



申请代码	F020709
接收部门	
收件日期	
接收编号	6187060717



# 国家自然科学基金 申 请 书

(2018 版)

资助类别：	面上项目		
亚类说明：			
附注说明：			
项目名称：	大规模群体感知中的稀疏表示方法研究		
申 请 人：	周四望	电 话：	073188821975
依托单位：	湖南大学		
通讯地址：	湖南大学信息科学与工程学院		
邮政编码：	410082	单位电话：	073188823307
电子邮箱：	swzhou@hnu.edu.cn		
申报日期：	2018年03月12日		

国家自然科学基金委员会



## 基本信息

申请人信息	姓名	周四望	性别	男	出生年月	1971年07月	民族	汉族
	学位	博士	职称	副教授	每年工作时间（月）		10	
	是否在站博士后	否		电子邮箱	swzhou@hnu.edu.cn			
	电话	073188821975		国别或地区	中国			
	个人通讯地址	湖南大学信息科学与工程学院						
	工作单位	湖南大学/信息科学与工程学院						
	主要研究领域	稀疏表示，群体感知，深度压缩感知						
依托单位信息	名称	湖南大学						
	联系人	刘一铮	电子邮箱	liuyizheng@hnu.edu.cn				
	电话	073188823307	网站地址	http://www.hnu.edu.cn/				
合作研究单位信息	单位名称							
项目基本信息	项目名称	大规模群体感知中的稀疏表示方法研究						
	英文名称	A study on sparse representation for large-scale crowdsensing						
	资助类别	面上项目				亚类说明		
	附注说明							
	申请代码	F020709. 新型感知计算及网络						
	基地类别							
	研究期限	2019年01月01日 -- 2022年12月31日				研究方向：群智感知网络		
	申请直接费用	65.0000万元						
中文关键词		群体感知；稀疏表示；数据收集						
英文关键词		crowdsensing; sparse representation; data gathering						



中文摘要	<p>群体感知是一种全新的大规模感知模式，它利用用户携带的智能手机等移动终端，形成大规模、随时随地的感知系统。然而，移动设备资源受限，人们随机移动导致出现监测空洞，大规模用户的感知数据存在冗余，个人参与使得隐私保护受到威胁，群体感知数据收集因此存在巨大挑战。本项目研究大规模群体感知中的数据收集问题，提出稀疏表示数据收集方法。用户端运行轻量级的稀疏测量算法，传输简洁的测量值而不是原始数据。复杂的重构算法运行在服务器端，联合众多用户的测量值，重构完整的全局数据集。具体研究包括如下几个方面：首先研究测量算法，用户将收集到的局部数据编码为测量值，实现稀疏表示；然后研究重构算法，利用数据相关性推断缺失数据，从局部测量值重构全局数据集；接着研究最优用户数量和最优用户选择算法，降低测量算法的开销，同时增加重构精度；最后研究动态测量系数生成算法，提高安全性能。最终形成安全的稀疏表示数据收集方法。</p>
英文摘要	<p>Crowdsensing, which empowers ordinary citizens to contribute data sensed from their mobile devices, such as smart phones, has become an emerging paradigm for large-scale sensing. Unfortunately, data gathering in crowdsensing system will be an enormous challenge, since mobile devices usually have only limited resources and there exist problems of blind monitoring spots, redundant sensing data among multiple users and privacy preserving. In this project, we study the problem of data gathering in crowdsensing system, and propose a scheme of sparse representation. In our scheme, the lightweight sparse measuring algorithm runs on the user side, which calculates and transmits a simple measurement instead of the original sensing data. The complex reconstruction algorithm runs on the server side, using which the full data set is recovered by gathering measurements from a number of users. Our research involves the following four parts. First, we explore a measuring algorithm to encode the local sensing data as a measurement. Sparse representation can then be implemented. Secondly, we study a reconstruction algorithm to recover the global data set by exploiting the correlation among sensing data. Thirdly, we study how to select the optimal number of users and how to select the optimal users, with the objectives of decreasing the transmission overhead and increasing recovered data quality. Finally, we introduce an approach of dynamic measurement coefficients to improve the security performance of our proposed strategy. The secure data gathering scheme employing the sparse representation can then be accomplished.</p>



## 项目组主要参与者（注：项目组主要参与者不包括项目申请人）

编号	姓名	出生年月	性别	职 称	学 位	单位名称	电话	电子邮箱	证件号码	每年工作 时间（月）
1	刘永和	1974-03-02	男	副教授	博士	the University of Texas at Arlington	8172727606	yonghe@cse.uta.edu	G37372324	6
2	胡军	1971-11-18	男	副教授	博士	湖南大学	073188821976	hujun_111@hnu.edu.cn	430102197111184579	7
3	欧博	1985-10-19	男	讲师	博士	湖南大学	073188821976	oubo@hnu.edu.cn	430203198510196012	7
4	彭鹏	1987-10-02	男	讲师	博士	湖南大学	073188821976	hnu16pp@hnu.edu.cn	430802198710020413	6
5	唐德燕	1986-10-26	女	博士生	硕士	湖南大学	073188821975	deyantang@hnu.edu.cn	432524198610261686	10
6	张伟	1986-04-21	男	博士生	硕士	湖南大学	073188821975	zhangweidoc@hnu.edu.cn	430104198604213515	10
7	刘兴庭	1989-08-01	男	博士生	硕士	湖南大学	073188821975	xingtingliu@hnu.edu.cn	431224198908012079	10
8	廖兴炜	1995-03-19	男	硕士生	学士	湖南大学	073188821975	liaoxw@hnu.edu.cn	360730199503194310	10
9	贺燕	1995-11-24	女	硕士生	学士	湖南大学	073188821975	heyang@hnu.edu.cn	430723199511243228	10

总人数	高级	中级	初级	博士后	博士生	硕士生
10	3	2			3	2



## 国家自然科学基金项目资金预算表（定额补助）

项目申请号：6187060717

项目负责人：周四望

金额单位：万元

序号	科目名称	金额
	(1)	(2)
1	一、项目直接费用	65.0000
2	1、设备费	10.0000
3	(1)设备购置费	6.00
4	(2)设备试制费	4.00
5	(3)设备改造与租赁费	0.0000
6	2、材料费	12.00
7	3、测试化验加工费	0.0000
8	4、燃料动力费	0.0000
9	5、差旅/会议/国际合作与交流费	12.00
10	6、出版/文献/信息传播/知识产权事务费	10.00
11	7、劳务费	18.00
12	8、专家咨询费	2.00
13	9、其他支出	1.00
14	二、自筹资金来源	0.0000



## 预算说明书（定额补助）

（请按《国家自然科学基金项目资金预算表编制说明》中的要求，对各项支出的主要用途和测算理由及合作研究  
研究外拨资金、单价 $\geq 10$ 万元的设备费等内容进行详细说明，可根据需要另加附页。）

本项目申请直接费用 65.0 万元，详细的预算如下：

1. 设备费 10.0 万元

主要用于扩充群体感知系统智能手机的感知功能。购买 40 台环境噪声测试设备，用于智能手机数据收集精度校正，预算 6 万元；试制 100 台环境噪声收集传感器，扩充智能手机数据收集功能，预算 4 万元。

2. 材料费 12.0 万元

主要用于项目组 and 大规模在校学生群体感知测试时智能手机元件的维护材料费、项目执行期间的实验耗材，包括智能手机显示屏、传感器电池、测试设备充电器、存储器和传感器其它配件等购置。平均每年预算 3 万，4 年共 12 万。

3. 测试化验加工费 0.0 万元

无

4. 燃料动力费 0.0 万元

无。

5. 差旅费/会议费 12.0 万元

项目执行期间参加境外国际学术会议 4 人次，注册费和差旅费平均每次预算 2 万元，共 8 万元；考察、业务调研、国内学会会议、学术交流等差旅费每年预算 1 万元，4 年共 4 万元。

6. 出版/文献/信息传播/知识产权事务费 10 万元

主要用于论文发表、专利申请、出版、文献检查费。4 年共发表论文 12 篇以上，其中预算 open access 等原因形成的出版费用共 6 万元；申请相关专利 1~2 项，预算 1.5 万元；软件著作权 2~3 项，预算 0.5 万元；文献检索、成果查新和其它资料费，每年预算 0.5 万元，4 年共 2 万元。

7. 劳务费 18 万元

用于参加项目博士、硕士研究生的劳务费用，以及参加群体感知测试在校学生的激励费用：项目组博士生和硕士生，按平均每个工作人月约 700 元计算，4 年共预算 14 万元；聘请 1000 人次在校学生参加群体感知数据收集，平均每人次 40 元劳务激励费用，共计 4 万元。

8. 专家咨询费 2.0 万元

主要用于项目执行期内，临时聘请的咨询专家费用，按 4 人次每次 0.5 万元预算，共 2.0 万元。

9. 其他支出 1.0 万元

用于预留其它项目支出费用，包括群体感知户外测试时的车辆租赁费等，4 年共 1 万元。



# 报告正文

参照以下提纲撰写，要求内容翔实、清晰，层次分明，标题突出。  
请勿删除或改动下述提纲标题及括号中的文字。

## （一）立项依据与研究内容（建议 8000 字以下）：

1. 项目的立项依据（研究意义、国内外研究现状及发展动态分析，需结合科学研究发展趋势来论述科学意义；或结合国民经济和社会发展中迫切需要解决的关键科技问题来论述其应用前景。附主要参考文献目录）；

### 1.1 研究意义与动机

群体感知是一种全新的大规模移动感知模式，它利用人们随身携带的智能手机、可穿戴设备等智能终端，形成大规模、随时随地的感知系统。传统的传感器网络等感知系统依赖预先安装的专业传感设备，例如传感器节点、摄像头、空气质量检测装置等，具有规模受限、投资及维护成本高等问题，监测范围和应用效果受到限制。随着 WiFi 和 4G 等无线网络基础设施日益完善，群体感知将目光转向大量的普通用户，利用人们携带的智能终端实现对环境信息的自动感知与收集。从这个意义上来看，也有人将其称为“草根”感知。

群体感知发动了“草根”大众，显著增加了感知系统的覆盖范围，使得大规模深度监测成为可能。然而，大规模特性和移动特性给群体感知数据收集带来了重大挑战。研究挑战主要来自如下两个方面：

#### （1）冗余数据问题。

在群体感知系统中，大规模用户产生了海量的感知数据。然而，众多用户之间的移动轨迹却可能存在重叠，导致多个用户感知相同的信息。直接收集数据引起大量冗余数据传输，带来额外的资源开销。而智能手机等移动设备资源受限，且个人购置手机的主要目的是通信和娱乐，不能为群体感知消耗过多的流量、电量和计算等资源。

#### （2）监测空洞问题。

从感知系统的宏观角度来看，大规模用户随机移动能全面覆盖监测区域，其监测范围远远大于传统传感器网络。然而，从微观角度来看，单个用户在局部区域随机移动，很多地点可能没有用户涉及，监测区域出现大量微小的空洞。监测空洞问题造成感知数据缺失，直接收集数据导致监测区域的数据集不完整。



而且,在群体感知系统中,参与感知的是个人用户,而不是传感器节点。不安全的数据传输会泄漏用户的个人隐私,带来安全性问题。

因此,已有的数据收集方法难以直接应用于群体感知系统,需要探索新的解决思路。本项目研究大规模移动群体感知系统中的数据收集问题,拟提出稀疏表示数据收集方法。用户端运行轻量级的测量算法,将感知数据编码为测量值,只由少量用户传输测量值,抑制冗余数据传输,实现稀疏表示。在服务器端设计重构算法,收集测量值,利用数据相关性推断监测空洞的数据,重构出完整的全局数据集。稀疏测量避免原始数据传输,提高了安全性能。源源不断的用户贡献测量值,保证数据重构的精度。

## 1.2 国内外研究现状及发展动态分析

### (1) 从无线传感器网络到大规模群体感知

实现对物理世界的自动感知是研究人员努力追求的目标。诞生于二十一世纪初的无线传感器网络能够感知环境信息,自动获取感知数据,曾被认为是二十一世纪最具影响力的一项 IT 技术,直到今天依然吸引众多研究人员关注<sup>[1]</sup>。无线传感器网络由连接到数据中心的 Sink 节点以及大量的传感器节点构成,通过飞机抛洒、炮弹弹射或者人工方式部署到监测区域。传感器节点采集的数据向 Sink 节点传输,数据中心因此能收集监测区域的数据。设计路由算法以提高数据收集效率是传感器网络重点研究的内容<sup>[2]</sup>。

大规模群体感知是无线传感器网络的重要研究进展。近几年来,智能手机广泛普及,同时,4G 和 WiFi 等无线通信基础设施日益完善,用户可随时随地感知环境信息,并将数据传送给数据中心的服务器端,数据路由不再是研究重点。在普适计算和物联网研究中,群体感知也被称为众包感知、参与感知和群智感知等<sup>[3-5]</sup>。随着传感技术成熟和成本下降,智能手机集成了越来越多的传感器,如麦克风、光传感器、GPS、温湿度传感器、摄像头、陀螺仪和加速度传感器等,可以获取噪声、光强度、位置信息、温度和湿度、环境照片以及道路坑槽状况等等诸多信息,已经具备感知环境的能力。基于群体感知,研究人员提出了旅行推荐<sup>[6]</sup>、事件线索追踪<sup>[7]</sup>等多种应用。群体感知在节点协作<sup>[8]</sup>、激励机制<sup>[9]</sup>、任务分配<sup>[10]</sup>、系统安全<sup>[11]</sup>、数据质量<sup>[12]</sup>和机会型群智网络<sup>[13,14]</sup>等诸多方面取得了研究成果,已经展现出广阔的应用前景。

