

基于智能手机的多用户轨迹共享研究与实现

金星,史殿习,丁博,李寒

(国防科学技术大学 计算机学院 并行与分布式计算重点实验室,湖南 长沙 410073)

摘要:随着传感器技术和定位技术的快速发展,基于智能手机的轨迹数据采集与处理在人类生活中扮演着越来越重要的角色。轨迹信息可以实时呈现人们的活动路线和可能的活动趋势,使人们及时了解朋友之间的活动轨迹和活动状况。针对多用户轨迹共享问题展开研究,首先,文中提出了一种多用户轨迹的共享模型,设计了一种“端+云”的多轨迹共享体系架构;其次,围绕该架构重点研究了轨迹数据的实时获取及有效传输、多轨迹数据共享以及轨迹数据处理等核心机制,实现了一个支持多用户轨迹共享原型系统;最后,搭建了一个由多台 Android 智能手机和百度云服务构成的实验验证环境,对多用户轨迹共享的核心机制和原型系统进行验证。实验结果表明,该轨迹共享原型系统能够为用户间的多轨迹共享提供有效支撑。

关键词:传感器;个性化位置服务;轨迹追踪;云推送;实时共享

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)08-0029-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.08.006

Research and Implementation of Multi-user Trajectory Sharing Mechanism Based on Smartphone

JIN Xing, SHI Dian-xi, DING Bo, LI Han

(National Key Laboratory for Parallel and Distributed Processing, College of Computer,
National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: With the rapid development of sensor and positioning technology, it plays an more and more important role in people's lives to acquire and process trajectory data based on smartphones. Trajectory can present activity routes and possible trend in real-time, so that people can know the status of activity between friends in time. First, propose a multi-user sharing trajectory model aiming at trajectory study, designing a "terminal+cloud" multi-track sharing architecture. Then, focus on the core mechanism to achieve a multi-user sharing prototype, such as trajectory acquisition and efficient transmission, multi-track sharing and trajectory data processing. Finally, build an verification environment which consists of multiple Android smartphones and Baidu cloud services to verify these core mechanism and the prototype system. Experimental results prove that the prototype system can support trajectory sharing effectively.

Key words: sensor; personalized location services; trajectory track; cloud push; real-time sharing

1 概述

自 2006 年起,随着参与感知^[1]的提出,利用智能手机内嵌的各种传感器(如 GPS、加速度、陀螺仪传感器等)实时捕获用户及其周边环境信息成为一种感知信息获取的重要途径。基于智能手机内嵌的各种传感器获取的各种感知信息广泛应用于用户出行预测^[2-3]、环境监测与保护^[4-5]、智能交通^[6-7]、医疗健康^[8-9]以及社会交互^[10-12]等众多领域。

基于 GPS 的轨迹数据采集与处理在人们的生活中扮演着越来越重要的角色。一方面,人们根据采集

到的轨迹信息动态呈现感兴趣用户的活动路线和可能的活动趋势,使其能够及时了解朋友之间的活动轨迹和活动状况;另一方面,利用已保存的轨迹数据进行好友历史活动查询、分析,发展各种智慧应用,如对个体移动轨迹^[13]及公共交通预测^[14-15]等。目前,轨迹研究的重点在于个性化的位置服务^[16],主要包括两方面:一是单用户的轨迹追踪与展现服务,如 Google 公司开源的 Mytracks 和“男友追踪器”应用,分别用于实现用户自身的轨迹记录和感兴趣的好友的轨迹活动实时追踪;二是用户之间的位置实时共享,如腾讯 SOSO 地图

收稿日期:2014-08-31

修回日期:2014-12-05

网络出版时间:2015-07-21

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61202117 91118008)

作者简介:金星(1989-),女,硕士,研究方向为软件工程技术;史殿习,研究员,硕士生导师,研究方向为分布式计算。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150721.1433.010.html>

的“找 TA”应用,利用用户的实时位置共享来度量用户之间的实际位移,开启了以手机地图索引真实世界的“活地图”时代。

位置信息能够映射用户当前所处的地理坐标,但并不能反映其移动的整体态势和活动趋势,缺乏整体性。文中针对多用户的轨迹共享问题展开研究,提出了一个多用户轨迹共享模型,设计了一种“端+云”的多轨迹共享体系架构。围绕该架构重点研究了用户轨迹数据的实时获取及有效传输、多用户轨迹共享以及轨迹数据处理等核心机制,设计实现了一个支持多用户轨迹共享的原型系统,在上述研究基础上,搭建了一个由多台 Android 智能手机和百度云服务构成的实验验证环境,对多用户的轨迹共享进行了验证。实验结果表明,文中设计实现的原型系统能够为用户之间的多轨迹共享提供有效支撑。

