



信息通信领域产学研合作特色期刊

第三届全国期刊奖百种重点期刊 | 中国科技核心期刊

ISSN 1009-6868

CN 34-1228/TN

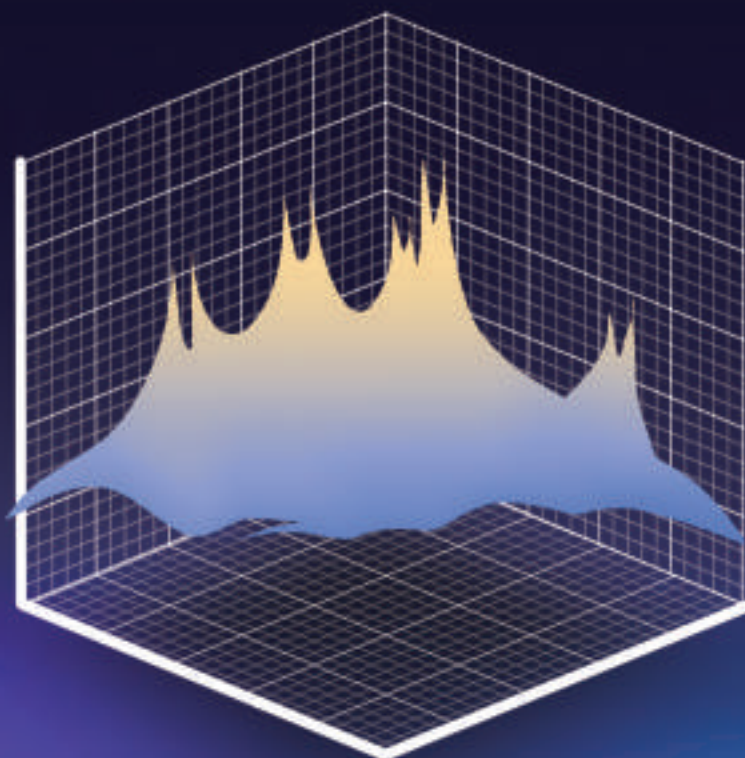
中兴通讯技术

ZTE TECHNOLOGY JOURNAL

www.zte.com.cn/magazine

2015年12月 • 第6期

专题：移动群智感知和协同计算



《中兴通讯技术》第7届编辑委员会委员名单

主 任 钟义信（北京邮电大学教授）

副主任 侯为贵（中兴通讯股份有限公司董事长） 糜正琨（南京邮电大学教授）

副主任 马建国（天津大学电子信息工程学院院长） 陈前斌（重庆邮电大学通信与信息工程学院执行院长）

编委（按姓氏拼音排序）

曹淑敏 中国信息通信研究院院长

陈建平 上海交通大学教授

陈 杰 中兴通讯股份有限公司高级副总裁

陈前斌 重庆邮电大学通信与信息工程学院执行院长

葛建华 西安电子科技大学通信工程学院副院长

管海兵 上海交通大学电子信息与电气工程学院副院长

侯为贵 中兴通讯股份有限公司董事长

洪 波 中兴发展股份有限公司总裁

洪 伟 东南大学信息科学与工程学院院长

纪越峰 北京邮电大学信息光子学与光通信研究院
执行院长

江 华 中兴通讯股份有限公司副总裁

蒋林涛 中国信息通信研究院科技委主任

李红滨 北京大学教授

李建东 西安电子科技大学副校长

李 军 清华大学信息技术研究院院长

李乐民 中国工程院院士, 电子科技大学教授

李融林 华南理工大学教授

李少谦 电子科技大学通信与信息工程学院院长

李 涛 南京邮电大学计算机学院院长

李 星 清华大学教授

刘建伟 北京航空航天大学电子信息工程学院党委书记

马建国 天津大学电子信息工程学院院长

孟洛明 北京邮电大学教授

糜正琨 南京邮电大学教授

庞胜清 中兴通讯股份有限公司高级副总裁

史立荣 中兴通讯股份有限公司总裁

孙枕戈 中兴通讯股份有限公司副总裁

孙知信 南京邮电大学物联网学院院长

谈振辉 北京交通大学教授

唐雄燕 中国联通网络技术研究院首席专家

田文果 中兴通讯股份有限公司执行副总裁

童晓渝 中电科软件信息服务有限公司副总经理

王 京 清华大学教授

王文东 北京邮电大学软件学院副院长

卫 国 中国科学技术大学教授

吴春明 浙江大学计算机科学与技术学院教授

邬贺铨 中国工程院院士

徐安士 北京大学教授

续合元 中国信息通信研究院技术与标准研究所总工

薛一波 清华大学教授

杨义先 北京邮电大学教授

杨 震 南京邮电大学校长

尤肖虎 东南大学教授

张宏科 北京交通大学教授

张 平 北京邮电大学网络技术研究院执行院长

张云勇 中国联通研究院副院长

赵慧玲 中国电信股份有限公司北京研究院总工程师

赵先明 中兴通讯股份有限公司执行副总裁

郑纬民 中国计算机学会理事长、清华大学教授

钟义信 北京邮电大学教授

钟章队 北京交通大学计算机与信息技术学院院长

周 亮 南京邮电大学通信与信息工程学院副院长

朱近康 中国科技大学教授



信息通信领域产学研合作特色期刊
第三届国家期刊奖百种重点期刊
中国科技核心期刊
工信部优秀科技期刊
中国五大文献数据库收录期刊
ISSN 1009-6868
CN 34-1228/TN
1995年创刊

办刊宗旨

以人为本,荟萃通信技术领域精英;
迎接挑战,把握世界通信技术动态;
立即行动,求解通信发展疑难课题;
励精图治,促进民族信息产业崛起。

Contents 目次

中兴通讯技术 总第125期 第21卷 第6期(卷终) 2015年12月

专题:移动群智感知和协同计算

- 02 移动群智感知质量度量与保障 赵东,马华东,刘亮
06 车联网群智感知与服务 李静林,袁泉,杨放春
10 群智感知中激励机制实验综述及展望 刘弛
14 近距离移动智能终端的协同计算机制 宋峥, Eli Tilevich
19 机会群智感知网络关键技术 熊永平,刘伟,刘卓华
23 欧洲智慧城市中的物联网与参与式感知 Edith Nagi, 滕以宁,王文东
27 车联网专用短程通信技术 田大新
31 基于指纹的室内定位技术 李冬,张宝贤
35 智能交通系统仿真方法研究 丁郁,赵婷婷,刘祎

专家论坛

- 39 软件定义光网络研究进展与创新应用探讨 张杰
45 软件定义传送网标准化发展探讨与思考 张海懿,张国颖,徐云斌

企业视界

- 49 M-ICT时代下的全面扁平化趋势 王德政,王承忠,吉晓威

技术广角

- 54 超大异常流量攻击的防御思路探讨 刘东鑫,何明,汪来富

综合信息

思科云产业调研报告预测:2019年云流量将增至4倍(18) 中国成功在国际电联立项研究
智能制造总体标准(30) 全球光纤市场产值稳定成长 年复合成长率约5%(48) 中国首
次提出的物联网编码国家标准正式发布(58) 2016年第1—6期专题征文(59) 《中兴通
讯技术》第21卷总目次(1)

期刊基本参数:CN 34-1228/TN*1995*b*16*64*zh*P*¥ 20.00*15000*13*2015-12

Contents 目次

ZTE TECHNOLOGY JOURNAL Vol. 21 No. 6 Dec. 2015

Special Topic: Mobile Crowd Sensing and Collaborative Computing Mechanism

- 02 Quality Measuring and Assurance
for Mobile Crowd Sensing ZHAO Dong, MA Huadong, LIU Liang
- 06 Crowd Sensing and Service
in Internet of Vehicles LI Jinglin, YUAN Quan, YANG Fangchun
- 10 Experimental Incentive Mechanisms for Crowd Sensing LIU Chi
- 14 Collaborative Computing Mechanism of Nearfield
Mobile Smart Devices SONG Zheng, Eli Tilevich
- 19 Key Technologies of Opportunistic Crowd
Sensing Network XIONG Yongping, LIU Wei, LIU Zhuohua
- 23 Internet of Things and Participatory Sensing
for Smart Cities in Europe Edith Nagi, TENG Yining, WANG Wendong
- 27 Dedicated Short Range Communications in Networked Vehicles TIAN Daxin
- 31 Techniques for Fingerprint Based Indoor Localization LI Dong, ZHANG Baoxian
- 35 Simulation Method on Intelligent
Transportation System DING Yu, ZHAO Tingting, LIU Yi

Expert Forum

- 39 Research Progress and Innovation Applications
of Software-Defined Optical Networks ZHANG Jie
- 45 Standardization Development of Software-Defined
Transport Networks ZHANG Haiyi, ZHANG Guoying, XU Yunbin

Enterprise View

- 49 The Trend towards Flatness in M-ICT WANG Dezheng, WANG Chengzhong, JI Xiaowei

Technology Perspective

- 54 Defense of Massive Anomalous Traffic Attack LIU Dongxing, HE Ming, WANG Laifu

敬告读者

本刊享有所发表文章的版权,包括英文版、电子版、网络版和优先数字出版版权,所支付的稿酬已经包含上述各版本的费用。

未经本刊许可,不得以任何形式全文转载本刊内容;如部分引用本刊内容,须注明该内容出自本刊。

邮购须知

本刊常年办理邮购订阅业务,欢迎订阅。订阅方法:从邮局汇款至编辑部,在汇款单上将订阅者的详细地址、收件人姓名及联系电话填写清楚,并在汇款单附言栏注明所购杂志期次及数量。



王文东

北京邮电大学软件学院党委书记兼副院长,中国计算机学会、中国通信学会高级会员,北京通信学会理事,国务院“政府特殊津贴”获得者,教育部“新世纪人才计划”获得者;当前的主要研究领域为未来互联网体系结构和关键机制、移动互联群智感知与协同计算、网络及业务应用的服务质量保障技术等;曾获国家科技攻关重大成果奖2项、省部级科技进步奖多项;先后主持国家科技攻关重点项目、国家“973”项目课题、国家自然科学基金项目、国家“863”计划项目和国际合作项目多项;近年来发表SCI、EI检索论文200余篇,持有国际发明专利和中国发明专利20余项。

专题导读

移动群智感知和协同计算正在成为目前移动互联网技术领域的一个新的研究热点。大量的携带有多种传感器的智能手机、各种智能穿戴设备、车载智能感知设备在一定范围内的移动,形成了一种有别于传统固定传感器网络的新型移动感知网络。在这种网络中,移动的智能感知节点可以经过移动的人或车携带在物理世界中各处移动,因而更容易实现对整个物理世界的大范围覆盖和广泛的信息采集。这些节点也可以通过移动互联网进行协作,实现任务的协同和感知信息数据的采集及计算,从而完成大规模复杂的感知和计算任务。这种新型移动感知网络具有成本低、动态性强和扩展性好的特点,可应用于环境监测、智能交通、公共安全等应用领域。

移动群智感知和协同计算就是利用人们现实生活中广泛使用的各种移动智能终端上越来越多的感应设备,将物理环境中的相关数据信息采集后向应用后台/云端上报,由后台/云端进行协同计算形成结果,从而解决现实世界中的问题。而在这个信息获取和计算的过程中,如何用最少的投资获取最多的信息,如何部署较少的信息采集点来达到最大的全局信息覆盖,如何根据采集到的离散信息构造完整的全局信息描述,如何评价和度量采集的感知信息质量等一系列问题均是目前理论研究的重点和技术开发的关键,而这些关键技术的实际应用和示范也是当前该领域的研究热点。

这期论文凝聚了各位专家作者的研究成果和工作经验,希望能给读者带来有益的启示与参考。在此,对各位作者的积极支持和辛勤工作表示衷心的感谢!

王文东

2015年10月21日

2015年第1—6期专题计划

1

自组织异构小基站网络

张平 北京邮电大学网络技术研究院 执行院长

2

移动云计算和云服务

唐雄燕 中国联通网络技术研究院 首席专家

3

移动互联网安全技术

刘建伟 北京航空航天大学电子信息工程学院 教授

4

软件定义光网络

迟楠 复旦大学信息科学与工程学院 教授

5

虚拟运营业务和网络

续合元 中国信息通信研究院技术与标准研究所 总工

6

移动群智感知和协同计算

王文东 北京邮电大学软件学院 副院长

移动群智感知质量度量与保障

Quality Measuring and Assurance for Mobile Crowd Sensing

赵东/ZHAO Dong
马华东/MA Huadong
刘亮/LIU Liang

(北京邮电大学 智能通信软件与多媒体
北京市重点实验室, 北京 100876)
(Beijing Key Lab of Intelligent
Telecommunications Software and
Multimedia, Beijing University of Posts and
Telecommunications, Beijing 100876,
China)

目前, 物联网已经进入深度发展阶段, 对物理环境更大规模、更复杂、更全面的感知需求越来越强烈。在过去十多年内, 人们主要关注以无线传感网为代表的固定部署感知网络, 用来对森林、海洋、火山等自然环境进行监测。然而, 这种传统感知模式的网络部署和维护成本很高, 不适宜进行大规模的城市感知。近几年来, 人们开始关注一种新型物联网感知模式, 即“移动群智感知^[1-3]”, 或者叫“以人为中心的感知^[4]”、“参与感知^[5]”、“机会感知^[6]”等。这种感知模式的产生一方面是由于现实世界中存在着大量的移动感知节点, 例如, 具有多达十几种传感器的智能手机、各种可穿戴设备(如智能手环、智能手表、智能眼镜等)、车载感知设备(如全球定位系统(GPS)、第2代车载自动诊断系统(OBD-II)、车载二氧化碳传感器等)或其他便携式电子设备(如Intel的空气质量传感器)。这些

收稿日期: 2015-09-06
网络出版时间: 2015-10-27
基金项目: 国家自然科学基金
(61332005); 中国博士后科学基金
(2015M570059)

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2015) 06-0002-004

摘要: 认为移动群智感知网络的感知质量包含时空覆盖质量和数据质量两个层面, 前者关注是否能采集到足够多的数据, 而后者关注数据是否足够准确和可信。分别从这两个层面讨论了感知质量度量和保障的方法, 对移动群智感知网络的部署和应用具有一定的指导意义和实用价值。

关键词: 移动群智感知; 感知质量度量; 感知质量保障

Abstract: The sensing quality of a mobile crowd sensing (MCS) network can be assessed in terms of time-space coverage and data quality. Time-space coverage focuses on whether enough data can be collected, and the data quality focuses on whether the data is sufficiently accurate and credible. We discuss sensing quality measurement and assurance from the two aspects that are significant for guiding the deployment and application of an MCS network.

Keywords: mobile crowd sensing; sensing quality measuring; sensing quality assurance

感知节点通常由移动的人或车携带, 因而更容易实现对整个城市的覆盖, 我们将其称之为“移动感知”。另一方面, 最近学术界和工业界流行一种“众包”思想, 它是一种新的分布式的问题解决模式, 就是将一个复杂的问题分解成很多个简单的问题, 然后外包给大量的普通用户来协同完成。于是, 移动感知与众包思想的结合, 就产生了这种新型物联网感知模式——移动群智感知, 它将普通用户的移动设备作为基本感知单元, 通过移动互联网进行有意识或无意识的协作, 实现感知任务分发与感知数据收集, 完成大规模的、复杂的社会感知任务^[7]。

与传统的固定部署感知模式相比, 移动群智感知有三大优点: 网络部署成本更低、网络维护更容易、系统更具有可扩展性^[7], 因此更适合完成一些大规模的、复杂的感知任务,

可应用于城市环境监测、智能交通、城市管理、公共安全等领域。

然而, 很少有人关注移动群智感知网络的感知质量问题。我们认为, 移动群智感知网络的感知质量包含时空覆盖质量和数据质量两个层面, 前者关注是否能采集到足够多的数据, 而后者关注数据是否足够准确和可信。

然而, 在移动群智感知模式下, 用户的属性、位置、情境等方面的动态变化性使得我们很难对时空覆盖质量进行度量和保障; 而用户感知设备、感知方式、主观认知能力、参与态度等方面的异构性也使得我们很难对感知数据的质量进行相关的度量和保障。

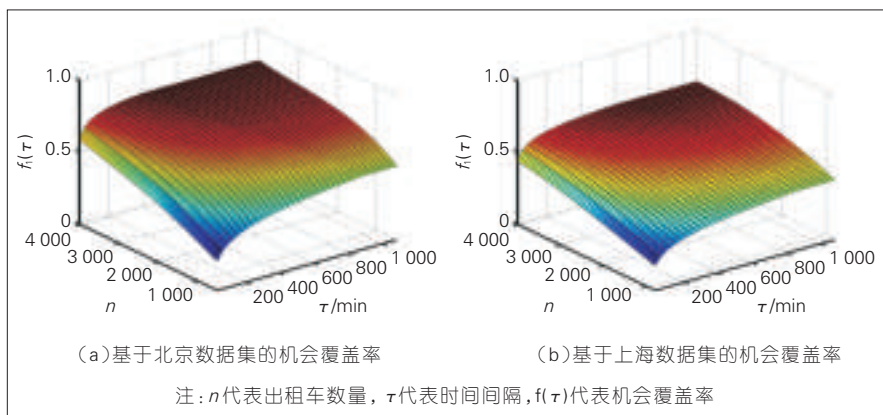
因此, 文章分别从时空覆盖质量和数据两个层面讨论感知质量度量与保障的问题以及对应的解决方法, 对移动群智感知网络的部署和应用

具有一定的指导意义和实用价值。

1 时空覆盖质量度量与保障

随着移动感知设备的持有者随机地到达城市的各个地方,这些节点即可随时随地进行感知。这种移动性对许多应用的感知质量起着重要的作用。以城市空气质量监测为例,假定我们计划使用大量的出租车携带空气质量传感器,对北京的五环内区域进行监测,构建每天早上6点到晚上12点时间段的空气质量感知地图。事实上,有两个基本问题有待解决:怎样度量这些出租车提供的感知机会以及它们能达到的感知质量?需要部署多少辆出租车能达到所需的感知质量?

首先,我们从时间维度来考虑。在传统的固定部署的传感网中,研究者常常使用覆盖率来度量感知质量,通常需要监测区域内每个点总是被至少一个传感器节点覆盖,这种网络的覆盖质量一般不会随着时间而改变。然而,由于人的移动性,移动群智感知网络的覆盖质量是动态变化的。考虑到感知覆盖的时空变化因素,我们将整个监测区域划分为多个网格单元,将每个网格单元被连续覆盖两次的间隔时间作为一个新的度量指标,称之为覆盖间隔时间,用来描述每个网格单元被覆盖的机会。通过对北京和上海两个城市的出租车移动轨迹数据集进行分析,我们发现覆盖间隔时间服从截断的帕累托分布。进一步地,我们提出一个称作“机会覆盖率”的度量指标来表示城市监测区域的整体感知质量与节点个数之间的关系,其定义为在特定时间间隔内能被覆盖的网格单元占所有网格单元的比例的期望值,可以表示成关于覆盖间隔时间分布的函数。图1显示基于北京和上海两个出租车移动轨迹数据集的机会覆盖率与节点个数和时间间隔呈单调递增关系。于是,我们可以推导出至少需要多少节点能使在特定的时间间

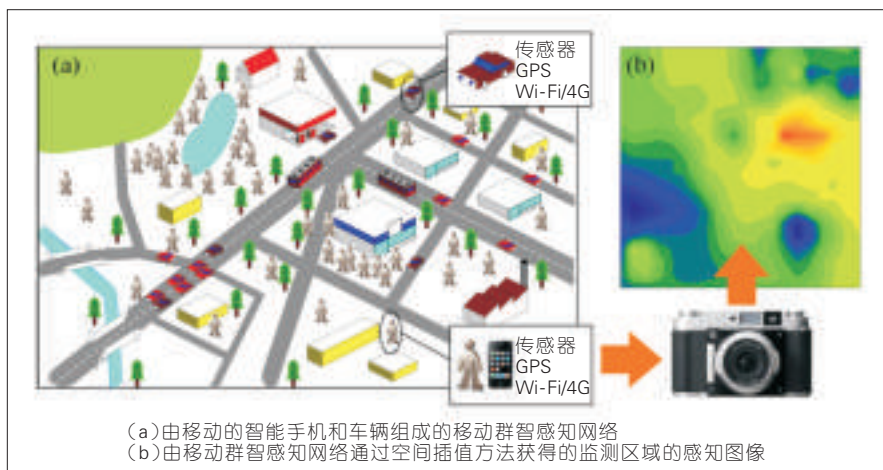


▲ 图1 基于北京和上海两地出租车移动轨迹数据集的机会覆盖率

隔内机会覆盖率不小于指定的阈值。例如,根据对两个出租车移动轨迹数据集的分析,我们需要分别在北京和上海900平方千米的区域内至少部署1700辆和1900辆出租车,才能保证其在1个小时的时间间隔内机会覆盖率不小于50%。更详细的分析方法和结果请见文献[8]。尽管不同城市可能需要不同的节点个数满足所需的机会覆盖率,我们提出的模型和方法可以对网络规划问题提供一般性的指导。

其次,我们从空间维度考虑。一个监测区域的环境现象(如PM2.5浓度、二氧化碳浓度、噪音等)可以表示为一个二维信号,类似于一个图像。在大部分环境监测应用中,移动感知节点将采集到的感知数据发送到数据中心,然后数据中心汇集现有数

据,并利用空间插值技术估计未知数据,从而得到一个完整的感知地图,相当于一个感知图像。如图2所示,移动群智感知网络就像一个“城市摄像机”,而每个移动感知节点就相当于这个摄像机的每个“像素”。在传统的图像系统中,分辨率是度量图像质量的一个重要指标。从这个概念得到启发,我们利用群智感知分辨率作为指标来度量感知图像的质量。分辨率越高,则代表所部署的移动群智感知网络越能准确地捕获到环境现象的变化。然而,与传统数字图像系统中的分辨率定义不同,我们不能简单地像素数(即移动感知节点个数)看做群智感知分辨率。这是因为,数字摄像机的像素会形成一个精细的网格,而城市摄像机的像素在城市中则呈现分散化的动态化分布。



▲ 图2 基于移动群智感知网络的城市环境监测

为了解决这个问题,我们首次提出“城市分辨率”这一新的指标来度量城市感知图像的质量。简单地说,我们分别基于移动群智感知网络和 $n \times n$ 网格化部署的感知网络采集到的部分感知数据,利用空间插值技术来估计未知数据,得到两个完整的监测区域感知数据矩阵,然后利用相关系数来评估两个矩阵的相似性,如果它们的相似性足够高,则认为该移动群智感知网络的城市分辨率是 $r=n \times n$ 。我们分别使用3种不同变化度的二维信号,通过蒙特卡罗仿真研究了分辨率 r 与移动感知节点个数 s 之间的关系,发现它们之间存在一个近似的线性关系: $r=\alpha^2 s$,其中,在真实的人或车移动模型下, α 的参考值范围是[0.5,0.6]。一方面,基于该线性关系,我们就可以根据移动群智感知网络的节点个数推出所能达到的感知质量;另一方面,我们也可以反过来推出,需要部署多少移动感知节点能达到所需的分辨率需求。同样以北京和上海两个出租车移动轨迹数据集为例,图3显示了其城市分辨率分布情况。可以看出,人或车密集分布的区域具有更高的城市分辨率,例如北京的中心和东部区域,以及上海的中心和西南区域。更详细的介绍请见文献[9]。

上面提到的方法主要适用于城

市环境监测、交通拥堵状况和道路健康状况监测等需要对整个城市的每个区域进行连续监测的大规模城市感知应用。与此不同,Chon等人则研究了“以地方为中心”的移动群智感知应用的覆盖质量^[10]。所谓以地方为中心的应用,就是自动识别或跟踪用户每天访问的不同地方(如咖啡馆、超市、办公室、家、学校等),来帮助用户认识和分析自己的日常行为模式,或者获取基于位置的搜索和信息推荐等服务。构建和部署这些应用的前提是对用户访问的每个地方采集足够的感知数据(如GPS位置、声音、图像、光照、Wi-Fi信号指纹等)来建立各种模型。这里的覆盖问题就是:多长时间内多少用户采集数据能覆盖到多少人们经常访问的地方?为此,Chon等人在韩国招募了85人并在两个月时间内收集了大约4.8万次用户访问不同地方的感知数据然后进行分析,得到了一些有趣的结果:仅仅利用少量的用户(85人),就能对人们常去的地方提供高覆盖率(最流行的地方的15%);用户访问地方的个数服从幂律分布,基于该模型可估计出需要多少用户能达到所需的地方覆盖率;用户对泄露个人隐私的担心并没有带来太大的影响,例如,用户允许在93%的食物相关的地方收集声音数据,在82%的所有类型

的地方收集声音数据。

以上方法主要用来度量时空覆盖质量,而保障时空覆盖质量则需要综合利用多种方法:(1)可以将固定部署感知模式和移动群智感知模式相结合,在移动用户很难到达的空白区域,通过优化部署固定的感知网络来保障时空覆盖质量;(2)利用空间插值、压缩感知等方法来弥补感知数据的缺失,也可以利用感知现象的时空相关性,或者天气、交通、重大事件等外部因素与感知现象的关联性,采用机器学习的方法来实现未知数据的准确估计;(3)设计合适的激励机制来鼓励更多的用户来参与这些感知活动。

2 感知数据质量度量与保障

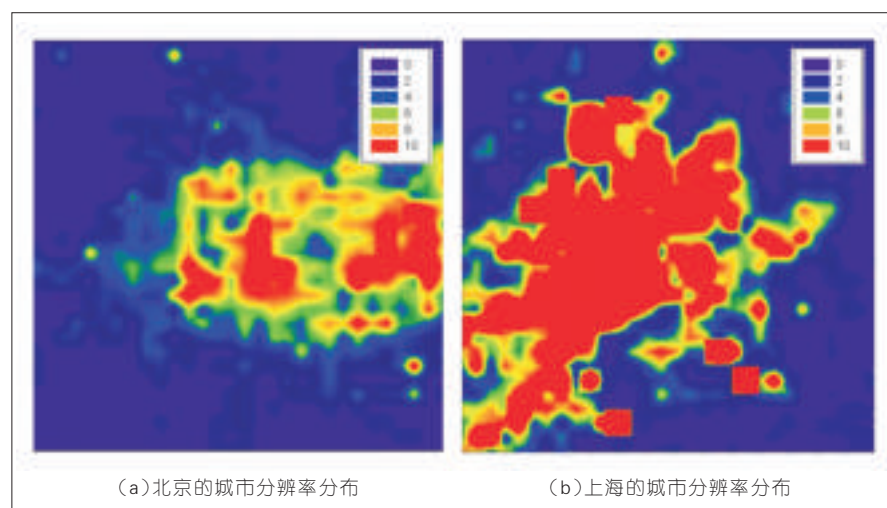
感知数据质量受很多方面因素的影响,主要包括:

- 用户所使用的感知设备类型。例如,价格高昂的高端手机的传感器一般比那些价格低廉的低端手机的传感器精度要高。
- 用户采集数据的环境和方式。例如,把手机拿在手里采集环境噪声的数据质量比把手机放在衣服口袋或手提包里采集环境噪声的数据质量高。
- 用户的主观认知能力。例如,基于移动群智感知的图像搜索应用依赖用户对图像的识别能力,而不同用户对同一图像的认知可能是不一样的。

• 用户的参与态度。例如,有的用户会严格按照要求来采集数据,而有些用户会比较随意,甚至有些恶意用户会上传虚假伪造的数据。

以上因素都会造成感知数据质量的参差不齐。下面,我们首先根据感知任务或对象的类型来介绍几种典型的感知数据的质量度量和保障的方法:

• 面向二进制型任务的方法。二进制型任务的结果只有两种。事件检测是一种典型的二进制型任务,



▲ 图3 基于北京和上海两地出租车移动轨迹数据集的城市分辨率分布

即判断某种事件是否发生。最简单的方法是投票,即当判定事件发生的用户数量超过特定阈值的时候,才最终确定事件发生。

• 面向多类别型任务的方法。多类别型任务的结果多于两种,例如,用户对某个事物的评价可以打分为1~5的某个分数。投票法虽然也可以用来度量结果的不确定性,但还不够准确。最大期望法是一种常用的更准确的方法,它采用迭代的方式工作,即首先根据用户的感知数据来估计用户的可靠性,然后根据用户的可靠性来估计最终的任务结果,并不断重复上述过程。

• 面向连续信号型任务的方法。对区域环境现象的连续监测属于连续信号型任务。Koutsopoulos针对这类任务提出了一种感知数据质量度量方法,即计算某个用户提交的历史数据与所有用户数据的平均值之间的累积误差作为该用户的感知数据质量指标^[11]。

以上3种方法的基本思想都是发挥集体的智慧来抵御个人数据不准确的影响,从而提高整体数据的可靠性。然而,这些方法并不能充分应对恶意用户的攻击。Mousa等人总结了串谋攻击、女巫攻击、GPS欺骗等11种可能的恶意用户攻击方式^[12]。面对这些攻击,一般有两类方法解决感知数据的可信性问题:

• 可信平台模块。这类方法是在用户的移动感知设备设置专门的硬件模块,保证用户感知和上报到数据中心的数据是由真实的、授权的感知设备所采集,还可以采用签名和硬件加密机制来保护感知数据只能由授权用户访问。与此类似,我们基于“安全数码相机”的思想,利用MD5算法和基于随机数的加密算法设计了一个图像篡改检测方法来保障用户上传图像数据的真实性^[13]。

• 信誉系统。这类方法是评估和记录用户的历史感知数据的可信性,并将其用在未来的系统交互过程

中,对于信誉度低的用户感知数据采用的可能性也比较低,同时也会采用相应的激励或惩罚措施。贝叶斯系统是一种常用的具体方法^[14]。

3 结束语

作为物联网的新型感知模式,移动群智感知促进了大量创新应用的出现,同时也面临一系列新的问题与挑战。文章分别从时空覆盖质量和数据质量两个层面分析了移动群智感知网络中感知质量度量与保障的各种问题,并提供了一些对应的解决方法。随着相关技术的不断进步和成熟,移动群智感知质量度量与保障将对移动群智感知网络的快速发展和广泛应用提供重要的支撑作用。

参考文献

- [1] GANTI R K, YE F, and LEI H. Mobile Crowdsensing: Current State and Future Challenges [J]. IEEE Communications Magazine, 2011, 49 (11): 32–39
- [2] MA H D, ZHAO D, and YUAN P. Opportunities in Mobile Crowd Sensing [J]. IEEE Communications Magazine, 2014, 52 (8): 29–35
- [3] 刘云浩. 群智感知计算[J]. 中国计算机学会通讯, 2012, 8 (10): 38–41
- [4] CAMPBELL A, EISENMAN S, LANE N, et al. The Rise of People-Centric Sensing [J]. IEEE Internet Computing, 2008, 12 (4): 12–21
- [5] BURKE J, ESTRIN D, HANSEN M, et al. Participatory Sensing [C] // Workshop on World-Sensor-Web, Co-Located with ACM SenSys, Boulder, Colorado, USA, 2006: 1–5
- [6] LANE N, EISENMAN S, MUSOLESI M, et al. Urban Sensing Systems: Opportunistic or Participatory? [C] // in Proceedings of HotMobile, Silverado Resort, Napa Valley, USA, 2008: 11–16
- [7] 赵东,马华东. 群智感知网络的发展及挑战[J]. 信息通信技术, 2014(05): 66–70
- [8] ZHAO D, MA H D, LIU L, and LI X Y. Opportunistic Coverage for Urban Vehicular Sensing [J]. Computer Communications, 2015: 71–85. doi:10.1016/j.comcom.2015.01.018
- [9] LIU L, WEI W, ZHAO D, and MA H D. Urban Resolution: New metric for Measuring the Quality of Urban Sensing [J]. IEEE Transaction on Mobile Computing, 2015(09): 21–25. doi: 10.1109/TMC.2015.2404786
- [10] CHON Y, LANE N, KIM Y, et al. Understanding the Coverage and Scalability of Place-Centric Crowd Sensing[C]// in Proceedings of ACM UbiComp, Zurich, Switzerland, 2013: 3–12
- [11] KOUSOPOULOS I. Optimal Incentive-Driven Design of Participatory Sensing Systems[C]// Proceedings of IEEE

- INFOCOM, Turin, Italy, 2013: 1402–1410
- [12] MOUSA H, MOKHTAR S B, HASAN O, et al. Trust Management and Reputation Systems in Mobile Participatory Sensing Applications: A Survey [J]. Computer Networks, 2015, 90. doi:10.1016/j.comnet.2015.07.011
- [13] QIN T, MA H D, ZHAO D, et al. Crowdsourcing Based Event Reporting System Using Smartphones with Accurate Localization and Photo Tamper Detection [C]// in Proceedings of BIGCOM, Taiyuan, China, 2015: 141–151
- [14] TANAS C, HERRERA- JOANCOMARTI J. When Users Become Sensors: Can We Trust Their Readings? [J]. International Journal of Communication Systems, 2015, 28 (4): 601–614

作者简介



赵东, 北京邮电大学博士后; 主要研究方向为物联网、群智感知、无线传感网、机会网络等; 已发表论文20篇。



马华东, 北京邮电大学教授、博士生导师、计算机学院执行院长, 智能通信软件与多媒体北京市重点实验室主任, 国家杰出青年科学基金获得者, 教育部长江学者特聘教授, 国家“973”计划项目“物联网体系结构的基础研究”首席科学家; 主要研究方向为多媒体系统与网络、物联网与传感网; 主持完成20余项科研项目; 已发表论文200余篇。



刘亮, 北京邮电大学副教授、博士生导师; 主要研究方向为物联网与移动计算; 主持和参加基金项目10余项; 已发表论文60余篇。

车联网群智感知与服务

Crowd Sensing and Service in Internet of Vehicles

李静林/LI Jinglin
袁泉/YUAN Quan
杨放春/YANG Fangchun

(北京邮电大学 网络与交换技术国家重点
实验室, 北京 100876)
(State Key Laboratory of Networking and
Switching Technology, Beijing University of
Posts and Telecommunications, Beijing
100876, China)

车联网(IoV)是一种基于多人、多机、多车、环境协同的可控、可管、可运营、可信的开放融合网络系统,其通过先进的信息通信与处理技术,对人、车、网络通信和道路交通基础设施等环境元素的大规模复杂静态/动态信息进行感知、认知、传输和计算,解决泛在异构移动融合网络环境中智能管理和信息服务的可计算性、可扩展性和可持续性等问题,最终实现人、车、环境的深度融合^[1-2]。群智感知的核心思想是通过感知个体信息,继而挖掘群体信息,实现对个体或群体的泛在化服务^[3]。从车联网和群智感知的内涵可见,群智感知是车联网服务的核心特征之一。

相比于普通移动设备,车联网群智感知会有更多优势。首先,车辆的移动性更强,感知的覆盖范围更广,且车载设备没有严格的能源约束,车辆中可装载复杂的传感器及高性能的数据处理、存储和无线通信设备。其次,车联网提供的车与车(V2V)、

收稿日期: 2015-09-05
网络出版时间: 2015-10-21
基金项目: 国家高技术研究发展(“863”)计划(2012AA111601); 国家自然科学基金(61272521)

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2015) 06-0006-004

摘要: 移动群智感知与协同计算是车联网的核心特征之一。通过对集中式和分布式两种车联网群智感知框架的结构、工作过程、优势与问题的分析,提出了支持车联网群智感知与服务的混合式框架模型。混合式模型融合集中式在感知效率和分布式在信息效用方面的优势,解决了车联网群智感知在高效性与实时性之间的矛盾,为移动群智感知和协同计算拓展了新的研究领域。

关键词: 车联网; 群智感知; 车载自组织网

Abstract: Mobile crowd sensing and coordinated computing are core features of the Internet of Vehicles (IoV). In this paper, we elaborate on the architecture, operation procedures, and advantages and disadvantages of both centralized and distributed crowd sensing frameworks in IoV. We propose a novel hybrid framework that facilitates crowd sensing and service in IoV. The hybrid framework combines the sensing efficiency of a centralized framework with the information utility of a distributed framework. This resolves the contradiction between efficient sensing and real-time sensing in IoV. The hybrid framework expands the field of research for mobile crowd sensing and coordinated computing.

