

Hyperledger Fabric 菜鸟进阶攻略

黎跃春 韩小东 付金亮 © 编著

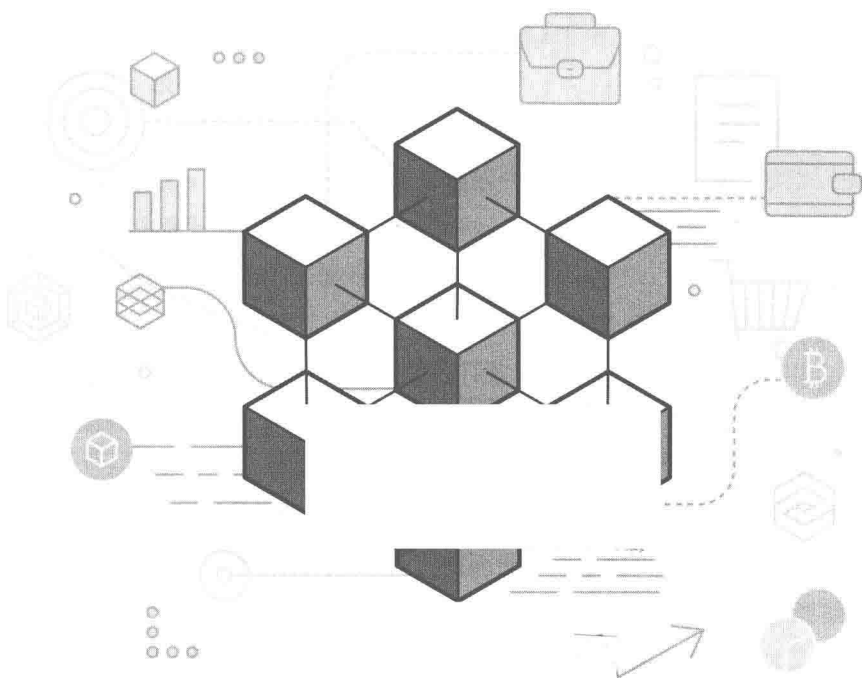


机械工业出版社
China Machine Press

区块链
技术丛书

Hyperledger Fabric 菜鸟进阶攻略

黎跃春 韩小东 付金亮 © 编著



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

Hyperledger Fabric 菜鸟进阶攻略 / 黎跃春, 韩小东, 付金亮编著. —北京: 机械工业出版社, 2019.4
(区块链技术丛书)

ISBN 978-7-111-62322-9

I. H… II. ①黎… ②韩… ③付… III. 电子商务—支付方式—研究 IV. F713.361.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 052609 号

Hyperledger Fabric 菜鸟进阶攻略

出版发行: 机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码: 100037)

责任编辑: 赵亮宇

责任校对: 张惠兰

印 刷: 北京诚信伟业印刷有限公司

版 次: 2019 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 186mm×240mm 1/16

印 张: 15.5

书 号: ISBN 978-7-111-62322-9

定 价: 69.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

客服热线: (010) 88379426 88361066

投稿热线: (010) 88379604

购书热线: (010) 68326294

读者信箱: hzit@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

为什么要写这本书

随着跨行业区块链技术的逐渐普及，区块链技术成为应用程序开发或企业级应用解决方案的基础，各机构、企业将区块链、分布式账本和分布式应用平台的底层技术应用于更具有创新性的企业级应用的兴趣也在增长，但无论是开发人员还是企业，在使用区块链技术时都需要结合自身需求，根据不同的情况进行考虑。

- 从开发人员的角度思考，能够支持在通用编程语言（如目前流行的 Java、Python、Golang 和 Node.js 等）中创建的智能合约的分布式账本平台，而不受限于特定的语言。这意味着大多数开发人员只需要熟练掌握一门编程语言就拥有开发智能合约所需的技能，并不需要额外的培训来学习新的语言。
- 从企业的角度思考，通过其特定的功能与特性，能够使平台支持从政府、金融、公益事业、供应链物流到医疗保健等广泛的行业用例，并且能够保证应用的灵活性及可持续发展的扩展性。

其中，由 Linux 基金会主导并牵头，物联网、供应链、制造和科技等各行业的巨头共同宣布了区块链技术中第一个面向企业应用场景的开源分布式账本平台——Hyperledger（超级账本）联合项目，将区块链技术引入联盟链的应用场景中，为未来基于区块链技术打造高效率的商业网络打下基础，为透明、公开、去中心化的企业级分布式账本技术提供开源参考实现。