2 多轨迹共享模型

2.1 基本概念

轨迹^[17]是指按时间序列排序的一组某一移动对象的位置信息序列,通常可表示为

$$T = \{q_i, (x_1, y_1, t_1), (x_2, y_2, t_2), \dots, (x_n, y_n, t_n)\} \quad (1)$$

其中, q_i 表示轨迹标识符,代表移动对象; (x_i, y_i, t_i) ($1 \leq i \leq n$) 表示 t_i 时刻的位置点信息为 (x_i, y_i) 。

轨迹数据按照采样方式分为基于时间间隔、位置采样、事件触发 3 种轨迹数据^[18]。按照轨迹的当前移动性分为静态轨迹数据和增量更新的动态轨迹数据。静态轨迹数据是指已停止移动的移动对象的轨迹数据,增量更新的动态轨迹数据是指正在移动的移动对象的轨迹数据,在文中又被称作历史轨迹数据和实时轨迹数据。

共享是指将一件物品或信息的使用权和知情权与其他多个对象或用户共同拥有。文中共享的信息是用户之间的轨迹数据信息,即将轨迹信息实现与他人的交互共享。

多用户轨迹共享是指多个用户之间进行轨迹信息的相互分享,包括多用户的实时轨迹共享和历史轨迹共享两类。实时轨迹共享是多个用户之间能够共享以增量更新的动态轨迹数据,历史轨迹共享是用户之间共享对方用户已经同步的静态轨迹数据。

2.2 多用户轨迹共享模型

多用户的轨迹共享实现的是多个用户之间的轨迹信息的交互共享实现,那么以何种结构模式、何种方法进行数据的交互传输就至关重要,其关系着数据传输的可靠性、稳定性。文中针对轨迹的共享交互,提出了一种基于云的多轨迹共享模型,通过云实现客户端服

务器端的多轨迹共享交互处理,其共享模型如图 1 所示。

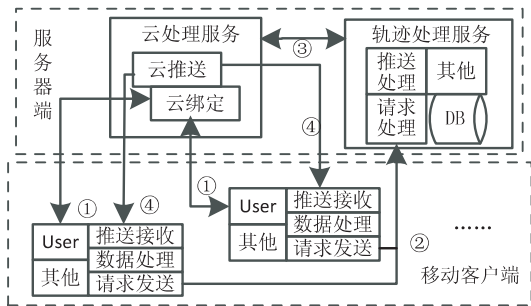


图 1 多轨迹共享模型

多轨迹共享模型由两部分组成,分别是移动客户端和服务端,其中服务端由云处理服务和轨迹处理服务构成。在轨迹共享模型中,客户端通过云绑定实现与服务端的定向连接,然后通过分离的两级服务(轨迹处理服务和云处理服务)进行客户端到服务端的请求或数据处理,最后,通过云推送实现数据在两者之间的有效传输。两级服务分离处理使不同格式的数据能够依赖于统一的 JSON 数据格式经云处理进行传输,减少了数据在服务端的冗余处理。此外,三段式的数据传输,即数据从客户端到服务端,从轨迹处理服务到云处理服务,从服务端经云推送到客户端的传输,为数据在客户端和服务端提供了一个基础的、完整的数据交互传输通道,为多轨迹的共享实现提供技术支撑。

通过对共享模型进行分析可知,轨迹共享的基础就是如何利用云服务实现轨迹数据在客户端和服务端之间的有效传输,最核心的是如何在服务端实现多用户之间的请求和轨迹数据共享处理,其最终目标是能够实现多用户轨迹的有效可视呈现。因此,文中将针对以上三方面问题展开系统研究。

3 多轨迹共享体系架构

在上文所给出的多轨迹共享模型基础上,通过对多用户轨迹共享的关键问题,如轨迹数据有效传输、轨迹信息共享处理及轨迹准确可视化呈现等,进行深入分析和研究,提出了一种“端+云”的多轨迹共享体系架构,如图 2 所示。

