



增强边缘设备

对分散型物联网的实用洞察

IBM商业价值研究院

执行报告
电子行业

随着物联网的扩展而实现业务转型

IBM作为一家全球性电子企业，我们理解高科技产业所面临的困难与挑战，以及蓬勃发展所需要的持续变革能力。在整个行业中，企业纷纷将注意力从智能手机和平板电脑转向新一代互连设备，因为这些设备不仅将转变电子行业，也会转变其他多个行业。IBM全球电子业务部以独特的方式将IBM和合作伙伴的服务、硬件、软件及研究整合为集成的解决方案，可帮您实现创新，创造差异化的客户体验，并且优化您的全球运营。

检验设备民主的基础

私有和公共行业的企业都必须准备好在即将到来的巨大物联网(IoT)中开展业务。物联网系列调研的第一份报告《设备民主：拯救物联网的未来》指出，在物联网不可避免地扩展到数千亿台设备时，去集中化有助于应对成本、隐私和寿命方面的挑战。¹ 这份后续报告介绍了我们如何通过三个目标检验上述概念：

- 验证去集中化系统对增强当前的集中化解决方案的未来愿景；
- 展示在不采用集中控制措施时物联网的基础任务；
- 允许设备自主地参与市场事务。

执行摘要

随着物联网的爆炸性扩展，非集中式网络有潜力降低制造商的基础架构和维护成本。非集中化也通过消除传统集中式网络中存在的单点故障而使系统变得更加强健。通过将网络的力量从中心转移到边缘，设备可获得更大的自主性，而且可成为拥有者和用户之间的交易点和经济价值创造者。

为了验证基础技术愿景，IBM与三星电子联合开发了去中心化的点对点自主遥测(ADEPT)概念证明法(PoC)。这是IBM 2014年物联网调研的第二阶段。

ADEPT PoC的主要目标是建立一个基础，用于展示对构建非集中式物联网至关重要的多项能力。未来的许多商用系统将以集中/非集中混合模式存在，而ADEPT展示了一种完全分布式的证明方法。

尽管许多商业化挑战仍然存在，但我们的PoC验证了实施非集中化物联网基础功能以及在物联网交易和市场中实现设备自主权的可行性。ADEPT为电子行业提供了机会，使其能够进一步探索潜在混合模式的挑战和机遇，从而利用这种模式应对持续扩展的互联网所要求的复杂性和多样性。



随着我们进入数千亿台设备互联的时代，混合物联网将不断演进，而“边缘”将为重心提供补充。



边缘的设备能力不断提高，可在物联网中自主运行。



边缘将成为新的经济价值的前沿，从而创造一种物联经济。

通过与三星电子结成合作伙伴，并通过与开源社区协作，ADEPT成功地展示了采用三星多功能产品实现的四个应用案例：

- 自主重新订购清洁剂的W9000 Samsung洗碗机(B2C)
- 自主重新订购维护配件的W9000 Samsung洗碗机(B2C)
- 自主商谈用电量的W9000 Samsung洗碗机(B2C)
- 自主显示广告内容的三星大格式显示屏(LFD)(B2B)

通过允许设备在市场 — 金融和非金融市场 — 上自主交互并且应对市场的变化，物联网将创建一种“物联经济”。几乎每个设备和系统都有可能成为拥有者和用户之间的交互点和经济价值创造者。这些能力对于实现共享经济、能源效率和分布式存储等方方面面都至关重要。

