

机会物联

——兼谈物联网的社会性

郭 斌¹ 於志文¹ 张大庆^{1,2} 周兴社¹

¹西北工业大学

²法国国立电信学院

关键词：机会物联 物联网 社会感知 行为分析

什么是机会物联

物联网（Internet of Things, IoT）被视为信息产业在经历计算机、互联网两次浪潮后的第三次革命。发展物联网的愿景是使互联网延伸到物理世界中，使人与物体、物体与物体之间通过传感器和网络设备实现信息感知、交换与集成。当前，物联网的发展已经逐步把物理世界中各种物体连接起来，出现了车联网^[1]、手机物联网^[2]和智慧校园^[3]等。当物联网既可以感知环境，又可以与人们互动交融时，就成为了能了解客观物理世界复杂性，并迅速对其做出响应的工具。这也在包括人类健康改善、安全维护、城市资源管理以及环境保护等诸多领域直接推动了大量创新型服务的产生^[4]。

现阶段对物联网的研究主要针对如何利用物联网来感知物理世界，而物联网的远景目标在于推动人类社会与物理世界的和谐融合，建立一套社会化的感知体系。因此，研究物联网与人类学以及社会科学的交叉具有重要的科学意义，这里称其为“物联网的社会性（the social side of IoT）”。关于物联网社会性的研究内容不仅包括信息空间（cyber space）和物理空间（physical space），还包括人类、知识、社会和文化。物联网将按照一定规律将自然、信息空间和社会三者连接在一起。然而，目前对物联网社会性方面的研究还非常少见。

从连接拓扑上来讲，物联网可分为基于基础架构的连接和基于自组织方式（ad hoc）或机会的

连接^[5]。前者通过无线基础设施（如基站等）采用集中式方式进行数据分析及控制；后者是从移动自组织网（MANET）基础上发展而来，不依赖于基础设施，能够采用短距离无线通信技术实现快速自主组网。例如，在一个咖啡厅，用户A和其周围一定范围内的用户可以通过自组织方式自主连接，实现通信和共享信息服务。由于自组织网络具有临时性、与人关系紧密、节点动态变化等特点（如咖啡厅内的人员在随时流动变化），也被称为机会网络（opportunistic networks）^[6]。在物联网环境下，我们把具有机会网络连接能力的物联网称为“机会物联网”。手机、可穿戴设备、汽车等在装备短距离无线通信器和感知设备的情况下都可以组成机会物联网。由于人类与机会物联网之间具有紧密联系（手机、汽车都是人类的贴身伴侣），机会物联系统将成为在人类日常工作生活中实现感知、提供服务的第一载体；反过来，人类的行为也会影响机会物联系统的工作。因此，机会物联成为研究物联网社会性的一个重要方面。下面通过一个“机会交易（opportunistic trading）”实例进行说明。

与传统的市场交易和网上交易不同，机会交易是在机会网络环境下完成的买卖双方需求匹配的过程。例如，某城市中，A想购买一架二手钢琴，他把该请求提交给自己的手机代理（Agent）。随着A每天的移动，该手机随时和附近区域内的其它手机构成机会网络，共享各自的需求并进行匹配。由于A的移动范围有限，他期望能找一些别的代理节点

来保存并帮其散发需求信息。因此如何选择代理节点成为一个突出问题,原因在于这既要考虑节点的行为有效性(如用户移动模式),还要考虑其社会性,如意愿度(social willingness)。假定经过一定时间,A找到了一些合理的代理节点,这些节点在一定时间内(如一周内)会帮助A找到匹配对象B(B在该城市另外一个地区,她要出售钢琴),机会交易就实现了。机会交易具有允许延迟(delay tolerable)、随机性、普适性、社会交互性等特点。

