

iEx.ec 项目

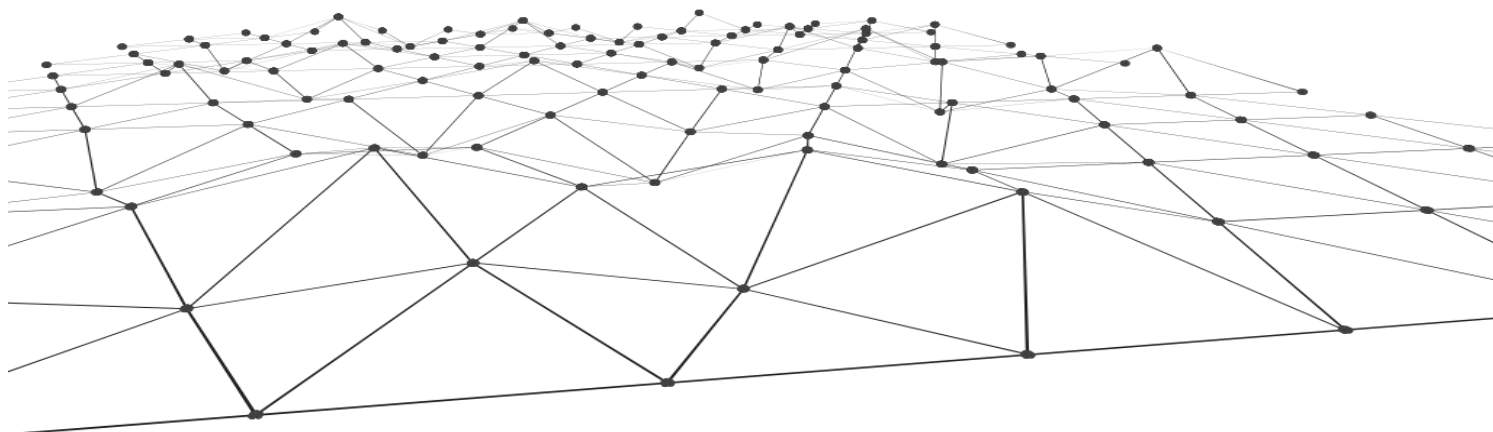
基于区块链的完全分布式云计算蓝图

白皮书

(2017.03)

版本 2.0

Release Candidate



目录

1、愿景	1
2、团队介绍	2
3、难题	4
3.1 区块链计算面临的挑战	4
3.2 传统计算基础设施面临的挑战	4
4、解决方案	5
4.1 技术概述	5
4.2 核心价值介绍	5
4.3 关键技术优势	6
5、为什么是现在	7
6、市场	8
6.1 分布式应用市场	8
6.2 传统云市场	8
6.3 eFast 商业应用实例	9
6.4 竞争格局	11
7、iEx.ec 技术概述（产品）	12
7.1 背景：桌面网格计算	12
7.2 iEx.ec 基础设施侧链	14
7.3 概念验证	17
7.4 iEx.ec 路线图	18
8、财务	25
8.1 收入	25
8.2 支出	25
9、众筹	27
10、团队成员	29
参考文献	32

1、愿景

构建基于区块链的分布式云平台

iEx.ec 旨在提供一个在区块链上运行所需的可扩展，安全，容易访问服务、数据集和计算资源的分布式应用程序。这项技术依赖于以太坊智能合约，同时为了提供高性能计算服务需求，允许建立一个虚拟的云基础架构。

iEx.ec 利用的是法国国家计算机及自动化研究院 (INRIA) 和法国国家研究中心 (CNRS) 在桌面网格计算领域已经成熟的一套技术。桌面网格 (又名志愿计算 [BOINC]) 的思路是收集计算机在互联网上未充分利用的资源，以消耗传统超级计算机几分之一成本去执行大规模的并行及分布式应用程序。

iEx.ec 依赖于一个成熟、可靠、开源的桌面网格软件——XtremWeb-HEP。它实现了桌面网络软件需要的所有功能：容错、多应用、多用户、混合公/私基础架构、虚拟磁盘镜像的部署、数据管理、安全和审计等等。

iEx.ec 正在开发一种新的贡献证明协议 (Proof-of-Contribution)，该协议将允许区块链外的共识。通过贡献证明，外部资源提供者将直接在区块链上认证其资源的使用。最终 iEx.ec 将部署一个可扩展、高性能、安全和可管理的区块链，这将促进新形式的分布式管理。高性能计算、大数据和云计算产业的领导者未来将很快加入进来这场变革中。

我们相信在未来的分散式基础设施和市场网络中，大数据和高性能计算应用程序、高价值数据集和计算资源将会在高透明、高弹性和高安全的区块链上获利。iEx.ec 是推动未来的关键平台！

iEx.ec 是一个新时代的开始！

2、团队介绍

iEx.ec 是基于团队在 2000 年以来于法国国家计算机及自动化研究院 (INRIA) 和法国国家研究中心 (CNRS) 所做的桌面网格计算研究发展而来。我们在大规模数据处理、数据管理、并行计算、安全和可靠领域有突破性创新，并在顶级科学会议和期刊上发表了 80 多篇关于服务质量 (QoS) 技术和交互式运行方面的高质量论文。

iEx.ec 团队在建立欧洲桌面网格基础设施方面发挥了重要作用，在 200 000 多个节点上透明地执行了数百万个计算任务，并与欧洲大型强子对撞机等研究及实验机构合作。我们一直与法国道达尔石油 (Total)、法国空客 (Airbus)、法国电信 (Orange)、法国石油研究院 (IFP) 等重要工业公司和创新型创业公司保持密切的合作关系。

2012 年到 2014 年，Gilles Fedak 博士、Haiwu He 博士、Oleg Lodygensky 博士和 Mircea Moca 博士寻找基于桌面网格技术实现的分布式云计算的相关解决方案。这期间的研究难题是缺乏注册机制和证明不同性质参与者（应用、数据、计算资源、人力资源等）贡献的机制。

2015 年，Gilles Fedak 发现了以太坊区块链技术，并开始使用智能合约来实现分布式资源管理。现在我们有信心相信桌面网格计算和区块链的结合将会对现有的云系统、大数据和高性能计算带来颠覆性创新。

自 2016 年年初以来，核心团队迅速发展，包括了区块链专家、业务开发人员和公关专家。始于一项研究项目的 iEx.ec 现在已经成为一家创新企业，总部位于法国里昂，而中国项目团队目前正在清华大学 X-elerator 加速器中孵化。

创始人			
	Gilles Fedak CEO		Haiwu He 首席科学家
开发者			
	Oleg Lodygensky 技术主管		Mircea Moca 项目主管、金融科技专家
核心研发人员			
			
Mehdi Amari 区块链开发者	Hamid Ben 区块链专家	Jose Francisco Saray 大数据管理专家	Heithem Abbas 系统架构师
媒体与运营			
			
Agnes Fedak 媒体运营专家	Julien Béranger 媒体经理		

3、难题

3.1 区块链计算面临的挑战

类似于以太坊的区块链提供了一种新的方法来运行分布式应用程序，分布式应用程序在下文中统称为 DApps。以太坊允许程序员写智能合约，即每当有一些交易被触发就会在区块链虚拟机上执行的代码。这意味着在投资、金融、众筹、物联网、保险、预测市场、博弈、分布式数据处理等领域的构建和执行的新革命，在本质上会使现有企业的传统计算方式面临风起云涌的变化。

虽然发展前景是光明的，但一般的区块链运行分布式应用程序的计算能力非常有限：几 KB 的存储容量，相对低效的虚拟机和相当高访问延迟的协议。当然区块链技术在未来的发展中会克服这些问题，但是也将需要提供额外的资源以满足更高要求的应用程序。