这里的“端”指移动端,即智能手机,其结构如图 2 左侧手机客户端所示,主要由轨迹数据采集、轨迹处理、请求处理、请求监听、推送处理等机制以及本地轨迹数据库构成。“云”指的是由百度云服务和轨迹处理服务构成服务端。其中,百度云服务实现移动设备与云端的绑定,为轨迹共享中的消息云传递、数据云推送提供支持,主要由云绑定和云推送等机制构成;轨迹处理服务是多用户轨迹共享机制的核心,主要由推

送处理机制、请求处理机制、共享处理机制以及用户数据库、轨迹数据库五个部分构成,其核心是实现多个用户之间的轨迹请求或数据信息的共享处理、存储及“中转”传递。

从图 2 可以看出,服务器端通过云推送服务实现与客户端之间的消息交互和数据共享。用户在注册或登录账号时实现与云端的绑定,建立用户账号、手机客

户端及服务器端之间的动态绑定链接,客户端将轨迹信息进行特定格式的数据编码并以 HTTP-POST 方式传送到服务器端,轨迹处理服务直接接收客户端以 HTTP-POST 传输过来的数据和请求信息并根据需要对其中间进行处理,之后经百度云端以 PUSH 推送方式实现服务器到客户端的数据传输,从而实现多个用户之间的轨迹数据交互共享。

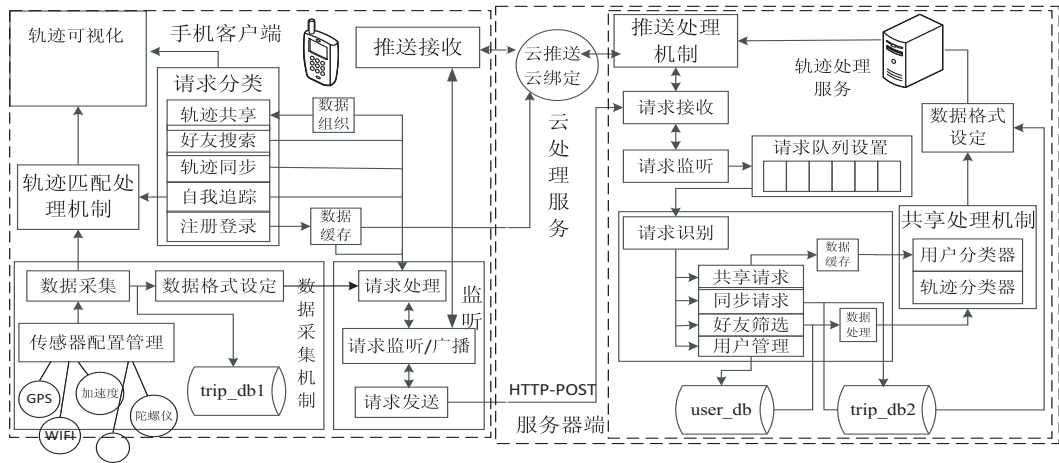


图 2 多用户轨迹共享机制系统架构

4 多轨迹共享关键机制

多用户轨迹共享的核心机制主要包括如下三个方面:一是用户轨迹数据的实时获取及客户端与服务器端之间有效数据传输机制;二是多用户轨迹数据共享处理机制;三是有效保证轨迹数据真实反映用户轨迹的轨迹数据处理机制。

4.1 轨迹数据的采集及传输机制

在多轨迹共享架构中,客户端通过嵌入的各种传感器,如 GPS 传感器、方向传感器、位移传感器、加速度传感器及陀螺仪传感器等,实现轨迹数据的动态采集。文中采用基于时间间隔的轨迹数据采集方式^[18],等时间间隔记录移动对象的信息,其轨迹数据的信息量大、随着时间轨迹覆盖范围广,可以用等长的时间间隔记录移动个体的位置,模型如式(2)所示:

$$T_r = \{ (X_1, Y_1, S_t), (X_2, Y_2, S_t + \delta_t), \dots, (X_n, Y_n, S_t + (n - 1) * \delta_t) \}$$
 (2)

其中, T_r 表示一条时空轨迹; S_t 表示起始时刻; δ_t 表示时间间隔;序列中 $(X_n, Y_n, S_t + (n - 1) * \delta_t)$ 表示在 $S_t + (n - 1) * \delta_t$ 时刻,轨迹对象的二维空间位置为 (X_n, Y_n) 。