Keywords: Internet of vehicles; crowd sensing; vehicular ad-hoc networks

车与路边基础设施(V2I)等通信模式,拓展了群智感知的能力和形式。最后,车辆的行驶受道路和交通条件约束,且具有较强的规律性,使得其轨迹容易预测,有利于感知任务的合理分配。

考虑到车辆作为交通工具的基本属性,车联网群智感知特别适用于交通安全与效率相关要素的感知。相较于传统的部署于重要路口和断面的地感线圈、摄像机等交通监测手段,车联网群智感知使得交通监测的覆盖区域更完整,时空分辨率灵活可调,并使重点区域可以获得更高精度和分辨率的感知数据,使得从交通感知到信息服务的过程更敏捷与实时。因此,车联网群智感知与服务是群智感知中感知与服务一体化的具

体体现。

1 集中式的车联网群智感知与服务

集中式感知是车联网群智感知的基本模式,由装载传感器的车辆节点和数据处理中心构成,如图1所示。其中,参与群智感知的车辆有专业和普通之分,专业车辆为感知任务发布机构(如交管中心、气象局、环保局,以及车载导航服务提供商等)所拥有,因此其行驶轨迹可控,且感知数据质量高,但数量较少;而更大规模的是普通车辆(如出租车、公交车,甚至是一些私家车等),其行驶轨迹取决于驾驶人的实际需求,感知数据质量也参差不齐。车辆收集的城市大数据,将交由数据处理中心进行集

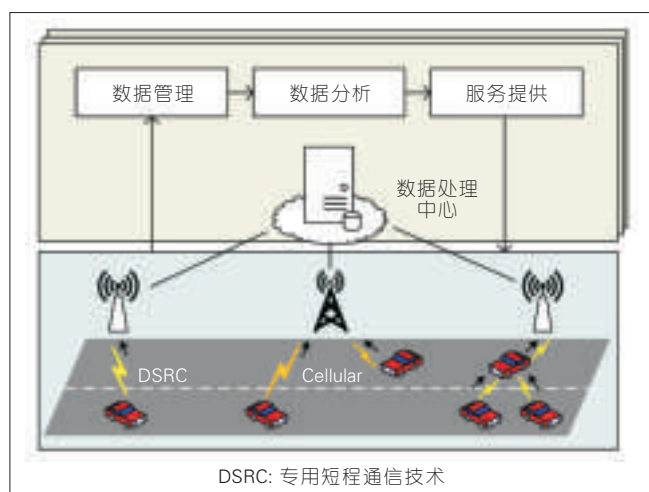


图1
集中式的车联网群智感知与服务

中管理与分析,并以信息服务的方式反作用于物理世界,具体过程如下:

- 数据收集。车载传感器以固定的时空间隔感知物理世界,并对感知数据进行初步处理,在车载存储器暂存。当其进入路侧的无线网络接入点或公众移动通信网基站覆盖范围时,将数据传输至数据处理中心。

- 数据处理。数据处理中心拥有强大的计算和存储资源,负责对感知数据进行管理、分析及服务提供,即特定领域下的城市计算。其中数据管理技术包括流数据管理、图数据管理、轨迹管理和时空索引等;数据分析即大数据背景下的数据挖掘、机器学习和可视化等技术,旨在监控城市运行状态,发掘潜在异常事件,预测城市要素发展态势;服务提供则涉及服务计算的相关技术。

集中式的车联网群智感知是一种众包机制。在初期的研究中,学者们提出了各种集中式感知的应用场景,如CarTel^[4]将车辆作为探针感知交通延误,并发现交通拥塞区域;Pothole Patrol^[5]利用安装在车辆上的三轴加速度传感器来识别路面凹坑;Hu等人^[6]通过向车辆安装附加传感器进行城市气象和空气质量的细粒度监测;Zhu等人^[7]以及OpenStreetMap利用车辆的全球定位系统(GPS)轨迹来绘制电子地图,这为自动驾驶所需厘米级高精度地图的绘制提供了

思路。在这些场景中,集中式车联网群智感知主要用于城市复杂环境中长期大规模非实时或准实时的自然社会环境监测。

感知质量与效率是评价一个感知系统的重要指标。虽然参与群智感知的大部分是非专业车辆,单一车辆感知精度难以保证,然而数据处理中心可以利用全体采样数据的关联关系进行数据验证与修复,从而去粗取精、去伪存真,在感知资源较为充裕的地区能够保证群智感知的感知质量,但同时由于依赖大规模数据融合处理,其感知的实时性不高。另外,由于非专业车辆行驶轨迹取决于驾驶人的实际需求,会导致感知资源的时空分布不均匀。感知资源过剩的区域(如商业区、居民区等)存在数据冗余,浪费感知、通信和计算资源;而感知资源稀缺的区域(夜间、城乡结合部等)存在数据缺失,进而影响感知质量。针对数据冗余问题,在满足感知质量的前提下可选择尽量少的车辆参与感知,以有效提高感知效率^[8]。针对数据缺失问题,插值、主成分分析、矩阵和张量补全^[9-10]等方法可以充分利用感知数据的时空相关性及潜在演变模式实现缺失数据较精准的估计。使用动态激励机制^[11]来诱导车辆的行驶轨迹与感知行为,实现感知资源的重分配,是一种主动解决数据冗余和缺失问题的途径。

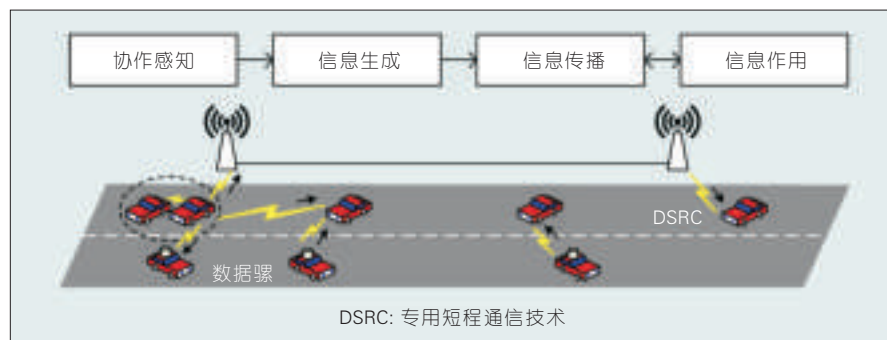
集中式车联网群智感知与服务是目前应用最为广泛的车联网服务模式,适用于非实时或准实时的车联网群智感知与服务。但由于各感知任务发布机构拥有独立的数据处理中心,缺少公共感知服务平台,导致系统与数据的复用率低,在多个机构的数据需求相似时,存在严重的冗余现象,且多源数据相互增强的实施成本很高。

2 分布式的车联网群智感知与服务

分布式感知是车联网群智感知的一种独特模式。在这种模式下,车辆既是感知节点,也是服务节点,车载计算能力将感知数据进行处理,并通过专用短程通信技术(DSRC)、D2D等通信技术,用自组织的方式进行信息传播,形成感知数据收集与利用的局域循环,强调感知与服务的准确性与实时性。分布式感知不依赖数据处理中心,仅由车辆节点之间通过有意识地协作或无意识地协同来完成,具体包括协作感知、信息生成、信息传播、信息作用4个阶段,如图2所示。

- 协作感知。分布式感知中的数据采集与处理都由车辆完成,车辆间通过主动组织成“簇”或“社区”,有意识地交换不同粒度的数据及知识,通过分布式数据处理,逐步迭代收敛形成对感知内容准确、全面、一致的描述。除此之外,车辆间也可以通过无意识地交流或互动来调整各自的感知结果,如车辆根据自己所掌握的感知数据进行的行为决策(减速、避让等),会通过贝叶斯方法逐步形成对自动驾驶的共识。

- 信息生成。由合适车辆在满足触发条件时生成用于描述感知内容的具有情境的语义化信息,包括时间、位置、事件类型及程度等。根据自动驾驶和辅助驾驶等应用场景的不同,信息应被分别语义化为车辆可理解的形式和人可理解的形式。



▲ 图 2 分布式的车联网群智感知与服务

• 信息传播。信息通过 V2V 及 V2I 的方式传播至有信息消费需求的车辆。信息的传播方法则根据传播的范围、时延,以及自组织网络的节点可达性等约束条件有不同选择,如单播、广播、地理广播、利用数据骡载运数据的延迟容忍传播等。

• 信息作用。信息以提示、通告或警告等形式出现,对驾驶员的行为或者自动驾驶车辆的行为产生反馈。信息作用与信息传播是密不可分的两个过程,信息通常是边传播边作用,而信息作用的有效性又为信息传播范围的确定提供了依据。

分布式的车联网群智感知依托车载自组网,适用于实时性要求高的局域感知任务,强调从数据采集到信息服务的快速实施,特别关注交通安全与效率相关事件的感知,如急刹车、碰撞告警,障碍、事故告警等。同时一些研究工作也在尝试扩展应用场景,如 TrafficView^[12]以逐跳信息聚合的方式传输周围车辆的运动状态,从而扩大驾驶员的视野范围。MobEyes^[13]提出了分布式感知、存储、检索的典型框架,它使用车载摄像机进行城市中异常事件的监控。Caliskan 等人^[14]提出车辆可从停车场的基础设施获取停车位情况,并通过车辆协作形成某区域内停车位情况的综合描述。车载信息传输协议(VITP)^[15]向下游车辆发送查询请求以获取前方交通状况,从而实施动态路径规划。StreetSmart^[16]则研究交通拥堵的自动发现机制,有利于上游来

车的分流,缓解交通拥堵等。

在感知质量方面,车辆通过协作可以解决单一车辆感知不精确、不完整、不一致、不及时的问题,但是在多车协作过程中却引入新的信息效用问题。信息效用是信息对于其所有接收者有效性的综合评估,涉及信息的传播方式、传播区域、存活时间等。当信息的冗余量少且针对性强时,分布式车联网群智感知的信息效用高。提高信息效用不仅可以增强感知服务效果,也有助于避免信息过载,节约 V2V、V2I 的通信资源。在信息传播过程中,通过对信息的时空有效性实施动态评估,进而确定信息传播的时空范围^[17-18],可以有效提高信息效用。

分布式车联网群智感知与服务虽然保证了信息的实时性与针对性,但其对车联网的渗透率要求很高,当仅有少量车辆具备感知与通信能力时,无法在车辆间形成有效协作,感知和服务质量难以保证。数据采集与服务提供的局域化导致其难以以为大规模的城市感知服务提供支持。

3 混合式的车联网群智感知与服务

为了融合集中式在感知效率和分布式在信息效用方面的优势,可结合上述两种框架的特点并加以优化,形成混合式的车联网群智感知与服务框架,如图 3 所示。一方面,它建立了统一的感知中心提供公共感知服务,整合感知资源管理、任务调度

与数据收集功能。另一方面,它基于“去中心化”方式组织和执行感知任务。混合式车联网感知与服务打通了从感知到服务的全局循环与局域循环,对各种应用场景均有较好的适用性。混合式感知的具体过程如下:

• 注册。车辆通过向感知中心注册开放其感知能力,并通过周期性地向感知中心上报位置,支持统一的感知任务调配。

• 任务发布。任务发布机构根据监测需求,向感知中心提交感知任务,明确任务预算、监测时段和区域、数据精度和时空分辨率等指标。感知中心通过任务预算激励普通车辆贡献感知能力,并通过控制数据精度和时空分辨率达到特殊时段和区域重点监测的目的。

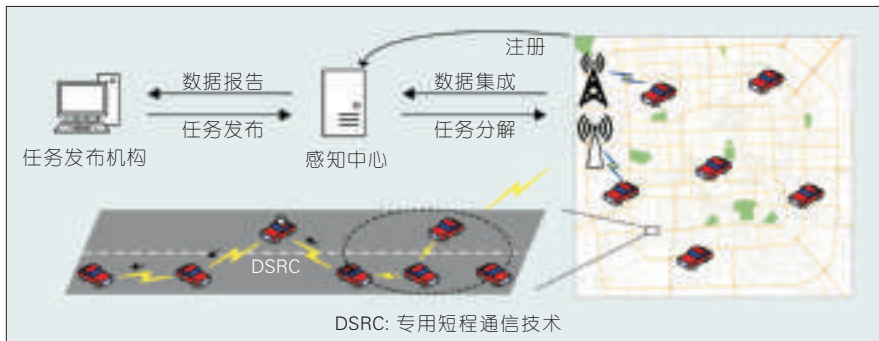
• 任务分解。感知中心根据感知任务需求和感知资源分布情况,将感知任务分解并派发给相应车辆或车辆“社区”,以使用尽可能少的感知资源实现符合要求的感知质量,提高感知效率。感知中心的顶层调度有利于解决感知数据的冗余和感知效率问题。

• 任务执行。车辆和车辆“社区”在感知中心的顶层调度下完成感知任务,并上传感知数据。车辆“社区”的加入有利于提高感知数据的价值密度,解决感知数据信息效用问题,并通过车辆协作提高信息与服务实时性。

• 数据集成。感知中心收集感知数据,并进行融合和增强,以保证感知质量。

• 数据报告。感知中心将具有质量保证的感知数据返回给任务发布机构,最终完成从感知到服务的全局循环。

混合式的车联网群智感知更符合感知即服务的理念,公共的感知中心避免了感知资源的重复建设,能够通过多源群智感知数据融合,有效降低感知数据冗余,提高全局感知数据质量及重用能力。同时,车辆群智协



▲ 图 3 混合式的车联网群智感知与服务

同过程中的语义化信息（如交通拥堵情况）既可用于车辆协同，又可作为高质量感知数据源，进一步提高感知效率。

混合式的车联网群智感知与服务使得感知中心专职完成感知资源的顶层调度，而感知任务的执行细节则由车辆“社区”内自适应地协商。这种全局调度与局部自组织的方式，需要综合考虑车辆分布、车辆各自的感知与计算能力、车辆历史声誉和可获收益等诸多因素。如何寻求这些因素的平衡，不管是对宏观车辆协作关系的建立方法、任务分配方法和资源调度方法，还是对微观的车辆间协作与任务分担方法，都是极具挑战的工作。

4 结束语

车联网群智感知与服务是车联网与移动群智感知这两个新兴技术碰撞的产物。一方面车联网为移动群智感知提供了新的终端类型、网络载体、应用场景、感知与服务模式，是对其感知、认知、传输和计算能力的一次全面升级；另一方面，移动群智感知为车联网中人、车和环境的深度融合提供了感知数据计算方法支撑，是车联网服务基础。文章讨论了车联网群智感知与服务的框架和特点，介绍了典型应用及关键问题，为移动群智感知和协同计算拓展了新的研究领域。

参考文献

[1] 李静林, 刘志瞻, 杨放春. 车联网体系结构及其

- 关键技术[J]. 北京邮电大学学报, 2014, 37(6): 95-100
- [2] YANG F, WANG S, LI J, et al. An Overview of Internet of Vehicles [J]. Communications, China, 2014, 11(10): 1-15
- [3] 陈慧慧, 郭斌, 於志文. 移动群智感知应用[J]. 中兴通讯技术, 2014, 20(1): 35-37. doi: 10.3939/j.issn. 1009-6868.2014.01.008
- [4] HULL B, BYCHKOVSKY V, ZHANG Y, et al. CarTel: A Distributed Mobile Sensor Computing System[C]//Proceedings of the 4th International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, Boulder, Colorado, USA, 2006: 125-138
- [5] ERIKSSON J, GIROD L, HULL B, et al. The Pothole Patrol: Using a Mobile Sensor Network for Road Surface Monitoring[C]// Proceedings of the 6th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, Breckenridge, CO, USA, 2008: 29-39
- [6] HU S C, WANG Y C, HUANG C Y, et al. A Vehicular Wireless Sensor Network for CO₂ Monitoring[C]//Sensors, 2009 IEEE, 2009: 1498-1501
- [7] ZHU Y, LIU X, and WANG Y. Pervasive Urban Sensing with Large-Scale Mobile Probe Vehicles [J]. International Journal of Distributed Sensor Networks, 2013:7-13
- [8] HAMID S A, TAKAHARA G, and HASSANEIN H S. On the Recruitment of Smart Vehicles for Urban Sensing[C]//Global Communications Conference (GLOBECOM), 2013 IEEE, 2013: 36-41
- [9] MENDEZ D, LABRADOR M, and RAMACHANDRAN K. Data Interpolation for Participatory Sensing Systems [J]. Pervasive and Mobile Computing, 2013, 9(1): 132-148
- [10] LI Z, ZHU Y, ZHU H, et al. Compressive Sensing Approach to Urban Traffic Sensing [C]// 2011 31st International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), 2011: 889-898
- [11] JAIMES L G, VERGARA-LAURENS I, and LABRADOR M A. A Location-Based Incentive Mechanism for Participatory Sensing Systems with Budget constraints [C]// 2012 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom), 2012: 103-108
- [12] NADEEM T, DASHTINEZHAD S, LIAO C, et al. TrafficView: A Scalable Traffic Monitoring System[C]// 2004 Proceedings 2004 IEEE International Conference on Mobile Data Management, 2004: 13-26

- [13] LEE U, ZHOU B, GERLA M, et al. Mobeyes: Smart Mobs for Urban Monitoring with a Vehicular Sensor Network [J]. Wireless Communications, IEEE, 2006, 13(5): 52-57
- [14] CALISKAN M, GRAUPNER D, and MAUVE M. Decentralized Discovery of Free Parking Places[C]//Proceedings of the 3rd International Workshop on Vehicular Ad-Hoc Networks, Los Angeles, CA, USA, 2006: 30-39
- [15] DIKAIKOS M D, FLORIDES A, NADEEM T, et al. Location-Aware Services over Vehicular Ad-Hoc Networks Using Car-to-Car Communication [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2007, 25(8): 1590-1602
- [16] DORNBUSH S, and JOSHI A. StreetSmart Traffic: Discovering and Disseminating Automobile Congestion Using VANET's[C]// Vehicular Technology Conference, 2007 VTC2007-Spring IEEE 65th, 2007: 11-15
- [17] REZAEI F, NAIK K, NAYAK A, et al. Effective Warning Data Dissemination Scheme in Vehicular Networks for Intelligent Transportation System Applications[C]// 2013 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems - (ITSC), 2013: 1071-1076
- [18] YUAN Q, LIU Z, LI J, et al. A Traffic Congestion Detection and Information Dissemination Scheme for Urban Expressways Using Vehicular Networks [J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2014, 47(P2): 114-127

作者简介



李静林, 北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室副教授、硕士生导师; 主要研究方向为移动互联网、物联网、车联网等融合网络业务与服务支撑环境; 先后主持或参加国家和省部级科研项目 10 余项; 获得 3 项科研成果奖; 发表 SCI/EI 论文 30 余篇。



袁泉, 北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室在读博士研究生; 主要研究方向为车联网、移动计算与群智感知。



杨放春, 北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室教授、博士生导师, 国家级有突出贡献的中青年专家, 国家杰出青年科学基金获得者, 计算机通信国家级教学团队负责人, IET Fellow; 主要研究方向为融合网络、云计算、车联网、服务计算与大数据技术; 发表 SCI/EI 论文 200 余篇。

群智感知中激励机制实验综述及展望

Experimental Incentive Mechanisms for Crowd Sensing

刘驰/LIU Chi

(北京理工大学 软件学院, 北京 100081)
(School of Software, Beijing Institute of
Technology, Beijing 100081, China)

智能设备(包括智能手机、平板电脑等)不仅可以作为移动设备进行日常通信,而且还因为其本身所含的嵌入式传感器,如加速传感器、数字罗盘、陀螺仪、全球定位系统(GPS)、麦克风、摄像头等,而将其作为强大的感知单元。利用这些传感器使招募普通人来收集和共享感知数据变成了可能,“群智感知”便是基于这一新兴应用发展而来的一个新研究领域^[1]。通过使用上述的嵌入式传感器,普通人作为“参与者”从周围环境中收集多维度的数据并且用现存的通信基础设施分享这些数据^[2]。群智感知已经在诸如医疗保健、社交网络、安全设施、环境检测和公共交通等不同应用领域中显示出它巨大的潜力。比如, Yang等人提出了基于群智感知系统的室内定位方案,任意参与者可以把他们的位置信息上传给服务器,然后那些和他们在同一地点的参与者可以下载这些定位信息进而完成定位^[3]。Massung等人使用群智感知系统^[4]来支持社区环保行动,他们使用自己开发的应用来让参与者承担轻量级的环境数据收集任

收稿日期: 2015-09-20
网络出版时间: 2015-10-29
基金项目: 国家自然科学基金(61300179)

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2015) 06-0010-04

摘要: 通过对激励机制的讨论,认为激励机制是群智感知中最重要的研究内容之一,在保证参与者数量和提高感知数据准确性、覆盖率和及时性上起着不可忽视的重要作用。激励机制与群智感知中其他主要研究问题密切相关,如参与者选择、能耗优化、所收集数据质量优化等,所以此方面近来从实验到理论方案的研究,都是为了提供更综合、全面的激励步骤和保障各方利益。同时,还指出了激励机制在未来面临的一些挑战和机遇。

关键词: 群智感知;激励机制;实验研究;未来展望

Abstract: In this paper, by discussing the experimental studies of incentive mechanisms, we point out that incentive mechanism, one of key research issues in crowd sensing, plays an important role in guaranteeing a stable, optimal group of participants and increasing the accuracy, coverage, and timeliness of the sensing results. As incentive mechanisms are closely related to other important research issues in crowd sensing, such as participant selections, energy optimizations and improving the quality of sensing results, therefore, a considerable amount of research have been conducted recently, ranging from experimental studies to theoretical solutions. These aim to provide more comprehensive incentive procedures and/or protect benefits of different system stakeholders. We also point out some opportunities and challenges of incentive strategies used in crowd sensing.

Keywords: crowd sensing; incentive mechanism; experimental studies; future direction

务。Mason等人设计了一个系统允许野生探索的参与者上传老虎的照片和GPS信息,以用来追踪野生老虎的踪迹^[5]。

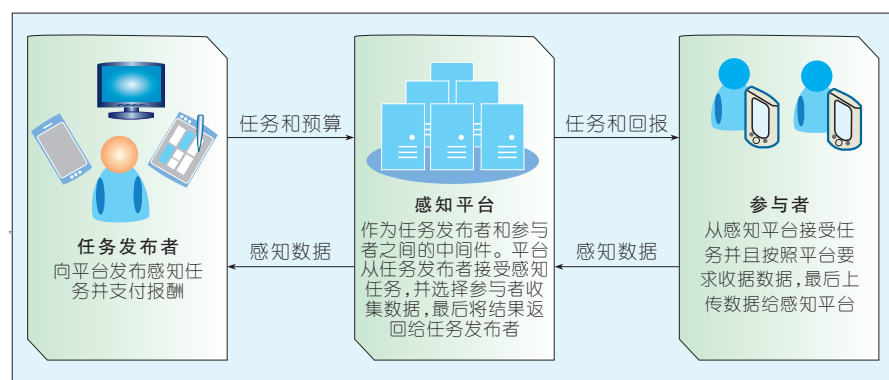
群智感知的一般流程如图1所示,包括3部分:任务发布者、感知平台和参与者。当任务发布者需要一些感知数据,他会把相应的任务要求以及收集数据的预算发送给感知平台,这些要求包括感知数据的精度、粒度、时间和数量等;接着感知平台根据实际需要招募参与者去收集数据并且根据一定的方案给参与者回报;之后参与者把数据传给感知平台,感知平台最后把数据传给任务发

布者。

激励机制作为系统的一个主要方面,也被广泛应用于其他领域。如, Wang等人在自治网络中提出了动态的激励机制^[6]; Zhao等人使用激励协议去鼓励末端节点协作以使P2P网络能提供稳定强大的服务^[7]; Huang等人作为点对点移动网络中的单个人提供激励去鼓励相互协作^[8]。

把报酬奖励引入群智感知系统,有以下两方面的原因:

(1) 参与者参与感知任务可能会产生费用花销,以及移动设备的电量消耗等,报酬奖励可以用来抵消并且鼓励参与者忽略这些成本,进而贡献



▲图1 群智感知系统的一般流程

数据。

(2)不同于那些可以利用汇聚节点完全控制所有节点的传统传感器网络,移动智能设备更私有化,它完全由其所有者控制,什么时候收集数据、持续收集的时间都由智能设备的所有者决定。所以奖励可以用来或多或少地影响所有者的这些决定,继而帮助提高收集数据的整体质量。

Wang 等人也说过如果没有合适的激励机制,那么由私人提供给大众的信息总是不能达到最令人满意的状态^[6]。在群智感知系统中,我们面临两个挑战^[9]:如何去招募并且留住更多的参与者;如何去估计他们的贡献。第1个挑战可以站在参与者的角度去理解,只有在参与者的需求、目的和他们所关注的内容完全被理解之后,激励才能发挥它的作用和效果。也就是说,我们应该如何提供利益、安全和公平的参与机会以维持足够的参与者。第2个挑战需要站在任务发布者和平台的角度去看待,因为不同的任务需要不尽相同的感知持续时间和数据质量^[10],所以如何利用最小的回报去得到更高质量的数据是一个挑战。

文章回顾并讨论了激励机制实验的相关学术成果,然后展望了其研究发展方向。

1 群智感知中的激励实验

文献[11]—[13]研究了不同激励策略对参与者人数和感知平台所收

集到数据的数量所产生影响,是最具代表性的3篇文章。表1总结了这3篇文章的实验信息和结果。

1.1 实验参数

少量现金回报策略^[11]是在真实世界测试激励表现的首步工作之一。研究人在美国的一所大学召集了55名年轻参与者进行了5周的实验。研究人要求参与者在校园里拍垃圾桶中垃圾的照片以查看这所校园的垃圾回收情况。任务完成后参与者通过亚马逊土耳其机器人(MTurk)领取少量现金回报。实验通过参与者上传照片数量的多少衡量他所做的贡献。

噪声地图这个实验召集了49名参与者进行了5周的实验^[12]。参与者用麦克风收集他所在区域的噪声水平并和他的运动轨迹一同上传到感知平台。不同于文献[11]中使用现金激励,研究人使用虚拟积分作为对参与者的回报。实验通过参与者所录声音片段的时长来衡量他所做出的贡献。

文献[13]中的研究人召集了85名参与者进行了近11周的实验。值得

注意的是:不同于文献[11]、[12]中的实验,这个实验中的参与者来自于不同的社会阶层,他们的年龄和文化背景也不相同。实验要求使用参与者手机的麦克风、摄像头和GPS传感器。和文献[11]一样,文献[13]中的实验使用现金作为参与者的回报。实验把参与者上传照片的数量和所录声音片段的时长通过计算的数值来衡量他所做的贡献。

1.2 激励策略

尽管这3篇文献中所提出并使用的激励策略不同,但是他们都使用比较试验的方法显示激励策略的影响。

文献[11]使用的是少量现金回报方式,研究人把所有参与者随机分成A、B、C、D、E 5组。A组的参与者不管他们贡献了多少数据,都会得到固定数量的现金回报;B、C和D组的参与者会依据他们的实际贡献获得回报,但是各个组中每张照片回报的金额不同,B组金额最少,C组中等,D组给的金额最多,E组根据参与者的排名给他们回报。

文献[13]中的所有参与者被分成两组,第一组为奖金支付组(BPG),它会根据参与者的排名给予相应的额外奖励,这类似于文献[3]中的E组;第2组为数据竞争组(DCG)类似于文献[11]中的A组。但是不同于文献[3],E组中竞争失败的参与者会没有任何回报,BPG组中竞争失败的参与者依然会有“底”回报。

在文献[12]中,研究人用两种不同的方案去吸引参与者,即“内部激励”和“外部激励”。内部激励方案为参与者提供的回报是用虚拟积分换取的虚拟成就,而外部激励为参与者

▼表1 3篇文献中的实验信息

文献	参与者人数	持续时间/周	传感器种类	激励策略	结果
[11]	55	5	摄像头和GPS	少量现金	每天3~13.5张照片
[12]	49	7	麦克风和GPS	虚拟积分	每天0.13~0.24 h的声音片段
[13]	85	11	摄像头、麦克风和GPS	大量现金	每天0.83~1.16张照片,每天0.25~0.32 h的声音片段

提供的回报是用虚拟积分作为比较因素换取的名次。在文章中我们把外部激励组称作竞争组,而内部激励组称作非竞争组。

总的来说,这3组实验主要的区别是:文献[3]提供的“按数据份数计量”的现金激励;文献[12]提供的是“按数据份数计量”的虚拟积分激励;文献[5]提供的是有保底回报的大量现金激励。他们的基本特点是都使用比较策略,即用竞争策略去和非竞争策略作一系列的比较以研究激励的性能表现。

1.3 实验结果评估

如表1所示,文献[11]中A—E组日平均数据贡献分别是3、5.57、6.7、4和13.5张照片。A—D组中每天的日贡献量没有太大变化。但值得注意的是:E组的日贡献量变化幅度很大,在开始的几周里参与者贡献量增长迅速,但是最后几周贡献量几乎跌到0点。文献[12]中竞争组和非竞争组的结果非常明显,分别是每天平均0.13 h的声音片段和0.24 h的声音片段。文献[13]的结果显示BPG组的日平均贡献是1.16张照片和0.32 h的声音片段,DCG组日平均贡献是0.83张照片和0.25 h的声音片段。我们接下来根据他们的结果纵向比较并得出如下结论:

(1)关于参与者的贡献。文献[11]和[13]的结果好于文献[12],也就是说现金回报要比虚拟积分回报更能吸引参与者贡献数据。

(2)依据参与者的实际贡献支付回报比给参与者固定回报的方式能获得更多的数据。比如,按数据份数计量激励策略要好于不按份数计量策略。这个现象已经在文献[11]和[13]中得到了证实,文献[13]中对参与者支付了更多的回报但是收到了更少的数据。

(3)具有竞争性质的激励机制比没有竞争性质的激励机制更有效率。但是文献[11]中的E组和文献

[13]中的BPG组有不同的结果:E组的参与者虽然在开始时贡献多,但是许多参与者逐渐退出实验,但是BPG组的参与者虽然贡献的数量不如E组,但是仍然可以看作是相当可观的贡献量。这种结果是由使用的机制造成的。不同于E组,BPG组竞争失败的参与者仍然可以得到保底的回报。所以对竞争失败甚至没有贡献的参与者,给予他们合适的回报有助于未来他们继续参与感知任务。

(4)E组中B、C、D组有一个有趣的事实,随着每张照片所得回报的价钱增多,感知平台可以接受到的数据数量并没有增多。D组参与者每张照片可得到的回报最多,但是他们却贡献的照片数量最少。我们相信这是由实验的设置造成的,由于参与者不允许从一个组调换到另一个组,而且没有新的参与者加入进来,这就造成了组内没有竞争,所以才有这样的结果。

(5)以上3个文献中所涉及的实验没有一个使用了复杂的激励策略,也没有需要较长时间的参与者协商阶段。

2 群智感知中激励机制的展望

群智感知领域未来所面临的挑战挑战和机遇有以下5个方面。

2.1 将任务发布者和平台分离

任务发布者和平台是两个独立的经济实体,应该区别对待。一个任务发布者可能会在就近的不同平台上发布任务,而这些平台可能会基于不同的数据需求(比如所需数据的新旧、粒度的粗细等)招募不同的参与者。根据这些不同的需求,任务发布者需要支付数量不等的费用,用来优化参与者的整体收入。

通过引入不同的平台,他们之间的竞争将成为另一个研究方向。一方面,不同平台通过竞争,从不同任务发布者中接受感知任务。这样以

来,对于每个平台在数据质量的要求下最小化感知成本就成为了一个需要优化问题,此外当平台提供不同质量的感知结果时,如何精确地预算成本也是一个新的挑战;另一方面,不同平台将会通过竞争招募和维持一定数量的参与者。现有的激励策略假设平台占据着主要位置,而地位低的参与者则被要求降低他们的报价来获得参与感知的权利。通过在平台间引入竞争,每个平台在高价格招募更多参与者和低价格增加自己的利润这两者间进行权衡,进而不得不重新分配他们提供给参与者的报价。这样,不仅参与者的利益得到了更好的保障,而且会吸引更多的任务发布者。

2.2 将历史感知数据应用到新任务中

平台可以将收集到的历史数据卖给其他的平台和任务发布者,因为不同任务可能在空间和时间上有所重叠,唯一区别是不同任务要求的数据质量不同。根据这个特点,一种使参与者和平台都能得到奖励的激励方案将被提出,进而演化成如何优化双方的利益这个研究问题。虽然历史数据可以应用到新任务,但是问题依然存在,比如平台如何权衡历史数据的应用和参与者招募这两者的关系。使用较少的历史数据而招募更多的参与者可能会使平台的利润减少,但是使用较多的历史数据而招募更少的参与者可能会使参与者数量流失。所以,需要一个能使这两方面长期保持平衡的动态方案。

2.3 有关节能方面的考虑

现有的一些激励机制没有明确调查参与者智能设备的电量水平,他们模拟的参与成本都是基于智能设备同样电量水平、同样满电量和同样带宽使用率基础上。其实,参与过程中的不便因素是群智感知系统的主要问题。据我们最近进行的一项在线问卷调查显示:参与者移动设备的

剩余电量和设备充电时间是左右参与者执行感知任务意愿的两个主要因素,而这两个因素正影响他们的激励期望。这种新的优化目标催生了一个新的激励机制,即根据参与者的剩余电量、设备使用度和运动轨迹来分配给参与者合适的奖励以达到最大化各方利益的目的。

2.4 基于信誉度值的激励机制

如图2所示,信誉机制和激励机制之间有着明显的联系。当参与者

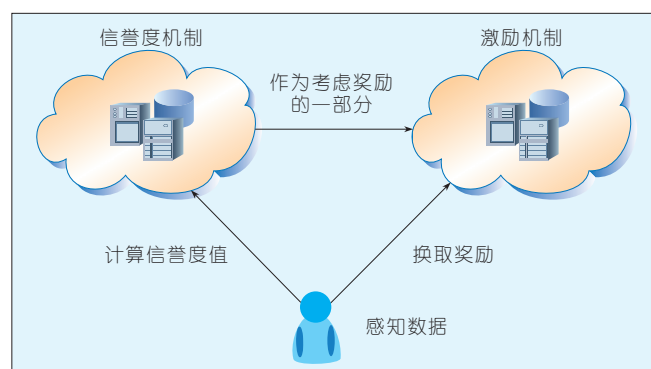


图2
信誉机制和激励机制之间的联系

向平台上传感知数据之后,平台会估计并量化这份数据的质量,之后平台会根据质量值计算参与者的信誉度值并决定相应的激励分配。参与者的信誉度值会影响他今后的奖励。例如,如果一个参与者经常提供高质量的数据,那么他的信誉度值就会比其他人高。较高的信誉度值能为参与者换来额外的奖励以激励他今后多提供高质量的数据。

2.5 竞价阈值的合理设定

基于竞拍方式的激励机制的一个缺点是:平台不得不接收所有竞价或者用所有感知数据去计算得出数据质量的合格阈值,进而决定去接受哪些数据。这样参与者就需要等待较长的时间才能知道平台的决定和奖励。虽然这种方法似乎能在一定预算的前提下得到高质量的数据,但是参与者只能一直等待,如果竞价失败,参与者将得不到任何回报,这种方法并不利于维持参与者数量。

Zhang 和 Zhao 等人把这种方法叫做“线下竞价”,同时他们都提出了另外一种“线上竞价”的方法^[14-15]。但是,这种方法仍然有它的缺点:他们在开始时就设定了价格门槛,或者根据第一批参与者的竞价和数据质量来决定价格门槛。由于在开始平台没有设定准确的竞价或者数据质量阈值,这就导致了第一批参与者或超出或低于他们应得的奖励。这样会浪费平台的利润或者降低感知数据的真实准确性。所以如何决定开始的竞

价阈值需要更深层次的研究。

3 结束语

激励机制是群智感知系统中不可缺少的环节。文章先对最具代表性的3篇实验类文章做了比较,内容包括它们的实验人数、持续时间的设定,使用的激励策略以及实验结果;然后对其进行了总结;最后我们提出了对未来激励机制的一些展望。

参考文献

- [1] LANE N D, et al. A Survey of Mobile Phone Sensing [J]. IEEE Communications Magazine, 2010, 48(9): 140-150
- [2] KANHERE S S. Participatory Sensing: Crowdsourcing Data from Mobile Smartphones in Urban Spaces[C]// Proceedings of IEEE MDM 2011, Luleå, Sweden, 2011: 3-6
- [3] YANG S, DESSAI P, VERMA M, and GERLA M. FreeLoc: Calibrationfree Crowdsourced Indoor Localization[C]// Proceedings of IEEE INFOCOM 2013, San Francisco, CA, USA, 2013: 2481-2489
- [4] MASSUNG E, COYLE D, CATER K F, JAY M, and PRESIT C. Using Crowdsourcing to Support Pro-Environmental Community Activism[C]// in Proceedings of ACM SIGCHI 2013, Paris, France, 2013: 371-380

- [5] MASON A D, MICHALAKIDIS G, and KRAUSE P J. Tiger Nation: Empowering Citizen Scientists[C]// in Proceedings of IEEE DEST 2012, Campione d'Italia, Italy, 2012: 1-5
- [6] WANG Y, NAKAO A, and VASILAKOS A V. Heterogeneity Playing Key Role: Modeling and Analyzing the Dynamics of Incentive Mechanisms in Autonomous Networks [J]. ACM TAAS, 2012, 7(3): 31
- [7] HUANG E, CROWCROFT J, and WASSELL I. Rethinking Incentives for Mobile ad hoc Networks[C]// in Proceedings of ACM SIGCOMM Workshop Practice Theory Incentives Network System 2004, 2004:191-196
- [8] DOAN A, RAMAKRISHNAN R, and HALEVY A Y. Crowdsourcing Systems on the World-Wide Web [J]. Communications of the ACM, 2011, 54 (4): 86-96.doi: 10.1145/1924421.1924442
- [9] AFLAKI S, MERATNIA N, BARATCHI M, and HAVINGA P J. Evaluation of Incentives for Body Area Network-Based Healthcare Systems[C]// in Proceedings of IEEE ISSNIP 2013, pp. 515-520
- [10] SCEKIC O, TRUONG H L, and DUSTDAR S. Programming Incentives in Information Systems[C]//Advanced Information Systems Engineering, Springer Berlin Heidelberg, 2013: 688-703
- [11] REDDY S, ESTRIN D, HANSEN M, and SRIVASTAVA M. Examining Micropayments for Participatory Sensing Data Collections [C]// in Proceedings of ACM UbiComp, 2010, pp. 33-36
- [12] SCHWEIZER I, MEURISCH C, GEDEON J, BARTL R., and MUHLHAUSER M. Noisemap: Multi-Tier Incentive Mechanisms for Participative Urban Sensing [C]// in Proceedings of ACM PhoneSense 2012, Toronto, Canada, 2012: 9:1-9:5
- [13] CHON Y, LANE N D, KIM Y, ZHAO F, and CHA H. A Large-Scale Study of Mobile Crowdsourcing with Smartphones for Urban Sensing Applications[C]//in Proceedings of ACM UbiComp 2013, Zurich, Switzerland, 2013: 1-10
- [14] ZHANG X, et al. Free Market of Crowdsourcing: Incentive Mechanism Design for Mobile Sensing [J]. IEEE Transactions Parallel Distributed System, 2014, 25(12): 3190-3200
- [15] ZHAO D, LI X.-Y., and MA H. How to Crowdsource Tasks Truthfully without Sacrificing Utility: Online Incentive Mechanisms with Budget Constraint[C]// in Proceedings of IEEE INFOCOM 2014, Toronto, Canada, 2014: 1213-1221

作者简介



刘驰,北京理工大学软件学院教授,入选2015年国家人社部“高层次留学人才回国资助计划”;主要研究领域为大数据、物联网和云计算技术;先后主持国家自然科学基金、工信部、教育部、交通部等项目10余项;已发表论文70多篇,其中被SCI/EI检索60余篇。

近距离移动智能终端的协同 计算机制

Collaborative Computing Mechanism of Nearfield Mobile Smart Device

宋峰/ SONG Zheng
Eli Tilevich

(弗吉尼亚理工大学, 美国 黑堡 24060)
(Virginia Polytechnic Institute and State
University, Blacksburg 24060, USA)

移动智能终端被用来泛指人生活中使用的,具有一定人机交互能力、计算能力、网络连接能力的电子设备。目前移动智能设备种类繁多,功能也日益分化,包括以满足人日常通信和网络连接需求为主的智能手机;电量较多、屏幕较大且方便阅读、处理器性能更强的平板电脑;以传感器信息采集目的为主的穿戴式设备;以及各种用于家居、工业的片上系统以及车载终端等。

移动智能终端的常见特征是体积较小,由电池供电。由于设备体积限制,移动智能终端往往无法采用高功耗高性能的芯片,且电池电量有限。因此,对移动设备上所执行任务的用户等待时间和电量消耗的优化一直是移动计算中较为重要研究方向之一。

1 云一端计算

“云一端”计算^[1]是近年来的研究热点方向,其具体含义是:通过将计算量大的程序上传到远程性能强大的服务器(云)执行,将结果回传至本

收稿日期: 2015-09-06
网络出版时间: 2015-11-02

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2015) 06-0014-005

摘要: 提出使用智能移动设备之间的本地化协作弥补“云一端”协作的缺陷,可以以极低的成本实现设备性能的提升,降低设备网络通信和能量消耗。针对智能设备本地化协作中面临的设备异构性的问题,提出了一种解释型语言和相应中间件支持,用于开发智能终端间的协作应用,并对协作应用提供运行时的支持。另外,还提出了移动智能设备协作领域面临的开放性研究的一些问题。

关键词: 移动智能设备的协作; 设备异构性; 资源查询语言和中间件

Abstract: In this paper, we propose to use the cooperation of nearby devices as a replacement, which can provide cheap hardware enhancement to improve mobile user experience while reducing the energy consumption. In specific, concerning the heterogeneity of mobile devices, we propose a resource query language and a supportive runtime, to boost up the development of such application and to optimal resource allocation in runtime. We also point out a few open research questions to be explored.

