第 2 层 VRRP 创建 VRRP VNIC	32
创建 VRRP 路由器	33
为第 2 层和第 3 层 VRRP 路由器配置虚拟 IP 地址	35
启用和禁用 VRRP 路由器	36
修改 VRRP 路由器	36
显示第 2 层和第 3 层 VRRP 路由器配置	37
显示与 VRRP 路由器关联的 IP 地址	38
删除 VRRP 路由器	39
控制无故 ARP 和 NDP 消息	40
使用案例：配置第 2 层 VRRP 路由器	40
5 集成负载均衡器概述	43
ILB 组件	43
ILB 操作模式	43
服务器直接返回模式	44
网络地址转换模式	45
ILB 的工作原理	48
6 配置和管理集成负载均衡器	49
安装 ILB	49
使用命令行界面配置 ILB	50
启用或禁用 ILB	51
▼ 如何启用 ILB	51
▼ 如何禁用 ILB	51
管理 ILB	52
定义 ILB 中的服务器组和后端服务器	52
监视 ILB 中的运行状况检查	55
配置 ILB 规则	58
使用案例：配置 ILB	60
显示 ILB 统计信息	61
显示统计信息	61
显示 NAT 连接表	62
显示会话持久性映射表	62
导入和导出配置	63
7 配置 ILB 以实现高可用性	65
使用 DSR 拓扑配置 ILB 以实现高可用性	65
▼ 如何使用 DSR 拓扑配置 ILB 以实现高可用性	67
使用半 NAT 拓扑配置 ILB 以实现高可用性	68

▼ 如何使用半 NAT 拓扑配置 ILB 以实现高可用性	69
索引	71

使用本文档

- 概述 – 介绍如何将 Oracle Solaris 11.2 配置为 IPv4 或 IPv6 路由器。提供了虚拟路由器冗余协议 (Virtual Router Redundancy Protocol, VRRP) 和集成负载均衡器 (Integrated Load Balancer, ILB) 的概述和配置说明。
- 目标读者 – 系统管理员。
- 必备知识 – 基本和一些高级的网络管理技能。

产品文档库

有关本产品的最新信息和已知问题均包含在文档库中，网址为：<http://www.oracle.com/pls/topic/lookup?ctx=E36784>。

获得 Oracle 支持

Oracle 客户可通过 My Oracle Support 获得电子支持。有关信息，请访问 <http://www.oracle.com/pls/topic/lookup?ctx=acc&id=info>；如果您听力受损，请访问 <http://www.oracle.com/pls/topic/lookup?ctx=acc&id=trs>。

反馈

可以在 <http://www.oracle.com/goto/docfeedback> 上提供有关本文档的反馈。

路由器和负载均衡器简介

本章介绍如何在 Oracle Solaris 中使用路由器和负载均衡器连接计算机网络和分配工作负荷。路由器使用一些协议处理路由活动，例如路由信息协议 (Routing Information Protocol, RIP)、下一代 RIP (RIPng)、Internet 控制消息协议路由器搜索 (Internet Control Message Protocol Router Discovery, RDISC)、开放最短路径优先 (Open Shortest Path First, OSPF)、边界网关协议 (Border Gateway Protocol, BGP)、中间系统至中间系统 (Intermediate System to Intermediate System, IS-IS) 和虚拟路由器冗余协议 (Virtual Router Redundancy Protocol, VRRP)。

负载均衡器在多个服务器之间分配网络通信。网络工作负荷的分配有助于实现最佳资源共享以及提高吞吐量和可用性。

本章包含以下主题：

- “[路由器概述](#)” [9]
- “[VRRP 路由器概述](#)” [12]
- “[集成负载均衡器概述](#)” [12]
- “[为什么使用 VRRP 路由器和负载均衡器？](#)” [14]

路由器概述

路由器是用于在计算机网络中连接计算机以及在网络中的计算机之间传输数据包的设备。一个路由器可与不同网络建立两个或多个连接。路由器从传入数据包读取地址信息以确定其目标。然后，使用路由器的路由表中的信息将包转发到下一个网络。指引路由器流程的该通信将一直重复，直到数据包到达目标节点。

路由协议

路由协议处理系统上的路由活动。路由器与其他主机交换路由信息，以维护到远程网络的已知路由。路由器和主机都可以运行路由协议。主机上的路由协议与其他路由器和主机上的路由选择守护进程进行通信。这些协议有助于主机确定向何处转发包。启用网络接口后，系统自动与路由选择守护进程进行通信。这些守护进程监视网络上的路由器，并将路由器的地址通告本地网络上的主机。某些路由协议（虽然不是全部）还维护可以

用于衡量路由性能的统计信息。与包转发类似，您也必须在 Oracle Solaris 系统上显式配置路由。

RIP 和 RDISC 是标准 TCP/IP 协议。下表介绍了 Oracle Solaris 中支持的路由协议。

表 1-1 Oracle Solaris 路由协议

协议	关联的守护进程	说明	有关说明
RIP	in.routed	内部网关协议 (Interior Gateway Protocol, IGP)，路由 IPv4 包并维护路由表	“配置 IPv4 路由器” [15]
RDISC	in.routed	使主机能够搜索网络上存在的路由器	《在 Oracle Solaris 11.2 中配置和管理网络组件》中的“为单接口系统启用路由”
RIPng	in.ripngd	用于路由 IPv6 包和维护路由表的 IGP	如何配置启用了 IPv6 的路由器 [20]
相邻节点搜索协议 (Neighbor Discovery Protocol, NDP)	in.ndpd	通告存在 IPv6 路由器并搜索网络中存在的 IPv6 主机	《在 Oracle Solaris 11.2 中配置和管理网络组件》中的“如何针对 IPv6 配置系统”

有关 Oracle Solaris 中路由表和路由类型的更多信息，请参见 [《在 Oracle Solaris 11.2 中配置和管理网络组件》中的“路由表和路由类型”](#)。

路由信息协议

路由信息协议 (Routing Information Protocol, RIP) 是距离向量路由协议。RIP 使用跃点计数器作为其路由度量。它由路由守护进程 in.routed 实现。该守护进程在系统引导时自动启动。如果在指定了 -s 选项的情况下在路由器上运行，in.routed 守护进程将以每个可访问网络的路由填充内核路由表，并通过所有网络接口通告可访问性。如果在指定了 -q 选项的情况下在主机上运行，in.routed 守护进程将提取路由信息，但不会通告可访问性。

在主机上，可以采用以下两种方式提取路由信息：

- 不指定标志（大写 S 或空间节省模式）。in.routed 守护进程完全按照它在路由器上的运行方式构建完整的路由表。
- 指定标志。in.routed 守护进程创建一个最小内核表，其中包含每个可用路由器的一个缺省路由。

ICMP 路由器搜索协议

主机使用路由器搜索 (Router Discovery, RDISC) 协议从路由器获取路由信息。当主机运行 RDISC 时，路由器也必须运行其他协议（例如 RIP）来交换路由器信息。

RDISC 由必须在路由器和主机上运行的守护进程 `in.routed` 实现。在主机上，`in.routed` 使用 RDISC 从通过 RDISC 通告地址的路由器中搜索缺省路由。在路由器上，`in.routed` 使用 RDISC 将缺省路由通告给直接相连的网络中的主机。有关更多信息，请参见 [in.routed\(1M\)](#) 手册页和 [gateways\(4\)](#) 手册页。

Quagga 路由协议套件

Quagga 是一个路由软件套件，可为 UNIX 平台（包括 Oracle Solaris）实现 RIP、RIPng、开放最短路径优先 (Open Shortest Path First, OSPF)、中间系统至中间系统 (Intermediate System to Intermediate System, IS-IS) 和边界网关协议 (Border Gateway Protocol, BGP) 协议。

RIPng 针对 IPv6 支持（包括 IPv6 的各种增强功能）提供了 RIP 扩展。RIPng 的功能与 RIP 类似。

OSPF 是用于在较大的自治系统网络中分配路由信息的路由器协议。最新版本的 OSPF 即 OSPFv3 添加了对 IPv6 的支持。

IS-IS 是用于在大型服务提供商网络中分配路由信息的链路状态动态路由协议。

BGP 根据大型自治系统网络中的路径和规则，使用一组带有前缀的 IP 网络做出路由决策。

下表列出了 Oracle Solaris 中支持的 Open Source Quagga 路由协议。

表 1-2 Quagga 路由协议套件

协议	关联的守护进程	说明
RIP	<code>ripd</code>	路由 IPv4 包并将其路由表通告相邻节点的 IPv4 距离向量 IGP
RIPng	<code>ripngd</code>	IPv6 距离向量 IGP，用于路由 IPv6 包并维护路由表
OSPF	<code>ospfd</code>	用于包路由和高可用性联网的 IPv4 链路状态 IGP
BGP	<code>bgpd</code>	IPv4 和 IPv6 外部网关协议 (Exterior Gateway Protocol, EGP)，用于在管理域之间路由
IS-IS	<code>isisd</code>	IPv4 和 IPv6 链路状态 IGP，用于在管理域或网络中路由

有关 Quagga 协议的更多信息，请访问 Quagga Routing Suite 网站：<http://www.nongnu.org/quagga/index.html>。

虚拟路由器冗余协议

VRRP 可使 IP 地址（例如用于路由器和负载均衡器的 IP 地址）实现高可用性。VRRP 是 [RFC 5798, Virtual Router Redundancy Protocol Version 3 for IPv4 and IPv6](#) (RFC

5798, IPv4 和 IPv6 的虚拟路由器冗余协议版本 3) 中指定的 Internet 标准协议。Oracle Solaris 提供了配置和管理 VRRP 服务的管理工具。

除现有的标准第 2 层 VRRP 之外, Oracle Solaris 11.2 还提供了专有第 3 层 VRRP, 可以支持基于 IPMP 和 InfiniBand 接口实现 VRRP, 而且提供了对区域中 VRRP 的增强支持。

有关使用 VRRP 和配置 VRRP 路由器的信息, 请参见[第 3 章 使用虚拟路由器冗余协议](#)和[第 4 章 配置和管理虚拟路由器冗余协议](#)。

VRRP 路由器概述

虚拟路由器冗余协议路由器是由一个或多个使用 VRRP 的路由器的操作创建的单个路由器映像。VRRP 运行在每个 VRRP 路由器上, 用于管理路由器的状态。一个主机可以配置多个 VRRP 路由器, 其中每个 VRRP 路由器属于不同的虚拟路由器。

第 2 层 VRRP 路由器使用标准 VRRP 协议, 并且需要唯一的虚拟路由器 MAC 地址。虚拟 IP 地址始终解析为相同的虚拟 MAC 地址。您需要创建 VRRP VNIC 才能获得唯一的虚拟路由器 MAC 地址。Oracle Solaris 中的专有第 3 层 VRRP 功能完全避免了为 VRRP 路由器配置唯一的 VRRP 虚拟 MAC 地址, 因此支持基于 IPMP 和 InfiniBand 接口实现 VRRP。

有关使用 VRRP 和配置 VRRP 路由器的信息, 请参见[第 3 章 使用虚拟路由器冗余协议](#)和[第 4 章 配置和管理虚拟路由器冗余协议](#)。

集成负载均衡器概述

在 Oracle Solaris 中, 集成负载均衡器 (Integrated Load Balancer, ILB) 提供了第 3 层和第 4 层负载均衡功能。对于在基于 SPARC 和基于 x86 的系统上安装的 Oracle Solaris 操作系统, ILB 在网络 (IP) 和传输 (TCP/UDP) 层运行。ILB 可用于提高网络服务的可靠性和可伸缩性, 并最大程度地缩短网络服务的响应时间。

ILB 会拦截客户机的传入请求, 根据负载均衡规则确定哪个后端服务器应处理请求, 然后将请求转发到选定的服务器。ILB 也可用作后端服务器的路由器。ILB 执行可选的运行状况检查, 并为负载均衡算法提供数据, 以验证选定的服务器能否处理传入请求。

ILB 的功能

ILB 的主要功能包括：

- 支持 IPv4 和 IPv6 的无状态服务器直接返回 (Direct Server Return, DSR) 和网络地址转换 (Network Address Translation, NAT) 操作模式。
有关 DSR 和 NAT 操作模式的信息，请参见“[ILB 操作模式](#)” [43]。
- 使用针对两种操作模式的一套算法，帮助通信和负载分配以及服务器选择。
- 允许通过命令行界面 (command-line interface, CLI) 进行 ILB 管理。
有关使用 CLI 配置 ILB 的信息，请参见“[使用命令行界面配置 ILB](#)” [50]。
- 通过运行状况检查提供服务器监视功能。
有关服务器监视功能的信息，请参见“[监视 ILB 中的运行状况检查](#)” [55]。

下表列出并介绍了可用于不同操作模式的 ILB 功能。

表 1-3 ILB 功能

功能	说明	操作模式
使客户机对虚拟 IP (virtual IP, VIP) 地址执行 ping 命令	ILB 可响应客户机对 VIP 地址的 ICMP 回显请求。	DSR 和 NAT 模式
用于在不中断服务的情况下向服务器组中添加服务器以及从中删除服务器	ILB 可在服务器组中动态添加或删除服务器。	NAT 模式
用于配置会话持久性 (“粘滞性”)	借助 ILB，您可以为应用程序配置会话持久性，以将连接或包从客户机发送到同一后端服务器。借助 ILB，您还可以通过使用 -p 选项并在 ilbadm create-rule 命令中指定 pmask 选项为虚拟服务配置会话持久性 (即源地址持久性)。有关更多信息，请参见“ 创建 ILB 规则 ” [58]。	DSR 和 NAT 模式
用于执行连接排空	ILB 可阻止将新连接发送到已禁用的服务器。在不中断活动连接或会话的情况下关闭服务器时，该功能很有用。服务器的现有连接将继续正常运行。终止该服务器的所有连接后，便可以将其关闭以进行维护。当服务器准备好处理请求后，服务器将启用以便负载均衡器能够向其转发新连接。	NAT 模式
支持对传输控制协议 (Transmission Control Protocol, TCP) 和用户数据报协议 (User Datagram Protocol, UDP) 端口进行负载均衡	ILB 可在不同服务器集中对给定 IP 地址的所有端口进行负载均衡，而不会要求您为每个端口设置显式规则。	DSR 和 NAT 模式
用于为同一服务器组中的虚拟服务指定独立的端口	借助 ILB，您可以为同一服务器组中的不同服务器指定不同的目标端口。	NAT 模式
用于负载均衡简单的端口范围	ILB 可将 VIP 的一系列端口上的负载均衡到给定服务器组。为方便起见，您可以通过将同一 VIP 的各个端口范围负载均衡到不同的后端服务器集来节省 IP 地址。此外，在为 NAT 模式启用会话持久性后，ILB 还会将同一客户机 IP 地址对范围中的各个端口的请求发送到同一后端服务器。	DSR 和 NAT 模式
支持端口范围移位和折叠	端口范围的移位和折叠取决于负载均衡规则中服务器的端口范围。如果服务器端口范围与 VIP 端口范围不同，将自动实现端口移位。如果服务器端口范围为单个端口，则实现端口折叠。	NAT 模式

有关 ILB 组件、操作模式、算法以及 ILB 工作原理的信息，请参见[第 5 章 集成负载均衡器概述](#)。有关配置和管理 ILB 的更多信息，请参见[第 6 章 配置和管理集成负载均衡器](#)和[第 7 章 配置 ILB 以实现高可用性](#)。

为什么使用 VRRP 路由器和负载均衡器？

建立诸如局域网 (local area network, LAN) 等网络时，提供高可用性服务非常重要。高可用性是指发生故障时由冗余系统接管以确保业务连续性的状态。将过多的工作负荷卸载到冗余系统上时，高可用性也有重要作用。在计划内或计划外停机时间、负载均衡和灾难恢复等情况下，高可用性会变得非常重要。

在网络域中，可以在多个级别（例如链路、IP 和路由器）实现高可用性。负载均衡器和路由器在提供高可用性服务方面起着重要作用。在 Oracle Solaris 中，VRRP 路由器和 ILB 是提供高可用性的网络级故障转移和负载分担机制。

有关使用和配置 VRRP 路由器的更多信息，请参见[第 3 章 使用虚拟路由器冗余协议](#)。有关使用和配置 ILB 的更多信息，请参见[第 5 章 集成负载均衡器概述](#)和[第 6 章 配置和管理集成负载均衡器](#)。

将系统配置为路由器

路由器用于提供两个或多个网络之间的接口。您必须为路由器的每个物理网络接口分配唯一的名称和 IP 地址。每个路由器都有与其主网络接口关联的主机名和 IP 地址，以及每个附加网络接口的至少一个唯一名称和 IP 地址。本章介绍如何将 Oracle Solaris 系统配置为 IPv4 路由器或 IPv6 路由器。

本章包含以下主题：

- “配置 IPv4 路由器” [15]
- “配置 IPv6 路由器” [19]

有关为网络上的 Oracle Solaris 主机配置路由的信息，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中配置和管理网络组件》中的“为单接口系统启用路由”。

有关路由协议的参考信息，请参见“路由协议” [9]和《在 Oracle Solaris 11.2 中配置和管理网络组件》中的“关于 IPv6 路由”。

配置 IPv4 路由器

您可以使用以下过程将只有一个物理接口的系统（缺省情况下为主机）配置为路由器。如果单接口系统用作 PPP 链路上的一个端点，则可以将它配置为路由器，如《在 Oracle Solaris 11.2 中管理使用 UUCP 和 PPP 的串行网络》中的“规划拨号 PPP 链路”中所述。