机会物联这项技术以具有感知、通信功能的智能设备的广泛使用为基础,以人类移动性与社会交互性为切入点,探索物联网与人类行为之间的互相影响与关联,为用户之间内容、资源及服务的传播、搜索和共享开辟了新的途径。然而,就目前而言,对物联网的研究还侧重于射频识别跟踪^[7]、服务支持^[8]、海量数据分析^[9]、安全隐私保护^[10]等方面,对机会物联及物联网的社会性方面研究还比较少。英国剑桥大学的Bubble Rap项目较早地提出了利用人类社会关系来影响机会网络信息的传播,通过社会网络分析来进行代理节点选择,使得数据能更快地传送到目的地^[11]。但总的来说,有关物联网社会性的研究还处于萌芽状态,关于人类社会和机会物联间的双向交互作用尚无相关的探讨。

与国外相较,国内对物联网的研究起步稍晚,但近几年在国家的重视下取得了较快发展。2009年8月,温家宝总理在视察中国科学院无锡物联网产业研究所时,提出“感知中国”的概念,随后物联网被正式列为国家五大新兴战略性新兴产业之一。但国内对物联网的社会感知性方面研究尚不多见,目前只开展了少量前瞻性研究。如中国科学院软件研究所的王飞跃研究员于2010年在IEEE《智能系统》杂志上提出了物理信息社会系统的概念^[12],并对该领域进行了概述性分析。中国物联网首席科学家刘海涛提出了物联网的“感知社会论”^[13],把物联网定义为“以感知客观物理世界为目的,物物互联的综合信息系统。”该定义依然侧重通过感知物理世界而为人和人类社会提供服务,对物联网如何感知人类社会,人类行为与物联系统如何交互作用等尚无涉及。

机会物联网的社会性

人类社会和机会物联网不仅在物理层面上密切相关(如前所述,手机、汽车都是人们日常工作活动的贴身伴侣),在逻辑和计算层面上也彼此关联、相互作用。一方面,通过对机会物联网获取的大规模实时感知数据进行计算分析和处理,可以获得个体和群体行为及交互方面的信息;另一方面,人类社会的各种属性如人类移动性、社会网络结构及社会特征(如活跃度、意愿性等)反过来会对有关机会信息传播的应用造成影响。机会物联网与人类社会的这种双向交互作用深刻地反映了物联网的社会性,下面就这两方面的作用分别进行介绍。

机会物联数据感知社会 机会物联网将深入到人们生活的方方面面,为感知和理解人类和自然世界实体之间多样化的交互模式提供了前所未有的机会。具体来讲可以从三个不同维度对这种交互进行定义(如图1所示),包括人与物体的交互、人与环境的交互以及人与人之间的交互。通过机器学习和数据挖掘技术对收集到的交互数据进行分析,机会物联网将具备用户感知、环境感知和社会感知三方面能力。

1. 用户感知(user awareness)指可以识别出个人的情境以及行为模式,包括人的位置、活动、行为模式等。

2. 环境感知(ambient awareness)指对空间的状态信息(如空间占用情况、交通拥堵情况等)以及人所处位置的空间语义信息(如超市、办公室等),还包括环境上下文信息(如空气污染情况、噪音分布等)的感知。

3. 社会感知(social awareness)指从单人的感知上升到对社会群体的关注。其目标是揭示人们之间的社会关系(如朋友推荐、社区挖掘等)、社会情境(开会、聚餐等)及社会交互模式等。

人类行为对机会信息传播的影响 信息传播与共享是机会网络应用的主要领域。在机会物联网中,由于网络拓扑结构未知,为了使信息I快速传递到目标位置D,发送者S一般会选择另外一些物理节点(在手机物联网中,节点为手机)作为移动代理B(bro-

ker)。移动代理一般采用一种被称为“保存—携带—传递 (store-carry-forward)”的方式完成信息传播工作。从S接收到传播任务I, 保存在自己内存中, 并把该信息传递给后面所接触到的机会网络用户。对于代理的选择, 最朴素的方法是采用泛洪 (flooding) 方式, 动态机会网络中每个接触到S的节点都会作为代理。这种方式大大提升了信息传播速率, 但同时也造成了网络数据拥堵和大量重复发送。为降低网络负载率且在一定程度上保持信息传播速率, 需要对移动代理进行合理选择 (即只选择一些最有效的节点)。代理的选择在很大程度上受到人类行为及社会属性, 如个体移动性 (是否活跃节点)、意愿度 (是否愿意承担中继任务) 和偏好 (对任务做选择) 等的影响。也就是说, 人类行为会对机会信息传播机制造成影响。