Keywords: mobile device cooperation; device heterogeneity; resource query language (RQL) and runtime

地设备(端)显示。以智能终端棋类游戏的人机对弈为例:终端上传目前所有棋子的位置,服务器端负责计算优化的下一步选择,将最优的下一步策略回传至本地。通过将复杂的计算上传至云端计算性能强大的服务器执行,移动设备可以节省能量消耗,并降低用户的等待时间。

云一端计算在实际应用中,往往通过在服务器端启动与本地环境操作系统相同的虚拟机,将本地应用中的代码传输至云端执行^[2]。该实现机制使移动应用的开发者不需要考虑复杂的部署问题和服务器端程序开发,通过简单的操作即优化移动应用的响应速度和能量消耗。

然而,云一端计算有如下缺陷:

(1)本地传感器信息的收集无法由远程服务器端执行。当程序中含有获取传感器信息并进一步处理时,由于云无法获取本地的感知信息,此类程序无法上传至云执行。

(2)当程序处理对象数据庞大时候,上传至云处理会消耗大量网络资源。如需要上传的数据是高清图像时,其将占据大量的网络带宽,给用户造成使用成本的提高,为运营商网络造成压力。文献[3]中对云端执行的能量进行了建模,推导出计算量、上传数据量与能耗变化的关系,证明了当上传数据较大时,云一端计算会消耗大量用户带宽和能量。

(3)出于对隐私的考虑,部分用户担心通过不安全的无线网络将隐

私的数据上传至云服务器上会极大增加隐私泄露的风险。

与此同时,随着移动智能终端性能和拥有量不断提升,大量智能移动终端存在空闲时隙,个人、家庭往往同时拥有多个、多种类的移动设备,云一端计算可被智能移动终端的互相协作所替代,为移动设备提供所需要的额外资源。

2 移动智能终端协同的应用

2.1 网络增强

视频流协作共享^[4]最早在2012年提出:当位置接近的移动设备请求同一视频时,服务器将视频切分成几部分,分别发送给各个设备,然后由设备间由近距离传输方式互相传输所缺少的视频切片,组成视频。这样做的优点是:网络总体流量较小,且近距离 Wi-Fi/蓝牙传输速度相对于运营商网络较快,降低了网络负载,减少了用户等待的时间。

从节省能耗的角度,文献[5]中提出使用蓝牙网络,由簇头结点收集近距离网络数据包,并通过无线局域网(WLAN)发送至互联网。该方法相比于各个结点独立通过 WLAN 连接互联网而言,降低了各结点用于网络数据传输的能量消耗。

部分移动设备并不具备有运营商网络(3G/4G)接入能力,网络数据的共享尤为重要。文献[6]中提出了使用蓝牙进行组网,通过 Wi-Fi 发送数据流,由有运营商网络接入能力的设备作为其他设备的代理。

2.2 计算能力增强

如某人想从手机相册中搜索和某人的合影。由于图像检索计算量较大,当手机中照片数量较多时,检索会消耗大量时间。如通过 3G/4G 网络将图像发送至云端进行检索,则需要消耗大量网络带宽费用和能耗。此时,如能通过 Wi-Fi 将相册中图像分发至此人所携带的 pad 或笔记

本电脑上,由计算性能较强的多个设备同时执行图像检索任务,将大大缩短任务的执行时间,如图 1 所示。

2.3 环境相关增强

谷歌、苹果等众多公司均推出了智能手表、智能手环、智能眼镜等穿戴式设备,其不同于智能手机等传统移动终端的重要作用是可以收集用户环境数据感知。通过连接其他移动智能终端和穿戴式设备,可将穿戴式设备中采集的数据交给移动智能终端进行数据处理分析,其较为典型的例子是 Apple Watch 将惯性传感器信息传递给手机,用手机应用收集用户的每日运动信息。另一个可能的例子是,目前室内定位多采用记步方式:手机可准确提取用户运动的步数,然而手机所携带的方向传感器往往会引入偏差。由于智能眼镜能准确体现人头部的运动,而人头部的方向基本与人运动方向一致,通过收集智能眼镜中携带的方向传感器的读数可以提高室内记步定位方式的精度。从能量的角度考虑,可以由手机向智能眼镜提供全球定位系统(GPS)信息(如图 2)。

相同的移动智能设备,由于所处的位置不同,也存在相互协作的可能性。其较为典型的例子是:当演唱会上观众想从其他角度观看一些当前角度无法看到的细节时,可以通过与

其他观众的手机合作,使用 Wi-Fi/蓝牙分享其他手机所捕获的画面^[7]。另一个例子是:使用多个手机,对用户演讲的声音进行采集,并合成为立体声^[8]。

3 移动智能终端协同中间件

3.1 移动应用对中间件和解释型语言的需求

相比于传统云一端计算而言,近距离设备间协作的特点如下:

(1)通信复杂。与传统的使用网络连接的程序不同,使用近距离协作的程序其可选通信方式多样,通信流程较为复杂,且通信过程受到的影响因素较多。

(2)任务执行需跨平台。目前销量最大的智能终端包含 3 种操作系统:安卓、iOS 和 WinPhone。不同操作系统之间编程语言、系统调用差异比较大。

(3)任务执行需根据动态环境进行优化。程序执行时,需要根据周围环境(信道质量,设备数量,设备情况,设备移动性)进行大量优化,保证执行可靠性和执行效率。

在上述典型应用中,部分应用的实现机制已在其论文中有所介绍。然而,通过对已经公开的实现机制进行研究,我们发现绝大部分实现需要复杂的代码对通信进行控制,且所有



▲ 图 1 本地协作的应用场景——协作图片检索



▲ 图 2 本地协作的应用场景——共享 GPS 信息

实现均局限于相同操作系统设备间的协作。

为了方便应用开发人员使用周围设备所提供的资源开发新型应用,我们提出了一种设备协作的语言和对该语言支持的中间件,即程序员通过一种声明式的语言,用简单的脚本表达需要完成的任务;中间件接受各种应用的资源需求脚本,屏蔽不同操作系统、通信方式和执行时环境的差异,向周围设备提供尽可能稳定的共享资源,完成共享任务。

3.2 资源查询语言的设计

我们提出了一种用于临近设备协作的解释型程序设计语言——资源查询语言(RQL)。RQL的存在有两个作用:应用程序通过RQL通知系统中间件所需要的资源;原移动终端通过RQL通知附近移动终端其资源需求。对应其功能,RQL的设计需要满足3个需求:

(1)跨平台性。可运行于不同的平台上,并切入不同语言构建的移动应用中。

(2)可扩展性。随着设备计算存储和感知能力的增强,将会出现越来越多的依赖于RQL执行的任务。因此,RQL的设计要求其易于扩展。

(3)简短。由于RQL同时被用于设备间任务信息的传输,我们对RQL的设计要求可以尽量简短,以节约传输时间和临近设备上的执行时间。

我们对RQL的设计构想如下:某一句RQL脚本由动词、名词和副词组成。其中动词表示执行的操作,目前包含pull、push、exec和bind。其中pull代表将文件发送至所选择设备;push表示将文件(或者运行结果)发回至原设备;exec表示在协助的其他设备上执行,bind表示等待协助设备上某值的更新,并将更新的数值发送回原设备。名词由[device owner]/[device_type]/[resource_type/resource_name]组成。其中,device_owner和device_type均为可选,供程序员设置需要的设备的拥有

者和设备的类型;Resource_type和resource_name为必选项,用于标示用户所需要的资源类型和资源名字。副词用于表示用户优化的目标和限制等。

以如下两个应用为例,来说明RQL在移动协作应用中的使用方式。

(1)当某应用运行在智能眼镜上,需要得到30s内所有的GPS位置的变化,并实时将位置显示在地图上。由于目前智能眼镜设备并没有嵌入消耗大量电量的GPS芯片,该应用需要从眼镜携带者所拥有的其他移动设备中获得GPS读数。此应用开发者所需要写的RQL脚本是:

```
"Bind trusted:sensor/Location-accuracy=
GPS-t=30 --opt=accu"
```

其中,bind表达等待协助设备上数据更新;-t=30表示执行时间为持续30s;sensor/Location表示需要的传感器类型;trusted表明计划选择可信的设备(同一个人拥有的,或者临近认识的人所拥有的设备),副词--opt=accu表示优化目标为使收到的GPS尽量准确。

(2)如2.2中所述例子,当应用开发者希望从相册中检索含有某特定特征的图像时,其RQL脚本应为:"pull alg/facerecognition- t album/1.jpg-s target.jpg -- opt=time",

其中,pull代表将执行结果返回至当前设备;alg/facerecognition代表所执行的算法;-s, -t代表算法的输入;--opt=time表明优化目标为最小化执行时间。

3.3 中间件的设计

为了按应用开发者的意愿执行RQL脚本,为应用程序提供所需要的资源,需要在不同的平台上部置中间件,实现对RQL的支持。中间件的基本流程如图3所示,其中,中间件的主要任务包括:

(1)解释RQL脚本。应用程序通过设备内通信(ICC)将RQL语言发送至中间件,由中间件中RQL脚本解释

器对脚本进行词法分析,并校验RQL的有效性。对于有效RQL脚本,在本地中间件新建任务,加入任务队列中。

(2)任务广播和目标设备选择。根据RQL脚本的语义,选择最符合要求通信信道广播任务,并接受周围设备的反馈,完成从有反馈的设备里选择目标设备的流程。以上文所述RQL脚本为例,由于任务1执行设备(device_owner)部分选择了trusted,而可信任设备往往由同一人所同时携带(某人既戴智能眼镜,又携带智能手机),因此此时广播信道可选择低功耗蓝牙广播(BTLE);由于任务2目标是优化执行速度,且对任务执行的设备无要求,因此广播信道可选择WiFiP2P广播,以尽可能获得更多设备完成相关任务。

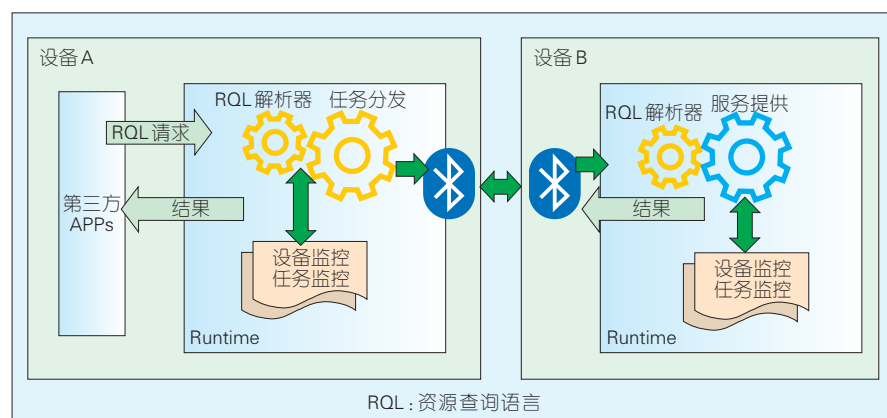
当其他设备上的中间件通过周期性对蓝牙信道和WiFiP2P信道的监听到任务需求广播时,其根据自身设备的实时属性(设备使用情况,剩余电量)以及用户设置权限,选择是否回复该任务。

一段时间后,原设备收集所有回复,并从回复中选择一个或多个设备执行任务。这里需要说明的是,为了防止本地多个任务的发布和回复互相干扰,广播和回复时均包含任务队列中的任务ID。

(3)建立连接,执行任务,回传结果。被选择用于任务执行的智能移动终端与原设备建立连接,并接受完整的RQL以及任务相关数据,如文件、照片等。通过中间件所下载/保存的相关程序包执行该任务,并将结果通过通信信道回传给原始设备的中间件。原始设备的中间件通过设备内通信方式通知原始程序。

3.4 中间件实现中存在的问题

目前存在的三大主流移动终端操作系统包括安卓、iOS和Windows。其中,安卓系统允许中间件启动后作为后台进程,对周围环境中可能存在的任务需求进行监听。相反,由于



▲图3 Runtime基本工作流程

iOS系统和Windows系统限制,可以在后台运行的程序仅包括Calendar/mp3 player等,RQL的中间件无法在后台监听通信信道广播的其他设备的协作请求。

一种可能的替代方案是所有设备均定期上传位置至某控制服务器。当某设备有任务协作需求时,将需求通过网络发送至控制服务器,由控制服务器选出在近距离通信范围内的设备,向其推送通知。当iPhone和WinPhone接到通知时,会在任务栏提醒用户,由用户启动中间件,完成后续任务代理流程。然而,该方法由于需要定期位置上传,将带来较大的额外能量消耗。

4 移动终端协作的开放性研究问题

4.1 能耗和用户响应时间的平衡

近距离传输的移动智能设备的协作,重要目的之一是节省移动终端的能量消耗,即通过将能耗较高的程序转移至有较多电量的设备上运行,或者分散到多个设备上运行,降低对某单一设备的能量消耗。然而,相比于在设备上直接运行而言,设备间的协作需要建立连接,需要发送原始数据并将结果回传,其时间消耗往往高于在设备上直接运行。

因此,这里需要对程序运行能耗,设备剩余能量以及程序运行时间

和用户满意度的影响进行建模,在最大化降低能耗的同时,尽可能避免程序运行时间的快速增长,提高用户们满意度。

4.2 通信信道的选择

使用Wi-Fi通信可以覆盖较大的范围(50~100 m),并可以将任务发布至尽可能多的设备。相比而言,低功耗蓝牙通信覆盖范围较小(10~20 m)^[10],所能连接的设备数较少。因此,当发布任务需要多个设备协作完成时,应尽可能选择Wi-Fi作为通信信道。另一方面,从文件传输角度来看,Wi-Fi的传输速度远远大于低功耗蓝牙(BTLE)的传输速度。当有大量数据需要在两个设备间传输时,选择Wi-Fi作为通信信道较优。

然而,从能量角度而言,保持Wi-Fi连接的能耗远远大于保持低功耗蓝牙连接的能耗。当任务为保持连接较长时间,实时获得传感器采样时,选择蓝牙作为传输信道较优。

RQL仅仅代表了用户对资源的需求,并未指定传输方式。在实际任务执行时,应根据周围环境、设备信息以及任务要求和副词所表达的约束条件以及优化条件,选择最优化的通信信道。

4.3 激励机制

由于参与近距离协作的设备不仅仅包括同一持有人的设备,针对陌

生设备,还需要通过制订一定的激励,鼓励其共享资源,为周围设备提供帮助。根据文献[9]中的相关建议,有效的激励机制需要满足的条件包括:鼓励用户汇报真实成本和收益;用户参与的激励大于其消耗成本;任务分发者的收获大于其付出的激励。

RQL仅仅代表了用户对资源的需求,并未指定传输方式。在实际任务执行时,应根据周围环境、设备信息以及任务要求和副词所表达的约束条件以及优化条件,选择最优化的通信信道。目前参与式感知中的激励机制是研究热点,然而,缺乏在没有中央服务器的控制下各设备独立协作的激励机制。

4.4 隐私保护与安全

设备协作中遇到的隐私保护和安全的的问题是双向的:如何保证原设备的隐私数据不泄露至周围设备;如何保证任务承担设备的隐私数据不被收集至原设备。为了确保用户隐私信息不被泄露,可以考虑采用分级安全机制^[11]:作为协助其他设备的设备而言,把任务发布者分为几个级别,为每个级别设置每种传感器、数据以及算法的使用权限;作为发布任务的设备而言,把可能的任务接受者也划分为几个级别,将不同的原始数据为每个级别设置不同的读写权限。

4.5 最优化设备选择

由于设备的异构性和移动性,在任务执行时,选择不同的设备执行任务往往在能量消耗、任务的鲁棒性、响应时间等方面产生不同的结果。一个可能的研究问题是:考虑到设备的性能、状态和移动性,如何选择最优化的设备或者设备组合,最小化任务执行的能量消耗,提高任务执行的鲁棒性,降低任务的传输时间。

4.6 云一端计算与本地化设备协作之间的选择

云一端计算利用服务器资源,适

用于大计算量、小数据传输量的应用,其典型应用是文字翻译和下棋。本地化设备协作更适用于需要本地化传感信息的应用或数据传输量较大的应用。如何根据任务的计算量、数据传输量和对本地传感器的使用情况,结合设备状态信息,作出对协同目标的选择(服务器或附近的移动设备)也是一个重要的优化问题。

5 结束语

移动智能终端性能有限,传统的改进方式是将任务上传至服务器端执行。然而,由于传统云一端计算存在各种问题,我们认为移动智能终端之间的本地化协作将是另一个可能的发展方向。文章首先对已有研究成果中收到本地化协作支持的应用进行了总结,并进一步提出了支持协作应用开发和协作应用运行的编程语言和中间件。最后,对移动终端协作方向的开放性研究问题进行了总结,提出了可能的研究子方向。

参考文献

- [1] LIU, J, PRIYANTHA B, HART T, RAMOS H S, and LOUREIRO A A and WANG Q. Energy Efficient GPS Sensing with Cloud Offloading

- [C]//in Proceedings of the 10th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems, Toronto, Canada, 2012: 85–98
 [2] KWON, YOUNG-Woo, and ELI Tilevich. Energy-Efficient and Fault-Tolerant Distributed Mobile Execution[C]// 2012 IEEE 32nd International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS), Macau, China, 2012
 [3] BARBERA, MARCO, et al. To Offload or not to Offload? The Bandwidth and Energy Costs of Mobile Cloud Computing[C]// in Proceedings of the IEEE INFOCOM 2013, Turin, Italy, 2013
 [4] KELLER, LORENZO, et al. MicroCast: Cooperative Video Streaming on Smartphones[C]//in Proceedings of the 10th International Conference on Mobile systems, Applications, and Services, Ambleside, United Kingdom, 2012
 [5] Yoo, JONG-Woon, and KYU Ho Park. A Cooperative Clustering Protocol for Energy Saving of Mobile Devices with Wlan and Bluetooth Interfaces [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2011, 10(4): 491–504
 [6] YU, TUO, et al. INDAPSON: An Incentive Data Plan Sharing System Based on Self-Organizing Network[C] // in Proceedings of INFOCOM 2014, 2014
 [7] DE S á, MARCO, DAVID A Shamma, ELIZABETH F, and CHURCHILL. Live Mobile Collaboration for Video Production: Design, Guidelines, and Requirements [J]. Personal and ubiquitous computing, 2014, 18 (3): 693–707
 [8] SUR, SANJIB, TENG W, and ZHANG X Y. Autodirective Audio Capturing Through a Synchronized Smartphone Array[C]//in Proceedings of the 12th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, Bretton Woods,

USA, 2014

- [9] YANG, DEJUN, et al. Crowdsourcing to Smartphones: Incentive Mechanism Design for Mobile Phone Sensing[C]//in Proceedings of the 18th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, Istanbul, Turkey, 2012
 [10] The Range of WiFi and BT [EB/OL]. http://www.pcworld.com/article/208778/Wi-Fi_Direct_vs_Bluetooth_4_0_A_Battle_for_Supremacy.html
 [11] Multi-Level Security [EB/OL]. https://en.wikipedia.org/wiki/Multilevel_security

作者简介



宋峥, 弗吉尼亚理工大学博士, 主要研究方向为移动计算。



Eli Tilevich, 弗吉尼亚理工大学副教授, 主要研究方向为移动计算和软件工程。

综合信息

思科云产业调研报告预测:2019年云流量将增至4倍

思科发布了第5次年度思科云计算产业调研报告,该报告预测:到2019年,全球云流量将会增至目前数值的4倍以上,从2.1 ZB增长到8.6 ZB,超过全球数据中心总流量的增长速度,而後者的同期增幅预计为3倍,从3.4 ZB增长到10.4 ZB。当前有多种因素正在推动云流量的加速增长和向云服务的转型,其中包括日益增加的移动设备带来的个人云需求,面向企业的公有云服务的快速普及,以及私有云中虚拟化程度的不断提升。机器对机器(M2M)联接的增长也有可能推动未来云流量的增长。

思科运营商市场营销副总裁 Doug Webster 表示:“云计算产业调研报告强调了云正超越地区趋势成为全球主流解决方案这一事实,预计未来5年,云流量在全球每个地区将会增长30%以上。企业和政府机构正

从测试云环境转变到将其关键任务工作负载交托给云。与此同时,消费者继续期望能够随时随地按需访问其内容和服务。这为云运营商创造了巨大的商机,使得他们将在通信行业生态系统中发挥越来越重要的作用。”

除了云流量的快速增长,思科预测:万物互联(IoE)也将对数据中心和云流量增长产生重要的影响。万物互联指人员、流程、数据及事物的联接。广泛的万物互联应用正在生成大量数据,到2019年每年将达到507.5 ZB(每月42.3 ZB)。这一数字是预测的2019年数据中心流量(10.4 ZB)的49倍。而目前仅其中的一小部分存储于数据中心内,但这会随着应用需求和大数据分析使用的演进而发生变化,即分析收集的数据以做出战术和战略决策。

(转载自《中国通信产业网》)

机会群智感知网络关键技术

Key Technologies of Opportunistic Crowd Sensing Network

熊永平/XIONG Yongping

刘伟/LIU Wei

刘卓华/LIU Zhuohua

(北京邮电大学, 北京 100190)
(Beijing University of Posts and
Telecommunications, Beijing 100190,
China)

群智感知^[1-2]就是在移动感知设备普遍存在的背景下提出的物联网新型感知模式。与传统有意识部署的固定无线传感网不同,它是将众包的思想与移动感知相结合,将普通用户的移动设备作为基本感知单元,并通过网络进行有意识或无意识的协作,形成群智感知网络,实现感知任务分发与感知数据收集,从而完成大规模的、复杂的社会感知任务。而这些任务仅依靠个体很难实现,例如,在交通拥堵状况和城市空气质量监测应用中,只有当大量的个体提供行驶速度或空气质量信息才有应用价值。

近年来,其他一些国家已经涌现出大量群智感知技术的应用和研究,包括收集交通路况的 CarTel,收集空气质量和污染物的 CommonSense,收集城市噪声信息的 NoiseSPY,收集骑车人的运动轨迹和身体状况的 BikeNet 等。然而当前的群智感知研究主要针对基于基础设施网络的集中式感知系统^[3]。该系统中的移动设备一般预设通过蜂窝网络与互联网

中图分类号:TN929.5 文献标志码:A 文章编号:1009-6868(2015)06-0019-04

摘要: 认为机会群智感知网络能够充分利用移动终端在城市中分布密度高、相遇频繁以及作为移动终端携带者的人具有社会属性等特点,并利用移动终端之间的协作机会,从而实现了数据感知应用。提出了基于机会通信的机会群智感知网络的概念,并提出了机会群智感知网络的主要关键技术:大范围数据收集的机会传输技术、特定时空区域的数据分发技术、异步通信机会发现和人群真实移动行为建模等。同时,针对各关键技术提出了解决思路和技术路线。

关键词: 群智感知; 机会网络; 机会传输

Abstract: An opportunistic crowd sensing network leverages the dense distribution, frequent encountering, and social property of the carrier of mobile terminals in a city scenario. It then implements the data-sensing application based on the collaborative opportunistic transmission. In this paper, we propose the opportunistic crowd sensing network and discuss problems with its key technologies. There are problems with opportunistic transmission for data collection through a large area, data dissemination within a specific time-space area, asynchronous communication opportunity discovery, and realistic mobility model. We propose some solutions to these problems.

Keywords: crowd sensing; opportunistic network; opportunistic transmission

连接,并将当前设备采集的感知数据传输到数据中心。城市感知应用往往都需要持续收集大量的数据,甚至可能是大规模多媒体数据。这一方面将耗用户较多的网络流量和电量,导致收集成本高,降低用户参与热情影响系统可用性;另一方面也给蜂窝网络带来较大的负载压力。

考虑到移动终端在城市中分布密度高,相遇频繁,以及作为移动终端携带者的人具有社会属性等特点,集中式的群智感知网络结构并未充分利用移动终端之间的协作机会。当前的移动终端基本都具备了短距离无线通信技术如 Bluetooth 或 Wi-Fi,当设备进入彼此通信范围时,可以利用短距离无线技术交换数据,即

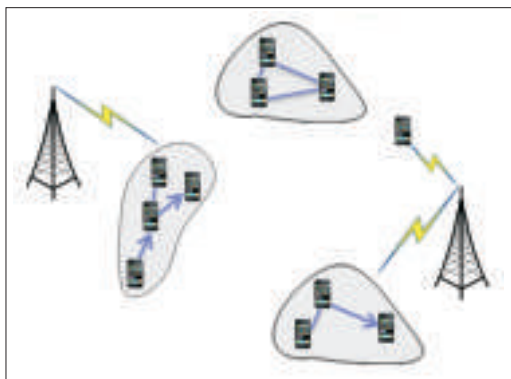
支持机会计算模式^[4]。如图 1 所示,随着设备的持续移动,数据在多个移动设备之间中继传输,直到将数据传输到具有意愿上传的用户,例如电池容量高且具备低成本互联网链路(例如包月流量很大或 Wi-Fi 接入)的设备,进而上报后端数据中心。

机会群智感知网络是由人携带的移动设备协作形成的移动机会网络^[5],移动设备的持有者随机地到达各个地方,随时随地进行感知,所产生的数据利用人移动所带来的通信机会多次转发后实现感知数据的传输,以完成感知任务。由于人群移动的自主性和随机性,很难存在端到端连通路径,机会群智感知网络采用“存储-携带-转发”工作模式,当节

收稿日期: 2015-09-10

网络出版时间: 2015-11-03

基金项目: 国家自然科学基金(61202436)



▲ 图1 机会群智感知网络示意

点收到来自上一跳节点转发的数据后,携带该数据并等待下一跳转发机会的到来。利用这种模式,用户可以以很低的成本传输感知数据并参与感知任务,有利于推进群智感知应用的实用化。

机会网络领域作为近年来学术界关注的热点,已经产生了大量的研究成果。面向群智感知的机会网络和一般移动机会网络有着一些共同的问题,但也面临着不同的挑战。例如当前研究的机会路由要求每个节点具有全局统一标识,侧重研究从数据源节点如何路由数据到目的节点;而在机会群智感知网络中,源感知设备需要将数据通过机会转发到具有合适互联网链路的设备,进而上报到后端应用,可能并不知道目标设备的节点标识。又如群智感知系统采集实时拥堵信息,是一类具有时空特性的数据应用,这类数据生命周期短,且只对拥堵点周围区域的设备有效,与大范围长期收集的公共数据不同。因此并不需要传输到数据中心,只需要将数据持续分发给一个目标区域内的用户。因此我们提出了机会群智感知网络的几项关键技术。

1 面向大范围感知数据收集的机会传输

群智感知最主流的应用是低成本、大范围、持续收集感知数据,感知数据以机会转发的方式通过节点间协作在多个移动节点之间逐跳传输,

直到到达具有互联网链路的节点,进而将数据传输到后台的数据中心。这与普通移动机会网络的机会路由不同,感知节点并不知道感知数据消息的目标节点,机会传输的目的可以是任意一个或多个 Sink 节点。一方面根据不同的应用,感知数据收集需要满足采样频率、覆盖范围和收集延迟等指标要求;另一方面数据在移动节点之间协作传输需要耗费节点的能量和计算能力,在 Sink 节点则需要耗费运营商提供的付费网络带宽。大多数群智感知任务都是公共服务,参与任务对用户的直接激励收益不明显,较高的传输代价将影响参与感知任务的用户积极性,进而降低感知网络的覆盖范围和可用性。

机会网络中的数据路由传输在机会网络研究中已经出现了丰富的成果^[9],机会路由机制涉及两个方面:(1)消息的复制份数。由于网络拓扑动态变化带来的传输不可靠,采用多拷贝能够增加传输成功率。机会路由的两个极端方法分别是单拷贝直接传输和每个相遇节点一份拷贝的流行性路由机制,过多的冗余拷贝会降低网络资源利用率,需要消除;

(2)下一跳选择策略,即判断相遇节点是否为下一跳转发节点。获取网络状态信息越多,就越有利于选择策略的优化。

机会群智感知网络中的机会传输机制则需要考虑感知数据机会传输过程的相关性能指标,包括互联网链路传输成本、传输延时和能耗、传输成功率、数据量等。大部分移动终端都有成本不等的互联网链路,相当于 Sink 节点。在感知数据收集应用的机会网络中,感知数据只要传输到有意愿提供互联网链路的任意一个移动节点 Sink,就可以将数据上传到数据中心。因此如果将所有可能的 Sink 节点看成一个组,该过程则可以建成一个 Anycast 模型。

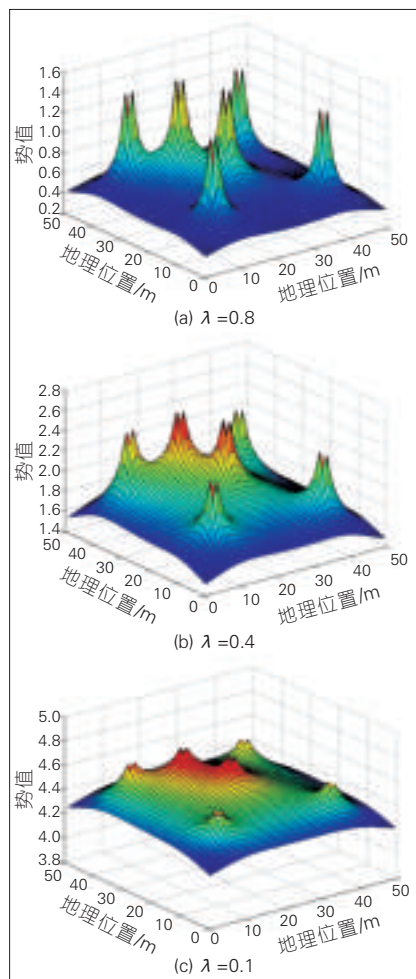
由于机会网络的间歇性连通和节点移动带来的拓扑结构动态变化,节点无法及时获取网络拓扑来计算 Anycast 组节点的跳数距离。可以采用与每个组成员节点的相遇概率来表示节点与该组节点的距离,该概率可通过综合考虑节点与组成员节点的相遇频率、相遇持续时间以及节点间的相遇传递性来计算。此外,由于网络中有多个消息需要传输,为了降低网络的开销,消息以固定 K 个拷贝方式转发。在大规模的机会网络中,可能无法知道所有 Anycast 组节点的相关信息,仅考虑相遇概率最大的 N 个节点。

我们提出以下几种 Anycast 传输方法:

(1)基本方法。这种方法是节点最大的相遇概率为判别标准,通过记录节点到每一个组成员节点的相遇概率,同时记录相遇概率最大的组成员个数来决定将消息转发给哪个相遇节点。携带消息的节点如果遇到判别标准比它大的节点,就选择该节点为下一跳转发节点。这种方法符合 Anycast 组传输的基本思路,发送消息给最近的组成员节点。

(2)考虑组节点分布的方法。这种方法需要综合考虑与所有组成员节点的相遇概率,判别标准为相遇概率平均值。当与各个组节点的相遇概率相差不大时,该方法将消息转发到与更多成员节点相遇的节点。

(3)自适应的 Anycast 方法。这种方法采用类似势场的概念,把每个组成员节点看成一个场源电荷,每个节点的电势值与到该组节点的距离成反比。模拟电场如图2所示,假设组成员节点 i 在网络中形成一个势场,该势场在节点 a 上的势值计算公式为: $C_a(i)^{-\lambda}$ ($\lambda > 0$),其中 $C_a(i)$ 是上一小节中定义的节点间的相对距离,而 λ 是势值下降速度。图2展示了6个成员节点的 Anycast 组在网络中形成的势场图, X 和 Y 轴是地理位置坐标, Z 轴是势值,可以看出: λ 越大,节点到组成



▲图2 感知数据收集的 Anycast 势场模型

员节点的距离对电势值影响越大,单个组成员节点形成的势场下降越快;随着 λ 值的减小,距离对势值的影响越来越小,而组成员密度对势值影响越来越大,即组成员节点越密集的区域势值越大。

2 面向时空局部有效感知数据的机会分发

机会群智感知网络的另一类重要应用是面向时空局部有效数据。例如,在某一地理区域内的道路拥堵或交通事故信息、银行等公共服务点排队信息、商场的临时促销信息等,这类信息具有时空局部有效性,传播的距离越远,经过的时间越长,这类信息的有效性就越低。同时,用户需求也具有这种时空特性,用户移动到

某个区域,更为关注当前区域附近的信息,对以前的信息和更远区域的信息可能不感兴趣。网络中的节点在感知到当前区域中的信息后,利用机会相遇将数据扩散到周边节点上,并在信息有效空间区域内的节点间进行协作扩散,以分发给目标区域上感兴趣的移动节点。

机会群智感知网络技术中最关键的是感知数据机会传播模型。时空局部有效的感知数据应该在一个相对受限的空间范围内传播。由于移动感知设备的自主随机移动,很难建立感知数据在多次转发后的传播模型。该传播模型主要和感知数据的动态扩散算法有关,感知数据限制在有效区域内扩散,因此人们需要研究根据给定的感知数据的传播延时、应用特性、区域节点密度以及网络负载等多种因素,以动态调整目标数据消息的转发策略和拷贝份数。

设计一个高效的数据分发机制,首先需要确定消息分发需求,并从典型应用出发,归纳具有时空特性消息的分发需求,包括消息的空间范围、分布密度和延迟以及各种消息的优先级等;其次需要详细分析影响消息分发机制性能的诸多因素及其之间的关系,如进入空间区域内移动节点数目、分布和移动模型,移动节点的缓存和通信带宽等网络资源以及消息的个数、类型、优先级和消息源的分布等;最后确定通信方式,针对单个节点移动轨迹的覆盖范围有限和机会网络间歇性连通的特点,可以在所遇到的节点中选择部分节点扩散消息,实现在非连通区域消息分发,维护消息在分发区域的密度。

假定在每个携带节点上维护一个节点状态值,则需要记录当前节点连续相遇的、没有携带感知数据的节点个数。当该节点连续遇到 M 个未携带数据消息的节点,将生成一个感知数据的拷贝并传输给第 M 个相遇的节点,并使之成为一个新的携带节点,然后将该状态值重置为0。此

外,当携带节点遇到任一个携带感知数据的节点都将状态值重置为0。每个节点的状态变化可以用一个Markov过程来刻画,节点遇到一个携带数据的节点是概率 ρ ,遇到未携带数据的节点概率是 $1-\rho$,则变化过程可用如图3所示。

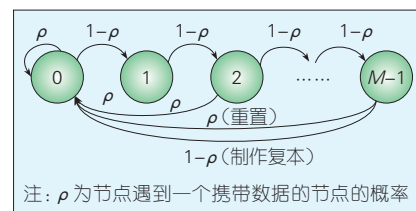
该Markov过程对应的转移概率矩阵表示如式(1)所示:

$$P = \begin{pmatrix} \rho & 1-\rho & 0 & \cdots & 0 \\ \rho & 0 & 1-\rho & \cdots & 0 \\ \rho & 0 & 0 & 1-\rho & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

该过程可以计算出节点处于 $M-1$ 状态的概率,还可以估算出携带消息的节点出现的速率。由于携带节点自主移动会不断离开目标区域,离开速率需要根据节点移动速度、区域面积和移动模型等参数计算。当携带节点生成速率等于其离开速率时,可以计算出当前的算法参数值 M ,所有节点也可以根据当前观察到的节点移动速率和个数动态计算 M 值,从而实现感知数据携带节点密度的稳态分布。

3 异步通信机会发现

机会群智感知网络节点采用短距离通信技术交换数据。探测发现通信范围内的邻居节点是实现感知数据机会传输的前提条件,对数据传输性能有非常重要的影响。在网络运行过程中,感知节点之间没有全局同步时钟,只能异步进行邻居探测。由于节点的随机移动性以及区域稀疏性,节点通常无法获知其他节点的运动状况,并且节点之间实际相遇维持时间往往较短,所以感知节点不仅



▲图3 Markov 过程

需要在没有任何其他节点的预先信息的条件下异步实现邻居节点间的彼此探测,还需要满足探测及时和足够低的机会丢失率等性能要求。同时,由于移动节点能量有限,异步探测需要考虑能耗这一重要因素。为了减少节点探测机制产生的能耗,节点不可能频繁地发出探测信息,也不能容忍长期处于监听状态。

针对移动节点之间的通信机会发现,我们主要采用自适应的休眠调度方法,确保节点以高占空比降低功耗同时实现高效能。例如可以将两个邻居节点A和B的占空比 D_A 和 D_B 分别选择为 $D_A \approx 1/PA_1 + 1/PA_2$ 和 $D_B \approx 1/PB_1 + 1/PB_2$ (其中 PA 和 PB 分别是两个节点的休眠周期,且满足两两互素)。根据中国余数定理,必然存在周期 P 满足在一个周期内节点A与节点B能够同时唤醒。但该算法对于给定的占空比,可以选择合适的素数对,并能够确定能发现周围出现的移动设备。

4 人群移动行为建模

真实人群移动特性和移动模型是机会群智感知网络性能分析和传输机制设计的工作基础。真实移动环境中的移动模型,需要综合考虑人的物理特性和社会特性,其中物理特性是指人移动的物理规律,例如速度和方向的平滑变化等;而社会特性是指人的社会关系、行为偏好等。如何借鉴现有的移动模型方面的研究成果,并建立真实环境中的移动模型进而得到相遇机会的分布相当具有挑战性。

针对城市环境中真实人群移动行为,我们提出了一个移动模型。在该模型中,在不同的时间或空间下,人的移动模型是不同的:从空间的维度来看,人在不同场景下的移动模式是不同的;从时间的维度来看,人的日常社会活动具有一定的规律性。该模型构建如下:

(1) 真实移动场景建模。分析真

实环境中不同类型的移动场景,例如道路、广场和办公室等。借鉴已有的移动模型,考虑节点的物理特性、社会关系和场景特征。可结合可用的真实 trace 数据,对每种特定移动场景进行建模。

(2) 移动模型的构造。分析人日常社会活动的移动规律,将人在城市环境下的日常活动表示成不同场景间转移的过程,不同场景采用相应的移动模型来描述。根据统计概率可以生成以场景为状态的 Markov 过程;基于人社会活动的规律性,可以确定不同状态间的时变转移概率。如图4描述了在4个场景间社会特性确定的时变转移概率的实例。

(3) 移动模型的分析。分析模型的收敛性,以及与机会群智感知网络紧密相关的连接特性,包括节点相遇间隔、相遇持续时间等。

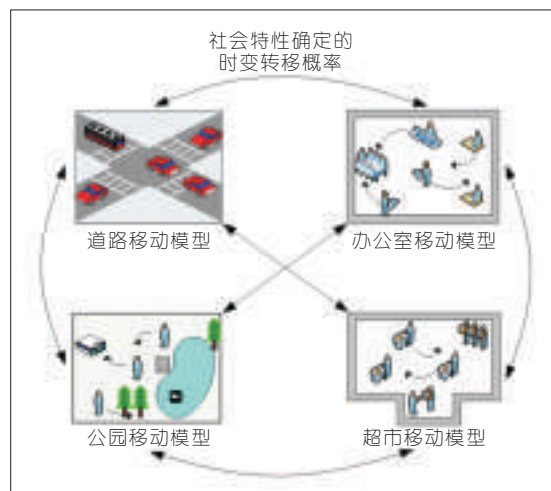
(4) 移动模型的验证。拟从3个方面综合评价移动模型:对比真实 trace 数据,评估该移动模型是否能真实描述节点的移动性;评价模型的易用性,以及是否具有完整的数学形态表达;评价移动模型参数的可控性和适用度,是否可通过调整参数准确描述不同的移动场景。

5 结束语

智能终端正在快速普及和发展,由于终端的随身携带性,利用移动终端间的协作机会实现数据感知应用在大范围社会数据采集领域具有重要的应用潜力。文章提出了机会群智感知网络的概念和主要关键技术,并提出了一些技术解决思路,具有重要的参考价值。

参考文献

- [1] 刘云浩. 群智感知计算[J]. 中国计算机学会通讯, 2012, 8 (10): 38-41
- [2] GANTI R K, YE F, and LEI H. Mobile



▲ 图4 城市环境中人的移动模型

Crowdsensing: Current State and Future Challenges [J]. IEEE Communications Magazine, 2011, 49(11): 32-39

[3] MA H, ZHAO D, and YUAN P. Opportunities in Mobile Crowd Sensing [J].

Communications Magazine, IEEE, 2014, 52 (8): 29-35

[4] CONTI M and KUMAR M. Opportunities in Opportunistic Computing [J]. Computer, 2010, 43 (1): 42-50

[5] 熊永平, 孙利民, 牛建伟, 刘燕. 机会网络[J]. 软件学报, 2009, 20 (1): 124-137

作者简介



熊永平, 北京邮电大学副教授, 中国计算机学会无线传感器网络专委会委员; 主要从事移动协作网络、无线传感网和分布式计算等领域的研究工作; 先后主持参加基金和重大专项等10余项; 在知名期刊、会议上发表论文30多篇。



刘伟, 北京邮电大学讲师, 主要从事网络与信息安全、无线网络安全方面的研究工作。



刘卓华, 北京邮电大学讲师, 主要从事网络与信息安全、RFID安全方面的研究工作。

欧洲智慧城市中的物联网与参与式感知

Internet of Things and Participatory Sensing for Smart Cities in Europe

Edith Nagi¹

滕以宁/TENG Yining²

王文东/WANG Wendong²

(1. 乌普萨拉大学, 瑞典 乌普萨拉 75237;
2. 北京邮电大学, 北京 100876)
(1. Uppsala University, Uppsala 75237,
Sweden; 2. Beijing University of Post and
Telecommunication, Beijing 100876, China)

在世界大、中型城市中, 机动车辆的尾气排放已经成为主要空气污染源。许多大型城市正遭受严重的空气污染和温室气体排放(GHC), 交通拥堵使情况更加恶化。考虑到这些情况, 欧盟正在向信息、通信和技术(ICT)行业的研究和创新投资, 并且以欧洲20-20-20为目标建立制度以提高生活质量、确保城市可持续发展。

思科公司认为许多组织正在使用物联网(IoT)相连接的物理对象, 即物联网^[1]。国际数据公司(IDC)预测, 截止2020年, 将有300亿连接的(自知式)事物成为物联网的一部分。三分之一的公司正在物联网领域积极探索。预计在2020年, 物联网潜在市场规模将达到3万亿美元^[2]。诸如思科和IBM这样的大公司认为: 公共部门持续增长的探索物

收稿日期: 2015-09-06

网络出版时间: 2015-11-04

基金项目: 瑞典政府研究与创新局(VINNOVA)GreenIoT项目(2014-00655, 2015-00347); 瑞典研究和高等教育国际合作基金会(STINT)国际合作项目(IB2013-5237); 瑞典政府研究与创新局(VINNOVA)国际合作项目(2012-03197)

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2015) 06-0023-004

摘要: 认为物联网(IoT)和参与式感知是通过无线传感器和移动传感器, 从环境和智能传感应用中获取数据的技术。在欧洲国家, 物联网和参与式感知已应用在很多领域, 市场发展迅猛。在瑞典, 以智慧城市为目标, 并注重节能的绿色物联网工程正在实施。在该工程中, 提出了一个结合绿色网络、智慧感知和云计算技术的绿色物联网解决方案, 以解决更具有交互性和响应性的城市管理问题。通过对两款针对医疗和安全驾驶参与式感知应用的介绍, 认为智慧城市应用需要结合从不同的来源得到的感知数据, 以正确地提取特征并预测未来。

关键词: 物联网; 参与式感知; 智慧城市

Abstract: In this article, we present the current status and future trend on ICT for smart cities in Europe. We focus on Internet-of-Things (IoT) and participatory sensing, which make use of wireless sensors and mobile sensors to collect data from the environment and create smart sensing applications. We highlight the society challenges in Europe and present our GreenIoT project as a national effort aiming at IoT technology for sustainable city development in Sweden. With the popularity of smartphones, we further illustrate two participatory sensing applications for health care and safe driving. Finally, we discuss the energy consumption problem with GPS on smartphones and propose a collaborative localization scheme to address the problem.