大规模和移动性是群体感知不同于已有感知系统的重要特征。无线传感器网络等传统感知系统由于硬件和部署成本、系统运营等限制,实际运行的规模都很小。而在群体感知环境下,个人购置的智能手机等感知设备成为网络节点,大规模因此成为群体感知的重要特征。移动性是群体感知是另一个重要特征。移动用户携带智能终端,伴随着日常生活、工作和学习在大街小巷穿行,随时随地感知环境信息。



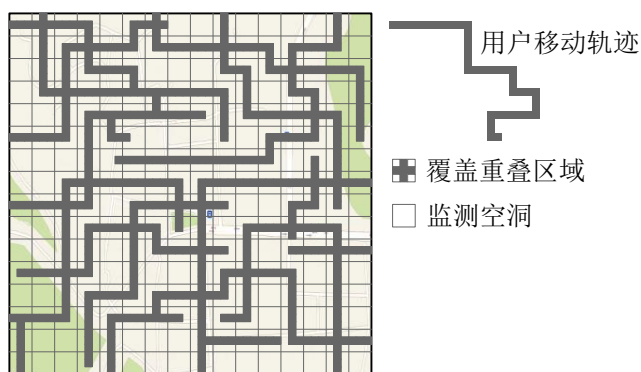


图 1. 群体感知监测冗余和监测空洞问题。多个用户移动轨迹出现重叠使得感知数据被重复收集, 存在大量冗余; 用户随机移动则造成了监测空洞。

研究群体感知最重要的一个目的是数据数集, 如何在大规模、移动性的群体感知环境中有效收集数据是值得深入研究的重要科学问题。在激励机制的鼓舞下, 大规模的用户参与群体感知, 显著增加了监测范围, 但众多用户之间的感知数据存在大量冗余。单个用户的移动是局部的, 并具有随机性, 因而监测区域存在空洞, 造成感知数据缺失, 如图 1 所示。同时, 智能手机等感知设备为用户所拥有, 也带来了隐私保护问题。这些问题给群体感知数据收集带来了巨大挑战, 亟需探索新的方法。

## (2) 稀疏表示理论研究

稀疏表示理论为群体感知数据收集研究提供了新思路。稀疏表示是 D.Donoho、Candes 和 Tao 等数学家开创的信号处理新方法<sup>[15,16]</sup>, 最早应用于医学图像采样问题, 用以降低图像采样的时间成本。近年来, 稀疏表示也在网络数据处理领域取得了应用。

对于长度为  $N$  的信号  $x$ , 如果  $x$  中有  $k$  个元素的值为非零, 其余  $N-k$  个元素的值为零, 则称  $x$  满足  $k$ -sparse 性质。稀疏表示理论认为, 给定一个满足约束等矩 RIP 条件的测量矩阵  $\Phi \in R^{M \times N}$  ( $M \ll N$ ), 如果  $M = O(k \cdot \log n)$ , 则由随机测量值  $y$  ( $y = \Phi x$ ) 就可以高概率完美重构出原始信号。因为  $M$  远小于  $N$ , 因而可以认为一个信号可以由少量的测量值表示, 即稀疏表示。迄今为止, 研究人员已经提出了多种稀疏表示重构算法, 包括凸松弛算法<sup>[17]</sup>、贪婪追踪算法<sup>[18]</sup>、迭代阈值算法<sup>[19]</sup>等。受深度学习成功的鼓舞, 在近两年的 NIPS 和 CVPR 等人工智能顶级国际会议上, 研究人员提出深度学习的思路来研究图像的稀疏表示重构问题, 取得了很好的图像恢复效果<sup>[20,21]</sup>。

在稀疏表示中, 测量值  $y$  的维数远小于信号  $x$ , 因此稀疏表示过程常被称为压缩感知或压缩传感(Compressed Sensing)。一般来说, 自然图像、网络数据和感知数据等实际信号是非稀疏的, 但在小波变换或字典变换等变换域是近似稀疏的。稀疏表示理论为我们探索群体感知系统中的稀疏表示数据收集方法提供了理论基础。



### (3) 稀疏表示在网络数据收集中的应用

在传感器网络、大规模 Internet 网络测量和城市交通网络等几个领域,近年来已经有研究人员提出基于稀疏表示的数据收集研究思路,他们的研究成果启发了本项目的研究。

在传感器网络中,研究人员将稀疏表示思想和数据路由结合起来,研究数据收集和数据存储问题。对于传统压缩算法,压缩性能越好,则算法复杂度越高,不适合资源受限的传感器节点[22]。最早将稀疏表示思想引入传感器网络的研究出现在文献[23]中,作者在数据多跳路由的过程中进行稀疏测量,提高了网络吞吐量。文献[24]通过设计停止准则来减少测量值传输,节省网络资源。随机游走的稀疏表示数据收集方法则不依赖具体的路由<sup>[25]</sup>。文献[26,27]在随机游走理论的基础上研究了无线传感器网络的稀疏存储方法。在此基础上,文献[28]在稀疏测量时同时考虑传感数据的时空相关性,进一步提高了数据存储的效率。

在大规模 Internet 网络测量中,研究人员提出矩阵填充等稀疏处理方法,利用部分网络测量值重构出完整的网络性能数据<sup>[29]</sup>。网络时延是研究网络实时应用质量的重要性能指标,然而直接探测 Internet 网络中所有端到端时延几乎不可能的。文献[30]利用稀疏表示的思路研究 Internet 网络时延测量问题,利用端到端时延之间的相关性还原出完整的时延数据。文献[31]等探讨了城市交通网络的流量问题,把出租车看成是网络探测的数据包,进而提出了基于稀疏表示的交通流量估计方法。

总的来说,无线传感器网络的研究思路是将稀疏表示和数据路由结合,降低数据量,防止各传感器节点的数据向 Sink 路由时越聚越多,出现数据爆炸。在大规模网络测量和城市交通网络,研究人员的思路则是利用稀疏表示来恢复无法测量的网络性能和交通流量数据。这些研究成果启发了本项目的研究,群体感知系统远不同于传感器网络、Internet 和交通网络,需要进一步探索新的方法。

### (4) 稀疏群体感知研究

值得注意的是,北京大学张大庆老师课题组提出了群体感知稀疏任务分配的研究思想<sup>[32-35]</sup>。在群体感知系统中,激励大规模用户参与感知的花费很大。但用户数量过少却可能带来数据质量下降的问题。针对这个问题,文献[33]将监测区域划分为很多子区域,只给一部分子区域分配感知任务,而不并监测其余子区域,体现出稀疏群体感知的思想。处在任务区域的用户收集感知数据,并将数据传输给数据中心,再设计算法推断出未监测区域的数据。文献[34]进一步研究了稀疏任务分配问题,提高了重构算法的精度。在文献[35]中,作者探讨了稀疏群体感知的位置保护问题,当用户上传数据时扰乱位置信息,达到位置信息保护的目的。在重构时设计算法,以些微的精度代价来恢复位置完整的数据集。

在文献[36]中,作者也对监测区域进行划分,并评估监测区域内数据收集的质量。若质

量达到给定阈值，则将数据上传给数据中心。否则丢弃该区域的数据或者降低该区域数据的权重，再设计算法来恢复这些区域的数据。可以看出，其研究思想和张大庆老师课题组有类似之处。文献[37]研究了众包网络的稀疏性问题，作者认为群体用户的社交数据，例如问卷调查等，内含着某种相关性，进而提出了稀疏社交数据收集方法。

综上所述，稀疏群体感知有着重要的研究价值和前景，但其研究目前尚处在起步阶段。现有方法从监测地点的角度展开研究，稀疏分配感知任务，只收集一部分区域的感知数据，再通过矩阵填充还原数据集。其目的是降低用户数量以节省激励成本，如图 2 所示。我们认为，已有方法没有充分利用到群体感知的大规模特性和随机移动特性。在概率意义上，大规模特性使得用户的移动轨迹能到达整个监测区域。而从单个用户角度看，移动的随机特性则使得用户采集的局部数据包含全局统计信息。这两种性质若能加以利用，必然会进一步提高群体感知系统的数据收集效率。

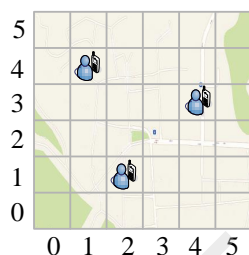


图 2. 已有方法从监测地点的角度研究稀疏群体感知。选择部分子区域分配任务，只收集任务子区域的感知数据。



图 3. 本项目从用户的角度研究稀疏表示方法。用户随机移动，将多个子区域的数据编码为一个测量值。不收集原始感知数据，而收集测量值。

鉴于此，本项目基于大规模和随机移动特性，研究群体感知系统中的稀疏表示数据收集方法。如图 3 所示，同样只是少量的三个用户，每个用户的测量值却能体现多个子区域的信息。不传输原始数据而传输测量值，则让稀疏表示方法具有自然的安全性。同时，因为大规模用户移动的随机特性，监测空洞在整个区域呈现均衡分布，也使得每一个测量值均蕴含全局统计信息。因此，我们能够研究出安全的稀疏表示方法，联合多个“模糊的”测量值，利用数据相关性推断监测空洞的缺失数据，重构出完整的全局数据集。

#### 参考文献：

- [1] Akyildiz I F, Su W, Sankarasubramaniam Y, et al. Wireless sensor networks: a survey[J]. Computer Networks, 2002, 38(4):393-422.
- [2] Ebrahimi D, Assi C. Network Coding-Aware Compressive Data Gathering for Energy- Efficient Wireless Sensor Networks[J]. ACM Transactions on Sensor Networks, 2015, 11(4):1-24.
- [3] 于瑞云, 王鹏飞, 白志宏,等. 参与式感知:以人为中心的智能感知与计算[J]. 计算机研究与发展, 2017,



54(3):457-473.

[4] Restuccia F, Ghosh N, Bhattacharjee S, et al. Quality of Information in Mobile Crowdsensing: Survey and Research Challenges[J]. ACM Transactions on Sensor Networks, 2017, 13(4).

[5] Guo B, Han Q, Chen H, et al. The Emergence of Visual Crowdsensing: Challenges and Opportunities[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2017, PP(99):1-1.

[6] Guo T, Guo B, Zhang J, et al. CrowdTravel: Leveraging Heterogeneous Crowdsourced Data for Scenic Spot Profiling and Recommendation[M]// Advances in Multimedia Information Processing - PCM 2016. 2016:617-628.

[7] Wang Y, Wang Y, Wang Y, et al. CrowdStory: Fine-Grained Event Storyline Generation by Fusion of Multi-Modal Crowdsourced Data[J]. Proceedings of the ACM on Interactive Mobile Wearable & Ubiquitous Technologies, 2017, 1(3):55.

[8] Ma H, Zhao D, Yuan P. Opportunities in mobile crowd sensing[J]. IEEE Communications Magazine, 2014, 52(8):29-35.

[9] 吴垚, 曾菊儒, 彭辉, 等. 群智感知激励机制研究综述[J]. 软件学报, 2016, 27(8):2025-2047.

[10] Guo B, Liu Y, Wu W, et al. ActiveCrowd: A Framework for Optimized Multitask Allocation in Mobile Crowdsensing Systems[J]. IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 2017, 47(3):392-403.

[11] Wang L, Yang D, Han X, Wang T, Zhang D, et al. Location Privacy-Preserving Task Allocation for Mobile Crowdsensing with Differential Geo-Obfuscation[C]// the 26th International Conference on World Wide Web (WWW), ACM, 2017:627-636.

[12] Liu L, Wei W, Zhao D, et al. Urban Resolution: New Metric for Measuring the Quality of Urban Sensing[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2015, 14(12):2560-2575.

[13] Zhan Y, Xia Y, Liu Y, Li F, et al. Time-sensitive Data Collection with Incentive-Aware for Mobile Opportunistic Crowdsensing[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2017, PP(99):1-1.

[14] Li F, Li Z, Sharif K, et al. Multi-layer-based opportunistic data collection in mobile crowdsourcing networks[J]. World Wide Web-internet & Web Information Systems, 2017(5):1-20.

[15] Donoho D L. Compressed sensing[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2006, 52(4):1289-1306.

[16] Candes E J, Tao T. Near-Optimal Signal Recovery From Random Projections: Universal Encoding Strategies?[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2006, 52(12):5406-5425.

[17] Kim, SeungJean, Koh, K, Lustig, M, et al. An Interior-Point Method for Large-Scale  $\ell_1$ -Regularized Least Squares[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 2007, 1(4):606-617.

[18] Needell D, Vershynin R. Signal recovery from incomplete and inaccurate measurements via ROMP[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 2013, 4(2):310-316.

[19] Metzler C A, Maleki A, Baraniuk R G From Denoising to Compressed Sensing[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2016, 62(9):5117-5144.

[20] Metzler C A, Mousavi A, Baraniuk R G Learned D-AMP: Principled Neural Network based Compressive Image Recovery[C], 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS), Long Beach, CA, USA., 2017.