Hyperledger Fabric 分布式超级账本平台技术基于其特点及优势，吸引了一大批区块链技术开发人员的加入，受到众多企业及相应开发人员的关注。但区块链技术涉及广泛，相关资料匮乏，偏重于开发实战方面的书籍更少。网络上的相关技术内容缺乏系统性，内容零散，导致学习者付出的时间、精力及成本成倍增长。

这种情况阻碍了许多开发人员的学习脚步，甚至让学习半途而废。为了提高开发人员的

学习效率,降低学习成本,快速掌握 Hyperledger Fabric 应用开发技术,特编写了本书。

本书特色

本书是一本系统性讲解 Hyperledger Fabric 平台知识并侧重介绍应用项目开发实战的书籍,遵循实践出真知的理念,通过大量动手实践,循序渐进地介绍超级账本技术及相关核心模块。

本书的内容注重实用性及理论与实践相结合,由浅入深地介绍了超级账本技术原理,并详细说明了 Hyperledger Fabric 的逻辑架构、运行时架构及各网络节点角色的作用,深入介绍 Hyperledger Fabric 超级账本的交易流程实现;通过网络环境构建、链码开发,逐步探索 Hyperledger Fabric 分布式超级账本技术及其应用开发过程;最后通过项目实战,着重介绍了相关技术点及开发流程、技巧,让读者熟练掌握分布式超级账本平台技术,并根据不同的应用场景开发基于区块链平台的企业级分布式应用。

读者对象

- 区块链应用开发人员;
- 区块链技术爱好者;
- 超级账本应用开发人员 / 架构师;
- 高校计算机及相关专业师生。

如何阅读本书

本书分为 4 篇,共计 13 章内容。

基础篇(第 1 ~ 3 章),着重讲解 Hyperledger Fabric 环境搭建及架构设计,通过详细分析并动手实践的方式构建 Hyperledger Fabric 网络环境。

第 1 章 本章从 Hyperledger Fabric 由来开始,详细介绍了 Hyperledger Fabric 的框架、特点、环境搭建、快速调试方式。

第 2 章 本章从 Hyperledger Fabric 系统逻辑架构设计开始,延伸到运行时网络结构、节点角色与相关的概念,以及 Hyperledger Fabric 对网络交易处理流程的详细解析。

第 3 章 本章通过对主要配置文件的分析与讲解,一步一步地完成构建 Hyperledger Fabric 网络环境所需组件的详细实现过程。

链码篇(第 4 ~ 5 章),详细介绍了链码,帮助读者熟练掌握链码的开发并进行相应的测试。

第 4 章 本章详细介绍了链码的概念与分类,并实现链码生命周期管理及两种测试。

第5章 本章侧重讲解链码的开发方式、开发过程、链码的主要 API，并通过链码开发示例掌握链码对账本数据状态操作的核心 API。

核心篇（第6～9章），着重讲解 Hyperledger Fabric 核心模块，如 MSP 成员管理、共识机制、数据分发机制，深入了解 Hyperledger Fabric 分布式账本状态数据的存储方式及过程。

第6章 本章主要讲解与成员管理服务相关的内容，包括 MSP 成员验证、结构组成、具体应用，并详细说明了 Hyperledger Fabric CA 服务器的搭建及客户端的具体使用方法。

第7章 本章侧重于 Hyperledger Fabric 共识机制的实现，包括基于 Kafka 实现排序服务的具体实践操作，最后介绍了多链及多通道的概念与具体实现。

第8章 本章首先介绍了 Gossip 协议的内容，以图文并茂的方式说明了 Gossip 数据传输实现方式，最后详细说明了 Hyperledger Fabric 中基于 Gossip 协议实现的 P2P 数据分发与数据同步机制。

第9章 本章详细介绍了分布式账本的数据组成结构及数据的存储实现方式。

项目实战篇（第10～13章），以循序渐进的方式逐步讲解如何使用 Fabric-SDK-Go 开发基于 Hyperledger Fabric 的区块链应用程序；从业务逻辑分析、项目架构设计等方面入手，掌握区块链应用程序的整体开发流程及相关技巧。

第10章 本章侧重于项目开发前期的环境准备工作，包含操作系统环境、工具及配置，以及网络环境的构建、配置。

第11章 本章介绍如何使用 Fabric-SDK-Go 进行区块链应用开发，包括链码开发、如何使用 Fabric-SDK-Go 调用链码、应用程序自动化部署与快速测试。

