

本刊专稿

# 星地融合互连 定位无处不在

## ——邓中亮教授和他的羲和定位系统



邓中亮教授演示羲和定位系统

日常生活中的各类信息,90%与“何时、何地”相关。随着移动互联网的普及,物联网应用兴起,作为物联网和位置大数据基础的室内定位技术,渐渐成为刚需。面对人们对位置服务的日益高需求,“羲和”系统应运而生。它是我国自主研发的多尺度融合的广域高精度室内外无缝定位导航服务系统。历经十余年攻关,针对室内外高精度无缝定位与服务中面临的关键问题,在科技部“羲和”重大计划支持下,北京邮电大学牵头,邓中亮教授团队联合多家单位,基于通信网络与卫星,开展了“星地一体、内外衔接、高精定位、无缝保障”室内外导航与位置服务关键技术与产业化研究。

### 用精准坐标导航“数字生活”

当前导航与位置服务已成为国际上继互联网、移动通信之后的又一新兴信息产业。人们80%以上的时间处于室内环境(含地下、矿井、隧道等),对室内外高精度定位导航的需求呈现爆发式增长趋势。因其出色的协同实时定位功能,“羲和”系统应用前景巨大。比如帮助用户在

地下停车场快速找到停车位;在展览馆找到感兴趣的展品;在陌生小区里方便地找到朋友家门;实时掌握家中老人行踪;实现商场超市快速导购;医院快速导医等。目前,机场服务定位、商场室内定位、泊车、应急救援等行业已开始采取此项技术。同时,该项技术在国土资源调查、精细农业、车辆监控与导航、实时位移检测等领域具有广泛的应用前景。凭借“羲和”系统的助力,智慧城市的蓝图正在我们面前缓缓展开。

“羲和”系统,作为国家“十一五”和“十二五”的重大科技成果之一,已具备室外亚米级、城市室内小于3米的无缝高精度定位服务能力,在北京、天津、上海等40多个城市取得了良好的应用示范效果。开发位置服务相关的新系统、新产品、新服务这片蓝海,新的信息消费增长点正在形成。

### 勇当室内定位导航的弄潮儿

室内导航作为“解决地图导航最后一公里”的超级入口,正在逐渐地发挥着其商业价值。在大型的商场、火车站、博物馆、机场航站楼,完全不认识路,总找不到方向,这样的困惑不少人都有。手机的卫星导航在进入室内环境中,无法进行精确定位,不能满足人们室内导航的需求。专建地面室内定位系统成本高;WiFi、蓝牙和超宽带等局域视线定位系统布设密度大,一个大城市需数百万个设备,运维难。传统移动通信与广播网室内外定位成本低、覆盖广。但城市建筑结构对无线信号传输形成了复杂的干扰,基站到终端距离难以测量准确,全球基于2G/3G/4G网络的室内非视线传播的二维定位精度普遍在“百米”量级。

而室内定位发展较慢主要是因为存在以下六大困难:立体定位变为首要需求,室内定位的先决条件就是高程,如要先确定所在的楼层,坐标才具有实际的意义。第二,将通信电波变为定位电波。要实现大规模的定位应用,专门构建定位网络难以满足要求,依托现有移动通信网络,将定位信号承载到通信信号中。第三,室内外孤立定位变为无缝隙定位。第四,平面投影地图变为建筑三维数字地图。第五,从应用角度来讲,普及化的瓶颈主要在于高成本精确定位变成低成本精确定位。第六,将室内定位导航技术变为社会服务内容和模式。

邓中亮教授带领团队充分利用卫星大地测量与导航技术、移动蜂窝网定位感知技术和多尺度信息网络资源,创新异构融合体制和高精度定位技术,创建独有的室内定位导航核心网络,将只能反映“进来了”静态感知的概略定位,升华为“在哪里”动态测算的智能定位,实现由单一建筑定位到规模建筑导航,开创行为导航的新局面。