- [21] Kulkarni K, Lohit S, Turaga P, et al. ReconNet: Non-Iterative Reconstruction of Images from Compressively Sensed Measurements[C], IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, Nevada, USA, 2016
- [22] Kishk A M, Messiha N W, El-Fishawy N A, et al. Hybrid Compression Algorithm for Wireless Sensor Network[C]// 2007 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS). IEEE Computer Society, 2014:147-150.
- [23] Luo J, Xiang L, Rosenberg C. Does Compressed Sensing Improve the Throughput of Wireless Sensor Networks?[C]// IEEE International Conference on Communications (ICC). IEEE, 2010:1-6.
- [24] Wang J, Tang S, Yin B, et al. Data gathering in wireless sensor networks through intelligent compressive sensing[C]// IEEE Conference on Computer Communications (INFOCOM), IEEE, 2015:603-611.
- [25] Zheng H, Yang F, Tian X, et al. Data Gathering with Compressive Sensing in Wireless Sensor Networks: A Random Walk Based Approach[J]. IEEE Transactions on Parallel & Distributed Systems, 2014, 26(1):35-44.
- [26] Liu F, Lin M, Hu Y, et al. Design and Analysis of Compressive Data Persistence in Large-Scale Wireless Sensor Networks[J]. IEEE Transactions on Parallel & Distributed Systems, 2015, 26(10):2685-2698.
- [27] Talari A, Rahnavard N. CStorage: Decentralized compressive data storage in wireless sensor networks[J]. Ad Hoc Networks, 2016, 37:475-485.
- [28] Gong B, Cheng P, Chen Z, et al. Spatiotemporal Compressive Network Coding for Energy-Efficient Distributed Data Storage in Wireless Sensor Networks[J]. IEEE Communications Letters, 2015, 19(5):803-806.
- [29] Zhu R, Liu B, Niu D, et al. Network Latency Estimation for Personal Devices: A Matrix Completion Approach[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2017, PP(99):1-14.
- [30] Liu Z, Li Z, Li M, et al. Mining Road Network Correlation for Traffic Estimation via Compressive Sensing[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2016, 17(7):1880-1893.
- [31] Xie K, Peng C, Wang X, et al. Accurate recovery of internet traffic data under dynamic measurements[C]// IEEE Conference on Computer Communications (INFOCOM), IEEE, 2017:1-9.
- [32] Wang L, Zhang D, Wang Y, et al. Sparse mobile crowdsensing: challenges and opportunities[J]. IEEE Communications Magazine, 2016, 54(7):161-167.
- [33] Wang L, Zhang D, Pathak A, et al. CCS-TA: quality-guaranteed online task allocation in compressive crowdsensing[C]// ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (Ubicomp). ACM, 2015:683-694.
- [34] Wang L, Zhang D, Yang D, et al. SPACE-TA: Cost-Effective Task Allocation Exploiting Intradata and Interdata Correlations in Sparse Crowdsensing[J]. ACM Transactions on Intelligent Systems & Technology, 2017, 9(2):1-28.
- [35] Wang L, Zhang D, Yang D, et al. Differential Location Privacy for Sparse Mobile Crowdsensing[C]// IEEE, International Conference on Data Mining (ICDM). IEEE, 2017.
- [36] Hao X, Xu L, Lane N D, et al. Density-Aware Compressive CrowdSensing[C]// ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN). IEEE, 2017:29-39.



[37] Xu L, Hao X, Lane N D, et al. More with less: lowering user burden in mobile crowdsourcing through compressive sensing[C]// ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp).ACM, 2015:659-670.

## 2. 项目的研究内容、研究目标，以及拟解决的关键科学问题（此部分为重点阐述内容）；

### 2.1 研究内容

大规模群体感知是最近发展起来的全新的感知模式，具有重要的研究价值。然而，数据冗余、监测空洞、个人参与和移动终端资源受限等问题给数据收集带来了诸多挑战，需要探索新的研究思路。本项目探讨群体感知系统中的数据收集问题，利用用户的大规模特性和随机移动特性，研究稀疏表示数据收集方法。

研究内容分为三个部分。首先研究稀疏表示方法，包括虚拟数据模型、测量算法和重构算法，这是本项目的主体研究内容；接着研究最优用户算法，包括最优用户数量算法和最优用户选择策略，以降低稀疏表示方法的开销，同时提高数据重构精度，这也是本项目的难点；然后研究动态测量系数生成算法，增强稀疏表示方法的安全性。最终形成安全的群体感知稀疏表示数据收集方法。

#### 2.1.1 研究稀疏表示方法

先研究虚拟数据模型，应对用户移动问题，建立稀疏表示的数据模型。接着研究稀疏测量算法和重构算法。测量算法将感知数据编码为测量值，只由部分用户传输测量值，降低冗余信息，实现稀疏表示；重构算法则联合多个用户的测量值，推断监测空洞的缺失数据，重构完整的感知数据集。

##### (1) 研究虚拟数据模型

群体感知用户在移动中收集数据，数据则随用户在监测区域随机移动。虚拟数据模型将移动的局部数据和静态的全局数据集映射起来，是本项目研究稀疏表示方法的基础。

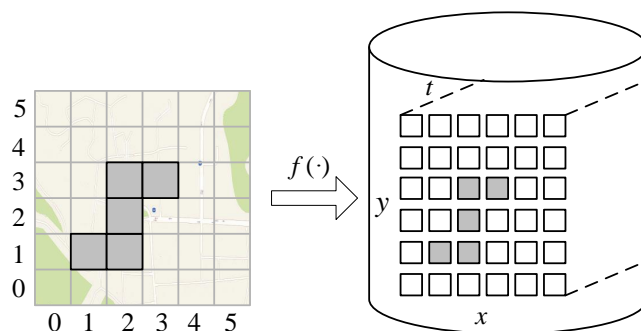


图 4. 虚拟数据模型。将用户收集的局部数据映射到全局数据集。



我们认为,从感知数据的角度,监测区域可以抽象成一个虚拟的分布式数据库。每一个监测地点对应该数据库的一个单元,该数据单元存储对应地点产生的环境数据。移动用户只是数据的处理者,不是数据的拥有者,感知数据属于特定的地点。也就是说,即使没有用户经过该地点,该地点依然不停地产生时序环境数据。从这个意义上看,用户是移动的,但数据所属的位置却是固定不变的。这样,我们能够研究一个虚拟数据模型,将群体感知的局部移动性和全局数据集映射起来。

虚拟数据模型的思想如图 4 所示,其中  $x$  和  $y$  代表空间维,  $t$  代表是时间维。用户 A 在日常学习和生活时,行走在大街小巷,设在某个时刻已收集到  $P_{1,1}, P_{2,1}, P_{2,2}, P_{2,3}, P_{3,3}$  等 5 个地点数据:  $(x_0^A, x_1^A, x_2^A, x_3^A, x_4^A)$ , 并存储在用户 A 的终端里,随着 A 继续移动。但从监测区域虚拟数据库的角度看,这些数据分别属于数据库中与 5 个地点对应的数据单元,是不会移动的。虚拟数据模型将用户 A 的局部数据  $x_i^A$  映射为数据集中的  $d_{x,y}^i$ :

$$x_0^A \rightarrow d_{1,1}^0; x_1^A \rightarrow d_{2,1}^1; x_2^A \rightarrow d_{2,2}^2; x_3^A \rightarrow d_{2,3}^3; x_4^A \rightarrow d_{3,3}^4;$$

虚拟映射很简单,但包含的意义是重大的。我们因此能从全局的角度来看待用户的局部数据,而移动的随机性则使得用户收集的局部数据在统计意义上包含全局信息。利用虚拟映射模型,我们有可能研究出一种稀疏表示方法,基于一部分用户的数据,通过测量和重构,推断出完整的全局数据集。

从图 4 可以看出,数据模型的精度与监测区域划分的大小相关,而网络划分则依赖于移动用户的统计分布和移动规律。据此,虚拟数据模型需要研究如下几个内容:

- 研究映射分辨率,评估模型精度;
- 研究用户移动模型;
- 研究群体用户在监测区域的统计分布;
- 研究虚拟数据映射关系。

## (2) 研究稀疏测量算法和重构算法

大规模移动群体感知系统中,已有的数据收集方法并不适合,如图 5 所示。用户 A、B 和 C 将数据分别压缩并传输到数据中心,数据中心解压并还原至数据库的相应位置。三个用户共传输了 12 个数据,但由于监测地点重叠,数据中心还原的数据是 9 个,位置  $P_{2,2}$  和  $P_{2,3}$  分别出现了 1 个和 2 个冗余数据传输。同时,由于用户移动的随机性,用户轨迹不能覆盖全部区域,造成监测空洞,形成数据缺失。

针对这些问题,本项目拟研究稀疏表示数据收集算法,包括测量算法和重构算法。用户端运行测量算法,用测量值来编码用户收集的数据,只由一部分用户传输测量值,实现稀疏表示。服务器端运行重构算法,推断缺失数据,重构完整的原始数据集。

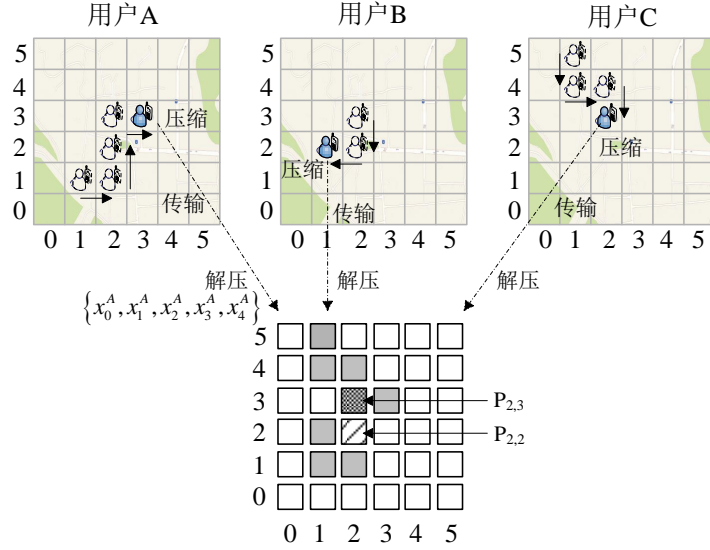


图 5. 直接传输方法。用户压缩、传输、解压带来了冗余数据和监测空洞等问题。而且，压缩算法复杂度高，并不适合资源受限的移动终端。

设节点 A 收集到局部区域的 5 个感知数据  $x_0^A, x_1^A, x_2^A, x_3^A$  和  $x_4^A$ 。当 A 收到数据收集指令后，执行如下式所示的编码操作：

$$y^A = (\phi_0^A \quad \phi_1^A \quad \phi_2^A \quad \phi_3^A \quad \phi_4^A) \cdot \begin{pmatrix} x_0^A \\ x_1^A \\ x_2^A \\ x_3^A \\ x_4^A \end{pmatrix} \quad (1)$$

其中  $\phi_i^A (0 \leq i \leq 4)$  是与 5 个数据对应的测量系数。依据虚拟数据模型，将 5 个数据映射到全局数据集，对应为  $d_{1,1}, d_{2,1}, d_{2,2}, d_{2,3}$  和  $d_{3,3}$ 。为叙述简洁起见，后文没有考虑  $d_{i,j}$  的时间维。将  $d_{i,j}$  按光栅顺序进行 Raster 一维化扫描，对 5 个数据作进一步映射：

$$x_0^A \rightarrow d_{1,1} \rightarrow d_7; \quad x_1^A \rightarrow d_{2,1} \rightarrow d_8; \quad x_2^A \rightarrow d_{1,2} \rightarrow d_{14}; \quad x_3^A \rightarrow d_{2,2} \rightarrow d_{20}; \quad x_4^A \rightarrow d_{2,3} \rightarrow d_{21};$$

设数据总量为  $N$ ，从全局数据集的角度改写式(1)，形成简单的测量算法，如式(2)所示：

$$y^A = (\phi_{0,0} \quad \cdots \quad \phi_{0,7} \quad \phi_{0,8} \quad \cdots \quad \phi_{0,14} \quad \cdots \quad \phi_{0,N-1}) \cdot \begin{pmatrix} d_0 \\ d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ d_{N-1} \end{pmatrix} \quad (2)$$

其中  $\phi_{0,7}, \phi_{0,8}, \phi_{0,14}, \phi_{0,20}$  和  $\phi_{0,21}$  分别等于  $\phi_i^A (0 \leq i \leq 4)$ ，其余  $\phi_{0,j}$  置 0，保证式(2)和式(1)等价。

同样地，用户 B 和 C 也执行测量算法。当数据中心的服务器端接收  $y^A, y^B$  和  $y^C$  等测





量值后，形式化为如下方程组：

$$y = \begin{pmatrix} y^A \\ y^B \\ y^C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \phi_{0,0} & \phi_{0,1} & \phi_{0,2} & \phi_{0,3} & \cdots & \phi_{0,N-1} \\ \phi_{1,0} & \phi_{1,1} & \phi_{1,2} & \phi_{1,3} & \cdots & \phi_{1,N-1} \\ \phi_{2,0} & \phi_{2,1} & \phi_{2,2} & \phi_{2,3} & \cdots & \phi_{2,N-1} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} d_0 \\ d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ \vdots \\ d_{N-1} \end{pmatrix} \quad (3)$$

重构算法研究如何联合少量的测量值  $\{y^A, y^B, y^C\}$ ，利用数据相关性恢复出原始的全局数据集  $\{d_0, d_1, \dots, d_{N-1}\}$ ，即研究求解式(3)所示病态方程组的算法。我们提出的稀疏表示数据收集思路通过少量测量值求解出完整的数据集，自然地解决了测量空洞问题。