Keywords: Internet of Things; participatory sensing; smart city

联网科技的需求和兴趣能改善交通运输、减少污染和耗能, 并且可以为管制提供数据。

1 欧洲的智慧城市

互联网使信息共享实现了迅速增长, 爱立信公司预测: 智能设备的连接量在5年内将达到500亿。基于这一物联网模式, 信息社会为个人、社会以及企业提供了获取大量信息的新机遇, 并且为创造更清洁的环境, 降低能耗, 提高社会效率引入了新的应用和服务。瑞典马尔默的Hyllie智能网络就是一个利用手机和智能仪表调节能源消耗^[3]来增加分离

控制以及提高能源效率的典型例子。智能电网和智能能源的解决方案使得人们能够测量、监控并影响自身能耗并且独立地生产能源。

目前, 城市面临着各种各样的挑战, 包括就业问题、经济增长、环境可持续性、社会适应力等。鉴于这些趋势, 了解我们在互联网演进中所处位置对未来的城市规划至关重要。欧洲的智慧城市从公共领先行业和工业界中衍生出来, 是其发展的必然趋势。信息社会正迅速成为城市规划者、建筑师、开发商、交通运输商以及公共服务的核心支柱。从公共部门领导的角度看, 城市可以被看作是

构建清洁、高效、可持续发展社会的互联网缩影。在阿姆斯特丹,已经启用了以网络为连接的LED街道照明系统^[4]来减少城市的能源消耗和成本。在美国,思科以及芝加哥的一系列公共或私人的利益相关者已经在推进智能社区建设,以改善周边服务和生活质量^[5]。

根据全球移动通信系统协会(GSMA)的报告,由于政府优先发展物联网,中国的物联网市场很快达到了空前的规模。中国政府计划在该领域投资至少6千亿美元。机动车辆的尾气排放已经成为了中国大中城市空气污染的主要来源。根据2013年公安部的报告,2012年中国汽车的数量已经达到了2.4亿。中国私家车所有者和使用者的数量在快速增加。因此,许多中国大城市遭受着严重的空气污染(如一氧化碳、氧化氢、碳氢化合物和颗粒物)以及温室气体排放(GHC),交通堵塞使得这些问题变得更加严重。世界观察研究所的一项新研究显示,空气污染对人类健康、环境、经济有严重的影响。

由于空气污染问题并无国界限制,所以加强国际合作至关重要。例如,欧洲经济共同体和欧洲经济委员会共同签署了条约,以减少污染物的跨境流动^[7]。在荷兰,新的发现表明:主干道附近的空气污染(超细颗粒、可吸入颗粒物、臭氧、氮氧化物等)要比城市地区的一般污染对健康产生的不利影响要大得多。研究还表明:空气污染与交通之间还有着密切的相关性。对于更好的交通管理和污染控制而言,物联网解决方案是监测空气污染和城市交通的有效方式。

根据理特管理顾问有限公司显示:瑞典现已有900万个在线设备,并预测到2017年将会达到2300万。相同的报告指出:北欧国家在线产品和服务市场的迅速发展已处于前沿水平。在未来3年内,北欧物联网市场预计以两倍的增长速度超过全球市场。到2017年,瑞典市场预计将

增长到20亿欧元,北欧市场增长到61亿欧元。与之相连的汽车和消费品在北欧地区的增长最为强劲,年增长率分别为47%和42%。如果物联网市场之前主要是受企业解决方案需求的驱动,那么这一点似乎会发生改变,因为越来越多的消费者友好型解决方案正变得可用。根据调研公司的国际业务监控,瑞典电信的报告表明瑞典电信市场是世界上最为先进的市场并且在机器对机器(M2M)连接以及长期演进(LTE)数量上处于领先地位^[8]。

2 瑞典的绿色物联网工程

瑞典为互联网基础设施做出了相当大的努力,因此嵌入和参与式感知技术为我们建立信息社会的ICT区域性及世界范围的解决方案提供了竞争力。绿色物联网是一个以智慧城市为目标,注重节能的物联网技术的创新研究工程。这个工程已经得到瑞典政府和工业界约20亿瑞典克朗(约200万欧元)的支持,用于让乌普萨拉在未来两年向智慧城市转型。乌普萨拉是瑞典的第四大城市,是一个古老的大学城。1477年建立的乌普萨拉大学在科学研究和教育领域也有着悠久的历史。在绿色物联网工程领域,乌普萨拉大学与乌普萨拉市、瑞典皇家理工学院、瑞典计算机科学研究所、爱立信研究院、IBM和3个中小型企业合作为城市可持续发展建立一个完备的绿色物联网解决方案。

在这项工程中,我们建立一个结合绿色网络、智慧感知和云计算技术的绿色物联网解决方案,以解决更具有交互性和响应性的公私城市管理问题。绿色物联网平台能提供一个支持诸如环境监测、交通运输、工业进程优化和家庭安全的大范围、具有普遍性的ICT解决方案。在乌普萨拉市的驱动下,我们将建设并展示作为市空气污染监控和交通规划测试平台的绿色物联网。因为乌普萨拉

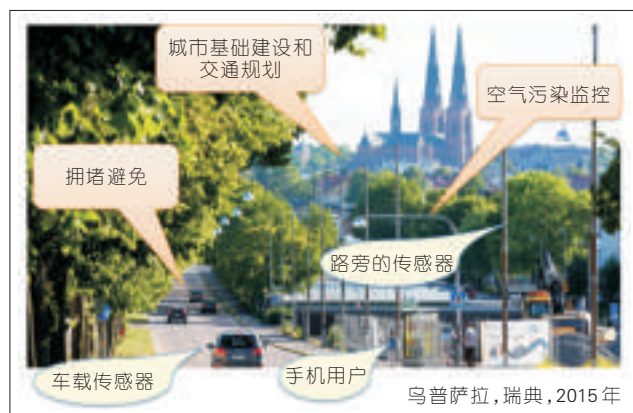
的参与程度始终远超欧盟的标准,其目标之一就是主动通过主动监控、交通规划和城市规划减少空气污染。

现有的物联网技术很大程度上归功于硬件、软件和协议的设计。但是,如何从智能设备产生的海量数据中提取出有价值的信息已成为物联网面临的主要挑战(亦被称为“大数据”问题)。绿色物联网解决方案利用云计算支持智能数据管理,同时整合绿色网络和感知技术以支持节能和可持续性运作。乌普萨拉的绿色物联网平台将会向公众开放并向工业界的新感知设备测试提供支持。由该平台上智能设备产生的传感器数据将促进创新性应用的发展。

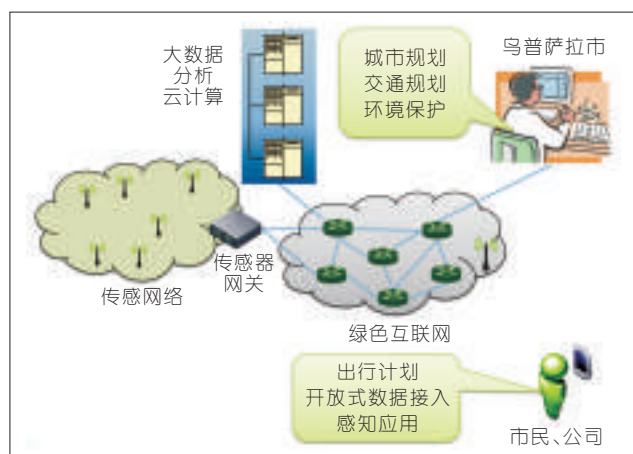
绿色物联网工程的一个主要目标就是为环境感知系统提供一个完整的解决方案,该方案能够开放环境数据并提供相关实验平台,还可以支持城市可持续发展和交通方面的规划,如图1所示。该绿色物联网的架构将依据乌普萨拉的测试平台进行操作,该传感系统和应用平台的建设基于独特技术,可以提供不同层面上的开放接口,并可以保证能源和资源效率及应用程序的独立性。四维可视化方法可以集成实时反馈的传感器数据,以支持智慧城市的仿真。测试平台和公开的数据可以使得三方建立并实验能够向国际市场出口的新传感产品和服务,如图2所示。

3 智慧城市的参与式感知

物流网技术的传感和移动设备可以从环境和人类活动中收集数据,以支持智慧城市中的应用。固定和移动传感器的结合能有效提升传感器的覆盖、传感数据的质量,并能减少能耗^[9-11]。目前,移动传感器的运用越来越广泛。例如,大范围的传感器和通信模型都已在智能手机上安装。智能手机上的GPS能够在城市中监控行车位置、预测交通流量和行程时间。在欧洲,传感器被安装在巴士和有轨电车上以监控城市中的空



◀图1
感知数据对智慧城市
建设的支持



◀图2
GreenIoT 系统框架

气质量^[12]。由移动传感器在不同时间和地点收集到的传感器数据汇总后可以用来建立用于城市规划的城市空气污染地图。参与式感知亦可以被用来提供个人服务,如路径规划和卫生保健服务。

瑞典位于高纬度的北方,居民受到的日常光照等级有着比较大的变化,人们受季节影响较多。智能手机上的先进传感技术能够无干扰纵向监控用户的状态,收集到的数据使得健康卫生专家和个人诊断、纠正季节性成为可能。现在大部分智能手机都装备了位置传感器,如, GPS、移动传感器(加速度计和陀螺仪)和光传感器,利用这些传感器我们可计算人们的位置、活动和曝光量。我们设计并开发了一个个人移动传感系统——SADHealth,该系统可以用来侦测个人的曝光量、情绪和活动等级。它包括了一个可以收集并分享由智能

手机交付数据的移动应用和云平台,如图3所示^[13]。我们还实施了一个让大量用户测试系统功能和性能的实验,该实验历时两年时间。由结果可以看出,我们可以利用智能手机上的光传感器精确地监测个人的曝光量。传感器数据可以帮助每个人监控他们不同季节的健康状况并为提升健康水平提出建议。收集到的数据可以帮助研究人员量化学习、分析季节与健康的关系,如图4所示。

我们还将移动感知技术应用在汽车上来提高行车安全。安全驾驶一直以来都是避免伤亡和珍惜生命的重要课题。研究显示:人们的失误是造成交通事故的主要原因^[14]。在欧洲,统计显示:10%~20%的交通事故都是由于司机疲劳驾驶或消极情绪造成的警惕性下降引起的。适当地选择音乐可以放松身心,也可以提升驾驶表现。在与英属哥伦比亚大

学的合作中,我们研发了一个名为SAFeDJ的移动传感平台,它可以侦测驾驶员的情绪并自动为其选择合适的音乐。当与车内传感器(如OBDII扫描仪)和智能手机的摄像头相结合时,系统可以监控驾驶员的表现和他们的疲劳度等级。收集到的数据将被传向实时状态分析模块,以推断驾驶员的情绪并推荐合适的音乐。这款应用也能让驾驶员向其他人共享路况信息数据并为特殊的驾驶状况推荐音乐^[15]。

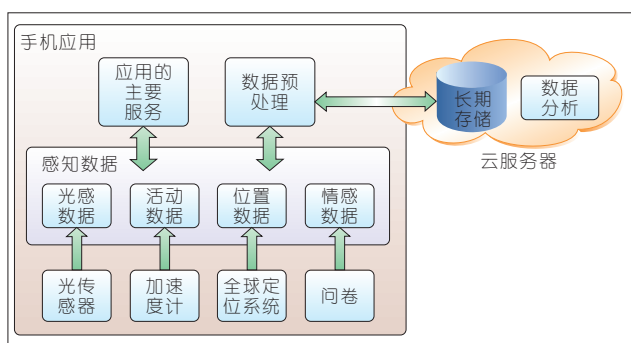
参与式感知系统使我们能够通过移动智能终端系统收集传感数据,从而达到认识环境或完成某些特定的任务的目的。基于位置的服务正变得越来越流行,但GPS定位也会产生大量的能耗。为了克服这个挑战,我们研究了在多移动设备参与式感知中的协同定位服务。这些移动设备轮流打开它们的GPS并与周围的移动设备共享位置数据。这个机制通过避免一直打开GPS而使移动设备节约大量能量。我们设计了一种协同定位机制中参与者选择的机制,该机制能够通过两个新颖的算法达到协同定位机制中的总体耗能的最优。实验结果显示:我们提出的协同定位机制能够节省全网多达88%的能量^[16]。

4 结束语

智慧城市在欧洲是一个具有优先度的研究领域,它集结了工业界和学术界等共同研究的,可以使生活质量提高的可持续、一体化解决方案。文章介绍了我们在瑞典的绿色物联网的研究项目,并介绍了SADHealth和SAFeDJ两款用于季节性健康监控和提升驾驶安全的移动传感应用,这两款应用都运用了移动传感和云计算来收集和分析感知数据,以侦测趋势并智能地做出选择。我们相信,大数据分析将会是未来智慧城市的一个主要趋势,智慧城市应用需要结合从不同来源得到的感知数据,以正确



◀ 图3
瑞典的季节性健康监控
手机应用



◀ 图4
SADHealth 系统框架

地提取特征并预测未来。另一个重要的问题关于无线传感器和移动设备的节能,随着城市中移动电话和传感器的不断增多,我们预测更多的协同传感和计算可能将会投入使用以减少能耗。

致谢

感谢在瑞典创新局绿色物联网项目中与我们共事的瑞典合作伙伴,在英属哥伦比亚大学通过 STINT 获得启动资助的国际合作伙伴,以及在北京邮电大学就参与式感知和智慧城市项目共事的合作伙伴。

参考文献

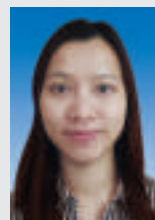
- [1] MITCHELLS, VILLAN, STEWART W M and LANGE A. The Internet of Everything for Cities [EB/OL]. <http://www.cisco.com/web/strategy/docs/gov/everything-for-cities.pdf>, 2015
- [2] Internet of Things [EB/OL]. <http://www.microsoft.com/en-us/server-cloud/internet-of-things.aspx>
- [3] Smart Grids and Smart Energy Solutions, Malmö Stad [EB/OL]. <http://malmo.se/English/Sustainable-City-Development/Climate-smart-Hyllie.html>, 2015

- [4] PHILIPS. Connected Lighting System [EB/OL]. <http://www.newscenter.philips.com/main/standard/news/press/2014/20140327-philips-gives-workers-smartphone-control-of-office-lighting-with-groundbreaking-connected-lighting-system.wpd#>, VL46KS5rNow, 2014
- [5] City of Chicago, Digital Roadmap to Improve Quality of Life [EB/OL]. http://www.cityofchicago.org/city/en/depts/mayor/press_room/press_releases/2013/september_2013/mayor_emanuel_releasescityofchicagosfirstev_ertechnologyplan.html, Apr 2015
- [6] Worldwatch Institute. Air Pollution Now Threatening Health Worldwide [EB/OL]. <http://www.worldwatch.org/air-pollution-now-threatening-health-worldwide>, 2013
- [7] European Commission. Transport Hot Spots [EB/OL]. http://ec.europa.eu/environment/air/transport/hot_spots.htm
- [8] Report Internet of Things in Sweden [EB/OL]. http://www.mynewsdesk.com/telenor_connexion/documents/report-internet-of-things-in-sweden-in-english-41428, Dec 2014.
- [9] XU G, NGAI E C-H, and LIU J. Information-Centric Collaborative Data Collection for Mobile Devices in Wireless Sensor Networks [C]//IEEE International Conference on Communications (ICC), Sydney, Australia, 2014: 10-14
- [10] BIJARBOONEH F F, FLENER P, NGAI E C-H and PEARSON J. Optimizing Quality of Information in Data Collection for Mobile Sensor Networks[C]//IEEE IWQoS, Montreal, Canada, 2013: 3-4
- [11] NGAI E C-H, SRIVASTAVA M B and LIU J. Context-Aware Sensor Data Dissemination

for Mobile Users in Remote Areas[C]//IEEE Infocom, mini-conference, Orlando, FL, USA, 2012

- [12] HASENFRATZ D, SAUKH O, WALSER C, HUEGLIN C, FIERZ M, ArnT, BEUTEL J, and THIELE L. 2015 Deriving High-Resolution Urban Air Pollution Maps Using Mobile Sensor Nodes Journal of Pervasive and Mobile Computing (PMC)[J]. Pervasive and Mobile Computing, 2015, 16: 268-285
- [13] NIROUMAND K, MCNAMARA L, GOGUEV K, and NGAI E C-H. SADSense: Personalized Mobile Sensing for Seasonal Effects on Health[C]// ACM/IEEE IPSN (poster), Berlin, Germany, 2014: 15-17
- [14] World Health Organization. World Report on Road Traffic Injury Prevention [EB/OL]. <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/42871/1/9241562609.pdf>, 2014
- [15] HUX, DENG J., ZHAO J, et al. SafeDJ: A Crowd-Cloud Co-design Approach to Situation-aware Music Delivery for Drivers [C]//ACM Transactions on Multimedia Computing Communications and Applications, 2015
- [16] XI T, WANG W, NGAI E, SONG Z, TIAN Y, and GONG X. Energy-Efficient Collaborative Localization for Participatory Sensing System[C]//IEEE Global Telecommunications Conference (Globecom), San Diego, USA, 2015: 6-11

作者简介



Edith Ngai, 瑞典乌普萨拉大学信息技术学院副教授, 2009 年被瑞典 VINNOVA 授予了 VINNMER Fellow, 担任 IEEE SmartCity Workshop 2015 和 IEEE ISSNIP 2015 的 TPC 联合主席, IEEE 的高级会员以及 ACM 的会员; 研究方向包括无线传感器与移动互联网、物联网、网络安全与隐私、智慧城市和电子健康应用。



滕以宁, 北京邮电大学国际学院本科生; 研究兴趣主要包括数据挖掘、推荐系统、社交网络和网络安全与隐私等。



王文东, 北京邮电大学软件学院教授, 中国计算机学会、中国通信学会高级会员, 北京通信学会理事; 当前的主要研究领域为移动互联网群智感知与协同计算、网络及业务应用的服务质量保障技术等; 近年来发表 SCI、EI 检索论文 200 余篇, 持有国际发明专利和中国

发明专利 20 余项。

车联网专用短程通信技术

Dedicated Short Range Communications in Networked Vehicles

田大新/TIAN Daxin

(北京航空航天大学 车路协同与安全控制
北京市重点实验室, 北京 100191)
(Beijing Key Laboratory for Cooperative
Vehicle Infrastructure Systems and Safety
Control, Beihang University, Beijing
100191, China)

随着中国人口数量、机动车保有量、路网结构、城市规模的不断增长与扩张, 交通拥堵、交通安全、节能减排成为新时期交通发展聚焦的三大热点。近年来, 世界范围内的智能交通研发热潮推动了交通行业的推陈革新, 现代交通将逐渐向更加高效、安全、环保的方向发展。移动互联网技术的迅猛发展为交通技术的革新提供了机遇, 智能交通已广泛利用无线通信技术实现数据共享, 形成了以智能车辆、智能道路、智能终端为主流的发展方向。车联网作为引领未来的前沿技术, 已经成为国际智能交通领域研究的新热点。

在车联网环境下, 车与车、车与路之间通过无线通信手段, 实现实时的信息交互融合。车与车之间通过位置信息的共享, 可以相互感知; 结合先进的传感器技术, 车辆控制技术即可实现车车之间的协同避险, 队列跟驰。在典型应用场景如十字交叉路口, 车与交通信号灯系统信息交互融合, 车辆可以获得信号灯的绿灯剩

收稿日期: 2015-09-08
网络出版时间: 2015-10-29
基金项目: 国家自然科学基金
(61103098、91118008)

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2015) 06-0027-004

摘要: 通过对车路通信系统的设计, 车载、路侧通信单元的开发, 车路通信系统测试平台的搭建及测试, 指出车路通信系统是车联网系统的通信链路保障, 而基于专用短程通信(DSRC)的车路通信系统可以大幅度降低通信延迟, 保障了高速、网络拓扑结构频繁变化的车辆网络质量, 为车车、车路间提供更为可靠、稳定、高效的通信服务。

关键词: 专用短程通信技术; 车路通信系统; 性能测试

Abstract: In this paper, the vehicle-to-infrastructure (V2I) communication system is designed; a couple of on-board communication units (OBU) and roadside units (RSU) are developed; and a real-world networked vehicle (NV) platform of both the OBU and RSU is built and tested. We point out that a V2I communication system lays the foundation for NV, and a dedicated short-range communication (DSRC)-based V2I communication system significantly reduces communication delay during information interaction. This system not only ensures communication quality of the vehicular network at high speed and when the network topology changes but also establishes a reliable, stable, and efficient communication service platform for vehicle-to-vehicle (V2V) and V2I.

Keywords: DSRC; V2I communication system; field testing

余时间, 通过自身车速、位置信息即可判断能否正常通过交叉口, 并可以帮助驾驶员合理地做出选择, 避免车辆进入交通信号灯“两难区”, 降低发生交通事故或引起交通拥堵的可能性; 在高速公路或城市道路路侧, 则提供了无线服务接入点, 方便驾驶员实时获得天气、路况、限速等信息, 同时可为乘车旅客提供优质的互联网娱乐服务; 在出现应急事件如重大交通事故, 由智能道路或其他手段感知事故点基本情况, 将信息快速反馈到交通指挥中心, 指挥中心根据事故情况做出合适的部署, 妥善应对各种应急事件。

由此可见, 车联网、车路协同技术是改善现存交通问题的有效途径,

其中移动无线通信技术对保障车车、车路顺利进行信息交互融合, 提升交通效率、安全等因素起到至关重要的作用。因此, 为车车、车路建立一个低延迟、质量可靠、抗干扰能力强的无线通信环境就显得十分必要。由于专用短程通信(DSRC)技术在延迟、移动性、通信距离方面有着无可替代的优势, 特别适用于车辆安全应用。目前全球范围内的大多数车路协同项目的研究, 均采用DSRC技术建立车辆网络。美国麻省理工学院Mythili Vutukuru等提出了一种基于传输误码率、信噪比自反馈的比特率自适应选择协议栈SoftRate, 吞吐量较传输控制协议(TCP)/IP提高近4倍^[1]; Jakob Eriksson等研发了基于车车、车

路通信的 Carbrnet 网络协议栈,开发了 QuickWifi 客户端,降低行车中用户与 Wi-Fi 接入点的连接时间,其相应开发的 Carbrnet 网络传输层协议(CTP),吞吐量^[2]较 TCP/IP 增加近 2 倍;俄亥俄州立大学 Eylem Ekici 等研究了适合与车辆自组织网络(VANETs)的跨层协议栈,并提出一种网络协议栈 PROMPT,该协议栈可选择最小延迟的数据传输路径,完成多跳通信^[3]。文章则介绍了适用于车联网应用的专用短程通信系统。

1 通信系统及协议栈

1.1 通信系统

随着车辆中加装的传感器增多,数据采集量也相应增加,因此处理数据、融合数据对计算机性能需求不断提高。由于应用平台需要执行多种复杂的应用程序来完成大量复杂计算,因此选择一台独立的计算单元作为应用平台可以提高数据处理效率。

图 1 为平台通信模式,其中主机端执行应用程序,路由端负责数据传输,主机端与路由端共同组成一个车载通信单元。图 1 中还展示了两辆不同车辆中通信单元 1 与单元 2 间的通信:主机端负责处理数据,并通过用户数据包协议传递数据到路由端,路由端采用基于非 IP 的通信协议栈,车载通信单元间通过 802.11p 物理层无线传输数据,实现信息交互融合。

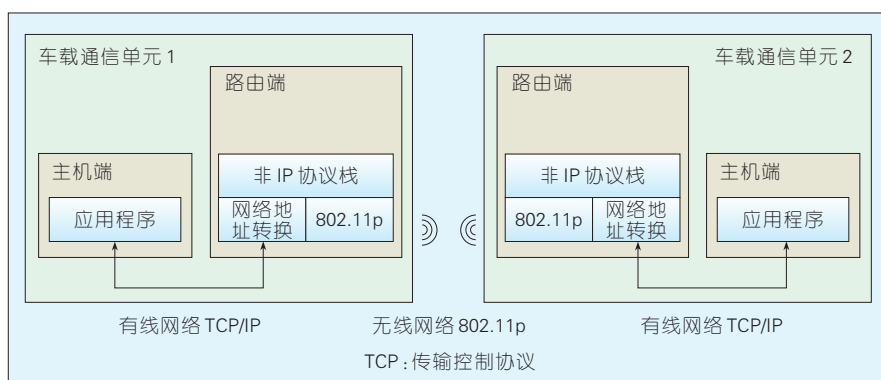
1.2 通信协议栈

参考开放式系统互联(OSI)模型,并根据相关工作需求,我们设计了如图 2 的通信协议栈,其中网络层/传输层能够兼容非 IP 与 IP 协议^[4-12]。

2 软硬件架构

2.1 软件平台

车路通信系统中车载通信单元的开发平台可以分为两部分:应用平台和通信平台。应用平台执行应用



▲ 图 1 通信模式示意

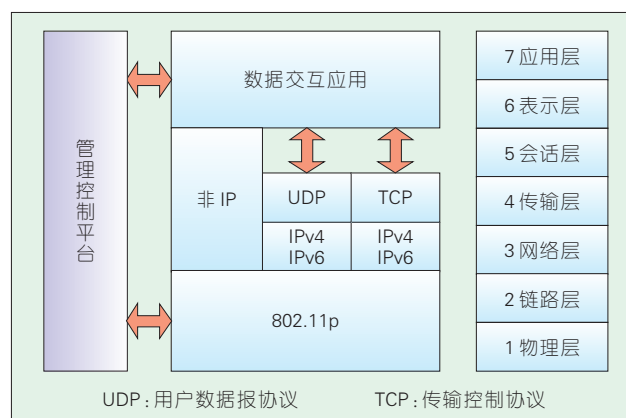


图 2
车联网通信系统协议栈

程序,如处理各式传感器采集车路状态信息,提供管理配置图形化操作界面等功能;而通信平台,由无线传输硬件设备和通信协议栈组成,可由应用程序调用,实现车车、车路信息交互融合。通信平台包含软件部分与硬件部分。

2.2 硬件平台

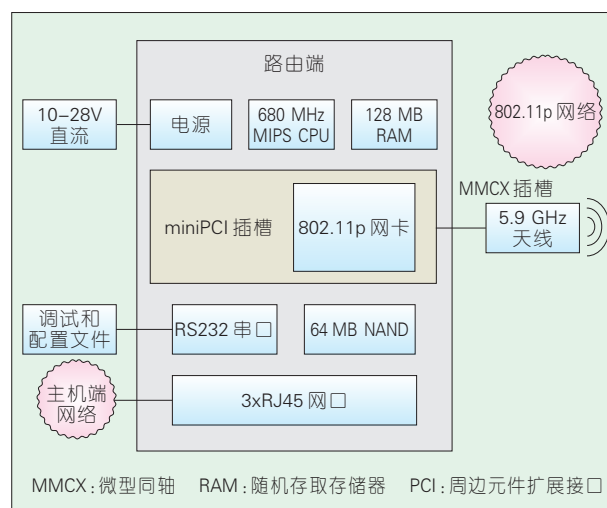
应用平台、通信平台分别在独立单元中实现。其中通信平台在 MIPS 架构嵌入式设备实现,并以独立终端方式出现,最终实现车路通信功能。硬件组成结构如图 3 所示。

3 实验测试

3.1 测试方案

测试采用 2 台 DSRC

车载通信终端(OBU),1 台 DSRC 路侧通信终端(RSU),3 台计算单元,2 台实验车,所有终端均通过网线与计算机单元相连,其中 OBU 终端与计算机单元组成的设备布设在实验车中,RSU 终端与计算机单元组成的设备布设在路侧,计算单元运行测试程



▲ 图 3 车载通信单元硬件设备组成

序,将测试消息发送到终端,再由终端将其广播;OBU终端的天线需放置在实验车车顶,RSU终端的天线需放置较高位置,3个天线之间始终保持无遮挡状态。测试场景如图4所示,道路两侧存在树木和建筑物等DSRC信号干扰源。确定实验环境后,首先测定车载通信单元在该环境下的最远通信距离,其后进行实验测试。

3.1.1 单跳通信距离

如图5所示,节点A包含OBU,并处于静止状态;节点B包含OBU,以速度 $0 \sim 120 \text{ km/h}$ 从A旁行驶,保证通信链路始终保持连接,数据包持续收发。当节点B行驶至不能收到数据包时刻,节点A与节点B间距离即为最远通信距离。

实测最远通信距离的结果约为256 m,因此限定节点A与B的最远相对距离为200 m,进行后续实验。

3.1.2 通信延迟

如图6所示,节点A包含RSU,并处于静止状态;而节点B包含OBU,

以速度 $0 \sim 120 \text{ km/h}$ 行驶。在 $-150 \sim 150 \text{ m}$ 范围内,节点B起点与终点间中点视为0点,测试程序输出车路通信延迟。

3.2 性能测试结果

实验结果如图7所示,车路通信单元之间的距离对组网延迟几乎没有影响。文中提出的非IP协议组网延迟约为46 ms,而基于IP方式组网延迟约为92 ms,相较非IP方式组网延迟高出约1倍。

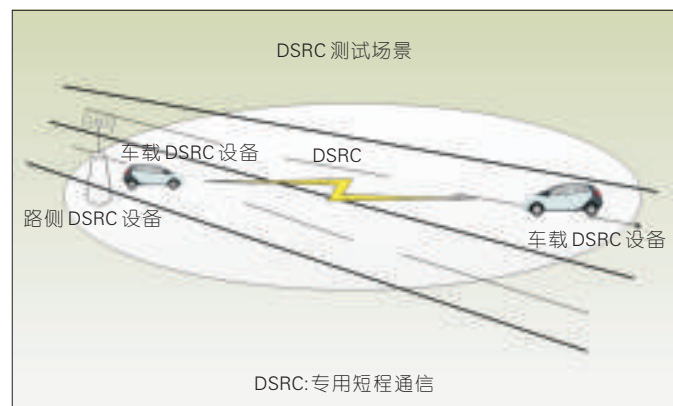
实验结果如图8所示,车路通信单元之间的距离对通信延迟几乎没有影响,文章提出的非IP协议通信延迟约为49 ms,而基于IP方式的互联网控制报文协议(ICMP)通信延迟约为144 ms,相较非IP方式通信

延迟高出约2倍。

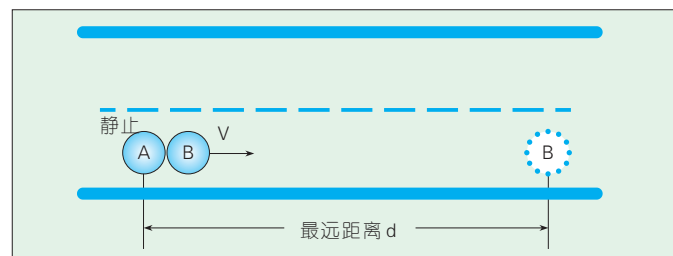
实验结果如图9显示车路通信单元之间的距离、车辆的行驶速度对传输延迟几乎没有影响,本文提出的非IP协议传输延迟约为0.2 ms。

4 结束语

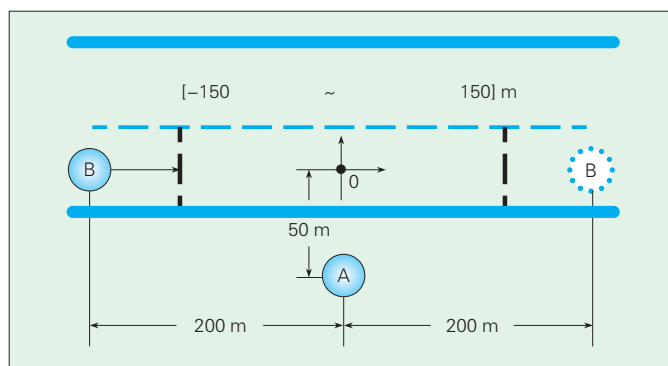
文章研究的车联网专用短程通信单元的单跳通信距离约256 m,通信延迟约为50 ms,对速度、距离等干扰因素具有一定适应能力,通信延迟短,因此该终端完全满足车车、车路



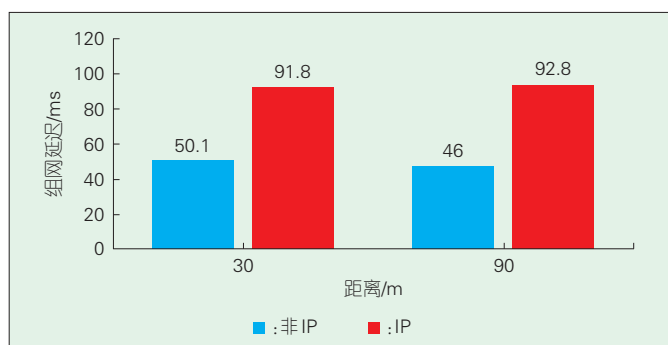
▲ 图4 终端测试验证场景



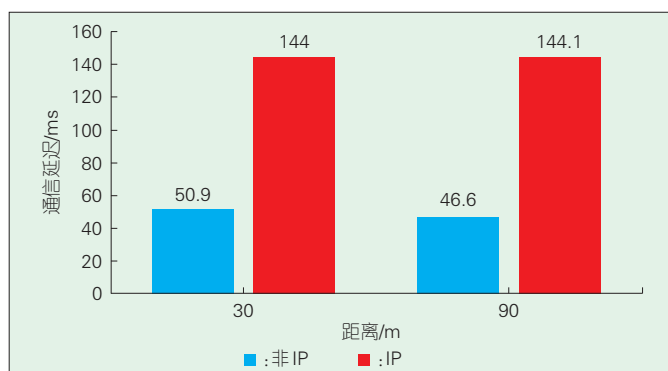
▲ 图5 单跳通信距离测试方案



▲ 图6 车路通信延迟测试方案



▲ 图7 距离与组网延迟关系



▲ 图8 距离与传输延迟关系

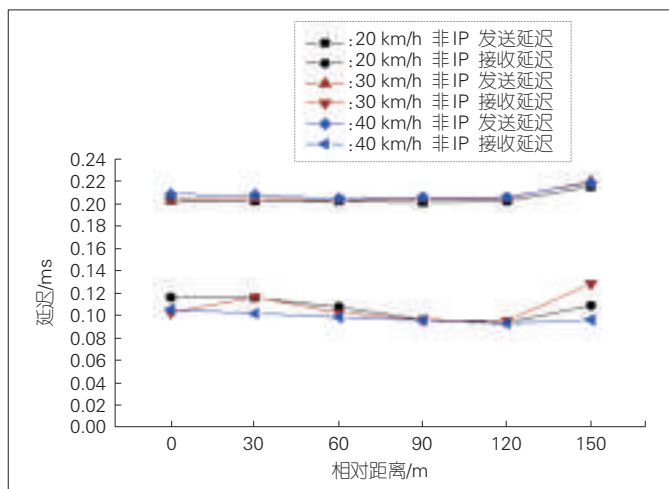


图9
距离与传输延迟
关系

通信链路的两项重要指标,可以为车路协同系统提供低延迟、稳定可靠的通信服务。

参考文献

- [1] VUTUKURU M, BALAKRISHNAN H, and JAMIESON K. Cross-Layer Wireless Bit Rate Adaptation [C]// in Proceedings of the ACM SIGCOMM 2009 Conference on Data Communication, Barcelona, Spain, 2009:3-14
- [2] ERIKSSON J, BALAKRISHNAN H, and MADDEN S. Cabernet: Vehicular Content Delivery Using WiFi[C]// MobiCom'08 Proceedings of the 14th ACM International Conference on Mobile Computing and Networking, San Francisco, USA, 2008:199-210
- [3] JARUPAN B and EKICI E. A Survey of Cross-layer Design for VANETs [J]. Ad Hoc Networks, 2011, 9(5): 966-983
- [4] European Commission, M453.
- [5] ISO 29281 Intelligent transport systems—Communications Access for Land Mobiles (CALM)—Non-IP Networking [S]. International Classification for Standards, 2011
- [6] IEEE Standard 802.11p IEEE Standard for Information technology — Telecommunications and Information Exchange between Systems — Local and Metropolitan Networks — Specific Requirements — Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications — Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments [S]. New York: IEEE Computer Society, 2010
- [7] IEEE Standard 1609.1 Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) — Resource Manager[S]. New York: IEEE Vehicular Technology Society, 2006
- [8] IEEE Standard 1609.2 IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) — Security Services for Applications and Management Messages [S]. New York: IEEE Vehicular Technology Society, 2006
- [9] IEEE Standard 1609.3 IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) — Networking Services[S]. New York: IEEE Vehicular Technology Society, 2007
- [10] IEEE Standard 1609.4 IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) — Multi-Channel Operation[S]. New York: IEEE Vehicular Technology Society, 2006
- [11] STEVENS W R, FENNER B, RUDOFF A M. Unix网络编程 卷1:套接字联网API [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010:77-96,580-622
- [12] MORGAN Y L. Notes on DSRC & WAVE Standards Suite: Its Architecture, Design, and Characteristics [J]. IEEE Communications, Surveys & Tutorials, 2009: 1-15

作者简介



田大新,北京航空航天大学副教授,IEEE会员,中国计算机学会高级会员,中国智能交通协会高级会员,车路协同与安全控制北京市重点实验室副主任;主要研究领域为车联网、移动自组织网络、智能交通系统;先后主持和参加纵向项目10余项,获得6项科研成果奖;已出版专著2本,译者2本,发表论文80多篇,其中被SCI/EI检索50余篇。

综合信息

中国成功在国际电联立项研究智能制造总体标准

国际电联电信标准化部门物联网及其应用研究组 (ITU-T SG20)第1次全会于10月19—23日在瑞士日内瓦举行。中国牵头提出的《工业物联网背景下的智能制造概述》标准项目获会议通过。该项目围绕智能制造相关术语、基本特征、顶层需求、参考模型及使用案例等内容开展研究,将对促进中国智能制造领域的综合标准化工作、把握未来标准化工作重点、加快中国标准国际化进程具有重要意义。

智能制造是新一代信息技术与制造业的深度融合,其正在引发影响深远的产业变革,形成新的生产方式、产业形态、商业模式和经济增长点。国际金融危机发生后,发达国家纷纷实施以智能制造为核心的“再工

业化”战略,谋求制造业竞争新优势。

2015年上半年,中国提出“中国制造2025”行动纲领,强调走创新驱动发展的道路,应用智能技术,强化工业基础能力,加倍努力将中国由制造大国升级为制造强国。中国还在10月份发布《国家智能制造标准体系建设指南(2015年版)》,以加速智能制造标准制订。

为有效推动全球范围内的智能制造发展与合作,目前各大国际标准化组织都非常重视与智能制造相关的标准研究工作。2015年6月,国际电联专门成立了新的ITU-T SG20研究组,研究制订物联网及其应用于垂直领域的国际标准。智能制造是物联网技术的重要应用,受到了ITU-T SG20高度重视。

(转载自《中国信息产业网》)

基于指纹的室内定位技术

Techniques for Fingerprint Based Indoor Localization

李冬/LI Dong
张宝贤/ZHANG Baoxian

(中国科学院大学 泛在与传感网研究中心,
北京 100049)
(Research Center of Ubiquitous Sensor
Networks, University of Chinese Academy
of Sciences, Beijing 100049, China)

近年来,基于无线信号的室内定位技术越来越受到学术界和工业界的重视。这是因为位置信息是移动智群感知和物联网应用的基础要素之一,且在室内环境中具有广泛的应用场景,例如机场/火车站/商场的人员导航、特殊贵重物品跟踪、基于位置的服务推送、安全和入侵检测与防范等。然而,室内环境复杂,无线信号传播容易受到人员流动、家具、墙壁等障碍物的影响。同时,室内定位应用对位置精度提出了很高的要求。因此大量的研究工作^[1-4]已经针对室内定位技术展开。

基于无线信号指纹的定位技术是当前室内定位技术研究的重点。与基于测距和基于接近度的定位技术相比较,指纹定位技术的优势在于基站侧和移动终端侧都不需要特殊设备,且具有较高的定位精度(平均定位误差1~3 m)。特别是随着智能手机和无线局域网(WLAN)基础设施的快速普及,基于Wi-Fi信号强度指纹的定位技术已经成为研究和应

中图分类号:TN929.5 文献标志码:A 文章编号:1009-6868(2015)06-0031-04

摘要: 基于无线信号指纹的定位技术是当前室内定位技术研究的重点,它具有无需额外基础设施、成本低且定位精度较高等优势。基于指纹的定位系统,其核心思想是将不易测量的位置信息映射为容易测量的无线信号特征,并以机器学习中的分类器的角度将已有指纹定位技术分为两个方向:基于Wi-Fi信号强度的分类模型研究;结合其他物理信号特征的指纹定位研究。强调室内定位的关键在于找出它的核心应用,完成从学术到市场的转变。

关键词: 指纹;室内定位;Wi-Fi信号强度;分类器;无线信号

Abstract: Fingerprint-based indoor localization has become a research focus due to its accuracy and low cost and because there is no need to deploy extra infrastructure. The key in fingerprint-based indoor localization is to map difficult-to-measure location information to characteristics of measurable radio signal strength. From a machine learning and classification perspective, existing fingerprint-based indoor localization systems can be categorized according to 1) design of classification models based purely on Wi-Fi radio signal strengths (RSS) and 2) localization using both Wi-Fi RSS and other physical signal's characteristics. The key in indoor localization is to find kill applications and finish the change from academic research to market applications.