▼ 如何配置 IPv4 路由器

以下过程假定您要在安装路由器后配置路由器的接口。

开始之前 路由器实际安装在网络上后，将路由器配置为在本地文件模式下运行。这种配置可确保即使网络配置服务器关闭也会引导路由器。

1. 成为管理员。

有关更多信息，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中确保用户和进程的安全》中的“使用所指定的管理权限”。

2. 配置系统上 NIC 的 IP 接口。

```
# ipadm create-ip IP-interface
```

3. 通过选择以下命令之一为 IP 接口配置有效 IP 地址：

- 要配置静态地址，请键入以下命令：

```
# ipadm create-addr -a address [interface | addr-obj]
```

- 要配置非静态地址，请键入以下命令：

```
# ipadm create-addr -T address-type [interface | addr-obj]
```

有关如何配置 IP 接口的详细说明，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中配置和管理网络组件》中的第 3 章“在 Oracle Solaris 中配置和管理 IP 接口和地址”。

确保每个 IP 接口都配置有系统必须路由其包的网络的 IP 地址。因此，如果系统为 192.168.5.0 和 10.0.5.0 网络提供服务，则必须为每个网络配置一个 NIC。



注意 - 在配置 IPv4 路由器以使用 DHCP 之前，确保您完全了解 DHCP 管理。

4. 将每个接口的主机名和 IP 地址添加到 `/etc/inet/hosts` 文件中。

例如，假定您为路由器的两个接口分配的名称分别为 `krakatoa` 和 `krakatoa-1`。`/etc/inet/hosts` 文件中的项如下所示：

```
192.168.5.1    krakatoa      #interface for network 192.168.5.0
10.0.5.1      krakatoa-1    #interface for network 10.0.5.0
```

5. 执行《在 Oracle Solaris 11.2 中配置和管理网络组件》中的“如何以本地文件模式配置系统”过程以将该路由器配置为在本地文件模式下运行。

6. 如果路由器连接到具有子网的任何网络，请将网络号和网络掩码添加到 `/etc/inet/netmasks` 文件中。

例如，对于 IPv4 地址表示法（如 192.168.5.0），请键入以下内容：

```
192.168.5.0    255.255.255.0
```

7. 在路由器上启用 IPv4 包转发。

```
# ipadm set-prop -p forwarding=on ipv4
```

8. （可选）启动路由协议。

使用以下命令之一：

```
# routeadm -e ipv4-routing -u
```

其中 `-e` 选项可启用 IPv4 路由，而 `-u` 选项可将当前的配置应用于正在运行的系统。

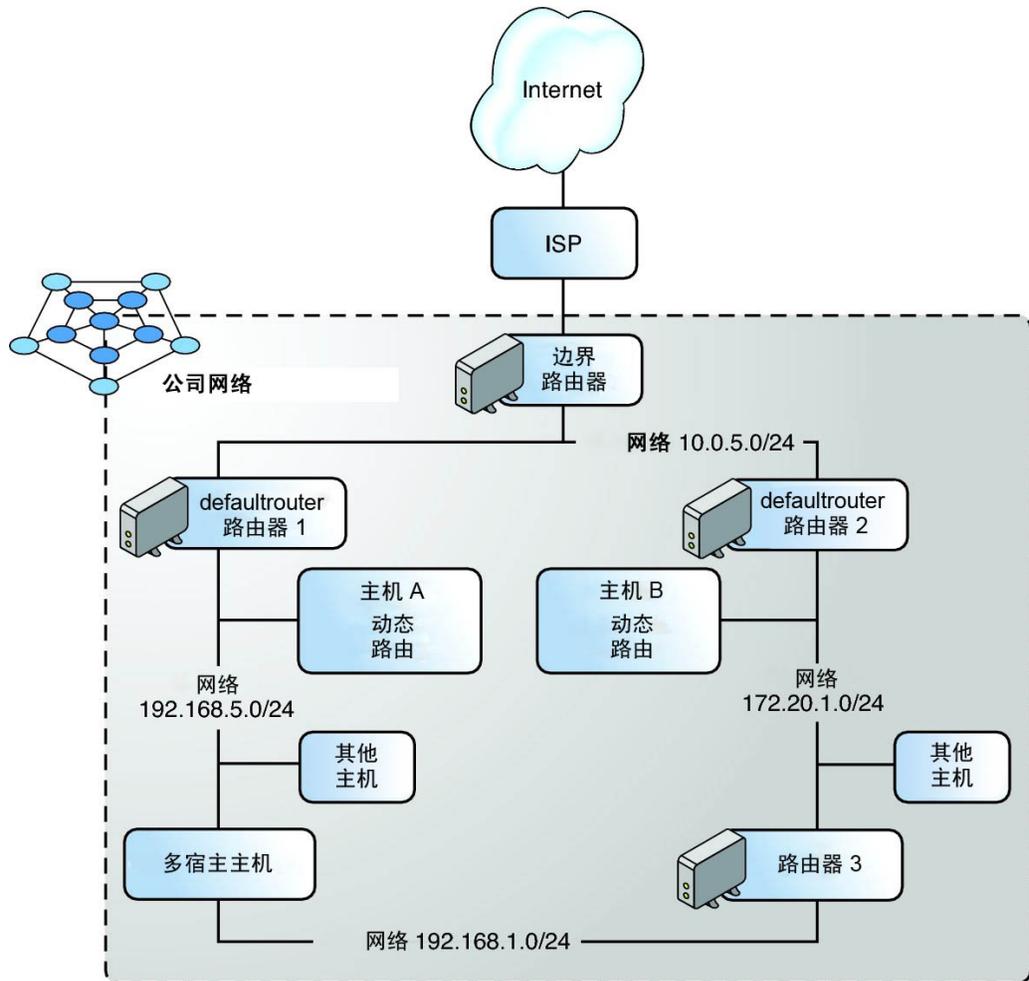
```
# svcadm enable route:default
```

当您启动路由协议时，路由守护进程 `/usr/sbin/in.routed` 将自动更新路由表，该过程称为动态路由。有关路由类型的更多信息，请参见《[在 Oracle Solaris 11.2 中配置和管理网络组件](#)》中的“[路由表和路由类型](#)”。有关 `routeadm` 命令的信息，请参见 [routeadm\(1M\)](#) 手册页；有关 `ipadm` 命令的更多信息，请参见 [ipadm\(1M\)](#) 手册页。

与 `in.routed` 守护进程关联的服务管理工具 (Service Management Facility, SMF) 故障管理资源标识符 (Fault Management Resource Identifier, FMRI) 是 `svc:/network/routing/route`。

例 2-1 将系统配置为路由器

该示例基于下图。



路由器 2 包含两个有线网络连接，一个是与网络 172.20.1.0 的连接，另一个是与网络 10.0.5.0 的连接。该示例显示了如何将系统配置为 172.20.1.0 网络的路由器（路由器 2）。该示例还假定路由器 2 已配置为在本地文件模式下运行，如《在 Oracle Solaris 11.2 中配置和管理网络组件》中的“如何以本地文件模式配置系统”中所述。

1. 确定系统接口的状态。

```
# dladm show-link
LINK    CLASS    MTU    STATE    BRIDGE    OVER
net0    phys    1500    up      --      --
net1    phys    1500    up      --      --
net2    phys    1500    up      --      --
# ipadm show-addr
ADDROBJ    TYPE    STATE    ADDR
```

```
lo0/v4          static  ok          10.0.0.1/8
net0/v4         static  ok          172.20.1.10/24
```

- 只有 net0 配置有 IP 地址。要将路由器 2 设置为缺省路由器，应将 net1 接口以物理方式连接到 10.0.5.0 网络。

```
# ipadm create-ip net1
# ipadm create-addr -a 10.0.5.10/24 net1
# ipadm show-addr
ADDROBJ        TYPE      STATE      ADDR
lo0/v4         static   ok         192.168.0.1/8
net0/v4        static   ok         172.20.1.10/24
net1/v4        static   ok         10.0.5.10/24
```

- 使用有关新配置的接口以及该接口连接到的网络的信息，更新以下网络数据库。

```
# pfedit /etc/inet/hosts
192.168.0.1    localhost
172.20.1.10   router2      #interface for network 172.20.1
10.0.5.10     router2-out  #interface for network 10.0.5
# pfedit /etc/inet/netmasks
172.20.1.0    255.255.255.0
10.0.5.0     255.255.255.0
```

- 启用包转发以及 in.routed 路由守护进程。

```
# ipadm set-prop -p forwarding=on ipv4
# svcadm enable route:default
```

现在，在路由器 2 上启用了 IPv4 包转发和通过 RIP 的动态路由。但是，要完成网络 172.20.1.0 的缺省路由器配置，必须执行以下操作：

- 修改 172.20.1.0 网络中的每个主机，以便主机从新的缺省路由器获取其路由信息。有关更多信息，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中配置和管理网络组件》中的“创建持久性（静态）路由”。
- 在路由器 2 的路由表中定义边界路由器的静态路由。有关更多详细信息，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中配置和管理网络组件》中的“路由表和路由类型”。有关 ipadm 命令的更多信息，请参见 [ipadm\(1M\)](#) 手册页。

配置 IPv6 路由器

本节介绍如何配置 IPv6 路由器。

用于 IPv6 路由的 in.ripngd 守护进程

in.ripngd 守护进程可实现用于 IPv6 路由器的下一代路由信息协议 (Routing Information Protocol next-generation, RIPng)。RIPng 定义 IPv6 中与 RIP 等效的协议。在使用 routeadm 命令配置 IPv6 路由器并启用 IPv6 路由时，in.ripngd 守护进程可在路由器上实现 RIPng。有关支持的 RIPng 选项的信息，请参见 [in.ripngd\(1M\)](#)。

路由器通告、前缀和消息

在能够进行多播的链路和点对点链路上，每个路由器都定期向多播组发送一个路由器通告包来公布其可用性。主机将从所有的路由器接收路由器通告，并创建缺省路由器的列表。路由器会频繁生成路由器通告，以便主机可以在几分钟内获知路由器是否存在。但是，路由器进行通告的频率不太高，因此不能依赖通告是否存在来检测路由器故障。可以通过用来确定相邻节点不可访问性的单独的检测算法来检测路由器故障。

路由器通告中包含一系列子网前缀，这些前缀用来确定主机是否与路由器处在同一个链路上（在链路 (on-link)），还可用来配置自治地址。与前缀相关联的标志用来指定特定前缀的预定用法。主机使用通告的“在链路 (on-link)”前缀来创建和维护一个列表，该列表用于确定包的目标是在链路上还是在路由器外部。即使目标没有包含在所通告的任何“在链路 (on-link)”前缀中，目标也可以位于链路上。在这种情况下，路由器可以发送重定向消息。重定向功能通告发送者目标是相邻节点。

路由器通告和每前缀标志使路由器能够通告主机如何执行无状态地址自动配置。

路由器通告消息中还包含主机应当在外发包中使用的 Internet 参数（如跃点限制）。路由器通告消息中还可以包含链路参数，如链路 MTU。此功能允许对临界参数进行集中管理。这些参数可以针对路由器设置，它们可自动传播到所连接的全部主机。

节点可通过向多播组发送相邻节点请求以要求目标节点返回其链路层地址来完成地址解析。多播相邻节点请求消息会发送到目标地址中请求节点的多播地址。目标会在单播相邻节点通告消息中返回其链路层地址。对于启动器和目标来说，一个包请求/响应对就足以解析对方的链路层地址。启动器的相邻节点请求中包括其链路层地址。

▼ 如何配置启用了 IPv6 的路由器

以下过程假定您已针对 IPv6 配置了系统。有关过程，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中配置和管理网络组件》中的第 3 章“在 Oracle Solaris 中配置和管理 IP 接口和地址”。

1. 成为管理员。

有关更多信息，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中确保用户和进程的安全》中的“使用所指定的管理权限”。

2. 在路由器的所有接口上配置 IPv6 包转发功能。

```
# ipadm set-prop -p forwarding=on ipv6
```

3. 启动路由守护进程。

in.ripngd 守护进程可处理 IPv6 路由。使用以下任一命令启用 IPv6 路由：

- 使用 routeadm 命令：

```
# routeadm -e ipv6-routing -u
```

其中 -e 选项可启用 IPv6 路由，而 -u 选项可将当前的配置应用于正在运行的系统。

- 使用合适的 SMF 命令：

```
# svcadm enable ripng:default
```

有关 routeadm 命令的更多信息，请参见 [routeadm\(1M\)](#) 手册页。

4. 创建 `/etc/inet/ndpd.conf` 文件。

在 `/etc/inet/ndpd.conf` 文件中指定要由路由器通告的站点前缀以及其他配置信息。此文件由 in.ndpd 守护进程读取，该守护进程实现了 IPv6 相邻节点搜索协议。

有关变量和允许值的列表，请参阅 [ndpd.conf\(4\)](#) 手册页。

5. 在 `/etc/inet/ndpd.conf` 文件中键入以下文本：

```
ifdefault AdvSendAdvertisements true
prefixdefault AdvOnLinkFlag on AdvAutonomousFlag on
```

此文本通告 in.ndpd 守护进程通过路由器上针对 IPv6 配置的所有接口发出路由器通告。

6. 要在路由器的各个接口上配置站点前缀，请向 `/etc/inet/ndpd.conf` 文件中添加其他文本。

应采用以下格式添加文本：

```
prefix global-routing-prefix:subnet ID/64 interface
```

在以下示例中，`/etc/inet/ndpd.conf` 文件将路由器配置为通过接口 net0 和 net1 通告站点前缀 2001:0db8:3c4d::/48。

```
ifdefault AdvSendAdvertisements true
prefixdefault AdvOnLinkFlag on AdvAutonomousFlag on
```

```
if net0 AdvSendAdvertisements 1
prefix 2001:0db8:3c4d:15::0/64 net0
```

```
if net1 AdvSendAdvertisements 1
prefix 2001:0db8:3c4d:16::0/64 net1
```

7. 重新引导系统。

IPv6 路由器随即开始在本地球路上通告 `ndpd.conf` 文件中的任何站点前缀。

8. 显示针对 IPv6 配置的接口。

```
# ipadm show-addr
ADDROBJ      TYPE      STATE  ADDR
lo0/v4       static   ok     192.68.0.1/8
net0/v4       static   ok     172.16.15.232/24
net1/v4       static   ok     172.16.16.220/24
net0/v6       addrconf ok     fe80::203:baff:fe11:b115/10
lo0/v6       static   ok     ::1/128
net0/v6a     static   ok     2001:db8:3c4d:15:203:baff:fe11:b115/64
net1/v6       addrconf ok     fe80::203:baff:fe11:b116/10
net1/v6a     static   ok     2001:db8:3c4d:16:203:baff:fe11:b116/64
```

在输出中，针对 IPv6 配置的每个接口现在都有两个地址。包含地址对象名称（如 `interface/v6`）的项显示该接口的链路本地地址。包含地址对象名称（如 `interface/v6a`）的项显示全局 IPv6 地址。除接口 ID 之外，该地址还包括已在 `/etc/ndpd.conf` 文件中配置的站点前缀。请注意，标识 `v6a` 是随机定义的字符串。您可以定义其他字符串以构成地址对象名称的第二部分，只要 `interface` 反映创建 IPv6 地址所基于的接口，例如 `net0/mystring`、`net0/ipv6addr`。

- 另请参见
- 要了解如何从在 IPv6 网络拓扑中标识的路由器配置任何隧道，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中管理 TCP/IP 网络、IPMP 和 IP 隧道》中的“管理 IP 隧道”。
 - 有关在网上配置交换机和集线器的信息，请参阅制造商文档。
 - 要了解如何改进服务器上的 IPv6 支持，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中配置和管理网络组件》中的“在服务器上配置启用了 IPv6 的接口”。

使用虚拟路由器冗余协议

提高网络可靠性的一种方式是为网络中的重要组件提供备份。Oracle Solaris 提供了配置和管理虚拟路由器冗余协议 (Virtual Router Redundancy Protocol, VRRP) 的使用以提供高可用性的管理工具。VRRP 是在 [RFC 5798 \(http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5798.txt\)](http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc5798.txt) 中指定的 Internet 标准协议。

Oracle Solaris 11.2 提供了专有第 3 层 VRRP，以通过 IPMP 和 InfiniBand 接口支持 VRRP 路由器的创建，并增强在区域中对 VRRP 的现有支持。

注 - 在本章中，对第 2 层 VRRP (L2 VRRP) 一词的所有引用均特指 Internet 标准 VRRP，对第 3 层 VRRP (L3 VRRP) 一词的所有引用均指专有 Oracle Solaris 第 3 层 VRRP。

本章概述了 Oracle Solaris 中的第 2 层 VRRP 和专有第 3 层 VRRP。

本章包含以下主题：

- “关于 VRRP” [23]
- “VRRP 的工作原理” [24]
- “关于第 3 层 VRRP 功能” [26]
- “比较第 2 层和第 3 层 VRRP” [26]
- “第 2 层和第 3 层 VRRP 的限制” [27]

关于 VRRP

VRRP 可使 IP 地址（例如用于路由器或负载均衡器的 IP 地址）实现高可用性。使用 VRRP 的服务也称为 VRRP 路由器，尽管这些服务还提供除路由以外的功能，例如负载均衡。有关如何将 VRRP 与负载均衡器一起使用来确保高可用性的信息，请参见 [第 7 章配置 ILB 以实现高可用性](#)。

VRRP 路由器是正在运行 VRRP 的路由器。VRRP 运行在每个 VRRP 路由器上，用于管理路由器的状态。一个主机可以有多个配置了 VRRP 的路由器，每个路由器属于不同