应用领域

机会物联是以人们在物理社会的交互行为为基础的, 这为开发一系列创新性的以人为中心的应用提供了可能。

群体行为分析 机会物联网使处于相近区域的人们之间的通信和协作更为便利, 也使我们可以更客观地分析群体交互行为。例如, 微软公司的

SixthSense项目 (<http://research.microsoft.com/en-us/projects/sixthsense/>) 使用办公区域内基于射频识别 (radio frequency identification, RFID) 的智能设备之间的移动和交互来理解企业工作人员之间的交互及协作关系。美国麻省理工学院媒体实验室的藤原 (Koji) 等人使用了特定设计的工作标记卡来研究企业生产力和人际交互之间的关联^[14]。

社会机缘网络 交际是人类行为的一个主要社会特征。在机会物联的背景下, 可以实时感知现实世界中人与人之间的物理接触 (利用WiFi、蓝牙、WiMax等机会网络连接技术), 并通过个体信息的交换和计算来建立或增强人们之间的社会联系。美国麻省理工学院开发的“社会机缘 (social serendipity)”^[15]是较早的关于机会社会网络的应用, 它可以对相邻近的个体间的档案 (profile) 信息进行交换, 执行相似度语义匹配, 进而发现有相似兴趣的人, 并可实时推荐本地的朋友。

商业智能 当人们连接起来时, 他们之间便会互相影响。在机会物联网中, 个体间的相互影响变得更大, 这为商业应用提供了很多机会, 特别是在广告信息的传播方面。例如, 英国的科研人员曾开发了与地点关联的传染式营销 (viral marketing) 系统, 用来支持产

品广告在访问了某个店面的消费者及在店面附近其他相遇者中的散布, 从而促进新产品或折扣信息的推广^[16]。

生命日志 人的记忆并不总是可靠的, 人们常常会忘记过去发生或经历过的一些事情。这会大大影响我们在日常工作和生活中的表现。早在1945年, 美国科学家万尼瓦尔·布什 (Vannevar Bush) 曾提出要制造一种信息