第12章 为了方便用户的使用，本章在第10、11章的基础之上着重介绍实现基于 Web 的区块链应用程序，主要介绍了 Web 应用的 MVC 架构及其具体实现。

第13章 本章通过一个精简的区块链学历信息征信系统，介绍了基于 Hyperledger Fabric 平台的区块链应用程序的整体开发流程与实现方式。读者可以通过本章全方位掌握区块链应用开发的相关知识，进而可以直接从事基于 Hyperledger Fabric 的区块链开发工作。

勘误和支持

由于笔者水平及经验所限，编写时间仓促，书中难免出现疏漏或描述不准确之处，恳请读者提出并指正。如果您有更多的宝贵意见，可以直接发送 E-mail 至 hanxiaodong@cldy.org 联系笔者，期待能够得到大家的真挚反馈，让我们在技术之路上一起互勉共进。

致谢

感谢 Hyperledger Fabric、ZooKeeper、Kafka 等官方文档的作者提供了全面、深入、准确的参考资料。

感谢机械工业出版社华章公司的高婧雅编辑，初写书稿时，笔者是从技术人员的角度出发的，正是高婧雅编辑真正从读者的角度出发提出了相关的建议并给予相应帮助，笔者才完成了本书的书稿。

特别致谢

在此，特别感谢家人、同事及众多技术爱好者的鼓励与支持，尤其是家人，编写此书的过程中，我的爱人与女儿从来没有任何抱怨，可以让我安心地思考及写作。

韩小东

前 言

基 础 篇

第 1 章 Hyperledger Fabric 认知

与环境搭建 3

1.1 全面认识超级账本 3

1.1.1 超级账本由来 3

1.1.2 超级账本分类 4

1.1.3 认识 Hyperledger Fabric 4

1.2 迈出第一步：搭建环境 5

1.2.1 操作系统 5

1.2.2 安装所需工具 5

1.3 安装 Hyperledger Fabric 10

1.3.1 下载 fabric-samples 与二进制文件 10

1.3.2 Hyperledger Fabric 源码方式编译 12

1.4 测试 Hyperledger Fabric 网络环境 17

1.4.1 测试 Hyperledger Fabric 环境 18

1.4.2 构建你的第一个 Hyperledger Fabric 网络 18

第 2 章 深入浅出介绍 Hyperledger

Fabric 架构设计 21

2.1 透视逻辑架构与运行时架构 21

2.1.1 逻辑架构 21

2.1.2 运行时架构 22

2.2 Hyperledger Fabric 交易流程分析 24

2.3 Hyperledger Fabric 核心配置文件详解 28

2.3.1 core.yaml 详解 29

2.3.2 orderer.yaml 详解 36

第 3 章 搭建自己的 Hyperledger

Fabric 网络 39

3.1 生成组织结构与身份证书 39

3.1.1 与组织结构及身份证书关联的配置文件 39

3.1.2 如何生成组织结构及身份证书 40

3.2 不可或缺的配置文件 45

3.2.1 configtx.yaml 配置文件指定的核心内容 45

3.2.2	Orderer 服务启动初始 区块的创建	47
3.2.3	创建必需的应用通道交易 配置文件	48
3.2.4	生成锚节点更新配置文件	49
3.3	一分钟启动分布式网络	49
3.3.1	网络服务的配置	50
3.3.2	关联的 docker-compose- base.yaml	52
3.3.3	又被关联的 peer-base.yaml	54
3.3.4	启动网络	55
3.4	以最快的方式完成应用 通道的创建	57
3.4.1	创建应用通道	57
3.4.2	将节点加入应用通道	58
3.4.3	更新锚节点	59

链 码 篇

第 4 章 全方位认识链码：链码管理与测试

4.1	初识链码：链码的概念与原理	63
4.2	链码使用：安装、实例化、查询 与调用	65
4.2.1	安装链码	66
4.2.2	实例化链码	66
4.2.3	查询链码	67
4.2.4	调用链码	67
4.3	链码的其他操作：实现链码的 打包与升级	69
4.3.1	链码的打包与签名	69

4.3.2	链码的升级	70
4.4	开发模式下的测试：简化链码的 测试过程	72
4.4.1	启动网络	72
4.4.2	构建并启动链码	73
4.4.3	调用链码	74

