



项目批准号	61532013
申请代码	F020511
归口管理部门	
收件日期	

国家自然科学基金 资助项目进展报告

资助类别： 重点项目

亚类说明： _____

附注说明： _____

项目名称： 大规模人-机-物实体对象协同感知与关联

负责人： 贾维嘉 电话： 21-34208247

电子邮件： jiawj@sjtu.edu.cn

依托单位： 上海交通大学

联系人： 章俊梅 电话： 021-34206809-188

直接费用： 290（万元） 执行年限： 2016.01-2020.12

填表日期： 2016年12月26日

国家自然科学基金委员会制（2012年）



报告正文

一、重要研究进展

本项目针对“人-机-物”三元空间中存在的大规模实体对象，研究网络空间实体对象提取、大规模对象关联和建模、大规模对象的高效智能搜索等关键技术，并选择典型应用构建示范系统。在2016年度，项目组主要在实体对象的协同感知、大规模对象关联和建模以及大规模对象的高效智能搜索等方面开展研究工作。

（一）计划完成情况

计划2016年1月至2016年6月实施物理传感器最优布控方案和其他预研任务。目前已完成预研，并提出多兴趣区域覆盖模型以实现物理传感器布控，计划完成。

计划2016年7月至2017年6月研发逻辑传感器，实体对象传感与信息提取分析(内容、特征抽取、对象三元关系图表达算法实施)。撰写学术论文、专著。目前已在实体传感的路由协议、通信安全、服务质量等，取得进展，各项工作按照计划有序进行。

（二）主要成果

1. 大规模实体对象的协同感知与数据中心

1.1. 兴趣区域覆盖

项目组首先深入研究了传感器在物理空间的覆盖问题。提出了多兴趣区域覆盖模型和节点感知能力定量刻画方法。

多兴趣区域覆盖模型：（发表于TII）

为了达到信息、资源和实体的高效感知，传感器优化覆盖是首先要考虑的问题。在远程重症监护病房的场景，考虑通过控制多个摄像头的方向来增强多兴趣区域（RoI）的覆盖范围。我们提出多重RoI覆盖问题，旨在最大化所有RoI的最低覆盖率。该问题是NP-hard，因此我们用启发式算法将最低覆盖率提高到现有方法的两倍。

1.2. 虚拟机管理

虚拟机（VM）在数据中心为大数据处理提供支撑，在节点方便功能的快速部署，是实现大规模对象协同感知、关联、搜索的基础技术。首先研究了VM迁移技术。

策略网络感知的VM迁移技术：（发表于TPDS）

在提供安全和高性能的服务环境中，虚拟化的弹性资源通常忽略策略要求，假定策略是由底层网络设施实现的。策略和资源调配可能会矛盾，导致性能下降和安全漏洞。我们提出了PLAN，通过联合考虑通信成本和网络策略进行高效VM迁移。我们证明该问题是NP-hard，并给出了有效的近似算法，该算法在多种聚合流量和配置策略下降低38%的拓扑通信成本。

1.3. 人机物互联互通

人机物互联互通是实体感知的基础。人机物网络高度异质，十分复杂，终端之间既要共享数据实现关联挖掘，又要保证各自隐私信息不被泄露，因此，我们研究了设备间的安全认证、高效路由和服务质量问题。

1.3.1. 安全认证

车联网公平认证协议：（发表于ICC）

车联网作为人机物网络中重要的一环，对安全性、道路容量和效率有很高的要求。针对车辆在协作认证中的自私行为可能导致隐私泄漏和不公平资源消耗，我们设计了基



于阻止非协作行为的机制的增强的协作认证协议，并用无限重复博弈分析了用户自私行为的威胁。我们还优化该协议中的系统参数，以实现更高的效率和安全性。

车载网无线传感网广播协议：（发表于PPNA）

针对车载网与无线传感器网络间的通信，尤其是当在路侧单元稀疏区域中发生紧急情况时，实时业务数据传输太复杂和缓慢，我们提出并行广播认证协议，旨在提高能源效率，并在车辆和WSN之间的直接通信中提供网络安全。该协议通过提高密钥的利用率，在不同的信道损失率和不同程度的DoS攻击中显示出不错的属性。