3.2 传统计算基础设施面临的挑战

现有的云计算基础设施无法满足 DApps 的需求，后者需要完全分散的基础设施来运行。与此同时，科学领域以及各行业在运行大型应用程序和处理大量数据的过程中对计算能力的需求不断增长。运行大数据应用程序的计算能力通常由高性能计算和云基础架构提供。

然而，云计算基础设施和高性能计算的操作过于复杂和成本高昂。创新型小企业通常没有业内基本、专业知识获取和操作高性能计算平台，而像 Amazon EC2 这样的云供应商对于高要求的应用程序（如 GPU 渲染）仍然非常昂贵。此外，数据处理中心常常消耗大量能量来运行服务器和冷却系统，这样成本会非常大，而且对环境也造成负面影响。

因此，我们需要一种新形式的分布式云计算基础设施来实现较低运营成本的区块链计算。

4、解决方案

4.1 技术概述

iEx.ec 专用于支持新兴的基于区块链的分布式应用程序的运行，并通过构建分布式云基础架构来实现低成本、高收益的高性能计算。

基于区块链的分布式云计算基础设施将允许按需、安全和低成本地访问最具竞争力的计算基础设施。DApps 将通过 iEx.ec 自动检索、查找、提供、使用、释放所需的所有计算资源，如应用程序、数据和服务。

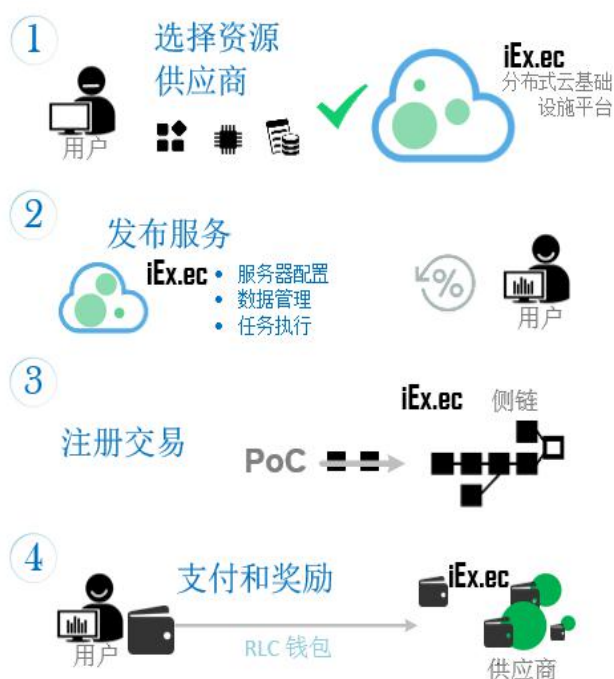


图 1 iEx.ec 构建的新交易生态系统模式

因此,我们通过 iEx.ec 构建了一个新的生态系统,允许提供存储空间的企业、计算工厂、数据供应商、虚拟主机、SaaS 应用程序在其中彼此进行商业活动

(如图 1 所示)。分布式云计算将为现有的计算基础设施的有效使用开辟新的市场。为了降低运行服务器和空调系统所需的能量,服务器可以从数据中心挪出来。通过简化访问服务器的方式,分布式云计算大大降低了数据中

心的热能损耗,同时使得数据供应商和消费

者更容易获得所需计算资源。

4.2 核心价值介绍

iEx.ec 解决了所有分布式计算生态系统参与者的需求:

- DApps 供应商可以根据需要执行链外计算。
- 应用程序供应商可以通过使用安全、稳健和可靠的 iEx.ec 基础设施,从根本上降低分布式应用的运营成本。

- 数据供应商可通过将自身服务与 iEx.ec 云计算平台集成来扩大潜在市场规模。
- 服务器供应商可以利用未充分利用的计算资源，并通过在向 iEx.ec 分布式云提供服务器方面寻求更高的利润来提高现有基础设施的投资回报。

现有基础设施供应商

iEx.ec 能够使得家庭用户的现有计算资源实现快速盈利，也能为现有的基础设施供应商（如矿工）提供额外盈利的机会。通过共享空闲 CPU 计算周期、以其作为补偿方式使用服务器以及使用来自不同供应商的资源而无需复杂的资源管理的功能，iEx.ec 用户可以便捷地实现更多盈利。

分布式应用程序或云基础架构用户

iEx.ec 为分布式应用程序提供计算资源所需的成本比传统区块链的计算资源所需的成本要低得多，这将帮助他们为客户带来更多价值。可靠资源供应商的良好声誉将会带来更多效益，并提供所需级别的计算资源集成服务质量控制。支持不同的资源供应商并全面了解每个供应商的贡献部分也能有助于提高整个平台的透明度。

4.3 关键技术优势

开发稳健的分布式计算市场网络需要突破以下几个技术：

- 开发贡献证明协议提供可证明的共识、可追溯性和信用；
- 开发智能合约以实现计算资源的获取和提供，及自动执行后付款；
- 开发允许分布式应用程序按需访问链外计算资源的技术；
- 开发在市场网络上宣传和使用计算资源的技术；
- 开发扎实、系统和有质量的服务；
- 通过追踪资源使用情况和向客户、供应商提供服务等级协议（Service Level Agreement, SLA）完成验证，以实现对资源利用的服务等级协议的支持。

iEx.ec 即将推出的解决方案会使其能够很快发展为世界上首屈一指的分布式计算市场，它现在的概念验证系统 (Proof of Concept) 已经顺利上线运行了。

5、为什么是现在

几种趋势的融合为分布式云基础架构创造了最佳的运行环境。

首先，基于价值传递的区块链工作量（PoW）证明代币出现可以优化大量计算资源池以获得最高的投资回报，并提供充足的资源。

其次，智能合约已经发展到能够涵盖所有用于分布式计算资源的市场网络的复杂情况，而这将大大简化基础设施的管理和使用方式。

最后，除了传统的云计算用户外，一种新的分布式应用程序正吸引越来越多人的关注，这将打破原有市场格局，而这种新型模式的发展前景不容小觑。

6、市场

6.1 分布式应用市场

iEx.ec 将为客户提供依赖运行其应用程序的基本构建模块。

首先，我们将关注 DApps 供应商的需求，使他们能够执行链外计算。不同行业的企业家对这些极具发展前景的应用产生了极大的兴趣。根据其特点，这些应用程序是分散的，因此是 iEx.ec 的理想应用。区块链应用市场的年复合增长率估计将达到 61.5%，到 2021 年预计创造 23 亿美元的效益。目前的主要区块链技术供应商包括微软（美国）、IBM（美国）、德勤（美国）和 Ripple（美国）。

6.2 传统云市场

然后，我们允许传统的云服务在分布式云计算平台中以新的方式运行，并通过以太坊区块链和 iEx.ec 侧链增强。更确切地说，iEx.ec 将通过可配置的资源管理服务提供计算和服务管理服务，使得其中的资源能用于特定用途和执行相关任务。近年来，IaaS 市场稳步增长。因此，iEx.ec 步入了一个发展前景广阔的成长市场。如图 2 所示。



图2 传统云服务市场发展前景

最新的统计数据显示，到 2020 年公用的 PaaS 和 SaaS 的市场增长率估计为 400%，到 2026 年将可能达到 700%，而其当前市场值为 120 亿美元，如图 3 所示。