的虚拟路由器。您可以使用 VRRP 在局域网 (local area network, LAN) 中引入虚拟路由器，从而实现路由器故障恢复。

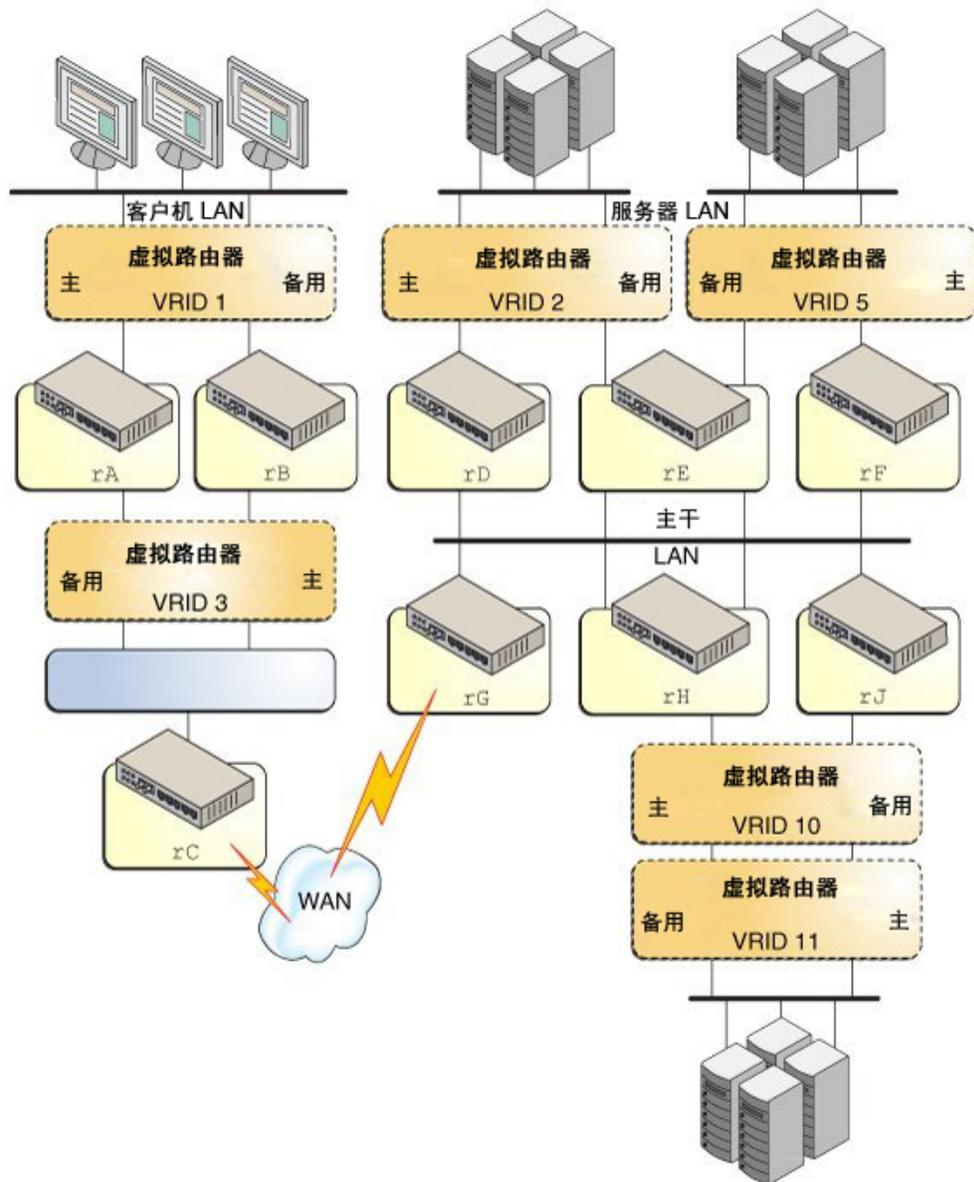
VRRP 的工作原理

请注意以下 VRRP 路由器术语：

- 路由器名称 - 系统范围的唯一标识符。
- 虚拟路由器 ID (Virtual Router ID, VRID) - 用于在给定网段中标识虚拟路由器的唯一编号。VRID 标识 LAN 内的虚拟路由器。
- 主 IP 地址 - VRRP 通告的源 IP 地址。
- 虚拟 IP 地址 (VRIP) - 与 VRID 关联的 IP 地址，其他主机可通过该地址获取网络服务。VRIP 由属于 VRID 的 VRRP 实例管理。
- 主路由器 - 在给定时间执行虚拟路由器的路由功能的 VRRP 实例。对于给定的 VRID，一次只能有一个主路由器处于活动状态。主路由器控制与虚拟路由器关联的 IPv4 或 IPv6 地址。虚拟路由器转发发送到主路由器的 IP 地址的包。
- 备用路由器 - 处于活动状态但未处于主路由器状态的 VRID 的 VRRP 实例称为备用路由器。VRID 可以存在任意数量的备用路由器。如果当前主路由器出现故障，则备用路由器将承担主路由器的角色。
- VRRP 参数 - 包括优先级、通告间隔、抢占模式和接受模式。
- VRRP 状态信息和统计信息。

以下 VRRP 负载分担配置图显示了单个路由器接口上可以存在多个 VRID。随附的文本对图中使用的 VRRP 组件进行了解释。此 VRRP 负载分担配置说明单个路由器接口上可以存在多个 VRID。

图 3-1 LAN 中的 VRRP 负载分担配置



- 路由器 rA 是虚拟路由器 VRID 1 的主路由器和 VRID 3 的备用路由器。路由器 rA 处理发送到 VRID 1 的虚拟 IP (virtual IP, VIP) 地址的包路由，并准备好承担 VRID 3 的路由职责。
- 路由器 rB 是虚拟路由器 VRID 3 的主路由器和 VRID 1 的备用路由器。路由器 rB 处理发送到 VRID 3 的 VIP 的包路由，并准备好承担 VRID 1 的路由职责。
- 路由器 rC 没有 VRRP 功能，但它使用 VRID 3 的 VIP 访问客户机 LAN 子网。
- 路由器 rD 是 VRID 2 的主路由器。路由器 rF 是 VRID 5 的主路由器。路由器 rE 是这两个 VRID 的备用路由器。如果 rD 或 rF 出现故障，rE 将成为该 VRID 的主路由器。rD 和 rF 可能会同时出现故障。一个 VRRP 路由器可以是一个或多个 VRID 的主路由器。
- 路由器 rG 是主干 LAN 的广域网 (wide area network, WAN) 网关。连接到主干的所有路由器使用动态路由协议 (如 OSPF) 与 WAN 上的路由器共享路由信息。此方面不涉及 VRRP，尽管路由器 rC 通告客户机 LAN 子网的路径要通过 VRID 3 的 VIP。
- 路由器 rH 是 VRID 10 的主路由器，是 VRID 11 的备用路由器。同样，路由器 rJ 是 VRID 11 的主路由器，是 VRID 10 的备用路由器。

关于第 3 层 VRRP 功能

Oracle Solaris 中的专有第 3 层虚拟路由器冗余协议 (Layer 3 Virtual Router Redundancy Protocol, L3 VRRP) 功能避免了为 VRRP 路由器配置唯一的 VRRP 虚拟 MAC 地址，因此支持基于 IPMP 和 InfiniBand 接口实现 VRRP 并为区域中 VRRP 提供了更好的支持。L3 VRRP 协议不符合标准 VRRP 规范。L3 VRRP 实现使用无故地址解析协议 (Address Resolution Protocol, ARP) 消息和相邻节点搜索协议 (Neighbor Discovery Protocol, NDP) 消息刷新当前主 VRRP 路由器的虚拟 IP 地址与 MAC 地址之间的映射，而不是在同一虚拟路由器中的 VRRP 路由器之间使用唯一的虚拟 MAC 地址。

第 3 层 VRRP 提供了如下优势：支持基于 IPMP 和 InfiniBand 接口实现 VRRP，在区域中也提供了更好的支持，还避免了创建 VRRP VNIC。

比较第 2 层和第 3 层 VRRP

下表对第 2 层和第 3 层 VRRP 进行了比较。

表 3-1 比较第 2 层和第 3 层 VRRP

功能	第 2 层 VRRP	第 3 层 VRRP
VRRP VNIC 的创建	您需要创建 VRRP VNIC。	您无需创建 VRRP VNIC，因为不需要 VRRP VNIC 提供的虚拟 VRRP MAC 地址。

功能	第 2 层 VRRP	第 3 层 VRRP
对 IPMP 的支持	不支持。	支持。通过 IPMP 组接口创建第 3 层 VRRP 路由器时，根据现有的 IPMP 策略，主路上的每个虚拟 IP 地址都与活动 IPMP 底层接口的 MAC 地址关联。如果在 IPMP 组中发生了故障转移，将使用无故 ARP 或 NDP 消息通告 L2 或 L3 映射。
区域支持	在不同区域中运行属于同一虚拟路由器的多个 VRRP 路由器会出现问题。在两个或多个 VRRP 路由器共享同一 VRRP 虚拟 MAC 地址的系统上，内置虚拟交换机会中断 VRRP 通告包到 VRRP 路由器的正常流动。有关更多信息，请参见“第 2 层和第 3 层 VRRP 的限制” [27]。	支持。
Infini Band 支持	不支持。	支持。
唯一的虚拟路由器 MAC 地址	需要唯一的虚拟路由器 MAC 地址。虚拟 IP 地址始终解析为相同的虚拟 MAC 地址。	不需要。使用创建 VRRP 路由器时所基于的 MAC 地址。MAC 地址在同一虚拟路由器中的所有 VRRP 路由器之间有所不同。同一 MAC 地址与受该 L3 VRRP 路由器保护的虚拟 IP 地址关联。
配置 VRRP 虚拟 IP 地址	需要配置。	需要配置。
Internet 控制消息协议 (Internet Control Message Protocol, ICMP) 重定向	当 L2 VRRP 在一组路由器之间运行时可能会使用。当 L2 VRRP 路由器需要使用 ICMP 重定向时，它会检查需要重定向的包的目标 MAC 地址 (VRRP 虚拟 MAC 地址)。通过使用目标 MAC 地址，L2 VRRP 路由器可确定最初将包发送到的虚拟路由器。因此，L2 VRRP 路由器能够选择源地址，并将 ICMP 重定向消息发送到源。	需要禁用 ICMP 重定向。在同一接口上创建多个 VRRP 路由器时，它们共享相同的 MAC 地址。因此，L3 VRRP 无法确定目标 MAC 地址。
主路由器的选择	主路由器的选择对主机透明。当主路由器发生更改时，主机和路由器之间存在的交换机可使用 MAC 识别功能识别用于发送通信的新端口。	主路由器的选择会更改虚拟 IP 地址的第 2 层映射，必须通过无故 ARP 或 NDP 消息通告新映射。
故障转移时间	正常。	由于主路由器选择发生更改时有无故 ARP 或 NDP 消息这一附加要求，因此时间可能较长。

第 2 层和第 3 层 VRRP 的限制

第 2 层和第 3 层 VRRP 有一项共同的限制，即必须静态配置第 2 层和第 3 层 VRRP 虚拟 IP 地址。您无法使用针对 IP 地址的两个现有自动配置工具来自动配置 VRRP 虚拟 IP 地址：in.ndpd 用于 IPv6 自动配置，dhcpagent 用于动态主机配置协议 (Dynamic

Host Configuration Protocol, DHCP) 配置。此外，第 2 层和第 3 层 VRRP 还有特定限制。

第 2 层 VRRP 功能具有以下限制：

- **专用 IP 区域支持**

在专用 IP 区域中创建任何 VRRP 路由器时，都将自动启用 VRRP 服务 `svc:/network/vrrp/default`。VRRP 服务管理该特定区域的 VRRP 路由器。但是，对专用 IP 区域的支持限制如下：

- 由于无法在非全局区域中创建虚拟网络接口卡 (Virtual Network Interface Card, VNIC)，因此您必须首先在全局区域中创建 VRRP VNIC。随后将 VNIC 分配给 VRRP 路由器所在的非全局区域。然后，您可以使用 `vrrpadm` 命令在非全局区域中创建 VRRP 路由器。
- 在单个 Oracle Solaris 系统上，无法在不同区域中创建两个 VRRP 路由器来参与同一虚拟路由器。Oracle Solaris 不允许您创建两个具有相同介质访问控制 (media access control, MAC) 地址的 VNIC。

- **与其他网络功能互操作**

- L2 VRRP 服务无法在 IP 网络多路径 (IP network multipathing, IPMP) 接口上工作。VRRP 需要特定的 VRRP MAC 地址，但 IPMP 完全在 IP 层中工作。有关 IPMP 的信息，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中管理 TCP/IP 网络、IPMP 和 IP 隧道》中的第 2 章“关于 IPMP 管理”。

VRRP 可在中继或 DLMP 聚合模式下用于链路聚合。有关聚合的更多信息，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中管理网络数据链路》中的第 2 章“使用链路聚合配置高可用性”。

- L2 VRRP 服务无法在基于 InfiniBand 的 IP (IP over Infiniband, IPoIB) 接口上工作。

- **基于 InfiniBand 的以太网支持**

L2 VRRP 不支持基于 InfiniBand 的以太网 (Ethernet over InfiniBand, EoIB) 接口。由于每个 L2 VRRP 路由器都与唯一的虚拟 MAC 地址关联，因此参与同一虚拟路由器的 VRRP 路由器需要同时使用相同的虚拟 MAC 地址，而 EoIB 接口不支持该功能。L3 VRRP 克服了这一限制，因为它在存在于同一虚拟路由器上的所有 VRRP 路由器之间使用不同的 MAC 地址。

第 3 层 VRRP 功能具有以下限制：

- 在主路由器选择期间，使用无故 ARP 或 NDP 消息可能会导致故障转移时间较长。当主路由器的选择发生更改时，L3 VRRP 将使用无故 ARP 或 NDP 消息通告新的 L2 或 L3 映射。使用无故 ARP 或 NDP 消息的这一附加要求可能会导致故障转移时间较长。在某些情况下，如果通告的所有无故 ARP 或 NDP 消息都已丢失，则主机可能需要更多时间来接收刷新的 ARP 或 NDP 项。因此，将包发送到新主路由器可能会延迟。
- 使用 ICMP 重定向时无法确定目标 MAC 地址，因为同一目标 MAC 地址由多个路由器共享。

在不对称的网络拓扑中的一组路由器之间使用 VRRP 时，可以使用 ICMP 重定向。ICMPv4 重定向或 ICMPv6 重定向的 IPv4 或 IPv6 源地址必须是终端主机在做出下一中继站路由决定时使用的地址。

当 L3 VRRP 路由器需要使用 ICMP 重定向时，L3 VRRP 路由器会检查需要重定向的包的目标 MAC 地址（VRRP 虚拟 MAC 地址）。由于同一目标 MAC 地址由在同一接口上创建的多个路由器共享，因此 L3 VRRP 路由器无法确定目标 MAC 地址。因此，在使用 L3 VRRP 路由器时禁用 ICMP 重定向可能很有用。您可以使用 `send_redirects` 公共 IPv4 和 IPv6 协议属性禁用 ICMP 重定向，如下所示：

```
# ipadm set-prop -m ipv4 -p send_redirects=off
```

- 无法使用 `in.ndpd` 或 DHCP 自动配置 VRRP 虚拟 IP 地址。

配置和管理虚拟路由器冗余协议

本章介绍配置第 2 层和第 3 层 VRRP 的任务。

本章包含以下主题：

- “规划 VRRP 配置” [31]
- “安装 VRRP” [31]
- “配置 VRRP” [32]
- “使用案例：配置第 2 层 VRRP 路由器” [40]

规划 VRRP 配置

规划第 2 层或第 3 层 VRRP 配置涉及以下步骤：

1. 确定是配置 L2 VRRP 还是 L3 VRRP 路由器。
2. （仅适用于 L2 VRRP 路由器）创建 VRRP VNIC。有关更多信息，请参见“[为第 2 层 VRRP 创建 VRRP VNIC](#)” [32]。

创建 L2 VRRP 路由器时，您可以使用 `vrrpadm` 命令的 `-f` 选项自动创建 VRRP VNIC。

3. 创建 VRRP 路由器。有关更多信息，请参见“[创建 VRRP 路由器](#)” [33]。
4. 为 VRRP 路由器配置虚拟 IP 地址。有关更多信息，请参见“[为第 2 层和第 3 层 VRRP 路由器配置虚拟 IP 地址](#)” [35]。

您可以使用 `vrrpadm` 命令的 `-a` 选项配置虚拟 IP 地址。有关更多信息，请参见“[创建 VRRP 路由器](#)” [33]。

安装 VRRP

您必须安装 VRRP 才能在系统上使用 VRRP。

▼ 如何安装 VRRP

1. 成为管理员。
有关更多信息，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中确保用户和进程的安全》中的“使用所指定的管理权限”。

2. 验证是否已安装 VRRP 软件包。

```
# pkg info vrrp
```

3. 安装 VRRP 软件包（如果未安装）。

```
# pkg install vrrp
```

配置 VRRP

您可以使用 `vrrpadm` 命令配置 VRRP 路由器。`vrrpadm` 命令的所有子命令的结果都是持久性的，但 `vrrpadm show-router` 命令除外。例如，由 `vrrpadm create-router` 命令创建的 VRRP 路由器在重新引导后将继续存在。有关更多信息，请参见 [vrrpadm\(1M\)](#) 手册页。

