在线社交网络中的位置服务研究进展与趋势*

翟红生[a]，于海鹏[b]
（河南工程学院 a. 管理科学与工程系；b. 计算机科学与工程系，郑州 451191）

摘　要：在基于位置的社交网络中，用户通过发布嵌入了位置数据的媒体信息获得服务，如位置或好友推荐、旅行路线推荐等。用户和位置都是网络的主体，位置作为桥梁将用户的虚拟网络世界与现实世界联系起来。综述了基于位置的在线社交网络中的位置信息获取、用户识别、位置识别、信息的共享与传播及位置隐私的相关研究，预测了基于位置的在线社交网络未来的研究趋势。

关键词：社交网络；位置服务；基于位置的社交网络；轨迹；隐私
中图分类号：TP393　　**文献标志码**：A　　**文章编号**：1001-3695(2013)11-3221-07
doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2013.11.004

Present situation and trend of research of location-based service on online social networks

ZHAI Hong-sheng[a], YU Hai-peng[b]
(*a. Dept. of Management Science & Engineering, b. Dept. of Computer Science & Engineering, Henan Institute of Engineering, Zhengzhou* 451191, *China*)

Abstract: In location-based social networks, people obtain services, such as friends or locations recommendation, travel routes recommendation, and so on, according to publish location-embedded media. Both of people and locations are objects of location-based social network and locations bring social networks back to reality, bridging the gap between the physical world and online social networking services. This paper surveyed the researches on locations acquisition, users understanding, locations understanding, information sharing and disseminating and locations privacy in location-based social network, and provided a summary for future research issues.

Key words: social network; location-based service; LBSN(location-based online social network); trajectory; privacy

0　引言

基于位置的服务(location-based service)，简称位置服务，是利用 GPS(global position system)、WLAN(wireless local area networks)、窝蜂网等技术获得移动终端的位置信息，并通过无线网络向移动终端提供基于位置的服务[1,2]。随着 Web 2.0 应用的不断推广，Facebook、YouTube、Twitter、Flickr 等在线社交网络(online social network)越来越受到人们的欢迎。在在线社交网络中，用户不但可以进行信息交互，还可以分享博客、视频、图像、位置等信息。在移动计算领域，位置服务和在线社交网络服务都是最受用户欢迎的移动互联网应用[3]。

随着移动定位设备的普及和在线社交网络的发展，位置服务和在线社交网络正趋于融合，即产生了 LBSN(location-based online social network)。典型的 LBSN 有 Foursquare、Geolife、Brightkite 等。在 LBSN 中，服务提供商与商家合作，用户通过签到等方式获得商家的一些优惠服务。Foursquare 等 LBSN 从运营开始就吸引了大量的用户，并且用户数量仍在迅速增长；Twitter、Facebook 等传统在线社交网络也意识到了位置服务的重要性，并增加了相应的位置服务。据世界著名市场调研公司 ABI Research 预测，基于位置的社交网络用户在 2013 年将达到 8 200 万，总收益将达到 33 亿美元[4]。

LBSN 是一种包含人与人之间的关系、人与位置之间的关系、位置与位置之间的关系的异构复杂网络，如图 1 所示。人与人之间的关系表示用户之间的交互，代表了传统的社交网络；人与位置之间的关系表示人与地理位置之间的交互，如用户何时访问过该地点；位置与位置之间的关系表示位置之间的相关性。其中，位置信息通常隐含在用户产生的添加了标签的媒体信息中，如文本、图片、视频、音频以及 GPS 提供的用户轨迹等。

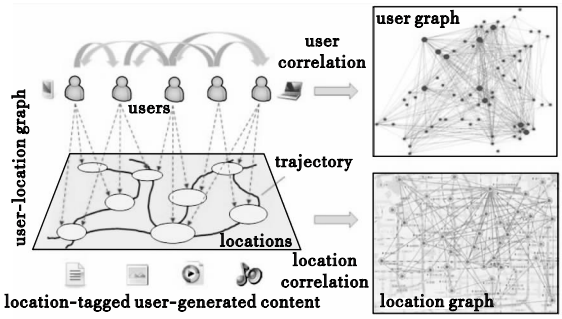

图1　LBSN示意图

在 LBSN 中，用户不仅可以通过移动设备追踪和共享与位置相关的信息，还可以从用户产生的位置相关信息中发现协同社会知识并加以利用。例如具有相同爱好的用户在网上相识

收稿日期：2013-04-02；**修回日期**：2013-05-17　　**基金项目**：河南省科技计划资助项目(122300410174)
作者简介：翟红生(1975-)，男，河南巩义人，讲师，硕士，主要研究方向为计算机应用技术(xuezhelw@163.com)；于海鹏(1979-)，男，河南鲁山人，讲师，硕士，主要研究方向为计算机应用与网络技术.

并一起去旅游或参加活动等,在这个过程中,用户之间通过虚拟的网络世界产生联系,然后在现实社会中巩固和加强这种联系,位置信息作为纽带将虚拟的网络世界与现实世界联系起来。LBSN 催生了许多新的在线社交网络服务,如位置或好友推荐、旅行路线推荐等,这些服务在给用户提供了便利的同时也给普适计算研究人员提供了新的研究机遇。因此,如何分析用户的位置感知信息,识别用户、位置及信息的共享与传播是一项有意义而又富有挑战的研究课题。

1 位置信息的获取

在 LBSN 中,服务提供商根据用户的位置向其提供个性化的在线社交网络服务,因此用户位置信息的获取成为提供服务的前提条件。在客户端,移动设备利用自身的传感器辅以无限网络进行测量,然后通过三角测量法或差分法可以计算出用户的位置坐标。然而当客户端没有定位功能或不愿提供位置坐标时,服务端仍可以通过社交网络数据进行分析,进而预测用户的位置信息。

1.1 基于传感器的定位技术[5]