用户 A 的移动范围是局部的，只收集到了局部的 5 个数据，但式(2)所示的测量算法是全局的，测量值  $y^A$  反映的是全局信息。用 1 个测量值  $y^A$  包含  $N$  个数据的全局信息，只收集少量测量值，再求解病态方程组重构全局数据，这就是本项目稀疏表示思想的本质。

在群体感知环境下，测量系数具有什么性质，我们才能利用相关性求解出病态方程组；如何设计重构算法求解病态方程组等均需要深入研究，具体内容包括：

- 研究测量系数生成方法；
- 研究稀疏表示编码算法；
- 研究测量次数的理论边界问题；
- 研究稀疏表示重构算法。

### 2.1.2 研究最优用户算法

先研究最优用户数量算法，避免多余的用户传输测量值，降低系统开销。然后研究最优用户选择问题，选择“最合适的”用户传输测量值，提高重构算法的精度。

#### (1) 研究最优用户数量算法

在稀疏表示框架下，若服务器端收集的测量值数量过少，无法解出式(3)所示的病态方程组；然而，若传输测量值的用户过多，显然会引起群体感知系统额外的开销。本项内容研究最优用户数量问题，避免多余的用户传输测量值。

研究动机如图 6 所示。图 6 是我们对 Nation Data Buoy Center (NDBC) 收集的海面温度数据集所做的稀疏测量与重构实验结果。从图 6 可以看出，随着测量数量增加，误差 error 下降，重构精度增加。然而，随着测量数量增加，精度增益逐渐减少。在图 6 中表现为  $\Delta m_2 = \Delta m_1$ ，但  $\Delta e_2 \ll \Delta e_1$ 。也就是说，提高精度的代价显著增大。因此，我们认为测量数量的增加应有一个限度，或者说存在一个最优的测量数量，这也是本项目将要研究的问题。

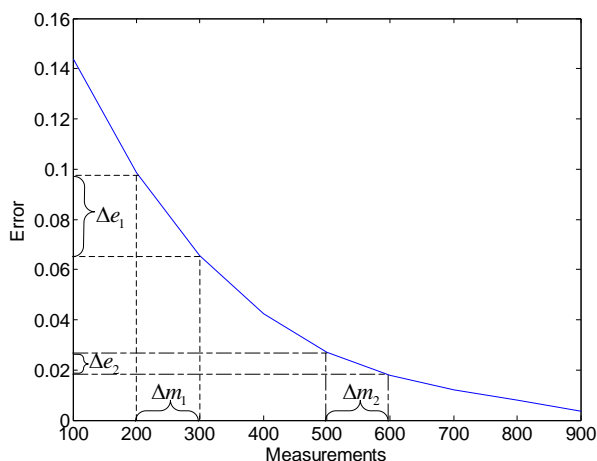


图 6. 测量次数-重构误差图。随着测量次数增加，误差减小，但精度增益也显著减小，提高精度的代价越来越大。

本项研究内容的另一个难点在于在群体感知数据收集环境下，我们无法得到图 6 的结果。设数据量为  $N$ ， $d_i$  为第  $i$  个重构数据， $\hat{d}_i$  是与  $d_i$  对应的真实值，在图 6 中计算误差  $error$  的公式如下：

$$error = \sum_{i=0}^{N-1} \frac{(d_i - \hat{d}_i)^2}{\hat{d}_i^2}, \quad (4)$$

从上述误差公式可以看出，我们所做的实验只是一个验证实验，是在已知真实值  $\hat{d}_i$  的前提下得到的验证结果。也就是说，图 6 只是一个验证图。对于实际运行的群体感知系统，无法用  $error$  公式计算出重构数据的误差，因为服务器端并没有原始数据。

如何在  $error$  无法计算的前提下利用图 6 的启示，研究最优的测量值数量，是本项内容需研究的问题。即需要多少个用户传输测量值，才使得测量值传输开销和精度增益有一个最佳的平衡点。具体研究内容包括：

- 研究重构质量评估方法；
- 建立精度阈值和重构质量的函数关系；
- 研究基准值策略；
- 研究最优用户数量方法。

## (2) 研究最优用户选择策略

在群体感知环境中，大规模的用户参与感知数据收集。本项内容研究收集哪些用户的测量值，会产生最好的数据重构性能，即最优用户选择问题。

用户移动的随机性体现对监测区域覆盖的均匀性，测量值因此能体现全局统计信息，是本项目研究稀疏表示方法的前提和保证。然而，监测区域的数据统计特性可能是不均匀的。就像一幅图像，人脸子区域的像素平滑，而建筑或风景子区域像素值的波动常常更大。

此时，若用随机的方法选择用户传输测量值，很难有好的重构性能。

图 7 是 Nation Data Buoy Center (NDBC) 温度数据集的一个子集图。可以直观地看出，有一个区域的温度值跳跃很大，更具不均匀性，其余区域则相对平稳。直觉上，从重构精度上考虑，该区域需要向数据中心传输更多的信息量。或者说，处在该区域的用户比其他用户更重要。对于数据收集来说，在移动轨迹和该区域有交集的用户可能是更优的用户。

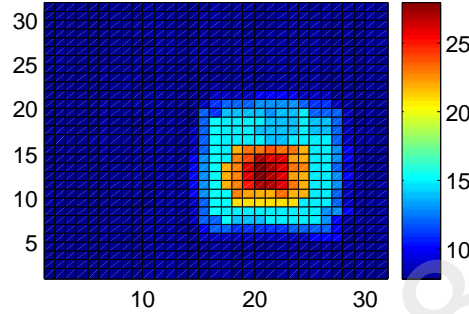


图 7. 感知数据分布。感知数据的统计分布一般并不均匀，因此，随机选择用户不是最优的。

在群体感知中，用户是随机移动的，有时候在 P 区域，有时候则移动至 Q 区域。而且，每个用户的移动范围是局部的，用户自身没有全局意识。针对这些问题，本项内容研究最优用户选择算法，具体研究内容包括：

- 数据统计特性评估方法；
- 基于激励机制的用户选择算法；
- 基于数据统计特性的用户自适应调整算法；
- 区域相关的最优用户选择方法。

### 2.1.3 研究稀疏表示方法的安全性问题，为用户提供隐私保护

群体感知不同于传感器网络等传统的感知系统，其感知设备由用户所有。用户传输数据引起个人隐私保护问题。

我们研究的稀疏表示方法不传输原始数据而传输测量值，测量算法因此成为自然的隐私保护安全层。用户计算收集的一组数据，生成一个测量值：

$$y^A = \begin{pmatrix} \phi_{0,0} & \phi_{0,1} & \phi_{0,2} & \cdots & \phi_{0,N-1} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} d_0 \\ d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_{N-1} \end{pmatrix} = \phi_{0,0} \cdot d_0 + \phi_{0,1} \cdot d_1 + \phi_{0,2} \cdot d_2 + \cdots + \phi_{0,N-1} \cdot d_{N-1} \quad (5)$$



可以看出, 测量系数向量 $(\phi_{0,0} \ \phi_{0,1} \ \phi_{0,2} \ \cdots \ \phi_{0,N-1})$ 具有自然的密钥作用。

然而, 直接使用静态的测量系数作为密钥, 安全性不足。攻击者通过收集足够的数据对 $(\{y_i\}, \{d_1, d_2, \dots, d_{N-1}\})$ , 在一定的复杂度范围内, 可由稀疏测量方程组推算出密钥 $\phi_{i,j}$ :

$$\begin{pmatrix} \phi_{0,0} & \phi_{0,1} & \phi_{0,2} & \cdots & \phi_{0,N-1} \\ \phi_{1,0} & \phi_{1,1} & \phi_{1,2} & \cdots & \phi_{1,N-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_{M-1,0} & \phi_{M-1,1} & \phi_{M-1,2} & \cdots & \phi_{M-1,N-1} \end{pmatrix} = g(y_i, \begin{pmatrix} d_0 \\ d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_{N-1} \end{pmatrix}) \quad (6)$$

即推算出函数 $g$ , 使得:  $\{\phi_{i,j}\}_{0 \leq i < M, 0 \leq j < N} = g(\{y_i\}_{0 \leq i < M}, \{d_j\}_{0 \leq j < N})$ 。

本项内容进一步研究稀疏表示方法的安全性问题, 不使用固定的测量系数, 通过动态性来提高安全性能, 主要研究内容包括:

- 安全性能评估策略;
- 动态测量系数生成方法;
- 动态系数带来的重构精度问题;
- 安全开销评估方法。

## 2.2 研究目标及拟解决的关键科学问题

### (1) 研究目标

本项目研究大规模群体感知系统中的数据收集问题, 目标是提出一种安全的稀疏表示方法, 只有少量用户传输测量值, 减少冗余信息传输; 同时利用相关性推断缺失数据, 最终重构完整的感知数据集。

### (2) 拟解决的关键科学问题

实现上述研究目标, 需要解决如下三个关键科学问题:

#### ● 数据映射问题

在传统传感器网络数据收集研究中, 传感器节点部署是静态的, 感知数据、节点、节点所在的位置三者完全一致, 自然地映射在一起。

然而, 在群体感知系统中, 数据伴随用户在监测区域随机地移动, 很难追踪, 上述三者不再一致, 数据收集变得复杂起来。而且, 用户的移动范围是局部的, 用户自身没有全局意识。研究数据映射, 是研究如何将动态移动的数据和逻辑上静止的数据集对应起来; 将单个用户的局部数据和全局数据集对应起来, 为本项目将要研究的稀疏测量和重构算法奠定基础。数据映射问题是本项目首先要解决的一个关键科学问题。



### ● 数据冗余和数据缺失问题

在大规模群体感知系统中，众多用户的移动轨迹存在重叠，很多数据被重复收集。从系统的角度看，感知数据集存在大量冗余信息，给数据收集带来额外开销。另一方面，单个用户的移动范围是局部的、移动轨迹是随机的，导致监测区域存在大量细微监测空洞，造成数据缺失。大规模群体感知带来了数据冗余和数据缺失这一对矛盾的问题。

如何抑制冗余数据传输并推断监测空洞中的缺失数据，是本项目拟解决的一个关键科学问题。

### ● 用户数量和用户选择问题

对于群体感知系统，如果用户数量太少，则由测量值很难实现感知数据集重构；但用户数量太多则会带来额外的系统开销，是一个“两难”的经典问题。同时，用户选择问题是群体感知带来的新问题。经典稀疏表示理论认为测量值分布是一致的，然而在群体感知数据集的分布可能是不一致的，不同子区域的数据存在不同的统计特征。因此存在“最合适的”用户，他们传输测量值更有利于提高重构算法的精度。

如何确定最优的用户数量、选择“最合适的”用户，直接影响稀疏表示方法的开销和精度，是本项目拟解决的另一个关键科学问题。

## 3. 拟采取的研究方案及可行性分析（包括研究方法、技术路线、实验手段、关键技术等说明）；

本项目研究大规模移动群体感知系统中的稀疏表示数据收集方法，降低系统开销，推断缺失数据，保证安全性，最终重构出完整的监测区域感知数据集。

### 3.1 研究方案和可行性分析

本项目的研究内容包括虚拟数据模型、稀疏测量算法和重构算法、最优用户数量和最优用户选择策略，以及保证安全性的动态测量系统生成算法。拟采取的研究路线图如图 8 所示。

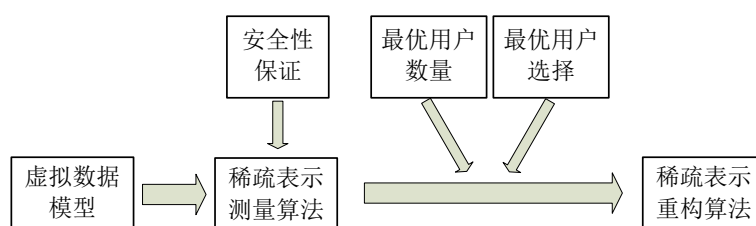


图 8. 群体感知稀疏表示方法的研究路线图

具体研究方法与技术路线叙述如下：

### (1) 提出虚拟数据模型，虚拟代理在数据库移动中执行测量算法，计算测量值。

单个群体用户的覆盖范围是局部的，自主移动的用户没有全局观念，看到的是局部感知数据，且数据随用户在监测区域移动。在本项目中，我们提出虚拟数据模型的研究思路，将移动的局部数据和全局感知数据集映射起来，为数据稀疏表示奠定基础。

我们认为，数据本身属于特定监测地点，整个监测区域因此能抽象成一个虚拟的数据库。该数据库的每一个单元对应于一个监测地点，而该地点产生的感知数据即存储在这个单元中。移动用户则抽象成在虚拟数据库里游走的移动代理。从而将用户收集的局部数据和监测区域的全局数据集映射起来。我们的研究思路如图 9 所示。

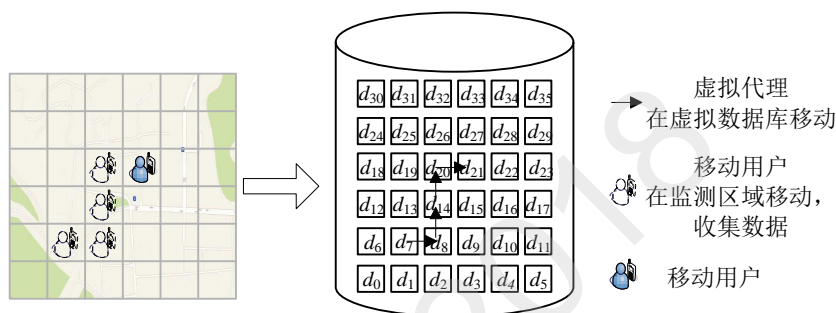


图 9 虚拟数据库与虚拟数据代理

在虚拟数据模型下，移动用户变形为虚拟代理。虚拟代理在数据库中游走，同时依据测量算法每走一步，做一次累加，最终得到测量值  $y$ :

$$y = \phi_{0,7} \cdot d_7 + \phi_{0,8} \cdot d_8 + \phi_{0,14} \cdot d_{14} + \phi_{0,20} \cdot d_{20} + \phi_{0,21} \cdot d_{21},$$