第 5 章 链码开发与实践

5.1	如何利用 Fabric 提供的接口 编写链码	77
5.1.1	链码接口	78
5.1.2	必要结构	78
5.2	如何操作账本数据：熟悉链码 相关 API	79
5.3	链码实现的 Hello World	81
5.3.1	链码开发	82
5.3.2	链码测试	84
5.4	动手编码一：链码实现 资产管理	85
5.4.1	资产链码开发	85
5.4.2	链码测试	88
5.5	动手编码二：链码实现转账	89
5.5.1	转账链码开发	89
5.5.2	链码测试	97

核 心 篇

第 6 章 MSP 成员管理与 Hyperledger Fabric CA 服务实现

6.1	走进 MSP	101
6.1.1	MSP 的定义与作用	101

6.1.2	MSP 的组成结构	102
6.1.3	MSP 应用	103
6.2	认识与安装 Hyperledger Fabric CA	105
6.3	启动 Hyperledger Fabric CA	107
6.3.1	初始化	107
6.3.2	快速启动	108
6.3.3	配置数据库	109
6.3.4	配置 LDAP	110
6.4	应用 Hyperledger Fabric CA 的 客户端命令	111
6.4.1	Hyperledger Fabric CA 客户端命令	112
6.4.2	查看 AKI 和序列号	116
 第 7 章 白话 Hyperledger Fabric 共识机制		
7.1	Hyperledger Fabric 中的 共识实现	118
7.1.1	共识算法的属性和类型	118
7.1.2	Hyperledger Fabric 中的 共识实现	120
7.2	基于 Kafka 排序服务的实现	121
7.2.1	指定 Kafka 实现排序 服务	122
7.2.2	配置网络环境	123
7.2.3	启动网络	129
7.2.4	测试 Kafka 排序服务	131
7.3	多链及多通道实现	133
7.3.1	多链及多通道	133
7.3.2	应用多通道	135

第 8 章 Hyperledger Fabric 中数据 分发机制的实现		139
8.1	认识 Gossip	139
8.1.1	Gossip 协议	139
8.1.2	Gossip 数据传输	140
8.2	Hyperledger Fabric 中数据 同步的实现	141
8.2.1	Hyperledger Fabric 中的 Gossip	141
8.2.2	Hyperledger Fabric 的数据 同步实现	144
 第 9 章 Hyperledger Fabric 分布式 账本数据存储		147
9.1	交易数据的存储	147
9.1.1	区块链账本数据	147
9.1.2	数据存储	150
9.2	Hyperledger Fabric 状态数据库	154
9.2.1	CouchDB 数据库简介	154
9.2.2	CouchDB 在 Hyperledger Fabric 中的具体实现	154
9.2.3	测试 CouchDB	159
 项目实战篇		
第 10 章 Web 项目实战之环境搭建		165
10.1	环境准备清单	165
10.2	搭建网络环境	166
10.2.1	网络环境准备	166
10.2.2	配置 docker-compose.yml 文件	167