您需要拥有 `solaris.network.vrrp` 授权（网络管理配置文件的一部分）才能配置 VRRP 路由器。

注 - `vrrpadm show-router` 命令启动的只读操作不需要 `solaris.network.vrrp` 授权。



注意 - 将 VRRP 与 Oracle Solaris 捆绑的 IP 过滤器一起使用时，您必须使用 `ipfstat -io` 命令检查对于标准 VRRP 多播地址 `224.0.0.18/32` 是否允许传入或传出 IP 通信。如果不允许通信，主 VRRP 路由器和备用 VRRP 路由器都将处于 MASTER 状态。因此，您必须将相应的规则添加到每个 VRRP 路由器的 IP 过滤器配置中。有关更多信息，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中排除网络管理问题》中的“排除 VRRP 和 Oracle Solaris 捆绑 IP 过滤器的问题”。

为第 2 层 VRRP 创建 VRRP VNIC

VNIC 是在系统的物理网络适配器上配置的虚拟网络接口，是网络虚拟化的重要组件。一个物理接口可以有多个 VNIC。有关 VNIC 的更多信息，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中管理网络虚拟化和网络资源》。

每个第 2 层 VRRP 路由器都需要一个特殊的 VRRP VNIC。请使用以下命令语法。

```
# dladm create-vnic [-t] [-R root-dir] -l link [-m vrrp -V VRID -A \
{inet | inet6}] [-v VLAN-ID] [-p prop=value[,...]] VNIC
```

该命令可创建具有 VRRP 规范所定义的虚拟路由器 MAC 地址的 VNIC。使用 VNIC 地址类型 `vrrp` 可指定 VRID 和地址族。地址族为 `inet` 或 `inet6`，是指 IPv4 或 IPv6 地址。例如：

```
# dladm create-vnic -m vrrp -V 21 -A inet6 -l net0 vnic0
```

有关更多信息，请参见 [dladm\(1M\)](#) 手册页。

注 - 您还可以使用 `vrrpadm` 命令的 `-f` 选项创建 VRRP VNIC。有关更多信息，请参见“[创建 VRRP 路由器](#)” [33]。

创建 VRRP 路由器

`vrrpadm create-router` 命令可使用指定的 VRID 和地址族及其他指定参数创建第 2 层或第 3 层 VRRP 路由器。有关更多信息，请参见 [vrrpadm\(1M\)](#) 手册页。

要创建 VRRP 路由器，请使用以下语法：

```
# vrrpadm create-router [-T {l2 | l3}] [-f] -V VRID -I ifname \
-A [inet | inet6] [-a assoc-IPaddress] [-P primary-IPaddress] \
[-p priority] [-i adv-interval] [-o flags] router-name
```

- T `l2 | l3` 指定路由器的类型。您可以将类型设置为以下值之一。缺省设置为 `l2`。
 - `l2` – L2 类型的 VRRP 路由器
 - `l3` – L3 类型的 VRRP 路由器

- f (仅适用于 L2 VRRP) 指定创建 L2 VRRP 路由器时同时创建 VRRP VNIC。指定 `-f` 选项时，`vrrpadm` 命令将检查具有指定 VRID 和地址族的 VRRP VNIC 是否存在。仅当尚未存在 VRRP VNIC 时才会创建它。系统将根据以下命名约定生成 VRRP VNIC 的名称：`vrrp-VRID_ifname_v4 | 6`。创建第 3 层 VRRP 路由器时，`-f` 选项不起任何作用。

- V `VRID` 与地址族关联的、用来定义 VLAN 的虚拟路由器标识符。

- I `ifname` 配置 VRRP 路由器时所基于的接口。对于第 2 层 VRRP，接口可以是物理链路、VLAN 或聚合。对于第 3 层 VRRP，接口还可以包括 IPMP 接口、DHCP 受管接口和 InfiniBand 接口。该链路决定了该 VRRP 路由器运行所在的 LAN。

- A `[inet | inet6]` 地址族为 `inet` 或 `inet6`，是指 IPv4 或 IPv6 地址。

<code>-a assoc-IPaddress</code>	<p>指定 IP 地址的逗号分隔列表。</p> <p>您可以采用以下任意格式指定 IP 地址：</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ <code>IP-address[/prefix-length]</code> ■ <code>hostname[/prefix-length]</code> ■ <code>linklocal</code> <p>如果指定 <code>linklocal</code>，将根据关联虚拟路由器的 VRID 配置 IPv6 链路本地 vrrp 地址。<code>linklocal</code> 格式仅适用于 IPv6 VRRP 路由器。您可以将 <code>-a</code> 选项与 <code>-f</code> 选项结合使用，以便自动创建和激活 VNIC。</p>
<code>-p primary-IPaddress</code>	指定用于发送 VRRP 通告的 VRRP 主 IP 地址。
<code>-p priority</code>	指定的 VRRP 路由器的优先级（用于主路由器选择）。缺省值为 255。将选择优先级值最高的路由器作为主路由器。
<code>-i adv-interval</code>	通告时间间隔（毫秒）。缺省值为 1000。
<code>-o flags</code>	VRRP 路由器的抢占和接受模式。值为 <code>preempt</code> 或 <code>un_preempt</code> 或者 <code>accept</code> 或 <code>no_accept</code> 。缺省情况下，抢占和接受模式分别设置为 <code>preempt</code> 和 <code>accept</code> 。
<code>router-name</code>	<code>router-name</code> 是该 VRRP 路由器的唯一标识符。路由器名称中允许使用的字符包括：字母数字字符（a-z、A-Z、0-9）和下划线（_）。路由器名称的最大长度为 31 个字符。

例 4-1 创建第 2 层 VRRP 路由器

以下示例显示了如何通过数据链路 `net0` 创建路由器。

```
# dladm create-vnic -m vrrp -V 12 -A inet -l net0 vnic1
# vrrpadm create-router -V 12 -A inet -p 100 -I net0 l2router1
# vrrpadm show-router l2router1
NAME      VRID  TYPE  IFNAME AF   PRIO ADV_INTV MODE  STATE  VNIC
l2router1 12    L2    net0  IPv4 100  1000  e-pa- BACK  vnic1
```

L2 VRRP 路由器 `l2router1` 是使用 IPv4 地址族和 VRID 12 通过数据链路 `net0` 创建的。有关 `vrrpadm show-router` 命令的信息，请参见“[显示第 2 层和第 3 层 VRRP 路由器配置](#)” [37]。

例 4-2 创建第 3 层 VRRP 路由器

以下示例显示了如何通过名为 `ipmp0` 的 IPMP 接口创建 L3 VRRP 路由器。

```
# vrrpadm create-router -V 6 -I ipmp0 -A inet -T l3 l3router1
# vrrpadm show-router
NAME      VRID TYPE IFNAME AF  PRIO ADV_INTV MODE  STATE VNIC
l3router1 6     L3  ipmp0 IPv4 255 1000  eopa- INIT  --
```

L3 VRRP 路由器 l3router1 是使用 IPv4 地址族和 VRID 6 通过 IPMP 接口 ipmp0 创建的。有关 vrrpadm show-router 命令的信息，请参见[“显示第 2 层和第 3 层 VRRP 路由器配置” \[37\]](#)。

为第 2 层和第 3 层 VRRP 路由器配置虚拟 IP 地址

要为 L2 VRRP 路由器配置 IP 地址，您必须通过与该路由器关联的 VRRP VNIC 配置 vrrp 类型的虚拟 IP 地址。

要为 L3 VRRP 路由器配置虚拟 IP 地址，您必须在配置 L3 VRRP 路由器所在的 IP 接口上使用 vrrp 类型的 IP 地址。

注 - 要配置 IPv6 地址，必须已经通过将路由器的地址系列指定为 inet6 创建了 VRRP VNIC 或 L3 VRRP 路由器。

要为 VRRP 路由器配置虚拟 IP 地址，请使用以下语法：

```
# ipadm create-addr [-t] -T vrrp [-a local=addr[/prefix-length]] \
  [-n router-name]... addr-obj | interface
```

- t 指定配置的地址是临时地址，并且更改仅应用于活动配置。
- T vrrp 指定配置的地址是 vrrp 类型。
- n router-name -n router-name 选项对于 L2 VRRP 路由器是可选的，因为 VRRP 路由器名称可从配置 IP 地址所在的 VRRP VNIC 接口派生。

有关更多信息，请参见 [ipadm\(1M\)](#) 手册页。

注 - 您也可以使用 vrrpadm 命令的 -a 选项配置虚拟 IP 地址。有关更多信息，请参见[“创建 VRRP 路由器” \[33\]](#)。

例 4-3 为 L2 VRRP 路由器配置虚拟 IP 地址

您可以使用 vrrp 类型的 IP 地址为 L2 VRRP 路由器配置虚拟 IP 地址。以下示例显示了如何为 l2router1 创建虚拟 IP 地址。

```
# ipadm create-ip vrrp_vnic1
# ipadm create-addr -T vrrp -n l2router1 -a 192.168.82.8/24 vrrp_vnic1/vaddr1
```

以下示例显示了如何为 V6vrrp_vnic1/vaddr1 创建 IPv6 链路本地 vrrp IP 地址。

```
# ipadm create-ip V6vrrp_vnic1
# ipadm create-addr -T vrrp V6vrrp_vnic1/vaddr1
```

要为 VRRP 路由器配置 IPv6 链路本地 vrrp 类型的 IP 地址，无需指定本地地址。IPv6 链路本地 vrrp 类型的 IP 地址是根据关联 VRRP 路由器的 VRID 创建的。

例 4-4 为 L3 VRRP 路由器配置虚拟 IP 地址

以下示例显示了如何为 l3router1 配置虚拟 IP 地址。

```
# ipadm create-ip ipmp0
# ipadm create-addr -T vrrp -n l3router1 -a 172.16.82.8/24 ipmp0/vaddr1
```

以下示例显示了如何为 L3 VRRP 路由器 l3V6router1 配置 IPv6 链路本地 vrrp 类型的 IP 地址。

```
# ipadm create-ip ipmp1
# ipadm create-addr -T vrrp -n l3V6router1 ipmp1/vaddr0
```

启用和禁用 VRRP 路由器

首次创建 VRRP 路由器时，缺省情况下路由器处于启用状态。您可以禁用 VRRP 路由器，然后重新启用它。启用路由器时，借以创建 VRRP 路由器的接口（使用 vrrpadm create-router 创建路由器时，使用 -I 选项指定）必须存在。否则，启用操作将失败。对于 L2 VRRP 路由器，如果路由器的 VRRP VNIC 不存在，则路由器无效。其语法如下所示：

```
# vrrpadm enable-router router-name
```

有时，您可能需要临时禁用 VRRP 路由器来进行配置更改，然后再重新启用路由器。禁用路由器的语法如下：

```
# vrrpadm disable-router router-name
```

修改 VRRP 路由器

vrrpadm modify-router 命令可更改指定 VRRP 路由器的配置。您可以修改路由器的优先级、通告时间间隔以及抢占模式和接受模式。其语法如下所示：

```
# vrrpadm modify-router [-p priority] [-i adv-interval] [-o flags] router-name
```

显示第 2 层和第 3 层 VRRP 路由器配置

vrrpadm show-router 命令可显示指定 VRRP 路由器的配置和状态。有关更多信息，请参见 [vrrpadm\(1M\)](#) 手册页。其语法如下所示：

```
# vrrpadm show-router [-P | -x] [-p] [-o field[,...]] [router-name]
```

例 4-5 显示第 2 层 VRRP 路由器配置

以下示例显示了 vrrpadm show-router 命令输出。

```
# vrrpadm show-router vrrp1
NAME VRID TYPE IFNAME AF PRIO ADV_INTV MODE STATE VNIC
vrrp1 1 L2 net1 IPv4 100 1000 e-pa- BACK vnic1
```

NAME	VRRP 路由器的名称。
VRID	VRRP 路由器的 VRID。
TYPE	VRRP 路由器的类型：L2 或 L3。
IFNAME	配置 VRRP 路由器时所基于的接口。对于 L2 VRRP 路由器，接口可以是物理以太网接口、VLAN 或聚合。
AF	VRRP 路由器的地址族。它可以是 IPv4 或 IPv6。
PRIO	VRRP 路由器的优先级，用于主路由器选择。
ADV_INTV	通告时间间隔（以毫秒为单位显示）。
MODE	与 VRRP 路由器关联的一组标志，包括以下可能的值： <ul style="list-style-type: none"> ▪ e – 指定路由器已启用。 ▪ p – 指定模式为 preempt。 ▪ a – 指定模式为 accept。 ▪ o – 指定路由器是虚拟地址所有者。
STATE	VRRP 路由器的当前状态。可能的值包括：INIT（初始化）、BACK（备用）和 MAST（主）。

在本示例中，显示了有关指定 VRRP 路由器 vrrp1 的信息。

```
# vrrpadm show-router -x vrrp1
NAME STATE PRV_STAT STAT_LAST VNIC PRIMARY_IP VIRTUAL_IPS
vrrp1 BACK MAST 1m17s vnic1 10.0.0.100 10.0.0.1
```

PRV_STAT VRRP 路由器的前一个状态。

STAT_LAST 自上次状态转换以来已过去的时间。

PRIMARY_IP 由 VRRP 路由器选择的主 IP 地址。

VIRTUAL_IPS 在 VRRP 路由器上配置的虚拟 IP 地址。

在本示例中，显示了有关路由器的附加信息，例如 VRRP 路由器选择的主 IP 地址、在 VRRP 路由器上配置的虚拟 IP 地址，以及 VRRP 路由器以前的状态。

```
# vrrpadm show-router -P vrrp1
NAME PEER P_PRIO P_INTV P_ADV_LAST M_DOWN_INTV
vrrp1 10.0.0.123 120 1000 0.313s 3609
```

PEER 对等 VRRP 路由器的主 IP 地址。

P_PRIO 对等 VRRP 路由器的优先级，属于从对等方接收的通告的一部分。

P_INTV 通告时间间隔（毫秒），属于从对等方接收的通告的一部分。

P_ADV_LAST 自上次从对等方接收通告以来已过去的时间。

M_DOWN_INTV 时间间隔（毫秒），在此间隔之后声明主路由器停机。

仅当 VRRP 路由器处于备用状态时，才会使用 -P 选项。

例 4-6 显示系统上的 L3 VRRP 路由器

```
# vrrpadm show-router
NAME VRID TYPE IFNAME AF PRIO ADV_INTV MODE STATE VNIC
l3vr1 12 L3 net1 IPv6 255 1000 eopa- INIT -
```

在本示例中，L3 VRRP 路由器 l3vr1 是通过接口 net1 配置的。

显示与 VRRP 路由器关联的 IP 地址

您可以使用 ipadm show-addr 命令显示与 VRRP 路由器关联的 IP 地址。ipadm show-addr 命令输出中的 ROUTER 字段显示与 vrrp 类型的特定 IP 地址关联的 VRRP 路由器的名称。

对于 L2 VRRP 的 `vrrp` 类型 IP 地址，VRRP 路由器的名称从配置 IP 地址所在的 VRRP VNIC 派生。如果在为 VRRP VNIC 创建 L2 路由器之前发出 `ipadm show-addr` 命令，`ROUTER` 字段将显示 `?`。对于 L3 VRRP 的 `vrrp` 类型 IP 地址，`ROUTER` 字段始终显示指定的路由器名称。对于其他类型的 IP 地址，`ROUTER` 字段不适用，将显示 `--`。

例 4-7 显示与 VRRP 路由器关联的 IP 地址

```
# ipadm show-addr -o addrobj,type,vrrp-router,addr
ADDROBJ      TYPE      VRRP-ROUTER  ADDR
lo0/v4       static    --            127.0.0.1/8
net1/p1      static    --            192.168.11.10/24
net1/v1      vrrp     l3router1     192.168.81.8/24
vrrp_vnic1/vaddr1 vrrp     l2router1     192.168.82.8/24
lo0/v6       static    --            ::1/128
```

在本示例中，`l3router1` 与 `vrrp` 类型的 IP 地址 `192.168.81.8/24` 关联，而 `l2router1` 与 `vrrp` 类型的 IP 地址 `192.168.82.8/24` 关联。

输出显示了以下信息：

ADDROBJ	地址对象的名称。
TYPE	地址对象的类型，可以是以下几项之一： <ul style="list-style-type: none"> ■ <code>from-gz</code> ■ <code>static</code> ■ <code>dhcp</code> ■ <code>addrconf</code> ■ <code>vrrp</code>
VRRP-ROUTER	VRRP 路由器的名称。
ADDR	数字 IPv4 或 IPv6 地址。

删除 VRRP 路由器

`vrrpadm delete-router` 命令可删除指定的 VRRP 路由器。其语法如下所示：

```
# vrrpadm delete-router router-name
```

注 - 分别使用 `vrrpadm create-router` 命令的 `-f`、`-a`、`-P` 选项创建的 VRRP VNIC、`vrrp` 类型的 IP 地址和主 IP 地址不会因使用 `vrrpadm delete-router` 命令而删除。您必须使用相应的 `ipadm` 和 `dladm` 命令显式删除它们。

控制无故 ARP 和 NDP 消息

当备用路由器成为主 VRRP 路由器时，VRRP 将在与主路由器关联的所有虚拟 IP 地址上设置一个标志，因此虚拟 IP 地址将受到保护。如果虚拟 IP 地址没有冲突，则会发送几条无故 ARP 和相邻节点通告消息，以通知新主路由器的虚拟 IP 地址与 MAC 地址之间的新映射。