其中  $\phi_{0,7}, \phi_{0,8}, \phi_{0,14}, \phi_{0,20}, \phi_{0,21}$  为相应的测量系数。

### (2) 设计深度神经网络，实现稀疏表示重构算法

稀疏表示理论提出多种重构算法求解病态方程。这些算法以  $l_0$ 、 $l_1$  或  $l_2$  范数作为数据稀疏性先验知识，特点是普适，但收敛慢，在测量次数少时重构精度低。

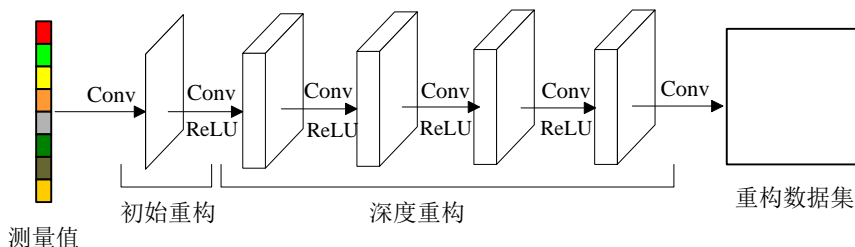


图 10. 深度卷积神经网络。不主观预定，而是设计深度网络学习感知数据的稀疏性先验知识。

本项目提出深度学习方法，通过多层卷积(Conv)和激活(ReLU)训练深度神经网络，学习感知数据的稀疏性先验知识，利用相关性实现高精度数据重构，设计思路如图 10 所示。近年来，深度学习在人工智能领域取得了具大的成功。在近两年的 CVPR 国际会议上已有研



究人员提出图像稀疏表示的深度学习方法。受此鼓舞，本项目拟基于深度神经网络研究群体感知稀疏表示重构算法。深度学习成功的关键是它的学习能力，海量的训练感知数据是学习的基础。

本项目设计 APP，激励在校学生参与群体感知，获取样本数据集。利用样本数据集和公用数据集训练深度神经网络，通过反向传播更新各层次的网络权重，因而网络能够学习隐藏在感知数据集上的稀疏性先验知识，而不是像传统方法主观预定  $l_0$ 、 $l_1$  或  $l_2$  范数作为先验知识。这也是本研究方案的出发点，从而联合多个测量值重构出监测区域数据集。

### (3) 基于 ACK 策略，研究最优用户数量，降低传输开销

从计算机网络协议中的 ACK 机制得到启发，本项目研究重构策略，通过试探获取最优的用户数量，避免多余的测量值传输，节省群体感知系统的资源。研究思路如图 11 所示。

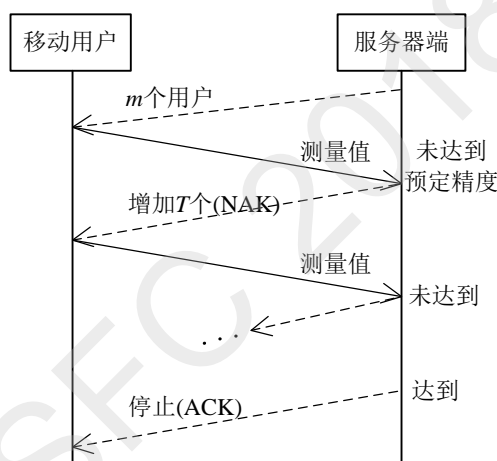


图 11. 最优用户数量研究思路。通过试探，得到最优的用户数量。

在计算机网络 TCP 协议中，接收方如果正确接到发送方的数据，则回复 ACK 加以确认，本次数据传输完成。若接收方接收出错，则回复 NAK，发送方重传数据。受此方案启发，在群智感知数据收集时，服务器端接收到  $m$  个用户传送的测量值后重构原始的数据集。若重构质量没有达到预定要求，则重新增派任务，更多的用户传送测量值；若重构精度达到要求，则数据收集任务完成。在没有原始数据的前提下，如何评估重构质量是否达到预定精度？我们拟基于每次重构数据集的均方差变化展开研究。可以看出，本方案以增加重构开销为代价。但重构算法运行在具有计算资源的服务器端，是可以接受的。

### (4) 利用感知数据的区域信息熵，研究最优用户选择方法，提高重构精度

技术路线分三步。第一步是预采样，随机选择部分移动用户传输测量值，服务器端重构初始样本数据集。第二步对样本数据进行划分，计算各区域的信息熵。第三步依据信息熵确定传输测量值的用户，实现最优用户选择。

在预采样时，我们用随机的方法选取  $m$  个用户传输数据，服务器端得到样本测量值



$y^{\text{det}} = A^{\text{det}} \cdot x$ ，重构样本数据集。对样本数据进行划分，形式化为一个权重矩阵和对该矩阵的分块问题：

$$W = \begin{bmatrix} \omega_{0,0} & \omega_{0,1} & \cdots & \omega_{0,q-1} \\ \omega_{1,0} & \omega_{1,1} & \cdots & \omega_{1,q-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \omega_{p-1,0} & \omega_{p-1,1} & \cdots & \omega_{p-1,q-1} \end{bmatrix}$$

其中  $\omega_{i,j}$  表示第  $(i, j)$  块的权重指数，或者重要性系数。将每个区域的信息熵  $h_{ij}^{\text{det}}$  作为权重，

即  $\omega_{i,j} = h_{i,j}^{\text{det}}$ 。若第  $(i, j)$  的重要性系数为  $\omega_{i,j}$ ，我们设计一个算法确定移动轨迹与该区域存

在交集的移动用户数量  $m_{i,j}$ ，设  $\omega = \sum_{i,j} \omega_{ij}$ ， $T$  为预定的增加值，则有：

$$m_{i,j} = \frac{\omega_{i,j}}{\omega} \cdot T$$

这样，在每次试探最优用户数量时，我们并不随机选择增加的用户，而考虑了区域数据的统计特征。重要的区域将会有更多的数据被采集，非重要的区域会被分配更少的采样值。

在用户总数相同的情况下，数据精度得以提高。

#### (5) 基于混沌理论，研究动态测量系数生成算法，提高稀疏表示方法的安全性

本项目研究群体感知系统中的稀疏表示数据收集方法，其安全性来源于测量系数矩阵。在稀疏表示框架下，移动用户传输的不是原始数据，而是由测量算法生成的测量值。因此，本项目提出的稀疏表示方案具有与生俱来的安全性能。

本项目基于混沌理论，进一步研究动态测量系数生成方法，提高数据收集的安全性。混沌理论的一个特点是微小的初始值扰动会导致显著的结果变化，这是本项研究方案的出发点。设  $w \geq 2$ ， $z_k \in [-1, 1]$ ，以 Chebyshev 混沌系统为例：

$$z_{k+1} = \cos(w \cdot \arccos z_k)$$

若已知参数  $w$ ， $z_k$  的初始值  $z_0$  和采样距离  $d_n$ ，利用上式，我们可以生成一个序列：

$$\beta_n = z_{n_0 + d_n}$$

将  $\beta_n$  映射到一个矩阵，从而得到成新的测量系数矩阵。

受益于混沌理论，新的测量系数矩阵将具有两个性质。一是动态性，不同的初始值生成不同的测量值系数；二是敏感性，初始值微小的变化会生成显著不同的测量系数。正是这两个性质，将使得稀疏表示框架的安全性能得以进一步提高。

### 3.2 进一步的分析

为实现稀疏表示数据收集方法，我们研究了虚拟数据模型、测量与重构算法、最优用户数量与用户选择方法，以及安全性问题，其可行性已经在研究方案中体现。以下我们进





一步分析本项目的可行性。

#### (1) 稀疏表示方法是不对称的，轻量级的测量算法适合移动终端资源受限的特点，复杂的重构算法则运行在服务器端

本项目研究的稀疏测量算法是轻量级的。设  $\{x_i\}_{1 \leq i \leq K}$  是移动用户  $s_i$  感知到的信息，其中待传输的信息为  $\{x_j\}_{1 \leq j \leq k}$ 。用户  $s_i$  基于测量算法  $y_i = \sum_j \phi_j x_j$  计算测量值  $y_i$ 。计算过程是测量系数  $\phi_j$  与感知数据  $x_j$  的线性组合，运算非常简单，是轻量级的。在传统的传输算法中，压缩性能越高，则算法复杂度越高，不适合资源受限的移动终端。轻量级的测量算法节省了用户的网络流量、计算资源和电池能量，激励草根用户的成本降低，从而能够形成大规模的群体感知系统。

数据收集的精度保证则来源于相对复杂的重构算法、最优用户数量和用户选择算法，这些算法则依托资源充足的服务器端。用户移动的随机特性使得测量算法生成的测量值能反映全局数据集的统计特征，即包含了全局数据集的统计信息。测量算法非常简单，因此测量值包含的全局信息也很“模糊”。但每一个用户贡献一个测量值，数据中心通过收集大量用户的测量值，就有可能通过深度学习等方法重构出原始数据集。

可以看出，我们提出稀疏表示算法是不对称的。从这个意义上，本项目研究的感知系统称为群体感知，而没有称作群智感知或众包感知。测量算法更多地利用移动设备的“感”，而少用它们的“智”，以节省移动设备有限的资源开销。复杂的求解病态方程的深度学习算法则运行于服务器端。

#### (2) 稀疏表示方法适合多种类型的感知数据收集

本项目研究群体感知中的稀疏表示数据收集方法，适用于数值型感知数据，也适用于多媒体等其它类型数据。

在群体感知中，用户利用智能手机、车载传感器等移动感知设备，可收集到多种类型的数据。这些数据包括噪声数据、体现路面颠簸的加速度数据、温度数据、PM2.5 空气质量数据等数值型数据，也包括多媒体数据，例如拍摄反映卫生状况的照片等。前文所述测量算法与重构算法以数据值数据为例，但借用现有机器学习等人工智能成果可以很容易的推广到其它类型的数据。在这种情况下，测量公式调整为：

$$y = \sum_j \phi_j \cdot f(x_j)$$

其中  $f(\cdot)$  为映射函数。例如，图像理解算法可看成一种映射函数，对拍摄的图片自动标注，产生体现卫生状况等级的数值数据，从而适用于稀疏表示算法。

### 4. 本项目的特色与创新之处；

本项目研究大规模移动群体感知系统的稀疏表示数据收集方法。我们认为，本项目的



主要特色与创新之处在如下三个方面：

(1) 针对数据映射问题，本项目提出虚拟数据模型，将移动的局部数据映射到全局数据集，为研究稀疏表示方法奠定基础。

虚拟数据模型将局部数据和全局数据集映射起来，使得本项目研究测量算法时不受数据移动的困扰，为稀疏表示方法奠定基础。虚拟数据模型由虚拟数据库和虚拟数据代理构成。我们将监测区域抽象成一个虚拟的数据库，每一个地点抽象成数据库的一个单元，储存该地点生成的数据。移动用户则映射为在虚拟数据库中行走的虚拟数据代理。虚拟代理在数据库中行走，在全局意义上逐步计算出局部数据的线性测量值。

(2) 针对数据冗余和数据缺失问题，本项目提出稀疏测量算法和联合重构算法，降低冗余数据传输并推断缺失数据，重构完整的数据集。

针对冗余数据问题，我们设计测量算法，用户将数据编码压缩成测量值，且只有少量用户传输测量值，从而实现数据稀疏表示，抑制冗余数据传输以降低系统开销。针对数据缺失问题，我们设计重构算法，联合多个测量值，基于相关性推断缺失数据，重构完整的全局数据集。虽然测量算法是轻量级的，生成的测量值只是包括全局数据集的“模糊”统计信息，但每一个用户贡献一份力量，利用众多草根用户传输的测量值，我们能设计出深度学习等重构算法，联合多个测量值，重构出完整的原始数据集。

(3) 针对用户数量和用户选择问题，本项目提出最优用户策略，降低系统开销，提高重构精度。

在群体感知中，传输测量值的用户过少，则无法实现数据重构。但用户数量过多，重构精度增益得不偿失。本项目借鉴网络协议中的 ACK 机制，提出最优用户数量算法，通过试探来寻找最合适的用户数量，从而得到精度与代价的最优折衷点。同时，本项目提出最优用户选择策略，通过研究样本感知数据集的统计特性来选择“最合适的”用户传输测量值。进而提出区域相关的用户选择算法，进一步提高了数据重构的精度。

## 5. 年度研究计划及预期研究结果（包括拟组织的重要学术交流活动、国际合作与交流计划等）。

### 年度研究计划：

本项目分为四个阶段实施，总体安排与进度如下：

第一阶段：2019 年 1 月-2019 年 12 月

- (1) 完成群体感知数据收集方法综述；
- (2) 建立群体感知数据收集服务器平台；



(3) 开发群体数据收集手机端 APP。

第二阶段：2020 年 1 月-2020 年 12 月

- (1) 研究虚拟数据映射方法；
- (2) 研究稀疏表示测量算法；
- (3) 邀请新加坡南洋理工大学 Lihua Xie 教授访问，探讨稀疏表示数据收集问题。