三项基础功能

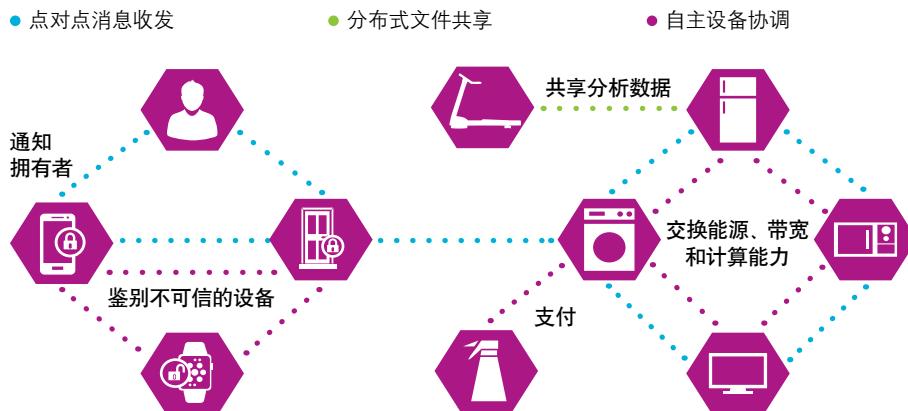
要在没有集中代理的情况下执行传统物联网解决方案的功能，任何非集中化方法都必须支持三项基础功能(见图1):

- 点对点消息收发
- 分布式文件共享
- 自主设备协调

ADEPT PoC采用三种开源协议实施了这些功能：用于消息收发的Telehash、用于文件共享的BitTorrent，以及用于实现自主设备协调功能的区块链协议Ethereum，这些功能包括设备注册、认证、基于接近度和基于一致意见的交互规则、合约与检查表。

图1.

在ADEPT PoC中，设备有权执行三项基本功能



非集中化物联网中的点对点消息收发必须支持：不可信、加密消息和传输；保障交付的低延时；存储消息并通过“连跳”将消息转发给其他互连设备。

点对点消息收发

业界对点对点网络产生了巨大的兴趣，因为这些网络为分布式计算提供管理良好的平台。如今，这种网络支持大量的特性，包括附近对等网络的选择、冗余存储、高效数据搜索/定位、数据永久保留或保障、分层命名、信任和认证，以及匿名访问。²

对等网络可共享计算资源，而不依赖中心云或服务器，从而优化资源利用率，降低与中心服务订阅相关的成本。具有不同能力和资源的对等网络可进一步增强系统的整体稳定性和性能，而不依赖第三方。

非集中化物联网中的点对点消息收发必须支持：

- 不可信、加密消息收发与传输
- 保障交付的低延时
- 通过“连跳”将消息转发给其他互连设备

分布式散列表(DHT)可满足这些消息收发要求，使各对等网络能够使用散列表并通过DHT中存储的成对(密钥、值)搜索网络中的其他对等网络。³ 每个设备可以生成自己唯一的基于公共密钥的地址(散列元素值)，从而能够和其他终端进行加密消息的收发。

对于ADEPT来说，在考虑的多种消息协议中，新出现的开源消息协议Telehash最符合我们对点对点消息收发提出的目标。Telehash是Kademlia协议的开源DHT实施方式。⁴ 我们对协议的选择基于其目前的能力，以及我们在PoC中实施协议的能力。在我们的非集中化物联网演示中，Telehash主要用于在设备之间发送通知，而不使用中央服务器。

分布式文件共享

在非集中化物联网中，分布式文件共享提供了文件分发，例如传播软件/固件更新，传输设备分析报告和大量文件的媒体内容。这种分布式文件共享也可采用DHT通过分布式点对点网络而安全地实现。BitTorrent是为ADEPT文件共享而选择的著名DHT文件共享协议。在我们的非集中化IoT演示中，BitTorrent主要用于内容分发，而不使用中央服务器。

自主设备协调

由于不需要第三方角色和权限裁决人，自主设备协调方法使设备拥有者能够定义并管理自己的交互活动。简单的设备协调功能包括注册和认证。更复杂的交互要求拥有者或用户定义交流规则。这些规则可能基于接近性(物理、社交或时间)、基于一致意见(选择、验证或黑名单)，或者由其他设备的刺激而触发。

另一种设备协调形式是合同 — 关于行动或控制的简单协议，即更复杂的金融合同，涉及到付款或易货合同，允许设备通过交换资源获得服务。数字检查表允许设备进行自身维护，目的是预防故障。

为了在我们的PoC中的设备网络间实施这种自主设备协调，我们选择了区块链技术平台(见图2)。⁵

图2.