基于传感器的定位技术主要有:

a)卫星定位技术。利用太空中的人造卫星对移动终端进行定位,如 GPS、北斗卫星导航系统、伽利略卫星导航系统等。GPS 提供军、民两种定位精度,军用精度低于 10 m,供美军及其盟友使用;民用精度在 20 m 左右,对全世界免费开放。GPS 保证在任意时刻、地球上任意一点都能同时接收到四颗卫星发出的信号,以便实现导航和定位等功能。虽然 GPS 的定位精度高,但信号易受遮蔽物的影响,适合应用在室外比较开阔的场所。

b)网络定位。为了弥补卫星定位在室内的不足,网络定位和感知定位等适用于室内定位的技术近年来成为研究的热点。网络定位是指利用 WLAN、窝蜂网络等基础设施对移动终端进行定位的技术。随着 3G 业务及支持 WLAN 的移动终端日益普及,WLAN 作为与 3G 互补的无线宽带接入方式被广泛部署,WLAN 定位也引起了国内外学者的广泛关注。根据定位原理的不同,WLAN 定位可分为最近接入点定位[6]、几何计算定位[7]和位置指纹定位[8]。

c)感知定位。它是指在空间内部署传感器,当移动终端进入传感器的感知区域时,便能识别其位置。感知定位使用的信号主要有 RFID(radio frequency IDentification)[9]、蓝牙[10]等。感知定位与网络定位采用相同的定位原理,区别是信号的覆盖范围不同。WLAN 的典型覆盖范围为 50 ~ 100 m,而蓝牙和 RFID 分别为 10 ~ 15 m 和 1 ~ 10 m。

1.2 基于社交网络的位置预测

并不是所有的用户都提供自己的位置坐标,然而几乎所有的社交网站在注册时都需要用户填写地址信息,如 × 国 × 省 × 市。这些地址信息大都是粗略的,有些地址信息甚至是用户为避免暴露自己的隐私而填写的虚假信息。目前产业界所采用的用户位置预测的方法是将 IP 地址映射到某城市或某一预先定义好的区域。这一方法虽然可以获得大多数用户的位置信息,但是得到的位置信息不精确,并且对移动互联网服务提供商来说,很难得到用户的精确位置信息。

Hecht 等人[11]对 Twitter 注册用户的地址信息进行了研究,发现 34% 的用户在注册时没有填写地址信息,或者没有填入真实有效的地址信息,即使用户填写了地址信息,也只细化到城市这一级别。虽然用户的地址信息可能不真实,但是仍然可以通过隐示的上下文信息(如 IP 地址、微博发言涉及的地理位置等信息)分析出用户的位置信息。文献[11]采用了机器学习的方法对推文(tweets)进行分析从而预测用户的位置信息。文献[12]通过分析发现用户间的连接关系随着距离的增大而逐渐减弱,采用了已知用户的位置来预测未知用户的位置,并通过实验证实了该方法优于基于 IP 的位置预测方法。不同于文献[11,12],Popescu 等人[13]对 Flickr 网站中用户图片的标签进行分析,也可以得到用户的位置信息。

2 LBSN 中的用户识别

随着网络技术的发展,网民的数量迅速增长。人们不仅可以利用互联网浏览新闻、搜索信息,也可以应用在线社交网络服务与好友进行文字、图片、声音和视频等多方面的交流。那么互联网到底是淡化了人们之间的交流,还是加强了人们之间的联系呢? Deresiewicz[14]认为在线社交网络的存在使现实社会的人们更加孤立了;然而 Hampton 等人[15]却认为在线社交网络对现实世界人们之间的社会关系有着积极的作用。随着 Foursquare、Geolife 等 LBSN 的出现,这个问题的答案越来越清晰了。LBSN 将虚拟的网络世界与现实世界结合起来[16],使用户的在线社交网络与现实社交网络相互促进,用户既可以通过虚拟的网络世界分享自己的现实生活经历,又可以通过在线社交网络结识一些具有相同特征的或关于某一问题的权威用户,并加强彼此之间的联系。

2.1 相似用户的识别

LBSN 中含有大量的位置信息,这些位置信息不仅记录了用户的历史位置,还能反映用户的兴趣爱好、生活习惯等特征。通过对用户的历史位置进行建模可以分析出用户的行为模式,然后根据用户行为模式之间的相似性向用户推荐潜在的好友或进行用户行为的异常检测[17]。文献[18,19]通过分析轨迹来度量用户之间的相似性。不同的是,文献[18]采用了 HGSM(hierarchical-graph-based similarity measurement)对用户的轨迹建模,而文献[19]采用 PST(probabilistic suffix tree)对用户的轨迹建模。Ying 等人[20]在分析用户轨迹的相似性时不但考虑了用户的历史轨迹,还考虑了轨迹所附带的语义信息,即与轨迹相关的地理信息。

2.2 权威用户的识别

当关注某一问题时,相似用户往往不那么重要,用户通常关注该问题的权威用户。Twitter 等微博网络作为新兴媒体可以在某社会事件发生后的几分钟内将该事件传播出去,比传统的媒体更加方便快捷,实时性更好。但是由于 Twitter 中含有大量的垃圾信息和虚假消息,因此如何识别可信的用户及重要的言论是一个富有挑战性的任务。Jackoway 等人[21]通过识别权威的发言者及重要发言,对区域性事件进行了分析和预测。

2.3 用户群体的识别

个人的位置信息可反映用户个人的行为模式,当大量用户的位置信息聚集在一起时还能反映出用户之间的交互模式。例如,当许多人以紧凑的、连续的团体一起行走一段时间,就形成了一个步行者团体[22],从更广泛的意义上来讲该问题也可称做移动社团问题[23]。在公共场所,检测这样的步行者团体可以对基于位置的社会服务提供许多相关信息。文献[24 ~

26]对该问题进行了理论分析,并提出了相应的时空算法,Wirz 等人[27]对步行者团体挖掘进行了研究,并通过真实数据进行了实验分析。

3　LBSN 中的位置识别

在 LBSN 中,由于用户与位置信息相关,位置信息可以精确到地理坐标。然而在实际应用中,人们往往不使用具体的地理坐标,而是通过标签的形式定位到地点。例如人们通过签到服务对地理位置加入种类标签(如餐馆、酒吧等),也可以对图片加入地理标签(包含经度、纬度、海拔高度、地名等信息),这些标签可用做相应的推荐服务。