第三阶段：2021 年 1 月-2021 年 12 月

- (1) 研究深度神经网络稀疏表示重构算法；
- (2) 研究最优用户数量方法；
- (3) 研究最优用户选择方法。

第四阶段：2022 年 1 月-2022 年 12 月

- (1) 研究动态测量系数生成方法；
- (2) 整理项目文档；
- (3) 准备结题。

#### 预期研究成果：

- (1) 在本领域重要 SCI 国际期刊和国际会议上发表 12 篇以上研究论文，其中 CCFB 类以上论文 8 篇；
- (2) 申请发明专利 1 项以上，软件著作权 2 项以上；
- (3) 依托本项目培养 1~2 名博士，4~6 名硕士。

## （二）研究基础与工作条件

1. 研究基础（与本项目相关的研究工作积累和已取得的研究工作成绩）；

### 1.1 理论研究基础

近几年来，本项目团队在传感器网络数据收集、稀疏表示理论和群体感知领域展开了持续不间断的研究，为本项目将稀疏表示理论运用到大规模群体感知数据收集研究打下了扎实的基础。申请人和美国 the University of Texas at Arlington 的刘永和(Yonghe Liu)老师和湖南大学欧博老师等团队主要成员合作发表、录用了一系列的研究论文，具体包括：

#### （1）传感器网络稀疏表示与群体感知任务分配

我们将稀疏表示理论运用到传感器网络数据存储，提出了一种“lazy-encoding”的分布式网络存储方法，降低了存储开销。在传感器网络数据收集研究中，我们提出了基于移动



代理的智能收集方法, 利用数据的稀疏性, 降低移动代理的通信开销。利用智能手机的加速度传感器、陀螺仪和气压传感器数据, 我们设计了动作语义识别算法, 实现了稀疏表示数据分类。研究群体感知, 提出了基于任务地图的感知任务分配算法, 这也是项目申请人指导本科生 SIT 项目的成果。本方面的成果如下:

[1] Siwang Zhou, Shuzhen Xiang, Xingting Liu, Yonghe Liu. Compressive networked storage with lazy-encoding, ICASSP, 2018 (CCF 推荐 B 类会议, Accepted)

[2] Siwang Zhou, Qian Zhong, Bo Ou, Yonghe Liu. Intelligent Compressive Data Gathering Using Data Ferries For Wireless Sensor Networks, ICASSP, 2017 (CCF 推荐 B 类会议)

[3] Siwang Zhou, Qian Zhong, Bo Ou, Yonghe Liu. Data Ferries Based Compressive Data Gathering For Wireless Sensor Networks, Wireless Networks, 2017 (SCI, CCF 推荐 C 类期刊)

[4] Wei Zhang, Siwang Zhou. DeepMap+: Recognizing High-Level Indoor Semantics Using Virtual Features and Samples Based on a Multi-Length Window Framework, Sensors, 2017 (SCI, 通信作者, 一作为博士生)

[5] 张君涛, 赵智慧, 周四望. 矢量任务地图: 群智感知任务渐进式分发方法, 计算机学报, 2017 (通信作者, 一、二作为 SIT 项目本科生)

## (2) 稀疏表示的理论研究

项目申请人团队持续进行稀疏表示的理论研究, 取得了很多研究成果, 奠定了本项目研究的理论基础。我们提出不对称的图像分块采样算法, 小块采样以提高采样效率, 大块重构以增加图像稀疏度, 从而提高稀疏表示重构的精度。针对图像数据不是严格稀疏的问题, 我们提出了阈值处理重构算法。对于人脸图像识别, 我们提出了稀疏表示分类方法, 取得了更优的识别率。利用小波变换, 我们深入研究图像稀疏变换系数的结构, 提高了压缩采样的效率。主要成果如下:

[6] Siwang Zhou, Shuzhen Xiang, Heng Li, Yonghe Liu. Asymmetric block based compressive sensing for image signals, IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME), 2018 (CCF 推荐 B 类会议, Accepted)

[7] Siwang Zhou, Zhinen Chen, Qian Zhong, Heng Li. Block compressed sampling of image signals by saliency based adaptive partitioning, Multimedia Tools and Applications, 2017 (SCI, CCF 推荐 C 类期刊)

[8] Siwang Zhou, Yonghe Liu, Wei Zhang. Compressed sensing of image signals with threshold processing. International Journal for Light and Electron Optics, 2017 (SCI)

[9] Deyan Tang, Siwang Zhou. Two Phase Representation Based Face Recognition Method With 'Random-Filtering' Virtual Samples, International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2017 (CCF 推荐 C 类会议, 通信作者, 一作为博士生)

[10] 周四望, 刘龙康. 基于小波变换的图像零树压缩感知方法, 湖南大学学报(自然科学版), 2017

[11] 周四望, 罗孟儒. 顺序小波包图像压缩感知方法, 湖南大学学报(自然科学版), 2015

[12] 罗孟儒, 周四望. 自适应小波包图像压缩感知方法, 电子与信息学报, 2013 (一作为研究生)



### (3) 传感器网络数据收集的研究积累

可以说,群体感知是传感器网络近几年来最重要的研究进展。在无线传感器网络数据收集研究方面,本项目团队进行了近 10 年的研究,研究基础扎实。项目团队完成了 863 项目“异步无线传感器网络环境下的数据压缩关键技术研究”、国家自然科学基金“机会网络小波多分辨数据收集方法研究”等。在分布式 skyline 数据查询、小波数据压缩、数据路由等诸多方面发表了研究论文。同时总结研究成果,出版了一部学术专著。主要成果如下:

[13] Bo Yin, **Siwang Zhou**, Yaping Lin, Yonghe Liu, Yupeng Hu. Efficient distributed skyline computation using dependency-based data partitioning, Journal of Systems and Software, 2014 (**SCI, CCF 推荐 B 类期刊, 通信作者, 一作为博士生**)

[14] **Siwang Zhou**, Yaping Lin, Yonghe Liu. Ring-Based Optimal-Level Distributed Wavelet Transform with Arbitrary Filter Length for Wireless Sensor Networks, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2008 (**SCI**)

[15] 周四望, 李兰. 传感器网络基于 DTW 的多小波压缩算法, 通信学报, 2014

[16] 周四望, 王耀南, 林亚平, 胡玉鹏. 视觉传感器网络协作块压缩感知图像传输方法, 仪器仪表学报, 2011

[17] 周四望, 林亚平, 叶松涛, 胡玉鹏. 传感器网络中一种存储有效的小波渐进数据压缩算法, 计算机研究与发展, 2009

[18] 周四望, 林亚平, 聂雅琳, 王继良, 张锦. 无线传感器网络中基于数据融合的移动代理曲线动态路由算法研究, 计算机学报, 2007

[19] 周四望, 林亚平, 张建明, 欧阳竞诚, 卢新国. 传感器网络中基于环模型的小波数据压缩算法, 软件学报, 2007

[20] 周四望, 林亚平. 无线传感器网络中的小波方法, 湖南大学出版社, 2011 (**专著**)

## 1.2 群体感知、稀疏表示 SIT 项目和学位论文

### (1) 指导群体感知 SIT 项目

项目申请人以智能手机数据传输、感知任务和噪声测量为题,连续指导国家级大学生创新训练 SIT 项目,张君涛和赵智慧同学作为一、二作者的研究论文“矢量任务地图:群智感知任务渐进式分发方法”发表于“计算机学报”。同时,开发了智能手机噪声数据收集 APP 并申请了软件著作权。这些工作奠定了本项目的前期实验基础。

#### ● 指导群体感知 SIT 项目

[1] “基于群智感知的城市噪声测量方法”, 杨坚鑫, 国家级 SIT 项目, 2016

[2] “群智感知多分辨任务地图设计方法”, 张君涛, 赵智慧. 国家级 SIT 项目, 2015

[3] “移动传感网络数据传输方法研究”, 毛宇锋, 国家级 SIT 项目, 2015

#### ● 软件著作权:

[4] 群智感知任务地图数据采集软件, 软件著作权, 2016

[5] 群智感知网络矢量任务地图渐进式分发软件, 软件著作权, 2015



[6] 移动传感可达任务地图软件, 软件著作权, 2015

## (2) 指导稀疏表示、群体感知学位论文

项目申请人正指导博士生从稀疏表示图像识别方向和群体感知方向选题。同时, 连续指导研究生以群体感知和图像稀疏表示理论为题完成学位论文。其中, 钟纤(Qian Zhong)学位论文的部分成果发表在信号处理重要国际会议 ICASSP 以及学术期刊上 Wireless Networks 上。向淑贞(Shuzhen Xiang)学位论文的部分成果已经录用于即将召开的重要国际会议 ICME 2018 和 ICASSP 2018。

### ● 稀疏表示理论方向:

[1] “基于稀疏表示的图像识别方法研究”, 唐德燕, 博士学位论文选题, 2017

[2] “基于压缩感知的采样和存储方法研究”, 向淑贞, 硕士学位论文, 2017

[3] “基于分块的压缩采样方法研究”, 钟纤, 硕士学位论文, 2016

[4] “基于小波零树的图像压缩感知方法研究”, 刘龙康, 硕士学位论文, 2015

[5] “基于小波包变换的图像压缩感知方法”, 罗孟儒, 硕士学位论文, 2013

### ● 群体感知方向:

[6] “群体感知中的稀疏表示数据收集方法研究”, 张炜, 博士学位论文选题, 2017

[7] “移动群智感知系统动态任务分发方法研究”, 易优龙, 硕士学位论文, 2016

[8] “基于地点的移动传感网络数据收集方法”, 黄丽嫦, 硕士学位论文, 2016

## 1.3 项目基础

项目申请人在感知系统数据收集和数据压缩等研究方面, 主持结题国家自然科学基金、省自然科学基金, 主持在研下一代互联网项目。国自科和省自科的成果是本项目的理论基础, 下一代互联网项目则为本项目提供了实验基础。

(1) 国家自然科学基金: “机会网络小波多分辨数据收集方法研究” (60973127), 2010. 1– 2012. 12, 项目主持: 周四望

偏远地区、海洋等环境缺乏 WiFi 和 4G 等无线网络基础设施。在此背景下, 该项目研究如何利用用户之间的相遇机会来收集感知数据, 即通过建立机会网络来实现数据收集。用户感知环境信息后将数据存储起来, 当它与另一个用户相遇时, 完成数据转发。经过多轮转发, 数据最终会高概率收集到数据中心。该项目基于小波变换多分辨的特性, 提出了一种考虑数据新鲜度的收集方法, 提高了数据收集效率。

(2) 省自然科学基金: “公众传感机会压缩方法研究” (14JJ2051), 2014. 1–2016. 12, 项目主持: 周四望

在城市环境下, 参与环境感知数据收集的用户越来越多, 即公众参与感知数据收集, 这其中存在冗余。该项目研究感知数据压缩问题, 提出一种机会压缩的思想。当多个用户收集到同一地点的数据时, 获取机会的用户压缩并传输数据, 抑制其它节点的数据传输,



从而避免冗余数据收集，提高收集效率。

(3) 赛尔网络下一代互联网技术创新项目：“基于地点的 IPv6 移动感知网络研究”，(NGII20160323)，2016.12-2018.12，项目主持：周四望

该项目从工程的角度，研究如何在 IPv6 网络上传输感知数据。中国的 IPv6 网络发展非常缓慢，需要寻找应用加以推广。在本项目中，我们开发智能手机 APP 收集环境噪声数据，并发动学生安装噪声数据收集 APP。当同学们行走在学校时形成移动感知网络，APP 基于 IPv6 校园网将噪声数据传输到服务器端。

**2. 工作条件**（包括已具备的实验条件，尚缺少的实验条件和拟解决的途径，包括利用国家实验室、国家重点实验室和部门重点实验室等研究基地的计划与落实情况）；

项目依托“可信系统与网络”湖南省重点实验室，项目申请人为该重点实验室副主任。实验室搭建了一套基于 DELL 服务器的硬件平台，包括 2 台型号为 PowerEdge R730 的服务器和一套 RAID 5 三硬盘存储系统，可用作群体感知系统的服务器平台。实验室购置了一套智能传感器节点实验平台，可用于扩充智能手机的传感功能，具体包括 26 个型号为 MPR2400CA 的智能 Mote、25 块型号为 MTS300CA 的传感板、5 个 IMOTE2 节点和 2 个型号为 MIB520CA 的 USB 接口的网关。实验室购置了 SW-524, GM1356, HT-80A, VC824 等多种型号的噪声分贝测试仪，可用于校正智能手机噪声检测精度。

国家超算长沙中心位于申请人所在湖南大学校园内，湖南大学负责全面运营管理。本项目研究群体感知数据收集问题，拟采用深度学习的方法实现感知数据重构。对于深度学习方法来说，感知数据集的训练是至关重要的。项目组拟研究与超算对接的方案，利用超算 GPU 资源展开深度神经网络的实验研究。

**3. 正在承担的与本项目相关的科研项目情况**（申请人和项目组主要参与者正在承担的与本项目相关的科研项目情况，包括国家自然科学基金的项目和国家其他科技计划项目，要注明项目的名称和编号、经费来源、起止年月、与本项目的关系及负责的内容等）；

无

**4. 完成国家自然科学基金项目情况**（对申请人负责的前一个已结题科学基金项目（项目名称及批准号）完成情况、后续研究进展及与本申请项目的关系加以详细说明。另附该已结题项目研究工作总结摘要（限 500 字）和相关成果的详细目录）。



申请者已主持完成国家自然科学基金项目“机会网络小波多分辨数据收集方法研究”(60973127)。该项目提出了一种具有多分辨特点的小波数据收集方法,利用网络节点相遇的机会发现数据路由,不依赖网络基础设施。同时,基于小波变换多分辨率的特点来建立数据收集的层次结构,基于数据新鲜度提高收集效率。