自主设备协调框架允许设备间的交易，包括从简单的注册到复杂的检查表



将区块链概念应用于物联网创造了多种可能性，包括维护产品信息、历史、产品修改、保修细节和产品寿命终结，这样，区块链本身可能成为可信的产品数据库。

构建基于区块链的物联网

区块链 – 非集中化金融系统的基础技术平台。

比特币 – 是网络参与者共享的长交易分类账。

区块链的完整副本保留网络中完成的每个交易的记录。每个区块链参与者可维护自己的分类账副本，但存储的数据量根据能力、需求和偏好的不同而有所差异。分类账中的每个区块包含上一个区块的“散列”。

这使得区块能够追溯到第一个(“起源”)区块。从计算角度讲，一旦创建之后，修改区块极为困难，而且不现实，尤其是后续区块链条已经生成。较短链条中的区块自动由较长的链替换 – 所有参与者都采用尽可能最长的链条。

将区块链概念应用于物联网世界提供了多种可能性。一旦产品完成最终组装，产品就可由制造商注册到通用的区块链中，表示产品寿命的开始。一旦售出后，经销商或最终客户可以将产品注册到地区的区块链中(社区、城市或州)。在注册后，产品在整个生命周期内在区块链中始终作为唯一的实体。在区块链中维护产品信息、历史、产品修订、保修细节和寿命终结信息的可能性意味着区块链本身可成为可信的产品数据库。

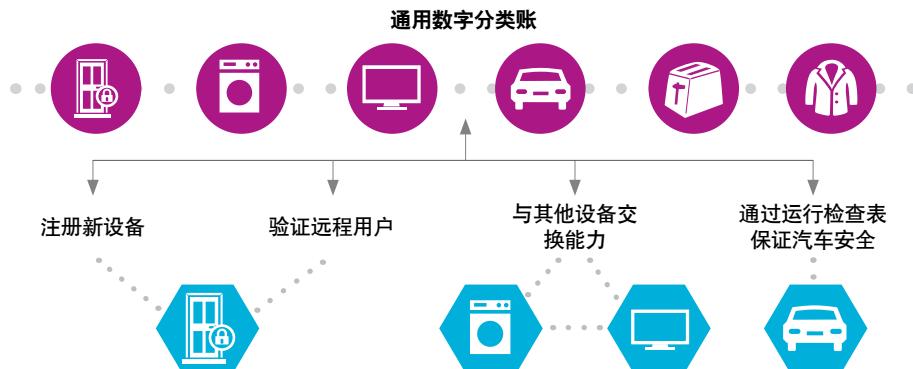
例如，设想这样一个世界：智能设备能够检测组件故障，检查区块链中的保修状态，向签约的服务提供商下服务订单，并且让服务提供商独立地验证保修申请 – 同样从区块链中获取信息，这些全都自主实现。在这样的世界中，我们将重新设计并简化主数据管理系统、售后系统及订单处理与管理的方式。

基于区块链的非集中化物联网可成为设备间交易处理的真正革命性的方法(见图3)。

需要注意的是，旨在限制货币流通的比特币在区块链挖掘过程中的难度越来越大，然而，在我们的物联网区块链愿景中，这种限制并不是必要的。对于基于区块链的物联网的ADEPT实施，我们选择了Ethereum协议的初始版本。⁶ Ethereum改进了比特币的传统区块链方法、其引入的Turing完整脚本语言和约束性合同的创建能力，这些对我们的PoC极具吸引力。