3.1　兴趣点识别与推荐

在 LBSN 中,给地理位置或图片加标签是一项繁琐又容易出错的工作,因而自动地添加标签将给用户带来极大的便利。针对地理位置,Ye 等人[28]通过二元支持向量机分类器对标签空间中的标签进行学习,将多标签分类,从而实现了自动地对地点添加种类标签。针对图片,Deng 等人[29]首先对地理空间数据进行聚类分析,然后在一定的区域内通过标签的重用次数将位置信息概念化,这使得同一地点可以用一个概念来命名。Silva 等人[30]综合考虑图像位置的相近性、图像内容的相似性、标签的使用频率、使用标签的不同用户数等因素对候选标签排序,然后将适合的标签推荐给用户。

添加标签并不是最终目的,最终目的是将加了标签的地理位置或图片返回给用户使用。当你初次到达某城市,你可能想知道哪个饭店的菜好吃、哪个景点比较受欢迎,系统将会向你推荐最适合的地点;当你参观完某地点后,系统会根据需要向你推荐附近的景点,并制定出活动安排。文献[31 ~ 36]对兴趣点(point-of-interests, POI)推荐和活动推荐进行了研究。Symeonidis 等人[37]设计并实现了一个基于位置的社交网络原型系统,该原型系统提供好友推荐、位置推荐和活动推荐服务。

3.2　路径识别与推荐

GPS 提供的用户轨迹不仅能记录用户访问过的历史位置信息,还能反映出位置与位置之间的相关性[38]。例如,餐馆和电影院在商业性质上不属于同一类,但是如果许多用户在旅行的时候同时访问了这两个地方,那么对用户来说它们就有相关性。这种相关性可以用来进行位置推荐服务、移动旅游向导、公交车的路线规划等。Zheng 等人[39]首先对轨迹分层抽象出停留点和停留区域,在此基础上挖掘出兴趣点和经典的用户旅游景点序列。地理信息含有大量现实社会的语义信息,将轨迹与地理信息结合起来更能准确地反映出游客的旅游模式[40]。

用户在旅行时,不但要确定出发点和目的地,还要对旅行时间进行约束,因为超出用户期望的旅行时间是没有意义的,对于此问题文献[41,42]给出了相应的解决方法。作者首先对多用户的轨迹进行分析,然后应用用户的历史旅行信息对旅行路线建模,根据用户的时间约束智能地向用户推荐满足时间需求的旅行路线。用户对交通工具的选择可以反映用户的生活方式,这为普适计算系统提供更多的上下文信息。Zheng 等人[43]通过对用户的轨迹进行分析来推断用户的交通方式,Yuan 等人[44]根据乘客的交通方式和出租车乘客的上下车记录向空出租车的司机推荐下一个就近乘客可能的乘车地点。为了缓解交通压力,Shao 等人[45]设计并实现了一个小汽车动态共享系统。系统通过鼓励相似旅游路线的用户同乘一辆小汽车来减少小汽车的数量,从而达到缓解交通压力的目的。

4　LBSN 中信息的共享与传播

LBSN 中的用户及其交互不仅反映了社会结构及其发展变化,还能反映出信息在社会中的传播情况。

4.1　LBSN 的网络结构分析

传统的社交网络分析主要是利用图论的方法对网络进行分析,往往没有考虑到位置信息,即使在位置预测[11,12]时考虑了节点的位置信息,也只是粗略的地理信息。随着 Foursquare 等网站用户和签到数的不断增长,系统内收集了大量的数据,这些数据为研究人员研究社交网络与地理位置之间的关系提供了大量的数据。Scellato 等人[46]采用真实数据分析了地理位置对网络结构的影响,研究发现大部分用户间的连接是短距离的,并且用户形成的社团常常是地理位置比较紧密的;Scellato 等人同时还发现,基于位置服务的社交网站往往比新闻和内容共享的社交网站有更好的局部性(连接和社团)。由于文献[46]采用真实的社交网络数据集,分析结果比传统的社交网络分析有较强的说服性。Li 等人[47]采用真实的数据分析了用户的运动模式(mobility patterns)和行为模式。在文献[46]的基础上,Scellato 等人[48]发现 LBSN 与传统的社交网络或完全的地理信息系统呈现出不同的地理社会属性,并通过实验证实了用户间的联系与地理距离具有引力模型的特征。

上述研究虽然综合考虑了网络和位置信息对 LBSN 进行分析,但是对网络结构的分析都是采用了传统的图论的分析方法,在度量标准上只考虑了结构信息,没有将位置信息融入其中。文献[49]将位置信息引入到图论中,提出了地点聚类系数、内部地点传递性、地点分类系数和可分类系数四种分析 LBSN 结构的度量方法。

4.2　LBSN 中的信息共享与传播

LBSN 中含有大量的地理信息,这些地理信息不但可以预测用户的实际位置信息,也可以用来分析地区性社会事件、评估自然灾害等。在 LBSN 中,每个人都可以就现实世界的事件发表自己的观点。当很多人都对同一事件发表观点时,这些人及其发言就构成了话题网络;话题发现是社交网络的研究热点之一;当话题发现引入位置信息时,就成了地区性社会事件发现。Lee 等人[50]用日本的一系列节日验证了利用微博来发现地区性社会事件的可行性,文献[51,52]对地震、火灾等自然灾害进行早期预警和灾后评估,文献[53,54]对出城市形态、社会发展趋势等社会活动进行了分析。