10.2.3	测试网络环境	171
--------	--------------	-----

第 11 章 Web 项目实战之使用

Fabric-SDK-Go

173

11.1 创建 Fabric-SDK 对象并

建立通道

173

11.1.1 配置 Fabric-SDK

173

11.1.2 定义所需结构体

177

11.1.3 创建 Fabric-SDK

178

11.1.4 测试创建通道

179

11.2 满足依赖

180

11.2.1 安装 dep 工具

180

11.2.2 下载所需依赖

181

11.2.3 测试 Fabric-SDK

181

11.2.4 关闭网络并清理环境

182

11.2.5 利用 Makefile 简化步骤

182

11.3 链码实现

184

11.4 使用 Fabric-SDK 实现链码的

自动部署

186

11.4.1 添加结构体成员

186

11.4.2 使用 Fabric-SDK 安装及

实例化链码

187

11.4.3 在 main 中调用

188

11.4.4 测试

188

第 12 章 Web 项目实战之 Web

应用实现

190

12.1 理解 MVC，合理地设计

应用

190

12.2 调用链码：设计业务层

192

12.2.1 事件处理

192

12.2.2 调用链码添加状态

193

12.2.3 调用链码查询状态

194

12.3 MVC 架构应用实现

196

第 13 章 实战：构建学历信息

征信系统

201

13.1 需求分析与架构设计

201

13.1.1 需求分析

201

13.1.2 架构设计

202

13.1.3 数据模型设计

202

13.1.4 网络环境

203

13.1.5 测试网络环境

205

13.2 SDK 与链码的实现

205

13.2.1 创建 config.yaml 文件

205

13.2.2 声明结构体

205

13.2.3 编写链码

206

13.2.4 Fabric-SDK-Go 实现

211

13.2.5 安装依赖

214

13.2.6 链码自动部署

216

13.3 业务层实现

218

13.3.1 事件处理

218

13.3.2 业务层调用链码实现

添加状态

219

13.3.3 根据证书编号与姓名

查询状态

221

13.3.4 根据身份证号码

查询状态

223

13.3.5 修改 / 添加信息状态

224

13.4 控制层实现

226

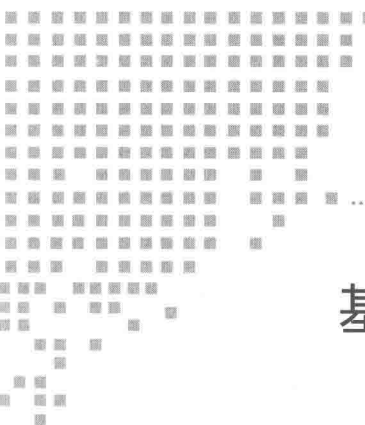
13.4.1 设置系统用户

226

13.4.2 处理响应

228

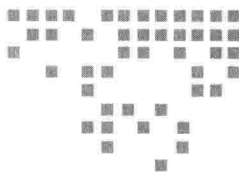
13.4.3	处理请求	228	13.5.3	照片上传	230
13.4.4	指定路由	228	13.6	项目交互演示	231
13.5	视图层实现	228	13.6.1	启动 Web 服务	231
13.5.1	目录结构	228	13.6.2	访问页面	232
13.5.2	相关源码实现	229	附录	词汇术语表	235



基础篇

- 第 1 章 Hyperledger Fabric 认知与环境搭建
 - 第 2 章 深入浅出介绍 Hyperledger Fabric 架构设计
 - 第 3 章 搭建自己的 Hyperledger Fabric 网络
- 

作为 Hyperledger Fabric 的基础入门部分，读者可以通过对基础篇内容的学习，从认识 Hyperledger Fabric 基础知识开始，以由浅入深的方式掌握超级账本环境搭建及详细的 Hyperledger Fabric 架构设计；然后理解 Hyperledger Fabric 交易流程的详细过程；最后能够自行根据不同需求场景搭建相应的网络环境。



Hyperledger Fabric 认知与环境搭建

1.1 全面认识超级账本

目标

1. 了解超级账本的由来及特点。
2. 清楚超级账本的分类。
3. 了解 Hyperledger Fabric 的特点。

1.1.1 超级账本由来

当你拿起这本书开始阅读时，说明你对区块链技术已经有了相关的了解，而且想通过自己的努力或团队合作的方式开发出一款真正基于区块链技术的落地应用。那么恭喜你，你的选择是正确且明智的。

超级账本，即 Hyperledger 项目是区块链技术中第一个面向企业应用场景的开源分布式账本平台。

2015 年 12 月由 Linux 基金会主导并牵头，IBM、Intel、Cisco 等制造和科技行业的巨头共同宣布了 Hyperledger 联合项目成立。

Hyperledger 将区块链技术引入联盟链的应用场景中，为未来基于区块链技术打造高效率的商业网络打下基础，为透明、公开、去中心化的企业级分布式账本技术提供开源参考实现，目前已加入的成员超过 260 家，国外的如 IBM、Intel、Cisco、Oracle、RedHat、Samsung、Fujitsu、Airbus 等；国内的如百度、小米、腾讯、联想、华为、浪潮、京东、迅雷、房掌柜、中国民生银行、招商银行、保全网等。

Hyperledger 官网地址：<https://www.hyperledger.org>。

1.1.2 超级账本分类

在 Hyperledger 这个大家庭中，项目可以分为两大类别。

框架项目：区块链应用开发平台，提供企业级应用程序开发环境及相关的 SDK。

实用工具：区块链应用测试、部署、管理等工作的相关工具。

1. 框架项目

Fabric：用模块化架构作为开发区块链程序或解决方案的基础，支持一些组件（如共识算法和成员服务）的即插即用。

Iroha：由 Soramitsu、Hitachi、NTT Data 和 Colu 提供，使用 C++ 编写，采用拜占庭容错一致性算法实现共识，是为了将分布式账本技术更容易地与基础架构型项目集成而设计的一个区块链框架项目。应用程序可以使用 Python、Java、JavaScript、C++ 在 Android 和 iOS 移动平台编写。