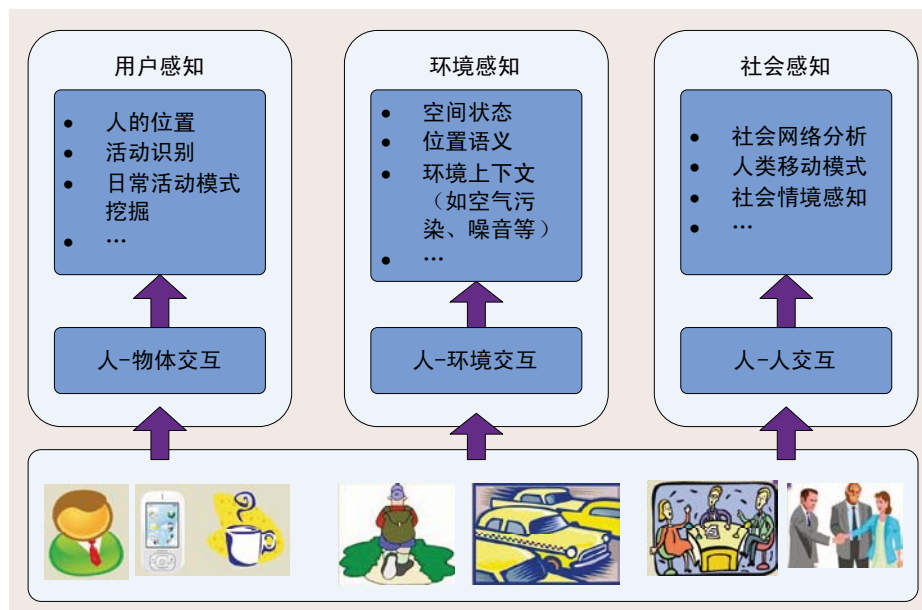


图1 机会物联感知的三个维度

机器Memex,用来帮助人们记忆。他说,“这种机器可以储存一个人所有的书籍、报告、通信记录,并且可通过一种快速和灵活的机制进行查询。”这种设想在当时听起来似乎是天方夜谭。然而,随着移动感知(mobile sensing)技术和大容量存储技术的发展,研究人员已经开始在开发一些用于增强人记忆的、被形象地称为“生命日志(life logging)”的系统。这类系统可以利用附着在人身上的感知设备,实时捕捉和记录我们日常生活的点点滴滴,例如每天接触过的人、活动过的地方以及与其他人的谈话内容等等。微软公司旧金山实验室的首席计算机科学家戈登·贝尔所领导的MyLifeBits项目是一个较早的关于生命日志的研究,它利用一个可穿戴的拍照设备和录音设备来自动记录人的活动(<http://research.microsoft.com/projects/mylifebits>)。

研究内容

作为一个新的研究领域,机会物联在信息传播、安全隐私与信任、共享经济模型等方面都存在新的问题和挑战。

机会传播机制 在机会信息传播过程中,由于没有先验知识,会对代理节点的选择造成很大挑战。一般的做法是先根据历史信息对节点的社会活跃程度(social popularity)进行评估,然后选择出优化的限定规模的活跃代理集(broker set, BS)来完成信息传播。然而,对机会物联环境下信息的传播一般假设任何被“接触(touch)”的用户都愿意做代理(称为“无私代理”),而实际上由于代理需要在信息接收和匹配过程中付出一定的计算能力,因此这个假设并不总是成立的。根据社会学原理,利己性(social selfish)是人类的一个基本属性,会影响到人的行为决策。此外,人的不同偏好也会对其信息接受和转发行为产生影响。所以,在进行机会传播算法设计过程中,还需要进一步考虑各种社会属性可能造成的影响。

安全与隐私 从个人设备中提取和共享数据

供社群服务使用,不可避免地会带来安全和隐私方面的问题。例如,在机会广告传播服务中,一些涉及用户隐私的信息(如个体位置和感兴趣地点等)很容易会被攻击者获取。这就给机会物联带来了新的挑战,即如何在用户贡献数据的同时保证其私密性,从而提高公众参与的积极性。研究人员已经开始采用一些数据匿名技术来隐藏数据贡献者或传递者的身份,如k-匿名(k-anonymity)和时空匿名保护(spatio-temporal cloaking)等方法。然而,对于数据隐私的保护仅仅局限于技术方面的保障是不够的,还需要通过全社会的讨论在制度和法律层面对人们如何控制和使用个人数据逐步形成相应的规范。

信任机制 由机会物联支持的社会协作可利用匿名贡献者来收集或传播数据。在此过程中,如果缺乏有效的机制来确定数据源或代理的可信任性,则会对应用造成影响。例如,某些源节点可能会发送错误信息;某些中继节点在承担传递任务时可能会对信息进行篡改或伪造。因此,需要引入一些信任机制来保证信息传播和共享的可靠性。然而,传统的安全方案往往是集中式的在线信任授权,不能很好地适应机会网络的随机连接和无中心性(分布式)的特点。由于机会网络和人类社会网络之间存在较程度的关联,可以结合社会网络结构和属性分析来探索物联中的信任模型,也可以借鉴对等(peer to peer, P2P)分布式网络中的声誉机制来增强机会物关节点间的信任关系。

