

## 室内定位与导航

客座编辑导言 • Andrea Bottino, Giovanni Malnati, Paolo Montuschi 意大利都灵工学院 • 2013 年 5 月

### 室内导航为什么？

科技进步和相应成本的降低推动着室内定位和导航研究的不断增加。2011 年，《IT Professional》杂志出版的一期由 J. Morris Chang、Yo-Ping Huang 和 Simon Liu 担纲客座编辑的有趣专辑，主题为“[Real-Time Location Systems and RFID（实时定位系统与 RFID）](#)”。Chang 教授的视频（<http://youtu.be/xgnCkkBXwEw>）可谓这期内容的点睛之笔。

2012 年，《今日计算》的新闻记者 George Lawton 撰写了《[Bringing Location and Navigation Technology Indoors（让定位和导航技术登堂入室）](#)》，很好地概述了主要观点。

今天我们又回到了这个话题，试图回顾过去三年有关室内定位和导航的科研问题。我们从计算机学会数字图书馆扩展库中选择了有关这个主题的五篇文章，涵盖了室内定位和导航的不同技术和应用领域。感兴趣的读者还可浏览后面的补充读物，或者观看我们准备的一个视频（<http://youtu.be/cfOSNjyD15A>），这是用都灵工学院及其一个孵化公司开发的室内定位和导航系统制作而成的。

最后，我们还奉献了另一个来自宾州州立大学 Phil Laplante 勾勒室内定位和导航应用要点的视频（<http://youtu.be/6f6CGbZOXwc>）。

### 精选文章

要在真实场景中提供服务，面临的首要挑战是估计用户的位置和朝向。由于在建筑物内无法获取 GPS 信号，研究人员研发了一系列定位技术，主要包括：基于无线电信号、地磁场扰动、调制的红外光、超声波以及从手机拍摄的图像中抽取的特征等。本导言后面所附扩展文献中还有一些关于这个主题的更为广泛的文章。Alessandro Mulloni 和他的同事 2009 年发表在 IEEE Pervasive Computing 中的文章《[Indoor Positioning and Navigation with Camera Phones](#)》，是基于视觉的室内定位方面必引的经典文章。

关于 RFID 定位及相关应用，《IT Professional》杂志 2011 年三/四月号有大量收录。其中，Yo-Ping Huang、Shan-Shan Wang 和 F.E. Sandnes 的《[RFID-Based Guide Gives Museum Visitors More Freedom（基于 RFID 的指南给博物馆参观者更大自由）](#)》介绍了一个利用 RFID（射频标识）进行室内导航的有趣应用。

在《[Indoor Tracking and Navigation Using Received Signal Strength and Compressive Sensing on a Mobile Device（利用移动设备上收到的信号强度和压缩感知进行室内跟踪和导航）](#)》一文中，Anthea Wain Sy Au 及其同事描述了一个能有效提高基于 Wi-Fi 信号的室内定位和导航

精度的方法。在大多数情况下，基于无线电波的定位需要开发者构建一个建筑物内的无线信号强度数值图，而上述方法试图减少部署和维护此类系统的工作量。

下一步可能的研究工作是自动构建无线信号地图，Chenshu Wu 及其同事在文章《[WILL: Wireless Indoor Localization without Site Survey](#)》中对此进行了阐述。根据作者的测试报告，在典型的办公楼内可达到 86% 的房间级定位准确度，这一结果相对现有定位方法很有竞争力，很可能会加速基于 Wi-Fi 的导航系统进入实际应用。

虽然对用户位置的精准定位是最主要的挑战，研究者们还需要解决许多其它相关问题。事实上，室内导航只是基于上下文的服务所需诸多信息中的一种，其它信息还包括用户偏好及生理和认知能力、专业交互设备性质和可用性、用户移动时所在环境的静态和动态特性、建筑物内已经内置的支持业务处理的信息系统的可用性等。在《[Context-Aware Computing: Beyond Search and Location-Based Services](#)》一文中，Pankaj Mehra 对以上问题进行了饶有兴趣的介绍，拓展了他发表在 2010 年 8 月《[今日计算](#)》每月主题中的工作。

另一个问题则和上下文的信息量有关。当移动服务需要传送大量的基于位置的数据时，用户就要感到明显的时延，尤其当用有限的接入点服务大量用户时。在文章《[Adaptive Location-Oriented Content Delivery in Delay-Sensitive Pervasive Applications](#)》中，Yu Zhang、Zhibin Wu 和 Wade Trappe 分析了该问题并提供了一些解决方案。

## 未来会怎样？

尽管从纯粹技术角度来看是可能的，室内导航服务在普及之前尚需解决如下几个问题。例如，研究者必须要定义一套室内位置的命名标准，以减少地图（包括物理环境和逻辑环境）构建和维护的代价，并将第三方导航服务标准化，使其可以整合到移动应用中。

第一个问题也称为逆地理编码问题，即将给定建筑物的室内坐标转换为文字描述。该任务的复杂性在于每个建筑物都有自己的命名习惯（过路客不太可能知道这种命名习惯），一个在全球范围内可接受的通用标准方案还远未成熟。

第二个问题则是地图的高代价获取问题以及室内空间的用途（连通性、命名等）比室外空间变化更为频繁，这影响到服务的可持续性。多数情况下，还没有能够持续而简便地维护地图和导航数据的专门工具。将来，一套管理导航信息的基础工具可能会出现：目前建筑工程领域正在开展所谓的建筑信息模型（BIMs: Building Information Models）生成与标准化，BIM 是设施的功能及其物理特性的数字化表示。

最后一个需要强调的问题是开发、布设和维护室内定位和导航需要高昂的成本，这对小型组织机构来说可能难以承担。事实上，对于室外场景，第三方已经开发了详尽的商业模型，标准化的、现成的、廉价的（甚至免费的）组件可以很容易地整合到网站和移动应用中。不幸的是，这一方法不能直接照搬到室内环境中。因此，还需要专用方案来满足一些新增的约束，比如建筑物内部的隐私需求，这和公共道路或网络的公开信息迥然不同。

尽管室内导航还存在上述局限，但其巨大的潜在经济效益和社会功能正在推动研究、开发、实现和低成本系统销售的快速发展。相信在不远的未来，它将改变人们和环境交互的方式，室内导航服务的相关参与方也将从中受益良多。

Andrea Bottino 是意大利都灵工学院的助理教授，主要研究领域包括虚拟和增强现实、计算机图形学、计算机视觉和人机交互，在计算几何学领域开展了重要研究。Bottino 教授的最新工作包括用于整形外科手术预期效果的计算机规划工具以及把文化遗产和 ICT 技术相结合的虚拟遗产研究。Bottino 教授的邮箱是 [andrea.bottino@polito.it](mailto:andrea.bottino@polito.it)。

Giovanni Malnati 是意大利都灵工学院的助理教授，主要研究领域包括移动和普适系统中的软件和网络技术、车载网络应用、室内定位系统以及支持网络学习环境的多媒体技术等。Malnati 目前参加了多项欧洲和国立的研究项目以及私营企业的技术转让活动，并申请了数个有关室内定位和远程文件接入系统的专利。Malnati 教授的邮箱是 [giovanni.malnati@polito.it](mailto:giovanni.malnati@polito.it)。

Paolo Montuschi 是意大利都灵工学院的教授，主要研究领域包括计算机算术、计算机图形学、计算机体系结构和电子出版。他是 IEEE Transactions on Computers 的副主编、IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing 的指导委员以及 Computing Now 的顾问委员。此外，Montuschi 教授还服务于 IEEE 计算机学会理事会(2012 - 2013)，并担任计算机学会 2013 年杂志运行委员会的主席。 [paolo.montuschi@polito.it](mailto:paolo.montuschi@polito.it)。

## 补充读物

读者如果对室内定位领域感兴趣，可以通过下面的文章进行更深入的研究：

- C. Feng et al., “Received-Signal-Strength-Based Indoor Positioning Using Compressive Sensing,” *IEEE Trans. Mobile Computing*, Dec. 2012, pp. 1983-1993; <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/TMC.2011.216>.
- P.M. Dudas, M. Ghafourian, and H.A. Karimi, “ONALIN: Ontology and Algorithm for Indoor Routing,” *Proc. IEEE Int’l Conf. Mobile Data Management*, 2009, pp. 720-725; <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MDM.2009.123>.
- C. Fischer and H. Gellersen, “Location and Navigation Support for Emergency Responders: A Survey,” *IEEE Pervasive Computing*, Jan./Mar. 2010, pp. 38-47; <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MPRV.2009.91>.
- H. Vathsangam, A. Tulsyan, and G.S. Sukhatme, “A Data-Driven Movement Model for Single Cellphone-Based Indoor Positioning,” *Int’l Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks*, 2011, pp. 174-179; <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/BSN.2011.33>.
- Hua Lu, Xin Cao, Christian S. Jensen, “A Foundation for Efficient Indoor Distance-Aware Query Processing,” *Proc. IEEE Int’l Conf. Data Engineering*, 2012, pp. 438-449; <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/ICDE.2012.44>.
- A. Mulloni et al., “Indoor Positioning and Navigation with Camera Phones,” *IEEE Pervasive Computing*, April/June 2009, pp. 22-31; <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MPRV.2009.30>.

- I. D'Souza, W. Ma, and C. Notobartolo, "Real-Time Location Systems for Hospital Emergency Response," *IT Professional*, Mar/Apr 2011, pp. 37-43;  
<http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MITP.2011.31>.
- B. Hagedorn et al., "Towards an Indoor Level-of-Detail Model for Route Visualization," *Proc. IEEE Int'l Conf. Mobile Data Management*, 2009, pp. 692-697;  
<http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/MDM.2009.118>.

(陈益强 译, 黄铁军校)