防DoS攻击算法：（发表于ICDCS）

针对认证服务中伴随着的DoS攻击，我们将多级 μ TESLA（一系列轻量级广播认证协议）中的攻击防御模型制定为一个进化博弈，提出一个 μ TESLA的最佳参数选择方案，以最小的资源成本实现安全保证。所提出的算法在低QoS信道和严重DoS攻击下均有较好性能。

1.3.2. 高效路由

基于节点认知的路由选择机制：（发表于TWC）

我们研究了节点认知方法，提出联合速率调控、信道分配和路由选择的认知网络动态调度机制，基于李雅普诺夫网络优化理论，根据当前节点、网络状态和应用要求，动态调节源节点的数据传输率，选择无干扰信道和负载轻距离近的下一跳，最大化社会效益的同时保证网络的稳定性。与国际上公认的BPR和GPSR相比，该机制具有更高的社会效益、网络吞吐量、更稳定的队列、较小的端到端时延和跳数。

基于冲突概率的路由算法：（发表于TII）

我们提出了新的无线认知自组织网络中链路冲突概率的预测方法。我们设计了路由端到端时延的衡量标准，综合链路稳定性设计了分布式的路由选择与信道分配算法。该算法的性能在多种情况下优于WCETT与STODRP两种同类路由算法。

1.3.3. 服务质量

车载雾节点：（发表于Information Sciences）

对于快速移动的终端用户，无线连接通常是不稳定和不可靠的。通过在火车进行实验，我们发现3G连接频繁中断连接，在不同的车厢内建立的连接在很大程度上是独立的。由此我们提出雾计算结构，将分布在不同车厢的互相链接的网络网关作为终端用户和3G基础设施的中间层，为快速移动的用户提供可靠的无线服务。理论和实验分析证明了雾结构大大提高了快速移动列车上无线连接的可靠性。

实时流调度算法：（发表于CN）

实时流数据是人机物网络数据中重要部分。目前主要依赖于客户端-服务器和对等方案作为通信的基本机制的实时流应用不能很好地利用源和目的地之间的处理能力。我们提出了一个基于多服务器的框架，多个服务器相互协作以形成虚拟服务器，引入 $1-\epsilon$ 近似算法来解决NP完全最大服务问题。我们还提出同时实现备份和最大化流的算法。

2. 大规模对象关联和建模

人机物之间的关联现象普遍存在，人使用智能设备，形成人与智能终端的关联；人工作生活于网络中，形成人与网络行为的关联。

2.1. 智能终端关联识别

基于隐性标识符的终端识别技术：（发表于TON、EEE Access, SMC, CBD）



将用户与智能设备指纹进行关联识别的技术被广泛地应用于移动广告精确投放、安全认证和访问控制等领域。现有的关联识别技术均基于显性标识符，显性标识符并不完全可靠，获取时需要敏感权限。我们提出基于隐性标识符的零权限安卓智能终端关联识别技术。我们面向应用程序提取隐性标识符组合形成设备指纹，并设计了三种指纹识别算法。基于朴素贝叶斯的分类算法能达到最低的漏报率和误报率。

2.2. 网络用户行为关联识别

基于行为指纹的用户关联识别技术：（发表于CCPE）

用户访问网络的流量中包含的各种操作行为构成其独有的行为指纹。现有的基于行为指纹的用户流量关联识别技术主要是根据用户所访问的网站及其频率来进行识别的。但这并不能很确切地刻画用户的网络行为模型。我们提出基于行为指纹的用户流量关联识别方法，从用户行为的角度出发，对流量进行过滤，抽取其中真正由用户主观目的产生的流量，并重新定义了用户访问行为。我们在包含509个用户真实流量的数据集上验证了算法。

3. 大规模对象的高效智能搜索

现实世界中存在大量的人机物实体对象，一些实体对象以服务的方式提供用户使用，应用平台如何根据用户的需求提供相应的服务（实体对象）是一个值得深入研究的问题。同时保证大规模对象搜索过程的安全高效也是一个重要问题。