“羲和”系统瞄准无缝隙动态定位,着重围绕多尺度网络融合、高精度失真控制以及多约束镜像映射等三大任务,要解决多尺度网络融合,将实现整个群体化的定位点。三大任务的本质核心是高精度失真控制,要实现高精度多维计算,需要攻克室内严重的多径、非视距和复杂建筑结构的干扰。技术优化的目标在于多约束镜像映射,实现大规模普及应用的宏控制与协同系统。归纳起来,“羲和”系统的核心任务是追求网络条件下的最高精确度。

项目成果通过由多名院士、专家组成

的专家组鉴定,认为系统在基于移动网络的广域室内外定位关键技术方面取得了重大突破,总体技术达到国际领先水平。技术形成数十项自主知识产权,完成了室内外高精度无缝定位原型系统研制,实现基于基站的水平小于3米、垂直小于1米的高精度室内无缝定位,率先解决了北斗卫星导航系统的“最后一公里”问题。

### 科研不遗余力 征程续写新绩

邓中亮教授认为,在国家鼓励自主创新的大气候下,国内企业面临难得的发展机遇,但也不能只待在温室里竞争,要主动走出去到海外练兵。

在全球四大卫星定位导航系统中,我国自主研发的北斗导航市场占有率较低。然而,所有的卫星导航系统都只解决了室外定位问题,室内定位领域仍是空白,借助“羲和”系统的高精度优势,我国的卫星导航系统在激烈的国际竞争中可实现“弯道超车”。“羲和”系统完全建成后,将形成我国自主可控的室内外定位服务能力,促进北斗系统应用与产业化,从定位、增强、地图和位置服务网等几个方面全面提升北斗的应用。为实现这一目标,邓中亮带领团队不断攻坚克难,一直努力着。

航空、航海、通信、人员跟踪、消费娱乐、测绘、授时、车辆监控管理、汽车导航与信息服务……尽管卫星导航定位服务可以提供上百种应用服务,但其真正的大众化民用市场还只是刚刚开始,今后的路还很长。有了“羲和”系统,这一切有望成为可能。对于未来,邓中亮满怀期望。

文/马爱平

# 彭锐：追逐梦想的“系统锻造师”

记者通过2017年度国家自然科学基金申请结果得知,年仅28岁的北京科技大学东凌经济管理学院副教授彭锐的项目——“含有温储备元件的复杂多态多阶段系统可靠性研究”,一路过关斩将,获得了项目资助。

彭锐的科研之路可谓少年得志。然而这背后,是他比同龄人付出多倍的艰辛和努力。科研之路漫长而枯燥,彭锐依旧秉持乐观开朗的性格、严谨的科研作风,在科学世界里自由翱翔并踏实快乐着。

### 名师高徒 卓尔不群

“有句话叫下士用己之力,中士用人之力,上士用人之智。”现代社会实际上你既需要自己的力气,也需要别人的力气,更需要用自己的智慧,和别人的智慧,任何一方面都不可以偏废。既不能刚愎自用,也不能妄自菲薄。虽然做科研太难,彭锐还是用做人的道理去做科研。

2007年7月,彭锐本科毕业于中国科学技术大学少年班光信息科学与技术专业,2007年8月拿着全额奖学金开始在新加坡国立大学工业与系统工程系直接进行博士阶段学习。导师是著名的谢旻教授,他是香港城市大学系统工程与工程管理系的首席教授,研究方向是系统可靠性建模与优化。

彭锐在博士期间研究的方向主要包括软件可靠性建模,系统的攻防博弈以及网络结构系统的可靠性建模。近30年来,国内外学者建立了很多软件可靠性模型,用来刻画软件错误在软件测试过程中的变化过程,从而用于决定何时投放软件等重要决策。以往的软件可靠性模型大多数只是考虑

了软件错误的发现过程,而没有考虑改正过程。而事实上,软件错误的改正比发现要滞后,彭锐的导师谢旻教授在一篇论文中就建立了软件错误的发现和改正过程。

在此基础上,彭锐又考虑了软件测试过程中资源分配的不均匀以及软件测试中新错误的引入,写了一篇论文,发表于可靠性领域的顶尖期刊 Reliability Engineering & System Safety。