图3

区块链作为多项物联网交易的分布式交易分类账



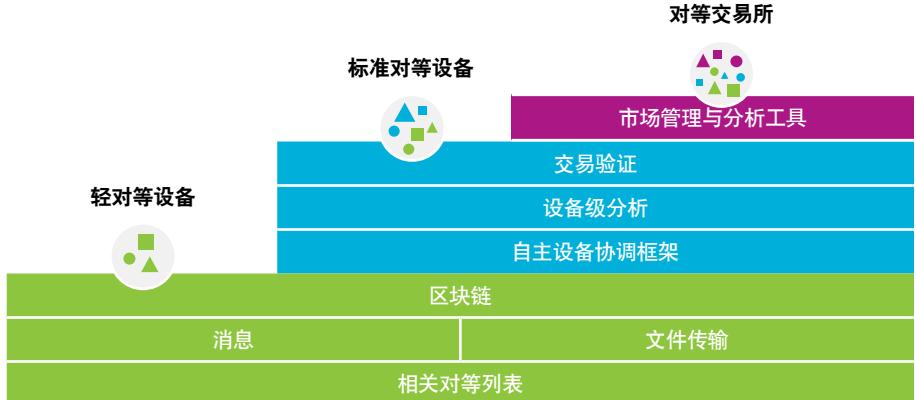
三种设备类型

在物联网中，设备的计算能力、网络能力、存储空间千差万别，无论是交流电还是电池驱动，也无论是固定还是移动形式。设备是整个生态系统的一部分，需要不同级别的信任度。由于同等设备间发生的交易日益增多，设备间的信任度也不断演变。不信任的对等设备间的交互可能逐渐变成半信任或者完全信任的关系。

因此，设备间需要的交易验证范围取决于多种因素：设备类型、交互性质、设备间关系的类型，以及设备拥有者对设备在具体情况下能做什么和不能做什么的限制。根据这些考虑。我们确定了设备的三个总体分类，并且定义了每类设备的非集中化物联网能力(见图4)。

图4.

在从轻对等设备向标准对等设备、对等交易所转变的过程中，设备能力日益增强



物联网中的不同设备支持不同等级的ADEPT功能，这取决于设备的性能和存储能力。最低级的是轻对等设备：这些设备如可穿戴设备和灯具开关，执行基础的物联网功能，例如消息收发。最高等级是服务器或云环境中的对等交易所，可实现更复杂的市场交易，例如对等设备服务。

由于这些设备成为非集中化网络的对等设备，每个设备都能通过可认可的方式作为对等设备，保留与不同对等设备关系的信息，并且明确地识别采用不同协议的对等设备。这些行为通过安全对等设备清单的方式实现。

轻对等设备

轻对等设备是指具有低内存和低存储能力的设备，例如支持轻应用的传感器和设备。目前，轻对等设备的代表包括Raspberry Pi、Beaglebone和Arduino板。

轻对等设备执行消息收发，保留包含其区块链地址和余额的轻钱包，并且执行最基本的数据共享：例如，根据业务或功能需求，接收固件更新，或者向另一个对等设备发送交易汇总文件。要获取区块链交易，轻对等设备将变为可信对等设备。

基于能力不同，边缘的设备在非集中化物联网中执行不同的角色。

对等交易所不仅支持交易验证，而且通过为市场上不同设备提供交易流动性信息而支持金融互换等功能。

标准对等设备

据我们预计，在未来几年中，大多数产品的处理能力和存储能力会随着通用计算组件的成本下降而增加。对制造商和最终消费者来说，更高的计算能力和存储容量的递增成本也非常高。

例如，未来的洗碗机和冰箱将配备更高的存储和处理能力，从而能够满足指定时间段内的区块链要求 — 不仅包括区块链本身，也包括可信环境中的轻对等设备。这些产品预计在未来几年内会成为标准。

从核心来讲，标准对等设备非常类似轻对等设备，但根据其能力，它一直作为区块链的一部分。这可能包括其自身最近的交易，而且包括生态系统中与其签约的其他更轻的设备的交易。标准对等设备也可以支持轻对等设备执行文件传输。这些设备有能力存储并转发消息，并且对其自身和对等设备执行轻型分析。