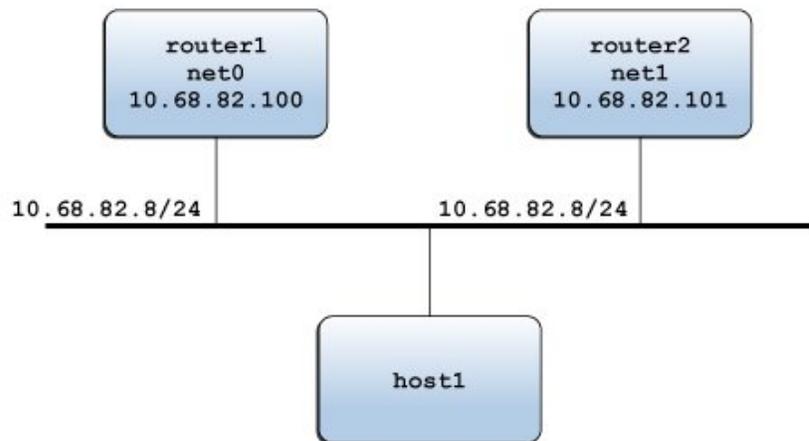
要控制发送的消息数量和消息通告之间的时间间隔，您可以使用以下 IP 协议属性：

- arp_publish_count
- arp_publish_interval
- ndp_unsolicit_count
- ndp_unsolicit_interval

有关 IP 协议属性的更多信息，请参见《Oracle Solaris 11.2 可调参数参考手册》中的“与重复地址检测相关的 IP 可调参数”。

使用案例：配置第 2 层 VRRP 路由器

下图显示了典型的 VRRP 配置。



在本示例中，IP 地址 10.68.82.8 配置为 host1 的缺省网关。此 IP 地址是虚拟 IP 地址，受由以下两个 VRRP 路由器组成的虚拟路由器保护：router1 和 router2。在任何

给定时间，两个路由器中都只有一个充当主路由器，承担虚拟路由器的责任，并转发来自 host1 的包。

假定虚拟路由器的 VRID 是 12。以下示例显示了用于在 router1 和 router2 上配置示例 VRRP 配置的命令。router1 是虚拟 IP 地址 10.68.82.8 的所有者，其优先级为缺省值 (255)。router2 是优先级为 100 的备用路由器。

有关用于配置 VRRP 的命令的更多信息，请参见 [vrrpadm\(1M\)](#)、[dladm\(1M\)](#) 和 [ipadm\(1M\)](#) 手册页。

对于 router1：

1. 安装 VRRP 软件包。

```
# pkg install vrrp
```

2. 通过 VRID 值为 12 的 net0 创建 VNIC vnic0。

```
# dladm create-vnic -m vrrp -V 12 -A inet -l net0 vnic0
```

3. 通过 net0 创建 VRRP 路由器 vrrp1。

```
# vrrpadm create-router -V 12 -A inet -I net0 vrrp1
```

4. 配置 IP 接口 vnic0 和 net0。

```
# ipadm create-ip vnic0
```

```
# ipadm create-addr -T vrrp -a 10.68.82.8/24 vnic0/router1
```

```
# ipadm create-ip net0
```

```
# ipadm create-addr -T static -a 10.68.82.100/24 net0/router1
```

5. 显示 vrrp1 的路由器信息。

```
# vrrpadm show-router -x vrrp1
```

NAME	STATE	PRV_STAT	STAT_LAST	VNIC	PRIMARY_IP	VIRTUAL_IPS
vrrp1	MASTER	INIT	14.444s	vnic0	10.68.82.100	10.68.82.8

同样，对于 router2：

1. 通过 VRID 值为 12 的 net1 创建 VNIC vnic1。

```
# dladm create-vnic -m vrrp -V 12 -A inet -l net1 vnic1
```

2. 通过 net1 创建 VRRP 路由器 vrrp2。

```
# vrrpadm create-router -V 12 -A inet -I net1 -p 100 vrrp2
```

3. 配置 IP 接口 vnic1 和 net1。

```
# ipadm create-ip vnic1
```

```
# ipadm create-addr -T vrrp -a 10.68.82.8/24 vnic1/router2
```

```
# ipadm create-ip net1
```

```
# ipadm create-addr -T static -a 10.68.82.101/24 net1/router2
```

4. 显示 vrrp2 的路由器信息。

```
# vrrpadm show-router -x vrrp2
```

NAME	STATE	PRV_STAT	STAT_LAST	VNIC	PRIMARY_IP	VIRTUAL_IPS
vrrp2	BACKUP	INIT	2m32s	vnic1	10.68.82.101	10.68.82.8

以 router1 的配置为例，必须在 net0 上至少配置一个 IP 地址。router1 的此 IP 地址为主 IP 地址，用于发送 VRRP 通告包。

```
# vrrpadm show-router -x vrrp1
```

NAME	STATE	PRV_STAT	STAT_LAST	VNIC	PRIMARY_IP	VIRTUAL_IPS
vrrp1	MASTER	INIT	14.444s	vnic1	10.68.82.100	10.68.82.8

集成负载均衡器概述

本章介绍 ILB 组件的组件和 ILB 操作所处的模式，例如服务器直接返回 (Direct Server Return, DSR) 模式和网络地址转换 (Network Address Translator, NAT) 模式。

本章包含以下主题：

- “ILB 组件” [43]
- “ILB 操作模式” [43]
- “ILB 的工作原理” [48]

有关 ILB 的更多信息，请参见“[集成负载均衡器概述](#)” [12]。

ILB 组件

ILB 由服务管理工具 (Service Management Facility, SMF) 服务 `svc:/network/loadbalancer/ilb:default` 进行管理。有关 SMF 的更多信息，请参见《[在 Oracle Solaris 11.2 中管理系统服务](#)》。ILB 的三个主要组件是：

- `ilbadm` 命令行界面 (command-line interface, CLI) – 您可以使用 CLI 配置负载均衡规则、执行可选的运行状况检查以及查看统计信息。
- `libilb` 配置库 – `ilbadm` 和第三方应用程序可以使用 `libilb` 中实现的功能进行 ILB 管理。
- `ilbd` 守护进程 – 此守护进程执行以下任务：
 - 管理重新引导和软件包更新过程中的持久性配置
 - 处理配置信息并将其发送到 ILB 内核模块进行执行，从而提供对 ILB 内核模块的串行访问
 - 执行运行状况检查并向 ILB 内核模块发送结果，以便正确调整负载分布

ILB 操作模式

ILB 以单路拓扑和双路拓扑形式支持 IPv4 与 IPv6 的无状态 DSR 及 NAT 操作模式。

服务器直接返回模式

在 DSR 模式下，ILB 会平衡后端服务器的传入请求，而使从服务器返回到客户机的通信流量绕过它。但是，如果将 ILB 设置为用作后端服务器的路由器，则后端服务器对客户机的响应将通过运行 ILB 的系统进行路由。ILB 的当前 DSR 实现未提供 TCP 连接跟踪，从而使其无状态。使用无状态 DSR，ILB 不会保存已处理包的任何状态信息，但基本统计信息除外。在无状态的情况下，性能与正常的 IP 转发性能相当。DSR 模式最适合无连接协议。

优点：

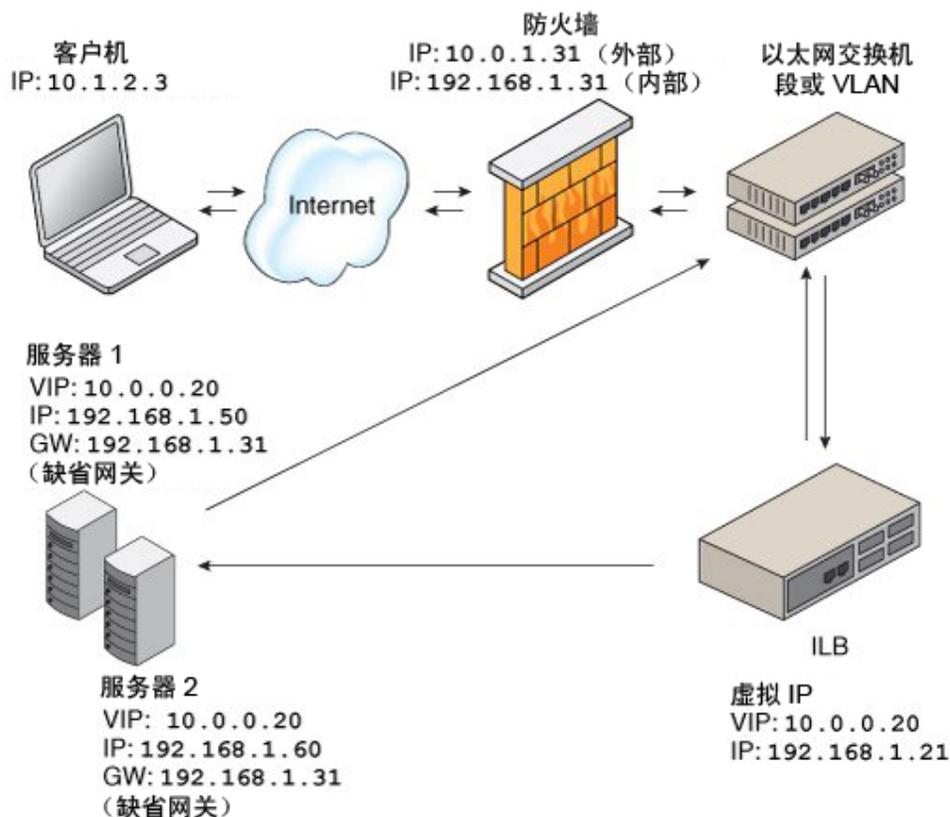
- DSR 性能优于 NAT，因为只更改包的目标 MAC 地址，服务器将直接响应客户机。
- 服务器和客户机之间完全透明。服务器可直接看到来自客户机 IP 地址的连接，并通过缺省网关回复客户机。

缺点：

- 后端服务器必须响应其自身的 IP 地址（针对运行状况检查）以及虚拟 IP 地址（针对负载均衡通信）。
- 在无状态的情况下，添加或删除服务器会导致连接中断。

下图显示了如何在 DSR 模式下实现 ILB。

图 5-1 服务器直接返回拓扑



在该图中，两个后端服务器与 ILB 机箱处于同一子网 (192.168.1.0/24) 中。服务器还连接到路由器，因此在收到 ILB 机箱转发的请求后，它们可以直接回复客户机。

网络地址转换模式

ILB 完全是为了实现负载均衡功能才使用独立模式的 NAT。在此模式下，ILB 会重写头信息并处理传入与传出通信流量。ILB 可在半 NAT 模式和全 NAT 模式下运行。但是，全 NAT 还会重写源 IP 地址，使服务器认为所有连接均源自负载均衡器。NAT 确实提供了 TCP 连接跟踪（意味着它是有状态的）。NAT 模式可提供额外的安全性，最适合超文本传输协议 (Hypertext Transfer Protocol, HTTP) 或安全套接字层 (Secure Sockets Layer, SSL) 通信。

优点：

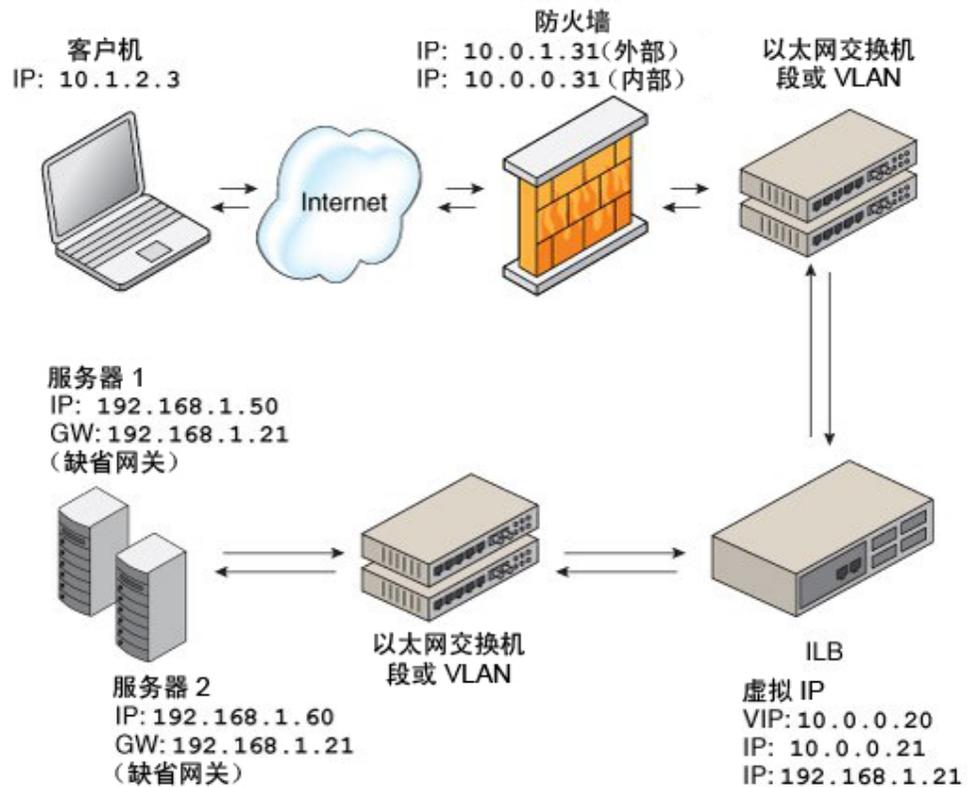
- 通过将缺省网关更改为指向负载均衡器，可使用所有后端服务器
- 由于负载均衡器保持连接状态，因此可在不中断连接的情况下添加或删除服务器

缺点：

- 性能低于 DSR，因为处理涉及到操作 IP 头，并且服务器向负载均衡器发送响应
- 所有后端服务器都必须使用负载均衡器作为缺省网关

NAT 模式的一般实现方式如下图中所示。

图 5-2 网络地址转换拓扑



在这种情况下，对 VIP 的所有请求均通过 ILB 并转发到后端服务器。后端服务器的所有回复均通过 ILB 以进行网络地址转换。



注意 - ILB 中实现的 NAT 代码路径不同于 Oracle Solaris 的 IP 过滤器功能中实现的代码路径。请勿同时使用这两种代码路径。

半 NAT 负载均衡模式

在 ILB 操作的半 NAT 模式下，ILB 仅将目标 IP 地址重新写入包头中。如果您使用的是半 NAT 实现方式，则无法从服务器所在的子网连接到该服务的 VIP 地址。下表显示了流经客户机和 ILB 之间以及 ILB 和后端服务器之间的包的 IP 地址。

表 5-1 服务器和客户机位于不同的网络中时，半 NAT 实现的请求流和响应流

请求流	源 IP 地址	目标 IP 地址
1. 客户机 → ILB	客户机	ILB 的 VIP
2. ILB → 服务器	客户机	服务器
响应流		
3. 服务器 → ILB	服务器	客户机
4. ILB → 客户机	ILB 的 VIP	客户机

如果您将客户机系统连接到服务器所在的网络，预定的服务器将直接响应客户机，不会发生表中的第四步。因此，服务器对客户机响应的源 IP 地址无效。当客户机向负载均衡器发送连接请求时，预定的服务器会进行响应。自此以后，客户机的 IP 栈将正确丢弃所有响应。在这种情况下，请求流和响应流会按下表所示继续进行。

表 5-2 服务器和客户机位于同一网络中时，半 NAT 实现的请求流和响应流

请求流	源 IP 地址	目标 IP 地址
1. 客户机 → ILB	客户机	ILB 的 VIP
2. ILB → 服务器	客户机	服务器
响应流		
3. 服务器 → 客户机	服务器	客户机

全 NAT 负载均衡模式

在 ILB 操作的全 NAT 实现中，将会重新写入源 IP 地址和目标 IP 地址，以确保通信在两个方向通过负载均衡器。通过全 NAT 模式，可以从服务器所在的子网中连接到 VIP。

下表描述了使用全 NAT 模式时流经客户机和 ILB 之间以及 ILB 和后端服务器之间的包的 IP 地址。服务器中不需要使用 ILB 框的特殊缺省路由。请注意，全 NAT 模式需要管理员留出一个 IP 地址或一系列 IP 地址供 ILB 用作源地址，以便与后端服务器进行通信。假定使用的地址属于子网 C。在这种情况下，ILB 充当代理。

表 5-3 全 NAT 实现的请求流和响应流

请求流	源 IP 地址	目标 IP 地址
1. 客户机 -> ILB	客户机	ILB 的 VIP
2. ILB -> 服务器	负载均衡器的接口地址 (子网 C)	服务器
响应流		
3. 服务器 -> ILB	服务器	ILB 的接口地址 (子网 C)
4. ILB -> 客户机	ILB 的 VIP	客户机

ILB 的工作原理

本节介绍 ILB 的流程，其中涉及处理客户机对 VIP 的请求、将请求转发至后端服务器以及处理响应。

客户机至服务器包处理涉及以下步骤：

1. ILB 收到客户机发送到 VIP 地址的传入请求，并将该请求与负载均衡规则匹配。
2. 如果 ILB 发现匹配的负载均衡规则，它将使用负载均衡算法将请求转发到后端服务器，具体取决于操作模式。
 - 在 DSR 模式下，ILB 会将传入请求的 MAC 头替换为选定的后端服务器的 MAC 头。
 - 在半 NAT 模式下，ILB 会将传入请求的目标 IP 地址和传输协议端口号替换为选定的后端服务器的对应项。
 - 在全 NAT 模式下，ILB 会将传入请求的源 IP 地址和传输协议端口号替换为负载均衡规则的 NAT 源地址。ILB 还会将传入请求的目标 IP 地址和传输协议端口号替换为选定的后端服务器的对应项。
3. ILB 将修改后的传入请求转发到选定的后端服务器。