图 3 PaaS 和 SaaS 市场发展前景

iEx. ec 团队将确定其分布式云市场网络与现有云基础架构供应商进行竞争的最佳领域，并集中优势构建基础平台。

现有的技术基础为 iEx. ec 进入市场提供了先发优势，iEx. ec 目前被定位为能够提供未来杀手级分布式应用的最前沿计算供应商。

6.3 eFast 商业应用实例

为了满足特定的分布式应用的需求，我们以一项需要高性能计算能力来执行的复杂计算方法的金融交易框架 **eFast** 为业务实例来进行详细说明。

eFast 是一个旨在通过不同的服务来帮助小投资者改进自身的交易决策，如基于复杂的计算方法获得股票的投资组合。目前复杂的计算需要通过高性能计算执行，而这种服务通常只有大型金融机构才能使用。通过 iEx. ec 分布式云计算平台作为虚拟超级计算机，eFast 提供了一个现实的、低成本和安全的服来改善客户的投资决策。

eFast 中开发的每项新服务都可以直接在区块链上进行交易，类似于云系统中的软件及服务 (SaaS) 的方式。eFast 的客户使用专门的智能合约，这将明确 iEx. ec 上 eFast 的功能和使用权限。

iEx.ec 的一个重要特点是应用程序、服务、数据和计算资源之间的互联。在本实例中，eFast 通过区块链技术获取数据和计算资源。

数据供应商

这个世界不断生产大量的数据，是商业、技术和科技创新的重要来源。我们看到基于区块链的数据市场的出现，如 [Ledgys](#) 公司。其他公司像 [Kaiko](#) 公司目前提供加密货币证券交易的存储服务。iEx.ec 能够将作为数据供应商的 Kaiko 公司与作为应用程序供应商的 eFast 连接，在特定的用户定义投资组合上运行 eFast 应用程序。

计算资源供应商

任何计算资源供应商都能够向 iEx.ec 区块链提供相关计算资源。目前的计算资源主要分为以下几种：1) 传统的云服务供应商，如 Amazon、AWS、Microsoft Azure；2) 拥有积极前沿技术的分散式云服务供应商，如 [Qarnot Computing](#) 和法国的 [Stimergy](#)；3) 不断优化资源效益的区块链挖矿公司，如 [Genesis Mining](#)，它们拥有巨大的计算能力，可以结合以太坊区块链运行高性能计算。

在本实例中，iEx.ec 客户选择 eFast 作为应用提供商，Kaiko 作为数据提供商，Stimergy 作为资源提供商。它们的应用程序、数据和资源表示为部署在区块链上的智能合约，并嵌入其使用条款，它们之间的互动模式如图 4 所示。

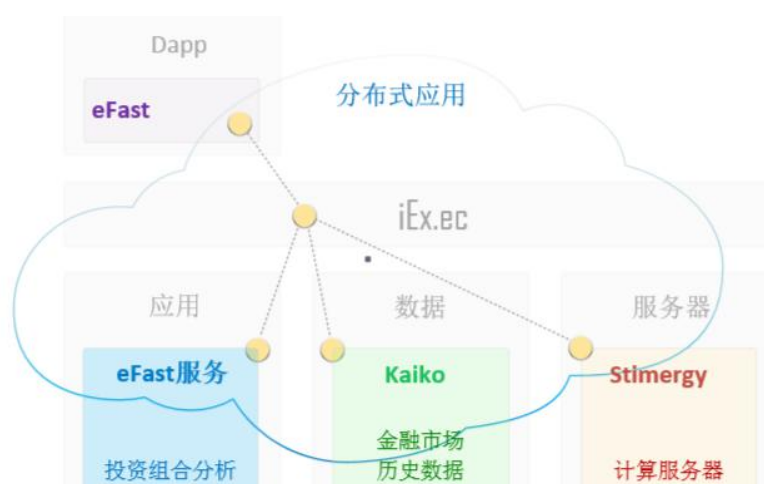


图 4 iEx.ec 上 eFast、Kaiko 和 Stimergy 间的互动模式

6.4 竞争格局

我们的竞争对手主要限于区块链领域，特别是这几个项目：链外计算、数据存储和计算资源。

有些项目允许在不受信任的资源上执行计算，如 [Enigma](#)、[Truebits](#)。从研究角度来看，这些设计是十分有趣的，但它们常常依赖严重限制其适用性的解决方案，如 Enigma 多方计算。相比之下，贡献证明允许集成任何传统的应用和程序库。

iEx.ec 不会与现存的基于区块链的在线存储解决方案（如 [StorJ](#)、[Filecoin](#)、[Sia](#)）竞争。相反，iEx.ec 允许数据集使用的货币化，即对特定应用执行所需的数据访问。[Oraclize](#) 作为智能合约和数据源之间的中介，确保智能合约中没有被错误推送的数据。这些技术是互补的，可以在 iEx.ec 上找到协同效应。

目前通过区块链提供计算资源的项目很少。[Gridcoin](#) 以计算资源为基础，为基于 Boinc 的志愿者项目创建了一个加密货币，它主要限于科学项目的利他贡献。[Golem](#) 和 iEx.ec 拥有由区块链支持的新互联网基础设施的同样愿景，但是市场策略不同。Golem 的目标是首先组装一个虚拟“超级计算机”来吸引常规高性能计算用户参与自己的平台，而 iEx.ec 首先侧重于支持 DApps 构建一个分布式云计算平台，最终将具有足够竞争力来吸引云计算和高性能计算用户。

此外，与现有的和未来的竞争对手相比，iEx.ec 具有以下优势：

- 基于成熟的技术大大缩短了上市时间；
- 面向企业的诸多特色功能；
- 基于贡献证明的激励机制促进网络快速增长以及平台的优化使用；
- 开发路线图的每个版本都有相应的收入模型。

7、iEx.ec 技术概述（产品）

iEx.ec 是桌面网格计算技术和区块链技术的结合。

7.1 背景：桌面网格计算

桌面网格计算（即志愿计算）使用未被充分利用的计算资源，耗费传统超级计算机成本的几分之一来执行非常大规模的并行应用。较为知名的应用案例包括 [SETI@Home](#)、[Folding@home](#) 和 [distributed.net](#) 等应用程序。

桌面网格计算技术的以下三个功能，使其成为完全分布式云计算的良好平台：

- 韧性：如果某些节点出现故障，计算仍能继续在其他工作节点上运行。
- 效率：即使计算节点多种多样，应用程序仍可以获得最佳性能。
- 易于部署：无需特定配置即可使用任意节点，甚至包括那些位于网络边缘的节点。

这使得包括传统的高性能计算集群、云基础设施及个人电脑等计算资源的桌面网格成为组合混合基础设施的完美解决方案。

XtremWeb-HEP（GitHub 链接）是一个成熟、实用并且开源的桌面网格软件，允许使用任何类型的计算资源来执行计算密集型和数据密集型应用。

在过去的十年中，我们还开发了大量用于分布式计算的技术：MPICH-V 并行计算，BitDew 大规模数据管理，SpeQuloS 应用程序提供服务质量，第一个针对互联网计算的 MapReduce 实现等等。我们已经成功获得了超过 1 百万欧元的众筹，其中包括多个欧盟研究项目资助。

在保障桌面网格系统顺利运行，并将这一技术应用于各种科学社区、初创公司及创新企业等方面，我们的团队已经掌握了独特的专业知识与经验。

- 从 2007 年到 2012 年，我们与多个欧洲合作伙伴共同成立了欧洲桌面网络基础设施（EDGI）。这一重要努力获得了欧盟的支持，而欧盟同时资助了 4 个 FP7 项目（EDGeS、EDGI、DEGISCO、IDGF）。这一项目的目的是为研究人员和学者提供源于桌面网络基础架构的额外计算能力。EDGI 已经取得了巨大的成功。

我们将十几个站点（匈牙利、法国、英国、西班牙、荷兰……）连接到主要的欧洲网格基础设施上，包括被用于支持瑞士大型强子对撞机的设施。通过在 20 万个节点上执行并完成相关计算任务，我们积累了很多将云和高性能计算系统连接至桌面网格多系统的宝贵经验。