3.1. 服务（实体对象）的搜索

基于用户偏好的服务搜索算法：（发表于TSC）

云服务功能可以用两个主要的相互关联的组件进行描述，即功能属性和非功能属性。选择用户期望的非功能属性是一个重要的任务。我们通过多目标优化方法，在服务信任值和用户QoS偏好之间做出权衡决定，基于用户需求的匹配度，来对候选云服务进行等级排行。同时我们提出了同时处理定量和定性的非功能属性的模型，采用了全局优化和局部选择的结合以及遗传算法。

基于用户偏好的服务搜索算法：（发表在KBS）

在网络服务中，用户偏好一般用条件偏好网络来定性表达。我们提出了两个用户定性偏好变化的测量方法，基本方法和一般相似性测量方法，分别对应偏好网络是否共享相似的结构和内容。某些用户不愿或无法完成指定偏好网络时，我们使用偏好推荐方案来补充用户的偏好网络，从而提高个性化搜索的准确性，最终达到在使用不完整的偏好网络的情况下，执行个性化搜索。

3.2. 服务（实体对象）的组合

基于用户偏好的服务组合算法：（发表于KBS）

为了能对用户提供持续稳定的服务组合，需要进行组合系统的可靠性预测。我们基于动态贝叶斯网络的基本模式来进行提前一步的在线可靠性时间序列预测。利用多步骤的动态贝叶斯网络来提高可靠性预测的精确度。并用基于卷积神经网络的预测方法来处理大数据带来的挑战。针对面向服务的系统的松散耦合，我们提出基于概率图模型的在线可靠时间序列预测方法。

结合服务信任的服务组合算法：（发表于TSC）

现有研究没有提供一个系统化的方法将用户偏好和服务信任结合在一起。我们结合定性和定量的偏好以及服务信任，通过研究启发式算法在多目标优化服务组合的应用问



题，提出了一个新的混合自然启发的智能算法，在满足尽可能多的约束条件下，获得最佳的网络服务组合。

信息不完全的服务组合算法：（发表于CSCWD）

服务组合问题的规划方法通常假设运行环境的状态可以被充分观察和监测。实际情况中，动态的互联网环境和不透明的内部状态使得运行环境的状态不可以被充分观察和监测。我们提出基于部分可观察的马尔科夫决策过程服务组合模型。该模型将环境看作是部分可观察的，从而生成具有不完备信息的策略。我们用强化学习算法来计算最优策略。

自适应可扩展的服务组合算法：（发表于ICSOC, KBS）

动态运行环境和用户需求要求组合方法具有自适应性和扩展性。我们提出了几种解决方法。一是将自适应服务组合进行高斯过程与强化学习的整合，使用核函数的估计值来预测目标函数值的分布，具有较强的沟通能力和推广能力；二是利用多agent情况下的强化学习模型来动态地优化服务组合，利用强化学习算法与环境实时交互，动态地计算出最优组合策略。

二、存在问题及解决方法

无

三、其他需要说明情况

无



研究成果目录

项目负责人通过ISIS系统，从文献库中检索研究成果或者按要求格式自行填入。请按照期刊论文、会议论文、学术专著、专利、会议报告、标准、软件著作权、科研奖励、人才培养、成果转化的顺序列出，其它重要研究成果如标本库、科研仪器设备、共享数据库、获得领导人批示的重要报告或建议等，应重点说明研究成果的主要内容、学术贡献及应用前景等。

项目负责人不得将非本人或非参与者所取得的研究成果，以及与受资助项目无关的研究成果列入报告中。发表的研究成果，项目负责人和参与者均应如实注明得到国家自然科学基金项目资助和项目批准号，科学基金作为主要资助渠道或者发挥主要资助作用的，应当将自然科学基金作为第一顺序进行标注。

期刊论文

1. 通讯作者论文（勿与第一作者论文重复）

(1) Bo Cheng, Lin Cui, **Weijia Jia**^(*), Wei Zhao, P. Hancke Gerhard, Multiple Region of Interest Coverage in Camera Sensor Networks for Tele-Intensive Care Units, IEEE Transactions Industrial Informatics, SCI, EI, 第二标注