Key words: fingerprint; indoor localization; Wi-Fi radio signal strength; classifier; wireless signal

用的主要方向。

1 基于指纹的室内定位技术的理论基础和工作流程

1.1 指纹定位系统的核心思想和基础假设

基于指纹的定位系统,其核心思想是将不易测量的位置信息映射为容易测量的无线信号特征。这种思想主要基于以下两个基本假设:

(1)无线信号特征与地理位置相关。在理想情况下,目标环境中每一个地理位置都拥有唯一的可区分的无线信号特征,作为该位置的指纹信息。指纹的区分度越高,指纹定位系

统的精度也越高。这个假设隐含的意思是无线信号特征仅与地理位置相关,不易受到其他因素的影响。

(2)不同指纹的相似度程度和它们之间的物理距离具有强相关性。由于训练阶段(也称离线阶段)的参考指纹位置数量有限,在线阶段,待定位的位置一般与参考位置不重合,这就需要利用临近的参考位置来进行位置估计。在大尺度上,无线信号的衰减规律保证了这种相关性;但是在小尺度上,尤其是室内环境,受多径效应和快衰落的影响,物理位置相近的两个指纹,也可能出现相关度较小的情况。

指纹定位系统产生误差的主要

收稿日期:2015-09-05

网络出版时间:2015-10-29

基金项目:国家自然科学基金项目
(61471339、61173158)

根源在于无线信号特征很难完全满足上述两个假设。

1.2 指纹定位技术的工作流程

下面介绍的指纹定位流程将以 Wi-Fi 信号强度 (RSS) 为信号特征。同时,这一流程也适合基于其他物理信号的指纹定位。

基于指纹的定位流程可以分为两个阶段:离线训练阶段和在线定位阶段。

(1) 离线训练阶段。训练人员手持移动设备在目标环境的多个位置上分别采集来自不同接入点 (AP) 的 Wi-Fi 信号强度信息。具体来说,在目标环境中,人工标定出一些特定的位置,这些位置坐标已知(这些位置被称作参考点 (RF))。一个位置的坐标记做 (x,y) 。在每一个 RF 上,移动设备采样来自多个临近 Wi-Fi 基站的信号强度,形成一个一维向量,并与该 RF 的坐标相关联,形成该 RF 的指纹,形式如式 (1)。其中 n 表示所检测到的 Wi-Fi 基站数量, RSS_k 表示第 k 个基站的信号强度值。将所有 RF 的指纹存储于一个数据库中,形成一个二维矩阵,称作 radio map。

$$\langle (x,y), (RSS_1, RSS_2, \dots, RSS_n) \rangle \quad (1)$$

(2) 在线定位阶段。待定位的移动端设备采集 Wi-Fi 信号强度,形成该位置上的指纹向量并上传到服务器端。服务器端通过指纹相似度匹配算法,将上报的指纹向量与数据库中每一条指纹记录相匹配,最终确定待定位设备的估计位置,并回传给移动设备。

2 指纹定位系统分类

2.1 指纹定位分类的方法

基于指纹的定位过程可以看成对一个对无线信号特征进行分类的过程:离线阶段就是训练一个分类器模型,将采集的指纹信息作为分类器的输入,RF 的位置作为分类器的输出,

从而训练出符合目标无线环境的分类器模型;在线阶段就是应用分类器进行定位,将新采样的指纹信息输入到训练好的分类器,对应的输出即为 RF 的坐标,并以此作为待定位设备的估计坐标。以机器学习中的分类器的角度,我们将已有指纹定位系统分为两类(如图 1 所示)。

(1) 基于 Wi-Fi 信号强度的分类器模型研究

分类器模型是建立地理位置和无线信号特征之间映射的基础,是室内定位系统设计与研究的一个主要研究方向。分类器模型越接近实际的无线环境,定位系统的性能越好。分类器模型可分为确定性分类器、概率型分类器和基于神经网络算法的分类器。

(2) 结合其他物理信号特征的指纹定位研究

由于 Wi-Fi 信号的室内传播易受到人体及一些障碍物的影响,且室内存在着多径衰落和快衰落,导致基于 Wi-Fi 指纹定位系统的精度受到影响。当前,一些研究将目光转向探索采用其他物理信号作为 Wi-Fi 信号强度信息的替代或者补充,这其中包括采用 Wi-Fi 信号相位特征的定位系统、结合 Wi-Fi 信号强度与其他无线信号(如调频 (FM)、全球通移动通信系统 (GSM) 等) 特征的定位系统、仅采用其他物理信号(如地磁、声波等)

特征的定位系统。

2.2 典型指纹定位系统

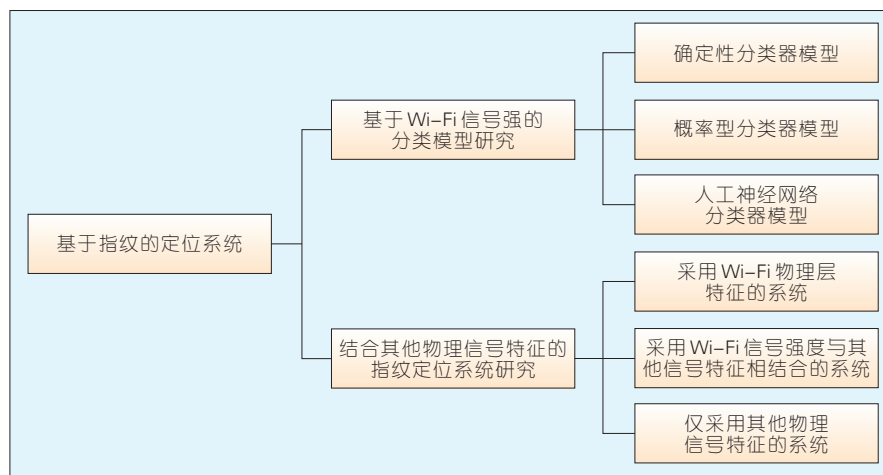
根据上述分类法,下面介绍这两类研究方向中典型的指纹定位系统,包括设计目标、主要机制及其性能和特点。

2.2.1 分类器模型的选择

分类器按照其训练过程的不同可以分为 3 类:确定性分类器、概率型分类器和基于人工神经网络的分类器。

(1) 确定性分类器

确定性分类器代表是 k 近邻算法 (kNN),该算法是文献[5]中微软亚洲研究院的 Bahl 等人于 2000 年提出的,相关系统称作基于无线射频的室内人员定位与跟踪系统 (RADAR)。该系统是第一个基于指纹的室内定位系统。在实现方面,在训练阶段,该系统以每个 RF 上采样的多个 Wi-Fi 基站的信号强度的平均值作为指纹,指纹所形成的数据库即为分类器模型。在线阶段,该系统采用 kNN 算法,以欧氏距离估计信号相似度,并以相似度最高的 k 个指纹的位置平均值作为估计位置。文献[5]中实验结果显示,当 $k=1$ 时,该系统平均定位误差为 2.94 m。当在线指纹和训练指纹的信号采样方向相反时,由于信号采集人员身体遮挡效应,平均定



▲ 图 1 基于指纹的定位系统的分类

位误差降低到4.9 m。kNN算法的主要不足在于:信号强度的平均值无法充分表征目标环境的无线信号传播特征。

(2) 概率型分类器

概率型分类器的代表是贝叶斯分类器(NBC)^[6]。在文献[6]中,马里兰大学的Youssef等人提出了Horus室内定位系统,该系统的核心是以概率方式推测指纹匹配度。在实现方面,在训练阶段,他们首先采样每个RF的信号强度,然后以直方图的形式记录各RF坐标的信号强度概率分布,即已知坐标的条件下信号强度的概率分布。在线阶段,根据贝叶斯定理计算上报的信号强度指纹向量在每个RF的概率,并以概率最大的RF的坐标作为待定位设备的估计坐标。实验结果显示,Horus定位系统的平均定位误差为1.52 m。相比RADAR系统,Horus系统从目标环境中获得了更为丰富的无线信号特征,进而提高了系统的定位精度。该方法的代价是在每个RF需要更多的采样次数。

(3) 人工神经网络分类器

文献[7]中,特伦托大学的Battiti等人提出了基于人工神经网络分类器的指纹定位算法。该定位系统的特点在于利用多层感知器架构(MLP)来表征信号强度和坐标之间的关系。在实现方面,离线阶段将采样的指纹数据库作为训练集输入到神经网络模型,通过一步正切算法(OSS)来学习隐藏单元的系数。离线阶段,每次将上报的信号强度向量带入训练好的模型即可得到该向量的对应估计坐标。神经网络算法(ANN)的优势在于对训练集的个数要求不高。实验结果表明:在5次采样的情况下该定位系统的平均误差不大于3 m,当增加采样量后,平均误差可以降到1.5 m。

2.2.2 引入其他物理信号特征的定位系统

由于Wi-Fi信号的频率(2.4 GHz

和5.8 GHz)特点,Wi-Fi信号强度常常无法完全满足指纹定位的两条基础假设。一些研究工作开始探索引入其他物理信号作为Wi-Fi的替代或者补充进行指纹定位,这方面的工作主要包括3类:采用Wi-Fi信号物理层特征的系统、Wi-Fi信号强度和其他无线信号(如FM、GSM等)特征相结合的系统、仅采用其他物理信号(如地磁、声波等)特征的指纹定位系统。下面将一一介绍相关的典型机制和系统,并讨论其优缺点。

(1) 采用Wi-Fi信号物理层特征的定位系统

由于Wi-Fi信号强度信息经过平均化处理,丢失了一些重要特征信息,故可以采用特征更丰富的Wi-Fi信号物理层特征,例如Wi-Fi子载波的频率响应特征。在文献[8]中,杜克大学的Sen等人提出了PinLoc指纹定位系统,该系统的特点是采用了Wi-Fi信号子载波特征作为指纹信息。他们通过实验验证了Wi-Fi信号的正交频分复用技术(OFDM)子载波的频率响应在给定位置上随时间变化,但变化满足一定的模式,同时在不同位置上的频率响应是不同的,且可以提供1 m × 1 m范围(记为spot点)分辨率。该文作者在多种环境中验证了该定位系统,在100个spot定位中,准确率达到89%。

(2) Wi-Fi信号强度和其他无线信号特征相结合的定位系统

通过将Wi-Fi信号强度信息与其他无线信号特征相结合,可以有效地提升定位系统性能,相关的无线信号包括调频(FM)信号强度^[9]和GSM信号强度^[10]等。

FM信号优势包括:FM基站分布广泛、手机接收端不需要引入特殊设备、FM信号频率低(87.8 ~ 108 MHz)不易受人类活动和采样方向的影响、随时间波动小、且穿墙性能较好、FM信号采样能耗更低。在文献[9]中,霍普金斯大学的Chen等人提出了基于Wi-Fi信号和FM信号相混合的指纹

定位系统。在实现方面,离线阶段,该系统通过手机终端同时采样Wi-Fi信号和FM信号,并采用归一化方式,将两种不同的物理信号统一成一个混合指纹向量;在线阶段,他们采用曼哈顿距离估测信号相似度,并用kNN算法估计待定位节点的坐标。实验结果表明:该系统房间粒度的定位准确率达98%。

GSM信号的优势在于GSM信号覆盖更加广泛、移动端不需要额外的设备、采样更加省电。在文献[10]中,塔图大学的Otsason等人提出了引入GSM信号的指纹室内定位系统。通过实验表明,GSM信号比Wi-Fi信号具有更好的时间稳定性,且在同一RF上GSM信号比Wi-Fi信号可以检测到更多的基站。在实现方面,他们采用欧氏距离和k近邻算法进行位置估计。该文实验结果表明:在GSM和Wi-Fi混合定位情况下,平均定位误差为4 m。

(3) 采用其他物理信号特征的指纹定位系统

一些研究显示,采用非射频的物理信号(例如地磁信号^[11]和背景声波信号^[12])特征作为指纹,可以有效地实现室内定位功能。

地磁信号优势在于移动端不需要额外的设备、不易受人体干扰。在文献[11]中,麻省理工学院的Chung等人提出了基于地球磁场的指纹定位系统。他们发现:现代建筑物中的钢结构成分对地磁场有干扰作用,而这种干扰与地理位置(室内建筑结构)相关,与时间和人员运动无关。这种特性满足指纹定位系统的两条基础假设,地磁信号可以作为指纹特征用于室内定位。在实现方面,离线阶段,他们采用了磁场传感器矩阵(4个)同时采集地磁信号形成指纹信息;在线阶段,他们采用了最小均方差和k近邻算法进行位置估计。实验表明,该系统平均定位误差为1.65 ~ 4.96 m。该方法的不足之处在于:随着指纹数据库的增大,定位误

差会增大。

声波的频谱特点是易于提取、抗瞬时干扰性好。在文献[12]中,美国西北大学的 Tarzia 等人提出一种基于背景音频谱 (ABS) 的指纹定位系统 Batphone。他们通过实验验证了室内环境下背景音频谱具有易于处理、可压缩、抗干扰性好、不随时间变化等特点。该系统可以提供房间级的分辨率。在实现方面,离线阶段,他们采用了傅立叶变换、归一化等方法提取背景音频谱作为指纹信息;在线阶段,他们通过欧氏距离 k 近邻算法进行所在房间估计。实验表明:该系统房间级定位准确率为 69%。

2.3 指纹定位系统的比较

表 1 从分类器模型、无线信号特征和平均定位精度等几个方面对上述各指纹定位系统进行比较。需要指出的是:上述定位系统的精度测量试验都是在不同环境下利用不同测试设备进行的,因此,表 1 给出的定位精度更多的是参考意义,并不具备完全的可比性。如果想对不同算法的定位性能进行更为客观的横向对比,可以参考微软公司组织的全球定位系统大赛相关结果^[13]。

3 结束语

文章综述了当前指纹定位的研究现状,介绍了指纹定位系统的核心思想、基础假设和工作流程,给出了基于指纹定位系统产生定位误差的主要原因。还介绍了基于不同分方法、不同物理信号的典型指纹定位系统,以及它们的主要思想、典型特征及其优缺点。

基于指纹的室内定位还有很多方面需要进一步深入研究,例如,如何采用众包方式训练指纹地图,降低专门训练指纹数据库的开销和成本,并提供稳定的定位性能^[14];随着智能手机性能的增强和更多的传感器(如近场通信(NFC)、压力传感器等)的引入,如何以手机为载体并融合多传

▼表 1 各种指纹定位系统的比较

定位系统	分类算法	信号特征	定位精度
RADAR	kNN	Wi-Fi RSS	2.94 m
Horus	NBC	Wi-Fi RSS	1.52 m
ANN	ANN	Wi-Fi RSS	1.5 ~ 3 m
PinLoc	kNN	Wi-Fi 信号物理层特征	"1 m×1 m"分辨率准确率 89%
Wi-Fi + FM	kNN	Wi-Fi RSS + FM	房间级准确率 98%
Wi-Fi + GSM	kNN	Wi-Fi RSS + GSM	4 m
Geo-magnetism	kNN	地磁	1.65 ~ 4.96 m
Acoustic	kNN	背景音频特征	房间级准确率 69%
ANN: 神经网络模型算法 FM: 调频 GSM: 全球通移动通信系统	kNN: k 近邻算法 NBC: 贝叶斯分类器	RADAR: 基于无线射频的室内人员定位与跟踪系统 RSS: 无线信号强度	

感器输出信号特征的指纹定位技术;如何实现基于指纹的室内定位和室外定位服务的无缝融合等。

需要指出的是不存在最精确的室内定位系统,只有最合适的定位系统。如 GPS 和导航软件的关系一样,室内定位的关键在于找出它的核心应用,完成从学术到市场的转变。

参考文献

[1] GU Y Y, LO A, NIEMEGEREERS I. A Survey of Indoor Positioning Systems for Wireless Personal Networks [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2009, 11(1):13-32

[2] LIU H, DARABI H, BANERJEE P, and LIU J. Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems [J]. IEEE Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, 2007, 37(6):1067-1080

[3] LIU Y H, YANG Z, WANG X P, and JIAN L R. Location, Localization, and Localizability[J]. Springer Computer Science and Technology, 2010, 25(2): 274-297

[4] VO Q D and DE P. A Survey of Fingerprint based Outdoor Localization [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2015, (1): 99: 1-1. DOI: 10.1109/COMST.2015.2448632

[5] BAH I P and PADMANABHAN V N. RADAR: an In-Building RF-Based User Location and Tracking System [C]//in Proceedings of IEEE INFOCOM 2000, 2000: 75-784

[6] YOUSSEF M A and AGRAWALA A. The Horus WLAN Location Determination System [C]// in Proceedings of ACM MobiSys 2005, Seattle, USA, 2005: 205-218

[7] BATTITI R, NHAT T L, and VILLANI A. Location-Aware Computing: A Neural Network Model for Determining Location in Wireless LANs [R]. Italy: University of Trento, Feb. 2002

[8] SEN S, RADUNOVIC B, CHOUDHURY R R, and MINKA T. You are Facing the Mona Lisa: Spot Localization Using PHY Layer Information [C]// in Proceedings of ACM MobiSys 2012, LOW Wood Bay, Lake District, United Kingdom, 2012: 183-196

[9] CHEN Y, LYMBEROPULOS D, LIU J, and PRIYANTHA B. Indoor Localization Using FM Signals[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2013, 12(8): 1502-517

[10] OTSASON V, VARSHAVSKY A, LAMARCA A Y, and LARA E D. Accurate GSM Indoor Localization [C]//in Proceedings of UbiComp 2005, Tokyo, Japan, 2005:141-158

[11] CHUNG J, DONAHOE M, SCHMANDT C, KIM I J, RAZAVAI P, and WISEMAN M. Indoor Location Sensing Using Geo-Magnetism [C]// in Proceedings of ACM MobiSys 2011, Washington DC, USA, 2011: 141-154

[12] TARZIA S P, DINDA P A, DICK R P, and MEMIK G. Indoor Localization without Infrastructure Using the Acoustic Background Spectrum[C]// in Proceedings of ACM MobiSys 2011, Washington DC, USA, 2011: 155-168

[13] Microsoft Indoor Localization Competition – IPSN 2015 [EB/OL].http://research.microsoft.com/en-us/events/indoorloccompetition2015/default.aspx

[14] SHEN G, CHEN Z, ZHANG P, MOSCRIBRODA T, and ZHANG Y. Walkie-Markie: Indoor Pathway Mapping Made Easy [C]// in Proceedings of USENIX NSDI 2013, Lombard, USA, 2013: 85-98

作者简介



李冬,中国科学院大学博士研究生,研究方向室内定位、嵌入式软件。



张宝贤,中国科学院大学教授、博士;主要研究领域无线传感网、无线网络;先后主持科研项目 10 余项;已发表论文 150 多篇,其中被 SCI/EI 检索 100 多篇。

智能交通系统仿真方法研究

Simulation Method on Intelligent Transportation System

丁郁/DING Yu

赵婷婷/ZHAO Tingting

刘祎/LIU Yi

(中国移动通信有限公司研究院, 北京 100053)

(China Mobile Communications Corporation Research Institute, Beijing 100053, China)

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2015) 06-0035-004

摘要: 智能交通系统仿真可以再现交通流运行规律, 为智能交通管理提供科学依据。提出了一种智能交通仿真系统, 具有交通信息实时提取、微观交通流实时控制以及区域内交通信号协同控制等特点, 可以同时满足智能交通在交通安全与交通效率方面的仿真需求。

关键词: 智能交通系统; 高层体系架构; 交通仿真; 群智感知; 协同计算

Abstract: An intelligent transportation simulation system can reappear the network traffic flow and provide scientific instruction for intelligent transportation system management. This paper proposes an intelligent transportation simulation system in which safety and efficiency are taken into consideration. This system has excellent characteristics, such as real-time extraction of traffic information, real-time control of microscopic traffic flow, and cooperative control of regional traffic signal.

Keywords: intelligent transportation system; high level architecture; traffic simulation; crowd and participatory sensing; collaborative computing

近年来, 汽车逐渐成为人们日常生活中的主要交通工具之一。一方面, 汽车的出现为人类的出行提供了便利; 另一方面, 汽车使用量的持续增长^[1]带来了一系列的交通问题。世界卫生组织在2015年“道路交通伤害”报告^[2]中指出, 目前全球每天约有124万人因道路交通事故碰撞而死亡, 另外还有2 000万至5 000万人因此受伤。在中国, 道路拥堵、停车困难频发, 已经成为人们出行必须面对的难题。以北京为例, 堵车造成的社会成本损失每年高达200多亿人民币^[3]。

为了更好地发挥车辆的作用, 减少交通事故对人类的伤害, 提高道路通行效率, 各国政府和研究机构开始了道路交通方面的研究, 尤其是对智能交通系统(ITS)的研究。ITS将先进的信息技术、通信技术、传感技术、控制技术、计算机技术等有效地集成并运用于整个道路交通管理体系, 其主要目标是提高道路安全、缓解交通拥堵、减少资源消耗和环境污染、实现公共资源的最大利用。

收稿日期: 2015-09-06
网络出版时间: 2015-10-27

在ITS中, 每辆车都配备有全球定位系统(GPS)、通信、车载诊断系统(OBD)等环境感知单元, 有的车辆甚至配备有辅助驾驶等控制单元。ITS通过环境感知和通信模块实现车车、车路之间的信息群智感知和协作计算, 进而实现整个智能交通网络的信息收集和监控管理工作。

与构建实地实验相比, 智能交通系统仿真具有经济、安全、可复现、数据易收集、场景可控等优势, 可以再现交通流运行规律, 方便采集交通流等数据进行交通控制效果分析, 实现各种交通场景的模拟, 以及智能交通中车车、车路之间的信息交互, 信号灯协调等功能, 为ITS进行管理、控制和优化提供科学依据。仿真测试的优势可以总结为以下3个方面:

(1) 规模化仿真。可以实现大规模路网、高密度交通流及高负荷信息

交互环境下的车车、车路协同仿真。

(2) 多粒度仿真。可以从微观、中观、宏观多角度对车联网整体效率及安全模式进行分析。

(3) 重复性仿真。可以重复对实际环境中交通危险行为和事故进行仿真分析。

1 智能交通仿真发展及现状

其他国家的智能交通仿真研究经过了很长时间的积累, 已取得了很多科研成果。研究大致可分为3个阶段:

(1) 第1阶段, 最具代表性的研究成果是英国道路与交通研究所开发的仿真软件TRANSYT^[4]。TRANSYT是一种离线优化交通网络信号系统, 以总延误时间和总停车次数的加权和作为目标函数, 并通过爬山法进行优化。

(2)第2阶段,最具代表性的研究成果是美国联邦公路局开发的微观交通仿真模型NETSIM^[5]。NETSIM的设计目的是分析由于信号控制、行人、公共汽车、停车、工程施工等因素所导致的交通阻塞现象,其对城市道路交通现象的描述精度达到了一个新的高度。

(3)第3阶段,最具代表性的研究成果是Paramics、TransModeler等集成化的多功能交通仿真软件^[6]。这两种软件集成了路网绘制、可视化、信号控制、仿真数据统计分析等功能,可以分析各种交通条件下,如车道设置、交通构成、交通信号、公交站点等,城市交通和公共交通的运行状况,是评价交通工程设计和城市规划方案的有效工具。

与这些研究相比,中国的智能交通仿真研究还处在相对落后的阶段。清华大学、浙江大学、同济大学、北京工业大学等科研院所交通仿真软件方面已经取得了阶段性的成果。其中,北京交通大学的王宏^[7]对交叉口信号预测控制进行了研究,提出基于元胞自动机的交通信号预测控制策略,利用遗传算法对交叉口信号配时进行优化。清华大学的李强等提出了基于路径的动态交通仿真模型RDTS^[8],实现路网中每辆车整个行驶路径的模拟。同济大学的钟邦秀^[9]则提出了基于面向对象的微观交通仿真模型的建模过程。

2 智能交通系统仿真设计

2.1 智能交通系统仿真框架

典型的智能交通系统仿真重点关注城市交通规划及交通管理控制方案的仿真验证,城市交通系统的通行效率为主要评估指标。然而,道路安全同样是智能交通系统的研究重点。因此,我们在效率评估的基础上补充了安全相关技术方案的仿真模拟和效果评估,对相关技术方案改善交通系统安全性的效果进行评价。

为了实现道路安全技术仿真,仿真系统需要加深对车辆的控制程度。在不同的控车等级,仿真系统对关键数据(通信延误、定位误差、传感器参数)指标的需求不同,通过模块化仿真的手段对关键数据进行测试能够提高效率、减少成本。

针对智能交通系统的高交互性、系统复杂性的特点,仿真系统通常采用模块化仿真方式。模块化仿真自提出以来经历了分布式交互仿真(DIS)、聚合仿真协议(ALSP)、高层体系架构(HLA)3个阶段^[10],其技术特点如表1所示。

在分布交互仿真和聚合级仿真协议的基础上建立的HLA是新一代模块化仿真框架,它采用对称的体系结构,即在整个仿真系统中所有的应用程序都通过一个标准的接口进行交互作用,可以有效降低大型复杂系统仿真的难度同时保证各个仿真成员的独立性。

目前,HLA已经广泛应用于各种多系统、多模块的仿真系统中。在进行大型复杂的军事仿真时,美国、欧洲等国家或地区都把HLA作为标准的仿真体系。中国海军航空工程学院的导弹装备军民一体化维修保障仿真系统^[11]、北京交通大学的CTCS-3级列车运行控制系统仿真平台^[12]、西北工业大学航天学院的机载激光武器仿真系统^[13]、华中科技大学控制科

学与工程系的导弹作战虚拟仿真系统^[14]等都采用了HLA作为仿真系统框架。

2.2 仿真模块构成

为了兼顾交通安全与交通效率的智能交通系统仿真需求,我们设计了一种具有交通信息实时提取、微观交通流实时控制以及区域内交通信号协同控制等特点的智能交通仿真系统。交通仿真系统由以下5个系统模块组成,如图1所示。这5个系统模块分别为:交通仿真模块、通信仿真模块、三维视景模块、管理评估模块、行为控制模块。

(1)交通仿真模块功能。通过绘制交通路网,设定路口交通信号控制方法,输入车流参数来进行交通仿真;通过底层车辆行驶模型参数来改变车辆行为特征;提取车辆状态信息、控制车辆的行为,生成危险仿真场景。

(2)通信控制模块功能。通过交通仿真模块提取的车辆信息,将每辆车作为一个通信节点,模拟车联网中车车、车路通信过程,并且实现通信延误、通信丢包等功能。

(3)三维视景模块功能。提供路网中关键元素的可视化呈现,能够随着仿真动态展示车辆的行为状态,以及提供车内视角可视化呈现。

(4)管理评估模块功能。管理仿

▼表1 3种模块化仿真架构技术对比

内容	DIS	ALSP	HLA
对象	平台级建模 (以连续系统为主)	聚合级建模 (以离散事件系统为主)	平台级和聚合级建模(包括连续系统和离散事件系统)
类型	虚拟仿真/实况仿真	构造仿真	虚拟仿真/构造仿真/实况仿真
通信方式	广播式通信/点对点通信	广播式通信	一点对多点通信
接口定义	数据通信PDU规范 (IEEE1278-1)	规定联邦的数据交换,在接口控制文件中说明,但没有标准格式	在SOM和FOM中定义数据通信格式
接口实现	网络接口按 IEEE12178-2标准	有AIS提供网络接口	由RTI提供网络接口
仿真时间	实时仿真	守恒的时间管理模式	多种时间的管理服务
AIS: ALSP支撑框架 DIS: 分布式交互仿真 HLA: 高层体系架构 RTI: 运行支撑系统 ALSP: 聚合仿真协议 FOM: 联邦对象模型 PDU: 协议数据单元 SOM: 仿真对象模型			

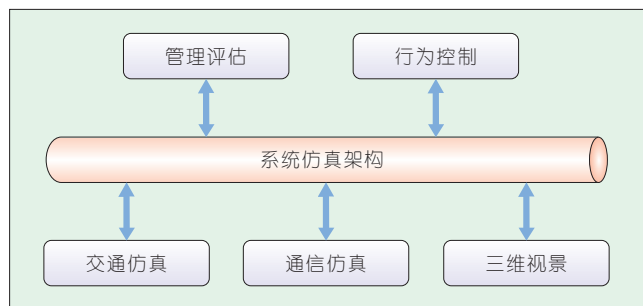


图1
智能交通系统仿真模块组成

真平台各个模块的运行和暂停,将危险场景以数据化的形式发送给交通仿真模块,并通过交通仿真模块中危险场景的生成、通信控制模块中节点通信情况和车辆行为控制模块的预警信息,管理数评估模块能够给出特定参数如定位、通信、传感器与车辆安全的关系,达到评估系统参数和预警方法的目的。

(5)行为控制模块功能。能够通过加载车辆行驶模型等对车辆的下一步运行状态进行预演,结合仿真路网所有车辆信息,判断车辆安全情况,在可能发生危险/拥堵时提前给出预警信息,并改变车辆行驶状态,以避免危险/拥堵情况发生。

2.3 仿真流程

如图2所示,在我们的智能交通系统仿真过程中,首先要创建仿真环境,并根据真实的交通流数据或经验数据来复现交通场景。智能交通系统中离不开车车/车路之间的无线通信,因此在仿真的过程中,需要实时提取交通数据,根据实时交通流数据与控制算法制订交通安全或交通效率策略,并根据制订的交通策略,对交通元素进行行为控制。仿真结束后,还需要对仿真数据进行统计分析,对交通安全或交通效率控制算法进行性能评估。

2.4 仿真案例

为了验证仿真平台的可行性,我们利用Q-Paramics进行了道路建模:长度为2 km,单方向3车道,2个信号灯。车辆到达时间服从负指数分布,

平均每小时的不间断车流量为800辆。智能交通系统仿真通过6台服务器分别运行交通仿真、通信仿真、控制模块、评估模块、行为控制模块、三维视景模块功能。6个功能模块互联,共同构成了智能交通系统仿真平台,如图3所示。

2.5 关键技术

我们的交通系统仿真需要兼顾交通安全与交通效率两方面的仿真需求,因此存在3个关键技术:全时空交通信息提取技术、微观交通流仿真模型优化技术以及多交叉口信号灯协同控制技术。

(1)全时空交通信息提取与控制技术。交通仿真数据的提取,是实现仿真控制的基础。仿真数据获取后,需要对数据进行处理,如车辆位置转换为经纬度信息,车辆相对速度转换

为绝对速度信息等。仿真数据的实时获取以及有效利用是影响仿真运行效率的关键问题。获取的数据经过处理之后将控制决策输入到仿真网络中,可以实现控制策略对仿真网络的数据控制。

(2)微观交通流仿真模型优化技术。微观交通仿真模型是运用数学方法对城市道路交通系统的抽象。智能交通系统仿真中,由于存在车车、车路通信,驾驶员的行为方式会产生一些变化,所以传统的交通流仿真模型已经不能完全表现交通流的运动情况,需要在已有的基础上进行改进。

(3)多交叉口信号灯协同控制技术。传统的单交叉口和干线控制策略,不会根据区域交通流量情况来改变控制策略。在智能交通系统中可获取车辆位置信息,从而得到区域交通流量信息,对这些信息进行处理、分析的基础上模拟协同控制算法可以实现单交叉口和干线信号的协同控制,从而验证智能交通灯算法、车速引导算法等的有效性。

2.6 评价方法

系统仿真的评价方法分为两种:交通流优化和通信优化。

(1)交通流优化。交通流优化的目标是评价交通流管理的优化效果,主要包括两个方面:与交通效率相关,如出行速度、时间、整个路网的吞吐量等;与交通安全相关,如最小车距、碰撞次数、预警信息等。

(2)通信优化评价。主要包括车车、车路通信效率的提升,评价参数有上下行通信成功率、上下行通信时延、网络吞吐量等。

3 结束语

在文章中我们回顾了智能交通系统仿真的研究现状与功能特点,提出了兼顾交通安全与交通效率的系统仿真设计思路。智能交通系统仿真对于模拟具有多层次、交互性特征

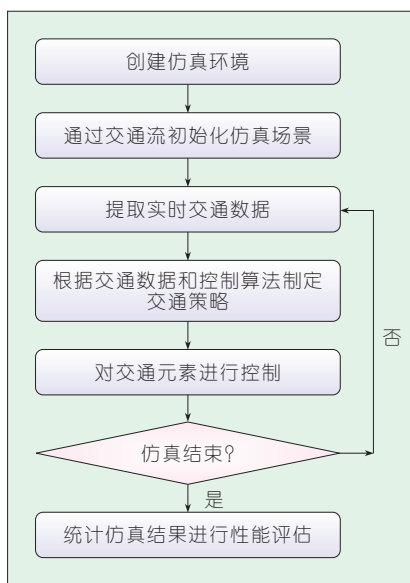


图2 智能交通系统仿真流程

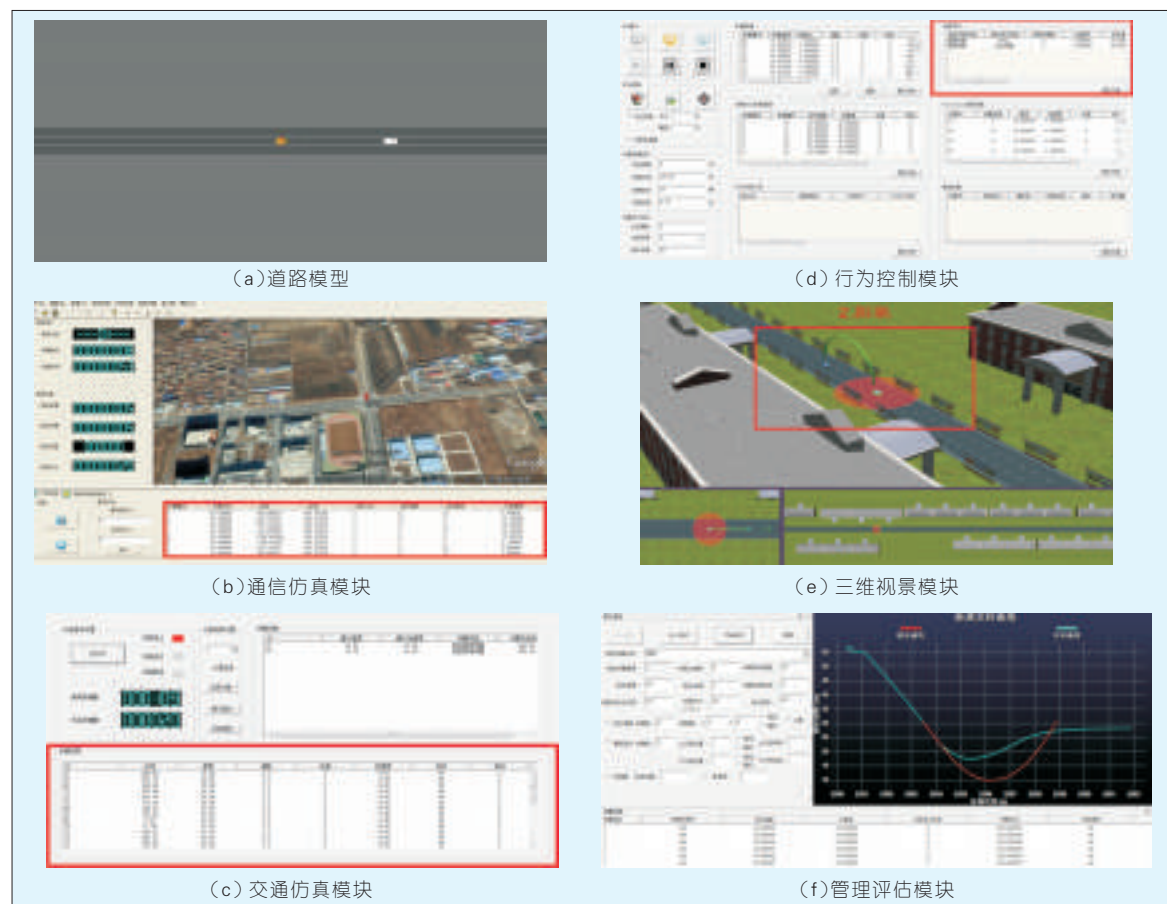


图3
智能交通系统
仿真平台

的智能交通系统有较好的适应性,通过模块之间的分工协作可以实现仿真时间管理、跨平台数据交互、不同模块成员互操作、仿真进程控制、应用策略灵活集成等主要功能。

中国的道路交通环境与发达国家不同,存在混合交通流、驾驶不规范、交通工具种类多、行人违规行为多等特点。因此,在设计开发智能交通系统仿真的同时,我们还需要仔细研究中国城市交通的具体特点,为实施科学的道路交通管理计划提供科学依据。

参考文献

- [1] The World Bank. The World Bank Indicators [EB/OL]. (2012-06). <http://data.worldbank.org/indicator>
- [2] 世界卫生组织. 道路交通伤害[EB/OL]. (2015-05). <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/zh/index.html>
- [3] 吴栋栋, 邵毅, 景谦平等. 北京交通拥堵引起的生态经济价值损失评估[J]. 生态经济, 2013, (4): 75-79

- [4] CHARD B M, and LINES C J. TRANSYT- The Latest Developments[J]. Traffic Engineering & Control, 1987, 28(8): 387-390
- [5] ERKOLLAR A. The NETSIM Modeling Concept[C]//Proc. ASIM98, Zurich, Switzerland, 1998:323-330
- [6] 邹智军, 杨东援. 道路交通仿真研究综述[J]. 交通运输工程学报, 2001, 1(2): 88-91
- [7] 王宏. 基于元胞自动机的交通流仿真及其与信号预测控制相结合的研究[D]. 北京交通大学硕士论文, 2009
- [8] 李强, 楼立新, 段进宇. 基于驾驶员路径选择的动态交通仿真模型[J]. 公路交通科技, 2001, 18(6): 65-69
- [9] 钟邦秀, 杨晓光. 面向对象微观交通仿真系统的研究与实现[J]. 系统仿真学报, 2002, 14(4): 418-421
- [10] 高世峰, 蒋海滨, 周红梅. 分布交互式仿真体系结构发展状况的研究[J]. 计算机仿真, 2003, (2): 76-78
- [11] 徐廷学, 赵建忠, 余仁波, 顾均元. 基于HLA的导弹装备军民一体化维修保障仿真系统设计与实现[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(3): 802-808
- [12] 李博, 王俊峰. 基于HLA的CTCS-3列控系统仿真管理器研究[J]. 铁路计算机应用, 2010, 19(9): 41-44
- [13] 王佩, 吕梅柏, 李言俊, 田进. 基于HLA的机载激光武器仿真系统设计[J]. 西北工业大学学报, 2011, 29(2): 198-204
- [14] 彭亮, 黄心汉. 基于HLA和Vega+Prime 导弹作战虚拟仿真系统研究[J]. 中南大学学报, 2011, 42(4): 1015-1020

作者简介



丁郁, 中国移动通信有限公司研究院研究员; 主要研究领域为车联网、智能交通系统, 包括车联网数据通信、智能交通仿真等; 已发表SCI/EI检索论文6篇。



赵婷婷, 中国移动通信有限公司研究院研究员; 主要研究领域为车联网、智能交通系统, 包括交通仿真技术、驾驶行为分析技术、多源交通数据分析技术等; 已发表SCI/EI检索论文12篇。



刘伟, 中国移动通信有限公司物联网研究院副院长兼车联网技术研究中心主任; 主要研究领域为物联网和车联网; 已在核心期刊发表论文10余篇。

软件定义光网络研究进展 与创新应用探讨

Research Progress and Innovation Applications of Software-Defined Optical Networks

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2015) 06-0039-006

摘要: 以软件定义网络(SDN)控制平面技术为特征的软件定义光网络(SDON)代表着未来传送网演进趋势,是新型超大容量光网络实现高度智能化的重要发展方向。认为通过在光层引入基于软件定义组网的控制平面解决方案,利用软件编程的方式对光网络的结构和功能进行动态定制,完成光网络设备配置、传输参数调整和带宽灵活分配,能够更好地适应新型光网络智能化发展的要求。认为开发软件定义光网络创新应用成为 SDON 领域新的研究热点。

关键词: 软件定义光网络; 网络和业务编排; 虚拟化; 创新应用

Abstract: Software-defined optical networks (SDONs), which is characterized by the software-defined networks (SDNs) optical control plane, represent the trend of future transport networks. SDONs enable new-type ultralarge-capacity optical networks to achieve a high degree of intelligence. SDONs enable the structure and functionality of optical networks to be customized through software. They also enable optical device configuration, transmission parameter adjustment, and elastic bandwidth allocation by introducing a control plane solution based on SDNs. It perfectly caters for the novel architecture of intelligent optical networks. The innovative application of SDONs has become a new research direction.