- 该技术已经显示了在许多科学领域的适用性：高能量物理、生物医学研究、数学、金融算法、材料研究、3D 渲染等。

- 当然，我们还与许多行业巨头进行了合作（道达尔、空中客车、法国石油研究院……）。最近，我们收到了来自法国国家研究局的资金支持，目的是给创新型中小企业提供低成本、满足需求和安全的高性能计算服务。我们采访了许多生物医学和电子卫生部门的中小企业，了解它们的需求和要求，并设计了最简可行产品 (MVP) 和概念验证 (PoC)。综合上述，区块链的出现是最终促成 iEx.ec 项目的关键性因素。

通过探索、发明和建立互联网范围内的分布式计算基础设施而获得的知识 and 经验，是通过创建分布式云计算来构造以区块链为基础的分布式应用程序的重要组成部分，目前的开发技术基础保证了快速上市和项目的及时完成。图 5 清晰地显示了 iEx.ec 项目中主要技术的发展、创新。

构建分布式云基础设施

从 1999
年开始

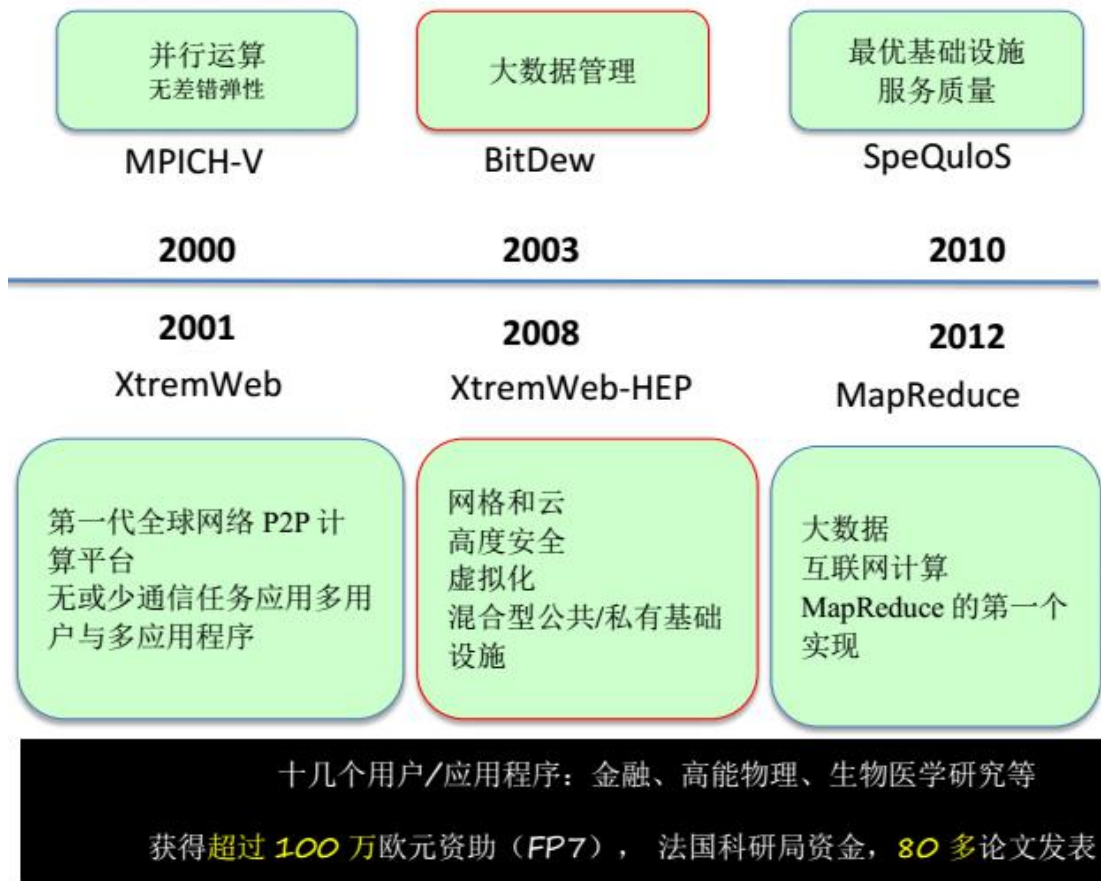


图 5 iEx.ec 的发展历程

7.2 iEx.ec 基础设施侧链

iEx.ec 依赖于区块链来协调分布式应用中计算资源的获取。这种方法会促使传统区块链技术的创新不断涌现。这些创新中较为独特的是贡献证明共识协议和面向专业领域的区块链。

贡献证明（Proof-of-Contribution）

传统区块链如比特币和以太坊依赖于工作量证明机制 (PoW)，以确保区块链上参与者之间发生的代币交易被大量节点采用的加密挑战所验证。iEx.ec 则采用了贡献证明协议，即通过链外行为，如实时提供数据集、传输文件、执行计算、

提供专业服务等活动会引发参与者之间的代币交易。因此需要一个新的协议来证明贡献已经准确无误地发生，且相应的代币交易可以在区块链上进行。我们称这种共识机制为贡献证明机制。有几个采用相似协议的平台如 GridCoin、Fatcom、Filecoin，它们允许在区块链和链外资源之间建立共识。例如，Gridcoin 提出了研究证明 (Proof-of-Research) 来奖励那些捐赠了部分计算机时间给生物医学研究 (Folding@Home、疟疾、癌症)、以及给探索宇宙 (SETI@Home) 等伟大科学计算的志愿者。相比较而言，贡献证明将更加通用，允许验证更多的行为。

贡献的验证需要尤其注意，一些恶意用户会伪造贡献来获得非法报酬。为了防止类似情况发生，iEx.ec 将依赖信誉机制 [Araujo]、权益证明 [Peercoin] 协议 (PoS)，以及一个有贡献认证和抽查 [Sarmenta] 的 14 天交易回退窗口 [GridCoin]，来逐步建立去中心化网络中的可信节点。

面向专用领域的区块链

以太坊允许在区块链上运用智能合约执行代码，这是区块链技术的一个重大突破。然而，DAO 的攻击表明处理智能合约是一个复杂的问题，尤其当每个人都允许部署自己的智能合约。为了预防潜在的安全问题，iEx.ec 将遵循一个更为保守的方法，我们称之为面向专用领域的区块链。

面向专用领域意味着我们将改变区块链以满足分布式基础设施管理的需求。可能会出现处理大量交易 (大量任务提交) 或者低延迟 (实时通信/告知) 要求。面对这些情况，具有特定功能的侧链技术能够帮助处理这些情况。

iEx.ec 智能合约: 资源和需求的匹配

在分布式系统中我们使用一种匹配算法 [MatchMaking]，通过相关描述将一个资源请求和一个资源供应进行匹配。在设计分布式云平台时，匹配算法是资源配置中的一个基本构建块。它基本上解决了“我可以在这台机器上运行这个任务吗”的问题。我们通过 iEx.ec 区块链存储智能合约来描述计算资源的特征，如内存容量、CPU 类型、磁盘空间等。有些合约描述的是运行一个任务或部署一个虚拟机实例的要求 (如最小磁盘空间、内存、GPU 运行的要求、预计管理程序等)。当然，配对一个合适合约可能需要实施不同的策略。