(2) Wang, Tian^{(#)(*)}, Cai, Yiqiao, **Jia, Weijia**, Wen, Sheng, Wang, Guojun, Tian, Hui, Chen, Yonghong, Zhong, Bineng, Maximizing real-time streaming services based on a multi-servers networking framework, Computer Networks, 2015.12.24, 93: 199~212, SCI, 第一标注

2. 既非第一作者又非通讯作者论文

(1) Lin Cui, Fung Po Tso, Dimitrios P. Pazaros, **Weijia Jia**, Wei Zhao, PLAN: Joint policy-and network-aware VM management for cloud data centers, IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 第三标注

(2) Na Ruan, Mengyuan Li, Jie LI, A novel broadcast authentication protocol for internet of vehicles, Peer-to-Peer Networking and Applications, 第二标注

(3) Feilong Tang, Jie Li, Joint Rate Adaptation, Channel Assignment and Routing to Maximize Social Welfare in Multi-Hop Cognitive Radio Networks, IEEE Transactions on Wireless Communications, 第四标注

(4) Wenjia Wu, Jianan Wu, Yanhao Wang, Zhen Ling, Ming Yang, Efficient Fingerprinting-based Android Device Identification with Zero-permission Identifiers, IEEE Access, 2016.11.30, SCI, EI, 第二标注

(5) Feilong Tang, Yanqin Yang, Laurence T. Yang, Tong Zhou, Delay-Minimized Routing in Mobile Cognitive Networks for Time-Critical Applications, IEEE Transactions on Industrial Informatics, 第四标注



- (6) Tian Wang, Zhen Peng, Sheng Wen, Yongxuan Lai, **Weijia Jia**, Yiqiao Cai, Hui Tian, Yonghong Chen, Reliable wireless connections for fast-moving rail users based on a chained fog structure, Information Sciences, SCI, EI, 第一标注
- (7) Wenjia Wu, Junzhou Luo, Ming Yang, Xiaolin Fang, Energy-efficient activation of nodes and radios in multi-radio WLAN mesh networks, International Journal of Sensor Networks (IJSNET), 第三标注
- (8) Qingjun Xiao, Bin Xiao, Shigang Chen, Jimin Chen, Collision-aware churn estimation in large-scale dynamic RFID systems, ACM/IEEE Transactions on Networking (TON), 第三标注
- (9) 罗军舟; 杨明; **凌振**; 吴文甲; 顾晓丹, 网络空间安全体系与关键技术, 中国科学:信息科学, 2016.8.20, (08): 939~968, EI, 第一标注
- (10) Ling, Zhen^{(#)(*)}, Luo, Junzhou, Wu, Kui, Yu, Wei, Fu, Xinwen, TorWard: Discovery, Blocking, and Traceback of Malicious Traffic Over Tor, Ieee Transactions ON Information Forensics and Security, 2015.12.01, 10(12): 2515~2530, SCI, EI, 第一标注
- (11) Xiaodan Gu, Ming Yang, Jiakuan Fei, Zhen Ling, Junzhou Luo, A Novel Attack to Track Users Based on the Behavior Patterns, Concurrency and Computation: Practice and Experience (CCPE), 第一标注
- (12) **吴文甲**; 赵琛; 杨明; 罗军舟, 多跳无线网络中能耗优化和QoS约束的射频接口调度, 东南大学学报(自然科学版), 2016.01.01, 46(6), EI, 第一标注
- (13) Wang, Hongbing, Wang, Xiaojun, Zhang, Xingzhi, Yu, Qi, Hu, Xingguo, Effective service composition using multi-agent reinforcement learning, Knowledge-Based Systems, 2016.1.15, 92: 151~168, SCI, 第一标注
- (14) Hongbing Wang, Bin Zou, Guibing Guo, Jie Zhang, Danrong Yang, Integrating Trust with User Preference for Effective Web Service Composition, IEEE Transactions on Services Computing (TSC), SCI, EI, 第二标注
- (15) Hongbing Wang, Chao Yu, Lei Wang, Qi Yu, Effective Big Data-Space Service Selection over Trust and Heterogeneous QoS Preferences, IEEE Transactions on Services Computing (TSC), SCI, EI, 第二标注
- (16) Wang, Hongbing^{(#)(*)}, Shao, Shizhi, Zhou, Xuan, Wan, Cheng, Bouguettaya, Athman, Preference recommendation for personalized search, Knowledge-Based Systems, 2016.5.5, 100: 124~136, SCI, EI, 第一标注
- (17) Wang, Hongbing^{(#)(*)}, Wang, Xiaojun, Hu, Xingguo, Zhang, Xingzhi, Gu, Mingzhu, A multi-agent reinforcement learning approach to dynamic service composition, Information Sciences, 2016.10.1, 363: 96~119, SCI, EI, 第一标注