Key words: SDON; network and service orchestration; virtualization; innovation applications

张杰/ZHANG Jie

(北京邮电大学 信息光子学与光通信国家重点实验室, 北京 100876)
(State Key Laboratory of Information Photonics and Optical Communications, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

- 网络可编程和虚拟化是 SDON 技术发展的主要趋势
- SDN 的智能架构及其控制平面关键技术已经成为不同光网络应用场景的重要研究内容
- SDON 研究将不断关注传送技术发展对控制平面新的要求

近年来,软件定义网络(SDN)发展迅猛,作为一种创新体系架构的 SDN 与其他技术相融合构成“SDN+”,是当前网络演进的重要方向^[1-5]。基于“SDN+光”的软件定义光网络(SDON),通过在光层引入 SDN 控制平面解决方案,能够更好地适应新型超大容量光网络智能化发展的要求。SDON 可以根据用户或运营商的需求,利用软件编程的方式对光网

络的结构和功能进行动态定制,完成光网络设备配置、调制格式适配和带宽灵活分配,达到光层资源虚拟化和按需提供的目的。网络可编程和虚拟化是 SDON 技术发展的主要趋势,并由此带来业务编排、网络安全性和可监测性等一系列挑战与研究课题。我们总结了国际学术界关于 SDON 技术的最新研究进展,分析探讨了儿种典型的 SDON 创新应用。

1 软件定义光网络的研究进展

软件定义光网络技术得到国际上主要发达国家的重视,先后设立了

一系列科研项目开展相关的基础性创新研究工作。我们总结了欧盟第 7 个科技框架计划 FP7 以及后续的地平线 2020 科研计划中信息通信技术领域关于软件定义光网络的重要研究进展。

1.1 IDEALIST 架构

针对传送网由传统波分复用系统向光层灵活栅格组网的发展趋势,欧盟 FP7 计划于 2012 年 11 月启动了“工业驱动面向业务与传送网的弹性自适应波长基础架构(IDEALIST)”项目^[6],共有 23 家单位参加,研究周期为 3 年,总经费约 800 万欧元。

收稿日期: 2015-09-30
网络出版日期: 2015-11-05
基金项目: 国家自然科学基金(61271189);教育部-中国移动研究基金(MCM20130132);北京邮电大学信息光子学与光通信国家重点实验室研究基金(IPOC2014ZZ03)

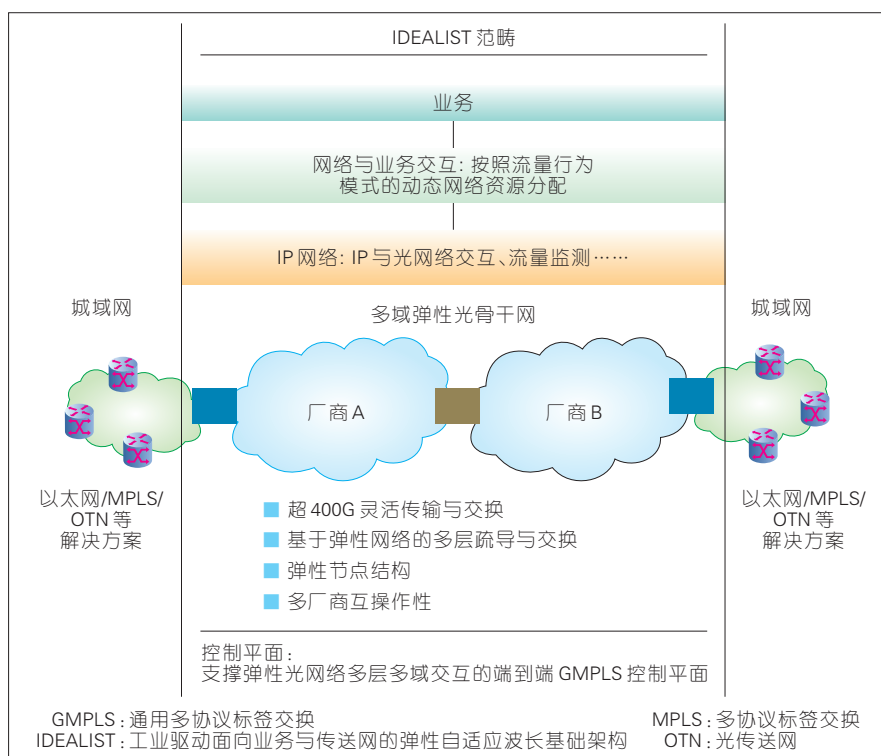
如图1所示,IDEALIST项目致力于设计开发一种创新的传送解决方案,在具备多域和多技术控制平面的弹性化光网络架构基础上,实现自适应的网络与业务交互,支持3D视频、云计算等新的宽带应用,满足未来核心网大容量和高动态的性能需求。IDEALIST面临的主要挑战是如何实现对可变带宽传输与交换、智能控制平面等弹性光网络关键技术标准化和工业化运用。IDEALIST项目研究内容包括:支持灵活自适应传输以及单信道100 Gbit/s以上速率交换的数据平面节点结构和传送系统;面向多域、多层和多供应商弹性网络的控制平面协议扩展;IP和弹性光层协同的动态网络资源分配;具备对弹性光网络离线规划和在线重优化能力的多层网络优化工具。

IDEALIST项目控制平面的研究重点,是设计实现一种面向大容量弹性光网络节点与传送系统的运营级控制管理系统。IDEALIST所提出的网络控制架构体现了分布式与集中式的协同,其分布式智能采用通用多协议标签交换(GMPLS)协议,主要针对实时响应、故障生存性等动态连接需求;集中式智能应用了SDN技术,在项目中定义为自适应网络管理器(ANM),一方面通过连接规划工具实现网络优化功能,另一方面提供与应用层的交互能力。如图2所示,ANM使用基于应用的网络操作(ABNO)模型构建,在项目中结合弹性化需求重点规范了PCE、指配管理器、VNTM、OAM处理器等标准单元接口功能的实现细节。

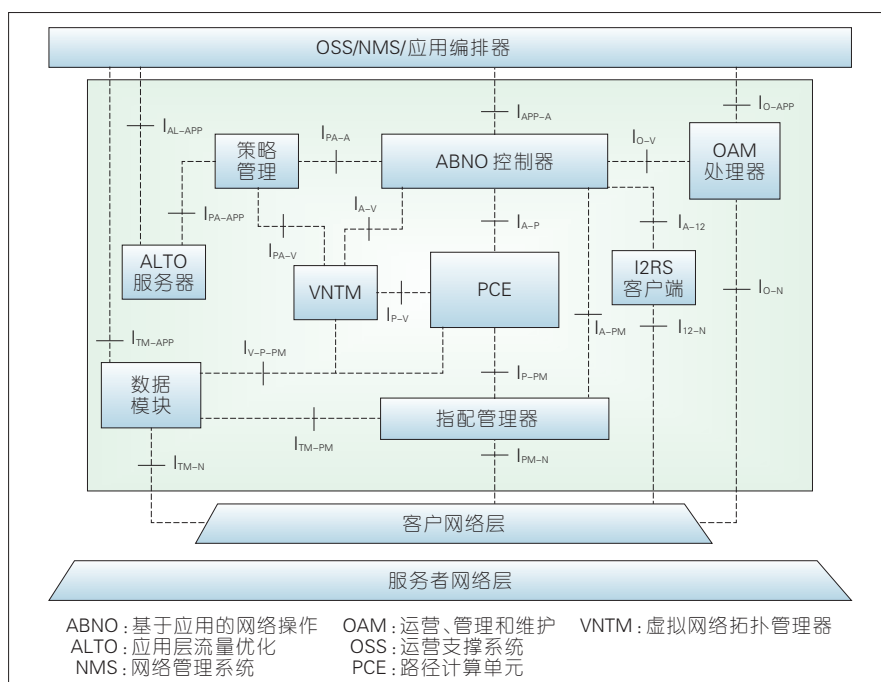
1.2 DISCUS 架构

欧盟FP7计划于2012年11月启动了“支持所有用户与业务无限带宽供应的分布式核心(DISCUS)^[7]”项目,该项目研究周期为3年,总预算超过1 000万欧元。

DISCUS目标是设计和展示一种完整的端到端网络架构,研究包括长



▲ 图1 IDEALIST 总体研究思路



▲ 图2 自适应网络管理器的功能结构

距离无源以太网(LR-PONs)和扁平化光核心网等在内的一整套关键技术,通过简化结构设计,满足未来无线和光纤到用户驻地(FTTP)集成的

网络演进发展需求。

DISCUS项目提出的灵活控制平面遵循SDN的层次化结构设计,具体方案如图3所示。项目定义了3类网

络控制平面逻辑单元:接入网控制器负责控制接入网元;核心网控制器负责控制支持核心传送的光网元设备;网络编排器负责从业务提供商获取请求信息,并解析为高层控制指令下达给接入网与核心网控制器。

1.3 STRAUSS 架构

为了从光网络层面有效支撑以太网数据业务的承载需求,欧盟与日本联合资助的“基于软件定义灵活光网络的高效可扩展以太网业务编排(STRAUSS)”FP7计划项目于2013年6月启动^[8],研究周期为3年,总预算500万欧元。

STRAUSS项目旨在定义一种适于以太网业务传送的高度有效和全球性(多域)的光基础架构,通过设计构建大规模的网络实验平台,研究和验证面向以太网端到端业务的软件定义组网、光网络虚拟化、超100G灵活光路/光包交换等异构传送与网络控制平面关键技术。

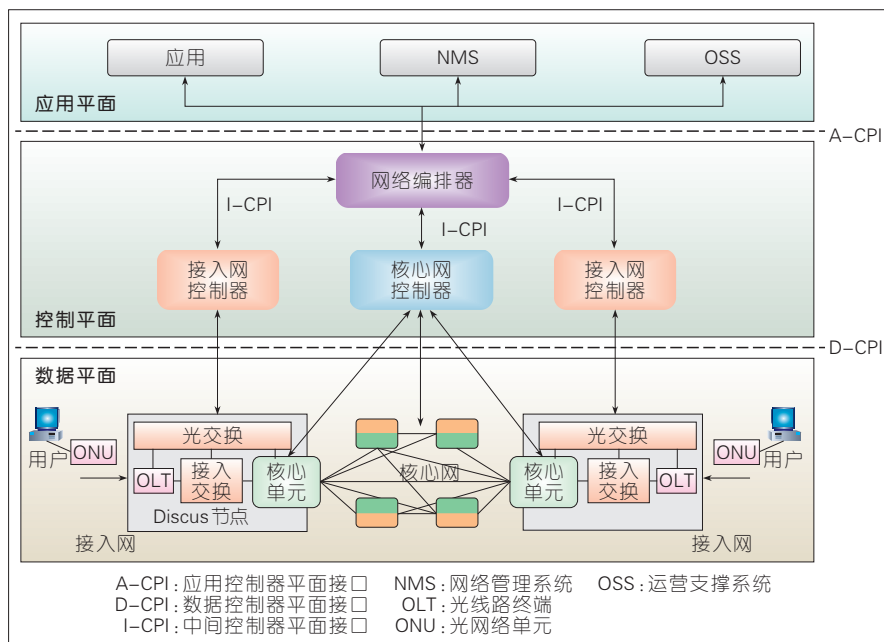
如图4所示,STRAUSS项目提出一种基于软件定义光以太网传送的未来网络架构,包含4个层次:

(1)灵活栅格光路/光包传送网络基础设施。涉及的关键技术包括:支持子波长粒度可扩展、成本与能耗有效流量疏导的光分组交换技术;支持灵活频谱管理能力的光谱域交换技术;支持不同调制格式与比特速率多数据流的软件定义可变带宽光转发器技术等。

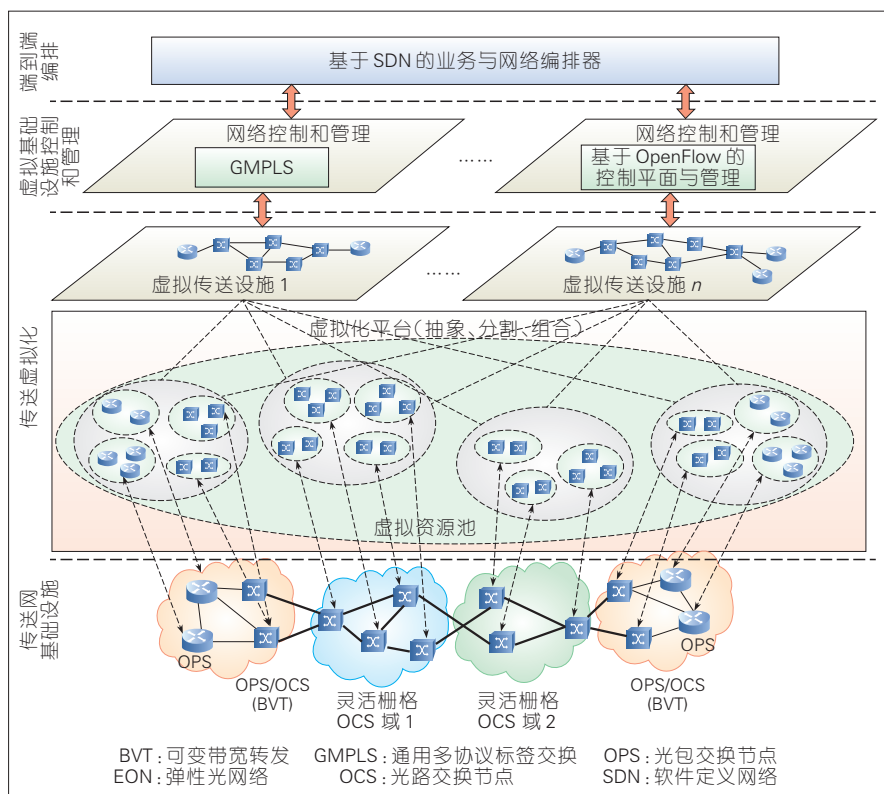
(2)传送网虚拟化层。通过对基础设施信息的抽象,实现异构数据平面资源虚拟化,物理层设施可以被分割和/或聚合为虚拟资源,同时选择来自不同域的虚拟资源能够构造端到端的虚拟传送网络。

(3)面向虚拟化基础设施的控制平面。利用GMPLS和/或基于OpenFlow的网络控制协议,提供自动连接配置和恢复业务。

(4)业务和网络编排层。在顶层引入SDN的业务与网络编排器,实现



▲图3 DISCUS控制平面设计方案



▲图4 基于软件定义光以太网传送的未来网络架构

不同类型控制平面的交互和提供端到端的以太网传送。

针对项目多域异构传送的研究重点,设计并提出了控制编排协议

(COP)的概念,利用SDN控制器摘要实现了一组控制平面功能的公共集,允许在不同类型的控制平面(包括OpenFlow、GMPLS/PCE)之间进行交

互,实现成分组与电路光交换网络的统一控制。COP协议通过YANG模型定义和采用RESTconf传送消息。COP提供两项主要功能:全网范围内的集中式协调编排,满足跨越异构网络的动态连接性需求;引入新的接口和协议,用于对已知域中特殊控制平面技术的抽象。项目组不仅提出了STRAUSS框架内的COP应用描述(如图5所示),还针对IDEALIST、DISCUS、COMBO、INSPACE等欧盟FP7计划项目设计COP用例。

1.4 SAFARI 架构

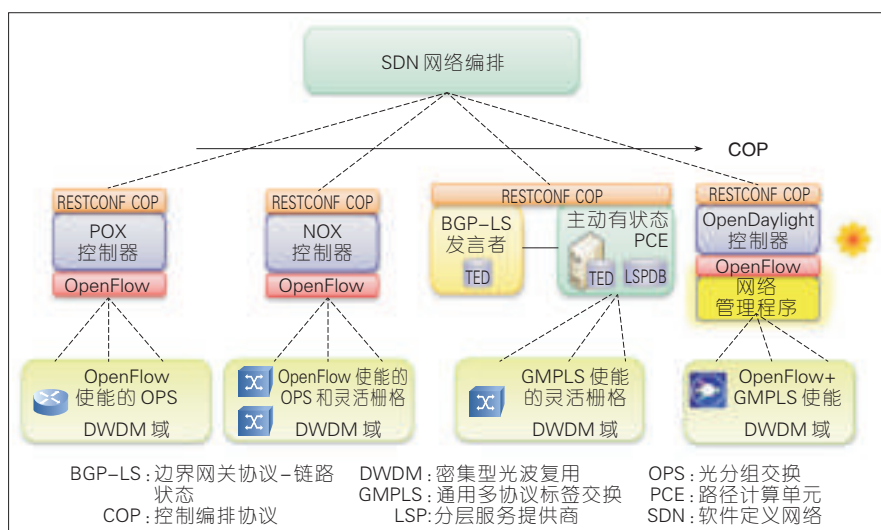
欧盟地平线2020计划于2014年10月启动了欧盟-日本联合项目“面向可重构基础设施的灵活可扩展光架构(SAFARI)”^[9],研究期限为3年,总预算近150万欧元。

SAFARI的目标是攻克可编程光硬件和基于空分复用的光器件关键技术,通过开发基于SDN可编程控制的光学硬件实现可扩展到单通路400 Gbit/s及以上速率的多流传送能力,满足超大容量可扩展和高度灵活的光传送功能需求。图6给出了SAFARI项目提出的光传送可编程控制解决方案。

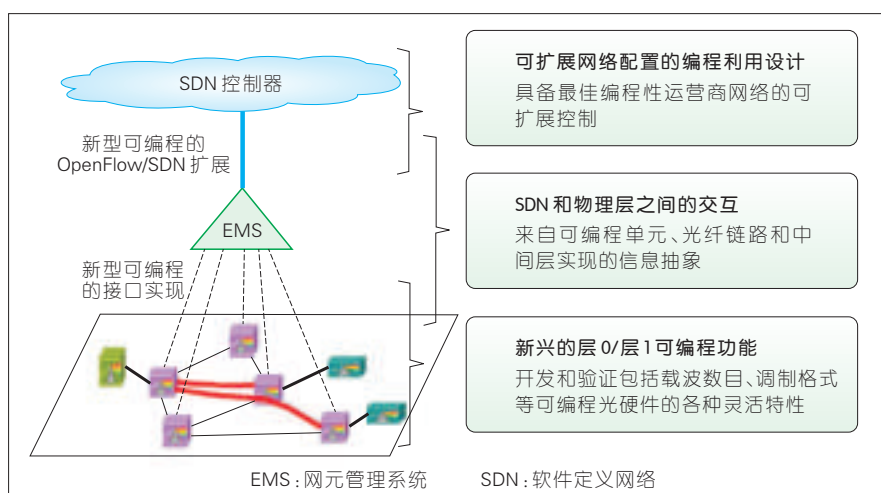
1.5 NEPHELE 架构

数据中心流量的快速增长对数据中心网络提出了一系列挑战,欧盟地平线2020计划于2015年2月启动了“面向应用感知SDN云数据中心的端到端可扩展与动态可重构光架构(NEPHELE)”项目^[10],研究期限为3年,经费超过300万欧元。

NEPHELE项目致力于研发一种动态光网络基础设施,旨在克服当前数据中心网络的结构化限制以及降低成本与功耗,推动云数据中心的建设发展。针对NEPHELE提出的混合电光网络架构,计划采用SDN控制器和相应接口技术开发一个全功能的控制平面叠层。南向侧支持对物理设施的抽象,实现动态的硬件可重



▲图5 STRAUSS COP用例



▲图6 SAFARI光传送的可编程控制方案

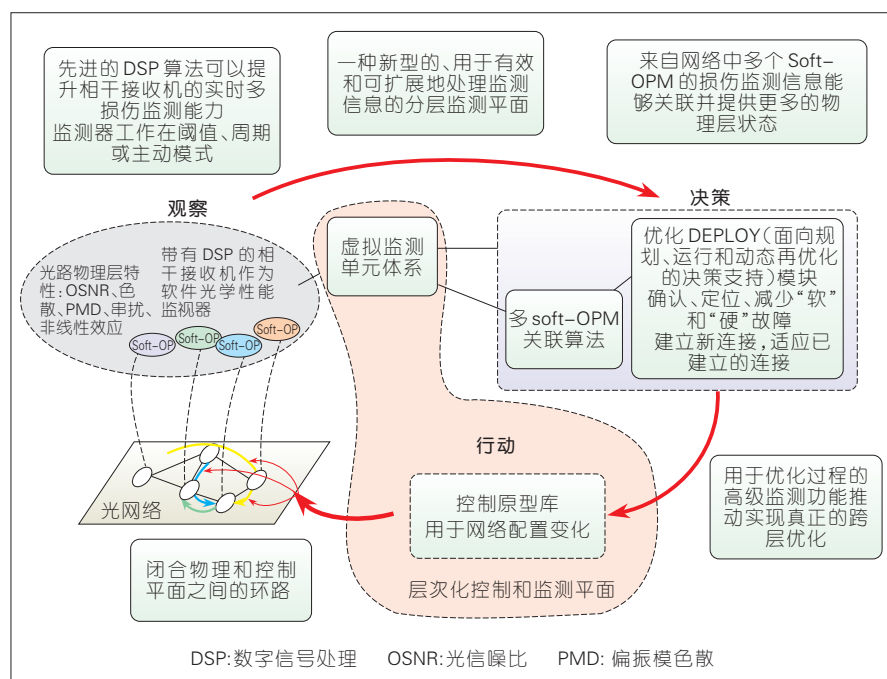
构能力。北向侧通过应用编程接口连接SDN控制器和网络应用功能。NEPHELE创新控制平面设计将使得应用定义组网成为可能,促进了基于混合光电基础设施的硬件与软件虚拟化。同时与面向数据中心间互联的SDN功能模块相集成,可针对虚拟机迁移等实际需要以及现有电信和数据中心运营商域间透明组网的业务等级约定要求,实现带宽资源的全网动态分配。

1.6 ORCHESTRA 架构

欧盟地平线2020计划于2015年2月启动了“采用整体性跨层、自配

置和真正灵活方式的光性能监测使能动态网络(ORCHESTRA)”项目^[11],研究期限为3年,总预算260万欧元。

如图7所示,ORCHESTRA项目认为光网络实现可控性与可优化的决策前提是必须能够进行细致地性能观测。因此,项目重点研究物理层与网络控制平面之间的闭合环路,通过光的性能监测信息与控制平面实体的互动,实现一种真实的动态控制与跨层优化网络,提高网络性能与传送效率。ORCHESTRA具体研究的内容包括:开发基于先进数字信号处理的物理层多损伤检测算法套件,利用分布式软件定义光性能监测器提供的



▲ 图7 ORCHESTRA 总体研究思路

信息并结合先进的关联算法提出全网光通路传输质量判断的整体性解决方案,设计具备主动/被动监测能力的分级控制与检测架构以快速和有效应对网络性能劣化与故障,开发针对故障管理和网络再优化的动态优化程序等。

1.7 ACINO 架构

欧盟地平线 2020 计划“以应用为中心的 IP 与光网络协同编排 (ACINO)”项目于 2015 年 2 月启动^[12],研究期限为 3 年,总预算 288 万欧元。

如图 8 所示,互联网演进形成了典型的 3 层结构,最上方应用层产生业务流量,由中间 IP/OTN 层进行疏导,最后利用底层的光路实现传送。在这一过程中疏导层将大量的细颗粒业务直接映射到数量较少的大带宽传送通路,而没有考虑业务性能的区别要求,由于应用层和光层适配信息的不准确性,一些对时延等性能敏感的特殊应用需求难以得到保证。

ACINO 提出了一种以应用为中心的网络概念,能够区分不同应用对业务流的特点并且分类映射到光

层,对高带宽或有特殊性能要求的业务流将直接面向光层部署,例如数据中心之间的数据库迁移等。为此 ACINO 计划设计一套开源、厂商不可知的模块化编排器,通过 IP 与光协同的多层规划和优化实现由应用需求到底层光路的映射管理。

针对国际上已开展的软件定义光网络研究项目进行分析,可以得出如下结论:

(1) 基于 SDN 的智能架构及其控制平面关键技术已经成为不同光网络应用场景的重要研究内容,对提升网络传送的性能和效率起到重要的

作用。

(2) SDON 研究将不断关注传送技术发展对控制平面新的要求。

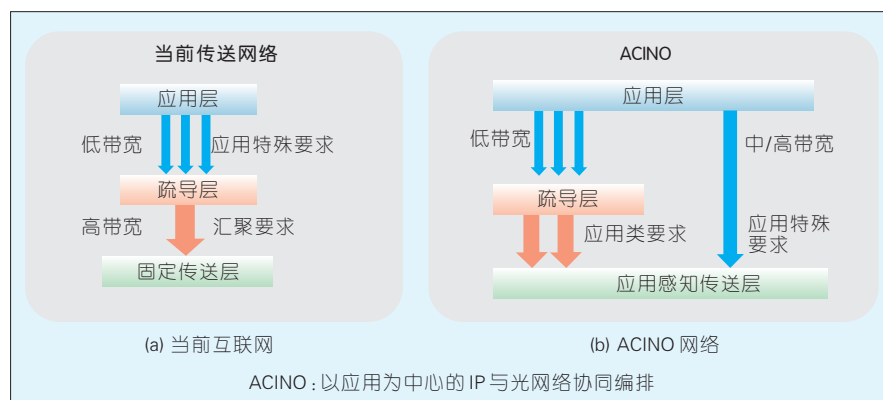
(3) 基于网络与业务编排的 SDON 可编程和虚拟化将会成为关注焦点。

2 软件定义光网络的创新应用

基于软件定义组网的开放集中式控制架构,为软件定义光网络的创新应用 (Apps) 提供了有效的解决方案。下面介绍几种典型的 SDON 应用实例。

(1) 按需带宽提供业务

传统的专线业务提供方式是营业厅模式,以流程为中心,主要依靠电话、填写业务申请单等方式申请专线业务。存在业务响应速度慢,用户体验不好,流程长,人工环节多,业务开通运营成本高,与 IT 系统集成困难等多种问题。基于 SDON 的按需带宽提供业务 (BoD) 以客户为中心,采用互联网模式,通过开放传送网综合网络控制和管理系统北向应用程序编程接口 (API),向上层 BoD 应用提供网络灵活编程能力。客户可通过 BoD 应用远程自助灵活管理和控制其专线业务,包括业务连接的建立、修改、删除和查询等操作。其可以省去客户到营业厅申请、办理和等待业务开通等诸多环节,客户的业务体验大幅提升;同时可以节省运营商从营业厅到网络运维多环节流程成本,节



▲ 图8 ACINO 网络结构方案

省专线运营成本;并能够提供标准北向接口,方便上层应用的快速更新,保证了新服务的快速上线。

(2) 虚拟传送网业务

随着云计算、大数据等宽带业务的迅猛发展,以数据中心为核心节点的数据中心网络将成为未来网络的重要形态。在数据中心网络中,用户需求不仅停留在端到端的连接,还需要一张多点互联的虚拟网络。虚拟传送网业务(VTS)利用传送SDN的网络虚拟化能力,为大客户/虚拟运营商提供虚拟传送网服务,类似于客户拥有自己的专用传送网。多个VTS用户可以共享运营商的物理传送网,从而提供网络资源利用率。VTS业务的用户请求可以包括流量矩阵、服务等级协议(SLA)、网络拓扑、OAM、恢复等。在给定的虚拟网络中,用户可以完全控制虚拟网络内连接的建立/修改/删除,包括连接路由的选择(如显示路由)和业务的保护恢复等。SDON控制器除了根据应用层的请求进行业务配置,还需要能够对VTS用户和业务进行管理。用户和业务管理功能可以采用独立的应用软件实现,也可以在网络管理系统(NMS)或网元管理系统(EMS)中实现。

(3) 异构网络统一控制

随着融合网络技术的发展,不同类型的业务和网络资源交织叠加在一起,形成了异构化的网络互联环境,加剧了全网业务控制与资源管理的实现难度。软件定义光网络方案能够有效地解决异构网络之间的互联互通问题。通过对OpenFlow等相关协议进行扩展,开发面向对象的交互控制接口,可以实现异构网络信息抽象化和跨层网络控制集成化,从而在接入网与核心网、数据网与光网络、有线网和无线网之间建立起具备统一控制能力的新型异构网络架构体系,为实现多域网络全局控制、跨层资源协同优化、开放业务统一提供奠定技术基础。

(4) 虚拟资源动态迁移

数据中心光互联是当前数据中心组网的重要形式,数据动态迁移备份是数据中心一种重要的业务应用形式。因为数据中心迁移数据量巨大,需要光网络提供强大的带宽支持。常规的虚拟机迁移主要是在应用层实现,缺乏网络资源的统筹考虑,难以实现网络状态实时响应以及跨层资源的统筹优化。软件定义光网络通过集中控制器可以实现数据中心应用资源和网络资源的协同处理,实现传送网与数据中心资源的灵活互动,提供数据中心之间大容量虚拟资源的动态迁移解决方案,并有效地提高资源迁移过程中数据传输的可靠性。

(5) 业务重调度优化

在传送网中,客户业务请求依次到达,运营商按照其请求顺序即时地为每个请求预留对应的资源,同时可以根据预计的资源状态为每个请求预留最优化的路由和资源。但是由于多个业务以串行的方式被服务,因此以最优化的方式服务每一个请求并不代表全局的最优化。业务重调度优化应用(SSE)根据预留型业务的特征,可以对已经服务的多个业务进行批量的再调整,对每个业务所占资源进行重新分配,从而实现全局的资源优化和负载均衡。

未来软件定义光网络的创新应用开发将主要集中在两个方面:一是通过创新应用实现光网络的整体控制和管理,增强对网络自身资源的感知与优化能力;提升智能运维水平;二是面向网络安全与生存性、时间敏感业务等用户实际需求,在光网络应用层进一步提出创新的解决方案。

3 结束语

以SDN控制平面技术为核心的软件定义光网络代表着未来传送网发展趋势,是新型超大容量光网络实现高度智能化的重要解决方案。欧盟等世界主要发达国家纷纷投入力

量,开展相关技术的基础性研究与应用探索。从国际研究进展来看,在光层上实现基于软件定义组网的可编程控制与虚拟化更具挑战性,还有很多问题需要解决,不会一蹴而就,但必须坚持,因为发展动态灵活的光网络基础设施是大势所趋。同时,针对带宽提供的管控能力增强将推动传送网从“带宽运营”到“带宽经营”转变,开发丰富多样的软件定义光网络创新应用成为新的研究热点。

参考文献

- [1] 纪越峰, 张杰, 赵永利. 软件定义光网络(SDON)发展前瞻[J]. 电信科学, 2014, (8): 19-22
- [2] 张杰, 赵永利. 软件定义光网络技术与应用[J]. 中兴通讯技术, 2013, 19(3): 17-20. doi: 10.3969/j.issn.1009-6868.2013.03.004
- [3] CHANNEGOWDA M, NEJABATI R, and SIMEONIDOU D. Software-Defined Optical Networks Technology and Infrastructure: Enabling Software-Defined Optical Network Operations [J]. IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking, 2013, 5 (10): A274-A282
- [4] PHILIP N J. Software Defined Optical Network[C]// ICOCN2012, Pattaya, Thailand, 2012
- [5] ZHANG J, ZHAO Y L, YANG H, et al. First Demonstration of Enhanced Software Defined Networking (eSDN) over elastic Grid (eGrid) Optical Networks for Data Center Service Migration[C]//OFC2013, Anaheim, CA, USA
- [6] ICT-IDEALIST [EB/OL]. <http://www.ict-idealists.eu/>
- [7] DISCUS Project [EB/OL]. <http://www.discus-fp7.eu/>
- [8] STRAUSS Project [EB/OL]. <http://www.ict-strauss.eu/en/>
- [9] SAFARI Project [EB/OL]. http://cordis.europa.eu/project/rcn/196615_en.pdf
- [10] NEPHELE Project [EB/OL]. <http://www.nepheleproject.eu/>
- [11] ORCHESTRA Project [EB/OL]. <http://www.orchestraproject.eu/>
- [12] ACINO Project [EB/OL]. <http://www.acino.eu/>

作者简介



张杰, 北京邮电大学教授、博士生导师, 信息光子学与光通信研究院副院长, 兼任北京通信学会理事, 北京通信学会青年工作委员会副主任, 中国通信学会光通信委员会委员等; 主要研究领域为光网络体系结构、控制管理等; 已主持基金项目6项, 获得2项国家技术发明奖; 已出版著作8部, 发表论文300余篇。

软件定义传送网标准化发展探讨与思考

Standardization Development of Software-Defined Transport Networks

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2015) 06-0045-004

摘要: 软件定义传送网(SDTN)的国际标准化工作,呈现以 ONF 主导,多种技术标准组织竞争发展的趋势。在 SDTN 的南向接口方面,开放网络基金会(ONF)的 OpenFlow 与国际互联网工程任务组(IETF)的路径计算单元协议(PCEP)将存在路线之争;而北向接口和信息模型,将成为各标准组织后续争夺的焦点。认为中国应加大光网络软件定义网络(SDN)领域标准的研究和推动力度,在国际标准中发挥引领作用。

关键词: SDN; SDTN; OpenFlow; 应用程序接口(API)

Abstract: The trend in the international standardization of software-defined transport networks (SDTNs) is that the Open Network Foundation (ONF) is the leading organization, and other technology organizations keep the competitive relationship and develop together. OpenFlow of ONF and path computation element protocol (PCEP) of Internet Engineering Task Force (IETF) are the most important protocols for southbound interface of SDTNs. The northbound interface and information model will become the focus of subsequent competition for organizations. We propose that China should pay more attention to the standardization of software-defined networks and play a leading role in international standardization originations.

