

Messaging for Many Applications

ZeroMQ

云时代极速消息通信库



[美] Pieter Hintjens 著
卢涛 李颖 译

O'REILLY®



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

ZeroMQ

云时代极速消息通信库

ZeroMQ: Messaging for Many Applications

[美] Pieter Hintjens 著

卢涛 李颖 译

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

本书介绍 ZeroMQ 的 API、套接字和模式的使用。通过建立应用程序来讲解如何使用 ZeroMQ 编程技术构建多线程应用程序，并创建自己的消息传递架构。本书设计了大量工作实例来实现请求 - 应答模式的高级使用和容错性，并对发布 - 订阅模式的性能、可靠性、状态分发与监控进行了扩展。

本书面向的读者是希望制作大规模分布式软件的专业程序员和有志于这方面研究的专业人士，旨在帮助他们解决大规模、可扩展、低成本、高效率的问题，书中还展现了 ZeroMQ 所需的网络和分布式计算概念。

©2013 by O'Reilly Media, Inc.

Simplified Chinese Edition, jointly published by O'Reilly Media, Inc. and Publishing House of Electronics Industry, 2015. Authorized translation of the English edition, 2013 O'Reilly Media, Inc., the owner of all rights to publish and sell the same.

All rights reserved including the rights of reproduction in whole or in part in any form.

本书简体中文版专有出版权由 O'Reilly Media, Inc. 授予电子工业出版社。未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。专有出版权受法律保护。

版权贸易合同登记号 图字：01-2014-5267

图书在版编目 (CIP) 数据

ZeroMQ: 云时代极速消息通信库 / (美) 亨特金斯 (Hintjens, P.) 著; 卢涛, 李颖译. —北京: 电子工业出版社, 2015.3

书名原文: ZeroMQ: messaging for many applications

ISBN 978-7-121-25311-9

I. ① Z… II. ① 亨… ② 卢… ③ 李… III. ① 计算机网络—软件工具 IV. ① TP393.07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 308036 号

策划编辑: 张春雨

责任编辑: 刘 舫

封面设计: Randy Comer 张 健

印 刷: 北京丰源印刷厂

装 订: 三河市华成印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编: 100036

开 本: 787×980 1/16

印张: 33.5 字数: 793千字

版 次: 2015年3月第1版

印 次: 2015年3月第1次印刷

定 价: 108.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

O'Reilly Media, Inc.介绍

O'Reilly Media 通过图书、杂志、在线服务、调查研究和会议等方式传播创新知识。自 1978 年开始, O'Reilly 一直都是前沿发展的见证者和推动者。超级极客们正在开创着未来, 而我们关注真正重要的技术趋势——通过放大那些“细微的信号”来刺激社会对新科技的应用。作为技术社区中活跃的参与者, O'Reilly 的发展充满了对创新的倡导、创造和发扬光大。

O'Reilly 为软件开发人员带来革命性的“动物书”; 创建第一个商业网站 (GNN); 组织了影响深远的开放源代码峰会, 以至于开源软件运动以此命名; 创立了 Make 杂志, 从而成为 DIY 革命的主要先锋; 公司一如既往地通过多种形式缔结信息与人的纽带。O'Reilly 的会议和峰会集聚了众多超级极客和高瞻远瞩的商业领袖, 共同描绘出开创新产业的革命性思想。作为技术人士获取信息的选择, O'Reilly 现在还将先锋专家的知识传递给普通的计算机用户。无论是通过书籍出版、在线服务或者面授课程, 每一项 O'Reilly 的产品都反映了公司不可动摇的理念——信息是激发创新的力量。

业界评论

“O'Reilly Radar 博客有口皆碑。”

——Wired

“O'Reilly 凭借一系列 (真希望当初我也想到了) 非凡想法建立了数百万美元的业务。”

——Business 2.0

“O'Reilly Conference 是聚集关键思想领袖的绝对典范。”

——CRN

“一本 O'Reilly 的书就代表一个有用、有前途、需要学习的主题。”

——Irish Times

“Tim 是位特立独行的商人, 他不光放眼于最长远、最广阔的视野并且切实地按照 Yogi Berra 的建议去做了: ‘如果你在路上遇到岔路口, 走小路 (岔路) 。’ 回顾过去 Tim 似乎每一次都选择了小路, 而且有几次都是一闪即逝的机会, 尽管大路也不错。”

——Linux Journal

To Noémie, Freeman, and Gregor.

译者序

ZeroMQ 是 iMatix 开发的以消息为导向的开源中间件库，它类似于标准 Berkeley 套接字，支持多种通信模式（扇出、发布 - 订阅、任务分配和请求 - 应答）和传输协议（进程内、进程间、TCP 和多播），可以用作一个并发框架。其核心由 C 编写，支持 C++、Java 等多种语言的 API，能在大部分现代平台上运行。它的运行速度很快，其异步模型具有高可扩展性。ZeroMQ 中的 Zero（零）代表简约并涵盖不同目标：零代理、零延迟、零管理、零成本等。

本书源自 ZeroMQ 的参考手册，通过社区共同开发而成，数百人为本书做出了贡献，包括用各种编程语言编写的示例。本书也为运作一个成功的社区提供了范例。

值得一提的是，本书作者 Pieter Hintjens 是 iMatix 公司的首席执行官，他于 2010 年被查出患了晚期癌症，动了多次手术并化疗 6 个月，但 2011 年仍然坚持继续完成这本书的写作。这种奋不顾身的专业精神值得我们学习。

感谢电子工业出版社计算机出版分社的张春雨编辑选择我们翻译本书，感谢刘舫编辑，她从专业的角度对译文进行了把关，并进行了许多润色，使之更具可读性。

感谢李绿霞、卢林、陈克非、李洪秋、张慧珍、李又及、卢晓瑶、陈克翠、汤有四、李阳、刘雯、贾书民、苏旭晖对本书翻译工作做出的贡献。

还要感谢我们的儿子卢〇一小朋友，他知道我们在翻译书稿就常常自己安静地读书和玩耍，还放弃了很多出去玩的机会，让我们能够专注于本书的翻译，本书的出版也有他的一份贡献。

最后希望这本书对读者有帮助。但由于译者经验和水平有限，译文中难免有不妥之处，
恳请读者批评指正！

卢涛 李颖

2014 年 12 月 8 日

前言

ØMQ 的一百字概括

ØMQ（也称为 ZeroMQ、0MQ 或 zmq）看起来像一个可嵌入的网络库，但其作用就像一个并发框架。它为你提供了在各种传输工具，如进程内、进程间、TCP 和组播中进行原子消息传送的套接字。你可以使用各种模式实现 N 对 N 的套接字连接，这些模式包括扇出、发布 - 订阅、任务分配和请求 - 应答。它的速度足够快，因此可充当集群产品的结构。它的异步 I/O 模型提供了可扩展的多核应用程序，用异步消息来处理任务。它有多种编程语言的 API，并可运行在大多数操作系统上。ØMQ 是 iMatix (<http://www.imatix.com>) 开发的，并在 LGPLv3 许可下开源。

零之禅

ØMQ 中的 Ø 关乎权衡。一方面，ØMQ 这个奇怪的名字使其在谷歌和 Twitter 上降低了知名度。另一方面，它惹恼了一些丹麦人（译者注：Ø 是丹麦语字母表中的字母），他们写给我们如下的东西，比如“ØMG røtfl”（译者注：把 Ø 替换成 O 后表示“天哪，笑翻了”）、“Ø 不是一个有趣的零！”（译者注：早期计算机输出中用这个符号表示数字 0，以便与字母 O 区分）和“Rødgrød med Fløde!”（这显然是一种侮辱，意思是“愿你的邻居是格伦德尔的直系后裔！”）（译者注：在古英国史诗《贝奥武夫》中，格伦德尔是一只雄性怪兽，这里作者好像是在误导，rødgrød med fløde，意为“浇了奶油的红莓布丁”，是个非常经典的丹麦语绕口令，它难倒了很多外国人，因为这短短的一句话中包括了三个“ø”（两种不同的发音方式）、咽喉擦音 r、重音 gr 组合和软化的 d（发音类似于英语 with 中的 th）。）这毁誉参半的两方面似乎是一个公平的交易。

最初，ØMQ 中的“零”是为了表示“零代理”和（尽可能接近）“零延迟”。但从那时起，

它已经涵盖了不同的目标：零管理、零成本、零浪费。更一般的，“零”是指贯穿项目的简约文化。我们通过消除复杂性，而不是通过公开新功能来增加威力。

本书的历程

在 2010 年的夏天，ØMQ 仍是一个名不见经传的小众库，它由相当简洁的参考手册和一个活跃但精炼的 wiki 来描述。那时，Martin Sustrik 和我坐在布拉迪斯拉发 Kyjev 酒店的酒吧里，密谋如何让 ØMQ 获得更广泛的普及。Martin 写了大部分的 ØMQ 代码，而我提供了资金并组织了社区。因为某种原因，我们一致认为 ØMQ 需要一个更简单的新网站，并需要为新用户写一本基本指南。

Martin 收集了一些要讲解的主题。由于在此之前，我连一行 ØMQ 代码都没写过，因此这本书的写作过程成了一个活学活用的见证。当我通过简单的例子进入复杂的工作时，我试着回答了很多在邮件列表上见过的问题。因为 30 年来我一直在构建大型架构，所以我有很多问题渴望用 ØMQ 来解决。令人惊讶的是，用 ØMQ 来解决问题所获得的结果大多是简单而优雅的，甚至当我用 C 语言工作时，学习 ØMQ 和用它解决实际问题也会使我感到一种纯粹的快乐，这使我在几年的停顿后，再一次回归编程领域。而往往，我们起初也不知道它“应该”如何完成某项工作，在使用过程中，我们不断地对 ØMQ 进行着改进。

因为从一开始，我就想把这本指南做成一个社区项目，所以我把它放到 GitHub 上，让别人通过提出请求的方式为本书做出贡献。这种做法被某些人认为是激进的，甚至是低俗的。我们实现了分工：我负责写作和制作原始的 C 语言示例，其他人帮助修复文本中的错误并把示例翻译成其他语言。

这种模式工作得比我想象的更好。现在你可以找到所有示例的多种语言版本，许多例子甚至有十几种语言版本。它是一块编程语言的罗塞塔石碑（译者注：刻有古埃及国王托勒密五世登基的诏书的石碑。上面用希腊文字、古埃及文字和当时的通俗体文字刻了同样的内容），这本身就是一个有价值的结果。我们建立了高分标准：翻译程度达到 80%，每种语言都有自己的指南。PHP、Python、Lua 和 Haxe 都达到了这个目标。人们要求我们创建 PDF 文件，我们就创建好后提供给他们。人们要求提供电子书，他们也如愿以偿了。目前，这本指南得到了大约一百多人的帮助。

该指南实现了普及 ØMQ 的目标。这种风格取悦了大多数人但也惹恼了一些人，这是自然的。2010 年 12 月，我在 ØMQ 和指南上的工作停顿了下来，因为我查出自己患了晚期癌症，动了多次手术并化疗 6 个月。当我在 2011 年年中再度拾起这项工作时，它开始在可以想象的最大的用例之一上爆发，即：在全球最大的电子公司的手机和平板电脑

上使用 ØMQ。

但是，本指南的目标从一开始就是一本印刷书籍。所以，在 2012 年 1 月我收到 Bill Lubanovic 发来的一封电子邮件，这是令人兴奋的，他把我介绍给 O'Reilly 公司的 Andy Oram 编辑，建议出一本 ØMQ 的图书。“当然！”我说，“可我在哪里签名呢？我需要付多少钱？呵呵，我能得到钱吗？所有我需要做的就是完成它吗？”

当然，只要 O'Reilly 发布一本 ØMQ 图书，其他出版社就会开始给潜在的作者发送电子邮件约稿。明年你可能会看到大量的 ØMQ 图书现身。这是很好的。我们的小众库已经成为主流，并值得拥有六英寸的书架空间。我要向其他 ØMQ 图书的作者致歉，我们已经设置了可怕的高门槛，我的建议是让你的书具有互补性，也许可以专注于一种特定的语言、平台或模式。

这就是社区的神奇和力量：如果你创建的社区能成为在某一个领域中的第一个社区，并保持健康发展，你就将永远占据这个领域的领导地位。

读者对象

本书是为专业程序员编写的，旨在帮助他们了解如何制作将主宰未来计算的大规模分布式软件。我们假设你能够阅读 C 代码，因为这里的大多数示例都用 C 语言编写（尽管 ØMQ 被用在许多语言中）。我们假设你关注规模，因为 ØMQ 解决了上述所有其他的问题。我们假设你需要用最少的成本获得最好的结果，因为否则你不会欣赏 ØMQ 所做的权衡。除了这些基本的背景，我们还试图为你呈现使用 ØMQ 将需要的所有网络和分布式计算的概念。

本书所使用的约定

本书使用以下印刷约定：

斜体 (*Italic*)

用于表示新的术语、命令或命令行选项、URL、电子邮件地址、文件名和文件扩展名。

等宽字体 (Constant width)

用于程序清单，以及段落中引用的程序元素，如变量、函数名、数据类型和环境变量。

等宽粗体 (**Constant width bold**)

用于表示由用户输入的命令行。

等宽斜体 (*Constant width italic*)

用于表示应被替换为用户提供的有意义的值的预留位置。



此图标表示提示、建议或一般的注意。

中文版书中切口以“”表示原书页码，便于读者与原英文版图书对照阅读，本书的索引中所列的页码为原英文版页码。

使用代码示例

代码示例都在线存储库中，它位于 <https://github.com/imatix/zguide/tree/master/examples/>。你会发现每一个例子都被翻译成其他数种语言。这些例子都在 MIT/X11 下授权，详情请查看该目录中的 *LICENSE* 许可文件。本书正文解释了在各种情况下如何运行每个示例。

我们欢迎在使用代码示例时署名，但不强制要求这么做。一个署名通常包括标题、作者、出版商和 ISBN。例如：“*ZeroMQ* by Pieter Hintjens (O'Reilly). Copyright 2013 Pieter Hintjens, 978-1-449-33406-2.”。

如果你发现自己对书中代码的使用有失公允，或是违反了前述条款，敬请通过 permissions@oreilly.com 与我们联系。

Safari® Books Online



Safari Books Online 是一家按需所取的数字图书馆，它同时提供来自世界各地领先的技术和业务作者的书籍和视频两种形式的专业内容。

专业技术人员、软件开发人员、网页设计师，以及商业和创意专业人士使用 Safari 联机丛书作为研究，是解决问题、学习和认证培训的主要资源。

Safari Books Online 提供了一系列的产品组合和针对组织、政府机构和个人的定价方案。用户有机会在一个完全可搜索的数据库中访问成千上万的书籍、培训视频和即将出版的原稿，它们来自 O'Reilly Media、Prentice Hall Professional、Addison-Wesley Professional、Microsoft Press、Sams、Que、Peachpit Press、Focal Press、Cisco Press、John Wiley & Sons、Syngress、Morgan Kaufmann、IBM Redbooks、Packt、Adobe Press、FT Press、Apress、Manning、New Riders、McGraw-Hill、Jones & Bartlett、

Course Technology 以及大量其他出版商。有关 Safari Books Online 的更多详细信息，请访问我们的网站。

如何联系我们

请将对本书的评价和存在的问题通过如下地址告知出版者：

美国：

O'Reilly Media, Inc.
1005 Gravenstein Highway North
Sebastopol, CA 95472

中国：

北京市西城区西直门南大街 2 号成铭大厦 C 座 807 室 (100035)
奥莱利技术咨询 (北京) 有限公司

O'Reilly 的每一本书都有专属网站，你可以在那里找到关于本书的相关信息，包括勘误列表、示例代码以及其他信息。本书的网站地址是：

<http://bit.ly/ZeroMQ-OReilly>

对于本书的评论和技术性的问题，请发送电子邮件到：

bookquestions@oreilly.com

关于我们的书籍、课程、会议和新闻的更多信息，请参阅我们的网站 <http://www.oreilly.com>。

在 Facebook 上找到我们：<http://facebook.com/oreilly>

在 Twitter 上关注我们：<http://twitter.com/oreillymedia>

在 YouTube 上观看我们：<http://www.youtube.com/oreillymedia>

致谢

感谢 Andy Oram 使本书能够在 O'Reilly 出版并对此书进行了编辑。

感谢 Bill Desmarais、Brian Dorsey、Daniel Lin、Eric Desgranges、Gonzalo Diethelm、Guido Goldstein、Hunter Ford、Kamil Shakirov、Martin Sustrik、Mike Castleman、Naveen Chawla、Nicola Peduzzi、Oliver Smith、Olivier Chamoux、Peter Alexander、

Pierre Rouleau, Randy Dryburgh, John Unwin, Alex Thomas, Mihail Minkov, Jeremy Avnet, Michael Compton, Kamil Kisiel, Mark Kharitonov, Guillaume Aubert, Ian Barber, Mike Sheridan, Faruk Akgul, Oleg Sidorov, Lev Givon, Allister MacLeod, Alexander D' Archangel, Andreas Hoelzlwimmer, Han Holl, Robert G. Jakabosky, Felipe Cruz, Marcus McCurdy, Mikhail Kulemin, Dr. Gergő Érdi, Pavel Zhukov, Alexander Else, Giovanni Ruggiero, Rick "Technoweenie", Daniel Lundin, Dave Hoover, Simon Jefford, Benjamin Peterson, Justin Case, Devon Weller, Richard Smith, Alexander Morland, Wadim Grasza, Michael Jakl, Uwe Dauernheim, Sebastian Nowicki, Simone Deponti, Aaron Raddon, Dan Colish, Markus Schirp, Benoit Larroque, Jonathan Palardy, Isaiah Peng, Arkadiusz Orzechowski, Umut Aydin, Matthew Horsfall, Jeremy W. Sherman, Eric Pugh, Tyler Sellon, John E. Vincent, Pavel Mitin, Min RK, Igor Wiedler, Olof Åkesson, Patrick Lucas, Heow Goodman, Senthil Palanisami, John Gallagher, Tomas Roos, Stephen McQuay, Erik Allik, Arnaud Cogoluègnes, Rob Gagnon, Dan Williams, Edward Smith, James Tucker, Kristian Kristensen, Vadim Shalts, Martin Trojer, Tom van Leeuwen, Hiten Pandya, Harm Aarts, Marc Harter, Iskren Ivov Chernev, Jay Han, Sonia Hamilton, Nathan Stocks, Naveen Palli 和 Zed Shaw 对这项工作做出的贡献。

感谢 Martin Sustrik 多年来在 ZeroMQ 上所做的令人难以置信的工作。

感谢 Stathis Sideris 为 Dita (<http://www.dita.org>) 做出的贡献。

关于作者

30 年前, Pieter Hintjens 从制作视频游戏起家, 并持续构建各种软件产品至今。他信奉“软件的本质就是人的本质”的原则, 他现在专注于通过“社会结构”建设社区、写作和帮助他人使用 ZeroMQ 获利。