人们在 LBSN 上发言时有真实的信息,也有歪曲事实的错误观点,只有那些被别人所证实或者被其他的发言所证实的发言才是可靠的。Schlieder 等人[55]融合了时空相似性和社会距离两种度量标准,将发言之间的相互验证关系构成了一个无向图,通过对无向图的计算可以得出发言的真实性,从而评价发言的真实性。话题在网络中的传播具有一定的时空性,同时话题的内容在传播的过程中也会发生一定的变化。Pozdnoukhov 等人[56]通过对 Twitter 中爱尔兰地区的短文本信息进行分析,采用机器学习的方法对话题的发展趋势建模,研究了话题在网络中传播的时空特性。

5　LBSN 中的位置隐私

随着定位技术的不断发展,定位精度将不断提高,暴露或

者过多的暴露用户的位置隐私,将会对用户产生巨大的安全威胁。在传统的位置服务中,用户的隐私保护一直是用户和研究人员所关心的问题。在 LBSN 中,由于用户自愿共享位置信息,隐私保护呈现出新的特点[57]。首先,用户自愿共享位置信息,这些信息可以被他人访问;其次,共享的位置信息可以沿着好友关系在社交网络内传播。这些新的特点将会对用户的隐私保护带来新的挑战,因此必须重新审视现有的隐私保护技术,研究新的隐私保护策略,使得在向用户提供满意服务的同时尽量避免由于用户隐私暴露带来的安全问题。

5.1 隐私控制

通过在线社交网络与好友分享自己的位置信息既可以给用户带来更优质的个性化服务,同时也面临着隐私暴露带来的安全威胁。那么该如何平衡位置共享产生的利弊呢?

Li 等人[58]对 Brightkite 网站数据进行了分析,统计结果表明,年龄、性别、生活方式和居住环境都影响着人们共享位置信息的行为,并且好友之间对隐私问题倾向于有着相同的隐私保护策略。Kofod-Petersen 等人[59]将上述问题进一步细化为三个子问题:人们愿意与好友分享自己的位置信息吗;如果愿意的话,那么分享的位置信息是什么级别的,是具体的地点还是城市级别的粗略信息;人们在共享位置信息的时候考虑过个人的隐私问题吗? 研究人员通过 3 周的节假日对一群在校学生进行了调查,结果表明,大多数学生愿意使用社交网络与好友共享位置信息,并且共享的位置信息大都属于城市级别的粗略信息;同时有部分学生为了避免暴露自己的隐私而放弃使用社交网络与好友共享位置信息。该项调查研究基于的社交网络由作者设计与开发,与共享轨迹或共享位置的商业社交网络不同。商业社交网络具有商业目的,网站运营商和商家通过优惠政策刺激用户共享位置信息,而该研究中的学生网络则主要考虑学生间的位置共享,因而研究结果具有一定的局限性。

为了评估位置共享服务带来的好处(如紧急救助)和位置隐私暴露产生的威胁(如被跟踪), Tsai 等人[60]对 587 名美国互联网用户进行了调查研究,调查结果表明用户认为位置共享所产生的威胁大于益处。虽然大约 72.4% 的用户听说过位置共享技术,但是他们并不清楚这些技术能带来什么好处;同时用户对是否共享位置信息存在着疑虑,他们更关心的是哪些人可以访问这些共享的位置信息。

用户在注册或设置隐私策略时通常会保持系统的初始隐私控制策略,因此默认隐私策略对在线社交网络的成功与否,以及网络的动态特征都有着重要的作用。Toch 等人[61]对现有的隐私策略进行分析,采用机器学习的方法挖掘出那些与用户相似的隐私策略,并把这些策略作为结果推荐给用户。因此,用户可以很据系统的推荐结果来设置自己的隐私策略。

5.2 位置隐私保护

在 LBSN 中,虽然用户可以选择放弃共享位置信息,但是仍然有大量的用户愿意将自己的位置信息共享从而获得一定的利益,或者愿意将匿名后的 GPS 数据共享[62]。在用户共享的位置信息中,如何尽量减小隐私的暴露呢?

位置匿名和加密机制是很好的保护用户隐私的方法。在 LBSN 中,不仅位置信息,用户信息也同样暴露用户的隐私。基于 k 匿名思想,Mano 等人[63]设计了一种保护移动用户隐私的匿名方法。即使使用了匿名技术,攻击者仍然能用简单的算法分析出用户的住址和办公地址等敏感信息,同时还能发现用户的真实身份信息。为了进一步保护用户的隐私,Puttaswamy 等人[64]建议将应用移到客户端,服务器只存储加密后的数据。用户在客户端进行数据的加/解密,通过离线网络进行密钥的传递,这样可更好地保护用户的隐私。

5.3 其他隐私问题

在线社交网络与位置服务相结合后,用户的身份隐私和位置隐私相互关联。用户不但可以通过网络发掘用户的位置隐私,也可以通过位置信息推断出用户的身份隐私,于是产生了许多新的隐私问题。

邻近服务(proximity service),又叫好友发现,是基于位置的社交网络所特有的一种服务。当好友在地里位置上接近时,系统向用户发出通知,同时也可能激活一些其他应用,如在地图上显示出好友的位置、打开与好友之间的会话等。如何在提供邻近服务的同时又尽量保护用户的隐私呢? 如果将服务提供商和好友都看做潜在的敌人,那么用户需要对服务提供商保护自己的位置隐私,同时可以控制向好友共享的位置精度[65]。

在 LBSN 中,不但用户自己的位置信息能暴露自己的隐私,好友之间的相互联系也能暴露自己的隐私,那么什么样的用户最愿意把自己的位置信息向好友分享呢? 如果确定了某用户,那么该用户的哪些朋友最可能知道该用户的去向呢? Kostakos 等人[66]对 340 名 Facebook 用户的数据进行分析,结果表明,社交网络中的核心人物最容易将自己的去向与好友分享;与某用户拥有相同好友数最多的好友最容易知道或预测该用户的位置。