Key words: software-defined network (SDN); SDTN; OpenFlow; application programming interface (API)

张海懿/ZHANG Haiyi
张国颖/ZHANG Guoying
徐云斌/XU Yunbin

(中国信息通信研究院, 北京 100191)
(China Academy of information and
communication technology, Beijing
100191, China)

- 光网络天然具有部分 SDN 的特征,更易于向 SDN 方向发展演进
- ONF 已经成为传送网 SDN 标准化的主导组织
- 推动开源、互操作性测试等将是 SDN 后续标准化工作的重点

随着云计算、移动互联、物联网等宽带应用的发展,以视频为代表的宽带业务以及以大型数据中心为代表的海量聚合模式驱动着光网络的发展。目前业界掀起了融合信息技术(IT)和网络新型架构理念的研究势头,软件定义网络(SDN)技术迅速向传送网领域延伸,以构建更灵活、高效、低成本以及开放的未來光网络。

SDN 集中化、智能化和开放化的理念为未来光网络的发展提供了全

新思路。软件定义传送网(SDTN)是将 SDN 概念和技术应用于传送网,构建面向业务的新一代光网络体系架构。SDTN 通过将控制与传送解耦,屏蔽传送网物理技术细节,简化现有光网络复杂和私有的控制管理协议;采用集中控制策略,提高传送网的智能调度和协同控制能力;通过开放网络接口,提供光网络的可编程能力,满足未来网络虚拟化、业务灵活快捷提供、网络和业务创新等发展需求。与数据网络不同,光网络自身具有集中化管理和面向连接的交换机制等特点,因此光网络天然具有部分 SDN 的一些特征,更易于向 SDN 方向发展演进。

软件定义传送网技术的发展自 2013 年开始升温,2014—2015 年呈现快速发展态势。目前,全球标准化组织工作快速推进,包括开放网络基金会(ONF)、国际电信联盟远程通信标准化组织(ITU-T)、国际互联网工程任务组(IETF)、光互联论坛(OIF)和中国通信标准化协会(CCSA)等,多种技术标准竞争发展。

1 SDTN 国际标准化情况

1.1 ONF 标准业界领先

目前 SDN 领域的标准工作主要由 ONF 组织推动。ONF 组织是 2011 年 3 月由德国电信、Facebook、谷歌、

收稿日期: 2015-09-20
网络出版时间: 2015-11-05
基金项目: 国家自然科学基金项目
(61471128、61201260)

微软、Verizon 和雅虎联合发起成立的一家非营利性组织,致力于通过对可编程的SDN网络进行开发和标准化,实现对网络的改造和构建。SDN作为一个颠覆性的技术吸引了众多公司加入ONF,包括网络运营商、服务提供商、设备制造商、芯片厂商、软件开发公司以及很多初创公司等。截至2015年9月,ONF已经发展了139家会员,有2 000多名参与者,成立了4个领域15个工作组/讨论组。目前ONF已经形成了包括SDN基本架构、OpenFlow标准和OpenFlow配置和管理协议、测试以及应用推广在内的大量成果。

ONF涉及光传送网领域的工作组主要包括光传送工作组(OTWG)、信息模型工作组(IMP)、北向接口工作组(NBI WG)、运营级SDN讨论组(SDN WG)。目前ONF的光传送SDN标准进展迅速,处于领先地位。

(1) 光传送工作组

ONF于2013年4月成立了OTWG,主席是Ciena的Lyndon Ong。目前在OTWG参与标准化的厂商主要包括:ADVA、阿朗、思科、Juniper、Coriant、Cyan、ECI、中兴通讯等,运营商包括DT、ETRI、KT、NTT、西班牙电信、Verizon、中国电信、中国移动和工信部电信研究院等。

OTWG近期的重点工作包括:

- 聚焦开展传送网北向接口标准制订工作,目前已经提出北向接口功能要求初稿,预计2015年12月完成第1版本,后续进一步规范接口信息模型、YANG模型等。
- 研究OpenFlow扩展支持操作管理和维护(OAM)、保护、多层控制,以及对分组传送(如多协议标签交换传送应用(MPLS-TP))网络控制需求。
- 继续开发新的用户案例和需求,如控制器层间接口、多域等。
- 推动光传送SDN协议的开源工作。

(2) 信息模型工作组

ONF OTWG组最初开展了传送网控制信息模型(IM)的标准化工作,并形成了DOC 5工作组文稿,对支持SDN的光传送网控制信息模型进行了规范。为制订北向接口规范,NBI WG也开展了控制器信息模型方面的标准制订。为了避免各个工作组对控制层IM的重复定义,并保证规范的一致性,在2014年6月底,各工作组达成一致意见,由IMP组牵头将各工作组控制层信息模型的标准化体系进行了重新梳理和整合,形成了新的信息模型架构,并明确了相关的研究方法。

ONF控制器信息模型主要由核心模块、转发模块、应用模块等构成。其中核心模块主要由架构组负责制订,重点研究IM的通用模型部分,它可以作为其他组的基础模型,并在此上进行相关扩展。转发模块主要由OTWG组负责定义,未来的OTN、MPLS-TP等与传送平面转发技术相关的IM定义将包含在转发模块中,并作为核心模块的一个扩展功能。此外,应用模块的制定主要由NBI组负责完成,也可作为核心模块的一个扩展功能。整个IM经过简化和重构后,形成特定目的的基础信息模型或模块,再经过映射后形成与协议相关的接口数据概要。

(3) 运营级SDN工作组

2012年10月成立了运营级SDN讨论组,主要目标是让SDN产业了解SDN和OpenFlow对于运营商网络的意义,以及SDN如何在跨越多种网络、多种技术和业务的运营商网络中部署,它更关注除功能之外的一些需求,如可用性、可扩展性、携带性、安全性、可管理性以及这些性能的相关要求等。

目前开展的主要工作包括:收集运营商网络需求和用例(包括业务感知的大客户专线网络、混合云服务、移动回传网络、IP骨干网提升资源利用率、超高清交互式多媒体视频点播(VOD)业务等);开展差异分析工作,

分析现有ONF解决方案在满足运营商需求方面的差距,提出扩展需求和解决方案。

总体来看,ONF已经成为传送网SDN标准化的主导组织,在OpenFlow光扩展、信息模型、传送北向接口规范等标准化上发挥了重要作用。特别是在信息模型方面,ONF联合了ITU-T、电信管理论坛(TMF)、欧洲电信标准化协会(ETSI)等组织共同制订统一规范,影响力日益扩大。预计传送网相关架构、协议、信息模型等标准将在2016—2017年完成。目前ONF面临的主要问题是其对传送网SDN和现有传送管理体系形成了替代关系,对运维模式产生了较大的冲击,SDN如何兼容现有网管系统,并向统一管控建构演进,还缺乏具体的路线和方案。此外,ONF还致力于推动标准的开源实现工作,建立了ONF SDN开源社区,推动SDN控制器、北向接口、安全等方面的开源软件工作。这些工作将对推动传送网SDN标准的产业化和应用部署起到重要的促进作用。

1.2 ITU-T重视体系架构规范

ITU-T开展传送网SDN研究起步稍晚,初期主要集中在对SDN概念的理解,以及对SDN与传送网、ASON、网管之间关系的讨论。2013年7月,SG15被TSAG指定研究传送SDN,具体工作由Q12、Q14联合开展。2014年3月SG15组正式立项开发光传送网SDN架构新标准G.asdtn。G.asdtn主要支持传送网的SDN控制的传送网控制平面架构,并与SG11、SG13、SG17关于SDN的相关工作互补。SDTN总体架构将采用抽象控制组件的方法来表示,将对G.8080自动交换光网络(ASON)的现有功能组件进行检查,评估它们的适用性,若有需要增加新的组件,以支持新增功能。2014年7月,SG15又启动了一个新的建议,将SDTN与原有智能光网络(ASON)的通用控制功能抽取出来,

形成通用的控制组件规范。与此同时,SG15还负责维护传送SDN LivingList^[1]。

从以上分析可以看出,ITU-T开展传送网SDN研究起步稍晚,作为一个有很长历史的国际标准化组织,考虑到网络演进和技术的继承性等方面的原因,初期主要集中在对SDN概念的理解,以及对SDN与传送网、ASON、网管之间关系的讨论,同时ITU-T一般比较注重网络架构方面的规范,而不涉及具体的协议和流程的设计。目前ITU-T已经立项了两个相关的标准,并启动了多个与SDTN有关的研究点,有关研究工作与多个组织存在交叠,ITU-T较重视与有关组织的协调和一致。

1.3 IETF基于现有技术扩展支持SDN

IETF是互联网领域最为重要的标准组织,是传送网控制平面通用多协议标志交换协议(GMPLS)技术和协议的主要制订组织,对传送控制领域具有较强的话语权。与对数据网SDN的态度类似,IETF认为SDN对互联网架构并没有重大变化,只是需要协议层面的支持,因此国际互联网研究专门工作组(IRTF)虽成立了软件定义网络研究组(SDNRG),但并未成立专门的SDN工作组,很多SDN相关的技术工作,分散在各工作组中开展。其中,与光传送网SDN相关的工作组/讨论组主要包括路径计算单元(PCE)、传送网抽象控制(ACTN)、SDNRG^[2]。

(1) PCE工作组

IETF的PCE工作组成立于2005年,其核心思想是通过集中式路径计算单元提供全局优化的端到端路径计算能力,解决纯分布式无法解决的多域和在线路径全局优化等问题。通过PCE协议(PCEP)与可编程计算机控制器(PCC)交互,为网元提供复杂的在线计算服务。PCE能提供丰富的在线路径计算相关的服务,包括在线业务发放、在线割接模拟、网优

评估、多层多域路径计算等。

IETF考虑基于现有的PCE扩展支持SDN功能,包括扩展PCEP支持连接建立、删除等功能,使得PCE不仅具有路径计算能力,更能向具有完整控制功能的SDN控制器发展;规范了层次化PCE以支持控制器的分层,定义基于PCE的传送网虚拟化架构和北向接口等。

(2) SDNRG研究组

SDNRG是IRTF的一个研究组,主要是从不同的角度研究SDN,分析哪些方法可以在近期定义、部署和使用,哪些可以应对未来的挑战,解决方案的可扩展性,抽象性和编程语言,以及范式在SDN上用途等。此外,SDNRG另一个目标是为研究人员研究软件定义网络领域的关键和有趣的问题提供论坛。

SDNRG目前主要研究内容包括:SDN模型的分离、IETF和其他标准组织之间的关系、SDN模型的可扩展性和适用性等。SDNRG将SDN网络架构划分为应用平面、网络服务抽象层(NSAL)、控制层分为控制抽象层(CAL)和管理抽象层(MAL)、设备和资源抽象层。SDNRG对于管理和控制的关系方面,认为管理作为SDN的一部分,并需要为其定义一些相关的接口。

(3) ACTN讨论组

SDN提出了可编程、自动化、资源共享、业务灵活等需求,需要传送网控制层向上层应用提供网络资源抽象和分片,处理应用层的网络资源请求,同时屏蔽运营商网络内部的拓扑和资源细节。ACTN讨论组主要关注通过网络抽象和虚拟化技术,为传送网SDN提供实现技术。目前的主要成果包括架构、需求文稿和用例。ACTN架构将网络控制分为客户控制层、多业务协同控制器(MDSC)和物理网络控制器(PNC)3个层次,并定义了三者之间的接口以及三者之间的通信流程。

IETF对于传送网SDN的标准化

工作起步稍晚,主要思路是基于现有技术扩展支持传送SDN,与ONF引入新的OpenFlow光层扩展协议和北向接口的思路有较大差异。目前来看,ONF在接口规范制订上获得了更多传送网厂商和运营商的支持。但是由于IETF在路由器SDN方面的标准化影响力较强,很多路由器厂家更倾向于基于PCE等IETF现有技术向SDN演进,会对传送网SDN的标准选择产生一定影响。最终标准化的走向,将取决于各种标准在开源平台上的实现和产业化推进情况,因此推动开源、互操作性测试等将是后续标准化工作的重点。

1.4 OIF关注网络互操作

光互连论坛(OIF)对传送网SDN的工作主要集中在两个方面:一是运营商工作组发布了对传送SDN需求规范,并启动新项目,研究用ASON诠释SDN架构的框架;二是开展光传送网SDN的互操作性演示工作。2014年下半年,OIF与ONF组织全球多个运营商、设备厂商以及科研机构,开展了基于SDN的光传送网OTN原型演示和互操作性测试。参加测试的运营商包括中国移动、中国电信、加拿大Telus、美国Verizon,设备厂商包括中兴通讯、烽火、Coriant、Ciena、Fujitsu、ADVA、Alcatel-Lucent、NEC,参加测试的研究和咨询机构包括中国的工信部电信研究院、日本的KDDI研发实验室,以及法国电信Orange。

本次测试重点演示基于OpenFlow和RESTful应用程序编程接口(API)接口的互操作性,测试的OpenFlow协议主要基于ONF OTWG制订的OpenFlow协议扩展,RESTful API主要基于OIF制订的传送网北向接口规范,并为测试的简便性做了适当简化。

2 中国SDTN标准化现状

2012年以来,中国积极开展了软

件定义传送网标准化研究工作。CCSA TC6在2012年底设立了软件定义光网络研究课题,并开展相关标准预研工作。2013年,CCSA TC6立项开展《软件定义光传送网(SDTN)总体技术要求》行业标准、《软件定义分组传送网(S-PTN)技术研究》和《基于SDN/NFV的接入网技术研究》。其中,《软件定义光传送网(SDTN)总体技术要求》行业标准的整体思路是结合ONF和ITU-T的相关研究成果,对各标准组织提出的技术路线和协议进行选择,并在SDTN与网管的关系、SDTN的可扩展性、性能等方面提出要求,预计将于2016年完成。2014年,CCSA TC6立项开展3项SDTN行标和2项研究课题,包括软件定义分组传送网(SPTN)总体技术要求、控制器层间接口规范、应用编程接口规范、软件定义同步网技术要求等方面内容^[3]。

从上面的分析可以看出,中国在SDN方面的标准化工作开始的时间还是比较早的,传送网领域的SDN标准化工作在TC6中开展,其中既有SDTN体系架构方面的标准,也有SPTN和SDON等不同技术领域的标准化工作。同时TC6还结合中国的应用需求,率先开展了软件定义同步网的研究工作,在SPTN和软件定义同步网等方面的标准化工作有一定的前瞻性和创新性,并力图将相关的创新性成果输出到国际标准化组织

中。这些努力均取得了初步的成果。

3 结束语

我们认为SDTN的标准化发展呈现以ONF为主导,其他组织共同竞争的局面。ONF由于掌控OpenFlow协议的制订权,并在北向接口方面加强研究力度,基本占据了传送网SDN标准化的领导地位;ITU-T是传统的光传送网标准化组织,制订了ASON控制架构,当前主要致力于对SDN引入光传送网后的架构,与ASON和网管的关系,以及信息模型方面的研究,但不会制订具体的SDTN协议;IETF认为在保持南向接口丰富性的基础上,需要更强调北向接口的开放,目前在试图通过扩展PCEP和架构来支持SDN,在北向接口方面与ONF的工作有较大的重叠,由于IETF对SDN研究的起步较晚,目前还没有明显的影响力。

我们认为在SDTN的南向接口方面,ONF的OpenFlow与IETF的PCEP将存在路线之争,但从目前来看,OpenFlow的支持度更高一些。对于北向接口和信息模型,将成为各标准组织后续争夺的焦点。也有观点认为,过去电信网的标准化主要是横向接口(设备之间)的标准化,而未来SDN的标准化主要是纵向接口(设备到控制器,控制器到应用)的标准化。

中国应该逐步重视和加强软件定义光网络的标准化研究和推进,当

前各大国际标准组织在光网络SDN领域的研究和标准化工作尚处于初期阶段。鉴于标准在支撑自主创新和引领产业发展方面的重要作用,中国应加大光网络SDN领域标准的研究和推动力度,在国际标准中发挥引领作用。

参考文献

- [1] ONF TS-022 OpenFlow光传送协议扩展1.0版本[S]
- [2] ONF TR-513通用信息模型概述[S]
- [3] ONF TR-512核心信息模型[S]

作者简介



张海懿, 现任中国信息通信研究院技术与标准研究所传送与接入研究部主任;主要从事光网络、智能控制、OTN和PTN等光传送网技术和标准研究工作;曾获国家科技进步二等奖3次;已发表技术文章数十篇。



张国颖, 中国信息通信研究院技术与标准研究所传送与接入研究部副主任、高级工程师;主要从事光传送网络、智能控制平面、宽带领域的技术研究、标准制订、测试评估和政策研究工作;负责和参与了多项科技部、发改委和国内电信运营商的研究课题。



徐云斌, 中国信息通信研究院技术与标准研究所传送与接入研究部高级项目经理、高级工程师;主要从事光传送网络、智能控制平面的技术研究、标准制订、测试评估工作;负责和参与多项国家“863”和运营商的研究课题。

综合信息

全球光纤市场产值稳定成长 年复合成长率约5%

随着无线通信技术的进步与网际网络的快速发展,2015年除了无线网路4G蓬勃发展之外,固网的发展速度也非常快,而固网中最大的亮点就是光纤建设。

根据研究机构数据显示:全球光纤市场产值持续稳定成长,年复合成长率约5%,在世界各国宽频战略启动下,亦进一步推动全球光纤市场的建设热潮。

光纤网路不但串起城市与乡村的差距,更进一步

提升了乡村的发展与生活便利,而通过乡村网路建设带动电子商务成长,也间接促进了物流等方面的发展。因此,可以得知许多国家都把光纤网路发展当成是国家战略性的基础建设的原因。网路替代了实体的道路桥梁串起了城市与乡村,降低城乡差距,更重要的是也同时延伸了中央政府的统治力量,由此可见网路发展的重要性。预计到2015年底中国新增光纤到户的覆盖数将达8千万户。(转载自《中国信息产业网》)

M-ICT 时代下的全面扁平化趋势

The Trend towards Flatness in M-ICT

王德政/WANG Dezheng
王承忠/WANG Chengzhong
吉晓威/JI Xiaowei

(中兴通讯股份有限公司中心研究院,
深圳 518057)
(Central Research Institute of ZTE
Corporation, Shenzhen 518057, China)

在互联网思潮的冲击下,网络扁平化趋势已成为业界共识。随着 M-ICT 时代的到来,扁平化已不仅仅停留在网络扁平化的层面,物理设备、网络部署、业务流程都有全面扁平化的趋势。这些“扁平化”技术将为管理扁平化趋势提供技术支撑,并将会全面提升 M-ICT 时代下的工作效率。

1 设备扁平化趋势

1.1 IT 资源池化的趋势

在 M-ICT 时代,IT 基础设施需要提供快速的业务部署能力和高效的设备运维能力,对物理设备也提出了更高的要求。

传统设备将从单个实物形态的设备逐步过渡到池化设备形态,即一个管理域内的数百乃至数万台物理设备组合成一台池化设备。池化设备具备业务所需的各种功能部件,不同的功能部件由不同的物理资源池提供,设备也从“黑盒”逐步过渡到“白盒”。整个网络和 IT 基础设施可认为是由少量扁平化的池化设备组

合构成^[1]。

在传统“烟囱式 IT”向云计算基础架构演进的过程中,资源池概念逐步得到了丰富和发展。通过虚拟化的方式,服务器、存储、网络等资源全面形成一个巨大的资源池。通过分布式算法将这些资源进行分配,从而消除物理边界,提升资源利用率,最终实现按需动态分配资源。更进一步地,云计算技术将打破服务器机箱、机柜的限制,把所有的 CPU 和内存等资源解放出来,汇集到一起,形成 CPU 池、内存池、存储池以及网络池,当用户产生需求时,便从这个池中配置能够满足需求的组合。

对于计算资源和内存资源池化,因为受带宽和时延约束,当前 CPU 资

源和内存资源,还属于紧耦合绑定状态,随着硅光互连技术的发展和成熟,未来有解耦成相互独立资源池的趋势。

对于存储资源池化,以存储区域网络(SAN)/网络连接存储(NAS)为代表的传统网络存储,已逐渐演变为不同 SAN/NAS 系统之间存储资源共享,并由此产生了基于虚拟化的存储资源池化。随着未来技术进步和需求驱动,接近内存性能的非易失性随机访问存储(NVRAM)、依赖总线和接口标准(PCIe)互连的非易失性存储器标准(NVMe)的固态硬盘(SSD)等新型存储介质也将得到商业应用。

网络资源池化是一个逐步发展和完善的过程。多台虚拟机共享物理

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2015) 06-0049-005

摘要: 在 M-ICT 时代,物理设备、网络部署、业务流程都呈现全面扁平化的趋势。在物理设备层面,各类资源的池化已成为主要趋势;在网络部署层面,软件定义网络(SDN)/网络功能虚拟化(NFV)等技术令网络部署更加趋于扁平;在业务流程层面,大数据系统为扁平化提供了技术基础。指出安全问题泛在化与安全边界模糊化是扁平化趋势带来的新安全课题,在安全架构的构建中,需要重点考虑这两方面的问题。强调 M-ICT 时代将是一个全面扁平化的时代。

关键词: 扁平化; 资源池; 大数据; 安全

Abstract: In the M-ICT era, the trend of flatness is evident in physical equipment, network deployment, and business processes. At the physical equipment level, pools of all kinds of resources have become the main trend. In the network deployment level, software-defined networking (SDN), network function virtualization (NFV), and other technologies can make the network flatter. In the business process level, big-data system provides the technical basis for flatness. We point out that the safely problem become general and security boundaries become blurred. We need to pay attention to these two aspects. We emphasize that the M-ICT era will be a comprehensive flat era.

Key words: flatness; resource pool; big data; security

收稿日期: 2015-09-10
网络出版时间: 2015-11-05

网卡,每台虚拟机呈现“独立”的逻辑网卡,这属于网络资源池化概念雏形。未来网络的开放和可编程特性,使得网络资源对用户将呈现资源池化的特征,即实现网络资源的按需分配,满足资源池内设备互连以及外部互通等各种应用场景。

1.2 IT 资源池化的关键技术

传统服务器的各个组成部件都是固定配置的,为了进一步提升资源的利用率、要求服务器的功能标准化,形成更多功能级的资源池,各个组成部件通过解构与重构,重新组合成逻辑设备单元。为了实现池化设备的解构与重构,需要解决 IT 系统内部的互连问题,同时需要一个高效的管理体系。我们将简要描述 IT 资源池化的一些关键技术。

1.2.1 池化设备解构与重构

首先,出于成本、节能减排的考虑,我们需要把电源、风扇部件从服务器基本构成中解构出来,使得多台服务器共享风扇、电源,这也是谷歌自研定制化机柜式服务器的初衷;其次,多服务器之间共享存储,共享网卡也是服务器解构的一种表现形式;最后,IT 领域为了上层业务匹配最合适的服务器资源,一般把服务器的 IO 卡(网络)、内存条、硬盘设计成可配置方式,使得服务器可重构。

OCP、天蝎等开源组织更是大大推进了服务器解构与重构的进展,将其从手工方式提升到自动化规模部署。传统通信技术产业(CT)领域的电信设备一般是分布式部署,这些独立设备在引入池化概念后,将解构成不同的部件,并逻辑层面重构为逻辑单元。电信设备 IT 化已被全球电信运营商广泛接受,采用传统信息技术产业(IT)服务器承载电信业务已有许多成功案例。

1.2.2 池化设备的内部互连

池化设备的内部互连是指:从各

种资源池中选择硬件模块,然后通过内部互连,构成逻辑设备。内部互连到底选择什么技术方案,一方面取决于该技术的服务质量(QoS)相关指标(带宽、时延、抖动等)是否满足应用需求,另一方面取决于该技术的产业成熟度和成本。

目前硬盘资源和服务器之间主要是通过串行连接 SCSI(SAS)交换实现互连,而 CPU 资源与外部 IO 之间一般通过 PCIe 互连。随着技术进步,高速存储介质通过 PCIe 互连,所以在资源池化设备中,存储资源池将采用 SAS 交换和 PCIe 交换融合方案,统一提供低速或高速的存储介质。

目前以太网已成为设备内部或设备之间最主流的互连方式,随着云计算相关业务对高带宽低时延需求的广泛性,支持全称远程直接数据存取(RDMA)将成为以太网技术的基本选项。目前网卡共享主要体现在服务器内部多虚拟机之间,随着 multi-host 网卡技术的发展,多台服务器之间通过 PCIe 交换共享网卡,这将为云计算带来诸多优势。

随着芯片处理能力的逐年增强,芯片管脚数不能同步增加,电信号传输速率也受印刷电路板(PCB)的制约。硅光技术是解决上述问题的关键,硅光互连解决了芯片之间的互连带宽问题,配合全光背板和硅光交换机技术,可以在数据中心范围实现资源池的全光互连。硅光互连将成为池化设备内部的主流方案,是未来主要方向。

1.2.3 池化设备的管理

池化设备管理主要采用 RESTFUL 接口,可以实现管理程序和设备之间解耦,便于各自升级扩展。

分布式管理任务组(DMTF)制订了相关协议,该协议包含交互协议和资源封装格式,资源的表现形式为协议无关的 JSON/Odata 格式。

服务器、机柜、机架等各个层级的设备,通过支持统一的管理接口,

实现资源池设备的扁平化管理。

2 网络部署扁平化趋势

网络扁平化主要指网络层次简单,业务部署简单,运维简单。

运营商网络基本形成了典型架构,它一般由接入网、汇聚网、核心网 3 个网络层次构成,同时,传输层面还有光网络/IP 网络的层次结构,相互之间的业务互通主要通过配置方式,业务部署灵活性不够;另一方面,网络设备都是独立的“黑盒”设备,全分散的控制架构,使得整个网络的运维显得复杂、低效。

为促进网络的进一步扁平化,引入 SDN 架构显得非常重要;而 NFV 对电信业转型也起到关键作用,通过其灵活性、低成本、易拓展、快速应用开发等特征可以重塑传统电信网络和业务。SDN 和 NFV 的结合给运营商网络部署提供了扁平化创新和变革的“引擎”。

2.1 SDN 导致承载网络扁平化

SDN 是网络演进的关键技术,它可以实现控制与转发分离的架构,逐步被 IT 和 CT 领域普遍接受。目前 SDN 场景也逐步从数据中心(DC)向运营商广域网(WAN)、移动网络(5G)扩展,进一步拓展到了池化设备内部网络的应用场景。

当前的承载网主要由底层的光网络和上层的 IP 网构成,基本上属于静态网络,可编程能力比较弱,对于复杂多变的流量模型调度手段少,响应缓慢。

在 M-ICT 时代,承载网引入 SDN 架构,实现转发和控制分离、控制面集中,并通过引入可编程环境实现网络的端到端全局资源调配能力,支持复杂多变的各类业务流量模型。

SDN 对网络端到端能力的提升,将在以下几个方面有所体现:

(1) 高效弹性部署,提高网络资源利用率。由于引入了一个集中的全局网络控制面,可以更有效地进行

全局网络视图规划,控制和管理,并通过软件编程实现部署自动化。

(2)端到端的业务体验。集中控制和统一策略部署能力使得端到端的业务保障成为可能,网络能力开放,网络可与上层应用更好地协调,物理网络和逻辑网络实时状态监控与协调,都保证了网络业务体验。

(3)简化网络,降低网络复杂度。通过采取软硬件解耦以及转发控制分离等技术,逐步实现网元设备池化,各功能部件独立发展,并最终实现全网简化,降低总拥有成本(TCO)。

SDN的引入,模糊化了传统承载网络与内部网络的边界,减少网络的层次,使承载网络更加扁平化,更容易适应端到端业务需求的变化。

2.2 NFV 导致通信网元扁平化

在软交换技术时代,以话音业务为主的通信网首次引入承载与控制分离的概念,传统电路交换也由扁平化IP交换替代,话音通信网因此实现了第一次扁平化改造;在移动互联时代,话音和数据均是IP承载,扁平化趋势越来越明显:在2G、3G时代,网络层次从基站到控制器再到核心网,共3层;在4G时代,网络层次弱化了控制器,业务流实现了从基站直接到核心网的二层架构;在5G时代,5G网络架构将把基站和核心网网关集成在一起,将垂直的网络架构演进为水平的一层网络架构,网络层进一步扁平化。

NFV架构以云计算为基础,软硬件解耦,实现通信网的水平切割及业务的快速发布。在2G/3G/4G混合组网的场景下,通过引入NFV架构,可在一个公共的硬件资源池中实现网元虚拟化。即根据不同的用户比例及业务特点,灵活调整各虚拟网元的部署规模,实现网络与业务在整个演进过程中的最佳匹配。随着5G时代的到来,适当增加硬件资源池中转发功能部件,以及软件化基带处理部

件,能够灵活构建全新的5G虚拟化网元。在整个通信网络扁平化演进过程中,NFV是核心支撑技术。同时,NFV支持通信网资源开放,给运营商的经营创新带来了机会。

3 业务流程扁平化趋势

3.1 大数据的智慧生成提供扁平化技术基础

无论是流程上的分层,还是管理上的分层,其原因之一是人类处理复杂信息能力的局限性,所以需要分层的流程与管理,并进行逐层信息收集、分析以及汇总。对于很多组织来说,中层领导的主要工作职责就是向上进行信息汇总以及决策建议,向下进行命令传达与执行。大数据技术第一次让人类具备处理海量信息,并直接从这些海量信息中生成智慧的能力。大数据的智慧生成的能力,为流程扁平化提供了技术基础。

大数据如何进行智慧生成呢?这需要从信息模型中进行分析。信息模型从底向上分为4个层次:数据、信息、知识和智慧。其中,单纯的数据本身并无实质性意义,信息是由数据加上内容定义而构成,知识是由信息加上规则而构成,最高层的智慧是由知识加上经验而构成。而提升人类活动准确性的工作,是由位于信息的最高层——智慧层来完成的^[2]。

无论是对于人类自身,还是计算机系统来说,比较容易处理数据、信息、知识这3个层次的信息,因为其本质都是数据的存储与检索,只是人类的处理效率与准确性要低于计算机。但是对于如何从知识中获取智慧,无论是人类还是计算机,都是一件非常困难的事情。

在大数据诞生以前,智慧很难通过机器得到。各个行业的智慧生成都是依赖各行业的专家,一个专家的能力是与他在行业内的经验积累密切相关的,其所沉淀积累的知识越多,则做出正确抉择的可能性越大。

但人类专家的工作效率和准确性均有限,特别是在经验或数据缺乏的情况下,专家们往往依靠直觉做判断,并通过层层的管理流程进行筛选与决策,加剧了结果的不准确性。

通过大数据的挖掘手段,可以依托海量的知识库,将输入的知识或信息转化为智慧。未来,机器可以通过海量数据挖掘、发现知识并输出智慧,再由人类专家对结果进行检验与校正,并通过机器学习,逐步提高结果的准确率。通过这样直接从海量信息中生成智慧的技术,让流程的扁平化具备技术可行性。

3.2 大数据的架构加速扁平化趋势

在过去的十年里,智能终端和移动互联网的快速发展深刻地影响和改变着人类社会。传统的“注意-兴趣-搜索-行动-分享”购买模式已经被打破,变得更为个性化。变化更快的市场环境使得现有的市场经营模式能够发挥的作用逐渐变小,企业越来越依赖数据分析指导自己的产品,改进服务,迎合市场需求。数据和数据处理能力成为企业新的市场环境生存、发展的关键。2014年,阿里巴巴集团创始人马云在互联网大会上说道:“人类正从IT时代走向DT时代”。

如图1所示,我们可以采用以数据为中心的系统架构,提高生产效率及反应速度,并满足客户个性化需求。大数据主要在3个方面促进业务流程扁平化。

(1)通过收集生产系统产生的业务过程数据,对业务数据进行建模,对当前生产系统提出建议与分析报告,从而去除或改进现有系统中不合理的环节,提高系统生产效率,降低成本。例如,通过收集无线网络的网络覆盖信息,可以对现网的网规、网优工作进行指导。与传统依靠路测进行网规、网优的模式相比,采用该种方式后无论是资金成本还是时间成本,都将急剧降低。

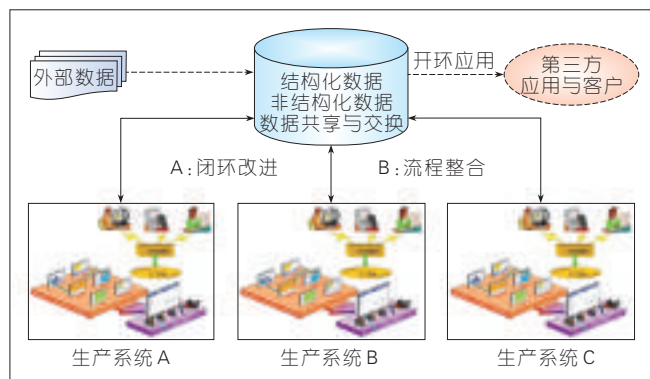


图1
大数据促进业务流程
扁平化

(2) 通过将生产系统中的数据进行集中汇总,并通过大数据的分析和挖掘,可以直接给出相关的经营与决策建议。与传统的层层上报、层层决策的模式相比,这将显著提高决策效率,加快市场反应速度,并减少决策失误。

(3) 在多个生产系统需要协调配合时,可以通过集中的数据,在多个生产系统之上构建更高层面的无缝对接流程。与传统的人工流程对接相比,这将极大地提高系统之间的协调速度,并降低对接出错的概率。

4 扁平化趋势下的安全技术

4.1 安全问题特性

在 M-ICT 扁平化趋势下,安全问题呈现出泛在化与边界模糊化这两个显著的特征。

对于安全问题泛在化,呈现出新的特点。

(1) 攻击源节点和目标节点泛在化。随着智能终端、物联网和云计算的发展,攻击源节点和目标节点已经不再局限于原有的计算机系统和移动终端,摄像头、汽车、机顶盒、打印机、个人穿戴设备、智能医疗设备等都可能成为攻击的源节点或目标节点。这样使得攻击载体的规模迅速放大,物联网终端将成为高级持续性威胁(APT)攻击的跳板和僵尸网络的目标。统计数据表明 70% 的物联网终端存在安全漏洞,且缺乏认证和传输加密。

(2) 攻击途径泛在化。在 M-ICT 时代,万物互联使得各种终端可通过 Wi-Fi, zigbee, 蓝牙等多种途径接入网络,相应的攻击途径也得到了扩展。并且,SDN 架构、云计算架构下丰富的应用程序网络接口(API)也成为理想的攻击途径。

(3) 攻击目的泛在化。首先,SDN 和云计算本身带来了新的安全问题,例如,SDN 控制器是网络的控制中枢,如果 SDN 控制器受到攻击可能导致整个网络瘫痪或者被劫持;例如,采用虚拟化技术的云计算,也会引起数据残留、资源风暴等新的安全问题。其次,物联网的兴起让攻击者的攻击目的从传统的网页漏洞与应用程序漏洞,转移成窃取智能联网装置的资料与控制权、破解车载系统漏洞、入侵医疗设备仪器等。攻击者只要能渗透智能终端、智能家居或者是智能联网装置,便能窃取机密资料、取得控制权,甚至劫持这些智能联网装置发动更大规模的攻击。

对于安全边界模糊化,其表现在网络边界的模糊导致原有安全边界的模糊。

首先,随着移动办公、BYOD 等应用,处于企业外网的终端需要访问企业内网资源,突破了内外网隔离的边界。其次,云环境下多租户共用物理资源,多个租户的服务可能运行在一个计算节点上,租户间没有物理上的明确边界。再次,企业的 Wi-Fi 接入、咖啡馆热点接入、机场热点接入、家庭接入都存在众多的“最后一公

里”网络,有众多的数据中心和应用程序网络接口,没有明确的安全边界,造成信任缺失。

安全问题泛在化与安全边界模糊化是扁平化趋势带来的新的安全课题,在安全架构的构建中,需要重点考虑这两方面的问题。

4.2 安全技术发展趋势

4.2.1 利用 SDN 架构特性解决安全问题

SDN 本身会引入一些安全问题,但同时也可以借助 SDN 架构解决安全问题:

- SDN 能够基于流模式提供端到端、面向业务的连接模型,并且不受到传统路由的约束,可以实现基于流的控制。

- 集中控制的特点有助于建立全网视野,可以在整网监控威胁。

- 安全策略的粒度管理可以基于应用、服务、组织、地域等,不取决于物理配置。

- 基于资源的安全策略可以紧凑地实现多种威胁的防御措施,增强管理。

- 通过编排可以动态、灵活地调整安全策略。

- 灵活的路径管理,快速封装以及隔离入侵可以不冲击到其他网络用户。

4.2.2 利用大数据特性解决安全问题

可以借助大数据的特性解决扁平化趋势下的安全问题:

- 网络吞吐的倍增以及攻击的泛在化,导致攻击数据隐蔽在海量业务数据中,这极易触及安全设备的性能瓶颈,因此有必要引入大数据分析的方法。

- 可以基于大数据分析方法进行安全管理平台(SOC)的海量系统日志分析,netflow/IPfix 流量分析、安全策略分析、审计分析。

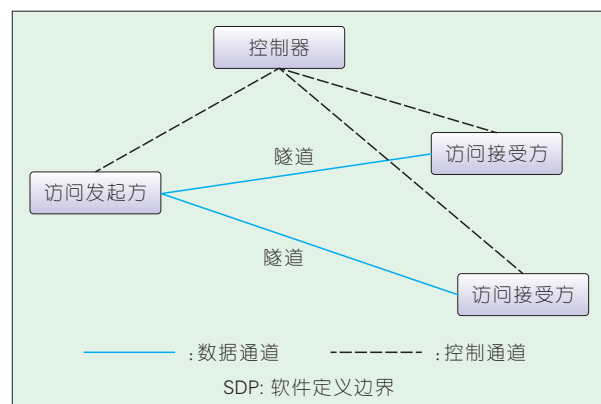
- 传统的安全防护手段如深度

包检测(DPI)、深度/动态流检测(DFI)、入侵检测系统(IDS)、入侵防御系统(IPS)、防病毒等都是基于特定规则进行匹配运算,符合大数据处理特性。

- 攻击手段的隐蔽化,尤其是APT攻击的发展,使得单个安全设备仅能获取部分攻击片段而防护失效,大数据技术可以汇总完整的攻击数据从而进行综合分析。

4.2.3 软件定义边界

如图2所示,软件定义边界(SDP)通过利用云计算,在任何IP可



▲图2 SDP模型

寻址实体间创建高度安全的、终端到终端网络,缓解可访问的互联网应用程序的风险,在连接网络前对设备和用户进行身份验证。

SDP采用机密网络模型来保护应用程序,传统边界已经迅速成为设备在网络内部移动以及应用程序从网络边界迁移到云计算的障碍。通常在机密或高度安全网络,每台服务器被隐藏在远程接入网关后面,用户在查看和访问授权服务之前必须进行身份验证。

SDP保留了“需要知道”模型的优势,同时消除了对远程访问网关设备的缺点,SDP要求端点在获取对受保护的服务器的网络访问之前,必须进行身份验证以及获得授权,然后在请求系统和应用程序基础设施之间会实时创建加密连接。请求系统可

以是移动设备,如智能手机、计算机或者传感器。

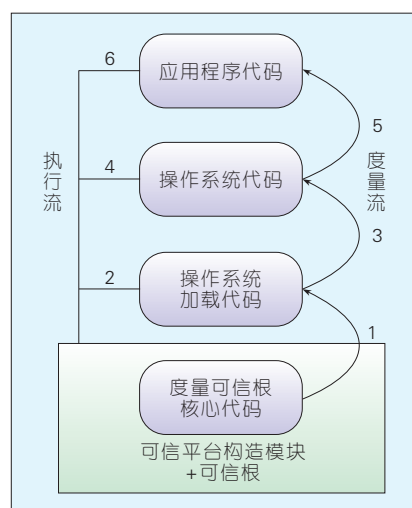
SDP采用了标准安全工具,如公钥基础设施、可信分层安全、IPsec和安全断言标记语言(SAML)以及地理位置等概念,来实现任何设备到任何基础设施的连接。SDP外围可以部署在任何位置,例如互联网、云计算中、托管中心、企业私有网络中,也可以跨网络部署。

4.2.4 构建可信体系

传统的安全解决思路立足于防,防火墙、IDS/IPS和AV构成了传统信息安全系统,并且以防外为重点,在物理边界上对非法用户和越权访问进行封堵,捕捉攻击和入侵的特征信息。由于其特征是已发生过的滞后信息,这样导致防总是落后于攻,也不能根据已有的可疑特征预测未来的攻击和入侵。

有别于传统的安全技术,可信体系的思路是消除恶意代码、病毒等攻击行为的作用空间。可信技术的根本机制如图3所示。

如图3所示,在系统启动过程中,有两个流按序串行进行:度量流



▲图3 可信体系的启动机制

和执行流。这两个流遵循先度量后执行的原则,保证了下一步执行的执行体是经过严格度量的可信实体。

可信体系由可信计算、可信存储、可信网络组成,并且在单个系统启动过程中进行逐级验证,形成网络中一个可信节点,与其他可信节点之间形成一个可信网络,从根本上提高整个系统的安全性。其中可信存储框架由TCG/T10/T13定义。

5 结束语

当前,对于物理设备、网络部署以及流程管理的扁平化,无论是理念还是技术,都已经具备实现的可行性。未来,M-ICT时代将是一个全面扁平化的时代,是一个端到端效率极大提升的时代。

参考文献

- [1] 腾讯云:服务器资源池化技术发展趋势[EB/OL].<http://www.cctime.com/html/2015-4-22/20154221716419323.htm>
- [2] Software Defined Perimeter Working Group. SDP Specification 1.0[S]

作者简介



王德政,中兴通讯中心研究院大数据首席架构师;长期从事中兴通讯大数据平台的系统架构设计工作;其参与研发的“多功能媒体网关”、“新一代集中网络管理调度平台技术创新及产业化”曾先后两次获得深圳市科技成果奖。



王承忠,中兴通讯中心研究院CSN分中心总工、系统架构师,中兴通讯技术专家委员会专家;长期从事通信设备以及ICT融合平台的研发工作;参与研发的“多功能媒体网关”获得了深圳科技成果奖,“ATCA高性能平台的产业应用”获得了南京市科学技术进步奖。



吉晓威,中兴通讯股份有限公司安全研究所总工程师;长期从事数据网络设备、通信系统设备研发工作,研究方向包括网络、安全、云计算及虚拟化等。

超大异常流量攻击的防御思路探讨

Defense of Massive Anomalous Traffic Attack

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2015) 05-0054-005

摘要: 提出了应对超大异常流量攻击的防御思路,该思路中将防御策略分为短期策略和长期策略。短期措施主要在现有异常流量防护措施的基础上,进一步提升对超大异常流量攻击的防护能力;而长期策略试图从虚假源地址过滤、开放服务的协议方面进行改进。随着可利用的DNS、NTP等公共服务器资源将逐步减少,攻击者将转为挖掘新的可用于流量反射放大的应用协议。由于以“反射、放大流量”为特性的超大异常流量攻击仍将保持发展,对它的安全防御仍有待在实践中检验和不断完善。

关键词: 异常流量;放大攻击;流量清洗

Abstract: In this paper, we propose a solution for ISPs to deal with massively anomalous traffic. This solution includes short-term protection and a long-term strategy. The short-term protection is mainly based on the existing abnormal flow detection but enhances the protection capabilities. The long-term strategy aims to improve the IP source address spoofing filtering and the protocols of the open service, such as DNS and NTP. With the decrease of the available known resource for attackers, new application protocols are used to make areflected and amplified anomalous traffic. For the sustained improvement of attacker skills, the defense of massively anomalous traffic need to be continuously tested and improved in practice.

Key words: anomalous traffic; amplified attacks; traffic cleaning

刘东鑫/LIU Dongxing

何明/HE Ming

汪来富/WANG Laifu

(中国电信股份有限公司广州研究院,
广东广州510630)(Guangzhou Research Institute of China
Telecom Co., Ltd, Guangzhou 510630,
China)

种,而后两个特征是导致异常流量攻击纪录呈现出快速增长趋势的重要原因。

1 超大异常流量攻击的特征分析

1.1 典型案例分析

2013年3月,欧洲反垃圾邮件组织Spamhaus遭受了时间长达1周、流量峰值高达300 Gbit/s的异常流量攻击,甚至影响到了整个欧洲互联网的正常运行。在这次攻击事件中,攻击者向互联网上开放的域名系统(DNS)服务器发送对ripe.net域名的解析请求,并将源IP地址伪造成Spamhaus的IP地址。DNS请求数据的长度约为36字节,而响应数据的长度约为3 000字节,这样攻击者利用DNS服务器就可以轻松地将攻击流量放大近100倍。进一步地,攻击者使用了约3万台开放DNS服务器,再加上一个能够产生3 Gbit/s流量的小型僵尸网络,就完成了一次创纪录的异常流量攻击事件。最后,借助云安全公司CloudFlare位于全球的20多个彼此独立的流量清洗中心,才得以

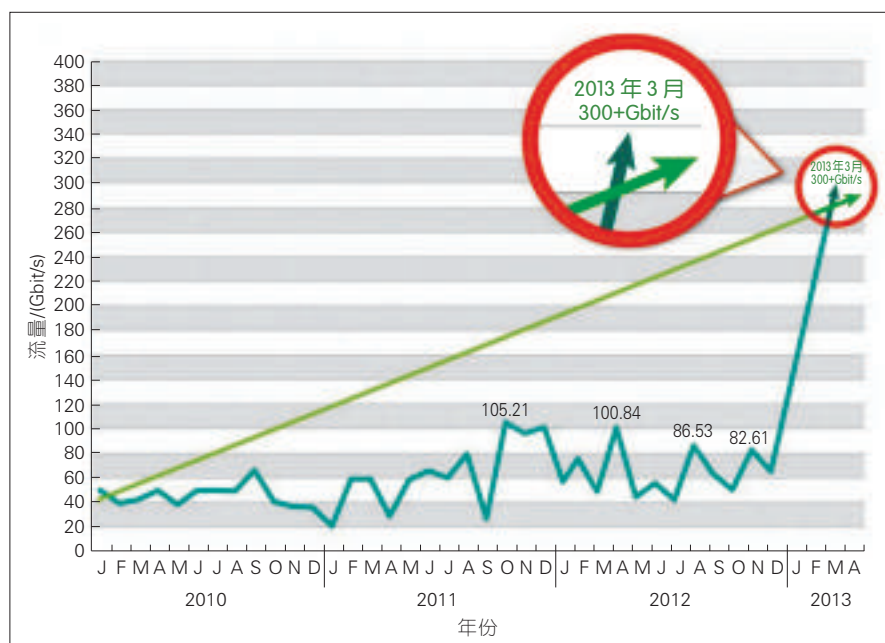
异常流量攻击是分布式拒绝服务(DDoS)攻击的一种,其本质上是带宽型攻击,它通过在网络中发送大量数据的数据包,消耗极大的网络带宽资源。

随着互联网的快速发展,攻击手段不断演进,超大异常流量攻击方式已经呈现蔓延趋势。2013年3月,欧洲反垃圾邮件组织Spamhaus遭受了有史以来最大的异常流量攻击,被《纽约时报》称为“前所未有的大规模网络攻击”,其攻击强度达到300 Gbit/s,攻击强度以3倍以上快速增

长,如图1所示。2014年2月,欧洲云计算安全公司CloudFlare遭遇的攻击流量的峰值超过了400 Gbit/s,快速大幅地刷新了异常流量攻击的相关历史记录。

文中探讨的超大异常流量攻击主要包含以下特征:攻击者主要利用了互联网中基于用户数据报协议(UDP)开放服务作为流量攻击的反射器;理论上,全球互联网中开启了开放服务的公共服务器都可以被攻击者使用,而公共服务器的数量惊人;反射器的流量放大效果可以高达上千倍,效果非常明显。从以上的3个特征我们可以看出,超大异常流量攻击属于反射型流量攻击的其中一

收稿日期: 2015-09-02
网络出版时间: 2015-11-09



▲ 图1 2010—2013年全球异常流量攻击的流量峰值统计

缓解此次攻击。

本次攻击事件让业界意识到：如DNS等公共服务的协议漏洞是互联网的巨大安全隐患，如果不加以治理，未来可能会爆发更大规模的DDoS攻击。令人遗憾的是，这一担忧很快成为现实。

2014年2月，CloudFlare公司遭受峰值流量高达400 Gbit/s的异常流量攻击，这导致该公司在欧洲的业务受到严重干扰，甚至使美国互联网的一些基础设施也受到了影响。与Spamhaus遭受的异常流量攻击类似，攻击者利用一个小型的僵尸网络伪造CloudFlare公司的IP地址，向互联网上数量众多的开放网络时间协议（NTP）服务器发送请求时钟同步请求报文。CloudFlare公司在事后披露，这些NTP服务器共有4 529个，遍布于全球1 298个不同的运营商网络中，如图2所示。为了增加攻击强度，发送的请求报文被设置为Monlist请求报文，反射流量的放大效果最大可提升至700倍。最后也是通过Anycast技术将攻击流量分散到全球不同的流量清洗中心，才得以逐步遏制攻击流量。

本次攻击事件再一次震惊业界，并抛出了令安全人员无奈的问题：类似Spamhaus和CloudFlare所遭受的超大异常流量攻击是否还会出现？如果出现，那么当一个目标用户遭受的异常攻击流量超出网防护能力时，该如何面对？

1.2 超大异常流量攻击的实施机制

基于以上攻击案例分析，我们对超大异常流量攻击的实施机制做进一步的深入分析。在传统攻击方法中，攻击者需要想尽各种办法、耗费大量资源来构建一个大规模的僵尸

网络，而超大异常流量攻击方法对僵尸网络的要求门槛大幅度降低，攻击者的准备工作主要集中在对互联网上公共服务器的扫描、基于UDP开放服务的选择，力求实现最大的反射流量放大效果，如图3所示。攻击者通过扫描、搜索引擎等方法就可以轻易地获取互联网上大量的公共服务器IP地址，最后根据攻击目标，选择一个或者几个基于UDP协议的开放服务用于攻击流量的放大，企图实现最大化的攻击效果。

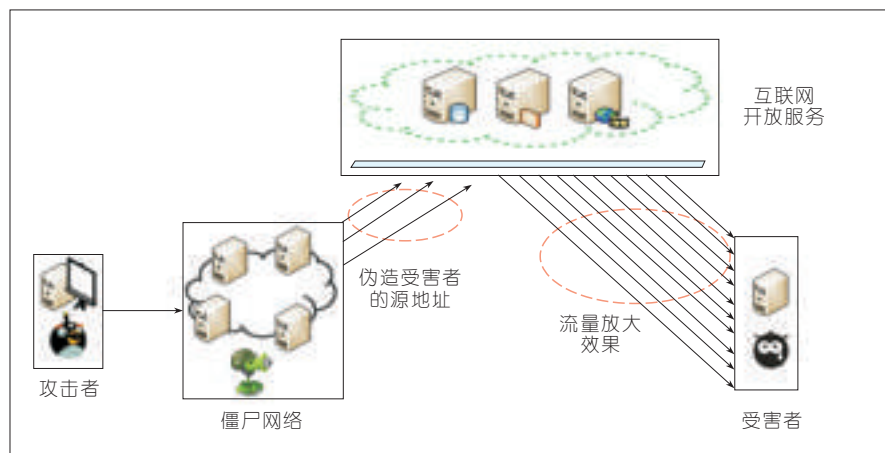
攻击者选择基于UDP协议的开放服务的原因是：这些开放服务往往无session状态、不需要认证过程，随时响应查询报文，而且返回的结果报文会自然产生流量放大效果。为了方便比较，我们采用带宽放大因子（BAF）来衡量各种不同开放服务的流量放大效果。

常见基于UDP协议的开放服务的流量放大效果对比如表1所示^[1]。其中，BAF受软件版本，客户端请求类型字段的影响，部分开放服务的BAF呈现较大的变化区间。

从表1可以看出，只要扫描到足够多的公共服务器，选择适当的应用协议，辅以一个小型的僵尸网络，就可以“四两拨千斤”地构建出一场轰动的异常流量攻击事件。其中，DNS和NTP协议的流量放大效果最好，并且互联网上开放的域名系统和开放网络时间协议服务器最多，故攻击两



▲ 图2 被利用的NTP服务器的地理分布



▲图3 超大异常流量攻击流程

▼表1 常见基于UDP协议的开放服务的流量放大效果对比

开放服务应用协议类型	UDP 端口号	BAF	协议简介
DNS	53	29~98	域名解析
NTP	123	556~4670	网络时钟同步
SNMPv2	161	6~11	网络设备管理
NetBios	137	3~5	局域网通信的API
SSDP	1900	30~75	检测UPnP主机
CHARGEN	19	359	字符串发生器

API: 应用程序编程接口 DNS: 域名系统 SNMP: 简单网络管理协议
BAF: 带宽放大因子 NTP: 开放网络时间协议 SSDP: 简单服务发现协议

个案例可以快速刷新攻击流量的历史纪录。

2 现网异常流量防护措施的不足

在骨干网或城域网等现网的大规模异常流量防御技术体系中,通常采用部署异常流量清洗设备^[2],进行异常流量牵引、清洗和正常流量的回注。随着集中网管系统的逐步完善、异常流量清洗设备关键性能的不断提升,运营商对异常流量的清洗能力和攻击溯源能力大幅提高。但是,在现有的防护措施下,异常流量清洗设备作为最后的关键一环,却难以应对如以上案例中的超大规模攻击流量。总的来说,现有防护措施难以应对超大异常流量攻击的原因包括:

(1) 流量清洗设备的处理能力难以匹配快速增长的攻击流量。一方

面,由于攻击者广泛利用了来自全球不同自治系统(AS)内不同应用协议的公共服务器,导致攻击流量在AS的边界路由器就已经很大了,甚至可以超过流量清洗设备的处理能力。另一方面,现网的AS边界路由器在配置端口过滤等流量过滤手段时需要遵循严格的管理流程,这个时间差也给了攻击者探测攻击效果,逐步加大攻击强度的试验时间。最终,一些小运营商的边界路由器可能被攻击流量瘫痪,这点在案例1中表现得尤为明显。

(2) 全球范围内广泛存在的公共服务器可以轻易被攻击者扫描获取并利用,而对公共服务器的安全加固则需要世界各国管理员的快速响应和协作配合。据估计,2014年初互联网上开放UDP 123端口的NTP服务器约有80万台^[3],开放式递归DNS服务

器数量超过500万台,其他如CHARGEN、简单网络管理协议v2(SNMPv2)等公共服务器的数量可达数十万以上。

(3) 向公共服务器发起查询的僵尸网络因为规模较小,发送的查询流量也较小,往往难以被溯源发现。在Spamhaus被攻击的案例中,为了达到300 Gbit/s峰值流量的攻击效果,攻击者只需要在全球范围内构建一个可发送3 Gbit/s流量的小型僵尸网络,来向全世界的DNS服务器发起查询请求。假设该僵尸网络有3万台主机,那么每台主机发起的流量仅仅是100 kbit/s。如此小的流量,难以被现网中基于Netflow的溯源技术发现,这也是造成超大异常流量攻击持续时间长的主要原因。

(4) 作为初步的有效防护手段,虚假源地址过滤技术依然难以广泛部署。对于DDoS的反射型攻击,虚假源地址过滤是安全防护的有效手段,但虚假源地址过滤仍然是业界的一大难题。目前,针对虚假源地址问题,现网中常用的防护措施是在接入网层面采用访问控制列表(ACL)和反向路径过滤(RPF)等功能配置。受网络扁平化和业务发展影响,如IPv4地址回收、复用等,若在接入网层面全面配置ACL,则日常的配置、管理任务极其繁重,故实际中ACL在虚假源地址过滤方面的应用并不多;而RPF功能需要设备支持,不同厂家的支持力度不同,从而导致RPF应用范围有限。

3 超大异常流量攻击的防御思路

已有的攻击案例表明:现有的异常流量防护措施存在不足之处,业界亟需研究新的防御思路。现网的异常流量防护措施注重“快速检测、及时响应”阶段的能力建设,而超大异常流量攻击的有效防护应在“预防”阶段,体现在对开放式公共服务器的安全加固、网络边缘的虚假源地址过

滤等。文中按实施难度,将防御策略分为短期措施和长期策略,详细探讨对超大异常流量攻击的防御思路。其中,短期措施主要包含精细化的防护措施,在现有异常流量防护措施的基础上,进一步提升对超大异常流量攻击的防御能力;而长期策略试图从虚假源地址过滤、开放服务的协议改进,彻底杜绝超大流量攻击的“生长土壤”。

3.1 短期措施

超大异常流量攻击非常容易制造超大流量,对互联网基础网络的可用性造成威胁。实践证明:仅依赖流量清洗设备难以防御,更重要的是在超大的攻击流量发生时,需要尽快在网络上游直接过滤攻击流量,避免下游的网络拥塞。总的来说,短期内运营商应重点采取以下措施:

(1) 排查自己网内的公共服务器,包括 DNS、NTP、SNMP 和 CHARGEN 等服务器,关闭不必要的公共服务器。对于开放的公共服务器,可在服务器前面部署源地址请求过滤,保证只接受本 AS 或本运营商内的源地址查询请求,避免沦为攻击外部网络的流量放大器。

(2) 在开放的公共服务器部署查询限速和大包回应过滤技术。超大异常流量攻击的攻击特点是:回应报文长度远大于正常业务报文,源自受害者 IP 地址的查询速率快于正常的业务请求。例如,在 DNS 业务中,大部分的 Reply 报文不超过 512 字节,也很少有源自同一地址的查询速率超过 300 个/秒;而在 NTP 业务中,通常的 NTP 报文都很短,而攻击者所利用的 monlist 请求报文特别长,速率也特别快。这些都可以形成安全规则,在公共服务器进行过滤。

(3) 尽快升级公共服务器端的软件和协议版本,关闭不必要的功能端口。例如,在 DNS 的软件版本中,只有最流行的互联网系统协会 (ISC) BIND 支持查询限速的功能配置,这

将有助于减轻对安全防护设备的依赖(如防火墙);而在最近备受关注的 NTP 反射攻击中,应尽快把 NTP 服务器升级到 4.2.7p26,关闭现在 NTP 服务的 Monlist 功能,并在 ntp.conf 相关的配置文件中增加“disable monitor”选项。

(4) 完善数据中心出口处的 DDoS 防护措施。过去,数据中心只关注 Inbound DDoS 攻击,但近两年已经开始出现数据中心的服务器中了僵尸木马后向外发送大流量 DDoS 攻击,Outbound DDoS 攻击呈现出快速上升的势头。数据中心的服务器一旦被用作流量反射放大器,将成为 Outbound DDoS 攻击的一种,容易导致上行链路拥塞,严重影响数据中心的正常业务。Outbound DDoS 的防御技术与 Inbound DDoS 防御技术具有较大差别,建议在数据中心的网络边缘密切关注出口带宽变化、防范 Egress 流量的虚假源地址。

(5) 对全网的异常流量清洗中心进行 Anycast 部署,提高抵御超大型流量攻击的能力,同时为增强流量清洗能力,也需要对流量清洗设备保持同步的扩容建设。通过利用多设备集群、负载均衡、资源管理及调度等技术,构建用于单个清洗节点的资源池;而基于统一流量控制中心的资源感知及调度技术,可实现多清洗节点资源协同,同时利用诸如云信令等技术实现本地网侧及骨干网侧流量清洗能力联动,最终达到高性价比的防护效果。

(6) 在国际出入口和互联互通层面面对 NTP、DNS 和 SNMP 等开放服务的流量进行监测和控制,并可通过 ACL 的方式进行过滤,降低来自网外的超大异常流量攻击威胁。例如,代表 NTP 协议的 UDP 123 端口、代表 DNS 协议的 UDP 53 端口以及代表 CHARGEN 协议的 UDP 19 端口等等。

(7) 最后,对于遭受超大异常流量攻击的用户,在运营商边缘 (PE) 侧可通过流量牵引,对用户流量进行

清洗。异常流量清洗中心可增加以下异常流量特征: NTP 的 monlist 请求、DNS 的 ANY 类型查询、SNMPv2 的 GetBulk 请求等,以提高清洗效率。

以上几个措施必须同时配合,否则按照互联网中现有的 DNS、NTP 等公共服务器数量估算,攻击者依然可以发起超大流量攻击。随着业界的高度重视和共同配合,预计以 DNS/NTP 反射攻击为代表的超大异常流量攻击不断疯涨的强劲势头将会得到很大程度的遏制。

3.2 长期策略

超大异常流量攻击的泛滥,根本原因是互联网应用协议、网络体系等在设计之初,对安全问题考虑不足。运营商作为互联网产业的一个关键链条,应对相关的技术标准演进保持密切关注,及时推动网络技术的投资建设;同时,应加强与其他运营商、国家网络安全中心等部门的网络安全态势信息共享,提高对未知攻击的及时响应能力。长期来看,建议采取以下策略:

(1) 密切关注包括 IPv4 和 IPv6 在内的源地址过滤技术发展动态,如 BCP38/84、源地址验证架构 (SAVI) 等。低成本、易维护、易管理的虚假源地址过滤技术一直是运营商的关注焦点,有助于从根本上消除反射型的流量攻击。

(2) 联合产业链的其他厂商,推动现有各种基于 UDP 的公共服务应用协议的标准修改,降低公共服务器沦为攻击放大器的风险。修改的思路包括:在现有基于 UDP 的应用协议基础上构建 session 状态,改善流量的对称性,加入或增强认证能力以实现一定程度的访问控制。最终,使得应用协议的 BAF 极大地降低,超大异常流量攻击从而将不再具有“超大流量”属性。

超大异常流量攻击所代表的是一个跨行业、跨地区、跨国界的复杂安全问题,不可能由哪一方面单独解

决。互联网及其基础设施的安全运行依赖于产业链条上每个参与者的长期共同努力和紧密配合。

4 结束语

近年来,随着基于云计算的超大型互联网数据中心(IDC)的纷纷落地,巨大的流量汇聚特性已经给网络设备带来较大的扩容和异常流量防护压力,而在如 Spamhaus、CloudFlare 所遭受的超大异常流量攻击面前,互联网基础设施所面临的防护压力被极度放大。随着产业界对开放式公共服务器的安全加固,攻击者可利用的公共服务器资源将逐步减少,其攻击思路将转为挖掘新的可用于流量反射放大的应用协议,例如 BitTorrent、Kad 等等。以“反射、放大流量”为特性的超大异常流量攻击仍将在攻与防的矛盾中不断发展,对它的安全防御仍有待在实践中检验和

不断完善。

致谢

感谢中国电信网络安全实验室的肖宇峰、罗志强和沈军等同事的帮助,他们对文章的撰写给予了充分的支持和中肯的建议。

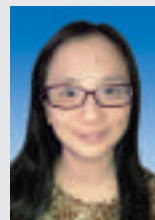
参考文献

- [1] CHRISTIAN R. Amplification Hell: Revisiting Network Protocols for DDoS Abuse [C]// Network and Distributed System Security Symposium, San Diego, California, 2014
- [2] 王帅等. 超宽带网络安全体系及关键技术研究[J]. 电信科学, 2013, (8): 257-261
- [3] 关于警惕近期多发 NTP 反射放大攻击的预警通报[EB/OL] http://www.cert.org.cn/publish/main/8/2014/20140314085001237248948/20140314085001237248948_.html

作者简介



刘东鑫, 现任中国电信广州研究院工程师; 主要从事网络与信息安全的研发工作, 在身份认证和访问控制等方面具有较丰富的经验; 曾获得 CCIE 和 CISSP 认证; 发表论文 3 篇。



何明, 现任中国电信股份有限公司广州研究院高级工程师; 主要从事网络安全方面的研发及技术支持工作。



汪来富, 现任中国电信股份有限公司广州研究院高级工程师; 主要从事大数据安全、云安全、网络安全研究工作。

综合信息

中国首次提出的物联网编码国家标准正式发布

由中国物品编码中心(以下简称编码中心)主导完成,中国首次提出的自主可控的、物联网编码国家标准《物联网标识体系物品编码 Ecode》国家标准委正式发布,标准号为 GB/T31866-2015。该国家标准的发布有利于将物联网物品标识解析服务实现自主可控,对促进中国物联网产业发展具有重要意义。

在互联网中,各类网络资源,如 web 网页、音视频文件及应用软件等,均采用基于 DNS 系统的 URL 来进行标识。这样以来,各类互联网应用之间就可以通过 URL 对各类网络资源实现统一访问,从而确保各类互联网应用能实现便捷的互联互通。与互联网中的 URL 一样,物联网也为不同的物品分配了标识,并进而通过标识对物品进行寻址。

由于每种物联网标识的编码格式以及解析协议间存在差异,如果不能研发出一种兼容解析各类异构物联网标识的通用解析方法,就会导致采用不同物联网标识的物联网应用间无法实现互联互通,并因此而导致物联网信息孤岛现象,进而阻碍物联网的进一步发展。实现物联网标识兼容解析的第一步就是要准确识

别各类异构物联网标识,也就是说当接收到一个物联网标识时,需能识别出该标识具体属于哪种物联网标识标准,进而才能实现异构物联网标识的寻址和兼容解析。

对物联网标识进行识别大致有两种方法:基于物联网标识标准的信息进行识别,即从文本信息中提取出物联网标识的编码规则,进而通过规则匹配来实现物联网标识识别;构造物联网标识编码样本并通过机器学习的手段进行识别。

近年来,物联网产业飞速发展,原来局限在一种物联网标识寻址体系内部的闭环物联网应用逐渐走向开环。在这种背景下,研发一种能兼容解析各类异构物联网标识的统一解析方法就变得迫在眉睫。而作为当关键的一环,实现对各类异构物联网标识的准确识别是实现物联网标识兼容、统一解析的基础。为实现物联网应用的互联互通,很有必要加大对物联网标识识别这一基础共性技术的研发力度。我们相信,一旦开发出高效、准确的物联网标识识别技术定能进一步推动物联网产业从目前的闭环运行走向更加开放、繁荣的未来。

(转载自《中国信息产业网》)

2016年第1—6期专题征文

第1期

网络空间安全

专题策划人

专题策划人:北京邮电大学 杨义先 教授
南京邮电大学 杨庚 教授

互联网的发展势头较为强劲,在人们日常生活中也扮演着越来越重要角色。没有网络安全就没有国家安全。2014年中央网络安全与信息化领导小组正式成立,2015年6月,国务院学位委员会、教育部正式决定在“工学”门类下增设“网络空间安全”一级学科。本专题将就上述问题展开相关讨论,希望能为关心网络空间安全发展的专家、学者们提供一个交流与沟通的平台。

专题征文范围包括:

- 网络空间安全学科的发展规划与布局
- 网络空间安全人才培养体系与实践
- 网络空间安全体系与关键技术
- 面向数据的安全体系结构研究
- 大数据安全关键技术研究
- 云计算安全模型与关键技术

第2期

大数据分析处理与应用

专题策划人

清华大学 郑纬民 教授

大数据顺应“互联网+时代”国家治理、产业经济、政府决策、社会运行等模式变革而诞生,已经成为国家经济社会发展和全面信息化的重要战略部署。大数据分析处理与应用需要在理论和实践两个方面寻求新方法、新技术和新变革。本专题将就此展开讨论,希望能为中国大数据产业技术的发展和广泛应用做出贡献。

专题征文范围包括:

- 大数据系统结构
- 大数据存储管理技术
- 大数据系统优化技术
- 大数据处理、挖掘与分析方法
- 金融与经济大数据、社会治理大数据、智慧城市大数据、媒体大数据处理等大数据处理分析应用

第3期

5G技术与业务创新

专题策划人

清华大学 王京 教授
中兴通讯股份有限公司 向际鹰 博士

ITU已经正式将5G命名为IMT-2020,并发布了IMT-2020愿景。ITU通过雷达图的方式全面体现了对5G技术指标的需求,其中最引人关注的是发布了将应用场景与技术指标相结合的雷达图。这就意味着5G的技术创新将与业务创新紧密联系在一起,它们将相互促进、共同发展。以往的技术发展相对独立,对业务的抽象非常简单,从很大程度上限制了移动通信网络的可持续发展。本专题的目的就是期望面向未来各种应用场景研发新业务,引出对未来5G技术的需求,从而探索5G技术的创新思路。

专题征文范围包括:

- 面向各种物联网需求的新业务模式
- 面向工业互联网的新业务模式
- 面向智能终端的新业务模式
- 满足多种业务需求的开放式网络架构
- 满足多种业务需求的开放式空口传输技术
- 满足特定业务需求的网络切片技术与定制化网络技术
- 未来移动通信系统的运营模式和产业生态环境
- 新业务模式的质量评估体系与方法

2016年第1—6期专题计划

期次	专题名称	专题策划人
1	网络空间安全	北京邮电大学 杨义先 教授 南京邮电大学 杨庚 教授
2	大数据分析处理与应用	清华大学 郑纬民 教授
3	5G技术与业务创新	清华大学 王京 教授 中兴通讯股份有限公司 向际鹰 博士
4	天地一体化信息网络	中国工程院 张乃通 院士 哈尔滨工业大学 顾学迈 教授
5	工业互联网与智慧工厂技术	中国工程院 邬贺铨 院士 湖南大学 王耀南 教授
6	SDN/NFV的实践与规模应用	中国信息通信研究院 蒋林涛 教授

2016年第1—6期专题征文

第4期

天地一体化信息网络

专题策划人

中国工程院 张乃通 院士
哈尔滨工业大学 顾学迈 教授

天地一体化信息网络是陆地通信网的扩展,是人类活动拓展至空间、远海乃至深空的重大信息基础设施,也是当今全球科技和产业发展的热点。天地一体化信息网络是地面网络、天基网络、天地一体化通信协议以及其共同支撑的应用集成,可以实现真正意义上的全球无缝覆盖,并可以帮助人们及时、准确和全面地了解地球空间。为及时报道广大科技工作者在天地一体化信息网络方面取得的研究成果,推动中国天地一体化信息网络理论和技术的研究,特策划本期专题。本专题主要针对天地一体化信息网络中的卫星移动通信、空间互联网、星地混合网络及深空通信等研究领域征集论文,欢迎广大学者、专家、研究生、工程技术人员积极投稿。

专题征文范围包括:

- 天地一体化信息网络发展趋势及关键技术
- 天地一体化信息网络传输体制与接口标准
- 天地一体化信息网络协议体系
- 天地一体化信息网络资源管理与安全机制
- 天地一体化信息网络的星间链路
- 空间互联网相关技术及应用
- 移动通信卫星轨道与星座方案设计及优化
- 移动通信卫星平台及有效载荷技术
- 升空平台组网与传输技术

第5期

工业互联网与智慧工厂技术

专题策划人

中国工程院 邬贺铨 院士
湖南大学 王耀南 教授

工业互联网作为计算进程和物理进程的统一体,能够集成计算、通信与控制于一体。工业互联网通过人机交互接口实现和物理进程的交互,并可以使用网络化空间以远程、可靠、实时、安全、协作的方式操控一个物理实体。智慧工厂的核心技术是连接,需要把设备、生产线、工厂、供应商、产品、客户紧密地连接在一起,使得产品与生产设备之间、不同的生产设备之间以及数字世界和物理世界之间能够互联,并使得机器、工作部件、系统间通过网络持续地保持数字信息的交流。以工业互

联网、工业大数据、智能机器人、工业软件等为核心的智慧工厂关键技术正在加速推动新一轮工业革命的到来!本专题将就上述问题展开讨论,希望能为关心工业互联网与智慧工厂的专家学者、企业家等提供一个交流与沟通的平台。

专题征文范围包括:

- (1) 工业互联网
 - 工业互联网的系统构成
 - 工业互联网的物理构成、工业互联网的实现架构
 - 工业互联网与嵌入式系统、工业互联网与工业控制系统
 - 工业互联网与无线传感网络
 - 工业互联网与控制系统、工业互联网与物联网
- (2) 智慧工厂协同关键技术
 - 基于物联网技术的智能工厂
 - 机器人化智能设备
 - 工业大数据挖掘与分析
 - 工业互联网信息安全
- (3) 智慧工厂技术
 - 智慧工厂的车间
 - 基于工业互联网的智能工厂
 - 智慧工厂的增强现实技术
 - 智慧工厂的机器人技术
 - 智慧工厂的智能装配

第6期

SDN/NFV的实践与规模应用

专题策划人

中国信息通信研究院 蒋林涛 教授

SDN/NFV是目前电信界的研究热点,SDN由美国提出的,而NFV是由欧洲主导。目前,业界对SDN/NFV有着不同的定义,看法也并不一致。本专题从多个角度研究和分析SDN/NFV技术,给出3~4个SDN/NFV的实践和规模应用实例,让读者对SDN/NFV技术有正确和深入的了解。欢迎电信设备制造商、电信运营商、大专院校、科研机构中的专业技术人员能够积极投稿!

专题征文的范围包括:

- SDN/NFV技术综述
- SDN/NFV的标准化工作
- SDN/NFV关键技术的分析和实现
- SDN/NFV在云化数据中心的实践和规模应用
- SDN/NFV与移动通信网、SDN/NFV与固定通信网的实践和规模应用
- SDN/NFV的问题与未来展望

《中兴通讯技术》第21卷总目次

	卷·期·页		卷·期·页
卷首特稿		云计算安全框架分析	
对 5G 移动通信发展的思考	尤肖虎 21-1-02	..... 陈清金, 陈存香, 李晓宇	21-2-35
特稿		专题: 移动互联网安全技术	
人工智能: 信息技术的制高点	钟义信 21-3-01	云计算环境下移动互联网安全问题研究	
专题		..... 刘权, 王涛	21-3-04
专题: 自组织异构小基站网络		蜂窝移动通信系统的安全架构	徐晖, 孙韶辉 21-3-07
用户行为驱动的自组织网络资源配置研究		移动终端高安全可信计算平台架构	
..... 刘自强, 任晨珊, 田辉	21-1-04	..... 刘建伟, 程东旭, 李妍	21-3-11
密集小基站网络中的下行乒乓中继传输机制		移动互联网服务的隐私保护机制	
..... 张昱, 张朝阳	21-1-13	..... 李晖, 牛犇, 李维皓	21-3-16
高密度小基站网络中混频自部署技术与网络容量分析	张奇勋, 冯志勇, 杨拓 21-1-18	智能移动终端的位置隐私保护技术	
面向 MTC 应用的计算资源柔性分配 .....		..... 杜瑞颖, 王持恒, 何琨	21-3-23
..... 侯延昭, 曹世伟, 陶小峰	21-1-24	移动数字取证技术	丁丽萍, 岳晓萌, 李彦峰 21-3-30
高密度异构小基站立体网络的多向中继技术		基于 Android 移动客户端的互联网数据安全实证研究	何昱晨, 石文昌 21-3-34
..... 杨延平, 陈巍, 李鸥	21-1-29	移动互联网安全测评关键技术研究	
基于 D2D 中继的异构网络负载均衡策略 .....		..... 范红, 杜大海, 王冠	21-3-38
..... 陈卓, 曹洋, 江涛	21-1-34	专题: 软件定义光网络	
基于有限回传链路的小基站网络重叠协作方法研究	张增峰, 王天宇, 宋令阳 21-1-39	软件定义光 / 包交换混合网络的统一控制架构及关键技术研究	郑小平, 华楠 21-4-02
LTE 和 Wi-Fi 系统间灵活频谱使用关键技术		OFDM 光网络中软件定义的信号传输性能优化	
..... 徐景, 杜金玲, 杨畅	21-1-43	..... 朱庆明, 彭继宗, 苏翼凯	21-4-06
专题: 移动云计算和云服务		3S Networking: 面向业务、安全增强的软件定义网络	李赛飞, 邢焕来, 闫连山 21-4-11
关于移动云计算的几点思考	何宝宏 21-2-02	SDN/NFV 技术接入网应用	
按需供给的移动云计算动态安全服务 .....		..... 沈成彬, 蒋铭, 曾涛	21-4-15
..... 陈小华, 董振江, 金怡爱	21-2-04	软件定义光网络光码分多址编解码技术发展趋势	蒲涛, 孟凡秋, 赵继勇 21-4-20
移动云存储服务关键技术研究		SDN 在传送网络的引入与应用分析	
..... 崔勇, 赖泽祺, 缪葱葱	21-2-10	..... 汤进凯, 张奇, 徐昕	21-4-25
面向 5G 的分布式移动云计算协同架构与管理机制	李宏佳, 陈鑫, 周旭 21-2-14	在 SDON 中面向成本优化的虚拟光网络映射方法	陈伯文, 王晓玲, 沈纲祥 21-4-30
移动云计算与运营商自有业务云化探讨		软件定义光网络的编码方法与应用	
..... 符刚, 薛淼, 唐雄燕	21-2-20	..... 肖江南, 余建军, 迟楠	21-4-36
移动云计算——移动增强现实技术和服务		专题: 虚拟运营商业和网络	
..... 吕强, 黄成, 刘明	21-2-25	移动通信转售业务发展趋势及影响	张志峰 21-5-02
网络功能虚拟化及其标准化	薛海强, 张昊 21-2-30		

全球移动虚拟网络运营商发展情况报告·····	George Guo	21-5-07
全球移动虚拟运营商发展经验对中国的启示·····	王雪梅	21-5-10
移动通信转售批发价对转售产品的影响·····	彭荣林	21-5-13
移动通信转售业务标准化发展之路·····	孟然,李娜,李硕	21-5-17
虚拟运营网络技术研究·····	朱玉娜,王修中	21-5-21
基于移动终端显示移动转售企业标识的解决方案·····	沈彬,李硕,孟然	21-5-24

专题:移动群智感知和协同计算

移动群智感知质量度量与保障·····	赵东,马华东,刘亮	21-6-02
车联网群智感知与服务·····	李静林,袁泉,杨放春	21-6-06
群智感知中激励机制实验综述及展望·····	刘驰	21-6-10
近距离移动智能终端的协同计算机制·····	宋峥,El i Tilevich	21-6-14
机会群智感知网络关键技术·····	熊永平,刘伟,刘卓华	21-6-19
欧洲智慧城市中的物联网与参与式感知·····	Edith Nagi,滕以宁,王文东	21-6-23
车联网专用短程通信技术·····	田大新	21-6-27
基于指纹的室内定位技术·····	李冬,张宝贤	21-6-31
智能交通系统仿真方法研究·····	丁郁,赵婷婷,刘伟	21-6-35

专家论坛

车联网何去何从·····	陈前斌,柴蓉,岑明	21-1-47
中国发展可见光通信技术与产业的思考·····	徐正元	21-1-52
卫星平台虚拟化——满足多种卫星移动通信需求的必然选择·····	王京,赵明,高镇	21-2-39
ITU-R 卫星移动通信标准——整合移动业务的动力·····	金秀英	21-2-44
高移动无线通信干扰的物理层应对思考·····	陈文	21-3-41
对高铁宽带移动通信系统架构演进的思考·····	方旭明	21-3-45
软件定义网络中网络诊断的思考和探索·····	赵宇粟,张鹏飞,金耀辉	21-4-41

网络功能虚拟化标准及技术探讨·····	赵慧玲,解云鹏,胡晓娟	21-4-45
大数据环境下的可靠存储技术思考·····	李挥,张宇蒙,陈俊	21-5-27
半监督多视图学习在大数据分析中的应用探讨·····	蓝超,饶泓,浣军	21-5-32
软件定义光网络研究进展与创新应用探讨·····	张杰	21-6-39
软件定义传送网标准化发展探讨与思考·····	张海懿,张国颖,徐云斌	21-6-45

企业视界

跨界的力量·····	袁飞,孙枕戈	21-1-59
M-ICT 时代的业务智能化发展趋势·····	董振江,赵培,杨勇	21-2-56
对无线新技术演进的思考·····	向际鹰	21-3-50
ICT 融合趋势下的半导体技术和市场发展趋势·····	王晓明	21-4-51
M-ICT 时代下的有线网络·····	柯楚,王翔	21-5-35
M-ICT 时代下的全面扁平化趋势·····	王德政,王承忠,吉晓威	21-6-49

技术广角

基于优化的分布式深度覆盖研究·····	邓巍	21-1-55
基于中断概率的多输入多输出异构网络资源分配·····	栾天祥,高飞飞	21-2-48
基于 MPI 和 OpenCL 多层次并行图像卷积算法设计·····	王继刚,刘惠,姜滨	21-2-53
HSPA+异构网中信道分离技术的时延补偿研究·····	李红豆,王柯,常永宇	21-3-55
CoLoRCache:智慧协同网络中一种协作缓存机制·····	张萌,周华春,罗洪斌	21-4-58
安全可信智能移动终端研究·····	张大伟,郭烜,韩臻	21-5-39
数据中心绿色技术及其发展研究·····	岳玉,曹可建,郭亮	21-5-45
基于信息熵的 POMDP 模型观测·····	钟可立,王小捷	21-5-50
机会调度模式下的嵌套码研究·····	胡留军,许进	21-5-56
基于大数据的业务并发度分析·····	易正磊,顾军,张兴	21-5-60
超大异常流量攻击的防御思路探讨·····	刘东鑫,何明,汪来富	21-6-54

《中兴通讯技术》杂志(双月刊)投稿须知

一、杂志定位

《中兴通讯技术》杂志为通信技术类学术期刊,通过介绍、探讨通信热点技术,展现通信技术最新发展动态,并促进产学研合作,发掘和培养优秀人才,为振兴民族通信产业做贡献。

二、稿件基本要求

1. 投稿约定

- (1) 作者需登陆《中兴通讯技术》投稿平台: www.zte.com.cn/paper,并上传稿件。第一次投稿需完成新用户注册。
- (2) 编辑部将按照审稿流程聘请专家审稿,并根据审稿意见,公平、公正地录用稿件。审稿过程需要大约1个月左右。

2. 内容和格式要求

- (1) 稿件须具有创新性、学术性、规范性和可读性。
- (2) 稿件需采用 WORD 文档格式。
- (3) 稿件篇幅一般不超过 6 000 字(包括文、图),内容包括:题名、作者姓名、作者单位、中文摘要、关键词(4~8 个)、英文摘要、正文、参考文献、作者简介。
- (4) 中文题名一般不超过 20 个汉字,中、英文题名含义应一致。
- (5) 摘要尽量写成报道性摘要,包括研究的目的、方法、结果与结论,以 150~200 字为宜。摘要应具有独立性和自明性,采用第三人称。中英文摘要内容应一致。
- (6) 文稿中的量和单位应符合国家和国际标准。外文字母的正斜体、大小写等须写清楚,上下角的字母、数据和符号的位置皆应明显区别。
- (7) 图、表力求少而精(以 8 幅为上限),应随文出现,切忌与文字重复。图、表应保持自明性,图中缩略词和英文均要在图中加中文解释。表应采用三线表,表中缩略词和英文均要在表内加中文解释。
- (8) 参考文献以 20 条左右为宜,未公开发表的资料不宜列入。所有文献必须在正文中引用,文献序号按其在文中出现的先后次序编排。主要种类参考文献的书写格式为:
 - 期刊[序号]作者. 题名[J]. 刊名, 出版年, 卷号(期号): 起止页码
 - 书籍[序号]作者. 书名[M]. 出版地: 出版者, 出版年: 起止页码
 - 论文集中析出文献[序号]作者. 题名[C]//论文集编者. 论文集名(会议名). 出版地: 出版者, 出版年(开会年): 起止页码
 - 学位论文[序号]作者. 题名[D]. 地点: 学位授予单位, 授予年
 - 专利[序号]专利所有者. 专利题名. 国别: 专利号[P]. 公布日期
 - 国际、国家标准[序号]标准编号, 标准名称[S]
- (9) 作者原则上不超过 3 人,超过 3 人时,可以感谢形式在文中提及。作者简介包括:姓名、工作单位、职务或职称、学历、毕业于何校、现从事的工作、专业特长、科研成果、已发表的论文数量等。
- (10) 提供正面、免冠、彩色标准数码照片一张,最好采用 JPG 格式(文件大小超过 100 kB)。
- (11) 尽可能标注出研究课题的资助基金或资助项目名称。
- (12) 作者姓名中含有多音字时,应标注作者姓名的汉语拼音。
- (13) 提供联系方式,如:通信地址、电话(含手机)、Email 等。

3. 其他事项

- (1) 请勿一稿多投。凡在 2 个月(自来稿之日算起)以内未接到录用通知者,可致电编辑部询问。
- (2) 为了促进信息传播,加强学术交流,在论文发表后,本刊享有文章的版权(包括英文版、电子版、网络版和优先数字出版)。作者获得的稿费包括版权酬金。如对此持有不同意见,请在投稿时说明。

编辑部地址:安徽省合肥市金寨路 329 号国轩凯旋大厦 1201 室, 邮政编码: 230061

联系电话: 0551-65533356, 联系邮箱: magazine@zte.com.cn

本刊只接受在线投稿, 欢迎访问本刊投稿平台: www.zte.com.cn/paper

中兴通讯技术

ZHONGXING TONGXUN JISHU

双月刊 1995 年创刊 总第 125 期
2015 年 12 月 第 21 卷第 6 期

主管:安徽省科学技术厅
主办:安徽省科学技术情报研究所
中兴通讯股份有限公司
编辑:《中兴通讯技术》编辑部

总编:孙枕戈
常务副总编:黄新明
责任编辑:杨勤义
编辑:徐烨, 卢丹, 朱莉, Paul Sleswick
排版制作:余刚
发行:王萍萍
编务:王坤

ZHONGXING TONGXUN JISHU

《中兴通讯技术》编辑部
地址:合肥市金寨路 329 号凯旋大厦 12 楼
邮编:230061
网址: www.zte.com.cn/magazine
投稿平台: www.zte.com.cn/paper
电子信箱: magazine@zte.com.cn
电话: (0551)65533356
传真: (0551)65850139

出版、发行:中兴通讯技术杂志社
发行范围:全球发行
印刷:合肥添彩包装有限公司
出版日期:2015 年 12 月 10 日
刊号: ISSN 1009-6868
CN 34-1228/ TN
广告经营许可证:皖合工商广字 0058
定价:每册 20.00 元, 全年 120.00 元