他曾在一个与软件专利做斗争的大型非政府组织——FFII 中担任了两年的会长。他曾是 Wikidot 的 CEO, 欧洲专利大会的创始人以及数字标准组织的创始人。Pieter 会说英语、法语、荷兰语, 并对其他十多种语言略知一二。Pieter 与他美丽的妻子和三个可爱的孩子生活在比利时布鲁塞尔, 他与当地的西非鼓乐队一起演奏, 并喜欢去各地旅行。

封面介绍

本书封面的动物是 fourhorn sculpin 鱼 (Myoxocephalus quadricornis)。这种鱼主要生活在环绕北美和欧亚大陆北部的北极近海, 也可以在欧洲的一些淡水湖泊中找到它们。这种鱼以它的头部的 4 个骨性突起而命名。

fourhorn sculpin 鱼的鱼身暗黑而稍扁平, 眼睛接近其头顶部, 它的骨盆硕大, 并且有独特的大嘴。它的体长通常可达约 30 厘米。一种区别这个物种的雄性和雌性的方法是, 雄性的肚子为黄褐色而雌性的肚子为白色。这种鱼主要是以海底的生物体为食, 如甲壳类动物和鱼卵。

fourhorn sculpin 鱼在冬季繁殖。在此期间, 雄鱼通常会挖一个坑, 雌鱼会把所有的卵放进去。一旦雌鱼在坑里完成产卵, 雄鱼就会在三个月的潜伏期中守护卵。

封面图片取自约翰逊的 *Natural History* 一书。

目录

前言	xix
----------	-----

第 1 部分 学习如何使用 ØMQ 来开展工作

第 1 章 基础知识	3
修复这个世界	3
本书的读者对象	5
获取示例	5
问过就必有收获	5
在字符串上的小注解	10
版本报告	12
获得消息	12
分而治之	16
用 ØMQ 编程	21
获取正确的上下文	22
执行彻底的退出	22
为什么我们需要 ØMQ	23
套接字的可扩展性	27
从 ØMQ v2.2 升级到 ØMQ v3.2	28
警告：不稳定的典范！	29

第 2 章 套接字和模式	31
套接字 API	32
把套接字接入网络拓扑	32
使用套接字来传输数据	34
单播传输	35
ØMQ 不是一个中性载体	35
I/O 线程	36
消息传递模式	37
高级别消息传递模式	38
处理消息	38
处理多个套接字	41
多部分消息	44
中间层及代理	45
动态发现问题	46
共享队列 (DEALER 和 ROUTER 套接字)	48
ØMQ 的内置代理功能	53
传输桥接	55
处理错误和 ETERM	56
处理中断信号	61
检测内存泄漏	63
使用 ØMQ 编写多线程程序	64
线程间信令 (PAIR 套接字)	69
节点协调	71
零拷贝	75
发布 - 订阅消息封包	76
高水位标记	78
消息丢失问题的解决方案	80
第 3 章 高级请求 - 应答模式	83
请求 - 应答机制	83
简单的应答封包	84
扩展的应答封包	84
这有什么好处呢	87

请求 - 应答套接字回顾	88
请求 - 应答组合	88
REQ 到 REP 组合	89
DEALER 到 REP 组合	89
REQ 到 ROUTER 组合	90
DEALER 到 ROUTER 组合	90
DEALER 到 DEALER 组合	90
ROUTER 到 ROUTER 组合	90
无效组合	91
探索 ROUTER 套接字	91
身份和地址	92
ROUTER 错误处理	93
负载均衡模式	94
ROUTER 代理和 REQ 工人	95
ROUTER 代理及 DEALER 工人	97
负载均衡的消息代理	98
用于 ØMQ 的一个高级别的 API	105
高级别 API 的特点	107
CZMQ 高级别 API	108
异步客户端 / 服务器模式	115
能够工作的示例：跨代理路由	120
建立详情	120
单集群架构	121
扩展到多个集群	122
联盟与对等比较	124
命名规范	126
状态流原型	127
本地流和云端流原型	130
总结	137

第 4 章 可靠的请求 - 应答模式 147

什么是“可靠性”	147
可靠性设计	148