对等交易所

对等交易所是具有巨大计算和存储能力的高端设备。在非集中化物联网中，它们也是由组织或商业实体拥有并运行的对等设备，并且能够托管市场。对等交易所支持分析解决方案、支付交易所、欺诈监测、交易和法律合规套装以及供需匹配解决方案等市场组件，并为支持和其他业务解决方案互操作提供了集成能力。

对等交易所也是区块链完整副本的潜在存储库，并提供了区块链分析服务。在城市或者社区可能有数百万物联网设备的场景中，区块链的大小可能快速增加。即使配备高级处理器和存储器的标准对等设备本身也可能无法将区块链信息以及它们所服务的对等设备信息保留长达几天时间。然而，由于区块链作为可信的信息来源并保留了所有产品交易，在地区或社区级别回看这些交易非常重要，有时需要回溯到产品生命周期的开端。

例如，太阳能微型电网可能已启用十年，或者智能路灯已经登记了许多年。在需要维护和支持时，区块链的接入可验证初次登记或安装细节。

对等交易所在某种程度上类似于当前金融交易所扮演的角色，在市场中执行供需平衡的任务。因此，一个社区中一组资产所提供的资源可能转换为另一个社区中买方的对等交易所。

之后，对等交易所不仅仅作为提供内存和技术支持的大型服务器或云。它们成为新的经济机遇的生命线 – 新“丝绸之路” – 使得“设备民主”中描述的资产流动成为可能(见图5)。⁷

图5.

对等交易所托管的市场在设备之间提供交易流动



将物联网转换为物联经济

通过允许设备在市场上自主交流，并且支持复杂的市场交易，物联网预计能够提高物理资产和设备的利用率和利润率。通过将每部设备转变为拥有者和用户之间的交易点和经济价值创造者，物联网将创造新的实时数字经济和新的价值来源。我们将这种转型称为“物联经济”。

为了展示非集中化物联网的可行性及其在创造新的数字经济中扮演的角色，ADEPT PoC应用案例场景涉及大量设备和市场交易。IBM与三星公司合作，在已推出的三星产品上实施了一组B2C和B2B应用案例。

B2C ADEPT应用案例展示了洗衣机如何成为自主设备 — 能够管理自身耗材供应，执行自助服务和维护，甚至与其他设备谈判(无论在家中还是在外边)，进而优化能源消耗。这些应用案例扩展到其他场景中，例如微商解决方案可采用一组普通的家用电器而构建。

所有这些功能的实现都不需要集中的控制器在设备之间进行编排或调停(见图6)。B2B ADEPT应用案例展示了采用LFD的非集中化广告市场，用于分享和发布内容，而不需要集中控制器(见图7)。

图6.