23岁博士毕业后,彭锐于2012年加入北京科技大学东凌经济管理学院,在著名的王文彬教授的团队工作,研究的广度和深度得到了很大的提高。通过几年努力,他已经在SCI期刊发表了学术论文30多篇,其中一半都是在可靠性领域或者工业工程领域的顶尖期刊上发表。2014年度他获得国家自然科学基金青年基金支持,于2014年破格升为副教授,并拿到2017年度的项目支持,另外还是王文彬教授主持的国家自然科学基金重点项目和国家自然科学基金重大国际合作项目的直接参与者。

彭锐有名师,他也是高徒,更是一位学生眼中的好老师。在教学方面,彭锐注重启发式教育。区别于填鸭式,他上课时候,注重让学生自己思考、自己讨论。他鼓励学生多研究,先给学生出题目,提问题,然后让同学们思考、讨论。

### 攻克前沿 卓有成效

“我一直都是从容不迫,一件一件地来,该干啥就干啥。我微信上面的签名就是去华取实,做性价比高的事。”彭锐说,这个世界选择太多,不能什么都做,必须要有所取舍。他认为要去华取实,得做最主要的事;要协调好利和义,不能只注重自己的利益,要跟人合作,讲道义。所以彭锐的科

研总是能出成绩,并且合作者众多。

目前,彭锐研究的各个方向都是国际领先。比如,国外只做一两个温备份元件,而彭锐做的是任意多个元件系统,系统结构要复杂得多,属于国际领先。

彭锐还关注其他的一些前沿研究。系统的攻防博弈方面的研究在美国“911”事件之后引起了很多人的关注。对系统的刻意攻击不同于自然灾害等,因为攻击者会寻找系统的薄弱环节进行攻击,并且他们的攻击策略可以随着防守者的保护策略而改变。彭锐考虑到攻防战争中有时会使用到假目标来欺骗攻击者,故作了相关研究。

与以往研究不同,彭锐考虑到了假目标有一定的被识破的概率,在 Reliability Engineering & System Safety 等顶尖期刊上发表了数篇论文。该研究对于飞机坦克等军事目标的防护具有参考意义。

### 转化前景 指日可待

彭锐还研究了一个带有性能共享组的复杂系统的攻防策略,发表于运筹学一流期刊 European Journal of Operational Research。该项研究对于电力系统的安全防护具有借鉴意义。

另一个课题就是关于网络结构系统可靠性的研究,其中有代表性的一项是关于连续系统的研究。连续系统是指当系统中连续多个元件失效时系统才失效,这种模型常见于输油管道系统和电信系统。彭锐研究了通过将连续系统中的元件重新分配,以减少系统的维修费用,具有很大的实际意义,论文发表于工业工程顶尖期刊 IIE Transactions。

除此之外,彭锐还和美国麻省大学邢留冬教授研究了带有温备份元件的冗



彭锐

余系统的可靠性。备份元件可以增加系统的冗余,从而提高系统可靠性。相对热备份元件,温备份元件消耗的能源更少,因此更加绿色环保。但是,由于温备份元件在温备份状态和在工作状态下的故障率不同,给含有温备份元件的冗余系统的研究造成了很大困难。之前的研究多局限于只有一到两个温备份元件的系统的可靠性研究,或者是要求元件故障发生时间服从指数分布。通过对二分决策图进行改进,彭锐将其用来描述含有温备份系统的故障发生情况,从而得到了含有温备份元件的一般并联系统的可靠性模型,并正在将此研究扩展到更复杂结构的系统。

在未来几年里,彭锐将继续在软件可靠性、系统攻防博弈、系统维修和温备份系统等方向进行研究,将研究更加深入,并随时关注其他可靠性领域的热点。

在与企业合作方面,彭锐说也已开展起来。“我们做的这些东西都以企业为背景,目前我们的主要精力还是用在学术研究上,转化的前景指日可待。”彭锐对此很有信心。

文/马爱平