本项目研究群体感知系统中的数据收集问题,是上述项目的进一步研究。随着 4G 和 WiFi 等无线网络基础设施的完善,移动感知用户可以随时随地传输数据,数据路由算法不再是研究重点。本项目针对群体感知大规模和移动性带来的挑战,研究群体感知系统中的稀疏表示数据收集方法。

#### 研究工作摘要:

在该项目中,我们利用小波多分辨的特点来研究机会网络环境下的数据收集问题,意图提高数据存储效率,降低传输时延。我们研究了基于“新鲜性”的小波多分辨存储方案,包括数据新鲜度的判定方法、存储率与数据精度之间的折衷关系、基于新鲜度的自适应小波多分辨存储算法、陈旧数据摘要的生成时机与生成方法;我们研究了小波多分辨数据管理方案,包括机会网络节点分层拓扑构建策略、小波多分辨数据集生成算法、基于网络节点分层拓扑方法。项目组搭建了实验平台,开发了仿真系统,并采用仿真和实验相结合的方法对提出的算法和机制进行了评价。

#### 相关成果目录:

- [1] 李彬,林亚平,周四望,罗卿,尹波. 无线传感器网络基于滑动邻域的插值算法. 计算机研究与发展,2012, 06:1196-1203
- [2] 张建明,林亚平,傅明,周四望. 传感网络中误差有界的分段逼近数据压缩算法. 软件学报, 2011, 09:2149-2165
- [3] 胡玉鹏,林亚平,周四望,刘永和. 面向异步通信机制的无线传感器网络及其 MAC 协议研究,计算机学报, 2011, 08:1463-1477
- [4] Hu, YPeng, Li.R., Zhou, S.Wang, Lin, Y. Ping. CCS-MAC: Exploiting the overheard data for compression in wireless sensor networks. Computer Communications, 2011, 34(14):1696-1707
- [5] Tao, Y, Gong, Z.hu, Lin Yping, Zhou S.wang. Congestion aware routing algorithm for delay-disruption tolerance networks. Journal of Central south University Technology, 2011, 18:133-139
- [6] 周四望,王耀南,林亚平,胡玉鹏. 视觉传感器网络协作块压缩感知图像传输方法,仪器仪表学报, 2011, 32(11): 2493-2498
- [7] 李斌,林亚平,胡玉鹏,周四望. 无线传感器网络一种基于聚合收益的动态成簇算法,电子学报, 2010,2,38: 128-132
- [8] 周四望,林亚平,叶松涛,胡玉鹏. 传感器网络中一种存储有效的小波渐进数据压缩算法, 计算机研究与发展, 2009, 46(12): 2085-2092
- [9] 周四望, 林亚平. 无线传感器网络中的小波方法, 专著, 湖南大学出版社, 2011





### （三）其他需要说明的问题

1. 申请人同年申请不同类型的国家自然科学基金项目情况（列明同年申请的其他项目的项目类型、项目名称信息，并说明与本项目之间的区别与联系。

无

2. 具有高级专业技术职务（职称）的申请人或者主要参与者是否存在同年申请或者参与申请国家自然科学基金项目的单位不一致的情况；如存在上述情况，列明所涉及人员的姓名，申请或参与申请的其他项目的项目类型、项目名称、单位名称、上述人员在该项目中是申请人还是参与者，并说明单位不一致原因。

无

3. 具有高级专业技术职务（职称）的申请人或者主要参与者是否存在与正在承担的国家自然科学基金项目的单位不一致的情况；如存在上述情况，列明所涉及人员的姓名，正在承担项目的批准号、项目类型、项目名称、单位名称、起止年月，并说明单位不一致原因。

无

4. 其他。

无



## 周四望 简历

湖南大学，信息科学与工程学院，副教授

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

- (1) 2004.9 - 2007.9, 湖南大学, 计算机应用技术, 博士, 导师：林亚平
- (2) 2001.9 - 2004.7, 湘潭大学, 计算机软件与理论, 硕士, 导师：高协平
- (3) 1990.9 - 1995.7, 复旦大学, 应用物理, 学士, 导师：

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

- (1) 2010.11-2011.11, 新加坡南洋理工大学, EEE Sensor Network Lab, 访问学者
- (2) 2007.9-至今, 湖南大学, 信息科学与工程学院, 副教授

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）：

主持或参加科研项目（课题）及人才计划项目情况：

1. 赛尔网络下一代互联网技术创新项目, NGII20160323, 基于地点的IPv6移动感知网络研究, 2016/12-2018/12, 15万, 在研, 主持
2. 湖南省自然科学基金, 14JJ2051, 公众传感机会压缩方法研究, 2014/01-2016/12, 4万, 结题, 主持
3. 教育部新世纪优秀人才支持计划, NCET-11-0136, 研究方向：网络小波信息处理, 2012/01-2014/12, 50万, 结题, 主持
4. 国家自然科学基金, 60973127, 机会网络小波多分辨数据收集方法研究, 30万, 2010/01-2012/12, 结题, 主持

代表性研究成果和学术奖励情况（每项均按时间倒序排序）

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止页码（摘要论文请加说明）；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称（或会议论文集名称及起止页码）、会议地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯作者均加注上标“\*”字样，唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗显示。）



按照以下顺序列出：①10篇以内代表性论著；②论著之外的代表性研究成果和学术奖励。

### 一、10篇以内代表性论著

(1) Siwang Zhou<sup>(\*)</sup> ; Qian Zhong; Bo Ou; Yonghe Liu, Intelligent Compressive Data Gathering Using Data Ferries For Wireless Sensor Networks, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2017. 3. 5-2017. 3. 9 (会议论文)

(2) Siwang Zhou<sup>(\*)</sup> ; Qian Zhong; Bo Ou; Yonghe Liu, Data Ferries Based Compressive Data Gathering For Wireless Sensor Networks, Wireless Networks, 2017. 08. 01, 8: 1~13 (期刊论文)

(3) Siwang Zhou<sup>(\*)</sup> ; Zhineng Chen; Qian Zhong; Heng Li, Block compressed sampling of image signals by saliency based adaptive partitioning, Multimedia Tools & Applications, 2017. 12. 1, 12: 1~17 (期刊论文)

(4) Siwang Zhou<sup>(\*)</sup> ; Yonghe Liu; Wei Zhang, Compressed sensing of image signals with threshold processing, International Journal for Light and Electron Optics, 2017, 131: 671~677 (期刊论文)

(5) Wei Zhang; Siwang Zhou<sup>(\*)</sup> , DeepMap plus : Recognizing High-Level Indoor Semantics Using Virtual Features and Samples Based on a Multi-Length Window Framework, SENSORS, 2017. 6, 17(6) (期刊论文)

(6) Deyan Tang; Siwang Zhou<sup>(\*)</sup> ; Wenjuan Yang; Yonghe Liu, Two-Phase Representation Based Face Recognition Method With 'Random-Filtering' Virtual Samples, International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2017. 5. 14-2017. 5. 19 (会议论文)

(7) Bo Yin; Siwang Zhou<sup>(\*)</sup> ; Yaping Lin; Yonghe Liu; Yupeng Hu, Efficient distributed skyline computation using dependency-based data partitioning, Journal of Systems and Software (JSS), 2014. 7, 93: 69~83 (期刊论文)

(8) Siwang Zhou<sup>(\*)</sup> ; Yaping Lin; Yonghe Liu, Ring-based optimal-level distributed wavelet transform with arbitrary filter length for wireless sensor networks, EURASIP Journal On Advances In Signal Processing, 2008. 1. 1, 1: 1~11 (期刊论文)

(9) 张君涛; 赵智慧; 周四望<sup>(\*)</sup> , 矢量任务地图:群智感知任务渐进式分发方法, 计算机学报, 2017. 8. 1, 40(8): 1946~1960 (期刊论文)



- (10) 周四望<sup>(\*)</sup>；李兰，传感器网络基于DTW的多小波压缩算法，通信学报，2014. 08. 01, 35(8): 86~94 (期刊论文)

## 二、论著之外的代表性研究成果和学术奖励

- (1) 周四望；杨坚鑫，群智感知噪声数据收集系统，2016SR227070，原始取得，全部权利，2016. 05. 04 (软件著作权)
- (2) 周四望，张君涛，赵智慧，群智感知网络矢量任务地图渐进式分发软件，2015SR162498，原始取得，全部权利，2015. 04. 15 (软件著作权)
- (3) 周四望；毛宇锋，移动传感可达任务地图软件，2015SR126397，原始取得，全部权利，2015. 05. 18 (软件著作权)

NSFC 2018



除非特殊说明，请勿删除或改动简历模板中蓝色字体的标题及相应说明文字

## 参与者 简历

刘永和(Yonghe Liu), the University of Texas at Arlington, Department of Computer Science, Associate Professor

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

2000.9-2004.1, 美国Rice University, Ph.D, Advisor : Edward W. Knightly

1998.9-1999.12, 清华大学, 自动化专业, 研究生, 导师: 黄必清

1994.9-1998.7, 清华大学, 自动化专业, 本科

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站(或工作站)从事研究，请列出合作导师姓名）：

2004/01 - Present, Associate Professor, Computer Science and Engineering, UT-Arlington.

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）

无

主持或参加科研项目(课题)及人才计划项目情况(按时间倒序排序)：

1. Yonghe Liu (PI), EduSino Science and Technology Inc. 100k, 2017-2018.
2. Mohan Kumar and Yonghe Liu (Co-PI), National Science Foundation, Collaborative Virtual Observation in Dynamic Environments, 340k. 09/2008-08/2012.
3. Mohan Kumar and Yonghe Liu (Co-PI), National Science Foundation, Distributed Opportunistic Computing, 160k. 08/2008-08/2012.
4. Sajal K. Das, Yonghe Liu (Co-PI), and Fillia Makedon, Secure Grids for Network Centric Enterprise Operations and Scientific Computing, Earmark from Air Force Research Office, \$500K, 09/01/2008-8/31/2012..
5. Yonghe Liu (PI), Mohan Kumar, and Sajal K. Das, National Science Foundation, ARCADIA: An Asynchronous Communication Architecture toward Novel Networking and Computation Paradigms in Wireless Sensor Networks, 450k, 09/2007-02/2013.



6. Yonghe Liu (PI), National Science Foundation, SBIR: Developing an Ultra Energy Efficient Sensor Node Using RFID Technology, 100k, 09/2007-12/2007.
7. Yonghe Liu (PI), Sajal K. Das, and Frank Lewis, Texas ARP, Defending Against Compromised Nodes in Wireless Sensor Networks: A Multi-Layer Security Framework toward High Assurance for Mission Critical Applications, 100k, 05/2006-05/2008.

### 代表性研究成果和学术奖励情况（每项均按时间倒序排序）

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止页码（摘要论文请加以说明）；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称（或会议论文集名称及起止页码）、会议地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯作者均加注上标“\*”字样，唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗显示。）

按照以下顺序列出：①10篇以内代表性论著；②论著之外的代表性研究成果和学术奖励。

#### 代表性论著

- (1) Sheheryar Arshad, Chunhai Feng, Israel Elujide, Siwang Zhou and **Yonghe Liu\***, SafeDrive-Fi: A Multimodal and Device Free Dangerous Driving Recognition System Using WiFi, IEEE International Conference on Communications, Kansas City, MO, USA, 2018
- (2) Chunhai Feng, Sheheryar Arshad, and **Yonghe Liu\***. Evaluation and Improvement of Activity Detection Systems with Recurrent Neural Network, IEEE International Conference on Communications, Kansas City, MO, USA, 2018
- (3) Sheheryar Arshad, Chunhai Feng, **Yonghe Liu\***, Yupeng Hu, Ruiyun Yu, Siwang Zhou, Heng Li. Wi-chase: A WiFi based human activity recognition system for sensorless environments, IEEE International Symposium on A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, Macau, China, 2017



- (4) Hu Y, **Liu Y\***, Li W, et al. Unequal Failure Protection Coding Technique for Distributed Cloud Storage Systems. IEEE Transactions on Cloud Computing, 2017, PP(99):1-1
- (5) Heng Li, **Yonghe Liu\***, Siwang Zhou. Power in Silence: Revealing the Stationarity of Private-owned Vehicle in Urban Vehicular Ad Hoc Networks, 6th ACM Symposium on Development and Analysis of Intelligent Vehicular Networks and Applications, Malta, 2016
- (6) Yanliang Liu, Yupeng Hu, Ruiyun Yu, **Yonghe Liu\***. Application Recommendation at Places for Mobile Users, IEEE International Symposium on A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, Coimbra, Portugal, 2016
- (7) Heng Li, **Yonghe Liu\***, Yi Sun. Place Identification in Location Based Urban VANETs, 4th IEEE International Workshop on Mission-Oriented Wireless Sensor Networking, Dallas, USA, 2015.10.19-10.22
- (8) M. Shahriar, **Y. Liu\***, and S.K. Das. HiPCV: A History Based Learning Model for Predicting Contact Volume in Opportunistic Networks, IEEE International Symposium on A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks, Boston, MA, June 2015
- (9) Heng Li, **Yonghe Liu\***, Siwang Zhou, and Hui Xu. Toward Location Based Vehicular Networks in Urban Environments. in Proceedings of MobiSPC, Niagara Falls, Ontario, Canada, Aug. 2014
- (10) S. Lu and **Y. Liu\***. Geoopp: Geocasting for opportunistic networks, IEEE Wireless Communications & Networking Conference, Istanbul, Turkey, 2014