ADEPT洗衣机自主参与到耗材、能源和服务市场中

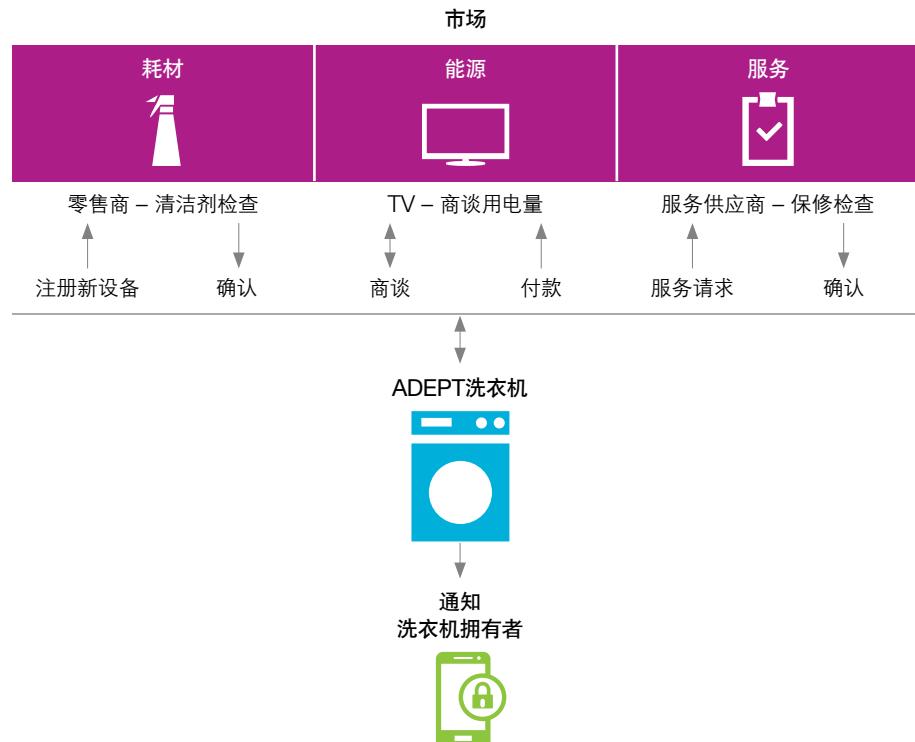
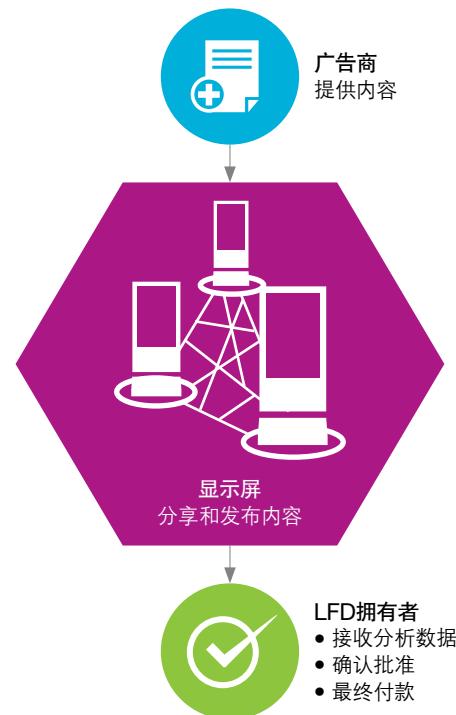


图7.

大格式显示屏自主参与到非集中化广告市场中



从概念证明到商用：混合未来

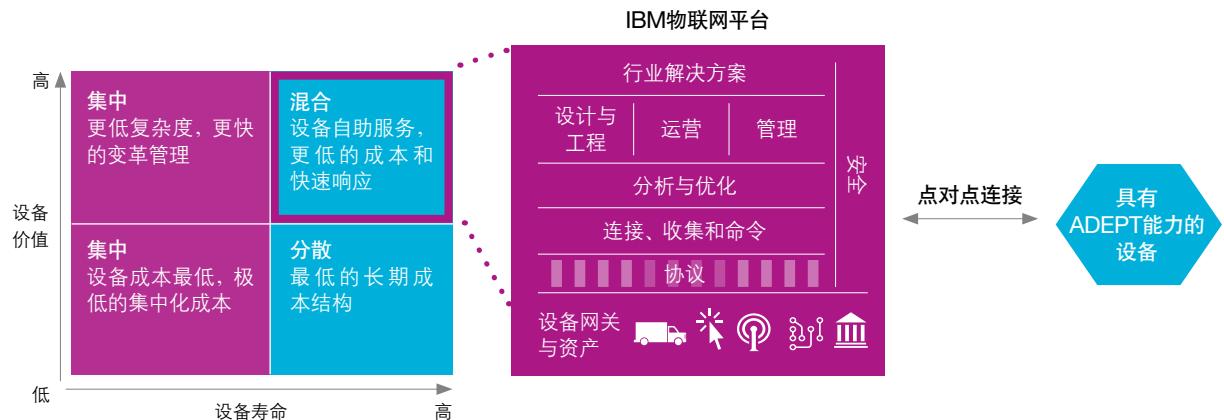
ADEPT向未来的物联网展现了巨大的潜力。如“设备民主”一文中指出，交易处理这样的低级工作是现代化计算工作负载的基础。⁸由于设备技术和软件的巨大进步，现在几乎任何设备在任何地点都能够提供交易处理、市场和智能。

ADEPT这样的分布式系统能够使企业和消费者更高效地开展工作，并且提供了大量经济机遇。这些技术变化预示着自从通用计算和交易处理系统出现以来的最大革命。

根据物联网上设备的价值、寿命和应用，未来的商用系统可能作为集中与分散混合系统存在。ADEPT的可行性为通过更加分散的能力增强当前集中化物联网解决方案奠定了基础(见图8)。

图8.