目前，匹配描述语言已经在一些学术论文中得到详述，并在软件中得到了应用。在这项工作中，我们团队计划设计和采用一个知名软件 ClassAd 的简化版本，ClassAd 控制着 CondorHTC 分布式系统，由威斯康星大学开发的。

iEx.ec 智能合约:区块链上的多标准调度

在分布式系统中，调度算法会分配一些任务在相关计算资源上执行。调度程序是分布式计算系统的一个重要组成部分，应用程序执行的性能主要取决于它的有效性。调度程序面临的一个特别挑战是设计多标准调度，即一个算法中有多个策略来选择计算资源和调度任务。例如，一个客户的需求是低成本，这种情况下执行计算需要较长的时间，另一个客户可能希望获得最好的性能，即使需要付出很高的费用。最近，我们团队开发了一个高级多准则调度程序[MulticritSched]，允许用户根据成本、性能、可靠性、信任、能源效率等标准选择自己需要的资源和服务。iEx.ec 将采用该调度程序的简化版。

市场管理框架

目前以太坊上没有一个管理市场的框架，即允许用户提交和获取存储资源以及动态更新的结构。iEx.ec 将开发一个用来登记投标的简化 API 和一套能轻松部署定制市场的合约模版。iEx.ec 还将提供 Web 用户界面和 JS 代码来进行合约交互操作，简化订单确立流程。

区块链上结果检查

结果检查的过程就是验证一个不受信任节点[Sarmenta]是否能够正确计算的过程，目前存在几种实现方法。然而现有的方法（冗余备份和投票、抽查、信誉机制……）都是预先假设计算是免费进行的（不考虑经济刺激）。iEx.ec 将提出一个利用区块链和智能合约功能的结果验证新算法。该方法允许用户根据可证明的信誉和已经确定的预算从市场中选择合适的合作方。

我们可以构建一些第三方托管机制，其中的结算付款将被延迟，直到结果被认证。这种机制可以与存储在区块链上的信誉系统相结合，并且仅针对不太可信的节点运行冗余计算，从而大大降低了计算所需的资源和成本。

可验证的文件传输

商业内容分发将是基于 iEx.ec 区块链构建的分布式应用的一个主要功能。客户将使用区块链的智能合约来获取高价值的数据集（如遗传基因或财务数据）。此外，iEx.ec 将保证内容提供商确实能够提供文件，并且确保在用户付费前该文件已经被下载从而保护数据接收人。iEx.ec 也可以保护文件提供者不受那些为了退回已经支付费用而假装文件传输不成功的恶意下载者的攻击。

管理

因为 iEx.ec 只会授权签过名的智能合约部署在区块链上，一种形式的管理是必要的，如同同行评审以及有时是撤销智能合约。智能合约应采取的形式是：

- 1、一项提议描述合约，按照类似 RFC 标准编写。
- 2、和描述相关的智能合约代码。

最终，分布式标准化主体将在 iEx.ec 生态系统中协同评估并制定智能合约标准提议。

7.3 概念验证

为了展示平台的发展能力和技术可行性，我们基于已经开发的技术准备了几个概念验证。

应用程序

有许多商业和研究领域的分布式应用非常适合在 iEx.ec 平台上运行，iEx.ec 不仅成本较低，且具有高度扩展性。这里的几个例子已经集成在 PoC 平台上，可以很快应用：

- 视频转码：Ffmpeg，一个完整、跨平台的解决方案，记录、转换音频和视频。
- 物理模拟：Guineapigpp，高能电子碰撞器中束-束相互作用的模拟。
- 数字信号处理（DSP）：英国威斯敏斯特大学。
- 物理计算（ISDEP）：核聚变，解决聚变等离子体动力学。
- 音频分析：Dart，分布式音频分析和音乐信息检索框架。

- 优化算法：BNBSS，不同类型的确定性和启发式优化算法，用于解决全局优化问题。

基于区块链的云计算

在 [Devcon2](#) 上，iEx.ec 宣布已经与法国国家计算机及自动化研究院 (INRIA) 和法国 Stimergy 公司合作，[通过部署于以太坊区块链上的智能合约提供分布式数据中心](#)。

链外计算

在盐湖城的高性能计算大会 (Super Computing 2016) 上，我们已经演示了如何使链外计算变得更容易，iEx.ec 只需要几分钟便可以在平台的应用程序库中插入应用程序。然后，终端用户可以使用 Metamask 前端进行交互，并将任务发送到平台上通过相应的智能合约来执行应用程序。执行后，结果可以在区块链上直接可用。

高度扩展性

为了评估解决方案的可扩展性，我们使用法国的 Grid5000 研究基础设施进行了初步性能评估。我们的测试结果非常令人鼓舞，iEx.ec 运行 DSP 应用使用了包含高达 3000 个计算节点，这显示出 iEx.ec 的优异性能。当然，在分布式云基础设施平台上，任何人都可以部署自己的 iEx.ec 应用程序。

7.4 iEx.ec 路线图

为了实现目标，我们根据数个融资额度制定了以下五个实施路线图。

进入市场战略

我们将开发 5 个版本的产品 (v1-v5)，分别对应进入市场战略的 3 个步骤，如图 6 所展示的内容和分类。

1. 社区版 (v1)

创建一个开源软件，允许构建分布式云。

2. 企业版 (v2, v3, v4)

为广泛的业务建立一个完整的可盈利市场网络。

3. 研究版 (v5)

有可以解决比云计算更广泛的领域（物联网、雾/边缘计算……）。

在获得最低资金（3000 BTC）的情况下，iEx.ec 将构建一个初始的市场网络，允许将应用和服务货币化。在获得最高资金额度（12000 BTC）的情况下，iEx.ec 将逐步拓展市场网络，包括数据供应商和高性能计算应用程序，然后为 iEx.ec 建立长期的收入来源。

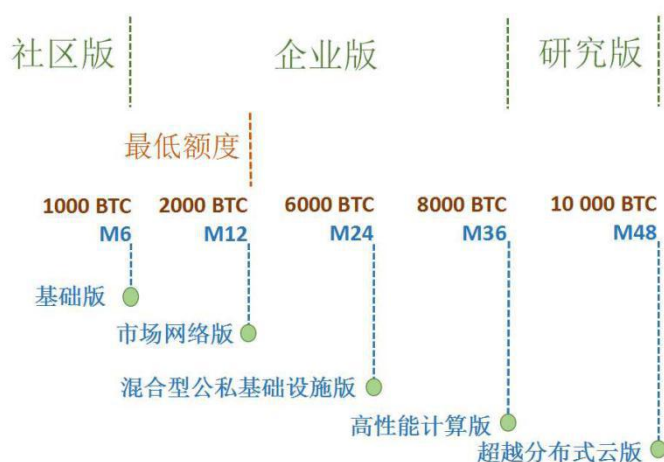


图6 iEx.ec 进军市场的战略与产品

➤ v1 基础（社区版）

基础版旨在提供运行在以太坊区块链上的 DApps 访问链外计算资源。这是区块链计算中的一个重要步骤，因为它允许在区块链上运行范围更广的应用程序。由以太坊区块链提供的 Gas 机制使得具有计算和/或存储器算法的运行需要立即支付成本，然而性能却受到抑制。在 iEx.ec 的基本版本中，DApps 将通过一个简单、安全、实用的方法调动链外计算资源来执行应用程序。

为此，基础版将为任务执行提供智能合约 API。在我们的概念验证中，我们已经将以太坊与 XtremWeb-HEP 桌面网格中间件进行了连接。该连接监管任务智能合约，并且在检测到任务时能触发链外计算资源上的计算。当计算结束时，结果被发送回智能合约。为了避免一部分安全风险，基础设施将仅包括可信计算资源。另外在此版本中，资源的支付方案暂不考虑。

基础版面向少量的 DApps 早期使用者。iEx.ec 将提供一套科学的应用程序，并且将为那些希望在 iEx.ec 上部署应用程序的早期使用者提供支持服务，具体功能详见图 7。