服务器至客户机包处理涉及以下步骤：

1. 后端服务器向 ILB 发送回复，以响应客户机的传入请求。
2. ILB 在收到后端服务器的响应后采取的措施基于操作模式。
 - 在 DSR 模式下，后端服务器的响应会绕过 ILB 并直接转至客户机。但是，如果 ILB 还用作后端服务器的路由器，则后端服务器对客户机的响应将通过运行 ILB 的系统进行路由。
 - 在半 NAT 模式和全 NAT 模式下，ILB 会将后端服务器的响应与传入请求进行匹配，并将更改后的 IP 地址和传输协议端口号替换为原始传入请求的对应项。然后，ILB 将响应转发到客户机。

配置和管理集成负载均衡器

ILB 在网络协议堆栈的 L3 和 L4 层上配置。本章介绍安装 ILB、启用或禁用 ILB、定义 ILB 中的服务器组和后端服务器以及使用 `ilbadm` 命令导出和导入 ILB 配置的任务。有关更多信息，请参见 [ilbadm\(1M\)](#) 手册页。有关配置 ILB 以实现高可用性的更多信息，请参见第 7 章 [配置 ILB 以实现高可用性](#)。

有关如何部署 Oracle Solaris 集成负载均衡器的信息，请参见 [Deploying the Oracle Solaris Integrated Load Balancer in 60 Minute \(http://www.oracle.com/technetwork/systems/hands-on-labs/hol-deploy-ilb-60mmin-2137812.html\)](http://www.oracle.com/technetwork/systems/hands-on-labs/hol-deploy-ilb-60mmin-2137812.html) (在 60 分钟内部署 Oracle Solaris 集成负载均衡器)。有关如何使用 Oracle Solaris 中的 Oracle Solaris Zones 和 ILB 实现应用程序高可用性的信息，请参见 [How to Set Up a Load-Balanced Application Across Two Oracle Solaris Zones \(http://www.oracle.com/technetwork/articles/servers-storage-admin/loadbalancedapp-1653020.html\)](http://www.oracle.com/technetwork/articles/servers-storage-admin/loadbalancedapp-1653020.html) (如何跨两个 Oracle Solaris Zones 设置负载均衡的应用程序)。

本章包含以下主题：

- “安装 ILB” [49]
- “使用命令行界面配置 ILB” [50]
- “启用或禁用 ILB” [51]
- “管理 ILB” [52]
- “使用案例：配置 ILB” [60]
- “显示 ILB 统计信息” [61]
- “导入和导出配置” [63]

安装 ILB

ILB 具有内核和用户级安装。ILB 内核安装作为 Oracle Solaris 安装的一部分自动执行。但是，您必须使用以下命令执行 ILB 用户级安装：

```
# pkg install ilb
```

使用命令行界面配置 ILB

ILB CLI 位于 `/usr/sbin/ilbadm` 目录中。CLI 包含用于配置负载平衡规则、服务器组和运行状况检查的子命令。此外，还包含用于显示统计信息以及查看配置详细信息的子命令。您必须为 ILB 配置子命令设置用户授权，但查看子命令除外，例如 `ilbadm show-rule`、`ilbadm show-server` 和 `ilbadm show-healthcheck`。您必须拥有 `solaris.network.ilb.config` RBAC 授权，才能执行 ILB 配置子命令。

- 要了解如何为现有用户分配授权，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中确保用户和进程的安全》中的第 3 章“在 Oracle Solaris 中指定权限”。
- 您也可以在系统上创建新的用户帐户时提供授权。

以下示例将创建一个组 ID 为 10、用户 ID 为 1210 并且具有管理系统中 ILB 的授权的用户 `ilbadm`。

```
# useradd -g 10 -u 1210 -A solaris.network.ilb.config ilbadm
```

`useradd` 命令将向 `/etc/passwd`、`/etc/shadow` 和 `/etc/user_attr` 文件中添加一个新用户。-A 选项为该用户指定授权。

子命令可以分为两类：

- 配置子命令 – 这些子命令用于执行以下任务：
 - 创建和删除负载平衡规则
 - 启用和禁用负载平衡规则
 - 创建和删除服务器组
 - 在服务器组中添加和删除服务器
 - 启用和禁用后端服务器
 - 为负载平衡规则中的服务器组创建和删除服务器运行状况检查

注 - 您必须拥有管理配置子命令的特权。要创建相应的角色并将该角色分配给用户，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中确保用户和进程的安全》中的“创建角色”。

- 查看子命令 – 这些子命令用于执行以下任务：
 - 查看已配置的负载平衡规则、服务器组和运行状况检查
 - 查看包转发统计信息
 - 查看 NAT 连接表
 - 查看运行状况检查结果
 - 查看会话持久性映射表

注 - 管理查看子命令不需要拥有特权。

有关 `ilbadm` 子命令的更多信息，请参见 [ilbadm\(1M\)](#) 手册页。

启用或禁用 ILB

本节介绍如何在安装 ILB 后启用 ILB 或者如何在不需要 ILB 服务时禁用 ILB。

▼ 如何启用 ILB

1. 成为管理员。

有关更多信息，请参见《[在 Oracle Solaris 11.2 中确保用户和进程的安全](#)》中的“使用所指定的管理权限”。

2. 启用相应的转发服务 IPv4 或 IPv6，或同时启用这两种服务。

此命令在成功时不会生成输出。

```
# ipadm set-prop -p forwarding=on ipv4
# ipadm set-prop -p forwarding=on ipv6
```

3. 启用 ILB 服务。

```
# svcadm enable ilb
```

4. 验证是否已启用 ILB 服务。

```
# svcs ilb
```

该命令显示有关服务配置系统信息库中记录的服务实例的信息。

▼ 如何禁用 ILB

不需要 ILB 服务时，您可以禁用 ILB。

1. 成为管理员。

有关更多信息，请参见《[在 Oracle Solaris 11.2 中确保用户和进程的安全](#)》中的“使用所指定的管理权限”。

2. 禁用 ILB 服务。

```
# svcadm disable ilb
```

3. 验证是否已禁用 ILB 服务。

```
# svcs ilb
```

该命令显示有关服务配置系统信息库中记录的服务实例的信息。

接下来的步骤 禁用 ILB 服务后，如果不需要 IP 转发，您必须禁用该功能。

管理 ILB

启用 ILB 后，您可以通过定义服务器组、监视 ILB 的运行状况检查以及创建 ILB 规则来设置 ILB。

本节包含以下主题：

- “[定义 ILB 中的服务器组和后端服务器](#)” [52]
- “[监视 ILB 中的运行状况检查](#)” [55]
- “[配置 ILB 规则](#)” [58]

定义 ILB 中的服务器组和后端服务器

本节介绍如何创建 ILB 服务器组并向服务器组中添加后端服务器。使用 `create-servergroup` 或 `add-server` 子命令添加服务器时，系统将生成服务器 ID。服务器 ID 在服务器组中是唯一的。有关 `ilbadm` 子命令的信息，请参见 [ilbadm\(1M\)](#) 手册页。

创建 ILB 服务器组

要创建 ILB 服务器组，请首先确定要包含在服务器组中的服务器。可以使用服务器的主机名或 IP 地址及可选端口来指定服务器。然后，以管理员身份运行以下命令：

```
# ilbadm create-servergroup -s servers=server1,server2,server3 servergroup
```

将为添加的每个服务器生成带有前导下划线 () 前缀的唯一服务器 ID。

注 - 如果某个服务器属于多个服务器组，则该服务器可以具有多个服务器 ID。

向 ILB 服务器组中添加后端服务器

要向服务器组中添加后端服务器，请以管理员身份运行以下命令：

```
# ilbadm add-server -s server=server1[,server2...] servergroup
```

指定的服务器必须包含主机名或 IP 地址，还可以包含可选的端口或端口范围。服务器组中不允许存在 IP 地址相同的服务器项。将为添加的每个服务器生成带有前导下划线 () 前缀的唯一服务器 ID。

注 - IPv6 地址必须括在方括号中。

例 6-1 创建 ILB 服务器组并添加后端服务器

以下示例将创建一个称为 webgroup 并包含三个后端服务器的服务器组。

```
# ilbadm create-servergroup -s \
servers=192.168.89.11,192.168.89.12,192.168.89.13 webgroup
# ilbadm show-servergroup
SGNAME      SERVERID      MINPORT  MAXPORT  IP_ADDRESS
webgroup    _webgroup.0  --      --      192.168.89.11
webgroup    _webgroup.1  --      --      192.168.89.12
webgroup    _webgroup.2  --      --      192.168.89.13
```

以下示例将创建一个称为 webgroup1 的服务器组，并向该服务器组添加三个后端服务器。

```
# ilbadm create-servergroup webgroup1
# ilbadm add-server -s server=[2001:0db8:7::feed:6]:8080,\
[2001:0db8:7::feed:7]:8080,[2001:0db8:7::feed:8]:8080 webgroup1
```

启用或禁用 ILB 服务器组中的后端服务器

首先确定要重新启用或禁用的后端服务器的 IP 地址、主机名或服务器 ID。您必须首先将服务器组与规则关联，然后才能启用或禁用服务器组中的服务器。

如果某个服务器属于多个服务器组，则该服务器可以具有多个服务器 ID。您必须指定服务器 ID 才能针对与该服务器 ID 关联的特定规则重新启用或禁用服务器。

- 要禁用已启用的服务器，请键入以下命令：

```
# ilbadm disable-server server1
```

将禁用已启用的选定服务器。内核不会将通信转发到该服务器。

- 要重新启用已禁用的服务器，请键入以下命令：

```
# ilbadm enable-server server1
```

将重新启用已禁用的选定服务器。

- 要显示服务器的状态，请键入以下命令：

```
# ilbadm show-server [[-p] -o field[,field...]] [rulename]
```

注 - 仅当服务器所属的服务器组与某项规则关联时，服务器才会将状态显示为已启用或已禁用。

例 6-2 禁用并重新启用 ILB 服务器组中的后端服务器

在以下示例中，将先禁用再重新启用服务器 ID 为 `_websg.1` 的服务器。

```
# ilbadm enable-server _websg.1
# ilbadm disable-server _websg.1
```

从 ILB 服务器组中删除后端服务器

您可以使用 `ilbadm remove-server` 命令从一个 ILB 服务器组中或从所有服务器组中删除后端服务器。首先，确定要从服务器组中删除的服务器的服务器 ID。

```
ilbadm show-servergroup -o all
```

服务器 ID 是将服务器添加到服务器组中时指定给系统的 IP 地址的唯一名称。

然后，删除该服务器。

```
# ilbadm remove-server -s server=server-ID server-group
```

如果 NAT 或半 NAT 规则正在使用该服务器，请先通过 `disable-server` 子命令禁用该服务器，然后再进行删除。有关更多信息，请参见“[启用或禁用 ILB 服务器组中的后端服务器](#)” [53]。当服务器被禁用时，将会进入连接排空状态。使用 `ilbadm show-nat` 命令定期查看 NAT 表，以了解服务器是否仍处于连接状态。排空所有连接后（服务器不会显示在 `show-nat` 命令输出中），即可使用 `remove-server` 命令删除服务器。

如果设置了 `conn-drain` 超时值，连接排空状态将在超时期限到期后结束。`conn-drain` 超时的缺省值为 0，这意味着连接排空将持续等待，直到连接正常关闭为止。

例 6-3 从 ILB 服务器组中删除后端服务器

以下示例将从服务器组 `sg1` 中删除服务器 ID 为 `_sg1.2` 的服务器。

```
# ilbadm remove-server -s server=_sg1.2 sg1
```

删除 ILB 服务器组

本节介绍如何删除 ILB 服务器组。您无法删除由任何活动规则使用的服务器组。

首先，显示有关服务器组的所有可用信息。

```
# ilbadm show-servergroup -o all
sgname      serverID      minport      maxport      IP_address
specgroup   _specgroup.0  7001         7001         192.168.68.18
specgroup   _specgroup.1  7001         7001         192.168.68.19
test123     _test123.0    7002         7002         192.168.67.18
test123     _test123.1    7002         7002         192.168.67.19
```

键入以下命令：

```
# ilbadm delete-servergroup servergroup
```

如果服务器组正在由活动规则使用，则删除会失败。

以下示例将删除称为 webgroup 的服务器组。

```
# ilbadm delete-servergroup webgroup
```

监视 ILB 中的运行状况检查

ILB 提供了以下可选类型的服务器运行状况检查：

- 内置的 ping 探测器
- 内置的 TCP 探测器
- 内置的 UDP 探测器
- 用户提供的可作为运行状况检查运行的定制测试

缺省情况下，ILB 不会执行任何运行状况检查。您可以在创建负载平衡规则时为每个服务器组指定运行状况检查。对于每个负载平衡规则，只能配置一个运行状况检查。只要启用了虚拟服务，与启用的虚拟服务关联的服务器组的运行状况检查就会自动启动并定期重复执行。禁用虚拟服务后，运行状况检查将立即停止。重新启用虚拟服务后，先前的运行状况检查状态将不会保留。

如果您指定了 TCP、UDP 或定制测试探测器来执行运行状况检查，则 ILB 缺省情况下会先发送 ping 探测器以确定服务器是否可以访问，然后再向该服务器发送指定的 TCP、UDP 或定制测试探测器。如果 ping 探测器失败，则会禁用相应的服务器，并且运行状况检查状态为 unreachable。如果 ping 探测器成功，但 TCP、UDP 或定制测试探测器失败，则会禁用服务器，并且运行状况检查状态为 dead。

您可以禁用缺省的 ping 探测器，但 UDP 探测器除外。对于 UDP 运行状况检查，ping 探测器始终是缺省探测器。

创建运行状况检查

您可以创建运行状况检查，并在创建负载平衡规则时为服务器组分配运行状况检查。在以下示例中，创建了两个运行状况检查对象 `hc1` 和 `hc-myscript`。第一个运行状况检查使用内置的 TCP 探测器。第二个运行状况检查使用定制测试 `/var/tmp/my-script`。

```
# ilbadm create-healthcheck -h hc-timeout=3,\
hc-count=2,hc-interval=8,hc-test=tcp hc1
# ilbadm create-healthcheck -h hc-timeout=3,\
hc-count=2,hc-interval=8,hc-test=/var/tmp/my-script hc-myscript
```

参数如下所示：

<code>hc-timeout</code>	指定将运行状况检查视为失败（如果未完成）时的超时。
<code>hc-count</code>	指定尝试执行 <code>hc-test</code> 运行状况检查的次数。
<code>hc-interval</code>	指定连续的运行状况检查之间的间隔。为了避免将探测器同时发送到所有服务器，将会随机生成介于 $0.5 * hc-interval$ 和 $1.5 * hc-interval$ 之间的实际间隔。
<code>hc-test</code>	指定运行状况检查的类型。您可以指定内置运行状况检查（例如 <code>tcp</code> 、 <code>udp</code> 和 <code>ping</code> ），也可以指定外部运行状况检查（必须以完整的路径名指定）。

注 - `hc-test` 的端口规范是使用 `create-rule` 子命令中的 `hc-port` 关键字指定的。有关更多信息，请参见 [ilbadm\(1M\)](#) 手册页。

用户提供的定制测试可以是二进制文件或脚本。

- 测试可位于系统上的任何位置。使用 `create-healthcheck` 子命令时，您必须指定绝对路径。

在 `create-rule` 子命令中将测试（例如，`/var/tmp/my-script`）指定为运行状况检查规范的一部分时，`ilbd` 守护进程将派生一个进程并执行测试，如下所示：

```
/var/tmp/my-script $1 $2 $3 $4 $5
```

参数如下所示：

<code>\$1</code>	VIP（数值 IPv4 或 IPv6 地址）
<code>\$2</code>	服务器 IP（数值 IPv4 或 IPv6 地址）
<code>\$3</code>	协议（字符串形式的 UDP、TCP）
<code>\$4</code>	数字端口范围（用户指定的 <code>hc-port</code> 值）

\$5 测试在返回失败之前必须等待的最长时间（秒）。如果测试运行超出了指定的时间，则可能会停止测试并认为测试失败。该值是由用户定义的并在 `hc-timeout` 中指定。

- 用户提供的测试无需使用所有参数，但是必须返回以下几项之一：
 - 往返时间 (round-trip time, RTT) (微秒)
 - 0 (如果测试不计算 RTT)
 - -1 (失败)

缺省情况下，运行状况检查测试使用以下特权运行：PRIV_PROC_FORK、RIV_PROC_EXEC 和 RIV_NET_ICMPACCESS。

如果需要更广泛的特权集，则必须在测试中实现 `setuid`。有关特权的更多详细信息，请参见 [privileges\(5\)](#) 手册页。

列出运行状况检查

要获取有关已配置运行状况检查的详细信息，请发出以下命令：

```
# ilbadm show-healthcheck
HCNAME      TIMEOUT COUNT  INTERVAL DEF_PING TEST
hc1         3      2      8      Y      tcp
hc2         3      2      8      N      /var/usr-script
```

显示运行状况检查结果

您可以使用 `ilbadm list-hc-result` 命令获取运行状况检查结果。如果未指定规则或运行状况检查，该子命令将列出所有运行状况检查。

以下示例将显示与称为 `rule1` 的规则关联的运行状况检查结果。

```
# ilbadm show-hc-result rule1
RULENAME  HCNAME  SERVERID  STATUS  FAIL LAST      NEXT      RTT
rule1     hc1     _sg1:0   dead    10  11:01:19  11:01:27  941
rule1     hc1     _sg1:1   alive   0    11:01:20  11:01:34  1111
```