轨迹数据的动态采集为多用户的轨迹共享提供了坚实的数据基础,而客户端和服务端之间稳定的数据传输为多用户轨迹交互、共享提供了必要的技术支撑。在多轨迹共享架构中,因数据传输的方向不同,客户端到服务器端和服务端到客户端之间的数据传输

方式是不同的。

其中,客户端经百度云端通过云推送接收来自服务器端的用户请求或数据推送,而服务器端则直接接收客户端以 HTTP-POST 传输的数据信息。双向数据传输均采用 JSON 格式数据,因为 JSON 是一种主要用于传送数据的轻量级数据交换格式,其可以将用户请求或轨迹数据直接转换为简单的可编译字符串,相较于复杂的 XML 格式数据,具有更好的可读和编写特性。

以用户 q@126.com 向好友 a@126.com 发起的实时轨迹共享请求为例,详述该请求在客户端 A、B 和服务端之间的异步传输。首先,客户端 A、B 在账号注册或登录账号 q@126.com 和 a@126.com 时,实现用户账号、移动客户端及服务端三者之间的传输绑定,并将绑定信息 userId、channelId 备份进服务端用户管理数据库 user_db;然后,客户端 A 将指向客户端 B 的实时共享请求以 HTTP-POST 方式发送至服务端;服务端通过各种数据处理模块对请求信息进行编码处理再经云推送服务实现服务端到客户端 B 的数据信息传输;最后,客户端 B 在接收到服务器推送到请求信息后,以 HTTP-POST 传输方式发送位置数据信息至服务器,经服务器实现轨迹数据的一次交互传输。

与流程图相对应的实时轨迹共享请求在客户端和服务端之间的 JSON 消息组织如表 1 所示,其中 type 表示请求类型标志位。

表 1 客户端和服务端进行实时轨迹共享时的 JSON 消息组织格式

序号	请求	JSON 格式的传输消息
1	q@ 126. com→Server HTTP 共享请求	JSON: { "type": 2, "user_email": "q@ 126. com", "visitor_email": "a@ 126. com" }
2	Server→a@ 126. com 推送共享请求	JSON: { "type": 0, "from_email": "q@ 126. com" }
3	a@ 126. com→Server HTTP 位置数据	JSON: { "type": 3, "from_user": "a@ 126. com", "send_to_user": "q@ 126. com", "point_lat": 28. 235441, "point_lon": 113. 006051 }
4	Server→q@ 126. com 推送位置数据	JSON: { "type": 1, "from_user": "a@ 126. com", "point_lon": 113. 006051, "point_lat": 28. 235441 }

4.2 轨迹数据共享处理机制

轨迹数据按时间可分为实时轨迹数据和历史轨迹数据两类,其共享亦可分为实时轨迹共享和历史轨迹共享两方面。实时共享请求发起方接收来自不同请求接收方的以 JSON 格式组织的动态轨迹数据信息,历史轨迹共享则是对已同步到服务器端的静态好友轨迹信息进行查询共享。如果仅仅进行多个好友的轨迹位置点处理,可能会导致多轨迹的混淆呈现,即无法识别某一位置数据到底属于哪一好友用户。因此,如何有效识别来自不同接收方的轨迹信息并对其进行不同的后续处理是轨迹数据共享处理机制的重点。

文中以用户信息为标识符区分不同的轨迹位置信息,如表 1 中第 4 行的数据组织。为了有效识别轨迹数据来源,系统采用双动态数组完成了轨迹共享的用户分类器和位置数据分类器设计,其具体流程如图 3 所示。

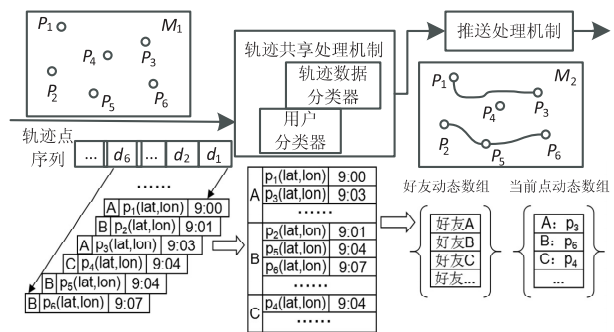


图 3 轨迹数据共享处理流程图

服务器端接收来自不同好友用户的需要传输至同一共享请求发起方的轨迹数据序列 d_1 到 d_n , 包括用户标识符、位置数据及时间戳,以用户标识符进行轨迹信息一次分类处理,将同一好友用户的所有轨迹信息进行统一格式处理;同时,进行轨迹用户当前点的动态更新,并以动态数组进行描述,实现多个好友轨迹的共享实现。