共享经济模型 机会物联为用户和服务提供商提供了大量的商业机会。但是,为使这些创新应用从单纯的概念转化为大众所接受的产品,需要解决很多的商业问题。以数据共享为例,机会感知需要个体贡献自己的计算能力为其它节点服务,这就需要有一个合理的经济模型推动用户的参与,特别是在当前移动设备资源(如能源、内存等)受限的情况下。仅仅有促进用户协作和社会参与的宣传口号是远远不够的,我们更需要借鉴和引入一些能够激励用户参与的奖励机制(如对等网络平台中的数据共享激励机制)。

结语

本文从机会网络连接的角度对物联网进行了阐述。由于机会网络具有与人类紧密联系的特点,可以很好地记录人类的行为活动,因此反过来也会受到人类行为的影响,这也成为研究物联网社会性的一个重要方面。近几年来,西北工业大学和法国国立电信学院共同关注普适计算和社会学的交叉学科研究,在国际上率先提出并实践“社群智能”这一研究领域,并于2011年在IEEE《计算机》(Computer)杂志上就该主题发表展望文章^[17]。此外,他们还在2011年北京举办的国际普适计算大会上组织了第一届社群智能研讨会(SCI-11@UbiComp'11)^[18],并在国际普适计算领域知名期刊《普适智能和人性化计算》(Springer Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing)上与来自美国麻省理工学院的学者共同主编关于社群智能的专刊《从数字脚印中挖掘社会和群体智能》(Special Issue on Extracting Social and Community Intelligence from Digital Footprints)。

机会物联网为物联网的研究和发展带来了新的机遇。通过普适计算、物联网技术与社会科学、认知心理学的交叉融合,感知人类社会的内在活动规律,探索人类行为对机会信息传播和共享的影响,对于物理信息空间与人类社会的和谐融合、互促发展具有积极意义。■

致谢

本文得到国家重点基础研究发展计划(973计划)(2012CB316400),国家自然科学基金(60903125, 61103063)和新世纪优秀人才支持计划(NCET-09-0079)的资助。



郭 斌

CCF会员。西北工业大学副教授。主要研究方向为普适计算、人机交互和社会计算。guob@nwpu.edu.cn



於志文

CCF高级会员、本刊编委。2006年中国计算机学会优秀博士学位论文奖获得者。西北工业大学教授。主要研究方向为普适计算、情境感知系统和智能信息技术。zhiwenyu@nwpu.edu.cn



张大庆

法国国立电信学院教授,西北工业大学兼职教授。主要研究方向为普适计算、情境感知系统和社群智能。Daqing.Zhang@it-sudparis.eu



周兴社

CCF常务理事。西北工业大学教授。主要研究方向为嵌入式计算、普适计算和网格计算。zhouxs@nwpu.edu.cn

参考文献

- [1] D.R. Choffnes, F.E. Bustamante. An integrated mobility and traffic model for vehicular wireless networks. In: Proc. of the 2nd ACM International Workshop on Vehicular Ad hoc Networks, 2005, 69~78
- [2] N. Eagle, et al. Inferring Social Network Structure using Mobile Phone Data. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS), 106(36), 2007, 15274~15278
- [3] Z. Yu, Y. Liang, B. Xu, Y. Yang, B. Guo. Towards a Smart Campus with Mobile Social Networking. In: Proc. of the 4th IEEE International Conference on Internet of Things, Dalian, China, 2011
- [4] B. Guo, D. Zhang, Z. Wang. Living with Internet of Things: The Emergence of Embedded Intelligence. In: Proc. of the 2011 IEEE International Conference on Cyber, Physical, and Social Computing, Dalian, China, 2011
- [5] G. Kortuem, F. Kawsar, V. Sundramoorthy, D. Fitton. Smart objects as building blocks for the internet of things. IEEE Internet Computing, 14(1), 2010, 30~37
- [6] M. Conti, S. Giordano, M. May, A. Passarella. From opportunistic networks to opportunistic computing. IEEE Communications Magazine, 48(9), 2010, 126~139

更多参考文献: www.ccf.org.cn/cccf