注 - 仅当规则具有关联的运行状况检查时，`show-hc-result` 命令才会显示运行状况检查结果。

输出中的 `LAST` 列显示完成服务器运行状况检查的时间。`NEXT` 列显示将要完成下一次运行状况检查的时间。

删除运行状况检查

您可以使用 `ilbadm delete-healthcheck` 命令删除运行状况检查。以下示例将删除名为 `hc1` 的运行状况检查。

```
# ilbadm delete-healthcheck hc1
```

配置 ILB 规则

本节介绍如何使用 `ilbadm` 命令创建、删除和列出负载平衡规则。

ILB 算法

ILB 算法用于控制通信流量分布，并为负载分布和服务器选择提供各种特征。

ILB 为两种操作模式提供了以下算法：

- 循环 – 在循环算法中，负载平衡器将请求轮流指定给服务器组。在为某服务器指定请求后，该服务器将会移至列表末尾。
- *src-IP* 散列 – 在源 IP 散列方法中，负载平衡器根据传入请求的源 IP 地址的散列值选择服务器。
- *src-IP, port* 散列 – 在源 IP、端口散列方法中，负载平衡器根据传入请求的源 IP 地址和源端口的散列值选择服务器。
- *src-IP, VIP* 散列 – 在源 IP、VIP 散列方法中，负载平衡器根据传入请求的源 IP 地址和目标 IP 地址的散列值选择服务器。

创建 ILB 规则

在 ILB 中，虚拟服务通过负载平衡规则表示，并通过以下参数进行定义：

- 虚拟 IP 地址
- 传输协议：TCP 或 UDP
- 端口号（或端口范围）
- 负载平衡算法
- 负载平衡模式（DSR、全 NAT 或半 NAT）
- 包含一组后端服务器的服务器组
- 可对服务器组中的每个服务器执行的可选服务器运行状况检查
- 用于运行状况检查的可选端口

注 - 您可以对特定端口指定运行状况检查，也可以对 ilbd 守护进程从服务器端口范围中随机选择的任意端口指定运行状况检查。

- 用于表示虚拟服务的规则名称

必须先执行以下操作，然后才能创建规则：

- 创建一个包含相应的后端服务器的服务器组。有关信息，请参见“[定义 ILB 中的服务器组和后端服务器](#)” [52]。
- 创建运行状况检查以将服务器运行状况检查与规则关联。有关信息，请参见“[创建运行状况检查](#)” [56]。
- 确定要与规则关联的 VIP、端口和可选协议。
- 确定要使用的操作（DSR、半 NAT 或全 NAT）。
- 确定要使用的负载平衡算法。有关更多信息，请参见“[ILB 算法](#)” [58]。

您可以使用 `ilbadm create-rule` 命令创建 ILB 规则。有关使用 `ilbadm create-rule` 命令的更多信息，请参见 [ilbadm\(1M\)](#) 手册页。

其语法如下所示：

```
# ilbadm create-rule -e -i vip=IPAddr,port=port,protocol=protocol \
-m lbalg=lb-algorithm,type=topology-type,proxy-src=IPAddr1-IPAddr2,\
pmask=value -h hc-name=hc1-o servergroup=sg rule1
```

注 - `-e` 选项可启用正在创建的规则，该规则在缺省情况下处于禁用状态。

例 6-4 创建具有运行状况检查会话持久性的全 NAT 规则

此示例创建一个名为 `hc1` 的运行状况检查，以及一个名为 `sg1` 的服务器组。该服务器组包含两个服务器，每个服务器具有一系列端口。最后一个命令创建并启用一个名为 `rule1` 的规则，并将该规则与服务器组和运行状况检查进行关联。此规则实施全 NAT 操作模式。请注意，创建该规则之前，必须先创建服务器组和运行状况检查。

```
# ilbadm create-healthcheck -h hc-test=tcp,hc-timeout=2,\
hc-count=3,hc-interval=10 hc1
# ilbadm create-servergroup -s server=192.168.0.10:6000-6009,192.168.0.11:7000-7009 sg1
# ilbadm create-rule -e -p -i vip=10.0.0.10,port=5000-5009,\
protocol=tcp -m lbalg=rr,type=NAT,proxy-src=192.168.0.101-192.168.0.104,pmask=24 \
-h hc-name=hc1 -o servergroup=sg1 rule1
```

创建持久性映射时，对具有匹配的客户机源 IP 地址的虚拟服务的连接、包或这两者的后续请求将转发到同一后端服务器。对于 IPv4，无类域间路由 (Classless Inter-Domain Routing, CIDR) 表示法中的前缀长度是一个介于 0-32 之间的值；对于 IPv6，该前缀长度是一个介于 0-128 之间的值。

创建半 NAT 或全 NAT 规则时，请指定 `connection-drain` 超时的值。`conn-drain` 超时的缺省值为 0，这意味着连接排空将持续等待，直到连接正常关闭为止。

列出 ILB 规则

要列出规则的配置详细信息，请发出以下命令。如果未指定规则名称，将提供所有规则的信息。

```
# ilbadm show-rule
RULENAME      STATUS  LBALG      TYPE  PROTOCOL  VIP          PORT
rule-http     E      hash-ip-port NAT   TCP       10.0.0.1    80
rule-dns      D      hash-ip    NAT   UDP       10.0.0.1    53
rule-abc      D      roundrobin NAT   TCP       2001:db8::1 1024
rule-xyz      E      ip-vip     NAT   TCP       2001:db8::1 2048-2050
```

删除 ILB 规则

您可以使用 `ilbadm delete-rule` 命令删除规则。添加 `-a` 选项可删除所有规则。以下示例将删除名为 `rule1` 的规则。

```
# ilbadm delete-rule rule1
```

使用案例：配置 ILB

本节介绍用于设置 ILB 以使用半 NAT 拓扑对两台服务器之间的通信进行负载平衡的步骤。请参见“[ILB 操作模式](#)” [43] 中的 NAT 拓扑实现。

1. 成为管理员。

有关更多信息，请参见《[在 Oracle Solaris 11.2 中确保用户和进程的安全](#)》中的“[使用所指定的管理权限](#)”。

2. 在 ILB 中设置服务器组。

两个服务器分别是 192.168.1.50 和 192.169.1.60。通过键入以下命令来创建由这两个服务器组成的服务器组 `srvgrp1`。有关在 ILB 中设置服务器组的更多信息，请参见“[创建 ILB 服务器组](#)” [52]。

```
# ilbadm create-sg -s servers=192.168.1.50,192.168.1.60 srvgrp1
```

3. 设置后端服务器。

在此方案中，后端服务器设置为将 ILB 用作缺省路由器。在两个服务器上运行以下命令：

```
# route add -p default 192.168.1.21
```

执行此命令后，在两台服务器上启动服务器应用程序。假定它是侦听端口 5000 的 TCP 应用程序。有关设置后端服务器的更多信息，请参见[“向 ILB 服务器组中添加后端服务器” \[52\]](#)。

4. 设置名为 hc-srvgrp1 的简单运行状况检查。通过键入以下命令来创建运行状况检查：

```
# ilbadm create-hc -h hc-test=tcp,hc-timeout=3,\
hc-count=3,hc-interval=60 hc-srvgrp1
```

简单 TCP 级别的运行状况检查用于检测服务器应用程序是否可访问。每隔 60 秒执行一次该检查。运行状况检查最多尝试三次，在两次尝试之间最多等待 3 秒，以查看服务器是否正常运行。如果三次尝试全部失败，会将服务器标记为 dead。有关监视和创建运行状况检查的更多信息，请参见[“监视 ILB 中的运行状况检查” \[55\]](#)。

5. 通过键入以下命令来设置 ILB 规则：

```
# ilbadm create-rule -e -p -i vip=10.0.2.20,port=5000 -m \
lbalg=rr,type=half-nat,pmask=32 \
-h hc-name=hc-srvgrp1 -o servergroup=srvgrp1 rule1_rr
```

此规则中使用持久性（具有 32 位掩码），负载均衡算法为 round robin。有关不同 ILB 算法的信息，请参见[“ILB 算法” \[58\]](#)。使用服务器组 srvgrp1 和运行状况检查机制 hc-srvgrp1。有关创建 ILB 规则的更多信息，请参见[“创建 ILB 规则” \[58\]](#)。

显示 ILB 统计信息

本节介绍如何使用 ilbadm 命令获取相关信息，例如服务器的输出统计信息或规则的统计信息。还可以显示 NAT 表信息和会话持久性映射表。

显示统计信息

使用 ilbadm show-statistics 命令可查看负载分配详细信息，如以下示例中所示。

```
# ilbadm show-statistics
PKT_P   BYTES_P   PKT_U   BYTES_U   PKT_D   BYTES_D
9       636       0       0         0       0

PKT_P           已处理的包数
BYTES_P        已处理的字节数
PKT_U           未处理的包数
```

BYTES_U	未处理的字节数
PKT_D	已丢弃的包数
BYTES_D	已丢弃的字节数

显示 NAT 连接表

使用 `ilbadm show-nat` 命令可显示 NAT 连接表。请注意，连续运行该命令时元素的相对位置并不重要。例如，如果执行 `ilbadm show-nat 10` 命令两次，则每次执行时所看到的 10 个项目可能不相同，在繁忙的系统上尤其如此。如果未指定计数值，则会显示整个 NAT 连接表。

例 6-5 NAT 连接表项

以下示例显示了 NAT 连接表中的五个项。

```
# ilbadm show-nat 5
UDP: 124.106.235.150.53688 > 85.0.0.1.1024 >>> 82.0.0.39.4127 > 82.0.0.56.1024
UDP: 71.159.95.31.61528 > 85.0.0.1.1024 >>> 82.0.0.39.4146 > 82.0.0.55.1024
UDP: 9.213.106.54.19787 > 85.0.0.1.1024 >>> 82.0.0.40.4114 > 82.0.0.55.1024
UDP: 118.148.25.17.26676 > 85.0.0.1.1024 >>> 82.0.0.40.4112 > 82.0.0.56.1024
UDP: 69.219.132.153.56132 > 85.0.0.1.1024 >>> 82.0.0.39.4134 > 82.0.0.55.1024
```

项格式如下：

```
T: IP1 > IP2 >>> IP3 > IP4
```

T	此项中使用的传输协议
IP1	客户机的 IP 地址和端口
IP2	VIP 和端口
IP3	在半 NAT 模式下，是客户机的 IP 地址和端口。 在全 NAT 模式下，是客户机的 IP 地址和端口。
IP4	后端服务器的 IP 地址和端口。

显示会话持久性映射表

使用 `ilbadm show-persist` 命令可显示会话持久性映射表。

例 6-6 会话持久性映射表项

以下示例显示了会话持久性映射表中的五个项。

```
# ilbadm show-persist 5
rule2: 124.106.235.150 --> 82.0.0.56
rule3: 71.159.95.31 --> 82.0.0.55
rule3: 9.213.106.54 --> 82.0.0.55
rule1: 118.148.25.17 --> 82.0.0.56
rule2: 69.219.132.153 --> 82.0.0.55
```

项格式如下：

```
R: IP1 --> IP2
```

R 与持久性项绑定的规则。

IP1 客户机的 IP 地址。

IP2 后端服务器的 IP 地址。

导入和导出配置

导出和导入子命令用于将配置从一个系统移至另一个系统。例如，如果要使用 VRRP 设置 ILB 的备份以具有主动-被动配置，只需将配置导出到一个文件中，然后将其导入备份系统即可。ilbadm export 命令可将当前的 ILB 配置导出到用户指定的文件中。该信息随后可用作 ilbadm import 命令的输入。

ilbadm import 命令会在导入之前删除现有配置，除非明确指示保留该配置。如果省略文件名，则指示命令从 stdin 读取或写入 stdout。

要导出 ILB 配置，请使用 export-config 命令。以下示例将以适合使用 import 命令进行导入的格式将当前的配置导出到文件 /var/tmp/ilb_config 中。

```
# ilbadm export-config /var/tmp/ilb_config
```

要导入 ILB 配置，请使用 import-config 命令。以下示例将读取 /var/tmp/ilb_config 文件的内容并覆盖现有配置。

```
# ilbadm import-config /var/tmp/ilb_config
```


配置 ILB 以实现高可用性

本章介绍使用 VRRP 功能实现的 ILB 高可用性 (high availability, HA) 配置。ILB 的高可用性配置是使用 DSR 和半 NAT 拓扑实现的。半 NAT 和 DSR 拓扑使用 VRRP 保护 ILB 规则的虚拟 IP 地址。但是，在半 NAT 拓扑中，VRRP 还用于保护面向后端服务器的主负载均衡器的 IP 地址。这样有助于确保在主负载均衡器发生故障时，后端服务器转为使用备用（被动）负载均衡器。

有关 VRRP 的更多信息，请参见[第 3 章 使用虚拟路由器冗余协议](#)；有关如何配置和管理 ILB 的更多信息，请参见[第 6 章 配置和管理集成负载均衡器](#)。

本章包含以下主题：

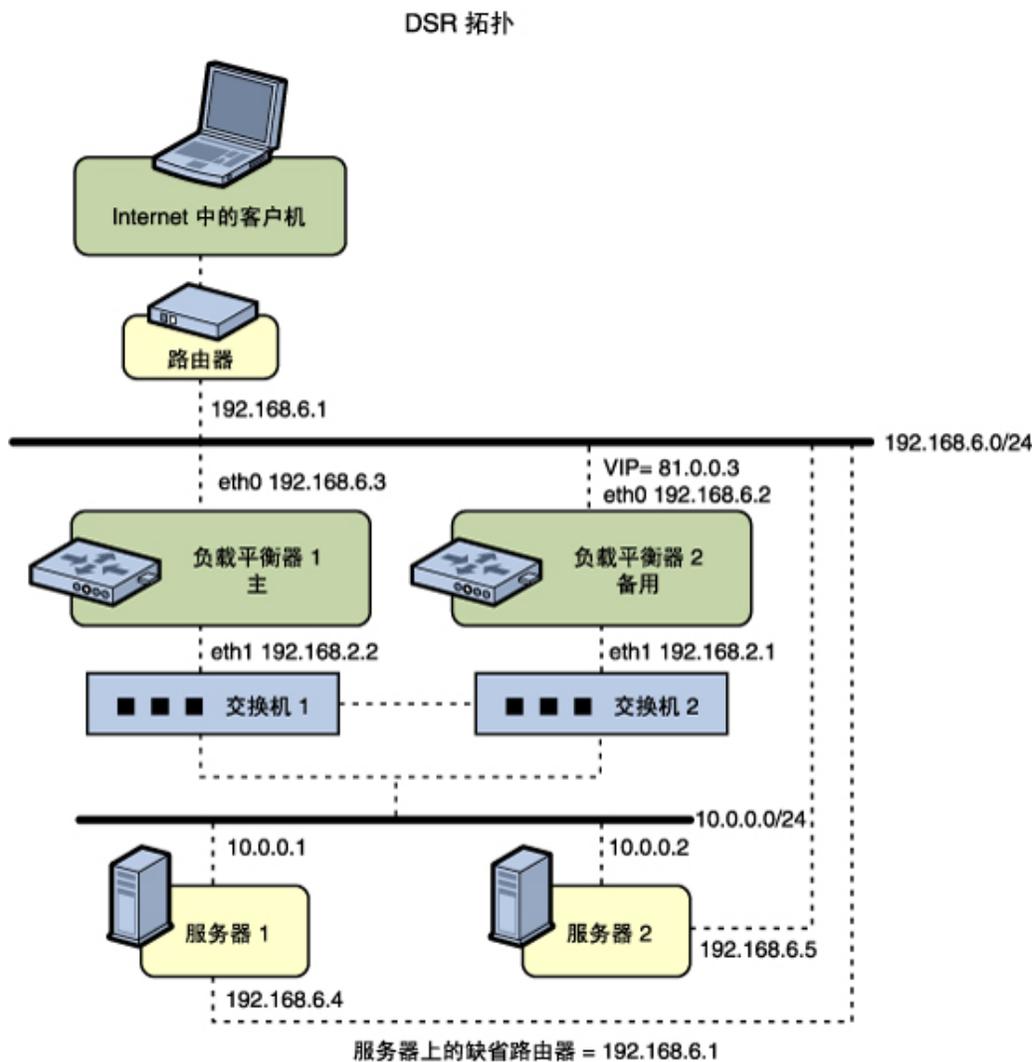
- [“使用 DSR 拓扑配置 ILB 以实现高可用性” \[65\]](#)
- [“使用半 NAT 拓扑配置 ILB 以实现高可用性” \[68\]](#)

使用 DSR 拓扑配置 ILB 以实现高可用性

您可以设置两个负载均衡器，一个作为主负载均衡器，另一个作为备用负载均衡器。主负载均衡器充当主路由器，备用（被动）负载均衡器充当备用路由器。ILB 规则的虚拟 IP 地址充当虚拟路由器 IP 地址。VRRP 子系统将检查主负载均衡器是否发生了故障。如果主负载均衡器出现故障，备用负载均衡器将承担主负载均衡器的角色。

下图显示了用于配置 ILB 连接以实现 HA 的 DSR 拓扑。

图 7-1 使用 DSR 拓扑进行 ILB 高可用性配置



负载均衡器上的所有 VIP 都是在面向子网 192.168.6.0/24 的接口上进行配置的。

▼ 如何使用 DSR 拓扑配置 ILB 以实现高可用性

对于 ILB 规则、服务器组和运行状况检查，您可以将主负载平衡器和备用负载平衡器配置为具有相同的配置。您可以将两个负载平衡器设置为使用 VRRP。此外，还可以将规则的虚拟 IP 地址设置为虚拟路由器地址。然后，VRRP 子系统将确保一个负载平衡器始终处于活动状态。

1. 成为管理员。

有关更多信息，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中确保用户和进程的安全》中的“使用所指定的管理权限”。

2. 将主负载平衡器和备用（被动）负载平衡器配置为具有相同的设置。

```
# ilbadm create-servergroup -s server=10.0.0.1,10.0.0.2 sg1
# ilbadm create-rule -i vip=10.81.0.3,port=9001 \
-m lbalg=hash-ip-port,type=DSR -o servergroup=sg1 rule1
```

3. 配置用于充当主负载平衡器的负载平衡器 1。

```
LB1# dladm create-vnic -m vrrp -V 1 -A inet -l eth0 vnic1
LB1# vrrpadm create-router -V 1 -A inet -l eth0 -p 255 vrrp1
LB1# ipadm create-ip vnic1
LB1# ipadm create-addr -d -a 10.81.0.3/24 vnic1
```

使用 vrrpadm 命令将 vrrp1 路由器的优先级设置为 255。该优先级值使路由器成为主路由器，并因此成为主动负载平衡器。

4. 配置用于充当备用负载平衡器的负载平衡器 2。

```
LB2# dladm create-vnic -m vrrp -V 1 -A inet -l eth0 vnic1
LB2# vrrpadm create-router -V 1 -A inet -l eth0 -p 100 vrrp1
LB2# ipadm create-ip vnic1
LB2# ipadm create-addr -d -a 10.81.0.3/24 vnic1
```

上述配置可防范以下故障情况：

- 如果负载平衡器 1 出现故障，负载平衡器 2 将成为主负载平衡器。然后，负载平衡器 2 将接管 VIP 10.81.0.3 的地址解析，并处理由客户机发往目标 IP 地址 10.81.0.3 的所有包。
当负载平衡器 1 恢复时，负载平衡器 2 会恢复为备用模式。
- 如果负载平衡器 1 的一个或两个接口发生故障，负载平衡器 2 会接管，充当主负载平衡器。然后，负载平衡器 2 将接管 VIP 10.81.0.3 的地址解析，并处理由客户机发往目标 IP 地址 10.81.0.3 的所有包。
当负载平衡器 1 的两个接口运行正常时，负载平衡器 2 会恢复为备用模式。

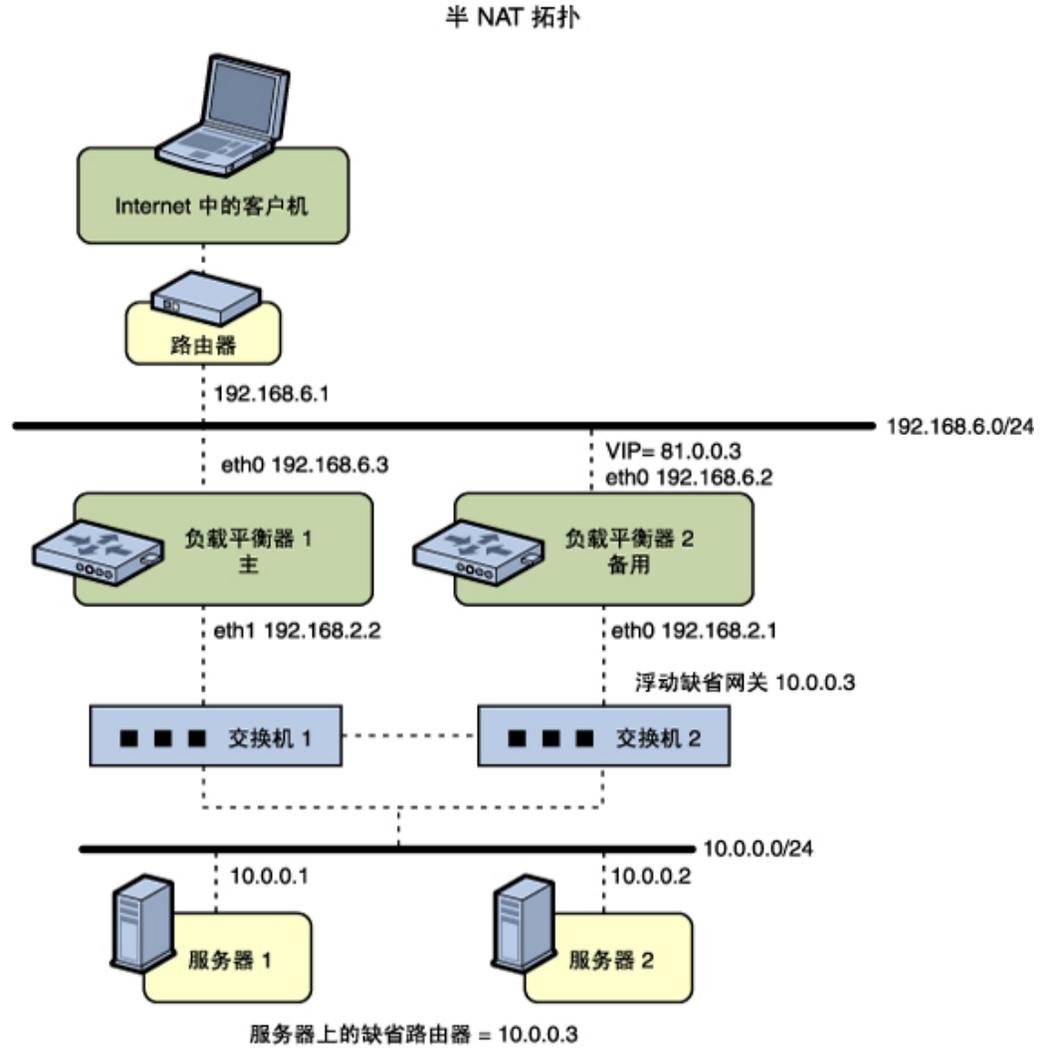
使用半 NAT 拓扑配置 ILB 以实现高可用性

本节介绍了如何使用半 NAT 拓扑设置 ILB 连接以实现 HA。您需要设置两个负载平衡器，一个作为主负载平衡器，另一个作为备用负载平衡器。如果主负载平衡器出现故障，备用负载平衡器将承担主负载平衡器的角色。

注 - 当前的 ILB 实现不会同步主负载平衡器和备用负载平衡器。当主负载平衡器出现故障而由备用负载平衡器接管时，现有连接将会失败。但是，在主负载平衡器出现故障的情况下，未同步的 HA 仍然有价值。

下图显示了用于配置 ILB 连接以实现 HA 的半 NAT 拓扑。

图 7-2 使用半 NAT 拓扑进行 ILB 高可用性配置



负载均衡器上的所有 VIP 都是在面向子网 192.168.6.0/24 的接口上进行配置的。

▼ 如何使用半 NAT 拓扑配置 ILB 以实现高可用性

1. 成为管理员。

有关更多信息，请参见《在 Oracle Solaris 11.2 中确保用户和进程的安全》中的“使用所指定的管理权限”。

2. 配置主负载均衡器和备用负载均衡器。

```
# ilbadm create servergroup -s server=10.0.0.1,10.0.0.2 sg1
# ilbadm create-rule -ep -i vip=10.81.0.3,port=9001-9006,protocol=udp \
-m lbalg=roundrobin,type=HALF-NAT,pmask=24 \
-h hc-name=hc1,hc-port=9006 \
-t conn-drain=70,nat-timeout=70,persist-timeout=70 -o servergroup=sg1 rule1
```

3. 配置用于充当主负载均衡器的负载均衡器 1。

```
LB1# dladm create-vnic -m vrrp -V 1 -A inet -l eth0 vnic1
LB1# ipadm create-ip vnic1
LB1# ipadm create-addr -d -a 10.81.0.3/24 vnic1
LB1# vrrpadm create-router -V 1 -A inet -l eth0 -p 255 vrrp1
LB1# dladm create-vnic -m vrrp -V 2 -A inet -l eth1 vnic2
LB1# ipadm create-ip vnic2
LB1# ipadm create-addr -d -a 10.0.0.3/24 vnic2
LB1# vrrpadm create-router -V 2 -A inet -l eth1 -p 255 vrrp2
```

4. 配置用于充当备用负载均衡器的负载均衡器 2。

```
LB2# dladm create-vnic -m vrrp -V 1 -A inet -l eth0 vnic1
LB2# ipadm create-ip vnic1
LB2# ipadm create-addr -d -a 10.81.0.3/24 vnic1
LB2# vrrpadm create-router -V 1 -A inet -l eth0 -p 100 vrrp1
LB2# dladm create-vnic -m vrrp -V 2 -A inet -l eth1 vnic2
LB2# ipadm create-ip vnic2
LB2# ipadm create-addr -d -a 10.0.0.3/24 vnic2
LB2# vrrpadm create-router -V 2 -A inet -l eth1 -p 100 vrrp2
```

5. 为两台服务器添加浮动缺省网关的 IP 地址。

```
# route add default 10.0.0.3
```

该配置可防范以下故障情况：

- 如果负载均衡器 1 出现故障，负载均衡器 2 将成为主负载均衡器。然后，负载均衡器 2 将接管 VIP 10.81.0.3 的地址解析，并处理由客户机发往目标 IP 地址 10.81.0.3 的所有包。此外，负载均衡器 2 还处理发送到浮动网关地址 10.0.0.3 的所有包。当负载均衡器 1 恢复时，负载均衡器 2 会恢复为备用模式。
- 如果负载均衡器 1 的一个或两个接口发生故障，负载均衡器 2 会接管，充当主负载均衡器。然后，负载均衡器 2 将接管 VIP 10.81.0.3 的地址解析，并处理由客户机发往目标 IP 地址 10.81.0.3 的所有包。此外，负载均衡器 2 还处理发送到浮动网关地址 10.0.0.3 的所有包。当负载均衡器 1 的两个接口运行正常时，负载均衡器 2 会恢复为备用模式。

索引

A

安装

- ILB, 49
- VRRP, 31

B

半 NAT 拓扑

- 配置, 68

比较第 2 层 VRRP 和第 3 层 VRRP, 26

BGP, 11

C

创建

- ILB 服务器组, 52
- ILB 规则, 59
- VRRP VNIC, 32
- VRRP 路由器, 33
- 运行状况检查, 56

D

第 2 层 VRRP

- 限制, 27

第 2 层 VRRP 和第 3 层 VRRP 比较, 26

第 3 层 VRRP

- 基于 InfiniBand 的以太网支持, 28
- 控制无故 ARP 和 NDP 消息, 40
- 概述, 26
- 限制, 28

dladm 命令

- create-vnic, 33

DSR 模式

- 优点, 44
- 缺点, 44

说明, 44

DSR 拓扑

- 配置, 65

E

/etc/inet/ndpd.conf 文件, 21

- 创建, 21

F

服务器直接返回模式 见 DSR 模式

服务器至客户机, 48

G

高可用性

- DSR 拓扑, 65
- 半 NAT 拓扑, 68

管理

- ILB, 52, 55, 58

H

后端服务器

- 删除, 54
- 禁用, 53
- 重新启用, 53

I

ICMP 路由器搜索 (Router Discovery, RDISC) 协议, 10

ILB

- DSR 模式, 43
- NAT 模式, 43

- 从 ILB 服务器组中删除后端服务器的示例, 54
 - 创建 ILB 服务器组并添加后端服务器的示例, 53
 - 创建全 NAT 规则的示例, 59
 - 功能, 12
 - 后端服务器, 54
 - 启用, 51
 - 命令行, 50
 - 安装, 49
 - 导入
 - 配置, 63
 - 导出
 - 配置, 63
 - 操作模式, 43
 - 显示
 - NAT 连接表, 62
 - 会话持久性映射表, 62
 - 统计信息, 61
 - 服务器组, 52
 - 查看子命令, 50
 - 概述, 12
 - 流程, 48
 - 测试详细信息, 56
 - 用户授权, 50
 - 禁用, 51
 - 禁用并重新启用 ILB 服务器组中后端服务器的示例, 54
 - 算法, 58
 - 管理, 52
 - 组件, 43
 - 统计信息
 - 显示, 61
 - 规则, 58
 - 运行状况检查, 55
 - 配置 ILB 的使用案例, 60
 - 配置子命令, 50
 - 高可用性, 65, 68
- ILB 服务器组
- 创建, 52
 - 删除, 55
 - 定义, 52
 - 显示, 55
 - 添加, 52
- ILB 规则
- 列出, 58, 60
 - 创建, 59
 - 删除, 60
- ILB 中的运行状况检查
- 监视, 55
- in.ripngd 守护进程, 20, 21
- in.routed 守护进程
- 空间节省模式, 10
 - 说明, 10
- ipadm command
- create-addr, 35
- IPv4 路由器
- 配置, 15
- IPv6
- in.ripngd 守护进程, 20
 - 路由器通告, 20
- IPv6 路由器
- 配置, 19

J

- 基于 InfiniBand 的以太网
 - VRRP 和, 28
- 集成负载均衡器 见 ILB
- 禁用
 - VRRP 路由器, 36

K

- 客户机至服务器, 48
- 空间节省模式
 - in.routed 守护进程选项, 10

L

- 路由表
- 创建 in.routed 守护进程, 10
 - 空间节省模式, 10
- 路由器
- BGP, 11
 - OSPF, 11
 - quagga 路由协议套件, 11
 - RIPng, 11
 - VRRP, 11
 - 为网络配置缺省路由器的示例, 17
 - 定义, 9
 - 概述, 9

- 路由协议
 - 说明, 9
 - 配置, 9
 - IPv6, 20
 - 路由器配置
 - IPv4 路由器, 15
 - IPv6 路由器, 19
 - 路由器通告
 - IPv6, 20
 - 路由协议
 - BGP, 11
 - OSPF, 11
 - RDISC
 - 说明, 10
 - RIP
 - 说明, 10
 - RIPng, 11
 - VRRP, 11
 - 关联的路由守护进程, 10
 - 说明, 9
 - 路由信息协议 (routing information protocol, RIP)
 - 说明, 10
- N**
- NAT 模式
 - 优点, 46
 - 缺点, 46
 - 说明, 45
 - ndpd.conf 文件
 - 创建, 在 IPv6 路由器上, 21
- O**
- OSPF, 11
- P**
- 配置
 - VRRP 路由器的虚拟 IP 地址, 35
 - 启用 IPv6 的路由器, 20
 - 路由器, 9, 15
- Q**
- 启用
 - VRRP 路由器, 36
 - 前缀
 - 路由器通告, 20
 - q 选项
 - in.routed 守护进程, 10
 - quagga 路由协议套件, 11
- R**
- RDISC
 - 说明, 10
 - RIPng, 11
 - routeadm 命令
 - IPv6 路由器配置, 21
- S**
- 删除
 - VRRP 路由器, 39
 - 守护进程
 - in.ripngd 守护进程, 20, 21
 - S 选项
 - in.routed 守护进程, 10
- T**
- 拓扑
 - DSR, 43
 - 全 NAT, 47
 - 半 NAT, 47
 - 添加
 - ILB 服务器组, 52
- V**
- VRRP, 23
 - VNIC 创建, 32
 - 专用 IP 区域支持, 28
 - 主路由器, 24
 - 互操作
 - 其他网络功能, 28
 - 基于 InfiniBand 的以太网支持, 28
 - 备用路由器, 24
 - 安装, 31

- 授权, 32
- 概述, 23
- 比较第 2 层和第 3 层, 26
- 禁用路由器, 36
- 规划, 31
- 说明, 11
- 配置, 32
- 限制, 27
- VRRP 路由器
 - 为第 3 层 VRRP 路由器配置虚拟 IP 地址的示例, 36
 - 为路由器配置虚拟 IP 地址的示例, 35
 - 修改, 36
 - 创建, 33
 - 创建 VRRP 路由器的示例, 34
 - 删除, 39
 - 启用, 36
 - 显示 IP 关联地址, 38
 - 显示 IP 关联地址的示例, 39
 - 显示系统上第 3 层路由器配置信息的示例, 38
 - 显示配置, 37
 - 显示配置信息的示例, 37
 - 概述, 12
 - 配置 VRRP 路由器的使用案例, 40
 - 配置第 3 层 VRRP 路由器的示例, 34
 - 配置虚拟 IP 地址, 35
- VRRP 路由器和负载均衡器
 - 为什么使用, 14
- VRRP VNIC, 32
- vrrpadm 命令
 - create-router, 32
- vrrpadm command
 - show-router, 37

W

- 网络地址转换模式 见 NAT 模式
- 网络配置
 - IPv6 路由器, 20
 - 路由器, 15
- 无故 ARP 和 NDP 消息, 40

X

- 显示

- VRRP 路由器的配置, 37
 - 与 VRRP 路由器关联的 IP 地址, 38
 - 运行状况检查, 57
- 消息
 - 路由器通告, 20
- 新增功能
 - routeadm 命令, 21
- 修改
 - VRRP 路由器, 36

Y

- 与 VRRP 路由器关联的 IP 地址
 - 显示, 38
- 运行状况检查
 - 创建, 56
 - 删除, 58
 - 显示, 57
 - 显示结果, 57

Z

- 站点前缀, IPv6
 - 通告, 在路由器上, 21