图 3 中, A、B、C 表示不同的轨迹共享用户, p_n 表示位置点 n 的位置信息,通过两级分类器实现轨迹点序列的来源识别。其实现采用的算法如图 4 所示。

Input: 轨迹信息序列, 包括用户信息和位置数据信息

Output: 用户分类器及位置数据分类器

1. 轨迹数据按照请求队列设置进行排序, 形成有序数列
2. switch(){}
3. 进行共享类型的判别处理, 包括实时共享和历史共享
4. for $i \leftarrow 0$ to m refer to 共享好友
5. ArrayList<String> sharing_friends
以动态数组实现共享好友用户的分类
6. if (sharing_friends = null) then
7. sharing_friends+
8. else then
9. ListIterator 遍历好友动态数组列表
10. if (不包含) then
11. 用户动态数组增量更新
12. end
13. end
14. end
15. ArrayList<LatLng> trajectory_location_inf
16. 将同一用户的轨迹位置数据按照时间戳进行排序, 并以动态数组增量更新各个轨迹的当前位置点
17. 根据索引用户动态数组id进行不同用户的轨迹的可视化操作处理, 点数序列按照时间戳生成移动轨迹
18. end

图 4 轨迹共享处理算法

首先,通过迭代器 ListIterator 进行共享好友列表的遍历查询,以动态数组记录轨迹共享的好友用户列表,实现了轨迹信息按照用户不同的分类实现;其次,针对不同的轨迹用户,动态更新各个轨迹用户的当前点数序列,并以纵向时间戳标识同一用户的所有轨迹位置点信息;最后,完成多个用户的轨迹点信息的分类处理,共享可视化多个好友的轨迹,轨迹点序列共享处理前的轨迹共享图为 M_1 , 经轨迹数据共享机制处理后的效果如 M_2 所示。

轨迹共享处理机制解决了多用户轨迹共享时轨迹数据的混淆可视化问题,使得用户能够更好地进行用户轨迹的可视化共享。

4.3 轨迹数据处理机制

上文提到客户端利用智能手机嵌入的多种传感器实现轨迹数据的动态采集,然而,由于 GPS 定位误差、噪声以及其他环境因素对轨迹采样点位置信息的影响,采样点位置信息在实际位置周围突兀跳变^[19],如 GPS 位置定位时,障碍物反射信号、基站信号对采样位置信息的影响等。轨迹数据处理的最终目标是经处理

的原始轨迹数据能够最大可能地反映出该移动对象的实际移动轨迹,那么如何有效地减小轨迹采样的各种误差因素对实际移动轨迹的影响即是轨迹数据处理研究的核心。

在多轨迹共享研究中,客户端通过传感器获取的位置坐标是国际 WGS-84 型 GPS 位置坐标,而地图可视化时采用的是百度地图接口,因此进行 WGS-84 型 GPS 坐标到百度 BD09 型坐标的转换,是轨迹数据准确可视化的前提。

为了减小采样点周边各种环境因素对用户轨迹的影响,系统对轨迹采样位置信息进行二级处理。首先,对每个轨迹采样点进行加权校正处理,考虑采样点之间的相关性,以当前采样点之前的轨迹采样点进行均值加权,减小采样点的突兀跳变;然后,进行轨迹位置点序列的多项式拟合^[20]处理,综合考虑道路曲线和移动轨迹曲线的相关性,拟合程度越大轨迹的准确性越高。

其实现算法如图 5 所示。

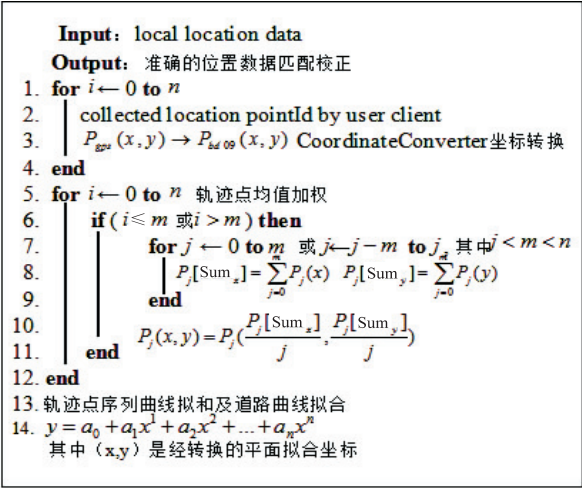


图 5 轨迹处理算法

首先,算法利用位置坐标转化很好地解决了轨迹漂移问题,为准确可视化用户实时所处的真实位置提供良好物理基础(算法第 3 行);其次,针对 GPS 采样本身的瞬时突变性,对轨迹采样点位置数据进行均值加权,文中以当前采样点之前的轨迹点信息来校正动态变化的采样位置点信息,平滑加权采样点突变,最大可能地使轨迹数据反映出用户的真实移动轨迹(算法第 5~12 行);最后,进行加权后的轨迹点序列曲线拟合,进行道路曲线和轨迹的对比校正(算法第 14 行),获得更为准确的移动轨迹路线。

轨迹数据的处理机制有效减小了动态采样过程中周边因素对于采样点位置信息的影响,使得采样的轨迹位置数据最大可能地反映出用户的实际移动态势,为用户轨迹的有效实时共享奠定良好的数据处理基础。

5 原型实现及实验验证

在对多轨迹共享架构及其关键机制进行研究分析的基础上,设计了多用户的轨迹共享原型系统。为了验证系统的有效性,在 Java EE 开发平台上搭建了一个由多台 Android 智能手机和百度云服务构成的实验验证环境^[21]。其中,智能手机作为移动客户端,百度云充当服务器端,MYSQL5.0 作为数据库。

该实验主要验证本地用户轨迹追踪和多用户轨迹共享实现,下文将分别进行测试分析。

5.1 本地轨迹追踪

本地轨迹追踪实现了用户自身轨迹的位置数据采集,实时追踪采集到用户轨迹的各种位置信息、速度信息等,便于进行更多的轨迹数据操作,如数据挖掘等。

图 6 是本地用户 a 的实时轨迹追踪,通过采样频率的设置来采集各个轨迹点信息,包括海拔、经度、纬度、当前速度、采样时间、位移距离、平均速度以及轨迹历时等。地图中,泡泡标识为轨迹起始点,黑线为移动轨迹。



图 6 本地轨迹追踪

5.2 多用户轨迹共享

为了支持好友之间的轨迹共享,该轨迹共享系统提供了好友选择、轨迹选择、轨迹同步、实时轨迹共享及历史轨迹查询等功能。好友选择和轨迹选择是用户通过客户端向服务器端发送请求,查询服务器端的用户或轨迹数据库是否存在感兴趣的用户或轨迹,并由服务器端进行数据反馈。轨迹同步是用户将自己的轨迹同步至服务器端的轨迹数据库,以便好友公共数据库共享,如同微信中的好友圈共享。

图 7 是实时轨迹共享图,实时轨迹共享的好友有两个,分别是 q@126.com 和 b@126.com。其中泡泡标识为轨迹起始点,a 标记为用户实时轨迹,b 标记、q

标记分别为实时共享的好友轨迹。



图7 实时轨迹共享

6 结束语

多用户轨迹共享系统的实现为用户之间的轨迹共享和数据传递研究提供了一个基本框架,原型系统通过云服务,包括云绑定及云推送,进行客户端和服务器的数据传输、信息交互,实现了用户之间轨迹的共享处理。文中详细描述了多用户轨迹共享有效传输的三大关键机制,轨迹处理机制、轨迹传输机制以及轨迹共享机制,并进行本地轨迹追踪和轨迹共享实验验证,完成了多轨迹共享机制的研究与实现。

多用户的轨迹共享机制研究与实现中还有很多可以继续研究的地方,如多用户轨迹实时共享模式识别、多用户之间亲密关系识别等数据挖掘研究以及其他领域的研究等。之后的研究工作,可能会针对多用户轨迹上的行为识别进行。

参考文献:

- [1] Burke J, Estrin D. Participatory sensing[J]. IEEE Communications, 2010, 48(9): 140-150.
- [2] Miluzzo E, Papandrea M, Sarroff A M, et al. Tapping into the Vibe of the city using VibN, a continuous sensing application for smartphones[C]//Proc of ACM. [s. l.]: ACM, 2011: 234-239.
- [3] Thiagarajan A, Ravindranath L, Lacurts K L, et al. VTrack: accurate, energy-aware road traffic delay estimation using mobile phones[C]//Proc of 7th international conf on embedded networked sensor systems. Berkeley, CA: ACM, 2009.
- [4] Mun M, Reddy S, Shilton K, et al. PEIR, the personal environmental impact report, as a platform for participatory sensing systems research[C]//Proc of 7th international conf on mobile systems, applications and services. Krakow: ACM, 2009:

55-68.

- [5] 刘莎莎, 杨娟, 李冰岩, 等. 移动感知架构研究: 从参与感知到志愿感知[J]. 先进技术研究通报, 2011, 5(12): 2-7.
- [6] Komninos N. The architecture of intelligent cities[C]//Proceedings of intelligent environments. [s. l.]: [s. n.], 2006: 53-61.
- [7] 张素. 城市智能系统交通研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2002.
- [8] Consolvo S, McDonald D W, Toscos T R, et al. Activity sensing in the wild: a field trial of ubifit garden[C]//Proc of 26th annual ACM SIGCHI conf on human factors in computing systems. Florence: ACM, 2008: 1797-1806.
- [9] Poh M Z, Kim K, Goessling A D, et al. Heartphones: sensor earphones and mobile application for non-obtrusive health monitoring[C]//Proc of international symposium on wearable computers. Linz: IEEE, 2009: 153-154.
- [10] Zheng Yu, Xie Xing, Ma Weiying. GeoLife: a collaborative social networking service among user, location and trajectory[J]. IEEE Data Engineering Bulletin, 2010, 33(2): 32-39.
- [11] Nawaz S, Efstratiou C, Mascolo C, et al. Social sensing in the field: challenges in detecting social interactions in construction sites[J]. IEEE Internet Computing, 2012, 16(3): 13-23.
- [12] Miluzzo E, Lane N D, Fodor K, et al. Sensing meets mobile social networks: the design, implementation, and evaluation of the cenceme application[C]//Proc of 6th international conf on embedded networked sensor systems. Raleigh: ACM, 2008: 337-350.
- [13] Froehlich J, Neumann J, Oliver N. Sensing and predicting the pulse of the city through shared bicycling[C]//Proc of international joint conference on artificial intelligence. [s. l.]: [s. n.], 2009: 1420-1426.
- [14] Song C, Qu Zehui, Blumm N, et al. Limits of predictability in human mobility[J]. Science, 2010, 327(5968): 1018-1021.
- [15] Kaltenbrunner A, Meza R, Grivolla J, et al. Urban cycles and mobility patterns: exploring and predicting trends in a bicycle-based public transport system[J]. Pervasive and Mobile Computing, 2010, 6(4): 455-466.
- [16] 王黎明, 夏清国, 张永峰, 等. 基于个性化移动位置服务中自适应地图的研究[J]. 计算机工程与科学, 2009, 31(2): 131-134.
- [17] 霍峥, 孟小峰. 轨迹隐私保护技术研究[J]. 计算机学报, 2011, 34(10): 1820-1830.
- [18] 李婷, 裴韬, 袁焯城, 等. 人类活动轨迹的分类、模式和应用研究综述[J]. 地理科学进展, 2014, 33(7): 938-948.
- [19] 栾宝宽, 田华明, 张磊. GPS定位误差的影响因素分析[J]. 中国科技信息, 2010(9): 132-133.
- [20] 周颖, 程荫杭. 基于曲线拟合的地图匹配算法[J]. 交通运输系统工程与信息, 2004, 4(2): 68-70.
- [21] 张艳芳. Android手机Web地图服务的应用设计[D]. 南昌: 南昌大学, 2010.

基于智能手机的多用户轨迹共享研究与实现

作者：[金星](#)，[史殿习](#)，[丁博](#)，[李寒](#)，[JIN Xing](#)，[SHI Dian-xi](#)，[DING Bo](#)，[LI Han](#)
作者单位：[国防科学技术大学 计算机学院 并行与分布式计算重点实验室](#), 湖南 长沙, 410073
刊名：[计算机技术与发展](#)[ISTIC](#)
英文刊名：[Computer Technology and Development](#)
年，卷(期)：2015(8)

引用本文格式：[金星](#). [史殿习](#). [丁博](#). [李寒](#). [JIN Xing](#). [SHI Dian-xi](#). [DING Bo](#). [LI Han](#) [基于智能手机的多用户轨迹共享研究与实现](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(8)