(18) Liu, Shukun^{(#)(*)}, **Jia, Weijia**, A Novel Method for Virtual Machine Placement Based on Euclidean Distance, Ksii Transactions ON Internet and Information Systems, 2016.7.31, 10(7): 2914~2935, SCI, EI, 第一标注

会议论文

1. 既非第一作者又非通讯作者论文

(1) Na Ruan, Lei Gao, Haojin Zhu, **Weijia Jia**, Xiang Li, Toward Optimal DoS-Resistant Authentication in Crowdsensing Networks via Evolutionary Game, 2016 IEEE 36th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), Nara, Japan, 2016.06.27-2016.06.30, 第三标注

(2) Lei Gao, Na Ruan, Haojin Zhu, Efficient and secure message authentication in cooperative driving: A game-theoretic approach, IEEE International Conference on Communications, Kuala Lumpur, Malaysia, 2016.05.22-2016.05.27, EI, 第一标注

(3) Xiao, Qingjun^(#), Chen, Shigang, Chen, Min, Joint Property estimation for multiple RFID tag sets using snapshots of variable lengths, ACM MobiHoc, Paderborn, Germany, 2016.7.5-2016.7.8, EI, 第一标注

(4) Zhen Ling, Secure Fingertip Mouse for Mobile Devices, Proceedings of the 35th IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM), San Francisco, CA, USA, 2016.04.10-2016.04.15, EI, 第一标注

(5) Gu, Xiaodan^(#), Yang, Ming, Fei, Jiakuan, **Ling, Zhen**, Luo, Junzhou, A Novel Behavior-Based Tracking Attack for User Identification, the 3rd International Conference on Advanced Cloud and Big Data (CBD), Yangzhou, Jiangsu, China, 2015.10.30-2015.11.1, EI, 第二标注

(6) Gong, Qiyuan^(#), Yang, Ming, Chen, Zhouguo, Luo, Junzhou, Utility enhanced anonymization for incomplete microdata, IEEE 20th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design(CSCWD), Nanchang, China, 2016.5.4-2016.5.6, EI, 第一标注

(7) Zhenyu Ni, Ming Yang, Zhen Ling, Jianan Wu, Junzhou Luo, Real-time Detection of Malicious Behavior in Android Apps, International Conference on Advanced Cloud and Big Data (CBD), ChengDu, 2016.08.13-2016.08.16, EI, 第三标注

(8) Feiqiao Huang, Wenjia Wu, Ming Yang, Junzhou Luo, A Fine-Grained Permission Control Mechanism for External Storage of Android, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), Budapest, Hungary, 2016.10.09-2016.10.12, 第四标注



(9) Wang, Hongbing^(#), Huang, Guicheng, Yu, Qi, Automatic hierarchical reinforcement learning for efficient large-scale service composition, 23rd IEEE International Conference on Web Services, San Francisco, USA, 2016.6.27-2016.7.2, EI, 第一标注

(10) Wang, Hongbing^{(#)(*)}, Wu, Qin, Chen, Xin, Yu, Qi, Integrating Gaussian Process with Reinforcement Learning for Adaptive Service Composition, 13th International Conference on Service Oriented Computing (ICSOC), Goa, INDIA, 2015.11.16-2015.11.19, EI, 第一标注

(11) Yaoan Jin, Chunhua Su, Na Ruan, **Weijia Jia**, Privacy-Preserving Mining of Association Rules for Horizontally Distributed Databases Based on FP-Tree, International Conference on Information Security Practice and Experience, 中国张家界, 2016.11.16-2016.12.18, 第二标注