ADEPT的可行性为利用点对点方法增强集中化物联网解决方案奠定了基础



建议

通过非集中化增强集中化

随着物联网的持续扩展，物联网从业者必须评估利用点对点模式增强现有物联网解决方案的机会。低成本、长寿命的设备应用是开始向更混合的物联网扩展的最佳候选者。在服务受到严格控制的行业和数字化导致大量基础架构成本的经济领域，企业可能会从混合模式中获得最大的收益。

通过协作实现变革

本报告通过非集中化物联网中运行的PoC而深入洞察了物联网从业者。但是，要想开发具有商业可行性的解决方案，核心技术必须更加强健，才能应对数千亿台设备组成的点对点网络的挑战。企业可以与物联网和区块链社区积极交流，采用关键措施以应对这些挑战。

立即行动

很明显，分布式系统的商业化仍存在巨大的扩展性挑战，另外还有安全、协调、知识产权管理、身份和隐私问题。采用单一战略，坐在场外等待其他人率先尝试这种技术是不明智的。如果企业选择看似更安全的选项，在当前的风险得以消除后，则会很难赶上市场领导者。

ADEPT PoC为电子行业提供了机会，使其能够进一步探索潜在混合模式的挑战和机遇，并利用这种模式有效地增强当前的集中化解决方案。

您是否准备从不断演进的物联网中获益?

各行各业的企业都必须掌控未来十年的大规模物联网转型，并且做好准备应对其影响。以下问题指出了从业者和高管为实现这一目标而采取的有效措施：

- 您如何预测企业支持并参与到物联网中所需的基础架构和维护成本？
- 您如何评估当前物联网解决方案的安全性？这些解决方案能否持续保护用户(无论是消费者还是企业)的隐私？
- 您计划如何帮助您的物联网解决方案与设备的生命周期匹配？
- 您现有的物联网在多大程度上从非集中化或混合模式中获益？
- 在通过提高效率和在物联网社区中开展协作而利用未来的混合物联网模式方面，您的企业有哪些机遇？

相关文献

Brody, Paul和Veena Pureswaran。“设备民主：拯救物联网的未来”。IBM商业价值研究院。2014年9月。www.ibm.biz/devicedemocracy

作者

Veena Pureswaran在电子行业拥有超过10年的丰富经验，并且在产品开发、战略和管理领域担任领导职位。她目前在IBM商业价值研究院全球电子部工作，负责为行业开发思想领袖。她的联系方式是：vpures@us.ibm.com

Sanjay Panikkar在电子行业拥有超过10年的丰富经验，领导了客户的供应链和智慧的电子项目。作为电子能力中心的成员，他带领团队与三星电子开展了ADEPT的PoC实施。他的联系方式是：psanjay@in.ibm.com

Sumabala Nair担任客户架构师长达10余年时间。她目前是IBM全球企业咨询服务部业务分析和战略团队的成员。她是三星电子ADEPT PoC的首席架构师，联系方式是：sumanair@in.ibm.com

Paul Brody在电子行业拥有超过15年的丰富经验，在供应链、运营和业务战略方面开展了大量咨询工作。他曾经是IBM移动与物联网业务部的副总裁和北美区领导人，并且是IBM行业研究院的创始成员。