在 LBSN 中,很容易从不可信的第三方获取用户的敏感位置信息。这些位置信息可用来推断出用户的病情、兴趣爱好等敏感信息,也可以用来推断用户的不在场信息。例如某用户现在的位置是某医院,便可以推断出该用户现在不在家、医院到家的距离是多少、大概多长时间该用户不会回到家等不在场信息,这些不在场信息为恶意行为者趁机入室盗窃提供了机会。Freni 等人[67]对用户的在场与不在场信息进行了形式化描述,对位置标签进行泛化,从而在保证服务可用的同时保护了用户的隐私。

虽然越来越多的人愿意使用社交网络服务与好友分享位置信息,并且有一些措施可以在某种程度上减少用户隐私的暴露,但是这些服务仍然会对好友之间的信任感产生威胁[68]。例如,用户可能时刻都想知道恋人的位置,当恋人没有共享位置信息的时候用户便会对恋人的行为产生怀疑;当恋人共享了位置信息,如果恰好别的异性也在同一位置,用户也会对恋人的行为产生怀疑。在这种情况下,如果用户相信设备的程度超过了恋人,便会对恋人间的信任感产生威胁,产生相应的社会问题。因此需要更加健壮的在线社交网络应用,消除那些潜在的会对用户的安全、隐私、信任和控制产生危害的威胁。

6 结束语

随着 Web 2.0 应用的不断推广,在线社交网络应运而生并迅猛发展。LBSN 作为社交网络的类型之一,是移动社交网络与位置服务相结合的产物。在 LBSN 中,位置信息作为纽带将虚拟的网络世界与现实世界联系起来。本文从 LBSN 中位置信息的获取、用户识别、位置识别、信息的共享与传播和位置隐私五个方面阐述和分析了在线社交网络中位置服务的最新研究进展。然而,在线社交网络中的位置服务研究还处于初级阶

段,作为一门横跨“理工管文”的新兴交叉学科,它为不同学科背景的研究人员提出了新的挑战与机遇。

1)图与位置数据相结合的数据管理　在数据管理领域,图数据库和空间(或时空)数据库分别属于不同的研究分支。社交网络通常用有向或无向的图表示,数据操作大都是图上的操作;而在位置服务中,位置数据通常采用空间或时空数据来表示。在 LBSN 出现以后,由于 LBSN 网站要满足用户的多种服务,这些服务往往综合考虑用户的位置信息和网络的结构特征。在实际应用中,各 LBSN 网站吸引越来越多的用户,这些用户构成一个庞大的网络;随着时间的推移,用户共享的位置信息不断地增加。如果分别采用不同的数据管理模式来管理图数据和位置数据,那么系统在提供服务时会进行大量的跨数据管理模式的连接操作,这必然会大大降低系统性能,从而导致系统的服务质量下降。虽然文献[69 ~ 71]在这方面做了一些工作,但是距离能高效处理社会—空间查询的实用系统还相差甚远。因此,如何更好地综合管理图数据与位置数据是一个非常具有挑战性的课题。

2)基于位置的复杂系统研究　在社交网络研究中,网络的结构、演化和动力学一直是研究的重点内容。这些研究从复杂系统的角度出发,主要研究网络的静态结构、结构的动态演化以及网络上的动力学过程如何受网络结构的影响等。LBSN 在传统的社交网络上增加了位置信息作为新的维度,把虚拟的网络世界与现实的物理世界结合起来。由于 LBSN 与传统的社交网络的服务类型不同,因此网络结构也呈现出不同的特点[48]。复杂系统研究者不但研究 LBSN 的结构、演化和动力学,还可以进一步研究这些特征与地理位置的关系,并且大量的 LBSN 网站数据为研究者的研究提供了基础。

3)位置服务　移动用户的活动范围一般集中在室内,然而 GPS 定位大都局限在室外开阔区域,因此如何利用现有的设备,在不增加费用的基础上得到用户室内的准确坐标是位置服务的重要研究内容。由于 WLAN 的广泛覆盖,WLAN 定位无疑是发展方向之一。此外,随着 RFID、蓝牙和红外等技术的发展及产品的普及,它们也必将成为重要的定位手段。

在移动互联网时代,位置服务不应局限于传统的导航信息服务。传统的导航服务往往适用在用户进入陌生环境的情况下,然而人类的生活具有区域性,即长时间处于相对熟悉的环境下,所以位置服务必然朝着本地化和社会化的方向发展[72]。位置信息不仅反映用户的社会属性,包括家庭住址、工作环境、兴趣爱好等,还能反映用户群体的社会属性,包括兴趣点、热点事件等。因此,可以通过用户的位置信息感知用户周围的环境,挖掘地理位置背后的社会属性及其相互关联性,并对用户提供个性化的位置服务。LBSN 中的位置服务同时也具有社会计算的特点。用户既是位置服务的受益者,又是服务的提供者;位置服务是一个大众计算系统,用户的服务建立在其他用户的基础之上;位置服务中的兴趣点、热点事件等关键因素都具有高度的社会属性,传统计算模型很难定量描述。

4)社会—空间网络可视化研究　随着社交网络的广泛应用,网络规模越来越大,结构越来越复杂,简单的统计方法并不能有效地计算出网络结构及社会动力学,网络可视化与社交网络分析相结合的方法给研究人员提供了一种可行的理解社交网络的方法。网络可视化不但可以将复杂的分析过程用直观的方法展现出来,研究者还可以通过交互式和迭代式的方法控制网络分析的过程。在 LBSN 中,由于存在大量的位置信息,给可视化研究提出了新的挑战:a)位置信息具有独特性,位置信息不同于其他信息,人们对位置信息的直观印象是一个二维的地图,这个二维图是否适用以及如何将人们的关系与二维的位置关系联系起来是一个重要的研究问题;b)位置信息是一个时间序列,这个时间序列不仅作为节点的属性,还反映了网络背后的人口迁移及商品贸易等社会现象。因此社会—空间网络可视化研究不仅要考虑节点的空间属性,还要考虑属性随时间变化的动态特征。

5)社会媒体挖掘　社会媒体挖掘也是社交网络的一个热点研究问题。社交网络中含有海量的文本、图片、音频、视频、GPS 提供的用户轨迹等信息,这些媒体信息不仅可以在用户之间进行共享与交流,也能反映出现实社会中的深层次信息,如产品市场的趋势、人们的政治观念、敏感事件的社会影响等。在社交网络出现之前,研究人员往往采用调查问卷的方式来获取人们的真实想法;在社交网络出现之后,研究人员可以应用数据挖掘技术对大量的社会媒体进行分析从而获得有用信息。在 LBSN 研究中,研究人员可以从媒体信息中提取大量的位置信息,如文本中的地理信息、图片的地理标签、签到的位置信息、GPS 提供的用户轨迹等,这使得研究者可以更准确地分析出与地理位置相关的信息,如区域热点事件、区域人员的影响力分析等。

6)位置隐私保护　在传统的社交网络与位置服务中,用户的隐私保护一直是热点研究问题。当社交网络与位置服务结合后,隐私问题呈现出主动共享和隐私传播两个新的特点。首先,用户为了得到服务而自愿共享位置信息。这里的服务有两层含义:a)注册在网站上的商家提供的优惠服务,即经常光顾该店铺的用户将享受店铺提供的优惠服务;b)社交网络服务提供商提供的与位置相关的服务,如查询位置上最近的好友及其位置、查询某好友的位置等。其次,用户的私密信息可以通过好友关系在网络中传播。这种传播有利也有弊,益处是通过位置信息的传播用户可以得到高质量的服务;坏处是恶意分子可以利用网络分析出个人隐私,从而进行恶意活动。在 LBSN 中,服务提供商提供的位置服务往往以其他用户的位置信息为基础,因此只有当用户都将自己的位置信息共享了,个人才能得到高质量的服务,然而位置共享就意味着个人隐私的暴露。因此,如何权衡服务质量与隐私暴露,使得在满足不同服务需求的同时尽量减少用户隐私的暴露是一项富有挑战性的研究课题。

参考文献:

[1] VIRRANTAUS K, TIRRI H, VEIJALAINEN J, *et al*. Developing GIS-supported location-based services [C]//Proc of the 2nd International Conference on Web Information Systems Engineering. 2001:66-75.

[2] 周傲英,杨彬,金澈清,等. 基于位置的服务:架构与进展[J]. 计算机学报,2011,34(7):1155-1171.

[3] BRYAN J. Social networking and craigslist top mobile destinations, says Openwave[R]. [S. l.]:Wireless and Mobile News,2009.

[4] Location-based mobile social networking[R]. [S. l.]:ABI Research, 2008.

[5] 罗军舟,吴文甲,杨明. 移动互联网:终端,网络与服务[J]. 计算机学报,2011,34(11):2029-2051.

[6] CHEN Y C, CHAN Y J, SHE C W. Enabling location-based services in wireless LAN hotspots [J]. International Journal of Network Management,2005,15(3):163-175.

[7] NICULESCU D, NATH B. VOR base stations for indoor 802.11 positioning[C]//Proc of the 10th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. New York:ACM Press,2004:58-69.

[8] YIN Jie, YANG Qiang, NI L M. Learning adaptive temporal radio maps for signal-strength-based location estimation[J]. IEEE Trans on Mobile Computing,2008,7(7):869-883.

[9] NI L M, LIU Yun-hao, LAU Y C, *et al*. LANDMARC: indoor location sensing using active RFID[J]. Wireless Networks,2004,10(6):701-710.

[10] MADHAVADEDYT A, TSE A. A study of bluetooth propagation using accurate indoor location mapping[C]//Proc of the 7th International Conference on Ubiquitous Computing. 2005:105-122.

[11] HECHT B, HONG Li-chan, SUH B, *et al*. Tweets from Justin Bieber's heart: the dynamics of the location field in user profiles [C]//Proc of SIGCH Conference on Human Factors in Computing System. New York:ACM Press,2011:237-246.

[12] BACKSTROM L, SUN E, MARLOW C. Find me if you can: improving geographical prediction with social and spatial proximity[C]// Proc of the 19th International WWW Conferece. New York: ACM Press,2010:61-70.

[13] POPESCU A, GREFENSTETTE G. Mining user home location and gender from flickr tags [C]//Proc of International Conferece on Weblogs and Social Media. 2010.

[14] DERESIEWICZ W. Faux friendship [M]. Washington DC: The Chronicle of Higher Education,2009.

[15] HAMPTON K, SESSIONS L F, Ja HER E. Social isolation and new technology[R]. [S. l.]: Pew Internet and American Life Project, 2009.

[16] CRANSHAW J, TOCH E, HONG J, *et al*. Bridging the gap between physical location and online social networks[C]//Proc of the 12th International Conferece on Ubiquitous Computing. New York: ACM Press,2010:119-128.

[17] ZHANG Da-qing, LI Nan, ZHOU Zhui-hua, *et al*. iBAT: detecting anomalous taxi trajectories from GPS traces[C]//Proc of the 13th International Conferece on Ubiquitous Computing. New York: ACM Press,2011:99-108.

[18] LI Quan-man, ZHEN Yu, XIE Xing, *et al*. Mining user similarity based on location history[C]//Advances in Geographic Information System. New York:ACM Press,2008:31-34.

[19] HUNG C, CHANG C, PENG W. Mining trajectory profiles for discovering user communities[C]//Proc of ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press,2009:1-8.

[20] YING J J, LU E H, LEE W, *et al*. Mining user similarity from semantic trajectories[C]//Proc of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press,2010:19-26.

[21] JACKOWAY A, SAMET H, SANKARANARAYANAN J. Identification of live news events using Twitter[C]//Proc of the 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press,2011:1-9.

[22] DODGE S, WEIBEL R, LAUTENSCHUTZ A. Towards a taxonomy of movement patterns[J]. Information Visualization,2008,7(3): 240-252.

[23] KALNIS P, MAMOULIS N, BAKIRAS S. On discovering moving clusters in spatio-ftemporal data[C]//Lecture Notes in Computer Science. Berlin:Springer,2005:364-381.

[24] VIEIRA M R, BAKALOV P, TSOTRAS V J. On-line discovery of flock patterns in spatio-temporal data[C]//Advances in Geographic Information System. New York:ACM Press,2009:286-295.

[25] GUDMUNDSSON J, Van KREVELD M. Computing longest duration flocks in trajectory data[C]//Advances in Geographic Information System. New York:ACM Press,2006:35-42.

[26] LAUBE P, Van KREVELD M, IMFELD S. Finding REMO: detecting relative motion patterns in geospatial lifelines[C]//Development in Spatial Data Handling. Berlin:Springer,2005:201-215.

[27] WIRZ M, SCHLAPFER P, KJAERGAARD M B, *et al*. Towards an online detection of pedestrian flocks in urban canyons by smoothed spatio-temporal clustering of GPS trajectories[C]//Proc of the 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press,2011:17-24.

[28] YE Mao, SHOU Dong, LEE W, *et al*. On the semantic annotation of places in location-based social networks[C]//Proc of KDD. New York:ACM Press,2011:520-528.

[29] DENG Dong-po, CHUANG T, LEMMENS R. Conceptualization of place via spatial clustering and co-occurrence analysis[C]//Proc of ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press,2009:49-56.

[30] SILVA A, MARTINS B. Tag recommendation for georeferenced photos [C]//Proc of the 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press,2011:57-64.

[31] YE Mao, YIN Pei-feng, LEE W, *et al*. Exploiting geographical influence for collaborative point-of-interest recommendation[C]//Proc of SIGIR. New York:ACM Press,2011:325-334.

[32] BERJANI B, STRUFE T. A recommendation system for spots in location-based online social networks[C]//Proc of the 4th Workshop on Social Network Systems. New York:ACM Press,2011.

[33] ZHENG V W, CAO Bin, ZHENG Yu, *et al*. Collaborative filtering meets mobile recommendation:a user-centered approach[C]//Proc of AAAI. 2010:236-241.

[34] ZHENG V W, ZHENG Yu, XIE Xing, *et al*. Collaborative location and activity recommendations with GPS history data[C]//Proc of the 19th International WWW Conference. New York: ACM Press,2010: 1029-1038.

[35] CHANG Kai-ping, WEI Ling-yin, YEH M, *et al*. Discovering personalized routes from trajectories[C]//Proc of the 3rd ACM SIGSPATIAL. New York:ACM Press,2011:33-40.

[36] ZHENG Yu, XIE Xing. Learning travel recommendations from user-generated GPS traces[J]. ACM Trans on Intelligent Systems and Technology,2011,2(1):1-2.

[37] SYMEONIDIS P, PAPADIMITRIOU A, MANOLOPOULOS Y, *et al*. Geo-social recommendations based on incremental tensor reduction and local path traversal[C]//Proc of the 3rd ACM SIGSPATIAL. New York:ACM Press,2011:89-96.

[38] ZHENG Yu, XIE Xing. Learning location correlation from GPS trajectories[C]//Proc of the 11th International Conference on Mobile Data Management. Washington DC:IEEE Computer Society,2010:27-32.

[39] ZHENG Yu, ZHANG Li-zhu, XIE Xing, *et al*. Mining interesting locations and travel sequences from GPS trajectories[C]//Proc of the 18th International WWW Conference. New York: ACM Press,2009: 791-800.

[40] XIE Ke-xin, DENG Ke, ZHOU Xiao-fang. From trajectories to activities: a spatio-temporal join approach[C]//Proc of ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press,2009:25-32.

[41] YOON H, ZHENG Yu, XIE Xing, *et al*. Social itinerary recommendation from user-generated digital trails[J]. Journal Personal and Ubiquitos Computing,2012,16(5):469-484.

[42] YOON H, ZHENG Yu, XIE Xing, *et al*. Smart itinerary recommendation based on user-generated GPS trajectories[C]//Proc of the 7th International Conference on Ubiquitous and Computing. Berlin:Springer-Verlag,2010:19-34.

[43] ZHENG Yu, CHEN Yu-kun, LI Quan-nan, *et al*. Understanding transportation modes based on GPS data for Web applications[J]. ACM Trans on the Web,2010,4(1):1-36.

[44] YUAN Jing, ZHENG Yu, ZHANG Liu-hang, *et al*. Where to find my next passenger[C]//Proc of the 13th International Conference on Ubiquitous and Computing. New York:ACM Press,2011:109-118.

[45] SHAO Jian-hua, GREENHALGH C. DC2S: a dynamic car sharing system[C]//Proc of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York: ACM Press, 2010:51-59.

[46] SCELLATO S, MASCOLO C, MUSOLESI M, *et al*. Distance matters:geo-social metrics for online social networks[C]//Proc of the 3rd Conference on Online Social Networks. Berkeley: USENIX Association,2010:8.

[47] LI Nan, CHEN Guan-ling. Analysis of a location-based social network[C]//Proc of International Conference on Computational Science and Engineering. Washington DC:IEEE Computer Society,2009:263-270.
[48] SCELLATO S,NOULAS A,LAMBIOTTE R,*et al*. Socio-spatial properties of online location-based social networks[C]//Proc of the 5th International AAAI Conference. 2011.
[49] YING J J, LEE W, YE Mao, *et al*. User association analysis of locales on location based social networks[C]//Proc of the 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press,2011:69-76.
[50] LEE R, SUMIYA K. Measuring geographical regularities of crowd behaviors for Twitter-based geo-social event detection[C]//Proc of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press,2010:1-10.
[51] De LONGUEVILLE B, SMITH R S, LURASCHI G. "OMG, from here, I can see the flames!":a use case of mining location based social networks to acquire spatio-temporal data on forest fires[C]//Proc of ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press,2009:73-80.
[52] GUY M, EARLE P, OSTRUM C, *et al*. Integration and dissemination of citizen reported and seismically derived earthquake information via social network technologies[C]//Advances in Intelligent Data Analysis. Berlin:Springer-Verlag,2010:42-53.
[53] WAJAMIYA S, LEE R, SUMIYA K. Crowd-based urban characterization: extracting crowd behavioral patterns in urban areas from Twitter[C]//Proc of the 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York: ACM Press, 2011:77-84.
[54] FERRARI L, ROSI A, MAMEI M, *et al*. Extracting urban patterns from location-based social networks[C]//Proc of the 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press,2011:9-16.
[55] SCHLIEDER C, YANENKO O. Spatio-temporal proximity and social distance: a confirmation framework for social reporting[C]//Proc of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press,2010:60-67.
[56] POZDNOUKHOV A, KAISER C. Space-time dynamics of topics in streaming text[C]//Proc of the 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press, 2011:1-8.
[57] VICENTE C R, FRENI D, BETTINI C, *et al*. Location-related privacy in geo-social networks[J]. IEEE Internet Computing,2011,15(3):20-27.
[58] LI Nan, CHEN Guan-ling. Sharing location in online social networks[J]. Network,2010,24(5):20-25.
[59] KOFOD-PETERSEN A, GRANSAETHER P A, KROGSTIE J. An empirical investigation of attitude towards location-aware social network service[J]. International Journal of Mobile Communications,2010,8(1):53-70.
[60] TSAI J Y, KELLEY P G, CRANOR L F, *et al*. Location-sharing technologies:privacy risks and controls[J]. Journal of Law and Policy for the Information Society,2010,6(2):119-151.
[61] TOCH E, SADEH N M, HONG J. Generating default privacy policies for online social networks[C]//Extended Abstracts on Human Factors in Computing System. New York:ACM Press,2010:4243-4248.
[62] BRUSH A J B, KRUMM J, SCOTT J. Exploring end user preferences for location obfuscation, location-based services, and the value of location[C]//Proc of the 12th International Conference on Ubiquitous and Computing. New York:ACM Press,2010:95-104.
[63] MANO M, ISHIKAWA Y. Anonymizing user location and profile information for privacy-aware mobile services[C]//Proc of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press,2010:68-75.
[64] PUTTASWAMY K P N, ZHAO B Y. Preserving privacy in location-based mobile social applications[C]//Proc of the 11th Workshop on Mobile Computing Systems & Applications. New York: ACM Press, 2010:1-6.
[65] MASCETTI S,FRENI D, BETTINI C, *et al*. Privacy in geo-social networks: proximity notification with untrusted service providers and curious buddies[J]. The VLDB Journal,2011,20(4):541-566.
[66] KOSTAKOS V,VENKATANATHAN J,REYNOLDS B,*et al*. Who's your best friend:targeted privacy attacks in location-sharing social networks[C]//Proc of the 13th International Conference on Ubiquitous and Computing. New York:ACM Press,2011:177-186.
[67] FRENI D, RUIZ VICENTE C, MASCETTI S, *et al*. Preserving location and absence privacy in geo-social networks[C]//Proc of the 19th International Conference on Information and Knowledge Management. New York:ACM Press,2010:309-318.
[68] FUSCO S J, MICHAEL K, MICHAEL M G, *et al*. Exploring the social implications of location based social networking:an inquiry into the perceived positive and negative impacts of using LBSN between friends[C]//Proc of the 9th International Conference on Mobile Business and Global Mobility Roundtable. Washington DC:IEEE Computer Society,2010:230-237.
[69] DOYTSHER Y, GALON B, KANZA Y. Querying geo-social data by bridging spatial networks and social networks[C]//Proc of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks ACM SIGSPATIAL . New York:ACM Press,2010:39-46.
[70] DOYTSHER Y, GALON B, KANZA Y. Storing routes in socio-spatial networks and supporting social-based route recommendation[C]//Proc of the 3rd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press,2011:49-56.
[71] CHOW C, BAO Jie, MOKBEL M F. Towards location-based social networking services[C]//Proc of the 2nd ACM SIGSPATIAL International Workshop on Location Based Social Networks. New York:ACM Press,2010:31-38.
[72] 刘经南,郭迟,彭瑞卿. 移动互联网时代的位置服务[J]. 中国计算机学会通讯,2011,7(12):40-49.

(上接第 3220 页)

[41] LANCICHINETTI A, FORTUNATO S, KERTESZ J. Detecting the overlapping and hierarchical community structure in complex networks[J]. New Journal of Physics,2009,11(3):033015.
[42] 陈端兵,尚明生,李霞. 重叠社区发现的两段策略[J]. 计算机科学,2013,40(1):225-228.
[43] 骆挺,钟才明,陈辉. 基于完全子图的社区发现算法[J]. 计算机工程,2011,37(18):41-43.
[44] 万雪飞,陈端兵,傅彦. 一种重叠社区发现的启发式算法[J]. 计算机工程与应用,2010,46(3):36-41.
[45] 马兴福,王红. 一种新的重叠社区发现算法[J]. 计算机应用研究,2012,29(3):844-846.
[46] 王莉军,杨炳儒,谢永红. 一种基于数据场的社区发现算法[J]. 计算机应用研究,2011,28(11):4142-4145.
[47] 淦文燕,赫南,李德毅,等. 一种基于拓扑势的网络社区发现算法[J]. 软件学报,2009,20(8):2241-2254.
[48] GUIMERA R, SALES-PARDO M, AMARAL L A N. Modularity from fluctuations in random graphs and complex networks[J]. Physical Review E,2004,70(2):025101.
[49] FORTUNATO S, BARTHELEMY M. Resolution limit in community detection[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences,2007,104(1):36-41.
[50] GREGORY S. Fuzzy overlapping communities in networks[J]. Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment, 2011, 2011(2):02017.
[51] AHN Y Y, BAGROW J P, LEHMANN S. Link communities reveal multi-scale complexity in networks[J]. Nature,2010,466(8):761-764.
[52] LESKOVEC J, LANG K J, MAHONEY M. Empirical comparison of algorithms for network community detection[C]//Proc of the 19th International Conference on World Wide Web. New York: ACM Press, 2010:631-640.