图 7 基础（社区版）

➤v2 市场网络（企业版）

在这个版本中，我们建立了市场网络，首先满足应用供应商和服务器供应商的需求。我们引入按任务付费工作方案，即允许从任务智能合约向应用程序和服务器提供商付款。iEx.ec 用户可以访问市场网络，并以不同的方式启动计算密集型应用，这些方式包括 API、图像界面和命令行。应用供应商可以通过智能合约 API 来决定支付方案。

此版本将针对具有非常大用户群的传统计算密集型开源应用程序（特别是 3D 渲染，如 Blender、Luxrender），生物医学研究（如 Blast、Autodock），数学领域（R）和我们已经有丰富经验的金融市场。关于服务器供应商，重点将是与基础设施供应商建立合作伙伴关系，包括出租服务器的小型云供应商，个人和希望租用自建矿机、服务器集群及家庭服务器的矿工。

通过按任务付费计划，该版本通过与已批准的资源供应商间的协议打开了第一个收入来源。这是首次通过货币化其资源从而在供应商之间开展交易的方案。该 iEx.ec 计算服务的使用范围将进一步扩大，使得网络市场中的业务不断增长，具体功能详见图 8。



图 8 市场网络（企业版）

➤ v3 混合型公私基础设施（企业版）

此版本包括提供给企业用户的主要功能，让企业用户能最大限度使用 iEx.ec 市场网络，并使其能完全控制资源的私人/公共使用。

为了更好地满足工业的需求，我们在 2014 年设计了一个最简可行产品（Minimum Viable Product, MVP），采访了在 [Lyon Biopole](#) 医疗创新竞争力集群的 20 家创业公司，了解他们如何与分布式云进行交互。通过这项研究，我们确定了三个必备要求：

1. 数据必须和计算同等重要。
2. 资源的公/私访问有明显的界限。例如私有资源只能由专有产权公司或受限的受信合作伙伴访问。而公共资源可以通过任何主机处理。
3. 调配计算资源时，需要对成本和性能有清楚判断。

在完全去中心的基础设施上设计提供具备这三个特性的系统是一项挑战。不过我们已经在这三个领域拥有拥有丰富的研究成果和实践经验。

此版本将定位到数据供应商，允许它们加入市场网络。此外，更多的企业将通过 iEx.ec 运行其应用程序和 DApps。有了这个版本，市场网络将允许不同资源供应商之间的多个直接连接共存。

此版本通过允许为 DApps 构建新的收入模式来增加 iEx.ec 的收入流，而这需要更高的信任水平和服务质量。这些应用程序将受益于选定的资源供应商的专用环境，以及其出色的服务级别协议 (SLA) 的特定服务质量 (QoS) 功能，详见图 9。



图9 混合型公私基础设施（企业版）

➤ v4 高性能计算（企业版）

该版本允许矿工作为服务器供应商加入 iEx.ec 市场网络，并为客户提供真正的超级计算能力。

目前，采矿场通过区块链共识计算来货币化其 GPU 资源。通过 iEx.ec，这些供应商将获得基于区块链的高性能计算应用的新市场。通过这一点，供应商将有机会更好地利用自身的强大计算能力和扩展相关业务。

例如，Genesis Mining 运营着最大的以太坊采矿场，它由数以万计的 GPU 卡组成，它们代表了相当大的计算能力(> 15 PetaFlops)。在超级计算大会(SC16)上，我们与该领域的主要领导者（英伟达®的首席执行官 Jen-Hsun Huang 和 Genesis Mining 的首席执行官 Marco Streng）首次在高性能计算和区块链计算之间发起了明确未来的协同合作意向。该 iEx.ec 版本将提供构建模块的所有技术来实现这一目标。

除了矿工，iEx.ec 高性能计算版本将应用程序供应池扩展到基于 GPU 的应用程序。这些应用程序可被用于深度学习、3D 渲染、计算流体动力学、分子动力学、金融等更多领域。我们将关注深度学习应用程序，因为其令人惊叹的快速增长使用率，以及相关参与者都热衷于使用 GPU 云计算。

此版本旨在扩展先前已有的收入模式，通过集成的高级企业功能为供应商带来更高的价值，详情请见图 10。



图 10 高性能计算（企业版）

➤ v5 超越分布式云（研究版）

这个版本的目标是一个超越分布式云的 iEx.ec 新用法。这将是区块链计算中的一个飞跃，因为 DApps 是完全自主的应用程序，能够以完全分散的方式直接从区块链获取资源、数据和应用程序。为此，有必要整合现在出现的或者可能在项目过程中出现的软件和协议，如 devp2p、swarm、uport 等。结合贡献证明的全面开发，这将在无服务器服务方面开辟新的领域，直接托管在区块链上。设计能够处理 iEx.ec 工作负载的新共识协议极其必要。我们计划与欧洲和中国的著名研究实验室合作，成为这些研究领域的先驱者。

借助分布式云，我们将打开市场网络到专门部署在 iEx.ec 上新应用程序的局面：物联网、雾/边缘计算、智能城市。例如，最近的一项研究表明，电信公司（AT&T、Verizon、华为、Orange……）可以通过沿着其网络的分布小型数据中心来减少一半的基础设施成本。iEx.ec 将使用这种方法建设区块。

随着平台复杂性的增加，iEx.ec 提供先进的方法部署 DApps，使之成为“区块链计算的 Heroku / Docker”。因此，iEx.ec 通过在市场网络上提供一个无阻碍的部署和开发平台，将获得新的收入流。详情请见图 11。



图 11 超越分布式云（研究版）

8、财务

8.1 收入

该项目将从以下三个来源获取收入：

- 作为合作方的资源供应商（v2）和应用供应商（v4）；
- 为应用程序、数据和服务器提供定制模式（v3）；
- 为 DApps 提供进阶服务（v5）。

8.2 支出

项目资金将用于支付四年的开发和运营成本。主要投入三个方面：iEx.ec 平台的开发和维护，iEx.ec 市场网络的营销和扩展以及学术协作（如支持该领域最先进的研究计划）。

资金的具体用途如下：

1、**iEx.ec 团队**：最大比例的资金将用于建立一个世界级的团队（主要是开发人员和管理员）。为了达到最大开发及市场运营能力，在最大融资规模下，我们将最多在四年内雇佣 15 人。

2、**办公和间接费用**：包括在法国、中国办事处的办公成本，以及其他人力成本。

3、**营销和媒体活动**：主要集中建立在一个由应用供应商、数据供应商和关键计算基础设施供应商（如云、矿工等）组成的网络系统。这部分由 2 人负责营销，一个针对传统行业，一个针对区块链企业。

4、**项目研究计划**：将与欧洲最知名的研究机构和大学（Inria、CNRS、ENS-Lyon、巴黎第六大学、巴黎第十一大学）和中国的清华大学、中国科学院合作进行。其他的一些研究资金将通过中国和法国研究基金（法国国家科研基金 ANR、中国国家自然科学基金 NSFC）和欧洲（H2020 基金）研究基金获得。