更多信息

欲获取IBM研究报告的完整目录，或者订阅我们的每月新闻稿，请访问：ibm.com/iibv。

从应用商店下载免费“IBM IBV”应用，即可在平板电脑上访问IBM商业价值研究院执行报告。

选对合作伙伴，驾驭多变的世界

在IBM，我们积极与客户协作，运用业务洞察力和先进的研究方法与技术，帮助他们在瞬息万变的商业环境中保持独特的竞争优势。

IBM商业价值研究院

IBM商业价值研究院隶属于IBM全球企业咨询服务部，致力于为全球高级商业主管就公共和私营领域的关键问题提供基于事实的战略洞察。

合作者

John Cohn, IBM院士, IBM企业战略

Yunjung Chang, IBM全球企业咨询服务部高级管理顾问

Gurvinder Ahluwalia, IBM全球技术服务部云计算CTO

Peter Finn, IBM销售与支持服务部客户架构师

Richard Brown, IBM销售与支持服务部执行架构师

Kevin Daley, IBM全球企业咨询服务部业务架构师

Joni McDonald, IBM销售与支持服务部内容战略家

Angela Finley, IBM销售与支持服务部视觉设计师

致谢

作者感谢WonPyo Hong博士(总裁)、JinSoo Yoon博士(副总裁兼非集中化物联网领导人)和首尔三星电子媒体解决方案中心开发团队在ADEPT PoC项目中提供的支持和协作。感谢Ethereum团队的贡献: Vitalik Buterin、Stephan Tual和Gavin Wood; 以及Telehash的Jeremie Miller。还要感谢IBM设计团队在应用案例设计方面的帮助。最后, 感谢IBM韩国团队的支持, 以及参与实施ADEPT PoC的以下IBM同事: Nikhil Baxi、Amir Kamal、Hari Reddy和JungWon Cho。

参考资料

- ¹ Brody, Paul and Veena Pureswaran. "Device democracy: Saving the future of the Internet of Things." IBM Institute for Business Value. September 2014. www.ibm.biz/devicedemocracy
- ² Eng Keong Lua, Crowcroft, J., Pias, M., Sharma, R. and Lim, S. "A survey and comparison of peer-to-peer overlay network schemes." IEEE Communications Surveys and Tutorials. 2005.
- ³ Maymounkov, Petar and David Mazières. "Kademlia: A Peer-to-peer Information System Based on the XOR Metric." New York University. <http://pdos.csail.mit.edu/~petar/papers/maymounkov-kademlia-lncs.pdf>. Accessed on August 29, 2014.
- ⁴ Telehash: Encrypted mesh protocol. <http://telehash.org>. Accessed on March 24, 2015.
- ⁵ Leishman, Alexander, latest editor. "A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform." GitHub: ethereum/wiki. March 18, 2015. <https://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper>. Accessed on March 24, 2015.
- ⁶ Ethereum: A platform for decentralized applications. <https://www.ethereum.org>. Accessed on March 24, 2015.
- ⁷ Brody, Paul and Veena Pureswaran. "Device democracy: Saving the future of the Internet of Things." IBM Institute for Business Value. September 2014. www.ibm.biz/devicedemocracy
- ⁸ ibid.

国际商业机器中国有限公司

北京市朝阳区北四环中路27号

盘古大观写字楼25层

邮编: 100101

IBM主页位于:

ibm.com

IBM、IBM徽标和ibm.com是International Business Machines Corporation在美国和/或其他国家或地区的商标或注册商标。这些术语和其他IBM已注册商标的术语在本信息中首次出现时都使用适当的符号（®或™）加以标记，那么表明这些符号在本信息发布时已经是由IBM根据美国联邦法律注册或根据普通法注册的商标。这些商标也可能是在其他国家或地区的注册商标或普通法商标。以下Web站点上的“Copyright and trademark information”部分中包含了IBM商标的最新列表：ibm.com/legal/copytrade.shtml

其他公司、产品和服务名称可能为其他公司的商标或服务标识。

本出版物中所提到的IBM产品和服务并不暗示这些产品或服务将在所有有IBM业务的国家或地区中提供。

© Copyright IBM Corporation 2015

GBE03662-CNZH-02