Sawtooth：一个创建、部署和运行分布式账本的模块化平台。它包含一个新奇的共识算法——PoET (Proof of Elapsed Time, 经历时间证明)，面向大型分布式验证器群，消耗最少的资源。

Burrow：由 Monax 提供，由 Intel 公司共同赞助，是一个支持许可的智能合约机，该系列的第一个版本发表于 2014 年 12 月。Burrow 提供了一个模块化的区块链客户端，内置一个经许可的智能合约解释器，它部分是按照以太坊虚拟机 (Ethereum Virtual Machine, EVM) 规范而开发的。

Indy：一种特别为去中心化的身份而建立的分布式账本。它提供了基于区块链或者其他分布式账本互操作以创建与使用独立数字身份的工具、代码库和可重用组件。

2. 实用工具

Explorer：由 IBM、Intel 及 DTCC 提供；可以查看、调用、部署或查询区块、交易、网络信息、链码和交易序列，以及账本中的其他相关信息。

Composer：一个构建区块链商业网络的协作工具，用来加速智能合约的开发及分布式账本的部署；使用 JavaScript 构建。

Cello：由 IBM 提供，赞助商来自 Soramitsu、华为和 Intel，旨在为区块链生态系统带来按需部署服务的模式，减少创建、管理、终止区块链的难度。

Caliper：由华为、Hyperchain、Oracle、Bitwise、Soramitsu、IBM 和布达佩斯技术与经济大学的开发人员提供，是一个区块链基准工具，内置一套预定义的测试用例，让使用者可以测试特定区块链执行的性能。

1.1.3 认识 Hyperledger Fabric

Hyperledger Fabric 是一个区块链的实现，由 Digital Asset 和 IBM 提供，是 Linux 基金会托管的 Hyperledger 项目之一。Hyperledger Fabric 从诞生之初就立志要成为超级账本中最优秀的项目（现实也确实如此）。

作为开发具有模块化架构的应用程序或解决方案的基础，Hyperledger Fabric 实现了组件（如共识、成员服务）的即插即用。Hyperledger Fabric 利用容器技术来托管称为“链码”的智能合约，其中包含系统的应用程序逻辑。

与其他区块链技术类似，Hyperledger Fabric 使用智能合约操作账本，并且是一个通过所有参与者管理交易的系统。Hyperledger Fabric 与其他公有区块链系统最大的不同主要体现在以下两个方面。

1) **私有**：Hyperledger Fabric 提供了建立通道（Channel）的功能，允许参与者为交易新建一个单独的账本。参与者并不希望所有的交易信息（如提供给部分客户的特定价格信息）都对网络中所有参与者公开。只有在同一个通道中的参与者，才会拥有该通道中的账本，而其他不在此通道中的参与者则无权查看这个账本的相关信息。

2) **许可**：与开放无须许可的网络系统允许未知身份的参与者加入网络不同（需要通过工作量证明协议来保证交易有效并维护网络的安全），Hyperledger Fabric 通过 MSP（Membership Service Provider）来登记所有的成员。

Hyperledger Fabric 项目 GitHub 网址：<https://github.com/hyperledger/fabric>。

1.2 迈出第一步：搭建环境

目标

1. 检查操作系统。
2. 检查并安装所需工具。
3. 可选安装 Node 及 NPM。

1.2.1 操作系统

推荐使用的操作系统为 64 位的 Ubuntu 16.04 LTS，系统内核为 GNU/Linux 4.13.0-36-generic x86_64。

硬件资源要求：内存最低为 2GB，最好在 3GB 以上；磁盘空间为 30GB 或更高。

如果计算机默认为 Windows 操作系统，可以在 Windows 系统中安装一个 VMware 虚拟机应用程序，然后在 VMWare 虚拟机中安装 Ubuntu 16.04 系统，最后在 Windows 操作系统中安装一个远程连接工具（如 XShell 或 SecureCRT），以便连接并操作 Ubuntu 系统。

如果使用的是 Mac 电脑，同样建议以安装、使用虚拟机的方式来学习。

1.2.2 安装所需工具

1. 安装 git

git 是一个非常优秀的开源版本管理控制工具，使用 git 工具可以方便地下载官方（Golang、