5、**合作承包商**：项目安全审计将委托给独立的合作承包商，其中 [Quirinus](#) 负责审计平台安全，[S3 Labs](#) 审计激励设计。

6、**应急预算**:为总预算的 9%（最低融资时的比例为 5%）。

支出具体比例请见图 12 和图 13。

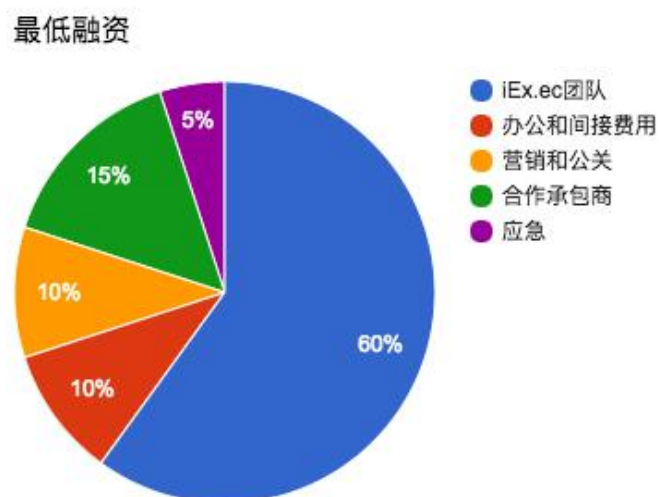


图 12 最低融资财务支出情况

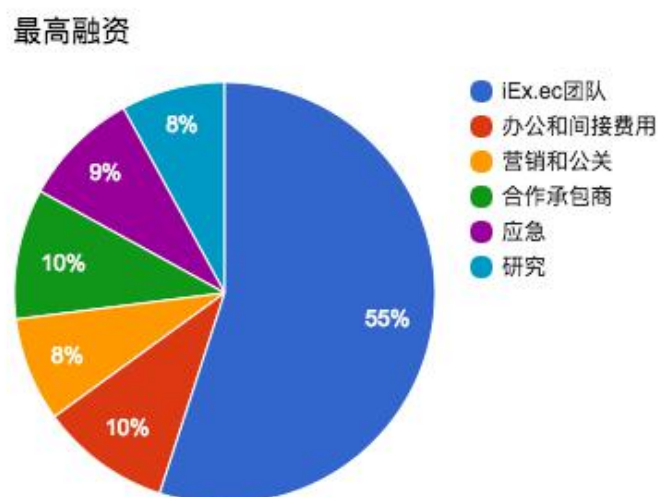


图 13 最高融资财务支出情况

9、众筹

RLC 代币用于访问由市场网络提供的资源。它将成为应用程序供应商、服务器供应商和数据供应商间唯一的付款方式。想要详细了解众筹操作的完整信息，请访问 <http://crowdsale.iex.ec>，明确的条款和操作条件随后会在该网站上发布。下面是关于本次众筹的一些基本信息（**众筹前可能会有变动调整**）：

- 开始日期：2017 年 4 月 12 日（GMT13:00）
 - 结束日期：2017 年 5 月 12 日（GMT13:00）
 - 最低目标额度：2000 BTC
 - 最高目标额度：10 000 BTC
 - **最高 RLC 供应量：87 000 000 RLC**
 - 最高 RLC 众筹量：60 000 000 RLC
 - 最低 RLC 供应量：27 400 000 RLC
 - 最低 RLC 众筹量：12 000 000 RLC
 - 创始人、研发团队和早期投资者：15 000 000RLC（最高），12 000 000 RLC（最低）
 - 研发人员、开发人员奖金和营销：6 000 000 RLC（最高），1 700 000 RLC（最低）
 - 特殊应急储备：6 000 000 RLC（最高），1 700 000 RLC（最低）
 - 无红利 RLC 销售价格：5000RLC/1 BTC；RLC/ETH 价格将会以 cryptocompare.com 上的 ETHBTC EMA12 指数为准进行换算。
 - 特别红利：众筹开始的 10 天内最高回报为 20%，第 11 天~第 20 天增长 10%。
 - 众筹条款和条件网址：<http://crowdsale-cn.iex.ec>
 - 白皮书网址：<http://iex.ec/whitepaper>
- <http://crowdsale-cn.iex.ec> 将允许每个人获取 RLC 代币。
- 众筹：主要销售期间销售的代币数目将限定在 6000 万，这相当于在 10000 BTC 价值的基础上获得 20%的红利。销售期间的 RLC 价格将遵循以下规则：

第 1 天~第 10 天为 20%: 6000 RLC / BTC;

第 11 天~第 20 天为 10%: 5500 RLC / BTC;

第 21 天~30 天为零: 5000 RLC / BTC。

RLC/ETH 价格将会以 cryptocompare.com 上的 ETHBTC EMA12 指数为准进行换算，并会在每个红利期更新数据。

- 创始人、研发团队和早期投资者：为这部分人员创建最低额度 12 000 000 RLC，具体数额为实际众筹数额的 5%，上限为 15 000 000 RLC。
- 研发人员、开发和营销奖金：这部分资金为实际众筹数额的 10%，上限为 6 000 000 RLC，为开发者提奖励、研发经费和市场营销的支持，以确保网络在初期的快速增长。
- 特殊应急储备：iEx.ec 将保留实际众筹数额的 10% 额度，上限为 6 000 000 RLC 代币以确保区块链的安全。储备的 RLC 不会在市场上出售，主要用于项目在出现极端情况时的紧急修复资金支持。

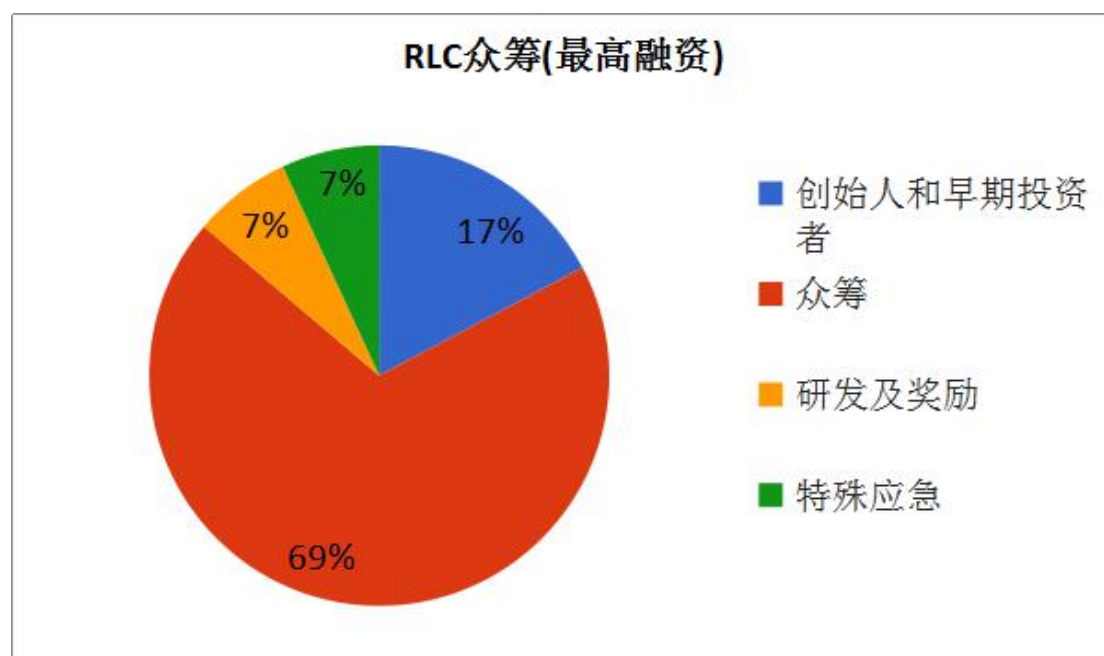


图 14 RLC 众筹最高供应量情况

10、团队成员

创始人



Gilles Fedak-CEO

Gilles Fedak 博士在 2004 年成为了法国国家计算机研究院(INRIA)的终身研究员。2003 从巴黎第 11 大学获得博士学位后,紧接着 2003 年至 2004 年他又在圣地亚哥加州大学攻读博士后。他的研究方向是并行分布式计算,主要致力于使用大型的、松散耦合的分布式计算基础设施,以支持高要求的计算和数据密集型科学的问题。他在网格计算和云计算领域开发了开创性的软件和算法,让用户轻松驾驭由数千台分布在互联网上的机器组成的大规模并行系统(XtremWeb、MPICH-V、BitDew、SpeQulos、Xtrem-MapReduce、Active Data.....)。他和别人合作发表了约 90 篇学术论文,其中有两篇获得了最佳论文奖。2012 年 G. Fedak 和 C. Cérin 合著了《桌面网格计算》(由 CRC 出版)。2015 年,他获得了中国科学院“国际人才计划”奖。



Haiwu He-首席科学家

Haiwu He 教授目前在中国科学院(CNIC/CAS)担任百人计划研究员。2013 年成为了教育部“春晖学者”。Haiwu He 教授分别于 2002 年和 2005 年在法国国立里尔科学技术大学获得了硕士学位和博士学位,并于 2007 年在巴黎第 11 大学完成博士后研究。2008 年至 2014 年作为研究工程师在法国里昂法国国家计算机研究院(INRIA)参加研究工作。他发表了 30 多篇期刊和会议论文。他的研究方向主要涉及 P2P 分布式系统、云计算和大数据。

开发者



Oleg Lodygensky-技术总监

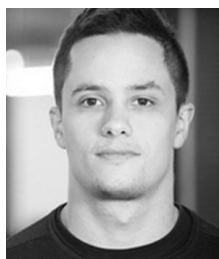
Oleg LODYGENSKY 博士是法国巴黎第十一大学 LAL/CNRS 的国家科学研究中心高级研究工程师。他是 XtremWeb-HEP 的主要开发者, XtremWeb-HEP 是桌面网格计算的一个开源软件,目前应用于核物理和粒子物理研究所(LAL/CNRS)。他介绍了许多 XtremWeb-HEP 的概念和技术创新,包括虚拟化、桥接与网格基础设施、志愿云、数据驱动的桌面网格、可信/不可信环境的安全、用户/应用程序/数据权限管理等。Oleg Lodygensky 已经在巴黎第十一大学取得了博士学位。



Mircea Moca-金融科技专家

Mircea Moca 博士于 2010 年在罗马尼亚 Babeş-Bolyai 大学获得了博士学位，并在该校担任副教授。随后，他在法国里昂高等师范学院（ENS-LYON）进行了博士实习（2010 年）和博士后实习（2012 年）。他的研究方向是分布式计算和目前流行的加密电子货币。他参与了 MapReduce 实现的志愿者计算环境的开发和验证。他为混合分布式计算基础设施开发了一个用户满意度和多标准调度。他目前负责倡议建立和验证 E-FAST，一个在金融市场为中小投资者提供先进的决策支持服务的分布式平台。

核心研发人员



Mehdi Amari-区块链研发人员

在巴黎参与编程 Ecole 42 后，Mehdi 专注于区块链系统架构。之后，他领导了 Lajavaness（法国数字创新加速器）大型公司的几个概念证明的研发。他还积极参与了法国区块链生态系统的研发。



Abdelhamid Benyahia-区块链专家

Abdelhamid Benyahia 是 La Javaness 的数字战略家和区块链专家。在建立自己的创业公司并帮助创业者实现自己的尖端项目之后，他现在致力于通过区块链来使用案例，做 POC（Proof of Concepts，概念证明）以及为大公司和创业公司作战略分析。



José Francisco Saray -数据管理专家

Jose Francisco Sary 是团队中的数据管理专家。在完成里昂大学硕士学位后，他现在致力于应用数据管理实例操作，为机构和企业进行大数据分析。



Heithem Abbes-绿色计算专家

Heithem Habbes 是 FST（突尼斯科学院）计算机科学助理教授，也是 LaTICE 研究实验室的成员。他的研究涉及分布式系统，特别是网格和云系统。Heithem 正在从事绿色计算和能源积极设备研究，将开发能量积极服务器，这将允许以非常低的成本执行许多微小服务。

媒体与公关



Julien Béranger-媒体与内容运营经理

Julien Béranger 负责媒体与内容运营。他毕业于法国东方语言与文明国家研究所的中国研究，并教中文五年。他在 2013 年 4 月发现了比特币和区块链技术，并担任 iOS 支付应用程序和社区货币的社区外展官员。2014 年 6 月，他加入了 OpenClassrooms 营销团队，这是欧洲领先的电子学习平台。他撰写了关于智能合约设计的各种文章。他还是 Abie Fun 的联合创始人，一个非盈利的 DAO 项目，是《Blockchain：用途、实践和前瞻》（Eyrolles 出版社）的作者之一。



Agnès Fedak-新闻、视频和社区经理

Agnès Fedak 参与了在社交网络上推广 iEx.ec。Agnès 是一位视频艺术家、独立编辑、纪录片和科学制片人、文化和艺术传播者。

诚挚致谢

感谢 Vincent Eli 先生对贡献证明机制（Proof-of-Contribution）在激励设计方面的帮助。

参考文献

[BitDew] Fedak, G., He, H., & Cappello, F. (2008, November). BitDew: a programmable environment for large-scale data management and distribution. In IEEE International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis. SC 2008 (pp. 1-12).

[BOINC] ANDERSON, David P. Boinc: A system for public-resource computing and storage. In : *Grid Computing, 2004. Proceedings. Fifth IEEE/ACM International Workshop on*. IEEE, 2004. (pp. 4-10).

[BLAST] He, H., Fedak, G., Tang, B., & Cappello, F. (2009, May). BLAST application with data-aware desktop grid middleware. In Proceedings of the 2009 9th IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid (pp. 284-291). IEEE Computer Society.

[Cisco] D. Evans, "The internet of things: How the next evolution of the internet is changing everything," CISCO white paper, vol. 1, p. 14, 2011.

[ClassAds] Solomon, M. (2003). The ClassAd Language Reference Manual, Version 2.1. Computer Sciences Department, University of Wisconsin, Madison, WI, USA.

[CYCLONE] Adrien Lebre, Anthony Simonet, Anne-Cecile Orgerie. Deploying Distributed Cloud Infrastructures: Who and at What Cost?. Intercloud 2016, Apr 2016, Berlin, Germany. Proceedings of the 5th IEEE International Workshop on Cloud Computing Interclouds, Multiclouds, Federations, and Interoperability, 2016, <http://www.cyclone-project.eu/intercloud2016.html>

[Fatcom] Factom - A Scalable Data Layer for the Blockchain <http://fatcom.org>

[FogComputing]

https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/trends/iot/docs/computing-overview.pdf

[GridCoin] <http://gridcoin.us>

[HackDistrib] <http://hackingdistributed.com/2016/06/18/analysis-of-the-dao-exploit/>

[MatchMaking] Raman, R., Livny, M., & Solomon, M. (1998, July). Matchmaking: Distributed resource management for high throughput computing. In Proceedings of the IEEE/ACM Seventh International Symposium on High Performance Distributed Computing, HPDC 1998 (pp. 140-146).

[MulticritSched] Mircea Moca, Cristian Litan, Gheorghe Silaghi, Gilles Fedak (2016). Multi-criteria and satisfaction oriented scheduling for hybrid distributed computing infrastructures. Future Generation Computer Systems, 55, 428-443.

[Sarmenta] Sarmenta, L. F. (2002). Sabotage-tolerance mechanisms for volunteer computing systems. Future Generation Computer Systems, 18(4), 561-572.

[XtremWeb] Fedak, G., Germain, C., Neri, V., & Cappello, F. (2001). Xtremweb: A generic global computing system. In Proceedings. First IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid, 2001. (pp. 582-587), IEEE.

[XtremWeb-HEP] A Data Driven Volunteer Cloud Middleware, <https://xtremweb-hep.lal.in2p3.fr>