除非特殊说明，请勿删除或改动简历模板中蓝色字体的标题及相应说明文字

## 参与者 简历

胡军，湖南大学，信息科学与工程学院，副教授

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

1. 2003/03 - 2006/03，浙江大学，计算机学院，博士，导师：高济
2. 2000/09 - 2003/03，昆明理工大学，信息与自动化学院，硕士，导师：丁志强

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

1. 2008/01 - 至今，湖南大学，信息科学与工程学院，副教授
2. 2010/01- 2011/01，英国南安普顿大学，电子与计算机学院，访问学者
3. 2007/08- 2008/04，联合国大学，软件技术研究所，访问学者
4. 2006/04 - 2008/01，湖南大学，计算机与通信学院，讲师

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）

无

主持或参加科研项目（课题）及人才计划项目情况（按时间倒序排序）：

1. 广西可信软件重点实验室研究项目，kx201537，基于多主体的智能云服务运行机理研究，2015/09-2018/08、3万元，在研，主持。
2. 计算机软件新技术国家重点实验室研究项目，KFKT2013B14，基于政策的多主体组织运行机理研究，2013/06-2015/06、1.5万元、已结题，主持。
3. 广西可信软件重点实验室研究项目，kx201333，基于政策的软件行为可信机理研究，2013/06-2015/06、3万元，已结题，主持。
4. 湖南省自然科学基金项目，11JJ3065，基于可废止逻辑的政策导向型软件主体可信协同模型及关键技术研究，2011/01-2013/12、3万元，已结题，主持。
5. 国家自然科学基金面上项目，60773208，政策驱动的自治、可控协同机理





研究、2008/01-2010/12、26万元，已结题，主持。

### 代表性研究成果和学术奖励情况（每项均按时间倒序排序）

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止页码（摘要论文请加以说明）；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称（或会议论文集名称及起止页码）、会议地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯作者均加注上标“\*”字样，唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗显示。）

按照以下顺序列出：①10篇以内代表性论著；②论著之外的代表性研究成果和学术奖励。

#### 代表性期刊论文

- (1) Walaa, El-Ashmawi, **Hu, Jun\***, Li, Renfa. Stability Coalition Formation with Cost Sharing in Multi-Agent Systems Based on Volume Discount, The International Journal of Information Technology, 2015, 12(3): 296-303
- (2) 胡军,张振兴,邹立. 基于协作度的分布式自动协商联盟形成机制. 计算机研究与发展, 2015, 52(5): 1080-1090
- (3) **Jun HU**, Ru XU, Deyu XIAO. Dynamic Negotiation Strategy Based Parallel-offer in Cloud Computing, Journal of Computational Information Systems, 2015, 11 (10) : 3691-3699
- (4) 胡军, 张振兴, 邹立. 面向社交网络基于协作度协商的联盟形成机制.湖南大学学报: 自然科学版,2015,42(2):100~108
- (5) Walaa H. El-Ashmawi, **Hu Jun\***, LI Renfa. A Novel Distributed Fuzzy-based Negotiation Model for Coalition Formation in Multi-Agent Systems, IJACT: International Journal of Advancements in Computing Technology, 2012, 4(15): 270-279, 2012
- (6) **Jun Hu**, Yinghui Song, Ye Sun, Multi-agent Oriented Policy-based Management System for Virtual Enterprise, Journal of Software, 2012,7(10): 2357-2364
- (7) 胡军,李志昂. Agent组织中的政策导向型协作模型.计算机研究与发展, 2012,



49(7): 1474-1493

(8) **Jun Hu**, Yang Yu. A Controllable Reputation BDI Model. Journal of Software, 2012, 7(1):110-117

NSFC 2018



除非特殊说明，请勿删除或改动简历模板中蓝色字体的标题及相应说明文字

## 参与者 简历

欧博，湖南大学，信息科学与工程学院，助理教授

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

2008/09-2014/07，北京交通大学，信息科学研究所，博士，导师：赵耀

2004/09-2008/07，北京交通大学，计算机科学与技术学院，学士。

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

1. 2014/07-至今，湖南大学，信息科学与工程学院，讲师

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）

无

主持或参加科研项目（课题）及人才计划项目情况（按时间倒序排序）：

1. 国家自然科学基金青年项目，61502160，彩色图像的高保真可逆信息隐藏算法研究，2016-01到2018-12，23.5万，主持。

代表性研究成果和学术奖励情况（每项均按时间倒序排序）

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止页码（摘要论文请加以说明）；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称（或会议论文集名称及起止页码）、会议地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯作者均加注上标“\*”字样，唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗显示。）



按照以下顺序列出：①10篇以内代表性论著；②论著之外的代表性研究成果和学术奖励。

#### 代表性期刊论文

- (1) **Bo Ou**, Xiaolong Li, Jinwei Wang, Fei Peng. "High-fidelity reversible data hiding based on geodesic path and pairwise prediction-error expansion", *Neurocomputing*, vol.226, pp.23-34, Feb. 2017.
- (2) Hu, Min, **Bo Ou**\*, and Yi Xiao. "Efficient image colorization based on seed pixel selection." *Multimedia Tools and Applications*, 2016, pp: 1-22.
- (3) **Bo Ou**, Xiaolong Li, Jinwei Wang, Improved PVO-based reversible data hiding: A new implementation based on multiple histograms modification, *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol.38, pp.328-339, Jul. 2016.
- (4) **Bo Ou**, Xiaolong Li, Jinwei Wang, High-fidelity reversible data hiding based on pixel-value-ordering and pairwise prediction-error expansion, *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 39, pp.12-23, Aug. 2016.
- (5) **Bo Ou**, Xiaolong Li, Yao Zhao, Rongrong Ni: "Efficient color image reversible data hiding based on channel-dependent payload partition and adaptive embedding". *Signal Processing*, vol. 108, pp.642-657, 2015.
- (6) **Bo Ou**, Xiaolong Li, Yao Zhao, Rongrong Ni: "Reversible data hiding using invariant pixel-value-ordering and prediction-error expansion", *Signal Processing: Image Communication*, vol.29, no.7, May. 2014.
- (7) **Bo Ou**, Xiaolong Li, Yao Zhao, Rongrong Ni, Yun-Qing Shi: "Pairwise Prediction-Error Expansion for Efficient Reversible Data Hiding". *IEEE Transactions on Image Processing*, vol.22, no.12, pp.5010-5021, Dec. 2013.
- (8) **Bo Ou**, Xiaolong Li, Yao Zhao, Rongrong Ni: "Reversible data hiding based on PDE predictor". *Journal of Systems and Software*, vol.86, no.10, pp.2700-2709, 2013.
- (9) Siwang Zhou, Qian Zhong, **Bo Ou**, Yonghe Liu. Intelligent Compressive Data Gathering Using Data Ferries For Wireless Sensor Networks, *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, 2017
- (10) Siwang Zhou, Qian Zhong, **Bo Ou**, Yonghe Liu. Data Ferries Based Compressive Data Gathering For Wireless Sensor Networks, *Wireless Networks*, vol.8, pp1-13, 2017



除非特殊说明，请勿删除或改动简历模板中蓝色字体的标题及相应说明文字

## 参与者 简历

彭鹏，湖南大学，信息科学与工程学院，助理教授

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

2012/09-2016/06：北京大学，计算机科学技术研究所，博士，导师：赵东岩

2014/03-2014/09：香港科技大学，计算机科学系，访问学者

2009/09-2012/06：北京大学，计算机科学技术研究所，硕士，导师：赵东岩

2005/09-2009/06：北京师范大学，信息科学与技术学院，本科生

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

1. 2016/07-至今，湖南大学，信息科学与工程学院，讲师

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）

无

主持或参加科研项目（课题）及人才计划项目情况（按时间倒序排序）：

1. 国家自然科学基金青年项目，61702171，关联数据上基于图的分布式查询处理技术研究，2018-01到2020-12，20万，主持

代表性研究成果和学术奖励情况（每项均按时间倒序排序）

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止页码（摘要论文请加以说明）；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称（或会议论文集名称及起止页码）、会议地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯作者均加注上标“\*”字样，唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗



显示。)

按照以下顺序列出：①10篇以内代表性论著；②论著之外的代表性研究成果和学术奖励。

#### 代表性期刊论文

- (1) **Peng Peng**, Lei Zou, Zheng Q. Answering top-K query combined keywords and structural queries on RDF graphs. Information Systems, 67:19-35, 2017
- (2) **Peng Peng**, Lei Zou, M. Tamer Özsu\*, Lei Chen, Dongyan Zhao. Processing SPARQL queries over distributed RDF graphs. VLDB Journal, 25(2): 243-268, 2016
- (3) **Peng Peng**, Lei Zou\*, Lei Chen, Xuemin Lin, Dongyan Zhao. Answering subgraph queries over massive disk resident graphs. World Wide Web Journal, 19(3): 417-448, 2016
- (4) **Peng Peng**, Lei Zou\*, Lei Chen, Dongyan Zhao. Query Workload-based RDF Graph Fragmentation and Allocation. International Conference on Extending DB Technology (EDBT), 2016: 377-388.
- (5) **Peng Peng**, Lei Zou\*, Lei Chen, Xuemin Lin, Dongyan Zhao. Subgraph Search over Massive Disk Resident Graphs. International conference on Scientific and Statistical DB Management, SSDBM, 2011: 312-321.
- (6) **Peng Peng**, Lei Zou\*, Dong Wang, Dongyan Zhao. Holistic Subgraph Search over Large Graphs. International Conference on Web Age Information Management (WAIM), 2014: 208-212.
- (7) **Peng Peng**, Lei Zou\*, Dongyan Zhao. On the Marriage of SPARQL and Keywords. The Asia Pacific Web Conference (APWeb), 2015: 3-16.



## 附件信息

序号	附件名称	备注	附件类型
1	Compressive networked storage with lazy-encoding	ICASSP 2018 (CCF B类会议, Accepted)	代表性论著
2	Asymmetric Block Based Compressive Sensing	ICME 2018 (CCF B类会议, Accepted)	代表性论著
3	Intelligent compressive data gathering using data	ICASSP 2017 (CCF B类会议)	代表性论著
4	Efficient distributed skyline computation using	Journal of Systems and Software, 2014 (CCF B类期刊, SCI)	代表性论著
5	Data ferries based compressive data gathering for	Wireless Networks, 2017 (CCF C类期刊, SCI)	代表性论著
6	Block compressed sampling of image signals by saliency based adaptive partitioning	Multimedia Tools & Applications, 2017, (CCF C类期刊, SCI)	代表性论著
7	Compressed sensing of image signals	International Journal for Light and Electron Optics, 2017, (SCI)	代表性论著
8	DeepMap+ Recognizing High-Level Indoor Semantics	Sensors 2017, (SCI)	代表性论著
9	Ring-based optimal-level distributed wavelet	EURASIP Journal On Advances In Signal Processing, 2008, (SCI)	代表性论著
10	Two-Phase Representation Based Face Recognition	IJCNN 2017 (CCF C类会议)	代表性论著
11	传感器网络基于DTW的多小波压缩算法	通信学报, 2014	代表性论著
12	矢量任务地图-群智感知任务渐进式分发方法	计算机学报, 2017	代表性论著

**签字和盖章页(此页自动生成, 打印后签字盖章)**

接收编号: 6187060717

申请人: 周四望

依托单位: 湖南大学

项目名称: 大规模群体感知中的稀疏表示方法研究

资助类别: 面上项目

亚类说明:

附注说明:

**申请人承诺:**

我保证申请书内容的真实性。如果获得资助, 我将履行项目负责人职责, 严格遵守国家自然科学基金委员会的有关规定, 切实保证研究工作时间, 认真开展工作, 按时报送有关材料。若填报失实和违反规定, 本人将承担全部责任。

签字:

**项目组主要成员承诺:**

我保证有关申报内容的真实性。如果获得资助, 我将严格遵守国家自然科学基金委员会的有关规定, 切实保证研究工作时间, 加强合作、信息资源共享, 认真开展工作, 及时向项目负责人报送有关材料。若个人信息失实、执行项目中违反规定, 本人将承担相关责任。

编号	姓名	工作单位名称 (应与加盖公章一致)	证件号码	每年工作 时间(月)	签字
1	刘永和	the University of Texas at Arlington	G37372324	6	
2	胡军	湖南大学	430102197111184579	7	
3	欧博	湖南大学	430203198510196012	7	
4	彭鹏	湖南大学	430802198710020413	6	
5	唐德燕	湖南大学	432524198610261686	10	
6	张炜	湖南大学	430104198604213515	10	
7	刘兴庭	湖南大学	431224198908012079	10	
8	廖兴炜	湖南大学	360730199503194310	10	
9	贺燕	湖南大学	430723199511243228	10	

**依托单位及合作研究单位承诺:**

已按填报说明对申请人的资格和申请书内容进行了审核。申请项目如获资助, 我单位保证对研究计划实施所需要的人力、物力和工作时间等条件给予保障, 严格遵守国家自然科学基金委员会有关规定, 督促项目负责人和项目组成员以及本单位项目管理部门按照国家自然科学基金委员会的规定及时报送有关材料。

依托单位公章

日期:

合作研究单位公章1

日期:

合作研究单位公章2

日期: